

MEDEDELINGEN LANDBOUWHOGESCHOOL

WAGENINGEN • NEDERLAND

79-18 (1979)

LANDBOUWKUNDIGE PRODUCTIE
IN NEDERLAND BIJ
NATUURLIJKE
STIKSTOFVOORZIENING

R. S. NAUTA

*Vakgroep Theoretische Teeltkunde, Projectgroep Biologische Landbouw
Landbouwhogeschool, Wageningen, Nederland*

631.81.036:338(492)
631.811.1:631.847(492)
MEDEDELINGEN LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN • NEDERLAND • 79-18 (1979)

LANDBOUWKUNDIGE PRODUCTIE IN NEDERLAND BIJ NATUURLIJKE STIKSTOFVOORZIENING

Verslag van een onderzoek van de voormalige projectgroep 'Biologische
Landbouw'

R. S. NAUTA
*Vakgroep Theoretische Teeltkunde, Landbouwhogeschool,
Wageningen, Nederland*
(ontvangen 20-IX-79)

H. VEENMAN & ZONEN B.V. – WAGENINGEN – 1979

onder redactie van

R. S. Nauta

met bijdragen van

J. G. Bokhorst

M. R. Rietveld

T. Vierhout

A. Wesseling

Projectgroep Biologische Landbouw.
Vakgroep Theoretische Teeltkunde LH.

INHOUD

VOORWOORD	1
1. INLEIDING	2
1.1. Natuurlijke dan wel minerale stikstofvoorziening	2
1.2. Bestaande schattingen	3
1.3. Uitgangspunten en opzet	4
2. KLASSE-INDELING VAN DE BODEMS VAN NEDERLAND	7
2.1. De klassen	7
2.2. Indeling en gebruik van de Nederlandse cultuurgrond	10
3. STIKSTOFVOORZIENING EN STIKSTOFBINDING	12
3.1. De natuurlijke levering door de grond	12
3.2. Productie van dierlijke mest	13
3.2.1. Stalmest	14
3.2.2. Gier	14
3.2.3. Kippemest	15
3.2.4. De werking van stalmest en gier	15
3.3. Stadsvuilcompost en rioolzuiveringsslib	15
3.4. De stikstofbinding door vlinderbloemigen	16
3.5. De stikstofvoorziening door vlinderbloemige groenbemesters en door kunstweide	17
3.5.1. Schatting van de werking	18
4. DE PRODUKTIES IN DE KLASSEN	22
4.1. Opbrengsten van grasland en kunstweide	22
4.1.1. Blijvend grasland	22
1. Opbrengsten zonder bemesting	22
2. Optredende verliezen	23
4.1.2. Klaverrijke kunstweide	23
1. Opbrengsten zonder bemesting	24
4.2. Opbrengsten van akkerbouwgewassen	25
4.2.1. Bepaling van de opbrengsten van granen, aardappelen en suikerbieten	25
1. Opname – opbrengstcurves	25
2. Stikstofopnames zonder mestgift	26
3. Rendement van de stikstof in de meststoffen	27
4. Reducties	27
5. Opbrengsten	28
1. Bruto opbrengsten zonder mestgift	28
2. Huidige opbrengsten voor de klassen	28
4.2.2. Opbrengsten van vlinderbloemige gewassen	29
4.2.3. Overige gewassen	31
4.3. Productie van de tuinbouw	31
4.3.1. Verbruik van tuinbouwproducten en benodigd areaal	31
4.3.2. Mestbehoefte	32
5. MODEL VAN DE PRODUKTIE BIJ ZELFVOORZIENING VAN NEDERLAND	33
5.1. Veebezetting van de weide	33
5.2. Berekening van het aandeel groenbemesters in het bouwplan bij verschillende opbrengstniveau's van de gewassen	34
5.3. Voeding van de Nederlandse bevolking	35
5.3.1. Minimumeisen van het diët	35

5.3.2.	Van boerderij naar tafel	36
5.4.	Gewassenkeuze en vruchtopvolging in het bouwplan	37
5.5.	Resultaat	38
5.5.1.	De vastgestelde bouwplannen	38
5.5.2.	De ha-opbrengsten	38
5.5.3.	Vergelijking tussen de huidige en de modelsituatie	38
5.5.4.	De mestsituatie	40
5.5.5.	De stro leverantie en de organische stofvoorziening	41
5.5.6.	De totale produktie	41
5.5.7.	De calorieën- en eiwitvoorziening	42
6:	DE STIKSTOFBALANS	44
6.1.	Het graslandbedrijf	44
6.1.1.	De input van stikstof	44
	1. Recirculatie van stikstof	45
	2. Excrementen en gier	45
6.1.2.	De output van stikstof	46
	1. Verliezen aan stikstof	46
6.1.3.	Het tekort aan stikstof	46
6.2.	Het gemengde bedrijf	47
6.2.1.	De input van stikstof	47
	1. Mest van het bedrijf en aanvoer van mest	48
	2. Recirculatie van wortels en stoppels, stro, bietekoppen en -blad	48
6.2.2.	De output van stikstof	49
	1. Verliezen aan stikstof	49
6.2.3.	Het tekort aan stikstof	50
7.	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	51
	BIJLAGE	54
	LITERATUURVERWIJZINGEN	55

VOORWOORD

Het hierna volgende verslag is het resultaat van literatuuronderzoek verricht door leden van de projectgroep 'Biologische landbouw in Nederland', studenten aan de LH, vakgroep Theoretische Teeltkunde. Dezelfde personen zijn georganiseerd geweest in de 'Werkgroep biologisch (dynamische) landbouw' te Wageningen. Deze werkgroep heeft in oktober 1975 een symposium in het kader van de Studium Generale van de LH georganiseerd getiteld 'Alternatieve landbouw, noodzaak of fictie', waarbij vele maatschappelijke en technische aspecten van invoering van biologische landbouw in Nederland ter sprake kwamen (4). Hierna ontstond de behoefte om op grond van datgene wat bekend was in de literatuur, een schatting te maken van de mogelijke opbrengsten wanneer er algemeen biologische landbouw ingevoerd zou worden. Om deze theoretische vraagstelling te kunnen benaderen, zijn er eerst een aantal voorstudies verricht naar de diverse aspecten van een biologisch landbouwsysteem, welke geresulteerd hebben in de volgende scripties:

- Klasse-indeling van de Bodem van Nederland, 1976 (57); met bodemkaart van Nederland schaal 1:200 000.
- Schatting van de opbrengsten van vlinderbloemige gewassen op de bodems van Nederland. J. G. BOKHORST, 1975. (14).
- Produktie en kwaliteitsaspecten van stalmest. M. R. RIETVELD, 1976 (82).
- Onbemest grasland en klaverrijke kunstweiden. T. VIERHOUT, 1977 (100).
- De produktie en de landbouwkundige gebruikswaarde van zuiveringsslib en stadsvuilcompost in Nederland. A. WESSELING, 1977 (103).
- De mestbehoefte in de tuinbouw sector in Nederland. A. WESSELING, 1977 (103).
- De Nederlandse akkerbouw zonder kunstmeststikstof. R. S. NAUTA, 1977 (76).

Veel van het cijfermateriaal in onderstaand verslag is afkomstig uit de genoemde scripties, die ter inzage liggen bij de vakgroep Theoretische Teeltkunde.

Dank is verschuldigd aan prof. C. T. de Wit en verder aan de heren C. G. Ennik, M. Hoogerkamp en H. van Keulen van het Centrum voor Agro-biologisch Onderzoek en de heer H. A. te Velde van het Proefstation voor de Akkerbouw voor hun bijdragen geleverd bij de totstandkoming van de diverse schattingen.

1. INLEIDING

1.1. NATUURLIJKE DAN WEL MINERALE STIKSTOFVOORZIENING

Onder alternatieve of biologische landbouw worden een aantal teeltsystemen verstaan waarin de aandacht voor bodem, organische bemesting en biologische bestrijding een wezenlijk grotere plaats innemen dan in de huidige landbouw om economische of andere redenen mogelijk of gebruikelijk is. Om problemen zoals achteruitgang van bodemvruchtbaarheid, verlaging van de weerstand van het gewas tegen ziekten en plagen en verlaging van de kwaliteit van het produkt te voorkomen en milieuvervuiling tegen te gaan, wordt het in de alternatieve landbouw van essentieel belang geacht natuurlijke processen zoveel mogelijk in takt te laten en te ondersteunen. Onder natuurlijke processen wordt o.a. verstaan de kringloop van plantenvoedingsstoffen. Een van de belangrijkste aspecten van biologische teeltsystemen wordt gevormd door de bemesting met meststoffen en afval van organische oorsprong. Het bedrijf dient veelzijdig te zijn en een ruime vruchtwisseling te hebben met vlinderbloemigen erin. De mest van het vee wordt op het bouwland aangewend ter vorming van een stabiele humusvoorraad in de bodem. Organisch afval wordt zoveel mogelijk in gecomposteerde vorm op het land teruggebracht of voor bodembedekking gebruikt. Gemakkelijk in water oplosbare minerale meststof wordt bij voorkeur niet toegepast, o.a. om te voorkomen dat de voedingsstoffen de plant opgedrongen worden.

De voorziening van het gewas met stikstof vormt in de gedachtengang en bij de toepassing van biologische landbouw het meest cruciale punt. De ruime toediening van kunstmeststikstof in de landbouw zou een aantal problemen in de hand werken. Daarentegen bestaat er scepsis ten aanzien van een uitsluitend organische stikstofvoorziening van het gewas, waarmee op de lange duur geen redelijk opbrengstniveau haalbaar zou zijn. Argumenten voor natuurlijke dan wel minerale stikstofvoorziening zijn de volgende:

- De produktie van kunstmest vergt energie. Daar het hierbij om niet meer dan 1% van het nationale energieverbruik gaat, zal alleen het stoppen van de kunstmestproduktie weinig aan de energieproblematiek veranderen. Deze problematiek zou er echter anders uitzien bij een algehele veranderde instelling van de westerse economie op kringloop van grondstoffen en schaarste aan energie. Organische bemesting dient gezien te worden in het kader van het streven van de biologische landbouw naar kringloop en zelfvoorziening.
- Een groeiende wereldbevolking kan niet gevoed worden zonder gebruikmaking van kunstmest. Op wereldschaal is het verbruik van minerale meststof nog gering en speelt de binding van stikstof in de bodem een even grote rol. In 1975 werden over de gehele wereld de volgende hoeveelheden stikstof biologisch en abiologisch gefixeerd: 40×10^6 ton in kunstmestfabrieken, 40×10^6 ton door

bliksem uit ozon en 90×10^6 ton door biologische binding van stikstof door Rhizobium en andere micro-organismen.

- Organische meststoffen zorgen voor een betere vruchtbaarheid van de bodem en geven een gezonder gewas, hetgeen tot een betere kwaliteit van het produkt leidt. In de praktijk van de biologische landbouw kan hier zeer wel positieve ervaring mee opgedaan zijn (o.a. 60), maar in zijn algemeenheid is er echter niet gemakkelijk een goed oordeel te geven. Er zij aangaande een bespreking van deze aspecten van de bemesting verwezen naar de literatuur (o.a. 3).
- Minerale bemesting met stikstof heeft geen schadelijke gevolgen, vooropgesteld dat de juiste hoeveelheden toegediend worden. Dit laatste is in Nederland niet altijd het geval. Hoge bemestingen kunnen tot allerlei ziektes leiden. Het economische verlies dat hiervan het gevolg is kan door bestrijding voorkomen worden. Een meer gevoelsmatig maar wel reëel argument tegen het gebruik van kunstmest door de boer is dat zijn aandacht voor de organische bemesting van grond en gewas daarmee afneemt en er een geheel andere bedrijfsvoering plaatsvindt dan landbouwkundig gezien wenselijk zou zijn. Hoewel er in b.v. de biologisch-dynamische landbouw uit principe geen stikstofkunstmest gegeven wordt, hetgeen ook niet noodzakelijk is zolang er gemakkelijk mest bij andere bedrijven aangekocht kan worden, zou een gift van $15-25 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ in het voorjaar om de gewassen op gang te helpen niet op grote bezwaren hoeven te stuiten. Voorwaarde blijft dat de biologische boer moet weten waar hij aan begint en niet ongemerkt de ontwikkelingen van de huidige landbouw achterna gaat.
- Voor argumenten die betrekking hebben op de houding van de mens tegenover de natuur, het omgaan met de grond als levend organisme e.d. wordt eveneens verwezen naar literatuur (o.a. 3, 60).

1.2. BESTAANDE SCHATTINGEN

In het eindrapport 'Alternatieve landbouwmethoden' (1977, p. 304) staat vermeld dat een exacte beantwoording van de vraag hoeveel lager de produktie van een op nationale schaal toegepast alternatief systeem zal zijn, niet mogelijk is. Deze vraag zou zonder een breed opgezette modelstudie niet te beantwoorden zijn. En verder dat schattingen erop duiden dat, mits de voorziening met andere mineralen geen knelpunt vormt, de totale produktie met zo'n 35% zal dalen, hetgeen onder meer op rekening komt van de lagere produktie op grasland en de gewijzigde bouwplannen met een minder frequente verbouw van calorierijke produkten.

Op grond van veeljarige proefvelden schatten onderzoekers van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid dat het gemiddelde produktieverlies over alle grondsoorten op minstens 30% geschat moet worden bij algehele invoering van alternatieve landbouwsystemen.

Als reactie op het interimrapport 'Alternatieve landbouw' (1973), waarin het

vereiste produktieniveau van de landbouw berekend werd op basis van de eiwitbehoefte van de bevolking, kwam Smilde (1974) tot de conclusie dat de calorieënvoorziening het eerste gevaar loopt wanneer de Nederlandse landbouw zelfvoorzienend wordt en er geen kunstmeststikstof toegepast wordt. Er zou niet genoeg melk geproduceerd kunnen worden om alle margarine consumptie te vervangen door die van boter. Omdat aardappelen de meeste calorieën opleveren per ha werd geconcludeerd dat invoering van alternatieve landbouw het eten van veel aardappelen zou betekenen.

Boeringa (1975) daarentegen ging uit van een andere samenstelling van het menu, als gevolg waarvan de inefficiënte produktie van vlees vervangen wordt door die van graan en peulvruchten en de produktie van boter door de teelt van koolzaad. In dat geval bleek de calorieënbehoefte wel gedekt te kunnen worden.

Schuringa e.a. (1978) berekenden de benodigde hoeveelheid ha om 14 miljoen mensen te voeden met eenzelfde consumptiepakket als dat door Boeringa gebruikt met granen en zuivelprodukten als belangrijkste calorieënleveranciers en een produktiedaling van 35% over de gehele landbouw. Er blijkt dan net genoeg grond te zijn waarop weide-, akker- en tuinbouw in een verhouding van 3:2:1 beoefend zouden moeten worden op kleinschalige kringloopboerderijen, toegepast over geheel Nederland. Deze kleinschalige gedachte is echter niet op alle gronden in Nederland realiseerbaar. Frissel en Van Dorp (1978) stelden in een reactie dat om de gewassen van stikstof door binding uit de lucht te voorzien de verhouding tussen akker- en weiland 1:1 moet zijn op kleigrond en wel 1:2 à 4 op de zandgronden. Als gevolg van vervluchtiging van stikstof uit de stalmest en beweidingsverliezen op het grasland, dient er $150 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ in bovengrondse delen vastgelegd te worden door de luchtstikstofbinding, hetgeen gewoonlijk niet haalbaar zou zijn. De conclusie was dan ook dat bij het produktieniveau dat Schuringa e.a. gesteld hadden, de stikstofvoorraad in de bodem uitgeput zou raken.

1.3. UITGANGSPUNTEN EN OPZET

Het vraagstuk van de mogelijke opbrengsten in biologische teeltsystemen is toegespitst op de stikstofvoorziening. Er wordt van uitgegaan dat de voorziening van het gewas met fosfor en kalium en met de overige mineralen geen beperkende faktor vormt voor de opbrengst. In de biologische landbouw bestaan er minder bezwaren om eventuele tekorten aan deze elementen aan te vullen door middel van gesteentemeel en zouten van natuurlijke herkomst terwijl een tekort aan fosfor op de al jaren ruim bemeste Nederlandse gronden niet snel een probleem zal worden. Verliezen aan kali en fosfor doen zich ook minder gemakkelijk voor dan aan stikstof.

Er wordt verder vanuit gegaan in dit model van biologische landbouw dat de overige opbrengstbepalende factoren gelijk blijven ten opzichte van de huidige situatie. Hetgeen inhoudt dat (chemische) bestrijding van plagen en ziekten plaatsvindt wanneer het nodig is. Gezien de lagere opbrengsten die in de

biologische landbouw behaald worden en de extra zorg die er besteed wordt aan het voorkomen van ziekten en plagen, zullen er minder problemen zijn. Alleen voor de fruitteelt zou het irriëel zijn de huidige intensiteit van chemische bestrijding te willen handhaven in een model voor biologische landbouw en wordt er als gevolg daarvan met een produktieniveau van 2/3 van het huidige rekening gehouden ten gevolge van schade aan het gewas. Alle overige landbouwkundige maatregelen, zoals mechanisatie en waterbeheersing, blijven dezelfde in het model t.o.v. de huidige situatie.

Er wordt aangenomen dat de boer de vereiste vakkennis heeft voor de teelt van vlinderbloemigen, het verzorgen van de kunstweide en de bewaring van stalmest en gier. Er zal op geen enkele wijze gespeculeerd worden op het gedrag van de boer, noch van de consument. Ook worden alle problemen van sociale en economische aard buiten beschouwing gelaten in het model, zoals het transport van mest, de extra te verrichten arbeid in de vlinderbloemige gewassen, im- en export van produkten door de Nederlandse landbouwsector.

Een studie naar landbouw in Nederland bij natuurlijke stikstofvoorziening is dan gericht op de volgende vraagstukken:

- welk produktieniveau is haalbaar gezien de mogelijkheden en beperkingen van de grondsoorten, de mate waarin stikstof gebonden kan worden door vlinderbloemige gewassen en de hoeveelheden stikstof die gerecicleerd kunnen worden in stalmest en compost.
- kan de Nederlandse bevolking bij dit produktieniveau, in het geval van zelfvoorziening met landbouwprodukten, in zijn eigen voedselbehoefte voorzien.
- wordt er op de lange duur ingeteerd op de stikstofvoorraad in de bodem, wanneer de jaarlijkse input van kunstmeststoffen wegvalt.

Van oudsher heeft Nederland aan de kleigronden goede landbouwgronden gehad, terwijl de arme zandgronden pas volledig in cultuur genomen zijn met de opkomst van de kunstmest. De verschillen die er bestaan tussen de diverse grondsoorten in chemische en fysische bodemvruchtbaarheid zullen tot uitdrukking gebracht worden in een indeling van de Nederlandse bodems in bodemklassen met verschillende landbouwkundige gebruikswaarde.

Er zal gekeken worden in welke mate er stikstof in de grond gebracht kan worden door de juiste aanwending van stalmest en gier, het gebruik van stadsvuilcompost en rioolslib en de teelt van vlinderbloemigen. De werking van stikstof in stalmest en in ondergeploegde organische stof van vlinderbloemigen en kunstweide zal bepaald worden t.o.v. de werking van kunstmeststikstof.

De produktie van klaverrijke weide zal geschat worden waardoor het aantal koeien wat hiermee gevoederd kan worden bepaald is. De produktie van akkerbouwgewassen wordt geschat in afhankelijkheid van in de grond gebrachte stikstof met organische mest of door vlinderbloemigen. Veel cijfermateriaal is afkomstig van proefresultaten van kunstmestproeven, waarin tevens een organische meststof beproefd wordt. Daar in dergelijke proeven meestal

stikstoftrappen aangelegd zijn, komen er proefveldjes voor waar geen minerale stikstof is toegepast en de waarde van de organische mest bepaald kan worden. Er wordt gesteld dat in de tuinbouwsector de opbrengsten dezelfde zijn als in de huidige situatie, met uitzondering van de fruitteelt. De totale produktie van de tuinbouwsector zal het huidige verbruik van de bevolking aan tuinbouwprodukten gaan dekken. De mest die in de tuinbouw benodigd zal zijn om de gestelde opbrengsten te behalen, zal afkomstig zijn uit de graslandgebieden.

Er zal gerekend worden aan een modelsituatie, waarin de arealen tuinbouwgrond, grasland en bouwland vastliggen en er bepaalde bouwplannen voor de klassen vastgesteld zijn. De keuze van de gewassen in het bouwplan wordt bepaald door de eisen die een gekozen diëet van de Nederlander stelt en door de beperkingen die het bouwplan in een bepaalde bodemklasse heeft. Het model voor biologische landbouw in Nederland zal zodoende gaan bestaan uit een tiental denkbeeldige bedrijven – de tien bodemklassen –, al dan niet gemengde bedrijven met akkerbouw en veeteelt.

2. KLASSE-INDELING VAN DE BODEMS VAN NEDERLAND

De Nederlandse cultuurgrond kent zeer verschillende bodemsoorten met uiteenlopende landbouwkundige mogelijkheden. Bodemsoorten die door hun bodemkundige eigenschappen overeen komen in landbouwkundige gebruikswaarde worden samengevoegd tot klassen. De gronden worden aan de hand van de volgende criteria in een klasse ingedeeld:

- de afzonderlijke bodems moeten een voldoende groot oppervlakte beslaan,
- de eigenschappen van de bodems mogen binnen een klasse niet ver uiteenlopen.

Als uitgangspunt worden de kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland schaal 1:200000 (10) genomen. In beginsel zijn alleen die eenheden ingedeeld die meer dan een half procent (17000 ha) van de oppervlakte van Nederland beslaan. Een enkele kleinere eenheid is ingedeeld als deze uitgesproken tot de klasse gerekend kan worden.

Sommige eenheden zijn associaties van verschillende bodemtypen, die niet allemaal even goed in één klasse in te delen zijn. De eenheid wordt dan opgedeeld en de verschillende bodemtypen worden verdeeld over enkele klassen, zoals bij de kaarteenheden 77, 101, 125, 131 en 153 gebeurd is. Andere associaties, zoals de eenheden 132 en 133, bevatten voornamelijk bodemtypen die in geen enkele klasse thuis horen, zodat ze niet ingedeeld zijn. Daarnaast zijn er de nodige kaarteenheden die geen landbouwkundige waarde hebben.

De Nederlandse cultuurgrond is ingedeeld in tien landbouwkundige gebruiksklassen (57). Twee klassen omvatten de klei- en zavelgronden, één klasse de veenontginningsgronden en drie klassen de zandgronden, alle geschikt voor akkerbouw. Dan zijn er nog vier klassen voor de klei-, veen- en zandgronden die vanwege hun eigenschappen permanent onder gras liggen en waarvan één klasse de beekkleigronden omvat.

De bodemkundige eigenschappen van de klassen zijn gedefinieerd naar de classificatie van de bodemkaart schaal 1:50000 (9). Van iedere klasse is, mede op grond van haar oppervlakte, de meest representatieve kaarteenheid bepaald, waarmee een aantal bodemkundige gegevens vaststaan voor de klasse.

2.1. DE KLASSEN

I. De zeer goede lichtere klei- en zavelgronden

Nebo kaarteenheden: 7, 8, 19, 48, 49, 55, 66, 72, 79 en 146.

Karakteristieke grond: 8 – jonge zeeboezem-, kwelder-, schors- en gorsgronden.

De in deze klasse voorkomende gronden kennen vrijwel geen beperkingen voor akker- en weidebouw. Voor de lichtere gronden geldt slempgevoeligheid en bij weidebouw is er kans op lichte verdroging.

II. De goede zware klei- en zavelgronden

Nebo kaarteenheden: 9, 20, 21, 37, 50, 56 en 67.

Karakteristiek: 9 – Dollard kleigrond.

Deze eveneens uitstekende akkerbouw- en weidegronden hebben t.o.v. klasse I enkele beperkingen, die vooral voortkomen uit de zwaardere bovengrond, zoals een minder goede bewerkbaarheid, meer vochtoverlast en voor de weidebouw een tragere voorjaarsontwikkeling. Daartegenover staat een geringere slempgevoeligheid. De bewortelbaarheid is over het algemeen goed. Door hun zwaarte kunnen op deze gronden bepaalde gewassen niet verbouwd worden. Voor de teelt van aardappelen en bieten gelden beperkingen i.v.m. de bewerkbaarheid.

III. De veenontginningsgronden

Nebo kaarteenheden: 93, 94, 95, 96 en 99.

Karakteristiek: 95 – lage, oudere dalgrond.

Deze klasse omvat de veenontginningsgronden in Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel met uitzondering van de restveengronden (eenheden 91 en 92) en die welke overwegend uit zand bestaan (eenheden 97 en 98). De humusrijke, venige bouwvoor kan tot overmatige onkruidoverlast aanleiding geven. Het gras is laat in het voorjaar en de weidebouw ondervindt beperkingen door de geringe draagkracht. In deze klasse worden de gewassen van het zandbedrijf geteeld, met aardappelen als hoofdgewas. Op de hoger gelegen gedeelten kunnen ook bieten en tarwe geteeld worden.

IV. De goede oude bouwlanden op de zandgronden

Nebo kaarteenheden: 10, 105, 106 en 115.

Karakteristiek: 106 – middelhoog oud bouwland in sterk lemig, zeer arm, fijn zand.

De bouwlanden zijn ontstaan doordat eeuwen achtereen de mest uit de potstallen vermengd met allerlei soorten strooisel over het land werd uitgereden. Onder het zo ontstane humeuze bovendeck, dat soms een meter hoog kan zijn, wordt de oorspronkelijke bodem nog aangetroffen. Dit is meestal een podzol. Door het hoge humusgehalte hebben deze zandgronden ondanks hun middelhoge ligging geen last van verdroging. Deze klasse kent geen beperkingen door verdroging, wateroverlast, slempgevoeligheid of bewerkbaarheid en zijn dan ook bedrijfszekere gronden voor de teelt van granen, aardappelen en suikerbieten.

V. De redelijke bouwlanden op de zandgronden

Nebo kaarteenheden: 77 (25%), 97, 98, 101 (67%), 107, 108, 109, 110, 111, 112, 119, 131 (40%), 153 (10%)

Karakteristiek: 109 – middelhoge podzol in zwak lemig, zeer arm, fijn zand.

Bijna alle gronden in deze klasse zijn humuspodzolen. De teelt van rogge, haver en aardappelen is goed mogelijk, soms ook die van bieten. Tegenwoordig ligt de helft van deze gronden onder gras. De klasse komt in het gehele zandgebied van Nederland voor.

VI. De slechte bouwlanden van de hoge zandgronden

Nebo kaarteenheden: 114, 118 en 122.

Karakteristiek: 122 – hoge podzol in lemig, arm, fijn zand.

In deze hoge zandgronden reikt de invloed van het grondwater gedurende het overgrote deel van het groeiseizoen niet hoog genoeg om de vegetatie van vocht te kunnen voorzien. Het zijn hangwaterprofielen. De gronden zijn matig geschikt voor rogge, haver en aardappelen. Ze blijken tegenwoordig voor 80% onder gras te liggen.

VII. De beekkleigronden

Nebo kaarteenheden: 77 (50%), 131 (45%), 153 (25%).

Karakteristiek: Rn62 III van de kaart 1:50000.

De genoemde Nebo kaarteenheden zijn vaak ontstaan door een menging van lutumrijk materiaal en zand. De hoogteligging varieert op korte afstand. In deze klasse zijn alleen de lage, vrij zware gronden ingedeeld. De klasse komt voornamelijk voor in de beekdalen van Twente, Salland en de Achterhoek en langs de Maas in Limburg. Daar de klasse-indeling plaats vindt op bodemkundige criteria is deze klasse ontstaan, hoewel ze slechts 1,0% van de Nebo kaart omvat. De gronden kunnen als goed grasland gebruikt worden, dat laat is in het voorjaar door onvoldoende ontwatering.

VIII. Het grasland op de lage zandgronden

Nebo kaarteenheden: 101 (33%), 102.

Karakteristiek: 102 – gleygrond in lemig, zeer arm, fijn zand.

Vanwege de wateroverlast zijn deze gronden over het algemeen niet geschikt voor akkerbouw. De gleygronden zijn de betere graslanden van de zandgronden. Ze liggen vaak in aaneengesloten oppervlakten, waartussen zich lage humuspodzolen en hogere kopjes van humuspodzolen en oude bouwlanden bevinden. De gronden zijn laat in het voorjaar en soms te nat. De beweidbaarheid is goed.

IX. Het permanente grasland op kleigrond

Nebo kaarteenheden: 34, 38, 68, 69, 70 en 86.

Karakteristiek: 38 – hiervan de knikkleigronden.

In deze klasse zitten zware kleigronden met ongunstige eigenschappen, zoals knip- en komkleigronden. Voor bouwland zijn ze zeer ongeschikt. De bewerkbaarheid is moeilijk en er treedt snel structuurverlies op. Het grasland kan goed zijn, maar te maken hebben met een midzomerdepressie. Bij droogte in de zomer scheurt de klei, terwijl zij in natte toestand weinig doorlatend wordt.

X. Het permanente grasland op een moerige bovengrond

Nebo kaarteenheden: 80, 81, 84 en 85.

Karakteristiek: 81 – ondiep veraarde, venige kleigrond op veenmosveen.

Het minerale bestanddeel van de bovengrond is deels door de mens opgebracht. De beweidbaarheid van deze gronden is door de cultuurmaatregelen belangrijk verbeterd. De grasproduktie is zeer gevoelig voor een juist afgestelde waterhuishouding. De klasse bestaat voornamelijk uit niet uitgeveen-de laagveengronden zonder kleidek.

In bijlage 1 zijn enkele gegevens, verkregen uit (9) en (10), van de klassen samengevat.

Van de kaarteenheden die kleiner zijn dan 17000 ha en nog niet ingedeeld zijn, zijn er een aantal die op grond van hun eigenschappen tot bepaalde bodemklassen gerekend kunnen worden, zonder dat het algemene beeld van deze klassen daarmee verandert. Het gaat hier om de volgende kaarteenheden en de klassen:

I: 12, 13, 24, 25, 44, 51, 52, 53, 54, 65, 71, 73, 78, 139 t/m 145.

II: 22, 23, 32, 33, 45.

IV: 126.

V: 125 (20 %).

VI: 104, 113, 125 (10 %).

VIII: 103, 125 (60 %).

IX: 15, 16, 17.

X: 82, 83.

2.2. INDELING EN GEBRUIK VAN DE NEDERLANDSE CULTUURGROND

In de klassen is 2217600 ha ingedeeld van kaarteenheden groter dan 17000 ha en hieraan is nog 255300 ha van kleinere eenheden toegevoegd, zodat in totaal 72,1 % van de Bodemkaart van Nederland over de klassen verdeeld is. De overige kaarteenheden omvatten voor de landbouw weinig of geen geschikte gronden (bos, woeste grond, buitendijks land) en verder moeilijk indeelbare bodemtypen.

Vanwege bebouwing buiten de steden en oppervlakte ingenomen door wegen en sloten bedroeg het werkelijke areaal cultuurgrond in 1977 2060300 ha (72). De verdeling van deze cultuurgrond over de klassen ziet er uit als weergegeven in tabel 1.

TABEL 1. De oppervlakteverdeling van de bodemklassen over het areaal cultuurgrond van Nederland en over de sectoren wisselbouw, weidebouw en tuinbouw. Oppervlakte in ha.

Klasse	Opp.	%	Wisselbouw	Weidebouw	Tuinbouw
I	515.500	25.0	436.200		79.300
II	193.500	9.4	180.300		13.200
III	90.200	4.4	83.600		6.600
IV	126.500	6.2	119.900		6.600
V	394.600	19.1	388.000		6.600
VI	145.100	7.1	145.100		—
VII	27.400	1.3		27.400	—
VIII	209.000	10.1		209.000	—
IX	248.500	12.1		241.900	6.600
X	110.100	5.3		96.800	13.300
	2060.300	100.0	1353.100	575.100	132.200

De klassen I t/m VI zijn geschikt voor akker- als weidebouw, toegepast op gemengde bedrijven. De klassen VII t/m X liggen gezien hun bodemkundige eigenschappen onder blijvend grasland. Het noodzakelijke areaal tuinbouw bedraagt 132.200 ha (zie 4.3.1) hetgeen als volgt verdeeld is over de klassen naar gegevens uit de toelichting op de bodemkaart van Nederland (94): 60 % in klasse I, 10 % in de klassen II en X en in de klassen III, IV, V en IX 5 % van het tuinbouwgebied. In de overige klassen vindt nagenoeg geen tuinbouw plaats.

In de huidige situatie liggen grote delen van Nederland onder gras, terwijl de helft daarvan ook voor akkerbouw bestemd zou kunnen worden (tabel 2). Omdat de produktie van plantaardig voedsel efficiënter is dan die van dierlijke produkten, zal het graslandareaal zo klein mogelijk gehouden worden. In de wisselbouwsystemen op de gemengde bedrijven van de klassen I t/m VI is echter een zeker areaal klaverrijke kunstweide nodig. Wanneer de bouwplannen op de gemengde bedrijven in 1 van de 4 jaar een kunstweide bevatten, neemt het totale potentiële areaal bouwland met 25 % af tot 1015×10^3 ha en wordt het graslandareaal 913×10^3 ha (zie tabel 2). T.o.v. de huidige situatie zou dit nog een uitbreiding van de akkerbouw betekenen.

TABEL 2. Gevolgen van een algemene omschakeling op wisselbouwsystemen op het gebruik van de Nederlandse cultuurgrond. Areaalverdeling $\times 10^3$ ha.

	Huidige situatie	Potentiële mogelijkheid	Wisselbouw met 25 % kunstweide
Bouwland	698	1353	1015
Grasland	1242	575	913
Tuinbouw	120	132	132
Cult. grond	2060	2060	2060

3. STIKSTOFVOORZIENING EN STIKSTOFBINDING

In een landbouwsysteem waarin de kunstmeststikstof vervangen wordt door natuurlijke stikstof zal de stikstofvoorziening van het gewas voornamelijk plaatsvinden door:

- de mineralisatie van humus en verse organische stof,
- de stikstof die in wortelknolletjes van vlinderbloemigen gebonden wordt,
- de aanvoer van stikstof in mest en gier,
- de recirculatie van stikstof door aanwending van stadsvuilcompost en rioolslib.

De humus en de organische stof in de bodem vormen geen werkelijke stikstofbron omdat deze stikstof in voorafgaande jaren, bijvoorbeeld in de vorm van stalmest, in de grond is gebracht.

3.1. DE NATUURLIJKE LEVERING DOOR DE GROND

Onder humus wordt datgene verstaan wat na 1 jaar van humificatie en mineralisatie van de organische stof nog over is en een meer stabiel karakter gekregen heeft (37, 67). Een deel van de organische stof uit de oogstresten en uit de in de grond gebrachte organische meststoffen wordt dus humus. Dit deel kan variëren van 20 % voor ondergepleegde groenbemesters, 30 % voor wortels en stoppels van granen tot 50 % voor stalmest (45, 62, 67). Stalmest (in combinatie met kunstweide) blijkt gunstiger te zijn voor het op peil houden van de humusvoorraad dan groenbemesting (33).

De afbraak van humus is per jaar gemiddeld 1,5 à 2 %, afhankelijk van de aard van de humus en de grondsoort (41, 67). De humusvoorraad in de grond bedraagt ongeveer $20 \times$ de jaarlijkse aanvoer van organische stof (67). Stel dat op een ha 3 ton organische stof afkomstig van wortels en stoppels achterblijven en er 1 ton stalmest beschikbaar is, dan levert deze jaarlijkse toevoer van 4 ton organische stof een humusvoorraad van 80 ton op. Bij een stikstofpercentage van 5 % en een afbraak van 2 % komt er dan $80 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ vrij. Hiermee is de orde van grootte van de levering van stikstof door de grond aangegeven. Er moet dan $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ als kunstmest gegeven worden in de huidige landbouw om een graangewas de 200 kg stikstof te leveren die nodig zijn voor hoge opbrengsten (15). Stel dat het gewas hiervan uiteindelijk de helft opneemt, dan kan worden gesteld dat de opname van stikstof door het (graan)gewas uit de humus in de grond in de orde van grootte van 40 kg/ha ligt. In 4.2.1.2 zullen deze waarden nauwkeuriger geschat worden.

De meeste gronden zijn min of meer in evenwicht wat betreft de opbouw en afbraak van humus, maar er kunnen niettemin belangrijke verschillen zijn tussen de hoeveelheid stikstof die de bodem in komt en de hoeveelheid die de bodem verlaat, wat in hoofdstuk 6 besproken zal worden.

Pas ingepolderde schorren of kwelders kunnen grote hoeveelheden N bevatten (70). Uit onderzoek bleek dat Dollard polders in het kwelderstadium 0,36 % N-totaal bevatten en 70 jaar later 0,21 %. Bij een bouwvoorgewicht van 2 miljoen kg is de hoeveelheid stikstof in die tijd afgenomen van 7200 tot 4200 kg N ha⁻¹jr⁻¹ en de hoeveelheid die per jaar vrij komt van 144 tot 84 kg N ha⁻¹ (afbraak 2%). De ingepolderde Zuiderzeegronden bevatten daarentegen na de inpoldering weinig stikstof en waren sterk stikstof behoeftig (70).

In het algemeen kan voor Nederland gesteld worden dat de gronden van maritieme en fluviatile oorsprong (vooral kleigronden) van nature een behoorlijke stikstofvoorraad bevatten en zodoende al voor de tijd van de kunstmesttoepassing redelijke opbrengsten konden geven.

Er wordt van uitgegaan dat de veestapel uitsluitend bestaat uit melkkoeien (en kalveren) voor de produktie van zuivelprodukten. Andere dieren kunnen desgewenst omgerekend worden naar de melkkoe. Alleen pluimvee, nodig voor de eierenleverantie staat apart.

Het strogebruik in de stal verschilt per soort bedrijf, staltype en als gevolg van verschillen in directe beschikbaarheid. Op grond van de publicaties (29) en (65) wordt in (82) het strogebruik in de bodemklassen vastgesteld op:

Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 79-18 (1979)

klasse V	2 kg
klasse III, VI, VII, VIII en IX	1½ kg
klasse X	½ kg.

3.2.1. Stalmest

Na vermenging van de faeces, urine en stro blijft er een vaste fractie over, die als verse mest afgevoerd wordt uit de stal. In het stro wordt per dag 1,1–1,8 liter urine opgezogen (65,82), de rest van de urine verdwijnt naar de gierkelder. In tabel 3 staan de produkties aan verse mest per koe. Het stikstofgehalte in de verse mest is op grond van (65, 69) bepaald op 0,47 % N. De mest wordt opgezet op de mesthoop en aldus 9 maanden tot een jaar bewaard. Hierbij treden grote verliezen op maar een belangrijk deel verdwijnt met het mestwater uit de mesthoop, dat opgevangen kan worden in de gierkelder (69).

In (82) zijn de verliezen die optreden bij de mestbewaring geschat. Na de composteringsperiode is 45 % van het vers gewicht verloren gegaan, terwijl de verliezen aan droge stof 25 % van het drogestofgewicht bedragen.

Het totale stikstofgehalte in de verse mest was afgenomen met 22–26 %, afhankelijk van de hoeveelheid stro in de mest. In tabel 3 staat vermeld hoeveel ton gecomposteerde stalmest er per koe (GVE) uiteindelijk geproduceerd wordt en hoeveel stikstof deze per koe geproduceerde hoeveelheid stalmest bevat, in de verschillende klassen. Het gehalte aan droge stof in de oude mest varieert van 23,5–24,7 %, gemiddeld 24,5 % van het vers gewicht van de oude mest.

3.2.2. Gier

Om de verliezen te beperken dient de gier bewaard te worden in lek- en luchtdicht afgesloten kelders. Onder meer op grond van publicatie (12) is aangenomen dat de urine aan het begin van de bewaring 0,70 % N bevat. Door de omzettingen in de gierkelder van ureum in ammoniumcarbonaat (de urine wordt gier) bestaat er kans op vervluchtiging van ammoniakstikstof. Bij zorgvuldige opslag zijn deze verliezen geschat op 15 %, zodat de op het land te spuiten gier 0,60 % stikstof bevat (82).

De produktie van gier bedraagt voor alle klassen gemiddeld 3,0 m³ per koe jr⁻¹ inclusief het mestwater dat opgevangen is. In deze hoeveelheid gier bevindt zich na bewaring 18 kg stikstof.

TABEL 3. Produktie van verse mest per G.V.E. in afhankelijkheid van het strogebruik in de klassen, de produktie van gecomposteerde oude mest en de hoeveelheid stikstof in de oude mest.

	ton verse mest	ton oude mest	hoeveelheid N kg	%
I, II, IV	7,6	4,2	25	0,63
V	7,4	4,1	26	0,64
III, VI, VII, VIII, IX	7,1	3,9	25	0,55
X	6,7	3,7	25	0,66
Gemiddeld	7,2	4,0	25	0,65

3.2.3. Kippemest

Kippen die een uitloop hebben zitten ongeveer de helft van de tijd binnen. Bij een gemiddeld verbruik van 47 kg voer per dier per jaar bedraagt de produktie van kippemest in 180 dagen 1,80 ton per 100 kippen (65). Deze mest bevat 1,10 % N en 32 % droge stof.

3.2.4. De werking van stalmest en gier

Als de stalmest aan een gewas gegeven wordt, komt slechts een deel van de erin aanwezige stikstof ter beschikking van het gewas. De opbrengstvermeerdering als gevolg van de stalmestgift kan uitgedrukt worden in kunstmeststikstofwerking. De stikstof komt ook in volgende jaren uit de stalmest vrij, zodat de werking over meerdere jaren berekend dient te worden. De stikstofwerkingscoëfficiënt (wc) is de hoeveelheid stikstof in de vorm van kunstmest die dezelfde opbrengstverhogingen (over meerdere jaren) geeft als 100 kg stikstof in organische mest.

Van de stikstof die bij toediening in minerale vorm in de mest voorkomt, gaat een deel verloren door vervluchtiging en afhankelijk van bemesting in het voor- of najaar spoelt er in de winter een deel uit. De in het eerste jaar na toediening vrijkomende stikstof door mineralisatie van de organische stof staat bloot aan uitspoeling en denitrificatie. Afhankelijk van de lengte van het groeiseizoen van het gewas wordt de gemineraliseerde stikstof al dan niet benut. In volgende jaren kunnen weer dezelfde fracties verloren gaan (76,88).

De werkingscoëfficiënten in tabel 4 zijn bepaald naar gegevens uit (88) voor stalmest, kippemest en gier gegeven aan hakvruchten. De mest wordt op het bouwland uitgereden voor het ploegen hetgeen betekent voor klasse I en II in het najaar en voor de zandgronden (III t/m VI) in het voorjaar. Gier kan het beste in maart-april ondergebracht worden met een gieronderbrenger.

Kippemest bevat een groter aandeel stikstof in minerale vorm, waardoor de coëfficiënten hoger uitvallen bij voorjaarsbemesting t.o.v. stalmest, en lager bij najaarsbemesting. In gier is bijna alle stikstof in minerale vorm aanwezig, zodat de werking die van een kunstmestgift benadert.

3.3. STADSVUILCOMPOST EN RIOOLZUIVERINGSSLIB

In een landbouwsysteem gebaseerd op natuurlijke stikstofvoorziening zal er

TABEL 4. Integrale en eerstejaars stikstofwerkingscoëfficiënten bij bemesting voor hakvruchten in het voorjaar en het najaar.

	Voorjaar			Najaar	
	Stalmest	Kippemest	Gier	Stalmest	Kippemest
1e jaar	40	65	80	35	30
integraal	70	75	80	65	45

een zo groot mogelijke benutting van alle potentieel beschikbare stikstof voorop staan. Daar een belangrijke verliespost op de akker gevormd wordt door de afvoer van de oogstprodukten, zal bekeken worden hoeveel stikstof er uit de huishoudens beschikbaar komt voor landbouwkundig gebruik.

Stadsvuilcompost is vernalen, vermengd en eventueel gebroeid stadsvuil waar alle niet vercomposteerbare delen uit verwijderd zijn. Bij een productie in 1970 van stedelijk afval van 3,5 miljoen ton werd er ca. 500.000 ton, dus 14 % van het totaal vercomposteerd door het belangrijkste composteringsbedrijf VAM (103). Van dit afval is 4/10 deel niet vercomposteerbaar. De mogelijke hoeveelheid compost die geproduceerd kan worden per inwoner bedraagt thans 100 kg per jaar, dit komt dus neer op 1,4 miljoen ton compost per jaar. De samenstelling van de compost is ontleend aan (38). Hij bevat 38,5 % organische stof en aan N-totaal 1,00 % van het drogestofgewicht. De bemestende waarde bestaat vooral uit verhoging van het organische stofgehalte van de grond en van de zuurgraad van de bodem vanwege het hoge kalkgehalte. De stikstofwerking is gering en met cijfers uit (66, 81) geschat op 30 % bij een werking over meerdere jaren.

In verband met de aanwezigheid van o.a. zware metalen in de compost is het raadzaam er niet meer dan 2 ton $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ van aan de grond toe te dienen op bouwland (103).

Toepassing van menselijke faecaliën in de landbouw als meststof heeft vanouds plaats gevonden. Daar alle huishoudens en bedrijven aangesloten zijn op dezelfde riolering bestaan er problemen met de volledige verwijdering van zware metalen en residuen van b.v. pesticiden uit het slib.

Per persoon per jaar wordt er 60 m^3 afvalwater geloosd, wat 40 kg afval in organische vorm bevat. De slibproductie bedraagt 18 kg per inwonerequivalent per jaar op drogestofbasis (38). Het organische stofgehalte is 48 % en dat van stikstof 3,08 % in de drogestof. Bij het zuiveringsproces gaat 88 % van de stikstof verloren. De werkingscoëfficiënt bedraagt in het eerste jaar gemiddeld 30 % (103), in totaal 60 %, zoals uit (81) valt af te leiden. Ook voor zuiveringsslib geldt een maximale gift van 2 ton $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ op bouwland, waarmee dan nog niets gezegd is over de gevolgen op de lange duur.

In totaal kan er dus 680 kg compost en 120 kg slib gegeven worden per ha cultuurgrond per jaar, bevattende respectievelijk 7 en 4 kg stikstof, waarvan gezamenlijk ca. 5 kg werkzaam is over meerdere jaren. Ter vergelijking: in 1957 werd er per jaar 30 kg organische stof als slib en compost gegeven per ha (37).

3.4. DE STIKSTOFBINDING DOOR VLINDERBLOEMIGEN

De binding die plaats vindt in de wortelknolletjes van vlinderbloemigen vormt de belangrijkste stikstofbron in een landbouw gebaseerd op natuurlijke stikstofleverantie.

Voor de praktijk van de Nederlandse landbouw rekent men momenteel met een binding van 100 à 200 kg stikstof per ha per jaar. In buitenlandse literatuur wordt voor luzerne en klaver gesproken van waarden rond 300 kg/jr (3). In Nederland bedraagt de N-opbrengst van een voedergras luzerne of klaver onder gunstige omstandigheden 300 kg N ha⁻¹jr⁻¹ evenals van een gewas veldbonen (19). In een stikstofarm milieu wordt dus minstens deze hoeveelheid stikstof door de vlinderbloemige gebonden. Na afoogsten van het voedergras blijven er wortel- en stoppelresten over die ook stikstof bevatten. In een gunstige situatie vormen ze 5000 kg drogestof (87) en bevatten ze zo'n 100 kg N (97). In de afstervende wortelknolletjes en uitgescheiden in de grond bevindt zich nog eens een hoeveelheid stikstof, die echter moeilijk te bepalen valt. Na een 2-jarige teelt van luzerne kan dit wel 150 kg N zijn (97), terwijl in publicatie (68) gesproken wordt van een totale leverantie, dus inclusief wortels en stoppels van 175 kg N na een 2-jarige luzerne teelt. Nemen we als voorbeeld een goed geslaagd luzerne-gewas (1-jarig) met een opbrengst van 11 ton drogestof (zie 4.2.2), dan heeft de plant totaal opgenomen (uit de bodem of lucht):

luzerne hooi, 11 ton d.s., 2,5 % N	275 kg N
wortels en stoppels, 5000 kg 2,2 % N	105 kg N
afscheiding uit de knolletjes	ca. 70 kg N
	450 kg N

Volgens (87) bedraagt de verhouding tussen bovengronds en ondergronds geproduceerde stikstof 1:0,9, hetgeen inhoudt dat de afscheiding uit de knolletjes niet te laag geschat zou zijn.

Uit de bodemvoorraad wordt minstens 50 kg N ha⁻¹jr⁻¹ onttrokken (zie 4.2.1.2), maar gezien de gunstige beworteling door vlinderbloemigen (14) zou dit wel eens 100 kg kunnen bedragen. Uiteindelijk is er dan dus door het gewas 350–400 kg N ha⁻¹jr⁻¹ gebonden, geldend voor een gunstige situatie in Nederland. Tevens is bekend dat door de teelt van groenbemesters de uitspoelingsverliezen in het najaar beperkt kunnen worden tot een 50 kg N ha⁻¹. Door stikstof in het najaar aan een groenbemester te geven i.p.v. in het voorjaar kan op de totale hoeveelheid N per rotatie bezuinigd worden (6).

Een en ander wijst erop dat er met de teelt van een vlinderbloemig gewas niet alleen een belangrijke hoeveelheid stikstof gebonden wordt, maar ook de N in de bodemvoorraad beter uitgebaat wordt.

3.5. DE STIKSTOFVOORZIENING DOOR VLINDERBLOEMIGE GROENBEMESTERS EN DOOR KUNSTWEIDE

De werking van een ondergeploegd vlinderbloemig gewas op de volggewassen is er vooral een van stikstof en kan uitgedrukt worden in minerale stikstofmest. De werking hangt af van de totale hoeveelheid stikstof die ondergeploegd wordt met de groenbemester, en van de mineralisatiesnelheid van het in de grond gebrachte

organische materiaal (32). Vlinderbloemigen worden op de volgende wijzen in het bouwplan opgenomen:

1. Als hoofdgewas. Het gewas wordt voor de winter ingezaaid en blijft het jaar daarop staan om als voedergewas dienst te doen. Het afge oogste hooi wordt gevoederd aan het vee en de stoppel wordt ondergeploegd. De belangrijkste voedergewassen zijn luzerne, klaver en lupine.
2. Als stoppelgewas of onder dekvrucht ingezaaid. De vlinderbloemige wordt ingezaaid onder vlas of granen, of wordt na tijdig het veld ruimende gewassen in de stoppel gezaaid. Het gewas kan eerst geoogst als voedergewas worden of geheel ondergeploegd worden.
3. Als peulvrucht zijn de erwten en veldbonen van belang.
4. Als 1- of meerjarige kunstweide, die meestal in de herfst ingezaaid wordt.

Naarmate het gewas langer op het veld staat, kan er ook meer stikstof gebonden worden. Het jonge organische materiaal van een ondergeploegd stoppelgewas mineraliseert sneller dan dat van een meerjarige kunstweide of luzerne gewas, waarvan de werking zich over vele jaren uitstrekt (32, 41, 97). Er wordt van uitgegaan dat de stoppelgewassen in hun geheel worden ondergeploegd, opdat de N aan de grond ten goede komt en niet in de stal verloren gaat.

Op een ondergeploegd hoofdgewas of een gescheurde kunstweide zal een hakvrucht volgen met lange groeiduur, zodat de vrijkomende stikstof zoveel mogelijk door het gewas opgenomen kan worden.

Op vele proefvelden in Nederland heeft men gekeken naar de werking van groenbemesters (o.a. 34, 35, 36, 50, 96, 99) en van kunstweide (o.a. 31, 48, 95, 96). Deze proeven hebben in de meeste gevallen de volgende beperkingen:

- er is sprake van nawerking van stikstof uit kunstmest die in voorafgaande jaren gegeven is. Dit kan verklaren dat er met groenbemesting vaak opbrengsten bereikt worden die 80–99 % zijn van de maximale – met kunstmest behaalde opbrengsten (76).
- ze hebben ten doel de besparing op de optimale stikstofkunstmestgift te bepalen. Deze optimale giften lopen zonder groenbemesting uiteen van 140–200 kg voor hakvruchten en van 60–110 kg voor granen, op kleigrond (76). Wordt er een groenbemester vooraf geteeld dan is de besparing meestal gering, zo'n 40–60 kg, ondanks de hoge opbrengsten die de groenbemesting levert zonder kunstmest.

De waardering voor de stikstofwerking van groenbemesters is geleidelijk geringer geworden, vanwege het gemak waarmee door kunstmest in de N voorzien kon worden. Onder gunstige omstandigheden rekent men voor de praktijk op een besparing – dus werking – van 40–60 kg N in het eerste jaar en nog 0–20 kg N in volgende jaren (39).

3.5.1. *Schatting van de werking*

De werking van de stikstof in de ondergeploegde organische stof van een groenbemester op het volggewas zal uitgedrukt worden in kg minerale stikstofgift, waarmee dezelfde opbrengstverhoging verkregen kan worden.

Middels het verband dat er bestaat tussen de stikstof die gegeven wordt en de opbrengst van het gewas, kan de opbrengstverhoging die een bepaalde groenbemester veroorzaakt ten opzichte van de situatie waarin deze niet geteeld zou worden, vertaald worden naar een minerale stikstofgift.

Het verband tussen de opbrengst en de stikstofgift wordt via 2 relaties weergegeven: het verband tussen de opname van stikstof door de plant en de opbrengst wordt weergegeven in een opname-opbrengstcurve; het verband tussen N-gift en N-opname wordt weergegeven door de efficiëntie waarmee een gegeven hoeveelheid stikstof door het gewas opgenomen wordt. Slechts een deel van de opgenomen stikstof is afkomstig van de gegeven stikstof, de rest is direct uit de bodemvoorraad opgenomen.

Opbrengstverhogingen die in veldproeven behaald zijn met bepaalde groenbemesters kunnen nu omgerekend worden naar stikstofgiften. Er wordt van uitgegaan dat de efficiëntie van N die uit organische stof door mineralisatie vrij komt in de bodemoplossing dezelfde is als in het geval van de minerale N uit een kunstmestgift.

Een groenbemester is niet alleen op het eerste volggewas werkzaam, maar geeft ook nog een nawerking in daarop volgende jaren. Deze nawerkingen kunnen op dezelfde wijze omgezet worden in een minerale stikstofgift, waarna de totale werking van de groenbemester over meerdere jaren verkregen kan worden door al deze afzonderlijke werkingen op te tellen. De groenbemester heeft niet alleen een verhoging van de opbrengst aan oogstbaar produkt tengevolge, maar veroorzaakt ook een grotere produktie aan wortel- en oogstresten, die weer terugkeert in de bodem. Deze extra werking tengevolge van een verhoogde toevoer van wortels en oogstresten wordt indirect veroorzaakt door de groenbemester en daarom verdisconteerd in de stikstofwerking van de groenbemester.

In publicatie (34) wordt melding gemaakt van de opbrengsten van aardappelen, suikerbieten, zomergerst en wintertarwe geteeld op respectievelijk 2 en 3 jaar na vlinderbloemigen over de periodes 1953–1961 en 1969–1976. De behandelingen zonder N lagen op veldjes die nog nooit met stikstofkunstmest bemest zijn geweest. Aan de hand van deze proef, gelegen in de Noordoostpolder, kunnen de stikstofwerkingen van groenbemesters over 3 jaar berekend worden voor bodemklasse I.

Achtereenvolgens zullen de stikstofwerkingen van een vlinderbloemig hoofdgewas en een stoppelgewas, van een peulvruchtgewas en van een kunstweidejaar geschat worden.

Uit (41) en (97) blijkt dat de stikstofwerking van 2-jarige luzerne gemiddeld voor hakvruchten en granen 180 kg N bedraagt, gemeten over 6 jaar, en die van 1-jarige rode klaver 90 kg N over 3 jaar.

Aan de hand van de opbrengstverschillen in (34) kan de werking geschat worden op 160 kg N over 3 jaar, waarvan 100 kg het eerste jaar werkzaam is. Voor een 2-jarig hoofdgewas geldt respectievelijk 275 en 130 kg N. Daar deze waarden bereikt zijn op proefvelden, wordt er voor de praktijk van klasse I 15 % afgetrokken, zie voor het resultaat tabel 5.

Een gunstige opbrengst van een stoppelgewas is 2500 kg drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ en van een hoofdgewas 11.000 kg (14). Er wordt gesteld dat de geringere produktie door het stoppelgewas een evenredig geringere werking ten opzichte van een hoofdgewas tengevolge heeft. Bovendien wordt 2500 kg bovengrondse delen ondergeploegd, bevattende 3% N met een werkingscoëfficiënt van 75%. Totaal levert dit op:

$$\begin{array}{rcl} \text{wortels + stoppels } 2500/11000 \times 130^* & = & 32 \\ \text{bovengr. delen (3\% N, w.c. 75\%)} & = & \frac{58}{90} \end{array}$$

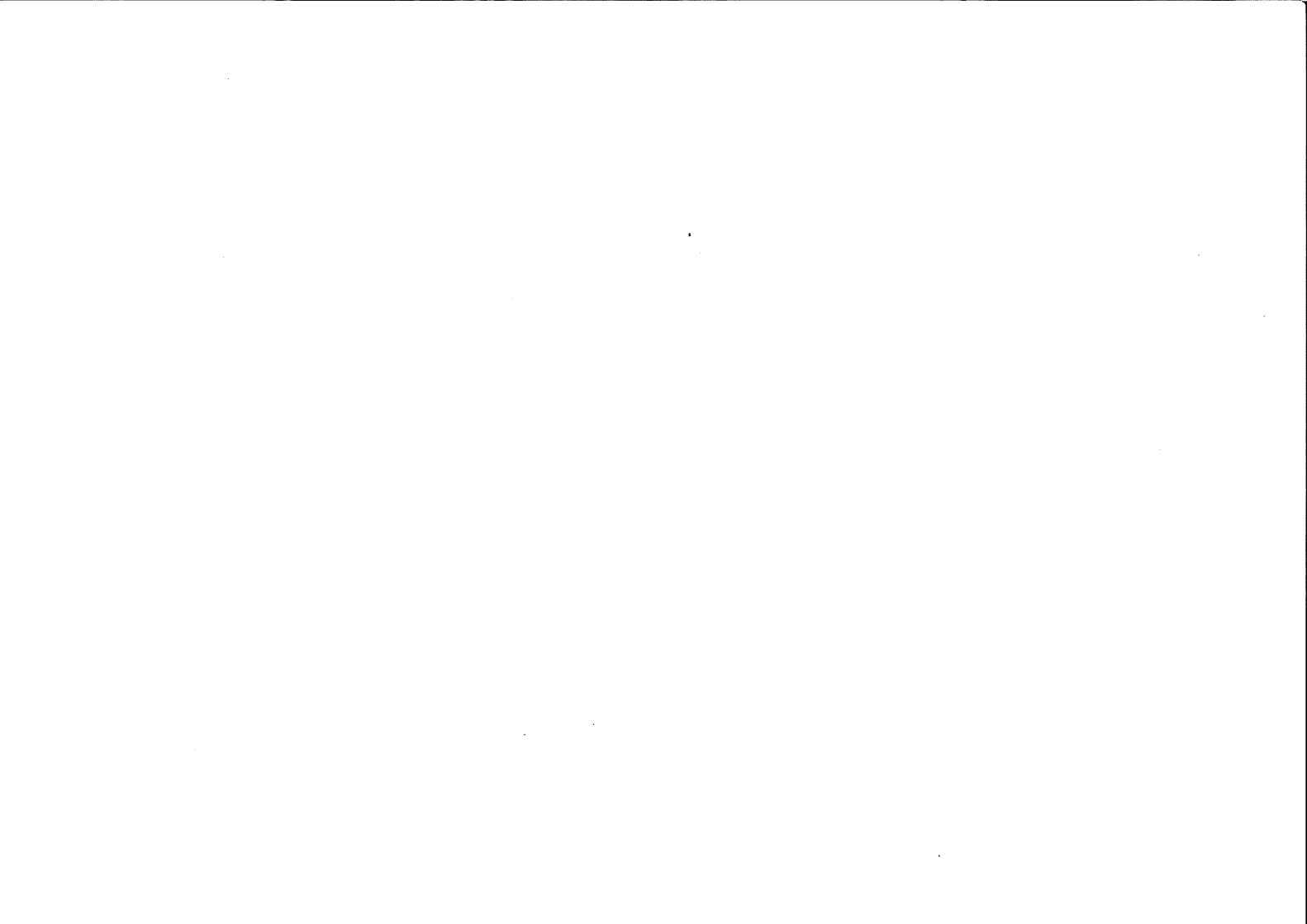
* De N-werking van een hoofdgewas, zie tabel 5.

Volgens (17) brengt hopperupsklaver ongeveer 160 à 180 kg N de grond in. Uit proefresultaten (36) bleek een werking van 120 kg N. In (41) wordt het verschil in werking veroorzaakt door het volggewas aangegeven. De werking varieert van 75 kg N bij gerst tot 125 kg bij suikerbiet. Voor de werking van een stoppelgewas, geteeld vóór granen, wordt een waarde van 75 kg N aangenomen, die over 2 jaar werkzaam is (tabel 5). Voor een stoppelgewas ingezaaid na zomergranen wordt in (14) gesproken van opbrengstdalingen van 25%, vanwege te late inzaai. In zo'n geval zal de stikstofwerking eveneens 25% minder zijn.

Uit (34) is voor erwt een stikstofwerking van 55 kg af te leiden, aangenomen dat er een hakvrucht op volgt. Het gewas wordt in juli geoogst zodat er gemakkelijk nog een stoppelgewas op kan volgen. De totale werking wordt dan dezelfde als bij een hoofdgewas. De oogsttijd van veldbonen valt in september. Aangenomen wordt dat de werking eveneens gelijk is aan die van een hoofdgewas.

In (30) levert een gescheurde, klaverrijke 2-jarige kunstweide in de Noord-oostpolder in het eerste nawerkingsjaar 80 kg N aan aardappelen, evenals ondergeploegde hopperupsklaver. Een 1-jarige kunstweide voor aardappelen gaf op zandgrond (klasse V) 70 kg N (96). In dezelfde proeven in de NOP bedroeg de werking voor aardappelen 105–140 kg (31). Een 3-jarige kunstweide met het hoge klaverpercentage van 60% klaver gaf een werking van 200 kg N voor aardappelen. De nawerking van deze gescheurde klaverrijke kunstweide bleek even groot als van een gescheurde 3-jarige kunstweide die bemest geweest was met 300 kg N $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. In (42) wordt gesteld dat de werking van een gescheurde 1-jarige kunstweide dezelfde is als van een gift van 50 ton stalmest ha^{-1} .

Uit de ophoping van organische stof onder grasland (47, 105) is te berekenen dat hierin zo'n 150–200 kg N ha^{-1} aanwezig kan zijn. Afhankelijk van de duur van de kunstweide strekt de nawerking zich over 3–6 jaar uit. In (34) bedraagt de stikstofwerking van een 1-jarig kunstweide over 3 jaar 120 kg N. Uitgaande van een kunstweide die in de helft van de gevallen beweid wordt, waardoor stikstof teruggevoerd wordt via de uitwerpselen van de koe, wordt de stikstofwerking in totaal geschat op 110 kg N per kunstweidejaar.



Een gunstige opbrengst van een stoppelgewas is 2500 kg drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ en van een hoofdgewas 11.000 kg (14). Er wordt gesteld dat de geringere produktie door het stoppelgewas een evenredig geringere werking ten opzichte van een hoofdgewas tengevolge heeft. Bovendien wordt 2500 kg bovengrondse delen ondergeploegd, bevattende 3% N met een werkingscoëfficiënt van 75%. Totaal levert dit op:

$$\begin{array}{rcl} \text{wortels + stoppels } 2500/11000 \times 130^* & = & 32 \\ \text{bovengr. delen (3\% N, w.c. 75\%)} & = & \frac{58}{90} \end{array}$$

* De N-werking van een hoofdgewas, zie tabel 5.

Volgens (17) brengt hopperupsklaver ongeveer 160 à 180 kg N de grond in. Uit proefresultaten (36) bleek een werking van 120 kg N. In (41) wordt het verschil in werking veroorzaakt door het volggewas aangegeven. De werking varieert van 75 kg N bij gerst tot 125 kg bij suikerbiet. Voor de werking van een stoppelgewas, geteeld vóór granen, wordt een waarde van 75 kg N aangenomen, die over 2 jaar werkzaam is (tabel 5). Voor een stoppelgewas ingezaaid na zomergranen wordt in (14) gesproken van opbrengstdalingen van 25%, vanwege te late inzaai. In zo'n geval zal de stikstofwerking eveneens 25% minder zijn.

Uit (34) is voor erwt een stikstofwerking van 55 kg af te leiden, aangenomen dat er een hakvrucht op volgt. Het gewas wordt in juli geoogst zodat er gemakkelijk nog een stoppelgewas op kan volgen. De totale werking wordt dan dezelfde als bij een hoofdgewas. De oogsttijd van veldbonen valt in september. Aangenomen wordt dat de werking eveneens gelijk is aan die van een hoofdgewas.

In (30) levert een gescheurde, klaverrijke 2-jarige kunstweide in de Noord-oostpolder in het eerste nawerkingsjaar 80 kg N aan aardappelen, evenals ondergeploegde hopperupsklaver. Een 1-jarige kunstweide voor aardappelen gaf op zandgrond (klasse V) 70 kg N (96). In dezelfde proeven in de NOP bedroeg de werking voor aardappelen 105, 140 kg (31). Een 2-jarige kunstweide

TABEL 5. De stikstofwerking in klasse I van teelten van vlinderbloemigen in kg minerale meststof in het eerste jaar na onderploegen, het volggewas waarvoor deze geldt, de totale stikstofwerking en het aantal jaren waarin de nawerking zich voordoet.

Vlinderbl.	1e jaar kg N/ha	Volggewas	Totaal kg N/ha	Jr.	Opmerkingen
Hoofdgewas	85	hakvrucht	130	3	
Stoppelgewas	60	graan	75	2	na wintergraan of vlas
Peulvrucht	85	hakvrucht	130	3	erwt + stoppelgewas
Kunstweide	65	hakvrucht	110	4	1-jarig

Het resultaat van de schattingen voor de stikstof werkingen van vlinderbloemige teelten in klasse I is in tabel 5 samengevat. De cijfers gelden voor een hoofdgewas dat 11.000 kg drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ opbrengt, een stoppelgewasopbrengst van 2500 kg, een peulvruchtopbrengst van 3,8 ton erwt of 5,5 ton veldboon en een opbrengst van de kunstweide van 8,0 ton drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. De waarden van de werkingen in de andere klassen en voor minder producerende gewassen veranderen evenredig met de drogestof opbrengsten van de vlinderbloemige teelten (zie 4.2.2). In het geval van kunstweide neemt de werking niet alleen evenredig af met de opbrengst, maar ook met de daling in klaverpercentage in de kunstweide over de diverse klassen.

4. DE PRODUKTIES IN DE KLASSEN

4.1. OPBRENGSTEN VAN GRASLAND EN KUNSTWEIDE

4.1.1. *Blijvend grasland*

Blijvend grasland bevindt zich in de bodemklassen VII t/m X. In de huidige weidebouw bevat het gras weinig klaver. Vanwege de inbreng van stikstof en vanwege de voederkwaliteit van een grasklavermengsel dient het klavergehalte in het grasbestand zo hoog mogelijk te zijn. Met de juiste verzorgingsmaatregelen is het klaverpercentage omhoog te halen. Kortdurend omweiden is het beste voor de klavergroei. Bij sterke afname van het klavergehalte dient herinzaai plaats te vinden. Bij een hoger gehalte organische stof in de grond neemt de klavergroei af. Op veengronden wordt daarom vanouds weinig klaver aangetroffen.

In (100) worden mede op grond van gegevens uit (48, 93, 107) de volgende klaverpercentages mogelijk geacht voor de bodemklassen:

VII, VIII, IX	ca. 8 % klaver.
X	ca. 5 % klaver.

4.1.1.1. Opbrengsten zonder bemesting

In (100) zijn de bruto-opbrengsten van blijvend grasland geschat met behulp van proeven op de niet bemeste veldjes van het zg. CI203 onderzoek (53) dat van 1943 tot 1958 gelopen heeft, proeven met stikstoftrappen (2, 24, 48, 49, 75, 77, 78, 93) en rekening houdende met de klaverpercentages in de klassen. Opbrengstgegevens uit oude proeven (2, 24) werden ter vergelijking gebruikt. Tegen het CI203 onderzoek zijn later bezwaren aangetekend vanwege niet ingecalculerde stikstofeffecten. In hoofdstuk 6 zal de stikstofbalans van het weidebedrijf nader behandeld worden. De opbrengstresultaten in de proeven zijn omgerekend naar een situatie van beweiding van het gras. Er lagen geen proefvelden in bodemklasse VII; de schatting is gelijk gesteld aan die van klasse VIII. Bij optimale klaverpercentages zullen de opbrengsten bij volledige beweiding in ton drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ zijn:

klasse VII, VIII en IX	8,0
klasse X	9,5

Het gras heeft een VRE-gehalte van 15% en een VEM-waarde van 820 per kg drogestof.

Wanneer het grasland als maaiweide in gebruik is, valt de opbrengst aan drogestof lager uit omdat de uitwerpselen van het vee elders terecht komen. In

TABEL 5. De stikstofwerking in klasse I van teelten van vlinderbloemigen in kg minerale meststof in het eerste jaar na onderploegen, het volggewas waarvoor deze geldt, de totale stikstofwerking en het aantal jaren waarin de nawerking zich voordoet.

Vlinderbl.	1e jaar kg N/ha	Volggewas	Totaal kg N/ha	Jr.	Opmerkingen
Hoofdgewas	85	hakvrucht	130	3	
Stoppelgewas	60	graan	75	2	ná wintergraan of vlas
Peulvrucht	85	hakvrucht	130	3	erwt + stoppelgewas
Kunstweide	65	hakvrucht	110	4	1-jarig

Het resultaat van de schattingen voor de stikstof werkingen van vlinderbloemige teelten in klasse I is in tabel 5 samengevat. De cijfers gelden voor een hoofdgewas dat 11.000 kg drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ opbrengt, een stoppelgewasopbrengst van 2500 kg, een peulvruchtopbrengst van 3,8 ton erwt of 5,5 ton veldboon en een opbrengst van de kunstweide van 8,0 ton drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. De waarden van de werkingen in de andere klassen en voor minder producerende gewassen veranderen evenredig met de drogestof opbrengsten van de vlinderbloemige teelten (zie 4.2.2). In het geval van kunstweide neemt de werking niet alleen evenredig af met de opbrengst, maar ook met de daling in klaverpercentage in de kunstweide over de diverse klassen.

4. DE PRODUKTIES IN DE KLASSEN

4.1. OPBRENGSTEN VAN GRASLAND EN KUNSTWEIDE

4.1.1. *Blijvend grasland*

Blijvend grasland bevindt zich in de bodemklassen VII t/m X. In de huidige weidebouw bevat het gras weinig klaver. Vanwege de inbreng van stikstof en vanwege de voederkwaliteit van een grasklavermengsel dient het klavergehalte in het grasbestand zo hoog mogelijk te zijn. Met de juiste verzorgingsmaatregelen is het klaverpercentage omhoog te halen. Kortdurend omweiden is het beste voor de klavergroei. Bij sterke afname van het klavergehalte dient herinzaai plaats te vinden. Bij een hoger gehalte organische stof in de grond neemt de klavergroei af. Op veengronden wordt daarom vanouds weinig klaver aangetroffen.

In (100) worden mede op grond van gegevens uit (48, 93, 107) de volgende klaverpercentages mogelijk geacht voor de bodemklassen:

VII, VIII, IX	ca. 8 % klaver.
X	ca. 5 % klaver.

4.1.1.1. Opbrengsten zonder bemesting

In (100) zijn de bruto-opbrengsten van blijvend grasland geschat met behulp van proeven op de niet bemeste veldjes van het zg. CI203 onderzoek (53) dat van 1943 tot 1958 gelopen heeft, proeven met stikstoftrappen (2, 24, 48, 49, 75, 77, 78, 93) en rekening houdende met de klaverpercentages in de klassen. Opbrengstgegevens uit oude proeven (2, 24) werden ter vergelijking gebruikt. Tegen het CI203 onderzoek zijn later bezwaren aangetekend vanwege niet ingecalculerde stikstofeffecten. In hoofdstuk 6 zal de stikstofbalans van het weidebedrijf nader behandeld worden. De opbrengstresultaten in de proeven zijn omgerekend naar een situatie van beweiding van het gras. Er lagen geen proefvelden in bodemklasse VII; de schatting is gelijk gesteld aan die van klasse VIII. Bij optimale klaverpercentages zullen de opbrengsten bij volledige beweiding in ton drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ zijn:

klasse VII, VIII en IX	8,0
klasse X	9,5

Het gras heeft een VRE-gehalte van 15 % en een VEM-waarde van 820 per kg drogestof.

Wanneer het grasland als maaiweide in gebruik is, valt de opbrengst aan drogestof lager uit omdat de uitwerpselen van het vee elders terecht komen. In

(100) is geconstateerd dat de d.s.-opbrengst van de maaibeide ca. 85 % bedraagt van die van het beweide grasland.

4.1.1.2. Optredende verliezen

Bij het beweiden van grasland door vee treden verliezen op door vertrappen en het deponeren van faeces en urine. De beweidingsverliezen aan drogestof blijken afhankelijk te zijn van het beweidingssysteem. Om een hoog gehalte klaver te handhaven in de weide is het nodig kortdurend om te weiden, waarbij volgens (40) het drogestofverlies varieert van 10–20 %. Het omweidingsverlies wordt gesteld op ca. 20 % van de drogestof.

Bij de hooi- en kuilverwinning treden verliezen op in afhankelijkheid van de conserveringsmethode. Voor schuur- of ventilatiehooi en voordroogkuil variëren de verliezen aan drogestof van 10–15 % en de verliezen aan VEM van 20–25 % (40). Wordt er ongeveer evenveel gras gehooid als ingekuild dan kunnen de conserveringsverliezen gesteld worden op ca. 15 % van de drogestof en ca. 20 % van het gehalte aan VEM.

4.1.2. Klaverrijke kunstweide

Kunstweide is kortdurend ingezaaid grasland dat ingepast is in een vruchtwisseling. Aan de hand van de bodemklasse-indeling blijkt dat de klassen I t/m VI geschikt zijn voor kunstweide.

De klaverrijke weide dient een zo hoog mogelijk gehalte klaver in het grasbestand te hebben. Het gaat vooral om witte klaver omdat deze vlinderbloemige de beste mogelijkheden kent als toepassing in meerjarige kunstweide en er het meeste onderzoek naar gedaan is.

Klaver in een grasbestand verhoogt de zetmeelwaarde van de drogestof evenals het gehalte verteerbaar ruw eiwit daarin, hetgeen gunstig is voor de voederkwaliteit van het hooi (58). Bovendien wordt de weide smakelijker en daardoor beter afgegraasd (7, 102).

T.a.v. gebruik en verzorging van de kunstweide zijn een aantal maatregelen van belang.

Bemesting met stikstof verdringt de klaver uit het bestand ten gunste van de grassen. Wordt er in het voorjaar een geringe bemesting toegediend om de klaver en het gras aan de groei te brengen, dan is echter de concurrentie van het gras nog niet groot genoeg om de klaver te kunnen verdringen (100). Vanwege het verlies aan stikstofbindend vermogen door de klavers zal in de overige gevallen bemesting van de kunstweide niet overwogen worden.

Om de lichtcondities voor de klaver gunstig te houden dient erin kort gras geweid en in kort gras gemaaid te worden. Bij omweiden blijkt de klaver beter over het perceel verdeeld te zijn dan bij standweiden (23) waardoor de grassen optimaal van de geproduceerde stikstof kunnen profiteren.

De klaver kan niet te snel op een perceel terugkomen vanwege de kans op het optreden van klavermoeheid veroorzaakt door het klavercystenaaltje. In (100) wordt aangenomen dat een omlooptijd van de kunstweide van 6 jaar voldoende zal zijn. Worden geen andere vatbare vlinderbloemigen in de vruchtwisseling

opgenomen, dan kan met 4 jaar omlooptijd volstaan worden.

4.1.2.1. Opbrengsten zonder bemesting

In de literatuur zijn weinig betrouwbare opbrengstgegevens voor Nederland aanwezig. In (100) zijn de opbrengsten van kunstweiden in de verschillende bodemklassen geschat door de beperkingen die de bodemtypen aan de opbrengst opleggen, in mindering te brengen op een theoretisch maximale opbrengst op een optimale grondsoort.

Op grond van gegevens in de literatuur (16, 21, 22, 71, 95) is de gemiddelde opbrengst van een eerstejaars kunstweide op een optimale grond geschat op 8 ton drogestof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Het klaverpercentage in het grasbestand bedraagt in deze situatie 45 à 50%. Dezelfde resultaten blijken in Denemarken behaald te worden onder soortgelijke omstandigheden als in Nederland (71, 100).

Door de reducties tengevolge van de beperkende factoren in rekening te brengen zijn de geschatte opbrengsten in tabel 6 ontstaan, benevens de klaverpercentages die behaald kunnen worden.

Naarmate een kunstweide ouder wordt in jaren nemen de opbrengsten af. Op grond van berekeningen in (5) wordt de opbrengst in het tweede jaar gesteld op 85% van die van het eerste kunstweide jaar, en die in het derde jaar op 75% (100).

Door de kunstweide te maaien in plaats van te beweiden neemt het klavergehalte af (7). Het al dan niet terechtkomen van de uitwerpselen op de kunstweide speelt een geringere rol bij de opbrengstverschillen tussen de maaiweide en het beweide gras vanwege de verdringing van het stikstofbindend vermogen van de klaver door de stikstof in de uitwerpselen. Daar er geen nadere gegevens bekend zijn wordt in (100) aangenomen dat de bruto droge stof opbrengst van de gemaaide weide 90% bedraagt van die van de kunstweide die beweid wordt.

De samenstelling van het gras is gesteld op een gehalte voedernorm ruw eiwit van 17% en een VEM waarde van 780 per kg drogestof.

Het betere afgrazen van de weide heeft tot gevolg dat er minder beweidingsverliezen op zullen treden (102). Het beweidingsverlies wordt op ca. 15% van de drogestof gesteld.

TABEL 6. Geschatte bruto-opbrengsten van beweide 1e jaars kunstweiden in ton droge stof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ en het klaverpercentage daarin.

Klasse	Opbrengst	% klaver
I	8,0	45
II	7,2	40
III	7,2	36
IV	8,0	45
V	7,2	45
VI	6,4	40

De conserveringsverliezen voor hooi en kuilgras zullen dezelfde zijn als bij het permanente grasland (zie 4.1.1.2).

4.2. OPBRENGSTEN VAN AKKERBOUWGEWASSEN

4.2.1. *Bepaling van de opbrengsten van granen, aardappelen en suikerbieten*

De meest geteelde gewassen in de huidige akkerbouw zijn granen, aardappelen en suikerbieten. Hieraan is dan ook het meeste onderzoek verricht. De opbrengsten van deze gewassen onder stikstoflimiterende condities, kunnen worden bepaald met behulp van relaties die het verband geven tussen de opbrengst en de stikstofopname. De relatie opbrengst–stikstofbemesting wordt dus niet direct toegepast maar geanalyseerd via de relaties stikstofopname–bemesting en opbrengst oogstbaar produkt–stikstofopname in navolging van (44). Voor de relatie stikstofopname–N-bemesting zijn 2 parameters van belang nl. de N-opname zonder toediening van kunstmest of organische stikstof en het uitbatingspercentage.

4.2.1.1. Opname–opbrengstcurves

De opname-opbrengstcurve verschilt per gewas wat betreft de produktie aan oogstbare delen per kg opname en het maximum niveau, maar is wat vorm betreft voor alle gewassen gelijk: nl. een proportioneel verband in het lage opname traject tot ongeveer halverwege de maximale opbrengst, waarna de curve van de rechte begint af te buigen en de maximale opbrengst asymptotisch nadert.

Wanneer water de belangrijkste limiterende factor is, is onder Nederlandse omstandigheden de produktie van drogestof recht evenredig met de totale transpiratie. In publicatie (44) is de potentiële drogestofproduktie van een standaardgewas berekend. Tevens zijn de potentiële verdamping en de actuele verdamping bij verschillende hoeveelheden beschikbaar bodemvocht bepaald. Hieruit is nu de maximaal haalbare drogestofproduktie van het standaardgewas berekend voor gronden met een verschillend vochthoudend vermogen.

Het vochthoudend vermogen van de gronden is verkregen uit de in publikatie (83) gegeven pF-curven en de bewortelingsdiepten van de gewassen. Hiertoe is voor elke bodemklasse de best passende grond uit (83) uitgezocht. Als worteldiepte is voor granen en suikerbieten 80 cm en voor aardappelen 60 cm aangenomen (44). Het vochthoudend vermogen van de gronden in de klassen is weer gegeven in tabel 7.

TABEL 7. Het vochthoudend vermogen van de gronden in de klassen in mm, bij verschillende gewassen.

	I	II	III	IV	V	VI
Granen, suikerbieten	200	185	160	185	160	140
Aardappelen	185	140	125	140	125	110

Per gewas en afhankelijk van het vochthoudend vermogen kunnen nu de opbrengstcurves voor de klassen I t/m VI worden bepaald aan de hand van de curves die in (44) gegeven zijn.

4.2.1.2. Stikstofopnames zonder mestgift

Als er lange tijd geen meststoffen toegediend zijn is er toch nog sprake van een opbrengst en dus ook van stikstofopname als gevolg van de natuurlijke levering door de grond (zie 3.1). Deze ontstaat door mineralisatie van de in de grond aanwezige humusvoorraad, door afbraak van de organische stof van wortels, stoppels en oogstresten van gewassen die in voorafgaande jaren geteeld zijn, door de inregening en/of absorptie van stikstof uit de lucht en door de binding door vrijlevende bacteriën. De stikstofopnames zonder mestgift geldend voor een evenwichtssituatie zijn alleen te bepalen uit gegevens van meerjarige proefvelden met permanent onbemeste veldjes. Hiervoor komen in aanmerking proeven van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in de Noordoostpolder (34), proeven van de Internationalen Dauerversuche in Duitsland (52, 85), waarvan de gronden zijn uitgeselecteerd naar de bodemklassen en proeven in de veenkoloniën (98).

De gemiddelde stikstofopnames zonder mestgift in een evenwichtssituatie door granen, aardappelen en suikerbieten staan vermeld in tabel 8. De waarden zijn gemiddelden voor verschillende weersomstandigheden en voorvruchten.

Ter vergelijking staan de opnames vermeld die in (44) aangenomen zijn voor goed bemeste kleigrond waarbij weglating van de mestgift er nog een belangrijke hoeveelheid extra stikstof vrijkomt omdat dan de evenwichtssituatie wordt verstoord als gevolg van bemestingen in voorafgaande jaren.

De waarden in tabel 8 zijn gemiddelden voor verschillende weersomstandigheden en voorvruchten.

Wordt er regelmatig met organisch materiaal bemest dan verandert de evenwichtssituatie eveneens: het gewas neemt meer stikstof op uit de bodemvoorraad, die jaarlijks door de extra aanvoer van organisch stof aangevuld wordt. In de stikstofwerking van groenbemesters en kunstweide (zie 3.5, tabel 5) zit de extra aanvoer door middel van wortels, stoppels en oogstrestanten ten gevolge van het hogere opbrengstniveau ten opzichte van de situatie waarin geen bemesting plaats vindt al doorberekend.

Een stalmestgift wordt met behulp van de werkingscoëfficiënt vergeleken met een kunstmestgift (zie 3.2.4). Door verstoring van de evenwichtssituatie in de N-

TABEL 8. De gemiddelde stikstofopnames van de gewassen op permanent onbemeste gronden en de schattingen voor goed bemeste kleigrond, in $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$.

Gewas	I	II	III	IV	V	VI	Kleigrond- bemest
Granen	36	32	29	23	21	18	80
Aardappelen	55	50	49	42	38	34	110
Suikerbieten	65	59	57	50	45	40	130

opname zonder mestgift worden de waarden voor deze stikstofopnames na een bemesting met stalmest hoger.

4.2.1.3. Rendement van de stikstof in de meststoffen

Van de stikstof die met een minerale mestgift aan het gewas toegediend wordt, wordt ongeveer de helft opgenomen door het gewas (25, 44, 51). De overige hoeveelheid stikstof vervluchtigd bij toediening, spoelt uit of denitrificeert, of wordt vastgelegd in de bodemvoorraad.

Het uitbatingspercentage van de stikstof in een kunstmestgift door de plant is in (44) gemiddeld op ongeveer 55% gesteld. Voordat de stikstof in de bodemoplossing terecht komt, vervluchtigd er al een deel op de grond, zodat de uitbating van de stikstof die in de bodemoplossing terecht komt iets hoger uitvalt op ca. 60%. De uitbating door het gewas van de stikstof die tengevolge van mineralisatie van organische stof in de bodemoplossing vrijkomt, zal ongeveer hetzelfde zijn.

Een stalmestgift met 100 kg stikstof heeft een bemestende waarde van 70 kg kunstmeststikstof (w.c. 70%). De uiteindelijke opname door het gewas uit deze stalmestgift bedraagt 40 kg N (rendement $\times$ w.c.), vermeerderd met ca. 15 kg N tengevolge van een verhoogde N-opname zonder mestgift (zie 4.2.1.2), tezamen dus 55 kg N. De overige hoeveelheid stikstof gaat verloren of wordt vastgelegd in een verhoogde humusvoorraad in de bodem.

4.2.1.4. Reducties

In navolging van (44) worden de volgende reducties op de berekende brutoprodukties in mindering gebracht:

Granen.

- a. Roest en afrijpingsziekten tasten vooral planten met een hoog stikstofgehalte aan. Deze verliezen worden in rekening gebracht door het maximum niveau van de curve te verlagen met handhaving van de beginhelling. Bij hoge opbrengsten wordt het verlies op 20% gesteld van de maximale bruto produktie.
- b. Omdat de bruto produkties berekend zijn voor optimale omstandigheden dient er een reductie plaats te vinden om het resultaat in de praktijk te benaderen. Deze reductie is op 10% gesteld.

Aardappelen.

- a. Een reductie van 10% om de opbrengsten in de praktijk te benaderen.
- b. Rooiverliezen kunnen een grote variatie vertonen. Gemiddeld wordt het rooiverlies op 10% gesteld.
- c. De verliezen door virusziekten, aardappelmoeheid, onvolledige voorkieming e.d. zijn geschat op 5%.

In totaal bedraagt de reductie dus 0,77. Daarbij moet nog rekening gehouden worden met een vermindering van het areaal met ca. 10% voor de vermeerdering van het pootgoed.

Suikerbieten.

- a. De oogstverliezen bedragen ca. 8 %.
- b. De verliezen aan suiker die optreden tussen oogst en verwerking in de fabriek zijn geschat op 4 %.
- c. De opbrengstderving als gevolg van ziekten en onregelmatige stand van het gewas is gesteld op 5 %.
- d. Tezamen met een reductie van 10 % om de praktijk te benaderen, bedraagt de totale reductie 0,75.

4.2.1.5. Opbrengsten

4.2.1.5.1. Bruto opbrengsten zonder mestgift

Middels de opname-opbrengstcurves en de waarden voor de stikstofopname zonder mestgift uit tabel 8 (4.2.1.2) zijn de opbrengsten vastgesteld die behaald kunnen worden wanneer er op proefvelden lange tijd niet bemest wordt (zie tabel 9).

4.2.1.5.2. Huidige opbrengsten voor de klassen

Om een vergelijking mogelijk te maken tussen de ha opbrengsten van een landbouwsysteem gebaseerd op organische en groenbemesting en die welke behaald worden bij het huidige verbruik aan stikstof kunstmest, dienen de opbrengsten die momenteel in de bodemklassen behaald worden, vastgesteld te worden. Een vergelijking met de statistische waarden vermeldt in de landbouwcijfers (72) is dan tevens mogelijk, zij het dat de bodemklassen hierin moeilijk te herkennen zijn. Uit publicatie (89) zijn de hoeveelheden stikstof die gemiddeld over de periode 1966–1973 per jaar toegediend werden als kunstmest aan de gewassen te berekenen voor de klassen. Uit (72) valt vast te stellen dat het verbruik van stikstof kunstmest per ha over de jaren '75–'77, sinds die tijd met ca. 25 % gestegen is. Het huidige verbruik van stikstofmeststof op de gewassen is geschat op de in tabel 10 vermelde waarden.

In het geval van toediening van minerale meststoffen variëren de opname-efficienties van 0,50–0,60 (zie 4.2.1.3).

Dezelfde opname-opbrengstcurves kunnen gebruikt worden (zie 4.2.1.1). De stikstofopnames bij weglating van de bemesting zijn groter als gevolg van de

TABEL 9. De bruto opbrengsten van de gewassen zonder mestgift voor de bodemklassen, in ton produkt ha⁻¹jr⁻¹. Granen en suiker in drooggewicht, aardappelen in versgewicht.

	I	II	III	IV	V	VI
Wintergraan	2,5	2,3	2,1	1,7	1,6	1,4
Zomergraan	2,3	2,1	1,9	1,5	1,4	1,2
Aardappelen	24,0	22,0	21,0	18,0	16,5	14,5
Suiker	5,3	4,8	4,7	4,1	3,7	3,3

TABEL 10. Het huidige geschatte kunstmeststikstofverbruik in $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ op klei-, zand- en veenkoloniale grond.

Klasse	Gewas			
	Zomergraan	Wintergraan	Aardappelen	Suikerbieten
I, II (kleigrond)	95	105	205	230
III (veenkol. grond)	115	125	215	220
IV, X, VI (zandgrond)	90	100	175	220

nawerking van de mestgiften in voorafgaande jaren. De stikstofopnames zonder bemesting vermeld in (44) worden overgenomen:

voor granen, kleigrond: 80 kg/ha, zandgrond: 50 kg/ha,

voor aardappelen, kleigrond: 110 kg/ha, zandgrond: 85 kg/ha en

voor suikerbieten, kleigrond: 130 kg/ha, zandgrond: 100 kg/ha.

Het berekende resultaat voor de huidige opbrengsten staat in tabel 11.

4.2.2. Opbrengsten van vlinderbloemige gewassen

Onder de vlinderbloemige teelten vallen de groenbemesters of veevoederge-
wassen en de peulvruchtgewassen die voor menselijke consumptie verbouwd
worden.

In (14) is een schatting gemaakt van de drogestofproducties aan bovengrond-
se delen die een negen-tal vlinderbloemige gewassen leveren op de Nederlandse
gronden. Eerst zijn de gemiddelde opbrengsten geschat op een voor Nederland
gunstige grond. Vervolgens is geschat in welke mate verschillende bodemeigen-
schappen en -hoedanigheden van invloed zijn op de opbrengsten. Aan de hand
van deze schattingen, de eigenschappen van de karakteristieke bodems der
klassen en de resultaten van praktijkproeven zijn de producties van vlinderbloe-
migen in de bodemklassen bepaald. Het resultaat staat vermeld in tabel 12. De
waarden gelden voor die gewassen die in de stoppel worden ingezaaid bij inzaai
voor 5 augustus. Bij gewassen die onder dekvrucht worden ingezaaid moet de

TABEL 11. De berekende netto-opbrengsten die bij de huidige stikstofgiften behaald worden in ton
produkt $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$.

Klasse	Zomergraan	Wintergraan	Aardappelen	Suikerbieten
I	5,8	6,3	50	8,3
II	5,8	6,3	50	8,2
III	5,1	5,4	43	7,9
IV	4,8	5,1	40	7,8
V	4,7	5,0	38	7,8
VI	4,3	4,7	32	7,1
gewogen gem.	5,3	5,6	43	8,0

TABEL 12. Geschatte opbrengsten aan droge stof bovengrondse delen voor verschillende vlinderbloemige gewassen per klasse in $\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$.

Hoofdgewas	I	II	III	IV	V	VI
Luzerne, jaar van inzaai	5000					
Luzerne, volgende jaren	11000	7000				
Rode klaver	11000	11000		11000	8000	5500
Witte klaver	6000	6000	4200	6000	3000	
Lupine				4800	4000	4000
<i>Stoppelgewas</i>						
Alex. klaver	2250	1450				
Bastaard klaver			1575			
Hopperupsklaver	2500					
Rode klaver	3000	2150		3000	1500	1500
Witte klaver	2000		1400	2000	1000	
Serradella				1700	1400	750
Wikke	2000	1000				

dekvruucht niet te zwaar zijn en voor 5 augustus het veld ruimen. De opbrengstdalingen tengevolge van te late inzaai in de stoppel of tengevolge van te late oogst van de dekvruucht zullen, afhankelijk van het oogsttijdstip van het gewas, bij wintergranen variëren van 0–40 % en bij zomergerst ca. 25 % bedragen. Na haver en zomertarwe is het niet mogelijk met succes een stoppelgewas te telen (14).

Als peulvruchtgewassen komen in aanmerking de erwten (*Pisum sativum*) en de veldbonen (*Vicia faba*). De teelt van stambonen is meer geschikt voor het tuinbouwbedrijf.

De opbrengst op een gunstige grond bedraagt voor erwten ca. 3,8 ton $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ aan vers gewicht (39). De potentiële drogestofproduktie van veldbonen is gerekend naar de lengte van het groeiseizoen ongeveer $1\frac{1}{2}$ maal zo hoog als die van erwten. Voor veldbonen bedraagt de gemiddelde opbrengst 5,5 ton $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (19) aan vers gewicht op een gunstige grond. Door de beperkingen die de grondsoorten voor de opbrengsten leveren in mindering te brengen zijn de waarden in tabel 13 verkregen. Vanwege te lage zuurgraad van de grond kunnen erwten niet in bodemklasse III en VI, en veldbonen niet in de klassen III t/m VI verbouwd worden.

TABEL 13. Geschatte opbrengsten van peulvruchten in ton produkt $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (versgewicht).

Klasse	I	II	III	IV	V	VI
Erwt	3,8	3,2	–	3,2	2,2	–
Veldboon	5,5	5,5	–	–	–	–

4.2.3. Overige gewassen

Gewassen die geen bijdrage leveren aan de voedselvoorziening worden niet in beschouwing genomen (vlas e.d.). Aangezien er geen import van oliën meer zal plaatsvinden in een modelsituatie van Nederland dat zichzelf van voedsel voorziet, zal de koolzaadteelt (weer) een vooraanstaande plaats gaan innemen. Van de soorten raapzaad (*Brassica rapa*) en koolzaad wordt winterkoolzaad (*Brassica napus biennis*) het meest geteeld. De zaai is in de 2e helft van augustus, de oogst het jaar daarop in de 1e helft van juli. Bij een kunstmestgift die ongeveer dezelfde is als voor suikerbieten, bedraagt de opbrengst aan vers gewicht in klasse I ca. 3000 kg koolzaad $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (8).

4.3. PRODUKTIE VAN DE TUINBOUW

4.3.1. Verbruik van tuinbouwprodukten en benodigde areaal

Er wordt aangenomen dat in de tuinbouw dezelfde ha-opbrengsten verkregen kunnen worden bij vervanging van de kunstmest door voldoende organische mest. De opbrengsten in de huidige fruitteelt worden behaald met behulp van hoeveelheden insecticiden en fungiciden, waarvan het irreeël zou zijn aan te nemen dat deze in een landbouwsysteem gebaseerd op organische bemesting gehandhaafd zouden worden. In klimatologisch ongunstige jaren kan het oogstverlies in de zg. biologische fruitteelt 50 tot zelfs 90% bedragen (3).

Er wordt uitgegaan van de veronderstelling dat de produktie ha^{-1} van organisch bemeste fruitteelt 2/3 maal zo hoog zal zijn als die van de gangbare fruitteelt. Uitgaande van de huidige produkties en het huidige verbruik van tuinbouwprodukten in Nederland zijn de benodigde arealen van de tuinbouwsectoren te berekenen.

Het verbruik van groenten en fruit per hoofd van de bevolking in kg jr^{-1} is de laatste jaren vrij constant gebleven (79, 94), evenals dat van sierteelt gewassen. Teneinde te kunnen voldoen aan de vraag van diverse groentes, fruit,

TABEL 14. De benodigde teeltarealen ter dekking van het binnenlandse verbruik aan tuinbouwprodukten bij het huidige produktniveau (in ha).

Sector	Areaal
Groenteteelt	51000
Fruitteelt ¹	73000
Bollenteelt	4000
Sierteelt	1200
Boomteelt	1500
Zaadteelt ²	1500
Totaal	132200

¹ Produktieniveau 2/3 van het huidige.

² Alleen groentezaden.

sierteeltprodukten en groentezaden op de binnenlandse markt zijn de benodigde teeltarealen in tabel 14 bepaald. De groenteteelt omvat voor 32 % van het areaal de verbouw van peulvruchten. In het groenteteeltareaal is inbegrepen de voorziening van het huidige verbruik van groenten uit eigen tuin (deze bedraagt 12 % van het verbruik). Het benodigde fruitareaal is met 38 % uitgebreid om de consumptie van zuidvruchten te kunnen vervangen door die van inlands fruit. De bepaling van de behoeftes aan de overige tuinbouwprodukten zijn ruwe schattingen geweest (103). Buiten beschouwing gebleven is de consumptie van produkten die niet in Nederland geteeld kunnen worden, zoals koffie, thee, wijn en tabak.

4.3.2. *Mestbehoefte*

Op grond van adviescijfers in de literatuur (1, 20, 59, 92) zijn de gemiddelde stikstofgiften voor de diverse tuinbouwgewassen bepaald (103).

Uitgaande van een stikstofgehalte in de stalmest van 0,65 % en een werkingscoëfficiënt van 0,7 (zie 3.2) zijn de benodigde stalmestgiften als volgt vastgesteld voor de diverse sectoren (in ton ha⁻¹jr⁻¹):

groenteteelt, gemiddeld	22 ton
fruitteelt, open boomstroken	20 ton
bollen-, sier-, boomteelt	20 ton
zaadteelt	22 ton
gemiddeld	21 ton

5. MODEL VAN DE PRODUKTIE BIJ ZELFVOORZIENING VAN NEDERLAND

Voor de sectoren tuinbouw en weidebouw en voor het gemengde bedrijf worden de produkties aan de hand van de volgende criteria bepaald.

- in de tuinbouw zal zoveel geproduceerd worden als nodig is om het huidige verbruik van tuinbouwprodukten door de Nederlandse bevolking te dekken.
- In het weidebedrijf wordt het vee bij zelfvoorziening met gras van het eigen bedrijf gevoederd. De grasproduktie ligt vast omdat het (blijvend) graslandareaal bepaald is door de oppervlakte die de klassen VII t/m X innemen. De geproduceerde stalmest wordt van het bedrijf afgevoerd en benut in de tuinbouw en in de akkerbouw.
- De produktie van de akkerbouwgewassen op het gemengde bedrijf in de bodemklassen I t/m VI wordt bepaald door het aandeel groenbemesters en kunstweide in het bouwplan en door de aanvoer van organische meststof van buiten het bedrijf. Verder wordt bij een gegeven opbrengst het benodigde areaal van een gewas bepaald door het verbruik door de Nederlandse bevolking bij een bepaald diët.

5.1. VEEBEZETTING VAN DE WEIDE

Er wordt van uitgegaan dat het weidebedrijf in de graslandklassen VII t/m X in principe zelfvoorzienend is in het verbruik van veevoerders. Er dient dus voldoende wintervoer (hooi en kuilgras) te zijn voor het vee dat zomers in de wei loopt. Daar de verliezen bij de winning van het wintervoer (zie 4.1.1.2) groter zijn dan bij de beweiding van het gras, zal er iets meer gras gehooid of ingekuild worden dan er beweid wordt.

De gemiddelde koe is vastgesteld op een melkkoe van 550 kg levend gewicht met een melkproduktie van 4000 kg melk jr^{-1} en 3,75% vet in de melk. De voederbehoefte van het melkvee bij deze melkproduktie bedraagt 9500 VEM $\text{dier}^{-1}\text{dag}^{-1}$ (40). De veebezetting wordt uitgedrukt in het aantal grootvee-eenheden (GVE) per ha. De voederbehoefte van een GVE wordt gelijk gesteld aan die van de melkkoe. De veebezetting per bodemklasse kan nu berekend worden aan de hand van de hoeveelheid beschikbaar gras afkomstig van een ha en uitgedrukt in VEM-waarde. De GVE bezettingen voor het permanente grasland zijn in tabel 15 weergegeven.

In de klassen I t/m VI waar het gemengde bedrijf uitgeoefend wordt, volgt de veebezetting van de kunstweide uit het aanbod van klaverrijk gras. In verband met de eiwitrijkdom van dit veevoer bestaat vooral in het voorjaar het gevaar van het optreden van trommelzucht bij het vee. Daarom zal zetmeelrijk voedsel afkomstig van het bouwland bijgevoerd moeten worden en wel voor minimaal 10% van het totale aanbod van VEM in het gras afkomstig van de kunstweide.

TABEL 15. De veebezetting op onbemest¹ blijvend grasland (bij zelfvoorziening) en op klaverrijke kunstweide (bij een bijvoeding van 10% van de gras- en hooiopbrengst) in GVE ha⁻¹.

Bodemklasse:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Gebruikswijze:	kunstweide					blijvend grasland				
Veebezetting:	1,50	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,34	1,34	1,34	1,60

¹ De geproduceerde gier wordt wel teruggebracht, zoals in hoofdstuk 6.1 vastgesteld zal worden.

Bij een bruto-opbrengst van de kunstweide van 8,0 ton drogestof ha⁻¹jr⁻¹ bedraagt de veebezetting aldus 1,50 GVE ha⁻¹, mede dankzij de genoemde bijvoeding (zie tabel 15). Is de opbrengst van de kunstweide lager dan neemt de veebezetting evenredig af. Het omgekeerde geldt voor een toename in aanbod aan veevoer van het bouwland, bijvoorbeeld in de vorm van wintervoer (voederbieten, bietekoppen) of zomerveer (vers gemaaide klaver, luzerne). Een extra aanbod van ruwvoer kan gaan tot een waarde van 500 kVEM dier⁻¹jr⁻¹. Boven dit aanbod van extra veevoer dient de veebezetting verhoogd te worden.

De vlinderbloemige hoofdgewassen produceren ruwvoer voor het vee. Een drogestofopbrengst van 11 ton luzerne heeft een gehalte van 8300 kVEM (40). Hiervan gaat 35% verloren bij de conservering. Aangenomen dat een koe van uitsluitend luzerne zou kunnen leven, betekent dit dat er 1,5 GVE gevoederd kan worden van de opbrengst van 1 ha luzerne in bodemklasse I.

5.2. BEREKENING VAN HET AANDEEL GROENBEMESTERS IN HET BOUWPLAN BIJ VERSCHILLENDE OPBRENGSTNIVEAU'S VAN DE GEWASSEN

Onder groenbemesting wordt gemakshalve verstaan de teelt van een vlinderbloemig hoofdgewas of stoppelgewas, van een peulvrucht of van een kunstweide. Boven de hoeveelheid stikstof die elke vlinderbloemige na scheuren de grond inbrengt en waarvan de werkzaamheid t.o.v. kunstmeststikstof in tabel 5 gegeven is, zijn voor het voedergras en de kunstweide hierbij opgeteld de hoeveelheden stikstof die uit de stalmest en gier vrijkomen als gevolg van de voeding van vee. Zo geeft een gras luzerne in klasse I, behalve een N-werking van 130 kg N na het scheuren, tevens ruwvoer voor 1,5 GVE en zodoende stikstof in mest en gier, waarvan uiteindelijk 50 kg werkzaam kan zijn; de totale werking van een jaar voedergras in het bouwplan bedraagt dus 180 kg N ha⁻¹. De inbreng zoals die vastgesteld is voor de andere groenbemers kan uitgedrukt worden in fracties van die van dit hoofdgewas. De totale werking van alle groenbemers (dus de gegeven stikstof) inclusief stalmest en gier van het eigen bedrijf moet nu minstens gelijk zijn aan de hoeveelheid stikstof die de overige gewassen in de vruchtwisseling als gift nodig hebben – dus boven de hoeveelheid die de grond al levert – om een bepaald opbrengstniveau te bereiken. Er kunnen diverse opbrengstniveau's vastgesteld worden voor de gewassen, in % van de huidige produkties die in tabel 11 vermeld staan. Er wordt in eerste

Klasse	Opbrengst %	% groenbemesting	Jaren*
I	75	32	2
II	75	35	2
III	65	35	2
IV	70	40	3
V	65	40	3
VI	60	40	3

* De stoppelgewassen niet meegerekend.

instantie van uitgegaan dat er evenveel granen als hakvruchten geteeld worden; de stikstof-onttrekking en dus de behoefte aan toegediende N van de laatste is veel groter. Voor klasse I – als voorbeeld –, gesteld een opbrengstniveau van 75 % t.o.v. de huidige situatie, dient er 95 kg N ha^{-1} aan de gewassen gegeven te worden, waardoor het aandeel groenbemesters als hoofdgewas in het bouwplan 32 % van het areaal moet zijn om de gewassen te voorzien van stikstof. Wordt er uitgegaan van een veel lager opbrengstniveau van 60 % dan kan met een aandeel groenbemesters van 18 % volstaan worden. Omgekeerd dient om hogere ha-opbrengsten te verkrijgen het areaal groenbemesting uitgebreid te worden. De keuze van het uiteindelijke niveau hangt af van de volgende criteria:

- er dient ca. twee maal de hoeveelheid die het gewas opneemt in circulatie te zijn in de bodem (41),
- ook het gewas dat de meeste stikstof vraagt moet het gestelde opbrengstniveau kunnen halen met de aangeboden hoeveelheid N,
- de opbrengsten die op proefvelden behaald zijn dienen ter vergelijking.

Op grond van deze overwegingen zijn voor de klassen de opbrengstniveau's (in % t.o.v. de huidige opbrengsten) berekend, benevens het aandeel groenbemesting in het bouwplan en het aantal teeltjaren met een vlinderbloemig gewas op een 8-jarige vruchtwisseling dat hiermee correspondeert.

Het gewogen gemiddelde van de opbrengstniveau's zoals deze gesteld zijn bedraagt over alle klassen 70 % per ha t.o.v. de huidige ha-opbrengsten. Zou er een niveau van 80 % gesteld worden dan zou dit een aanmerkelijke uitbreiding van het groenbemestingsareaal impliceren tot 40 à 50 % van het bouwplan of een sterk verhoogde aanvoer van stalmest vereisen.

5.3. VOEDING VAN DE NEDERLANDSE BEVOLKING

In een landbouwsysteem waarin gestreefd wordt naar een sluitende voorziening van stikstof op de akker en zelfvoorziening met N in de stal dient ernaar gestreefd te worden de eigen bevolking zelf van voedsel te voorzien, zonder uit het buitenland producten te importeren.

5.3.1. *Minimum-eisen van het diëet*

Zoals in (90) is uiteengezet vormt niet de eiwitvoorziening van de bevolking

het knelpunt, maar is de dekking van de behoefte van de bevolking aan calorieën het grootste probleem in een landbouwsysteem waarin geen kunstmest N toegepast wordt. Aan de hand van de leeftijdsopbouw van de bevolking (74), de lichaamsactiviteit van de leeftijdscategorieën en de normen vermeld in (43) zijn de behoeftes aan eiwit en calorieën per persoon vastgesteld op: 66 g eiwit en 2300 kcal per dag per persoon. De grootste eiwitleveranciers in het diëet zullen granen, melk(-produkten) en peulvruchten zijn. De vleesproductie zal van geen betekenis zijn aangezien er geen import van krachtvoer plaatsvindt en de veestapel hoofdzakelijk bestaat uit melkkoeien. In (43) wordt aanbevolen dat 1/3–1/2 van het eiwit in het voedselpakket van dierlijke herkomst dient te zijn.

Het huidige vetverbruik van de Nederlander is te hoog en bedraagt zo'n 35–40% van de totale calorieënvoorziening. Het is voldoende wanneer 25–30% van de calorieënbehoefte gedekt wordt door vetten (43). Deze vetcalorieën zullen vooral uit de melk en uit olie moeten komen. De melkproductie is gegeven met de vastgestelde veebezettingen in de graslandklassen en met de arealen kunstweide en voedergewassen in de bouwlandrotaties. Er moeten dus eisen gesteld worden aan de minimale olieproductie ofwel aan het koolzaadareaal in Nederland om in de vetbehoefte te voorzien. Dit areaal dient groot genoeg te zijn om iedere Nederlander van zo'n 10 kg olie te voorzien.

Naast de teelt van koolzaad blijft er nog ruimte over voor de verbouw van hakvruchten die eveneens veeleisende gewassen zijn. De hakvruchten kunnen per ha een belangrijke bijdrage leveren in de calorieënvoorziening, zoals in tabel 16 geïllustreerd wordt.

Aangezien de Nederlander (te) veel suiker en aardappelen gebruikt, worden de consumpties in het diëet op zo'n 2/3 gesteld van het huidige verbruik.

In tabel 17 is weergegeven hoe groot de voorziening aan calorieën per dag per persoon is bij een consumptie van 1 kg van een bepaald produkt per jaar.

5.3.2. *Van boerderij naar tafel*

De melkproductie van een melkkoe is gesteld op 4000 kg melk $\text{dier}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (zie 5.1). De totale veestapel, uitgedrukt in grootvee-eenheden, omvat behalve melkkoeien ook jongvee. Naast 100 melkkoeien bevinden er zich 27 pinken (à 0,5 GVE) en 27 kalveren (à 0,3 GVE) wanneer er 4 lactatieperioden per melkkoe zijn en de kalversterfte 15% bedraagt. Door één GVE wordt er dus melk

TABEL 16. Het aantal personen dat in zijn jaarlijkse calorie-behoefte voorzien wordt door 1 ha van een produkt bij het gestelde opbrengstniveau van 70% t.o.v. de huidige situatie:

Produkt	Aantal
Graan	5,2
Aardappelen	8,8
Suiker	9,3
Koolzaadolie	2,9
Peulvrucht	5,0
Melk, 1,5 GVE/ha	1,5

TABEL 17. De voorziening in de dagelijkse behoefte aan calorieën en aan vetcalorieën van een persoon door de consumptie van 1 kg produkt per persoon per jaar.

Produkt	Kcal/dag	K.vetcal/dag
Graan	8,49	0,59
Aardappelen	1,86	—*
Suiker	10,95	—*
Olie	24,65	24,65
Peulvruchten	7,67	0,36
Melk	1,80	0,92
Kaas	9,00	7,15
Boter	20,57	20,46
Groenten	ca. 0,55	—*
Fruit	ca. 1,00	—*
Vlees	2,93	3,21
Vis	1,77	0,66
Pluimveevlees	2,56	0,92
Eieren (per stuk)	0,22	0,14

* Zeer gering.

geproduceerd van 0,82 melkkoe, ofwel 3300 kg melk $\text{GVE}^{-1}\text{jr}^{-1}$, met een vetpercentage van 3,75 % vet.

Van honderd melkkoeien komen per jaar 65 stuks jongvee en nuchteren kalveren en 25 andere melkkoeien vrij voor de slacht. De vleesproductie bedraagt daarmee 73 kg geslacht gewicht per GVE jr^{-1} , hetgeen 55 kg vlees en 7,5 kg vet $\text{GVE}^{-1}\text{jr}^{-1}$ oplevert (40, 72). Voor de bereiding van 1 kg boter en 1 kg kaas zijn respectievelijk 25 kg en 10 kg melk nodig.

De uitvalverliezen van aardappelen en peulvruchten zijn gesteld op respectievelijk 20 % en 10 %. Bij de verwerking van de suiker in de fabriek gaat er 5 % van de suikeropbrengst verloren. 1 kg graan (drooggewicht) levert 1 kg meel op en koolzaad bevat 35 % olie.

5.4. GEWASSENKEUZE EN VRUCHTOPVOLGING IN HET BOUWPLAN

Het is niet mogelijk om alle beperkingen en variaties die zich in de praktijk voordoen t.a.v. de teelt van de diverse gewassen en de vruchtopvolgingen op te nemen in het model.

Ten aanzien van de gewassenkeuze stellen de bodemklassen enkele beperkingen. Vanwege de structuur van de grond doen aardappelen in klasse II het minder goed. Er zitten minder zware gewassen in het bouwplan van klasse II en wat meer granen dan in klasse I. De lage zuurgraad en de geringe bodemvruchtbaarheid van de klassen V en VI maken deze minder geschikt voor de bietenteelt. Koolzaad kan beter niet geteeld worden op de slechte zandgronden met lage zuurgraad (III, IV). Peulvruchten doen het op de zandgronden ook slechter. De granen kunnen overal geteeld worden; tarwe is beter geschikt voor de

kleigronden en de goede zandgronden (IV), terwijl in de klassen V en VI vanouds meer rogge en haver geteeld worden.

Geschikte voorvruchten voor winterkoolzaad zijn klaver, luzerne, kunstweide, wintergerst en erwt, terwijl bieten vanwege het bietenaaltje ongeschikt zijn. Aardappelen of bieten en koolzaad mogen niet vaker dan 1 maal in de 4 jaar terugkomen op eenzelfde perceel. Bij granen is een maximum van 1 op 2 mogelijk als de tarwe afgewisseld wordt met haver. Granen doen het goed na alle gewassen. De hakvruchten volgen het beste op een opgescheurde kunstweide of groenbemester. Op de granen volgt zoveel mogelijk een stoppelgewas. Na zomertarwe en haver lukt het stoppelgewas echter slecht. Koolzaad en erwt ruimen vroeg genoeg het veld om met succes een stoppelgewas erna te kunnen telen. Op de zandgronden, waar meer kunstweide voorkomt, zal de vruchtwisseling minder problemen opleveren dan op de kleigronden. Vanwege het klavercystenaaltje zal de klaverteelt problemen op kunnen leveren.

5.5. RESULTAAT

5.5.1. De vastgestelde bouwplannen

Op grond van de overwegingen naar voren gebracht in 5.2, 5.3 en 5.4 worden er de volgende gewassen geteeld in 8-jarige rotaties:

Gewas	I	II	III	IV	V	VI
Groenbem.	1	1		1	1	
Kunstweide			2	2	2	3
Peulvrucht	1	1				
Aardappelen			1	1		1
Suikerbieten	1	1	1			
Koolzaad	2	1		1	1	
Wintergraan	2	2	2	2	2	2
Zomergraan	1	2	2	1	2	2

Na wintergranen en winterkoolzaad wordt een stoppelgewas geteeld. Na een vlinderbloemig hoofdgewas volgt een hakvrucht. De kunstweiden in de klassen IV–VI zijn meerjarig.

5.5.2. De ha-opbrengsten

De opbrengstreducties die gesteld zijn in 5.2 in aanmerking nemende worden de ha-opbrengsten in de modelsituatie van een landbouwsysteem bij natuurlijke N-voorziening, zoals vermeld in tabel 18.

5.5.3. Vergelijking tussen de huidige en de modelsituatie

Het oppervlak grasland bedroeg in 1977 1.239×10^3 ha (72). In de modelsituatie neemt het permanente grasland 575.100 ha in beslag en de kunstweide 202.300 ha, in totaal 777×10^3 ha (zie tabel 19).

De veebezetting van het grasland bedroeg in 1977 2,38 GVE ha⁻¹, mestkalve-

TABEL 18. De netto opbrengsten in de modelsituatie bij een opbrengstniveau van 70% t.o.v. de huidige landbouw, in ton produkt ha⁻¹jr⁻¹. Opbrengsten in vers gewicht, uitgezonderd suiker.

Klasse	Aard.	Suiker	W-graen	2-graen	Peulvrucht	Koolzaad
I	37,5	6,2	4,7	4,4	3,8/5,5*	2,25
II	37,5	6,2	4,7	4,4	3,2/5,5*	2,25
III	28,0	5,1	3,5	3,3		
IV	28,0	5,5	3,6	3,4	3,2	2,1
V	24,7	5,1	3,3	3,1	2,2	1,95
VI	19,2	4,3	2,8	2,6		

* Resp. erwit en veldboon.

ren en -vee niet meegerekend. Het aandeel melkkoe per GVE was 0,74. De melkproduktie bedroeg 4820 kg melk koe⁻¹jr⁻¹, bij een vetpercentage van 3,97% vet in de melk (72).

De gemiddelde veebezetting over alle grasland en kunstweide in de modelsituatie (zie tabel 15) bedraagt ca. 1,4 GVE ha⁻¹. In 5.3.2 is de melkproduktie vastgesteld op 4000 kg melk koe⁻¹jr⁻¹ en het aandeel melkkoe per GVE op 0,82. In tabel 19 zijn vermeld de melkproduktie per ha en de totale melkplas die geproduceerd wordt in beide situaties. In de modelsituatie wordt 85% van de melk geproduceerd door voeding met gras, terwijl bijvoeding met het

TABEL 19. Vergelijking tussen het graslandareaal, de veebezetting en de melkproduktie in de huidige weidebouw en in de modelsituatie.

	Huidig (1977)	Model	Eenheid
Areaal grasland	1.239.000	575.100	ha
kunstweide		202.300	
Veebezetting	2,4	1,4	GVE ha ⁻¹
Melkkoe/GVE	0,74	0,82	
Melkproduktie/koe	4820	4000	kg koe ⁻¹ jr ⁻¹
Melkproduktie/ha	8560	4600	kg ha ⁻¹ jr ⁻¹
Totale melkproduktie	10600	4100	10 ³ ton jr ⁻¹

TABEL 20. Vergelijking tussen het areaal bouwland, het areaal groenvoedergewassen en de produktie-omvang van de consumptiegewassen in de huidige akkerbouw en in de modelsituatie.

	Huidig (1977)	Model	Eenheid
Areaal bouwland	698.500	1010.200	ha
Areaal groenvoedergewassen	114.800 ¹	140.600	ha
Opbrengstniveau consumptiegewassen ²			
per ha	100	70	%
Produktie-omvang consumptiegewassen ³	100	105	%

¹ Inclusief voederbieten.

² Exclusief peulvruchten.

³ Inclusief peulvruchten.

veevoer afkomstig van de groenbemesters voor 15 % bijdraagt in de melkproduktie. In de huidige landbouw is de bijvoeding met veevoer op het bedrijf veel hoger, o.a. door import van veevoer uit het buitenland, waardoor de hogere veebezetting in belangrijke mate bereikt kan worden.

Alle akkerbouwgewassen namen in 1977 een oppervlakte van 698.500 ha in beslag (72). Gegeven de bouwplannen in 5.5.1 vermeld, nemen de consumptie- en groenvoedergewassen in de modelsituatie een oppervlakte in van 1.010.200 ha (zie tabel 20).

De teelt van voederbieten, snijmais, luzerne en klaver omvatte in 1977 114.800 ha, terwijl er in de modelsituatie 140.600 ha groenvoedergewassen (groenbemesters) geteeld wordt. Het opbrengstniveau per ha consumptiegewas (granen, aardappelen, suikerbieten en koolzaad) is in de modelsituatie vastgesteld op 70 % van de ha produktie in de huidige akkerbouw (zie 5.2). Tevens is aangenomen dat de peulvruchten dezelfde opbrengsten behalen t.o.v. de huidige situatie. De totale produktie-omvang over het areaal consumptiegewassen, inclusief de peulvruchten, bedraagt in de modelsituatie aldus 105 % t.o.v. de huidige situatie, als gevolg van het grotere areaal bouwland.

5.5.4. De mestsituatie

In de bodemklassen VII – X wordt er op het weidebedrijf in totaal 3.183×10^3 ton mest jr^{-1} geproduceerd in de stalperiode, die ter beschikking komt voor het bouwland van de akker- en tuinbouw. De gier wordt op het weidebedrijf zelf aangewend (zie 6.1). De hoeveelheden stadsvuilcompost en zuiveringsslib die er jaarlijks geproduceerd worden, zijn in 3.3 berekend. Zoals in 5.5.7 zal blijken wordt er per persoon 30 kg graan jr^{-1} gevoederd aan de kippen, zodat de totale mestproduktie $14 \times 10^6 \times 39/47 \times 18 \text{ kg} = 209 \times 10^3 \text{ ton } \text{jr}^{-1}$ kippemest bedraagt (zie 3.2.3).

De volgende hoeveelheden stikstof bevinden zich in de mest, compost en slib die jaarlijks vrij ter beschikking staan:

	Produktie ($\times 10^3$ ton)	N-gehalte (%)	Hoeveelheid stikstof (ton)
Stalmest, klasse VII – X	3.183	0,65	20.699
Compost	1.400	1,00	14.000
Slib	252	3,08	7.760
Kippemest	209	1,10	2.300
			<u>44.750</u>

In totaal kan er dus 44.750 ton stikstof per jaar aangewend worden in de akker- en tuinbouw. De behoefte van de tuinbouwsector aan stalmest (zie 4.3.2) is berekend op 2.776×10^3 ton mest jr^{-1} , ofwel 18.044 ton stikstof jr^{-1} . Om het verbruik van stalmest in de tuinbouw te dekken is dus bijna de gehele produktie aan mest, afkomstig van de weidebedrijven in de bodemklasse VII t/m X, benodigd.

Wanneer de overige hoeveelheid stikstof aanwezig in de compost, slib en kippemest verdeeld wordt over het areaal akkerbouwgewassen – uitgezonderd de kunstweide en vlinderbloemige gewassen – betekent dit een inbreng van $25 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ op het bouwland van de gemengde bedrijven in de bodemklassen I t/m VI.

5.5.5. De stroleverantie en de organische stofvoorziening

De strobehoefte van de koeien die in de graslanden 180 dagen op stal staan bedraagt per jaar ca. 191.10^3 ton. Het vee dat bij de gestelde bouwplannen in de overige klassen (zie 5.5.1) voorkomt, verbruikt zo'n 186.10^3 ton stro per jaar. In totaal 377.10^3 ton stro waarvoor 7% van het bouwlandareaal met graan bebouwd moet worden bij een stroproduktie van 4000 kg stro per graanjaar. De bouwplannen voorzien ruimschoots in deze strobehoefte. Het overige stro, zo'n 1200.10^3 ton, kan op de akker ondergeploegd worden en vormt daar dan een extra organische stof inbreng, of in de tuinbouw aangewend worden als grondbedekking.

Aan de hand van de normen vermeld in het Handboek voor de Akkerbouw (39) en rekening houdende met de opbrengstdaling der gewassen en de toevoer van de mest afkomstig van het eigen bedrijf valt te berekenen hoeveel organische stof er per jaar in de grond gebracht wordt. Er wordt van uitgegaan dat alle rooiresten, dus ook bietekoppen en -loof ondergeploegd wordt.

De organische stoftoevoer in ton droge stof $\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ wordt dan in de klassen:

I	5,4
II	5,6
III	4,9
IV	5,6
V	4,7
VI	4,3
gewogen gem.	5,1

Bij een humushoeveelheid van $20 \times$ de organische stoftoevoer en een bouwvoorgewicht van 2 miljoen kg zou er een humusgehalte van 5,1% over alle bouwland klassen gehandhaafd kunnen worden. Het huidige humusgehalte van deze gronden bedraagt 4,0% (zie bijlage 1).

Compost, slib en mest die nog ter beschikking staan (zie 5.5.4) en stro zouden het beste in de klassen III, V en VI toegediend kunnen worden om de humusgehalten van deze gronden op peil te houden.

5.5.6. De totale produktie

De hoeveelheid produkt die per persoon ter consumptie beschikbaar is per jaar, bij een bevolking van 14 miljoen mensen (zie tabel 21), valt te berekenen uit de oppervlakte van elk gewas en de ha-opbrengsten (tabel 18), na aftrek van de uitval- en verwerkingsverliezen (5.3.2), en herleiding van de graanopbrengst naar 83% droge stofopbrengst.

De totale hoeveelheid melk is zodanig verdeeld over de categorieën melk, kaas en boter, dat het verbruik in de modelsituatie van deze drie 78 % bedraagt van het huidige verbruik. De consumptie van broodgraan is gesteld op 96 kg persoon⁻¹ jaar⁻¹, dit is de benodigde hoeveelheid om de dagelijkse calorieënvoorziening (zie 5.5.7) rond te krijgen. Van de totale graanproductie van 135 kg kan de resterende hoeveelheid, 39 kg persoon⁻¹ jaar⁻¹, aan het pluimvee gevoerd worden. De gemiddelde kip in Nederland verbruikte 54 kg voer in 1976, produceerde 218 eieren per jaar en leverde 1,4 kg levend gewicht op ofwel 1,0 kg panklaar gewicht na een jaar eierproductie (72). Er kunnen dus 159 eieren per jaar per persoon geproduceerd worden, zijnde 86 % van de huidige consumptie en daarbij komt er nog 0,4 kg vlees ter beschikking afkomstig van afgedankte kippen. De consumptie van aardappelen en suiker zal met ruim 20 % moeten dalen in de modelsituatie en bij het gestelde diët. Het verbruik van olie blijft, op basis van het vetgehalte, nagenoeg gelijk aan dat van margarine in de huidige situatie. Aan rundvlees zal slechts 10 % van het huidige verbruik geconsumeerd kunnen worden, waartegenover een verzesvoudiging van het aanbod aan peulvruchten staat. De consumptie van groente en fruit – inclusief zuidvruchten – is in het model gelijk gesteld aan de huidige situatie. De visconsumptie kan eveneens op hetzelfde niveau gesteld worden.

5.5.7. De calorieën- en eiwitvoorziening

De consumptie per jaar van de hoeveelheden van de produkten vermeld in tabel 21 levert per dag per persoon het aantal calorieën op dat in tabel 22 weergegeven is.

De calorieënvoorziening door consumptie van alle produkten, uitgezonderd de eieren en het vlees van de kippen, bedraagt 2300 kcal per persoon per dag. De

TABEL 21. Het verbruik van voedingsmiddelen per hoofd in 1977 en het verbruik in de modelsituatie, in kg en in % van het huidige verbruik.

Produkt	'77	Diët	%
Broodgraan	55	96	175
Aardappelen	77	61	79
Suiker	43	34	79
Melk, incl. room en gec. melk	174	136	78
Kaas	12,4	9,7	78
Boter	3,1	2,4	78
Margarine/olie	13,4	10,6	95*
Vlees totaal	55,8	5,5	10
Pluimveevlees	6,8	0,4	6
Eieren (stuks)	184	159	86
Vis	12	12	100
Groente** (excl. peulvr.)	75	75	100
Fruit** (incl. zuidvr.)	75	75	100
Peulvruchten	4,4	26,4	600

* Omrekening op basis van vetpercentage margarine: olie als 83:100.

** Over '74-'75.

TABEL 22. De hoeveelheden calorieën die er per dag beschikbaar komen bij consumptie van de hoeveelheden produkt, vermeld in tabel 19.

Produkt	Kcal/dg	uit vet Kcal/dg
Graan	815	57
Aardappelen	115	—
Suiker	370	—
Melk	245	125
Kaas	85	69
Boter	50	49
Olie	260	260
Vlees	15	18
Vis	20	8
Groenten & fruit (excl. peulvr.)	ca. 120	—
Peulvruchten	205	10
Eieren	35	23
Pluimveevlees	1	—
	2336	619

graanconsumptie is als sluitpost gebruikt om de calorieënleverantie op dit gestelde niveau te krijgen. Het overige graan, dat aan de kippen gevoederd wordt, bevat een hoeveelheid calorieën waarmee er $331 \text{ kcal persoon}^{-1}\text{dag}^{-1}$ extra ter beschikking zouden staan. Na voeding aan kippen leveren de eieren en het vlees van deze dieren een calorieënaanbod op van $36 \text{ kcal persoon}^{-1}\text{dag}^{-1}$. De produktie van eieren is voor de calorieënvoorziening dus zeer ongunstig.

Uit vetten staan er per dag 619 kcal ter beschikking, ofwel 26 % van het totale aanbod aan calorieën, hetgeen binnen de gestelde normen valt.

Per dag levert het diët 76 gram eiwit op, waarvan 31 gram, ofwel 41 % van dierlijk herkomst is. Aan de eiwitbehoefte wordt dus ruimschoots voldaan.

6. DE STIKSTOFBALANS

De opbrengsten die berekend zijn in het geval van natuurlijke stikstofvoorziening van de gewassen, kunnen op de lange duur alleen behaald worden als de hoeveelheid stikstof die met de oogsten afgevoerd wordt elk jaar weer aangevuld wordt. Bovendien treden er tijdens de omloop van de stikstof in de bodem, de plant en het organische materiaal verliezen aan dit element op. Tenzij anders vermeld, zijn alle waarden in dit hoofdstuk uitgedrukt in $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$.

6.1. HET GRASLANDBEDRIJF

Tabel 23 geeft de gemiddelde input en output in kg N per ha per jaar van het permanente grasland op klei-, zand- en veengrond in de bodemklassen VII t/m X. De hoeveelheid N die jaarlijks vastgelegd wordt in en weer mineraliseert uit de wortels en stoppelresten van het gras, wordt aan beide zijden van de balans vermeld.

Van de in de stalperiode geproduceerde stalmest en gier wordt alleen de laatste teruggebracht op het land; de stalmest wordt van het bedrijf afgevoerd.

6.1.1. De input van stikstof

Via het regenwater ontvangt de grond jaarlijks ongeveer 15 kg N bij een gemiddelde regenval van 750 mm per jaar (108). De droge depositie van stikstof bedraagt slechts enkele $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (26, 54).

De hoeveelheid stikstof die asymbiotisch uit de lucht gebonden wordt kan maximaal op 20 kg gesteld worden. Voor de praktijk wordt gerekend met een vrije binding van $5 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (108).

TABEL 23. Input- en outputbalans voor het grasland in de klassen VII t/m X, in $\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$.

Input		Output	
Regenval	15	Weidegras (bruto)	119
Vrij gebonden	5	Hooi, kuilgras (bruto)	98
Symbiont. gebonden	120	Wortels en stoppels	93
Beweidingsverlies	24		310
Hooiverlies	7		
Wortels en stoppels	93	<i>Verliezen</i>	
Gierbemesting	25	Uitspoeling	11
Excrementen: urine	41	NH_3 -verluchting	15
Excrementen: faeces	41	Denitrificatie	35
	371		371

Hoeveel stikstof er in symbiose met de klaver in het gras gebonden wordt, is moeilijk te bepalen. Het stikstofeffect van de klaver op de bovengrondse produktie bedraagt bij een percentage klaver van 6 % in het grasbestand 5 kg N per % klaver (100). Dit betekent dat de klaver voor zo'n 30–40 kg aan de stikstofproduktie van bovengrondse delen extra bijdraagt. De totale binding door de klaver zal zeker het dubbele van deze hoeveelheid bedragen. Henkens berekende in publikatie 26 voor een veebedrijf op kleigrond in 1937, waar nog geen kunstmest werd toegepast, een stikstoffixatie van 120 kg N per jaar vermeld aan de inputzijde van de stikstofbalans in de bodem. Om de balans van het graslandbedrijf sluitend te krijgen, zal een fixatieniveau van 120 kg N in rekening gebracht worden.

6.1.1.1. Recirculatie van stikstof

Bij het beweiden van grasland wordt een deel van de bruto produktie van het gras niet door het vee opgenomen. Dit beweidingsverlies is gesteld op 20 % (zie 4.1.1.2) van de bruto produktie aan weide gras (ongeveer de helft van de totale produktie), ofwel 24 kg N per ha grasland die als input beschouwd kan worden.

Tijdens het maaien en winnen van hooi of kuilvoer op het land treden direct al verliezen op, die geschat kunnen worden op 7.5 % van de bruto droge stofproduktie aan hooi- en kuilgras (64). Deze input bedraagt aldus 7 kg N per ha. Zowel bij grazen als maaien blijft er een hoeveelheid gras als stoppel achter. Tevens produceert de grasmat wortels ter vervanging van andere, die afgebroken worden, waarbij stikstof gemineraliseerd wordt. Bij een bruto produktie van 8 ton droge stof kan de hoeveelheid stikstof die zo jaarlijks vastgelegd en weer gemineraliseerd wordt op 93 kg N gesteld worden (64).

6.1.1.2. Excrementen en gier

In de klassen worden jaarlijks de volgende hoeveelheden stikstof per ha afgevoerd via de melk en het vlees:

	Melk	Vlees	Totaal	Weideperiode (180 dagen)
klasse VII, VIII, IX	22	3	25	14
klasse X	26	3	29	16

Na opname van het weidegras, waarop het beweidingsverlies in mindering gebracht is, bevindt er zich in de excrementen gemiddeld over de klassen nog 82 kg N terwijl zo'n 14 kg N tijdens de weideperiode van 180 dagen in de melk- en vleesproduktie afgevoerd is.

In (82) is gesteld dat de verdeling van stikstof over de faeces en urine ongeveer gelijk is in de stalperiode, zodat aangenomen wordt dat er 41 kg N als NH_3 op het land komt en 41 kg N in organisch gebonden vorm.

In de stalperiode wordt er per ha door 1,4 GVE (de gemiddelde veebezetting) aan stikstof in de gier geproduceerd (zie 3.2.2): $1,4 \times 3 \text{ m}^3 \times 0,6 \% = 25 \text{ kg N}$. Deze hoeveelheid stikstof zal op de weide teruggebracht worden middels

gierbemesting, anders dan in (100) aangenomen is, waar de opbrengsten van het grasland bepaald zijn zonder bemesting (zie 4.1.1.1).

6.1.2. *De output van stikstof*

Er wordt gesteld dat er tussen het gebruik van het grasland voor weidegras en hooi of kuilgras een verhouding van 0,45:0,55 bestaat. De in (64) vermelde stikstofpercentages van 3,2% N in het weidegras en 2,5% N in het hooi of kuilgras zijn overgenomen. Gemiddeld over alle klassen wordt er bruto 119 kg N aan weidegras geproduceerd en 98 kg N afgevoerd bij de hooi- en kuilvoerwinning.

6.1.2.1. Verliezen aan stikstof

Kolenbrander (61) berekende voor de uitspoeling van onbemest grasland 7 kg N. Onder gras is als gevolg van een gering gehalte aan minerale stikstof, hoge verdamping van het gewas en permanente grondbedekking de uitspoeling gering (47). Voor beweid grasland is de uitspoeling groter als gevolg van de hoge stikstofconcentratie in de flatten en urineplekken van het vee. In het geval van zand- en kleigrond betekent dit, wanneer het gras voor de helft beweid wordt, een extra uitspoeling van resp. 7 en 3 kg N. In (84) worden voor zand, klei en veen uitspoelingsverliezen genoemd van resp. 18, 8 en 3 kg in het geval van een weidebedrijf met 1 GVE/ha en een luchtstikstofbinding van 125 kg N per ha. In de balans van het weidebedrijf uit 1937 (26) op kleigrond bedraagt de uitspoeling 11 kg N. Als gemiddelde over de klassen VII t/m X wordt een uitspoelingsverlies van 11 kg N per ha per jaar aangenomen.

Hiernaast treden er nog verliezen op door vervluchtiging van ammoniak en na denitrificatie van stikstof in de bodem.

In (64) wordt gesteld dat 50% van de ammoniakstikstof in de excrementen verloren gaat, hetgeen op ca. 20 kg zou neerkomen. Hoogerkamp (47) spreekt van een vervluchtiging van N uit de urine van 20%. Het verlies bedraagt in de balans van het weidebedrijf uit 1937 (26) 7 kg N. Het vervluchtigingsverlies wordt gesteld op 15 kg N per ha per jaar.

Op grasland is het verlies aan N als gevolg van denitrificatie het hoogst. Kolenbrander (63) geeft een verband aan tussen de hoeveelheid N die uitspoelt en de hoeveelheid die denitrificeert bij een hoeveelheid N die door de plant opgenomen wordt. Hieruit kan een verlies van 35 kg N door denitrificatie afgeleid worden, welke waarde als een zeer grove schatting gezien moet worden.

6.1.3. *Het tekort aan stikstof*

De stikstofbalans voor het weidebedrijf in de bodemklassen VII t/m X die in tabel 21 weergegeven is, vertoont geen tekort, hetgeen verwonderlijk is daar de input-outputbalans voor het huidige weidebedrijf waar er met de kunstmest een stikstofinput van $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ plaatsvindt, ook sluitend is (64). De totale input aan stikstof ligt bij deze laatste balans bijna twee maal zo hoog, nl. op $685 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$, waarvan 232 kg weer verloren gaat.

Ervan uitgaande dat bij natuurlijke stikstofvoorziening de stikstofbalans

sluitend is, zouden er t.o.v. de huidige situatie de volgende wijzigingen optreden:

- de verliezen aan minerale stikstof worden beduidend minder. Zijn deze voor het huidige weidebedrijf berekend op 34% van de input, in het geval er geen minerale stikstof in het systeem ingebracht zou worden, zouden de verliezen 16% bedragen van een input, die ongeveer de helft geringer is. Dit verschil is met name te wijten aan de hoge waarden voor verliezen ten gevolge van denitrificatie van stikstof en vervluchtiging van stikstof in over het land uitgereden gier, waarmee in de huidige situatie gerekend wordt.

- de belangrijkste input wordt gevormd door stikstof die symbiontisch door de klaver gebonden wordt, en direct door het gras-klaverbestand opgenomen kan worden, zonder aan grote verliezen blootgesteld te worden.

Wordt er geen evenwicht voorondersteld in de gepresenteerde stikstofbalans, dan dienen er andere bronnen te zijn waardoor het tekort wordt aangevuld:

- de mogelijkheid bestaat dat er ingeteerd wordt op de stikstofvoorraad in de grond. Dit zou betekenen dat de stikstof die vrijkomt door mineralisatie van humus, veen, moedermateriaal e.d. niet weer aangevuld wordt. De gevolgen van een langzame daling van het humusniveau zullen pas na 50–100 jaar merkbaar zijn. De opbrengsten zijn echter bepaald op langdurige proefvelden, die zo'n 10–20 jaar oud zijn, zodat de lange termijn-effecten niet in rekening gebracht zijn.
- er zouden nog onbekende bronnen kunnen zijn. Bij een stikstofvoorraad in de bodem die in de orde van grootte ligt van $10.000 \text{ kg N ha}^{-1}$ en voor het grootste gedeelte in organische vorm gebonden is, is het bijna onmogelijk een exacte balans op te stellen voor de stikstof die zich in de minerale fase beweegt. Op relatief arm zand in Florida kan de directe absorptie van NH_3 stikstof uit de lucht onder droge omstandigheden een belangrijke bron zijn (91). In proeven te Rothamsted op grond die sinds 1883 niet meer gecultiveerd is geweest (54, 55) is aangetoond, dat er mogelijk sprake is van een absorptie van ammonia ten bedrage van $13 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Het is wellicht mogelijk dat het niet voorkomen van tekorten gelegen is in dergelijke onvoorziene bronnen. Waarschijnlijker is, dat landbouw bij natuurlijke stikstofvoorziening de reserves in de bodem goed weet uit te baten, waarbij het nog een open vraag is of deze voorraad in de bodem op de lange duur, d.w.z. over een 50 jaar of langer in stand gehouden kan worden bij de opbrengstniveaus zoals deze bepaald zijn.

6.2. HET GEMENGDE BEDRIJF

Tabel 24 geeft een overzicht van de input en output en de verliezen in kg N per ha per jaar van het bouwland in de bodemklassen I en II (kleigrond), III (dalgrond) en IV, V en VI (zandgrond). De jaren met kunstweide en vlinderbloemige hoofdgewassen zijn niet opgenomen in de balansen, zodat deze betrekking hebben op resp. 6, 6 en 5 bouwlandjaren per 8-jarige vruchtwisseling (zie 5.5.1).

6.2.1. De input van stikstof

Door de aanvoer met het regenwater en door asymbiontische binding wordt per jaar 19 kg N ha^{-1} ingebracht.

Door de geteelde en ondergeploegde groenbemesters en kunstweide in het bouwplan worden de in tabel 5 vermelde hoeveelheden stikstof de grond ingebracht, vermenigvuldigd met 10/7 – ervan uitgaande dat er een werkingscoëfficiënt is van 70 % voor de ondergeploegde groenbemestingsstikstof. Er is rekening mee gehouden dat een deel van de organische stof mineraliseert in jaren dat er een groenbemester of kunstweide geteeld wordt, zodat een deel van de totale hoeveelheid groenbemestingsstikstof in het bouwplan niet ten goede komt aan de bouwlandgewassen. Per ha aardappel, suikerbiet, koolzaad en graan blijkt er aldus op klei-, dal- en zandgrond resp. 85, 50 en 70 kg N ingebracht te zijn als gevolg van de symbiontische luchtstikstofbinding door vlinderbloemige gewassen in voorafgaande jaren geteeld.

6.2.1.1. Mest van het bedrijf en aanvoer van mest

Het vee dat gevoed wordt op de kunstweide en met het veevoer van de vlinderbloemige voedergewassen in het bouwplan produceert stalmest en gier, die aangewend worden op het bouwland. Met de stalmest wordt er per ha resp. 7, 13 en 20 kg N ingebracht en via de gier 4, 9 en 14 kg N.

In 5.5.4 is berekend hoeveel stikstof er beschikbaar komt door recirculatie van huisvuil en afvalwater en door de produktie van mest in de klassen VII t/m X en van kippemest. Na aftrek van de hoeveelheid stikstof die hiervan naar de tuinbouwsector gaat, blijft er voor het bouwland aan compost, slib, koeie- en kippemest een hoeveelheid stikstof over van 25 kg ha⁻¹. Deze organische meststoffen worden dus gelijk over alle bouwland verdeeld.

6.2.1.2. Recirculatie van wortels en stoppels, stro en bietekoppen en -blad

In 5.5.5 is de totale toevoer van droge organische stof door alle gewassen in het bouwplan berekend. Op dezelfde wijze kan de hoeveelheid organische stof die achterblijft met de wortels en stoppels berekend worden. De hoeveelheid stikstof in de wortels en stoppels kan op gemiddeld 2 % gesteld worden (64). Er blijkt dan

TABEL 24. Input- en outputbalans voor het bouwland* in de klassen I t/m VI, in kg ha⁻¹jr⁻¹.

<i>Input</i>	<i>Output</i>					
Klasse:	I-II	III	IV-VI	I-II	III	IV-VI
Aard, van de bron				Aard, van de bron		
Regen, vrije binding	19	19	19	Wortels & stoppels	71	57
Groenbemesting	85	50	70	Stro, bietenafval	12	10
Stalmest	7	13	20	Oogst	88	73
Gier	4	9	14		171	140
Wortels & stoppels	71	57	58	Uitspoeling	33	15
Compost, slib, mest	25	25	25	Vervluchtiging	4	5
Stro, bietenafval	11	9	6	Denitrificatie	29	31
						9
	222	182	212		237	191
						189

* Het bouwland omvat de teelt van aardappelen, suikerbieten, koolzaad en granen.

gemiddeld over de klassen I en II, III en IV–VI resp. 71, 57 en 58 kg stikstof in de vorm van wortel- en stoppelresten te circuleren in de bouwlandjaren.

De drogestofproduktie van stro bedraagt ca. 80 % van die van de korrelproduktie van het graan. Het verbruik van stro in de stal, zoals dit in 5.5.5 berekend is, omvat zo'n 20 % van de totale stroproduktie. Aan de outputzijde van de balans komt zodoende ca. 1 kg N meer aan stro te staan, die terugkeert in de stalmest. Met de overblijvende stro wordt er respectievelijk 7, 6 en 6 kg N teruggebracht, wanneer de stro op het eigen bedrijf wordt ondergeploegd.

Het inploegen van bietenkoppen en -afval levert voor de klassen I en II en voor klassen III een recirculatiepost op van respectievelijk 4 en 3 kg N per ha per jaar.

6.2.2. De output van stikstof

De hoeveelheden stikstof die met de oogstprodukten van het bedrijf afgevoerd worden staan vermeld in het Handboek voor de Akkerbouw (39). De in tabel 18 vermelde netto-opbrengsten geven een gemiddelde jaarlijkse afvoer van stikstof van het bouwland (met uitzondering van de kunstweide en voedergewassen) van resp. 88, 73 en 58 kg N ha⁻¹.

6.2.2.1. Verliezen aan stikstof

Henkens (108) vond ten gevolge van uitspoeling van stikstof met het drainwater verliezen van 15 % van de totale input voor kleigrond, 8 % voor dalgrond en 24 % voor zandgrond. In een landbouwsysteem gebaseerd op natuurlijke stikstofvoorziening vindt er minder bemesting plaats met minerale stikstof die aan uitspoeling blootstaat. Daarentegen komt een groot deel van de stikstof vrij door mineralisatie van de organische stof, een proces dat ook in de herfst en winter doorgaat. Uitspoeling van stikstof in deze periode kan voorkomen worden door de teelt van stoppelgewassen na het hoofdgewas. Commoner (18) liet zien dat in de tijd van gering kunstmestverbruik bij mais (1950–1965) er relatief weinig stikstof uitspoelde en de stikstofopname door het gewas relatief hoog lag, terwijl er bij het hogere niveau van minerale mestgift in de jaren erna er relatief meer stikstof uitspoelde.

Op grond van deze overwegingen wordt aangenomen dat in de situatie waarin de stikstof vrijkomt door mineralisatie van organische stof en er nagewassen geteeld worden er zeker niet een grotere fractie uitspoelt dan wanneer de stikstof in minerale vorm toegediend wordt. De genoemde fracties aannemende, bedragen de uitspoelingsverliezen voor klei-, dal- en zandgrond resp. 33, 15 en 51 kg N ha⁻¹jr⁻¹.

Ammoniakvervluchtiging vindt plaats bij het gebruik van gier en andere mestsoorten. Wanneer de gier op de juiste wijze en het juiste tijdstip ondergebracht wordt bedraagt de werkingscoëfficiënt van de stikstof 80 (82). Er gaat 20 % van NH₃-N in de gier verloren door vervluchtiging. Uit de compost en mest ontwijkt op deze wijze een geringe hoeveelheid, daar deze mestvormen weinig NH₃-N bevatten. Gesteld dat er ca. 10 % van de stikstof vervluchtigt uit de compost en mest, bedraagt het vervluchtigingsverlies in totaal 4,5 en 6 kg voor de drie grondsoorten.

Daar er weinig cijfermateriaal beschikbaar is over de verliezen die optreden na denitrificatie van stikstof, is dit verlies meestal de sluitpost van de balans. Bij toenemende zwaarte van de grond worden de condities voor denitrificatie gunstiger vanwege het groter aantal kleine poriën, die sneller aanleiding geven tot anaërobe condities. Naarmate er meer stikstof uitspoelt, treedt er minder verlies op ten gevolge van denitrificatie. Uit het verband dat Kolenbrander (63) gelegd heeft tussen de beide verliesposten, kunnen de fracties die na denitrificatie verloren gaan gesteld worden op 13, 17 en 4 % van de input resp., ofwel 29, 31 en 9 kg N ha⁻¹jr⁻¹ voor klei-, dal- en zandgrond.

6.2.3. *Het tekort aan stikstof*

De balans voor de kleigronden vertoont een tekort van 15 kg N ha⁻¹jr⁻¹, terwijl die voor dalgrond een overschot geeft van 7 kg N en die voor zandgrond één van 23 kg N ha⁻¹jr⁻¹, zodat gesteld kan worden dat de balans voor het bouwland min of meer sluitend is.

Het bouwland is onderdeel van een vruchtwisseling, waarin ook nog kunstweide en vlinderbloemige hoofdgewassen zijn opgenomen. Na het voorafgaande kan voor deze weiden en gewassen niet verwacht worden dat er zich tekorten zullen gaan voordoen. Het hogere klaverpercentage in het grasbestand van de kunstweide betekent een grotere stikstofinput dan in het geval van het permanente grasland, waardoor grotere verliezen ten gevolge van het scheuren van de kunstweide gecompenseerd worden.

In (26) zijn 65 landbouwkundige systemen geanalyseerd op de stikstofbalans. Het aantal systemen – zowel met als zonder gebruikmaking van anorganische stikstof – waarbij het stikstofniveau toenam of onveranderd bleef, bleek groter te zijn dan het aantal waarbij het niveau afnam. De afname was in de orde van grootte van 9–24 kg N ha⁻¹jr⁻¹ voor alle systemen. De toename bedroeg bij systemen zonder kunstmest zo'n 20 kg N ha⁻¹, en bij systemen met kunstmest ca. 150 kg N ha⁻¹jr⁻¹. Of er bij de systemen met kunstmest een verrijking van stikstof plaatsvond is de vraag, daar wellicht de denitrificatieverliezen te laag geschat zijn (27).

Wanneer landbouw bij natuurlijke N-voorziening inderdaad de verliezen aan stikstof weet te beperken, kan aannemelijk gemaakt worden dat ondanks het ontbreken van de input van kunstmest – in 1970 134 kg N ha⁻¹jr⁻¹ (64) – en dankzij een hoge inbreng van zo'n 75 kg N ha⁻¹ door groenbemesting en 25 kg door recirculatie van organische materiaal, de stikstofbalans sluitend is bij het gestelde opbrengstniveau van 70 % t.o.v. de huidige situatie.

7. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Er is getracht op grond van wat er bekend is in de literatuur een schatting te maken van de opbrengsten die behaald zouden kunnen worden in een landbouwsysteem dat voor zijn stikstofvoorziening gebruik maakt van natuurlijke stikstofbronnen.

Er is een modelsituatie opgesteld, waarin de door de gewassen geteelde oppervlakten en de opbrengsten vastliggen en zodoende de totale produktie van akkerbouw, tuinbouw en veeteelt, de mest transporten tussen de sectoren en de stikstofkringloop op het bedrijf berekend kunnen worden.

De Nederlandse grondsoorten zijn ingedeeld in een tiental bodemklassen met verschillende landbouwkundige gebruikswaarde. Vier klassen liggen permanent onder gras, in de overige zes klassen kan het gemengde bedrijf met bouwland en grasland (kunstweide) beoefend worden. Het benodigde areaal tuinbouw, dat bepaald is op grond van het huidige verbruik van tuinbouwprodukten door de bevolking, ligt verspreid over 7 van de 10 bodemklassen. Terwijl tegenwoordig 1/3 van de cultuurgrond als bouwland in gebruik is, zou dit areaal tot ca. de helft van het totaal uitgebreid kunnen worden.

De mogelijkheden om stikstof via stalmest en gier en via recirculatie van stadsvuil en rioolwater aan de gewassen te geven zijn bekeken.

Op de gemengde bedrijven, waar gemiddeld over de zes bodemklassen $\frac{1}{4}$ van het bouwplan in de modelsituatie bestemd is voor dierlijke consumptie, ontvangt het bouwland uit het eigen bedrijf 11–34 kg N per ha via stalmest en gier. Bovendien kan er via stalmest uit de weidebedrijven, stadsvuilcompost, zuiveringsslib en kippemest, 25 kg N per ha bouwland per jaar aangevoerd worden (zie tabel 24), nadat de behoefte van de tuinbouwsector aan stalmest gedekt is. Om het huidige niveau van opbrengsten in de tuinbouw te kunnen behalen met stalmest is 9/10 van de produktie van mest, afkomstig van de weidebedrijven, benodigd. Van de totale hoeveelheid stikstof die naar de bedrijven getransporteerd kan worden in de vorm van compost, slib of mest gaat 40 % naar de tuinbouw, waardoor er 130 kg N per ha tuinbouwgrond per jaar gegeven kan worden.

Op grond van de opbrengst die het gewas levert en de nawerking op volggewassen is berekend dat een vlinderbloemig hoofdgewas luzerne of klaver onder gunstige omstandigheden wel 350–400 kg N per ha per jaar kan binden. De mate van luchtstikstofbinding door vlinderbloemige gewassen is weergegeven in de stikstofwerking, uitgedrukt in kg minerale stikstof, die deze teelten leveren voor de volggewassen (zie tabel 5). De opbrengsten van vlinderbloemige gewassen zijn bepaald voor de verschillende klassen (tabel 12).

Op onbemest grasland kunnen bij klaverpercentages van 5–8 % in het bestand bruto droge stofopbrengsten van 8,0–9,5 ton ha⁻¹jr⁻¹ behaald worden. Hierop kan een veebezetting van 1,34–1,60 grootvee-eenheid in stand gehouden worden per ha. De klaverrijke kunstweides produceren bij klavergehaltes van 36–45 procent 6,4–8,0 ton droge stof bruto per ha per jaar (tabel 6).

Aan de hand van stikstofopname-opbrengstcurves zijn de opbrengsten van de akkerbouwgewassen bepaald, afhankelijk van de hoeveelheid stikstof die op natuurlijke wijze het gewas ter beschikking komt. De ha-opbrengsten zullen zich op 70 % van de huidige (tabel 18) bevinden wanneer de volgende aantallen jaren kunstweide of vlinderbloemig hoofdgewas in een 8-jarige vruchtwisseling opgenomen worden: 2 jaar op kleigrond, waarvan 1 jaar een peulvruchtgewas is, 2 jaar op dalgrond en op zandgrond 3 jaar. Na wintergranen, zomergerst en winterkoolzaad volgen stoppelgewassen, die na onderploegen ca. de helft van de hoeveelheid stikstof ten opzichte van een vlinderbloemig hoofdgewas de grond inbrengen.

De uiteindelijke keuze van de gewassen in de bouwplannen is geschied op grond van bepaalde eisen die het voedselpakket stelt. Er is vanuit gegaan dat de Nederlandse landbouw zelfvoorzienend is t.a.v. de voeding van de bevolking, met uitzondering van de consumptie van tropische specerijen en genotmiddelen.

De produktie van vet door de koolzaadteelt en van calorieën door de verbouw van aardappelen en suikerbieten zijn tegen elkaar afgewogen.

Er is een diëet gekozen waarin het verbruik van suiker en aardappelen 20 % lager ligt dan het huidige, de consumptie van vlees vrijwel wegvalt en er daarvoor in de plaats veel meer granen en peulvruchten gegeten zullen moeten worden. Het aanbod aan zuivelprodukten vermindert bij de gestelde situatie eveneens met ca. 20 %. In tabel 21 is vermeld welke hoeveelheden van de diverse produkten er per persoon ter consumptie beschikbaar zijn in de modelsituatie. Het blijkt dat bij het gestelde diëet er voldoende voedsel geproduceerd kan worden om de Nederlandse bevolking van calorieën en eiwitten te voorzien. Een deel van de graanproduktie kan bestemd worden om er kippen mee te voeren. Hierbij gaat bijna 9/10 deel van de calorieën in het gevoederde graan verloren.

De stikstofbalans voor het grasland en het bouwland is opgesteld. Er is speciale aandacht besteed aan de vraag of en in hoeverre de balans sluitend is en er op de lange duur ingeteerd zou worden op de stikstofvoorraad in de bodem. Bij het gestelde hoge niveau van stikstofinbreng door de vlinderbloemigen, en geringe verliezen ten gevolge van uitspoeling, denitrificatie en vervluchtiging van stikstof aannemende, zijn de balansen in beide situaties sluitend. Er kan slechts geconcludeerd worden dat de gestelde opbrengsten voor de komende 20–50 jaar haalbaar zullen zijn, zonder dat deze in gevaar komen als gevolg van een daling van de stikstofvoorraad in de bodem. Op een langere termijn is de situatie onzekerder, waarbij in aanmerking genomen moet worden dat verder onderzoek naar de stikstofbinding door vlinderbloemigen dan wellicht nieuwe resultaten gaat afleveren.

In een landbouwsysteem gebaseerd op natuurlijke stikstofvoorziening bestaat de belangrijkste bron van stikstof op de akker uit de teelt van vlinderbloemige gewassen, terwijl de stalmest van de weidebedrijven in de tuinbouw aangewend zal moeten worden.

Het produktieniveau zal in een dergelijk systeem voor de akkerbouwgewassen op zo'n 70% t.o.v. de huidige ha-opbrengsten liggen. De totale produktie-omvang over het areaal consumptiegewassen zal als gevolg van het grotere areaal bouwland iets hoger liggen dan in de huidige situatie. De veebezetting van het grasland met melkvee zal terug moeten vallen van 2,4 naar 1,4 grootvee-eenheid per ha, terwijl de melkproduktie van de koe met ca. 1/5 af zal gaan nemen. De opbrengsten in de tuinbouw kunnen gehandhaafd blijven.

BIJLAGE 1. Enkele gegevens en karakteristieken van de bodemklassen.

Klasse	Nebo- eenheid	Omschrijving	ha opper- vlakte	% van de Nebo-kaart	overeenkomstige eenheid bodem- kaart 1:50.000	humus- gehalte	0-20 cm % < 2 μ	pH-KCl	bewortelings- diepte
I	8	lichtere klei- en zand- gronden	506.300	14,8	Mn 23/35A V/VI, VI	2,2	25	7,3	80
II	9	zwarte klei- en zavel- gronden	186.700	5,5	Mn 45A V/VI, VI	3,9	42	6,9	70
III	95	veenontginningsgronden	108.300	3,2	—	10,0	4	4,4	30
IV	106	oude bouwlanden op zand	142.700	4,2	zEz 23 V en VI	3,6	4,8	5,0	60
V	109	humuspodzolen	462.100	13,5	Hn 21 VI	4,9	2	4,9	40
VI	122	bouwlanden op hoge zand- gronden	154.800	4,5	cHn 21/23 VII	4,5	4,2	4,3	30
VII	—	beekkleigronden	33.000	1,0	Rn 62 III	3,0	15	4,7	50
VIII	102	lage zandgronden	213.200	6,2	p Zg23 III	4,8	6,5	4,9	30
IX	38	knip- en komkleigronden	290.500	8,5	Mv 41 II/III	7,2	34	4,8	55
X	81	laagveengronden	120.000	3,5	kV2, kVs II, hV2c II	30	45	5,0	40
Totaal			2.217.600	64,7					

LITERATUURVERWIJZINGEN

1. Adviesbasis vollegrondstuinbouw. Bedrijfslab. v. grond- en gewasonderzoek. Oosterbeek.
2. Altena, H. J., 1977. Nog niet gepubliceerde gegevens.
3. Alternatieve landbouwmethoden, 1977. Inventarisatie, evaluatie en aanbevelingen voor onderzoek. Eindrap. Commissie Onderzoek Biologische Landbouwmethoden (1976). Pudoc, Wageningen, 397 p.
4. Alternative landbouw, noodzaak of fictie, 1975. Symposiumverslag, s.g. paper nr. 24, Buro Studium Generale en Vormingswerk, Landbouwhogeschool, Wageningen, 160 p.
5. Andrae, B., 1955. Die Feldgrasswirtschaft in West-Europa.
6. Bakermans, W. A. P. en L. ten Holte, 1975. Proeven met stikstof op grasgroenbemesting en de invloed daarvan op de stikstofbehoefte van het nagewas. *Bedrijfsontwikkeling* 6, 6: 539-541.
7. Bakker, J., 1959. Waarom klaverrijke weiden? *Kali IV*, 40: 388-400.
8. Bernelot Moens, H. L. en J. E. Wolfert, 1975. Winterkoolzaad. Statistische gegevens, teelt, verwerking en gebruik. Proefst. Akkerb. publ. nr. 16.
9. Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000. Diverse bladen, Stiboka, Wageningen, 1964-1976.
10. De bodem van Nederland, 1965. Bodemkaart van Nederland schaal 1:200.000 met toelichting. Stiboka, Wageningen, 292 p.
11. Boeringa, R., 1975. Kan Nederland zichzelf voeden met ecologische landbouw? *De Kleine Aarde* 12.
12. Boeseken, J., 1919. Mededeling betreffende wetenschappelijke commissie van advies van onderzoek in belang van volkswelvaart en weerbaarheid, nr. 5.
13. Bogner, H. en H. C. Ritter, 1965. Tierhaltung. Eugen Ulmer Verlag.
14. Bokhorst, J. G., 1975. Schatting van de opbrengsten van vlinderbloemige gewassen op de bodems van Nederland. Scriptie vakgroep Bodemkunde en Geologie, Landbouwhogeschool, Wageningen, 57 p.
15. Borst, N. P., 1972. Het stikstofgehalte van de grond, de stikstofbemesting en de korrelopbrengst bij wintertarwe. *Buffer* 18, 3: 43-60.
16. Breese, E. L. en W. E. Davies, 1976. Temperate grassland species: breeding for improved production. *Span* vol. 19, 1.
17. Bruin, P. en J. A. Grootenhuis, 1965. De drie organische stofbedrijven bij Nagele en de miniaturbedrijven op de dr. H. J. Lovinkhoeve te Marknesse. *Landbouwk. Tijdschr.* 77, 21: 759-770.
18. Commoner, B., 1977. Cost. Risk-benefit analysis of nitrogen fertilization: a case history. *Ambio* VI (2, 3): 157-161.
19. Dekker, P. H. M., 1979. Teelt veldbonen voor rijpe oogst sinds eiwitcrisis opnieuw in de belangstelling. *Boerderij* 63, 26: 68-70.
20. Delver, P., 1973. Stikstofvoeding, bodembehandeling en stikstofbemesting bij vruchtbomen (appel, peer). Dissertatie, Landbouwhogeschool, Pudoc, Wageningen.
21. Dilz, K., 1962. De invloed van stikstof, pH, en stalmest op de groei van klaver. *Stikstof* 3, 33: 378-395.
22. Dirven, J. P. G. en J. H. Neuteboom, 1975. Bemesting en plantkundige samenstelling van grasland. *Stikstof* 7, 80: 224-231.
23. Ennik, C. G., 1957. Een vergelijk van de invloed van standweiden en omweiden op de botanische samenstelling van grasland. *IBS meded.* nr. 10.
24. Frankena, H. J., 1941. Over stikstofbemesting op grasland. *Versl. landbouwk. Onderz.* 47a, Landbouwhogeschool, Wageningen.
25. Frissel, M. J., 1977. Application of Nitrogen fertilizers: present trends and projections. *Ambio* VI, (2, 3): 152-156.
26. Frissel, M. J. (General editor: contributions by Henkens Ch. H., Damen, J. P. N.), 1977. Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems. *Agroecosystems* vol. 4: Issues 1 and 2.

27. Frissel, M. J., 1977. Stikstofkringloop in landbouwkundige systemen. Landbouwk. Tijdschr. 89, 10: 380-388.
28. Frissel, M. J. en F. van Dorp, 1978. Biologische landbouw; nogmaals enkele facetten. Intermediair 14, 18: 29-35.
29. Gerretsen, F. C. en G. J. Kolenbrander, 1951. Een oriëntering over de stalmestbewaring in Nederland. Landbouwk. Proefst. en Bodemk. Inst. TNO.
30. Grootenhuis, J. A., 1957. De invloed van groenbemesting op de vruchtbaarheidstoestand van de grond op de 3 miniatuur-organische stofbedrijven in de NOP, 1954 t/m 1956. Bodem 28: 2-19.
31. Grootenhuis, J. A., 1961. Invloed van gescheurde kunstweide op het produktievermogen van zavelgronden. Stikstof 3, 30: 242-252.
32. Grootenhuis, J. A., 1965. Groenbemesting op klei- en zavelgronden. Landbouwvoorl. 22, 5: 240-245.
33. Grootenhuis, J. A., 1972. Organische stofvoorziening van zavelgrond. Bedrijfsontw. 3, 5: 481-483.
34. Grootenhuis, J. A., 1977. Mehrjährige Versuchsergebnisse mit Sommergerste, Winterweizen, Speisekartoffeln und Zuckerrüben ohne und mit Einschaltung von Leguminosen als Hauptfrüchte in die Fruchtfolge (1953 bis 1976). Voordracht symposium 'Die Produktion der Biomassa' te Praag.
35. Grootenhuis, J. A. en J. Lubbers, 1964. Verslag over 1959-1962 van het bodemvruchtbaarheidsproefveld Z1429 op de proefboerderij 'De Scheldemonden' te Bruinisse. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 10 (1964).
36. Grootenhuis, J. A. en G. J. Wisselink, 1954. Wikken op zeeklei (ZVL 290). Vergelijking tussen uitsluitend kunstmeststikstof en stikstof uit hopperupsklaver op zeeklei (ZNH 60). Landbouwproefst. en bodemk. inst. TNO, Rapp. V (1954), deel II.
37. Haan, S. de, 1972. Het organische stofbeleid. In: De bodemkunde in de moderne land- en tuinbouw. Min. landbouw & visserij, directie landbouwonderwijs, 28e B-leergang: 82-112.
38. Haan, S. de, 1976. Afvalwaterzuiveringsslib als meststof of grondverbeteringsmiddel. Landbouwk. Tijdschr. 88: 21-27.
39. Handboek voor de Akkerbouw, deel I en II (1973). Proefst. voor de Akkerbouw.
40. Handboek voor de Rundveehouderij, 2e herziene druk (1977). Proefst. voor de Rundveehouderij.
41. Harmsen, G. W., 1968. De organische stof als bron voor de stikstofvoorziening van de gewassen. In: organische stof en bodemvruchtbaarheid. Inst. bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4 (1968).
42. Hart, M. L. 't, 1950. Organische stof en grasland. Landbouwk. Tijdschr. 62: 532-542.
43. Hartog, C. den, J. G. A. J. Hautvast en A. P. den Hartog, 1978. Nieuwe voedingsleer. Het Spectrum, Utrecht, 396 p.
44. Heemst, H. D. J. van, H. van Keulen en H. Stolwijk, 1978. Potentiële, bruto en netto produktie van de Nederlandse landbouw. Intern rapport Stichting Onderz. Wereldvoedselvoorziening.
45. Henkens, Ch. H., 1975. Brengt de gangbare landbouw schade toe aan de bodemvruchtbaarheid? Bedrijfsontw. 6, 3: 207-214.
46. Hoekstra, O. en C. A. A. Maenhout, 1976. Resultaten van het vruchtwisselingsonderzoek op de bouwplannenproef 'De Schreef', 1963 t/m 1974. PAW-rapport 33.
47. Hoogerkamp, M., 1965. De stikstofhuishouding van de grond (in het bijzonder onder grasland). Proefst. akker- en weidebouw, rapport 180.
48. Hoogerkamp, M., 1974. De ophoping van organische stof onder grasland en de invloed hiervan op de opbrengst van grasland en akkerbouwgewassen. IBS.
49. Hoogerkamp, M. en J. J. Woldring, 1965. Ontwatering van rivierklei. Proefst. akker- en weidebouw, Meded. 116.
50. Horst, K. ter en J. Lubbers, 1962. Bodemvruchtbaarheidsproef met rode klaver en stoppelknollen. Inst. bodemvruchtbaarheid, rapp. 15 (1962).
51. Ingestad, T., 1977. Nitrogen and plant growth; maximum efficiency of Nitrogen fertilizers. Ambio VI (2, 3): 146-151.
52. Jaarverslagen IDV-proefvelden, 1962-1968.

53. Jagtenberg, W. D., 1963. Vijftien jaar bruto opbrengst bepaling op grasland. Proefst. akker- en weidebouw, meded. 57, 57a (1961) en 85 (1963).
54. Jenkinson, D. S., 1971. The accumulation of organic matter in soil left uncultivated. Rothamsted Experimental Station. Report for 1970. Part 2: 113-137.
55. Jenkinson, D. S., 1977. The nitrogen economy of the Broadbalk experiments. I. Nitrogen balance in the experiments. Rothamsted Experimental Station. Report for 1976. Part 2: 103-109.
56. Keulen, H. van, 1979. In druk.
57. Klasse-indeling van de Bodem van Nederland, 1976. Projectgroep Biologische landbouw in Nederland, scriptie vakgroep Theor. Teeltkunde, Landbouwhogeschool, 13 p. met Bodemkaart van Nederland.
58. Kley, F. K. v.d., 1958. De voederwaarde van klaver in grasland. Landbouwk. Tijdschr. 70: 145-152.
59. Knickemann, E. und W. Tepe, 1966. Pflanzenernährung im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
60. Koepf, H., B. Petterson und W. Schaumann, 1974. Biologische Landwirtschaft. Eine Einführung in die biologisch-dynamische Landwirtschaft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 300 p.
61. Kolenbrander, G. J., 1971. Contribution of agriculture to eutrophication of surface waters with nitrogen and phosphorus in the Netherlands. Inst. bodemvruchtbaarheid, rapp. 10 (1971).
62. Kolenbrander, G. J., 1974. Efficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. Trans. 10th. Intern. Congr. Soil Sci., 2: 129-136.
63. Kolenbrander, G. J., 1975. Nitrogen in organic matter and fertilizer as a source of pollution. Conf. on nitrogen as a water pollutant IAWPR, spec. conference, Copenhagen.
64. Kolenbrander, G. J., 1979. De stikstofbalans van bouw- en grasland en de consumptiesector in Nederland in 1970. Inst. bodemvruchtbaarheid, rapp. 3-79: 43 p.
65. Kolenbrander, G. J. en L. C. N. de la Lande Cremer, 1967. Stalmest en gier, waarde en mogelijkheden. Veenman & Zn., Wageningen.
66. Kortleven, J., 1951. De waardering van stadsvuil en stadsvuilcompost door middel van analyse. Versl. landbouwk. onderz. 57, 7.
67. Kortleven, J., 1962. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Diss. Landbouwhogeschool.
68. Könecke, G., 1967. Fruchtfolgen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 334 p.
69. Köhnlein, J. en H. Vetter, 1953. Stalldungerrotte bei steigender Stroheinstreu. Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düng. u. Bodenk., 63, 2: 19.
70. Kuipers, S. F., 1961. Factoren die de stikstofbemesting van bouwland bepalen. Stikstof 3, 31-32: 257-273.
71. Klaverrijke kunstweiden in Denemarken. Proefst. akker- en weidebouw, meded. 22, 1959.
72. Landbouwcijfers. LEI en CBS, 's-Gravenhage, 1979.
73. Lande Cremer, L. C. N. de la, 1952. Het stalmest- en gierbemestingsonderzoek op bouw- en grasland in Nederland tussen 1900 en 1952. Landbouwk. proefst. en bodemk. inst. TNO.
74. Maandstatistiek van bevolking & volksgezondheid, jaaroverzicht '75. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, CBS, 1977.
75. Mulder, E. G., 1949. Onderzoekingen over de stikstofvoeding van landbouwgewassen. Versl. landbouwk. onderz. 55/7.
76. Nauta, R. S., 1977. De Nederlandse akkerbouw zonder kunstmeststikstof. Scriptie vakgroep Theor. teeltk., Landbouwhogeschool.
77. Oostendorp, D., 1960. Stikstof en opbrengst van grasland. Landbouwvoorl. 17: 39-46.
78. Oostendorp, D. en Tj. Boxem, 1967. Stikstofbemesting en gebruikswijze van grasland. Proefst. akker- en weidebouw, meded. 131.
79. Productgegevens groente en fruit. Sprengerinst., meded. 30.
80. Paauf, F. v.d., 1970. Vergelijking tussen de vruchtbaarheid van de bouwvoor van een nieuwe en een oude veenkoloniale grond. Landbouwk. Tijdschr. 82, 2: 45-51.
81. Riem Vis, F., 1971. Het gebruik van rioolslib als meststof. Bedrijfsont. 2, 2: 9-12.

82. Rietveld, M. R., 1976. Produktie en kwaliteitsaspecten van stalmest. Scriptie vakgroep Theor. teeltk., Landbouwhogeschool, Wageningen.
83. Rijtema, P. E., 1969. Soil moisture forecasting. Inst. cultuurtechniek en waterhuish., nota 513.
84. Rijtema, P. E., 1977. Een benadering voor de stikstofemissie uit het graslandbedrijf. Inst. cultuurtechniek en waterhuish., nota 982.
85. Schmid, G., 1964. Standortcharakteristik der Internationalen Dauerversuche (IDV-Serie) und Bodenfruchtbarkeit. Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düng, Bodenk, 109, 2: 189-200.
86. Schuringa, A. W., P. Valens en E. Arts, 1978. Mogelijkheden voor kleinschalige biologische landbouw; een serieus onderzoek waard. Intermediair 14, 15: 19-23.
87. Simon, W., 1960. Luzerne, Klee und Klee gras. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 411 p.
88. Sluijsmans, C. M. J. en G. J. Kolenbrander, 1976. De stikstofwerking van stalmest op korte en lange termijn. Stikstof 7, 83-84: 349-354.
89. Sluyman, W. J., 1974. Een statistisch onderzoek naar het verbruik van stikstofmeststoffen op akkerbouwgewassen. Stikstof 7, 77: 151-160.
90. Smilde, K. W., 1974. Voedselvoorziening in Nederland bij landbouw zonder stikstofkunstmest. Stikstof 7, 78: 164-167.
91. Smith, P. F., 1974. Soil absorption of atmospheric nitrogen in Florida. Comm. in soil sci. and plant analysis, 5 (4), 341-353.
92. Soils and manures for vegetables. H. M.'s stationary office, bull. no. 71 (1957), London.
93. Steenbergen, T. van, 1977. Invloed van grondsoort en jaar op het effect van stikstofbemesting op de graslandopbrengst. Stikstof 8, 85: 9-15.
94. Tuinbouwcijfers. LEI en CBS, 's-Gravenhage, 1978.
95. Velde, H. A. te, 1962. Aardappelopbrengsten in de NOP in 1960 en 1961 na verschillende typen kunstweiden. Proefst. akker- en weidebouw, rapp. 118.
96. Velde, H. A. te en C. J. Cleveringa, 1959. De invloed van wisselbouw op de akkerbouwgewassen en de grond bij het proefveld CI 1456. Proefst. akker- en weidebouw, int. rapp. 33.
97. Velde, H. A. te en J. A. Grootenhuis, 1965. Berekningen over geldelijke opbrengsten van kunstmatig te drogen luzerne in 1952-1964. Proefst. akker- en weidebouw meded. 112.
98. Vereniging tot exploitatie van proefboerderijen in de veenkoloniën. Jaarverslagen over 1971, 1972, 1973 en 1974. Stalmeststikstofhoeveelhedenproefveld Pr. 800 op de proefboerderij 'Geert Veenhuizenhoeve' te Borgercompagnie. Reg. onderzoekcentrum voor de veenkol., Veendam.
99. Vereniging voor Bedrijfsvoorlichting in de Wieringermeer. Jaarverslag en verslag der landbouwproefvelden 1948.
100. Vierhout, T., 1977. Onbemest grasland en klaverrijke kunstweide. Scriptie vakgroep Theor. teeltk., Landbouwhogeschool.
101. Vink, A. P. A. en E. J. van Zuilen, 1967. De geschiktheid van de bodem van Nederland voor akker- en weidebouw. Toelichting bij de zeer globale bodemgeschiktheidskaart voor akker- en weidebouw van Nederland, schaal 1:200.000. Stiboka.
102. Vranken, J., 1962. Enkele ervaringen met klaverrijke kunstweiden in bedrijfsverband II. Kali VI, 52: 75-79.
103. Wesseling, A., 1977. De mestbehoefte in de tuinbouwsector in Nederland. De produktie en de landbouwkundige gebruikswaarde van zuiveringsslib en stadsvuilkompost in Nederland. Scripties vakgroep Theor. teeltk. Landbouwhogeschool.
104. Wisselink, G. J., 1956. De invloed van gescheurde kunstweiden en stalmest op de knolopbrengsten en onderwatergewichten van Voran-aardappelen op zandgrond. Landbouwk. proefst. en bodemk. inst. TNO, rapp. III (1956).
105. Wisselink, G. J., 1961. Samenvattend verslag over 9 jaren van een bodemvruchtbaarheidproefbedrijf op zavelgrond in N-Friesland. Inst. bodemvruchtbaarheid rapp. XIII (1961).
106. Wit, C. T. de, 1969. Een bodemvruchtbaarheidstheorie uit de eerste helft van de 19e eeuw. Landbouwk. tijdschr. 81, 8.
107. Woldring, J. J., 1975. Invloed van grondbewerking op heringezaaid blijvend grasland. Proefst. rundveehouderij, rapp. 31.
108. Henkens, C. H., 1976. Voedingsstoffen- of mineralenbalansen. Stikstof 7, 83-84: 355-362.

