

NN31545.1241

februari 1981
voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

STIKSTOFUITSPOELING OP GRASLAND OP ZANDIGE
VEENGROND BIJ STERK UITEENLOPENDE STIKSTOFMESTGIFTEN
OP PROEFBOERDERIJ 'd'OLDE WEIJE' TE VAASSEN

ing. H. Fonck

BIBLIOTHEEK DE GAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

1792603

13 FEB. 1998



0000 0941 1303

	Blz.
7. MINERALE STIKSTOFBALANS	28
8. CONTROLE	30
9. INVLOED VAN OPKLIMMENDE N-GIFTEN	31
10. CONCLUSIE	33
11. LITERATUUR	35

1. INLEIDING

In het kader van de groeiende belangstelling voor de gevolgen van het toenemende stikstofgebruik in de landbouw is er een behoefte ontstaan aan kwantificering van de effecten ervan op het milieu.

Een mogelijkheid daartoe werd geboden door de opzet van proefvelden met sterk uiteenlopende stikstof-meststofdoseringen zoals die op sommige stikstofproefbedrijven worden uitgevoerd.

Voor dit onderzoek is de keuze gevallen op een dergelijke proefopzet op de proefboerderij 'd'Olde Weijs' van het Landbouwkundig Bureau der Nederlandse Stikstofmeststofindustrie te Vaassen. De uitspoeling heeft betrekking op het groeiseizoen zomer 1978 en is gemeenten in de periode najaar 1978 en voorjaar 1979.

2. PLAATS VAN ONDERZOEK

2.1. B o d e m e n T o p o g r a f i e

Het proefbedrijf bestaat geheel uit grasland en is gelegen in een relatief laag gebied vlak ten oosten van het Apeldoorns-Dierens Kanaal. Het bodemprofiel bestaat uit veen van wisselende dikte. De bouwvoor is sterk veraard en vermengd met beekslib, terwijl de overgangslaag naar de zandondergrond uitermate stijf en dicht is. Deze overgangslaag komt op perceel 1000 N op + 60 cm diepte voor en op de andere percelen op een diepte van 80-150 cm.

2.2. W a t e r h u i s h o u d i n g

De relatief lage ligging heeft een aanzienlijke kwel tot gevolg. Deze kwel, te zamen met de ongunstige profielopbouw in verband met

de aanwezigheid van een zeer storende overgangslaag voor een verticale waterbeweging, is aanleiding geweest om in 1966 een drainage aan te leggen, welke de waterhuishouding uit landbouwkundig oogpunt zeer heeft verbeterd. Vertrapping van de zode komt vrijwel niet meer voor, doordat de draagkracht van de bouwvoor sterk is verbeterd.

Een uitvoerige beschrijving van profiel, doorlatendheid en drainage is te vinden in ICW-nota 304 (FONCK, 1965), welke tevens een veendiktekaart en het ontwerp van de uitgevoerde drainage omvat.

Ten behoeve van bovengenoemd onderzoek is indertijd de intensiteit van de kwel onderzocht. Deze bleek te variëren van 9,5-10,5 mm/etm. in de winter tot 4,5-7 mm/etm. in de zomer.

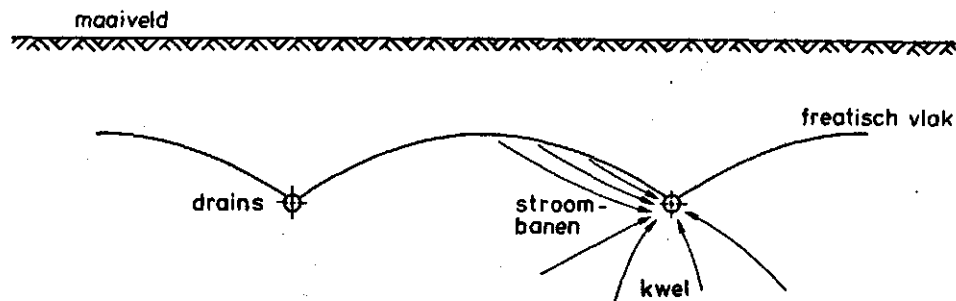
3. PROEFOPZET

3.1. Waterhuishouding

Op het bedrijf zijn 5 proefvelden gelegen met een totale stikstofgift van respectievelijk 0, 150, 300, 600 en 1000 kg N/ha/jaar. Aangezien het bedrijf geheel is gedraineerd zou het voor de hand liggen de uitspoeling in de eerste plaats te onderzoeken aan de hand van drainwatermonsters. Deze geven echter geen juist beeld, omdat de drainage waaivormig is aangelegd, zodat een drain onder verschillende proefvelden doorloopt.

Vaststelling van de mate van uitspoeling heeft dan ook plaats moeten vinden door het nemen van monsters in het bovenste grondwater en het berekenen van de afvoer uit gesommeerde neerslagoverschotten.

Bij het plaatsen van de filterbuizen voor de grondwaterbemonstering moest evenwel rekening worden gehouden met de aanwezigheid van een aanzienlijke kwel, opdat geen kwelwater zou worden bemonsterd.



In bovenstaand figuurtje is schematisch aangegeven, hoe de drainafvoer is samengesteld uit overtollige neerslag en uit kwelwater. De monste kans op menging van overtollige neerslag met kwelwater bestaat midden tussen de drains indien niet diep onder de opbolling wordt bemonsterd. De draindiepte bedroeg 80 à 90 cm zodat met een ongeveer even grote bemonsteringsdiepte een grondwaterschrijf van ongeveer 40 cm dikte werd bemonsterd, indien dit althans niet te dicht bij de drains werd gedaan. Omdat de ligging van de drains in het veld niet met absolute zekerheid te reconstrueren was, is de mogelijkheid niet uitgesloten, dat ook wel eens wat kwelwater is meebemonsterd. Zo goed mogelijk is getracht dit te vermijden.

3.2. Waterbalans

De afvoer, noodzakelijk om de uitspoeling te kunnen berekenen, is vastgesteld door toepassing van een waterbalans op jaarbasis. De hiervoor benodigde gegevens bestaan uit neerslagcijfers, welke op het bedrijf zelf dagelijks zijn opgenomen en verdampingscijfers, welke afkomstig zijn van het dichtstbijzijnde KNMI-waarnemingsstation (Vaassen). (zie tabel 1 Waterbalans).

Er zijn geen pF-analyseresultaten van het proefbedrijf bekend. Er moest een schatting gemaakt worden van de vochtgehalten bij veldvochtgehalte (pF 2,3) en verwelkingspunt (pF 4,2) uit standaard pF-curven. Tussen beide genoemde pF-waarden wordt aangenomen, dat de hoeveelheid voor de plant beschikbaar vocht wordt gevonden. Het vochtgehalte van de onderhavige veengrond bedraagt bij pF 2,3

Tabel 1. Waterbalans op jaarbasis over het tijdvak van 1 maart 1978-1 november 1979 op de proefboerderij: d'Olde Weijs te Vaassen

Maand	Decade	1978					1979				
		N	0,8 E _o	neerslag-overschot	vocht-voorraad	afvoer	N	0,8 E _o	neerslag-overschot	vocht-voorraad	afvoer
maart	I	13,2	7,2				47,9	9,6	38,3	180	314,2
	II	45,6	9,6				30,2	8,8	21,4	180	335,6
	III	38,6	12,8				20,9	14,4	15,5	180	351,1
april	I	0,9	14,4				16,6	14,4	2,2	180	353,3
	II	15,1	18,4				10,4	20,8	-10,4	196,6	
	III	7,1	18,4				50,0	16,8	33,2	180	376,1
mei	I	11,6	24,0				37,9	21,6	16,3	180	392,4
	II	16,8	24,0				9,7	27,2	-17,5	162,5	
	III	1,1	31,2				39,7	29,6	10,1		
juni	I	8,4	35,2				28,7	31,2	-2,5		
	II	3,3	24,8				32,8	28,8	4,0		
	III	37,4	95,2				14,6	32,0	-17,4		
juli	I	53,8	21,6				8,2	27,2	-19,0		
	II	12,1	26,4				9,6	27,2	-17,6		
	III	5,5	35,2				41,9	28,0	13,9		
augustus	I	31,2	20,0				23,2	25,6	-2,4		
	II	7,1	24,0				6,7	20,0	-13,3		
	III	16,6	24,8				22,8	23,2	-0,4		
september	I	20,2	19,2				11,8	19,2	-7,4		
	II	21,7	18,4	3,3			7,9	17,6	-9,7		
	III	55,4	11,2	47,5	180		1,6	14,4	-12,8		
oktober	I	38,4	8,0	30,4	180	30,4	2,4	10,4	-8,0		
	II	8,0	7,2	0,8	180	31,2	27,6	6,4	21,2		
	III	10,8	5,6	5,2	180	36,4	3,1	8,0	-4,9		
november	I	4,6	1,6	3,0	180	39,4					
	II	9,7	3,2	6,5	180	45,9					
	III	19,5	2,4	17,1	180	63,0					
december	I	7,2	0,8	6,4	180	69,4					
	II	41,5	0,8	40,7	180	110,1					
	III	59,0	0,8	58,2	180	168,3					
1979											
januari	I	22,4	0,8	21,6	180	189,9					
	II	15,9	0,8	15,1	180	205,0					
	III	16,4	0,8	15,6	180	220,6					
februari	I	19,8	0,8	19,0	180	239,6					
	II	37,6	3,2	34,4	180	274,0					
	III	5,1	3,2	1,9	180	275,9					

Totale afvoer + 390 mm - Afvoerperiode 1 oktober 1978-10 mei 1979 = 220 dagen
 Alles in mm afvoer gerekend

50 Vol % en bij pF 4,2 ongeveer 20 Vol % zodat \pm 30 Vol % vocht voor de plant beschikbaar is.

Er zijn twee momenten in het jaar dat neerslag en verdamping met elkaar in evenwicht zijn, namelijk in het voorjaar en in het najaar. Het evenwicht in het voorjaar is voorafgegaan door een periode met een neerslagoverschot, zodat mag worden aangenomen, dat op dat moment ook het vochtgehalte in een evenwichtstoestand verkeert, dat wil zeggen in een toestand waarbij boven het freatisch vlak de zuigspanning (in cm waterkolom) op elk punt van het bodemprofiel gelijk is aan de afstand van dit punt tot het freatisch vlak. Op het moment van evenwicht tussen neerslag en verdamping in het najaar behoeft het vochtprofiel niet in evenwicht te zijn omdat er een periode van verdampingsoverschot aan vooraf is gegaan, zodat het vochtprofiel boven het freatisch vlak nog droger is dan met de evenwichtstoestand overeen komt.

In het algemeen wordt daarom aanbevolen een waterbalans te laten beginnen op het evenwichtsmoment in het voorjaar, waarbij dan vanzelf het evenwichtsmoment in het najaar aan de dag treedt. In dit geval wordt een dergelijke werkwijze bemoeilijkt door de aanwezigheid van een aanzienlijke kwel en van een capillaire nalevering van onbekende grootte en zou dan ook alleen tot een eind gebracht kunnen worden op grond van aannamen. Méér kans op slagen biedt daarom een werkwijze welke als uitgangspunt het tijdstip kent waarop in het najaar neerslag en verdamping met elkaar in evenwicht geraken. Er hoeft dan slechts één aanname gedaan te worden van de vochtvoorraad, die op dat moment aanwezig is. Het vochtverschil met het evenwichtsvochtgehalte wordt aangevuld uit het neerslagoverschot en op het moment, dat het evenwichtsvochtgehalte is bereikt, treedt de afvoer in werking.

Hieronder wordt berekend dat de vochtvoorraad in evenwichtstoestand 180 mm bedraagt. Op het moment, dat neerslag en verdamping met elkaar in evenwicht raken, bedraagt de vochtvoorraad volgens schatting 130 mm. Er moet dus 50 mm water worden aangevuld. Het evenwichtsmoment in het najaar van 1978 valt heel duidelijk op \pm 10 september. Uit tabel 1 blijkt dat het aan te vullen tekort van 50 mm in de twee volgende decaden uit het neerslagoverschot beschikbaar komt, zodat de afvoerperiode op 1 oktober 1978 begint.

De uitspoelingsdiepte dient vastgesteld als compromis tussen de bewortelingsdiepte en de mogelijkheid tot capillaire nalevering omdat met laatstgenoemde waterbeweging weer opgeloste minerale stikstof binnen wortelbereik kan worden gebracht.

De hoogste wintergrondwaterstand volgt uit het grondwaterstandsverloop, dat op grond van dagelijkse grondwaterstandswaarnemingen in twee buizen op het bedrijf is samengesteld (zie bijlage A). Deze bedraagt ± 55 cm-mv. De bewortelingsdiepte zal daar zeker boven blijven en omdat is aangenomen dat de capillaire naleveringshoogte de 30 cm niet te boven zal gaan, boven een zomergrondwaterstand, die maar weinig met de draandiepte zal verschillen, is de uitspoelingsdiepte vastgesteld op 60 cm.

Bij deze diepte wordt een voorraad beschikbaar vocht gevonden van $6 \times 30 \text{ mm} = \pm 180 \text{ mm}$ als aanvangsvochtvoorraad voor de waterbalans. Deze waterbalans is opgesteld in tabel 1.

De neerslagoverschotten uit de uitspoelingsperiode welke op 1 oktober 1978 begint en welke gevonden worden door de neerslag te verminderen met $0,8 \times$ de open waterverdamping, welke op het dichtstbijzijnde KNMI-waarnemingsstation is gemeten, zijn gesommeerd zolang er een neerslagoverschot bestaat. Dit blijkt het geval te zijn tot begin mei 1979. De totale sommatie heeft dan een totaal bereikt van $\pm 390 \text{ mm}$.

3.3. W a t e r k w a l i t e i t e n B o d e m o n d e r z o e k

Er hebben verschillende bemonsteringen plaatsgevonden, die ten doel hebben gehad de verschillen vast te stellen, die het gevolg zijn van de uiteenlopende bemestingsniveaus op de verschillende proefvelden. Eén van die verschillen, die voor het onderhavige onderzoek punt van onderzoek is, vormt de mate van uitspoeling.

De uitspoeling kan op verschillende manieren worden vastgesteld waarbij van verschillende typen van bemonstering wordt gebruik gemaakt.

1. De eerste methode is de bemonstering in boorgaten waarin van filters voorziene buizen worden geplaatst. Uit de buizen wordt een monster gezogen, waaruit na bezinking van eventueel opgepompt zand

een kleine hoeveelheid (100 ml) wordt afgeschonken. Van alle filterbuizen te zamen wordt een mengmonster samengesteld. Er zijn per proefperceel 20 buizen bemonsterd. Er werd geboord tot \pm 50 cm beneden het freatisch vlak. Dieper boren werd niet raadzaam geacht in verband met de mogelijkheid dat dan tevens kwelwater zou kunnen worden bemonsterd. (Zie hiervoor ook 3.1 Waterhuishouding).

Deze bemonstering is uitgevoerd op 24 april 1979 door een ICW-medewerker op alle proefvelden. De resultaten van de analyses, verricht in het Waterlaboratorium Oost in Doetinchem, staan vermeld in tabel 2.

2. Een indicatie van de grootte van de uitspoeling wordt tevens geleverd door de analyseresultaten van een grondbemonstering van de minerale stikstof in de bodem boven het grondwater in najaar en voorjaar, eventueel verhoogd met het minerale aandeel van een tussentijdse drijfmestgift, met elkaar te vergelijken. Het verschil kan in de tussenliggende periode met het neerslagoverschot zijn uitgespoeld of door biologische omzettingen zijn verdwenen. De vergelijking van najaars- en voorjaarstoestand dient gemaakt te worden van de totale hoeveelheid minerale stikstof in de bodem tot eenzelfde uitspoelingsdiepte. Hiervoor is 60 cm gekozen op grond van overwegingen, die in 3.2 waterbalans, zijn uiteengezet. De beide bemonsteringen op minerale stikstof in de bodem zijn verricht door een medewerker van de proefboerderij en wel op 21 november 1978 en op 11 april 1979. Het proefveld met de 1000 N-gift is niet bemonsterd. De analyseresultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 2a.

De analyseresultaten van de bemonstering van het bovenste grondwater (tabel 2b) omvatten het gehalte aan: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Kjeldahl-N, Cl^- en bovendien het elektrisch geleidingsvermogen. Het Waterlaboratorium Oost, waar deze analyses zijn uitgevoerd, noemt de Kjeldahl-analyse N-totaal, hetgeen verwarrend werkt, omdat deze analyse alléén organische N en NH_4^+ omvat, terwijl Totaal-N bovendien nog de resterende minerale N omvat. De term: N-totaal wordt, om verwarring te voorkomen niet meer gebruikt. Wanneer werkelijk alle N is genalyseerd, wordt dit total-N genoemd, hetgeen het geval is bij de analyses van de in voor- en najaar genomen grondmonsters. In deze monsters is

Tabel 2a. Analyseresultaten van grondmonsters

Proefveld	Najaar 1978					Voorjaar 1979				
	0-5 cm	5-25 cm	25-50 cm	50-75 cm	75-100 cm	0-5 cm	5-25 cm	25-50 cm	50-75 cm	75-100 cm
0 N										
N-mineraal	33	22	16	16	12	11	13	24	27	26
NH ₃	5	3	3	11	9	4	3	1	1	1
NO ₃	28	19	13	5	3	7	10	23	26	26
Totaal-N	0,96	0,59	0,92	0,58	0,55					
A-cijfer	87	85	196	195	121	118	88	165	144	112
% humus	23,2	18,9	30,8	21,7	16,4					
150 N										
N-mineraal	47	36	19	20	14	18	14	13	18	12
NH ₃	15	4	5	10	10	10	3	1	9	5
NO ₃	32	32	14	10	4	8	11	12	9	7
Totaal-N	0,74	0,59	0,75	0,73	0,36					
A-cijfer	97	79	185	211	133	113	99	204	60	96
% humus	26,0	17,7	26,4	26,1	12,8					
300 N										
N-mineraal	47	39	25	18	13	15	11	14	21	9
NH ₃	5	3	2	9	14	8	3	2	9	3
NO ₃	42	36	23	9	1	7	8	12	12	6
Totaal-N	0,74	0,57	0,58	0,51	0,37					
A-cijfer	78	92	165	171	146	89	74	142	117	75
% humus	23,7	17,9	23,1	17,8	13,3					
600 N										
N-mineraal	90	62	65	50	8	18	19	37	34	21
NH ₃	18	2	5	8	6	8	2	3	5	0
NO ₃	72	60	60	42	2	10	17	34	29	21
Totaal-N	1,07	1,03	1,24	0,72	0,32					
A-cijfer	94	79	263	231	108	117	106	177	146	59
% humus	30,0	27,0	39,5	23,6	11,5					
1000 N										
N-mineraal	128	213	183	67	36	40*	70*	100*	80*	30*
NH ₃	11	3	3	2	2					
NO ₃	117	210	180	65	34					
Totaal-N	0,95	0,74	0,35	0,17	0,07					
A-cijfer	76	62	72	46	28					
% humus	26,3	21,5	11,2	5,1	3,0					
	21 november 1978					10 april 1979*				

totaal-N in gew. % van de droge grond

N-mineraal, NH₃ en NO₃ in mg N/kg droge grond

A-cijfer = gew. % water ten opzichte van droge grond

*van 10 april 1979 is geen analyseresultaat van 1000 N beschikbaar. De gegeven gehalten zijn geëxtrapoleerd op grond van het verloop in de andere proefveldjes en van de analyseresultaten van 1000 N van juli tot en met december 1978

Tabel 2b. Analyseresultaten van de bemonstering van het bovenste grondwater op 24 april 1979

Kunstmestgift	0 N	150 N	300 N	600 N	1000 N
NO_3^-	0,2	13,1	20,8	28,2	474,1
NO_2^-	nihil	nihil	nihil	nihil	nihil
NH_4	1,7	2,3	1,9	1,6	0,5
Kjeldahl-N	6,2	7,3	9,0	8,2	4,2
Cl	59	63	80	76	48
EGV	643	670	748	749	1340
Totaal-N	6,4	20,4	29,8	36,4	478,3

NO_3^- , NO_2^- , NH_4 , Kjeldahl-N, totaal-N in mg N/ltr.

Cl in mg Cl/ltr.

EGV in m.S/m (20°C)

bovendien geanalyseerd het gehalte aan NH_3 , NO_3^- , terwijl tevens is bepaald het humusgehalte en het A-cijfer, dit is het vochtgehalte uitgedrukt in gew.% van de droge grond.

De bepaling van het gehalte aan minerale N omvat het gehalte aan NH_3 , NO_3^- en NO_2^- waarbij het gehalte aan NO_2^- wel verwaarloosbaar klein is.

De hoeveelheid totaal-N omvat de totale hoeveelheid stikstof in de grond. Deze analyse zegt niet veel, omdat een zeer groot deel van de geanalyseerde totale hoeveelheid stikstof in de humus zodanig gebonden is, dat deze organische stikstof, zeker binnen één onderzoekjaar, voor een onderzoek als het onderhavige, weinig betekenis heeft.

Het chloridegehalte en het elektrisch geleidingsvermogen worden gebruikt als controle op een mogelijke verdunning van het grondwater door bijvoorbeeld kwelwater. Het elektrisch geleidingsvermogen is een maat voor de hoeveelheid in het grondwater opgeloste zouten.

4. AFVOER EN UITSPOELING

In hoofdstuk 3.2 is door middel van toepassing van de waterbalans de afvoer in de uitspoelingsperiode tussen 1 oktober 1978 en 10 mei 1979 berekend op 390 mm.

In tabel 2b zijn de aangetroffen concentraties minerale stikstof weergegeven.

De uitspoeling wordt berekend volgens:

$$a \text{ mg N/l} = a \text{ } \epsilon \text{ N/m}^3$$

$$a \text{ } \epsilon \text{ N} \times 0,390 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 3900 a \text{ } \epsilon \text{ N/ha} = 3,9 a \text{ kg N/ha}$$

In onderstaand overzicht zijn de resultaten van de berekening van de uitspoeling weergegeven:

Kunstmestgift	a in mg N/ltr	N _{uitsp.} in kg N/ha
0 N	1,9	7,4
150 N	15,4	60,1
300 N	22,7	88,5
600 N	29,8	166,2
1000 N	474,6 (?)	1850,9 (?)

De analyseresultaten van het 1000 N-object vallen duidelijk uit de toon. Of de oorzaak gelegen is in bijvoorbeeld bemonsterings- of analysefouten, is niet meer met zekerheid te achterhalen. Een analysefout lijkt het meest waarschijnlijk gezien de goede overeenkomst met de berekende uitspoeling volgens het bodemonderzoek (tabel 3) voor de objecten 0, 150, 300 en 600 N.

5. MINERALE STIKSTOFBALANS

In hoofdstuk 4 is de uitspoeling rechtstreeks berekend uit de afvoer tijdens de uitspoelingsperiode en de in het bovenste grondwater aangetroffen minerale stikstofconcentraties.

De toepassing van de volledige stikstofbalans voor de winter-

Tabel 3. Droog volumegewicht en voorraad minerale stikstof

Laag	% humus (% h) en schatting poriënvolume (PV)									
	0 N		150 N		300 N		600 N		1000 N	
	% h	PV	% h	PV	% h	PV	% h	PV	% h	PV
0- 5 cm	23,2	63,0	26,0	64,5	23,7	63,5	30,0	66,5	26,3	64,2
5- 25 cm	18,9	64,5	17,7	63,0	17,9	63,5	27,0	70,0	21,5	66,5
25- 50 cm	30,8	71,5	26,4	69,0	23,1	67,5	39,5	75,0	11,2	54,8
60- 75 cm	21,7	67,5	26,1	70,5	17,8	64,5	23,6	69,0	5,1	48,2
75-100 cm	16,4	61,5	12,8	57,0	13,3	58,0	11,5	56,0	3,0	42,0

Soortelijk gewicht (SG) en droog volumegewicht (G)										
	SG	G	SG	G	SG	G	SG	G	SG	G
0- 5 cm	2,24	0,83	2,20	0,78	2,20	0,815	2,14	0,715	2,19	0,784
5- 25 cm	2,305	0,82	2,325	0,86	2,325	0,85	2,185	0,655	2,27	0,760
25- 50 cm	2,13	0,61	2,19	0,68	2,24	0,73	2,015	0,505	2,46	1,112
50- 75 cm	2,26	0,735	2,195	0,65	2,325	0,825	2,235	0,69	2,55	1,321
75-100 cm	2,35	0,905	2,41	1,035	2,40	1,01	2,43	1,07	2,60	1,508

Voorraad minerale N = laagdikte in dm x dr. vol. gew. x N-gehalte in mg N/kg droge grond										
najaar 1978					voorjaar 1979					(zie tabel 2a)
	mg N	kg N/ha	mg N	kg N/ha		mg N	kg N/ha			
0- 5 cm	33	13,7	11	4,6						
5- 25 cm	22	36,1	13	21,3						
25- 50 cm	16	24,4	24	36,6					0 N	
50- 75 cm	16	29,4	27	49,6						
75-100 cm	12	27,2	26	58,8						

0- 5 cm	47	18,3	18	7,0						
5- 25 cm	36	61,9	14	24,1						
25- 50 cm	19	32,3	13	22,1					150 N	
50- 75 cm	20	32,5	18	29,3						
75-100 cm	14	36,2	12	31,1						

0- 5 cm	47	19,2	15	6,1						
5- 25 cm	39	66,3	11	18,7						
25- 50 cm	25	45,6	14	25,6					300 N	
50- 75 cm	18	37,1	21	43,3						
75-100 cm	13	32,8	9	22,7						

0- 5 cm	90	36,7	18	6,4						
5- 25 cm	62	81,2	19	24,9						
25- 50 cm	65	82,1	37	46,7					600 N	
50- 75 cm	50	86,3	34	58,7						
75-100 cm	8	21,4	21	56,2						

0- 5 cm	128	50,2	40	15,7						
5- 25 cm	213	323,8	70	85,1						
25- 50 cm	183	508,7	100	278,0					1000 N	
50- 75 cm	67	221,3	80	264,2						
75-100 cm	36	135,7	30	113,1						

Gesommeerde voorraad tot 60 cm diepte in kg N/ha										
	0 N	150 N	300 N	600 N	1000 N					
Najaar 1978	86,0	125,5	145,9	234,5	971,2					
Voorjaar 1979	82,3	64,8	67,7	101,5	484,5					
Vershil najaar '78 en voorjaar '79	3,7	60,7	78,2	133,0	486,7					

periode is een methode, welke als controle van de berekende uitspoeling kan worden gebruikt. Deze stikstofbalans luidt:

$$N_{\text{naj}} + N_{\text{org}} + N_{\text{bew}} + N_{\text{min}} + N_{\text{N}} + N_{\text{B}} - N_{\text{uitsp}} - N_{\text{den}} - N_{\text{voorj}} - N_{\text{hum}} = 0$$

De gebruikte afkortingen worden hieronder verklaard:

- N_{naj} = hoeveelheid minerale N in de bodem in het najaar
- N_{voorj} = hoeveelheid minerale N in de bodem in het voorjaar
- N_{org} = het minerale aandeel van de in de winterperiode gegeven organische mest
- N_{bew} = het minerale aandeel van de stikstof, aanwezig in de weidemest
- N_{N} = stikstof aanwezig in de neerslag
- N_{B} = stikstof welke biologisch uit de lucht gebonden wordt
- N_{uitsp} = hoeveelheid stikstof, welke in de winterperiode uitspoelt
- N_{den} = met denitrificatie gemoeide hoeveelheid minerale N
- N_{hum} = hoeveelheid minerale N, welke door humificatie wordt vastgelegd

In de volgende paragrafen zullen de hierboven genoemde posten van de minerale stikstofbalans achtereenvolgens gedeeltelijk de revue passeren, terwijl in hoofdstuk 6 door kwantificering zal worden getracht de balans sluitend te maken.

5.1. N_{naj} en N_{voorj}

Onder N_{naj} en N_{voorj} worden de hoeveelheden minerale stikstof verstaan, die op een tijdstip, welke de uitspoeling aan begin (N_{naj}) en eind (N_{voorj}) ongeveer begrenst, tot een zekere uitspoelingsdiepte aanwezig zijn.

De overwegingen, welke de keuze van de uitspoelingsdiepte hebben bepaald, zijn reeds uiteengezet in hoofdstuk 3.2: waterbalans.

Op genoemde tijdstippen, te weten 21 november 1978 en 10 april 1979 zijn grondbemonsteringen uitgevoerd waarvan de analyseresultaten in tabel 2a zijn gegeven.

De berekening van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in na- of voorjaar verloopt volgens:

voorraad in kg N/ha per laag = analyse in mg N/kg droge grond x laagdikte in dm x droog volumegewicht.

Het droog volumegewicht komt hierin als onbekende voor, omdat het op geen enkele wijze is bepaald.

Het lijkt zinvol om op de benadering van het droog volumegewicht wat dieper in te gaan omdat het probleem van het ontbreken van dit gegeven zich wel vaker voordoet.

5.1.1. Droog volumegewicht

Het droog volumegewicht is het gewicht van grond in ongestoorde toestand na droging bij 105°C per volume-eenheid (g/cm³).

Het kan het eenvoudigst worden bepaald door directe weging in volumemonsters, doch die waren hier niet beschikbaar.

Het wordt ook berekend uit vochtmetingen door middel van de gamma-transmissiemethode en vochtmonsters die voor ijking van deze vochtmetingen worden genomen. Ook deze waarnemingsresultaten staan hier niet ter beschikking maar een deel van de bij de ijking gevolgde berekening kan hier wél worden gebruikt en toegepast op de zogenaamde A-cijfers, die bij de grondmonsters van najaars- en voorjaarsbemonstering zijn verstrekt, indien althans aan zekere eisen van betrouwbaarheid wordt voldaan.

De hier gevolgde benaderingsmethode van het droog volumegewicht is gebaseerd op de vaste verhouding, die binnen vrij enge grenzen bestaat tussen het humusgehalte en het droog volumegewicht en daarmee ook tussen humusgehalte en het poriënvolume.

Uitgangspunt hierbij is het soortelijk gewicht (SG) dat berekend kan worden volgens de formule van Boekel:

$$SG = \frac{100}{\frac{h}{1,47} + \frac{100 - h}{2,66}} \quad (1)$$

waarin: h = % humus

SG = soortelijk gewicht

Voor het poriënvolume geldt:

$$1 - PV = \frac{G}{SG} \quad (2)$$

waarin: PV = poriënvolume
G = dr. vol. gewicht

Door schatting van het poriënvolume kan een eerste benadering van het droog volumegewicht (G) worden bewerkstelligd.

In werkelijkheid is het droog volumegewicht, zoals reeds eerder aangeduid, binnen enge grenzen gerelateerd aan het humusgehalte en deze enge grenzen worden bepaald door de dichtheid van de grond. Indien nu een schatting op grond van visuele kenmerken beter uitgevoerd kan worden via de dichtheid dan via het poriënvolume, dan kan als tweede ingang de formule voor de relatieve dichtheid worden gebruikt, welke luidt:

$$D_r = \frac{4,93 h + 63 - \frac{100}{G}}{2,15 h + 9} \quad (3)$$

waarin: D_r = relatieve dichtheid

De relatieve dichtheid is een begrip, ontleend aan de grondmechanica, dat een objectieve basis vormt voor de vergelijkingsmogelijkheid van de dichtheid van humeuze gronden (SCHOTHORST, 1968).

Door formule (3) gelijk te stellen aan formule (2) met G expliciet, ontstaat een formule, waarin G niet meer voorkomt, doch waarin het poriënvolume berekend kan worden door de relatieve dichtheid D_r te schatten volgens:

0 -0,33 los
0,33-0,66 matig dicht
0,66-1.- dicht

Tenslotte geldt voor de diepst bemonsterde lagen nog de overweging als uitgangspunt, dat deze geheel of nagenoeg verzadigd zijn en dat daarvoor dus geldt:

$$PV = v$$

waarin: v = vol. % vocht

Bij de berekening van het droog volumegewicht uit de vochtmetingsresultaten volgens de gamma-transmissiemethode geldt:

$$G = 0,9 \rho_{dr} = 0,9 \frac{\rho n}{A + 0,9} \quad \text{dus } \rho n = \frac{GA}{0,9} + G$$

tevens geldt: $\rho n = G + v$ dus

$$v = \frac{GA}{0,9} \quad (4)$$

(A = het A-cijfer d.w.z. het gew. % vocht, t.o.v. droge grond)

Bij toepassing van formule (4) is voorzichtigheid bij deze venige gronden geboden, omdat het A-cijfer niet betrouwbaar is.

In tabel 2a valt af te lezen, dat buitengewoon hoge A-cijfers van ver boven de 200 zijn bepaald. Dit zou erop neerkomen, dat er droge volumegeichten van 0,2-0,3 zouden voorkomen en dat is, zelfs bij de meest losse structuur van het veen, ongeloofwaardig.

Nu is bekend, dat bij het drogen in de droogstoof bij 105°C van de monsters een deel van de organische stof wordt aangetast en verloren gaat. Aangenomen moet worden dat dit de oorzaak is van de extreem hoge A-cijfers. Immers, eenzelfde hoeveelheid water, uitgedrukt in procenten van de droge stof wordt méér, als de hoeveelheid droge stof minder wordt. Nøg onverklaarbaarder wordt het beeld, als blijkt, dat de vochtcijfers van de voorjaarsbemonstering beneden de 25 cm beduidend lager zijn dan in het voorjaar. Dit versterkt de indruk, dat de najaars-vochtcijfers onjuist zijn en de voorjaars-cijfers, wellicht door een zorgvuldiger behandeling de waarheid méér benaderen. Immers in het voorjaar van 1979 was de grond na een aanzienlijk neerslagoverschot, zeker vochtiger dan in november 1978 na een relatief droge periode.

Alvorens een definitieve keuze te maken voor de te volgen methode voor de vaststelling van het droog volumegewicht, dient eerst de bruikbaarheid van het A-cijfer te worden onderzocht. Op bijna alle proefvakken bedraagt de veendikte minstens 80 cm. Dit houdt in dat de lage 25-50 cm en 50-75 cm in ieder geval geheel uit veen bestaan. In deze lagen worden dan ook de hoogste humusgehalten aangetroffen. Naar beneden toe en naar boven toe wordt het humusgehalte iets lager, alleen in de zode is het weer hoger. Wanneer op grond van venige standaard pF-curven het poriënvolume en het droog volumegewicht worden geschat, dan kunnen deze via formule (2) met elkaar in overeenstemming

worden gebracht. Over de dichtheid is dan nog niets bekend. Deze kan worden berekend met formule (3). Indien een beoordeling zal worden uitgesproken, dan zal deze luiden, dat het veen een tamelijk dichte indruk maakt en dat vooral de laag 75-100 met bijmenging van wat fijn zand als begin van de overgangslaag al wat dichter wordt evenals de zode.

Met deze overwegingen als uitgangspunt kan het volgende overzicht worden samengesteld, waarin wordt uitgegaan van gemiddelde humusgehalten voor de vier proefvelden voor elke bemonsterde laag. De oorspronkelijk bepaalde humusgehalten voor elk proefveld apart zijn in tabel 3 te vinden.

Tabel 4. Een eerste benadering van droog volumegewicht en relatieve dichtheid, nodig om het A-cijfer te controleren

Laag	Gemiddeld h %	Met (1) SG	Direct geschat PV	Met (2) G	Met (3) D_r
0- 5	27	2,18	0,65	0,76	0,96
5- 25	20	2,29	0,65	0,80	0,70
25- 50	30	2,14	0,72	0,60	0,59
50- 75	24	2,23	0,69	0,70	0,63
75-100	15	2,37	0,60	0,98	0,85

Nu kan formule (4) worden toegepast om het A-cijfer te controleren. Hierbij dient een schatting te worden gemaakt van het vol. % vocht behalve voor de laag 75-100 cm waarvoor geldt: $PV = v$. Een schatting van het vochtgehalte lijkt een hachelijke zaak, maar met de wetenschap dat de laag 75-100 cm geheel verzadigd is en de laag 50-75 cm nagenoeg, lijkt een dergelijke benadering via een schatting van het luchtgehalte ($PV-v$) zeer wel uitvoerbaar, rekening houdend met de datum, die een hoog vochtgehalte garandeert.

Tabel 5. Berekening A-cijfer

Laag	PV	Schatting PV-v		v		Ber. met (4) A-cijfer		Analyse tabel 2 A-cijfer	
		naj.	voorj.	naj.	voorj.	naj.	voorj.	naj.	voorj.
0- 5	0,65	0,20	0,12	0,45	0,53	0,53	0,63	0,89	1,09
5- 25	0,65	0,15	0,10	0,50	0,55	0,56	0,62	0,84	0,92
25- 50	0,72	0,10	0,05	0,62	0,67	0,93	1,01	2,02	1,72
50- 75	0,69	0,05	0,05	0,64	0,64	0,82	0,82	2,02	1,17
75-100	0,60	0	0	0,60	0,60	0,55	0,55	1,27	0,85

Hiermede lijkt wel aangetoond, dat het A-cijfer, bepaald door het laboratorium als uitgangspunt voor een schatting of berekening van het droog volumegewicht, tèn onbetrouwbaar is.

Aan de ene kant kunnen door verbranding van organische stof bij venige monsters (veel) te hoge vochtgehalten worden gevonden, aan de andere kant kunnen de vochtgehalten te laag worden, wanneer de bewaring of verpakking van de monsters te wensen overlaat. Hiermede komt echter tevens de basis van de berekening van het droog volumegewicht, zoals deze gebruikelijk is bij de vochtbepaling door middel van de gammatransmissiemethode op losse schroeven te staan, zeker voor sterk humeuze gronden en dat is een conclusie, welke van belang is voor de verdere toepassing van deze methode.

Nu het A-cijfer voor verdere toepassing tèn onbetrouwbaar is gebleken, kunnen de droge volumegewichten definitief worden berekend op de wijze, zoals oorspronkelijk was aangegeven, namelijk door achtereenvolgens formule (1) en (2) toe te passen op de bepaalde humusgehalten en de geschatte poriënvolumina. Dit is geschied in tabel 3.

In deze tabel zijn tevens berekend de hoeveelheden minerale stikstof in de bodem per bemonsterde laag. De uitspoelingsdiepte is vastgesteld op 60 cm. De overwegingen, die tot de keus van deze diepte geleid hebben zijn reeds uiteengezet in 3.2 Waterbalans.

5.2. N_{org}

Tijdens de uitspoelingsperiode is nog een stalmestgift verstrekt, waarvan de invloed op de aanwezige minerale stikstof in de bodem niet kan worden verwaarloosd. Op 27 februari 1979 is op alle proefveldjes 6 ton stalmest gegeven.

Hiervoor geldt:

$$N_t = N_m + N_e + N_r$$

waarin: N_t = het totaal N-gehalte (mineraal)

$N_m = 0,5 N_t$ = de minerale fractie die direct opneembaar is

$N_e = 0,25 N_t$ = de organische fractie, die in het eerste jaar na toediening gemineraliseerd wordt

$N_r = 0,25 N_t$ = een moeilijk aantastbare residuale fractie, die pas in de loop van de volgende jaren gemineraliseerd wordt

Bij voorjaarstoediening geldt, dat $0,68 N_m$ direct ter beschikking staat. Van N_e en N_r is geschat, dat in de vijf weken tot de monstername hoogstens $0,3 N_e$ is gemineraliseerd en helemaal geen N_r

$$0,68 N_m = 0,34 N_t$$

$$0,3 N_e = 0,075 N_t$$

$$\text{Totaal} \quad 0,41 N_t$$

Stalmest bevat 0,56% stikstof, dat is 5,6 kg N per ton. Er is ongeveer 12 ton/ha verspreid, waarmee dus $12 \times 5,6 \times 0,41 = \underline{+ 27}$ kg N/ha is toegevoegd.

5.3. N_{bew}

Tijdens de weideperiode is ook op de proefperceeltjes vee geweid. De weidedagen zijn afgelezen uit de grasland-gebruikskalender. De hoeveelheden minerale stikstof, die vrijkomen uit de organische mest die door het weidende vee worden uitgescheiden, zijn afgeleid door toepassing van normen. Deze normen zijn uitgebreid uiteengezet in nota 1137 van H. Fonck op blz. 58 e.v. Op deze plaats wordt volstaan

met het weergeven van het berekeningsresultaat dat in het volgende overzicht is weergegeven:

	Melkvee	
Vervluchtiging	0,01275	kg N/ha/dag
Direct beschikbaar	0,09350	kg N/ha/dag
Na mineralisatie	0,00425	kg N/ha/dag
Nawerking vorig jaar	0,01700	kg N/ha/dag
Nawerking jaren daarvòòr	0,04250	kg N/ha/dag

Aan deze berekening ligt een dergelijke opsplitsing van de directe en indirecte werking van weidemest ten grondslag als welke gegeven is voor stalmest in 5.2: N_{org} .

Er dient dus rekening te worden gehouden met een beschikbare hoeveelheid minerale stikstof uit de weidemest na aftrek van vervluchtiging van 0,157 kg N/ha/dag. Door deze hoeveelheid te vermenigvuldigen met de totale hoeveelheid weidedagen en door rekening te houden met de grootte van de proefveldjes, wordt de totale hoeveelheid N_{bew} per proefveldje verkregen

Veldje	Grootte (ha)	Totaal weidedagen	Weidedagen per ha	Kg N/ha
0 N	0,2	90	450	71
150 N	0,2	150	750	118
300 N	0,2	171	4885	134
600 N	0,2	165	3825	130
1000 N	0,37	326	1881	138*

*omdat op perceel 1000 N de koeien 's nachts werden opgesteld wordt daar de hoeveelheid N verminderd tot 80 kg N/ha

5.4. H e t C / N - q u o t i ë n t

De afbraak van organische stof voor de opbouw en instandhouding van de biomassa heeft niet ongebreideld plaats doch in een zekere verhouding van stikstof ten opzichte van koolstof, welke verhouding het C/N-quotiënt wordt genoemd.

Hierbij dient onderscheid te worden gemaakt tussen het C/N-quotiënt van het b e s c h i k b a r e organische materiaal en het C/N-quotiënt van de b e h o e f t e van de biomassa, welke twee C/N-quotiënten niet dezelfde behoeven te zijn.

Koolstof wordt door de biomassa ook als energiebron gebruikt. Men neemt aan, dat 40% voor de opbouw wordt gebruikt en 60% voor de energievoorziening. Van elke 10 delen koolstof gaan er dus 4 naar de biosynthese, terwijl 6 dienst doen als energiebron. Bij opname van 10 delen koolstof worden dus bovendien $6/4 \times 10 = 15$ delen gebruikt voor de benodigde energie. Voor de biosynthese is hierbij 1 deel stikstof nodig, waardoor het C/N-quotiënt 25/1 bedraagt of kortweg 25. Wanneer echter bijvoorbeeld voor een efficiënte biosynthese een verhouding 80:20 voor energie: opbouw zou gelden in plaats van 60:40 dan zou het C/N-quotiënt 50 bedragen.

In het algemeen wordt echter aangenomen, dat bij een C/N-quotiënt van + 25 voldoende kan worden gemineraliseerd. Wordt het quotiënt groter dan moet stikstof van elders worden aangevoerd (of blijft koolstof ongebruikt). Meestal wordt dan een deel van de additieve stikstof vastgelegd (immobilisatie). Is het C/N-quotiënt echter kleiner dan 25, dan blijft gemineraliseerde stikstof uit organische stof over. Er heeft dan een netto-N-mineralisatie plaats. Overigens kunnen mineralisatie en immobilisatie naast elkaar plaatsvinden.

Slechts 10-15% van de totale hoeveelheid organische stikstof zou aan de snelle mineralisatie meedoen (actieve N-circuit). Toevoeging van vers stikstofhoudend materiaal (mest) heeft dan ook een tijdelijk verhoogde mineralisatie tot gevolg (J.A. VAN VEEN, 1977).

De behoefte aan stikstof voor de cellen van de gezamenlijke hoeveelheid microben (biomassa) valt niet te onderschatten. Als in de cellen een stikstofgehalte van 10% wordt verondersteld en de gezamenlijke biomassa 54 g/m^2 uitmaakt over 15 cm diepte en het droog volumegewicht bedraagt $1,4 \text{ g/cm}^3$ dan is er in de biomassa alleen al $25,7 \mu \text{ g N/g}$ droge grond aanwezig, dat is 25,7 kg N/1000 kg droge grond.

De verscheidenheid van microben, welke mineralisatie bewerkstelligen, is veel groter dan bij nitrificatie en de gevoeligheid voor de omstandigheden is bij mineralisatie veel minder dan bij nitrifica-

tie. Er is altijd wel een groep microben, waarvoor de omstandigheden dusdanig zijn, dat voor die groep optimale condities heersen.

Microben onttrekken voor de biosynthese van hun cellen minerale stikstof aan de omgeving (immobilisatie). De immobilisatie is dus evenredig aan de groei van de biomassa (J. BEEK, M.J. FRISSEL, 1971).

Het is niet ondenkbaar dat, tengevolge van de variërende minerale stikstofrijksdom van de verschillende proefveldjes als gevolg van de opklimmende mestgiften immobilisatie en misschien ook mineralisatie enigszins verschillen. Het is evenwel onwaarschijnlijk dat het C/N-quotiënt op relatief korte termijn (tussen najaar en voorjaar) en door de toevoeging van de relatief geringe hoeveelheid stro in de stalmest ten opzichte van de grote hoeveelheid reeds in de humus aanwezige organische stikstof, zich merkbaar wijzigt.

Humus bevat ca. 58% koolstof. Het C/N-quotiënt van de humus kan berekend worden door toepassing van:

$$\frac{58}{100} \times \% \text{ Hum.} \\ N_{\text{org}}$$

Beide gehalten worden opgegeven in gew. % en zijn dus zonder meer deelbaar. Van de geanalyseerde N-totaal in de bodemonsters dient N-mineraal te worden afgetrokken om N-organisch te krijgen. In de praktijk maakt deze vermindering heel weinig uit. N-totaal wordt opgegeven in gew. % droge grond (1^{-2}) en N-min. in mg N/kg droge grond (1^{-6}). N-totaal dient dus met 10 000 te worden vermenigvuldigd om N-mineraal af te kunnen trekken, waardoor de hoeveelheid minerale stikstof vrijwel in het niet valt.

Een overzicht van de C/N-quotiënten van de humus volgt hieronder.

Laag	Veldje				
	0 N	150 N	300 N	600 N	1000 N
0- 5	14,1	20,4	18,5	16,3	16,3
5- 25	18,6	17,5	18,2	15,2	17,4
25- 50	19,5	20,4	23,1	18,5	19,6
50- 75	21,7	20,7	20,2	19,2	18,1
75-100	17,3	20,6	20,8	20,9	26,2

Er valt een lichte toename van het C/N-quotiënt met groter worden de diepte te constateren maar de waarden zijn zodanig, dat waarschijnlijk de N-mineralisatie niet geremd zal worden.

5.5. N - u i t s p o e l i n g

De uitspoeling is in hoofdstuk 4 reeds gekwantificeerd aan de hand van de berekende afvoer en het aangetroffen stikstofgehalte in het bovenste grondwater.

5.6. N - d e n i t r i f i c a t i e

Onder denitrificatie wordt verstaan de reductie van nitraat tot uiteindelijk N_2 of N_2O . Het is een anaëroob microbiologisch proces en als zodanig zal ook in de winter op een natte veengrond aan deze voorwaarden wel eens voldaan worden. Anderszins zullen de lage temperaturen microbiologische activiteiten remmen. Voor zover de nitraatrijkdom bepalend is voor de mate van denitrificatie, zullen op de proefveldjes verschillen kunnen optreden in verband met het sterk uiteenlopende bemestingsniveau.

5.7. N_N e n N_B

Hieronder wordt verstaan de stikstof, afkomstig uit neerslag en wat uit de lucht biologisch gebonden wordt.

6. KWANTIFICERING VAN DE BALANSPOSTEN OVER DE BALANSPERIODE

6.1. U i t s p o e l i n g

De met uitspoeling gemoeide hoeveelheden minerale stikstof zijn in hoofdstuk 4 reeds gekwantificeerd.

6.2. O r g a n i s c h e m e s t

Het aandeel aan direct opneembare minerale stikstof is in hoofdstuk 5.2 berekend en gefixeerd op 27 kg N/ha.

6.3. Neerslag en binding

In het algemeen wordt aangenomen, dat met de neerslag 20 kg N/ha/jaar wordt toegevoegd en door biologische binding 40 kg N/ha/jaar. Dat geldt evenwel voor het gehele jaar. Waar in de winter ongeveer even veel neerslag valt als in de zomer en de balansperiode ongeveer 7½ maand heeft gedurend (zie tabel 1 = waterbalans) kan N_N worden vastgesteld op $\frac{7,5}{12} \times 20 = 12,5$ kg N/ha.

Verwacht mag worden dat de biologische binding gedurende de winter zeer gering is. Een schatting van 7,5 kg lijkt voor de balansperiode gewettigd, zodat het totale aandeel voor $N_N + N_B$ 20 kg/ha draagt.

6.4. N - n a j a a r e n N - v o o r j a a r

De aanwezige hoeveelheden minerale stikstof zijn berekend zoals in hoofdstuk 5.1 is aangegeven en gesommeerd tot een uitspoelingsdiepte van 60 cm.

Zie voor berekening en sommatie tabel 3.

6.5. M i n e r a l i s a t i e

Mineralisatie kent drie bronnen:

1. de organische stof, welke wordt toegevoegd (organische mest, oogstverlies, afgestorven wortels e.d.)
2. humus in de bodem
3. organische stikstof van microbiologische origine

Het zal duidelijk zijn, dat in een venig profiel als in het onderhavige de onder 2 genoemde bron rijkelijk voorhanden is en daardoor althans mineralisatie in aanzienlijke mate niet beperkt hoeft te blijven, zelfs niet in een winterperiode, waarin microbiologische activiteiten door temperatuurdaling geremd worden.

Het grootste deel van de in de bodem aanwezige stikstof is van organische aard. Deze stikstof is echter gebonden en komt niet zonder tijdrovende omzettingen voor het gewas beschikbaar. Deze omzettingen, waarbij uiteindelijk NH_4^+ ontstaat, vormen te zamen het mine-

ralisatieproces en de snelheid van dit proces is afhankelijk van het C/N-quotiënt. Na een lange reeks van jaren kan de toevoer van stikstof via organische mest, kunstmest, oogstverliezen en wortelresten in evenwicht geraken met de afbraak van organische stikstofverbindingen.

Een methode om de met mineralisatie gemoeide hoeveelheden stikstof te kwantificeren, is afkomstig uit het model van RIJTEMA (1978) en luidt dat de hoeveelheid stikstof, welke jaarlijks mineraliseert gelijk is aan de hoeveelheid stikstof in omloop (N_o), verminderd met:

N_{add} = minerale stikstof in kunstmest

N_{org} = het deel van de organische stikstof dat wordt gemineraliseerd

$N_{neerslag}$ en $N_{binding}$

Deze berekeningswijze is hier niet goed bruikbaar, omdat de grootte van N_o (stikstof in omloop) slechts schattenderwijs vastgesteld zou kunnen worden maar ook omdat het aandeel van de balansperiode in de totale jaarmineralisatie niet eenvoudig vast te stellen is.

Het lijkt daarom beter uit te gaan van een mineralisatiecoëfficiënt en deze toe te passen op de hoeveelheid beschikbare organische stikstof. In hoofdstuk 5.3 is reeds aan de hand van het C/N-quotiënt vastgesteld, dat de omstandigheden gunstig zijn voor een (netto) mineralisatie.

Aangenomen wordt, dat met een daling van de temperatuur met 10°C de waarde van de mineralisatie-activiteitscoëfficiënt γ tot $1/3$ van de aanvankelijke wordt gereduceerd. Aangenomen is tevens, dat hier een gemiddelde temperatuurdaling van zomer naar winter van 10°C heeft plaatsgehad. Rijtema geeft voor de waarde van γ voor goed ontwaterde veengronden 0,015 aan. De voor de winter toe te passen waarde zal derhalve ca. 0,005 bedragen.

De hoeveelheid mineraliseerbare organische stikstof kan direct uit de N-totaal analyse van de bodem worden berekend met de restrictie dat eerst de hoeveelheid minderale stikstof dient te worden afgetrokken.

Omrekening in kg N/ha heeft plaats volgens: N_{org} in mg N/kg droge grond (analyse) x dr. vol. gew. (tabel 3) x laagdikte in cm.

In onderstaand overzicht zijn de berekende hoeveelheden N_{org}

weergegeven kg/ha:

Kunstmestgift	0 N	150 N	300 N	600 N	1000 N
Laag (cm)					
0- 5	3 970	2 868	2 996	3 802	3 749
5-25	9 640	10 086	12 696	13 412	11 499
25-50	14 006	12 718	10 550	15 573	6 302
50-75	10 628	11 830	10 482	12 384	3 919

Hiervan worden de volgende hoeveelheden gemineraliseerd als

$\gamma = 0,005$:

Kunstmestgift	0 N	150 N	300 N	600 N	1000 N
Laag (cm)					
0- 5	20	14	15	19	19
5-25	48	50	63	67	57
25-50	70	64	53	78	32
50-75	53	59	52	62	20

(kg N/ha)

Naast het temperatuureffect voor de winterperiode dat tot uitdrukking komt in de kleinere waarde voor de toegepaste γ is er ook een vocht-effect. Gedurende de winter zal in het algemeen ook boven het frea-tisch vlak het vochtgehalte in deze veengrond zò hoog zijn, dat aëratie en daarmee mineralisatie sterk wordt belemmerd. Het vocht-effect is als volgt verrekend:

- 0- 5 cm ongeremde wintermineralisatie
- 5-25 cm mineralisatie tot de helft gereduceerd
- 25-50 cm mineralisatie tot eenvierde gereduceerd
- beneden 50 cm géén minderalisatie

Met deze aanname als uitgangspunt kan bovenstaand overzicht worden omgezet in onderstaand, waarin de definitieve benadering van de met (winter) mineralisatie gemoeide hoeveelheden stikstof is weergegeven:

Kunstmestgift	0 N	150 N	300 N	600 N	1000 N
N_{\min} in kg N/ha	61	55	59	71	56

6.6. Denitrificatie (STEENVOORDEN, 1977)

Volgens Rijtema geldt voor de jaarlijkse denitrificatie:

$$N_d = \alpha(N_o - N_{pl})$$

waarin: N_o = hoeveelheid minerale stikstof in omloop
 N_{pl} = hoeveelheid door de plant opgenomen minerale stikstof
 α = denitrificatie activiteitscoëfficiënt

Bij het denitrificatieproces wordt nitraat gereduceerd. Voorwaarden voor het verloop van dit proces zijn: aanwezigheid van nitraat en een anaëroob milieu. De minerale stikstof, welke in de loop van de winter beschikbaar komt, bestaat uit:

N_{naj} = de voorraad, in de bodem aanwezig bij het begin van de winter
 N_n en N_B , althans het winteraandeel daarvan
 N_{\min} = wat er in de winter door mineralisatie vrijkomt

Het winteraandeel van de met denitrificatie gemoeide hoeveelheid stikstof kan worden weergegeven door:

$$N_{dw} = \alpha_w(N_{naj} + N_N + N_B + N_{\min}) \quad (5)$$

Uit het model van Rijtema wordt voor α_z een waarde van 0,75 gedis-
tilleerd, zodat $\alpha_w = 0,25$ bedraagt.

N_{naj} wordt gevonden in tabel 3

N_N en N_B in 6.3

N_{\min} in 6.5

Uitgaande van deze gegevens kunnen voor de winterdenitrificatie de volgende hoeveelheden N worden berekend:

Kunstmestgift	0 N	150 N	300 N	600 N	1000 N
N _{dw} in kg N/ha	42	50	50	73	262

6.7. Immobilisatie of humificatie

Voor de kwantificering van deze balanspost staat een formule van Rijtema ter beschikking welke echter voor het gehele jaar geldt:

$$N_{\text{hum}} = 30P \left[0,17A + \frac{1}{0,325P + 0,25} \right] + 25,7n \quad (6)$$

A staat voor het oogstverlies en is dus voor de winterperiode niet van toepassing.

P staat voor de produktie, welke eveneens gedurende de winter nog maar een fractie van de opbrengst in het groeiseizoen uitmaakt, naar schatting een halve ton per ha.

35,7 n staat voor het aandeel van de organische mest, waarbij n de veebezetting voorstelt. Er is gedurende de winter geen beweiding, dus deze post kan in deze vorm vervallen en vervangen worden door het minerale aandeel van de stalmestgift, welke juist in de winter uitgereden is en berekend is op 27 kg N/ha (zie hfdst. 5.2). Deze hoeveelheid kan nog worden aangevuld met een geringe nawerking van de weidemest. Deze nawerking is volgens de normen in hoofdstuk 5.3 in totaal te stellen op $0,017 + 0,0425 = \pm 0,06$ kg N/ha/dag. Voor de winterperiode alléén zal de nawerking zeker niet meer bedragen dan $\pm 0,015$ kg N/ha/dag, zodat de totale met beweiding gemoeide hoeveelheden minerale stikstof, zoals die in hoofdstuk 5.3 voor het gehele jaar zijn berekend voor de winterperiode drastisch kunnen worden teruggebracht tot de volgende hoeveelheden:

Veldje	Nawerking winter in kg N/ha
0 N	7
150 N	11
300 N	13
600 N	12
1000 N	13

Het aandeel van de winterhumificatie kan nu berekend worden volgens:

$$N_{\text{hum}} = 15 \left[\frac{1}{0,4371} \right] + N_{\text{org(winter)}}$$

en wordt dan:

veldje	$15 \left[\frac{1}{0,4375} \right]$	+ N_{org}	=	N_{hum}
0 N	34	+ 34	=	68
150 N	34	+ 38	=	72
300 N	34	+ 40	=	74
600 N	34	+ 39	=	73
1000 N	34	+ 40	=	74

7. MINERALE STIKSTOFBALANS

Alle posten van de in de aanhef van hoofdstuk 5 gegeven stikstofbalans zijn nu gekwantificeerd.

De volledige balans luidt als volgt:

$$N_{\text{naj}} + N_{\text{org}} + N_{\text{min}} + N_{\text{N}} + N_{\text{B}} - N_{\text{uitsp}} - N_{\text{den}} - N_{\text{hum}} = N_{\text{voorj}}$$

Wanneer deze balans geschreven wordt met N_{uitsp} expliciet, kan de aldus berekende uitspoeling worden vergelen met de uitspoeling welke direct verkregen is uit afvoer en geanalyseerde N-concentratie in het bovenste grondwater.

Hieronder volgt eerst een overzicht van de balansposten, welke achtereenvolgens de toevoer en de onttrekking verzorgen:

Toevoerposten (in kg N/ha)

Kunstmestgift:	N_{naj}	+	N_{org}	+	N_{min}	+	N_N	+	N_B	=	
0 N	86	+	27	+	61	+	20	=	194		
150 N	125	+	27	+	55	+	20	=	227		
300 N	146	+	27	+	59	+	20	=	252		
600 N	234	+	27	+	71	+	20	=	352		
1000 N	971	+	27	+	56	+	20	=	1074		

Zie tabel 3

Zie hoofdstuk 5,2 6,5 6,3

Onttrekkingsposten: (in kg N/ha)

Kunstmestgift:	N_{voorj}	+	N_{den}	+	N_{hum}	=	
0 N	82	+	42	+	68	=	192
150 N	65	+	50	+	72	=	187
300 N	68	+	50	+	74	=	192
600 N	101	+	73	+	73	=	247
1000 N	485	+	262	+	74	=	821

Zie tabel 3

Zie hoofdstuk 6,6 6,7

Het verschil van beide totalen is volgens de stikstofbalans als uitspoeling te beschouwen en kan derhalve rechtstreeks vergeleken worden met de uitspoeling, zoals die rechtstreeks berekend is uit afvoer en aangetroffen minerale stikstofconcentratie in het bovenste grondwater. Deze vergelijking volgt hieronder:

Kunstmestgift	N_{uitsp} (balans)	N_{uitsp} (afvoer + conc.) in kg/ha
0 N	2	7,4
150 N	40	6,1
300 N	60	88,5
600 N	105	116,2
1000 N	253	1850,9 (?)
	zie boven	hfdst. 4

De onzekerheid omtrent de grootte van enkele balansposten, die hoofdzakelijk op grond van aannamen verkregen zijn, in aanmerking genomen, mag van een redelijke overeenkomst worden gesproken, vooral wanneer bovendien in de beschouwing wordt opgenomen, dat de balansperiode tussen de monsternamen van N_{naj} en N_{voorj} wat korter is geweest dan de werkelijke uitspoelingsperiode (het 1000 N-object moet in deze vergelijking buiten beschouwing blijven).

8. CONTROLE

Tot op zekere hoogte is controle op de grootte van de gekwantificeerde balansposten mogelijk door substitutie van de gevonden waarden in modelmatig verkregen formules van Rijtema. Hierbij wordt dan evenzeer de juistheid van de bedoelde formules gecontroleerd.

Voor een dergelijke controle staan de volgende betrekking ten dienst:

$$\begin{aligned} N_{voorj} &= \beta N_{naj} \\ N_{uitsp} &= (1 - \beta - \alpha_w) N_{naj} \\ N_{dw} &= \alpha_w (N_{naj} + N_N + N_B + N_{min}) \end{aligned}$$

In hoofdstuk 6.6 is voor het berekenen van de balanspost denitrificatie reeds een waarde van 0,75 voor α_z en van 0,2 voor α_w afgeleid.

Uit de daartoe dienende figuur uit het model van Rijtema kan worden afgeleid, dat β afhangt van hydrologische factoren als afvoer, berging en vochtvoorraad in het najaar. Aangezien die factoren in dit geval voor alle proefveldjes gelijk zijn, dient voorop te staan, dat ook de waarde van β voor alle proefveldjes gelijk moet zijn. De hydrologische factoren in aanmerking genomen lijkt een aanname van de waarde voor N_{voorj} en N_{naj} in tabel 3 van 0,5 voor β niet onwaarschijnlijk. Omdat voor α_w reeds een waarde van 0,2 was afgeleid (hfdst. 6.6) kan $N_{uitsp} = (1 - \beta - \alpha_w) N_{naj}$ worden toegepast. Indien de gevonden getalwaarden in de overzichten van hoofdstuk 7 worden gezien als een indicatie van de grootte-orde, omdat, gezien de aanzienlijke onzekerheden, die vooralsnog de kwantificering van de

balansposten beheersen, een predikaat van absolute juistheid nog niet kan worden verstrekt, dan kan een gecorrigeerd overzicht worden opgesteld van N_{voorj} , N_{naj} en N_{uitsp} dat geheel voldoet aan de betrekkingen:

$$N_{\text{voorj}} = \beta N_{\text{naj}} \text{ en } N_{\text{uitsp}} = (1 - \beta - \alpha_w) N_{\text{naj}}$$

en dat tevens de kleinst mogelijke afwijkingen met de tabelwaarden met behoud van de getalwaarden voor α en β vertoont. Een dergelijk overzicht ziet er als volgt uit:

Veldje	N_{naj}	N_{voorj}	N_{uitsp} (balans)
0 N	50	25	15
150 N	120	60	40
300 N	180	90	54
600 N	333	166	100
1000 N	940	470	282

De toepassing van deze correctie is noodzakelijk, omdat de grote gevoeligheid van de modelmatig verkregen formules voor de getalwaarden van α en β het handhaven van de originele door berekening en gedeeltelijk door aannamen verkregen getalwaarden, discutabel maakt door de uitermate grote onoverzichtelijkheid van de uitkomsten. In dit stadium van het onderzoek naar de grootte van de posten van de stikstofbalans, waar uit gericht onderzoek nog weinig definitiefs te zeggen valt over de werkelijke grootte van de verschillende balansposten, lijkt het zinvol de voorkeur te geven aan het blootleggen van het onderling verband, hetgeen hierboven gebeurd is.

9. INVLOED VAN OPKLIMMENDE N-GIFTEN

Het is van belang na te gaan, welke balansposten min of meer duidelijk door de stikstofgiften worden beïnvloed.

Uit het overzicht in hoofdstuk 7 lijkt de conclusie te kunnen worden getrokken, dat N_{naj} , N_{voorj} , N_{uitsp} en N_{den} een zeker verband

met de opklimmende stikstofgiften vertonen. Hieraan dient de post N_{pl} te worden toegevoegd, die weliswaar niet als zodanig in de balans voorkomt maar wèl in de formules, waarmee bijvoorbeeld N_{hum} wordt berekend. Voor de benadering van de grootte van P, welke in de formule voor de berekening van de totale humificatie voorkomt, is een ingang mogelijk op grond van de resultaten van stikstof bemestingsproeven op veengrasland. Beschikt kan worden over verschillende graslandopbrengsten bij opklimmende stikstofgiften, namelijk over 7 jaar op d'Olde Weijs zelf (DE GROOT, KEUNNIG en PADMOS, 1972) over 10 jaar op een proefbedrijf in Zuid-Holland (BOXEM, 1973) en op het proefbedrijf Zegveld (VAN STEENBERGEN, 1977). Onder toekenning van een wat hoger gewicht aan de resultaten op d'Olde Weijs zelf is tot opbrengsten geconcludeerd, die in het volgende overzicht van de berekening van N_{pl} zijn verwerkt:

Kunstmestgift	P in ton/ha	$1 + \left[\frac{1}{0,375 P + 0,25} \right]$	N_{pl} (in kg/ha)
0 N	11	1,229	406
150 N	11,6	1,217	424
300 N	12	1,211	436
600 N	13	1,195	466
1000 N	15	1,170	527

Ten einde de invloed van de stikstofgiften op de verschillende balansposten te kunnen nagaan, dienen de hoeveelheden voor het 0-object eerst te worden afgetrokken omdat bij deze objecten geen verband aanwezig is, aangezien er geen stikstofgift bestaat. Indien deze werkwijze wordt toegepast op genoemde balansposten, kan het volgende overzicht worden opgesteld:

Hoeveelheden N per balanspost na aftrek 0-object voor:

N-gift	N _{naj}	N _{voorj}	N _{uitsp} (balans)	N _{pl}	N _{den}
150	70	35	25	18	8
300	130	65	40	30	8
600	283	141	85	60	31
1000	890	445	260	121	220

Uitgedrukt in procenten van de stikstofgift ziet dit overzicht er als volgt uit:

N-gift	N _{naj}	N _{voorj}	N _{uitsp} (balans)	N _{pl}	N _{den}
150	46%	23 %	17%	12%	5 %
300	43%	22 %	13%	10%	2,5%
600	47%	23,5%	14%	10%	5 %
1000	89%	44 %	26%	12%	22 %

Indien het 1000 N buiten beschouwing wordt gelaten kan een vrij nauwe samenhang met de stikstofgift worden geconstateerd welke kan worden samengevat volgens:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{naj}} &= N_{\text{naj}} \quad \text{bij } 0 \text{ N} + 0,45 \text{ N-gift} \\
 N_{\text{voorj}} &= N_{\text{voorj}} \quad \text{bij } 0 \text{ N} + 0,23 \text{ N-gift} \\
 N_{\text{uitsp}} &= N_{\text{uitsp}} \quad \text{bij } 0 \text{ N} + 0,15 \text{ N-gift} \\
 N_{\text{pl}} &= N_{\text{pl}} \quad \text{bij } 0 \text{ N} + 0,11 \text{ N-gift} \\
 N_{\text{den}} &= N_{\text{den}} \quad \text{bij } 0 \text{ N} + 0,04 \text{ N-gift}
 \end{aligned}$$

10. CONCLUSIE

De resultaten van het onderzoek hebben uitgewezen, dat de invloed van opklimmende stikstofgiften duidelijk aantoonbaar is in een aantal posten van de stikstofbalans, namelijk N_{naj} , N_{uitsp} , N_{pl} en N_{voorj} .

De samenhang is in de meeste gevallen zo evident dat deze in een eenvoudig rechtlijnig verband kan worden vastgelegd tussen de stikstofgift en de betreffende balanspost met de aanwezige hoeveelheid van diezelfde balanspost op het O-object als basis.

De berekening van de uitspoeling uit berekende afvoer en geconstateerd mineraal stikstofgehalte in het bovenste grondwater heeft op zichzelf geen moeilijkheden opgeleverd. Alleen het hanteren van de waterbalans op jaarbasis vanaf voorjaar 1978 om het tijdstip in het najaar, waarop de uitspoelingsperiode begint, te leren kennen, stuitte op moeilijkheden omdat capillaire nalevering van onbekende grootte en een aanzienlijke kwel het hanteren van een waterbalans zoals dat mogelijk is in een hangwaterprofiel, onmogelijk maakte. In een dergelijk geval is kennis van additieve hydrologische profielkenmerken onontbeerlijk zoals $K-\Psi$ relatie, pF-curve en vochtbepalingen met de gamma-transmissiemethode. In dit geval is door het gebruik van standaard pF-curven tot een aanvaardbaar uitgangspunt gekomen.

Een controle van de berekende uitspoeling is uitgevoerd door toepassing van formules uit het model van Rijtema. Eigenlijk heeft hierbij een tweeledige controle voor ogen gestaan, namelijk die van de berekende uitspoeling en die van de bruikbaarheid van de formules.

Indien men echter de uitspoeling op deze wijze wil controleren, aanvaardt men daarmee de juistheid van de formules. Wil men evenwel de bruikbaarheid van de formules controleren, dan aanvaardt men stilzwijgend de juistheid van de berekende uitspoeling.

Met de restrictie voor ogen, dat de aanvaarding voor wederzijdse controle gekozen uitgangspunten niet automatisch mag leiden tot aanvaarding van de juistheid van deze uitgangspunten zelf, mag het resultaat van deze controle, namelijk het redelijk overeenkomen van de oorspronkelijke berekeningsresultaten met die van de door controleberekeningen verkregen cijfers, toch slechts leiden tot de conclusie, dat aan de verkregen uitkomsten niet meer dan het brevet van grote waarschijnlijkheid kan worden meegegeven.

Voor absolute zekerheid zijn de berekeningen verricht op grond van te veel aannamen, die nu eenmaal noodzakelijk waren omdat niet voldoende of helemaal geen waarnemingen ten dienste stonden en veld-

onderzoek naar de grootte-orde van verschillende balansposten zelfs helemaal niet mogelijk is. Kwantificering van deze posten is slechts mogelijk door toepassing van modelmatig verkregen formules en deze formules zijn in de praktijk nog onvoldoende getest om ze in dit stadium al het volle vertrouwen te schenken. Het is vooral de benadering van de waarde van de mineralisatiecoëfficiënt γ , van β , welke de fractie van de minerale N weergeeft die in het najaar aanwezig is en in de winter niet uitspoelt en van de denitrificatiecoëfficiënt α , die een nauwkeuriger waardebepaling behoeven.

11. LITERATUUR

- BEEK, J. en M.J. FRISSEL, 1971. A simulation model for the quantitative description of the behaviour of nitrogen in the soil. Ital Internat. Report 113.
- BOXEM, Tj., 1973. Stikstofbemesting en bruto opbrengst van grasland. Stikstof 73. Mei 1973, 536.
- FONCK, H. 1965. Het ontwerpen van een drainageplan voor de proefboerderij 'D'Olde Weijs' te Vaassen en de controle op de werking van deze drainage. Nota 304 ICW.
- GROOT, Th., J.A. KEUNING en L. PADMOS, 1972. Acht jaar onderzoek op de proefboerderij van de Ned. Stikstof-meststoffenindustrie 'D'Olde Weijs' te Vaassen. Stikstof 72. Dec. 1972, 506
- RIJTEMA, P.E., 1978. Een benadering voor de stikstofemissie uit het graslandbedrijf. Nota 982 ICW.
- SCHOTHORST, C.J., 1968. De relatieve dichtheid van humeuze gronden. De ingenieur 80.2.
- STEENBERGEN, T. VAN, 1977. Invloed van grondsoort en jaar op het effect van stikstofbemesting op de graslandopbrengst. Stikstof 85. Jan. 1977 9.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1977. De invloed van een aantal factoren op de denitrificatie. Nota 1012 ICW.
- VEEN, J.A. VAN, 1977. The behaviour of nitrogen in soil. Proefschrift Ital.