

32/4416(423) 2<sup>e</sup> ex

**Monitoring van nitraatconcentraties in het grondwater in  
grondwaterbeschermingsgebieden van de provincie Utrecht**

**Meetresultaten van 1992 t/m 1995, een vergelijking met berekeningen van het  
model RENLEM en een literatuuroverzicht**

**W.J.M. de Groot**

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

**Rapport 423**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1996**



- 4 JULI 1996

15ng26975

## REFERAAT

W.J.M. de Groot, 1996. *Monitoring van nitraatconcentraties in het grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden van de provincie Utrecht; meetresultaten van 1992 t/m 1995, een vergelijking met berekeningen van het model RENLEM en een literatuuroverzicht*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 423. 61 blz.; 12 fig.; 13 tab.; 38 ref.; 2 aanh.

In de grondwaterbeschermingsgebieden Groenekan, Beerschoten en Leersum is van 1992 t/m 1995 op zeventien locaties de nitraatconcentratie van bodemvocht en grondwater gemeten. Nitraatconcentraties op zandgronden met gras- en maïsland waren meestal hoger dan 50 mg/l. Voor naaldbos op zandgrond gold dat vooral in de winterseizoenen 1993/'94 en 1994/'95. De gemeten nitraatconcentraties waren hoger dan de berekende, behalve in bossen. Uit literatuuronderzoek blijkt dat bij gras- en maïsland op droge zandgronden de nitraatbelasting verminderd kan worden zonder grote opbrengstverliezen. De hoogte van de stikstofdepositie speelt een belangrijke rol bij verdere aanscherping van het milieubeleid in grondwaterbeschermingsgebieden, vooral met veel bos.

Trefwoorden: bemesting, bos, grasland, maïsland, milieubeleid

ISSN 0927-4499

©1996 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)  
Postbus 125, 6700 AC Wageningen. Tel.: 0317-474200; telefax: 0317-424812.  
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

Project 3686

[Rap423W.HM/04.96]

# Inhoud

	blz.
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	15
2 Opzet van het monitoringsysteem	15
2.1 Locatiekeuze	15
2.2 Inrichting meetplekken	17
3 Resultaten	19
3.1 Het weer	19
3.2 Grondwaterstandsverloop	20
3.3 Nitraat- en ammoniumconcentraties	22
3.4 Verloop van de nitraatconcentraties gedurende de meetperioden	24
4 Vergelijking van de berekeningen uitgevoerd met het model RENLEM met de metingen	29
4.1 Inleiding	29
4.2 Berekende en gemeten gemiddelde nitraatconcentraties	29
4.3 Berekende en gemeten N-uitspoeling	31
4.4 De relatie tussen de voorraad minerale N en de gemeten N-uitspoeling	33
5 Literatuuroverzicht recent nitraatonderzoek	35
5.1 Monitoring van nitraatconcentraties in vergelijkbare situaties	35
5.1.1 Nitraat in bosgebieden	35
5.1.2 Nitraat in maïsland: een overzicht met vergelijkbare bemestingsniveaus	39
5.1.3 Nitraat in grasland: een overzicht met vergelijkbare bemestingsniveaus	40
5.2 Onderzoek naar nieuw stikstofbeleid bij landbouwkundig grondgebruik	42
5.2.1 Adviezen voor maïsland	42
5.2.2 Adviezen voor grasland	43
6 Discussie, conclusies en aanbevelingen	45
6.1 Bos	45
6.2 Maïsland	46
6.3 Grasland	48
Literatuur	51

## Tabellen

1	Monitoringsysteem voor meting van nitraatconcentraties van bodemvocht en grondwater in de drie grondwaterbeschermingsgebieden Leersum, Beerschoten en Groenekan	16
2	Neerslag, referentie-gewasverdamping en neerslagoverschot in mm tussen 1 oktober en 1 april in de drie winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95 gemeten door het KNMI in De Bilt (voor Beerschoten en Groenekan) en in Amerongen (alleen neerslag Leersum).	19
3	Gemiddelde gemeten en berekende nitraatconcentraties van grasland in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95.	30
4	Gemiddelde gemeten en berekende nitraatconcentraties bij maïs in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95	30
5	Gemiddelde gemeten en berekende nitraatconcentraties onder bos in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95.	31
6	Vergelijking van berekende en 'gemeten' nitraatuitspoeling onder gras in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95.	32
7	Vergelijking van gemeten en berekende nitraatuitspoeling onder maïsland in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95.	32
8	Vergelijking van gemeten en berekende nitraatuitspoeling onder bos in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95.	32
9	Vergelijking van gemiddeld gemeten nitraatconcentraties (mg/l) onder bos van drie winterseizoenen (1992/93, 1993/94 en 1994/95) met de uit formules van Leeters et al. (1994) berekende waarden van het grondwater	37
10	Waterverbruik en de neerslagoverschotten (in mm) voor verschillende boomsoorten berekend uit de gemiddelde neerslagsom van 1 april 1992 t/m 1 april 1995 naar metingen én naar modelresultaten volgens het SWNBL-model.	38
11	Vergelijking van berekende neerslagoverschotten (mm) bij verschillende boomsoorten volgens de methode Dolman en Moors en volgens de methode Nonhebel (tussen haakjes) met de gebruikte neerslagoverschotten voor de berekening van de nitraatuitspoeling in grondwaterbeschermingsgebied Beerschoten <sup>1</sup> ( $NN_{\text{Beerschoten}}$ )	39
12	Gemeten nitraatconcentraties en -uitspoeling van maïsland op verschillende proeflocaties.	40
13	Gemeten nitraatconcentraties en -uitspoeling van grasland op verschillende proeflocaties	41

## Figuren

1	Ligging van de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Utrecht	17
2	Grondwaterstandsverloop van de locaties in grondwaterbeschermingsgebied Leersum	20
3	Grondwaterstandsverloop van de locaties in grondwaterbeschermingsgebied Beerschoten	21
4	Grondwaterstandsverloop van de locaties in grondwaterbeschermingsgebied Groenekan	21
5	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op zeven verschillende graslandpercelen per winterseizoen (1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95)	22
6	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op de twee maïslandpercelen per winterseizoen (1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95)	23

7	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op acht boslocaties per winterseizoen (1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95)	24
8	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op vijf graslandpercelen op zandgrond gedurende de drie winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95	25
9	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op twee graslandpercelen op veengrond gedurende de twee winterseizoenen 1992/'93 en 1993/'94	25
10	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op de twee maïslandpercelen gedurende de drie winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95	26
11	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties van boslocaties op zandgronden gedurende de drie winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95	27
12	Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties van boslocaties met grove den op zandgronden gedurende de drie winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95	28

### ***Aanhangsels***

1	Gemeten nitraat- en ammoniumconcentraties in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95	55
2	Profielbeschrijvingen per locatie	57

## Woord vooraf

De provincie Utrecht heeft in grondwaterbeschermingsgebieden extra milieubeleid vastgesteld met als doel de uitspoeling van stikstof naar het grondwater te verminderen. DLO-Staring Centrum (SC-DLO) heeft in opdracht van de provincie daartoe in fase 1 en 2 de bodem geïnventariseerd en berekeningen uitgevoerd met het model RENLEM om het huidige en eventueel toekomstige beleid te kunnen evalueren. In de derde fase van het onderzoek heeft SC-DLO gedurende drie winterseizoenen een monitoringprogramma van nitraatconcentraties in bodemvocht en grondwater uitgevoerd. Tevens is een literatuuroverzicht gemaakt van monitoring in Nederland op het gebied van nitraatuitspoeling en methoden om de N-belasting van het grondwater te verminderen.

Het onderzoek kreeg begeleiding van ir. J. van Till, Dienst Water en Milieu van de provincie Utrecht.

Adviezen van DLO-collega's waaronder ir. J.J. Schröder (AB-DLO), ir. M.J.D. Hack-ten Broeke, A. van den Toorn en J. Pankow (allen SC-DLO) hebben een nuttige bijdrage geleverd aan dit onderzoek. W.J.M. van der Voort, G. Staal, L. Honkoop en J.G. te Beest hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan het veldwerk bij het plaatsen van buizen en cups en de bemonstering. O.M. Hooijer en ing. L. Köhlenberg hebben analyses van de monsters uitgevoerd.

## Samenvatting

In de derde fase van het onderzoek (monitoring in 1992-1995) heeft SC-DLO nagegaan in hoeverre met het huidige provinciale beleid de drinkwaternormen voor nitraat gehaald worden. Tevens kon met de verkregen meetwaarden een toetsing plaatsvinden van de resultaten van RENLEM. Ten slotte kon worden nagegaan in hoeverre het advies van de Commissie Stikstof (Goossensen en Meeuwissen (red.), 1990) over de veronderstelde relatie tussen minerale N in de bodem in het najaar en de uitspoeling in de winterperiode al toegepast kan worden bij het provinciaal beleid.

Om de effecten van de provinciale milieumaatregelen op de nitraatbelasting van het grondwater te toetsen is een monitoringsysteem opgezet. In drie grondwaterbeschermingsgebieden, te weten Leersum, Beerschoten en Groenekan, zijn peilbuizen en cups geplaatst om nitraat- (en ammonium)metingen te kunnen doen aan grondwater en bodemvocht. Wanneer het grondwater binnen 1 m - mv. voorkwam, is gekozen voor bemonstering van bodemvocht met cups op 1 m - mv. In alle andere gevallen zijn peilbuizen geplaatst, waarbij het filter tot 1 m beneden het freatisch niveau reikte. Er is in drie winterseizoenen gemeten, namelijk 1992/93, 1993/94 en 1994/95. De nitraatmetingen zijn in elk winterseizoen (1 oktober - 1 april) drie keer herhaald. Het eerste meetjaar is steeds ook het ammoniumgehalte gemeten. In het tweede jaar bleef dit beperkt tot één keer met uitzondering van de veengronden. Er zijn op 17 locaties metingen verricht, verspreid over grasland (7), maïslaan (2) en bos (8). Bij de keuze van de locaties is rekening gehouden met het bodemtype, de grondwatertrap (Gt) en de bemesting.

Het weer in de drie winterseizoenen was relatief nat. De neerslag liep globaal uiteen van 450 mm in 1992/93, via 540 mm in 1993/94 tot 580 mm in 1994/95. De referentiegewasverdamping bedroeg ongeveer 100 mm. Het hieruit berekende neerslagoverschot bedroeg daardoor 350 mm (1992/93) 440 mm (1993/94) en 480 mm (1994/95). Gemiddeld bedraagt het neerslagoverschot in De Bilt 300 mm.

Van alle locaties zijn grondwaterstanden gemeten. Er bestaan grote verschillen tussen de grondwaterbeschermingsgebieden (Groenekan 25-90 cm - mv, Beerschoten 110-390 cm - mv. en Leersum 315-1250 cm - mv).

De gemiddelde nitraatconcentraties op zandgronden onder bos bleven op een aantal locaties gedurende het onderzoek beneden 50 mg/l. Dit waren het naaldbos in Leersum en het loofbos in Beerschoten. Op de andere locaties (Beerschoten, naaldbos) kwamen de nitraatconcentraties wel boven 50 mg/l en het valt op dat dit voornamelijk in de laatste twee winterseizoenen gebeurde. Daarvan waren de nitraatconcentraties onder douglas vanaf het begin hoog en varieerden gedurende de drie winterseizoenen tussen 93 en 135 mg/l.

De gemiddelde nitraatconcentraties onder maïs op de twee onderzochte zandgronden varieerden gedurende de drie winterseizoenen van 80 tot 180 mg/l. De nitraatconcentratie van het grondwater is bij het huidige beleid duidelijk te hoog. Het veronderstelde verband tussen minerale N-voorraad in de herfst en de uitspoeling in het volgende

winterseizoen werd niet gevonden. De uitspoeling was veel hoger dan de gemeten voorraad in de bovengrond in de herfst. Met het meten van minerale N in de herfst is moeilijk een schatting te maken over de nitraatuitspoeling, wanneer de periode met een neerslagoverschot reeds is gestart en bij diepe grondwaterstanden.

Op grasland zijn grote verschillen in gemiddelde nitraatconcentraties tussen de diverse locaties gemeten. Het valt op dat de nitraatconcentraties bij veengronden (GV1 en GV2) extreem laag waren (gemiddeld tussen 4 en 8 mg/l). Op zandgronden varieerden de gemiddelde nitraatconcentraties gedurende de drie winterseizoenen meestal tussen 10 en 125 mg/l. Op de meeste locaties werden vrijwel continu waarden hoger dan 50 mg/l gemeten. Bemesting en beweiding hebben een grote invloed gehad op de gemeten nitraatconcentraties en nitraatuitspoeling. Het huidige provinciaal beleid voor grasland op zandgronden in grondwaterbeschermingsgebieden biedt onvoldoende perspectieven voor beperking van de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater.

Vergelijking van gemeten nitraatconcentraties met de berekende waarden van RENLEM kan inzicht geven in mogelijke oorzaken van verschillen. RENLEM berekent waarden voor een gemiddeld jaar en onder evenwichtomstandigheden. Dat maakte vergelijking lastig. Op vier van de zeven graslandpercelen zijn nitraatconcentraties gemeten die goed overeenkomen met de berekeningen met het model RENLEM voor het huidige beleid. Op de andere percelen waren soms zeer grote verschillen te constateren. De gemeten nitraatconcentraties onder maïsland waren steeds hoger dan berekend. Onder naaldbos zijn veel hogere nitraatconcentraties berekend dan in de praktijk worden gemeten. Toch benaderen de berekende en gemeten nitraatconcentraties elkaar de laatste winterseizoenen meer en meer. Bij loofbos wordt de orde van grootte van de berekende nitraatconcentratie in de praktijk redelijk benaderd.

De gemeten nitraatuitspoeling was als resultante van hoge gemeten nitraatconcentraties en hoge neerslagoverschotten gedurende de drie winterseizoenen natuurlijk ook hoog. Vergelijking met berekende waarden van het model RENLEM gaf dan nog extremere afwijkingen. Daar waar relatief lage nitraatconcentraties zijn gemeten (grasland op veengronden, twee graslandpercelen op hoge zandgronden, naaldbos in Leersum en Beerschoten (alleen eerste winterseizoen) en loofbos in Beerschoten) kwamen de nitraatuitspoelingscijfers redelijk overeen met de berekende waarden van het model RENLEM.

Aan de resultaten van monitoring is een literatuuroverzicht toegevoegd van de huidige kennis op het gebied van monitoring van nitraat en van te nemen milieumaatregelen om de nitraatbelasting verder te verminderen. Met o.a. deze kennis zal de provincie Utrecht trachten om keuzes te maken voor nieuw te ontwikkelen beleid voor de beperking van de nitraatbelasting van het grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden.

In de recente literatuur (1985-1992) over gemeten nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater onder bos worden meestal waarden beneden de drinkwaternorm van 50 mg nitraat per liter gemeld. Er was ook geen trend in de tijd waarneembaar. Hoewel ook de Utrechtse Heuvelrug volgens recent onderzoek lage nitraatconcentraties in het bovenste grondwater bevatte, zijn de oorzaakfactoren veelal optimaal aanwezig om



hogere waarden in de grondwaterbeschermingsgebieden te verwachten: het is er droog, er is een hoog percentage naaldbos en aan de rand is het aandeel natuur nog relatief gering. Mogelijke verklaring voor de toename van de nitraatconcentratie in Beerschoten onder naaldbos zou de mobilisatie van N dat is opgehoopt in de strooisellaag en minerale bovengrond, kunnen zijn. De gemeten verschillen tussen nitraatconcentraties onder bos kunnen verklaard worden door vermoedelijke verschillen in depositie (afhankelijk van de boomsoort) in boomsoort en in bodemtype. Het neerslagoverschot is een van de belangrijkste redenen, waarom de boomsoort zo'n belangrijke rol speelt. De grootte van de N-depositie in de regio zou meegenomen moeten worden bij de afweging voor de keuze van een meer stringent stikstofbeleid voor grondwaterbeschermingsgebieden aan de rand van de Utrechtse Heuvelrug.

Bij maïsland wijst onderzoek op een veldpodzolgrond met Gt VI uit dat drijfmestgiften nog verlaagd kunnen worden tot 90 kg N (werkzaam)/ha incl. rijenbemesting (20 kg/ha N) en wintergewas zonder dat er grote opbrengstverliezen optreden. Bij hantering van het voorlopig milieu-advies zullen vrijwel zeker opbrengstverliezen optreden. In combinatie met een wintergewas kan zowel de nitraatbelasting verder verminderd worden als het verlies aan maïs-opbrengst enigszins worden beperkt. De drijfmestgift kan in de praktijk ook niet zo laag zijn dat het niet meer goed te verdelen is. Een N-bemestingsadvies voor maïs zou vergelijkbaar met dat van grasland aangepast moeten worden aan het stikstofleverend vermogen, maar ook aan het vochtleverend vermogen van de grond. Een alternatief voor het gebruik van winterrogge is gras-onderzaai. Het maïsgewas kan iets langer doorgroeien zonder dat het wintergewas moeite zal krijgen zich verder te ontwikkelen. Zaaïen van maïs in de buurt van mestinjectie-sleuven verhoogt de efficiency van het beperkte mestgebruik nog verder. Ook dit vraagt om een meer geavanceerde teelttechniek.

Uit het literatuuroverzicht komt ook naar voren, dat op intensief beweide grasland op zandgronden hogere N-giften dan 200-250 kg/ha N leiden tot te hoge nitraatconcentraties in het grondwater. Grasland dat alleen wordt gemaaid levert veel minder verliezen. Door beter rekening te houden met bemesting en beweiding op grasland op zandgronden zijn er mogelijkheden om de nitraatbelasting verder te beperken. Het verfijnde stikstofadvies biedt daarvoor een goede aanzet. Beperken van de periode en intensiteit van beweiden, selectief weiden/maaien en nieuwe bemestingsmethoden waarbij urineplekken over kunnen worden geslagen zijn methoden om rekening te houden met milieu-eisen.

## **1 Inleiding**

DLO-Staring Centrum heeft in 1990 en 1991 onderzoek gedaan naar de effecten van genomen en nieuw te nemen milieumaatregelen op de nitraatbelasting van het grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Utrecht (De Groot et al., 1992). Met het model RENLEM zijn daarvoor de effecten op de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater berekend.

In deze derde fase van het onderzoek (monitoring in 1992-1994) zou moeten blijken in hoeverre met het huidige provinciale beleid de drinkwaternormen gehaald worden. Tevens kon met de verkregen meetwaarden een toetsing plaatsvinden van de resultaten van RENLEM. Ten slotte kon worden nagegaan in hoeverre het advies van de Commissie Stikstof over de veronderstelde relatie tussen minerale N in de bodem in het najaar en de uitspoeling in de winterperiode toegepast kan worden bij het provinciaal beleid.

Om de effecten van de provinciale milieumaatregelen op de nitraatbelasting van het grondwater te toetsen is vervolgens een monitoringsysteem (derde fase) opgezet. In dit rapport worden de resultaten van de monitoring beschreven.

In 1994 is besloten om de monitoring nog een jaar voort te zetten. Tevens is daarbij afgesproken dat er een literatuuroverzicht gemaakt zou worden van de huidige kennis op het gebied van monitoring van nitraat en van mogelijke milieumaatregelen om de nitraatbelasting verder te verminderen. Met deze kennis is de provincie Utrecht in staat keuzes te maken voor nieuw te ontwikkelen beleid ter beperking van de nitraatbelasting van het grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden.

Allereerst wordt in hoofdstuk 2 beschreven hoe het monitoringsysteem is opgezet. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de metingen besproken en zijn berekende waarden voor de nitraatuitspoeling opgenomen. In hoofdstuk 4 is een vergelijking gemaakt tussen de gemeten en met het model RENLEM berekende nitraatbelasting. Ook is daarin de relatie van de  $N_{\min}$ -voorraad in het najaar en de nitraatuitspoeling in het eropvolgende winterseizoen onderzocht. In hoofdstuk 5 staat een literatuuroverzicht van metingen elders en ervaringen met te nemen milieumaatregelen. In hoofdstuk 6 staan vervolgens enige conclusies en aanbevelingen.

## **2 Opzet van het monitoringsysteem**

### **2.1 Locatiekeuze**

In de grondwaterbeschermingsgebieden Leersum, Beerschoten en Groenekan zijn metingen aan de nitraatconcentraties van het bodemvocht of grondwater verricht. Bij de keuze van de meetlocaties van het monitoringsysteem is enerzijds uitgegaan van de meest representatieve bodemtypen, grondwatertrappen en landgebruik. Wat betreft het

mestgebruik zijn zoveel mogelijk locaties gekozen waarvan verwacht werd dat ze redelijk overeenkwamen met het huidig beleid (maïs) of een bemesting kregen die overeenkwam met het gemiddelde van alle percelen in grondwaterbeschermingsgebieden die in 1991 aan het Bemestings Advies Programma (BAP) meededen (gras). Hierdoor zou het achteraf ook beter mogelijk zijn de berekeningen met het model RENLEM te toetsen, omdat voor de berekeningen met RENLEM vergelijkbare bemesting is gebruikt. Vooral in Beerschoten komen nogal wat extensief gebruikte graslandpercelen voor. Deze percelen zijn dus niet in het monitoringsysteem opgenomen. Er zijn selectief een aantal representatieve percelen/locaties uitgekozen om een zo goed mogelijk beeld van allerlei landgebruiksvormen in combinatie met bodemtype en grondwatertrap te verkrijgen. Dit past bij het perceelsgerichte beleid van de provincie Utrecht. In tabel 1 zijn de locaties voor het monitoringsysteem beschreven. Ze komen vrijwel overeen met het voorstel uit De Groot et al., 1992. Beerschoten bevat nogal wat naaldbos op enkeerdgronden. Vandaar dat vergeleken met het oude voorstel wat extra locaties in naaldbos zijn gekozen. In cultuurland zijn percelen als afzonderlijke locaties beschouwd. In bos is elke buis een andere locatie.

Tabel 1 Monitoringsysteem voor meting van nitraatconcentraties van bodemvocht en grondwater in de drie grondwaterbeschermingsgebieden Leersum, Beerschoten en Groenekan

Landgebruik/ Grondwaterbe- schermingsgebied	Bodemtype	Gt	Methode	Aantal locaties	Aantal cups/ buizen	Code locaties
<b>grasland:</b>						
Groenekan	laarpodzol	IV	cups	2	6	GZ1, GZ2
	weideveen/ koopveen	II*	cups	2	6	GV1, GV2
Beerschoten	enkeerd	VIII	peilbuis	2	4	BG1, BG2 <sup>1</sup>
Leersum	enkeerd	VIII	peilbuis	1	4	LG <sup>1</sup>
<b>maisland:</b>						
Beerschoten	enkeerd	VII	peilbuis	1	2	BM
Leersum	loopodzol	VIII	peilbuis	1	2	LM
<b>naaldbos:</b>						
Beerschoten	duinvaag	VIII	peilbuis	2	1	BND1, BND2
Beerschoten	enkeerd	VIII	peilbuis	2	1	BNZ1, BNZ2
Leersum	loopodzol	VIII	peilbuis	2	1	LN1 <sup>2</sup> , WNP25
<b>loofbos</b>						
Beerschoten	enkeerd	VIII	peilbuis	2	1	BL1, BL2

<sup>1</sup> In 1992/93 zijn vier buizen bemonsterd in Leersum. Nadat het land in 1993/94 is omgeploegd is in Beerschoten een nieuwe locatie met grasland gevonden, waar in 1994/95 vier buizen zijn geplaatst en bemonsterd.

<sup>2</sup> In 1992/93 was deze buis te ondiep geplaatst. Vanaf 1993/94 is waarnemingsput 25 (WNP25) van de Waterleiding Maatschappij Midden-Nederland (WMN) voortaan ook bemonsterd en is buis LN1 dieper geplaatst.

In figuur 1 zijn de onderzochte grondwaterbeschermingsgebieden weergegeven.

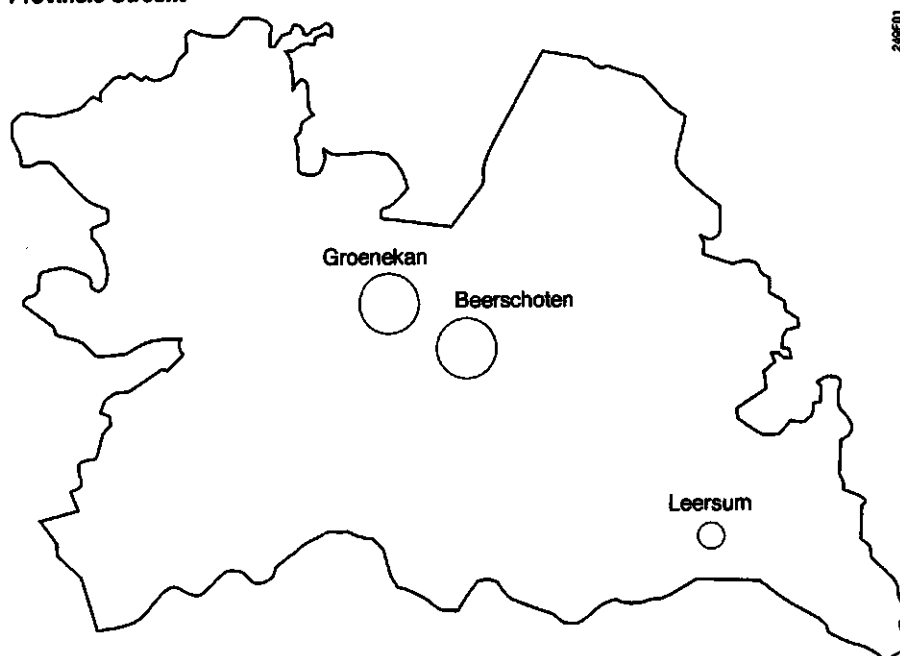


Fig. 1 Ligging van de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Utrecht

## 2.2 Inrichting meetplekken

In de drie grondwaterbeschermingsgebieden, te weten Leersum, Beerschoten en Groenekan zijn peilbuizen en cups geplaatst om nitraat- (en ammonium)metingen te kunnen doen aan grondwater en bodemvocht. Wanneer het grondwater binnen 1 m - mv. voorkwam, is gekozen voor bemonstering van bodemvocht met cups op 1 m - mv. In alle andere gevallen zijn peilbuizen geplaatst, waarbij het filter tot 1 m beneden het freatisch niveau reikte.

Per combinatie van landgebruik en bodem zijn in de loop der jaren specifieke bemonsteringsmethoden ontwikkeld met meer en minder peilbuizen en cups, waardoor met beperkte middelen een zo goed mogelijk beeld van een perceel verkregen kan worden. Binnen elk perceel/locatie zijn de buizen en cups zo geplaatst dat ze gemakkelijk zijn terug te vinden. De exacte locatie van elk waarnemingspunt is niet aselekt gekozen, maar is bepaald door opsporingsgemak en representativiteit. Het is hierdoor weliswaar niet mogelijk een statistisch goed gemiddelde te berekenen, maar er ontstaat wel een redelijk beeld.

Voor het bemonsteren van het bodemvocht zijn polyester-acrylaat cups geïnstalleerd op ca 1 m - mv. Per locatie zijn 6 cups aangebracht op een onderlinge afstand van gemiddeld 50 cm. De leidingen vanaf de cups zijn samengebracht in een PVC-ring. De bovenkant van de ring (op 20 cm - mv.) is afgedekt met een ijzeren plaat. Daarmee wordt het mogelijk op grasland mest te injecteren, zonder dat de cups verwijderd hoeven

te worden. In Schröder et al. (1992) wordt de plaatsing en bemonstering van cups uitvoerig beschreven.

Voor het bemonsteren van grondwatermonsters zijn peilbuizen geplaatst. De peilbuizen met grondwaterstanden tot 4 m - mv. zijn bemonsterd met een slangenpomp. Het monster werd daarna meteen door een filter van 45 µm geleid, voordat het in de monsterfles terecht kwam. Bij peilbuizen met diepere grondwaterstanden was het onmogelijk op deze wijze vocht te onttrekken en is gebruik gemaakt van een kogelklepmonsternemer. Het monster is meteen erna handmatig gefiltreerd met een 45 µm-filter. In grasland zijn vier peilbuizen per locatie geplaatst en in maïsland twee. Voor de berekening van een betrouwbaar gemiddelde was dit erg weinig. Hierbij is echter rekening gehouden met praktische uitvoerbaarheid. Peilbuizen in grasland en bouwland zijn op voldoende diepte (resp. 20 en 40 cm -mv.) afgedekt met een ijzeren plaat van 40 \* 40 cm. Hierdoor bleef het het hele jaar mogelijk om grondbewerkingen te doen. Tevens was het op deze wijze mogelijk om met behulp van een metaaldetector de peilbuizen en cups op te sporen. De analyses van ammonium en nitraat zijn op het lab verricht met behulp van fotospectrometrie.

Bij alle locaties zijn peilbuizen geplaatst om de grondwaterstanden te kunnen meten. Bij het maken van het boorgat voor de peilbuis is steeds ook een profielbeschrijving gemaakt. Hierbij werd vastgesteld of de locatie representatief was voor het betreffende bodemtype. De profielbeschrijvingen staan in aanhangsel 2.

Er is in drie winterseizoenen gemeten, namelijk 1992/93, 1993/94 en 1994/95. De nitraatmetingen zijn in elk winterseizoen (1 oktober - 1 april) drie keer herhaald. In het eerste meetjaar is steeds ook het ammoniumgehalte gemeten. In het tweede winterseizoen is dit op zandgronden slechts één maal gemeten en in het derde winterseizoen helemaal niet meer. Bij de veengronden zijn gedurende de eerste twee winterseizoenen zowel nitraat- als ammoniumconcentraties bepaald. In 1994/95 is de bemonstering van veengronden gestopt, omdat er voldoende over bekend was.

## 3 Resultaten

### 3.1 Het weer

Het weer heeft een grote invloed op nitraatconcentraties in het bodemvocht en grondwater. Het verschil in neerslag en verdamping vormt het neerslagoverschot, dat een maat is voor het netto neerwaartse transport (flux) en daarmee de grondwatervoeding. Door vermenigvuldiging van het neerslagoverschot met gemeten nitraatconcentraties kan op een eenvoudige wijze de vracht nitraatuitspoeling per ha worden berekend.

In tabel 2 zijn de weersgegevens neerslag, referentie-gewasverdamping volgens Makkink en het verschil ertussen (neerslagoverschot) voor de drie grondwaterbeschermingsgebieden in de drie winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95 gegeven.

De referentie-gewasverdamping volgens Makkink gaat uit van kort gras. In de grondwaterbeschermingsgebieden kwam zowel gras als rogge, naald- en loofbos voor. Er is niet gecorrigeerd voor verschillende gewassen, omdat de verdamping in het winterseizoen niet groot was en er ook weinig bekend was over de juiste correctiefactoren van gewassen in de winter. Tevens bestond het vermoeden dat de verschillen misschien ook wel niet zo groot zouden zijn, omdat in de praktijksituatie er bijna overal (met uitzondering van het beukenbos) een dicht gewas stond.

De weersgegevens zijn voornamelijk afkomstig van het KNMI te De Bilt, met uitzondering van de neerslag voor het grondwaterbeschermingsgebied Leersum, die op weerstation Amerongen gemeten is.

*Tabel 2 Neerslag, referentie-gewasverdamping en neerslagoverschot in mm tussen 1 oktober en 1 april in de drie winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95 gemeten door het KNMI in De Bilt (voor Beerschoten en Groenekan) en in Amerongen (alleen neerslag Leersum).*

Winterseizoen	Gebied	Neerslag	Referentie-gewasverdamping	Neerslagoverschot
1992/93	Beerschoten/ Groenekan	469	104	370
	Leersum	445	104	341
1993/94	Beerschoten/ Groenekan	506	89	417
	Leersum	582	89	492
1994/95	Beerschoten/ Groenekan	583	107	476
	Leersum	573	107	466

### 3.2 Grondwaterstandsverloop

Tijdens de bemonstering is steeds vooraf de grondwaterstand van elke locatie bepaald. In de figuren 2 t/m 4 staat per grondwaterbeschermingsgebied het grondwaterstandsverloop van elke locatie gedurende de meetperiode. De grondwaterstanden zijn per grondwaterbeschermingsgebied weergegeven, omdat er tussen gebieden grote verschillen bestaan (Groenekan 25-90 cm - mv., Beerschoten 110-390 cm - mv. en Leersum 315-1250 cm - mv.). Als verscheidene buizen tot een locatie behoren, is steeds de gemiddelde grondwaterstand van alle buizen weergegeven.

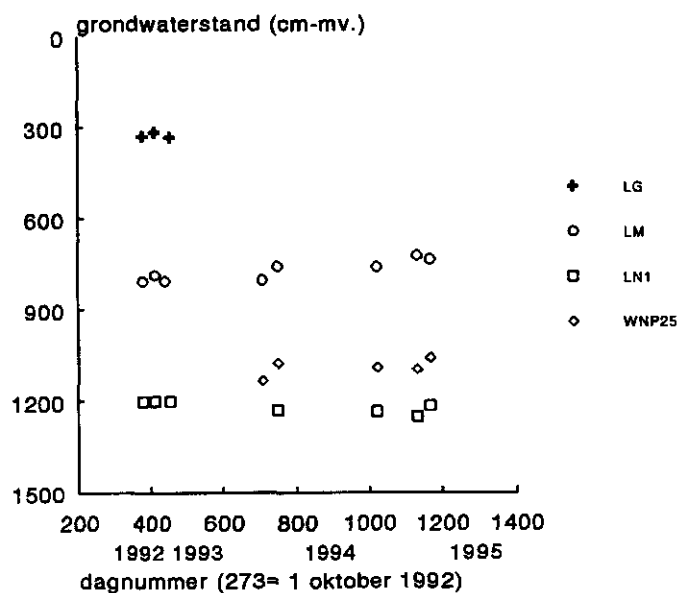


Fig. 2 Grondwaterstandsverloop van de locaties in grondwaterbeschermingsgebied Leersum

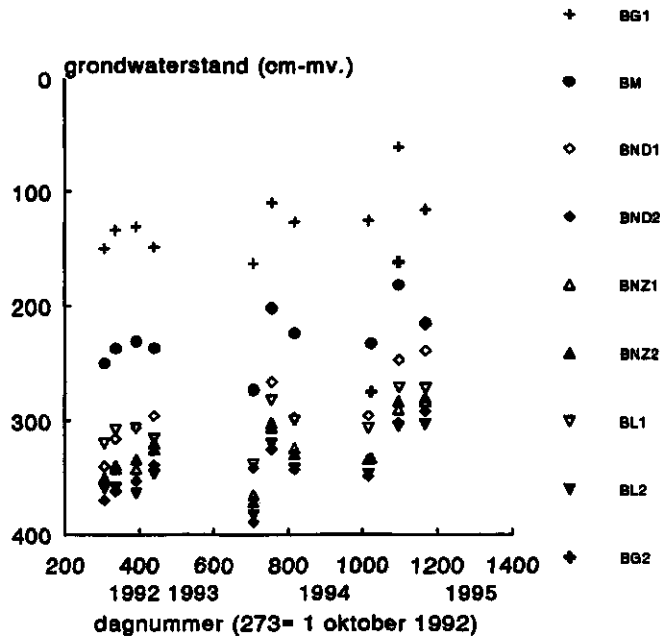


Fig. 3 Grondwaterstandsverloop van de locaties in grondwaterbeschermingsgebied Beerschoten

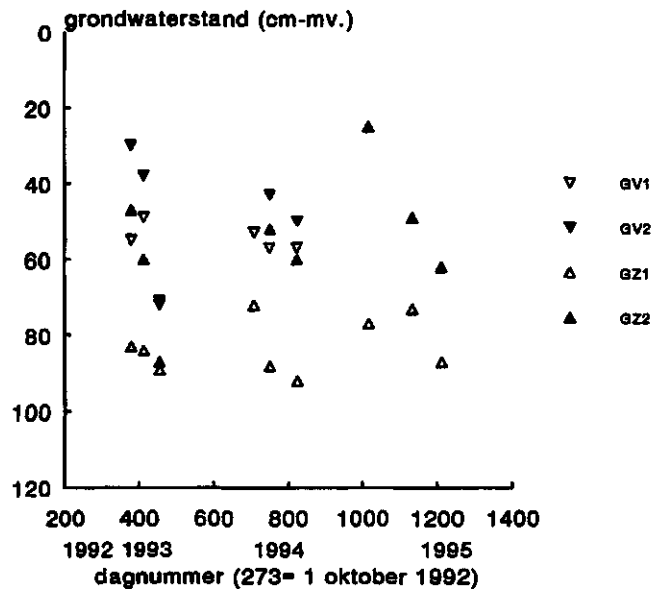


Fig. 4 Grondwaterstandsverloop van de locaties in grondwaterbeschermingsgebied Groenekan



### 3.3 Nitraat- en ammoniumconcentraties

In figuur 5 t/m 7 zijn per landgebruik de gemiddelde gemeten nitraatconcentraties per winter gegeven.

In figuur 5 is te zien dat de nitraatconcentraties onder grasland sterk kunnen variëren. Tussen de locaties waren de verschillen vaak veel extremer dan tussen de drie winterseizoenen. Een uitzondering hierop vormt de gemiddelde nitraatconcentratie van locatie GZ1, die sterk varieerde. Het valt verder op dat de nitraatconcentraties bij veengronden (GV1 en GV2) extreem laag waren. Op zandgronden varieerden de gemiddelde nitraatconcentraties per winterseizoen tussen 10 en 120 mg/l, behalve op locatie BG1 waar een gemiddelde nitraatconcentratie tussen 135 en 260 mg/l voorkwam. Behalve dat er verschillen in de bodemopbouw en grondwatertrap konden zijn, was het waarschijnlijk dat ook verschillen in bemesting en beweidingsdruk een rol speelden. In hoofdstuk 5 gaan we hier verder op in.

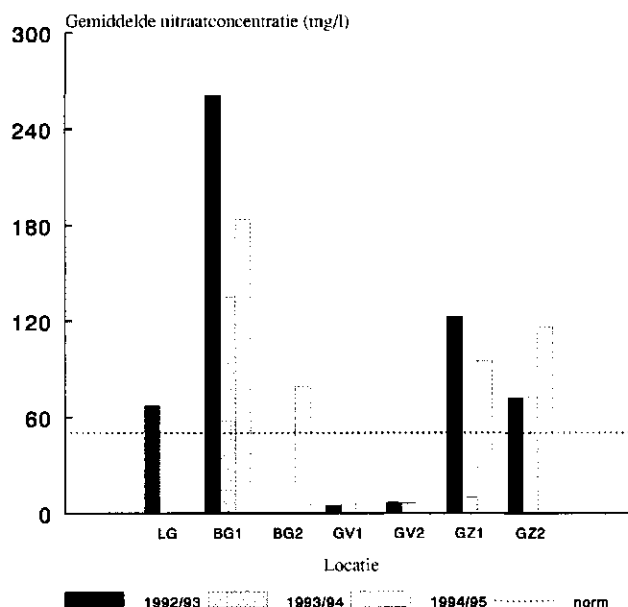


Fig. 5 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op zeven verschillende graslandpercelen per winterseizoen (1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95)

In figuur 6 is te zien, dat de gemiddelde nitraatconcentraties onder maïs op de twee onderzochte zandgronden varieerden van 90 tot 180 mg/l. Op de locatie in Beerschoten (BM) zijn over het algemeen iets lagere waarden gemeten dan in Leersum (LM). In Beerschoten waren de grondwaterstanden een stuk ondieper dan in Leersum ( resp. 3 m - mv. en 8 m - mv.). De hydrologische omstandigheden voor denitrificatie zijn ongunstig en verschillen vermoedelijk weinig.

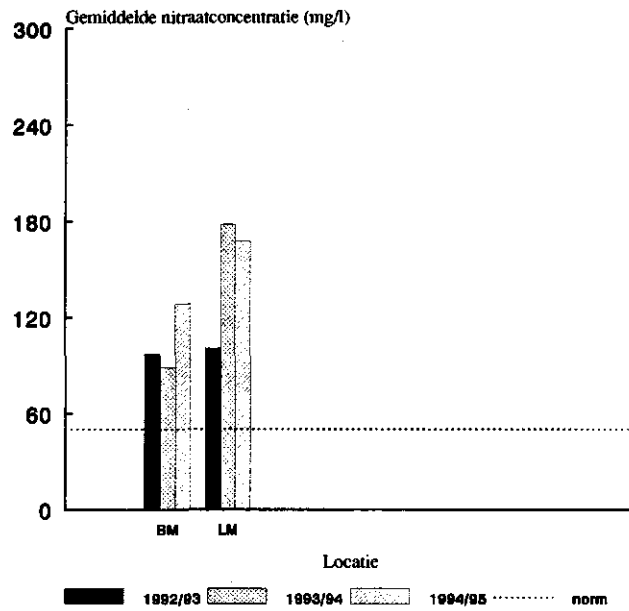


Fig. 6 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op de twee maïslandpercelen per winterseizoen (1992/93, 1993/94 en 1994/95)

De gemiddelde nitraatconcentraties onder bos op zandgronden zijn in figuur 7 gegeven. Op de locaties LN1, WNP25 (Leersum, grove den) en BL1, BL2 ( Beerschoten, loofbos) zijn nooit hogere nitraatconcentraties dan 50 mg/l gemeten. Op de andere locaties (Beerschoten, naaldbos) was dit wel het geval en het valt op dat dit voornamelijk in de laatste twee winterseizoenen voorkwam.

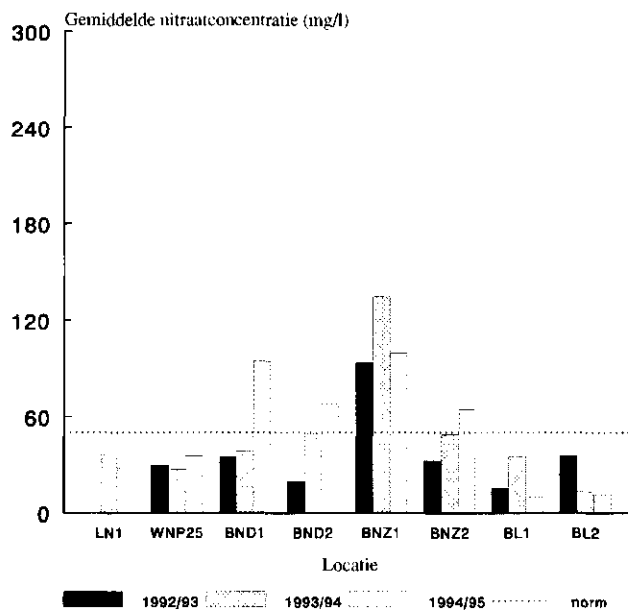


Fig. 7 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op acht boslocaties per winterseizoen (1992/93, 1993/94 en 1994/95)

### 3.4 Verloop van de nitraatconcentraties gedurende de meetperioden

Met de gemiddelde nitraatconcentratie van de verschillende locaties zijn in paragraaf 3.2 de meest duidelijke onderlinge verschillen aangegeven. Gedurende elk winterseizoen zijn drie metingen verricht. Hiermee is ook een indruk te verkrijgen van de verschillen op één locatie in de loop van de tijd.

In figuur 8 is het verloop van de nitraatconcentraties van grasland op zandgrond gegeven. Het bleek dat op locatie BG1 de nitraatconcentraties jaarlijks vanaf extreme hoogte dalen tot waarden in de buurt van de drinkwaternorm. Door het neerslagoverschot kan verdunning van de nitraatconcentratie van het grondwater zijn opgetreden. In 1993/94 en 1994/95 was er vóór 1 oktober (begin winterseizoen) al sprake van een neerslagoverschot. Dit duidt erop dat de nitraatconcentraties vóór 1 oktober nog hoger kunnen zijn geweest. De nitraatconcentraties waren vaak het laagst in Groenekan (GZ1 en GZ2). Door de hogere grondwaterstanden denitrificeert waarschijnlijk veel nitraat ondiep in de bodem.

Op veengronden zijn de schommelingen door de lage absolute waarden gering (fig. 9). Vanwege de lage nitraatconcentraties is de schaal van de y-as aangepast.

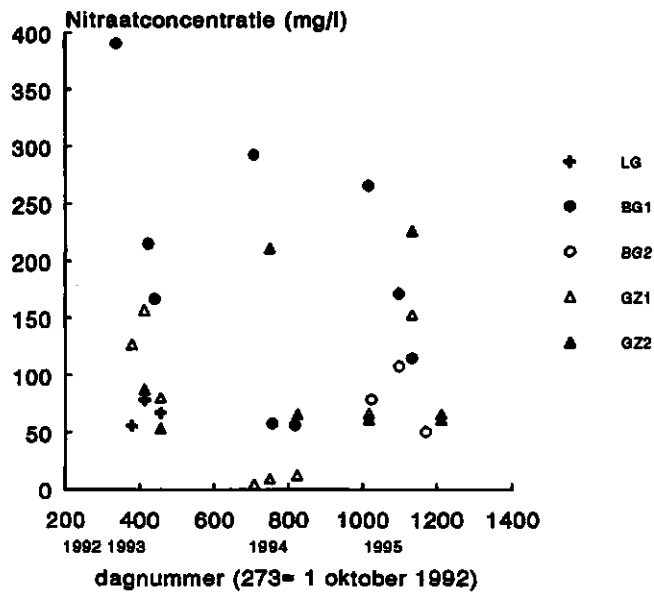


Fig. 8 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op vijf graslandpercelen op zandgrond gedurende de drie winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95

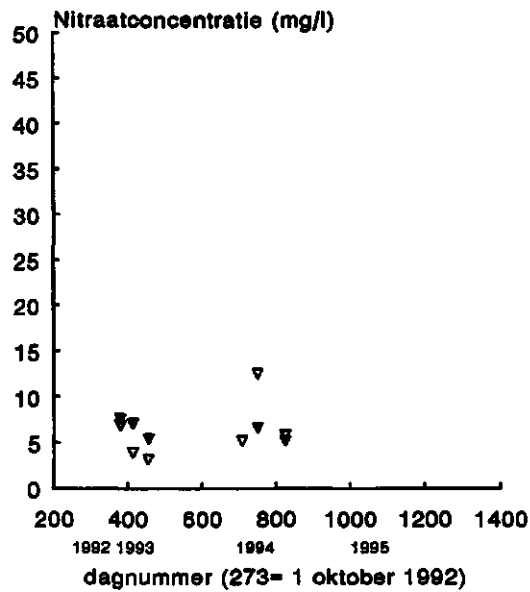


Fig. 9 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op twee graslandpercelen op veengrond gedurende de twee winterseizoenen 1992/93 en 1993/94

Onder maïs (fig. 10) waren de schommelingen in de nitraatconcentratie niet zo sterk als bij gras (fig. 8). De nitraatconcentraties varieerden van 45 tot 240 mg/l. De nitraatconcentratie was in bijna alle gevallen hoger dan 50 mg/l. In Beerschoten werden aan het begin of aan het eind van het winterseizoen nog wel eens waarden gemeten in de buurt van de drinkwaternorm. De twee locaties met maïs verschilden vooral in winterseizoenen 1993/94 sterk van elkaar.

Ook viel op dat de spreiding in de metingen per winterseizoen groter werd. De laatste twee winterseizoenen waren aanzienlijk natter dan de eerste (paragraaf 3.1).

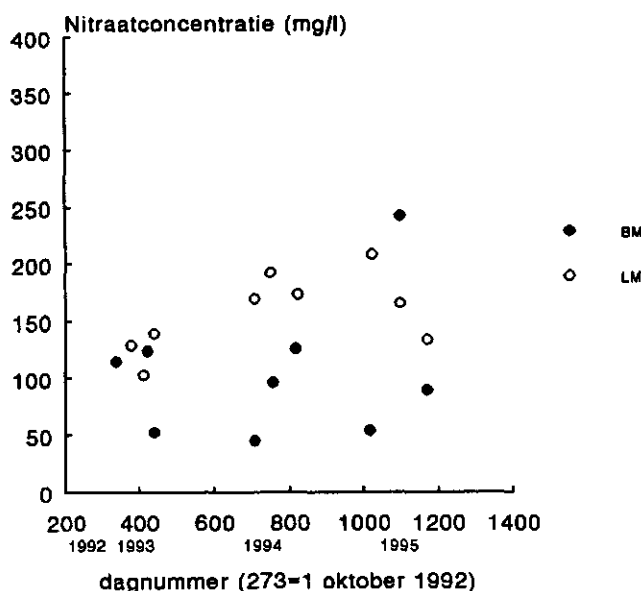


Fig. 10 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties op de twee maïslandpercelen gedurende de drie winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95

In figuur 11 is het verloop van de nitraatconcentratie onder bos weergegeven. De waarden zijn over het algemeen lager dan onder maïs en gras op hogere zandgronden (fig. 8 en 10). De locatie met douglas (BNZ1) had bijna steeds de hoogste nitraatconcentratie. De laagste concentraties werden steeds gevonden onder loofbos (BL1 en BL2). Grove den nam een tussenpositie in (BND1, BND2, BNZ2). De boomsoort had blijkbaar een duidelijke invloed op de nitraatconcentratie van het grondwater. Het bleek dat de schommelingen per locatie gedurende elk winterseizoen geringer waren dan die van gras en maïs. De geringere schommelingen konden verklaard worden door de geringere absolute hoogte van de waarden en de over het algemeen diepere grondwaterstanden (Beerschoten 2,5-4 m - mv. en Leersum 10-12 m - mv.). De schommelingen namen ook hier toe in de laatste twee winterseizoenen. Een groter neerslagoverschot zorgde voor snellere veranderingen in de nitraatconcentraties.

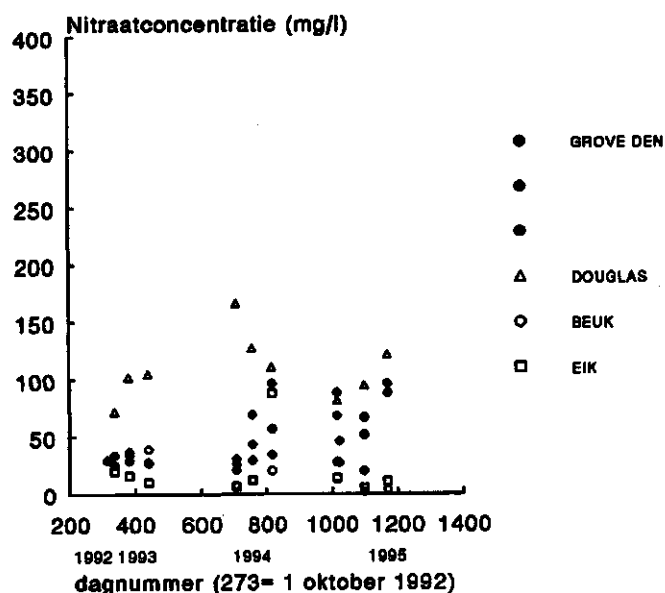


Fig. 11 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties van boslocaties op zandgronden gedurende de drie winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95

In figuur 12 is uitsluitend het verloop van de nitraatconcentratie onder locaties met grove den aangegeven. In het eerste winterseizoen lagen de nitraatconcentraties erg dicht bij elkaar. Als gevolg van het al eerder genoemde grotere neerslagoverschot in 1993/94 en 1994/95 lagen de waarden in die winterseizoenen verder uit elkaar. In deze winterseizoenen werd ook de norm van 50 mg/l op verschillende locaties incidenteel of blijvend overschreden. Als gevolg van een groter neerslagoverschot zou de verwachting zijn dat er meer verdunning optrad. Dit was echter niet het geval. Reden daarvan zou kunnen zijn, dat het neerslagoverschot toch niet goed was ingeschat en dat naaldbos meer verdampte (zie paragraaf 5.1.1). De nitraatconcentraties zijn in deze winterseizoenen zoals al eerder gezegd aan grotere schommelingen onderhevig geweest. Dit duidt er toch op dat er meer neerslag naar het grondwater is getransporteerd. Bij het verticaal transport van bodemvocht wordt nitraat uit de bovengrond meegevoerd. Zolang in de bovengrond nitraat kan worden gemobiliseerd zal de nitraatconcentratie van het grondwater ook niet noemenswaardig dalen als gevolg van verdunning. De mate waarin nitraat uit de bovengrond (strooisellaag en minerale organische-stofrijke lagen) kan worden gemobiliseerd, hangt onder andere ook af van het vochtgehalte van de bovengrond. Onder vochtige (niet te natte) omstandigheden neemt bijv. de mineralisatie toe.

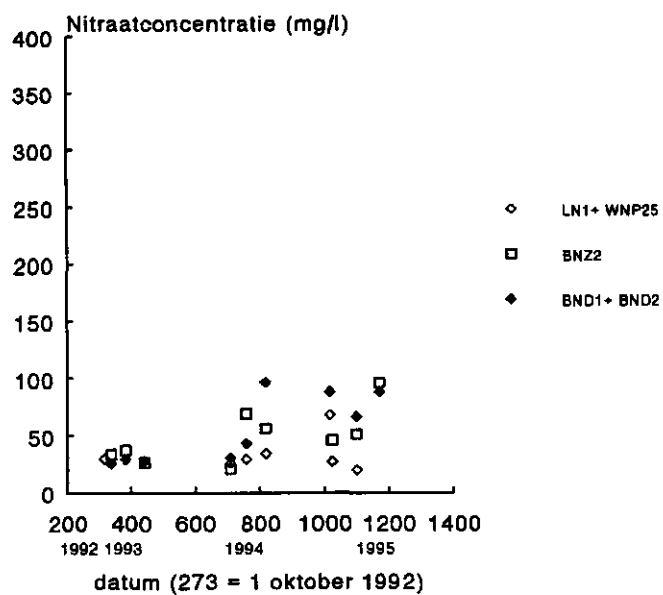


Fig. 12 Gemiddelde gemeten nitraatconcentraties van boslocaties met grove den op zandgronden gedurende de drie winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95

## **4 Vergelijking van de berekeningen uitgevoerd met het model RENLEM met de metingen**

### **4.1 Inleiding**

In 1990-1991 zijn met het model RENLEM berekeningen uitgevoerd naar de N-belasting van het grondwater bij het huidige beleid (scenario 1), bij optimaal milieurendement (scenario 2) en bij stringent beleid (scenario 3) (De Groot et al. 1992). De berekeningen met het model RENLEM waren berekeningen voor een gemiddelde weersituatie (o.a. gemiddeld neerslagoverschot, dat volledig in de winterperiode tussen 1 oktober en 1 april wordt opgebouwd), en bij evenwicht in mineralisatie (er mineraliseert jaarlijks evenveel als er aangevoerd wordt aan organische gebonden stikstof). De modeluitkomsten betroffen zowel nitraatconcentraties als nitraatuitspoeling. De rekenresultaten van het huidige beleid worden in dit hoofdstuk vergeleken met de gemeten waarden. De metingen zijn slechts uitgevoerd gedurende drie winters van 1992 tot 1995.

Het huidige beleid is al gestart in 1990, zodat effecten van eventueel hogere bemesting al deels zijn verdwenen, vooral wat betreft zeer mobiele stikstof-verbindingen. Mineralisatie zal vermoedelijk nog niet in evenwicht zijn met de verlaagde mestgiften. Gezien de ervaringen uit langjarige (zes jaar) proeven elders is toch snel een duidelijk verband aanwezig tussen bemesting en nitraatuitspoeling. Verschillend weer (vooral neerslag) heeft effect op de te meten nitraatconcentraties, maar minder op nitraatuitspoeling. Dat zijn de twee redenen geweest om de metingen betrouwbaar te achten voor het huidige beleid en ze toch te durven vergelijken met lange-termijnvoorspellingen van het model RENLEM. De twee laatste winters waren zeer nat. Hierdoor zijn ook de effecten op de nitraatconcentraties vooral op locaties met diepe grondwaterstanden duidelijk gebleken.

### **4.2 Berekende en gemeten gemiddelde nitraatconcentraties**

In deze paragraaf vergelijken we de met het model RENLEM berekende concentraties met de gemiddelde gemeten nitraatconcentraties, per locatie.

De tabellen 3 t/m 5 bevatten de waarden van respectievelijk grasland, maïsland en bos.

De gemiddelde berekende nitraatconcentratie voor gras op de hoge zandgronden (LG en BG in tabel 3) werd volgens de metingen voornamelijk op locatie BG1 overschreden. Op de andere locaties werd de berekende nitraatconcentratie redelijk benaderd. Op de lage zandgronden (GZ1 en GZ2) werden op één uitzondering na veel hogere gemiddelde nitraatconcentraties gemeten dan berekend. De berekende (ammonium omgerekend naar nitraat) nitraatconcentraties onder veengronden waren vergelijkbaar met de gemeten waarden.



Tabel 3 Gemiddelde gemeten en berekende nitraatconcentraties van grasland in de winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95.

Plek*	Bodemtype	Nitraatconcentratie** (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			
		berekend	gemeten		
			92/93	93/94	94/95
LG	moderpodzol	78	67		
BG1	enkeerd	62	261	136	184
BG2	laarpodzol	61	-	-	79
GV1	koopveen	12	5	8	-
GV2	weideveen	5	7	6	-
GZ1	laarpodzol	30	123	10	95
GZ2	laarpodzol	31	72	88	116

\* LG = Leersum, BG = Beerschoten, G = Groenekan

\*\* Aanwezige ammoniumstikstof is omgerekend naar nitraat

Tabel 4 Gemiddelde gemeten en berekende nitraatconcentraties bij maïs in de winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95

Plek*	Bodemtype	Nitraatconcentratie (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			
		berekend	gemeten		
			92/93	93/94	94/95
LM	moderpodzol	71	120	178	168
BM	enkeerd	49	97	89	128

\* LM = Leersum, BM = Beerschoten

De berekende nitraatconcentraties bij maïs werden in de praktijk steeds overschreden (tabel 4). De verwachting dat de nitraatconcentraties in Leersum (LM) hoger zouden zijn dan in Beerschoten (BM) kwam wel uit. De waarden van de metingen waren in beide gevallen ongeveer twee maal zo groot als de berekende waarden. Dat zou erop kunnen duiden dat de berekende nitraatconcentraties een onderschatting waren van de gemeten waarden.

De berekende nitraatconcentraties onder grove den waren veel hoger dan de in werkelijkheid gemeten waarden (tabel 5). Het verschil tussen berekende en gemeten waarden onder douglas was kleiner. Onder beuk en eik waren de berekende waarden ook een overschatting, maar ze werden wel redelijk benaderd.

Bij de berekeningen met het model RENLEM is uitgegaan van een neerslagoverschot voor loofbos van 300 mm en voor naaldbos van 160 mm. Het model RENLEM berekent op grond van de nitraatuitspoeling en het gegeven neerslagoverschot een nitraatconcentratie. Het neerslagoverschot werd in de praktijk vooral in de twee laatste winterseizoenen aanmerkelijk groter ingeschat (op grond van het berekende neerslagoverschot met een referentie-gewas). Daardoor zijn de voor bos berekende nitraatconcentraties (met RENLEM) hoger dan de gemeten nitraatconcentraties.

Tabel 5 Gemiddelde gemeten en berekende nitraatconcentraties onder bos in de winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95.

Plek*	Boomsort	Bodemtype	Nitraatconcentratie (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			
			berekend	gemeten		
				92/93	93/94	94/95
LN1	grove den	moderpodzol	205	36	28	
WNP25	grove den	moderpodzol	205	30	27	35
BND1	grove den	duinvaaggrond	169	35	38	94
BND2	grove den	duinvaaggrond	169	20	49	89
BNZ1	douglas	enkeerd	197	93	135	99
BNZ2	grove den	enkeerd	197	32	49	65
BL1	beuk	enkeerd	47	15	35	10
BL2	eik	enkeerd	47	36	13	11

\* LN1, WNP25 = Leersum, B = Beerschoten

### 4.3 Berekende en gemeten N-uitspoeling

Door vermenigvuldiging van de per locatie gemiddelde gemeten nitraatconcentraties met het neerslagoverschot is de 'gemeten' nitraatuitspoeling berekend. Daarbij is de gemiddelde concentratie van twee opeenvolgende metingen gebruikt om de nitraatconcentratie tussen twee meetmomenten te beschrijven. De eerste en de derde meting in elk winterseizoen is geëxtrapoleerd naar de voorafgaande periode tot 1 oktober of de erna volgende periode tot 1 april. Hierdoor is de periode waarvoor de nitraatuitspoeling is berekend, voor elke winter gelijk, namelijk van 1 oktober tot 1 april. Voor elke periode tussen twee meetmomenten is ook het neerslagoverschot opgeteld. Het totaal van het neerslagoverschot per winterseizoen komt steeds overeen met een waarde in tabel 2. In tabel 6 t/m 8 staan de met RENLEM berekende nitraatuitspoeling en de op basis van gemeten concentraties 'gemeten' nitraatuitspoeling per landgebruik weergegeven.

De berekende nitraatuitspoeling onder grasland kwam op zandgronden (LG, BG en GZ) slecht overeen met de 'gemeten' waarden, met uitzondering van de metingen in Leersum in 1992/93 (tabel 6). Op andere locaties werden de berekende waarden vaak ver overtroffen door de metingen. Het neerslagoverschot in het eerste winterseizoen kwam op grasland prima overeen met de aanname in het rekenmodel RENLEM, namelijk 341-370 mm tegenover 340 mm. In de twee erop volgende winterseizoenen was het gemeten neerslagoverschot met 417-492 mm een stuk hoger. Daarnaast begon de periode met een neerslagoverschot al terwijl het groeiseizoen nog gaande was (augustus-september). Hierdoor is vergelijking met berekeningen van een gemiddeld jaar (RENLEM) niet goed mogelijk. In het eerste winterseizoen was het neerslagoverschot redelijk gemiddeld. Het is daardoor verbazingwekkend hoe hoog de uitspoeling ook in dat jaar is geweest vooral in Beerschoten, maar ook in Groenekan.

Op veengronden (GV) kwamen de metingen van de nitraatuitspoeling goed overeen met de berekende waarden. De aanpassingen in het model RENLEM om ook voor veengronden berekeningen te kunnen uitvoeren, leveren voor deze situatie goede simulatieresultaten.

Tabel 6 Vergelijking van berekende en 'gemeten' nitraatuitspoeling onder gras in de winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95.

Plek**	Nitraatuitspoeling (kg/ha N)			
	berekend	'gemeten'		
		92/93	93/94	94/95
LG	58	44		
BG1	46	299	174	199
BG2	45			92
GV1	7	5	7	
GV2	3	5	4	
GZ1	20	108	7	115
GZ2	20	74	67	149

\*\* LG = gras, BG = Beerschoten, G = Groenekan

Tabel 7 Vergelijking van gemeten en berekende nitraatuitspoeling onder maïsland in de winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95.

Plek**	Nitraatuitspoeling (kg/ha N)			
	berekend	'gemeten'		
		92/93	93/94	94/95
LM	60	98	194	160
BM	39	98	66	162

\*\* BM = Beerschoten, LM = Leersum

Tabel 8 Vergelijking van gemeten en berekende nitraatuitspoeling onder bos in de winterseizoenen 1992/93, 1993/94 en 1994/95.

Plek**	Nitraatuitspoeling (kg/ha N)			
	berekend	'gemeten'		
		92/93	93/94	94/95
LN1	44		37	35
WNP25	44	21	27	42
BND1	37	25	34	99
BND2	37	18	42	69
BNZ1	36	65	138	105
BNZ2	36	29	39	65
BL1	28	16	14	10
BL2	28	28	10	11

\*\* L = Leersum, B = Beerschoten

In tabel 7 valt op dat de 'gemeten' nitraatuitspoeling onder maïs in alle winterseizoenen veel hoger was dan de berekende uitspoeling. In winterseizoen 1993/94 werd in Beerschoten de berekende nitraatuitspoeling nog het dichtst benaderd. In het eerste winterseizoen werden de berekende waarden ver overtroffen, terwijl het neerslagoverschot kleiner was dan waarvan bij de modelberekeningen wordt uitgegaan (341-370 mm tegenover 410 mm). De hoge gemeten nitraatconcentraties compenseerden een wat lager neerslagoverschot ruimschoots. Na maïs werd winterrogge ingezaaid om nitraatuitspoeling te beperken. Bij de berekening van het neerslagoverschot zijn we ervan uitgegaan, dat in het winterseizoen de bodem door de rogge volledig bedekt is. Voor de verdamping is daarom uitgegaan van de referentie-gewasverdamping volgens Makkink, die in principe bedoeld is voor kort gras (tabel 2). Door matige ontwikkeling

tijdens kou en veel neerslag was dat in de praktijk niet altijd het geval. Dat betekent dat in het winterseizoen het neerslagoverschot groter was dan waarvan nu uitgegaan is. In figuur 12 (paragraaf 3.3) is ook duidelijk te zien dat de nitraatconcentratie vooral gedurende natte winterseizoenen niet altijd afnam. Dat duidt erop dat van verdunning door een hoog neerslagoverschot weinig sprake was. Conclusie is dat, uitgaande van de juiste bemesting (volgens de huidige richtlijnen), het model RENLEM te lage nitraatuitspoeling berekent.

De berekende en 'gemeten' nitraatuitspoeling onder bos (tabel 8) komt in orde van grootte beter overeen met de berekeningen dan onder gras en maïs. Als we dit vergelijken met de nitraatconcentraties, dan blijkt de uitspoeling veel beter voorspeld te worden door de berekeningen met het model RENLEM. RENLEM berekent hoge nitraatconcentraties uitgaande van een laag neerslagoverschot, terwijl in de praktijk vaak een relatief lage gemeten nitraatconcentratie met een hoger neerslagoverschot voorkwam. Hierdoor worden de verschillen weggepoetst en komt de gemeten uitspoeling goed overeen met de berekende.

Onder naaldbos werd een grotere nitraatuitspoeling berekend dan onder loofbos. Dezelfde verhoudingen vonden we in de praktijk terug. De nitraatuitspoeling onder loofbos was zelfs vaak nog kleiner dan de al lage waarden in de berekeningen.

Onder naaldbos nam de nitraatuitspoeling bijna elk winterseizoen toe. In het eerste winterseizoen waren de met RENLEM berekende waarden nog een overschatting. In het daaropvolgende winterseizoen 1993/94 kwamen de metingen goed overeen en in het laatste winterseizoen werden de berekeningen flink overtroffen door de metingen. Vooral op locatie BND1 (grove den) en BNZ1 (douglas), maar ook op BND2 (grove den) en BNZ2 (grove den) was de uitspoeling groter dan berekend.

#### **4.4 De relatie tussen de voorraad minerale N en de gemeten N-uitspoeling**

De voorraad minerale stikstof (N) in de bovengrond (0-60 cm) van maïsland bedroeg op 13 oktober 1994 in Leersum gemiddeld 52 kg/ha N en in Beerschoten 80 kg/ha N. De winterrogge heeft op beide percelen redelijk goed gegroeid, zodat geschat is dat per ha zo'n 30 kg N is opgenomen door dit gewas. In de praktijk bedroeg de uitspoeling veel meer dan de overgebleven voorraad minerale N (0-60 cm - mv.), gecorrigeerd met de wintergewasopname namelijk resp. 176 en 138 kg/ha N. Van Dijk et al. (1995) constateren juist het tegendeel. 'Wintergewassen dragen meer bij tot vermindering van de N-uitspoeling in het winterseizoen dan op basis van gewasopname alleen kan worden verklaard'. De verklaring voor de slechte relatie tussen de voorraad minerale N in de herfst en de uitspoeling in het eropvolgende winterseizoen kan liggen in het feit dat er beneden 60 cm - mv. reeds grote hoeveelheden minerale N onderweg waren naar het grondwater. Voor 13 oktober was er al veel neerslag gevallen en vermoedelijk is lang niet alle neerslag door de maïs verdampt. De methode om met de voorraad minerale N in de herfst een voorspelling te doen voor de N-uitspoeling naar het grondwater (Goossens en Meeuwissen, 1990) blijkt in de praktijk alleen succesvol als de neerslagrijke periode nog moet beginnen en het grondwater niet te diep zit.

## **5 Literatuuroverzicht recent nitraatonderzoek**

In dit hoofdstuk zijn voor de verschillende vormen van landgebruik bos, maïs en grasland literatuurgegevens van gemeten nitraatconcentraties bij elkaar gezocht om een vergelijking te kunnen maken met de in dit rapport beschreven resultaten. Eerst wordt een overzicht gegeven van metingen en specifieke aspecten voor elke landgebruiksvorm in relatie tot bemesting en N-depositie. Daarna volgen indien mogelijk recent ontwikkelde adviezen uit de literatuur om de nitraatbelasting naar het grondwater zo veel mogelijk te beperken. Op basis van deze kennis zijn specifieke aanbevelingen beschreven om het milieubeleid in grondwaterbeschermingsgebieden van de provincie Utrecht aan te passen.

### **5.1 Monitoring van nitraatconcentraties in vergelijkbare situaties**

#### **5.1.1 Nitraat in bosgebieden**

In 1985 en 1986 heeft de Vakgroep Fysische geografie van de Rijks Universiteit Utrecht in de provincie Utrecht metingen gedaan naar het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater (Wit, 1986). Daaruit bleek dat het nitraatgehalte op zandgronden met bos vrij laag was (gemiddeld 11 mg/l nitraat).

Monitoring van nitraat in het bovenste grondwater wordt in Nederland voor een nationaal meetnet uitgevoerd door het RIVM. In 1986 heeft Krajenbrink (1987) onder andere onderzoek gedaan naar nitraatconcentraties van bodemvocht en grondwater van bos in waterwingebied Putten. Nitraatconcentraties in het bodemvocht tot 1 m - mv. konden soms vrij hoog zijn (50-100 mg/l nitraat). Er waren ook grote verschillen in tijd en plaats in éénzelfde bos ( op open plekken; verschillen tussen voorjaar en najaar etc.). Hij komt tot de conclusie dat de gemiddelde nitraatconcentraties van het grondwater onder bos waarschijnlijk niet hoger waren dan de drinkwaternorm, omdat er zulke grote verschillen in ruimtelijke belasting van N en van transport van bodemvocht naar het grondwater zijn. Van Drecht et al. (1994) hebben op basis van metingen van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit geconstateerd dat de streefwaarde (25 mg/l nitraat) bij 15,4% van de metingen in 1992 op kalkloze zandgronden onder bos en natuur (diepte 5-15 m - mv., n = 65) werd overschreden en dat er tussen 1984 en 1992 geen trend aan te tonen was. Slechts enkele waarnemingspunten gaven in 1992 waarden boven de drinkwaternorm (50 mg/l nitraat).

Boumans en Beltman (1991) hebben onderzoek gedaan naar de nitraatbelasting van zandgronden in natuurgebieden in 1989/'90 in Nederland. Van de ruim 1500 grondwatermonsters van het bovenste grondwater was 20% hoger dan de drinkwaternorm van 50 mg/l nitraat. De nitraatconcentraties waren nog relatief laag op de Veluwe en Utrechtse Heuvelrug en relatief hoog in Zuid- en Oost-Nederland. Er is bij het onderzoek niet gekeken naar gebieden met grondwaterstanden dieper dan 5 m.

Boumans (1994) heeft ook onderzoek gedaan naar mogelijke oorzaken van verschillen. De onderzochte oorzaakfactoren waren bodem, depositie in relatie met vegetatie en relatief aandeel natuur (in een ruit van 500 \* 500 m). Conclusie was dat het grondwater van venige/natte en arme naar droge en rijke bodem hogere nitraatconcentraties bevatten. Een hogere depositie en/of meer naaldbos zorgden ook voor hogere concentraties. Een hoger percentage natuurgebied in een grid leverde lagere waarden voor de nitraatbelasting op. Hoewel de Utrechtse Heuvelrug als zodanig dus lage nitraatconcentraties in het bovenste grondwater bevat, zijn de genoemde oorzaakfactoren veelal optimaal aanwezig om hogere waarden in de grondwaterbeschermingsgebieden te verwachten: het is er droog, er is een hoog percentage naaldbos en aan de rand is het aandeel natuur relatief nog gering.

Uit onderzoek van Leeters et al. (1994) bleek dat er sterke relaties bestaan tussen enerzijds boomsoort en plaatsspecifieke depositie (afhankelijk van boomhoogte en bodemgebruik aan de rand van het bos) en anderzijds het nitraatgehalte van de bovengrond, verdeeld in strooisellaag en minerale bovengrond. Bij dit onderzoek is overigens vrijwel hetzelfde onderzoeksmateriaal gebruikt als door Boumans (1994). De boomsoort verklaarde 50% van de variatie en de depositie 6%. De invloed van de depositie varieerde met het landgebruik aan de rand van het bos. De invloed van de afstand tot de rand van het bos op de depositie varieerde met de boomhoogte. Met behulp van statistische vergelijkingen kon ook een redelijk verklarend model voor de voorspelling van nitraatconcentraties in het grondwater worden gevonden. De nitraatconcentratie van het grondwater wordt redelijk verklaard door bodemtype, boomsoort en plaatsspecifieke nitraatdepositie van stikstof en sulfaat. 35% van de variatie kon hiermee verklaard worden: formule B. Nog beter is de verklaarde variantie als ook de nitraatconcentratie van het bodemvocht in de bovengrond bekend is (44%): formule A. Als nitraatgehalten van de bovengrond bekend zijn, dan is vergelijking A zeer geschikt. Met andere gemeten parameters is vergelijking B te gebruiken.

$$(A) \ln \text{NO}_3 \text{ grondwater} = 6,1 + a + b + 0,58 \ln \text{NO}_3 \text{ bodemopl.} \quad r^2 = 44$$

$$(B) \ln \text{NO}_3 \text{ grondwater} = 3,6 + a + b + 3,8 * \text{depositie}^1 \quad r^2 = 35$$

(concentratie  $\text{NO}_3$  in  $\mu\text{mol/l}$ )

a = bodemtype

b = boomsoort

<sup>1</sup> plaatsspecifieke depositie van nitraat afhankelijk van plaatsspecifieke depositie van sulfaat

Uitgaande van gemiddelde bodemvochtgehalten of gemiddelde waarden voor de plaatsspecifieke depositie kunnen waarden voor de Utrechtse situatie worden berekend. In tabel 9 zijn deze waarden voor alle locaties met bos vergeleken met de gemiddelde gemeten nitraatconcentraties.

Tabel 9 Vergelijking van gemiddeld gemeten nitraatconcentraties (mg/l) onder bos van drie winterseizoenen (1992/93, 1993/94 en 1994/95) met de uit formules van Leeters et al. (1994) berekende waarden van het grondwater

Locatie	Gemiddelde nitraat-concentratie	Berekende nitraatconcentratie	
		volgens model A	volgens model B
LN1	32	31	41
WNP25	31	31	41
BND1	56	13	16
BND2	53	13	16
BNZ1	109	69	52
BNZ2	49	31	41
BL1	20	0	7
BL2	20	24	24

Met de landelijk vastgestelde statistische modellen op basis van meetcijfers uit 1989/'90 zijn in Beerschoten en Leersum redelijke voorspellingen te doen voor de nitraatconcentraties van het grondwater onder bos. Alleen de waarden voor grove den op duinvaaggronden (BND1 en BND2) leveren een vrij grove onderschatting van de gemeten waarden op. Opvallend is de goede voorspelling van de gebruikte modellen voor de hoge nitraatconcentraties op de enkeerdgrond met douglas (BNZ1).

Dit alles betekent dat de relevante invloedsfactoren boomsoort, bodemtype en depositie ook in de Utrechtse situatie een cruciale rol spelen. In de richting van deze factoren moet gezocht worden om verklaringen voor verschillen in gemeten nitraatconcentraties aan te kunnen geven. Verklaringen met depositie zijn verder moeilijk te geven, omdat daar geen specifiek onderzoek naar verricht is.

De Vries en Jansen (1994) geven voor de verschillende boomsoorten filterfactoren voor de depositie van nitraat, namelijk: grove den 0,85, douglas 1,0 en eik en beuk 0,7. Dit geeft ook een indruk van de relatieve invloed van de boomsoort op de depositie van nitraat.

In hoofdstuk 4 is al genoemd dat het neerslagoverschot in de winter per boomsoort sterk verschilt. Het waterverbruik van bos wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door interceptie en een ander deel door transpiratie. Een modelstudie door Nonhebel (1987) voor de Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap (SWNBL) geeft aan dat het waterverbruik onder gemiddelde Nederlandse omstandigheden (De Bilt) bij grove den 375 mm, bij douglas 571, bij eik 408 en bij beuk 325 mm is. Dolman en Moors (1994) komen middels literatuuronderzoek tot de conclusie dat de transpiratie meer afhankelijk is van het vochtleverend vermogen van de bodem en dat de interceptie een redelijk constant percentage van de neerslag betreft. Voor loof- en naaldbos komen zij tot een gemiddelde transpiratie van respectievelijk 284 mm en 348 mm. De interceptie bedraagt voor loofbos gemiddeld 15% en voor naaldbos gemiddeld 39% van de jaarlijkse neerslagsom. Rekening houdend met een neerslagsom in De Bilt (van 1 april 1992 t/m 1 april 1995) van resp. 936, 1013 en 1137 mm (gemiddeld 1029 mm) kunnen dan op twee manieren neerslagoverschotten (op jaarbasis van 1 april tot 1 april) worden berekend (tabel 10):

Tabel 10 Waterverbruik en de neerslagoverschotten (in mm) voor verschillende boomsoorten berekend uit de gemiddelde neerslagsom van 1 april 1992 t/m 1 april 1995 naar metingen én naar modelresultaten volgens het SWNBL-model.

Boomsoort	Waterverbruik		Gemiddeld neerslagoverschot per jaar	
	interceptie <sup>1</sup> + transpiratie		metingen <sup>2</sup>	modelresultaten <sup>3</sup>
	metingen <sup>2</sup>	modelresultaten <sup>3</sup>		
grove den	39% + 348	26% + 189	280	573
douglas	39% + 348	46% + 237	280	319
eik	15% + 284	17% + 286	591	568
beuk	15% + 284	16% + 211	591	653

<sup>1</sup> interceptie, uitgedrukt als percentage van de neerslag

<sup>2</sup> Dolman en Moors (1994)

<sup>3</sup> Nonhebel (1987) en Hendriks (1995)

De metingen en modelresultaten benaderen elkaar soms redelijk. Voor grove den worden echter veel lagere neerslagoverschotten berekend met de vuistregel uit metingen dan met de vuistregel uit de modelresultaten. De oorzaak is dat voor de metingen voor douglas en grove den samen (de categorie naaldbos) gemiddelden zijn berekend. Het gemiddelde is daarbij veelal van metingen in douglasopstanden afkomstig. De nitraatconcentratie onder grove den wijkt volgens de modelresultaten van Nonhebel juist sterk af van de resultaten voor douglas. Dolman en Moors (1994) hebben in hun studie deze twee boomsoorten ook bewust als licht en donker bos apart doorgerekend. Dolman en Moors (1994) constateren in een gevoeligheidsanalyse van het door Nonhebel gebruikte SWNBL-model overigens dat het model niet goed in staat is om neerslagoverschotten te simuleren. Vervolgonderzoek naar de ontwikkeling van een beter modelconcept alsmede beter bepaalde parameterwaarden zal tot verbetering van de simulatieresultaten moeten leiden.

Gemiddeld berekenden we voor Beerschoten en Leersum gedurende de drie onderzochte winterseizoenen een neerslagoverschot van 427 mm (berekend uit tabel 1). Ofschoon dit gemiddeld voor bos een goede schatting van het neerslagoverschot is, blijkt zowel uit metingen als uit modelresultaten van het SWNBL-model dat hiermee het neerslagoverschot voor loofbos onderschat wordt en dat dit voor naaldbos (vooral douglas) een overschatting is. In tabel 11 zijn de berekende neerslagoverschotten volgens de methode Nonhebel en de methode Dolman en Moors vergeleken met de gebruikte neerslagoverschotten voor de berekening van de nitraatuitspoeling in grondwaterbeschermingsgebied Beerschoten. Hieruit blijkt ook dat de gebruikte neerslagoverschotten voor douglas te hoog en voor loofbos eigenlijk te laag zijn geweest. Daardoor zouden de berekende uitspoelingsvrachten voor douglas gemiddeld zo'n 30% te hoog en die van loofbos 34% te laag zijn berekend. De spreiding van de neerslagoverschotten tussen Dolman en Moors én Nonhebel bij grove den is echter zo groot dat de hiervoor in dit onderzoek gebruikte neerslagoverschotten nog niet zo slecht gekozen lijken te zijn (tabel 11).



Tabel 11 Vergelijking van berekende neerslagoverschotten (mm) bij verschillende boomsoorten volgens de methode Dolman en Moors en volgens de methode Nonhebel (tussen haakjes) met de gebruikte neerslagoverschotten voor de berekening van de nitraatuitspoeling in grondwaterbeschermingsgebied Beerschoten<sup>1</sup> ( $NN_{\text{Beerschoten}}$ )

Soort	Neerslagoverschot		
	1992/93	1993/94	1994/95
grove den	223 (432) <sup>2</sup>	270 (561)	346 (652)
douglas	223 (268)	270 (310)	346 (377)
eik	512 (491)	405 (555)	682 (658)
beuk	512 (575)	405 (640)	682 (744)
$NN_{\text{Beerschoten}}$	370	417	476

<sup>1</sup> De nieuwe neerslagoverschotten zijn berekend met gegevens van 1 april tot 1 april, terwijl de voor de nitraatuitspoeling gebruikte neerslagoverschotten berekend zijn uit de winterperiode van 1 oktober tot 1 april. De hoeveelheid neerslag in winter en zomer was in alle drie de jaren ongeveer gelijk, zodat de afwijking gering is.

<sup>2</sup> Berekend neerslagoverschot volgens Dolman en Moors resp. Nonhebel.

### 5.1.2 Nitraat in maïsland: een overzicht met vergelijkbare bemestingsniveaus

Oosterom en Steenvoorden (1984) hebben in een zesjarig onderzoek op proefboerderij Cranendonk uitspoelingsverliezen gemeten bij hoge drijfmestgiften op zandgrond met snijmaïs. Bij de laagste drijfmestgift (50 m<sup>3</sup>/ha) was de gemiddelde nitraatconcentratie al 200 mg/l en dus veel te hoog.

Schröder et al. (1992) en Van Dijk et al. (1995) hebben in een zesjarig onderzoek van 1989 t/m 1994 op proefboerderij Heino bij (bijna) optimaal bemestingsniveau (N2) gemiddelde nitraatconcentraties gemeten van 86 mg nitraat per liter. Bij het geschatte optimale bemestingsniveau ligt de droge-stofopbrengst 4% beneden het maximumniveau. De bemesting bestond uit 20 kg/ha N rijenbemesting en gemiddeld 180 kg/ha N-totaal uit runderdrijfmest. Na de maïs groeide er ook een wintergewas. De voor die jaren berekende nitraatuitspoeling kwam gemiddeld op 45 kg/ha N. Nog verdere beperking van de bemesting tot alleen 20 kg/ha N rijenbemesting (N1) in combinatie met een wintergewas leidde tot een gemiddelde nitraatconcentratie van 22 mg/l en een nitraatuitspoeling van 9 kg/ha N. De droge stofopbrengst was dan wel met 17% lager. Wintergewassen (rogge en gras) namen volgens het onderzoek in Heino gemiddeld 40 kg/ha N in boven- en ondergrondse delen op. Daarvan wordt na onderploegen bij matige bemesting 75% door het nieuwe maïsgewas weer opgenomen. Verschillen tussen gras en rogge waren niet duidelijk aanwezig.

Op proefboerderij De Marke in Hengelo (Gld.) is een bedrijfsstelsel in ontwikkeling dat aan stringente milieunormen moet voldoen (Biewinga et al., 1992). Voor maïs wordt een bemesting afhankelijk van het vochtleverend vermogen van de grond uitgevoerd tussen 130 en 190 kg/ha N-totaal uit runderdrijfmest. Bij een hoog vochtleverend vermogen past een hogere drijfmestgift. De werkelijke bemesting gedurende de eerste drie jaren bedroeg gemiddeld op percelen met een relatief laag én een relatief hoog vochtleverend vermogen respectievelijk 110 en 171 kg/ha N (totaal-N uit

runderdrijfmest) (Hilhorst, 1993; 1994; pers. med.). Er wordt gebruik gemaakt van grasonderzaai. Van het wintergewas wordt geacht zo'n 40 kg/ha N in het voorjaar beschikbaar te komen voor het volggewas (maïs). De maïsofbrengst varieerde van gemiddeld 7600 kg ds/ha voor de droge percelen (grondwatertrap VIII) tot 11300 kg ds/ha op de nattere percelen (grondwatertrap V\*, VI). De gemeten gemiddelde nitraatconcentratie van bodemvocht en grondwater beneden de wortelzone bedroeg onder maïsland gedurende de drie meetjaren 1991/92 t/m 1993/94 respectievelijk voor natte en droge percelen 81 en 92 mg/l nitraat. De nitraatuitspoeling bedroeg in de jaren (1 januari -1 januari) 1992, 1993 en 1994 voor respectievelijk natte en droge percelen 40 en 47 kg/ha N (Hack-ten Broeke en De Groot, 1995). In het eerste jaar waren de nitraatconcentraties en -uitspoeling hoger dan in de laatste twee jaren. De hoge bemesting in het verleden speelde blijkbaar nog een belangrijke rol. De nitraatuitspoeling is berekend voor een heel jaar, omdat ook in de zomerperiode onder natte omstandigheden nitraatuitspoeling kan optreden.

De orde van grootte van de gemeten nitraatconcentraties en nitraatuitspoeling komt redelijk overeen met het (bijna) optimale bemestingsniveau met wintergewas uit de maïsproef van Heino. Daar is de bemesting echter zo'n 50 kg/ha N hoger geweest. Een ander verschil is nog dat op de Marke het hele jaar door metingen zijn verricht en uitspoeling is berekend, terwijl in Heino slechts in het winterseizoen is gemeten. In tabel 12 zijn van de verschillende proeflocaties de nitraatconcentraties en -uitspoeling bij elkaar gezet.

Tabel 12 Gemeten nitraatconcentraties en -uitspoeling van maïsland op verschillende proeflocaties.

Proef-locatie	Bodemtype/ Gt	Wintergewas	Bemesting (kg/ha N)		Concentratie (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) in de periode			Uitspoeling (kg/ha N) in de periode			
			KM	RDM <sup>1</sup>	74-83	88-94	92-94	74-83	88-94	92-94	
Cranen- donk	zandgrond/ VI	geen		250 <sup>2</sup> 500		200 218			155 169		
Heino	veldpodzol/VI	braak	20	-		89			40		
			20	180		164			73		
		rogge/gras	20	-		22			9		
			20	180		86			35		
Hengelo	zandgrond/ V*	gras		171			81			40	
	zandgrond/ VIII	gras	5	105			92			47	

<sup>1</sup> totale N-gift

<sup>2</sup> tot 1980 100 kg/ha N extra uit kunstmest

### 5.1.3 Nitraat in grasland: een overzicht met vergelijkbare bemestingsniveaus

In Ruurlo is in de jaren zeventig een proefveld aangelegd om de nitraatverliezen naar het grondwater onder gemaaid grasland te meten (Fonck 1982a, 1982b, 1986a, 1986b, 1986c; Jansen 1991). De drie laagste (geïnjecteerde) runderdrijfmestgiftten bevatten 0, 204 en 408 kg/ha N-totaal. De nitraatgehalten bedroegen gemiddeld 19, 22 en 34 mg

per liter. Nog hogere mestgiften kwamen tot stand door extra toediening van grote hoeveelheden kunstmest (400 en 600 kg/ha N). De nitraatconcentratie nam daardoor toe tot 61, 142 en 329 mg nitraat per liter (tabel 13).

Op proefboerderij de Marke zijn twee percelen met permanent grasland onderzocht op niraatuitspoeling, een droog (grondwatertrap VIII) en een relatief nat perceel (grondwatertrap VI) (Hack-ten Broeke en De Groot, 1995). De nitraatconcentratie bedroeg gemiddeld in drie jaren (1992-1994) resp. 109 en 30 mg nitraat per liter. Er spoelde resp. 83 en 22 kg/ha N uit (zomer- én winteruitspoeling gemeten). Er moet bij vermeld worden dat van het droge perceel grondwatermonsters van het bovenste grondwater zijn genomen en dat van het natte perceel bodemvochtmonsters met cups op 1 m - mv. zijn onttrokken. De graslandpercelen zijn extensief beweid. De veedichtheid op die percelen bedroeg in de drie jaren gemiddeld resp. 1,3 en 0,6 gve/ha en de gemiddelde veedichtheid op het proefbedrijf bedroeg 2,1 gve/ha (Hilhorst 1993; 1994; pers. med.).

Fonck (1988) en Macduff et al. (1990) beschrijven niraatuitspoeling op de Meenthoeve in Achterberg met beweid grasland op zandgrond in de jaren 1986-1989. Ze constateerden uitspoeling variërend van 48 kg/ha N bij een bemesting van 250 kg/ha N tot 145 kg/ha N bij 700 kg/ha N bemesting in de vorm van kunstmest. Nog niet eerder gepubliceerde cijfers van het winterseizoen 1989/90 geven een niraatuitspoeling van respectievelijk 30 tot 94 kg/ha N (De Groot, pers. med.). De zandgrond heeft een grondwatertrap VI. De beweiding was afhankelijk van het bemestingsniveau. Er zijn geen melkkoeien maar ossen gebruikt voor de beweiding. Hierdoor was het aantal dieren 2x zo groot als met melkkoeien nodig zou zijn om dezelfde begrazing te realiseren. De vertrappingsverliezen waren daardoor ook groter (Deenen, 1994). Het aantal dierweidedagen bedroeg bij het laagste N-niveau 1380 (3,8 gve/ha/jr) en bij het hoogste N-niveau 1520 (4,2 gve/ha/jr) (Van Drecht et al. 1991). Het aantal gve/ha is berekend op basis van een weideperiode van 180 dagen en 0,5 gve/os. In tabel 13 zijn van de verschillende proeflocaties de nitraatconcentraties en -uitspoeling bij elkaar gezet.

Tabel 13 Gemeten nitraatconcentraties en -uitspoeling van grasland op verschillende proeflocaties

Locatie	Bodemtype/ Gt	Veedichtheid (gve/ha)	Bemesting <sup>1</sup> kg/ha N		Concentratie (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) in de jaren		Uitspoeling (kg/ha N) in de jaren			
			KM	RDM <sup>2</sup>	80-84	92-94	80-84	86-89	89-90	92-94
Ruurlo	gooreerd/VI	0 (gemaaid)	0	0	19		11			
			204	204	22		15			
			408	408	34		21			
			400	400	61		38			
			400	400	142		88			
			600	408	329		203			
Achter- berg	gooreerd/VI	3,8	250				48	30		
		4,2	700				145	94		
Hengelo	veldpodzol	1,3	151	171		109			83	
	VII veldpodzol/VI	0,6	115	196		30			22	

<sup>1</sup> KM = kunstmest, RDM = runderdrijfmest

<sup>2</sup> totale N-gift

De gemeten nitraatconcentraties onder grasland op veengronden in het grondwaterbeschermingsgebied Groenekan waren laag. Dit stemt overeen met metingen in andere veenweidegebieden zoals in de Akmarijpsterpolder met 16 mg/l nitraat op 80 cm - mv. (Hendriks 1993). In dit onderzoek werd echter veel meer de nadruk gelegd op transport naar het oppervlaktewater, omdat op kortere of langere termijn het grootste deel van het water daarnaar wordt afgevoerd.

## **5.2 Onderzoek naar nieuw stikstofbeleid bij landbouwkundig grondgebruik**

### **5.2.1 Adviezen voor maïsland**

Er werd in de Heino-proef (Schröder et al. 1992; Van Dijk et al. 1995) een vroegrijp maïsras gebruikt om tijdig winterrogge in te kunnen zaaien. Door de vroege oogst treden opbrengstverliezen op. Het alternatief van het gebruik van een wintergewas om de nitraatdoelstellingen te halen is een nog drastischer verlaging van de N-bemesting. In het laatste onderzoeksrapport van het maïsonderzoek in Heino is een strategie opgenomen om tot de meest rendabele keuze voor milieukundig verantwoorde maïsteelt te komen.

Uit de in Heino onderzochte relatie tussen de voorraad minerale N in de herfst en de nitraatuitspoeling wanneer winterrogge was ingezaaid, kwam naar voren dat er veel minder nitraat uitspoelde dan de N<sub>min</sub>-voorraad in de herfst. Een deel (30-40 kg/ha N) was natuurlijk opgenomen door de wintergewassen. Een ander deel kon niet direct worden verklaard. Ruwweg de helft van de N<sub>min</sub>-voorraad werd maar teruggevonden in het grondwater. Bij het landbouwkundig advies van Noij (1992) wordt uitgegaan van een voorraad minerale N van 70 kg/ha N in de herfst. In het geval van braak in de winter zou op zandgronden als in Heino, Cranendonck en droger (Beerschoten en Leersum) dit vrijwel volledig uitspoelen. Met een wintergewas zou dit ruwweg halveren, waardoor de nitraatuitspoeling uitkomt op 35 kg/ha N (bij een gemiddeld neerslagoverschot met wintergewas van 265 mm wordt dan een nitraatconcentratie van het grondwater berekend van 58 mg/l). Bij het milieukundig N-advies van Noij (1992) wordt uitgegaan van een N<sub>min</sub>-voorraad in de herfst bij braaklegging van minder dan 70 kg/ha N. Dit wordt bewerkstelligd door het volgende advies (voor continueelt op zandgronden):

$$\text{Ngift (kg/ha N)} = 60 - N_{\text{min (voorjaar)}}$$

Dit advies komt dicht in de buurt van het N1-object (20 kg/ha N rijenbemesting en braak) van Heino, waar de nitraatuitspoeling 40 kg/ha bedroeg (nitraatconcentratie: 89 mg/l nitraat). De verschillen in droge-stofopbrengst tussen nulobject (N1) en bijna optimale bemesting (N2) van de Heino-proef waren echter aanzienlijk: de droge-stofopbrengst bedroeg respectievelijk 10 en 15 ton ds/ha.

Een alternatief kan zijn om door lineaire interpolatie te berekenen bij welke drijfmestgift in Heino precies aan de drinkwaternorm zou zijn voldaan (bij handhaving van het

gebruik van 20 kg/ha N uit rijenbemesting en een wintergewas). Dit blijkt bij een drijfmestgift met 70 kg/ha werkzame N (115 kg/ha N-totaal = 16 m<sup>3</sup>/ha runderdrijfmest) te zijn. De opbrengst zou dan 8% lager zijn dan de maximaal haalbare opbrengst. De situatie zonder wintergewas kunnen we helaas niet berekenen, omdat zelfs bij de laagste stikstofbemesting (20 kg/ha N rijenbemesting) de norm werd overschreden. Maïsteelt op hoge zandgronden, waarbij rekening wordt gehouden met milieunormen, is daarmee onmogelijk zonder wintergewas. Uit een scenariostudie met simulatiemodellen waarbij gegevens van de Heino-proef zijn gebruikt, bleek dat bij gebruik van 20 en 30 m<sup>3</sup>/ha drijfmest met respectievelijk rogge of gras als wintergewas de nitraatnorm gehaald zou kunnen worden (Kroes et al. i.v.). Het is wel de vraag of zulke lage mestgiftten ook goed over het land kunnen worden verdeeld.

Schröder en Ten Holte (1994) hebben uit recent onderzoek naar de plaatsing van de zaairij ten opzichte van de injectiesleuf van de drijfmest geconcludeerd, dat door plaatsing dichtbij een verbetering optreedt in de benutting van N en dat tevens de behoefte aan een startgift fosfaat in de rij verminderd wordt.

### 5.2.2 Adviezen voor grasland

Het huidige beleid van de provincie Utrecht is gericht op een landbouwkundige bemesting. Deenen (1994) komt in zijn proefschrift tot de conclusie, dat op zandgronden in Nederland de stikstofbemesting bij beweiding uit landbouwkundig en milieukundig oogpunt niet hoger mag zijn dan 250 kg.ha.jr. Als de maximale toelaatbare nitraatuitspoeling niet hoger dan 34 kg.ha<sup>-1</sup>.jr<sup>-1</sup> N (in een gemiddeld jaar) mag zijn, kan ook uit onderzoek van Macduff et al. (1990) op de Meenthoeve in Achterberg worden geconcludeerd dat de N-bemesting niet hoger dan 200 à 250 kg/ha N mag zijn. Het stikstofrendement bij beweiding is zeer laag. Voor een belangrijk deel wordt dit veroorzaakt door urine en beweidingmest. De lokaal zeer hoge dosering wordt slechts zeer beperkt benut door het gewas. Hack-ten Broeke en Dijkstra (1995) komen met modelonderzoek tot de conclusie dat hoe later in het seizoen er urinelozingen plaats vinden hoe hoger de nitraatconcentraties zijn van het bodemvocht en grondwater onder zo'n plek. Dit gold sterker voor een droog dan voor een nat perceel waar berekeningen voor werden uitgevoerd. Op het droge perceel was het zelfs zonder beweiding niet mogelijk de nitraatconcentratie van het grondwater lager te krijgen dan 50 mg/l.

Grasland dat uitsluitend wordt gemaaid neemt stikstof zeer efficiënt op. Bij een goede vochtvoorziening wordt bij een mestgift tot 375 kg/ha N 85% benut (Deenen 1994). In Ruurlo bleven met runderdrijfmestgiftten tot 408 kg/ha N-totaal (80 m<sup>3</sup>/ha) de nitraatconcentraties zeer laag (maximaal 34 mg/l nitraat). De N-bemesting voor grasland (afhankelijk van het maaipercentage 100-200%) wordt op proefbedrijf de Marke voor een vochtleverend vermogen van gemiddeld 125 mm berekend op 255-285 kg/ha N (Biewinga et al. 1992).

Vanaf 1994 geldt een nieuw verfijnd stikstofbemestingsadvies voor grasland. Met het nieuwe advies stelt men van te voren een stikstofkaart vast. Dit is een geheel van adviezen die gelden voor gronden met een bepaald stikstofleverend vermogen

(Ruitenbergh et al. 1991). Daarnaast wordt gevraagd een passend stikstofregime te kiezen. Vervolgens kan er bij droogte correctie voor de stikstofbemesting plaatsvinden (IKC, 1994; Vellinga et al., 1993). Voor de zandgronden in Utrecht geldt stikstofkaart 4. We kunnen in eerste instantie uitgaan van een maximum stikstofregime. Per snede of weideperiode kan de bemesting worden bijgesteld met behulp van de grootte van de ervoor geoogste snede en aan de droogtesituatie van dat moment. Achteraf kan blijken dat het maximum stikstofregime van 400 kg/ha N niet bereikt wordt. Beter is dan om bijv. stikstofbemestingsregime maximum - 100 kg/ha N te kiezen. Het verfijnde stikstofadvies biedt mogelijkheden om vooral op de hoge zandgronden van de Utrechtse Heuvelrug rekening te houden met de drogere omstandigheden. Indien de vochtvoorziening onvoldoende is (bijv. in de zomer op de hoge zandgronden) dient lager bemest te worden. Bij dit verfijnde bemestingssysteem wordt alleen uitgegaan van kunstmest en het werkzame deel van dierlijke mest dat uitgereden is. Mest uit beweiding wordt voor een bemestingsadvies niet meegenomen. De verspreiding van dierlijke mest uit beweiding is te onregelmatig om als bemesting te kunnen beschouwen.

## 6 Discussie, conclusies en aanbevelingen

Per landgebruik zijn in dit hoofdstuk de metingen in Utrecht, het vergelijken met berekende waarden en de literatuurgegevens met elkaar gecombineerd. Uit de discussie volgen steeds enkele conclusies en aanbevelingen.

### 6.1 Bos

De gemeten nitraatconcentraties onder bos zijn over het algemeen lager dan onder cultuurland op vergelijkbare gronden. De laagste concentraties werden steeds gevonden onder loofbos. Onder douglas waren de nitraatconcentraties opvallend hoog en onder grove den namen de nitraatconcentraties de laatste jaren steeds verder toe. De drinkwaternorm werd op locaties met naaldbos de laatste jaren fors overschreden. De mobilisatie van opgehoopt N uit de strooisellaag en minerale bovengrond onder de vochtiger omstandigheden van de twee laatste winterseizoenen lijkt de oorzaak van hogere nitraatconcentraties in het grondwater.

De nitraatuitspoeling onder bos wordt door het model RENLEM redelijk voorspeld.

Een goede inschatting van het neerslagoverschot speelt een belangrijke rol bij het berekenen van nitraatuitspoeling onder bos. Uit literatuuronderzoek blijkt ook dat juist op vergelijkbare locaties als in de grondwaterbeschermingsgebieden Leersum en Beerschoten de hoogste nitraatconcentraties worden gemeten. Berekeningen met empirisch geformuleerde statistische modellen geven goede voorspellingen voor de gevonden nitraatconcentraties. Factoren die in die modellen zijn opgenomen en dus een belangrijke rol spelen, zijn depositie, boomsoort en bodemtype. De bepaling van het neerslagoverschot in bossen blijkt nog steeds een moeilijk onderwerp. Duidelijk is wel dat de interceptie in naaldbossen direct door de neerslag wordt beïnvloed. Tevens staat wel vast dat de neerslagoverschotten bij douglas lager zijn dan bij grove den. De gemeten nitraatconcentraties namen toe in volgorde van loofbos, grove den en douglas. Dit is precies de omgekeerde volgorde van de grootte van de verwachte neerslagoverschotten volgens Nonhebel. Een deel van de verklaring in de gemeten nitraatconcentraties schuilt dus wel degelijk in de verschillen in verdunning door verschillen in neerslagoverschot.

De belangrijkste conclusies samengevat:

- De nitraatconcentraties onder naaldbos in het grondwaterbeschermingsgebied Beerschoten zijn gedurende de drie winterseizoenen waarin gemeten is, over het algemeen toegenomen tot waarden boven de drinkwaternorm. Onder douglas worden de hoogste waarden gemeten. Onder loofbos (eik en beuk) worden de laagste waarden gemeten. Een mogelijke verklaring voor de toename van de nitraatconcentratie onder naaldbos zou de mobilisatie van N opgehoopt in de strooisellaag en minerale bovengrond kunnen zijn.
- De gemeten verschillen tussen nitraatconcentraties onder bos kunnen verklaard worden door vermoedelijke verschillen in depositie afhankelijk van de boomsoort, in

boomsoort en in bodemtype. Het neerslagoverschot is een van de belangrijkste redenen, waarom de boomsoort zo'n belangrijke rol speelt.

Aanbevelingen:

- De grootte van de N-depositie in de regio zou meegenomen moeten worden bij de afweging van een meer stringent stikstofbeleid voor grondwaterbeschermingsgebieden in bos aan de rand van de Utrechtse Heuvelrug.

## 6.2 Maisland

De gemeten nitraatconcentraties onder maïs op zandgronden waren hoog (meestal ruim 2x zo hoog als de nitraatnorm).

Berekeningen met het model RENLEM gaven bij het huidige beleid nitraatconcentraties die de helft waren van de waarden die nu gemeten zijn. Voor de nitraatuitspoeling geldt dit zelfs in versterkte mate. De relatieve verschillen tussen de percelen zoals berekend met RENLEM kwamen ook naar voren bij de metingen. Er is daarom geen andere conclusie te trekken over de oorzaak van de hoge waarden dan dat het huidige beleid, mits er juist bemest is, onvoldoende soelaas biedt voor het halen van de drinkwaternorm voor de nitraatconcentratie van ondiep grondwater.

Het model RENLEM berekent overigens, zoals eerder vermeld, nitraatuitspoeling in een evenwichtsituatie en voor een gemiddeld jaar. De netto-mineralisatie in een jaar is dan nul. In de praktijk hebben alle, vaak rijk bemeste maïspercelen een forse netto-mineralisatie. Het gevolg is dan dat wanneer de maïs de vrijkomende stikstof niet voldoende opneemt, RENLEM steeds lagere uitspoeling berekent dan in de praktijk wordt gemeten.

De methode om met de gemeten  $N_{\min}$  in de herfst een goede schatting te kunnen doen van de nitraatuitspoeling lijkt niet succesvol als de periode met een neerslagoverschot al begonnen is en het grondwater vrij diep zit. Dit geldt ook wanneer gecorrigeerd moet worden voor de N-opname door een wintergewas.

Vermindering van de mestgiften voor maïsland met het model RENLEM bleek een verlaging van de nitraatuitspoeling tot gevolg te hebben (De Groot et al. 1992).

Verlaging van de N-bemesting van ongeveer 140 kg/ha werkzame N uit runderdrijfmest (zoals bij het huidige beleid gemiddeld gebruikelijk is) naar 90 kg/ha werkzame N bij gebruik van een wintergewas op veldpodzolgrond met Gt VI leidt tot lagere nitraatuitspoeling, terwijl dit geen noemenswaardige opbrengstverliezen veroorzaakt. Dit geldt dan overigens ook voor alle andere schrale zandgronden met Gt VI en droger. Met deze bemesting werd wel aan landbouwkundige normen (d.w.z. opbrengstverliezen beperken), maar nog niet volledig aan de drinkwaternorm voldaan.

Het voorlopig milieu-advies van Noij (60 kg/ha N - minerale N voorraad in bovengrond) zonder wintergewas leidt tot opbrengstverliezen van 10%. Zou een lagere bemesting



van 90 kg/ha werkzame N uit drijfmest gecombineerd worden met een wintergewas dan kunnen daardoor de nitraatnormen worden gehaald en blijven de opbrengstverliezen beperkt.

Analoog aan het verfijnde stikstofbemestingsadvies voor grasland zou men voor maïs een hogere bemesting bij een laag stikstofleverend vermogen van de grond kunnen voorstellen. Bij grasland zijn in er in de loop van het groeiseizoen, zoals het advies ook aangeeft, ruime mogelijkheden om de stikstofgiften bij droogte te verlagen. Bij maïs is dat niet of slechts beperkt het geval, waardoor bij een hoge stikstofgift op gronden met een laag stikstofleverend vermogen na een droog groeiseizoen veel stikstof in de bodem zal achterblijven. Uit milieukundig oogpunt is het dan te prefereren om de stikstofgift aan te passen aan het vochtleverend vermogen. Schröder en Van Dijk (1995) refereren ook aan deze uitgangspunten. Hun conclusie om vanuit landbouwkundig oogpunt bij de bemesting geen rekening te houden met het opbrengstniveau (lees: vochtleverend en stikstofleverend vermogen) kan uit milieu-oogpunt niet worden onderschreven. Een laag stikstofleverend vermogen en een laag vochtleverend vermogen van de grond gaan vaak hand in hand. Hierdoor is de kans groot, dat in het najaar veel stikstof in de bodem achterblijft en uitspoelt. Net zoals bij grasland is het wenselijk de bemesting aan te passen aan het stikstof- en vochtleverend vermogen van de diverse gronden. De verliezen op een perceel met een laag opbrengstniveau kunnen dan beperkt blijven.

Onderzaai van gras in juni, waardoor het maïsgewas in de herfst langer kan blijven groeien, en plaatsing van de zaairijen vlakbij de mestinjectie-sleuven biedt verder perspectieven om maïs optimaal met beperkte bemesting te laten groeien.

Maïs benut de stikstof in de bodem niet erg efficiënt. Voederbieten nemen de opneembare stikstof uit de bodem beter op. Op proefboerderij De Marke in Hengelo is men echter na enkele jaren onderzoek tot de conclusie gekomen, dat voederbieten ondanks dit voordeel niet eenvoudig in het moderne bedrijfssysteem zijn in te passen (Aarts, 1995).

De belangrijkste conclusies samengevat:

- De nitraatconcentratie van het grondwater is bij het huidige beleid duidelijk te hoog. Vergelijking van de resultaten met die van het model RENLEM geeft geen nadere verklaring voor de hoge N-belasting van het grondwater.
- Met het meten van minerale N in de herfst is moeilijk een schatting te maken van de nitraatuitspoeling wanneer de periode met een neerslagoverschot reeds is gestart en bij diepe grondwaterstanden.

Aanbeveling:

- Verlaging van de runderdrijfmestgift naar ongeveer 90 kg/ha werkzame N in combinatie met rijenbemesting van 20 kg/ha N en een wintergewas biedt op schrale zandgronden met grondwatertrap VI en droger aanzienlijke vermindering van de nitraatbelasting, terwijl de droge-stofopbrengst relatief weinig afneemt.
- Bij hantering van het voorlopig milieu-advies zullen vrijwel zeker opbrengstverliezen optreden. In combinatie met een wintergewas kan zowel de nitraatbelasting verder verminderd worden als het verlies aan maïs-opbrengst enigszins worden beperkt. De

- drijfmestgift kan in de praktijk ook niet zo laag zijn dat het niet meer goed te verdelen is.
- Een N-bemestingsadvies voor maïs zou vergelijkbaar met dat van grasland aangepast moeten worden aan het stikstofleverend vermogen, maar ook aan het vochtleverend vermogen van de grond.
  - Een alternatief voor het gebruik van winterrogge is gras-onderzaai. Het maïsgewas kan iets langer doorgroeien zonder dat het wintergewas moeite zal krijgen zich verder te ontwikkelen.
  - Zaaïen van maïs in de buurt van mestinjectie-sleuven verhoogt de efficiency van het beperkte mestgebruik nog verder. Ook dit vraagt om een meer geavanceerde teelttechniek.

### 6.3 Grasland

De gemiddelde nitraatconcentratie van grasland op zandgronden varieert sterk, zowel per perceel als in de loop van het winterseizoen. Onder zandgronden werden op de meeste meetlocaties vrijwel continu nitraatconcentraties hoger dan 50 mg/l aangetroffen. Onder veengronden zijn nooit hogere nitraatconcentraties gemeten dan 13 mg/l. Voor veen- en natte zandgronden in het grondwaterbeschermingsgebied Groenekan speelt vermoedelijk de kans op oppervlakkige afspoeling naar het oppervlaktewater een grotere rol dan de uitspoeling naar het (diepere) grondwater.

Verschillen tussen percelen zijn niet alleen te verklaren door verschillen in bodemopbouw en grondwatertrap. Tussen vergelijkbare zandgronden zijn soms ook grote verschillen gemeten. Op twee van de vijf percelen zijn nitraatconcentraties gemeten die goed overeenkomen met de berekeningen met het model RENLEM voor het huidige beleid. RENLEM voorspelt lagere nitraatconcentraties op natte zandgronden dan op droge zandgronden. In de praktijk is dit niet altijd gemeten.

Hoewel zoveel mogelijk percelen met een vergelijkbare bemesting zijn geselecteerd, lijken er in de praktijk toch nog grote verschillen te zijn. De selectie heeft plaatsgevonden op basis van het BAP (Bemestings Advies Programma). Dit houdt echter geen rekening met de bemesting van individuele percelen. Daarnaast wordt de beweidingsintensiteit hier niet in meegenomen. Verschillen tussen percelen lijken dus duidelijk door verschillen in intensiteit van het graslandgebruik te worden veroorzaakt. Bij dit onderzoek is de beweiding en bemesting niet geregistreerd.

Berekeningen met model RENLEM wezen uit dat bij grasland de nitraatuitspoeling voornamelijk kon worden verminderd door de aanvoer van stikstof via beweiding te verlagen (De Groot et al., 1992). Vooral beweiding is een van de factoren, waardoor uitspoeling op zandgrasland behoorlijk kan toenemen. Gras neemt uitgescheiden urine en mest zeer inefficiënt op en zeker van beweidingsmest gedurende de nazomer kan veel nitraat richting grondwater verdwijnen. Nieuw onderzoek naar selectief bemesten van beweid land biedt mogelijk perspectieven.

Bij alleen maaien wordt de stikstof zeer efficiënt benut en kan redelijk naar landbouwkundige behoefte worden bemest zonder dat de nitraatuitspoeling de norm overschrijdt.

Het verfijnde stikstofadvies biedt mogelijkheden om vooral op de hoge zandgronden van de Utrechtse Heuvelrug rekening te houden met de drogere omstandigheden. Indien de vochtvoorziening onvoldoende is (bijv. in de zomer op de hoge zandgronden) dan dient minder bemest te worden.

De belangrijkste conclusies samengevat:

- Onder zandgronden werden op de meeste locaties vrijwel continu nitraatconcentraties hoger dan 50 mg/l aangetroffen. Onder veengronden zijn nooit hogere nitraatconcentraties gemeten dan 13 mg/l.
- Bemesting en beweiding op zandgronden hebben grote invloed gehad op de gemeten nitraatconcentraties van het grondwater en de nitraatuitspoeling.
- Het huidige provinciale beleid voor grasland op zandgronden in grondwaterbeschermingsgebieden biedt onvoldoende perspectieven voor beperking van de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater.

Aanbeveling:

- Door beter rekening te houden met bemesting en beweiding op beweid grasland op zandgronden zijn er mogelijkheden om de nitraatbelasting verder te beperken. Het verfijnde stikstofadvies biedt daarvoor een goede aanzet. Beperken van de periode en intensiteit van beweiden, selectief weiden/maaien en nieuwe bemestingsmethoden waarbij urineplekken over kunnen worden geslagen, zijn methoden om rekening te houden met milieu-eisen.

## Literatuur

Aarts, H.F.M. (red.), 1995. *Weide- en voederbouw op de Marke: op zoek naar de balans tussen productie en emissie*. Hengelo, De Marke, Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu. Rapport nr. 12.

Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts en R.A. Donker, 1992. *Melkveehouderij bij stringente milieunormen. Bedrijfs- en onderzoeksplan van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu*. Hengelo, CLM 98-1992, CABO-DLO verslag 162, PR intern rapport 141.

Boumans, L.J.M. en W.H.J. Beltman, 1991. *Kwaliteit van het bovenste freatisch grondwater in de zandgebieden van Nederland, onder bos en heidevelden*. Bilthoven, RIVM. Rapport 724901001.

Boumans, L.J.M., 1994. *Nitraat in het bovenste grondwater op zandgrond in Nederland*. Bilthoven, RIVM.

Deenen, P.J.A.G., 1994. *Nitrogen Use Efficiency in intensive grassland farming*. Proefschrift.

Dijk, W. van, J. Schröder, L. ten Holte en W.J.M. de Groot, 1995. *Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs, Verslag van onderzoek op ROC Aver-Heino tussen voorjaar 1991 en najaar 1994*. Lelystad, PAGV. Verslag nr. 201.

Dolman, A.J. en E.J. Moors, 1994. *Hydrologie en waterhuishouding van bosgebieden in Nederland. Fase 1: Toetsing instrumentarium*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 333.

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 met behulp van eenvoudige modellen*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 163.

Drecht, G. van, L.J.M. Boumans en H.F.R. Reijnders, 1994. *Landelijk beeld van de grondwaterkwaliteit, methode en resultaten voor nitraat*. Bilthoven, RIVM. Rapport 714801001.

Goossensen, F.R. en P.C. Meeuwissen (red.), 1990. *Advies van de Commissie Stikstof*. Wageningen, DLO. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 9.

Groot, W.J.M. de, M.J.D. Hack-ten Broeke en W.J.M. van der Voort, 1992. *Effecten van milieumaatregelen op de nitraatuitspoeling in grondwaterbeschermingsgebieden in Utrecht volgens het model RENLEM*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 128.

Hack-ten Broeke, M.J.D. en W.J.M. de Groot, 1995. *De uitspoeling van nitraat naar het grondwater*. In: H.F.M. Aarts (red.). *Weide en voederbouw op de Marke: op zoek*

naar de balans tussen productie en emissie. Hengelo, De Marke, Proefboerderij voor Melkveehouderij en Milieu. Rapport nr. 12.

Hack-ten Broeke, M.J.D. en J. Dijkstra, 1995. Effecten van beweidingsopties op nitraatuitspoeling in de melkveehouderij. In: *J.F.T. Schoute, L. M. van den Berg, J.M.J. Farjon en J.H.A.M. Steenvoorden (eds.). Waarheen met het landelijk gebied? Geselecteerde en geredigeerde bijdragen aan het symposium, 'Waarheen met het landelijk gebied?'*. Alphen aan den Rijn, Samsom Tjeenk Willink, blz. 145-150.

Hendriks, C.M.A., 1995. *Rhine basin study: Land use projections based on biophysical and socio-economic analyses. Volume 3. Climate change impact on forest yield potentials and water use*. Wageningen, SC-DLO. Report 85.3.

Hendriks, R.F.A., 1993. *Nutriëntenbelasting van oppervlaktewater in veenweidegebieden*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 251.

IKC, 1994. *Stikstofbemesting van grasland*. Lelystad.

IKC-Veehouderij, 1993. *Het verfijnde stikstofbemestingsadvies voor grasland*. Lelystad. Publicatie nr. 38.

Jansen, E.J., 1991. *Nitrate leaching from non-grazed grassland on a sandy soil: experimental data for testing of simulation models*. Wageningen, SC-DLO. Report 26.

Krajenbrink, G.J.W., 1987. *Stofbelasting van de onverzadigde zone en het bovenste grondwater onder bouwland en bos in de beschermingszone van waterwingebied Putten*. Bilthoven, RIVM. Rapport 728472004.

Leeters, E.E.J.M., J.H. Hartholt, W. de Vries en L.J.M. Boumans, 1994. *Effects of acid deposition on 150 forest stands in the Netherlands, Assessment of the chemical compositions of foliage, soil, soil solution and groundwater on a national scale*. Wageningen, SC-DLO. Report 69.4.

Macduff, J.H., J.H.A.M. Steenvoorden, D. Scholefield en S.P. Cuttle, 1990. Nitrate losses from grazed grassland, In: *N. Gáborcik, V. Krajcovic and M. Zimková (eds). Soil and Grassland-Animal Relationships. Proceedings of 13<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation, Banská Bystrica, Czechoslovakia. Vol. 2: 18-24.*

Nonhebel, S., 1987. *Waterverbruik van Nederlandse bossen: een modellenstudie, Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap*. Groningen.

Noij, I.G.A.M. en J. Schröder, 1992. *Nieuw stikstofadvies voor mais op basis van grondonderzoek*. Ede, IKC-Landbouw, RSP-bulletin 1-92.

Oosterom, H.P. en J.H.A.M. Steenvoorden, 1984. *Drijfmestgiften op snijmaïspercelen (zandgrond) en de uitspoelingsverliezen naar het grondwater*. Wageningen, ICW. 26 p. met bijlagen.

Ruitenbergh, G., F. Wopereis en O. Oenema, 1991. *De optimale stikstofgift op grasland in relatie tot vocht- en stikstofleverend vermogen van de grond*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 173.

Schröder, J., L. ten Holte, W. van Dijk, W.J.M. de Groot, W.A. de Boer en E.J. Jansen, 1992. *Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmaïs*. Lelystad, PAGV. Verslag nr. 148.

Vellinga, Th.V., I.G.A.M. Noij, E.D. Teenstra en L. Beijer, 1993. *Verfijning stikstofbestedingsadvies voor grasland*. Lelystad, PR. Rapport 148.

Vries W. de, en P.C. Jansen, 1994. *Effects of acid deposition on 150 forest stands in the Netherlands*. Wageningen, SC-DLO. Report 69.3.

Wit, N.H.S.M., 1986. *Inventarisatie van de vermessing van het ondiepe grondwater in de gehele provincie Utrecht*. Utrecht, RUU, Vakgroep Fysische Geografie.

#### **Niet-gepubliceerde bronnen**

Fonck, H., 1982a. *Stikstofconcentraties in bodemvocht en grondwater onder grasland op zandgrond in afhankelijkheid van runderdrijfmest- en kunstmestdosering*. Wageningen, ICW. Nota 1337.

Fonck, H., 1982b. *Stikstofconcentraties in bodemvocht en grondwater onder grasland op zandgrond in afhankelijkheid van runderdrijfmest- en kunstmestdosering (2<sup>e</sup> onderzoeksjaar 1981/1982)*. Wageningen, ICW. Nota 1407.

Fonck, H., 1986a. *Stikstofconcentraties in bodemvocht en grondwater onder grasland op zandgrond in afhankelijkheid van runderdrijfmest- en kunstmestdosering (3<sup>e</sup> onderzoeksjaar 1982/1983)*. Wageningen, ICW. Nota 1707.

Fonck, H., 1986b. *Stikstofconcentraties in bodemvocht en grondwater onder grasland op zandgrond in afhankelijkheid van runderdrijfmest- en kunstmestdosering (4<sup>e</sup> onderzoeksjaar 1983/1984)*. Wageningen, ICW. Nota 1685.

Fonck, H., 1986c. *Stikstofconcentraties in bodemvocht en grondwater onder grasland op zandgrond in afhankelijkheid van runderdrijfmest- en kunstmestdosering (5<sup>e</sup> onderzoeksjaar 1984/1985)*. Wageningen, ICW. Nota 1690.

Fonck H., 1988. *Gevolgen van de beweiding op zandgrasland voor nitraatverliezen door uitspoeling (Achterberg 1985-1987)*. Wageningen, ICW. Nota 1870.

Hilhorst, G.J., 1993. *Bedrijfsverslag 1992*. Hengelo, De Marke, Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu.

Hilhorst, G.J., 1994. *Bedrijfsverslag 1993*. Hengelo, De Marke, Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu.

Kroes, J.G., W.J.M. de Groot, J. Pankow en A. van den Toorn, i.v. *Resultaten van onderzoek naar de kwantificering van de nitraatuitspoeling bij landbouwgronden*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 440.

Schröder, J. en L. ten Holte, 1994. *Manure placement effects on silage maize*, In: J. Hall (ed.). *FAO Consultation on animal waste management*. Bad Zwischenhann, Germany, FAO, REUR Technical series (in press).

Schröder, J. en W. van Dijk, i.v. *Maïs telen met minder verlies van mineralen*. Wageningen, AB-DLO.

## Aanhangsel 1 Gemeten nitraat- en ammoniumconcentraties in de winterseizoenen 1992/'93, 1993/'94 en 1994/'95

<b>Grasland</b>						
Plek*	Bodentype	Nitraatconcentratie**			Ammoniumconcentratie	
		gemeten (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			gemeten (mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	
		92/93	93/94	94/95	92/93	93/94
LG	moderpodzol	67			0,1	
BG1	enkeerd	261	136	184	0,0	< 0,2
BG2	laarpodzol	-	-	79		
GV1	koopveen	5	8	-	1,1	3,5
GV2	weideveen	7	6	-	1,7	1,8
GZ1	laarpodzol	123	10	95	0,0	< 0,2
GZ2	laarpodzol	72	88	116	0,6	< 0,2
<b>Maisland</b>						
LM	moderpodzol	120	178	168	0,1	0,2
BM	enkeerd	97	89	128	0,0	< 0,2
<b>Bos</b>						
LN1	moderpodzol		36	28		< 0,2
LN2	moderpodzol	30	27	35	< 0,02	< 0,2
BND1	duinvaaggr.	35	38	94	0,03	< 0,2
BND2	duinvaaggr.	20	49	89	0,0	< 0,2
BNZ1	enkeerd	93	135	99	0,0	< 0,2
BNZ2	enkeerd	32	49	65	0,0	< 0,2
BL1	enkeerd	15	35	10	0,06	0,6
BL2	enkeerd	36	13	11	0,03	< 0,2

\* L = Leersum, B = Beerschoten, G = Groenekan, LN2 = WNP25

\*\* Aanwezige ammoniumstikstof is omgerekend naar nitraat.



## Aanhangsel 2 Profielbeschrijvingen per locatie

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 50 000) Zd21-VIII; duinvaaggrond  
Peilbuis: BND1

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1A	0-	4	9	145	
1B		0,5	11	145	verwerkt
1C/A	-55	0,5/3	11	140	
1E	55- 65	0,75	12	140	begraven podzol
1B	65- 80	1	12	140	
1BC	80- 100	0,4	12	140	
1C	100- 300	9	145		
1Cg	300- 400	6	300		

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 50 000) Zd21-VIII; duinvaaggrond  
peilbuis: BND2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1A	0-	3	8	145	verwerkt
1C	-45	1	8	145	
1C	45- 105	1	9	145	grauwkleurig
1BC	105- 120		12	130	
1C	120- 330		8	140	
1Cg	330- 400		8	145	
2CG	400- 420		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 50 000) zEZ21-VIII; enkeerdgrond  
peilbuis: BNZ1

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
Aa	0- 45	5	9	145	
1B	45- 50	2	9	145	
1Aa	50- 85	3,5	14	140	
1B	85- 95	1	9	145	
1BC	95- 120		8	145	
1C	120- 380		8	145	
2CG	380- 400		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaartenheid (1 : 50 000) ZEZ21-VIII; enkeerdgrond  
peilbuis: BNZ2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aa	0- 65	4	8	145	
1E	65- 70	2	11	145	
1B	70- 90	2,5	14	140	
1BC	90- 105	0,5	12	140	
1C	105- 330		11	140	
1Cg	330- 400		9	145	
2CG	400- 420		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaartenheid (1 : 50 000) zEZ21-VIII; enkeerdgrond  
peilbuis: BL1

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aa	0- 40	3	12	140	
1A	40-	2	14	140	
1C	-75		9	140	
1A1b	75- 85	6	14	145	
1B	85- 95	1,5	14	145	
1BC	95- 100		9	145	
1C	100- 300		12	135	
1Cg	300- 380		12	140	
2CG	380- 385		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaartenheid (1 : 50 000) zEZ21-VIII; enkeerdgrond  
peilbuis: BL2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Ap	0- 25	6	9	145	zwartgrijs,
1A	25- 68	2,5	14	140	bruingrijs
1B	68- 80	1,5	8	145	
1BC	80- 90		12	140	
1C	90- 300		14	135	
1Cg	300- 380		12	140	
2CG	380- 400		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaartenheid (1 : 10 000) cHn33-VIII; laarpodzolgrond  
peilbuis: BM1

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aap	0- 40	4	12	145	
1B	40- 50	1	12	140	nat ontwikkeld
1BC	50- 70		12	135	
1C	70- 240		9	140	roest
1Cg	240- 320		10	140	
2CG	320- 340		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 10 000) zEZ33-VIII; enkeerdgrond  
peilbuis: BM2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aa	0- 30	4	12	140	
1Aag	30- 45	4	12	140	roest
1A1b	45- 55		14	140	
1B	55- 65		13	145	
1BC	65- 90		9	140	
1C	90- 220		8	145	op 115 cm roestig
1Cg	220- 320		8	145	
2G	320- 340		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 10 000) zEZ33-VIII; enkeerdgrond  
peilbuis: BG1

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aa	0- 55	4	14	145	
1C	55- 85		11	135	wit
1Cg	85- 220		11	140	sterk roestig

peilbuis: BG2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aa	0- 50	4	14	145	
1C	50- 100		11	135	
1A1b	100- 120	3	11	140	
1C1g	120- 220		11	140	

peilbuis: BG3

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aa	0- 25	4	14	145	
1C	25- 120		11	135	
1Cg	120- 220		11	140	

peilbuis: BG4

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aa	0- 60	4	14	145	
1C	60- 120		11	135	
1Cg	120- 220		11	140	

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 10 000) zEZ55-VIII, enkeerdgrond  
bij buizen: LG1, LG2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aap	0- 35	5	18	145	dekzand
1Aa	35- 80	2	16	145	
1B	80- 90	1	12	160	
1BC	90- 120	0,5	12	155	
2C1	120- 180		12	140	gestuwd, met grind
2C2	180- 200		40	100	leemlaag
2C3	200- 260		6	300	met grind
2C4g	260- 310		6	300	met grind

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 10 000) zEZ53g-VIII, enkeerdgrond bij buizen: LG3, LG4

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aap	0- 35	4	16	160	dekzand
1Aa	35- 75	2	16	190	
1BC	75- 95	0,5	11	220	wat grind
2C1	95- 350		4	350	met grind
2C2g	350- 410		4	350	met grind

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 10 000) gcY53-VIII, laarpodzolgrond  
bij buizen: LM1, LM2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aap	0- 30	4	15	180	met grind
1Aa	30- 40	4	12	180	met grind
1B	40- 50	1	12	200	met grind
1BC	50- 70	0,3	8	250	met grind
2C1	120- 750		4	400	met grind
2C4g	750- 850		4	400	met grind

Profielbeschrijving kaarteenheid (1 : 10 000) ozcHn-IV, laarpodzolgrond  
bij cups: GZ1

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Aap	0- 27	13	12	160	zwart, veel puin, onderkant golft
1EB	27- 45	4	12	160	grijs
1Bhe	45- 65	1,5	12	160	
1BC1	65- 75	1	20	130	sterk verkit
1BC2	75- 100	0,5	12	160	
1C	100- 120	0,3	14	140	

Profielbeschrijving kaartenheid (1 : 10 000) ohVz-II\*, koopveengrond  
bij cups: GV1

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Ap	0- 27	16			toemaak, 10% lutum, veel scherven
1AC	27- 75	85			zwart broekveen met houtresten
2C1	75- 100	0,3	14	140	
2C2	100- 120	0,5	9	155	lichtgekleurde B-horizont

Profielbeschrijving kaartenheid (1 : 10 000) cHn53-IV, laarpodzolgrond  
bij cups: GZ2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Ap	0- 27	10	22	160	zwartgrijs, met iets puin, loodzandachtig
1Bhe	27- 35	3	20	160	
1BCe1	35- 42	2	20	160	
1BCe2	42- 115	0,5	9	165	niet verkit
2C	115- 120	3	30	90	oud dekzand, bedekt door waterhard

Profielbeschrijving kaartenheid (1 : 10 000) opVz-II\*, weideveengrond  
bij cups: GV2

Horizont- code	Diepte (cm)	Org.stof- gehalte (%)	Leem (%)	M50	Opmerkingen
1Ap	0- 30	12	20	160	7% lutum, met roest en puinresten
2C	30- 75	70			
3Bhe	75- 80	1,5	20	155	bruin
3BC2	80- 120	0,5	12	165	bruin