

RIVM rapport 718201004/2002

**Nutriënten in bodem en grondwater:
Kwaliteitsdoelstellingen en kwaliteit 1984-2000**

W.J. Willems, B. Fraters, C.R. Meinardi, H.F.R.
Reijnders en C.G.E.M. van Beek *

*) KIWA, N.V., Nieuwegein

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Het werd uitgevoerd in het kader van het project Vermesting (projectnr. M/718201) ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2002.

Abstract

This report is one of the background reports of the evaluation report “MINAS en Milieu” (‘Mineral Accounting System and Environment’) which mainly focuses on the relationship between nutrient surplus standards for 2002 and 2003 and their effect on the environment. MINAS is a new regulatory system introduced in 1998. Under this system farmers are to keep records of the exact amount of minerals they use, the quantities that leave the farm and the quantities lost to the environment. If such losses exceed a given standard the farmer is to pay a fine.

The analysis of soil and groundwater quality influenced by the use of fertilisers and manure in agriculture in the past and in the future is an essential element of the evaluation.

This background report contains information on the effect of agricultural practise on soil and groundwater quality in the past i.e. the period 1984-2000.

Main objectives of this study were to give answers to the following questions:

- what are the quality standards for nutrients in soil and groundwater?
- what is the actual quality situation, its development from 1984 and to what degree does farming practise contribute to it and specifically: has MINAS a positive effect on soil and groundwater quality?

Quality standards only exist for groundwater: maximum tolerable risk (MTR) levels for nitrate and target values for nitrate, ammonium and phosphorus. The MTR for nitrate is based on the drinking water standard and applies to all groundwater as a result of the precautionary principle, which is put into effect. The groundwater standards are not attuned to surface water standards (about 3-5 times higher).

Dutch agricultural soils are in general phosphorus-rich due to high P-surpluses during the last decennia. About 30% of the area does not need any fertilisation at all for a number of years and 40% of the area only needs an amount to compensate the plant uptake which is harvested. As a result of this farming practise a considerable area (e.g. 75% of the sand area) is saturated with phosphorus which is a potential thread to eutrophication of surface waters. Effect of MINAS on the soil phosphorus content of grassland and arable land is not apparent.

For groundwater nitrate is the major quality issue. Measurements are carried out at different depth levels. Highest concentrations occur in shallow groundwater (0-5 m depth). Nitrate concentrations decrease in the following order: sand/loam - clay - peat. From 1995 onwards the mean nitrate concentration in the sandy regions (corrected for weather effects) shows a decline. The specific contribution of MINAS could not be indicated because this trend started already in 1995 (mainly at dairy farms) but it was not until 2001 that MINAS was fully effective for all farms.

In the sandy areas there is a gradual decrease in measured nitrate concentrations with increasing depth. This is caused by a combination of factors i.e. slow vertical water transport, variable hydrogeological situation (infiltration or seepage) and denitrification.

In order to quantify the effect of the nitrogen surplus on groundwater used for public water supply, a new typology of pumping stations was developed. Groundwater quality development at pumping stations, vulnerable to diffuse pollution from agriculture, shows in a number of areas a slight increase in nitrate concentration. This slow response can be explained by the long travel time of groundwater. In some areas where effects are expected, denitrification leads to complete nitrate-free groundwater. However, in areas where the aquifer material is calcareous and where it contains pyrite, it is attended with an increase of the sulphate concentration (due to oxidation of pyrite), of metal concentrations (notably nickel) and a rise of hardness. Here denitrification offers no solution to the problem of nitrate pollution.

Voorwoord

Aan deze rapportage die in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2002 is uitgevoerd hebben een aantal personen een bijdrage geleverd. De auteurs willen de volgende personen dankzeggen voor hun bijdrage: D.W. de Hoop en T.C. van Leeuwen (LEI), P.J.M. Sniijders (PV), P.H. Hotsma (EC-LNV), B. Veldstra (Provincie Limburg), C. Vink en J.G.R. Beemster (KIWA), J.H.C. Mülschlegel, L.J.M. Boumans, J.J.B. Bronswijk en H.F. Prins (RIVM).

Inhoud

SAMENVATTING	9
1. INLEIDING	13
2. KWALITEITSDOELSTELLINGEN VOOR NUTRIËNTEN IN BODEM EN GRONDWATER	15
2.1 VRAAGSTELLING	15
2.2 OVERZICHT VAN DE GELDENDE KWALITEITSDOELSTELLINGEN	15
2.3 TYPEN KWALITEITSDOELSTELLINGEN EN HUN STATUS	16
2.4 ONDERBOUWING VAN DE KWALITEITSDOELSTELLINGEN	16
2.5 REALISATIETERMIJN VAN DE KWALITEITSDOELSTELLINGEN	18
2.6 GELDIGHEDSGEBIED VAN DE KWALITEITSDOELSTELLINGEN	18
2.7 VERGELIJKING MET HET CONCEPT-MONITORING RICHTSNOER	21
2.8 CONCLUSIES.....	23
3. BODEM EN GRONDWATERKWALITEIT: INFORMATIE EN VRAAGSTELLING	25
4. BODEMKWALITEIT (FOSFOR)	27
4.1 FOSFAATGEHALTEN VAN DE BODEM.....	27
4.2 FOSFAATTOESTAND EN LANDBOUWKUNDIGE WAARDERING	27
4.3 FOSFAATVERZADIGDE GRONDEN	33
4.4 CONCLUSIES.....	34
5. KWALITEIT VAN HET BOVENSTE GRONDWATER	35
5.1 INLEIDING	35
5.2 HET BOVENSTE GRONDWATER: VERGELIJKING VAN LANDBOUW EN NATUUR	35
5.3 NITRAAT IN GRONDWATER ONDER LANDBOUWGROND	37
5.3.1 <i>Akkerbouw en melkveehouderij</i>	37
5.3.2 <i>Landbouw in de zandgebieden</i>	38
5.3.3 <i>Landbouw in de kleigebieden</i>	41
5.3.4 <i>Landbouw in de veengebieden</i>	42
5.3.5 <i>Landbouw in het Zuid Limburgse lössgebied</i>	44
5.3.6 <i>Ontwikkeling in de nitraatconcentratie na weerscorrectie</i>	46
5.3.7 <i>Samenvatting resultaten nitraat</i>	47
5.3.8 <i>Effect van de grondwaterstand (Gt) op de nitraatconcentratie</i>	49
5.3.9 <i>Effect van lagere N-overschotten</i>	50
5.3.10 <i>Verband tussen bedrijfsvoering, bedrijfskenmerken en nitraatconcentraties</i>	50
5.4 FOSFOR IN HET BOVENSTE GRONDWATER VAN LANDBOUWBEDRIJVEN.....	51
5.5 CONCLUSIES.....	53
6. HET GRONDWATER OP 5 - 30 M DIEPTE	55
6.1 INLEIDING.....	55
6.2 INVLOED VAN BODEMGEBRUIK EN GRONDSOORT	55
6.3 KWALITEITSONTWIKKELING GRONDWATER ONDER LANDBOUWGROND OP ZAND- EN LÖSSGROND	58
6.4 HEEFT BEMESTING EFFECT OP DE KWALITEIT VAN HET GRONDWATER OP 5-30 M DIEPTE?	63
6.5 CONCLUSIES.....	67
7. HET DIEPE GRONDWATER	69
7.1 INLEIDING	69
7.2 INDELING VAN WINNINGEN NAAR KWETSBAARHEID	70
7.3 EFFECTEN VAN BEMESTING OP KWETSBARE WINNINGEN	70
7.4 HUIDIGE KWALITEITSTOESTAND EN TRENDS.....	76
7.5 BIJDRAGE VAN DE LANDBOUW	80
7.6 CONCLUSIES.....	82
LITERAATUUR	83

BIJLAGE 1 OVERZICHT VAN EVALUATIEVRAGEN VOOR CLUSTER 187
BIJLAGE 2 EFFECT GRONDWATERTRAP OP NITRAATCONCENTRATIE88
BIJLAGE 3 VERZENDLIJST.....91

Samenvatting

Deze rapportage omvat nadere achtergrondinformatie over de kwaliteit van bodem en grondwater m.b.t. nutriënten in de periode 1984-2000. De informatie is een weerslag van werkzaamheden die zijn uitgevoerd in cluster 1 van de taakgroep 'normen' als onderdeel van het project Evaluatie Meststoffenwet 2002. Het bevat een beantwoording van de volgende twee hoofdvragen:

- welke milieukwaliteit wordt beoogd? Wat is de status, onderbouwing en geldigheid van de nu van kracht zijnde kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in bodem en grondwater?
- wat is de huidige milieukwaliteit van bodem en grondwater en hoe heeft deze zich ontwikkeld sinds 1985? Wat is de invloed van de landbouw op de gehalten en concentraties aan nutriënten in bodem en grondwater? Zijn er al effecten van MINAS waar te nemen?

De rapportage is in twee delen opgebouwd. Hoofdstuk 2 bevat de beantwoording van de eerste hoofdvraag (status, onderbouwing doelstellingen) en in de hoofdstukken 3 - 7 wordt de tweede hoofdvraag behandeld. Hoofdstuk 3 geeft aan welke informatie is gebruikt.

De toestand van de bodem is beschreven in hoofdstuk 4 en handelt over fosfor. Fosfor en stikstof in grondwater komen aan de orde in de hoofdstukken 5-7, waarbij een onderscheid is gemaakt in diepteniveau waarop wordt gemeten.

Kwaliteitsdoelstellingen (hoofdstuk 2)

Voor nutriënten in het compartiment bodem bestaan alleen doelstellingen voor de vloeibare fase (het grondwater). Voor nitraat-stikstof bestaan zowel MTR waarden (MTR= maximaal toelaatbaar risico) en streefwaarden. Voor fosfor en ammonium-stikstof bestaan alleen streefwaarden. De MTR waarde voor nitraat is gebaseerd op de drinkwaternorm en geldt voor alle grondwater. De normen voor nutriënten in grondwater en oppervlaktewater zijn niet op elkaar afgestemd: voor grondwater zijn ze veel (ca. 3-5 maal) hoger.

De wijze waarop in Nederland nitraat in grondwater wordt gemeten, is conform het concept-monitoringrichtsnoer van de EU dat in het kader van de Nitraatrichtlijn is opgesteld.

Fosfor in de bodem (hoofdstuk 4)

De Nederlandse landbouwgronden zijn in het algemeen rijk aan fosfaat. Dit uit zich onder meer in een groot aandeel gronden dat een fosfaattoestand 'hoog' heeft en dat fosfaatverzadigd is. Op ca. 40% van het areaal landbouwgrond in Nederland behoort de P-bemesting overeenkomstig de huidige fosfaat bemestingsadviezen slechts zodanig te zijn dat de gewasafvoer wordt gecompenseerd. Voor nog eens ca. 30% kan bemesting gedurende een reeks van jaren achterwege blijven omdat hier landbouwkundig gezien geen enkele noodzaak voor is.

Het effect van de invoering van MINAS op de ontwikkeling van de fosfaattoestand is niet duidelijk.

Het areaal landbouwgrond dat fosfaatverzadigd is (situatie 2000), wordt thans ongeacht de grondsoort, geraamd op 75-79%. Sterke verzadiging komt met name voor bij zandgronden (ca. 30% van areaal). Bij veengronden is het berekende areaal dat sterk verzadigd iets kleiner (23%) maar de betekenis hiervan is onduidelijk omdat voor klei- en veengronden het criterium voor P-verzadiging niet goed gedefinieerd is.

Over de ontwikkeling van de fosfaatverzadiging sinds 1986 kan geen uitspraak worden gedaan vanwege de geringe vergelijkbaarheid van de modelberekeningen.

Kwaliteit van het grondwater op 0-5 m diepte (hoofdstuk 5)

Een vergelijking van de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouw met bos/natuur laat zien dat voor veel chemische parameters de concentratie ca. 2 maal zo hoog zijn. Voor nitraat, kalium en hardheid zijn de concentratie 5-7 maal hoger.

De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouw is het hoogst in de zandgebieden en het laagst in de veengebieden. Kleigebieden nemen een tussenpositie in.

In veengebieden is nitraat een N-component van geringe betekenis (ca. 15%); de overige 85% wordt bepaald door ammonium en organisch N. Het is niet bekend in welke mate beide laatste verbindingen door bemesting worden beïnvloed.

De nitraatconcentraties van het bovenste grondwater zijn van jaar tot jaar erg variabel en afhankelijk van de grootte van het neerslagoverschot.

In de zandgebieden is in de periode 1992-2000, na correctie voor verschillen in weersomstandigheden, sprake van een lichte daling van 150 tot 125 mg/l, doch de concentraties liggen nog ruim boven de MTR waarde van 50 mg/l. Deze daling komt vooral voor rekening van de melkveehouderijbedrijven. Het effect van de invoering van MINAS in 1998 is nog niet aan te tonen omdat de daling van de N-overschotten in de melkveehouderij al voor 1998 inzette en de invoering nog van te recente datum is.

In het lössgebied van Zuid Limburg, waar het grondwater te diep staat om te bemonsteren, wordt het bodemvocht beneden de wortelzone bemonsterd. De nitraatconcentraties daarin zijn qua niveau vergelijkbaar met die in het bovenste grondwater onder landbouw op zand. Ook de reactie op variaties in het neerslagoverschot is vergelijkbaar met die in de zandgebieden. Een eerste voorlopige data-analyse van de relatie bedrijfsvoering en milieukwaliteit wijst uit dat het verband tussen N-overschot en nitraatconcentraties zwak is. Dit komt doordat de groep bedrijven die al enige tijd een laag overschot weten te realiseren klein is en bovendien pas korte tijd wordt gevolgd.

Uit de metingen blijkt een duidelijk verband tussen de Gt van de bodemkaart en de nitraatconcentratie. Hoewel de kaartinformatie verouderd is, geeft een indeling in drie groepen nat (I t/m IV), matig droog (V, V* en VI) en droog (VII en VII*) de beste verklaring. Dat betekent dat Gt VI noch bij de natte noch bij de droge gronden kan worden ingedeeld.

Fosfaatconcentraties in het grondwater zijn zeer variabel en sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Bij hoge grondwaterstanden komen hoge concentraties voor welke hoger zijn dan de streefwaarde voor grondwater. De MTR-waarde voor oppervlaktewater ligt op een veel lager niveau en wordt al veel eerder overschreden.

Kwaliteit van het grondwater op 5-30 m diepte (hoofdstuk 6)

De effecten van een belasting aan maaiveld door meststoffen zijn vooral in de zandgebieden merkbaar en ze leiden tot een overschrijding van de streef- en MTR waarden voor nitraat.

In de zeekleigebieden komen hoge ammonium-N en totaal-P concentraties in het grondwater voor. Deze hoge concentraties zijn vrijwel niet door bemesting veroorzaakt.

Nitraat komt vooral voor onder landbouw en bebouwd gebied op zandgrond. Onder landbouwgronden zijn de concentraties hoger dan bij bebouwd gebied en bos.

De nitraatconcentraties zijn in het middeldiepe grondwater op 5-15 m duidelijk lager dan in het bovenste grondwater. Op 15-30 m diepte worden nog lagere waarden gemeten. Dit is een

gevolg van een combinatie van factoren: de overwegend horizontale stroming van het grondwater naar waterlopen (sloten/beken), het optreden van denitrificatie in de bodem en de lange reistijd van het water in de bodem.

Als rekening wordt gehouden met het tijdstip van infiltratie in de bodem dan is er een duidelijk verband met de hoeveelheid stikstof die via bemesting op de landbouwgronden is gebracht. Dit verband is het meest duidelijk in het jonge water. Meer dan 70% van het grondwater op 5-15 m, dat in 2000 is bemonsterd, dateert van na 1980. Het grondwater op 15-30 m is vrijwel voor 100% vóór 1980 geïnfilteerd en 34% dateert zelfs van vóór 1950. Op grotere diepte (15-30 m) kan het effect van de bemesting in het verleden vanwege de lange reistijd nog maar gedeeltelijk zijn doorgewerkt.

Nitratconcentraties in dagzomend grondwater in bronnen aan de randen van het Zuid Limburgse centrale plateau (lössgebied) zijn sterk verhoogd. Ca. 50% van de bronnen heeft een concentratie die 100 mg/l of hoger is. Van 1985-2001 is de gemiddelde concentratie hier met 22 mg/l gestegen. Dit duidt erop dat lössgronden uitspoelingsgevoelig zijn.

Kwaliteit van het grondwater op een diepte groter dan 30 m (hoofdstuk 7)

Informatie over de samenstelling is afkomstig van de waterbedrijven die dit grondwater gebruiken als grondstof voor de drinkwaterbereiding.

Waterbedrijven onttrekken het grondwater tussen diepten van 30 tot 300 m. Ca. 60% van de drinkwatervoorziening in Nederland komt uit grondwater.

Van de 214 beschouwde grondwaterwinningen zijn er gelet op winningstype, ligging, areaal landbouw in de omgeving en het optreden van processen in de bodem, ca. 110 direct kwetsbaar voor nitraatuitspoeling uit de landbouw of kwetsbaar voor volgproducten van denitrificatie. Deze winningen die ca. 50% van de totale wincapaciteit uit grondwater onttrekken zijn nader onderverdeeld in 8 groepen.

Vanwege de lange verblijftijden van het grondwater in de bodem, kan bij veel winningen het effect van de in de afgelopen decennia toegenomen bemesting nog niet merkbaar zijn.

Bij 11 winningen is sprake van nitraatconcentraties hoger dan de streefwaarde. Dit zijn winningen die relatief jong water oppompen, veel landbouw in het intrekgebied hebben en waar weinig of geen denitrificatie optreedt. Op 2 winningen wordt in het ruwe water de drinkwaternorm overschreden en zijn aanvullende maatregelen genomen om het afgeleverde drinkwater aan de wettelijke norm te laten voldoen.

Denitrificatie kan in bepaalde omstandigheden leiden tot nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit. Op een aantal winningen zijn volgproducten van denitrificatie merkbaar en leiden tot een toename van de sulfaatconcentratie, concentraties metalen en de hardheid. Dit zijn winningen waar kalk en/of pyriet in de ondergrond voorkomen.

Als nitraat in het opgepompte grondwater aanwezig is, is dit vrijwel volledig (ca. 95%) door de bemesting veroorzaakt.

Als pyriet in de bodem aanwezig is, is de bijdrage van de landbouw aan de sulfaatconcentratie van het opgepompte grondwater ca. 70-75%. De overige 25-30% is afkomstig van depositie.

Ca. 80% van de hardheidstoename kan worden toegeschreven aan landbouwactiviteiten.

In bepaalde gevallen worden hoge arseen, zink en nikkelconcentraties gemeten. Zink en arseen worden bij de gangbare zuivering verwijderd maar nikkel niet. Hoge nikkelconcentraties worden aangetroffen zodra er pyriet in het spel is vooral bij winningen uit kalkloze afzettingen met pyriet.

De winningsgroepen 'kleine stuwwal', 'kalkloos pyriet', 'kalkrijk pyriet' en 'löss' zijn het meest kwetsbaar voor kwaliteitsbeïnvloeding door bemesting in de landbouw.

1. Inleiding

Deze rapportage omvat de resultaten van een deelstudie (cluster 1) uitgevoerd in het kader van de Evaluatie van de Meststoffenwet 2002 (MNP-RIVM, 2002) onderdeel analyse verliesnormen (relatie landbouw en milieu).

Het bevat een beantwoording van de volgende twee hoofdvragen:

- welke milieukwaliteit wordt beoogd? Wat is de status, onderbouwing en geldigheid van de nu van kracht zijnde kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in bodem en grondwater?
- wat is de huidige milieukwaliteit van bodem en grondwater en hoe heeft deze zich ontwikkeld sinds 1985? Wat is de invloed van de landbouw op de kwaliteit? Zijn er al effecten van MINAS waar te nemen?

Uitgangspunt van de werkzaamheden voor cluster 1 waren de in totaal 17 evaluatievragen die op het gebied van de diagnose van de bodem- en grondwaterkwaliteit zijn geformuleerd. Deze vragen zijn in bijlage 1 vermeld.

Samenhang met andere achtergrondrapporten

Het voorliggende rapport is een van de zes deelstudies die hebben geleid tot het samenvattende rapport MINAS en Milieu. De deelstudies die het grootste raakvlak met deze studie hebben zijn: diagnose van de kwaliteit en kwaliteitsontwikkeling van het oppervlaktewater (cluster 2) uitgevoerd door RIZA (Plette *et al*, in voorbereiding) en effecten van beleid op mineralenmanagement en economie in de landbouw (cluster 3) uitgevoerd door LEI (De Hoop ed., 2002). Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens die in cluster 4 (prognose milieukwaliteit) zijn gegenereerd (Schoumans ed., 2002).

Indeling rapport

Dit rapport bestaat uit twee delen. De eerste hoofdvraag komt aan de orde in hoofdstuk 2. behandelt de doelstellingen voor de kwaliteit van bodem en grondwater. In hoofdstuk 3 wordt beschreven welke informatie gebruikt is om een analyse te maken van de kwaliteit van bodem en grondwater.

Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de fosfaatgehalten van de bodem.

De hoofdstukken 5, 6 en 7 handelen over de kwaliteit van het grondwater. In hoofdstuk 5 wordt het bovenste grondwater behandeld dat zich op een diepte tussen 0 en 5 m beneden maaiveld bevindt. In hoofdstuk 6 worden de effecten op het grondwater op een diepte van 5-30 m beneden maaiveld besproken. In hoofdstuk 7 komt het diepere grondwater (dieper dan ca. 30 m) aan bod zoals dat door de waterbedrijven wordt gebruikt voor drinkwaterbereiding.

2. Kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in bodem en grondwater

2.1 Vraagstelling

In deze paragraaf komen de volgende vragen aan de orde:

Welke beleidsdoelstellingen gelden thans in Nederland voor gehalten en concentraties van stikstof- en fosforverbindingen in bodem en grondwater (vraag 69 en 70; bijlage 1)?

Daarvan afgeleide vragen zijn:

wat is de status en onderbouwing van deze doelstellingen ?

welke realisatietermijn is hieraan verbonden?

Hierbij zal tevens worden ingegaan op de vraag wat het geldigheidsgebied is van de doelstellingen zowel in de ruimte (oppervlakte en diepte) als in de tijd.

Voorts zal in deze paragraaf in indicatieve zin de vraag worden beantwoord in hoeverre de criteria en bijbehorende meetmethoden die Nederland hanteert voor nitraat in grondwater vergelijkbaar zijn met andere EU-landen (vraag 32; bijlage 1).

2.2 Overzicht van de geldende kwaliteitsdoelstellingen

De thans geldende kwaliteitsdoelstellingen voor grondwater zijn in tabel 2.1 vermeld. Er wordt thans onderscheid gemaakt in MTR waarden (MTR = maximaal toelaatbaar risico) en streefwaarden (verwaarloosbaar risico).

Voor stikstof is er zowel een MTR-waarde als een streefwaarde voor nitraat. Daarnaast is er een streefwaarde voor ammonium. Voor fosfor is er alleen een streefwaarde. Deze geldt voor totaal-P.

Er is bij de streefwaarden voor ammonium-N en totaal-P onderscheid gemaakt naar grondsoort. Ter vergelijking zijn in tabel 2.1 ook de MTR-waarden voor zoet oppervlaktewater vermeld. Deze gelden voor eutrofiëringgevoelig zoet oppervlaktewater (zomergemiddelde waarde) maar zijn richtinggevend voor andere wateren.

Tabel 2.1 Kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in grondwater. Concentraties in mg/l N en in mg/l P. Bron: NW4 regeringsbeslissing (VenW, 1999); NMP4 (VROM, 2001).

Parameter	Grondwater		Oppervlaktewater (zoet)
	MTR-waarde	Streefwaarde	MTR-waarde
Nitraat-N	11,3 ¹	5,6 ²	-
Nitraat	50	25	
Ammonium-N	-	2 (10) ³	-
Totaal-N	-	-	2,2
Totaal-P	-	0,4 (3) ³	0,15

¹) Deze waarde is geldig voor alle grondwater; bron: NMP2 (VROM, 1993). In NW4, bijlage A, aangeduid als MTR-waarde (VenW, 1999).

²) In NMP4 (VROM, 2001) is de reikwijdte van de streefwaarde beperkt. Daarin is aangegeven dat de streefwaarde voor nitraat niet meer voor het gehele grondgebied geldt, maar beperkt is tot het diepere grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden en intrekgebieden (§ 3.2 blz 57)

³) De lage waarde is geldig voor zandgrond; de waarde tussen haakjes geldt voor klei- en veengrond. Voor ammonium geldt dat in gebieden met brak/zout grondwater hogere gehalten kunnen voorkomen.

Afstemming met doelstellingen voor oppervlaktewater

Uiteindelijk komt alle grondwater vroeger of later na transport door de bodem via uitspoeling in het oppervlaktewater terecht. Hiermee zou de gewenste kwaliteit van het oppervlaktewater een randvoorwaarde voor de grondwaterkwaliteit moeten scheppen. Uit tabel 2.1 blijkt dat de MTR-waarde voor stikstof in oppervlaktewater is 2,2 mg/l (totaal-N) bedraagt. Dat wil zeggen dat alleen al de MTR voor nitraat-stikstof in grondwater 5 maal hoger is dan de MTR voor totaal-stikstof in oppervlaktewater. Voor grondwater is de streefwaarde voor totaal-P in de zandgebieden ca. 3 maal hoger dan de MTR-waarde voor P in oppervlaktewater. Feitelijk is de discrepantie voor P dus nog groter dan voor N. De normen voor nutriënten in grond- en oppervlaktewater waren van begin af aan niet op elkaar afgestemd (vgl. Willems & Fraters, 1995). Deze situatie is tot heden niet verbeterd.

2.3 Typen kwaliteitsdoelstellingen en hun status

In de notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen Water en Bodem (MILBOWA; VROM, 1991) is voor het eerst een samenhangende set van doelstellingen voor bodem, grondwater en oppervlaktewater gegeven. In het beleidsstandpunt uit 1992 zijn de doelstellingen voor algemene kwaliteitsparameters zoals nutriënten toegevoegd (VROM, 1992). In de notities worden twee typen van doelstellingen onderscheiden namelijk streefwaarden (lange termijn) en grenswaarden (korte termijn).

In het NMP2 (VROM, 1993) wordt de terminologie nader gepreciseerd en worden de volgende typen normen onderscheiden:

- wettelijke normen (grenswaarden en richtwaarden)
- niet-wettelijke normen (MTR-waarden en streefwaarden).

In 1996-1997 is het project Integrale Normstelling Stoffen uitgevoerd. (VROM, 1997). Dit had tot doel te komen tot een betere afstemming van de kwaliteitsdoelstellingen voor water, bodem en lucht. Hoewel voor toxische stoffen afgeleid, gelden ook voor meer algemene stoffen als nutriënten thans de volgende begrippen:

- streefwaarden: deze geven het uiteindelijk te bereiken kwaliteitsniveau aan. Ze kunnen al dan niet gebaseerd zijn op een risico-benadering. In dat geval is sprake van een waarde op het niveau van het Verwaarloosbaar Risico (VR).
- MTR-waarden (MTR = maximaal toelaatbaar risico). Deze geven het kwaliteitsniveau aan dat niet mag worden overschreden. Op MTR-niveau is sprake van een minimumkwaliteit.

Voor water en bodem (incl. grondwater) bestaan alleen niet-wettelijke normen. Dit geldt ook voor de algemene kwaliteitsparameters zoals nutriënten. In algemene zin geldt dat kwaliteitsdoelstellingen het karakter van een inspanningsverplichting hebben.

2.4 Onderbouwing van de kwaliteitsdoelstellingen

Over de motivering en achtergrond/herkomst van de doelstellingen, samen vormend de onderbouwing, kan het volgende worden gesteld.

Streefwaarden

Deze geven het uiteindelijk te bereiken kwaliteitsniveau aan. De in tabel 2.1 genoemde streefwaarden voor totaal-fosfaat en ammonium zijn gebaseerd op de bovengrens van achtergrondwaarden gemeten onder bos en natuurterreinen en opgenomen in de discussienotitie Bodemkwaliteit (VROM, 1986). Hierbij is rekening gehouden met verschillen in grondsoort. De waarden zijn afgeleid van metingen uit het Landelijk Meetnet

Grondwaterkwaliteit voor ondiep grondwater (5-15 m onder maaiveld). De streefwaarde voor nitraat is gebaseerd op de streefwaarde voor drinkwater uit de Europese Drinkwaterrichtlijn (EU, 1980). De streefwaarden voor nutriënten hebben dus een gemengde achtergrond.

MTR-waarde (nitraat)

Deze waarde geeft het kwaliteitsniveau aan dat niet mag worden overschreden. Op MTR-niveau is sprake van een minimumkwaliteit.

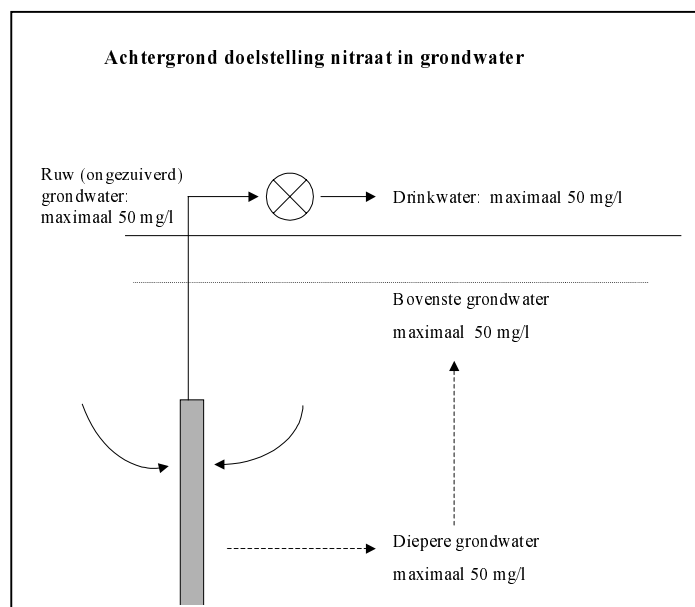
Over de achtergrond van de MTR-waarde voor nitraat kan het volgende worden opgemerkt: In het Eerste Nationaal Milieubeleidsplan (NMP1; VROM, 1989) is gesteld dat voor 2000 de bemesting met stikstof zodanig moet zijn dat in landbouwgebieden met zoet grondwater de waarde van 50 mg/l (als nitraat) op een diepte van 2 m beneden de grondwaterspiegel niet wordt overschreden. Dit dieptecriterium vloeide voort uit de toenmalige beleidsdiscussie over de doelstelling voor bestrijdingsmiddelen in grondwater. Aangezien daar de waarden voor het bovenste grondwater niet haalbaar geacht werden, is besloten de doelstelling op een grotere diepte van toepassing te verklaren. Dit werkte direct door in de doelstelling voor N in grondwater.

In het 2e Nationale Milieubeleidsplan (NMP2; VROM, 1993) is dit dieptecriterium voor nitraat verlaten. Over de doelstelling voor nitraat in grondwater is het volgende geformuleerd:

“... in verband met de implementatie van de EU-richtlijn nitraten, zal de nitraatdoelstelling voor grondwater in agrarische gebieden worden afgestemd op de internationale afspraken. De kwaliteitsdoelstelling voor grondwater zal daarmee gaan gelden voor alle grondwater.”

Voor nitraat geldt, dat de drinkwaternorm uit de Europese drinkwaterrichtlijn (50 mg/l nitraat) is omgezet in de milieukwaliteitsdoelstelling voor het grondwater. Hierbij is als overweging gehanteerd dat het zowel in de huidige winningssituatie maar ook in een toekomstige situatie, met winningen op andere locaties, mogelijk moet zijn om met eenvoudige middelen drinkwater uit grondwater te bereiden, dus zonder toepassing van een uitgebreide zuivering. Hiermee is een maximale invulling gegeven van het *voorzorgbeginsel*.

Een en ander is weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1. Achtergrond van de kwaliteitsdoelstelling voor nitraat in grondwater als bedoeld in NMP2 in verband met de implementatie van de EU-Nitraatrichtlijn.

2.5 Realisatietermijn van de kwaliteitsdoelstellingen

In geen van de Nationale Milieubeleidsplannen (NMP1, 2 en 3) is expliciet een tijdstip genoemd waarop de kwaliteitsdoelstellingen moeten worden gerealiseerd.

In § 2.4.4 van NMP3 (VROM, 1998) wordt opgemerkt dat de milieudoelstellingen in NMP1 en NMP2 niet overal gehaald worden vanwege de historische belasting. Specifiek worden genoemd nitraatuitspoeling op droge zandgronden en de fosfaatuitspoeling uit sterk fosfaatverzadigde gronden.

In NMP4 worden de milieudoelstellingen in verband gebracht met de gewenste milieusituatie over 30 jaar. Dat betekent dus dat in het jaar 2030 de doelstellingen gerealiseerd moeten zijn.

2.6 Geldigheidsgebied van de kwaliteitsdoelstellingen

Met het geldigheidsgebied van doelstellingen wordt bedoeld waar en wanneer de doelstellingen van toepassing zijn. Aspecten, die wat dit betreft van belang zijn, betreffen de bodemgesteldheid, de ruimtelijke schaal, de diepte en de tijd of periode waarin ze geldig zijn.

- Bodemgesteldheid

Voor de kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in het grondwater heeft een globale differentiatie naar bodemgesteldheid plaatsgevonden. Hierbij is onderscheid gemaakt naar niet nader gedefinieerde zand-, klei- en veengebieden. Deze differentiatie heeft alleen betrekking op de streefwaarden voor ammonium-N en fosfor. Aangezien de streefwaarden het uiteindelijk te bereiken kwaliteitsniveau aangeven, zijn de verschillen hierin te herleiden tot natuurlijke variaties in bodemomstandigheden. Voor nitraat-N geldt dit echter niet aangezien deze streefwaarde vanuit een functie is afgeleid (grondwater als grondstof voor drinkwaterbereiding).

- *Ruimtelijke schaal*

Het is formeel gesproken niet duidelijk of de kwaliteitsdoelstellingen geldig zijn voor elk afzonderlijk waarnemingspunt, een perceel of in geval van landbouw een bedrijf of dat ze voor bedrijven in een bepaald gebied gelden. Uit analyse van meetgegevens van het proefbedrijf 'De Marke', waar het RIVM sinds 1990 waarnemingen verricht (Boumans *et al*, 2001) blijkt het zinvoller te zijn om de doelstelling op bedrijfsniveau te hanteren dan op een gedetailleerder schaalniveau. Kwaliteitsdoelstellingen op het niveau van percelen en zeker van individuele monsters lijken weinig bij te dragen aan het verbeteren van de milieukwaliteit, mede gezien de bemonsteringsproblemen die daar een rol gaan spelen. Aangezien voor nutriënten in de landbouw de maatregelen op bedrijfsniveau aangrijpen, lijkt dit het meest voor de hand liggende schaalniveau. Om die reden is in 1992 gekozen voor de schaal van het bedrijf en worden de resultaten van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) gepresenteerd op bedrijfsniveau (Van Swinderen *et al*, 1994; Fraters *et al*, 1997). In NMP4 is gesteld dat de normen voor stikstof en fosfaat watertype gericht en gebiedsgericht kunnen worden gedifferentieerd. Opgemerkt wordt (zie NMP4, § 7 blz. 139 'emissies in verband met mestgebruik') dat onzeker is hoe een en ander (differentiatie) vertaald dient te worden naar generieke en gebiedsspecifieke maatregelen. Behalve op perceels- of bedrijfsniveau zou het geldigheidsgebied zich ook kunnen uitstrekken tot een ander schaalniveau bijvoorbeeld voor een stroomgebied of het zandgebied. De keuze van de ruimtelijke schaal waarop de doelstelling voor grondwater geldig is, is er een van beleidsmatige aard.

- *Diepte*

In vervolg op het beleidsstandpunt zoals verwoord in NMP2 heeft de Nederlandse regering aan de Europese Commissie hierover het volgende meegedeeld.

Zowel in het 1^o Actieprogramma (VROM,1995) als in de brief aan EU-commissaris Bjerregaard van d.d. 7/12/98 (VROM,1998) is bericht dat de nitraatdoelstelling *in nieuw gevormd grondwater* gerealiseerd moet worden. Dit komt in Nederland neer op de eerste meter van het grondwater¹. In de brief van 29/11/99 (brief aan EU-commissaris mw. Wallström; VROM,1999) staat dat de verliesnorm voor stikstof conform MINAS afgestemd is op het halen van de doelstelling voor nitraat in het bovenste grondwater.

- *Op welke diepte moet nitraat in grondwater worden gemeten?*

Voortvloeiend uit het beleidsstandpunt, zoals verwoord in NMP2 over de geldigheid van de nitraatdoelstelling in het Nederlandse grondwater, is over de meetdiepte aan de EU het volgende van belang.

In de brief van 29/11/99 aan EU-commissaris Wallström is de Nederlandse regering expliciet ingegaan op de manier waarop zij de effectiviteit van maatregelen in de landbouw op de kwaliteit van grondwater vaststelt. (VROM,1999) Gerefereerd wordt aan het concept-richtsnoer van de EU, waarin o.m. gesproken wordt over meten in de eerste 5 m van de verzadigde zone. (*Draft Guidelines for the monitoring required under the nitrates directive, 91/676/EEC*; EU, 1999)" In de brief merkt de Nederlandse regering op dat hierdoor niet

¹ Onder Nederlandse omstandigheden leidt een neerslagoverschot van 300 mm/jaar en een porositeit van de bodem van 30% tot een grondwateraanvulling die zich verdeelt over een bodemlaag ter dikte van ongeveer 1 meter.

tijdig genoeg een goed beeld van de effecten van maatregelen wordt verkregen en dat Nederland, door in de *eerste meter van het grondwater* te meten, aan het concept-richtsnoer een maximale invulling geeft. In § 2.7 wordt op de monitoring nader ingegaan.

De streefwaarde voor nitraat is thans niet meer voor het gehele grondgebied geldig, maar beperkt zich tot het diepere grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden en intrekgebieden (NMP4 § 3.2 blz. 57). Buiten die gebieden is er dus geen streefwaarde meer. Maar in NMP4 (VROM, 2001; blz. 58) wordt ook gesteld dat een zodanige milieukwaliteit gewenst is dat deze geen belemmering vormt voor het realiseren van de natuurdoeltypen binnen de EHS (Ecologische Hoofd Structuur). Voor de instandhouding van sommige, met name kwelwaterafhankelijke, natuurdoeltypen houdt dit m.b.t. nutriënten in, dat de nitraatconcentratie in opkwellend grondwater kleiner is dan 25 mg/l (de streefwaarde voor grondwater t.b.v. drinkwatervoorziening). Hiermee is het geldigheidsgebied van de streefwaarde voor nitraat onduidelijk geworden.

- *Tijd*

Hiermee is zowel de variatie tussen jaren als de variatie binnen een jaar bedoeld. Het is niet duidelijk of de doelstellingen gelden voor een langjarige gemiddelde situatie of dat ook in individuele jaren de 'norm' gehaald moet worden. Variatie tussen jaren kan optreden als gevolg van verschillen in neerslagoverschot. Variatie binnen een jaar is het gevolg van een niet gelijkmatige verdeling van het neerslagoverschot binnen een jaar. De meeste uitspoeling vindt plaats in de periode oktober-maart. Voor binnenjaarse variaties binnen een jaar stellen Fraters *et al* (1997) dat er geen systematische verschillen aanwezig zijn in de kwaliteit van het grondwater tussen verschillende tijdstippen van bemonsteren binnen een jaar en. De 'binnenjaarse' variatie is veel kleiner dan de 'tussenjaarse' variatie.

In geval van extreem natte of droge jaren kunnen duidelijk afwijkende concentraties waargenomen worden t.o.v. een gemiddeld jaar (tussenjaarse variatie). Een langjarig gemiddelde waarde geeft het meest representatieve beeld. Dit is niet altijd mogelijk. Door te corrigeren voor het weerseffect (neerslagcorrectie) kan het verschil in concentratie tussen jaren als gevolg hiervan worden weggenomen. Hiertoe is een methode beschikbaar (Boumans *et al*, 1997).

De neerslagcorrectie is bedoeld om meerjarige trends in gemeten concentraties van groepen bedrijven te analyseren. Doel hiervan is om effecten van maatregelen (beleid en/of bedrijfsmanagement) te kunnen scheiden van variaties in het neerslagoverschot. Technisch is het mogelijk om voor een individueel bedrijf de gemeten nitraatconcentratie om te rekenen naar een nitraatconcentratie voor een gemiddeld weerjaar.

De methode is echter niet geschikt om voor individuele bedrijven in een specifiek jaar een voor neerslag gecorrigeerde nitraatconcentratie vast te stellen. Het betrouwbaarheidsinterval van de aldus berekende gecorrigeerde nitraatconcentratie, het interval waar met grote waarschijnlijk de berekende waarde tussen ligt, zal voor een individueel bedrijf zo groot zijn, dat niet meer met zekerheid te zeggen is of de gecorrigeerde nitraatconcentratie lager of hoger is dan 50 mg/l.

Theoretisch is het wel mogelijk, alleen dan zal meerdere jaren intensief op het betreffende bedrijf gemeten worden zoals bij het proefbedrijf 'de Marke' het geval is (Boumans *et al*, 2001).

Overigens is het zelfs de vraag of het financieel haalbaar is om met aanvaardbare onzekerheid vast te stellen of de in een specifiek jaar gemeten nitraatconcentratie op een specifiek bedrijf boven of beneden de 50 mg/l is. Het aantal monsters dat genomen moet worden zal groot zijn, en de daarmee samenhangende kosten hoog.

2.7 Vergelijking met het concept-monitoring richtsnoer

De Europese Commissie heeft in 1998 een eerste concept monitorrichtsnoer uitgebracht conform artikel 7 van de richtlijn (EC/DG XI, 1998). In 1999 is een tweede concept verschenen². Een richtsnoer heeft geen bindend karakter. Het doel van het monitoringrichtsnoer is duidelijk te definiëren wat de doelen zijn van elk type monitor en suggesties te doen hoe deze doelen bereikt kunnen worden. De Commissie beoogt hiermee tevens een vergelijking tussen de Lidstaten mogelijk te maken.

De EU nitraatrichtlijn schrijft in artikel 5, lid 6, voor dat lidstaten verplicht zijn om:

- passende monitoring programma's op te stellen en uit te voeren om de effecten van Actieprogramma's vast te stellen;
- als zij de Actieprogramma's op hun hele grondgebied toepassen, de nitraatconcentratie van wateren (oppervlaktewater en grondwater) te monitoren op zodanig geselecteerde meetpunten waardoor het mogelijk is de omvang/mate van de nitraatverontreiniging door agrarische bronnen vast te stellen.

In het richtsnoer worden de volgende typen van monitoring van de richtlijn verder uitgewerkt:

1. monitoring die nodig is voor aanwijzing van gebieden/controle:

- kies locaties zo dat een goed beeld wordt verkregen;
- meet zowel ondiep (tot 5 m) als diep (aquifers).

2. monitoring om de effectiviteit van actieprogramma's na te gaan:

Dit betekent het vaststellen van de invloed van veranderingen in de landbouwpraktijk op nitraatverliezen naar grond- en oppervlaktewater, in de eerst plaats op stroomgebiedniveau (macro) en in de tweede plaats op sub-stroomgebiedniveau en in de derde plaats op perceelsniveau.

Op perceelsschaal impliceert dit het daadwerkelijk meten en modelleren om te kijken naar veranderingen in nitraatniveaus in de bodem, in de wortelzone, in de oppervlakkige af- en uitspoeling en in het grondwater.

Aanbevolen wordt te monitoren in:

- wortelzone/onverzadigde zone;
- bovenste lagen van ondiep grondwater;
- klein oppervlaktewater.

Wat doet men elders in de EU aan metingen. Welke diepte acht men maatgevend?

Positie van Nederland en de andere lidstaten staat in figuur 2.2 met informatie over de uitgangssituatie van de nitraatverontreiniging in de lidstaten van de EU en de omvang van de gebieden waarop de actieprogramma's van toepassing zijn. (Goodwill 2000)

² Draft Guidelines for the monitoring required under the nitrates directive 91/676/EEC (EC/DG XI, 1999)

Toepassing Actieprogramma		Uitgangssituatie		
		Gemakkelijk	Gemiddeld	Moeilijk
Geheel land	Finland		Duitsland	<i>Nederland</i>
	Oostenrijk		Luxemburg	Denemarken
Delen van land	Zweden, Portugal		Ver. Koninkrijk	België
	Italië, Spanje		Frankrijk, Ierland	
	Griekenland			

Figuur 2.2 Overzicht van de uitgangssituatie m.b.t. nitraatverontreiniging in de 15 lidstaten van de EU en de wijze waarop de lidstaten de verplichte Actieprogramma's toepassen. (naar Goodwill, 2000)

Qua uitgangssituatie en omvang van het gebied waarop de Actieprogramma's van toepassing zijn is de vergelijking met Denemarken het meest relevant.

Voor de 6 EU landen die de Actieprogramma's op hun gehele grondgebied toepassen kan het volgende *-thans nog incomplete beeld -* worden gegeven (tabel 2.2):

Tabel 2.2 Monitoring nitraat in kader van EU Nitraatrichtlijn.

Land	Uitgangssituatie m.b.t. nitraat verontreiniging volgens Goodwill, 2000.	Diepte waarop wordt gemeten	Diepte waarop wordt getoetst
Finland	Gemakkelijk	n.b.	n.b.
Denemarken	Moeilijk	Bodemvocht + bovenste + diepere grondwater	Bodemvocht onder de wortelzone
Duitsland	Gemiddeld	p.m.	n.b.
Luxemburg	Gemakkelijk	n.b.	n.b.
Oostenrijk	Gemiddeld	p.m.	n.b.
Nederland	Moeilijk	Bodemvocht (löss) + bovenste + diepere grondwater	Bovenste grondwater

n.b. = niet bekend

Voor de Deense derogatie heeft men gemeten aan de onderzijde van de wortelzone en ook op deze diepte een eenvoudig stationair model toegepast. De toetsing aan de doelstelling van 50 mg/l heeft men echter globaal uitgevoerd op niveau van stroomgebieden.

2.8 Conclusies

- Voor het compartiment bodem zijn wat betreft nutriënten alleen kwaliteitsdoelstellingen voor grondwater vastgelegd;
- Voor nutriënten in grondwater gelden alleen streefwaarden met uitzondering van nitraat waarvoor ook een MTR waarde geldt;
- De MTR waarde voor nitraat van 50 mg/l geldt voor alle grondwater, dat wil zeggen zowel voor het bovenste als het voor diepe grondwater: hierbij is een maximale invulling van het voorzorgbeginsel toegepast uitgaande van het gebruik van grondwater voor de drinkwatervoorziening;
- De streefwaarde voor nitraat geldt daarentegen alleen nog voor het diepere grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden en intrekgebieden, maar in NMP4 staat ook dat deze geldt voor kwelwater dat van invloed is op natuurgebieden. Hiermee is de reikwijdte van de streefwaarde voor nitraat uitermate onduidelijk geworden;
- De normen voor nutriënten in grond- en oppervlaktewater zijn niet op elkaar afgestemd.
- In NMP4 is een realisatietermijn van de milieudoelstellingen geformuleerd: in 2030 moet de gewenste milieusituatie bereikt zijn;
- Beleidsmatig is het geldigheidsgebied van de nitraatnorm alleen vastgelegd voor de diepte. Voor de aspecten tijd en ruimtelijke schaal is nog geen beleidsstandpunt ingenomen;
- Kwaliteitsvariëaties in de tijd (variatie tussen jaren) worden in belangrijke mate door weersomstandigheden bepaald. Er is een correctiemethode beschikbaar die alleen voor groepen van bedrijven kan worden toegepast en niet voor specifieke bedrijven, tenzij de meetinspanning op individuele bedrijven sterk uitgebreid wordt;
- De wijze waarop in Nederland nitraat in grondwater wordt gemeten wijkt niet af van wat de EU nitraatrichtlijn voorschrijft, wat in het Monitoringrichtsnoer is aanbevolen en wat elders (o.a. in Denemarken) wordt gedaan.

3. Bodem en grondwaterkwaliteit: informatie en vraagstelling

Overzicht van de beschikbare monitoringgegevens staat in tabel 3.1 aangegeven met een +. De meeste informatie heeft betrekking op de periode 1984-2000. Soms wordt nog verder teruggedaan in de tijd. Een ‘-’ is een indicatie voor afwezigheid van informatie. Overigens kan incidenteel/regionaal hierover wel informatie aanwezig zijn.

Tabel 3.1 Globaal beeld van in Nederland beschikbare informatie over chemische kwaliteit van bodem en grondwater als functie van bodemgebruik, grondsoort en diepte.

Diepte/Medium	Bodemgebruik									
	Landbouw				Bos/natuur			Overig (bebouwd etc)		
Grondsoort	zand	löss	klei zk/rk	veen	zand	klei zk/rk	veen	zand	klei zk/rk	veen
Bodem	+	+	+/+	+	+	-/-	-	-	-/-	-
Grondwater	+	+*	+/+ **)	+ #)	+	-/-	-	-	-/-	-
0-5 m										
5-30 m	+	+	+/+	+	+	-/-	-	+	+/+	-
> 30 m	+	+	-	-	+	-/-	-	+	-	-

*) i.p.v. grondwater bemonstering van bodemvocht **) naast grondwater ook drainwater

#) naast grondwater ook slootwater

Voor landbouwgronden is het ook mogelijk om onderscheid te maken naar grasland en bouwland/mais c.q. naar sector (akkerbouw/melkveehouderij) en naar bedrijfstype (melkveehouderij extensief, intensief). Voorts wordt ook nog een onderscheid gemaakt in gangbare bedrijven en voorloperbedrijven. De voor deze rapportage gebruikte informatie staat in tabel 3.2 vermeld. Het hier gemaakte onderscheid naar diepte heeft geen inhoudelijke oorzaak, maar komt voort uit de historie van de meetnetten.

Tabel 3.2 Herkomst van de hier gebruikte informatie.

Diepte	Bodemgebruik		
	Landbouw	Bos/natuur	Overig (bebouwd etc)
Bodem	BLGG/LEI-BIN/LMB*)	LMB	Geen info
Grondwater			
0-5 m	LMM + PBM **)	Trendmeetnet verzuring	Geen info
5-30 m	LMG + PMG	LMG + PMG	LMG + PMG
> 30 m		REWAB data	

*) Voor fosfaatverzadiging wordt ook gebruik gemaakt van modelberekeningen

***) PBM: provinciaal bodemmeetnet Limburg (bodemvocht in löss). Van de andere provincies zijn ook gegevens van het bovenste grondwater van medio jaren 90 beschikbaar. (Boumans, i.v.)

Verklaring van afkortingen: BLGG: Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek; LEI-BIN: bedrijven informatie net van LEI; LMB: landelijk meetnet bodemkwaliteit (RIVM/LEI); PBM: provinciaal bodemmeetnet; LMM: Landelijk meetnet effecten Mestbeleid (RIVM/LEI); LMG: Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (RIVM); PMG: Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit. REWAB: Registratie opgaven van Waterleidingbedrijven.

Voor meer detailinformatie over nutriënten in grondwater wordt verwezen naar Fraters *et al*, 1997 (bovenste grondwater) en Fraters *et al*, 2000 (grondwater op alle diepteniveaus).

De evaluatievragen die betrekking hebben op de kwaliteit en kwaliteitsontwikkeling van bodem en grondwater worden op basis van de in tabel 3.2 genoemde informatiebronnen beantwoord.

In hoofdstuk 4 wordt het effect van bemesting op de fosfaatgehalten van de bodem behandeld. (vragen 51, 52 en 52a in bijlage 1). Andere stoffen (bijv. metalen) worden hier niet beschouwd.

De invloed van bemesting op de kwaliteit van het grondwater komt aan de orde in de hoofdstukken 5, 6 en 7. Hier wordt een antwoord gegeven op de evaluatievragen 43 t/m 47, 62 (milieuresultaten N-projecten) en vraag 98 (effect historische verontreiniging).

Vraag 71 (welke verliesnormen moeten worden gehanteerd om de gewenste milieukwaliteit te realiseren) kon met de thans beschikbare informatie en binnen de gestelde tijd niet beantwoord worden.

De vraag of de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het najaar (N_{min}; vraag 35) een indicator is voor de uitspoeling wordt in deze rapportage niet behandeld. De vraag viel buiten de reikwijdte van cluster 1 en is onderdeel van het in uitvoering zijnde project Sturen op Nitraat. Er zijn momenteel van dit project alleen nog voorlopige resultaten bekend. (Ten Berge *et al*, 2001, Hees *et al*, 2002).

4. Bodemkwaliteit (fosfor)

4.1 Fosfaatgehalten van de bodem

Als gevolg van de fosfaattoevoer via bemesting naar landbouwgronden is er is een groot verschil tussen P-gehalten in landbouwgrond en in bosgrond. Dit is geïllustreerd in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Totaal fosfaat (als P) in landbouwgrond en bosgrond op zand. (Groot et al, 1997,1998)

	Gemiddelde fosfaatgehalte mg/kg grond	Range (min.-max.)
Gras en mais op melkveehouderij bedrijven (0-10 cm)	892	600 – 1500
Akkerbouw (0-10 cm)	552	390 – 850
Bos (0-10 cm)	130	70 – 285

De fosfaatgehalten van landbouwgrond in het zandgebied zijn gemiddeld 4 tot 7 maal hoger dan de gehalten in bosgrond.

Absolute fosfaatgehalten van de bodem zeggen echter weinig, omdat in landbouwgrond slechts een deel van het totaal-P gehalte direct beschikbaar is voor de plantaardige productie. Daarvoor moet de fractie oplosbaar fosfaat beschouwd worden. Ook wat betreft de risico's voor af- en uitspoeling is het totaal gehalte van de bovengrond niet direct de bepalende factor. De hoge fosforgehalten van de bovengrond van landbouwpercelen zijn wel relevant als sprake is van functieverandering van de grond (omzetting naar natuur).

4.2 Fosfaattoestand en landbouwkundige waardering

De fosfaattoestand is een landbouwkundige grootheid met het oog op het bemestingsadvies. en wordt uitgedrukt als het P-AL getal voor grasland (laag 0-5 cm) of als Pw getal voor bouw- en maisland (laag 0-20 à 30 cm). P-AL en Pw refereren aan verschillende extractiemethoden (resp. met ammoniumlactaat en water) waarmee gemiddeld genomen resp. ca. 30% en 3% van de totale hoeveelheid fosfaat in de grond wordt losgemaakt (Fraters & Boumans, 1997).

De waardering (schaal) staat vermeld in tabel 4.2 en loopt van (zeer) laag (< 20) via voldoende en ruim voldoende naar hoog (> 45 à 55 voor grasland en > 60 voor bouwland). Voor grasland is de waardering afhankelijk van de grondsoort.

Tabel 4.2 Landbouwkundige waardering van de P-toestand van landbouwgrond

Waardering	Grasland (P-AL) 0-5 cm *)	Bouwland (Pw) 0-20/30 cm
Zeer laag		< 11
Laag	< 20	11-20
Vrij laag	20-30	-
Voldoende	30-40	20-30
Ruim voldoende	40-55	30-45
Vrij hoog	-	45-60
Hoog	>55	>60

*) afhankelijk van grondsoort; voor rivierklei en löss gelden lagere waarden

De hier gepresenteerde gegevens over de situatie voor 1999 zijn afkomstig van BLGG en eerder gebruikt voor de derde IN-Monitor rapportage (EC-LNV, 2001). Informatie over de fosfaattoestand per regio en per gewas in 1999 op basis van het % door BLGG geanalyseerde grondmonsters staat in de tabellen 4.3a t/m c. Voor de regio is de indeling in concentratiegebied gebruikt zoals onderscheiden in de Reconstructiewet concentratiegebieden (LNV, 2002).

Tabel 4.3a Landbouwkundige P-toestand (P-AL) van grasland in 1999

	Laag en vrij laag (< 20 à 30)	Ruim voldoende ($40 - 55$)	Hoog (> 55)
Oost	13 %	32 %	34 %
Zuid	9 %	33 %	38 %
Overig NL	20 %	34 %	17 %

Tabel 4.3b Landbouwkundige P-toestand (Pw) van bouwland (incl. tuinbouw en éénjarige snijmais) in 1999.

	Zeer laag en laag (< 20)	Ruim voldoende- vrij hoog ($30-60$)	Hoog (> 60)
Oost	6 %	34 %	51 %
Zuid	2 %	27 %	65 %
Overig NL	7 %	53 %	24 %

Tabel 4.3c Landbouwkundige P-toestand (Pw) van maisland (meer dan 3 jaar achtereen mais) in 1999.

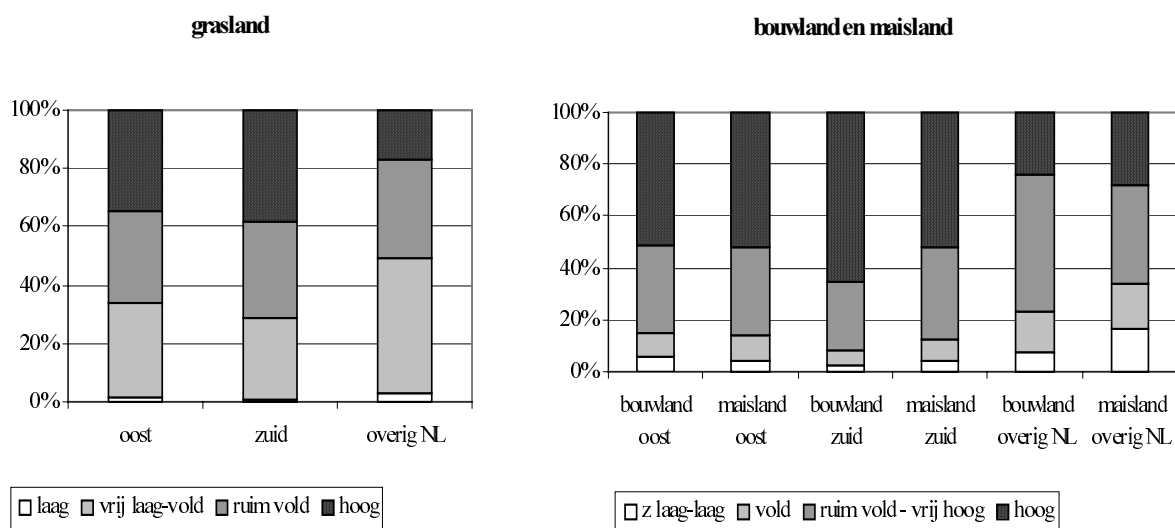
	Zeer laag en laag (< 20)	Ruim voldoende- vrij hoog ($30-60$)	Hoog (> 60)
Oost	4 %	34 %	52 %
Zuid	4 %	36 %	52 %
Overig NL	17 %	38 %	28 %

Met name in de concentratiegebieden oost en zuid heeft een groot deel van de monsters van mais en bouwland betrekking op een P-toestand hoog: 50-65%.

De klasse ruim voldoende (gras) en ruim voldoende-vrij hoog (bouwland en mais) is ook sterk vertegenwoordigd en het aandeel varieert van 27-53%.

Het valt op dat er ook nog percelen voorkomen met een P-toestand laag en zeer laag.

De regionale verdeling van de P-toestand van landbouwgronden per gewas in 1999 is weergegeven in figuur 4.1.

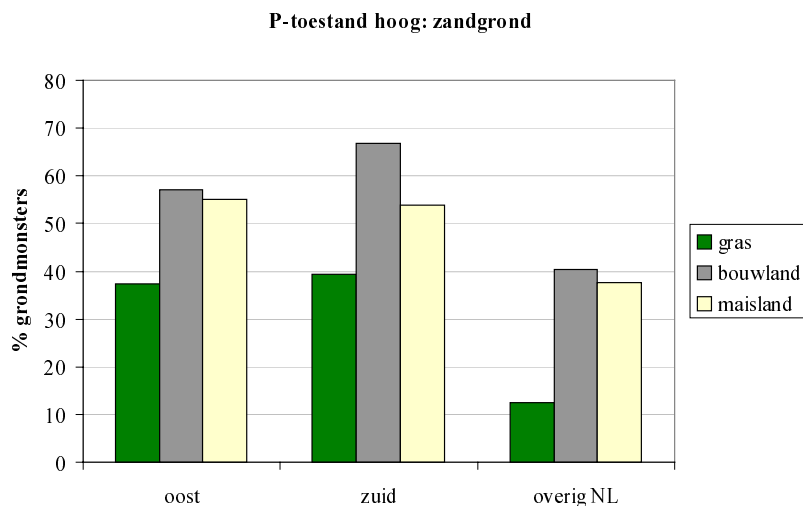


Figuur 4.1. Verdeling van grondmonsters naar P-toestand in 1999 (bron gegevens: BLGG).

Volgens het geldende bemestingsadvies kan zeker bij een P-toestand ruim voldoende tot vrij hoog de gift gelijk zijn aan de gewasafvoer. Dit is voor 27-53% van de percelen het geval, afhankelijk van gewas en regio (zie tabel 4.3). Bij een P-toestand hoog is, conform het huidige bemestingsadvies, geen P-aanvoer via mest nodig. Dit betreft in de concentratiegebieden 34-65% van de bemonsterde percelen.

Wanneer het fosfaatadvies zou worden opgevolgd zou dit aanmerkelijke gevolgen hebben voor de omvang van het landelijk mestoverschot. Dit neemt dan sterk in omvang toe (zie o.a. Fraters & Boumans, 1997).

De verdeling van het aantal monsters met P-toestand 'hoog' per gewas voor zandgrond is weergegeven in figuur 4.2. Met name voor maïs en bouwland in het oostelijk en zuidelijk concentratiegebied geldt dat meer dan 50% van de monsters een P-toestand hoog heeft (range 55-67%).



Figuur 4.2 Regionale verdeling van de P-toestand hoog in 1999 per gewas voor zandgrond (bron gegevens: BLGG).

Vertaling naar landelijk beeld

Als wordt aangenomen dat de gegevens voor 1999 een representatieve steekproef vormen dan kan op basis van de informatie uit dit jaar het volgende beeld gegeven worden (tabel 4.4).

Tabel 4.4 Raming van het percentage landbouwgrond per gewas met P-toestand hoog, P-toestand ruim voldoende-vrij hoog en P-toestand zeer laag-laag in 1999.

	Totaal areaal (1000 ha)	% hoog	% ruim voldoende ruim voldoende- vrij hoog	% zeer laag – laag
Gras	1052	23%	33%	2%
Bouwland	707	30%	49%	7%
Mais	223	43%	36%	9%
<i>Totaal</i>	<i>1982</i>	<i>28%</i>	<i>39%</i>	<i>5%</i>

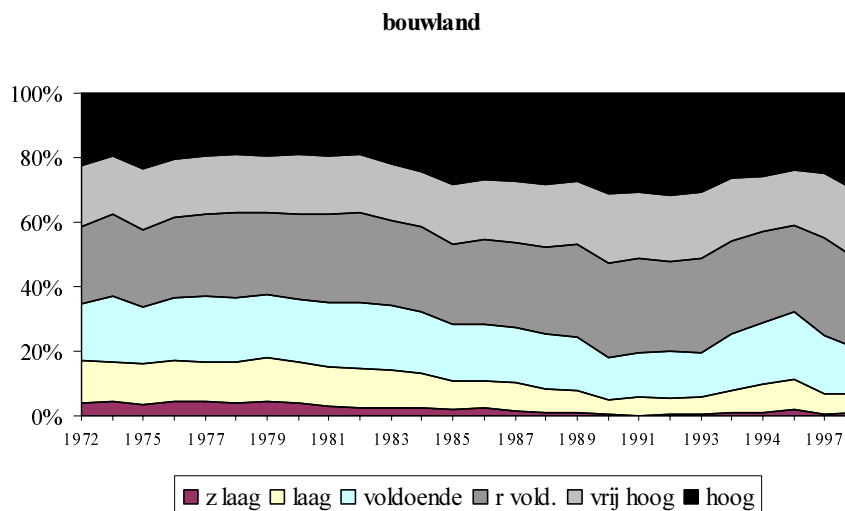
Van het totale areaal landbouwgrond had in 1999 28% een P-toestand hoog en 5% een P-toestand laag. Een oppervlakte van 39% viel in de klasse ruim voldoende (grasland) en ruim voldoende - vrij hoog (bouwland en mais).

Het beeld van de P-toestand hoog is waarschijnlijk een onderschatting van de werkelijkheid omdat van maispercelen die in het verleden veelal zeer hoge dierlijke mestgiften kregen niet in de steekproef vertegenwoordigd zijn (Fraters & Boumans, 1997). Bovendien zijn er de laatste jaren relatief weinig bodemonsters ter analyse aangeboden aan BLGG voor het opstellen van een bemestingsadvies.

Op basis van eerdere gegevens uit de periode 1993-1996 bleek dat 24% van de bemonsterde landbouwpercelen een P-toestand > 60 had (Fraters & Boumans, 1997). De situatie voor 1999 laat zien dat er nog een toename heeft plaatsgevonden.

Ontwikkeling van de P-toestand vanaf 1972

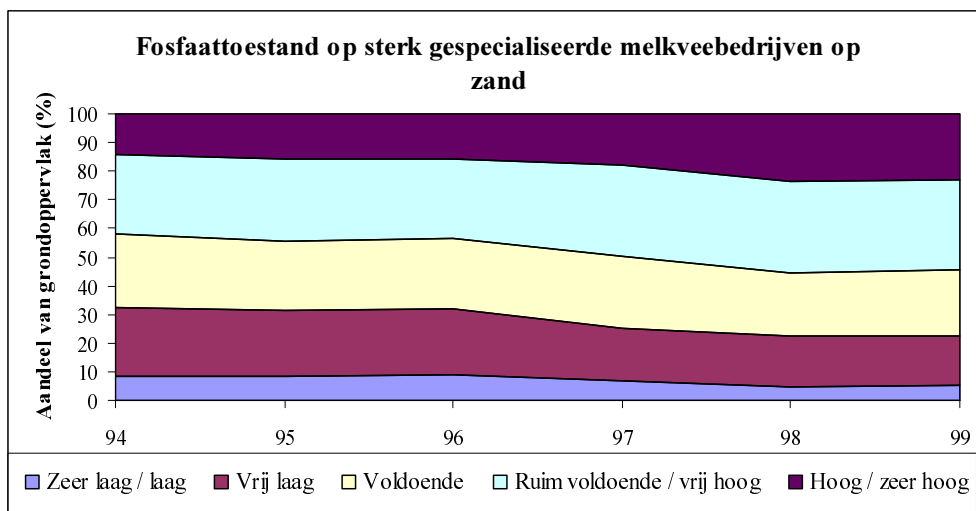
Van 1972 (eerste gegevens) tot 1994 is sprake van een geleidelijke toename van het percentage monsters met P-toestand hoog. Dit geldt voor alle bodemgebruik maar betreft vooral mais en bouwland in de zandgebieden. Figuur 4.3 geeft het beeld voor bouwland voor de periode 1972-1999. De P-toestand laag en zeer laag neemt af, de toestand hoog neemt vanaf 1982 toe.



Figuur 4.3 Ontwikkeling P-toestand van bouwland 1972-1999 (bron: BLGG).

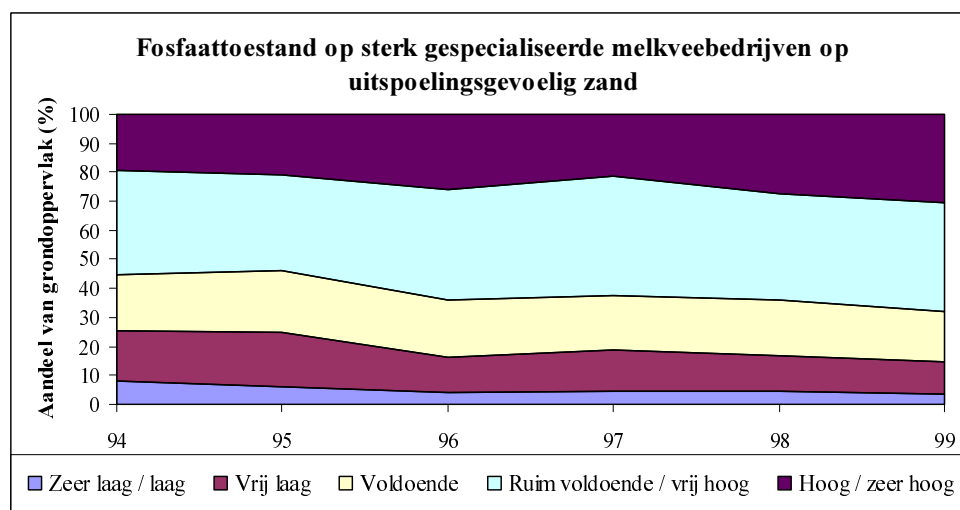
Ontwikkelingen op bedrijfsniveau 1994-1999

Informatie over de fosfaattoestand van de grond op bedrijfsniveau wordt onder meer bijgehouden in het Bedrijven Informatie Net (BIN) van het Landbouw Economisch Instituut (LEI). Deze informatie is afkomstig van de grondanalyses die de steekproefbedrijven in het BIN hebben laten uitvoeren. Deze informatie is beschikbaar vanaf boekjaar 1994/95 t/m boekjaar 1999/00. Uit de gegevens blijkt dat de gemiddelde fosfaattoestand op akkerbouwbedrijven tot en met 1998 nauwelijks verandert. In 1999 vindt echter een forse stijging plaats van de aandelen in de hoogste twee klassen. In dit jaar heeft ongeveer 94% van het onderzochte oppervlak een fosfaattoestand van voldoende of hoger. Voor de gespecialiseerde melkveehouderij op zandgrond wordt dit nader toegelicht.



Figuur 4.4 P-toestand gespecialiseerde melkveebedrijven op zandgrond (LEI-BIN).

De gemiddelde fosfaattoestand op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven op zand is weergegeven in figuur 4.4. Ongeveer 78% van het oppervlak heeft in 1998 en 1999 een fosfaattoestand van voldoende of hoger.



Figuur 4.5 P-toestand gespecialiseerde melkveebedrijven op voor nitraat uitspoelingsgevoelige zandgrond (LEI-BIN).

De gemiddelde fosfaattoestand op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven op voor nitraat uitspoelingsgevoelige zandgrond stijgt in 1998 en 1999 (figuur 4.5). In 1999 heeft ongeveer 85% van het onderzochte oppervlak een fosfaattoestand van voldoende of hoger. Op dit type bedrijven komt de P-toestand ‘hoog’ duidelijk meer voor dan bij de totale groep melkveehouderijbedrijven.

Uit de ontwikkelingen in de periode 1994-1999 blijkt dat op de melkveebedrijven het aandeel van het bedrijfsoppervak met hogere P-toestand vanaf ca. 1996 stijgt. Voor akkerbouwbedrijven is die ontwikkeling pas vanaf 1998 zichtbaar. Het is niet duidelijk of dit een gevolg is van de invoering van Minas, waarbij een extra P-voorraad in de bodem wordt opgebouwd.

4.3 Fosfaatverzadigde gronden

Een perceel is fosfaatverzadigd als door uitspoeling de gemiddelde fosfaatconcentratie op een bepaalde referentiediepte in de bodem, zodanig hoog is dat de MTR-waarde voor P in oppervlaktewater wordt overschreden (totaal-P = 0,15 mg/l).

Als referentiediepte geldt de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). De maximale concentratie anorganisch (of ortho) fosfaat op dit niveau in het grondwater is gesteld op 0,10 mg/l P. Bij deze waarde zou de totaal-fosfaat norm van 0,15 mg/l P in oppervlaktewater niet overschreden worden (TCB, 1990).

Op basis van berekeningen is vastgesteld dat wanneer het maximaal fosfaatbindend vermogen (FBV_{tot}) van de grond van maaiveld tot GHG niveau voor 25% is bezet, de concentratie aan anorganisch fosfaat op GHG niveau 0,10 mg/l P bedraagt. Het % FBV dat is bezet met anorganisch fosfaat geldt als fosfaatverzadigingsgraad (FVG). Deze benadering is vastgelegd in het protocol fosfaatverzadigde gronden dat alleen geldt voor kalkarme zandgronden. Voor deze gronden geldt als verzadigingscriterium een FVG van 25% (Van der Zee *et al*, 1990). Uit deze definitie volgt dat de FVG bepaald wordt door de grondwaterstandsdiepte (GHG) en de mate waarin de grond anorganisch fosfaat kan binden (FBV_{tot}). Voor kalkarme zandgronden is het totaal fosfaatbindend vermogen afhankelijk van het ijzer- en aluminiumgehalte van de bodem. In andere gronden kunnen kalk, organische stof en kleideeltjes een rol spelen. Het risico voor uitspoeling naar het oppervlaktewater is het grootst bij gronden met een hoge GHG (natte gronden) in combinatie met een hoge fosfaatophoping.. Bij de vertaling van de P-toestand van de bouwvoor (via de voor de agrariërs bekende bodemvruchtbaarheidsparameters P_w of P-AL-getal) naar de FVG van het profiel tussen maaiveld en GHG moet ook rekening gehouden worden met de fosfaattoestand van bodemlagen tussen de bemonsterde bouwvoor en de GHG (Schoumans *et al*, 1991; Fraters & Boumans, 1997).

Bij fosfaatverzadiging worden de volgende klassen onderscheiden. Een grond met FVG >25% is verzadigd; bij een FVG van >50% is sprake van sterke verzadiging. Een grond met een FVG > 75% wordt als zeer sterk verzadigd beschouwd.

Resultaten voor deze periode zijn gebaseerd op modelberekeningen (STONE) voor de evaluatie van de meststoffenwet (MNP-RIVM, 2002; Schoumans ed., 2002) en staan weergegeven in tabel 4.5. Hierbij is verondersteld dat de definitie van een fosfaatverzadigde zandgrond van toepassing verklaard kan worden voor alle grondsoorten.

Tabel 4.5 Berekende omvang (in % van landbouwareaal) van de fosfaatverzadiging in 2000.

	FVG	Zandgrond	Kleigrond *	Veengrond *
Niet verzadigd	< 25%	21,5	25,9	25,0
Verzadigd	>25%	78,5	74,1	75,0
Sterk verzadigd	>50%	29,4	6,4	23,3

*) protocol voor fosfaatverzadigde kalkarme zandgronden is ook hier toegepast.

Het aandeel niet verzadigde gronden is voor zand-, klei- en veengrond vrijwel gelijk (21-26%). Dit geldt ook voor het aandeel verzadigde gronden (FVG > 25%). Het aandeel sterk verzadigde gronden is echter voor zandgronden het grootst (ca. 29%) en voor kleigrond het laagst (ca. 6%). Voor veengronden wordt ook een vrij groot areaal sterk verzadigd berekend (ca. 23%). In hoeverre de uitspraken voor klei- en veengronden valide zijn is discutabel, vanwege het op deze gronden toepassen van het 25% FVG criterium dat voor kalkarme zandgronden is ontwikkeld (Schoumans ed., 2002). Of de fosfaatverzadiging sinds 1986 is toegenomen is onduidelijk. Voor 1986 werd met hetzelfde modelinstrumentarium het areaal

zandgrond met FVG>25% geraamd op 82% (EC LNV, 2001). Directe vergelijking is echter niet mogelijk vanwege toegepaste wijzigingen in de berekeningsprocedure. Verwacht mag worden dat de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem in 2000 ten opzichte van 1986 is gestegen omdat het fosfaatoverschot (gift minus fosfaatvoer via het gewas) in de periode 1986-2000 weliswaar is afgenomen maar toch duidelijk hoger was dan de fosfaatuitspoelingsverliezen uit de bovengrond, waardoor in feite een netto fosfaatophoping in de bodem is opgetreden.

4.4 Conclusies

- Gronden met een P-toestand hoog (Pw en P-AL getal > 55 à 60) komen vooral voor op bouwland en maisland op zandgrond in het oostelijk en zuidelijk concentratiegebied. Hier heeft 54-67% van de monsters een waardering hoog. Op grasland is bij 37- 40% van de monsters sprake van een hoge P-toestand.
- Extrapolatie van de 1999 gegevens naar een landelijk beeld leidt tot 28% van het landbouwareaal met P-toestand hoog. Dit betreft waarschijnlijk een onderschatting omdat percelen met zeer hoge P-toestand in de steekproef ondervertegenwoordigd zijn. De BLGG data lijken bovendien minder representatief te worden na 1997. Niettemin neemt voor bouwland het aandeel monsters met P-toestand hoog toe. Opvallend is voorts dat 5% van het areaal nog een P-toestand (zeer) laag heeft.
- Er is bij bouwland sprake van een continue toename van het % waarnemingen met P toestand hoog vanaf 1972. Het aandeel laag/zeer laag neemt in deze periode af. Op bedrijfsniveau (akkerbouw- en gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven in het BIN) is, ondanks het kleinere aantal monsters met name de laatste jaren (98/99) sprake van een stijging van de P-toestand vrij hoog en hoog. Dit komt overeen met de trend in de BLGG data. Het is niet duidelijk of dit een gevolg is van de invoering van MINAS.
- De Nederlandse landbouwgronden zijn rijk aan fosfaat: Op ca. 40% van het areaal landbouwgrond in Nederland behoeft de P-bemesting overeenkomstig de huidige fosfaat bemestingsadviezen slechts zodanig te zijn dat de gewasafvoer wordt gecompenseerd. Voor nog eens ca. 30% kan bemesting gedurende een reeks van jaren achterwege blijven omdat hier landbouwkundig gezien geen enkele noodzaak voor is.
- Het areaal landbouwgrond dat fosfaatverzadigd is wordt, ongeacht de grondsoort, geraamd op 75-79%. Sterke verzadiging komt met name voor bij zandgronden (ca. 30% van areaal). Bij veengronden is het berekende areaal dat sterk verzadigd is iets kleiner (23%) maar de betekenis hiervan is onduidelijk, omdat voor klei- en veengronden het criterium voor verzadiging niet goed gedefinieerd is.
- Over de ontwikkeling van de fosfaatverzadiging sinds 1986 kan geen uitspraak worden gedaan vanwege wijzigingen in de berekeningsprocedure.

5. Kwaliteit van het bovenste grondwater

5.1 Inleiding

Onder de bovenste grondwater wordt in deze rapportage verstaan het ‘meest kwetsbare’ water dat binnen 5 m beneden maaiveld voorkomt. Voor de landbouwbedrijven in de zandgebieden is dit over het algemeen de bovenste meter van het grondwater bemonsterd via de open boorgat methode. Deze methode wordt ook toegepast bij het monitoringonderzoek in de bosgebieden op zandgrond.

In het lössgebied, en in (zeer beperkte mate) de zandgebieden wordt onder het bovenste grondwater ook verstaan het bodemvocht op zodanig diepte en tijdstip gemeten dat gewassen op de kwaliteit hiervan vrijwel geen invloed meer kunnen hebben. Voor de löss is dat 1.40 m in het najaar. Voor bepaalde gewassen en jaren kan een grotere diepte wenselijk zijn. Voor de landbouwbedrijven in de kleigebieden is het bovenste grondwater het grondwater dat via drainagebuizen naar het oppervlaktewater stroomt. In de veengebieden is dit de bovenste meter van het grondwater bemonsterd via de reservoirbuis methode. Daarnaast wordt in de veengebieden ook het slootwater bemonsterd. In dit hoofdstuk ligt het accent wat betreft stikstof op nitraat. Voor veengebieden komen ook andere N-componenten aan de orde.

5.2 Het bovenste grondwater: vergelijking van landbouw en natuur

Door het ontbreken van een goed meetnet in het bebouwde gebied kunnen de drie hoofd bodemgebruiksvormen voor het bovenste grondwater niet onderling worden vergeleken. Daarom wordt volstaan met de vergelijking tussen landbouw en natuur (bos en heide) in het zandgebied. Deze staat in tabel 5.1 vermeld.

Voor landbouwgrond is de N-belasting voor ca. 90% afkomstig van het gebruik van meststoffen (RIVM-CBS, 2001). Bij bos en natuur is atmosferische N-depositie de enige bron.

Tabel 5.1 Gemiddelde totaal-N, nitraat-N en totaal-P concentratie in het bovenste grondwater in landbouwgebieden (1995-2000) en natuurgebieden (2000/2001) (concentraties in mg/l N en P).

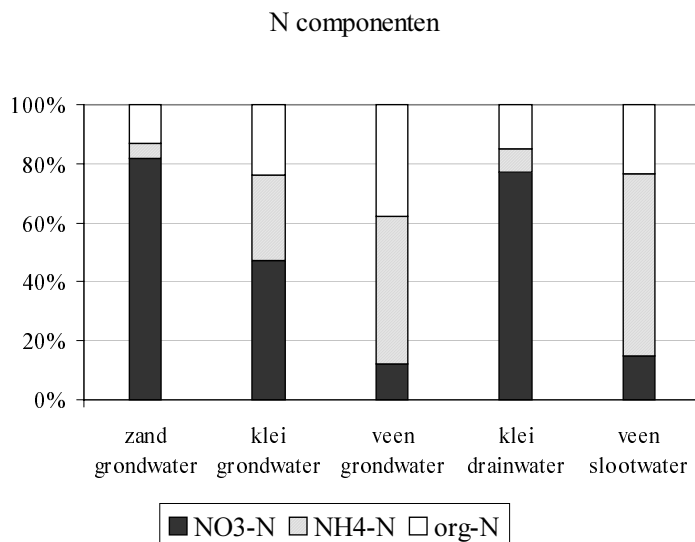
	Landbouw			Bos
	Zand	Klei *	Veen	Zand
Totaal-N	34	12	10,8 (4,7 **)	4,6
Nitraat-N	28	9	1,3 (0,7 **)	3,8
Totaal-P	0,20	0,33	0,77 (0,54**)	0,09

*) in drainwater gemeten **) in slootwater gemeten

De concentraties van totaal-N en nitraat bij landbouwgrond op zand zijn ca. 7 maal hoger dan bij natuur op zand.

Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder landbouwgrond nemen af in de reeks zand-klei-veen. In het grondwater van veengronden (grasland) is nitraat in zeer lage concentraties aanwezig. Hier zijn ammonium en organisch gebonden stikstof de belangrijkste stikstofcomponenten. In het grondwater van zandgronden en in drainwater van kleigronden is nitraat de belangrijkste stikstofcomponent. De procentuele verdeling van de verschillende N-

componenten in grond-, drain- en oppervlaktewater van landbouwgronden is gegeven in figuur 5.1



Figuur 5.1 Procentuele verdeling van de stikstofcomponenten in grondwater en slootwater van landbouwbedrijven op zand, klei en veen. Bij kleigrond is behalve het grondwater dat via drains afgevoerd wordt (najaar en winter) ook het grondwater (zomer) gegeven (Fraters et al, 1998, 2001).

Overige chemische parameters

Een vergelijking van landbouwgrond met bos/natuur op zandgrond levert voor de macro-elementen en twee micro elementen het volgende beeld op: (Boumans, 2001; Fraters, 1998).

Tabel 5.2. Vergelijking kwaliteit bovenste grondwater onder landbouw en bos op zandgrond. Alle concentraties in mg/l tenzij anders vermeld.

	Landbouw	Bos	Verhouding landbouw/bos
	1998	2000-2001	
Ec	580-870 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$	251 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2-3
pH	5,1*	4,3	-
Chloride	34-48	23,7	1-2
Sulfaat	65-95	45,6	1-2
Kalium	15-37	2,5	6-15
Natrium	22-25	14,7	1-2
Calcium	61-80	16,5	4-5
Magnesium	11-25	4,2	3-6
Hardheid	1,97-2,74 mmol/l	0,58 mmol/l	3-5
Cadmium	0,53-0,58 $\mu\text{g}/\text{l}$	2 $\mu\text{g}/\text{l}$	0,3
Zink	64-77 $\mu\text{g}/\text{l}$	375 $\mu\text{g}/\text{l}$	0,2

*) 1992-1995 range

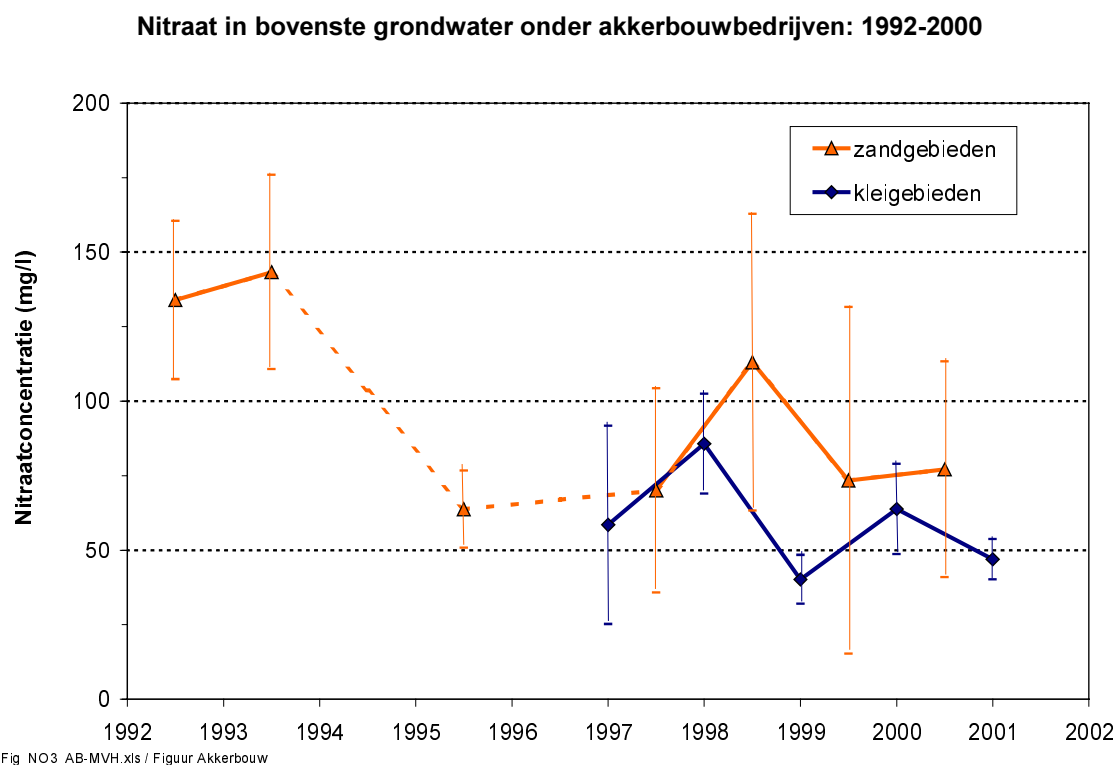
De totale hoeveelheid opgeloste stof is onder landbouwgrond veel groter dan onder bos. Dit komt o.m. tot uiting in het elektrisch geleidingsvermogen (Ec) dat onder landbouwgrond meer dan 2x zo hoog is. Dit weerspiegelt zich voorts in de duidelijk hogere concentraties van macro elementen in het grondwater onder landbouwgrond. Behalve nitraatstikstof (tabel 5.1) zijn vooral kalium en hardheid onder landbouwgrond veel hoger.

Voor de spoorelementen Cd en Zn is de situatie net andersom, hoewel de bodembelasting van landbouwgronden (mest en atmosferische depositie) hoger is. Beide elementen zijn mobiel onder zure bodemcondities. De zuurgraad van grondwater onder bos is hoger (en de pH lager). Op landbouwgrond wordt meer calcium en magnesium aangevoerd via dierlijke mest en kunstmest (bekalking) waardoor de zuurgraad lager en de pH hoger is en de betreffende stoffen minder mobiel zijn.

5.3 Nitraat in grondwater onder landbouwgrond

5.3.1 Akkerbouw en melkveehouderij

In de nitraatconcentratie in het grondwater onder akkerbouwbedrijven komen grote verschillen voor tussen jaren, zowel in de zand- als in de kleigebieden, zie figuur 5.2. De verschillen in nitraatconcentraties tussen de akkerbouwbedrijven in de zand- en de kleigebieden zijn in sommige jaren verwaarloosbaar (1997-1998).

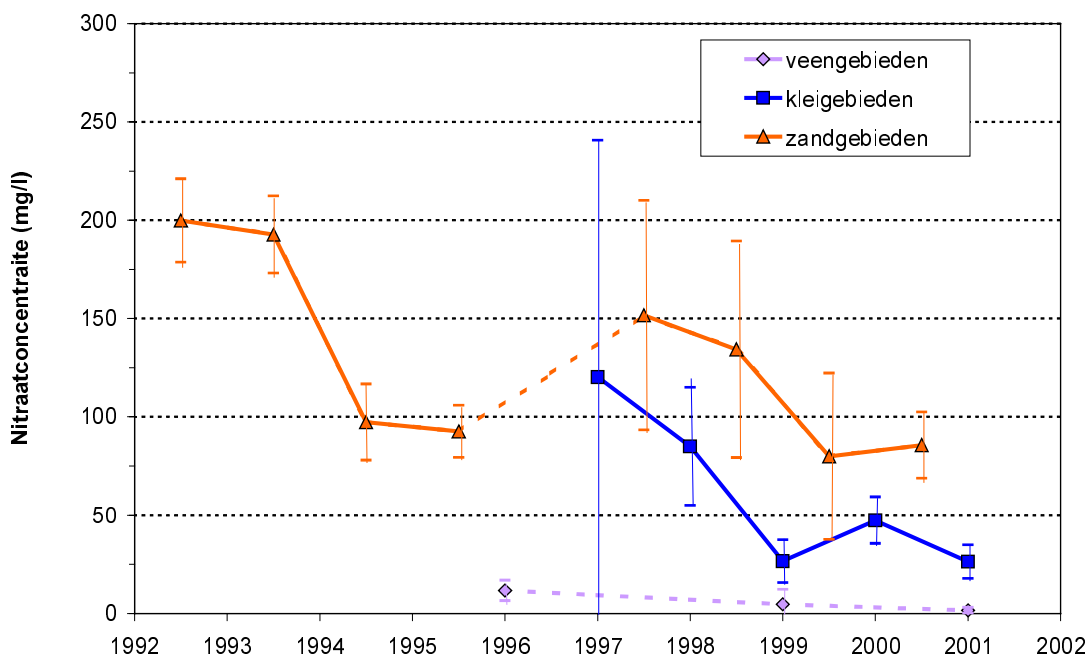


Figuur: 5.2 Jaargemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder akkerbouwbedrijven per gebied voor de periode 1992-2000. Stippellijn geeft aan dat bepaalde meetjaren ontbreken. De verticale lijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde.

De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder melkveebedrijven in m.n. de zand- en kleigebieden vertoont grote schommelingen tussen de jaren (figuur 5.3).

De nitraatconcentraties in de kleigebieden zijn gemiddeld lager dan in de zandgebieden. In de veengebieden zijn de nitraatconcentraties over het algemeen laag (< 25 mg/l).

Nitraat in bovenste grondwater onder melkveebedrijven: 1992-2000



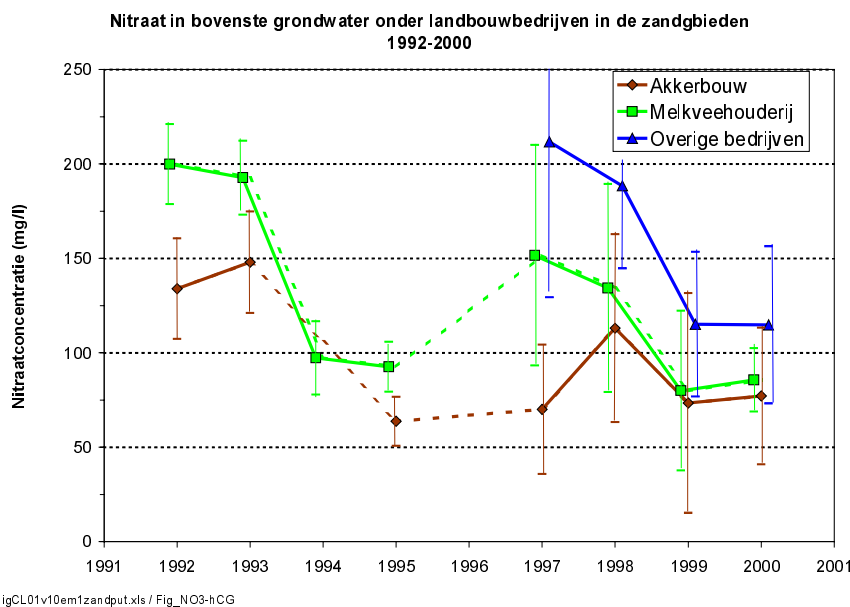
Fig_NO3_AB-MVH.xls / Figuur Melkvee

Figuur 5.3 Jaargemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder melkveebedrijven per gebied voor de periode 1992-2000. Een stippellijn geeft aan dat bepaalde meetjaren ontbreken. De verticale lijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde.

5.3.2 Landbouw in de zandgebieden

Akkerbouw, melkveehouderij en overige bedrijven

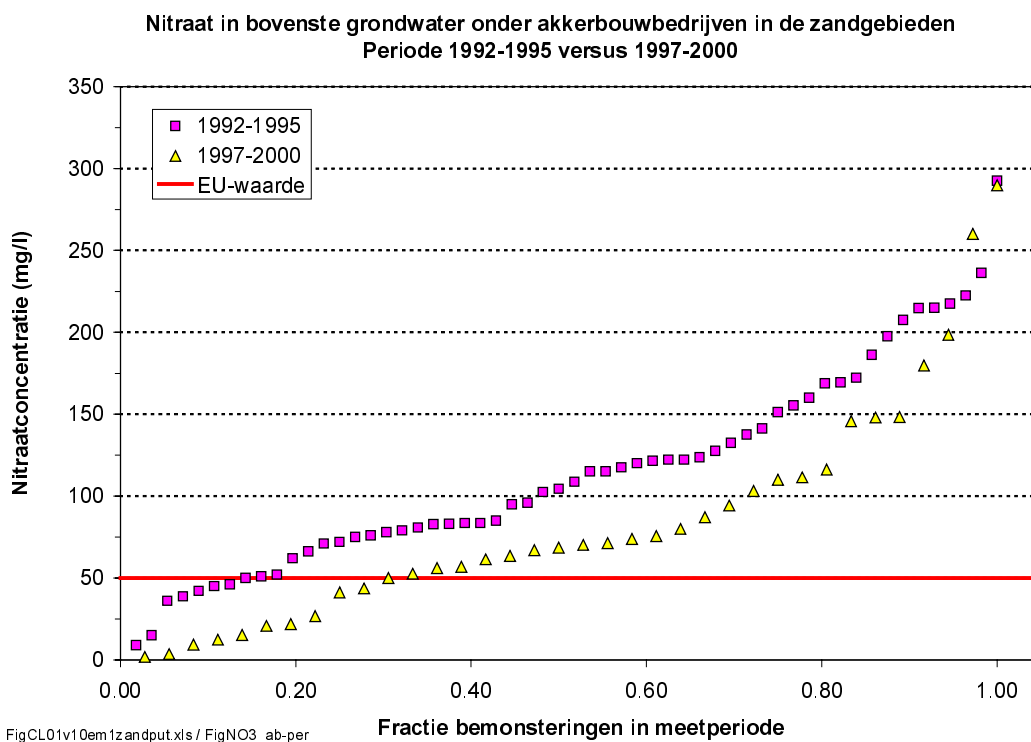
De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder akkerbouwbedrijven in de zandgebieden is over het algemeen lager dan onder melkveebedrijven in deze gebieden. De verschillen in de gemeten concentraties zijn vanaf 1998 erg klein. De categorie overige bedrijven (hokdier en vee-gewascombinaties) heeft elk jaar de hoogst gemiddelde concentratie (figuur 5.4).



Figuur 5.4: Jaargemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in de zandgebieden per bedrijfstype voor de periode 1992-2000. Stippellijn geeft aan dat bepaalde meetjaren ontbreken. De verticale lijnen geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde. Voor de leesbaarheid zijn de punten voor melkveehouderij en overige bedrijven iets verschoven in de tijd.

Akkerbouw: variatie tussen bedrijven

De bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties op de akkerbouwbedrijven in de zandgebieden varieerden tussen bedrijven en jaren van minder dan 50 mg/l tot bijna 300 mg/l, zie figuur 5.5. De nitraatconcentraties waren in de periode 1992-1995 over het algemeen iets hoger dan in de periode 1997-2000. De neerslag was in beide perioden vergelijkbaar. Verschillen tussen beide perioden zijn voornamelijk het gevolg van een niet identieke groepssamenstelling (Gt- en grondsoortverdeling).

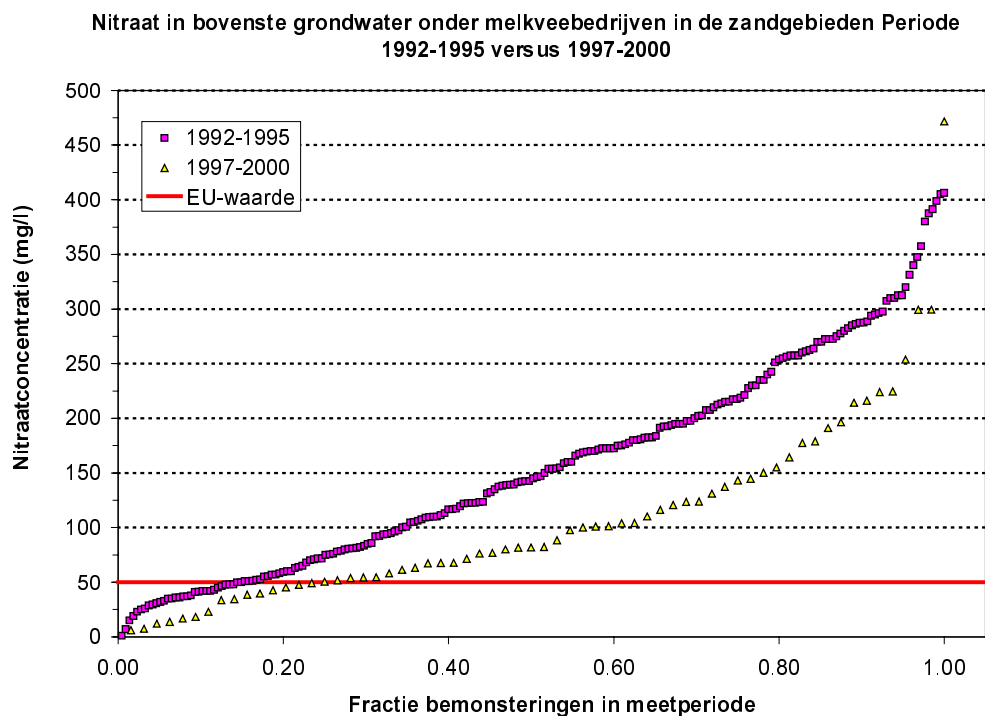


Figuur 5.5: Gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater per bedrijf voor de akkerbouwbedrijven in de zandgebieden in de periodes 1992-1995 en 1997-2000. M.n. in periode 1992-1995 zijn er meerdere metingen per bedrijf.

Melkveehouderij: variatie tussen bedrijven

De nitraatconcentraties in de periode 1997-2000 zijn over het algemeen lager dan in de periode 1992-1995, zie figuur 5.6. In de eerste periode werd bij 15% van de bemonsteringen een nitraatconcentratie gevonden lager dan de MTR-waarde, terwijl dit in de tweede periode bij 25% van de bemonsteringen het geval was. Onder melkveehouderijbedrijven zijn de concentraties veelal hoger dan onder akkerbouw. De verschillen in weerseffecten op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater tussen de twee periodes zijn klein voor de melkveebedrijven in de zandgebieden. De verschillen tussen beide periodes zijn grotendeels het gevolg een dalend stikstofoverschot op dit type bedrijven.

Er is ook een bijdrage van een andere groepssamenstelling. Gemiddeld genomen waren de gronden bij de groep van bedrijven in de eerste periode iets droger; de bodemtype-verdeling was nagenoeg gelijk.



FigCL01v10em1zandput.xls / FigNO3_rv-per

Figuur 5.6: Gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater per bedrijf per jaar voor melkveebedrijven in de zandgebieden in de periode 1992-1995 en 1997-2000. M.n. in de periode 1992-1995 zijn er meerdere metingen per bedrijf.

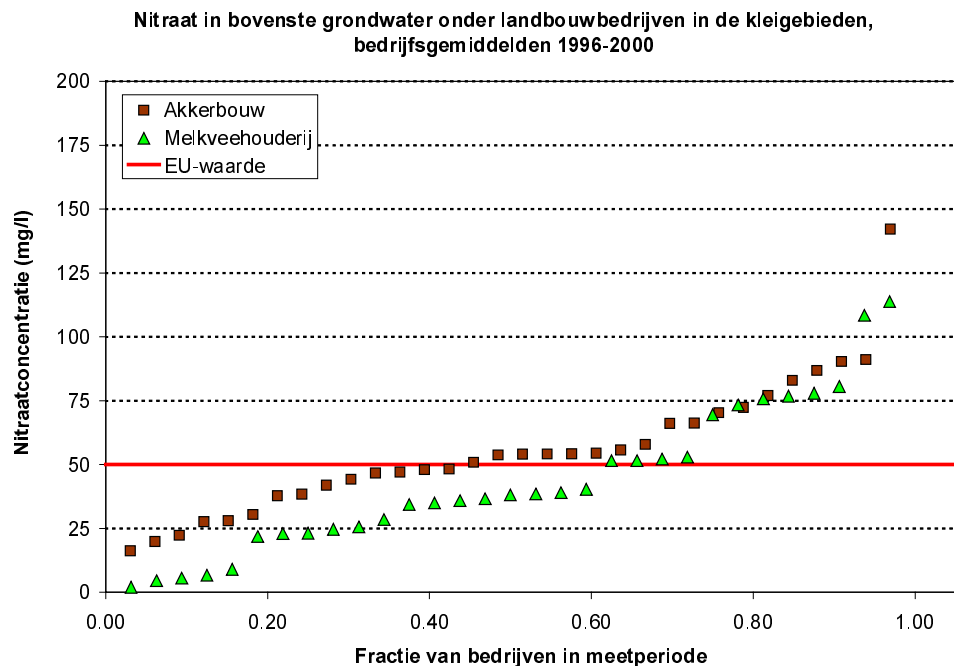
5.3.3 Landbouw in de kleigebieden

Akkerbouw en melkveehouderij

In de kleigebieden wordt het bovenste grondwater bemonsterd via de drainagebuizen in de winterperiode. Dit blijkt de beste indicator om effecten van bedrijfsvoering en beleidsmaatregelen op de grondwaterkwaliteit te kunnen meten (zie Fraters *et al*, 2001).

De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater vertonen bij alle categorieën landbouwbedrijven in de kleigebieden grote variaties tussen de jaren, die samenhangen met het neerslagoverschot. De akkerbouwbedrijven hebben over het algemeen de hoogste jaargemiddelde nitraatconcentraties.

De mate waarin de MTR-waarde wordt overschreden is iets hoger bij de akkerbouwbedrijven (ca. 55%) dan bij de melkveebedrijven (ca. 40%). Hierbij is uitgegaan van de periode-gemiddelde nitraatconcentraties van de bedrijven. (zie figuur 5.7)

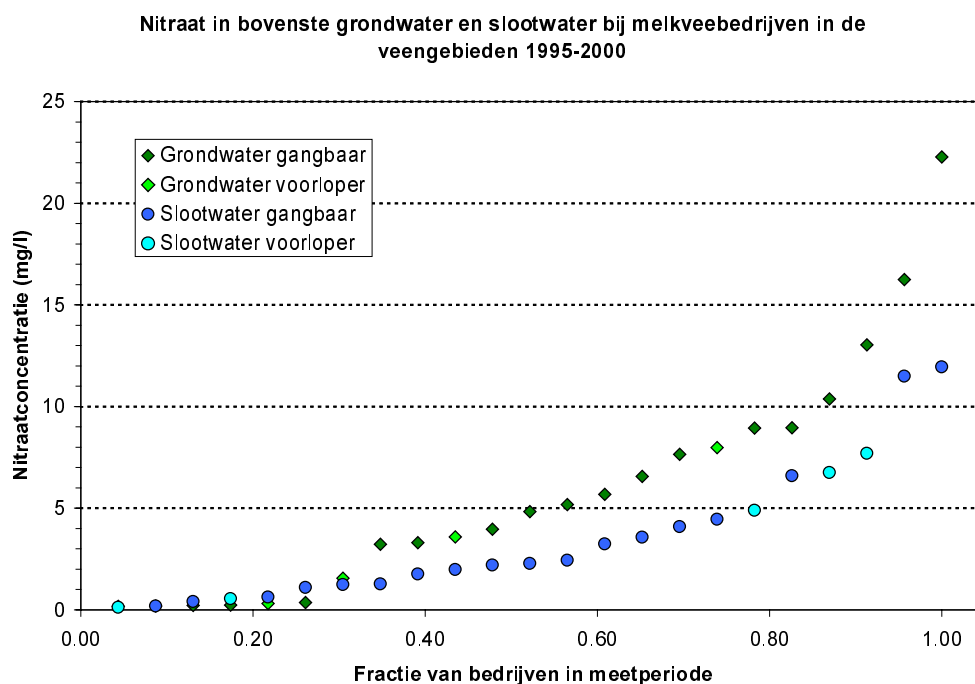


Figuur 5.7: Periode-gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater per bedrijf voor akkerbouw en melkveebedrijven in de kleigebieden in de periode 1996-2000.

5.3.4 Landbouw in de veengebieden

Melkveehouderij

De periode-gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder melkveebedrijven in de veengebieden zijn altijd lager dan zowel de MTR-waarde van 50 mg/l als de streefwaarde van 25 mg/l, zie figuur 5.8. De voorloper bedrijven lijken voor wat betreft de nitraatconcentraties niet anders dan de gangbare bedrijven.



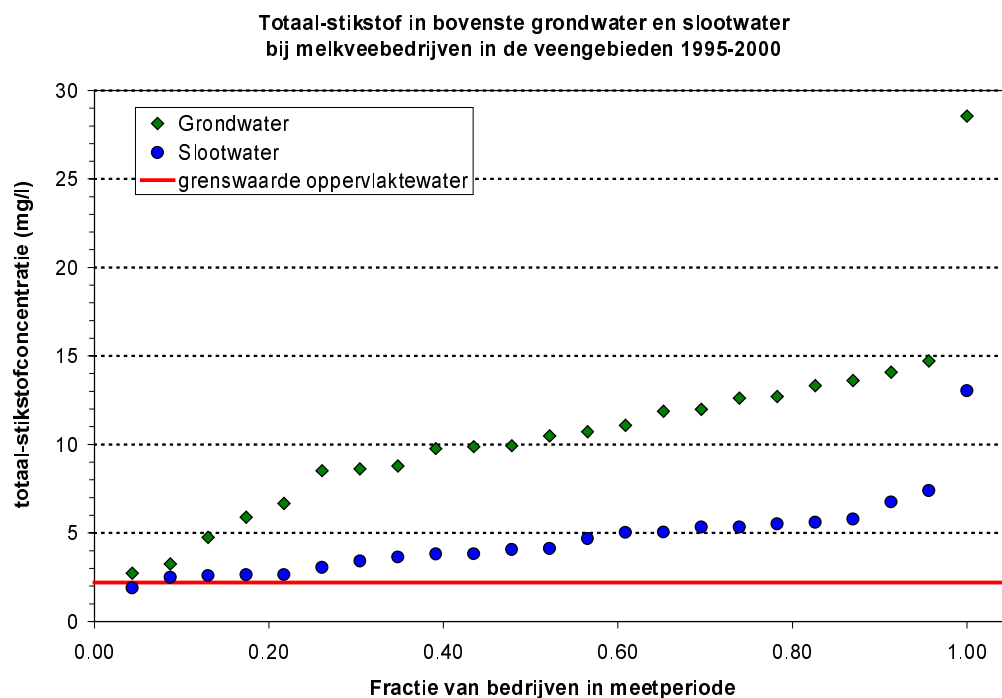
FigCL01v10veen.xls / FigNO3_frqswpw

Figuur 5.8: Periode gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en slootwater bij melkveebedrijven in de veengebieden in de periode 1995-2000.

De nitraatconcentraties in het slootwater zijn over het algemeen lager dan die in het grondwater, zie figuur 5.8. Gemiddeld genomen is de nitraatconcentratie in het slootwater ca. 60% van die in het grondwater; algemeen gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater is 6,0 mg/l en in het slootwater 3,4 mg/l. Uitgaande van de relatie tussen nitraat in grondwater en in slootwater wordt ca. 50% van het nitraat in grondwater teruggevonden in het slootwater. De nitraatconcentratie in slootwater is gevoeliger voor tijdstip van bemonsteren dan die in grondwater, door de invloed van o.a. planten op de concentratie. Aangezien er telkens maar één keer per bedrijf per jaar bemonsterd is, dienen de slootwatercijfers per jaar met de nodige voorzichtigheid te worden beschouwd.

De nitraatconcentratie in het slootwater is de meeste jaren en op de meeste bedrijven lager dan 10 mg/l. Zowel voor het grondwater als het slootwater geldt dat nitraat maar een beperkte bijdrage levert aan de totaal-stikstofconcentratie (ca. 15%; zie ook figuur 5.1).

Voor totaal-N geldt dat vrijwel alle bemonsterde bedrijven een concentratie hebben die hoger is dan de MTR-waarde voor eutrofiëringsgevoelig oppervlaktewater van 2,2 mg/l (zie tabel 2.1 en figuur 5.9). De bijdrage van bemesting aan de totaal-N concentratie in slootwater is niet bekend.

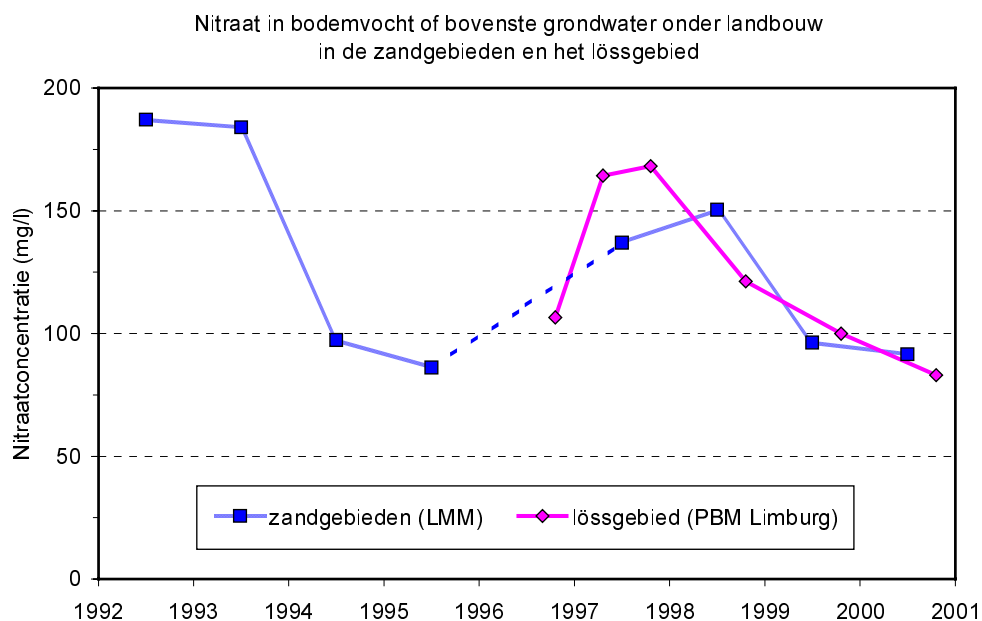


FigCL01v10veen.xls / FigtN_frswgw

Figuur 5.9: Gemiddelde totaal stikstofconcentratie in het slootwater op melkveebedrijven in de veengebieden per bedrijf per jaar in de periode 1995-2000.

5.3.5 Landbouw in het Zuid Limburgse lössgebied

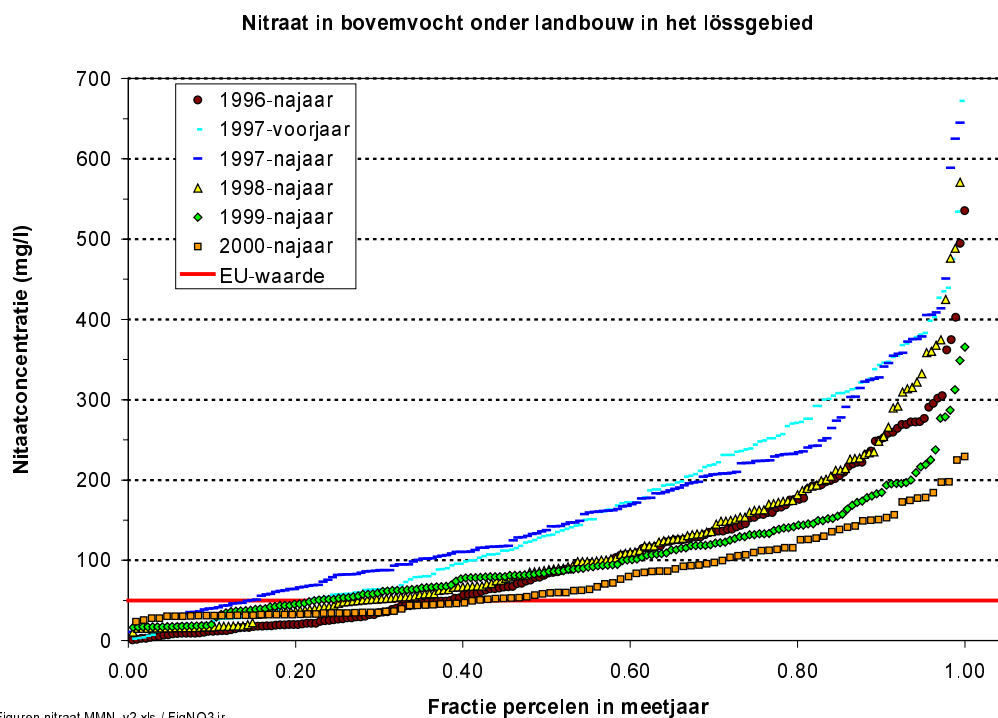
De nitraatconcentraties in het bodemvocht beneden de wortelzone (1,4 m beneden maaiveld) in het Zuid Limburgse lössgebied variëren net als de nitraatconcentraties in het bovenste meter van het grondwater in de zandgebieden in de tijd als gevolg van wisselingen in de neerslag, zie figuur 5.10.



Figuren nitraat MMN_v2.xls / zandlöss

Figuur 5.10: Gemiddelde nitraatconcentratie onder landbouw in het lössgebied (in het bodemvocht op ca. 1,4 m –mv) en in de zandgebieden (bovenste meter van het grondwater). Gegevens lössgebied afkomstig van de provincie Limburg.

De nitraatconcentraties in het lössgebied liggen op ongeveer hetzelfde niveau als die in de zandgebieden. In de periode 1996-2000 had 85% van de percelen een periode-gemiddelde nitraatconcentratie hoger dan de MTR-waarde van 50 mg/l. Dit is hoger dan het percentage van 70-75% van de landbouwbedrijven in de zandgebieden in dezelfde periode met een nitraatconcentratie in het bovenste grondwater lager dan de MTR-waarde. Bij deze vergelijking geldt de kanttekening dat enerzijds de meetdiepte niet volledig vergelijkbaar is en anderzijds perceelwaarden (löss) en bedrijfswaarden (zand) vergeleken worden. Het effect van afname van extreme waarden vindt ook plaats door het middelen over meerdere jaren. Als de perceelsgegevens voor de individuele jaren worden weergegeven, zoals in figuur 5.11 is gedaan, dan is te zien dat zowel meer lage als meer hoge waarden voorkomen. De overschrijding van de MTR-waarde schommelt tussen de 60% (2000) en de 85% (1997).

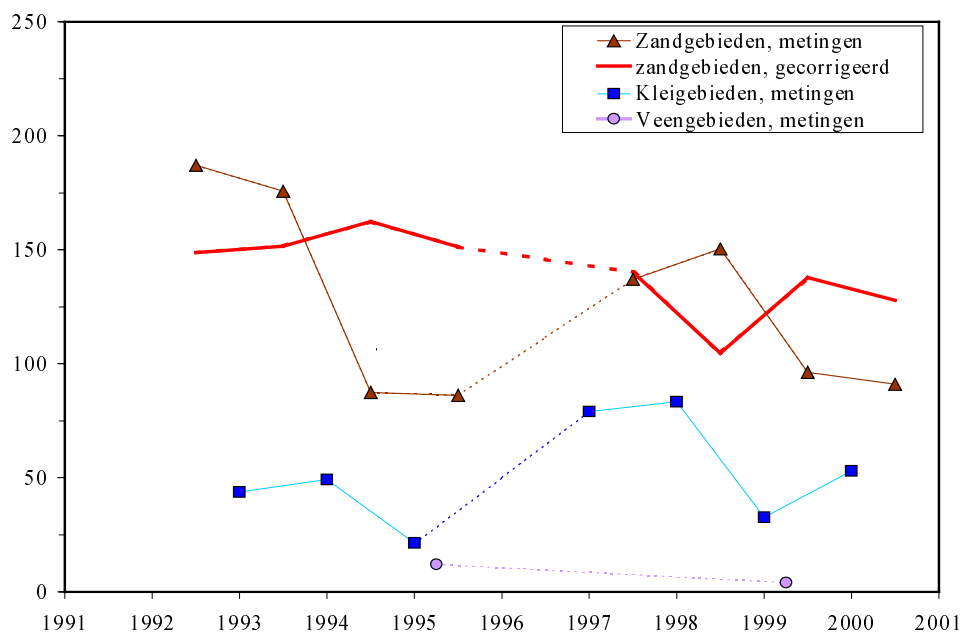


Figuur 5.11: Gemiddelde nitraatconcentratie in bodemvocht onder landbouwpercelen in het lössgebied. Gegevens afkomstig van de provincie Limburg.

5.3.6 Ontwikkeling in de nitraatconcentratie na weerscorrectie

Het verloop van de gemiddelde nitraatconcentratie onder landbouwgrond op zand, klei en veen vanaf 1992 is weergegeven in figuur 5.12. Door weerseffecten (jaarlijkse neerslagoverschot) variëren de nitraatconcentraties sterk.

Na correctie voor weerseffecten ontstaat het beeld dat op zandgrond de concentratie daalt van ca. 150 mg/l in de periode 1992-1995 naar ca. 125 mg/l in 2000. Voor kleigrond (drainwater) is nog geen correctiemethode ontwikkeld en voor veengrond (grondwater) kan vanwege de korte meetreeks geen uitspraak worden gedaan over veranderingen in de tijd.

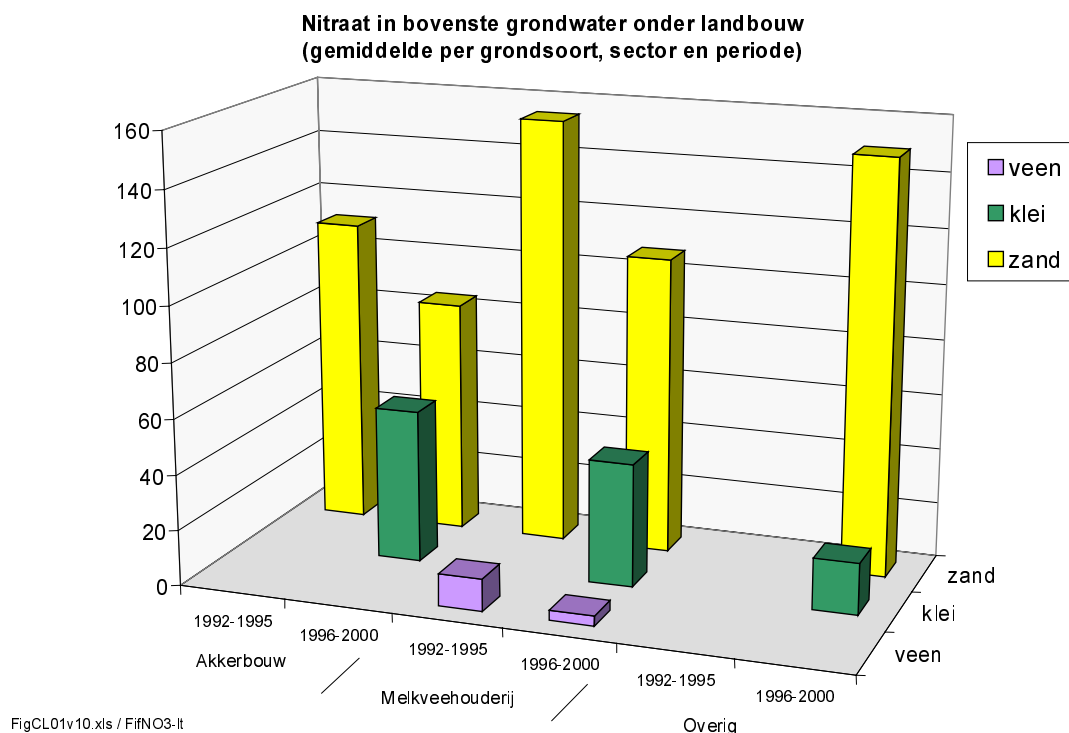


Figuur 5.12 Gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwgrond op zand, klei en veen in de periode 1992-2000. Voor zandgrond zijn ook de weersgecorrigeerde resultaten weergegeven.

5.3.7 Samenvatting resultaten nitraat

De gemeten gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouw is het hoogst in de zandgebieden en het laagst in de veengebieden. Binnen deze gebieden zijn er verschillen in gemeten nitraatconcentratie tussen de verschillende categorieën en de perioden van bemonsteren. De belangrijkste resultaten zijn samengevat de volgende (figuur 5.13):

- In de zandgebieden is de nitraatconcentratie bij de akkerbouwbedrijven lager dan bij de melkveehouderijbedrijven; zowel in 1992-1995 als in 1996-2000. De nitraatconcentratie is het hoogst bij de categorie ‘overige bedrijven’. Dit zijn hokdierbedrijven en gewas-veecombinatiebedrijven die een hoog N-overschot hebben. Rekening houdend met bodemtype en Gt zijn de verschillen echter gering. Zo liggen de akkerbouwbedrijven vooral in de veenkoloniën met organische stofrijke gronden en relatief hoge grondwaterstanden.

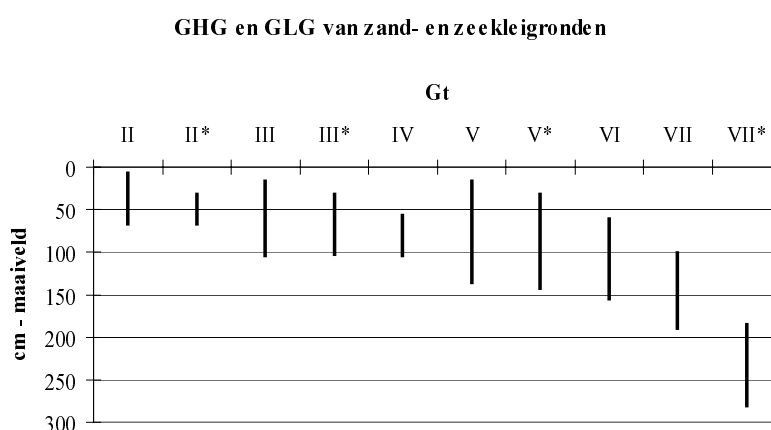


Figuur 5.13: Gemiddelde nitraatconcentratie (mg/l NO₃) gebaseerd op meting in het bovenste grondwater onder landbouw per grondsoort en landbouwcategorie voor de periode 1992-1995 en 1996-2000.

- In de kleigebieden is de situatie omgekeerd: gemiddeld zijn de nitraatconcentraties het hoogst bij de akkerbouwbedrijven en het laagst bij de overige bedrijven. Ook hier geldt dat het verschil verdwijnt als rekening gehouden wordt met verschil in bodemtype en Gt. De overige bedrijven zijn in dit geval de niet-gespecialiseerde melkveebedrijven.
- De nitraatconcentraties zijn in 1996-2000 gemiddelde genomen lager dan in de periode 1992-1995. Dit geldt voor akkerbouw op zand en melkveehouderij op zand en veen. Voor klei zijn er onvoldoende bedrijven bemonsterd in 1992-1995 om een dergelijk vergelijking te maken.
- Er is een sterk effect van de weersomstandigheden (neerslagoverschot). In natte jaren worden duidelijk lagere concentraties gemeten dan in droge jaren. Voor landbouw op zand is na correctie voor het 'weer' sprake van een afname in gemiddelde nitraatconcentratie (1992-2000) van ca. 150 naar ca. 125 mg/l. Deze daling komt voor rekening van de melkveebedrijven, waar de N-overschotten sinds 1995 gedaald zijn (De Hoop ed., 2002).
- De metingen in het lössgebied zijn op een andere leest geschoeid (perceel/bodemvocht) dan in de zandgebieden maar de concentraties wijken niet af van wat in grondwater in zandgebieden wordt gemeten.

5.3.8 Effect van de grondwaterstand (Gt) op de nitraatconcentratie

In Nederland is een systeem ontworpen om gronden naar grondwatersituatie (diepte en variatie van grondwaterstanden) in te delen. De grondwatertrap geeft informatie over de hoogte van de grondwaterspiegel en over de variatie hierin gedurende een jaar. Dit systeem is gebaseerd op de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand (resp. GHG en GLG). De grondwaterstand is gemiddeld in de periode september - oktober op GLG-niveau en in de periode februari - april op GHG-niveau. De indeling van grondwatertrappen en het verschil tussen GHG en GLG voor zand- en zeekleigronden is weergegeven in figuur 5.14. Gt I is niet beschouwd omdat deze vrijwel niet meer voorkomt. De aanduiding II* betekent een drogere Gt II na 'verbetering' van de ontwatering.



Figuur 5.14. Verloop van de grondwaterstand tussen gemiddeld hoogste- en gemiddeld laagste grondwaterstand per grondwatertrap (Gt) voor zand- en zeekleigronden (bron: P. v.d. Sluijs in: Locher en de Bakker, 1993, fig. 11.2).

Het effect van de grondwaterstand uitgedrukt als Gt (grondwatertrap) op de nitraatconcentratie in de zandgebieden is groot. Bij gelijke N-belasting worden bij natte gronden lagere concentraties waargenomen dan bij droge gronden. Dit verschil wordt toegeschreven aan denitrificatie. In bijlage 2 is de achtergrond hiervan geschetst. Op basis van een statistische analyse van de monitoringresultaten is het effect van de Gt onderzocht. Hiertoe is gebruik gemaakt van de Gt informatie van de bodemkaart. Hiervan is bekend dat deze deels verouderd is. Door ingrepen in de waterhuishouding zijn de grondwaterstanden (met name de GHG) in veel delen van het land lager geworden (verdroging). Uit de analyse blijkt dat Gt VI eerder past in de groep 'normale' Gt's dan in de groep droge Gt's.

Daarom is een indeling gemaakt in 'natte' gronden (Gt I t/m IV), matig droge gronden (Gt V, V* en VI) en droge gronden (Gt VII, VII*).

In het grondwater bij melkveehouderijbedrijven op zand was de gemiddelde concentratie in de periode 1992-2000 137 mg/l.

Uit het verband tussen Gt en nitraatconcentratie blijkt dat als de bedrijven volledig op natte gronden zouden liggen de concentratie gemiddeld 73 mg/l zou bedragen. Bij bedrijven met 100% matig droge gronden zou de concentratie 127 mg/l bedragen. In het geval de bedrijven volledig uit droge gronden zouden bestaan (hetgeen in de praktijk niet veel zal voorkomen)

dan zou de concentratie 182 mg/l bedragen. Het verschil tussen ‘nat’ en droog bedraagt dus meer dan 100 mg/l.

5.3.9 Effect van lagere N-overschotten

In de periode 1992-2000 zijn behalve gangbare bedrijven met ‘normale’ N-overschotten ook bedrijven onderzocht die al lagere N-overschotten hadden gerealiseerd. Verder zijn ook bedrijven onderzocht die aan speciale projecten hebben meegedaan w.o. biologische bedrijven, Koeien en Kansen (KEK) bedrijven en MDM (Management Duurzame Melkveehouderij) bedrijven.

Ten opzichte van de normale gangbare bedrijven werden lagere concentraties gemeten (tabel 5.3).

Tabel 5.3 Gemiddelde nitraatconcentratie van gangbare en voorloperbedrijven in de periode 1992-2000 (mg/l NO₃).

Type bedrijf	Bedrijfs­gemiddeld gemeten	Bedrijfs­gemiddeld gecorrigeerd
Gangbaar, totale groep	139	136
Gangbaar, met laag overschot	80	86 **
Biologische bedrijven	21 *	57 **
MDM bedrijven	90	113
KEK bedrijven	82	90

*) lage waarde door meting in natte jaren; **) significant verschillend van de gangbare bedrijven (totale groep)

De gangbare bedrijven met een laag overschot (‘voorlopers’) en de biologische bedrijven hadden een significant lagere nitraatconcentratie. Voor de KEK bedrijven geldt dat de data betrekking hebben op de beginjaren waarin de overschotten nog relatief hoog waren.

5.3.10 Verband tussen bedrijfsvoering, bedrijfskenmerken en nitraatconcentraties

In het kader van de evaluatie is een voorlopige statistische analyse uitgevoerd van de data uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en het Bedrijven Informatie Net van het LEI (BIN). Hiertoe zijn voor de verklaring van de gemeten nitraatconcentraties bij landbouwbedrijven op zandgrond 4 ‘stikstofdruk’ factoren gekozen: (i) afwijking van de MINAS-verliesnorm voor stikstof voor 2003, (ii) het ‘werkelijk’ stikstofoverschot (LEI-berekeningsmethode (De Hoop ed., 2002), (iii) de totale stikstof-‘gift’, en (iv) de gesplitste stikstof-‘gift’ (kunstmestgift en dierlijke mestproductie). Hierbij zijn alle categorieën van bedrijven als één groep beschouwd.

Honderd kg/ha minder MINAS-overschot leidt tot een daling van de nitraatconcentratie met ca. 15 mg/l. Ook een daling van het LEI overschot en totale stikstofgift leiden tot een vergelijkbare daling van de nitraatconcentratie; respectievelijk ca. 16 mg/l en 15 mg/l.

Deze waarden komen overeen met de uitkomsten van regressie analyse voor melkveehouderijbedrijven in de periode 1992-1995 (Fraters *et al*, 1997)

Het effect van de gift van kunstmeststikstof op de nitraatconcentratie is echter groter en bedraagt ca. 24 mg/l daling per 100 kg/ha lagere gift. Voor de op het bedrijf geproduceerde mest (productie plus aanvoer minus afvoer) is het effect op de nitraatconcentratie kleiner. Een 100 kg/ha lagere productie leidt tot een afname van de nitraatconcentratie met ca. 10 mg/l.

Hieruit zou de conclusie getrokken kunnen worden dat bij toepassing van kunstmest meer uitspoelt dan de aanwending van dierlijke mest. Maar er zijn sterke twijfels of dit juist is. Als drukvariabele is niet de N-gift via dierlijke mest genomen maar de N-productie op een bedrijf. Het verschil in effect wordt toegeschreven aan o.a. de stikstofemissie naar de lucht in stal en opslag en bij aanwending van dierlijke mest.

Behalve het effect van het neerslagoverschot, blijken bedrijfskenmerken zoals de fractie organische stofrijke (moerige) en venige gronden en het aandeel matig droge (Gt V en VI) en droge gronden (Gt VII en VIII) op de bedrijven groot te zijn (zie § 5.3.8 hierboven). Zo betekent een toename van de fractie droge gronden met 0,1 een 7 mg/l hogere nitraatconcentratie.

Andere belangrijke variabelen die te maken hebben met de bedrijfsvoering zijn het aandeel grasland en het maaipercentage (grasland). Hoe groter het aandeel grasland op het bedrijf, bij een gelijk N-overschot, hoe lager de nitraatconcentratie. Als de fractie grasland met 0,1 toeneemt blijkt dit te leiden tot een lagere nitraatconcentratie van 4- 8 mg/l. Voor de melkveehouderijbedrijven levert het aandeel maïs een slechtere verklaring van de nitraatconcentratie. Dit resultaat bevestigt het onderscheid tussen de N-verliesnormen voor grasland en bouwland.

Voorts bleek ook het maaipercentage van belang: hoe hoger het maaipercentage (= afvoer van het geoogste gras) hoe lager de nitraatconcentratie. In de verschillende modellen varieert het effect van een hoger maaipercentage van 0,7- 0,11 mg/l minder nitraat per 10% meer maaïen (dus bijvoorbeeld 180% maaïen in plaats van 170%).

Als de akkerbouwbedrijve apart worden beschouwd blijkt ook het aandeel aardappelen een relevante bijdrage aan de verklaring te geven.

Uit de analyses blijkt tenslotte dat er een forse (jaar)trend aanwezig is van ca. 4 mg/l nitraat. Dat betekent dat over de meetperiode vanaf 1992 tot en met 2000 (9 jaar) er een onverklaarbare daling is van de nitraatconcentratie van ca. 36 mg/l (variatie: 27- 45 mg/l). Via variabelen als de fosfaat- en kalitoestand en emissie-arm onderwerken van dierlijke mest is getracht deze trend te verklaren. Dat is echter tot heden niet gelukt. Deze voorlopige resultaten maken dat de gevonden verbanden niet goed bruikbaar zijn voor prognosedoeleinden (uitspraken bij lagere N-overschotten).

Met uitzondering van kunstmest is er tot heden een vrij zwak verband tussen N-druk en nitraatconcentratie. De bijdrage van bedrijfskenmerken die niet door de boer beïnvloed kunnen worden is groter. Een belangrijke reden hiervoor is dat de groep bedrijven die een bestendig laag N-overschot en hiermee overeenkomend bemestingsniveau weten te realiseren nog van beperkte omvang is en deze bedrijven bovendien nog maar korte tijd gevolgd worden.

5.4 Fosfor in het bovenste grondwater van landbouwbedrijven

De monitoringresultaten in de periode 1992-2000 laten het volgende beeld zien.

De bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties liggen op de zandgronden beneden de streefwaarde voor grondwater van 0,4 mg/l (tabel 5.4). Alleen in natte jaren met hogere grondwaterstanden wordt deze waarde overschreden (zie figuur 5.15). Het grondwater komt dan in contact met bodemlagen die relatief rijk aan fosfaat zijn. Er is dan al eerder sprake van

overschrijding van de MTR-waarde voor oppervlaktewater (0,15 mg/l). In hoeverre dit fosfaatrijke grondwater ook daadwerkelijk tot belasting van het oppervlaktewater leidt is afhankelijk van de lokale omstandigheden (ontwatering, transportroute door de bodem naar het oppervlaktewater).

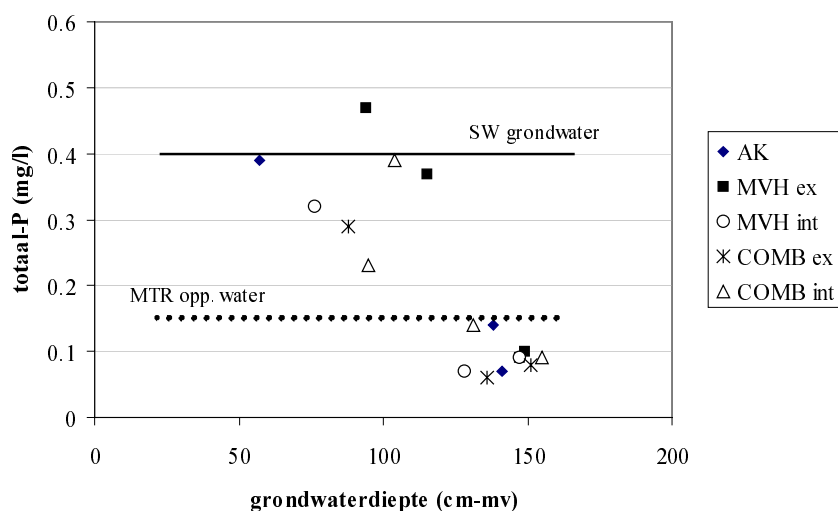
Tabel 5.4 Gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in grondwater en slootwater (veen) van landbouwbedrijven in 2000 en de minimum/maximum concentratie in 1992-1999 (mg/l P)

AK= akkerbouw; MVH= melkveehouderij.

Type	Grondsoort	Watertype	2000	min 92-99	max 92-99
AK	zand	grondwater	0,21	0,09	0,51
MVH	zand	grondwater	0,15	0,08	0,43
AK	klei	drainwater	0,24	0,14	0,22
MVH	klei	drainwater	0,45	0,09	0,36
MVH	veen	grondwater	0,77	0,60	0,93
MVH	veen	slootwater	0,54	0,26	0,50

In het drainwater van de bedrijven op kleigrond zijn de concentraties eveneens lager dan de streefwaarde voor grondwater in het klei/veengebied (3 mg/l). Maar omdat drainwater direct uitmondt in oppervlaktewater, is een vergelijking met de MTR voor oppervlaktewater zinvol. Deze waarde (0,15 mg/l zie tabel 2.1) wordt in de meeste jaren overschreden m.n. bij melkveehouderijbedrijven.

In het grondwater van melkveebedrijven op veengrond worden hoge fosfaatconcentraties gevonden (gem. 0,6-0,9 mg/l). Op deze bedrijven wordt ook het slootwater bemonsterd. De totaal-P concentraties hierin zijn gemiddeld genomen ongeveer de helft hiervan (0,3-0,5 mg/l). Dit verschil is vergelijkbaar met de resultaten voor nitraat.



Figuur 5.15 Totaal-fosfaat in grondwater onder typen van landbouwbedrijven op zandgrond als functie van de grondwaterdiepte ten tijde van bemonstering in de periode 1992-1995. AK = akkerbouw; MVH ex= extensieve melkveehouderij; COMB int= melkveehouderij met intensieve tak hokdierbedrijven (Fraters et al, 1997).

5.5 Conclusies

- Een vergelijking van de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouw met bos/natuur laat zien dat voor veel chemische parameters de concentratie ca. 2 maal zo hoog is. Voor nitraat, kalium en hardheid zijn de concentratie 5-7 maal hoger.
- De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouw is het hoogst in de zandgebieden en het laagst in de veengebieden. Binnen deze gebieden zijn er verschillen in gemeten waarden tussen categorieën van bedrijven en de perioden van bemonsteren.
- In veengebieden is nitraat een N-component van geringe betekenis (ca. 15%); de overige 85% wordt bepaald door ammonium en organisch N. Het is niet bekend in welke mate beide laatste verbindingen door bemesting worden beïnvloed.
- De nitraatconcentraties zijn van jaar tot jaar erg variabel en afhankelijk van de grootte van het neerslagoverschot.
- In de zandgebieden is in de periode 1992-2000, na correctie voor verschillen in weersomstandigheden, sprake van een lichte daling van 150 tot 125 mg/l, doch de concentraties liggen nog ruim boven de MTR waarde van 50 mg/l. Deze daling komt vooral voor rekening van de melkveehouderijbedrijven. De effecten van de invoering van MINAS in 1998 is nog niet aan te tonen omdat de daling van de N-overschotten in de melkveehouderij al voor 1998 inzette en de invoering nog van te recente datum is.
- In het lössgebied van Zuid Limburg, waar het grondwater te diep staat om te bemonsteren, wordt het bodemvocht beneden de wortelzone bemonsterd. De nitraatconcentraties daarin zijn qua niveau vergelijkbaar met die in het bovenste grondwater onder landbouw op zand. Ook de reactie op variaties in het neerslagoverschot is vergelijkbaar met die in de zandgebieden.
- Een eerste voorlopige data-analyse van de relatie bedrijfsvoering en milieukwaliteit wijst uit dat het verband tussen N-overschot en nitraatconcentraties zwak is. Dit komt doordat de groep bedrijven die al enige tijd een laag overschot weten te realiseren klein is en bovendien pas korte tijd wordt gevolgd.
- Uit de metingen blijkt een duidelijk verband tussen Gt en nitraatconcentratie: een indeling in drie groepen nat (I t/m IV), matig droog (V, V* en VI) en droog (VII en VII*) geeft de beste verklaring. Dat betekent dat Gt VI noch bij de natte noch bij de droge gronden kan worden ingedeeld.
- Fosfaatconcentraties in het grondwater zijn zeer variabel en sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Bij hoge grondwaterstanden komen hoge concentraties voor welke hoger zijn dan de streefwaarde voor grondwater. De MTR-waarde voor oppervlaktewater ligt op een veel lager niveau en wordt al veel eerder overschreden.

6. Het grondwater op 5 - 30 m diepte

6.1 inleiding

Bij het grondwater op een diepte van 5-30 m wordt in deze rapportage onderscheid gemaakt in ondiep grondwater op 5-15 m beneden maaiveld en middeldiep grondwater dat zich op een diepte van 5-30 m beneden maaiveld bevindt. Deze indeling is in overeenstemming met de achtergrondrapportage over de resultaten van controleprogramma's in het kader van de EU nitraatrichtlijn (Fraters *et al*, 2000).

Data zijn gebaseerd op het Landelijke en de Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (LMG en PMG; Reijnders *et al*, in voorbereiding). Voor het lössgebied van Zuid-Limburg is gebruik gemaakt van onderzoek naar de bronbeken (Meinardi, in voorbereiding).

Het aantal waarnemingen is ca. 470. Dat is landelijk gemiddeld 1 meetpunt per ca. 7000 ha. Voor landbouw is de meetdichtheid uitgaande van 225 waarnemingsputten, 1 put per ca. 9000 ha.

6.2 Invloed van bodemgebruik en grondsoort

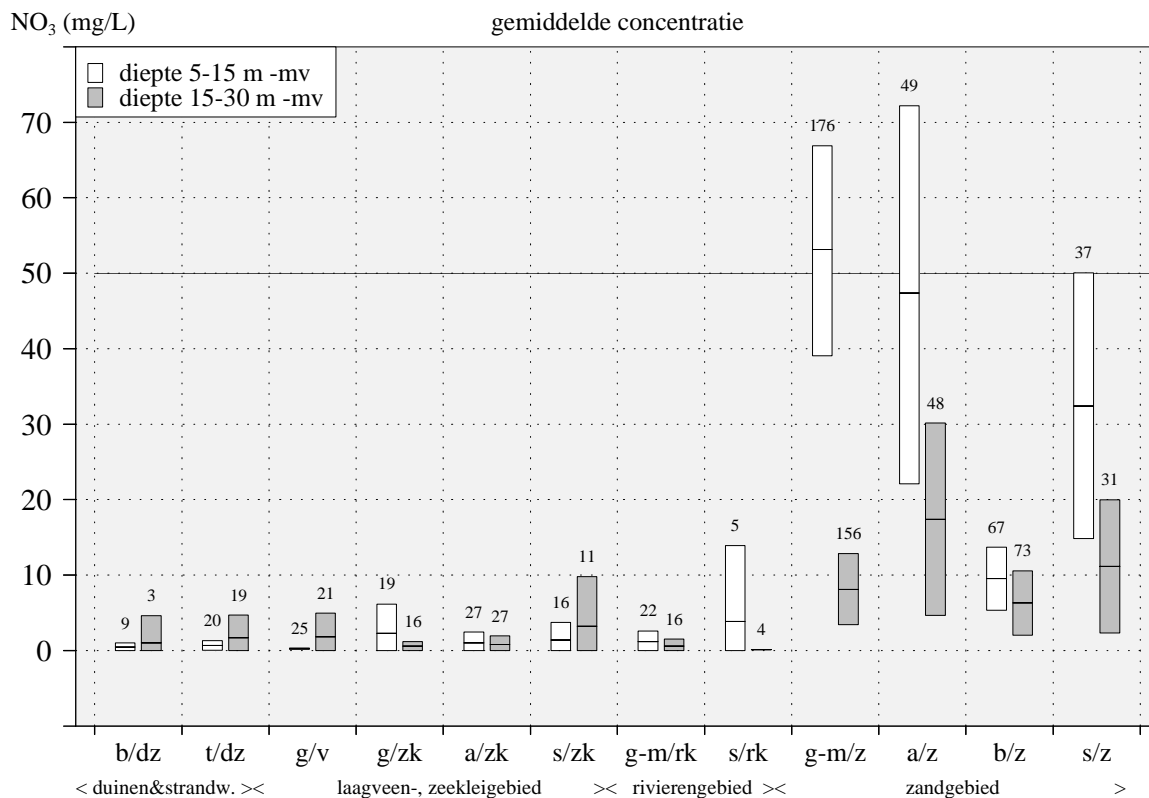
De resultaten van de monitoring zijn samengevat in figuur 6.1 (nitraat), figuur 6.2 (ammonium) en figuur 6.3 (fosfaat). Boven de staafjes staat het aantal waarnemingen (situatie per 1999). In de figuren is voor nitraat de MTR-waarde aangegeven, voor ammonium en fosfaat de streefwaarde. Voor ammonium en fosfaat verschilt deze per grondsoort. Gegeven zijn de gemiddelde waarden (inclusief het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde) in het grondwater voor combinaties van grondsoort en bodemgebruik van de volgende gebieden:

- de zone met duinen en strandwallen met zandige bodem (bos en natuur, tuinbouw);
- de gebieden bedekt met zeeklei en laagveen (gras, akkerbouw, bebouwd);
- het gebied van de Grote Rivieren (gras- maïs; bebouwd);
- de zandgebieden (gras- maïs; bebouwd, akkerbouw, bos en natuur, bebouwd).

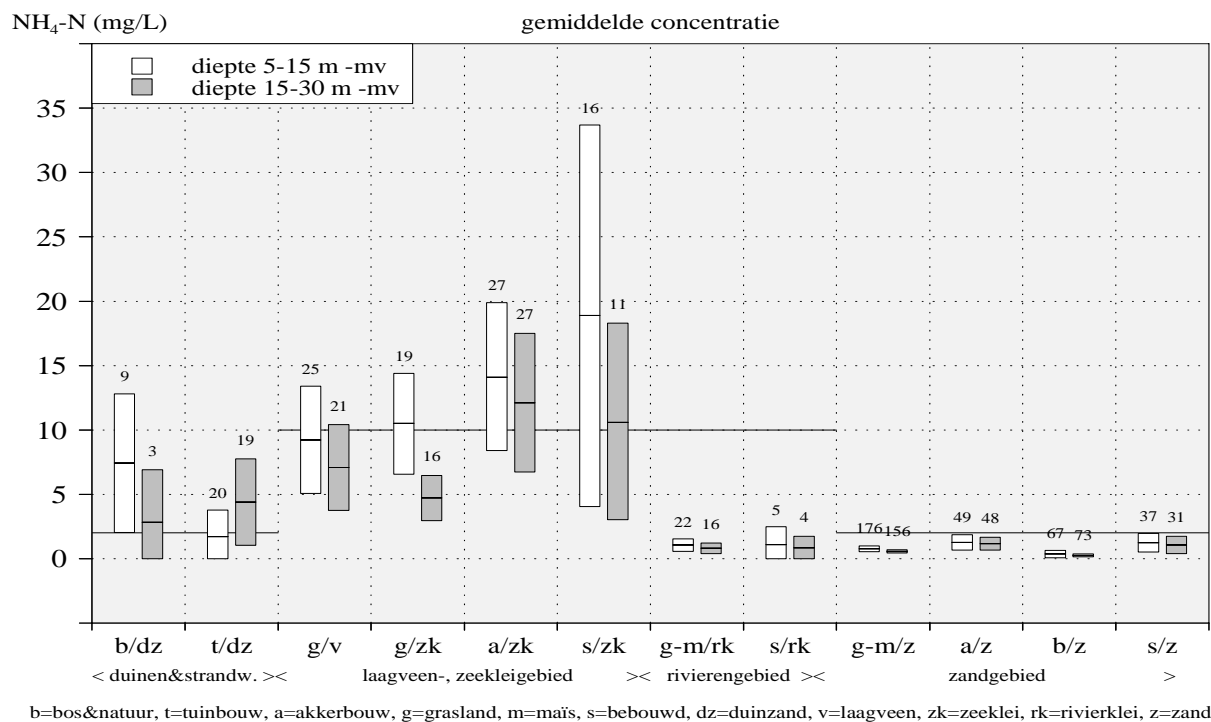
De verschillen in figuur 6.1 blijken vooral samen te hangen met de aard van de bodem. De gemiddelde concentraties zijn relatief laag in gebieden met een klei- en veendek, ook in situaties waar bemest wordt. Twee redenen veroorzaken het verschil met de zandgebieden. 1) de aanvulling van het diepere grondwater door de neerslag ter plaatse is klein en vaak zelfs afwezig in klei- en veengebieden. 2) in klei- en veenlagen zijn bodemprocessen werkzaam die nitraat afbreken (denitrificatie).

De nitraatconcentraties zijn het hoogst in de zandgebieden. Het grondwater onder landbouwgrond heeft de hoogste gemiddelde concentraties, daarna volgt het grondwater onder bebouwd gebied, terwijl de concentraties onder bos en natuur gemiddeld het laagste zijn. De concentraties in het ondiepe grondwater onder landbouw zijn gemiddeld zo hoog dat ze de streefwaarden en zelfs de MTR waarde (50 mg/l) overschrijden. Er is een duidelijk verschil tussen de filters op 5-15 m en de filters op 15-30 m. Dit heeft te maken met een combinatie van factoren (verschil in reistijd, nitraatafbraak en hydrologie).

Zo is bij de combinatie gras/maïs op zand het verschil in concentratie tussen beide diepteniveaus groot en groter dan bij bouwland op zand. Dit komt in belangrijke mate door de grondwaterdiepte. Ca. 50% van de gras/maïs-putten ligt op 'natte' gronden met Gt I-V. Bij bouwland liggen vrijwel alle putten op drogere gronden (Gt VI-VII*).

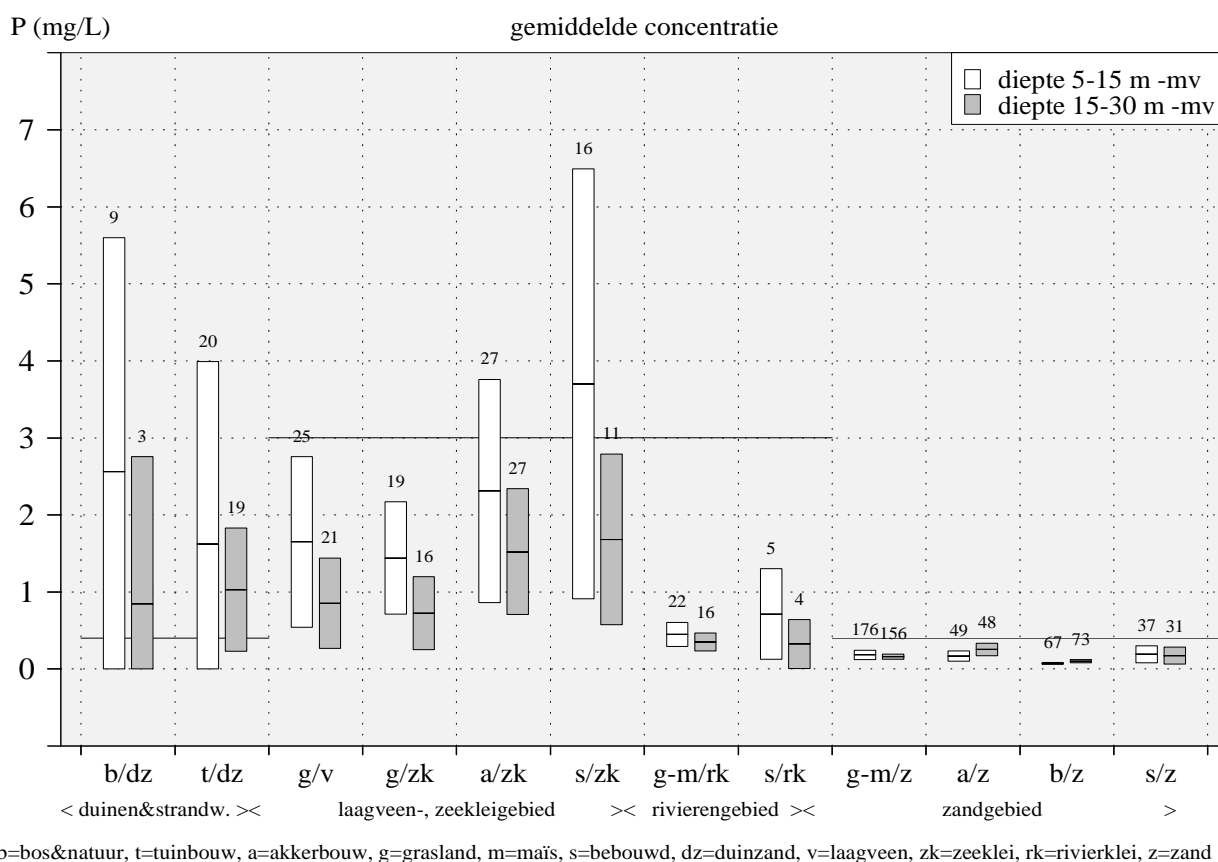


Figuur 6.1 Nitraatconcentraties in het grondwater op 5-30 m voor combinaties van grondsoort en grondgebruik in 1999 (Reijnders et al, 2002).



Figuur 6.2 Ammonium-N concentraties in het grondwater op 5-30 m voor combinaties van grondsoort en grondgebruik in 1999 (Reijnders et al, 2002).

Voor ammonium (figuur 6.2) zijn de concentraties in de klei- en veengebieden hoger dan in het zandgebied. Dit wordt vooral door de bodemgesteldheid veroorzaakt en niet door de belasting aan maaiveld. Klei en veengronden zijn veelal rijk aan organisch materiaal en dit verklaart de relatief hoge ammoniumconcentraties in het bovenste filter. Het grondwater in het klei- veengebied is relatief zout met name in de diepere filters. Mogelijk is in het bebouwd/stedelijk gebied afvalwater (lozingen/lekke riolen) ook een bron van ammonium. De hoogste gemiddelde NH₄-concentraties worden dan ook in het ondiepe grondwater onder stedelijk gebied aangetroffen. In een aantal gevallen worden de streefwaarden voor ammonium overschreden. Dit is geen gevolg van de bemesting in de landbouw. Ook in de duinen zijn de gemiddelde concentraties van ammonium licht verhoogd ten opzichte van het overige zandgebied. De reden is vermoedelijk dat ook hier relatief veel organisch materiaal in de bodem aanwezig is.



Figuur 6.3 Totaal-P concentraties in het grondwater op 5-30 m voor combinaties van grondsoort en grondgebruik in 1999 (Reijnders et al, 2002).

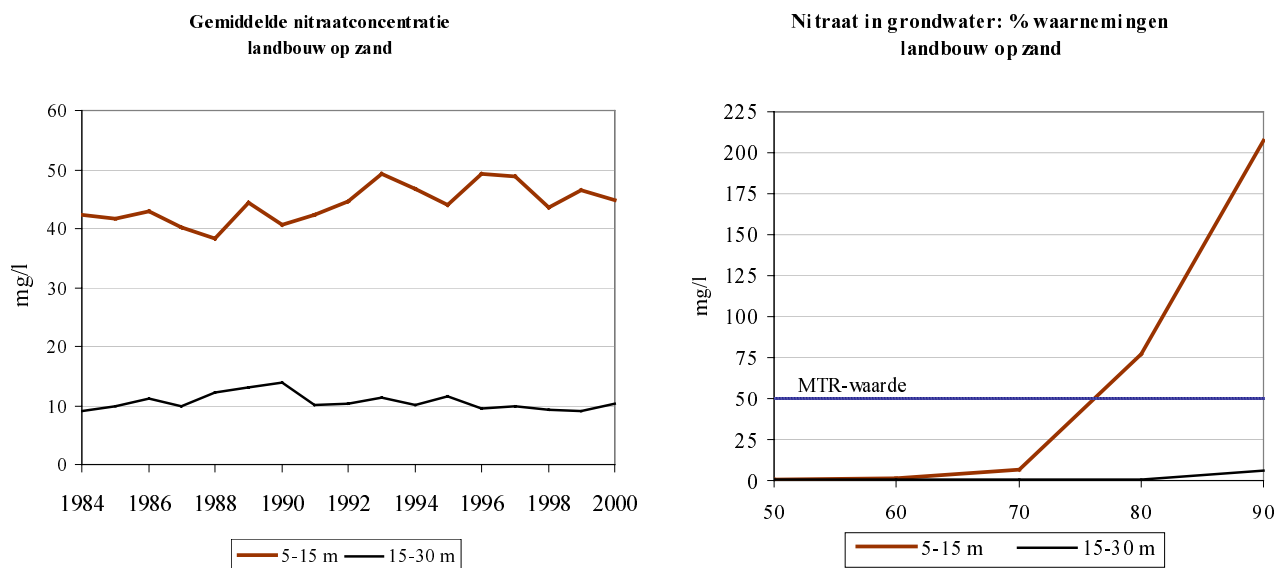
De concentraties van fosforverbindingen (figuur 6.3) zijn eveneens hoger in de klei- en veengebieden dan in het zandgebied. Dit heeft net als bij ammonium met de bodemgesteldheid te maken en minder met de belasting aan maaiveld. In afzettingen van mariene oorsprong (zeeklei) en in voedselrijk veen zijn de fosforgehalten hoog. Door mineralisatie van in de bodem opgeslagen fosfor komen deze vrij. In de zeekleigebieden is veelal sprake van verticale opwaartse grondwaterstroming (kwel) waardoor in het ondiepe grondwater hoge fosfor concentraties worden gemeten.

6.3 Kwaliteitsontwikkeling grondwater onder landbouwgrond op zand- en lössgrond

Nitraat

Sinds 1984 vinden waarnemingen in de putten van het LMG plaats. Daarom ligt het voor de hand om te veronderstellen dat de gegevens ook informatie bevatten over het verloop in de tijd van de verschillende stoffen in het grondwater. De analyse van de LMG gegevens door Reijnders *et al* (in voorbereiding) geeft voor verschillende selecties echter weinig aanwijzingen dat de concentraties op een bepaalde diepte veranderen in de tijd. Een probleem hierbij is dat de waarnemingen op één bepaalde diepte niet allemaal dezelfde reistijd in de bodem zullen representeren. Om de moeilijkheden te illustreren die met deze analyse gepaard gaan zal in het volgende nader worden ingegaan op het voorkomen van nitraat en de volgproducten van een eventuele denitrificatie, namelijk sulfaat en de hardheid. Hiertoe zijn de gegevens gebruikt van 114 waarnemingsputten in het zandgebied met bodemgebruik landbouw. Over deze selectie wordt al geruime tijd informatie gegeven in de Milieu-compendia van de afgelopen jaren. (vgl RIVM-CBS, 2001).

De gemiddelde nitraatconcentratie op 5-15 m diepte varieert tussen ca. 40 en 50 mg/l. Op 15-30 m schommelt deze rond de 10 mg/l (figuur 6.4). In 2000 lag ca. 23% van de waarnemingen gemeten in de ondiepe filters boven de MTR-waarde. Op grotere diepte wordt de MTR-waarde niet overschreden.



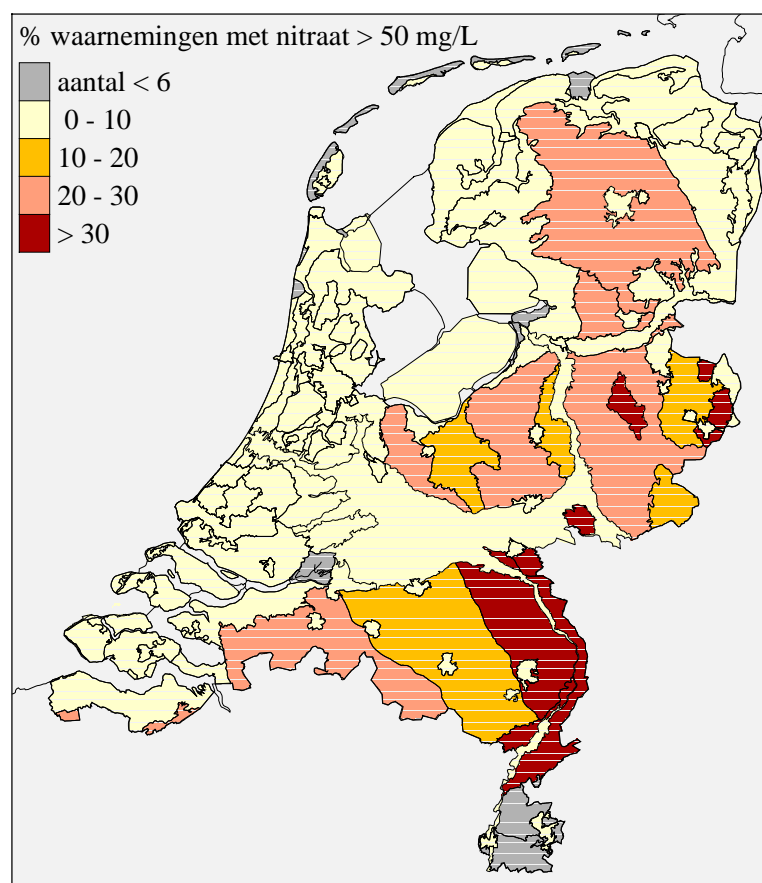
Figuur 6.4. Gemiddelde nitraatconcentratie onder landbouwgrond op zand in de periode 1984-2000 (links) en de concentratieverdeling in 2000 (rechts) in het ondiepe-middeldiepe grondwater.

Figuur 6.4 (rechter deel) laat zien dat de concentratieverdeling scheef is. Dat wil zeggen dat het verschil tussen de gemiddelde concentratie (linker deel van figuur) en de mediane concentratie (of 50 percentielwaarde) groot is. Hieruit blijkt dat er voor de selectie op een diepte van 5-15 m vrijwel geen nitraat in het grondwater voorkomt in meer dan de helft (60%) van de waarnemingen. Een beperkt aantal waarnemingen heeft daarentegen een hoge concentratie. Bij 10% van de waarnemingen (90 percentielwaarde) is de concentratie hoger dan ca. 4 maal de MTR waarde (50 mg/l). Veranderingen in de tijd zijn klein.

Er is met name bij de putten in de zandgebieden een duidelijk verschil tussen de ondiepe en de diepe filters. In geval er een verticale stroming naar beneden optreedt (infiltratiegebieden) wordt het uitgespoelde nitraat met het grondwater naar diepere lagen getransporteerd. Deze stroming kost tijd waardoor de hoge belasting aan maaiveld nog niet merkbaar is in het diepere grondwater. Bovendien treedt tijdens dit transport afbraak van nitraat op. In veel gevallen stroomt het ondiepe grondwater (in de laag tot ca. 15 m diepte) horizontaal af naar sloten, beken en kanalen en is er ter plaatse slechts beperkte voeding van het diepere grondwater (>30 m). Onder de combinatie gras/mais op zandgrond is het concentratieverschil tussen het ondiepe en diepe filter zeer groot. Op 5-15 m diepte is het effect van de Gt met name bij grasland en mais nog duidelijk aanwezig (Reijnders *et al*, 2002)

Een beeld van de nitraatconcentraties op 5-15 m diepte onder landbouw op zand- klei en veengrond geeft figuur 6.5. Hier is het percentage waarnemingen aangegeven waar de concentratie boven de MTR-waarde van 50 mg/l is gelegen.

In de zandgebieden worden de hoogste waarden gemeten. Gebieden met meer dan 30% waarnemingen boven de 50 mg/l liggen verspreid in het oostelijke zandgebied en in het oosten van Noord Brabant en het noorden van Limburg. Vanwege de grote diepte van de grondwaterstand in het zuiden van Limburg is het aantal waarnemingen te klein om een betrouwbaar beeld te geven.



Figuur 6.5 Nitraat in grondwater op 5-15 m diepte onder landbouw op zand-, klei en veengrond per ecodistrict. (RIVM-CBS, 2001)

Het Zuid Limburgse lössgebied

Omdat er in het Zuid Limburgse lössgebied weinig LMG putten zijn en de gegevens moeilijk te interpreteren zijn vanwege de complexe ondergrond, is daarom in 2001 onderzoek uitgevoerd aan de afvoer van de bronnen en bronbeken in Zuid-Limburg (Meinardi, in voorbereiding). Deze afvoeren bestaan uitsluitend uit grondwater. De metingen aan de bronnen hebben zich gericht op de afvoer en de samenstelling van het water. Uit de bronnen zijn verder monsters genomen ten behoeve van isotopenonderzoek (tritium en soms stabiele isotopen). Met de resultaten van die metingen kan wellicht een uitspraak worden gedaan over de verblijftijden van het water in de bodem. Deze kennis moet een verdere interpretatie van de samenstelling van het grond- en bronwater ondersteunen. In eerste instantie zijn aan de monsters de concentraties van de hoofdelementen bepaald.

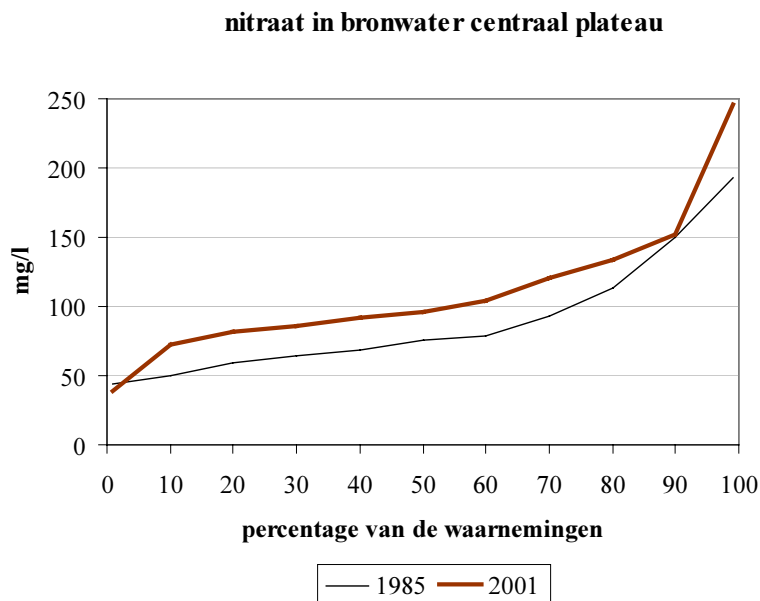
Zuid Limburg is opgebouwd uit twee delen, het Massief van Schimmert (noordelijk plateau) en enkele kleinere hoogvlakten in het zuiden, waarvan het Massief van Margraten het grootste is. Beide gebieden worden gescheiden door het Geuldal en begrensd door de Maas aan de westzijde. De ondergrond van de hoogvlakten bestaat uit tientallen meters dikke kalksteenlagen die in het noorden in het algemeen worden afgedekt door een zandlaag van ongeveer 10 m dik en aan de top door een lösslaag van minder dan 5 tot 20 m dik. Onder de zuidelijke hoogvlakten ontbreekt de zandlaag meestal. Op de hoogvlakten zelf is geen oppervlakkig drainagesysteem aanwezig. Het neerslagoverschot infiltreert en stroomt daarna door de bodem af naar een groot aantal bronnen van zijbeken van de Maas, namelijk de Noorbeek en de Voer in het zuiden, de Geul en de Gulp in het midden en de Geleenbeek in het noorden. De hydrologische situatie van het Centraal Plateau is uitvoerig onderzocht door de Universiteit van Utrecht in de jaren 1980 en daarna. Delen van het Plateau van Margraten zijn onderzocht door de LU Wageningen vanaf de jaren 1990 tot heden.

De lössbodems van Zuid-Limburg worden al zeer lang gebruikt voor de landbouw en de bodem van de plateaus is relatief goed doorlatend.

De concentraties van nitraat in het grondwater liggen al sinds de jaren 1960 op veel plaatsen boven een waarde van 50 mg/l (Meinardi, 1980). Dit heeft gevolgen voor de openbare drinkwatervoorziening en het gebruik in particuliere winningen. Een tweede gevolg is dat de talloze bronnen die het grondwater van de hoogvlakten draineren voedselrijker water zijn gaan afvoeren. De eutrofiëring van de brongebieden langs de hoogvlakten heeft tot een verandering in vegetatie geleid. Sindsdien is de situatie nog verslechterd zoals blijkt uit het rapport van Hendrix (1985). Verwacht mag worden dat de situatie na die tijd opnieuw is veranderd.

De gegevens van het in 2001 verrichte onderzoek zijn nog voorlopig maar laten echter al wel enige conclusies toe.

Van de onderzochte bronnen zijn ook gegevens bekend uit de jaren 1980-1995. Figuur 6.6 toont de vergelijking van de metingen in 1985 en die in 2001. Opvallend zijn de betrekkelijk hoge waarden die in 1985 en in 2001 gemeten zijn. Net als in 1985 liggen in 2001 vrijwel alle nitraatconcentraties boven de 50 mg/l. Van de ca. 40 in beide jaren bemonsterde bronnen heeft de helft een nitraatconcentratie van 100 mg/l of hoger. In het algemeen zijn de concentraties toegenomen in de periode van 1985 tot 2001. De gemiddelde toename van de nitraatconcentratie bedraagt 22 mg/l.



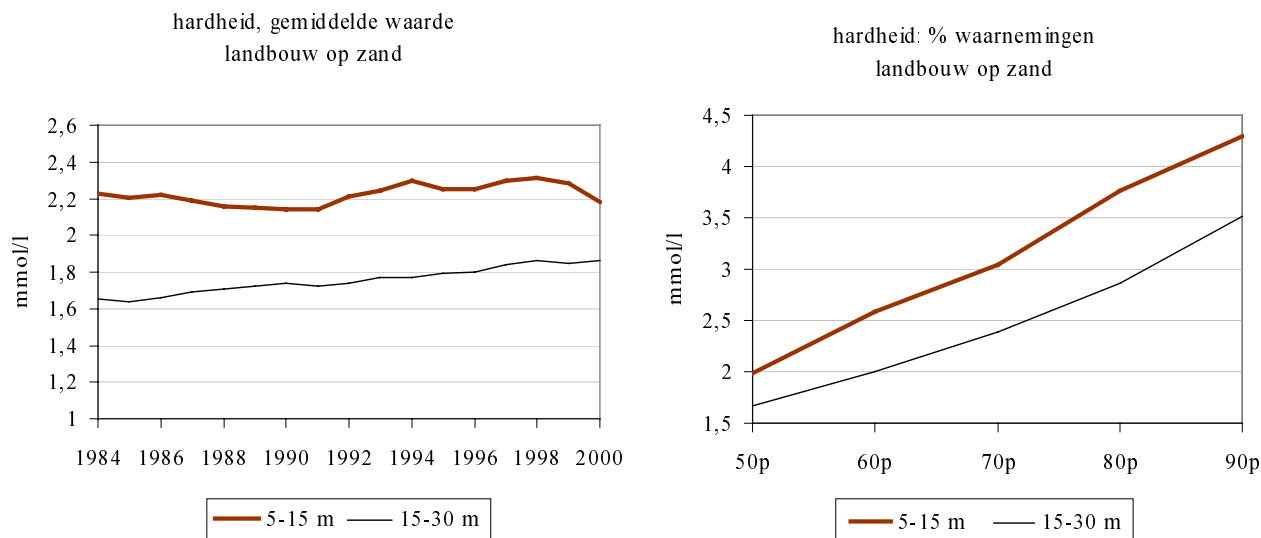
Figuur 6.6 Nitraat in bronnen aan de flank van het Centraal Plateau, vergelijking 1985-2001.

De bronnen voeren grondwater af en het afgevoerde water zal gezien het grote aantal bronnen en hun verspreide ligging representatief zijn voor de gemiddelde samenstelling van het grondwater onder de plateaus. De verblijftijd speelt in zoverre een rol dat de bronnen grondwater vertegenwoordigen dat een verblijftijd heeft tot ruwweg 30 jaar.

De concentraties in het water uit de bronnen in het zuidelijk gelegen krijtland liggen meest op een iets lager niveau maar ook daar zijn de nitraatconcentraties vaak hoger dan 50 mg/l. De concentraties die zijn gemeten in de LMG putten, die op de plateaus zelf liggen, zijn eveneens relatief hoog en dat is in overeenstemming met de metingen aan de bronnen.

Hardheid

De zogenaamde totale hardheid is de som van calcium en magnesium ionen, uitgedrukt in mmol/l. Onder kalkrijke omstandigheden geeft de hardheid van het grondwater een aanwijzing voor de neutralisatie van gevormd zuur. Dit zuur is door diverse factoren gevormd onder andere kan dit een gevolg zijn van de oxidatie van pyriet door zuurstof of door nitraat. Onder landbouwgronden is de hardheid echter vaak verhoogd door het gebruik van dierlijke mest en doordat boeren een bekalking toepassen om de zuurvormende bestanddelen van de bemesting te neutraliseren.

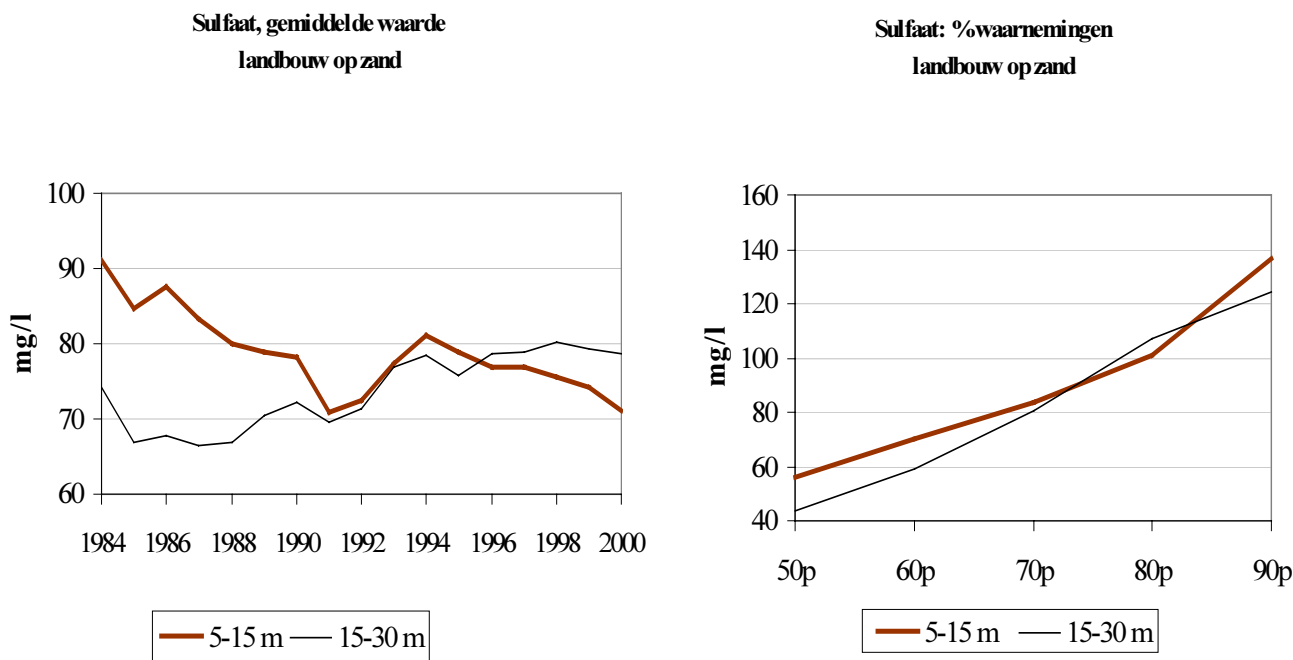


Figuur 6.7. Gemiddelde waarde voor de hardheid in de periode 1984-2000 (links) en de concentratieverdeling in 2000 (rechts) in het ondiepe-middeldiepe grondwater.

Uit figuur 6.7 blijkt dat er in de tijd weinig verandering optreden in de waarden. De verschillen tussen de waarden voor de hardheid op beide diepteniveaus zijn relatief klein. Het bovenste grondwater heeft een iets grotere hardheid. Bovendien is de verdeling van de hardheid minder scheef dan voor nitraat. Bij ca. 40 % van de waarnemingen wordt op 5-15 m diepte de drinkwaternorm van 2,5 mmol/l overschreden.

Sulfaat

Een veronderstelling is dat de sulfaatconcentraties zullen stijgen als gevolg van de afbraak van nitraat in de met water verzadigde bodem door oxydatie van eventueel aanwezig pyriet. Dit blijkt niet duidelijk uit de gemiddelde concentraties die zijn bepaald in de 114 geselecteerde putten. In de periode 1984-1990 was de gemiddelde sulfaatconcentratie op 5-15 m diepte hoger dan op 15-30 m diepte. In de periode na 1992 is de situatie omgekeerd. Dit kan ook het gevolg zijn van de afgenomen zwaveldepositie met als gevolg een daling van de concentratie die het eerst tot uiting komt in het bovenste filter. De sulfaatconcentratie op 15-30 m is vanaf 1988 licht gestegen. Zowel de stijging als de daling zijn echter relatief gering. (zie figuur 6.8 links). De concentratieverdeling van sulfaat is veel gelijkmatiger dan die van nitraat. (figuur 6.8 rechts).



Figuur 6.8. Gemiddelde sulfaatconcentratie in de periode 1984-2000 (links) en de concentratieverdeling in 2000 (rechts) in het ondiepe-middeldiepe grondwater.

6.4 Heeft bemesting effect op de kwaliteit van het grondwater op 5-30 m diepte?

De analyse van de gegevens zoals in § 6.5 gepresenteerd laat geen duidelijke uitspraken toe over mogelijke kwaliteitsveranderingen in de tijd, als gevolg van een verandering in de bodembelasting. Om dit verband te kunnen leggen moet rekening worden gehouden met de reistijd van het grondwater in de bodem.

Er zit vertraging tussen het moment dat water met de daarin opgeloste stoffen aan het bodemoppervlak infiltreert en het moment dat dit water (plus opgeloste stoffen) op een bepaalde diepte in de bodem is aangekomen. Deze vertraging, ofwel de reistijd van water tussen bodemoppervlak en een putfilter, wordt o.a. bepaald door lokale bodem- en geohydrologische omstandigheden zoals de hoogte van de voeding (neerslagoverschot) en de diepte van het filter en is voor elk LMG-filter verschillend. De grondwaterkwaliteit in een bepaald jaar zoals weergegeven in figuur 6.4 is gebaseerd op meer dan 200 monsters met verschillende reistijden en verschillend tijdstip van infiltratie aan het bodemoppervlak. Met behulp van grondwaterdatering (tritium) is de ouderdom en de reistijd van maaiveld naar het desbetreffende LMG-filter berekend. Voor elke gemeten nitraatconcentratie (en concentraties van andere stoffen) is vervolgens vastgesteld wanneer het bemonsterde grondwater is geïnfilteerd in de bodem. Hierbij geldt: $bronjaar = meetjaar - reistijd$.

De bronjaren voor de bemonstering van het LMG in 2000 staan in tabel 6.1 Ter vergelijking zijn ook gegevens van het bovenste grondwater vermeld. De verdeling van bronjaren komt goed overeen met de fasen in de stikstofbemesting in Nederland. (Bronswijk & Prins, 2001).

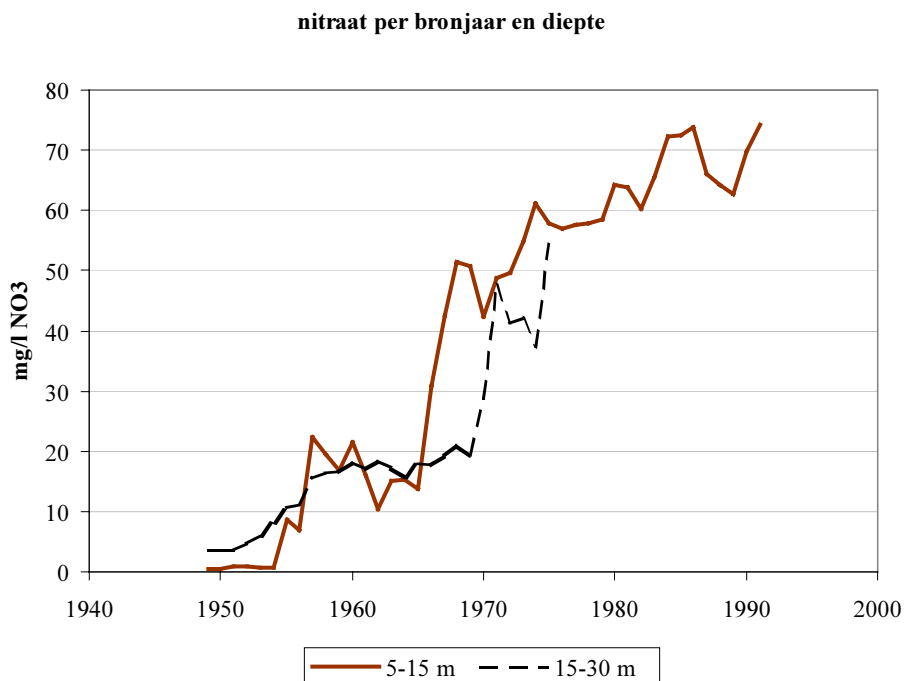
Tabel 6.1 Bronjaar, gemiddelde nitraatconcentratie en % waarnemingen groter dan de streefwaarde en MTR waarde voor nitraat in het bovenste, ondiepe - middeldiepe grondwater onder landbouw op zand. Bemonstering 2000 (LMM en LMG).

Diepte	Bronjaar			Gemiddelde NO ₃ concentratie	% > 25 mg/l	% > 50 mg/l
	voor 1950	1950- 1980	na 1980			
0-5 *	0 %	0 %	100%	90 mg/l	89 %	81% **)
5-15	19%	9 %	72%	45 mg/l	26	21
15-30	34%	65%	1%	10 mg/l	6	6

*) op bedrijfsniveau **) akkerbouw 72%; melkveehouderij: 77%; overig 93%

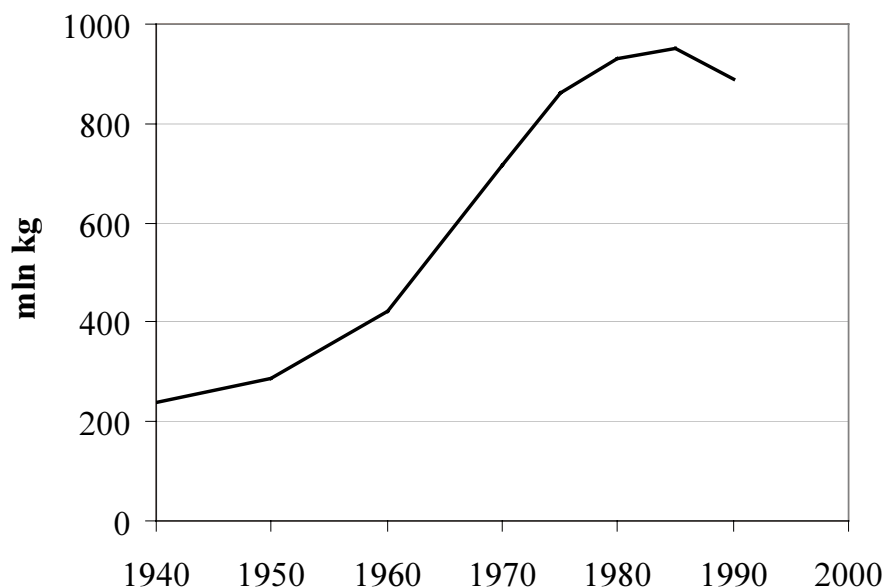
Het grondwater dat zich in de gebieden met landbouw op zand in 2000 tussen 5 en 15 m diepte bevond is voor het overgrote deel geïnfiltreerd na 1980. Het grondwater tussen 15 en 30 m diepte is afkomstig van vóór 1980 terwijl een aanzienlijk deel zelfs al voor 1950 is geïnfiltreerd. Omdat binnen een bepaald dieptetraject het grondwater een grote spreiding in bronjaar heeft, is figuur 6.4 niet erg geschikt om een relatie te leggen tussen nitraat in het grondwater en de stikstofbemesting in het verleden.

De gemiddelde nitraatconcentratie van het grondwater onder landbouw op zand is afhankelijk van het bronjaar weergegeven in figuur 6.9. Figuur 6.10 laat het verloop zien van de stikstofbemesting in Nederland in de periode 1950-1998 (RIVM, 1988, 2001).



Figuur 6.9 Gemiddelde nitraatconcentratie per bronjaar in grondwater onder landbouw op zand dat in 2000 is bemonsterd.

N-aanvoer via bemesting



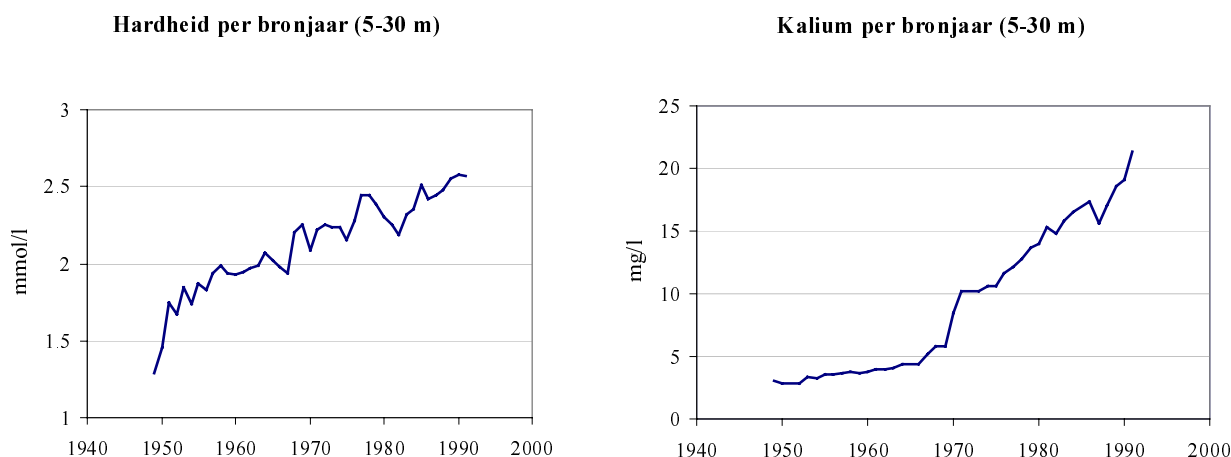
Figuur 6.10 Ontwikkeling van de landelijk gemiddelde N-bemesting in Nederland in de periode 1940-1993 (naar: Bronswijk & Prins, 2001).

Het verloop van de nitraatconcentratie vertoont hetzelfde beeld als de aanvoer van N via de bemesting.

Tot ca. 1950 is de bemesting in Nederland relatief laag. Het grondwater dat in die periode is geïnfiltreerd, heeft een lage nitraatconcentratie. Tussen 1950 en 1980 vindt een grote stijging plaats in de stikstofbemesting en daarmee in de belasting van bodem en grondwater. Ook het grondwater dat uit die periode stamt, laat die stijging zien. Na 1980 neemt de stikstofbemesting nog toe tot 1986 en neemt daarna af.

In het grondwater op 5-15 m stijgt de nitraatconcentratie nog steeds. Het jonge grondwater dat eind jaren 80 en beginjaren 90 is geïnfiltreerd heeft een duidelijk hogere nitraatconcentratie (ca. 70 mg/l) dan de gemiddelde waarde voor 2000 (45 mg/l). Er is dus een duidelijk verband tussen het verloop van de stikstofbemesting in Nederland en de gemiddelde nitraatconcentratie in het Nederlandse grondwater op 5-30 m diepte.

De voorgaande conclusie wordt ondersteund doordat eveneens een goede relatie tussen aanvoer via bemesting en concentratie in het grondwater geldt voor een aantal andere aan bemesting gerelateerde parameters zoals de hardheid, kalium en sulfaat. In figuur 6.11 is het beeld voor voor kalium en de hardheid weergegeven. Zowel kalium als hardheid vertonen een duidelijke toename in de tijd als rekening wordt gehouden met het tijdstip van infiltratie (bronjaar).



Figuur 6.11 Gemiddelde hardheid en kaliumconcentratie per bronjaar in grondwater onder landbouw op zand dat in 2000 is bemonsterd.

Verwachte ontwikkeling van de nitraatconcentraties in het grondwater

In 1986 heeft de stikstofbemesting in Nederland het hoogste niveau bereikt en is daarna eerst min of meer constant gebleven. Pas de laatste jaren is sprake van een duidelijke daling (RIVM-CBS, 2001). Het grondwater op een diepte van 5-15 m is voor het overgrote deel geïnfiltreerd na 1980 (tabel 6.1). De verwachting is daarom dat de gemiddelde nitraatconcentratie van het grondwater tussen 5 en 15 m diepte reeds een relatief hoge waarde heeft bereikt en in de toekomst niet veel meer zal stijgen. Dat de nitraatconcentratie op deze diepte duidelijk lager is dan in de bovenste meter van het grondwater (zie tabel 6.1 voor huidige waarden) moet voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan denitrificatie in de tussengelegen bodemlagen. Het grondwater tussen 15 en 30 m diepte is in het jaar 2000 echter afkomstig uit de periode vóór 1980 (tabel 6.1). Het grondwater met daarin opgelost nitraat, dat na 1980 is geïnfiltreerd, kan daar nog niet aangekomen zijn. De relatief lage concentraties in dit dieptetraject kunnen vrijwel geheel worden toegeschreven aan de lange reistijden.

Wat er precies zal gebeuren is echter onzeker om de volgende redenen:

- de reistijden van relatief oud grondwater (voor 1953 geïnfiltreerd) kan niet altijd goed bepaald worden, en dus is soms niet te zeggen of oud grondwater een reistijd van bijvoorbeeld 50 of 100 jaar heeft;
- Het is niet bekend of er denitrificatie optreedt in het traject tussen 5-15 en 15-30 m en hoe groot deze zal zijn. Uit figuur 6.9 blijkt echter dat de diepere putten vrijwel hetzelfde reageren als de ondiepe putten.

6.5 Conclusies

- De effecten van een belasting aan maaiveld door meststoffen zijn vooral in de zandgebieden merkbaar en ze leiden tot een overschrijding van de streef- en MTR waarden voor nitraat.
- In de zeekeleigebieden komen hoge ammonium-N en totaal-P concentraties in het ondiepe en middeldiepe grondwater voor. Deze hoge concentraties zijn vrijwel niet door bemesting veroorzaakt.
- Nitraat komt vooral voor onder landbouw en bebouwd gebied op zandgrond. Onder landbouwgronden zijn de concentraties hoger dan bij bebouwd gebied en bos.
- Er is sprake van een scheve verdeling van nitraatconcentraties: een hoge gemiddelde concentratie op 5-15 m (45 mg/l) wordt door ca. 25% van de putten bepaald. Een klein aantal putten heeft een hoge concentratie tot meer dan 4 maal de MTR waarde.
- Het aantal waarnemingen boven de streefwaarde en de MTR waarde voor nitraat in grondwater onder landbouw op zand is vanaf 1984 vrijwel constant voor beide diepten. (% waarnemingen > MTR: ca. 20% op 5-15 m; ca. 7% op 5-30 m)
- De nitraatconcentraties zijn in het middeldiepe grondwater op 5-15 m duidelijk lager dan in het bovenste grondwater. Op 15-30 m diepte worden nog lagere waarden gemeten. Dit komt door een combinatie van oorzaken (i) de overwegend horizontale stroming van het grondwater naar waterlopen (sloten/beken). (ii) het optreden van denitrificatie in de bodem en (iii) de lange reistijd.
- Als rekening wordt gehouden met het tijdstip van infiltratie in de bodem dan is er een duidelijk verband met de hoeveelheid stikstof die via bemesting op de landbouwgronden is gebracht. Dit verband is het meest duidelijk in het jonge water. Meer dan 70% van het grondwater op 5-15 m, dat in 2000 is bemonsterd, dateert van na 1980. Het grondwater op 15-30 m (in 2000 bemonsterd) is vrijwel voor 100% vóór 1980 geïnfilterd en 34% dateert zelfs van vóór 1950. Op grotere diepte (15-30 m) kan het effect van de bemesting in het verleden vanwege de lange reistijd nog maar gedeeltelijk zijn doorgewerkt.
- Nitraatconcentraties in dagzomend grondwater in bronnen aan de randen van het Zuid Limburgse centrale plateau (lössgebied) zijn sterk verhoogd. Ca. 50% van de bronnen heeft een concentratie die 100 mg/l of hoger is. Van 1985-2001 is de gemiddelde concentratie hier met 22 mg/l gestegen. Dit duidt erop dat lössgronden uitspoelingsgevoelig zijn.

7. Het diepe grondwater

7.1 Inleiding

Onder het diepe grondwater wordt hier verstaan het water op een diepte van meer dan 30 m. Informatie over de samenstelling hiervan is vooral aanwezig bij de waterbedrijven die dit grondwater gebruiken als grondstof voor de drinkwaterbereiding.

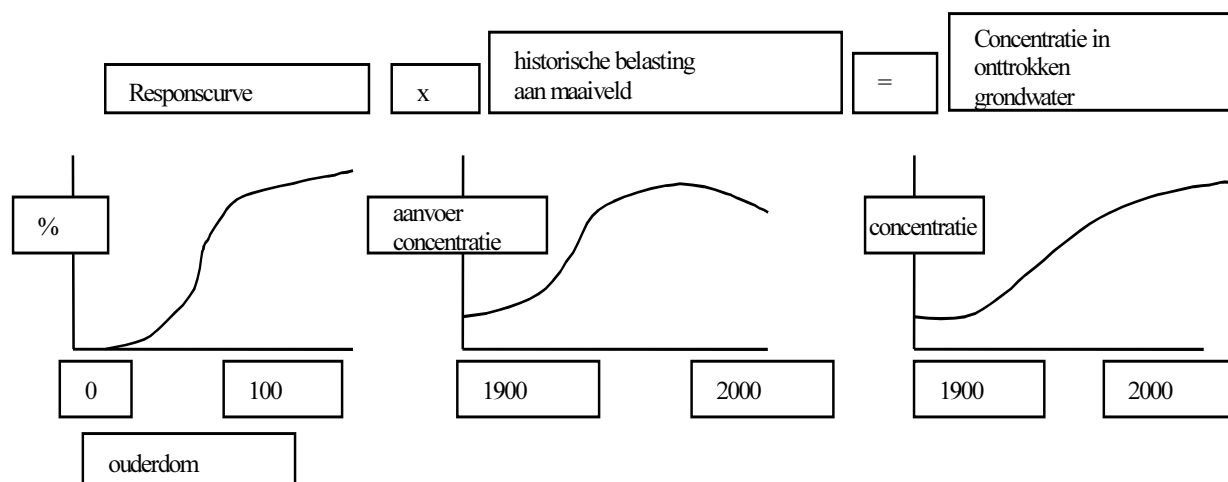
De bijdrage aan dit hoofdstuk is grotendeels gebaseerd op een studie die in opdracht van het Ministerie van VROM is uitgevoerd door KIWA N.V. Hierover zal een apart achtergrondrapport worden uitgebracht (Van Beek *et al*, 2002).

In Nederland onttrekken waterbedrijven het grondwater tussen diepten van 30 tot 300 m. Ca. 60% van de drinkwatervoorziening in Nederland komt uit grondwater.

Het effect van vermisting op de chemische samenstelling van het onttrokken grondwater wordt bepaald door:

- ouderdom van het onttrokken grondwater: De ouderdom van grondwater dat wordt gebruikt voor de openbare drinkwatervoorziening varieert tussen enkele tientallen jaren, voor ondiepe winningen, en 20.000 jaar, onder dikke kleilagen in de Centrale Slenk (Noord Brabant). Grondwater ouder dan 50 jaar kan geen effecten van vermisting vertonen;
- landgebruik: Indien een groot gedeelte van het gebied rond een puttenveld wordt ingenomen door landbouw, zal het effect groter zijn dan wanneer een klein gedeelte wordt ingenomen;
- bodemtype: Het uitspoelend grondwater zal met de bodemmatrix reageren, waardoor allerlei stoffen verdwijnen of gevormd worden.

Voor stoffen die in de bodem mobiel zijn, zoals nitraat en sulfaat, is de concentratie in het onttrokken grondwater gelijk aan het 'product' van de netto aanvoer aan maaiveld en de verblijftijd van het onttrokken grondwater, zie afbeelding 7.1. Voor stoffen die tijdelijk door de bodem worden vastgelegd, komt daar bovenop nog een vertragsingsfactor.



Figuur 7.1: Concentratie van een stof in het onttrokken grondwater als product van de ouderdomsverdeling van het onttrokken grondwater en de historie van de belasting.

7.2 Indeling van winningen naar kwetsbaarheid

De indeling van winningen naar kwetsbaarheid is gebaseerd op de (gesommeerde) weerstandswaarde en diepteligging van slecht doorlatende lagen tussen maaiveld en putfilter. De gehanteerde systematiek is schematisch weergegeven in tabel 7.1. Aan de codering voor de geohydrologie wordt in bijzondere gevallen een toevoeging voor de herkomst van het water gekoppeld. De weerstandswaarde (c) is uitgedrukt in dagen.

Tabel 7.1: Gebruikte geohydrologische indeling van de winningen.

Hoofdindeling (type watervoerend pakket)		Sub-indeling (weerstand afdekkende lagen)		Toevoeging	
Code	Omschrijving	Code	Omschrijving	code	Omschrijving
A	winning uit bovenste watervoerend pakket	1	$c \leq 250$ dagen	C	winning uit oevergrondwater
B	winning uit dieper watervoerend pakket.	2	$250 \leq c \leq 2.500$ dagen	D	winning uit (duin) infiltratiewater
		3	$2.500 < c \leq 10.000$ dagen	K	winning uit kalksteen
		4	$c > 10.000$ dagen		

In bovenstaande indeling onttrekken de winningen behorend tot het type A1 het jongste grondwater, en de winningen behorend tot B4 het oudste water. De ouderdom van het grondwater onttrokken op winningen behorend tot B4 kan oplopen tot meer dan 20.000 jaar. Winningen behorend tot groep A1 zijn dan ook (hydrologisch) het meest kwetsbaar, die behorend tot B4 zijn (hydrologisch) niet kwetsbaar.

De grondwaterwinningen zijn vervolgens onderverdeeld in drie categorieën op basis van bovenstaande systematiek. Het resultaat van deze onderverdeling is in tabel 7.2 weergegeven. In totaal zijn 214 grondwaterwinningen beoordeeld.

Tabel 7.2: Indeling van de winningen in kwetsbaar en in weinig of niet kwetsbaar.

Categorieën	Type winningen	Aantal winningen
Kwetsbare winningen	A1(K), A2 en B1	110
Weinig kwetsbare winningen	A3, B2(K), B3(K) en B4	81
Overige winningen	C (oevergrondwater)	17
	D (duininfiltratie)	6

De 110 kwetsbare winningen onttrokken in 2000 ca. 50% van de totale hoeveelheid grondwater die voor de drinkwatervoorziening werd gewonnen.

7.3 Effecten van bemesting op kwetsbare winningen

De volgende chemische parameters in het opgepompte water kunnen in verband gebracht worden met effecten van bemesting en depositie op de samenstelling van het grondwater. De nitraatconcentratie (NO_3^-): nitraat vormt onder zuurstofrijke omstandigheden een directe maat voor het effect van vermesting. Onder zuurstofarme omstandigheden en bij aanwezigheid van een geschikte reductor (bijvoorbeeld organische stof of pyriet), kan nitraat echter gereduceerd worden tot stikstofgas. In onbeïnvloed grondwater komt 1-2 mg/l nitraat

voor. In water van recentere datum kunnen onder invloed van vermisting, depositie en bewoning verhoogde concentraties voorkomen.

De sulfaatconcentratie (SO_4^{2-}): mest is ook een bron van sulfaat. Verhoogde sulfaatconcentraties kunnen ook duiden op oxidatie van ijzersulfiden (o.a. pyriet) door zuurstof onder invloed van grondwaterstandsverlaging (verdroging) en door nitraat als gevolg van vermisting. Verder is sulfaat aanwezig als gevolg van atmosferische depositie.

De totale hardheid (TH): totale hardheid is de som van Ca en Mg ionen, uitgedrukt in mmol/l. Calcium en magnesium zijn bestanddelen van dierlijke mest en kunstmest (o.a. landbouwkalk). In kalkrijke bodems bedraagt de 'achtergrondconcentratie' ca. 1,5- 2 mmol/l. De extra hardheid ontstaat door zuurvorming als gevolg van oogstafvoer, atmosferische depositie en verdroging.

Sporenelementen (Zn, Ni en As): mest is een bron van o.a. zink en arseen. Door oxidatie van pyriet onder kalkloze omstandigheden kunnen zink, arseen en nikkel vrijkomen. Zink en arseen worden bij de gangbare zuivering verwijderd. Voor nikkel moeten aanvullende zuiveringsmaatregelen genomen worden.

In deze rapportage worden nitraat, sulfaat, hardheid en nikkel in het opgepompte water verder toegelicht. Deze stoffen zijn van belang uit oogpunt van gezondheid (nitraat, nikkel) en vanwege de aantasting van leidingen en waterapparatuur in woningen (sulfaat en hardheid). Dit kan vervolgens weer gezondheidseffecten hebben (in oplossing gaan van loden leidingen).

Interactie tussen meststoffen en bodemmatrix

De aanvoer van meststoffen bestaat niet alleen uit stikstof, maar ook uit fosfor en kalium. Naast deze meststoffen worden ook begeleidende stoffen toegediend, zoals zwavel (in dierlijke mest) en hardheid (calcium en magnesium in kunstmest en in dierlijke mest). Afhankelijk van de bodemkundige omstandigheden kan de bodemmatrix verschillende reactieve bestanddelen bevatten. Meststoffen zullen met deze reactieve bestanddelen reageren.

Indien de bodem (reactief) organisch materiaal bevat, zal nitraat tot stikstofgas (N_2) worden gereduceerd, waarbij waterstofcarbonaat vrij komt.

Zo zal belasting van een veenbodem met nitraat niet leiden tot de aanwezigheid van nitraat in het ondiepe grondwater. Door de overvloedige aanwezigheid van organisch materiaal zal nitraat namelijk in stikstofgas worden omgezet, waarbij vrij koolzuur of waterstofcarbonaat wordt gevormd. Dat het optreden van denitrificatie leidt tot een versnelde afbraak van veen, en daarmee tot een versnelde daling van het maaiveld, valt buiten de reikwijdte van deze rapportage.

Indien de bodem ijzersulfiden (pyriet) bevat, zal ook denitrificatie optreden, waarbij sulfaat (SO_4^{2-}) en zuur (H^+) vrij komen. Indien de bodem kalk bevat zal het gevormde zuur door deze kalk worden geneutraliseerd, waarbij hardheid (de som van de concentraties van calcium, Ca^{2+} , en magnesium, Mg^{2+}) en waterstofcarbonaat (HCO_3^-) wordt gevormd.

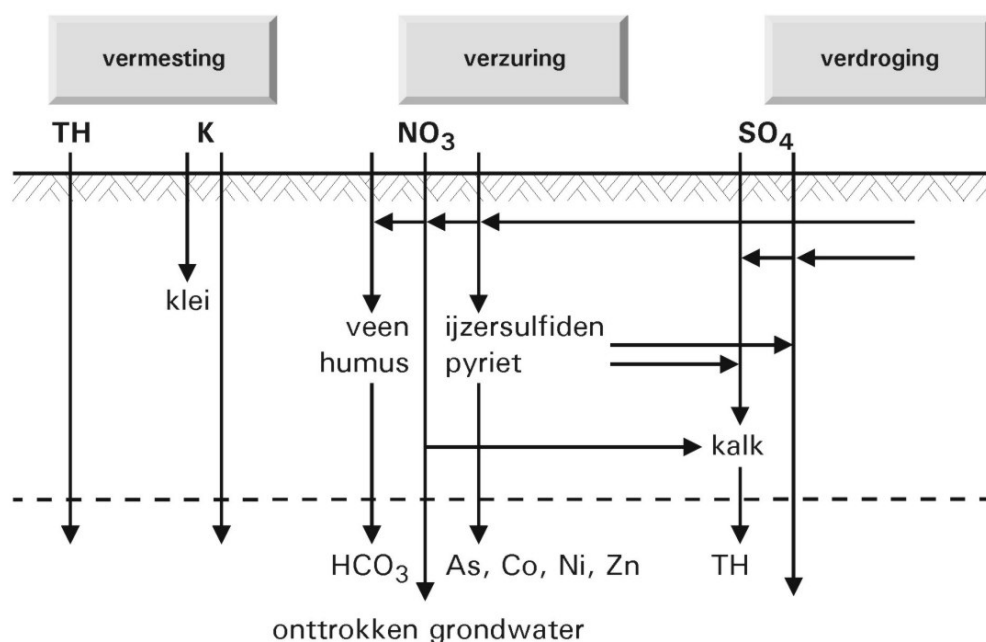
Nikkel wordt niet aan de bodem toegevoegd. Echter de bodemmatrix bevat nikkel dat onder bepaalde omstandigheden uit de matrix kan worden vrijgemaakt en oplost in het grondwater.

De invloed van vermesting, verdroging en verzuring

De beschouwde parameters nitraat, sulfaat, hardheid en nikkel behoeven niet direct of indirect afkomstig te zijn van landbouw, maar kunnen ook van andere herkomst zijn, of door andere processen uit de bodemmatrix worden gemobiliseerd. Zo is op landbouwgronden ook sprake van atmosferische (zure) depositie (SO_x , NO_x , NH_3). Het gedeponeerde zuur heeft dezelfde uitwerking als beschreven bij vermesting.

Door verlaging van de grondwaterspiegel (verdroging) kan organisch materiaal (veen) aan atmosferische zuurstof worden blootgesteld. Indien de bodem ondiep ijzersulfiden (pyriet) bevat, zal deze pyriet bij verlaging van de grondwaterspiegel (verdroging) ook aan atmosferische zuurstof worden blootgesteld. Bij oxidatie van organisch materiaal en van pyriet komen door zuurstof dezelfde stoffen vrij als bij oxidatie door nitraat.

Figuur 7.2 geeft een overzicht van de stoffen die betrokken zijn bij de verstoringprocessen vermesting, verzuring en verdroging en de interactie tussen deze stoffen en de bodemmatrix.



Figuur 7.2 Aanvoer van stoffen bij vermesting, verzuring en verdroging en hun interactie met de bodemmatrix (Van Beek et al, 2002).

Uit de chemische samenstelling van het (onttrokken) grondwater is wel af te leiden welke bodemchemische processen zijn opgetreden, echter niet de individuele bijdragen door vermesting, verzuring en verdroging.

In landbouwgebieden wordt verzuring van de bodem bestreden met bekalking. Wanneer echter in een natuurgebied sprake is van een kalkloze bodem dan wordt het zuur geneutraliseerd door het in oplossing gaan van aluminiumhydroxiden. Hierbij kunnen hoge concentraties van aluminium in het grondwater ontstaan.

De mate waarin vermesting, verdroging en verzuring bijdragen aan de kwaliteitsverandering van het diepe grondwater hangt af van onderstaande factoren:

- De intensiteit van de verstoring.
 - In gebieden met een grote productie van dierlijke mest zullen de effecten van vermesting duidelijker zijn dan in gebieden met een geringe productie. Evenzo zullen de effecten van atmosferische depositie onder bos (veel 'invang') duidelijker zijn dan onder heide.
- De verdeling van de (gemiddelde) ouderdom van het onttrokken grondwater.
 - Deze vertoont een grote variatie. Zo zijn er (kwetsbare) winningen waarvan al het

- onttrokken grondwater jonger is dan 100 jaar, terwijl op andere (kwetsbare) winningen maar een klein gedeelte van het onttrokken grondwater jonger is dan 100 jaar.
- Het landgebruik binnen het intrekgebied.
De verdeling van het landgebruik rond de winningen is zeer variabel: bij sommige winningen bestaat het volledige intrekgebied uit landbouw, bij andere uit natuur en bij weer andere uit stedelijk gebied. Gewoonlijk komen binnen een intrekgebied de genoemde vormen van landgebruik in wisselende verhoudingen voor.
 - De intensiteit van het optreden van bodemchemische processen.
Indien pyriet slechts in een klein areaal in de omgeving van het puttenveld aanwezig is, zullen processen waarin pyriet is betrokken zich minder manifesteren dan indien de gehele omgeving pyriet zou bevatten. Hetzelfde geldt voor de aanwezigheid van organisch materiaal en van kalk.

De in tabel 7.2 genoemde 110 kwetsbare winningen zijn in 8 groepen ingedeeld op basis van optredende bodemprocessen (tabel 7.3). Binnen iedere groep is nog weer een grote spreiding in gevoeligheid door de leeftijdsverdeling van het opgepompte grondwater en het oppervlakte aandeel landbouw in het intrekgebied.

Tabel 7.3. Groepsindeling (voorlopig) van kwetsbare waterwinningen (KIWA, 2002)

Groep	Aantal kwetsbaar	Invloed landbouw (bemesting)	Effect van bemesting uit zich in:	Regio
Kalkrijk pyriet	17	++	SO ₄ , TH	o.a. Achterhoek, Twenthe
Kalkloos pyriet	10	++	NO ₃ , SO ₄ , Ni	Oost N Brabant, Noord Limburg
Keileem	12	+	TH	Drenthe
Kleine stuwwal	7	++	NO ₃ , SO ₄ , TH	verspreid in zandgebieden
Veenpolder	14	+	TH	verspreid
Grote stuwwal	35	+	NO ₃	o.a. Veluwe, Utrechtse Heuvelrug
Löss	11	++	NO ₃ , SO ₄ , TH	Z Limburg
Duinen	4	-	-	Waddeneilanden

+ lichte-matige invloed; ++ sterke invloed

De ligging van de verschillende winningen behorend tot de onderscheiden groepen is weergegeven in figuur 7.3.

De groepen winningen hebben onderstaande kenmerken.

Grote stuwwallen

Nitrat vertoont geen interactie met de bodemmatrix, de bodem bevat geen kalk.

Deze winningen zijn gelegen in de zeer oude infiltratiegebieden, namelijk de stuwwallen. Het landgebruik bestaat uit voornamelijk uit natuur. Incidenteel is wel sprake van landbouw in het intrekgebied.

Veenpolder

Hier treedt vrijwel volledige denitrificatie op door organisch materiaal.

Deze winningen zijn gelegen in polders. Een groot gedeelte van het onttrokken grondwater bestaat uit lokaal geïnfiltrerd klein oppervlaktewater. Vanwege deze infiltratie is deze groep voor het onderhavige onderzoek niet relevant.

Keileem

Hier treedt enige denitrificatie door organisch materiaal, de bodem bevat enige kalk. Deze winningen zijn gelegen in matig oude infiltratiegebieden.

Duinen

Nitraat vertoont geen interactie met de bodemmatrix, de bodem is kalkrijk. Dit zijn de winningen gelegen in jonge (duin)afzettingen. Het landgebruik bestaat hier uit natuur, waardoor deze groep voor het onderhavige onderzoek niet relevant is.

Kleine stuwwallen

Het onttrokken grondwater bevat zowel nitraat als sulfaat en een hoge hardheid. Deze winningen onttrekken een (horizontaal) mengsel van water waar nitraat geen interactie vertoont met de kalkloze bodemmatrix (stuwwal) en water waar nitraat volledig is geïdentificeerd onder invloed van organisch materiaal en ijzersulfiden (pyriet) in een kalkrijk milieu (voormalige kwelzone rond de stuwwal). Deze winningen zijn gelegen op kleine stuwwallen in Overijssel en de Gelderse Achterhoek.

Kalkrijke pyrietafzettingen

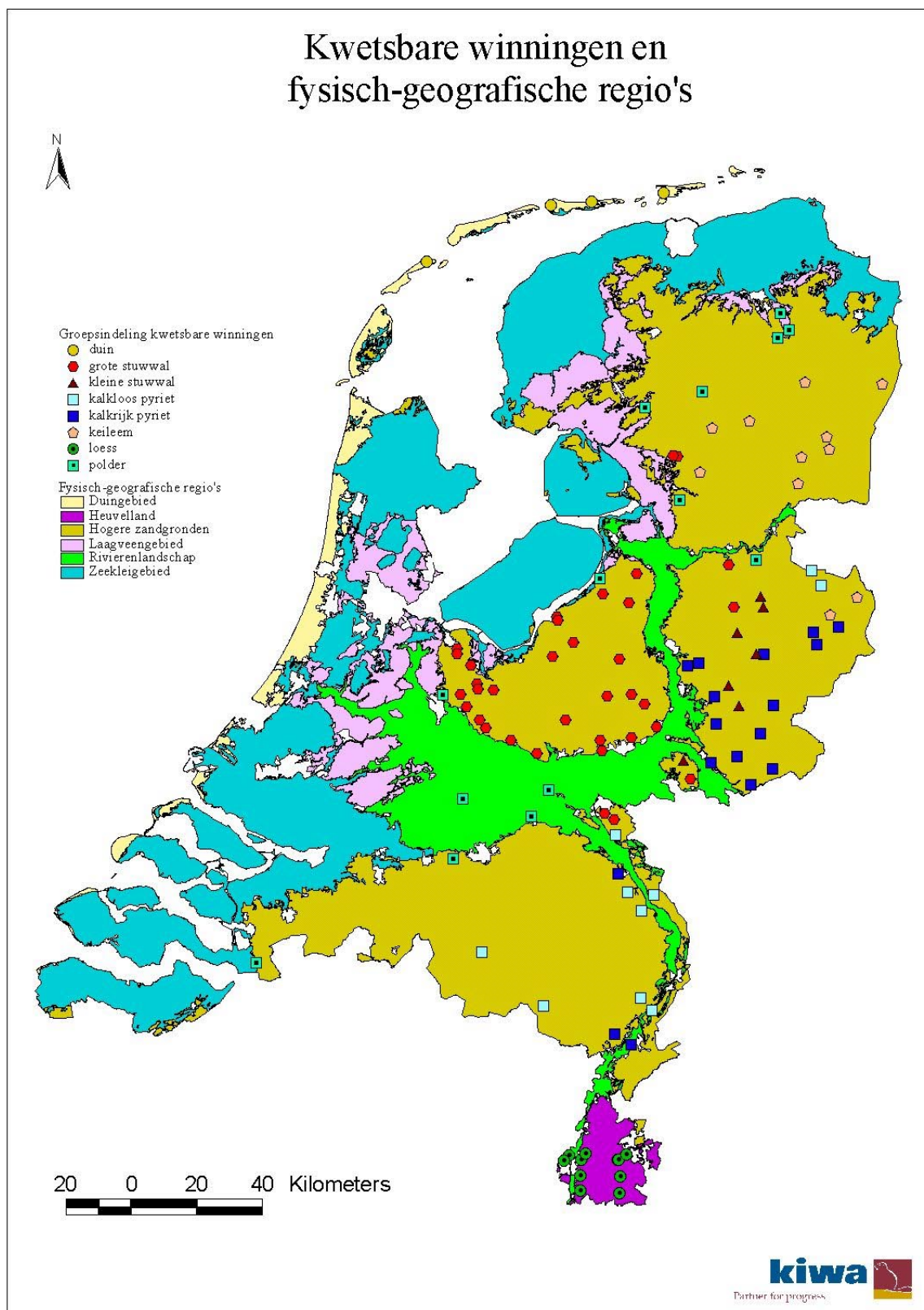
Hier treedt volledige denitrificatie op onder invloed van organisch materiaal en ijzersulfiden (pyriet) in een kalkrijk milieu. Deze winningen zijn voornamelijk in de Achterhoek en in Twente gelegen.

Löss

Tot deze groep zijn alle winningen gerekend die zich in Zuid Limburg bevinden. Hiertoe behoren ook winningen die bijvoorbeeld ten westen van de Maas zijn gelegen en strikt genomen geen lössgronden in het intrekgebied hebben. De lössgroep wordt gekenmerkt door een kalkrijk milieu waarin weinig tot geen denitrificatie optreedt. Dit geldt vooral voor de winningen die ten oosten van de Maas zijn gelegen en die grondwater onttrekken dat op de plateaus is geïnflitreerd. In bepaalde gevallen wordt echter relatief oud water opgepompt en kan mogelijk wel sprake zijn van sterke denitrificatie.

Kalkloze pyrietafzettingen

Het onttrokken grondwater bevat zowel nitraat als sulfaat. De hardheid is laag. Deze winningen onttrekken een (verticaal) mengsel van water waar nitraat geen interactie vertoont met de bodemmatrix, en water waar nitraat is verdwenen vanwege interactie met organisch materiaal en ijzersulfiden (pyriet) in een kalkloos milieu. Door de verzuring die daarmee gepaard gaat blijven sporenelementen in oplossing.



Figuur 7.3 Ligging van de kwetsbare grondwaterwinningen, onderscheiden naar type.

7.4 Huidige kwaliteitstoestand en trends

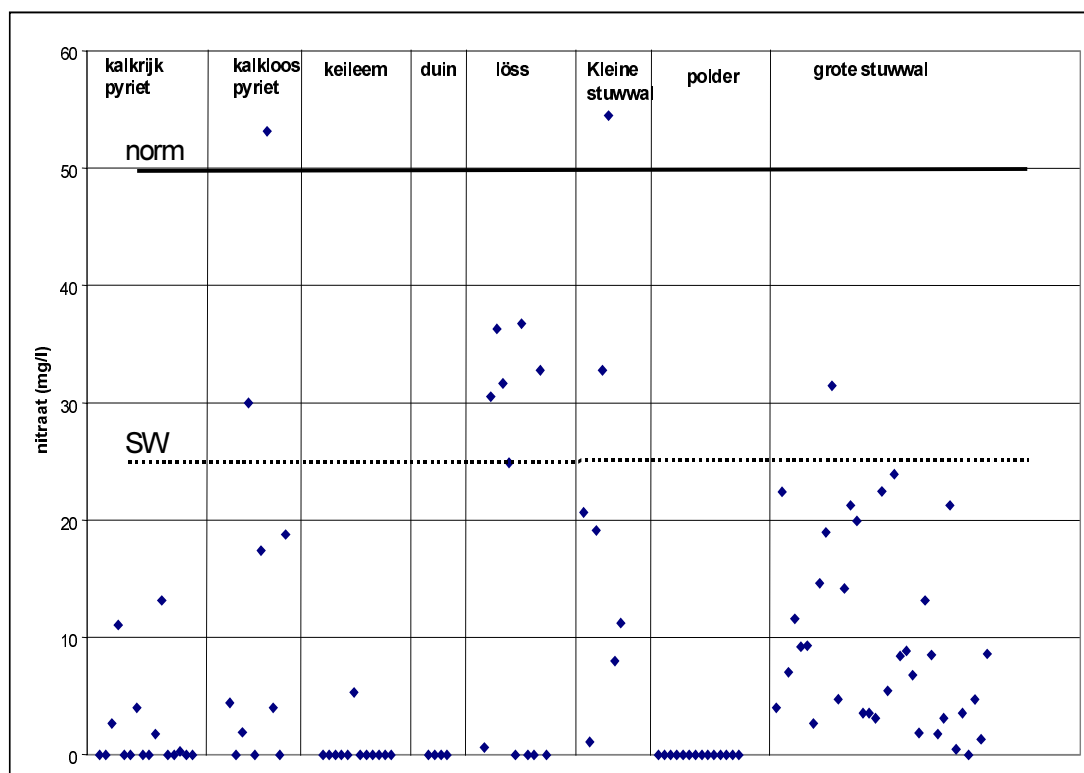
Nitraat

Uit figuur 7.4 blijkt verder dat het onttrokken grondwater van de groepen keileem, duin en polder geen nitraat bevat. De concentraties van sulfaat zijn bij deze typen winningen niet buitensporig hoog (zie figuur 7.8), wat bevestigt dat het nitraat onder invloed van organisch materiaal is omgezet en niet onder invloed van pyriet. Ter aanvulling geldt dat de belasting met nitraat in deze gebieden niet buitensporig hoog is (geweest).

Opmerkelijk is de grote variatie in de concentratie nitraat binnen het type 'grote stuwwal'. Deze variatie moet worden toegeschreven aan grote verschillen in landgebruik. Hoge concentraties nitraat worden aangetroffen binnen de groepen kalkloze afzettingen met pyriet, löss en kleine stuwwallen (mengwater).

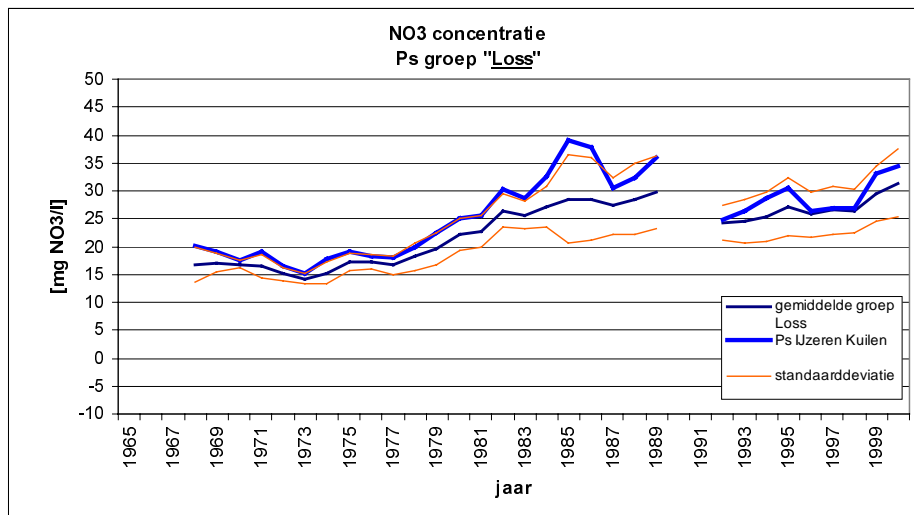
Momenteel wordt op 11 winningen de streefwaarde voor nitraat (25 mg/l) overschreden. Voor de groep 'löss' geldt dat op meerdere van deze winningen de kwaliteit tussen 30 en 40 mg/l. Dit zijn met name winningen die hun water uit het lössgebied krijgen.

Bij 2 winningen zijn aanvullende zuiveringsmaatregelen genomen om de drinkwaternorm niet te overschrijden.



Figuur 7.4 Nitraat in opgepompt water van pompstations van waterbedrijven. Situatie in 1999 (bron: KIWA, REWAB data).

De trend in nitraatconcentratie is voor de groep löss weergegeven in figuur 7.5

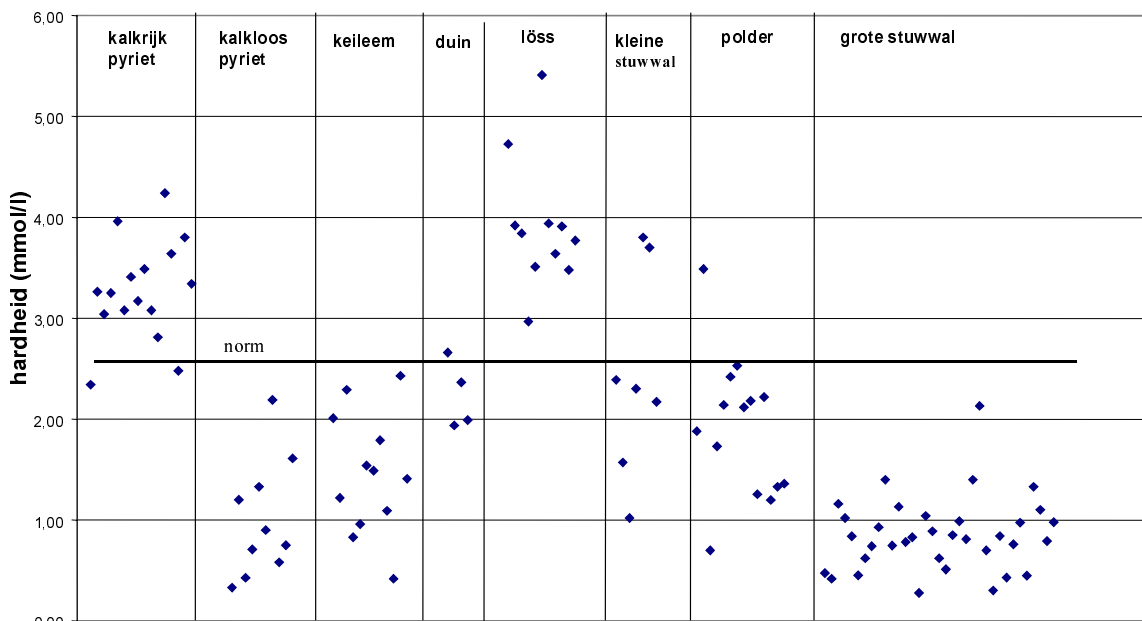


Figuur 7.5 Ontwikkeling van de nitraatconcentratie bij winningen van het type löss. Tevens weergegeven de ontwikkeling bij pompstation IJzeren Kuilen (bron: RIVM en REWAB data).

Hardheid

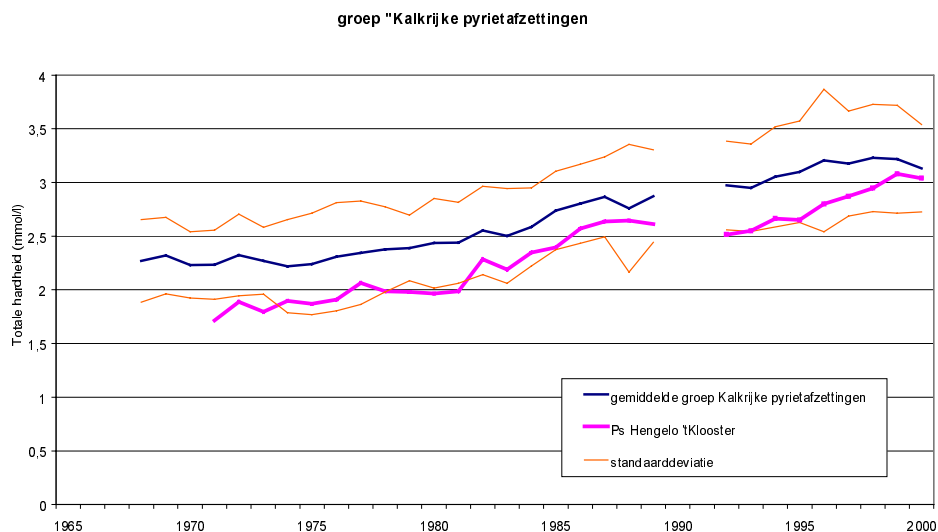
De hardheid van het onttrokken grondwater (zie figuur 7.6) is hoog als aan twee voorwaarden wordt voldaan: de aanwezigheid van kalkrijke afzettingen en een hoge belasting met zuur. Blijkbaar is dat het geval bij de groepen kalkrijk pyriet en löss. Bij deze groepen winningen is de hardheid gestegen tot boven de norm in het Waterleidingbesluit (maximaal 2,5 mmol/l) en bedraagt meer dan 3 mmol/l. Ontharding is hier reeds tot stand gebracht en ook elders in voorbereiding (o.a. in de Gelderse Achterhoek).

De laagste hardheden worden aangetroffen onder kalkloze omstandigheden met een groot aandeel natuur binnen het intrekgebied. Dit is het geval bij vele puttenvelden behorende tot de groep grote stuwwallen. De hardheid van het onttrokken grondwater van de overige groepen bevindt zich tussen deze beide uitersten.



Figuur 7.6 Hardheid in opgepompt water van pompstations van waterbedrijven. Situatie in 1999. (bron: KIWA, REWAB data)

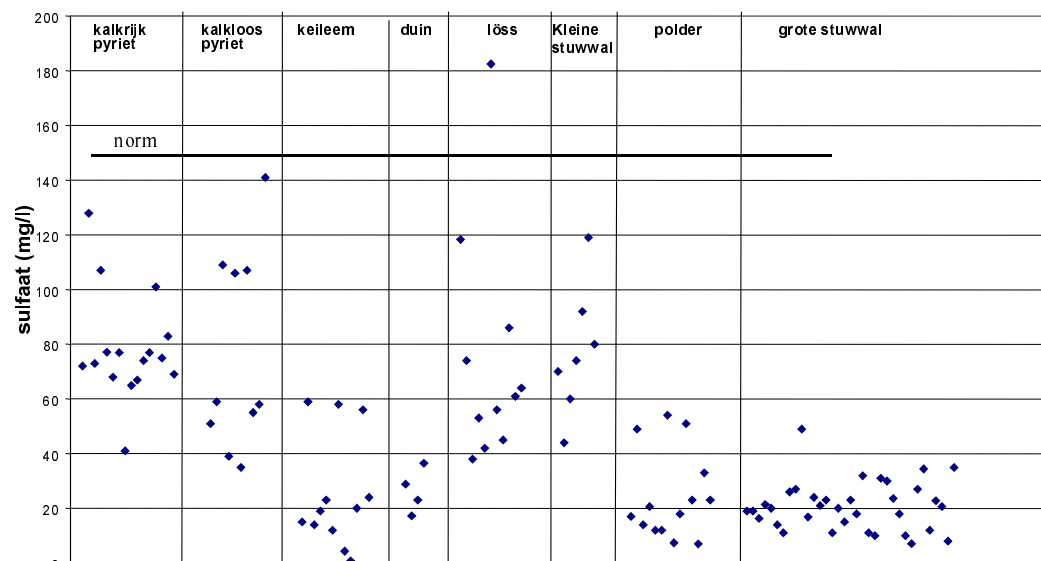
De trend in de hardheid bij de groep kalkrijk pyriet staat in figuur 7.7.



Figuur 7.7 Ontwikkeling van de hardheid bij winningen van het type kalkrijk pyriet. Tevens weergegeven de ontwikkeling bij pompstation 't Klooster (bron: RIVM en REWAB data).

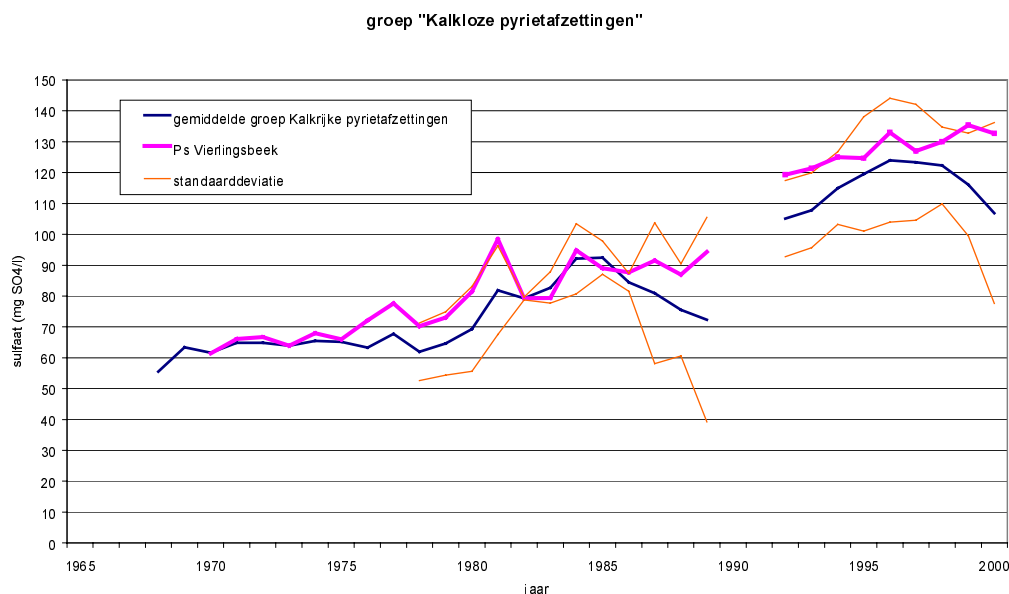
Sulfaat

Figuur 7.8 laat zien dat de hoogste concentraties van sulfaat worden aangetroffen binnen de groepen waar de bodem pyriet bevat: kalkrijke afzettingen met pyriet, kalkloze afzettingen met pyriet en de kleine stuwwallen. Het onttrokken grondwater binnen de löss groep bevat ook verhoogde concentraties sulfaat. De groepen keileem, duin, polder en grote stuwwallen bevatten lage concentraties sulfaat. De norm voor drinkwater is 150 mg/l.



Figuur 7.8 Sulfaat in opgepompt water van pompstations van waterbedrijven. Situatie in 1999 (bron: KIWA, REWAB data.)

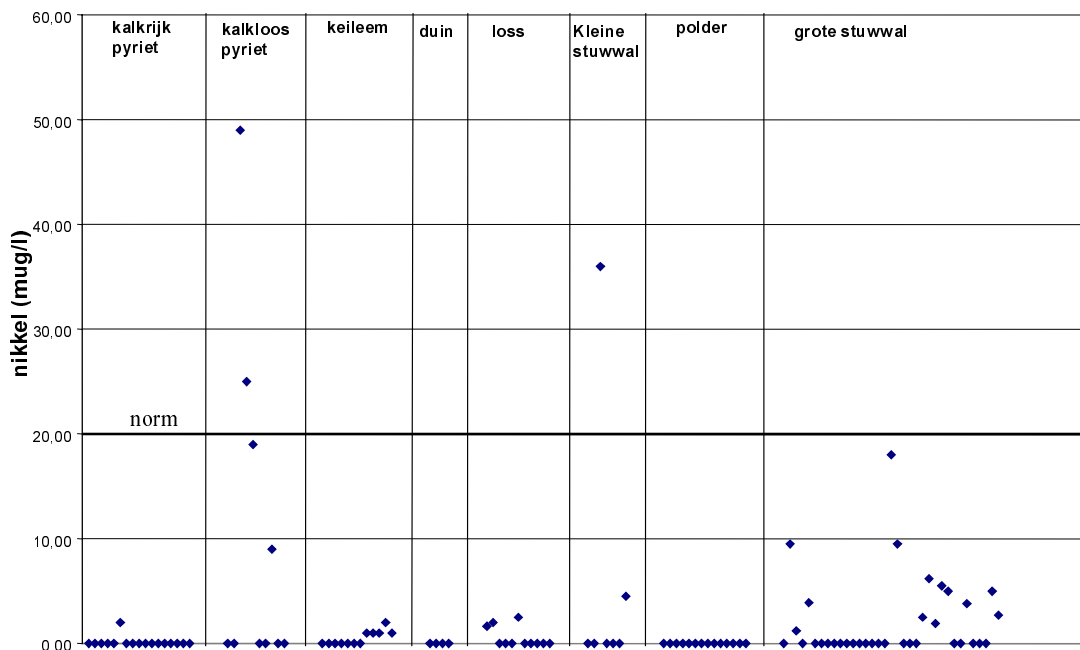
Een voorbeeld van de opgetreden kwaliteitsontwikkeling m.b.t. sulfaat voor het type “kalkloos pyriet” staat in onderstaande figuur 7.9.



Figuur 7.9 Ontwikkeling van de sulfaatconcentratie bij winningen van het type kalkloos pyriet. Tevens is weergegeven de ontwikkeling bij pompstation Vierlingsbeek (bron: RIVM en REWAB data).

Nikkel

Nikkel is in grondwater aanwezig indien aan drie voorwaarden wordt voldaan (zie figuur 7.10). Nikkel moet in de vaste fase van de bodem (bodemmatrix) aanwezig zijn, nikkel moet uit de bodemmatrix worden gemobiliseerd en de omstandigheden moeten zodanig zijn dat nikkel mobiel blijft. Nikkel is niet mobiel onder basische, dat wil zeggen kalkrijke, omstandigheden. Nikkel wordt dus niet, of in lage concentraties, aangetroffen in het onttrokken grondwater afkomstig van kalkrijke afzettingen met pyriet, keileem, duin, löss en polder. Hoge concentraties worden aangetroffen zodra er pyriet in het spel is: kalkloze afzettingen met pyriet en kleine stuwwallen. De grote stuwwallen nemen een tussenpositie in.



Figuur 7.10 Nikkel in opgepompt water van pompstations van waterbedrijven. Situatie in 1999 (bron: KIWA, REWAB data.) Waarden kleiner dan de analysegrens zijn gelijk gesteld aan nul.

7.5 Bijdrage van de landbouw

Omdat een deel van de effecten ook door depositie (zwavel en stikstof) en door verdroging (zwavel) veroorzaakt kan worden is een nadere uiteenrafeling van oorzaken uitgevoerd met behulp van een modelberekening waarbij de afbraak- en omzettingsprocessen die optreden verondersteld worden zich in de bovenlaag van de bodem af te spelen. Het is namelijk niet bekend hoe deze processen zich in de diepere bodem afspelen (Van Beek *et al*, 2002). Voor de 5 groepen winningen die het meest kwetsbaar zijn voor beïnvloeding door de landbouw, zijn berekeningen uitgevoerd voor individuele pompstations om de effecten van bemesting te kunnen kwantificeren. De winningen zijn vermeld in tabel 7.4

Tabel 7.4 Doorgerekende winningen op effecten van bemesting.

Type winning	Aantal winningen	Geselecteerde winning
Grote stuwwallen	35	Archemerberg
Kleine stuwwallen	7	Dinxperlo
Kalkrijke pyrietafzettingen	17	't Klooster
Löss	11	IJzeren Kuilen
Kalkloze pyrietafzettingen	10	Vierlingsbeek

Vervolgens zijn de uitkomsten geëxtrapoléerd naar de groep die zij vertegenwoordigen om een totaalbeeld te verkrijgen.

De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 7.5. Hierin is de bijdrage van vermessing door de landbouw weergegeven. Daar waar de bijdrage vanuit de landbouw relevant en aanzienlijk is, is dit onderstreept. Ook de drinkwaternorm is in de tabel vermeld.

Voor nitraat geldt dat, als dit aanwezig is op streefwaarde-niveau of hoger, dit nagenoeg volledig (ca. 95%) door de landbouw wordt veroorzaakt. Zodra pyriet in de bodem aanwezig is er een grote bijdrage van de landbouw aan de sulfaatconcentratie van het opgepompte grondwater (ca. 70-75%). De overige 25-30% is afkomstig van depositie. Bij de groep kleine stuwwal levert verdroging een grote bijdrage. Bij winningen waar de hardheid groter is dan ca. 2 mmol/l kan ongeveer 80% van de hardheidstoename kan worden toegeschreven aan landbouwactiviteiten.

Tabel 7.5. Bijdrage van vermisting (landbouw) aan de kwaliteit van het opgepompte grondwater van kwetsbare grondwaterwinningen.

Groep	Aantal	Gemiddelde concentratie per groep in 2000				Bijdrage landbouw (%)			
		nitraat mg/l	sulfaat mg/l	hardheid mmol/l	nikkel µg/l	nitraat	sulfaat	hardheid	nikkel
drinkwaternorm		50	150	2,5	20				
Kalkrijk pyriet	17	3	80	3,2	<5	*	75	85	#
Kalkloos pyriet	10	20	80	1,2	25-50	95	70	100	100
Keileem	12	1,4	28	1,6	<5	*	25	80	#
Kleine stuwwal	7	20	80	2,3	<5	95	10**	20**	#
Polder	14	1	25	2,1	<5	*	20	80	#
Grote stuwwal	35	11	21	0,9	<5	55	5	100	#
Löss ¹	9	30-40	50	3,7	<5	95***	20***	75***	#
Duin	4					niet relevant			

- ¹) winningen met lössgronden in het intrekgebied
 *) volledige denitrificatie
 **) exclusief de bijdrage van verdroging door de landbouw (ontwatering) en de waterwinning
 ***) indicatief i.v.m. de complexe hydrologische situatie alhier
 #) vastlegging door de bodem van eventueel vrijgemaakt nikkel

7.6 Conclusies

- Van de 214 beschouwde grondwaterwinningen zijn er gelet op winningstype, ligging, areaal landbouw in de omgeving en het optreden van processen in de bodem, zijn er ca. 110 direct kwetsbaar voor nitraatuitspoeling uit de landbouw of kwetsbaar voor volgproducten van denitrificatie. Deze winningen zijn nader onderverdeeld in 8 groepen. Deze onttrekken ca. 50% van de totale wincapaciteit uit grondwater.
- Vanwege de lange verblijftijden van het grondwater in de bodem, kan bij veel winningen het effect van de in de afgelopen decennia toegenomen bemesting nog niet merkbaar zijn.
- Bij 11 winningen is sprake van nitraatconcentraties hoger dan de streefwaarde. Dit zijn winningen die relatief jong water oppompen, veel landbouw in het intrekgebied hebben en waar weinig of geen denitrificatie optreedt. Op 2 winningen wordt in het ruwe water de drinkwaternorm overschreden en zijn aanvullende maatregelen genomen.
- Op een aantal winningen zijn volgproducten van denitrificatie merkbaar (sulfaat, hardheid). Dit zijn winningen waar kalk en/of pyriet in de ondergrond voorkomen
- Als nitraat in het opgepompte grondwater aanwezig is, is dit vrijwel volledig (ca. 95%) door de bemesting veroorzaakt.
- Als pyriet in de bodem aanwezig is, is de bijdrage van de landbouw aan de sulfaatconcentratie van het opgepompte grondwater ca. 70-75%. De overige 25-30% is afkomstig van depositie. Ca. 80% van de hardheidstoename kan worden toegeschreven aan landbouwactiviteiten.
- In bepaalde gevallen worden hoge arseen, zink en nikkelconcentraties gemeten. Zink en arseen worden bij de gangbare zuivering verwijderd, nikkel niet. Hoge nikkelconcentraties worden aangetroffen zodra er pyriet in het spel is vooral bij winningen uit kalkloze afzettingen met pyriet
- De winningsgroepen ‘kleine stuwwal’, ‘kalkloos pyriet’, ‘kalkrijk pyriet’ en ‘löss’ zijn het meest kwetsbaar voor kwaliteitsbeïnvloeding door bemesting in de landbouw.

Literatuur

Beek, C.G.E.M. van, C. Vink en J.G.R. Beemster (2002). Bemesting en grondwaterwinning. Invloed van meststoffen op de kwaliteit van door waterleidingbedrijven opgepompt grondwater. KIWA rapport.

Berge, H.F.M. ten, J.J. Schröder, E.J. Hofstad, P.L.A van Enckevort, J.R. van der Schoot, R.L.M. Schils, I.E. Hoving, M.H.A. de Haan, J. Roelsma (2001). A base-line survey of indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands. Rapport Alterra; Sturen op Nitraat, rapport 2.

Boumans, L.J.M (2001). Eerste tussentijdse rapportage Trendmeetnet verzuring. Interne RIVM notitie juli 2001.

Boumans, L.J.M., B. Fraters en G. van Drecht (2001) Nitrate in the upper groundwater of 'de Marke' and other farms. Neth. Journal of Agr. Science 49, pp 163-177.

Bronswijk, H en H. Prins (2001) Stikstofbemesting en nitraatconcentraties in het diepere grondwater van Nederland. H₂O nr 25/26, pp 27-29.

EC LNV (2001). Derde Monitoringsrapportage Mineralen- en ammoniakbeleid. Rapport nr 278. Expertisecentrum LNV.

EU (1980). Richtlijn van de raad van 15 juli 1980 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water. Richtlijn 80/778/EEG. Brussel: Europese Gemeenschap.

EU (1999): Draft Guidelines for the monitoring required under the nitrates directive (91/676/EEC).

Fraters, B (1998). Resultaten MOL-zand 1998. RIVM briefrapport 714852001, november 1998.

Fraters, B., M.M. van Eerdt, D.W. de Hoop, P. Latour, C.S.M. Olsthoorn, O.C. Swertz, F. Verstraten en W.J. Willems (2000). Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland. Achtergrondinformatie periode 1992-1997 voor de landenrapportage EU Nitraatrichtlijn. RIVM rapport 718201003.

Fraters, B. en L.J.M. Boumans (1997). Fosfaatverzadigde gronden: een overzicht. Deel 1: Technische achtergronden bij de aanpak van fosfaatverzadigde gronden. RIVM rapport 716601001.

Fraters, B., H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans, T. de Haan, D.W. de Hoop (1997). Resultaten Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven in het zandgebied (MKBGL-zand) 1992-1995. Bilthoven, RIVM rapport 714801014.

Fraters, B., L.J.M. Boumans en H.F. Prins (2001) Kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwgrond in Nederland, met de nadruk op nitraat, in de periode 1992-2000. Notitie t.b.v. van de Begeleidingscommissie van het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid. Conceptversie 1.3 van 23 november 2001.

Goodwill, R (2000). Verslag over de uitvoering van richtlijn 91/676/EEG inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen. Commissie milieubeheer, volksgezondheid en consumentenbeleid van het Europees Parlement, 6 december 2000 nr A5-0386/2000.

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan, P. del Castilho (1998). Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten 1995. Bilthoven, RIVM rapport 714801024.

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan, P. del Castilho (1997). Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten 1994. Bilthoven, RIVM rapport 714801017.

Hees, E., D. Boels en H.F.M. ten Berge (2002). Perspectieven voor indicatoren als hulpmiddel bij het realiseren van de doelstelling van de Europese Nitraatrichtlijn. Rapport Alterra in kader van project Sturen op Nitraat.

Hendrix, W.P.A.M. (1985). Het grondwater van het Centrale Plateau (Z-Limburg). Geografisch Instituut van de Rijksuniversiteit Utrecht.

Hoop, D.W. de, ed. (2002). Effecten van beleid op mineralenmanagement en economie in de landbouw. Een deelstudie in het kader van de Evaluatie meststoffenwet 2002. LEI rapport 3.02.02.

Locher, W.P. en H. de Bakker (1993). Bodemkunde van Nederland, deel 1. Uitgeverij Malmberg.

LNV (2002). Reconstructiewet concentratiegebieden. Staatsblad 2002, nr 115.

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

Meinardi, C.R. (2002). Kwaliteit van de bronnen en bronbeken in Zuid Limburg. Bilthoven, RIVM rapport in voorbereiding.

MNP-RIVM (2002). Minas en Milieu, balans en verkenning.

Plette, A.C.C., G.G.C. Verstappen en P.G.M. Boers (eds.) (2002). Mest en Oppervlaktewater: een terugblik, 1985-2000. RIZA, april 2002. RIZA rapport 2002.019

Reijnders, H.F.R., Drecht, G. van, Prins, H.F. and Boumans, L.J.M.(2002). De kwaliteit van het grondwater op een diepte tussen 5 en 30 meter in Nederland in het jaar 1999 en de verandering daarvan in de periode 1984-2000. RIVM rapport in voorbereiding.

Schoumans, O.F. ed. (2002) Nutriëntenemissie vanuit landbouwgronden naar het grondwater en oppervlaktewater bij varianten van verliesnormen. Modelberekeningen met STONE 2.0. Clusterrapport 4, deel 1. Alterra/RIVM/PRI document.

Swinderen, E.C., van, W.J. Willems, C.H.G. Daatselaar, T. de Haan en D.W. de Hoop (1994). Meetprogramma Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven.-resultaten eerste bemonstering 1992. RIVM rapport 714901002.

TCB (1986). Advies Bodemkwaliteit. Leidschendam, voorlopige Technische Commissie Bodembescherming, rapportnr. VTCB A86/02-I.

TCB (1990) Advies van de Technische Commissie Bodembescherming inzake het protocol fosfaatverzadigde gronden.

V en W (1999). De Regeringsbeslissing Vierde Nota Waterhuishouding (NW4). Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

VROM (1986). Discussienotitie Bodemkwaliteit. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen en Milieu; 29 april 1986.

VROM (1989). Nationaal Milieubeleidsplan 1990-1994. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs. 1-2.

VROM (1991). Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21 990, nr. 1.

VROM (1992). Beleidsstandpunt over de notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. Tweede Kamer, vergaderjaar 1991-1992, 21 990 en 21 250, nr. 3.

VROM (1993) Nationaal Milieubeleidsplan 2. Tweede Kamer, vergaderjaar 1992-1993, 21 990, nrs. 1-2.

VROM (1995) Actieprogramma voor het gehele grondgebied van Nederland ter bereiking van de doelstellingen genoemd in artikel 1 van richtlijn 91/676/EEG inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen. Eerste actieprogramma, 18 december 1995.

VROM (1997). Integrale normstelling stoffen; milieukwaliteitsnormen bodem, water, lucht. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen en Milieu, VROM 97759/h/12-97.

VROM (1998). Nationaal Milieubeleidsplan 3. Den Haag, februari 1998.

VROM (1998): Reactie op de in gebreke stelling van Nederland d.d.29/9/98 door de EU Commissie: brief Ministers van LNV en van VROM van 7/12/98 aan EU-Commissaris Mevrouw Bjerregaard.

VROM (1999): Reactie op het met redenen omkleed advies d.d. 3/8/99 inzake de inbreukprocedure door de EU-commissie; brief Ministers LNV en VROM d.d. 29/11/99 aan de Commissaris Mevrouw Wallström, inclusief bijlagen.

VROM (2001). Nationaal Milieubeleidsplan 4. Den Haag 13 juni 2001.

Willems, W.J. en B. Fraters (1995). Naar afgestemde kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in grondwater en oppervlaktewater. RIVM rapport 714901003.

Zee, S.E.A.T.M. van der, W.H. van Riemsdijk en F.A.M. de Haan (1990). Het protocol fosfaatverzadigde gronden; deel I: Toelichting. Wageningen, Landbouwniversiteit, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding.

BIJLAGE 1 Overzicht van evaluatievragen voor Cluster 1

Analyse normen

- 32 Implementatie van EU Nitraat richtlijn. Zijn NL criteria en meetmethoden vergelijkbaar met andere EU landen?
- 33 Wat is relatie tussen N en P gebruik en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater in gebieden met verschillende grondsoorten, Gt's en diepten?
- 35 Is Nmin in najaar een indicator voor N-uitspoeling?

Grondwater

- 43 Wat is huidige kwaliteit voor N en P; diep en ondiep grondwater; zand, klei- en veengrond?
- 44 Welke andere grondwaterparameters kunnen worden beïnvloed door landbouw-emissies van nutriënten en organische stof? Wat is de huidige kwaliteit van ondiep en diep grondwater; onder zand, klei- en veengrond?
- 45 Wat is met betrekking tot stikstof, fosfaat en overige relevante parameters het kwaliteitsverloop van het grondwater van 1985 – heden? (trendanalyse)?
- 46 In welke mate is er verschil tussen grondwater wat in hoge mate door de landbouw worden beïnvloed versus grondwater wat in geringe mate door de landbouw worden beïnvloed?
- 47 Wat zijn de trends in de kwaliteit van grondwater inzake het stikstof-gehalte en in welke mate is de verontreiniging door de landbouw veroorzaakt? Onderscheid in droge zandgronden (incl. löss), nat zand, veen- en kleigrond en tussen ondiep en diep grondwater.
- 62 Wat zijn de stikstof- en fosfaatoverschotten en de milieuresultaten van de stikstofprojecten?

Fosfaat in bodem

- 51 Wat is de huidige (en historische ontwikkeling van de) fosfaattoestand van de bodem?
- 52 Hoe is fosfaattoestand van de nederlandse landbouwgronden veranderd sinds 1985?
- 52a Wat is de ontwikkeling van de fosfaatverzadiging?

Onderdeel “normstelling”

- 69 Wat zijn de vigerende beleidsdoelstellingen voor grondwater? Wat is de status en de onderbouwing van deze getallen? Wat zijn de betreffende realisatietermijnen?
- 70 Welke milieukwaliteit inzake nitraat wordt gewenst in het grondwater en hoe is dit onderbouwd?
- 71 Welke verliesnormen moeten worden gehanteerd om deze milieukwaliteiten te realiseren? Hierbij moet onderscheid worden gemaakt naar grondsoort (zand, löss, veen- en kleigrond) en waterstand (nat en droog).
- 81 Welke fysische en chemische processen spelen een belangrijke rol in de relatie tussen verliesnormen en milieukwaliteit?
- 98 In hoeverre is historische verontreiniging (nalevering) verantwoordelijk voor het niet realiseren van de grondwaterkwaliteitsdoelstellingen?

Bijlage 2 Effect grondwatertrap op nitraatconcentratie

Wat is het effect van de grondwaterstand op de uitspoeling van N ?

Herkomst verband

Uit verschillende veldonderzoeken uitgevoerd in de jaren 1982-1991 (proefvelden en praktijkbedrijven) en uit een onderzoek met behulp van lysimeters in 1983-1988, bleek dat bij eenzelfde N aanvoer bij een hogere grondwaterstand dat wil zeggen nattere bodemcondities er minder N in het grondwater werd teruggevonden: de gemeten nitraatconcentraties waren bij hogere grondwaterstanden duidelijk lager dan bij diepere grondwaterstanden.

Het veldonderzoek heeft zich voornamelijk gericht op graslandpercelen op zandgrond.

Als maat voor de grondwaterhuishouding is hierbij de grondwatertrap genomen.

Systeem van grondwatertrappen

In Nederland is een systeem ontworpen om gronden naar grondwatersituatie (diepte en variatie van grondwaterstanden) in te delen. De grondwatertrap geeft informatie over de hoogte van de grondwaterspiegel en over de variatie hierin gedurende een jaar.

Dit systeem is gebaseerd op de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand (resp. GHG en GLG). De grondwaterstand is gemiddeld in de periode september - oktober op GLG-niveau en in de periode februari - april op GHG-niveau. De indeling van grondwatertrappen is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Indeling van de bodem naar grondwatersituatie m.b.v. grondwatertrappen.

Grondwatertrap	GHG (cm-mv)	GLG (cm -mv)
I	<25	<50
II	<25	50-80
II*	25-40	50-80
III	<25	80-120
III*	25-40	80-120
IV	>40	80-120
V	<25	>120
V*	25-40	>120
VI	40-80	>120
VII	80-140	>120
VIII	>140	>120

Uitkomsten van de onderzoeken

Het vaststellen van de hoeveelheid uitgespoeld nitraat is een combinatie van meten (de concentratie) en berekenen (de hoeveelheid water: het neerslagoverschot).

De veld- en lysimeter experimenten hebben geleid tot zogenaamde Gt afhankelijke correctiefactoren waarbij de berekende uitspoeling bij Gt VII* of VIII gelijk gesteld is aan 1.

De correctiefactoren zijn dus relatieve waarden ten opzichte van een droge situatie (tabel 2).

Dit betekent dat eenzelfde N-toevoer via bemesting, bijvoorbeeld bij Gt III, tot een nitraatconcentratie in het grondwater leidt die 8-15% van de concentratie bij Gt VIII bedraagt. Met name bij de Gt's IV, V en VI is er een variatie in de grootte van de factor zoals die uit de verschillende onderzoeken naar voren komt. Deze variatie hangt samen met het aantal meetjaren, de bemestingsomstandigheden en de manier waarop de Gt in de verschillende onderzoeken is bepaald.

Tabel 2. Verband tussen Gt en gemeten nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bij grasland op zandgrond. De getallen (Gt correctiefactoren) zijn relatief t.o.v. Gt VII*/VIII en gebaseerd op uitkomsten van het veld- en lysimeteronderzoek in 1982-1991.

Grondwatertrap	Lysimeter	Proefvelden	Praktijkbedrijven	Praktijkbedrijven		
Bron:	Steenvoorden (1988)	v. d. Meer <i>et al</i> (1990)	Boumans <i>et al</i> (1989)	Breeuwsma <i>et al</i> (1991)		
Graslandbemesting:	Varkensdrijfmest	Kunstmest + dierlijke mest	Kunstmest + dierlijke mest	Kunstmest + dierlijke mest		
Graslandgebruik:	'gemaaid'	Gemaaid	Gemaaid +beweid	Gemaaid+beweid		
Grondsoort:	Zand	Zand	Zand	Zand/ klei/veen		
I	-	-	-	-	-	-
II	0,04	-	-	-	-	-
II*		-	0,05	-	-	0,02
III	0,10	-	0,08	0,15	0,04	-
III*	0,22	-	0,31	0,18	-	-
IV	0,22	-	0,43	0,31	-	-
V	0,15	-	0,50	-	0,16	-
V*	0,22	V* en VI: 0,47-	0,48	0,09	0,16	-
VI	0,41	0,55	0,65	0,39	0,14	-
VII	0,73	-	0,83	0,60	-	-
VII* of VIII	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-

Betekenis van de Gt correctiefactor

De Gt correctie (zie tabel 2) wordt vaak opgevat als een maat voor de denitrificatie. In deze factor kunnen echter meer processen verdisconteerd zijn dan alleen denitrificatie. Zo kan bij ondiepe grondwaterstanden een deel van de uitgespoelde stikstof via capillaire opstijging weer ten goede komen aan het gewas. Ook is het mogelijk dat een deel van de uitgespoelde N via ondiep transport door de bovenste lagen van de bodem is afgevoerd naar het oppervlaktewater. De Gt factor is een empirisch vastgestelde factor die wel in belangrijke mate een indruk zal geven van de denitrificatie in het traject tussen maaiveld en bovenste meter van het grondwater, maar de mate waarin denitrificatie de grootte van deze factor bepaalt, is niet precies aan te geven.

In het onderzoek van Breeuwsma *et al* (1991) is een iets andere benadering gevolgd dan Boumans *et al* (1989) en v.d. Meer *et al* (1990) hebben gedaan.

Zij richtten zich juist op het kwantificeren van de denitrificatie onder invloed van bodemeigenschappen als grondwaterstand (en -verloop), organische stof gehalte en het kleigehalte van de bodem.

Het verschil tussen het overschot op de N-balans en de N-uitspoeling (gebaseerd op de hoeveelheid nitraat aanwezig in het grondwater) werd door hen volledig toegeschreven aan denitrificatie. Hiervoor gebruiken zij de factor $f(\text{den})$.

In deze benadering is de met Boumans *et al* (1989) vergelijkbare correctiefactor voor de Gt gelijk aan: $1 - f(\text{den})$. Deze waarde is in tabel 2 vermeld.

Conclusie

Uit veld- en lysimeteronderzoeken aan grasland op zandgrond bleek er een effect van de grondwaterstand op de hoogte van de nitraatconcentratie te zijn. Dit effect is vertaald in Gt correctiefactoren ten opzichte van de concentraties bij een diepe grondwaterspiegel (Gt VII*/VIII). Naarmate de grondwaterstand ondieper is neemt bij gelijke mestgift de nitraatconcentratie af. Deze afname is waarschijnlijk voor een groot deel toe te schrijven aan

denitrificatie. De Gt factor is een empirisch bepaalde factor die vooral is afgeleid van onderzoek aan grasland op zandgrond.

De hoogte van de grondwaterstand heeft strikt genomen niet direct een effect op het proces van uitspoeling uit de wortelzone, maar op de hoeveelheid N die in een bepaalde grondwaterlaag teruggevonden wordt.

Referenties

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

Breeuwsma, A., J.P. Chardon, J.F. Kracht en W. de Vries (1991). Pedotransfer functions for denitrification. In: Soil and groundwater research report II: 'Nitrate in soils' pp 207-217. Directorate General Science, Research and Development, EUR 13501.

Meer, van der H.G. (red) (1991). Stikstofbenutting en- verliezen van gras- en maisland. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij nr. 10. DLO, Wageningen.

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

Bijlage 3 Verzendlijst

1. Directeur Generaal Milieubeheer, Ir J. van der Vlist
2. Directeur Directie Bodem, Water, Landelijk Gebied, Drs J.A. Suurland
3. A. Oppers, DGM/BWL
4. P.C.L.M. Henkens, DGM/BWL
- 5-9. N.J. Molenaar DGM/BWL
10. D.A. Jonkers, DGM/BWL
11. S.M. Smeulders DGM/BWL
12. Ministerie van LNV, directie Landbouw, A. van Hoorn
- 13-17. E.E. Biewinga, Ministerie LNV, directie Landbouw
18. O. Oenema, Alterra Wageningen
19. A. van der Kamp, PV Lelystad
20. F. Mandersloot PV Lelystad
21. D.W. de Hoop, LEI Den Haag
22. S. Plette, RIZA Lelystad
23. P. Besseling, Expertise Centrum Landbouw Ede
24. M.M. van Eerdt, CBS Den Haag
25. S. Westerman, CBS Den Haag
26. G.J. Velthof, Alterra Wageningen
27. D. Boels, Alterra Wageningen
28. O.F. Schoumans, Alterra Wageningen
29. J.J. Schröder, Plant Research International Wageningen
30. H.F.M.Aarts, Plant Research International
31. H.F.M. ten Berge, Plant Research International
32. T.C. van Leeuwen, LEI Den Haag
33. P.H. Hotsma, Expertise Centrum Landbouw Ede
34. P.J.M. Snijders, PV Lelystad
35. B. Veldstra, Provincie Limburg
36. P. Boers, RIZA Lelystad
37. G.C.C. Verstappen, RIZA Lelystad
38. C. Vink, KIWA Nieuwegein
39. P.L.G.M Hesen, KIWA Nieuwegein
40. Directie RIVM
41. Sectordirecteur Milieu, F. Langeweg
42. Sectordirecteur Risico's, Milieu en Gezondheid, G. de Mik
43. R. van den Berg
44. A.H.M. Bresser
45. R.J.M. Maas
46. A. van der Giessen
47. J.H.C. Mülschlegel
48. L.J.M. Boumans
49. J.J.B. Bronswijk
50. H.F Prins
51. G. van Drecht
52. L. van Liere
53. J.J.M. van Grinsven
54. W. van Duijvenbouden
55. B.J. de Haan

-
56. C.G.J. Schotten
 57. C.J. de Jong
 58. M.S.M. Groot
 59. H. Westhoek
 60. H. van Zeijts
 61. W. Weltevreden
 62. R.A.W. Albers
 63. SBC/Afdeling Communicatie
 64. Bureau Rapportenregistratie
 65. Bibliotheek RIVM
 66. Depot voor Nederlandse Publicaties en Bibliografie
 - 67-76. Auteurs
 - 77-96. Bureau Rapportenbeheer
 - 97-105 Reserve exemplaren