

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU  
BILTHOVEN

Rapport nr. 711501002

**Actualisering van model NLOAD voor de  
nitraatuitspoeling van landbouwgronden;  
beschrijving van model en GIS-omgeving**

G. van Drecht, E. Scheper\*

januari 1998

\* Adviesbureau ARIS, Utrecht

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water en Landbouw en Directie Bodem, project Prognose bodemkwaliteit (MAP-1996-nummer 711501), en project DSS Bodem en grondwater (MAP-1997-nummer 711401)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven

## VERZENDLIJST

1-3	DGM Directie Drinkwater, Water, Landbouw - G.J.A. Al
4	DGM Directie Bodem - A.B. Holtkamp
5	plv. DG Milieubeheer - B.C.J. Zoeteman
6	Directoraat-Generaal Milieubeheer (DGM), Directie Strategische Planning
7	W. Cramer (DGM/DWL)
8	A. Roos (DGM/DWL)
9	H.O. Hooghoudt (DGM/DWL)
10	M.M. Dorenbosch (DGM/DWL)
11	P.L.C.M. Henkens (DGM/DWL)
12	T.E.M. van Leeuwen (DGM/DWL)
13	D.A. Jonkers (DGM/DWL)
14	J.H. de Rijk (DGM/DWL)
15	N.J. Molenaar (DGM/DWL)
16	C.L.C. Meijer (DGM/DWL)
17	J. van Vliet (DGM/DWL)
18	J.G. Robberse (DGM/Bo)
19	R.A. Donker (LNV/DL)
20	J. Roels (DGM/Bo)
21	C.A.J. Denneman (DGM/Bo)
22	Secretaris van de Technische Commissie Bodembescherming
23	Directeur KIWA
24	Directeur RIZA
25	Directeur Staring Centrum (SC-DLO, Wageningen)
26	Directeur IGG-TNO Delft
27	Directeur Centrum Landbouw en Milieu (CLM, Utrecht)
28	Directeur Centrum Milieustudies Wageningen
29	Directeur Centrum voor Milieukunde (RUL, Leiden)
30	Directeur Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO, 's-Gravenhage)
31	Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
32	R.A. Feddes (LUW, Wageningen)
33	P.J.M. de Laat (IHE, Delft)
34	C.G.E.M. van Beek (KIWA)
35	P. Boers (RIZA)
36	G. Arnold (RIZA)
37	M. Menke (WL)
38	E.J. Jansen (PW Utrecht)
39	J.H.A.M. Steenvoorden (SC-DLO)
40	M.J.D. Hack-ten Broeke (SC-DLO)

41	J.G. Kroes (SC-DLO)
42	C.J.W Roest (SC-DLO)
43	W. de Vries (SC-DLO)
44	P.A. Finke (SC-DLO)
45	P. Groenendijk (SC-DLO)
46	I.G.A.M. Noy (SC-DLO)
47	O.F. Schouwman (SC-DLO)
48	H.G. van der Meer (AB-DLO, Wageningen)
49	J. Hassing (AB-DLO, Haren GRN)
50	H.F.M. Aarts (AB-DLO, Wageningen)
51	O. Oenema (AB-DLO, Haren)
52	F. Verstraten (IKC/L)
53	H.F. Westhoek (IKC/L)
54	W. Bussink (NMI)
55	D.J. den Boer (NMI)
56	G.J.W. Krajenbrink (Waterleiding Laboratorium Oost)
57	M.Q. van Veen (Provincie Gelderland)
58	H.H. Luesink (LEI-DLO)
59	A. van den Ham (LEI-DLO)
60	F. Goossens (Heidemij Advies, Deventer)
61	P.C. Meeuwissen (Heidemij Advies, Arnhem)
62	J. Schotel (ERSA, Luxemburg)
63	Directie RIVM - N.D. van Egmond
64	Directeur sector V RIVM - F. Langeweg
65	Directeur sector III RIVM - H.A. van 't Klooster
66	Hoofd Bureau MNV, RIVM - R.J.M. Maas
67	Hoofd LBG, RIVM - R. van den Berg
68	Hoofd LWD, RIVM - A.H.M. Bresser
69	Hoofd LAC, RIVM - H. van der Wiel
70	Hoofd LAE, RIVM - L.H.M. Kohsiek
71	Hoofd LLO, RIVM - D. van Lith
72	N.J.P. Hoogervorst (LAE)
73	P.M. van Egmond (MNV)
74	O.M. Knol (LAE)
75	K.W. van de Hoek (LAE)
76	L. van Liere (LWD)
77	J.H.C. Mülschlegel (LWD)
78	J.J.B. Bronswijk
79	L.J.M. Boumans
80	G.A.P.H. van de Eertwegh

81	J.J.M. van Grinsven
82	B. Fraters
83	G.B. Makaske
84	C.R. Meinardi
85	H.F.R. Reijnders.
86	J.B.S. Gan
87	A.F. Bouwman
88	Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations RIVM
89	Bureau Rapportenregistratie
90-91	Bibliotheek RIVM
92-100	Auteurs
101-150	Bureau Rapportenbeheer
151-200	Reserve exemplaren

## INHOUD

VERZENDLIJST	2
VOORWOORD	6
SUMMARY	7
SAMENVATTING	8
1. INLEIDING	10
2 MODELBESCHRIJVING	11
2.1 Algemeen	11
2.2 Basisuitspoeling	14
2.3 Bemestingsuitspoeling	15
2.4 Extra uitspoeling	21
2.5 Uitspoeling t.g.v. het beweiden van grasland	22
2.6 Evaluatie hoofdstuk 2	23
3 BEREKENINGEN	24
3.1 Controleberekeningen	24
3.2 Toetsing van het model aan gemeten uitspoeling	25
3.2.1 Vergelijking gemeten - berekend	27
3.2.2 Evaluatie gemeten - berekend	37
3.3 Toepassing van het model op nationale schaal (gevoeligheidsanalyse)	39
3.3.1 Nieuwe geografische gegevens	39
3.3.2 Ontbrekende gegevens van de bemesting en vruchtwisseling	40
3.3.3 Resolutie van geografische gegevens	43
4. IMPLEMENTATIE VAN HET MODEL IN EEN GIS-OMGEVING	44
4.1 Inleiding en achtergrond	44
4.2 Gebruikte gegevens voor MB95 en MB96	45
4.3 GIS-bewerkingen	47
5. CONCLUSIES	53
REFERENTIES	54
Bijlagen	
A Het langjarig gemiddelde neerslagoverschot	59
B Bewerkingsprogramma's	66

## VOORWOORD

Naar aanleiding van de toepassing van NLOAD in het kader van de Milieubalans 1995 is besloten om dit model te actualiseren. De laatst gedocumenteerde toepassing van NLOAD is die van de Nationale Milieuverkenning 2 (Maas, 1991), beschreven door Van Drecht (1993). Sindsdien is het model, vaak in gewijzigde vorm, toegepast voor allerlei projecten. Bekend zijn: de Milieudiagnose 1991 (RIVM, 1992), Sustainable Use EC (RIVM/RIZA, 1991), GLOBE (RIVM, 1992a), Nationale Milieuverkenning 3 (RIVM, 1993), Milieurapportage 1993 (RIVM, 1993a), Milieubalans 1995 (RIVM, 1995). Bij deze projecten zijn geen achtergronddocumenten over de berekeningen van NLOAD beschikbaar. Om te voorkomen dat later niemand meer weet hoe de berekeningen werden uitgevoerd is de meest recente modelversie en GIS-omgeving in het voorliggende rapport beschreven.

Bij de start van de werkzaamheden in het kader van de Milieubalans 1996 werden voorstellen tot verbetering van het model voorgelegd aan een interne werkgroep van deskundigen met het doel om overeenstemming te krijgen over de modelwijzigingen. Aan de werkgroep namen deel:

J.J.B. Bronswijk, L.J.M. Boumans, G. van Drecht, G.A.P.H. van de Eertwegh, J.J.M. van Grinsven, B. Fraters, G.B. Makaske, C.R. Meinardi en H.F.R. Reijnders. De tekst van het voorliggende rapport is verbeterd mede dankzij de commentaren van de werkgroep.

Een productiegroep, bestaande uit B. Fraters, E. Scheper (Adviesbureau ARIS), G.B. Makaske en J.B.S. Gan, heeft de weg geëffend voor de toepassing van NLOAD in een GIS-omgeving.

## SUMMARY

The model NLOAD employs a simple, straightforward and empirical approach, describing the steady state nitrate\_N leaching of agricultural soils on an annual basis. NLOAD is used every year to assess the effects of environmental policy on nitrate leaching and exceedance of the standard for nitrate\_N concentrations in shallow groundwater in the Netherlands. Over a period of five years the model was changed at many occasions. For the State of the Environment of 1995/96 it was necessary to update the model, compare it with the measured nitrate leaching of experimental fields and make a new documentation. Some highlights in this report are conceptual improvements, validation of the model and implementation in a GIS environment.

### Improvement of the modelconcept:

Nitrate\_N leaching is calculated as the sum of background leaching, leaching due to N-fertilization, additional leaching from animal manure and leaching of dung\_N and urine\_N supplied by grazing cattle on grassland. In the new model background leaching is decreased. The leaching due to atmospheric\_N deposition is now explicitly taken into account (added to the fertilizer\_N). Efficiency coefficients for plant available N in manure were increased. The leaching of arable land was a constant fraction of the total applied plant available N. Now this fraction is an increasing function of total applied available N (just like for grassland). The urine\_N production of grazing cattle is now a function of N-fertilization. Recent data on leaching in river- and marine caly soils was also included in the new model-version.

### Old vs. new:

The new model gives an improved prediction of the leaching of experimental fields. However the new model underestimates the leaching at very high fertilization levels. The model is judged to be suitable for grassland on sandy soils, but still is not reliable for other combinations of agricultural land use and soil type.

### Resolution of data:

To be able to apply NLOAD on a national scale, digitized maps of municipality boundaries, land use, soil type, groundwater depth class, precipitation and evaporation were used. All maps are available as 500 metre grids. Some maps are also available as 50 metre grids. Areal fractions on a national scale of exceedance of standard nitrate concentrations for groundwater were not sensitive for the resolution used. However fractions for arable land on sandy soils seem to be sensitive. It is concluded that the usage of high resolution maps improves model results.

## SAMENVATTING

Het uit 1990 daterende model NLOAD voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden werd toegepast voor de Nationale Milieuverkenning 2 (Maas, 1991). Sinds de publicatie (Van Drecht, 1993) is het model voortdurend veranderd, evenwel zonder de veranderingen in rapporten vast te leggen. Voor de Milieubalans (RIVM, 1995,1996) is het model geactualiseerd en opnieuw beschreven. Daarbij is intensief gebruik gemaakt van het door het IKC (Ede) gepubliceerde model NITRIKC (Goossensen en Van den Ham, 1992). Enige hoofdpunten uit het onderzoek zijn: conceptuele verbetering van het model, toetsing van het model aan metingen en de toepassing van het model in een GIS-omgeving.

### Modelconcept:

Met het model NLOAD wordt de uitspoeling van nitraat\_stikstof berekend als de som van de basisuitspoeling, de bemestingsuitspoeling van werkzame stikstof, de extra uitspoeling van stikstof in dierlijke mest en de uitspoeling van stikstof, die bij het beweiden op grasland terecht komt. De basisuitspoeling in het model is verlaagd, omdat hierin tijdsafhankelijke bijdragen door beweiding, atmosferische depositie en mineralisatie van organisch gebonden stikstof in dierlijke mest verwerkt waren. Een van de consequenties is dat nu de atmosferische N\_depositie bij de N\_kunstmestgift moet worden opgeteld. De fractie werkzame stikstof in dierlijke mest is verhoogd, teneinde beter rekening te houden met de nalevering van stikstof op de lange termijn. Het uitspoelingspercentage van de werkzame N neemt nu bij bouwland progressief toe met de hoeveelheid werkzame stikstof (dat was bij grasland reeds het geval). De urine\_N productie van weidend rundvee is afhankelijk gemaakt van het N\_bemestingsniveau en de vaste mest wordt beschouwd als in het groeiseizoen uitgereden dierlijke mest.

### Resultaten en validatie model:

NLOAD\_MB (versie Milieu Balans) geeft betere resultaten dan NLOAD (Van Drecht, 1993). NLOAD\_MB onderschat de gemeten uitspoeling van proefvelden bij een extreem hoge bemestingsintensiteit. Het model kon worden gevalideerd voor beweid en gemaaid grasland op zandgrond. Voor de overige vormen van grondgebruik en grondsoort is NLOAD\_MB niet gevalideerd. De modelresultaten hebben in het algemeen slechts indicatieve betekenis, d.w.z. zijn goed te gebruiken voor kwalitatieve interpretatie (alleen de richting en de orde van grootte). De modelresultaten voor grasland op zandgrond zijn ook goed te gebruiken als kwantitatieve schattingen.



Er zijn enkele gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om te weten welke invloed bepaalde bewerkingen aan de gegevens van de bemesting, grondgebruik en grondsoorten en grondwatertrappen hebben op de resultaten van het model. Daaruit zijn de volgende conclusies getrokken:

- De programma's voor extrapolatie (EXPLEI) en vruchtwisseling (ROTATIE) zijn goed bruikbaar voor het genereren van ontbrekende gegevens over de bemesting in sommige gemeenten.
- Door middeling van de bemesting, en dus de uitspoeling, van de verschillende akkerbouwgewassen in vruchtwisseling, wordt het areaal met overschrijding van de grondwaternorm voor nitraat onderschat. Dit komt doordat in een specifiek jaar een deel van het vruchtwisselingsareaal bezet zal zijn met gewassen met een hoge uitspoeling. De grondwaternorm voor nitraat geldt evenwel ook voor een specifiek jaar.
- De verdeling van de oppervlakte landbouwgrond over de verschillende combinatieklassen van grondgebruik en grondsoort is zeer gevoelig voor de resolutie van geografische gegevens.
- De berekende fracties oppervlakte boven de grondwaternorm op nationale schaal zijn meestal niet gevoelig voor de resolutie van de geografische gegevens. Bij akkerbouw op zandgrond heeft de resolutie echter een grote invloed op de resultaten.
- Bij de Milieubalans 1996 is gewerkt met gescheiden ontwikkel- en productieomgevingen. Hiermee wordt beoogd om te komen tot traceerbaarheid en reproduceerbaarheid van de Milieubalansberekeningen. Maar de GIS-applicaties en geografische gegevens, die voor toepassing van NLOAD worden gebruikt, zijn niet optimaal. Er is behoefte aan actualisering van geografische gegevens en het verbeteren (consistent maken) van de koppelingen tussen de verschillende bestanden.

## 1 INLEIDING

In 1990 werd een nieuw model voorgesteld voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden (Drecht et al. 1991). Het model is gebaseerd op de publicaties van Kolenbrander (1981a,b), Lammers et al. (1983,1984), Wiggers et al. (1986), de Werkgroep Diffuse Verontreinigingen (1987), Dorenbosch (1988), Steenvoorden (1988) en Boumans et al. (1989). Het model bleek voor verbeteringen vatbaar te zijn, met name op het gebied van de mineralisatie van organisch gebonden stikstof in de mest en het effect van beweiden. In 1991 werd het model opnieuw beschreven en toegepast op een nationale schaal in het kader van de 2<sup>e</sup> nationale milieuverkenning (Drecht, 1993). In de jaren daarna is opnieuw behoefte gebleken aan actualisering van het model, mede naar aanleiding van de publicatie van het NITRIKC-model (Goossensen en Van den Ham, 1992). Het voorliggende rapport dient vooral om het voor de Milieubalans 1996 gebruikte model goed vast te leggen.

Bij de Milieubalans 1996 is gewerkt met gescheiden ontwikkel- en productieomgevingen. Dit is de les van het verleden, waarin de onderzoeker alles in een ontwikkelaarsomgeving deed. De belangrijkste reden voor het scheiden van ontwikkeling en productie is de optimalisatie van de werkomgeving voor de taak, die gedaan moet worden. Meer concreet betekent dit:

1. verbetering en versnelling van de toepassing van het model (doorlooptijd),
2. formalisering en automatisering van de verwerking van basisgegevens tot modelinvoergegevens,
3. formalisering van de verwerking van modeluitvoer tot projectresultaten,
4. vereenvoudiging van het gebruik van het model en -resultaten door anderen (dan ontwikkelaars).

Het doel van het onderzoek verdeeld in hoofdpunten luidt:

- NLOAD op ieder onderdeel onderzoeken op mogelijkheden tot conceptuele verbetering,
- Toetsing en kalibratie van het model m.b.v. gegevens van proefveldonderzoek,
- Analyse naar de effecten van gegevensbewerking t.a.v. mest, vruchtwisseling en ruimtelijke resolutie van de gebruikte geografische gegevens op de modelresultaten op nationale schaal,
- Beschrijving van de informatieverwerking in een GIS-omgeving.

Bij dit onderzoek is een groot aantal rekenprogramma's gebruikt, waarvan de belangrijkste zijn afgedrukt in bijlage B. Het systeem van gegevensverwerking, dat voor de productieomgeving t.b.v. de Milieubalans 1995/1996 is ontwikkeld, zal in hoofdstuk 4 nader worden toegelicht.

## 2. MODELBESCHRIJVING

### 2.1 Algemeen

NLOAD berekent de gemiddelde jaarlijkse nitraat\_N uitspoeling van een goed (diep) ontwaterde landbouwgrond. Bij minder goed ontwaterde landbouwgronden moet de uitspoeling worden gecorrigeerd d.m.v. de grondwatertrap (Gt). NLOAD berekent de gemiddelde uitspoeling *naar de plaats*; d.w.z. van een landbouwperceel met een gewas, een grondsoort en een grondwatertrap. NLOAD berekent de gemiddelde uitspoeling *in de tijd*; d.w.z. voor hetzelfde gewas en bemestingsregiem gedurende meerdere jaren (> 5 jaar). NLOAD wordt daarom een statisch model of evenwichtsmodel genoemd, omdat de nitraat\_N uitspoeling in de evenwichtssituatie m.b.t. de opbouw en afbraak van organische stof in het bodemprofiel wordt berekend.

Een schatting voor de gemiddelde nitraat\_N concentratie op het niveau van de grondwaterspiegel wordt verkregen door de gemiddelde nitraat\_N uitspoeling te delen door het gemiddelde neerslagoverschot (neerslag minus verdamping, zie bijlage A). De veranderingen in de nitraat\_N uitspoeling door variatie van het neerslagoverschot tussen de jaren, kan het model niet berekenen. Het niveau van de grondwaterspiegel ligt meestal op een diepte tussen 0,5 en 2 meter onder maaiveld. Zowel bij zeer ondiepe als bij zeer diepe grondwaterspiegels doen zich problemen voor bij de interpretatie van de modelberekeningen.

In de hoger gelegen zandgebieden vindt infiltratie van het neerslagoverschot plaats. De nitraat\_N uitspoeling op jaarbasis is de gemiddelde nitraat\_N concentratie in de bovenste meter van het grondwater vermenigvuldigd met het neerslagoverschot. In situaties met kwel op geringe diepte kan de concentratie in de bovenste meter van het grondwater beïnvloed zijn door de lagere concentratie in het kwelwater. Daarom wordt bij het proefveldonderzoek naar de uitspoeling op gedraineerde landbouwpercelen het water in greppels en drains alleen gedurende het winterhalfjaar bemonsterd en geanalyseerd op nitraat. Door vermenigvuldiging van de waterafvoer met de gemeten nitraat\_N concentratie wordt een schatting van de uitspoeling verkregen. Dit is wellicht een onderschatting omdat er ook nitraat in het bovenste grondwater achter blijft en daar mogelijk denitrificeert. Toch is dit het enige meetresultaat, waarmee de berekende uitspoeling van NLOAD vergeleken kan worden. Bij een zeer diepe grondwaterspiegel, zoals in de Veluwe, doen zich andere problemen voor. Het geïnfiltreerde regenwater doet er vaak jaren over om bij de grondwaterspiegel te komen. In de lange percolatiezone onder de wortelzone vinden processen als vertraging, menging en omzetting plaats, waarmee NLOAD geen rekening houdt. Het is dan beter om de berekende nitraat\_N concentratie te interpreteren als een schatting voor het ruimtelijk - en tijdgemiddelde in de onverzadigde zone op een diepte van 1 à 2 meter.

## Gt-correctie

De gemeten nitraat\_N concentratie in het bovenste grondwater blijkt bij een ondiepe grondwaterspiegel lager te zijn dan bij een diepe grondwaterspiegel. Dit wordt toegeschreven aan processen als denitrificatie (afbraak van nitraat), immobilisatie/mineralisatie en opname van nitraat door het gewas, die mede afhankelijk zijn van de diepte van de grondwaterspiegel. Het verband tussen de nitraat-concentratie en de diepte van de grondwaterspiegel is door verschillende onderzoekers door middel van metingen vastgesteld (Steenvoorden, 1988, Boumans et al. 1989, Breeuwsma et al. 1991). Dit empirische verband staat bekend onder de naam Gt-correctie en wordt gebruikt om de berekende nitraatuitspoeling voor grasland op zandgrond te corrigeren voor de Gt (tabel 1).

Tabel 1: Relatie tussen de grondwatertrap (Gt) en de nitraatuitspoeling, afgeleid uit lysimeter- en veldonderzoek. De nitraatuitspoeling is weergegeven als fractie van de gemeten nitraatuitspoeling bij een diepe grondwaterspiegel (Gt VII\*)

Gt <sup>1</sup>	Steenvoorden (1988)	Boumans et al. (1989)	Breeuwsma et al. (1991)
II(*)	0,04	0,05	-
III	0,10	0,08	0,15
III*	0,22	0,31	0,18
IV	0,22	0,43	0,31
V	0,15	0,50	-
V*	0,22	0,48	0,09
VI	0,41	0,65	0,39
VII	0,73	0,83	0,60
VII* (VIII)	1,00	1,00	1,00

1) systeem van Gt-classificatie van 1977

Er blijken grote verschillen te zijn tussen de Gt-correctie-coëfficiënten van de verschillende onderzoeken. De Gt-correctie van Boumans is gebaseerd op 833 waarnemingen van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder beweid en gemaaid grasland van 10 stikstofproefbedrijven op zandgrond. De resultaten van dit onderzoek worden daarom beschouwd als het meest representatief voor de veldsituatie. Dat neemt de onzekerheid met betrekking tot de fouten natuurlijk niet weg. Bij toepassing van de Gt-correctie op landelijke schaal moet men rekening houden met grote systematische fouten omdat de gevolgen van de uitbreiding van het

toepassingsgebied op de fouten niet onderzocht zijn. De Gt-correctie wordt bijvoorbeeld niet alleen voor grasland op zandgrond, maar ook voor alle andere combinaties grondgebruik-grondsoort gebruikt. Het argument hiervoor is dat de processen, die zorgen voor een lagere nitraatconcentratie onder grasland op zandgrond met een ondiepe grondwaterspiegel, waarschijnlijk ook een rol spelen bij andere gewassen en grondsoorten. Meer veldonderzoek in de veen- en kleigebieden is de enige mogelijkheid om onzekerheden op dit punt te verkleinen.

Voor alle grondsoorten geldt dat de berekende uitspoeling voor klei- en veengrond moet worden geïnterpreteerd als de bruto uitspoeling bij een diepe grondwaterspiegel (Gt VII\*). Bij een ondiepere grondwaterspiegel (andere Gt) is de (netto-) uitspoeling kleiner. Een diep ontwaterde zandgrond heeft een Gt VII/VII\*, een diep ontwaterde kleigrond heeft een Gt VI/VII en een diep ontwaterde (laag-) veengrond komt zelden voor, omdat de grondwaterspiegel vrijwel altijd ondieper is dan 1 meter. De Gt-correctie van de nitraatuitspoeling voor zand-, leem- en dalgrond blijft gehandhaafd, maar voor de zeeklei- en rivierkleigrond lijkt het overbodig om de uitspoeling te corrigeren bij een Gt VI/VII, omdat met een verminderd uitspoelingsrisico op klei- en veengronden al bij voorbaat rekening wordt gehouden. Bij de behandeling van de bemestingsuitspoeling wordt hierop nader ingegaan.

In klei- en veengebieden is het grondwater vaak niet gemakkelijk te bemonsteren en heeft dat ook weinig zin, aangezien een groot deel van het neerslagoverschot met de uitgespoelde nitraat via oppervlakkige ontwatering (drains of greppels) in de sloten terecht komt. Als men in dergelijke situaties de uitspoeling wil meten zou het grondwater zeer ondiep moeten worden bemonsterd. Alleen dan kan men er zeker van zijn dat de monsters afkomstig zijn van een diepte waar nog sprake is van infiltratie (d.w.z. neerwaartse waterstroming). In de praktijk is dat heel moeilijk uit te voeren, omdat de grondwaterspiegel gedurende regenachtige perioden in de winter tot in de wortelzone kan stijgen, waardoor ondiepe ontwateringsmiddelen (greppels en drainbuizen) gaan werken.

In statische modellen, zoals dat van Lammers (1984), DGM (1988), Goossensen en Van den Ham (1992), worden meestal de volgende vier uitspoelingstermen onderscheiden:

- 1 basisuitspoeling,
- 2 bemestingsuitspoeling (van overtollige minerale N in najaar),
- 3 extra uitspoeling,
- 4 uitspoeling t.g.v. het beweiden van grasland,

In de rest van dit hoofdstuk zal de kwantificering van deze termen in NLOAD worden behandeld.

## 2.2 Basisuitspoeling

De basisuitspoeling is de uitspoeling van onbemeste landbouwgrond. Basisuitspoeling wordt veroorzaakt door de uitspoeling van andere N-bronnen dan de bemesting zoals de atmosferische N-depositie, de stikstofbinding van luchtstikstof door o.a. vlinderbloemige gewassen en de langzame mineralisatie van organisch-gebonden stikstof in klei- en veengronden.

In het bovenste grondwater van onbemeste proefvelden worden vaak niet geringe nitraatconcentraties gevonden. Hoge concentraties worden veroorzaakt door uitspoeling van als gevolg van afbraak van organische stof beschikbaar gekomen minerale stikstof. In de grafiek van Kolenbrander (1981a,b) is de basisuitspoeling van bouwland op zandgrond gelijk aan  $45 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ , en de basisuitspoeling van bouwland op kleigrond  $25 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ . Slechts bemestingsuitspoeling en basisuitspoeling worden onderscheiden. Een deel van de uit de grafiek van Kolenbrander afgeleide basisuitspoeling moet dus beschouwd worden als extra uitspoeling van organische\_N in de mest.

Door Goossensen en Van den Ham (1992) is de basisuitspoeling van maïs en overig bouwland op zand verlaagd van 45 tot  $20 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  (model NITRIKC). Een deel van de 45 kg uitspoeling wordt toegeschreven aan de uitspoeling van nitraat, die door mineralisatie buiten het groeiseizoen beschikbaar komt en die afkomstig is van organische\_N bemesting. Hiermee wordt rekening gehouden bij de berekening van de extra uitspoeling. In model NITRIKC is verder ook de basisuitspoeling van grasland en bouwland op veen verhoogd van 3 tot  $5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ . Het argument hiervoor is dat veen bij goede ontwatering permanent mineraliseert.

Voor model NLOAD\_MB geldt: geen extra uitspoeling in de basisuitspoeling. Alle stikstofbronnen, die voor bemestingsuitspoeling of extra uitspoeling kunnen zorgen, dienen als zodanig verwerkt te worden. Hiervoor komen in aanmerking: stikstof in mestvlaten bij beweiding van grasland, niet werkzame minerale\_N en organische\_N in dierlijke mest en atmosferische depositie. Daardoor kan de basisuitspoeling voor zand-, leem- en oude kleigronden achterwege blijven. Bij klei- en veengronden is sprake van een basismineralisatie. De minerale stikstof, die zo in de bodem voorkomt, is niet het gevolg van bemesting, maar van ontwatering. De uitspoeling van deze minerale N wordt geschat op  $5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  voor veengronden en  $3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  voor zeeklei- en rivierkleigronden en  $3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  voor dalgronden.

Voor de berekeningen met NLOAD\_MB is de gemiddelde atmosferische N-depositie per gemeente uitgerekend en aan de kunstmestgift toegevoegd. De atmosferische N-depositie is berekend met het OPS-model (RIVM, 1992, 1993a). De ruimtelijke resolutie van de depositiegegevens (grids van 5 bij 5 km) komt goed overeen met de gemeentelijke schaal van de bemestingsgegevens.

## 2.3 Bemestingsuitspoeling

De bemestingsuitspoeling is de uitspoeling van het overschot aan minerale stikstof, dat na het groeiseizoen in de wortelzone achterblijft en dat met het neerslagoverschot in het najaar uitspoelt. Bemestingsuitspoeling wordt berekend over de werkzame stikstof in de mest. Met werkzame stikstof wordt de lange termijn werking bedoeld, dus ook de werking van de organische\_N fracties na het eerste groeiseizoen na toediening van de dierlijke mest. In model NLOAD is de werkzame stikstof een functie van de vervluchtiging van de minerale N in de mest (emissiecoëfficiënt) en lange-termijn werkingscoëfficiënten van de verschillende stikstof fracties in de mest:

$$\text{werk\_N} = fN_{\text{meff}} \cdot (1-e) \cdot N_m + fN_{\text{neff}} \cdot N_e + fN_{\text{reff}} \cdot N_r \quad (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1})$$

werk\_N = werkzame minerale\_N in alle mest ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ )

N<sub>m</sub> = minerale\_N (NH<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub> stikstof) in dierlijke mest ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ )

N<sub>e</sub> = gemakkelijk afbreekbare organische\_N in dierlijke mest ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ )

N<sub>r</sub> = moeilijk afbreekbare organische\_N in dierlijke mest ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ )

e = emissiecoëfficiënt (ammoniakvervluchtiging) van N<sub>m</sub> (fractie)

fN<sub>meff</sub> = werkingscoëfficiënt van N<sub>m</sub>, na aftrek van vervluchtiging (fractie)

fN<sub>neff</sub> = werkingscoëfficiënt van N<sub>e</sub>, de effectieve stikstof (fractie)

fN<sub>reff</sub> = werkingscoëfficiënt van N<sub>r</sub>, de residuele stikstof (fractie)

De hoeveelheden N in de verschillende N-fracties in de mest worden berekend door LEI-DLO. De uitgangspunten van de bemesting zijn vastgesteld door het RIVM in samenwerking met DLO instituten. De emissie- en werkingscoëfficiënten (0-1) zijn afhankelijk van grondsoort, gewastype en uitrijperiode. In 1987 zijn voor het eerst uitrijverboden van kracht geworden. Tot 1991 hadden die geen invloed op de verdeling van de mest over de uitrijperiodes (tabel 2). Aangenomen is dat vanaf 1991 een lichte verschuiving optreedt naar aanwending van de mest in het voorjaar en groeiseizoen. Bij gebruik van het model zijn geen emissiecoëfficiënten nodig, omdat de emissie reeds van de N<sub>m</sub> wordt afgetrokken bij berekening van de bemesting. Bij de berekening van de bemesting wordt de technische werking van de N in dierlijke mest gebruikt. Dit is de lange-termijn werking, die gebruikt wordt om de kunstmest\_N gift te berekenen. Daarbij is de werking van de N<sub>r</sub> in dierlijke mest verwaarloosd (tabel 3). Bij de toepassing van NLOAD in het kader van de MV/2 zijn deze technische werkingspercentages gebruikt. Een gevolg daarvan was dat de uitspoeling van N<sub>r</sub> eveneens werd verwaarloosd. Dit is inconsistent. In het model NLOAD\_MB wordt de werking van N<sub>r</sub> niet verwaarloosd, als het gaat om de uitspoeling. Bovendien wordt geen onderscheid meer gemaakt in de werking van organisch\_N (N<sub>e</sub> + N<sub>r</sub>). Op basis van een mineralisatiemodel schatten Lammers en Rijtema (1984) de werking van organisch\_N in de mest op 80-90%.

Daarbij is alleen rekening gehouden met het gemiddelde temperatuurverloop gedurende een jaar. Er is geen rekening gehouden met andere factoren, die de mineralisatie remmen, zoals droogte. In model NLOAD\_MB wordt de werking van organisch\_N geschat op 80%, maar dat zou nog te hoog kunnen zijn (m.n. bij bouwland).

Tabel 2: Percentage aanwending van dierlijke mest in voorjaar (groeiseizoen)

grondgebruik	grondsoort	1980-1990	1991	1992	1993	1994	1995
grasland	zand/klei/veen	50	60	70	70	70	70
bouwland	zand	50	60	60	60	60	60
bouwland	klei/veen	0	0	0	0	0	0

Tabel 3: Werkingspercentages van minerale- en organische N in dierlijke mest (technisch)

grondgebruik	grondsoort	uitrijden <sup>1</sup>	Nm <sup>2</sup>	Ne	Nr
grasland& bouwland	zand	najaar	0	75	0
		voorjaar	100	100	0
grasland& bouwland	klei/veen	najaar	0	100	0
		voorjaar	100	100	0

1) najaar = winter; voorjaar = groeiseizoen

2) Nm na aftrek van vervluchtiging ammoniak

Bij grasland neemt het uitspoelingspercentage van de werkzame N toe met de hoeveelheid werkzame N. Dit gedrag van de uitspoeling is gebaseerd op de grafiek van Kolenbrander. Bij maïs en akkerbouw op kleigrond is dat ook zo, maar bij maïs en akkerbouw op zandgrond is de uitspoeling een constant percentage (25%) van de werkzame N (ook gebaseerd op Kolenbrander). Uit de resultaten van het lysimeteronderzoek van Van Dijk (1985) kan men echter opmaken dat ook bij maïs op zandgrond het uitspoelingspercentage toeneemt met de toegediende werkzame N. NITRIKC hanteert op grond daarvan ook een met het bemestingsniveau toenemend percentage bemestingsuitspoeling voor maïs op zandgrond. Het percentage bemestingsuitspoeling kan met een zg. S-kromme worden beschreven. In figuur 1 is het percentage uitspoeling bij verschillende gewas-grondsoort combinaties weergegeven als functie van de aangevoerde werkzame stikstof. Met deze functies wordt de bemestingsuitspoeling bij een diep ontwaterde landbouwgrond berekend. De functies hebben de volgende vorm:



$$S(\text{werk\_N}) = \text{max} / \{1 + \exp[-a \cdot (\text{werk\_N} - b)]\}$$

- S = percentage uitspoeling van de werkzame N  
werk\_N = toegediende werkzame N (kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>)  
max = het maximum percentage (bij zeer hoge N bemesting)  
a = hellingsparameter [kg<sup>-1</sup>.ha.j]  
b = buigpunt van de kromme [kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>]

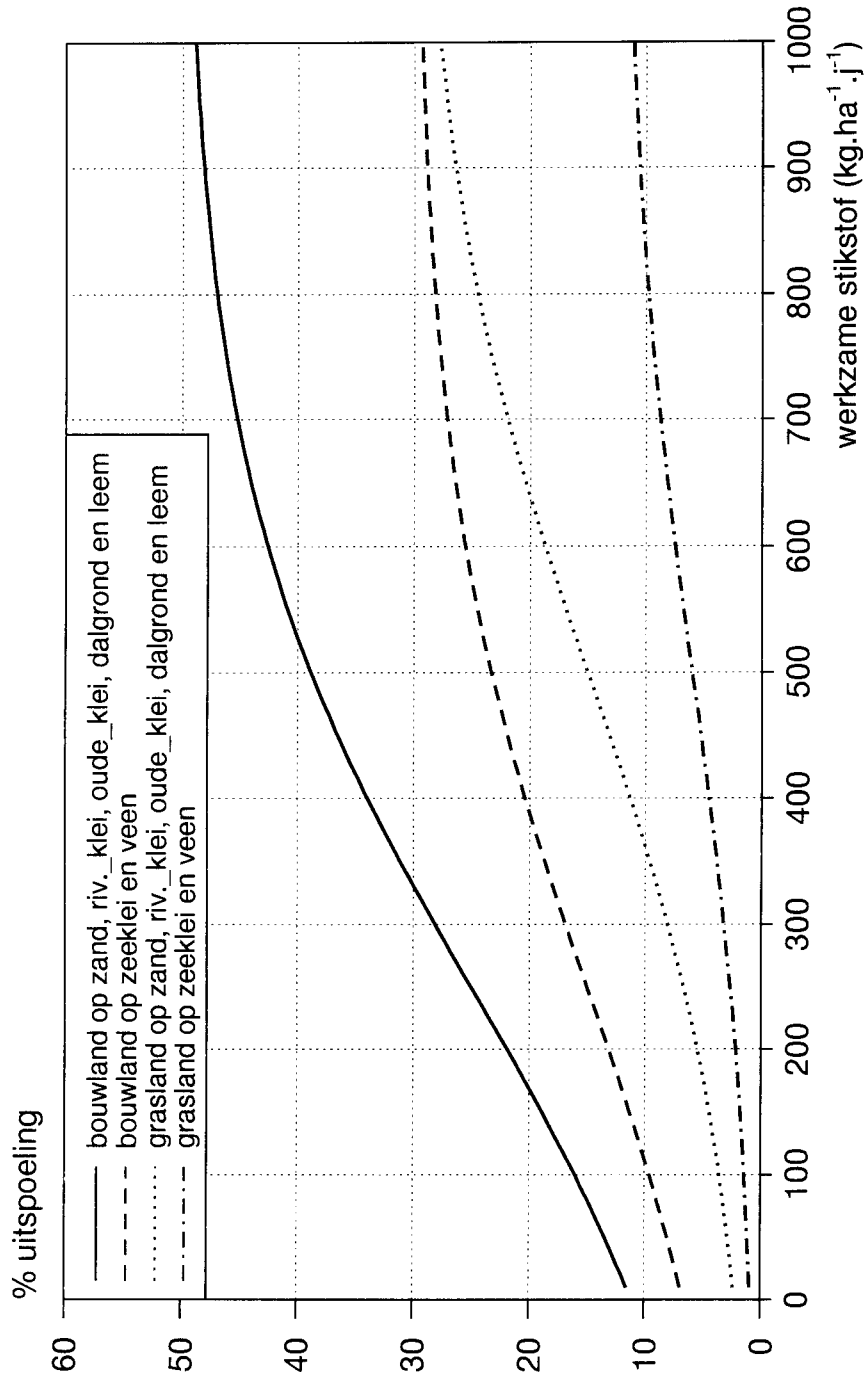
Als er boven de grondwaterspiegel geen denitrificatie van nitraatstikstof plaats vindt, zou het maximum uitspoelingspercentage theoretisch in de buurt van 100% moeten liggen. In de grafiek van Kolenbrander is het maximum uitspoelingspercentage ongeveer 33% voor zowel grasland als bouwland op zandgrond. Er moet dus wel een groot deel van de nitraatstikstof door denitrificatie verloren gaan. Vaak wordt aangenomen dat bouwland gevoeliger is voor nitraatuitspoeling dan grasland. Deze 33% uitspoeling is voor bouwland op zandgrond mogelijk te laag en voor grasland op zandgrond mogelijk te hoog. Het buigpunt van de S-kromme is de werkzame N, waarbij het uitspoelingspercentage de helft is van het maximum. Voor het buigpunt neemt het uitspoelingspercentage meer toe dan na het buigpunt. De verandering van de helling van de S-kromme wordt geregeld door de hellingsparameter. In het vervolg zullen alleen de parameters van dit model worden gegeven.

#### Grasland op zand-, leem- en dalgronden

In model NLOAD worden de uitspoelingspercentages van de Werkgroep Diffuse Verontreinigingen (1988) gebruikt. Deze percentages zijn uitgelezen uit de grafiek van Kolenbrander. In het NITRIKC-model zijn de percentages iets anders dan die van de werkgroep. Een argument wordt daarbij niet vermeld, maar de reden is dat de grafiek van Kolenbrander beter kan worden benaderd met een S-kromme (parameters: max=30; a=0.012; b=400). In model NLOAD\_MB wordt een vergelijkbare S-kromme (parameters: max=30; a=0.005; b=500) gebruikt, waarmee een betere overeenkomst tussen berekende - en gemeten uitspoeling wordt verkregen.

#### Grasland op zeeklei-, rivierklei- en oude kleigronden

Voor grasland op kleigrond is tot nu toe ook de grafiek van Kolenbrander gebruikt. Uit proefveldonderzoek blijkt echter dat de uitspoeling sterk onderschat wordt. Bronswijk (1994) meet op een proefveld met zware klei een uitspoelingspercentage van 30% van de toegediende werkzame N. Dit proefveld gedraagt zich dus eerder als zandgrond dan als kleigrond. Uit het drainwateronderzoek op kleigronden blijkt dat de gemeten nitraat-concentraties vaak de drinkwaternorm overschrijden (Meinardi en Eertwegh, 1995). Net als bij grasland op zandgrond kan voor grasland op kleigrond de grafiek van Kolenbrander worden benaderd met een S-kromme (parameters: max=8; a=0.012; b=400). De percentages van NITRIKC wijken sterk af tussen 300 en 400 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>.



Figuur 1: Uitspoeling van werkzame stikstof in de mest en atmosferische stikstof depositie op diep ontwaterde landbouwgrond; in model NLOAD\_MB beschreven als een S-kromme (zie tekst)

Tabel 4: Percentage bemestingsuitspoeling als functie van de toegediende werkzame stikstof

	werkzame stikstof, werk_N, in kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>							
	100	200	300	400	500	600	700	>700
grasland op zandgrond:								
Kolenbrander	0,8	2,5	6,9	15	23	27,5	29,2	>29,2
Werkgroep diff...	0	2	8	14	24	28	29	29
NITRIKC	1	2	7	15	23	28	29	29
NLOAD_MB	3,6	5,5	8,1	11,3	15	18,7	21,9	>21,9
formule: $30/(1+\exp(-0.005(\text{werk\_N} - 500)))$								
grasland op kleigrond:								
Kolenbrander	0,2	0,7	1,8	4	6,1	7,3	7,8	>7,8
Werkgroep diff...	0	1	2	4	6	7	7	7
NITRIKC	1	2	5	6	6	7	7	7
NLOAD_MB (rklei+oklei)	3,6	5,5	8,1	11,3	15	18,7	21,9	>21,9
formule: $30/(1+\exp(-0.005(\text{werk\_N} - 500)))$								
grasland op veengrond:								
Werkgroep diff...	0	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
NITRIKC	0	1	2	3	3	3	3	3
NLOAD_MB (veen+zklei)	1,4	2,2	3,2	4,5	6,0	7,5	8,8	>8,8
formule: $12/(1+\exp(-0.005(\text{werk\_N} - 500)))$								
bouwland op zandgrond:								
Werkgroep diff...	25	25	25	25	25	25	25	25
NITRIKC (maïs)	18	23	28	33	38	43	48	48
NLOAD_MB	16	22	28	34	39	43	45	>45
formule: $50/(1+\exp(-0.005(\text{werk\_N} - 250)))$								
bouwland op kleigrond:								
Werkgroep diff...	7	9	10	10	10	10	10	10
NITRIKC	7	9	10	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
NLOAD_MB (rklei+oklei)	16	22	28	34	39	43	45	>45
formule: $50/(1+\exp(-0.005(\text{werk\_N} - 250)))$								
bouwland op veengrond:								
NLOAD_MB (en zklei)	10	13	17	20	23	26	27	>27
formule: $30/(1+\exp(-0.005(\text{werk\_N} - 250)))$								

In NLOAD\_MB is het percentage van de bemestingsuitspoeling voor grasland op zand-, leem-, oude klei-, rivierklei- en dalgronden gelijk. Bij de minder gevoelige zeeklei- en laagveengronden is de uitspoeling geschat op 40% van die bij de zandgronden. Dit is meer dan Kolenbrander, maar dat wordt weer goed gemaakt door de Gt-correctie. Op dit punt blijkt dat er een vaag overgangsgebied is tussen de bemestingsuitspoelingspercentages en de Gt-correctie.

De uitspoeling van de rivierkleigronden is in de nieuwe model veel hoger dan in het oude model. Uit waarnemingen blijkt dat nitraat gemakkelijk uitspoelt onder bouwland op zandige stroomrugggronden met een diepe grondwaterspiegel (Duijvenbooden et al. 1989, blz. 16 e.v., Wit en Bleuten 1986,1988). Bij proefveldonderzoek op beweide grasland op gedraineerde zware komkleigrond in de Betuwe vond Bronswijk (1995) eveneens een hoge nitraatuitspoeling.

De oude kleigronden (o.a. in Zuid-Limburg) worden niet meer als kleigrond, maar als leemgrond beschouwd. De oude klei- en leemgronden zijn net zo gevoelig voor nitraatuitspoeling als de zandgronden en worden dus als zodanig behandeld.

#### Bouwland op zand-, leem- en dalgronden

In model NLOAD zijn de uitspoelingspercentages van de Werkgroep gebruikt (25%). Dit is in overeenstemming met Kolenbrander. In model NITRIKC wordt onderscheid gemaakt tussen akkerbouw en maïs. Bij maïs neemt het uitspoelingspercentage toe met de hoeveelheid werkzame N. In model NLOAD\_MB worden vergelijkbare percentages berekend volgens een S-kromme met de parameters:  $\max=50$ ;  $a=0.005$ ;  $b=250$ . In dit model worden de oude kleigronden behandeld als zandgrond.

#### Bouwland op kleigrond

De modellen NLOAD, de Werkgroep en NITRIKC sluiten voor bouwland op kleigrond aan bij Kolenbrander. De uitspoelingspercentages nemen toe met de toegediende werkzame stikstof en liggen in het traject 7-10%. Hierin zijn reeds de effecten van de diepte van de grondwaterspiegel besloten. Deze percentages zouden moeten worden toegepast zonder extra correctie voor de diepte van de grondwaterspiegel (Gt). In model NLOAD\_MB wordt voor zandgrond, dalgrond, leemgrond, oude klei- en rivierkleigronden dezelfde percentages als bij bouwland op zandgrond gebruikt. De omstandigheden voor denitrificatie in kleigronden zijn gunstiger dan in zandgronden, vooral in organische stofrijke zeekleigronden. Voor bouwland op zeekleigrond is de uitspoeling geschat op 60% van de uitspoeling bij bouwland op zandgrond.

#### Bouwland op veengrond

Bouwland op laagveen komt nauwelijks voor. Bouwland op dalgrond komt wel voor (aardappelen),

maar wordt voor de uitspoeling behandeld als zandgrond. Bij Kolenbrander, de Werkgroep en NITRIKC wordt bouwland op veengrond niet beschouwd. In model NLOAD wordt bij gebrek aan informatie maar helemaal geen bemestingsuitspoeling berekend. In model NLOAD\_MB is de bemestingsuitspoeling van veengrond gelijk gesteld aan die van zeekleigrond op grond van de invloed van organische stof op denitrificatie.

## 2.4 Extra uitspoeling

Extra uitspoeling is door Lammers gedefinieerd als uitspoeling t.g.v. beschikbaar komen van minerale N in wortelzone op een moment, dat het niet door de plant kan worden opgenomen (buiten het groeiseizoen dus). Deze term is vooral bedoeld om de verhoogde uitspoeling door het uitrijden van mest gedurende de herfst en winter expliciet te maken.

In NLOAD wordt extra uitspoeling berekend van de niet werkzame N in de dierlijke mest. De niet werkzame N in de mest is het verschil tussen de toegediende en de werkzame N in de mest (zie bemestingsuitspoeling 2.3). De extra uitspoeling van de verschillende N-fracties in de mest ( $N_m, N_e, N_r$ ) kan per fractie geregeld worden d.m.v. de uitspoelingscoëfficiënten ( $p, q, r$ ). In formule:

$$\text{extra-uitspoeling} = p \cdot (1 - f_{N_{\text{meff}}}) \cdot (1 - e) \cdot N_m + q \cdot (1 - f_{N_{\text{eeff}}}) \cdot N_e + r \cdot (1 - f_{N_{\text{reff}}}) \cdot N_r \quad (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1})$$

In NLOAD is zowel de N-werking als de extra uitspoeling van  $N_r$  in de mest verwaarloosd ( $f_{N_{\text{reff}}}=0$  en  $r=0$ ). Bovendien zijn de coëfficiënten  $p$  en  $q$  gelijk (zandgrond 0.6; kleigrond 0.4; veengrond 0.2). De verschillende waarden voor de grondsoorten is gebaseerd op de gevoeligheid voor denitrificatie, maar de coëfficiënten  $p, q$  en  $r$  kunnen nooit onafhankelijk worden vastgesteld. Daarom zijn in model NLOAD\_MB de coëfficiënten  $p, q$  en  $r$  aan elkaar gelijk gesteld. Verder geldt de eis dat het percentage extra uitspoeling ( $100 \cdot p$  %) niet kleiner mag zijn dan het maximum van het percentage van de bemestingsuitspoeling (zie 2.3). Anders zou het kunnen gebeuren dat de stikstof in de mest, die in het najaar wordt uitgereden, minder uitspoelt dan die welke in het voorjaar is uitgereden.

In NITRIKC worden voor grasland en bouwland verschillende waarden voor het percentage extra uitspoeling gebruikt. Deze waarden zijn afgeleid uit een analyse van Kolenbrander (1981), Lammers (1983, 1984) en Kroes (1993).

Voor **grasland** wordt in NITRIKC aangenomen dat er alleen extra uitspoeling is te verwachten van mest, die in najaar of winter wordt uitgereden. Het groeiseizoen van gras is langer dan van snijmaïs, zodat de mineralisatie buiten het groeiseizoen kleiner is. Verder hanteert NITRIKC extra-

uitspoelingspercentages van 35% voor de minerale N en 11% ( $35 \cdot 1/3$ ) voor de organische N in de mest. In NLOAD\_MB zijn de extra uitspoelingspercentages geschat op 35% voor zandgrond, dalgrond, leemgrond, oude kleigrond en rivierkleigrond. Voor veen en zeeklei is het uitspoelingspercentage geschat op 12%, omdat hierin de afbraak groter is. In het model NLOAD\_MB kan dus ook extra uitspoeling plaats hebben van mest, die in het voorjaar is uitgereden.

Voor **bouwland** wordt in NITRIKC aangenomen dat de helft van de niet-vervluchtigde minerale N en 17,5% ( $0,5 \cdot 35$ ) van de organische N in de mest uitspoelt. Ongeveer de helft van de organische N in de mest (najaar uitgereden), is werkzaam, zodat 35% van de niet\_werkzame organische N uitspoelt. Dit percentage komt weliswaar overeen met Kolenbrander, maar wordt beschouwd als het absolute minimum. Immers als 35% uitspoelt, dan verdwijnt de rest (65%) door denitrificatie of accumulatie in de humus. Bij de veld- en lysimeterproeven, die Kolenbrander analyseerde, zijn spelen beide processen waarschijnlijk een grote rol, vooral bij zeer grote mestgiftten en een grondwaterspiegel op 1 meter. Bij model NLOAD\_MB is het van belang om de uitspoeling bij normale en verlaagde bemestingsniveaus goed te kunnen schatten. Daarbij wordt voor de extra denitrificatie als gevolg van een ondiepe grondwaterspiegel APART gecorrigeerd. Op grond van deze overwegingen wordt de extra uitspoeling in NLOAD\_MB geschat op 60% van de niet\_werkzame N. Dit percentage wordt toegepast voor alle grondsoorten, behalve zeeklei- en veengronden, waarvoor het uitspoelingspercentage op 30% is geschat op basis van de vergelijking van de resultaten van de landelijke toepassing van het model met het drainwateronderzoek in de zeekleigebieden. Overigens zijn de omstandigheden gunstig voor denitrificatie in de winter door ondiepe grondwaterspiegel met weinig verluchting in de bodem.

## **2.5 Uitspoeling t.g.v. het beweiden van grasland**

De uitspoeling t.g.v. het beweiden van grasland met vee komt uit de mestvlaten en urineplekken. In het NITRIKC-model wordt de hoeveelheid stikstof in de urine per melkkoe berekend als functie van de melkgift, het N\_niveau, het beweidingssysteem en de bijvoeding met maïs. In NITRIKC is het N\_niveau gedefinieerd als de som van de op korte termijn werkzame N in dierlijke mest en kunstmest. Hoewel NITRIKC op dit punt pragmatisch en doeltreffend genoemd mag worden, is het te ingewikkeld om integraal in NLOAD\_MB over te nemen. Voor NLOAD\_MB is daarom de volgende eenvoudige benadering gemaakt.

Een melkkoe produceert gedurende de weideperiode vaste mest (mestvlaten) en urine. De vaste mest bevat circa 29 kg organisch gebonden stikstof (verder te noemen: vaste\_N). De urine bevat 30-60 kg ureum stikstof (verder te noemen: urine\_N). De hoeveelheid urine\_N is afhankelijk van het N\_niveau. Bij een laag N\_niveau van  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  wordt ongeveer 33 kg urine\_N uitgeschei-

den. Na aftrek van 12% ammoniakvervluchtiging blijft hiervan ca. 30 kg N over. Bij een hoog N\_niveau van 400 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> wordt ongeveer 57 kg urine\_N uitgescheiden. Daarvan blijft na aftrek van de vervluchtiging 50 kg N over. De uitscheiding van urine\_N bij N\_niveaus tussen 200 en 400 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> kan door lineaire interpolatie geschat worden. De berekening gaat als volgt in zijn werk. Aangenomen is dat al het grasland beweid wordt. De som van vaste\_N en urine\_N, die in een weideperiode gemiddeld op een hectare grasland terecht komt, wordt berekend door het LEI-DLO. Na aftrek van de vervluchtiging in de weide blijft de z.g. weidemest\_N over, die invoer voor NLOAD is. Het N\_niveau wordt in het model berekend als de som van de kunstmest\_N en de korte termijn werking van N in de dierlijke mest (dus niet weidemest). Het gemiddelde aantal melkkoeien per hectare (nrmk) is niet bekend en wordt uit de volgende vergelijking opgelost.

$$\begin{aligned}
 \text{weidemest\_N} &= \text{vaste\_N} + \text{urine\_N} && (\text{kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}) \\
 &= \text{nrmk.29} + \text{nrmk.30} && (\text{N\_niveau} \leq 200) \\
 &= \text{nrmk.29} + \text{nrmk.}(30 + (\text{N\_niveau} - 200)/10) && (200 < \text{N\_niveau} \leq 400) \\
 &= \text{nrmk.29} + \text{nrmk.50} && (\text{N\_niveau} > 400)
 \end{aligned}$$

Het aantal melkkoeien per hectare is nu bekend en dus ook de aangevoerde hoeveelheden vaste\_N en urine\_N, alsmede de oppervlakte urineplekken per ha grasland. De werkzame stikstof, die als gevolg van beweiding in de urineplekken wordt aangevoerd, is geschat op 75% van de urine\_N. Van de overige 25% is aangenomen dat hij door denitrificatie afgebroken wordt, waarbij lachgas en vrije lucht\_N ontstaat.

De bemestingsuitspoeling in urineplekken wordt nu berekend op basis van de som van de werkzame stikstof in kunstmest, dierlijke mest en urine. De bemestingsuitspoeling in het overige grasland wordt zonder de bijdrage van de urine\_N berekend. Daarna wordt de gewogen gemiddelde bemestingsuitspoeling berekend. Over de vaste\_N wordt bemestingsuitspoeling en extra uitspoeling berekend, zoals bij de stikstof in dierlijke mest. De vaste\_N komt dus op lange termijn verspreid over het gehele perceel beschikbaar en spoelt uit als stikstof in dierlijke mest, die in het voorjaar wordt uitgereden.

## 2.6 Evaluatie hoofdstuk 2

Model NLOAD (versie: NLOAD\_MB) is conceptueel verbeterd, met name door verlaging van de basisuitspoeling. Maar ondanks de vereenvoudigingen en de conceptuele verbeteringen van het model, is het maar de vraag of de modelleerinspanning, die nodig was voor het hier beschreven model, voor een verbetering van de modelresultaten heeft gezorgd. Naarmate modellen gedetailleerder worden zijn ze op onderdelen moeilijker te valideren. In het volgende hoofdstuk zal de bruikbaarheid van het model als totaal met een aantal berekeningen gedemonstreerd worden.

### 3. BEREKENINGEN

#### 3.1 Controleberekeningen

Met het gewijzigde model zijn controle-berekeningen uitgevoerd. Alle berekeningen zijn uitgevoerd met de FORTRAN-programma's (NLOAD, NLOADMB), die zijn afgedrukt in bijlage B.

De eerste berekening betreft beweid grasland op zandgrond met Gt VII\* (Drecht, 1993, tabel 3.16). Gevarieerd zijn de uitrijperiode van de mest, de vervluchtiging van de minerale N in de mest en de hoeveelheden drijfmest, weidemest en kunstmest. In de uitgangssituatie wordt de mest oppervlakkig aangewend en vervluchtigt 50% van Nm. Bij emissie-arme aanwending van de mest, bijvoorbeeld door zodebemesting, vervluchtigt nog maar 5%. De resultaten zijn weergegeven in de tabel 5. We zien dat NLOAD\_MB vrijwel gelijke uitspoeling berekent als NLOAD. Bij de latere toepassing van NLOAD\_MB, verderop in dit hoofdstuk, wordt rekening gehouden met de atmosferische depositie. Daardoor neemt de uitspoeling nog iets toe in vergelijking tot NLOAD.

Tabel 5: Vergelijking van NLOAD met NLOAD\_MB voor beweid grasland op zandgrond met een diepe grondwaterspiegel (Gt VII\*)

run	uitrijden	bemesting <sup>1</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )				uitspoeling (kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )	
		rdm	wm	km	totaal	NLOAD	NLOAD_MB
1	1/2 najaar, 1/2 voorjaar	200	200	300	700	123	122
2	voorjaar	200	200	300	700	115	122
3	voorjaar, emissie-arm	200	200	300	700	138	138
4	voorjaar, emissie-arm	200	200	200	600	97	103
5	voorjaar, emissie-arm	100	200	300	600	106	104
6	voorjaar, emissie-arm	200	100	300	600	118	105
7	voorjaar, emissie-arm	100	200	200	500	76	72
8	voorjaar, emissie-arm	200	100	200	500	74	74
9	voorjaar, emissie-arm	200	100	100	400	48	48

1) rdm = rundveedrijfmest; wm = weidemest; km = kunstmest

Uit de vergelijking van run 1 met run 2 blijkt dat er bij NLOAD\_MB geen verschil is tussen de uitspoeling bij uitrijden van de mest in het najaar of voorjaar. Verder blijkt dat bij NLOAD\_MB i.t.t. NLOAD alle soorten mest ongeveer evenveel uitspoelen (17% bij normale N-giften). Bij een lage N-gift van 400 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> spoelt 12% uit. Dit was bij de oude modelversie ook zo.



De tweede berekening gaat over snijmaïs op zandgrond met Gt VII\* (Drecht, 1993, tabel 3.17). De bemesting bestaat uit 350 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> rundveedrijfmest + 30 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> kunstmest (rijenbemesting). De vervluchtiging van ammoniak bedraagt 36% van de minerale N in de mest (Nm). Door direct onderwerken van de mest vervluchtigt nog slechts 5% van Nm. Bij bovengrondse aanwending van de mest in het najaar berekent NLOAD\_MB circa 20% minder uitspoeling (tabel 6). Bij aanwending van de mest in het voorjaar zijn de resultaten bij normale N-giften ongeveer gelijk. Bij halvering van de hoeveelheid dierlijke mest is de uitspoeling volgens NLOAD\_MB ongeveer 40% lager dan volgens NLOAD. In dit voorbeeld varieert de uitspoeling van NLOAD\_MB tussen 25 en 32% van de N-bemesting. Bij uitrijden van de mest in het voorjaar is het uitspoelingspercentage lager dan bij uitrijden in het najaar.

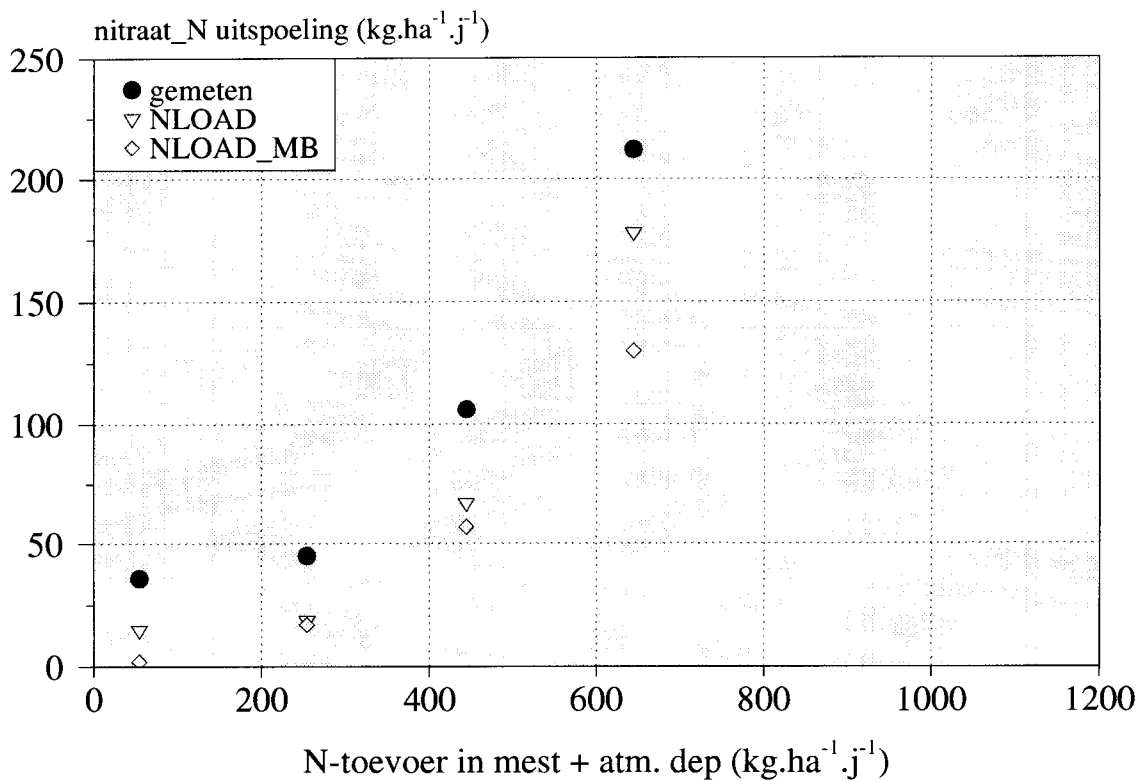
Tabel 6: Vergelijking van NLOAD met NLOAD\_MB voor maïs op zandgrond (Gt VII\*)

run	uitrijden	bemesting (kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )			uitspoeling (kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )	
		rdm	km	totaal	NLOAD	NLOAD_MB
referentie	najaar	350	30	380	142	122
uitrijverbod	voorjaar	350	30	380	102	97
emissie-arm	voorjaar	350	30	380	116	122
helft mest	voorjaar	175	30	205	86	49

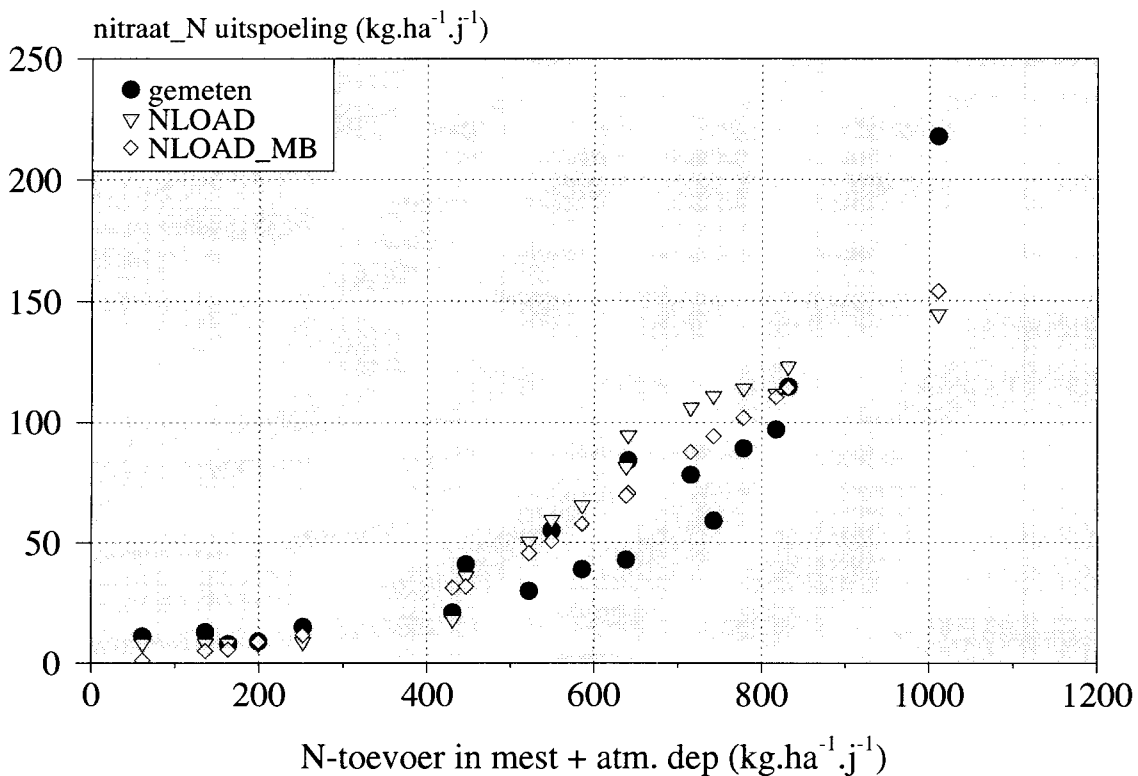
### 3.2 Toetsing van het model aan gemeten uitspoeling

Voor modellen is de toetsing aan gemeten waarden essentieel. Model NLOAD gaat echter uit van een geïdealiseerde, gemiddelde evenwichtssituatie, die in de praktijk niet voorkomt. Bij proefveldonderzoek, dat meer dan drie jaar duurt, wordt de evenwichtssituatie nog het meest benaderd. Deze proefvelden worden daarom vaak gebruikt voor modelvalidatie, hoewel ze lang niet altijd representatief voor de landbouwpraktijk zijn, bijvoorbeeld door extreme vormen van bemesting en een efficiënte bedrijfsvoering. Validatie van een model met meetgegevens van proefvelden is een eerste stap. Daarna kan men proberen om het model op regionale en nationale schaal aan de hand van praktijkgegevens te valideren.

Meer informatie over het proefveldonderzoek vindt men in Drecht (1993), Drecht et al. (1991), Van der Meer et al. (1987), Van der Meer (1991), Van Dijk (1985), Schröder (1985), Schröder en Dilz (1988), Boumans et al. (1989), Jansen et al. (1990), Kroes (1993), Bronswijk et al. (1995), Middelkoop et al. (1995), De Haan en Ogink (1994), Deenen (1994), Loonen en Bach-deWit (1996), Hack-ten Broeke et al. (1996). Meinardi en Van den Eertwegh (1995,1997)



Figuur 2: Nitraatuitspoeling van gemaaid grasland op zandgrond met Gt VIII; metingen DLO-proefveld te Heino, berekeningen NLOAD



Figuur 3: Nitraatuitspoeling van gemaaid grasland op zandgrond met Gt V/V\*; metingen DLO-proefveld te Ruurlo, berekeningen NLOAD

### 3.2.1 Vergelijking gemeten - berekend

#### **Heino (Overijssel):**

Gemaaid grasland op zandgrond met Gt VIII, bemest met kunstmest. Het bodemtype is een enkeerdgrond. Onderzoek naar de effecten van beregening in de periode 1982-1985 (drie jaar). Alleen de gegevens van de niet beregende proefvelden zijn gebruikt. De atmosferische depositie is geschat op  $54 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (1989).

Bij dit proefveld is duidelijk sprake van basisuitspoeling ten gevolge van mineralisatie van de organische stof voorraad in het bodemprofiel. De organische stof is opgebouwd in de jaren voorafgaande aan de proef. Beide modellen onderschatten de uitspoeling (figuur 2). De onderschatting is gedeeltelijk te verklaren door mineralisatie. Model NLOAD\_MB doet het minder goed dan model NLOAD.

#### **Ruurlo (Gelderland):**

Gemaaid grasland op zandgrond met Gt V/VI, bemest met kunstmest en drijfmest (in het voorjaar aangewend, zowel bovengronds als injectie). Waarnemingen in de periode 1980 en 1985 (vijf jaar). De atmosferische depositie is geschat op  $61 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (1989).

Beide modellen doen het goed (figuur 3). NLOAD\_MB is op dit proefveld gekalibreerd, en dus is hier geen sprake van validatie.

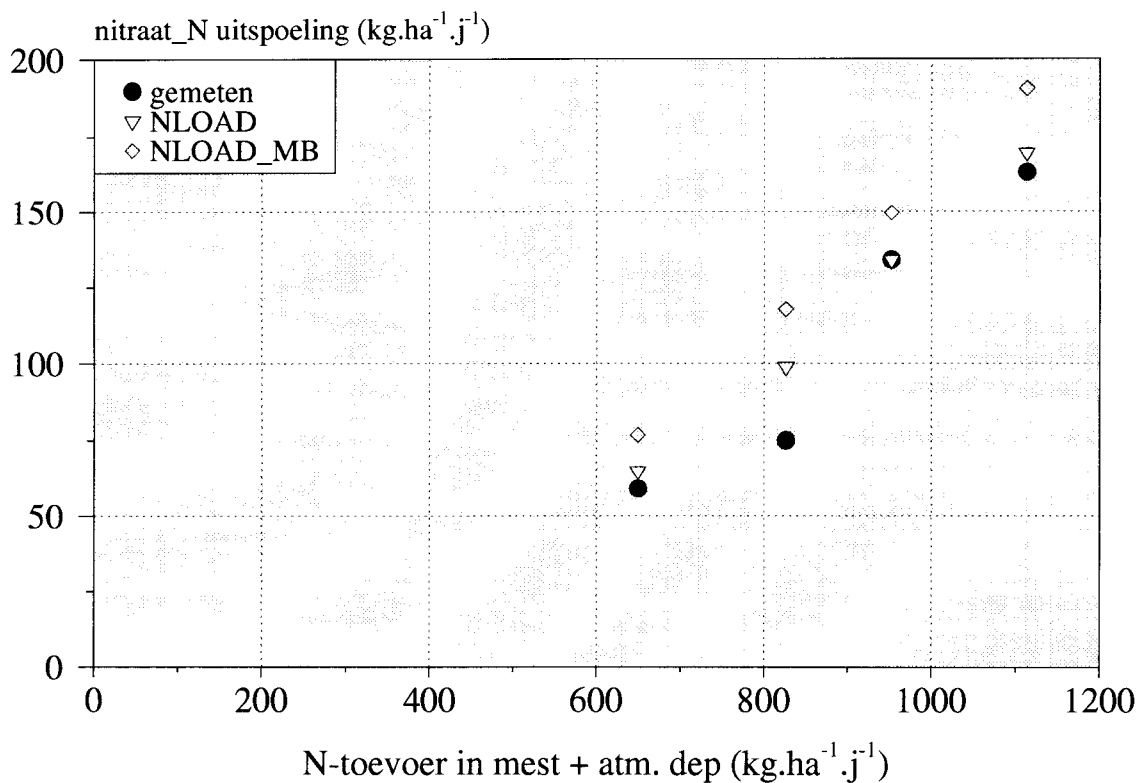
#### **Achterberg (De Meenthoeve):**

Intensief (met ossen) beweid grasland op gedraineerde zandgrond met Gt VI, bemest met kunstmest. Waarnemingen van de drainwaterconcentratie in de periode 1986-1988 (twee seizoenen). De atmosferische N-depositie is geschat op  $64 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (1989). De gegevens van de bemesting en uitspoeling zijn ontleend aan Hack-Ten Broeke et al. (1996). In Drecht et al. (1991) ligt de Meenthoeve in Wageningen, maar het gaat over dezelfde proefboerderij.

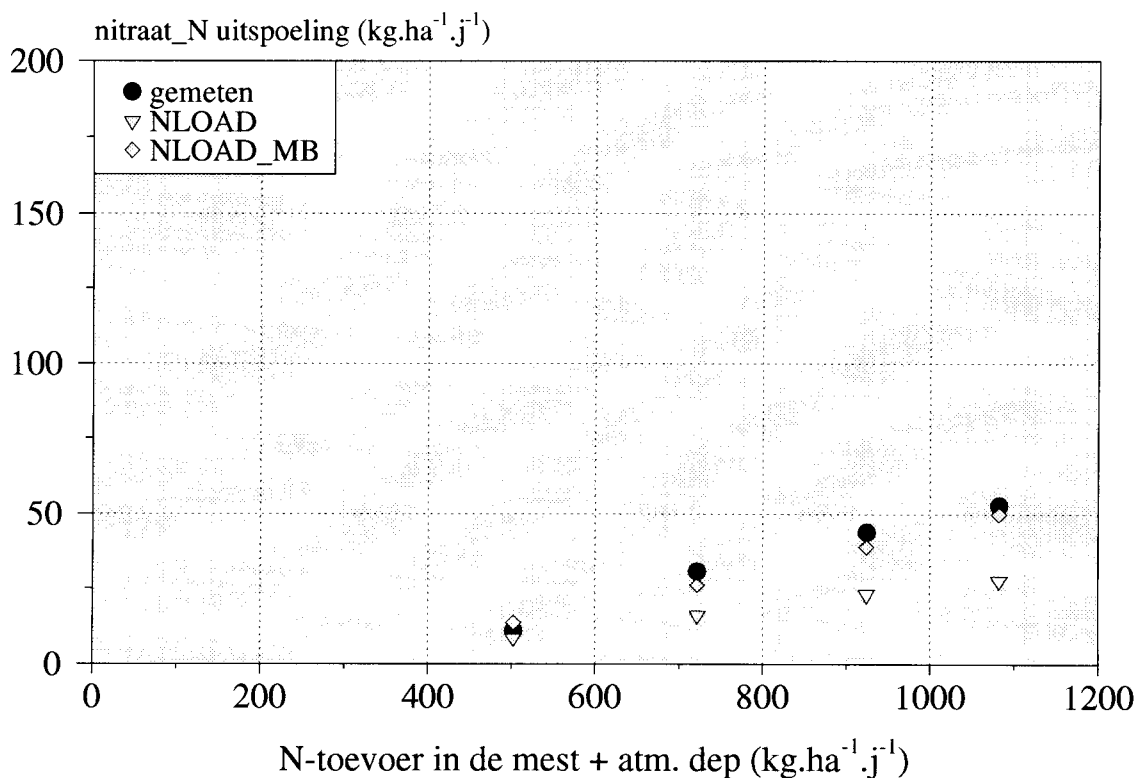
Beide modellen overschatten de gemeten uitspoeling (figuur 4). Model NLOAD overschat de uitspoeling minder dan model NLOAD\_MB. Voor graslandbedrijven is een totale bemesting van rond de  $600 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  normaal. Bij deze bemestingsintensiteit doen beide modellen het redelijk.

#### **Swifterbant, Flevoland (De Minderhoudshoeve):**

Intensief (met ossen) beweid grasland op gedraineerde kleigrond met Gt IV, bemest met kunstmest. Waarnemingen van de drainwaterconcentratie in de periode 1986-1988 (drie seizoenen, Hack-ten Broeke, 1996). De atmosferische N-depositie is geschat op  $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (1989).



Figuur 4: Nitraatuitspoeling van beweide grasland op zandgrond met Gt VI; metingen proefveld De Meenthoeve te Wageningen, berekeningen NLOAD



Figuur 5: Nitraatuitspoeling van beweide grasland op kleigrond met Gt IV; metingen proefveld De Minderhoudshoeve te Swifterband, berekeningen NLOAD,

Model NLOAD onderschat de uitspoeling (figuur 5). Model NLOAD\_MB is gekalibreerd aan de metingen op dit proefveld.

#### **Zaltbommel (Betuwe):**

Beweid grasland op zware rivierklei met Gt VII, bemest met kunstmest en drijfmest. Het perceel is gedraineerd met drainbuizen, die bij de sloot op een diepte van 1.2-1.4 meter liggen. In de zomer zijn grote krimpstreken in het bodemprofiel te zien. Dat is normaal voor een gedraineerde zware kleigrond. Het risico van uitspoeling van nutriënten in dit soort profielen is groot. De waarnemingen betreffen de periode najaar 1991 - voorjaar 1993 (twee jaar). De gemiddelde bemesting bestaat uit 196 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> drijfmest\_N (in het voorjaar toegediend), en 285 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> kunstmest\_N. De N-toevoer door beweiding wordt geschat op 130 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De totale N-toevoer bedraagt daarmee 611 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De aan de drains gemeten uitspoeling bedraagt 124 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De atmosferische N-depositie is geschat op 42 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> (1993). De grondwatertrap van dit proefveld is geschat op Gt VII (Gt-correctie = 0.83).

Met NLOAD wordt een uitspoeling van 28 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> berekend. Met NLOAD\_MB wordt een uitspoeling van 94 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> berekend. NLOAD\_MB wijkt dus minder af van de metingen.

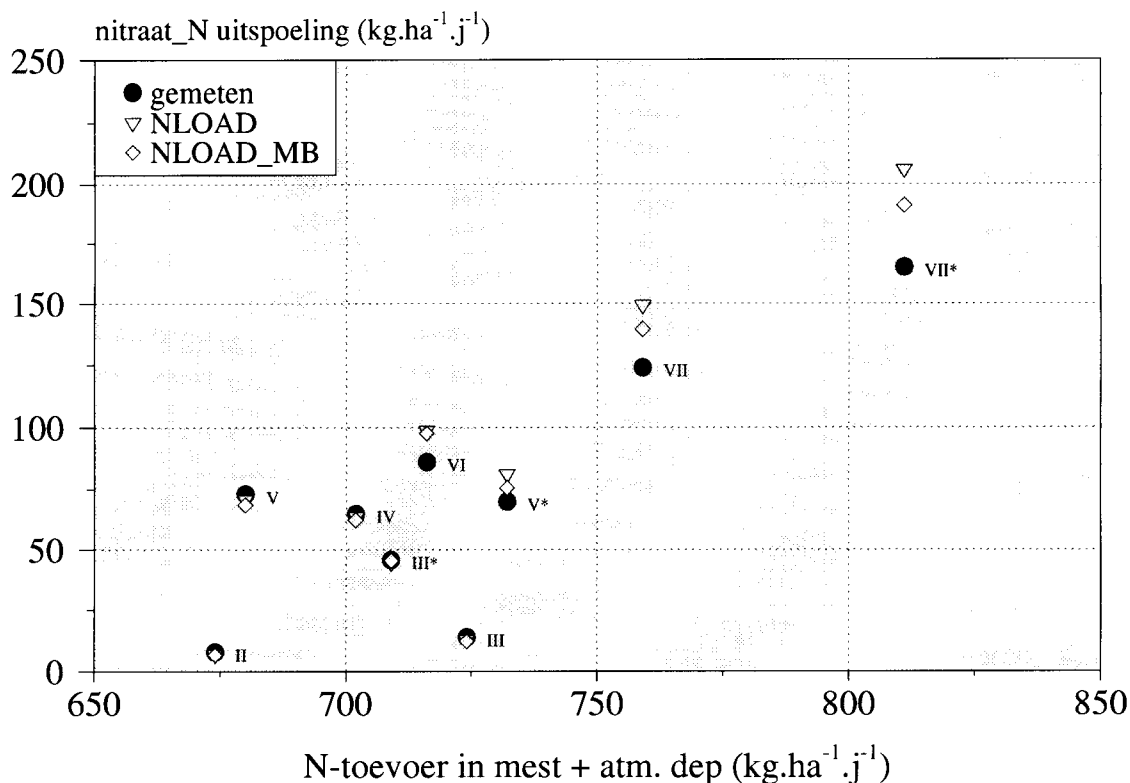
#### **Stikstofproefbedrijven (zandgebieden):**

Beweid en gemaaid grasland op zandgrond met verschillende Gt's, bemest met kunstmest en dierlijke mest. Waarnemingen (833) in het bovenste grondwater van 10 proefbedrijven in de loop van het groeiseizoen van 1987 (Boumans et al., 1989). De atmosferische N-depositie is geschat op 60 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> (1989). In figuur 6 is de gemiddelde uitspoeling per Gt weergegeven.

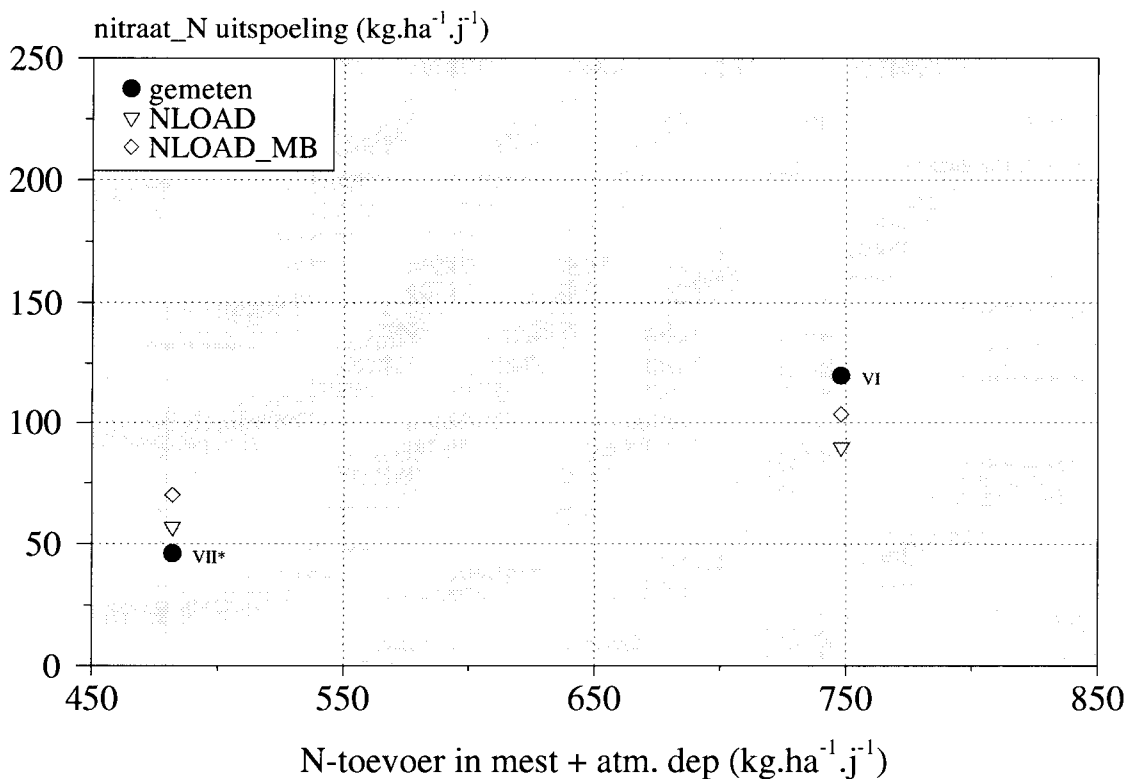
Zowel NLOAD als NLOAD\_MB zijn via de Gt-correctie aan deze waarnemingen gekalibreerd.

#### **Proefbedrijf De Marke (Hengelo)**

Beweid grasland op zandgrond met Gt VIII, bemest met kunstmest en dierlijke mest. Waarnemingen van het bovenste grondwater (24) van perceel 9 in de periode 1992-1995. De gemiddelde nitraat\_N concentratie was 12.8 mg/l met een standaardfout in dit gemiddelde van 1.6 mg/l. Het gemiddelde neerslagoverschot op deze plek is berekend voor de seizoenen 92/93 en 93/94 en bedraagt respectievelijk 250 en 535 mm/jaar (Hack-ten Broeke en de Groot, 1995). Bij een gemiddeld neerslagoverschot van 360 mm/jaar is de nitraat\_N uitspoeling dus 46 ± 10 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De gemiddelde bemesting bestaat uit 175 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> drijfmest\_N (in het voorjaar, emissie-arm toegediend), en 137 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> kunstmest\_N. De N-toevoer door beweiding wordt geschat op 121 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De atmosferische N-depositie is geschat op 49 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De totale N-toevoer bedraagt daarmee 482 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. Deze gegevens zijn ontleend aan Hilhorst (1995).



Figuur 6: Nitraatuitspoeling van beweide grasland op zandgrond met verschillende Gt; veldonderzoek N-proefbedrijven RIVM/NMI; berekeningen NLOAD



Figuur 7: Nitraatuitspoeling van beweide grasland op zandgrond; metingen proefboerderijen te Hengelo (Gt VII\*) en Laren (Gt VI); berekeningen NLOAD

Zowel NLOAD als NLOAD\_MB overschatten de uitspoeling (figuur 7). Als mogelijke oorzaak wordt aangevoerd dat op dit proefbedrijf er alles aan gedaan is om de N-verliezen te beperken. Zie Hilhorst (1995). Hiermee wordt in het model NLOAD mogelijk geen rekening gehouden.

**Laren (gemeente Lochem, Gelderland):**

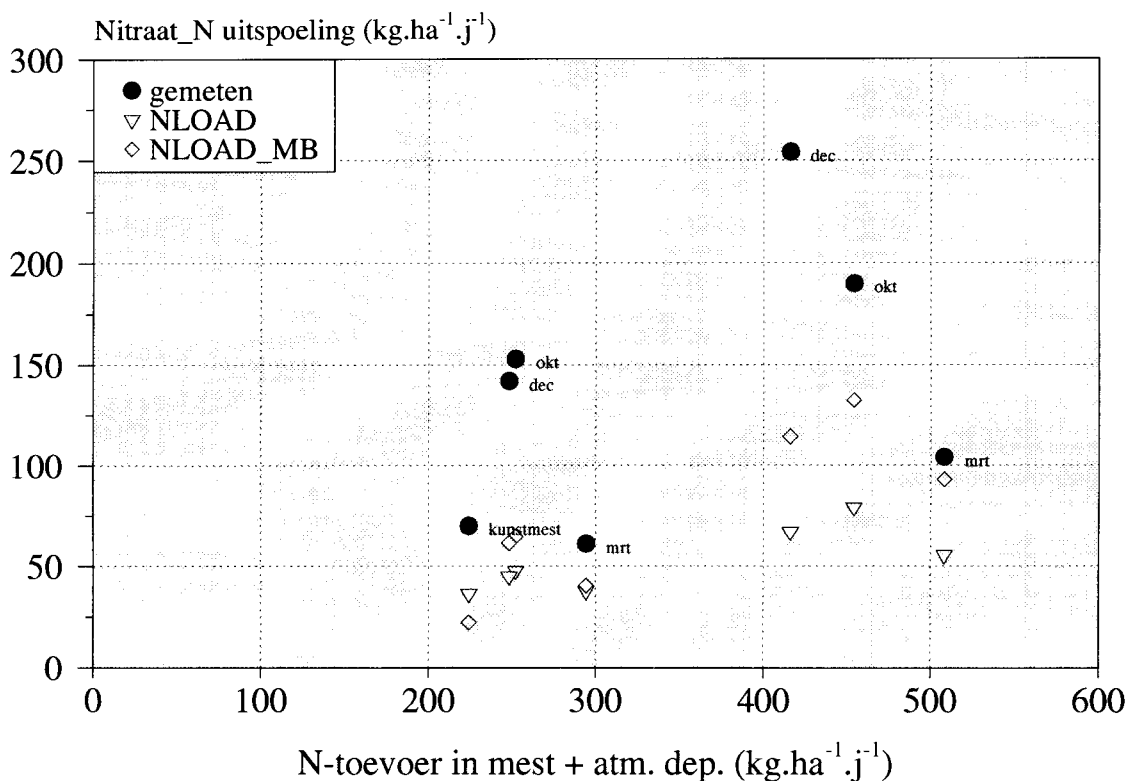
Beweid grasland op zandgrond met Gt VI, bemest met kunstmest en dierlijke mest (voorjaar). Waarnemingen van het huiskavel (perceel 1 t/m 9) over vier jaar (1990-1993). De gemiddelde nitraat\_N concentratie was 40 mg/l. Bij een neerslagoverschot van 300 mm/jaar komt dit neer op een gemiddelde uitspoeling van 120 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. Het kunstmestgebruik daalde in de periode 1989-1993 van 400 tot 200 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. Bij de berekeningen met NLOAD is een gemiddelde van 270 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> aangehouden. Gemiddeld werd ca. 50 m<sup>3</sup> drijfmest per ha per jaar aangewend. Dit komt overeen met een hoeveelheid N van 250 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De mest is emissie-arm aangewend (5% vervluchtiging Nm). De beweidingsintensiteit 1,86 melkkoe/ha. De aangevoerde stikstof door de beweiding bedraagt 183 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> (na aftrek van 12% ammoniakemissie). Bovenstaande gegevens zijn afgeleid uit de interne rapportage van het proefbedrijf (Middelkoop et al., 1995). De atmosferische N-depositie is geschat op 52 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> (1993).

Beide modellen leveren goede resultaten (figuur 7).

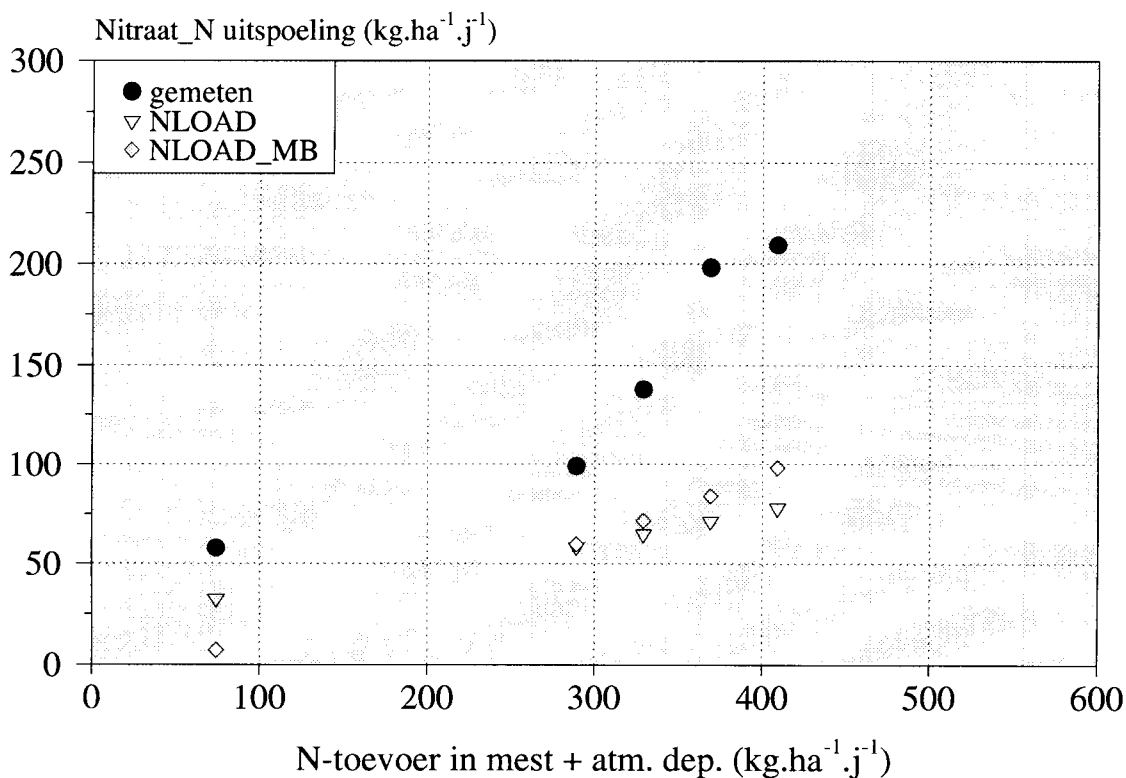
**Wageningen (Droevendaal):**

Snijmaïs op zandgrond met Gt IV, bemest met dierlijke mest. Waarnemingen op een diepte van ca. 90 cm -mv van drie uitspoelingsseizoenen in de periode 1985-1989. De dierlijke mest werd geïnjecteerd in oktober, december en maart (Kroes, 1993). Bij deze proeven werd ook het effect van nitrificatiereemers onderzocht, maar de waarnemingen daarvan zijn hier niet gebruikt. De atmosferische N-depositie is geschat op 64 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> (1989).

Beide modellen onderschatten de uitspoeling (figuur 8). Dat geldt vooral voor de veldjes, waarbij de mest in oktober en december werd geïnjecteerd. Van de stikstof in deze mest spoelt ongeveer tweemaal zoveel uit als de stikstof in de mest, die in maart werd geïnjecteerd. Dat is hoog in vergelijking tot literatuurgegevens, waarbij een maximale reductie van 30% van de uitspoeling door het uitrijverbod voor mogelijk wordt gehouden (Hendriks en ter Keurs, 1992). De meetresultaten van dit proefveld zijn aanleiding om te twijfelen aan de geschiktheid van dit proefveld voor vergelijking met een evenwichtsmodel als NLOAD. Het is ook mogelijk dat de omstandigheden voor denitrificatie in de grond tijdens deze proef niet gunstig waren, zodat de Gt-correctie op de uitspoeling onterecht is geweest. Een derde mogelijkheid is dat de extra uitspoelingspercentages in NLOAD\_MB te laag en de werkingscoëfficiënten te hoog zijn.



Figuur 8: Nitraatuitspoeling van snijmais op zandgrond met Gt IV; metingen DLO-proefveld te Wageningen, berekeningen NLOAD



Figuur 9: Nitraatuitspoeling van snijmais op zandgrond met Gt VI; metingen DLO-proefveld te Heino, berekeningen NLOAD



**Heino (Overijssel):**

Snijmaïs op zandgrond met Gt VI, bemest met kunstmest en drijfmest. Waarnemingen op een diepte van 1 m -mv van het winterseizoen 1988/89. Drijfmest werd in april geïnjecteerd (Jansen et al., 1990). De atmosferische N-depositie is geschat op  $54 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (1989).

Beide modellen onderschatten de uitspoeling (figuur 9). Het grote verschil tussen gemeten en berekende uitspoeling is ook bij dit proefveld aanleiding om te twijfelen aan de evenwichtssituatie, die het uitgangspunt van de modellen is. De Gt-correctie kan nu niet de enige oorzaak van de verschillen zijn, aangezien het hier Gt VI betreft, waarvoor slechts een correctie van 0.65 op de berekende uitspoeling is toegepast. Kroes et al. (1996) rapporteren de resultaten van dit proefveld van de hele proefperiode (1988-1994). De gemiddelde nitraatconcentraties voor de hele periode zijn 10-20% lager dan voor het winterseizoen 1988/89. Ook als daarmee rekening gehouden wordt, berekenen de beide modellen nog steeds te weinig uitspoeling.

**Haren (Groningen):**

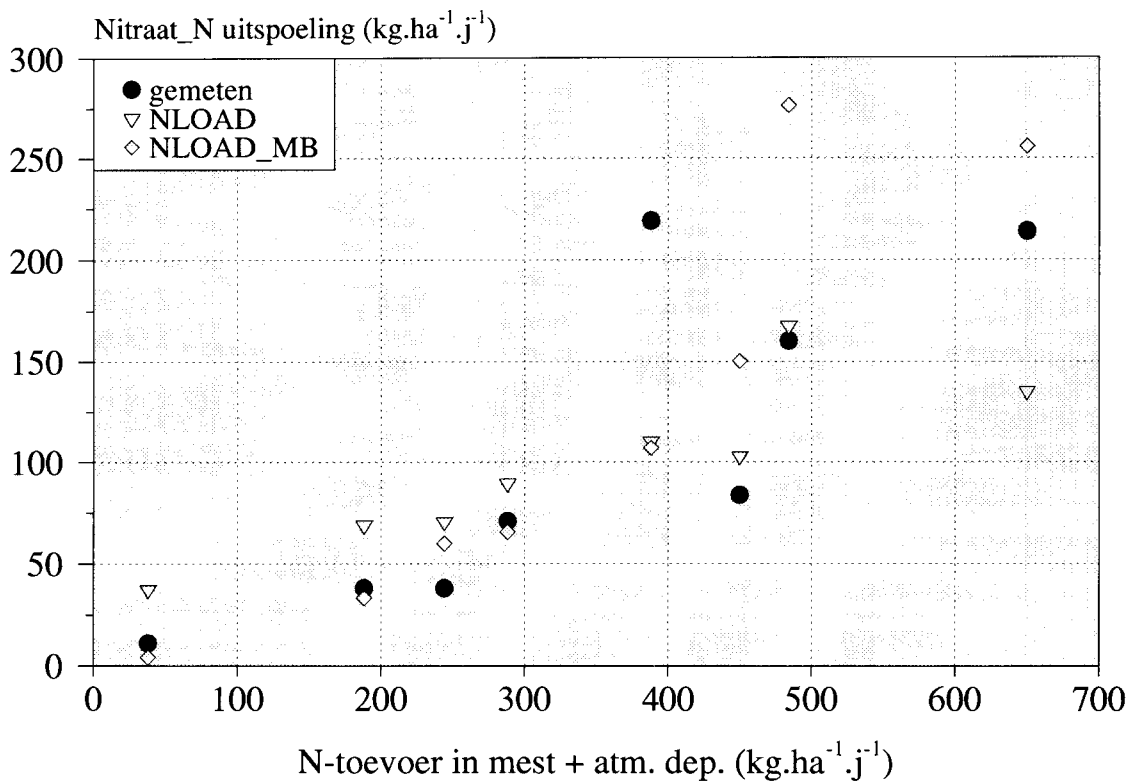
Lysimeterproeven met snijmaïs op zand, bemest met kunstmest en drijfmest. Het betreft het gemiddelde van de waarnemingen in de laatste drie jaar van een acht jaar durende proef (Van Dijk, 1985). De grondwaterspiegel in de lysimeter wordt op een diepte van 90 cm -mv gehouden. De Gt voor deze proef is daarom geschat op VII. Drijfmest werd bij de meeste lysimeters in het voorjaar toegediend en ondergewerkt. Bij één lysimeter werd de drijfmest in het najaar toegediend. De atmosferische N-depositie is geschat op  $38 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (1989).

Beide modellen leveren goede resultaten (figuur 10). Bij een lage bemestingsintensiteit doet NLOAD\_MB het beter dan NLOAD, omdat NLOAD\_MB een kleinere basisuitspoeling heeft.

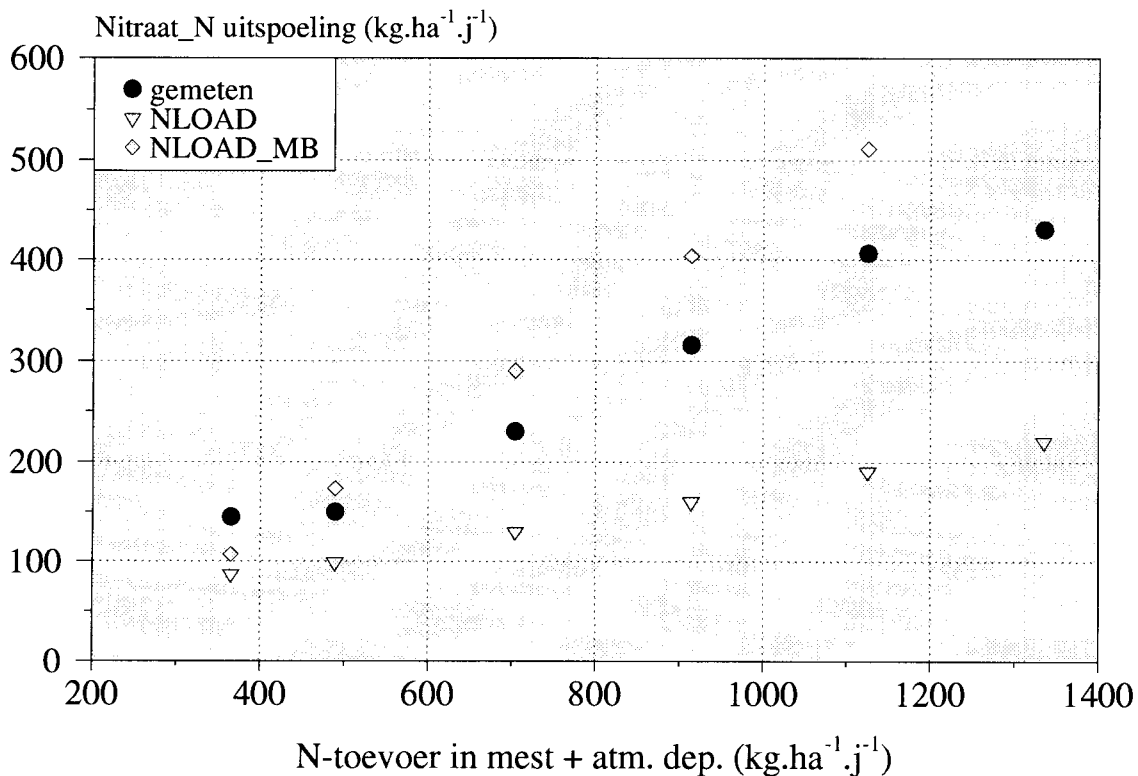
**Maarheeze (Noord-Brabant):**

Snijmaïs op zandgrond met Gt VII, bemest met drijfmest. De mest werd voornamelijk in de periode januari - april toegediend (bovengronds, binnen drie dagen ondergewerkt). Bij grote N-giften ( $>1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ) werd een steeds groter deel van de mest in november en december toegediend. Voor de modelberekeningen is aangenomen dat alle mest in het voorjaar werd toegediend. Het proefveld met de laagste drijfmestgift werd bijgemest met  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  kunstmest gedurende de eerste drie jaren van de proef, die duurde van 1977 t/m 1981. Bij de analyse van de proefveldresultaten bleek dat 25-30% van de aangevoerde N in de mest zich als organisch gebonden stikstof in de bodem had opgehoopt (Schröder en Dilz, 1987). Ook bij dit proefveld is er dus geen evenwichtssituatie. De atmosferische N-depositie is geschat op  $62 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (1989).

Model NLOAD onderschat de uitspoeling op dit proefveld met een factor 0.5 (figuur 11). Model NLOAD\_MB doet het goed, zeker als rekening gehouden wordt met de accumulatie van N in de bodem van dit proefveld.



Figuur 10: Nitraatuitspoeling van snijmais op zandgrond met Gt VII; Lysimeteronderzoek IB-DLO te Haren, berekeningen NLOAD



Figuur 11: Nitraatuitspoeling van snijmais op zandgrond met Gt VII; metingen DLO-proefveld te Maarheeze, berekeningen NLOAD

### **Zeekleigebieden:**

Dit betreft onderzoek aan drainwater van beweid grasland en akkerbouw op gedraineerde zeekleigrond. Het veldonderzoek van gedraineerde landbouwgronden in de kleigebieden van Nederland vond plaats in de jaren 1992-1994 (Meinardi en Van de Eertwegh, 1995). Het water uit de drainbuizen van ca. 18 bedrijven werd een keer per winterhalfjaar bemonsterd. De concentraties aan diverse macrocomponenten werden gemeten. Uit de metingen van het seizoen 1993/94 is een cumulatieve frequentieverdeling van de nitraatconcentraties gemaakt (Meinardi en Van de Eertwegh, 1995, blz. 88, fig. 9.19). Deze frequentieverdelingen zijn gebruikt voor de vergelijking met NLOAD en NLOAD\_MB.

Elf van de onderzochte bedrijven zijn akkerbouwbedrijven op goed ontwaterde zeekleigrond met Gt V\*,VI en VII (volgens de bodemkaart). Daarom is aangenomen dat de frequentieverdeling voor de akkerbouwbedrijven representatief is voor akkerbouw in de zeekleigebieden met Gt VI. De graslandbedrijven zijn minder goed ontwaterd. De grondwatertrap op deze bedrijfslocaties is volgens de bodemkaart verdeeld over Gt II, III\*, IV, V, VI en VII. De Gt kaarten kunnen echter verouderd zijn, met name indien graslandpercelen recent voorzien zijn van drainbuizen. Uit de beschikbare gegevens blijkt dat de ontwateringsdiepte op de graslandbedrijven kleiner is dan op de akkerbouwbedrijven. Het is daarom aannemelijk dat de frequentieverdeling voor de graslandbedrijven representatief is voor alle grasland in de zeekleigebieden (dus ongeacht de Gt).

Percentages waarnemingen hoger dan resp. 5 en 10 mg/l nitraat\_N zijn afgeleid uit de frequentieverdelingen en weergegeven in tabel 7. Deze percentages zijn vergeleken met de berekeningen van NLOAD en NLOAD\_MB voor het hele zeekleigebied. De percentages waarnemingen boven een bepaalde nitraat\_N concentratie zijn dus vergelijkbaar met de voor het zeekleigebied berekende percentages oppervlakte boven deze concentraties. Bij de berekeningen met NLOAD kan m.b.t. de N-belasting met vruchtwisseling rekening worden gehouden. Dit houdt in dat de gemiddelde bemesting voor alle akkerbouwgrond in een gemeente berekend wordt als gewogen gemiddelde van de bemesting van akkerbouwgewassen, die voor vruchtwisseling in aanmerking komen.

Bij grasland berekenen beide modellen een te hoog percentage oppervlakte boven 5 en 10 mg/l. Als we het veldonderzoek op grasland representatief stellen voor alle Gt's (niet voor Gt VI alleen), dan is de overeenkomst tussen de modellen en het veldonderzoek beter.

Bij akkerbouw is het resultaat afhankelijk van de verdeling van het areaal over de gewassen. Een vast deel van het areaal (graangewassen) wordt matig bemest en heeft een geringe uitspoeling. Het is niet bekend welke akkerbouwgewassen verbouwd werden op de bedrijven, waar het drainwateronderzoek plaats vond. Als geen rekening wordt gehouden met vruchtwisseling komen de

rekenresultaten van model NLOAD\_MB beter overeen met de veldmetingen dan model NLOAD.

Tabel 7: Percentage waarnemingen in drainwatermonsters van beweid grasland en akkerbouw op zeelei met nitraat\_N concentratie hoger dan 5 en 10 mg/l (VELD), vergeleken met percentages oppervlakte van het zeeleigebied met een berekende concentratie hoger dan 5 en 10 mg/l (NLOAD, NLOAD\_MB).

	>5 mg/l			>10 mg/l		
	VELD	NLOAD	NLOAD_MB	VELD	NLOAD	NLOAD_MB
grasland:						
alles (290175ha):	-	53	56	-	11	23
Gt VI (34275 ha):	42	98	100	30	59	92
akkerbouw Gt VI (256500 ha):						
vruchtwisseling:	-	100	100	-	20	3
geen vruchtwisseling:	65	97	66	35	35	32

In tabel 8 zijn de rekenresultaten weergegeven van de toepassing van NLOAD\_MB op de 18 landbouwbedrijven in het drainwateronderzoek. Gegevens van de bemesting zijn niet per bedrijf beschikbaar. Daarvoor in de plaats is gebruik gemaakt van de berekende bemesting van de gemeente waar het bedrijf in ligt. De N-toevoer via atmosferische depositie is afgeleid uit berekeningen van het RIVM voor het jaar 1993 (Bleeker en Erisman, 1997). De uitspoeling is berekend voor Gt VII\* en daarna voor Gt VI m.b.v. de Gt-correctie (0.65). De nitraat\_N concentratie in het drainwater is geschat door te delen door een factor 3. Hierbij is aangenomen dat het neerslagoverschot van alle bedrijven in de meetjaren gelijk was aan 300 mm/j. Daarin wordt een spreiding verwacht van 100 mm/j.

De overall gemiddelden van gemeten - en berekende concentraties komen goed met elkaar overeen, maar verder lijken de gemeten - en berekende concentraties weinig verband met elkaar te hebben (correlatiecoëfficiënt: 0.47). Een uitschieter vormt bedrijf 17 met maïs, dat volgens de LEI-gegevens onwaarschijnlijk veel kunstmest krijgt. Als deze kunstmestgift zou worden teruggebracht tot een rijengift van 50 kg/ha, dan zouden komen berekende - en gemeten concentraties beter overeen komen. Het gebrek aan samenhang tussen gemeten - en berekende concentraties wordt veroorzaakt door onvoldoende bedrijfsgegevens over bouwplan, bemesting, bodemsamenstelling en grondwatertrap, maar ook door gebrek aan waarnemingen in de tijd.

Geen van beide modellen berekenen de nitraat\_N concentraties in het drainwater in de zeeleigebieden voldoende nauwkeurig. Er zijn meer veldgegevens nodig om de modellen te kunnen toetsen en om aan te kunnen geven welke processen de variatie in de nitraatuitspoeling in de zeeleigebieden veroorzaken. Het drainwateronderzoek in de zeeleigebieden is echter nog niet afgesloten. Met een definitief oordeel over de geschiktheid van NLOAD voor de uit- en afspoeling van gedraineerde zeeleigonden wordt daarom gewacht tot de eindrapportage in 1997.

### **3.2.2 Evaluatie gemeten - berekend**

Bij een vergelijking van de modelberekeningen met de resultaten van veldonderzoek, blijkt model NLOAD\_MB betere resultaten te geven dan model NLOAD. Model NLOAD\_MB onderschat de uitspoeling bij een extreem hoge bemestingsintensiteit. Het model kon worden gevalideerd voor beweid en gemaaid grasland op zandgrond. Voor de overige vormen van grondgebruik en grondsoort is het model niet gevalideerd. De modelresultaten hebben in het algemeen slechts indicatieve betekenis, d.w.z. goed te gebruiken voor kwalitatieve interpretatie (alleen de richting en de orde van grootte). De modelresultaten voor grasland op zandgrond zijn ook goed te gebruiken als kwantitatieve schattingen.

Tabel 8: Gemeentelijke gemiddelde N-toevoer ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) via mest en atmosferische depositie, berekende nitraat\_N uitspoeling bij Gt VI en VII\* en een vergelijking van berekende nitraat\_N concentraties met gemeten gemiddelde nitraat\_N concentraties (mg/l) in drainafvoeren van landbouwgronden in het zeeleigebied; metingen in seizoen 93/94.

bedrijf	CBS	gewas	N-toevoer				N-uitspoeling		concentratie bij Gt VI	
			wm	dm	km	atm	GtVII*	GtVI	NLOAD_MB	gemeten
2	1663	gras	115	111	375	24	51	33	11	1,8
4	64	gras	116	181	311	40	51	33	11	4,0
5	683	gras	115	185	308	40	51	33	11	18,8
12	370	gras	128	154	312	38	49	32	11	22,4
11	50	gras	191	173	476	36	86	56	19	10,8
11	50	akker	0	61	92	36	33	21	7	10,8
17	720	maïs	0	408	254	32	177	115	38	24,7
1	3	akker	0	48	117	28	32	21	7	3,4
3	68	akker	0	119	92	28	45	29	10	4,2
6	463	akker	0	95	140	28	53	34	11	6,9
7	171	akker	0	112	108	36	57	37	12	6,1
8	995	akker	0	90	105	31	41	27	9	13,1
10	50	akker	0	61	92	36	33	21	7	12,4
13	637	akker	0	104	165	41	63	41	14	11,3
14	585	akker	0	95	170	33	55	36	12	8,5
15	580	akker	0	97	165	30	54	36	12	25,5
16	682	akker	0	58	149	28	41	27	9	9,1
18	715	akker	0	55	126	32	37	24	8	10,4
gemiddelde:									12,3	11,5

CBS : gemeentenummer volgens CBS-indeling

N-toevoer via:

dm : dierlijke mest (excl. vervluchtiging ammoniak)

wm : beweiding (excl. vervluchtiging ammoniak)

km : kunstmest

atm : atmosferische depositie

De nitraat\_N uitspoeling bij GT VII\* is niet gecorrigeerd voor denitrificatie; de nitraat\_N uitspoeling bij Gt VI is gecorrigeerd met een factor 0.65. De nitraat\_N concentratie is berekend met een neerslagoverschot van 300 mm/j.

### 3.3 Toepassing van het model op nationale schaal (gevoeligheidsanalyse)

In het kader van de MV/2 (Drecht, 1993, Maas, 1991) is NLOAD toegepast voor het schatten van het percentage oppervlakte landbouwgrond (met een nitraatconcentratie in het bovenste grondwater) boven de grondwaternorm. Sindsdien zijn alle geografische bestanden verbeterd. Een van de vragen is hoe groot het effect daarvan is op de uitkomsten op nationale schaal. In eerdere toepassingen van NLOAD werd geen rekening gehouden met vruchtwisseling van akkerbouwgewassen. Daar zal in deze paragraaf op worden ingegaan. Voor de berekeningen zijn de voorlopige mestbestanden gebruikt, die door het LEI-DLO in het voorjaar van 1996 werden aangeleverd. De mestbestanden worden voortdurend verbeterd. Mede hierdoor kunnen de hier gepresenteerde rekenresultaten enigszins afwijken van die welke in de Milieubalans van 1996 zijn gepresenteerd.

In deze paragraaf zullen de resultaten van de gevoeligheidsanalyses m.b.t.:

- nieuwe geografische gegevens,
  - het opvangen van ontbrekende gegevens van de bemesting en vruchtwisseling en
  - resolutie van geografische gegevens (500 en 50 meter gridcelkaarten)
- worden besproken.

#### 3.3.1 Nieuwe geografische gegevens

Door Drecht (1993) zijn percentages oppervlakte boven de grondwaternorm (11,3 mg/l nitraat\_N) voor het jaar 1989 berekend voor enkele combinaties gewas/grondsoort. De berekeningen voor 1989 zijn herhaald met nieuwe geografische gegevens. Voor NLOAD\_MB is de atmosferische N-depositie van 1989 gebruikt.

Tabel 9: Percentage oppervlakte boven de grondwaternorm per combinatie gewas/grondsoort voor het jaar 1989; gegevens: 500 meter grids; geen vruchtwisseling van akkerbouwgewassen;

gewastype	grondsoort	oppervlakte-aandeel (%)	oppervlakte boven grondwaternorm (%)		
			NLOAD(MV/2)	NLOAD(nu)	NLOAD_MB
grasland	veen	11	0	0	0
	zand	30	82	81	81
	zeeklei	12	5	4	11
	rivierklei	7	3	4	66
snijmaïs	zand	8	87	90	90
akkerbouw	zand	7	59	84	58
	zeeklei	18	8	17	11
landbouw	alle	100	41	40	44

Conclusies op basis van de resultaten, weergegeven in tabel 9:

- NLOAD(nu) reproduceert NLOAD(MV/2) voor alle gewassen behalve akkerbouw. De verschillen hebben te maken met het (voor de MV/2) onderbrengen van akkerbouw op veen en dalgrond bij de groep akkerbouw op zand. Bij de herhaalde berekeningen (nu) wordt alleen de oppervlakte akkerbouw op zand geteld en dat levert een hoger percentage op, omdat zandgronden gevoeliger zijn voor nitraatuitspoeling. De veranderingen voor akkerbouw hebben geen grote gevolgen voor het totale percentage oppervlakte boven de grondwaternorm.
- Met NLOAD\_MB wordt een veel hoger percentage oppervlakte boven de grondwaternorm berekend voor grasland op kleigrond. De oorzaak ligt in de wijziging van het model. Voor akkerbouw op zandgrond is het percentage gezakt t.o.v. NLOAD(nu). Dit is het gevolg van het verlagen van de basisuitspoeling van 45 naar 0 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>.
- De veranderingen in het model hebben een stijging van 4% van de oppervlakte boven de grondwaternorm tot gevolg.

### **3.3.2 Ontbrekende gegevens van de bemesting en vruchtwisseling**

De resultaten zijn niet alleen afhankelijk van het model, maar ook van de wijze van bewerken van de gegevens. Voor ongeveer 240000 ha landbouwgrond zijn geen gegevens over de bemesting beschikbaar. Dit komt doordat in dit onderzoek grondsoorten- en gewassenkaarten zijn gebruikt, die niet in de berekeningen van het LEI-DLO zijn gebruikt. Daardoor wijken de arealen van de verschillende combinaties grondgebruik/grondsoort, waarvoor de bemesting is berekend af van de arealen, die het resultaat zijn van een doorsnede van de gewassen- en grondsoortenkaarten.

De gegevens zijn op drie manieren bewerkt en toegepast op gridcelkaarten met een resolutie van 500 meter (kortweg: 500 meter grid). De bewerkingen zijn uitgevoerd met de FORTRAN-programma's EXPLEI, ROTATIE en AGGLOAD (bijlage B).

Programma EXPLEI vult ontbrekende informatie over de bemesting van een gewas in met de gemiddelde bemesting van gelijksoortige gewassen in dezelfde gemeente. Onderscheiden zijn de gewasgroepen: grasland, maïs, hakvruchten (aardappelen en bieten) en granen (tarwe, gerst en overige akkerbouwgewassen).

Programma ROTATIE doet iets dergelijks, maar nu worden slechts drie gewasgroepen onderscheiden, grasland, maïs en akkerbouw. De akkerbouwgewassen worden verondersteld in rotatie geteeld



te worden. Ieder rotatiegewas heeft een andere bemesting en ook de uitspoeling zal per gewas verschillen. De bemesting voor akkerbouwgewassen wordt gemiddeld en er wordt dus ook een gemiddelde uitspoeling berekend. Aangenomen is dat gras en maïs niet in een vruchtwisselings-schema geteeld worden.

Programma AGGLOAD vult geen bemestingsgegevens op, maar berekent de gemiddelde uitspoeling voor vruchtwisselingsgewassen per gemeente en grondsoort.

Combinatie van de bewerkingen met de verschillende programma's is niet mogelijk omdat de gemiddelden zijn berekend door weging met de oppervlakte per gewas.

Het effect van deze programma's is beoordeeld aan de hand van de oppervlakte landbouwgrond, waarvoor de nitraatuitspoeling berekend kan worden (tabel 10).

Tabel 10: Invloed van de wijze van bewerking van gegevens op de totale oppervlakte landbouwgrond, waarvoor voldoende informatie beschikbaar is om de nitraatuitspoeling te berekenen; jaar 1989; gegevens: 500 meter grids.

gewas	grond	oppervlakte in ha bij de volgende bewerking			
		geen	EXPLEI	ROTATIE	AGGLOAD
gras	veen	258500	260725	260725	258500
gras	zand	685525	709200	709200	685525
gras	zeeklei	271800	290175	290175	271800
gras	rivierklei	190250	198875	198875	190250
gras	dalgrond	31350	86300	86300	31350
maïs	zand	109975	110025	110025	109975
akker	veen	25850	45075	45075	25850
akker	zand	72125	104450	104450	93975
akker	zeeklei	455575	456525	456525	456525
overig pm					
totaal		2179900	2416850	2416850	2244175

Conclusies op basis van tabel 10 zijn:

- De programma's EXPLEI en ROTATIE blijken effectief te zijn voor het genereren van ontbrekende gegevens over de bemesting. Programma AGGLOAD is minder effectief.

Het is ook van belang te weten in hoeverre de verdeling van de oppervlakte over de nitraatklassen door de bovengenoemde bewerkingen worden beïnvloed. In tabel 11 is het effect van de bewerkingen en ook de verschillende versies van NLOAD op het percentage oppervlakte boven de grondwaternorm gegeven. De berekeningen zijn uitgevoerd met gegevens van het jaar 1989. Aangenomen wordt dat het niet veel uitmaakt welk jaar wordt doorgerekend.

Tabel 11: Invloed van de wijze van bewerking van gegevens op de fractie oppervlakte boven de grondwaternorm; jaar 1989, resolutie van geografische gegevens: 500 meter, MV=NLOAD en MB=NLOAD\_MB.

gewas	grond	oppervlakte boven grondwaternorm nitraat_N (in %)							
		geen		EXPLEI		ROTATIE		AGGLOAD	
		MV	MB	MV	MB	MV	MB	MV	MB
gras	veen	0	0	0	0	0	0	0	0
gras	zand	81	81	81	81	81	81	81	81
gras	zeeklei	4	11	4	11	4	11	4	11
gras	rivierklei	4	66	3	65	3	65	4	66
gras	dalgrond	22	21	23	25	23	25	22	21
maïs	zand	90	90	90	90	90	90	90	90
akker	veen	0	2	0	0	0	0	0	0
akker	zand	84	58	82	52	82	38	72	51
akker	zeeklei	17	11	17	11	0	0	0	0
overig pm									
totaal		40	44	40	44	36	40	36	41

De belangrijkste conclusies, op grond van de resultaten in tabel 11 zijn:

- het opvullen van ontbrekende gegevens van de bemesting (EXPLEI) heeft geen invloed op het berekende fractie oppervlakte boven de grondwaternorm op nationale schaal. De oppervlaktefractie boven de norm voor akkerbouw op zandgrond neemt af, terwijl de fractie boven de norm voor grasland op dalgrond toeneemt.
- het berekenen van gemiddelde waarden voor de bemesting (ROTATIE) of de uitspoeling (AGGLOAD) bij vruchtwisselingsgewassen heeft een daling van de fractie oppervlakte boven de norm tot gevolg. De dalingen zijn het grootst bij akkerbouw op zand en zeeklei. NLOAD\_MB is gevoeliger voor dit effect dan NLOAD.

### 3.3.3 Resolutie van geografische gegevens

De resultaten zijn ook afhankelijk van de resolutie van de gebruikte gridcelkaarten voor grondsoort, grondwatertrap en grondgebruik. Op basis van de originele gegevens, kunnen gridcelkaarten met elke gewenste resolutie worden afgeleid. Het effect van de resolutie is onderzocht door de verdeling van de oppervlakte landbouwgrond over de nitraatklassen uit te rekenen met resoluties van 50 en 500 meter. De resultaten zijn vermeld in tabel 12.

Tabel 12: De gevoeligheid van de fracties oppervlakte boven de streefwaarde en de grondwater-norm voor de resolutie van de geografische gegevens (500 en 50 meter grids voor de grondsoort, de grondwatertrap en het gewastype); berekeningen met NLOAD voor het jaar 1989.

gewas	grond	oppervlakte (ha)		>5,6 mg/l		>11,3 mg/l		>22,6 mg/l	
		500m	50m	500m	50m	500m	50m	500m	50m
gras	veen	258500	229572	0	0	0	0	0	0
gras	zand	685525	554547	84	83	81	81	48	48
gras	zeeklei	271800	271646	53	57	4	8	0	0
gras	rivierklei	190250	147481	55	54	4	3	0	0
gras	dalgrond	31350	29323	24	24	22	22	1	0
maïs	zand	109975	148781	90	88	90	88	87	83
akker	veen	25850	19781	0	0	0	0	0	0
akker	zand	72125	109188	98	93	84	70	11	5
akker	zeeklei	455575	396509	76	74	17	18	0	0
overig pm									
totaal		2179825	1990250	65	65	40	40	21	21

Conclusie op grond van tabel 12:

- De verdeling van de oppervlakte landbouwgrond over de verschillende combinatieklassen van grondgebruik en grondsoort is zeer gevoelig voor de resolutie van geografische gegevens.
- De berekende fractie oppervlakte boven de grondwaternorm op nationale schaal zijn meestal niet gevoelig voor de resolutie van de geografische gegevens. Bij akkerbouw op zandgrond heeft de resolutie echter een grote invloed op de resultaten.

## 4. IMPLEMENTATIE VAN HET MODEL IN EEN GIS-OMGEVING

### 4.1 Inleiding en achtergrond

Model NLOAD berekent de gemiddelde nitraatuitspoeling van een landbouwperceel met een gewas, een grondsoort en een grondwatertrap (Gt) bij een bepaald bemestingsregiem. De gemiddelde nitraatconcentratie op het niveau van de grondwaterspiegel wordt berekend door de uitspoeling te delen door het langjarig gemiddelde neerslagoverschot. Gemiddelde bemestingscijfers per gemeente per gewas per grondsoort worden geleverd door het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO) op basis van scenariobeschrijving van het RIVM (LAE). Deze bemestingsgegevens worden gekoppeld aan de Gt-klassen en het neerslagoverschot die beide in kaartvorm beschikbaar zijn. De koppeling is uitgevoerd in het Geografisch Informatie Systeem (GIS) Arc/Info waarmee verschillende soorten gegevens op basis van hun geografische ligging gecombineerd kunnen worden. Per gemeente-gewas-grondsoort combinatie is de bemesting, de Gt-verdeling en het neerslagoverschot bekend en kan de uitspoeling en concentratie berekend worden.

Voor de koppeling van de bemestingscijfers en de Gt-klassen en het neerslagoverschot is het noodzakelijk dat aan deze gegevens een gemeente-gewas-grondsoort combinatie gekoppeld wordt. Hiertoe worden de Gt- en neerslagoverschotkaart met behulp van GIS gecombineerd met een gemeentegrenzen-, een gewassen- en een grondsoortenkaart. Op basis van de gemeenschappelijke gemeente-gewas-grondsoort combinatie worden tenslotte de Gt-klassen en het neerslagoverschot aan de tabel met bemestingscijfers gekoppeld die vervolgens als invoer voor het model NLOAD kan dienen.

Doordat aan de berekening van de bemestingscijfers andere brongegevens ten grondslag liggen dan de voor de koppeling gebruikte gemeentegrenzen-, gewassen- en grondsoortenkaart sluiten de gemeente-gewas-grondsoort combinaties van de te koppelen bestanden niet volledig aan. In het bestand met de bemestingsgegevens komen gemeente-gewas-grondsoort combinaties voor die in de gecombineerde gemeentegrenzen-, gewassen- en grondsoortenkaart niet voorkomen. Voor dit soort gevallen zijn "vangnet"-constructies bedacht.

Alle GIS bewerkingen voor het koppelen van de bemestingsgegevens met de Gt-klassen en het neerslagoverschot zijn ten behoeve van de Milieubalans '95 vastgelegd in zogenaamde macro's. Een macro voert een bepaalde bewerking op één of meer invoerbestanden uit en genereert een of meerdere uitvoerbestanden. Deze uitvoerbestanden kunnen vervolgens weer als invoer dienen voor een andere macro. De volgorde, waarin de macro's worden uitgevoerd kan worden afgelezen uit figuur 12. De macro's zijn hierin weergegeven als knooppunten en de bestanden als blokken. De

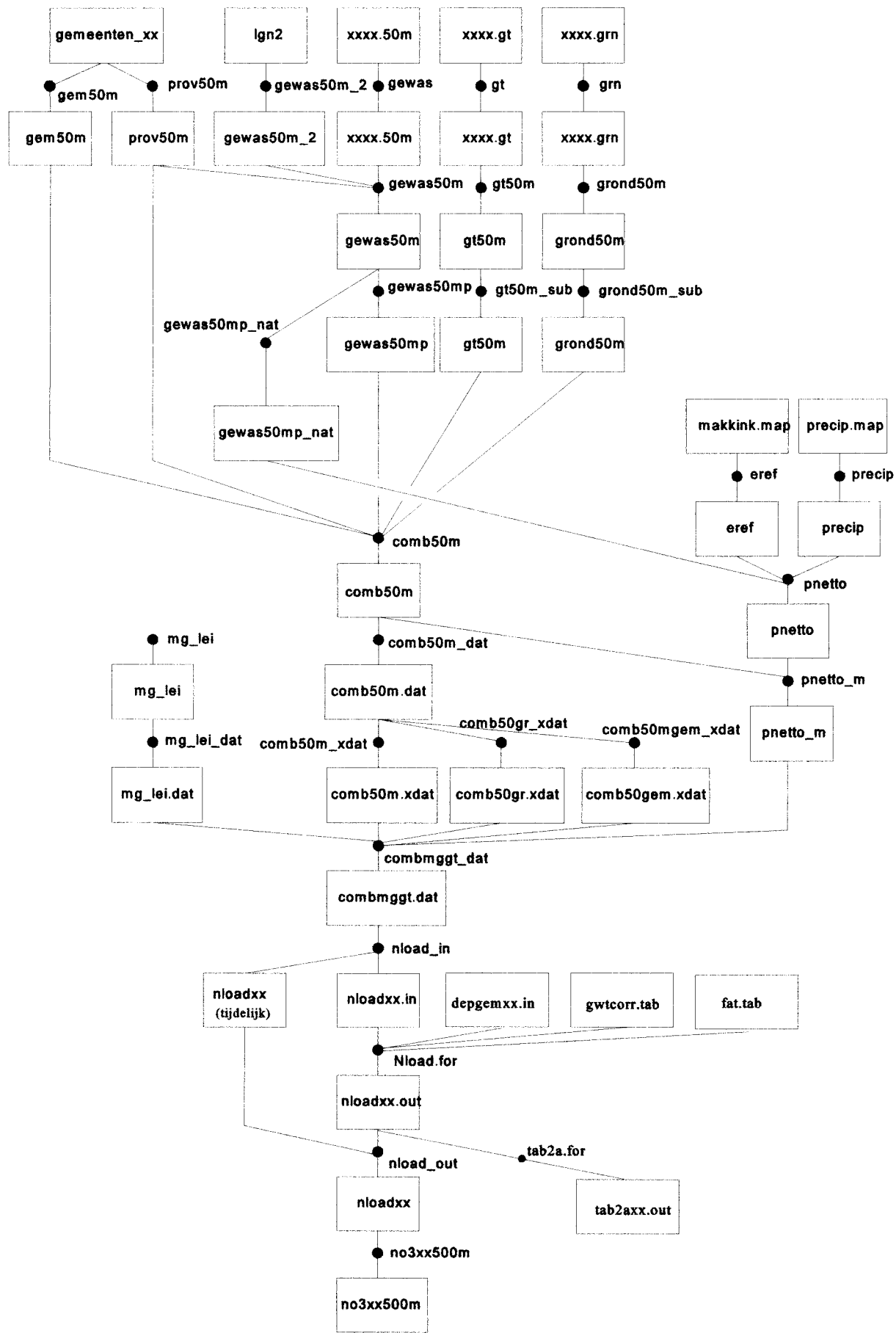
bestandsextensie van een macro in het Arc/Info systeem(".AML") is weggelaten. Als een knooppunt geen AML betreft is dit apart aangegeven, bijvoorbeeld NLOAD.FOR (FORTRAN). Uit de figuur blijkt dat behalve voor het koppelen van de Gt-klassen en het neerslagoverschot aan de bemestingscijfers het GIS ook gebruikt wordt voor het presenteren van de uitvoerresultaten van het model NLOAD in de vorm van nitraatuitspoelings- en nitraatconcentratiekaarten.

#### 4.2 Gebruikte gegevens voor MB95 en MB96

Voor de Milieubalans '95 (MB95) zijn macro's gemaakt voor het uitvoeren van de verschillende GIS bewerkingen. Hierbij is uitgegaan van de op dat moment beschikbare gegevens (tabel 13). Voor de Milieubalans '96 (MB96) zijn deze gegevens aangevuld met nieuwe bemestingscijfers van het LEI-DLO.

Tabel 13: Gebruikte gegevens voor MB95 en MB96.

Bestand	Omschrijving en bron
leiXX.dat	bemestingsgegevens van het LEI voor het jaar 19XX
01oost.gt-62west.gt	kaartbladen van 50m-grids met Gt-klassen (afgeleid van de bodemkaart 1:50000 en 1:250000 van het Staring Centrum)
01oost.50m-62west.50m	kaartbladen van 50m-grids met gewassen (afgeleid van lgn1 1986)
01oost.grn-62west.grn	kaartbladen van 50m-grids met grondsoorten (afgeleid van de bodemkaart 1:50000 en 1:250000 van het Staring Centrum)
lgn2_basis_plus_92	25m-grid met landgebruik 1992 (voorlopige versie lgn2)
gemeenten_XX	coverage met gemeentegrenzen van 19XX
precip.map	500m-grid met gemiddelde neerslag in de periode 1961-1990 (KNMI), gebruikt voor het maken van de neerslagoverschotkaart,
makkink.map	500m-grid met gemiddelde referentie-gewas verdamping in de periode 1961-1990 (KNMI), gebruikt voor het maken van de neerslagoverschotkaart.



Figuur 12: Stroomschema van de implementatie van NLOAD in GIS, (rapport 711501002, blz. 46)

### 4.3 GIS-bewerkingen

Het koppelen van de Gt-klassen en het neerslagoverschot aan de bemestingsgegevens, het runnen van NLOAD en het presenteren van de resultaten bestaat uit de stappen

- het maken van het 50 meter grid met de Gt-klassen,
- het maken van het 50 meter grid met de grondsoorten,
- het maken van het 50 meter grid met de gewassen,
- het vergridden van de gemeente- en provinciegrenzenkaarten,
- het maken van het 50 meter grid met het neerslagoverschot,
- het inlezen van de tabel met bemestingsgegevens,
- het combineren van de gemeentegrenzen, gewassen, grondsoorten en Gt-klassen,
- het berekenen van de Gt-verdeling per gemeente, gewas en grondsoort,
- het koppelen van de Gt-verdeling en het neerslagoverschot aan de bemestingsgegevens,
- het runnen van het NLOAD (FORTRAN programma, zie bijlage B) en
- het visualiseren van de resultaten.

De GIS bewerkingen zijn uitgevoerd op basis van 50 meter grids. Deze resolutie biedt voldoende nauwkeurigheid en de tijdsduur van het uitvoeren van een enkele run is aanvaardbaar (enkele uren). Voor het uiteindelijk visualiseren van de resultaten wordt dit grid omgezet naar een 500 meter grid (dit vanwege de traagheid van de printer bij het verwerken van grote postscript bestanden).

#### *Maken van het 50 meter grid met de Gt-klassen.*

Door de macro's GT, GT50M en GT50M\_SUB worden de verschillende kaartbladen van de Gt-kaart samengevoegd en wordt een 50 meter grid gemaakt. Doordat de kaartbladen 25oost en 26west van de bodemkaart 1:50000, waarvan de Gt-kaart is afgeleid, nog niet beschikbaar zijn, zijn de gegevens van deze kaartbladen afgeleid van de bodemkaart 1:250000 (Steur et al, 1985). Deze twee kaartbladen worden toegevoegd d.m.v. de macro GT50M\_SUB. Voor de Gt-klassen wordt het classificatiesysteem van 1977 gebruikt (De Vries en Van Wallenburg, 1990).

Tabel 14: Grondwatertrappen (systeem van 1977, De Vries en Wallenburg, 1990)

klassennummer    klassenaam

10	I
20	II
21	II*
30	III
31	III*
40	IV
50	V
51	V*
60	VI
70	VII
71	VII* (VIII)

*Maken van het 50 meter grid met de grondsoorten.*

Met behulp van de macro's GRN, GROND50M en GROND50M\_SUB worden de verschillende kaartbladen van de grondsoortenkaart samengevoegd en wordt een 50 meter grid gemaakt. Doordat de kaartbladen 25oost en 26west van de bodemkaart 1:50000 nog niet beschikbaar zijn, zijn de gegevens voor deze kaartbladen afgeleid van de bodemkaart 1:250000 (macro: GROND50M\_SUB). Voor de grondsoorten wordt een codering op basis van de hoofdingeling van de bodemkaart gehanteerd:

Tabel 15: Classificatie van grondsoorten en de relatie met de bodemkaart

klassennummer	klassenaam	hoofdingeling bodemkaart
1	veen	V
2	zand	Z, H, Y, EZ, S
3	zeeklei	M
4	rivierklei	R
5	oude klei	K, EK, KR
6	leem/löss	L, EL
7	moerige zandgrond	Wp, Wz



*Maken van het 50 meter grid met het gewastype.*

De gewassenkaart is gebaseerd op LANDSAT opnamen in 1985/86 (LGN\_1, Thunnissen et al, 1992) en is beschikbaar als 25 meter en 50 meter grid. De bestanden XXXX.50M stellen 112 gewaskaarten van 20 bij 25 km voor. De XXXX staat voor de topografische kaartbladnaam (bijvoorbeeld 34west, 12oost). Met behulp van de macro's GEWAS en GEWAS50M worden de kaartbladen samengevoegd en wordt er een bestand van gemaakt (GEWAS50M). Daarbij wordt het basisbestand (XXXX.50M) overschreven. Bij vergelijking van de gewasoppervlakten van deze gewassenkaart met gegevens van de landbouwstatistieken blijkt dat het totale landbouwareaal op basis van de gewassenkaart groter is dan op basis van de landbouwstatistieken (2.43 tegen 1.95 miljoen ha). Voor een belangrijk deel wordt dit veroorzaakt doordat in het grasland van LGN\_1 ook veel natuurlijk grasland voorkomt. Tevens bevat de gewassenkaart een relatief groot aandeel kale grond (0.11 miljoen ha).

Om een betere aansluiting met de mestgegevens te verkrijgen is een correctie uitgevoerd met behulp van het voorlopige LGN\_2 bestand (gebaseerd op LANDSAT opnamen in 1991). Met behulp van macro GEWAS50M\_2 wordt het 25 meter grid van LGN\_2 bestand omgezet in een 50 meter grid. Met de macro GEWAS50MP gebruikt het 50 meter grid van LGN\_2 om het 50 meter grid van LGN\_1 te corrigeren. Deze correctie bestaat uit de volgende onderdelen:

- De oppervlakte landbouw van LGN\_1 wordt gecorrigeerd met de oppervlakte landbouw van LGN\_2. Gridcellen met landbouw in LGN\_1, die in LGN\_2 geen landbouw bevatten worden uit LGN\_1 verwijderd. Op deze manier wordt bijvoorbeeld het natuurlijk grasland uit LGN\_1 gefilterd. Door het ontbreken van delen van Zeeland en Limburg in LGN\_2 wordt deze correctie daar niet uitgevoerd.
- Fruitteelt en bollenteelt worden bij de restgroep 'overige landbouw' gevoegd.
- Door het vergelijken van de oppervlakte 'kale grond' per provincie in het 50 meter grid met de gegevens van de landbouwstatistieken (CBS) is de volgende herclassificatie bepaald. 'Kale grond' wordt:
  - 'aardappelen' in de provincies Drenthe en Noord-Holland,
  - 'bieten' in de provincie Flevoland,
  - 'overige landbouwgewassen' in de provincie Noord-Brabant en
  - 'maïs' in de overige provincies.

Na correctie bedraagt de totale oppervlakte landbouw in de nieuwe gewassenkaart 2.04 miljoen ha.

*Vergriden van de gemeente- en provinciegrenzenkaart.*

Met de macro's GEM50M en PROV50M worden vectorbestanden met de gemeentelijke en provinciale indeling omgezet in 50 meter grids. Vrijwel elk jaar zijn er wijzigingen.

*Maken van het 50 meter grid met het neerslagoverschot.*

Het gemiddelde neerslagoverschot wordt berekend op basis van kaarten (500 meter grids) van de gemiddelde neerslag (PRECIP.MAP) en de gemiddelde referentiegewas-verdamping (makkink.map) voor de periode 1961-1990. Met de macro's EREF en PRECIP worden deze bestanden ingelezen. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van reeds aangemaakte 50 meter grids van de grondsoortenkaart (GROND50M), de gemeentelijke indeling (GEM50M) en een met bos en natuur uitgebreide gewassenkaart (GEWAS50MP\_NAT). De laatste genoemde kaart is afgeleid van de gecorrigeerde LGN\_1 kaart (macro GEWAS50MP\_NAT). Hiermee wordt beoogd om een neerslagoverschotkaart voor landbouw én natuur te maken. Dit is onnodig gecompliceerd als het alleen over landbouw gaat.

De berekening van het neerslagoverschot (per gewas-grondsoort-Gt combinatie) wordt uitgevoerd door de macro PNETTO, waarin het FORTRAN-programma OVER (bijlage B) wordt aangeroepen. Bij de berekening is gebruik gemaakt van het verdampingsmodel van bijlage A. Daarbij zijn voor de gewassen 'aardappelen', 'bieten', 'granen' en 'overige landbouw' dezelfde gewascoëfficiënten (tabel A3) gebruikt. Het gemiddelde neerslagoverschot per gemeente-gewas-grondsoort combinatie wordt berekend m.b.v. macro PNETTO\_M. Het effect van de Gt op de verdamping en dus het neerslagoverschot is nog niet verwerkt.

*Inlezen van de tabel met bemestingsgegevens.*

Met behulp van de macro's MG\_LEI en MG\_LEI\_DAT worden de bemestingsgegevens ingelezen en worden de klassenummers voor grondsoort en gewastype omgezet in die van NLOAD.

*Combineren van de gemeentegrenzen, gewassen, grondsoorten en Gt-klassen.*

Met macro COMB50M worden de grids met de gemeenten, gewassen, grondsoorten en Gt's gecombineerd tot één grid (bestand COMB50M). Met macro COMB50M\_DAT wordt van dit grid een tabel met unieke combinaties van gemeentenummer, gewascode, grondsoortcode en Gt-klasse gemaakt (tabel COMB50M.dat).

Tabel 16: Conversietabel van grondsoort en gewastype

grondsoort	LEI	NLOAD	gewastype	LEI	NLOAD
moerige zandgrond	1	7	maïs	1	2
veen	2	1	gras	2	1
zand	3	2	aardappelen	3	3
zeeklei	4	3	suikerbieten	4	4
rivierklei	5	4	graan (tarwe)	5	5
oude klei	6	5	overig landbouw	6	6
leem/löss	7	6			

*Berekenen van de Gt-verdeling.*

De macro COMB50M\_XDAT maakt op basis van tabel COMB50M.DAT de Gt-verdeling van de oppervlakte per gemeente, gewas en grondsoort (tabel COMB50M.XDAT).

*Koppelen van de Gt-verdeling en het neerslagoverschot aan de bemestingsgegevens.*

Met behulp van de macro COMBMGGT\_DAT worden de Gt-verdeling en het neerslagoverschot gekoppeld aan de bemestingsgegevens op basis van de gemeente-gewas-grondsoort combinatie. Omdat de gemeente-gewas-grondsoort combinaties van de te koppelen bestanden niet volledig aansluiten komen er bij de bemestingsgegevens combinaties voor waarvoor geen Gt-verdeling gevonden is. Om toch voor deze combinaties een Gt-verdeling te krijgen wordt hiervoor een gemiddelde Gt-verdeling per combinatie gemeentenummer en grondsoort bepaald en aan deze combinaties toegekend (macro COMB50GR\_XDAT). Zijn er daarna nog steeds combinaties van gemeente en grondsoort waarvoor geen Gt-verdeling beschikbaar is dan wordt tenslotte een gemiddelde Gt-verdeling per gemeente bepaald en aan deze combinaties gekoppeld (macro COMB50MGEM\_XDAT). Een soortgelijke oplossing voor het neerslagoverschot is door tijdgebrek achterwege gebleven. De koppeling resulteert dus in een tabel met de oppervlakte, de bemesting, de Gt-verdeling en het neerslagoverschot per gemeente-gewas-grondsoort combinatie (COMBMGGT.DAT).

*Het runnen van het model NLOAD.*

De macro NLOAD\_IN maakt het invoerbestand voor NLOAD (FORTRAN-programma) klaar (NLOADXX.IN) en het tijdelijke hulpbestand NLOADXX, dat later zal worden gebruikt om de

berekende nitraatuitspoeling in een 50 meter gridkaart om te zetten. NLOAD is een FORTRAN-programma, dat op een PC-platform met MS-DOS 6.2 draait (dat is niet persé nodig). Additioneel worden door NLOAD ook nog de volgende hulpbestanden (tabellen) ingelezen:

- de gemiddelde atmosferische depositie per gemeente (DEPGEMXX.IN),
- de verdeling van de dierlijke mest over de uitrijperioden (FAT.TAB) en
- de Gt-correctiefactoren (GWTCORR.TAB).

In principe is de totale atmosferische N-depositie voor landbouw per gemeente nodig. Beschikbaar is echter de gemiddelde atmosferische N-depositie per grid van 5 km. De gemiddelde atmosferische N-depositie per gemeente wordt "geresampled" uit het 5 km grid. Deze gegevens zijn beschikbaar voor elk jaar in de periode 1980-1996 (Bleeker en Erisman, 1997). Ook voor de "toekomstverkenningen" jaren zijn schattingen beschikbaar berekend op basis van scenario's voor de ontwikkeling van de N-emissies in de toekomst. De atmosferische N-depositie op bos is groter dan op landbouw. De bijdrage van atmosferische N-depositie in de totale aanvoer van N op landbouwgrond is echter zo klein, dat systematische fouten verwaarloosbaar zijn.

De uitvoer van NLOAD bestaat uit een tabel met gemeente, gewas, grondsoort en nitraatuitspoeling (NLOADXX.OUT). Deze wordt middels de programma's TAB1, TAB2A en TAB2B omgezet in een aantal resultaat tabellen. Dit zijn ook FORTRAN programma's, die op een PC-platform draaien. Eén van de resultaten is de tabel TAB2AXX.OUT, waarin de percentuele verdeling van de oppervlakte per gewastype en grondsoort over nitraatconcentratie klassen.

#### *Visualisatie van de resultaten.*

Voor de presenteren van de resultaten in de vorm van een kaart kan het uitvoerbestand van het NLOAD d.m.v. macro NLOAD\_OUT gekoppeld worden aan het basis 50 meter grid. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het hulpbestand (NLOADXX), dat door macro NLOAD\_IN is aangemaakt. Door de slechte aansluiting van de gemeente-gewas-grondsoort combinatie tussen de bemestingsgegevens en de geografische bestanden bevat de 50 meter gridkaart veel plekken waarvoor geen uitspoelingsgegevens beschikbaar zijn. De 50 meter gridkaart is bovendien groot en onhandelbaar. Met de macro NO3XX500M is de 50 meter gridkaart omgezet naar een 500 meter gridkaart. De functie van een vergelijkbare macro (NO3CXX500M) is onduidelijk. Bij deze omzetting is voor elk 500 meter gridcel het gemiddelde van de onderliggende 50 meter gridcellen genomen. Door de omzetting van het 50 meter grid naar een 500 meter grid verdwijnt een groot deel van de 'lege' plekken in de kaart.

## 5. CONCLUSIES

- De huidige versie van NLOAD (NLOAD\_MB) is conceptueel beter dan de versie, die voor MV/2 is gebruikt, met name door verlaging van de basisuitspoeling.
- NLOAD\_MB geeft betere resultaten dan NLOAD bij een vergelijking met de resultaten van veldonderzoek. NLOAD\_MB onderschat de uitspoeling bij een extreem hoge bemestingsintensiteit. Het model kon worden gevalideerd voor beweide en gemaaid grasland op zandgrond. Voor de overige vormen van grondgebruik en grondsoort is het model niet gevalideerd. De modelresultaten hebben in het algemeen slechts indicatieve betekenis, d.w.z. goed te gebruiken voor kwalitatieve interpretatie (alleen de richting en de orde van grootte). De modelresultaten voor grasland op zandgrond zijn ook goed te gebruiken als kwantitatieve schattingen.
- De programma's voor extrapolatie (EXPLEI) en vruchtwisseling (ROTATIE) zijn goed bruikbaar voor het genereren van ontbrekende gegevens over de bemesting. Het programma AGGLOAD, dat de gemiddelde nitraatuitspoeling voor de vruchtwisselingsgewassen berekend, is minder effectief voor het opvullen van ontbrekende gegevens over de bemesting.
- Door middeling van de bemesting, en dus de uitspoeling, van de verschillende akkerbouwgewassen in vruchtwisseling, wordt het areaal met overschrijding van de grondwaternorm voor nitraat onderschat. Dit komt doordat in een specifiek jaar een deel van het vruchtwisselingsareaal bezet zal zijn met gewassen met een hoge uitspoeling.
- De verdeling van de oppervlakte landbouwgrond over de verschillende combinatieklassen van grondgebruik en grondsoort is zeer gevoelig voor de resolutie van geografische gegevens.
- De berekende fracties oppervlakte boven de grondwaternorm op nationale schaal zijn meestal niet gevoelig voor de resolutie van de geografische gegevens. Bij akkerbouw op zandgrond heeft de resolutie echter een grote invloed op de resultaten.
- De GIS-applicaties en geografische gegevens, die worden gebruikt om NLOAD op nationale schaal toe te passen, zijn niet optimaal. Er is behoefte aan actualisering van geografische gegevens en het verbeteren (consistent maken) van de koppelingen tussen de verschillende bestanden.

## REFERENTIES

Bleeker en J.W. Erisman (1997) Depositie van verzurende componenten in Nederland in de periode 1980-1995. RIVM-rapport 722108018

Boesten, J.J.T.I. (1986) Behaviour of herbicides in soil: simulation and experimental assessment. Doctoral thesis, Institute for Pesticide Research, Wageningen

Boumans L.J.M., C.R. Meinardi en G.J.W. Krajenbrink (1989) Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. RIVM-rapport 728472013, Bilthoven

Boumans L.J.M. en D. Fraters (1995) De kwaliteit van het bovenste grondwater. in: H.F.M. Aarts (ed.); Weide- en voederbouw op De Marke: op zoek naar de balans tussen produktie en emissie.

Breeuwsma A., J.P. Chardon, J.F. Kragt en W. de Vries (1991) Pedotransfer functions for denitrification. In: CEC, Proceedings of the final workshop on "Nitrate in Soils", held in Wageningen, 17-19 December 1990

Bronswijk J.J.B., W. Hamminga en K. Oostindie (1995) Nitraatuitspoeling uit kleigronden en consequenties voor het oppervlaktewater, H<sub>2</sub>O (28) nr. 4

CHO-TNO (1987) Evaporation and weather, Proceedings and information No. 39, TNO Committee on Hydrological Research, Hooghart J.C. (ed.)

Deenen P.J.A.G. (1994) Nitrogen use efficiency in intensive grassland farming. Thesis Wageningen.

DGM/IPO/VNG (1988) Basis voor mestregelgeving in grondwaterbeschermingsgebieden. Werkgroep Diffuse Verontreinigingen van het DGM/IPO/VNG overleg, VROM

Dorenbosch M.M. (1987) Dosering en uitspoeling van stikstofmeststoffen, een onderzoeksanalyse. Afdeling Milieubiologie, Rijks Universiteit Leiden

Drecht G. van, F.R. Goossensen, M.J.D. Hack-ten-Broeke, E.J. Jansen en J.H.A.M. Steenvoorden (1991) Berekening van de nitraatuitspoeling naar het grondwater m.b.v. eenvoudige modellen, RIVM-rapport: 724901003

Drecht G. van (1993) Berekening van de nitraatbelasting van het grondwater, Achtergronddocument bij de Nationale Milieuverkenning 2 1990-2010, RIVM-rapport 714901001

Drecht G. van (1993) Modelling of regional scale nitrate leaching from agricultural soils, The Netherlands, in: Applied Geochemistry, Suppl. Issue, nr 2, pp. 175-178

Dijk T.A. van (1985) De uitspoeling van mineralen op bouwland waaraan jaarlijks drijfmest wordt toegediend. Verslag van een achtjarige lysimeterproef. IB-DLO rapport 2-85, Haren, 61 pp.

Gehrels, J.C. (1995) Niet-stationaire grondwatermodellering van de Veluwe; Een studie naar de invloed van grondwaterwinning, inpoldering en verloofing op de grondwaterstand sinds 1951. Vrije Universiteit Amsterdam

Goossensen F.R. en A. van den Ham (1992) Rekenregels voor de berekening van de nitraatuitspoeling, model NITRIKC, pub. nr 33, IKC Ede

Haan M.H.A. de en N.W.M. Ogink (eds) (1994) Naar veehouderij en milieu in balans, 10 jaar FOMA onderzoek. Serie: Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 19 (rundvee)

Hack-ten Broeke M. en W.J.M. de Groot, 1995; De uitspoeling van nitraat naar het grondwater. In: H.F.M. Aarts (ed.) Weide- en voederbouw op De Marke: op zoek naar de balans tussen productie en emissie.

Hack-ten Broeke M.J.D., A.H.J. van der Putten, W.J. Corré en J. Hassink (1996) Stikstofverliezen naar het milieu. In: Stikstof in beeld, naar een nieuw bemestingsadvies op grasland. FOMA 1985-1996

HELP (1978) Methode voor de evaluatie van landinrichtingsplannen; Werkgroep Herziening Evaluatie Landinrichtingsplannen, Utrecht

HELP-tabel, werkgroep HELP-tabel (1987) Invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Rapport van de Werkgroep HELP-tabel. Mededelingen van de Landinrichtingsdienst nr. 176, Utrecht

Hendriks J.H.W. en W.J. ter Keurs (1992) Stikstofbelasting oppervlaktewater door snel stikstoftransport op klei- en veengronden. Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden, H2O-25, 1992-6

Hilhorst G.J. (1995) Ervaringen met de weide- en voederbouw. In: H.F.M. Aarts (ed.); Weide- en voederbouw op De Marke: op zoek naar de balans tussen productie en emissie.

Jansen E.J., W.A. De Boer en J.H.A.M. Steenvoorden (1990) Vermindering van de nitraatuitspoeling uit landbouwgronden. In: A. Breeuwsma en H.A.C. Verkerk Milieueffecten van nitraat en fosfaat uit dierlijke mest: problemen en oplossingen 35-50. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 7. DLO, Wageningen

KNMI maandoverzicht van het weer, jaargangen 1985 t/m 1994

Kolenbrander G.J. (1981a) Leaching of Nitrogen in Agriculture and

Kolenbrander G.J. (1981b) Limits to the spreading of animal excrement on agricultural land.

In: Nitrogen Losses and Surface Runoff from Landspreading of Manures. Developments in Plant and Soil Sciences, Vol. 2 J.C. Brogan ed..

Kroes, J.G. (1993) Resultaten van onderzoek naar de vermindering van nitraatuitspoeling bij landbouwgronden. Rapport 268. Staring Centrum, Wageningen

Kroes J.G., W.J.M. de Groot, J. Pankow en A. van de Toorn (1996) Kwantificering van de nitraatuitspoeling bij landbouwgronden. SC-DLO-rapport 440, Wageningen

Laat, P.J.M de (1985) MUST - a simulation model for unsaturated flow. Report series no 16. International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft

Lammers H.W., T.A. van Dijk, Ch. H. Henkens, G.J. Kolenbrander, P.E. Rijtema en K.W. Smilde (1983) Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. CAD voor bodemaangelegenheden in de landbouw, Wageningen

Lammers H.W., T.A. van Dijk, Ch. H. Henkens, G.J. Kolenbrander, P.E. Rijtema en K.W. Smilde (1984) De relatie tussen rundveebezetting per ha grasland, de mestproductie en de gevolgen van het gebruik van deze mest. CAD voor bodemaangelegenheden in de landbouw, Wageningen

Loonen J.W.G.M. en W.E.M. Bach-deWit (eds.) (1996) Stikstof in beeld, Naar een nieuw bemestingsadvies voor grasland. Serie: Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 20; FOMA 1985-1996

Maas R.J.M (red.) (1991) Nationale Milieuverkenning 2 1990-2010 RIVM, Bilthoven

Meer H.G. van der, R.J. Unwin, T.A. van Dijk and G.C. Ennik (eds) (1987) Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or waste ?. Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, 31 Aug - 3 Sep. 1987, Martinus Nijhoff Publishers



Meer H.G. van der, (1991) Stikstofbenutting en -verliezen van gras en maïsland. Stand van zaken in het onderzoek naar de stikstofproblematiek van gras- en maïsland. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 10. DLO, Wageningen

Meinardi C. (1994) Groundwater recharge and travel times in the sandy regions of the Netherlands, thesis UVA, RIVM report nr. 715501004

Meinardi, C.R. en G.A.P.H. van den Eertwegh (1995) Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland, deel I: Resultaten van het veldonderzoek, RIVM-rapport 714901007

Meinardi, C.R. en G.A.P.H. van den Eertwegh (1997) Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland, deel II: Resultaten van het veldonderzoek, RIVM-rapport 714901007

Middelkoop J.C. van, D.J. den Boer, D.W. Bussink en L.J.M. Boumans (1995) Emissiebeperking in de melkveehouderij, verslag C94.20, NMI, Wageningen

RIVM (1992) MilieuDiagnose 1991,  
deel I: Integrale rapportage Lucht-, bodem- en grondwaterkwaliteit  
deel II: Luchtkwaliteit  
deel III, Bodem en Grondwaterkwaliteit, blz 18

RIVM/RIZA (1991) Sustainable use of groundwater, problems and threats in the European Communities, RIVM report No. 600025001, RIVM, Bilthoven

RIVM (1992a) The environment in Europe, a global perspective, Rep. no. 481505001, Bilthoven

RIVM (1993a) Milieurapportage 1993; deel I: Integrale rapportage stikstof

RIVM (1993) Nationale Milieuverkenning 3 1993-2015, RIVM, Bilthoven

RIVM (1995) Achtergronden bij de Milieubalans 1995, RIVM, Bilthoven

RIVM (1996) Achtergronden bij de Milieubalans 1996, RIVM, Bilthoven

Schröder J. (1985) De invloed van grote giften rundveedrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze, proefveld op zandgrond, periode 1974-1982, Verslag nr. 31, PAGV, Lelystad, 49 pp.

Schröder J. en K. Dilz (1988) Snijmaïs met dierlijke en minerale mest. Meststoffen 1-1988, NMI, 's-Gravenhage

Steenvoorden J.A.H.M. (1988) Vermindering van stikstofverliezen naar grond- en oppervlaktewater. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, nota 1849, Wageningen

Steur, G.G.L., F. de Vries en C. van Wallenburg (1985) Bodemkaart van Nederland, schaal 1:250000, Staring Centrum DLO, Wageningen

Thunnissen, H., R. Olthof, P. Getz en L. Vels (1992) Grondgebruiksdatabank van Nederland, vervaardigd met behulp van Landsat Thematic Mapper opnamen. Rapport 168, SC-DLO, Wageningen

Vries F. de en C. van Wallenburg (1990) Met de nieuwe grondwatertrappenindeling meer zicht op het grondwater. Landinrichting 1990/30 1, blz 31-36

Wiggers A.J., C.H.E. Werkhoven en J.H.A.M. Steenvoorden (1986) Advies beperking uitrijperiode dierlijke meststoffen. Wageningen

Wit N.H.S.M. de en W. Bleuten (1986) Inventarisatie van de vermessing van het ondiepe grondwater in de provincie Utrecht. Rapport van de vakgroep fysische geografie, RUU, Utrecht

## **Bijlage A: HET LANGJARIG GEMIDDELDE NEERSLAGOVERSCHOT**

### **Inleiding**

Het neerslagoverschot is het verschil tussen de neerslag en de verdamping. Het neerslagoverschot wordt gebruikt om een schatting te maken van de te verwachten concentratie aan nitraat-stikstof (nitraat\_N) in het bovenste grondwater op basis van de door model NLOAD berekende de nitraat\_N uitspoeling. De berekende nitraat\_N uitspoeling geldt als gemiddelde over een lange termijn. Voor het schatten van de gemiddelde nitraat\_N concentratie dient dan ook het langjarig gemiddelde neerslagoverschot gebruikt te worden. In een eerdere toepassing van NLOAD (Drecht, 1993) is gebruik gemaakt van langjarig gemiddelde gegevens van neerslag en verdamping, zoals gepubliceerd door het KNMI. Het gebruikte model voor de gewasverdamping is gebaseerd op berekeningen van de verdampingsreductie met het LAMOS-model, een derivaat van het MUST-model (De Laat et al. 1985). De resultaten daarvan zijn verwerkt in de z.g. HELP-tabellen (Werkgroep HELP-tabel, 1987).

In dit rapport wordt beschreven hoe het langjarig gemiddelde neerslagoverschot wordt berekend. De aanleiding voor het opnieuw berekenen van het neerslagoverschot waren de in 1993 beschikbaar gekomen nieuwe geografische bestanden van de 30-jarig gemiddelde neerslag en referentiege-  
wasverdamping. De gegevens voor deze geografische bestanden zijn afkomstig van het KNMI en de bewerking van de bestanden is uitgevoerd door G. van de Eertwegh en G. van Drecht. Met behulp van deze gegevens werd in 1993 een nieuw landsdekkend beeld van het gemiddelde neerslagoverschot berekend (Meinardi, 1994). Het model voor de berekening van het neerslagoverschot is enigszins gewijzigd en de getalswaarden voor de parameters waren ook aan verbetering toe.

### **Gegevens van de neerslag en de verdamping**

Er is gebruik gemaakt van districtgemiddelde waarden van de neerslagsom per decade, zoals gepubliceerd in de maandoverzichten van het weer (KNMI, 1973-1994). Er zijn vijftien weerdistricten in Nederland. Een maand bevat drie decaden. De eerste twee duren 10 dagen en de laatste duurt 8 à 11 dagen, afhankelijk van de maand. De decadesommen van de neerslag zijn afgerond op hele millimeters. Als geen meting is verricht is dat genoteerd met een decimale punt. Aangenomen is dat de neerslag dan verwaarloosbaar is.

Per district is een hoofdstation gekozen voor de open-water verdamping volgens Penman. Decadesommen van de Penman-verdamping zijn afgerond op hele millimeters. Vanaf april 1987 wordt niet de Penman-verdamping, maar de referentiege-  
wasverdamping of Makkink-verdamping door het KNMI gepubliceerd in tienden van mm/decade voor 21 stations. Om aansluiting te krijgen met de voorgaande jaren is de Penman-verdamping geschat uit de Makkink-verdamping. Bij benadering geldt: Makkink = 0.8 Penman (CHO-TNO, 1987). Uit de beschikbare stations zijn representatieve stations gekozen voor de districten.

Tabel A1 Districten en hoofdstations van het KNMI

tot maart 1987	vanaf april 1987 t/m dec. 1990	vanaf 1991
1 De Kooy	idem	idem
2 Leeuwarden	idem	idem
3 Eelde	idem	idem
4 Hoorn (NH)	Wieringerwerf	Hoorn
5 Lelystad (VV)	Biddinghuizen	Lelystad
6 Twente (VB)	idem	idem
7 Schiphol	idem	idem
8 De Bilt	idem	idem
9 Winterswijk	Eibergen	Hupsel
10 Andel	Cabauw	Herwijnen
11 Vlissingen	idem	idem
12 Oudenbosch	Gilze Rijen	idem
13 Eindhoven	idem	idem
14 Venlo	Vredepeel	Arcen
15 Z. Limburg (LH)	idem	Beek

### Potentieel neerslagoverschot voor gras

Het potentiële neerslagoverschot is gelijk aan de neerslag verminderd met de potentiële verdamping. Het werkelijk neerslagoverschot is de neerslag verminderd met de actuele verdamping. Op basis van gemiddelde neerslag en de Penmanverdamping kan men het potentiële neerslagoverschot voor een standaardgewas berekenen. Hierbij wordt de potentiële verdamping van (kort) gras berekend als 80% van de Penmanverdamping. Het op deze manier voor 15 weerdistricten berekende potentiële neerslagoverschot geeft al een goede indruk van de regionale variatie (tabel A2).

Er blijken grote verschillen te zijn in de gemiddelde neerslag per district. In het centraal zandgebied (district 8) valt de meeste neerslag. In het noorden valt minder neerslag en in Zeeland en in het oosten van Noord-Brabant en midden Limburg valt de minste neerslag. De gemiddelde Penmanverdamping is in het zuidoosten iets groter dan in het midden en noorden van het land. De berekende potentiële verdamping van gras is groter dan voor bouwland en kleiner dan van bos. Daarom is het een goede schatting van het gemiddelde voor een regio, als het grondgebruik in de regio versnipperd is.

Tabel A2: Gemiddelde neerslag, potentiële verdamping en potentieel neerslagoverschot voor gras op zandgrond per district in de periode 1973-1994 in mm/jaar, alsmede de verhouding tussen het vochttekort gedurende de zomer t.o.v. het district De Bilt

district	neerslag (P)	Penman- verdamping (Eo)	potentiële verdamping gras (0.8Eo)	potentieel neerslag- overschot (P-0.8Eo)	correctie vochttekort (De Bilt)
1 De Kooy	795	709	567	228	1.12
2 Leeuwarden	804	661	529	275	1.03
3 Eelde	802	636	509	293	1.00
4 Hoom	818	709	567	251	1.09
5 Lelystad	788	697	557	231	1.13
6 Twente	787	645	516	271	1.03
7 Schiphol	831	715	572	258	1.09
8 De Bilt	838	665	532	307	1.00
9 Winterswijk	771	662	529	242	1.08
10 Herwijnen	792	686	549	243	1.09
11 Vlissingen	775	756	604	171	1.23
12 Gilze Rijen	805	690	552	253	1.08
13 Eindhoven	769	697	557	212	1.14
14 Venlo (Arcen)	725	687	550	175	1.20
15 Zuid Limburg	795	694	555	240	1.06
gemiddelde	793	687	550	243	1.09

### Potentieel neerslagoverschot per gewas

De verdamping van water van een begroeid grondoppervlak (evapotranspiratie) is de som van interceptieverdamping, verdamping van het grondoppervlak en de transpiratie van het gewas (De Laat, 1985). De verdampingsvraag van de atmosfeer is geschat op basis van de open water verdamping volgens Penman (de Penmanverdamping). De potentiële verdamping is de verdamping van een droog begroeid grondoppervlak, waarbij het vochttransport in de bovengrond geen weerstand van betekenis ondervindt (De Laat, update programme MUST, 1985). Het vochtgehalte in de grond is dan bijna verzadigd (vochtgehalte bij  $pF < 1$ ).

De potentiële verdamping is berekend m.b.v. gewasfactoren (werkgroep HELP-tabel, 1987 of CHO-TNO, 1987). Gemiddelde gewasfactoren zijn gegeven per decade voor het groeiseizoen, dat per gewas verschillend kan zijn. De beschikbare Penmanverdamping per decade over een periode

van 30 jaar is vermenigvuldigd met de gewasfactoren per gewas. Op deze manier is de totale potentiële verdamping over 30 jaar per gewas berekend. Delen door de totale Penmanverdamping over 30 jaar levert een gewogen gemiddelde gewasfactor per gewas op (tabel A3). Bij gebrek aan gegevens zijn de gemiddelde gewasfactoren voor loofhout en naaldhout gerelateerd aan die van gras. De berekeningen zijn uitgevoerd met het FORTRAN-programma "HELP" (bijlage B). De berekeningsresultaten komen vrij goed overeen met die van Gehrels (1995).

Bij gras is de verdamping van het grondoppervlak verwaarloosbaar. Bij bouwland is de potentiële verdamping van de grond een deel van de potentiële verdamping. De gewasfactor voor schaars begroeide kale grond of braakliggende landbouwgrond is geschat op 0,3 (CoGroWa, 1984). Hiermee wordt een goede schatting van de *werkelijke* verdamping van het grondoppervlak verkregen. De gewasfactor voor de potentiële verdamping van een nat grondoppervlak is hoger (De Laat (1985): 1; Boesten (1986): 0.9). Maar als men een hogere waarde voor de "gewas"-factor voor kale grond neemt, zal men ook een model moeten hebben voor de werkelijke verdamping van het grondoppervlak. Met de praktijkwaarde 0.3 wordt een verdamping van ca. 200 mm/jaar berekend voor kale grond (tabel A3). Dit wordt beschouwd als een goede schatting voor zandgronden. Boesten (1986) berekent voor het zomerhalfjaar van 1982 een grondverdamping van ca. 200 mm voor een proefveld met zeer fijn lemig zand met zeer goede capillaire eigenschappen. Voor leem-, löss-, klei- en veengronden zou 200 mm voor het hele jaar wel eens 100 mm te weinig kunnen zijn.

Tabel A3: Gemiddelde potentiële verdamping en potentieel neerslagoverschot per gewas in district 8 (De Bilt) over de periode 1973-1994; neerslag (P): 838 mm/jaar en Penmanverdamping (Eo): 665 mm/jaar; F = gewasfactor:  $E_p/E_o$ ; G = verhouding  $E_p$  groeiseizoen/hele jaar.

gewas	groeiseizoen (decade- nummer)	potentiële verdamping		F [-]	G [-]	potentieel neerslagoverschot (P- $E_p$ )
		groeiseizoen	hele jaar ( $E_p$ )			
gras	10-27	447	532	0.80	0.84	307
maïs	14-27	402	467	0.70	0.86	372
aardappel	15-25	330	421	0.63	0.79	418
suikerbiet	13-27	376	429	0.65	0.88	409
graan	10-22	328	395	0.59	0.83	443
akkerbouw		348	415	0.62	0.84	423
fruit(bomen)	10-27	619	651	0.98	0.95	188
kale grond	13-27	146	199	0.30	0.73	639
loofhout	10-27	447	532	0.80	0.84	307
naaldhout	10-27	559	665	1.00	0.84	174

## Werkelijk neerslagoverschot per gewas

Het werkelijke neerslagoverschot is het potentiële neerslagoverschot vermeerderd met het vochttekort. Langjarig gemiddelde vochttekorten zijn berekend in het kader van de HELP-studie (HELP, 1978). Door de werkgroep HELP-tabel (1987) van de Landinrichtingsdienst zijn de rekensommen nog eens overgedaan met het LAMOS-model, ofwel MUST-model (De Laat, 1985). In de HELP-tabellen is het vochttekort getabelleerd voor grasland en bouwland op een groot aantal verschillende bodemprofielen en Gt's. Het vochttekort (door droogte) gedurende het groeiseizoen uitgedrukt als percentage van de potentiële verdamping van het groeiseizoen wordt het verdampingsreductie-percentages genoemd. Dit percentage blijkt voor grasland en bouwland ongeveer gelijk te zijn. Neem bijvoorbeeld een podzolgrond in matig fijn zwak lemig zand met een matig dikke humushoudende bovengrond en een Gt VII\*. Voor grasland en bouwland worden percentages vermeld van respectievelijk 27% en 26% (tabellen G7 en B7 van bijlage 2.1 en 2.2 van het rapport HELP-tabellen). Het maakt dus weinig uit of de tabellen voor grasland dan wel bouwland worden geraadpleegd (men zou ook het gemiddelde kunnen nemen).

De getabelleerde vochttekorten zijn berekend voor een periode van 30 jaar voor De Bilt. Het vochttekort is mede bepaald door de hoeveelheid neerslag en de potentiële verdamping. Voor regionale verschillen in de neerslag en potentiële verdamping kan gecorrigeerd worden. Door de werkgroep HELP-tabellen is geadviseerd om het vochttekort voor Zeeland (district 11) en de Wadden (district 1) met 30% te verhogen. Voor Noord-Brabant en noord- en midden-Limburg (districten 12,13 en 14) is geadviseerd om het vochttekort met 10% te verhogen. Met hulp van het KNMI is door van de Eertwegh een ruimtelijk beeld van de gemiddelde neerslag en referentie-verdamping samengesteld, zodat het nu mogelijk is om het vochttekort op elke plaats te corrigeren op basis van de verschillen in de neerslag en de potentiële verdamping in vergelijking met district 8 (De Bilt). In tabel A2 is een correctiefactor gegeven als het product van de lineaire correctiefactoren voor de neerslag en de potentiële verdamping.

Op basis van de HELP-tabellen is een formule voor het langjarig gemiddelde vochttekort afgeleid. In deze formule worden indelingen van de grondsoort, gewas en grondwatertrap gebruikt zoals weergegeven in tabel A4. De verdampingsreductie-fracties voor landbouwgewassen op zeven grondsoorten zijn afgeleid uit de HELP-tabellen voor grasland (tabel A5). Voor naaldbos en loofbos wordt aangenomen dat de verdampingsreductie-fracties half zo groot zijn als voor landbouwgewassen. Dit is gebaseerd op het permanente en dieper gaande wortelstelsel van bos. De formule is in FORTRAN-code geprogrammeerd (programma OVER, bijlage B).

Formule voor berekening van het vochttekort:

$$\text{vochttekort} = C(P, E_o) \cdot R(\text{grond}, G_t) \cdot G(\text{gewas}) \cdot F(\text{gewas}) \cdot E_o$$

met:

vochttekort = langjarig gemiddelde vochttekort door droogte [mm/j]

$C(P, E_o)$  = correctie voor het verschil in neerslag en Penmanverdamping,

Voor district x wordt dit als volgt berekend:

$$C[P(x), E_o(x)] = [P(8)/P(x)] \cdot [E_o(x)/E_o(8)], \text{ met}$$

$P(x), P(8)$  = neerslag in resp. district x en De Bilt (district 8);

$E_o(x), E_o(8)$  = Penmanverdamping in resp. district x en De Bilt

$R(\text{grond}, G_t)$  = fractie vochttekort in het groeiseizoen van de potentiële verdamping in het groeiseizoen als functie van grondsoort en grondwatertrap; of wel verdampingsreductie volgens HELP-tabel

$G(\text{gewas})$  = verhouding potentiële verdamping groeiseizoen/hele jaar (tabel A3), berekend m.b.v. programma HELP (zie bijlage B)

$F(\text{gewas})$  = fractie potentiële verdamping (hele jaar) van de Penmanverdamping; of wel gemiddelde gewasfactor (zie tabel A3), berekend m.b.v. programma HELP

Tabel A4 Vormen van grondgebruik (LGN, Thunnissen et al , 1992), grondsoort (bodemkaart) en grondwatertrap (classificatie van 1977, De Vries en Van Wallenburg, 1990)

grondgebruik	grondsoort	grondwatertrap nr en code
1 gras	1 veen (laagveen)	10 I
2 maïs	2 zand	20 II droog: 21 II*
3 aardappelen	3 zeeklei (zklei)	30 III droog: 31 III*
4 bieten	4 rivierklei (rklei)	40 IV
5 graan	5 oude klei (oklei)	50 V droog: 51 V*
6 akkerbouw	6 leem (löss)	60 VI
7 braak (landbouw)	7 dalgrond (moerige gronden)	70 VII droog: 71 VII*
8 tuinbouw		80 VIII (=VII*)
12 heide		
13 loofbos		
14 naaldbos		



Tabel A5 Verdampingsreductie-fracties van de potentiële verdamping van landbouwgewassen in het groeiseizoen; voor bos wordt de helft gebruikt. toelichting: veengrond (Vz); dalgrond, moerige zandgrond (iW); zandgrond (Hn21); rivierklei (Rn95A); leem, loss, oude klei, zeeklei (Mn25A)

Gt nr	Gt code	verdampingsreductie-fractie van de potentiële verdamping in het groeiseizoen						
		veen	zand	zklei	rklei	oklei	leem	dalgrond
20	II	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
21	II*	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03
30	III	0.07	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06
31	III*	0.08	0.05	0.01	0.02	0.01	0.01	0.07
40	IV	0.08	0.05	0.01	0.02	0.01	0.01	0.07
50	V	0.15	0.09	0.02	0.04	0.02	0.02	0.14
51	V*	0.17	0.12	0.02	0.06	0.02	0.02	0.17
60	VI	0.23	0.17	0.03	0.09	0.03	0.03	0.24
70	VII	0.31	0.22	0.06	0.15	0.06	0.06	0.33
71	VII*	0.31	0.27	0.12	0.33	0.12	0.12	0.33
80	VIII	0.31	0.27	0.12	0.33	0.12	0.12	0.33



```

data (cf(4,i),i=1,36)/.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.4,.4,
&.4,.6,.8,.8,.9,.9,.9,1,1,1,.9,.9,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,3/
data (cf(5,i),i=1,36)/.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.5,.6,.7,.8,.8,
&.8,.9,.9,.9,.8,.7,.6,.5,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,3/
data (cf(6,i),i=1,36)/.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.8,.8,.8,1,1,1,1,
&1,1,1,2,1,2,1,2,1,3,1,3,1,3,1,1,1,1,1,1,1,1,.3,.3,.3,.3,.3,.3,
&.3,.3/
data (cf(7,i),i=1,36)/1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,
&1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1/
data (cf(8,i),i=1,36)/.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,
&.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,.3,3/

```

c growing season:

c decade 10 = 1-10 april

c decade 27 = 21-30 september

c gras(1) maize potatoes sugarbeet cereals fruit dummy, bare soil(8)

c begin: 1 2 3 4 5 6 7 8

```
data b/10,14,15,13,10,10,13/
```

c end:

```
data e/27,27,25,27,22,27,27,27/
```

c day number of soil cover sc(veg,1,n) (MUST model (De Laat, 1985)

```
data (sc(1,1,i),i=1,7) /1,60,120,180,210,270,367/
```

```
data (sc(2,1,i),i=1,7) /1,130,167,190,260,290,367/
```

```
data (sc(3,1,i),i=1,7) /1,130,142,176,232,260,367/
```

```
data (sc(4,1,i),i=1,7) /1,139,154,182,260,335,367/
```

```
data (sc(5,1,i),i=1,7) /1,80,157,175,220,366,367/
```

```
data (sc(6,1,i),i=1,7) /1,90,150,260,320,366,367/
```

```
data (sc(7,1,i),i=1,7) /1,60,120,180,210,270,367/
```

```
data (sc(8,1,i),i=1,7) /1,60,120,180,210,270,367/
```

c soil cover fraction sc(veg,2,n), n=number of pairs

```
data (sc(1,2,i),i=1,7) /1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0/
```

```
data (sc(2,2,i),i=1,7) /0.0,0.0,0.1,1.0,1.0,0.0,0.0/
```

```
data (sc(3,2,i),i=1,7) /0.0,0.0,0.1,1.0,1.0,0.0,0.0/
```

```
data (sc(4,2,i),i=1,7) /0.0,0.0,0.07,1.0,1.0,0.0,0.0/
```

```
data (sc(5,2,i),i=1,7) /0.0,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,0.0/
```

```
data (sc(6,2,i),i=1,7) /0.2,0.2,1.0,1.0,0.2,0.2,0.2/
```

```
data (sc(7,2,i),i=1,7) /1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0/
```

```
data (sc(8,2,i),i=1,7) /0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0/
```

c NARGS, GETARG and INDEX are not standard fortran-77 routines

```
narg=NARGS()
vegtyp=1
start=b(vegtyp)
end=e(vegtyp)
y1=0
y2=2000
yb=2000
ye=0
red=1.0

do 5 i=1,narg-1
call getarg(i,clarg,nchar)
nr=index(clarg,'=')
key=clarg
value=' '
if(nr.gt.0)then
key=clarg(1:nr-1)
if(nr.lt.nchar)value=clarg(nr+1:nchar)
endif
if(key.eq.'y1')then
y1=int(atof(value))
elseif(key.eq.'y2')then
y2=int(atof(value))
elseif(key.eq.'red')then
red=atof(value)
elseif(key.eq.'vegtyp')then
vegtyp=int(atof(value))
else
write(6,*)'USAGE: HELP [vegtyp=nr y1=year y2=year ...] < input'
write(6,*)'vegtyp: grass(1), maize(2), potatoes(3), sugar beet(4)'
write(6,*)'      cereals(5), crop_factor=1(6), fruit trees(7),'
write(6,*)'      bare soil (8), default: grass (1)'
write(6,*)'y1: select data of P and Eo from 1 jan. of year y1'
write(6,*)'y2: select data of P and Eo before 31 dec of year y2'
write(6,*)'red: reduce potential soil evap. to red*es (def:1.0)'
write(6,*)'input: data of Precipitation and Eo per decade in cm'
stop
```

```

endif
5  continue
   start=b(vegtyp)
   end=e(vegtyp)
c
c initialize
c
   psom=0
   pensom=0
   epsom=0
   esgrow=0
   eswint=0
   etisom=0
   ny=0
1  read(5,*,end=20)y,P
   if(y.gt.y2)goto20
   read(5,*,end=20)y,Eo
   if(y.lt.y1)goto1
   ny=ny+1
   if(yb.gt.y)yb=y
   if(ye.lt.y)ye=y
   nd(6)=8
   if(mod(y,4).eq.0.and.y.ne.2000)nd(6)=9
   dayn=-6
   do 36 i=1,36
   dayn=dayn+nd(i)
   month=(i-1)/3+1
   datum=10*((i-3*((i-1)/3))-1)+1
c   prec=P(i)/nd(i)
c   penman=Eo(i)/nd(i)
   psom=psom+P(i)
   pensom=pensom+eo(i)
   epot=cf(vegtyp,i)*eo(i)
   epsom=epsom+epot
c interpolate soil cover fraction:
   do 10 k=1,6
   dn1=sc(vegtyp,1,k)
   dn2=sc(vegtyp,1,k+1)
   if(dayn.ge.dn1.and.dayn.le.dn2)goto12
10  continue

```

```

11  stop' no soil cover ?'
12  dist=dn2-dn1
    sc1=sc(vegtyp,2,k)
    sc2=sc(vegtyp,2,k+1)
    cover=((dayn-dn1)*sc2+(dn2-dayn)*sc1)/dist
    if(i.ge.start.and.i.le.end)then
c es in growing season is part of epot depending on cover
c esgrow = sum of es
    es=red*(1-cover)*epot
    esgrow=esgrow+es
c epot in growing season epot=eti+es
    eti=epot-es
    etisom=etisom+eti
    else
c es not in growing season is only part of epot (can be calibrated)
c in the case of permanent crops (grass, fruit) this is the sum of
c evaporation of the soil surface and interception
    es=red*epot
    eswint=eswint+es
    endif
36  continue
    goto 1
c end of file or period
20  continue

25  write(6,*)'years and nr of years      :',yb,ye,ny
    write(6,*)'crop                      :',vegtyp,crop(vegtyp)
    write(6,*)'growing season (gs)      :',start,end
    write(6,*)'precipitation, (P)       :',10*psom/ny
    write(6,*)'evaporation penman(Eo)   :',10*pensom/ny
    write(6,*)'Ep=F*Eo , Ep/Eo         :',10*epsom/ny,epsom/pensom
    write(6,*)'Eti (in gs), fract. of Ep :',10*etisom/ny,etisom/epsom
    write(6,*)'Es (in gs), fract. of Ep :',10*esgrow/ny,esgrow/epsom
    egrow=etisom+esgrow
    write(6,*)'epot(in gs), fract. of Ep :',10*egrow/ny,egrow/epsom
    write(6,*)'epot(not gs), fract. Ep  :',10*eswint/ny,eswint/epsom
    write(6,*)'Precip-excess (P-Epot)   :',10*(psom-egrow-eswint)/ny
    end

```

\* function atof(string): zie prog. MUL95

c Programmacode OVER (berekening gemiddeld neerslagoverschot)

c gecompileerd met MS-FORTRAN 5.1

c Gerard van Drecht, 1996, tel. 0302743369, RIVM, Bilthoven

c OVER berekent het langjarig gemiddelde vochttekort en neerslagoverschot

c als functie van grondsoort, Gt, gewastype, neerslag en penmanverdamping.

c

c model:

c vochttekort(mm)=  $C(P,E_o) * R(\text{bodem},G_t) * G(\text{gewas}) * F(\text{gewas}) * E_o$

c vochttekort (%)=  $C(P,E_o) * R(\text{bodem},G_t) * G(\text{gewas}) * F(\text{gewas}) * 100$

c C = correctiefactor voor verschillen in neerslag en verdamping,

c aangenomen is dat het vochttekort omgekeerd evenredig is met

c de neerslag en evenredig met de Penmanverdamping

c  $C = N(\text{debilt})/N(\text{plaatselijk}) * E_o(\text{plaatselijk})/E_o(\text{debilt})$

c  $E_o$  = Penmanverdamping, langjarig gemiddelde district De Bilt (mm/jaar)

c P = langjarig gemiddelde neerslagsom district De Bilt (mm/jaar)

c  $P(\text{debilt}, 1973-1994)=838$ ,  $E_o(\text{debilt}, 1973-1994)=665$  mm/jaar

c situatie Veluwe: zandgrond,  $G_t=VII^*$ , grasland,  $P(\text{plaatselijk}) = 920$  mm

c  $E_o= 665$  mm/j;  $R(\text{zand},VII^*)=0,27$  ;  $G(\text{gras})=0,84$ ;  $F(\text{gras})=0,80$

c  $C = 838/920 = 0,91$ ;

c vochttekort:

c zonder correctie voor de plaats =  $0,27*0,84*0,80*665 = 121$  mm/jaar

c met correctie voor de plaats =  $0,91*0,27*0,84*0,80*665 = 110$  mm/jaar

c 11 mm minder vochttekort t.g.v. 82 mm meer neerslag (in het hele jaar)

c In de zomer is ca 40 mm meer neerslag beschikbaar. Daarvan wordt dus 25%

c gebruikt voor opvulling van vochttekorten in de zomer.

c Bij loofhout en naaldhout wordt de verdampingsreductie berekend over

c de potentiële transpiratie van het groeiseizoen (dus niet over de

c interceptie verdamping die geschat wordt op 50% van de potentiële

c evapotranspiratie van het zomerseizoen).

c naaldbos:  $F(\text{naald})=1,0$ ;  $G(\text{naald})=0,84$ ;  $R= 0,5*0,27$

c vochttekort:

c zonder correctie voor de plaats =  $0,5*0,27*0,84*1,00*665 = 75$  mm/jaar

c met correctie voor de plaats =  $0,91*0,5*0,27*0,84*1,00*665 = 66$  mm/jaar

c 9 mm minder vochttekort t.g.v. 82 mm meer neerslag (in het hele jaar)

c Dit is ook ca 25% minder. Het lijkt weinig, maar men moet bedenken dat

c het meeste effect wordt bereikt door de halvering van het vochttekort

c van bos t.o.v. landbouw. En wel omdat geschat wordt dat ca de helft

c van de verdamping van bos gedurende de zomer plaatsvindt zonder  
c tussenkomst van de wortels.

c invoer factoren G en F in tabel fzg.dat

c invoer verdampingsreductiefactoren C in bestand help.dat (tabel A5)

c grondgebruik:

c 1=gras; 2=mais; 3=aard; 4=biet; 5=graan; 6= akker; 9=tuinbouw;

c 12= heide; 13=loofhout ; 14= naaldhout; 15= natuur; 17=bebouwd

c grondsoort:

c 1=veen; 2=zand; 3=zklei; 4=rklei; 5=oklei; 6=leem/loss; 7=dalgrond

c Gt:

c 10=I, 20=II, 21=II\*, 30=III, 31=III\* 40=IV, 50=V, 51=V\*, 60=VI, 70=VII, 71=VII\*

```
integer gewas,bodem,gt
```

```
real P,Eo,red,epot,eact,tek
```

```
dimension F(0:20),G(0:20),R(0:10,0:100)
```

```
do 1 gewas=0,20
```

```
F(gewas)=0.
```

```
G(gewas)=0.
```

```
1 continue
```

```
do 2 bodem=0,10
```

```
do 3 Gt=0,100
```

```
R(bodem,Gt)=0.0
```

```
3 continue
```

```
2 continue
```

```
open(unit=1,status='old',file='fzg.dat')
```

```
rewind 1
```

```
read(1,*)
```

```
5 read(1,*,end=6)gewas,G(gewas),F(gewas)
```

```
goto5
```

```
6 close(unit=1)
```

```
open(unit=1,status='old',file='help.dat')
```

```
rewind 1
```

```
read(1,*)
```

```
7 read(1,*,end=8)bodem,Gt,R(bodem,gt)
```

```
goto7
```

```
8 close(unit=1)
```

```
write(6,*)
```

```
&'gewas bodem Gt P Eo Epot V Eact P-Eo P-Epot P-Eact'
```

```
20 read(5,*,end=10)gewas,bodem,gt,P,Eo
```



```

c=1.
if(P.gt.0)c=(838./P)*(Eo/665)
if(gewas.eq.13.or.gewas.eq.14)c=0.5*c
red=C*R(bodem,Gt)*G(gewas)*F(gewas)*100
tek=0.01*red*Eo
if(tek.lt.0)tek=0
if(bodem.ne.0.and.red.eq.0)then
red=1
tek=1
endif
epot=0
eact=0
if(bodem.ne.0)then
epot=F(gewas)*Eo
eact=epot-tek
endif
write(6,18)gewas,bodem,Gt,P,Eo,epot,tek,eact,P-Eo,P-epot,P-eact
18  format(2i5,i6,8f6.0)
goto20
10  end

```

c Programmacode NLOAD (versie Nationale Milieuverkenning 2)

- \* gecompileerd met MS-FORTRAN 5.1
- \* Gerard van Drecht, LBG, 0302743369, RIVM, Bilthoven
  
- \* NLOAD predicts nitrate-N leaching from agricultural soils due to the
- \* application of manure, dung from grazing cattle and art. fertilizer.
- \* The model was derived from descriptions of a number of researchers. e.g.
- \* - Dorenbosch (1987): "Doserig en uitspoeling van stikstofmeststoffen,
- \* een onderzoeksanalyse"
- \* (Afd. Milieubiologie, RUL, Leiden, The Netherlands)
- \* - Rapport van de Werkgroep Diffuse Verontreinigingen of DGM/IPO/VNG (1988)
- \* (Dutch Institutions), The Hague, The Netherlands.
- \* - Kolenbrander (1981): "Leaching of Nitrate in Agriculture",
- \* in: Nitrogen Losses and Surface Runoff from landspreading of manures.
- \* Dev. in Plant and Soil Sciences, Vol. 2, 1981
- \* - Lammers (1983) "Gevolgen van het gebruik van organische mest op
- \* bouwland",
- \* - Lammers (1984) "De relatie tussen rundveebezetting per ha grasland,
- \* de mestproductie en de gevolgen van het gebruik van deze mest" CAD
- \*
- \* Research papers and reports:
- \* - Drecht G.van, et al. (1991) Berekening van de nitraatuitspoeling naar
- \* het grondwater m.b.v. eenvoudige modellen, Report nr: 724901003, RIVM
- \* - Drecht G.van (1993) Berekening van de nitraatbelasting van het
- \* grondwater, Achtergronddocument bij de 2e nationale milieuverkenning.
- \* - Drecht G.van (1993) Modelling of regional scale nitrate leaching from
- \* agricultural soils, The Netherlands, in: Applied Geochemistry, Suppl.
- \* Issue, nr 2, pp. 175-178
  
- \* short description of input and output of the program
- \* input file FATABLE:
- \* Distribution of animal manure over three periods of application that is:
- \* 1 Summer (eg. April - September),
- \* 2 Fall/Winter (eg. October - December),
- \* 3 Spring (eg. February- March)
- \* see also example-fatable-file that is obtained by running NLOAD
- \* Leaching of Nitrate-N from urine spots on grazed grassland is calculated
- \* separate from the leaching of the grassland without urine spots.
- \* The plant availability of the residual organic N-fraction in manure is

\* neglected. As a consequence no leaching is calculate from this mineral-N  
\* source. This can easily be changed in the program.

\* inputfile (STDIN):

\* The data input on STDIN contains 13 fields per record.

\* Nr of field: contents:

- \* 1 integer number of the municipality (1-999)
- \* 2 integer crop number (1=grass; 2=maize; 3=potatoes; 4=sugarbeet;  
\* 5=cereals; 6=other crops)
- \* 3 soil type number (1=peat; 2=sand; 3=marine clay; 4=riverclay;  
\* 5=tertiary clay; 6=loam; 7=other)
- \* 4 area (ha)
- \* 5 Dung N from grazing cattle (kg/ha/a), (\*\*\*)
- \* 6 Mineral N (Nm-fraction) from animal manure (kg/ha/a), (\*\*\*)
- \* 7 Organic N (Ne-fraction) from animal manure (kg/ha/a), mineralized  
\* within one year.
- \* 8 Organic N (Nr-fraction) from animal manure (kg/ha/a), mineralized  
\* slowly
- \* 9 P2O5 from animal manure and dung from grazing cattle (kg/ha/a)
- \* 10 K2O from animal manure and dung from grazing cattle (kg/ha/a)
- \* 11 Artificial N (fertilizer) application kg/ha/a
- \* 12 Artificial P2O5 (fertilizer) application kg/ha/a
- \* 13 Artificial K2O (fertilizer) application kg/ha/a
- \* (\*\*\*) excluding ammonia volatilization

```

implicit real(a-z)
character*20 clarg,key,flname
integer mun,crop,soil,p,i,j
integer nargs,narg,pos,nchar
dimension fat(0:6,0:7,3)

* fraction of slurry application per period in file FATABLE (default)
* This may be overruled by a commandline argument: fat=flname
  flname='fatable'
  narg=nargs()
  if(narg.gt.1)then
    call getarg(1,clarg,nchar)
    pos=index(clarg,'=')
    if(pos.gt.0)key=clarg(1:pos-1)
    if(key.eq.'fat'.or.key.eq.'FAT')then
      if(nchar.gt.pos)flname=clarg(pos+1:nchar)
    else
      write(6,*)'USAGE: NLOAD [fat=filename] < INFILE > OUTFILE'
      write(6,*)'filename=file including fatable-data'
      write(6,*)'INFILE=file including manuring data'
      write(6,*)'OUTFILE= file including nitrate leaching'
      stop
    endif
  endif

* array FAT (Fraction Application Time, sum <=1)
* 1 Summer (eg. April - September),
* 2 Fall/Winter (eg. October - December),
* 3 Spring (eg. February - March)

  do 4 crop=0,6
    do 4 soil=0,7
      do 4 p=1,3
        fat(crop,soil,p)=-1
4      continue
    open(unit=1,status='old',file=flname,err=5)
    goto6
5  continue
  write(6,*)'error reading FATABLE-file or file not found:',flname
  write(6,*)'This is an example FATABLE (distribution of manure)'
  write(6,*)

```

```

write(6,*)'crop soil summer fall/winter spring (crop on soil)'
write(6,*)'0 0 0 100 0 (* on *)'
write(6,*)'0 1 0 100 0 (* on peat)'
write(6,*)'1 0 0 100 0 (grass on *)'
write(6,*)'1 1 0 100 0 (grass on peat)'
write(6,*)'1 2 0 100 0 (grass on sand)'
write(6,*)'1 3 0 100 0 (grass on mclay)'
write(6,*)'2 1 0 100 0 (maize on peat)'
write(6,*)'2 2 0 100 0 (maize on sand)'
write(6,*)'2 3 0 100 0 (maize on mclay)'
write(6,*)'3 1 0 100 0 (potatoes on peat)'
write(6,*)'3 2 0 100 0 (potatoes on sand)'
write(6,*)'3 3 0 100 0 (potatoes on mclay)'
write(6,*)'USAGE: NLOAD [fat=filename] < INFILE > OUTFILE'
stop
6  rewind 1
* skip one line of text
  read(1,*)
3  read(1,*,end=2)crop,soil,pz,pn,pv
   if(pz.gt.1)pz=pz/100
   if(pn.gt.1)pn=pn/100
   if(pv.gt.1)pv=pv/100
   if(pz+pn+pv.gt.1.01)stop' FATABLE not correct!'
   fat(crop,soil,1)=pz
   fat(crop,soil,2)=pn
   fat(crop,soil,3)=pv
   if(crop.eq.0)then
   do 10 j=1,6
   fat(j,soil,1)=pz
   fat(j,soil,2)=pn
   fat(j,soil,3)=pv
10  continue
   endif
   if(soil.eq.0)then
   do 11 j=1,7
   fat(crop,j,1)=pz
   fat(crop,j,2)=pn
   fat(crop,j,3)=pv
11  continue
   endif

```

```

    if(soil.eq.0.and.crop.eq.0)then
    do 12 i=1,6
    do 13 j=1,7
    fat(i,j,1)=pz
    fat(i,j,2)=pn
    fat(i,j,3)=pv
13  continue
12  continue
    endif

    goto3
2   close(unit=1)

c process data on STDIN:
1   read(5,*,end=100)mun,crop,soil,area,Ndung,Nm,Ne,Nr,Pman,
    &          Kman,Nart,Part,Kart
    tot=ndung+Nm+Ne+Nr+nart
    if(crop.lt.1.or.crop.gt.6)goto1
    if(soil.lt.1.or.soil.gt.7)goto1
    if(fat(crop,soil,1).lt.0.)goto1
    if(crop.eq.1)then
    call Ngrass(fat,crop,soil,Ndung,Nm,Ne,Nr,Nart,Nload,NB)
    else
    call Ncrops(fat,crop,soil,Nm,Ne,Nr,Nart,Nload,NB)
    endif
    write(6,7)mun,crop,soil,area,Nload,tot,nb
7   format(i5,2i2,4f10.0)
    goto1
100 continue
    end

```

subroutine Ngrass(fat,crop,soil,Ndung,Nm,Ne,Nr,Nart,Nload,Nb)

- \* NLOAD (MV/2-version)
- \* predicts Nitrate-N leaching of grazed well-drained grassland
  
- \* next terms in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  as N
- \* BN = plant available\_N
- \* Nb = background leaching
- \* UBN = leaching due to fertilization
- \* UBNur= leaching from urine spots
- \* UNm = additional leaching from Nm source of animal manure
- \* UNe = additional leaching from Ne source of animal manure
- \* UNr = additional leaching from Nr source of animal manure
- \* UNmer= sum of UNm, UNe, UNr

implicit real(a-z)

integer p,soil,crop

dimension fat(0:6,0:7,3)

dimension fNmeff(3),fNeff(3),fNreff(3)

dimension fUNm(3),fUNe(3),fUNr(3)

c peat (low land peat)

if(soil.eq.1)then

Nb=3

pextra=0.2

fNmeff(1)=1.0

fNeff(1)=1.0

fNreff(1)=0.0

fNmeff(2)=0.0

fNeff(2)=1.0

fNreff(2)=0.0

fNmeff(3)=1.0

fNeff(3)=1.0

fNreff(3)=0.0

c sand, loam en peaty sand (reclaimed peat soils)

c improve if you know better

elseif(soil.eq.2.or.soil.eq.6.or.soil.eq.7)then

Nb=15

pextra=0.6

c summer

fNmeff(1)=1.0

```

    fNeff(1)=1.0
    fNreff(1)=0.0
c fall/winter
    fNmeff(2)=0.0
    fNeff(2)=0.75
    fNreff(2)=0.0
c spring
    fNmeff(3)=1.0
    fNeff(3)=1.0
    fNreff(3)=0.0
c clay (marine clay, river clay and old tertiary clay)
    elseif(soil.ge.3.and.soil.le.5)then
        Nb=5
        pextra=0.4
        fNmeff(1)=1.0
        fNeff(1)=1.0
        fNreff(1)=0.0
        fNmeff(2)=0.0
        fNeff(2)=1.0
        fNreff(2)=0.0
        fNmeff(3)=1.0
        fNeff(3)=1.0
        fNreff(3)=0.0
c room for more detailed models
    else
        stop' shit Ngrass: error in soil number'
    endif
c calculate additional leaching fractions in relation to plant available N
c for all application periods (p)

    do 24 p=1,3
        fUNm(p)=pextra*(1-fNmeff(p))
        fUNe(p)=pextra*(1-fNeff(p))
        fUNr(p)=pextra*(1-fNreff(p))
        fUNr(p)=0.
24 continue
c plant available_N (BN) and leaching from animal manure (UNmer)
    BN=Nart
    UNmer=0
    do 2 p=1,3

```



```
BN=BN+fat(crop,soil,p)*(Nm*fNmeff(p)+Ne*fNeeff(p)+Nr*fNreff(p))
UNmer=UNmer+fat(crop,soil,p)*(Nm*fUNm(p)+Ne*fUNe(p)+Nr*fUNr(p))
```

```
2 continue
```

- \* leaching fraction (fBN) of plant available\_N (BN) is a function of
- \* plant available\_N

```
call BNgras(soil,BN,fBN)
```

```
UBN = fBN * BN
```

- \* Grazing cattle produces dung-N, 80% of which is urine-N and 20% is faeces-N.
- \* About half of the urine\_N is lost by volatilization and denitrification. The rest is plant available,
- \* but is concentrated in urine spots (about 10% of the total grassland per year per cow
- \* (for dairy-farming).
- \* The total surface of urine spots (op) can be calculated from the application of dung\_N
- \* and the production of dung\_N per cow during the summer (73 kg N).

```
fNf = 0.2
```

```
fNu = 0.8
```

```
fNueff = 0.6
```

```
op=0
```

```
UBNur=0.
```

```
if(Ndung.gt.0.)then
```

```
op = 0.10*Ndung/73.
```

```
Nu = fNu * Ndung/op
```

```
Nueff = fNueff * Nu
```

```
BN=BN+Nueff
```

```
call BNgras(soil,BN,fBN)
```

```
UBNur=fBN * BN
```

```
endif
```

```
Nload=Nb+(1.-op)*UBN+UNmer+op*UBNur
```

```
return
```

```
end
```

```

subroutine BNgras(soil,BN,fBN)

implicit real(a-z)
integer soil
if(soil.eq.2.or.soil.eq.6.or.soil.eq.7)then
* sand:
  fBN=0.
  if(BN.gt.100) fBN=0.0 + .02*(BN-100)/100
  if(BN.gt.200) fBN=0.02 + .06*(BN-200)/100
  if(BN.gt.300) fBN=0.08 + .06*(BN-300)/100
  if(BN.gt.400) fBN=0.14 + .10*(BN-400)/100
  if(BN.gt.500) fBN=0.24 + .04*(BN-500)/100
  if(BN.gt.600) fBN=0.28 + .01*(BN-600)/100
  if(BN.gt.700) fBN=0.29
  elseif(soil.eq.3.or.soil.eq.4.or.soil.eq.5)then
* clay:
  fBN=0.
  if(BN.gt.100) fBN=0.0 + .01*(BN-100)/100
  if(BN.gt.200) fBN=0.01 + .01*(BN-200)/100
  if(BN.gt.300) fBN=0.02 + .03*(BN-300)/100
  if(BN.gt.400) fBN=0.05 + .01*(BN-400)/100
  if(BN.gt.500) fBN=0.06 + .01*(BN-500)/100
  if(BN.gt.600) fBN=0.07
  elseif(soil.eq.1)then
* peat:
  fBN=0.
  if(BN.gt.100) fBN=0.0 + 0.01*(BN-100)/100
  if(BN.gt.200) fBN=0.01 + 0.005*(BN-200)/100
  if(BN.gt.300) fBN=0.015
  else
  stop ' shit BNgras: error soil number'
  endif
  return
end

```

subroutine Ncrops(fat,crop,soil,Nm,Ne,Nr,Nart,Nload,Nb)

- \* NLOAD (MV/2-version)
- \* predicts Nitrate-N leaching of wel-drained arable land
- \* next terms in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  as N
- \* Nb = background leaching
- \* UBN = leaching due to fertilization
- \* UNm = additional leaching from Nm source of animal manure
- \* UNe = additional leaching from Ne source of animal manure
- \* UNr = additional leaching from Nr source of animal manure
- \* UNmer= sum of UNm, UNe, UNr
  
- \* The amount of plant available N in manure depends on the kind of manure (pig-slurry,  
\* cattle-slurry, dry manure etc), the time (period) of application (summer, fall/winter, spring),  
\* and the ammonia volatilization.
- \* In this model volatilization is taken into account already in the input of dung-N and mineral-N  
\* (Nm). Plant available N only depends on the type of soil and application period and is  
\* different for the Nm, Ne and Nr fractions in manure-N.

implicit real(a-z)

integer p,soil,crop

dimension fat(0:6,0:7,3)

dimension fNmeff(3),fNeeff(3),fNreff(3)

dimension fUNm(3),fUNe(3),fUNr(3)

c peat (low land peat)

if(soil.eq.1)then

Nb=3

pextra=0.2

c summer

fNmeff(1)=1.0

fNeeff(1)=1.0

fNreff(1)=0.0

c fall/winter

fNmeff(2)=0.0

fNeeff(2)=1.0

fNreff(2)=0.0

c spring

fNmeff(3)=1.0

fNeeff(3)=1.0

fNreff(3)=0.0

```

c sand, loam and reclaimed peat soils
  elseif(soil.eq.2.or.soil.eq.6.or.soil.eq.7)then
c this background leaching is high, see above text
  Nb = 45
  pextra=0.6
c summer
  fNmeff(1)=1.0
  fNeff(1)=1.0
  fNreff(1)=0.0
c fall/winter
  fNmeff(2)=0.0
  fNeff(2)=1.00
  fNreff(2)=0.0
c spring
  fNmeff(3)=1.0
  fNeff(3)=1.0
  fNreff(3)=0.0
c marine clay, river clay and old tertiary clay
  elseif(soil.eq.3.or.soil.eq.4.or.soil.eq.5)then
  Nb = 25
  pextra=0.4
c summer
  fNmeff(1)=1.0
  fNeff(1)=1.0
  fNreff(1)=0.0
c fall/winter
  fNmeff(2)=0.0
  fNeff(2)=1.0
  fNreff(2)=0.0
c spring
  fNmeff(3)=1.0
  fNeff(3)=1.0
  fNreff(3)=0.0
  else
  stop 'shit Ncrops: error in soil number'
  endif
c additional leaching fractions in relation to plant available N for all application periods (p)
  do 24 p=1,3
  fUNm(p)=pextra*(1-fNmeff(p))
  fUNe(p)=pextra*(1-fNeff(p))

```

$$fUNr(p)=pextra*(1-fNreff(p))$$

- c part of additional leaching of mineralized Nr is already taken into account in the background leaching (Nb), therefore:

$$fUNr(p)=0$$

24 continue

- \* BN = total plant available N (fertilizer-N and plant available mineral N from organic-N sources

$$BN=Nart$$

$$UNmer=0$$

do 2 p=1,3

$$BN=BN+ fat(crop,soil,p)*(Nm*fNmeff(p)+Ne*fNeff(p)+Nr*fNreff(p))$$

$$UNmer=UNmer+ fat(crop,soil,p)*(Nm*fUNm(p)+Ne*fUNe(p)+Nr*fUNr(p))$$

2 continue

- \* The leaching fraction (fBN) of fertilization level (BN) is a function of

- \* fertilization level itself.

if(soil.eq.2.or.soil.eq.6.or.soil.eq.7)then

- \* sand: (something in between 25% and 37%)

- \* Kolenbrander (1981): 0.37; Wiggers et al. 1986: 0.25 ; Dorenbosch 0.37

$$fBN = 0.25$$

elseif(soil.eq.3.or.soil.eq.4.or.soil.eq.5)then

- \* clay: (something in between 10% and 17%)

- \* Kolenbrander (1981): 0.17; Wiggers et al. 1986 : 0.10 ?

$$fBN=0.07$$

$$if(BN.gt.100) fBN=0.07 + .02*(BN-100)/100$$

$$if(BN.gt.200) fBN=0.09 + .01*(BN-200)/100$$

$$if(BN.gt.300) fBN=0.1$$

elseif(soil.eq.1)then

- \* peat:

$$fBN=0.$$

else

stop' shit Ncrops: error in soil number'

endif

$$UBN = fBN * BN$$

$$Nload=Nb+UBN+UNmer$$

return

end

- \* Programmacode NLOAD (MB-versie 1996)
- \* gecompileerd met MS-FORTRAN 5.1
- \* Gerard van Drecht, LBG, RIVM, Bilthoven, tel. 0302743369
- \* NLOAD predicts nitrate-N leaching from agricultural soils due to the application of manure, dung from grazing cattle and art. fertilizer.
- \* reports and papers:
  - \* 1) Drecht G.van, et al. Berekening van de nitraatuitspoeling naar het grondwater m.b.v. eenvoudige modellen, Report nr: 724901003, RIVM, 1991.
  - \* 2) Drecht G.van Berekening van de nitraatbelasting van het grondwater, Achtergronddocument bij de 2e nationale milieuverkenning, 1993
  - \* 3) Drecht G.van Modelling of regional scale nitrate leaching from agricultural soils, The Netherlands, in: Applied Geochemistry, Suppl. Issue, nr, 2, pp. 175-178, 1993
  - \* see also:
    - \* Description of the NITRIKC-model (Goossensen & Van der Ham, (1992), Ede)
- \* This version is updated with respect to
  - \* -background leaching
  - \* -leaching due to fertilization
  - \* -leaching due to grazing cattle on grassland
  - \* -reclaimed peat soils are treated as sandy soils
  - \* -loamy sand, loam, old clay are also treated as sandy soils
  - \* -peat is treated as marine clay
- \* short description of input and output of the program
- \* input file FATABLE:
  - \* Distribution of animal manure over three periods of application that is:
    - \* 1 Summer (eg. April - September),
    - \* 2 Fall/Winter (eg. October - December),
    - \* 3 Spring (eg. February- March)
  - \* see also example-fatable-file that is obtained by running NLOAD
  - \* Leaching of Nitrate-N from urine spots on grazed grassland is calculated separate from the leaching of the grassland without urine spots.
  - \* inputfile (STDIN):
    - \* The data input on STDIN contains 13 columns per record.
    - \* (see description in NLOAD, version MV/2)

```

implicit real(a-z)
character*20 clarg,key,fname
integer mun,crop,soil,t,i,j
integer nargs,narg,pos,nchar
dimension fat(0:6,0:7,3),bl(0:7)
* 1=peat; 2=sand; 3=marine clay; 4=riverclay; 5=oldclay; 6=loam, 7=reclaimed peat soils
  data (bl(i),i=0,7)/0,5,0,3,3,0,0,3/

* fractions of manure application in file FATABLE (default)
* This may be overruled by a commandline argument: fat=fname

```

```

  fname='fatable'
  narg=nargs()
  if(narg.gt.1)then
    call getarg(1,clarg,nchar)
    pos=index(clarg,'=')
    if(pos.gt.0)key=clarg(1:pos-1)
    if(key.eq.'fat'.or.key.eq.'FAT')then
      if(nchar.gt.pos)fname=clarg(pos+1:nchar)
    else
      write(6,*)'USAGE: NLOAD [fat=filename] < INFILE > OUTFILE'
      write(6,*)'filename= containing data of manure application time'
      write(6,*)'INFILE= containing data of N-application rates'
      write(6,*)'OUTFILE= containing nitrate leaching'
      stop
    endif
  endif

* array FAT (Fraction Application Time, sum <=1)
* 1 Summer (eg. April - September),
* 2 Fall/Winter (eg. October - December),
* 3 Spring (eg. February - March)

```

```

  do 4 crop=0,6
    do 4 soil=0,7
      do 4 t=1,3
        fat(crop,soil,t)=-1
4      continue
        open(unit=1,status='old',file=fname,err=5)
        goto6
5      continue

```

```

write(6,*)'error reading FATABLE-file or file not found:',fname
write(6,*)'This is an example FATABLE (distribution of manure)'
write(6,*)
write(6,*)'crop soil summer fall/winter spring (crop on soil)'
write(6,*)'0 0 0 100 0 (* on *)'
write(6,*)'0 1 0 100 0 (* on peat)'
write(6,*)'1 0 0 100 0 (grass on *)'
write(6,*)'1 1 0 100 0 (grass on peat)'
write(6,*)'1 2 0 100 0 (grass on sand)'
write(6,*)'1 3 0 100 0 (grass on mclay)'
write(6,*)'2 1 0 100 0 (maize on peat)'
write(6,*)'2 2 0 100 0 (maize on sand)'
write(6,*)'2 3 0 100 0 (maize on mclay)'
write(6,*)'3 1 0 100 0 (potatoes on peat)'
write(6,*)'3 2 0 100 0 (potatoes on sand)'
write(6,*)'3 3 0 100 0 (potatoes on mclay)'
write(6,*)'USAGE: NLOAD [fat=filename] < INFILE > OUTFILE'
stop
6  rewind 1
   read(1,*)
3  read(1,*,end=2)crop,soil,pz,pn,pv
   if(pz.gt.1)pz=pz/100
   if(pn.gt.1)pn=pn/100
   if(pv.gt.1)pv=pv/100
   if(pz+pn+pv.gt.1.01)stop' FATABLE not correct!'
   fat(crop,soil,1)=pz
   fat(crop,soil,2)=pn
   fat(crop,soil,3)=pv
   if(crop.eq.0)then
     do 10 j=1,6
       fat(j,soil,1)=pz
       fat(j,soil,2)=pn
       fat(j,soil,3)=pv
10  continue
   endif
   if(soil.eq.0)then
     do 11 j=1,7
       fat(crop,j,1)=pz
       fat(crop,j,2)=pn
       fat(crop,j,3)=pv

```



```

11  continue
    endif
    if(soil.eq.0.and.crop.eq.0)then
    do 12 i=1,6
    do 13 j=1,7
    fat(i,j,1)=pz
    fat(i,j,2)=pn
    fat(i,j,3)=pv
13  continue
12  continue
    endif
    goto3
2   close(unit=1)

c  process data on STDIN:
1   read(5,*,end=100)mun,crop,soil,area,Ndung,Nm,Ne,Nr,Pman,
    &          Kman,Nart,Part,Kart
    if(crop.lt.1.or.crop.gt.6)goto1
    if(soil.lt.1.or.soil.gt.7)goto1
    if(fat(crop,soil,1).lt.0.)goto1
    Nb=bl(soil)
    if(crop.eq.1)then
    call Ngrass(fat,crop,soil,Ndung,Nm,Ne,Nr,Nart,Nb,Nload)
    else
    call Ncrops(fat,crop,soil,Nm,Ne,Nr,Nart,Nb,Nload)
    endif
    Ntot=Ndung+Nm+Ne+Nr+Nart
    write(6,7)mun,crop,soil,area,Nload,Ntot,Nb
7   format(i5,2i2,8f10.0)
    goto1
100 continue
    end

```

subroutine Ngrass(fat,crop,soil,Ndung,Nm,Ne,Nr,Nart,Nb,Nload)

- \* NLOAD (MB-version)
- \* predicts Nitrate-N leaching of grazed well-drained grassland
- \* for wet grassland, you have to take into account extra denitrification

```
implicit real(a-z)
integer t,soil,crop
dimension fat(0:6,0:7,3)
dimension fNmeff(3),fNeff(3),fNreff(3)
dimension fUNm(3),fUNe(3),fUNr(3)
```

- c Kolenbrander (1981) reported background leaching of 5-10 kg/ha.
- c background leaching is only valid for peat and clay soils
- c in sandy soils or loam background leaching = 0

- c extra leaching coefficient
- c Leaching of mineral N applied in November is 35% (Kolenbrander)
- c This is applied for all non-effective N, so  $p=q=r=0.35$  .

$p=0.35$

$q=0.35$

$r=0.35$

- c leaching due to fertilization default:

- c  $fBN = \max f / (1 + \exp(-a * (BNU - b)))$

$\max f = 0.30$

$a = 0.005$

$b = 500$

- c  $HR = 0.12$  (pers. comm.; Hans Reynders-coefficient for less vulnerable soils)

if(soil.eq.1.or.soil.eq.3)then

$\max f = 0.12$

$p = 0.12$

$q = 0.12$

$r = 0.12$

endif

- c effective N fractions in manure

- c summer

$fNmeff(1) = 1.0$

$fNeff(1) = 0.8$

$fNreff(1) = 0.8$

- c fall/winter

fNmeff(2)=0.0

fNeeff(2)=0.8

fNreff(2)=0.8

c spring

fNmeff(3)=1.0

fNeeff(3)=0.8

fNreff(3)=0.8

c calculate (UNmer) extra leaching from non-effective N

c for all periods (t) of manure application

c total plant available N (BN) and N\_fertilization\_level (short term N\_level)

BN=Nart

N\_level=Nart

UNmer=0

do 2 t=1,3

fUNm(t)=p\*(1-fNmeff(t))

fUNe(t)=q\*(1-fNeeff(t))

fUNr(t)=r\*(1-fNreff(t))

N\_level=N\_level+fat(crop,soil,t)\*(Nm\*fNmeff(t)+Ne\*fNeeff(t))

BN=BN+fat(crop,soil,t)\*(Nm\*fNmeff(t)+Ne\*fNeeff(t)+Nr\*fNreff(t))

UNmer=UNmer+fat(crop,soil,t)\*(Nm\*fUNm(t)+Ne\*fUNe(t)+Nr\*fUNr(t))

2 continue

\* Leaching from urine-spots:

\* The following procedure was derived from the NITRIKC-model.

\* Grazing cattle produces in one season about 29 kg faeces-N and 30-60 kg urine-N per cow.

\* The amount of urine-N depends on the fertilization level:

\* at low fertilization level (N\_level=200 kg/ha) urine\_N is 33 kg per cow,

\* at high fertilization level (N\_level=400 kg/ha) urine\_N is 57 kg per cow.

\* values between 200 and 400 can be found by interpolation:

\*  $N_{dung} = faeces\_N + urine\_N$

\*  $N_{dung} = nrmk*29 + nrmk*(30 + (N\_level-200)/10)$

\*  $N_{dung}$  and  $N\_level$  are known, so the number of cows (nrmk) can be

\* calculated. From this point the calculations are simple

\* About 12% of the urine-N is lost by volatilization and 22% is lost by

\* denitrification. What is left (66%) is plant available N. This is

\* concentrated in urine spots and is sensitive to leaching.

- \* The urine-spots surface area is about 10% of the total grassland per year
- \* per cow (for dairy-farming). The total surface area fraction (op) of
- \* urine spots can be calculated from the number of cows.

```

op=0
UBNur=0.
Nfc=0
fNueff = 0.75
if(Ndung.gt.0.)then
Nurine=0.1*(N_level-200)+30
if(Nurine.lt.30)Nurine=30
if(Nurine.gt.50)Nurine=50
Npermk=29+Nurine
nrmk=Ndung/Npermk
op=nrmk*0.1
if(op.gt.1.)op=1.
Nfc=nrmk*29
Nu=Ndung-Nfc

```

- c 25% extra denitrification in urine spots, the rest is effective N
- c (van der Meer, 1991)
- c org. N in faeces is treated as org. manure\_N, applied in summer

```

Nueff = fNueff * Nu
UNmer=UNmer+q*(1-fNreff(3))*Nfc
BN=BN+fNreff(3)*Nfc

```

- c BNU = plant available N in urine spots, disregarding of mineralized Nfc
- c if BN=0 , BNU <> 0

```

BNU=BN+Nueff/op
fBN=maxf/(1+exp(-A*(BNU-B)))
UBNur=fBN * BNU
endif

```

- c BN = plant available N (not in urine spots)
- \* fBN was calibrated on experimental fields

```

fBN=0.
if(BN.gt.0) fBN=maxf/(1+exp(-A*(BN-B)))
UBN = fBN * BN

```

- c at last (!) we can add up all leaching parts
- ```

Nload=Nb+(1.-op)*UBN+op*UBNur+UNmer
return
end

```

subroutine Ncrops(fat,crop,soil,Nm,Ne,Nr,Nart,Nb,Nload)

- \* NLOAD (MB-version)
- \* Predicts Nitrate-N leaching of wel-drained arable land

```
implicit real(a-z)
integer t,soil,crop
dimension fat(0:6,0:7,3)
dimension fNmeff(3),fNeeff(3),fNreff(3)
dimension fUNm(3),fUNe(3),fUNr(3)
```

- c leaching due to fertilization and extra leaching in winter
- c of not effective N
- c default for sandy soils, loamy sand, loam, reclaimed peat and old clay
- c formula:  $fBN = \max f / (1 + \exp(-A * (BN - B)))$ 
  - maxf=0.5
  - A=0.005
  - B=250
  - p=0.6
  - q=0.6
  - r=0.6
- c peat and marine clay are less vulnerable, org. matter in profile
  - if(soil.eq.1.or.soil.eq.3)then
  - maxf=0.3
  - p=0.3
  - q=0.3
  - r=0.3
  - endif
- c summer
  - fNmeff(1)=1.0
  - fNeeff(1)=0.8
  - fNreff(1)=0.8
- c fall/winter
  - fNmeff(2)=0.0
  - fNeeff(2)=0.8
  - fNreff(2)=0.8
- c spring
  - fNmeff(3)=1.0
  - fNeeff(3)=0.8
  - fNreff(3)=0.8

- \* BN = total plant available N (fertilizer-N and plant available mineral N from
- \* organic-N sources)
- c in Autumn and Winter for all periods (t) of manure application

BN=Nart

UNmer=0

do 2 t=1,3

fUNm(t)=p\*(1-fNmeff(t))

fUNe(t)=q\*(1-fNeeff(t))

fUNr(t)=r\*(1-fNreff(t))

BN=BN+ fat(crop,soil,t)\*(Nm\*fNmeff(t)+Ne\*fNeeff(t)+Nr\*fNreff(t))

UNmer=UNmer+ fat(crop,soil,t)\*(Nm\*fUNm(t)+Ne\*fUNe(t)+Nr\*fUNr(t))

2 continue

- \* The leaching fraction (fBN) of plant available N (BN) is a function of
- \* fertilization level (BN).

fBN=0.0

if(BN.gt.0) fBN=maxf/(1+exp(-A\*(BN-B)))

c leaching due to fertilization:

UBN = fBN \* BN

c adding things up

Nload=Nb+UBN+UNmer

return

end

c Programmacode EXPLEI (MB-versie 1996)

c gecompileerd met MS-FORTRAN 5.1

c Gerard van Drecht, LBG, RIVM, Bilthoven, tel 0302743369

c EXPLEI of wel expandeer LEI-bemestingsgegevens per gemeente.

c Teneinde de gaten op te vullen in het databestand met bemestingsgegevens, kun je gegevens

c voor grasland, mais, hakvruchten en granen voor ONTBREKENDE combinaties

c gewas/grondsoort genereren op basis van de gemiddelde bemesting van grasland, maisland,

c hakvruchten en granen in dezelfde gemeente.

c Dit is ook een oplossing voor oude LEI-bestanden, waarin geen dalgronden

c voorkomen, maar wel "overige" grondsoorten.

c Er is ook een programma (ROTATIE), waarmee de gemiddelde bemesting voor akkerbouw-

c gewassen (rotatie of vruchtwisseling) berekend kan worden.

c Er zijn 9 mestvariabelen: nwei,nm,ne,nr,Pdier,Kdier,nart,part,kart

c en maximaal 7 grondsoorten (kolom 3) en maximaal 6 gewassen (kolom 2):

c 1=gras; 2=mais; 3=aard; 4=biet; 5=graan; 6=overig akkerbouw (o.a. gerst)

c 1=veen; 2=zand; 3=zklei; 4=rklei; 5=oklei; 6=leem; 7=dalgr (moerige zand)

```
real bem(7,6,9),gemmai(9),gemhak(9),gemgrs(9),gemgm(9),ha(7,6)
```

```
real opp,nwei,nm,ne,nr,pdier,kdier,nart,part,kart
```

```
integer cbs,ng,nb,oud,ned,tel,k,i
```

```
cbs=0
```

```
tel=0
```

```
ned=0
```

```
do 1 nb=1,7
```

```
do 1 ng=1,6
```

```
ha(nb,ng)=0
```

```
do 1 i=1,9
```

```
bem(nb,ng,i)=0
```

```
1 continue
```

```
c
```

```
10 read(5,*,end=3)cbs,ng,nb,opp,nwei,nm,ne,nr,pdier,kdier,nart,
```

```
&part,kart
```

```
ngr=ng
```

```
nbd=nb
```

```
if(tel.eq.0)then
```

```
oud=cbs
```

```
tel=1
```

```

endif
goto4
3 ned=1
cbs=0
4 if(cbs.ne.oud)then
oppgrs=0
oppgrm=0
opphak=0
oppmai=0
do 2 i=1,9
gemgrm(i)=0
gemgrs(i)=0
gemhak(i)=0
gemmai(i)=0
2 continue
c
do 5 ng=1,6
do 5 nb=1,7
if(ng.eq.1)oppgrs=oppgrs+ha(nb,ng)
if(ng.eq.2)oppmai=oppmai+ha(nb,ng)
if(ng.eq.3.or.ng.eq.4)opphak=opphak+ha(nb,ng)
if(ng.ge.5)oppgrm=oppgrm+ha(nb,ng)
do 5 i=1,9
if(ng.eq.1)gemgrs(i)=gemgrs(i)+ha(nb,ng)*bem(nb,ng,i)
if(ng.eq.2)gemmai(i)=gemmai(i)+ha(nb,ng)*bem(nb,ng,i)
if(ng.eq.3.or.ng.eq.4)gemhak(i)=gemhak(i)+ha(nb,ng)*bem(nb,ng,i)
if(ng.ge.5)gemgrm(i)=gemgrm(i)+ha(nb,ng)*bem(nb,ng,i)
5 continue
c middel
do 6 i=1,9
if(oppgrm.gt.0)gemgrm(i)=gemgrm(i)/oppgrm
if(oppgrs.gt.0)gemgrs(i)=gemgrs(i)/oppgrs
if(oppmai.gt.0)gemmai(i)=gemmai(i)/oppmai
if(opphak.gt.0)gemhak(i)=gemhak(i)/opphak
6 continue
c
do 7 ng=1,6
do 8 nb=1,7
if(ha(nb,ng).gt.0)then
write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(bem(nb,ng,i),i=1,9)

```



```

9  format(i5,2i2,10f7.0)
   else
   ha(nb,ng)=0
   if(ng.eq.1.and.oppgrs.gt.0)then
   write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(gemgrs(i),i=1,9)
   elseif(ng.eq.2.and.oppmai.gt.0)then
   write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(gemmai(i),i=1,9)
   elseif((ng.eq.3.or.ng.eq.4).and.oppbak.gt.0)then
   write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(gemhak(i),i=1,9)
   elseif((ng.eq.5.or.ng.eq.6).and.oppgrm.gt.0)then
   write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(gemgrm(i),i=1,9)
   endif
   endif
8  continue
7  continue
   if(ned.eq.1)goto20
c  reset
   do 11 nb=1,7
   do 11 ng=1,6
   ha(nb,ng)=0
   do 11 k=1,9
   bem(nb,ng,k)=0
11  continue
   endif
c  nieuwe gemeente
   ha(nbd,ngr)=opp
   bem(nbd,ngr,1)=nwei
   bem(nbd,ngr,2)=nm
   bem(nbd,ngr,3)=ne
   bem(nbd,ngr,4)=nr
   bem(nbd,ngr,5)=pdier
   bem(nbd,ngr,6)=kdier
   bem(nbd,ngr,7)=nart
   bem(nbd,ngr,8)=part
   bem(nbd,ngr,9)=kart
   oud=cbs
   goto 10
20  end

```

c Programmacode AGGLOAD (MB-versie 1996)

c gecompileerd met MS-FORTRAN 5.1

c Gerard van Drecht, LBG, RIVM, Bilthoven, tel. 0302743369

c De bemesting van akkerbouwgewassen is zeer verschillend. De teelt van

c akkerbouwgewassen vindt plaats in een vruchtwisselingsschema (rotatie).

c Door de matige bemesting van granen hebben die weinig uitspoeling.

c Bieten en aardappelen daar en tegen hebben veel mest nodig en dus

c zal de uitspoeling groter zijn. Als men de gemiddelde uitspoeling over een rotatieperiode

c wilt weten, dan is het beter om de door NLOAD berekende nitraatuitspoeling voor

c akkerbouwgewassen te middelen, gewogen met de oppervlakte per akkerbouwgewas.

c NB. Deze bewerking van uitspoelingsgegevens mag niet worden gecombineerd

c met die van programma EXPLEI, omdat de bewerkingen van dit programma het oppervlakte-

c attribuut in de bestanden veranderd.

```
real sombou(7),somopp(7),gembou(7)
```

```
integer cbs,ng,nb,oud,tel
```

c grondgebruik (ng): 1=gras; 2=mais;3=aard;4=biet;5=graan;6= akkerbouw

c grondsoort (nb): 1=veen; 2= zand; 3=zklei; 4=rklei; 5=oklei; 6=leem;

c 7=dalgrond (moerige zandgrond)

c

```
cbs=0
```

```
tel=0
```

```
10 read(5,*,end=20)cbs,ng,nb,opp,bruto
```

```
if(tel.eq.0)then
```

```
do 11 j=1,7
```

```
sombou(j)=0
```

```
somopp(j)=0
```

```
11 continue
```

```
oud=cbs
```

```
tel=1
```

```
endif
```

```
if(cbs.ne.oud)then
```

c bereken gewogen gemiddelde voor akkerbouw (per grondsoort)

```
do 12 j=1,7
```

```
if(somopp(j).gt.0)then
```

```
gembou(j)=sombou(j)/somopp(j)
```

```
write(6,9)oud,'6',j,somopp(j),gembou(j)
```

```
9 format(i5,1x,a2,i3,2f10.0)
```

```

endif
12 continue
c reset sommatievariabelen
do 14 j=1,7
sombou(j)=0
somopp(j)=0
14 continue
oud=cbs
endif
c regulier:
if(ng.ge.3.and.ng.le.6)then
sombou(nb)=sombou(nb)+opp*bruto
somopp(nb)=somopp(nb)+opp
else
write(6,6)cbs,ng,nb,opp,bruto
6 format(i5,2i3,2f10.0)
endif
goto10
20 continue
do 24 j=1,7
if(somopp(j).gt.0)then
gembou(j)=sombou(j)/somopp(j)
write(6,9)oud,'6',j,somopp(j),gembou(j)
endif
24 continue
end

```

c Programmacode ROTATIE (MB-versie 1996)

c gecompileerd met MS-FORTRAN 5.1

c Gerard van Drecht, LBG, RIVM, Bilthoven, tel 0302743369

c ROTATIE of wel de berekening van de gemiddelde bemesting voor akkerbouw

c gewassen (rotatie of vruchtwisseling). Het gemiddelde per gemeente wordt

c uitgevoerd voor alle grondsoorten en wel op gewasnummer 6

c ROTATIE kan niet na EXPLEI worden toegepast, maar vult wel de lege

c plekken in voor grasland en mais (met het gemiddelde voor deze gewassen)

c Er zijn 9 mestvariabelen: nwei,nm,ne,nr,Pdier,Kdier,nart,part,kart

c en maximaal 7 grondsoorten en maximaal 6 gewassen:

c grondgebruik (kolom 2):

c 1=gras; 2=mais;3=aard;4=biet;5=graan;6= overig akkerbouw (o.a. gerst)

c grondsoort (kolom 3):

c 1=veen; 2=zand; 3=zklei; 4=rklei; 5=oklei; 6=leem; 7=dalgr (moerige zand)

```
real bem(7,6,9),gemmai(9),gemakk(9),gemgrs(9),ha(7,6)
```

```
real opp,nwei,nm,ne,nr,pdier,kdier,nart,part,kart
```

```
integer cbs,ng,nb,oud,ned,tel,k,i
```

```
cbs=0
```

```
tel=0
```

```
ned=0
```

```
do 1 nb=1,7
```

```
do 1 ng=1,6
```

```
ha(nb,ng)=0
```

```
do 1 i=1,9
```

```
bem(nb,ng,i)=0
```

```
1 continue
```

```
c
```

```
10 read(5,*,end=3)cbs,ng,nb,opp,nwei,nm,ne,nr,pdier,kdier,nart,  
&part,kart
```

```
ngr=ng
```

```
nbd=nb
```

```
if(tel.eq.0)then
```

```
c isn't this nice
```

```
oud=cbs
```

```
tel=1
```

```
endif
```

```

    goto4
3   ned=1
    cbs=0
4   if(cbs.ne.oud)then
c tel
    oppgrs=0
    oppakk=0
    oppmai=0
    do 2 i=1,9
        gemgrs(i)=0
        gemakk(i)=0
        gemmai(i)=0
2   continue
c op
    do 5 ng=1,6
    do 5 nb=1,7
    if(ng.eq.1)oppgrs=oppgrs+ha(nb,ng)
    if(ng.eq.2)oppmai=oppmai+ha(nb,ng)
    if(ng.gt.2)oppakk=oppakk+ha(nb,ng)
    do 5 i=1,9
    if(ng.eq.1)gemgrs(i)=gemgrs(i)+ha(nb,ng)*bem(nb,ng,i)
    if(ng.eq.2)gemmai(i)=gemmai(i)+ha(nb,ng)*bem(nb,ng,i)
    if(ng.gt.2)gemakk(i)=gemakk(i)+ha(nb,ng)*bem(nb,ng,i)
5   continue
c middel
    do 6 i=1,9
    if(oppgrs.gt.0)gemgrs(i)=gemgrs(i)/oppgrs
    if(oppmai.gt.0)gemmai(i)=gemmai(i)/oppmai
    if(oppakk.gt.0)gemakk(i)=gemakk(i)/oppakk
6   continue
c voer uit
c grasland, mais en rotatieteelten (6):
    do 7 ng=1,6
    if(ng.gt.2.and.ng.lt.6)goto7
    do 8 nb=1,7
    if(ha(nb,ng).gt.0.and.ng.ne.6)then
    write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(bem(nb,ng,i),i=1,9)
9   format(i5,2i2,10f7.0)
    else
    ha(nb,ng)=0

```

```

    if(ng.eq.1.and.oppgrs.gt.0)then
      write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(gemgrs(i),i=1,9)
    elseif(ng.eq.2.and.oppmai.gt.0)then
      write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(gemmai(i),i=1,9)
    elseif(ng.gt.2.and.oppakk.gt.0)then
      write(6,9)oud,ng,nb,ha(nb,ng),(gemakk(i),i=1,9)
    endif
  endif
8  continue
7  continue
  if(ned.eq.1)goto20
c  reset
  do 11 nb=1,7
  do 11 ng=1,6
  ha(nb,ng)=0
  do 11 k=1,9
  bem(nb,ng,k)=0
11  continue
  endif
c  nieuwe gemeente
  ha(nbd,ngr)=opp
  bem(nbd,ngr,1)=nwei
  bem(nbd,ngr,2)=nm
  bem(nbd,ngr,3)=ne
  bem(nbd,ngr,4)=nr
  bem(nbd,ngr,5)=pdier
  bem(nbd,ngr,6)=kdier
  bem(nbd,ngr,7)=nart
  bem(nbd,ngr,8)=part
  bem(nbd,ngr,9)=kart
  oud=cbs
  goto 10
20  end

```

c Programmacode MUL95 (nitraatuitspoeling op nationale schaal)

c gecompileerd met MS-FORTRAN 5.1

c Gerard van Drecht, LBG, RIVM, Bilthoven, tel. 0302743369

c benodigde gridcel kaarten:

c - gemeentenummers (CBS)

c - grondsoort nummers (1-7)

c - gewasnummers (1-17), (LGN-code), waarvan alleen landbouwgewassen

c - Gt nummers (10-80), betekent I-VIII

c - neerslag gemiddelde in mm/j

c - Makkink-verdamping in mm/j

c het neerslagoverschot in mm/j wordt intern berekend

c invoer: NLOAD uitvoer per gemeente, gewas, grondsoort op std. in

c invoer parameters van de verdampingsreductie (uit HELP-tabellen)

c help.dat, fzg.dat

character\*50 string,gem,gewas,grond,gtrap,regen,makkin

character\*20 item(2),clarg,key,value,files

integer xoff,yoff,ncols,nrows,cel,ngt,ng,nb,xll,yll,cels,nr,nc

integer gt(560),gew(560),cbs(560),prec(560),eref(560),gm(560)

integer rel(1400,2),groep,klas,nchar,narg,nodil,nogt,rota,tel

integer ndec,epot,eact,excess,pot,over(0:4,1:3,1:7,0:100),tot

real nload(2000,6,7),out(560)

real F(0:20),G(0:20),R(0:10,0:100),fgt(0:7,0:100)

real n,mak,pr,red,tek,netto

gem='cbs.map'

gewas='gewas.map'

grond='grond.map'

regen='neerslag.map'

makkin='makkink.map'

gtrap='gt.map'

files=' '

c interpreteer command line argumenten, default zijn opties uit (keyword=0)

c als keyword op commandline verschijnt wordt de optie aangezet (keyword=1)

c rota=1 : gemiddelde uitspoeling akkerbouw i.v.m. vruchtwisseling

c nogt=1 : Gt-correctie toepassen op nitraatuitspoeling

c nodil=1 : niet delen door het neerslagoverschot (massaflux)

c epot =1 : potentiële verdamping uitvoeren

```

c eact =1 : actuele verdamping uitvoeren
c pot = 1 : potentieel neerslagoverschot uitvoeren
c excess=1: neerslag-actuele verdamping uitvoeren
  tel=0
  rota=0
  nogt=0
  nodil=0
  epot=0
  eact=0
  excess=0
  pot=0
  ndec=2
  narg=NARGS()
  do 1 i=1,narg-1
  call getarg(i,clarg,nchar)
  nr=index(clarg,'=')
  key=clarg
  value=' '
  if(nr.gt.0)key=clarg(1:nr-1)
  if(nr.gt.0.and.nr.lt.nchar)value=clarg(nr+1:nchar)
  if(key.eq.'rota')then
  rota=1
  elseif(key.eq.'nugt')then
  nogt=1
  elseif(key.eq.'nodil')then
  nodil=1
  elseif(key.eq.'dec')then
  ndec=0
  if(value.ne.' ')then
  ndec=int(atof(value))
  if(ndec.gt.2)ndec=2
  endif
  elseif(key.eq.'files')then
  files=value
  elseif(key.eq.'pot')then
  pot=1
  elseif(key.eq.'epot')then
  epot=1
  elseif(key.eq.'eact')then
  eact=1

```



```

elseif(key.eq.'excess')then
    excess=1
endif
1    continue

c invoer gemiddelde gewasfactoren in bestand fzg.dat
c invoer reductiefactoren in bestand help.dat
c grondgebruik LANDSAT:
c 1=gras; 2=mais;3=aard;4=biet;5=graan;6=akker;
c (de rest wordt niet gebruikt)
c 7 (braakliggende grond wordt behandeld als akkerbouw); 8=glastuinbouw;
c 9=overig tuinb 12=heide; 13=loofhout ; 14=naaldhout; 15=natuur; 17=bebouwd
c grondsoort:
c 1=veen; 2= zand; 3=zklei; 4=rklei; 5=oklei; 6=leem; 7=dalgrond (moerige zand)

    fmak=0.8
    do 2 ng=0,20
    F(ng)=0.
    G(ng)=0.
2    continue
    do 3 nb=0,7
    do 3 ngt=0,100
    fgt(nb,ngt)=0
    r(nb,ngt)=0.0
3    continue
    do 4 klas=0,4
    do 4 groep=1,3
    do 4 nb=1,7
    do 4 ngt=0,100
    over(klas,groep,nb,ngt)=0
4    continue
    open(unit=1,status='old',file='fzg.dat')
    rewind 1
    read(1,*)
5    read(1,*,end=6)ng,G(ng),F(ng)
    goto5
6    close(unit=1)
    open(unit=1,status='old',file='help.dat')
    rewind 1
    read(1,*)

```

```

7   read(1,*,end=8)nb,ngt,r(nb,ngt)
   goto7
8   close(unit=1)
c   Gt reductiefactoren voor de nitraatuitspoeling in bestand fgt.dat
   open(unit=1,status='old',file='fgt.dat')
   rewind 1
   read(1,*)
9   read(1,*,end=10)ngt,fgt(2,ngt)
   fgt(5,ngt)=fgt(2,ngt)
   fgt(6,ngt)=fgt(2,ngt)
   fgt(7,ngt)=fgt(2,ngt)
   fgt(1,ngt)=fgt(2,ngt)
   fgt(3,ngt)=fgt(2,ngt)
   fgt(4,ngt)=fgt(2,ngt)
   goto9
10  close(unit=1)

c   NLOAD initialiseren op -1
   do 11 ngem=1,2000
   do 11 ng=1,6
   do 11 nb=1,7
   nload(ngem,ng,nb)=-1
11  continue

c   NLOAD uitlezen van std. in
12  read(5,*,end=13)ngem,ng,nb,opp,bruto
   nload(ngem,ng,nb)=bruto
   goto12
13  continue

c   Relatie tussen gemeenten inlezen (indien file aanwezig). Dit is een
c   faciliteit om gemeenten, waarvoor geen bemestingsgegevens beschikbaar
c   zijn, bijvoorbeeld omdat ze door gemeentelijke herindeling een ander
c   nummer gekregen hebben, toch mee te kunnen laten doen. Je kunt er ook
c   alternatieve gemeenten in stoppen, bijvoorbeeld de buurgemeenten.

   nrel=0
   open(unit=1,status='old',file='relatie.cbs',err=15)
   rewind 1
14  read(1,*,end=15)nr1,nr2

```

```

    nrel=nrel+1
    rel(nrel,1)=nr1
    rel(nrel,2)=nr2
    goto14
15  close(unit=1)
c
c cbs, grondsoort-, Gt-, gewas-, neerslag- en verdampingskaarten:
c default namen staan bovenin programma. Die kunnen worden overschreven
  if(files.ne.' ')then
    open(unit=1,status='old',file=files,err=20)
    rewind 1
    read(1,'(a)')gem
    read(1,'(a)')grond
    read(1,'(a)')gtrap
    read(1,'(a)')gewas
    read(1,'(a)')regen
    read(1,'(a)')makkin
20  close(unit=1)
    endif
c
  open(unit=1,status='old',file=gem)
  open(unit=2,status='old',file=grond)
  open(unit=3,status='old',file=gtrap)
  open(unit=4,status='old',file=gewas)
  open(unit=7,status='old',file=regen)
  open(unit=8,status='old',file=makkin)
  open(unit=9,status='unknown',file='distr.tab')
  rewind 1
  rewind 2
  rewind 3
  rewind 4
  rewind 7
  rewind 8
  rewind 9

c lees fileheader van kaartbestanden
  call header(1,ncols,nrows,xoff,yoff,cel)
  call header(2,nc,nr,xll,yll,cels)
  if(nc.ne.ncols.or.nr.ne.nrows.or.xll.ne.xoff.or.yll.ne.yoff.
&or.cels.ne.cel)stop' header grondsoortenkaart niet goed'

```

```

call header(3,nc,nr,xll,yll,cels)
if(nc.ne.ncols.or.nr.ne.nrows.or.xll.ne.xoff.or.yll.ne.yoff.
&or.cels.ne.cel)stop' header grondwatertrap-kaart niet goed'
call header(4,nc,nr,xll,yll,cels)
if(nc.ne.ncols.or.nr.ne.nrows.or.xll.ne.xoff.or.yll.ne.yoff.
&or.cels.ne.cel)stop' header gewassenkaart niet goed'
call header(7,nc,nr,xll,yll,cels)
if(nc.ne.ncols.or.nr.ne.nrows.or.xll.ne.xoff.or.yll.ne.yoff.
&or.cels.ne.cel)stop' header neerslagkaart niet goed'
call header(8,nc,nr,xll,yll,cels)
if(nc.ne.ncols.or.nr.ne.nrows.or.xll.ne.xoff.or.yll.ne.yoff.
&or.cels.ne.cel)stop' header ref.gewas verdampingkaart niet goed'

```

c schrijf header op aan te maken file

```

write(6,'(a,i10)')' ncols',ncols
write(6,'(a,i10)')' nrows',nrows
write(6,'(a,i10)')' xllcorner',xoff
write(6,'(a,i10)')' yllcorner',yoff
write(6,'(a,i10)')' cellsize',cel

```

c complete LGN codering voor gewassen (Thunnissen et al. 1992):

```

c
c 1 gras
c 2 mais
c 3 aardappelen (akkerbouw)
c 4 bieten (akkerbouw)
c 5 graan (akkerbouw)
c 6 overige akkerbouw
c 7 kaal (akkerbouw) (wordt overige akkerbouw)
c 8 glastuinbouw (wordt niet behandeld)
c 9 fruitteelt (wordt niet behandeld)
c 10 bollenteelt (wordt niet behandeld)
c 11 boomkwekerijen (wordt niet behandeld)
c 12 heide
c 13 loofhout
c 14 naaldhout
c 15 natuur
c 16 water
c 17 stedelijk gebied

```

c process

```
80  read(1,*,end=100)(cbs(j),j=1,ncols)
    read(2,*,end=100)(grn(j),j=1,ncols)
    read(3,*,end=100)(gt(j),j=1,ncols)
    read(4,*,end=100)(gew(j),j=1,ncols)
    read(7,*,end=100)(prec(j),j=1,ncols)
    read(8,*,end=100)(eref(j),j=1,ncols)
    do 30 j=1,ncols
      ngem=cbs(j)
      nb=grn(j)
      ngt=gt(j)
      if(ngt.eq.80)ngt=71
      ng=gew(j)
      if(ng.eq.7.or.ng.eq.8)ng=6
      if(rota.eq.1.and.ng.ge.3.and.ng.le.6)ng=6
      pr=1.0*prec(j)
      mak=1.0*eref(j)
      out(j)=0
      if(ngt.eq.0.or.ngem.eq.0.or.nb.eq.0.or.nb.gt.7)goto30
      if(pr.lt.1.or.mak.lt.1.or.ng.eq.0.or.ng.gt.6)goto30
```

c bereken verdamping en neerslagoverschot

c neerslag district 8 (De Bilt) 1973-1994 : 838 mm/jaar

c gemiddelde penmanverdamping De Bilt: 665 mm/jaar = 532 mm/jaar (Makkink)

c zie ook programma over.for

```
    if(pr.lt.mak)stop' neerslag < ref. verd ???'
    c=(838./pr)*(mak/532)
    if(ng.eq.13.or.ng.eq.14)c=0.5*c
    red=c*R(nb,ngt)*G(ng)*F(ng)
    tek=red*mak/fmak
    if(tek.lt.0)tek=0
    ep=F(ng)*mak/fmak
    ea=ep-tek
    pnetmax=pr-ep
    pnet=pr-ea
    if(pnet.le.0)stop' neerslagoverschot =0 ?'
    if(epot.eq.1)then
      out(j)=ep
      goto30
    endif
    if(eact.eq.1)then
```

```

    out(j)=ea
    goto30
endif
if(pot.eq.1)then
    out(j)=pnetmax
    goto30
endif
if(excess.eq.1)then
    out(j)=pnet
    goto30
endif
c nu bruto nload
    bruto=nload(ngem,ng,nb)
    if(bruto.lt.0)then
c dit is lapwerk
    if(nrel.gt.0)then
        do 75 k=1,nrel
            mun1=rel(k,1)
            if(mun1.ne.ngem)goto75
            mun2=rel(k,2)
            if(nload(mun2,ng,nb).le.0)goto75
            bruto=nload(mun2,ng,nb)
            goto76
75    continue
c geen ander alternatief gevonden
        tel=tel+1
        if(tel.lt.100)write(9,*)' geen waarden:',ngem,ng,nb
76    continue
    endif
    endif
c
c ga verder met de normale procedure
    if(bruto.lt.0)goto30
    netto=bruto
    if(nogt.eq.0)netto=fgt(nb,ngt)*bruto
    n=netto
    if(nodil.eq.0)n=100.*netto/pnet
    out(j)=n
    klas=1
* niraat klasse_grenzen zijn : 5.6 11.3 en 22.6

```

```

if(n.gt.5.6)klas=2
if(n.gt.11.3)klas=3
if(n.gt.22.6)klas=4
groep=1
if(ng.eq.2)groep=2
if(ng.ge.3)groep=3
over(0,groep,nb,ngt)=over(0,groep,nb,ngt)+1
over(0,groep,nb,0)=over(0,groep,nb,0)+1
over(klas,groep,nb,ngt)=over(klas,groep,nb,ngt)+1
over(klas,groep,nb,0)=over(klas,groep,nb,0)+1
30  continue
if(ndec.eq.0)write(6,40)(out(j),j=1,ncols)
if(ndec.eq.1)write(6,41)(out(j),j=1,ncols)
if(ndec.eq.2)write(6,42)(out(j),j=1,ncols)
if(ndec.eq.3)write(6,43)(out(j),j=1,ncols)
40  format(560f7.0)
41  format(560f7.1)
42  format(560f7.2)
43  format(560f7.3)
    goto 80

100 close(1)
    close(2)
    close(3)
    close(4)
    close(7)
    close(8)
    do 50 groep=1,3
    do 50 nb=1,7
    do 50 ngt=0,100
    tot=over(0,groep,nb,ngt)
    if(tot.lt.1)goto50
    write(9,60)groep,nb,ngt,tot,
    &(over(klas,groep,nb,ngt),klas=1,4)
60  format(3i4,5i10)
50  continue
    close(9)
end

```

```
subroutine header(u,ncols,nrows,xoff,yoff,cel)
```

- c leest header van ascii kaart uit (ARC/Info-format) en controleert of
- c alle kaarten wel hetzelfde gebied bestrijken

```
character*50 string
character*20 item(2)
integer nritem,maxit,ncols,nrows,xoff,yoff,cel,u
maxit=2
read(u,'(a)',end=10)string
call skanf(string,item,2,nritem)
ncols=nint(atof(item(2)))
read(u,'(a)',end=10)string
call skanf(string,item,2,nritem)
nrows=nint(atof(item(2)))
read(u,'(a)',end=10)string
call skanf(string,item,2,nritem)
xoff=nint(atof(item(2)))
read(u,'(a)',end=10)string
call skanf(string,item,2,nritem)
yoff=nint(atof(item(2)))
read(u,'(a)',end=10)string
call skanf(string,item,2,nritem)
cel=nint(atof(item(2)))
return
10 stop 'end-of-file?'
return
end
```

- c De hulpstukken skanf en atof zijn in 1984 door onze zeer gewaardeerde medewerker
- c Rob Plomp geprogrammeerd en worden door mij nu ruim tien jaar gebruikt (!)
- c onlangs moest ik echter de functie ATOF veranderen

```
subroutine skanf(string,item,maxit,nritem)
character*(*) string
character*(*) item(*)
integer nritem,maxit
```

- c maxit = maximum aantal te zoeken items
- c nritem = aantal gevonden items
- c nch = character nummer

```
nritem = 0
```



```

nch = 1
do 10 i=1,len(string)
  if (string(i:i).eq.' '.or.string(i:i).eq.'<tab>')then
    nch = 1
    goto 10
  endif
  if (nch.eq.1) then
    if(nritem.eq.maxit)return
    nritem=nritem+1
    item(nritem)=' '
  endif
  item(nritem)(nch:nch) = string(i:i)
  nch=nch+1
10 continue
return
end

```

```

real function atof(string)
c  programmed by Rob Plomp (1984)
c  Format of a value: [sign]ground[.[comma]][E[sign[xx]]]
c  Program was changed by Gerard van Drecht (1997):
c  The underflow and overflow conditioning is only usefull if you have
c  the same rotten intel overdrive processor on a 486SX-25 Mh and/or
c  MS-powerstation Fortran version 1.0 (!)
character*(*) string
double precision dub,maxdub,mindub
integer ground,comma,e,p,signgr,signex,emax,ndig
data maxdub,mindub/1.0D35,1.0D-35/
ground=-32600
e=-32600
emax=38
p=0
comma=0
signgr=1
signex=1
ndig=0
do 10 i=1,len(string)
  if (string(i:i).eq.' ') goto10
  if (string(i:i).eq.'+') goto10
  if (string(i:i).eq.'.') then
    p=1
    goto 10
  endif

```

```

if(string(i:i).eq.'E'.or.string(i:i).eq.'e') then
  e=0
  goto 10
endif
if(string(i:i).eq.'-') then
  if(e.eq.-32600) then
    signgr=-1
  else
    signex=-1
  endif
  goto10
endif
if(string(i:i).lt.'0'.or.string(i:i).gt.'9')then
c what is this ? may be control chars
write(6,*)string
stop 'cannot interprete this string'
endif
c now we have a digit in string(i:i)
ndig=ndig+1
if (e.gt.-32600) then
  e=e*10+(ichar(string(i:i))-48)
  if(e.gt.emax)stop' this function is NOT double precision'
elseif (p.gt.0) then
  p=p*10
  comma=comma*10+(ichar(string(i:i))-48)
else
  if(ground.eq.-32600)ground=0
  ground=ground*10+(ichar(string(i:i))-48)
endif
10 continue
c check if it's not fake
if(p.eq.0.and.e.eq.-32600.and.ground.eq.-32600.and.ndig.eq.0)then
stop'dont feed me with empty strings'
endif
if (ground.eq.-32600)ground=0
if (e.eq.-32600)e=0
if (p.eq.0)p=1
dub=(dble(ground)+dble(comma)/dble(p))*10.0D0**dble(signex*e)
dub=min(dub,maxdub)
if(dub.lt.mindub)dub=0.0D0
atof=signgr*real(dub)
return
end

```