

RIVM rapport 680100004/2006

**Drainwaterkwaliteit in de kleigebieden
in de periode 1996-2001**

Evaluatie van een meetprogramma voor de
inrichting van een monitoringnetwerk

J.C. Rozemeijer¹, L.J.M. Boumans, B. Fraters

¹ TNO Bouw en Ondergrond

Contact: Leo Boumans
 Laboratorium voor Milieumetingen
 ljm.boumans@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van project 680100, Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM).

Rapport in het kort

Drainwaterkwaliteit in de kleigebieden in de periode 1996-2001

Evaluatie van een meetprogramma voor de inrichting van een monitoringnetwerk

De bedrijfsvoering (stikstofoverschot) van landbouwbedrijven in de kleigebieden kan de nitraatconcentratie in drainwater het duidelijkst beïnvloeden. De nitraatconcentratie is hoger naarmate het drainwater jonger is, terwijl de concentraties van de andere stoffen juist lager zijn in jonger grondwater. Ongeveer 40% van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties is hoger dan de Europese grenswaarde van 50 mg/l. Behalve de bedrijfsvoering beïnvloedt ook het neerslagoverschot de nitraatconcentratie.

Dit is vastgesteld met behulp van een landelijk meetnet. Hierbij werden tussen 1996 en 2001 bij 66 bedrijven monsters van het drainwater genomen. Het is mogelijk om met de huidige meetnetopzet met 80% zekerheid een daling van de nitraatconcentratie te detecteren, die door een veranderde bedrijfsvoering is veroorzaakt. Een voorwaarde voor detectie is dat andere invloeden, zoals het neerslagoverschot, niet aanwezig zijn of dat hiermee rekening kan worden gehouden.

Trefwoorden: draindebiet, neerslagoverschot, nitraat, landbouw, monitoring

Abstract

Drain water quality of the Dutch clay regions in the 1996-2001 period Evaluation of measurements for designing a monitoring network

Management of agricultural farms (nitrogen surplus) can influence drain-water nitrate the most clearly. This is because nitrate appears to be more dominant in younger drain water, while other chemicals have lower concentrations in younger drain water. About 40% of the farm mean nitrate concentrations exceed the European threshold value of 50 mg/l. Besides management, precipitation excess also influences drain-water nitrate.

This is the result of testing a new design for a national monitoring network, where drain water from 66 farms was sampled during the 1996-2001 period. The network was found to be capable of detecting, with 80% probability, a future decrease in drain-water nitrate caused by changing farm management. Detection is conditional to the absence of other influences, such as the precipitation excess, or to knowledge on other influences.

Key words: drain flow rate, precipitation excess, nitrate, agriculture, monitoring

Voorwoord

In het voorliggende rapport worden de bevindingen uit het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven in het kleigebied (MKBGL-klei) beschreven voor wat betreft de waterkwaliteitsaspecten. In een volgend rapport zal de waterkwaliteit in relatie met de landbouwbedrijfsvoeringen worden beschreven. Er zal gekeken worden in hoeverre veranderingen in waterkwaliteit door maatregelen te scheiden zijn van veranderingen die het gevolg zijn van natuurlijke variaties.

Het onderzoek is opgedragen door de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV). Het onderzoek is uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in samenwerking met het Landbouw Economisch Instituut (LEI).

De auteurs willen de deelnemende agrariërs, de begeleidingscommissie en alle medewerkers van het RIVM die betrokken zijn geweest bij de opzet en de realisatie van het MKBGL-klei hartelijk bedanken voor hun inzet.

Bilthoven, 30 maart 2006

Joachim Rozemeijer, Leo Boumans en Dico Fraters

Inhoud

Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Mestbeleid en monitoring	13
1.2 Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM)	14
1.3 Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater op Landbouwbedrijven in kleigebieden (MKBGL-klei)	16
1.4 Fysisch-chemische processen	17
1.4.1 Algemeen	17
1.4.2 Waterstroming naar de drains	18
1.4.3 Invloed van reistijden en reisafstanden op drainwaterkwaliteit	19
1.4.4 Invloed van Rijnwater	22
1.4.5 Concentraties en debieten	22
1.5 Afgeleide onderzoeksvragen	23
1.6 Leeswijzer	24
2 Gegevensverzameling en -verwerking	25
2.1 Inleiding	25
2.2 Selectie van bedrijven	25
2.2.1 Aantal onderzochte bedrijven	25
2.3 Gegevensverzameling per bedrijf	26
2.3.1 Gegevensverzameling in het veld	26
2.3.2 Chemische parameters	27
2.3.3 Berekende parameters	27
2.3.4 Schaalniveaus	28
2.3.5 Statistische analyses	28
2.4 Presentatie meetresultaten	28
3 Meetresultaten	31
3.1 Nitraat	31
3.2 Ammonium	34
3.3 Totaal-Stikstof	36
3.4 Ortho-fosfaat	37
3.5 Totaal-fosfaat	39
3.6 Kalium	41
3.7 Chloride	42
3.8 Sulfaat	43
3.9 Calcium	45
3.10 Magnesium	46
3.11 Drainebiet	47
3.12 Neerslagoverschot index voor nitraat	48
3.13 Hoogteverschil tussen drain en slootpeil	50
3.14 Dagnummer	51

4	Beantwoording van de onderzoeksvragen	53
4.1	<i>Inleiding</i>	53
4.2	<i>Relatie drainwaterkwaliteit en bedrijfsvoering</i>	53
4.3	<i>Debiet-proportioneel mengen</i>	54
4.4	<i>Aantal meetronden per planjaar en aantal drains per ronde</i>	54
4.5	<i>Invloed natuurlijke variaties</i>	56
4.6	<i>Aantal bedrijven</i>	57
5	Conclusie	59
	Literatuur	61

Bijlagen:

Bijlage 1:	Berekening van een neerslagoverschot index voor kleidrain nitraatconcentraties
Bijlage 2:	Invloed van verandering steekproefgrootte op de jaargemiddelde concentraties
Bijlage 3:	Tabel met gemiddelden en percentielen van de jaargemiddelden per bedrijf
Bijlage 4:	Figuren drainwaterkwaliteit
Bijlage 5:	Correlatiematrix van de bedrijfsgemiddelden per planjaar
Bijlage 6:	Vershil tussen gemiddelde nitraatconcentraties en gemiddelde debietgewogen nitraatconcentraties
Bijlage 7:	Relatie tussen nitraatconcentraties enerzijds en index, debiet, drainhoogte en dagnummer anderzijds.
Bijlage 8:	Relatie tussen concentraties van stoffen enerzijds en index, debiet, drainhoogte en dagnummer anderzijds
Bijlage 9:	Variantiebronnen
Bijlage 10:	Schatting van het aantal benodigde bedrijven om een afname in de nitraatconcentratie te kunnen vaststellen

Samenvatting

Inleiding

Het mestbeleid van de rijksoverheid is gericht op verbetering van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) is opgezet om de effecten van het mestbeleid op de bedrijfsvoering en de waterkwaliteit op landbouwbedrijven in beeld te brengen. In het kader van het LMM worden in de vier hoofdgrondsoortregio's (zand, löss, klei en veen) de volgende fasen doorlopen:

1. De oriënterende fase
2. Het meetprogramma (MKBGL)
3. Het monitoringsprogramma (MOL)

In dit rapport zullen de resultaten waterkwaliteitsmetingen van het meetprogramma in de kleigebieden (MKBGL-klei) worden besproken. De hoofddoelstellingen van het MKBGL zijn:

- De nulsituatie vaststellen van de drainwaterkwaliteit op landbouwbedrijven in het kleigebied;
- Evaluatie van het meetprogramma MKBGL-klei aan de hand van de opgedane praktische ervaring en systeemkennis ter optimalisatie van het MOL-klei.

Meetnetopzet van het MKBGL-klei

In het kader van het MKBGL-klei is in de periode van 1996-2001 de waterkwaliteit onderzocht op in totaal 66 verschillende bedrijven. Alle bedrijven van het MKBGL-klei nemen tevens deel aan het LEI-Bedrijven Informatienet. Op deze bedrijven worden door het LEI gegevens over de bedrijfsvoering verzameld. De gegevens worden verwerkt tot jaarlijkse overzichten. Per bedrijf zijn tijdens het drainageseizoen (oktober-april) twee tot vier bemonsteringsronden uitgevoerd. Incidenteel zijn meer of minder rondes uitgevoerd. Een drainageseizoen wordt aangeduid met de term “planjaar”, het jaar waarin het drainageseizoen begint. Bijvoorbeeld, met het planjaar 1996 wordt hier de periode vanaf oktober 1996 tot en met april 1997 bedoeld. De bemonsteringsronden zijn zoveel mogelijk verspreid over het drainageseizoen. Tijdens een bemonsteringsronde worden 16 drains bemonsterd. Op een bedrijf worden gedurende de hele bemonsteringsperiode zoveel mogelijk dezelfde drains bemonsterd.

In het laboratorium worden de nitraatconcentratie, het elektrisch geleidingsvermogen (EC) en de zuurgraad (pH) in de afzonderlijke monsters gemeten en vervolgens wordt van de monsters een mengmonster gemaakt dat eveneens wordt geanalyseerd op nitraat en een aantal andere parameters. In het veld wordt per drain tevens het debiet en het hoogteverschil, tussen de onderkant van de drain en het slootpeil, gemeten. Voor elk drainwatermonster is de bemonsteringstijd in het drainageseizoen bepaald en is een index berekend voor het neerslagoverschoteffect op de nitraatconcentratie.

Meetresultaten

In de onderstaande tabel zijn de jaargemiddelde concentraties aan nitraat, ammonium, totaal-stikstof, ortho-fosfaat en totaal-fosfaat gegeven. Deze jaargemiddelden zijn berekend over alle deelnemende bedrijven.

Nutriënt	Concentraties (mg/l)						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Nitraat	80	85	33	54	35	26	44
Ammonium	1,1	0,4	0,9	1,1	1,1	1,2	1,0
Totaal-stikstof	20	21	10	15	10	8	12
Ortho-fosfaat-P	0,08	0,23	0,19	0,20	0,22	0,24	0,21
Totaal-fosfaat-P	0,12	0,24	0,25	0,31	0,36	0,34	0,30
Kalium	8	15	12	14	14	13	13

In de opstartjaren 1996 en 1997 zijn minder bedrijven bemonsterd dan in de jaren daarna. De variaties in de jaargemiddelde nitraatconcentraties over de meetperiode kunnen voor 76% verklaard worden door variaties in de berekende index voor het neerslagoverschot.

Evaluatie

De meetnetopzet is geëvalueerd met het oog op de inrichting van het monitorprogramma, deze evaluatie is uitgevoerd aan de hand van de meetresultaten uit het MKBGL-klei en een aantal statistische analyses. De onderzoeksvraag of de relatie tussen bedrijfsvoering en drainwaterkwaliteit kan worden aangetoond zal in het volgende rapport aan de orde komen.

Uit de meetresultaten van het MKBGL-klei is gebleken dat nitraat waarschijnlijk de beste indicator zal zijn voor het onderzoek naar de effecten van het mestbeleid. Nitraat in het drainwater is afkomstig uit jong water, dat het meest wordt beïnvloed door de bedrijfsvoering. De andere nutriënten in het drainwater komen ook uit het oudere water, dat tevens wordt beïnvloed door het vrijkomen van nutriënten die van nature in de ondergrond aanwezig zijn. Hierdoor zal het voor de andere nutriënten moeilijker zijn de relatie met de bedrijfsvoering te leggen.

Op het niveau van jaargemiddelden over alle bedrijven worden de nitraatconcentraties beïnvloed door variaties in het neerslagoverschot. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de interpretatie van deze jaargemiddelden.

Met de jaarlijkse monitoring inspanning van het MKBGL kan een nitraatdaling door beleid worden gedetecteerd met 80% kans en 95% significantie, mits de daling minstens 20% bedraagt, van 50 mg/l naar 40 mg/l. Detectie van een kleinere daling lijkt irrelevant en daarom is uitbreiding van de monitoringinspanning niet nodig.

1 Inleiding

1.1 Mestbeleid en monitoring

Het mestbeleid van de rijksoverheid is gericht op verbetering van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Door het mestgebruik terug te dringen wordt verwacht dat stoffen minder ophopen in de bodem en minder uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater. Dit is nodig om in de toekomst aan milieueisen voor bodem, grond- en oppervlaktewater (CIW, 2000) te voldoen.

De Evaluatienota Mestbeleid eerste fase (LNV, 1991) concludeerde dat er zowel voor bodem, grondwater als voor klein oppervlaktewater een gerichte monitoringsinspanning nodig is om de effectiviteit van de beleidsmaatregelen te kunnen evalueren. Als motivatie hiervoor werd gesteld:

- De effecten van de mestregelgeving op het milieu, met name op het grondwater, zijn niet vast te stellen, doordat een landelijk monitoringnetwerk voor het bovenste grondwater ontbreekt;
- De bijdrage van de landbouw aan de belasting van het oppervlaktewater kan volgens modelberekeningen oplopen tot 90% van de nutriëntenbelasting. Hierbij moet nader worden onderzocht wat de relatie is tussen bemesting en de belasting van het oppervlaktewater;
- De bijdrage van bemesting aan de zware metalen gehalten in de bodem en de concentraties in grond- en oppervlaktewater is niet bekend.

Verder wordt in de nota gesteld dat het voor het bijstellen van de mestregelgeving van belang is om na te gaan hoe de kwaliteit van natuur en milieu zich als gevolg van de maatregelen ontwikkelt.

Al sinds 1984 wordt op 400 locaties de grondwaterkwaliteit gemeten. Dit gebeurt op twee diepteniveaus; gemiddeld op 10 meter beneden maaiveld en gemiddeld op 25 meter beneden maaiveld (Van Drecht et al., 1996). Dit Landelijke Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) is sinds 1989 uitgebreid met de locaties van de Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (PMG's). De effecten van beleid op de grondwaterkwaliteit op de dieptes waarop in deze meetnetten wordt gemeten worden pas op de lange termijn (>10 jaar) merkbaar.

In 1988 is een voorbereidend onderzoek gestart naar de inrichting van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) (Van Duijvenboden et al., 1995). Dit meetnet is primair gericht op het vaststellen van veranderingen in de bodemkwaliteit (zware metalen en organische microverontreinigingen). Het LMB bestaat uit circa 200 landbouwbedrijven. Gedurende vijf jaar worden elk jaar 40 bedrijven bemeten van 2 verschillende grondgebruik/grondsoort combinaties. In de periode 1993-1997 heeft de eerste meetronde plaatsgevonden en in 1999-2004 de tweede ronde.

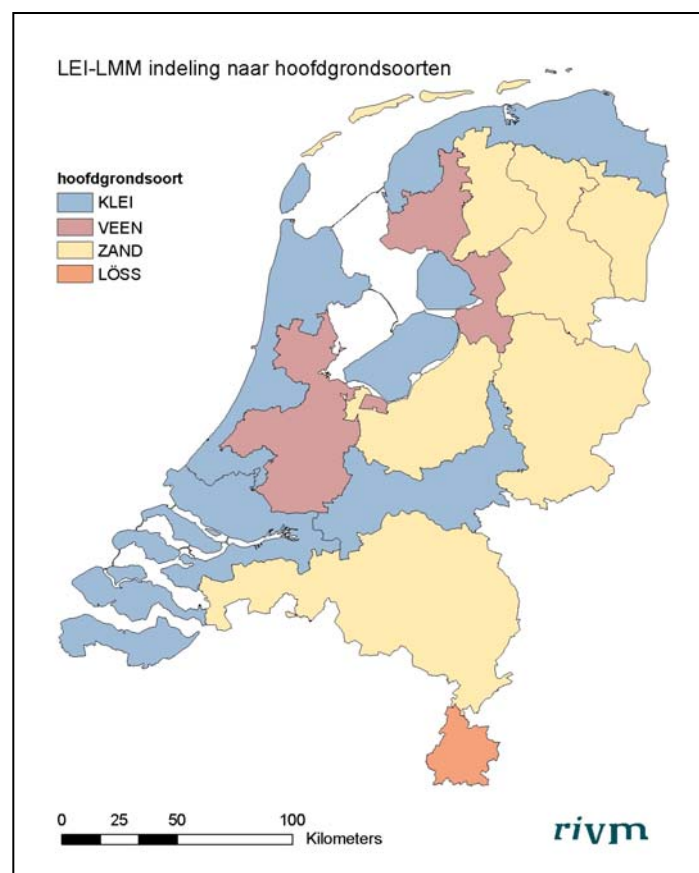
In de periode 1989-1991 zijn verschillende voorstellen geformuleerd voor de opzet van een monitoringprogramma voor het bovenste grondwater. Met name voor stoffen als nitraat en kalium en in mindere mate fosfaat werd het monitoren van het bovenste grondwater gezien als de meest efficiënte methode om de effecten van het mestbeleid te onderzoeken. Samen met de ministeries van LNV en VROM, LEI-DLO, SC-DLO en IKC-L en de

Rijksuniversiteit Leiden heeft het RIVM gewerkt aan een definitieve opzet van het Landelijke Meetnet Effecten Mestbeleid.

1.2 Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM)

Voor een uitgebreide beschrijving van de opzet van het LMM wordt verwezen naar Fraters en Boumans (2005). In deze paragraaf volgt een korte beschrijving van de opzet.

Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) is opgezet om de effecten van het mestbeleid op de bedrijfsvoering en de waterkwaliteit op landbouwbedrijven in beeld te brengen. Het LMM kent twee belangrijke peilers; een evaluerende monitor om de effecten van het geïmplementeerde beleid te bepalen en een verkennende monitor om de effecten van voorgenomen beleidsmaatregelen te onderzoeken.



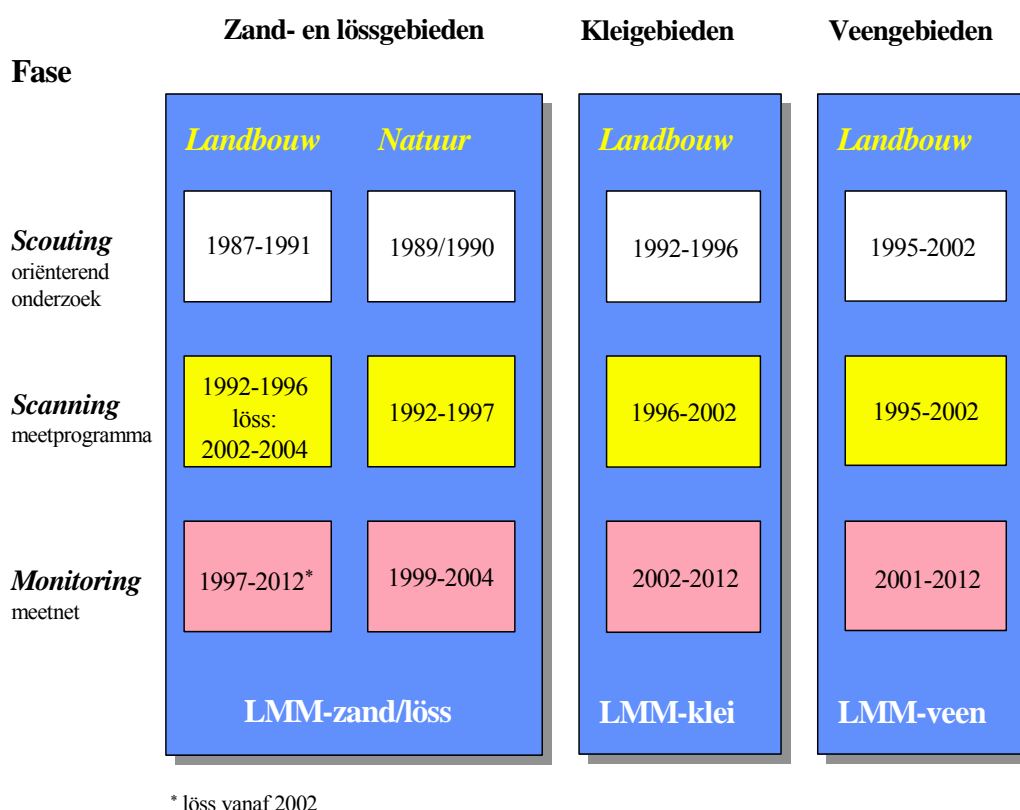
Figuur 1.1: De vier hoofdgrondsoortregio's waarvoor deelprogramma's van het LMM zijn opgezet

De evaluerende monitor van het LMM is opgezet in vier deelprogramma's voor vier verschillende hoofdgrondsoortregio's; het zand-, klei-, veen- en lössgebied. Op de kaart in Figuur 1.1 zijn de verschillende hoofdgrondsoortregio's aangegeven. Bij de eerste opzet van het LMM werd getracht om zo efficiënt mogelijk het recente neerslagoverschot te bemonsteren waarvan de kwaliteit het meest duidelijk is beïnvloed door de landbouw. In de opzet voor 2004 en daarna zijn hier, mede door EU monitorverplichtingen, veranderingen in opgetreden (Fraters en Boumans, 2005). De bemonstering van het recente neerslagoverschot vindt plaats door bemonstering van de bovenste meter grondwater met tijdelijke putten, bemonstering van drainwater, van slootwater en van bodemvocht. In de zandgebieden wordt voornamelijk de bovenste meter van het grondwater bemonsterd door middel van tijdelijke

putten omdat drains meestal ontbreken. In de veengebieden wordt zowel grondwater als slootwater bemonsterd. In het lössgebied wordt het bodemvocht onder de wortelzone bemonsterd indien de grondwaterstand dieper is dan 5 meter beneden maaiveld. Bemonstering van bodemvocht vergt meer inspanning dan bemonstering van grondwater. In de kleigebieden wordt voornamelijk drain- en slootwater bemonsterd. Drainwater wordt in plaats van grondwater bemonsterd omdat drainwater beter is gerelateerd aan het recente neerslagoverschot, een directere relatie heeft met oppervlaktewaterkwaliteit, de bemonstering van drainwater minder inspanning vergt en omdat de representativiteit van een drainwatermonster groter zal zijn dan van een grondwatermonster.

Bij de opzet van het LMM in de verschillende regio's zijn steeds drie fasen doorlopen:

1. De oriënterende fase
In de oriënterende fase worden bemonsteringstechnieken getest en wordt een globaal beeld verkregen van de waterkwaliteit.
2. Het meetprogramma
Tijdens het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater op Landbouwbedrijven (MKBGL) wordt de nulsituatie vastgelegd en wordt ervaring opgedaan met de bemonsteringsstrategie. De ervaringen en de meetresultaten uit het meetprogramma worden gebruikt om de eerste opzet van het meetnet te evalueren.
3. Het monitoringnetwerk
In deze fase wordt het uiteindelijke MONitoringnetwerk effecten mestbeleid op Landbouwbedrijven (MOL) ingericht en uitgevoerd.



Figuur 1.2: Overzicht van de periodes waarin de verschillende fasen van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid zijn/worden uitgevoerd in de verschillende hoofdgrondsoortregio's

In Figuur 1.2 is per regio aangegeven wanneer welke fasen van het LMM zijn uitgevoerd. In het zandgebied, de meest kwetsbare regio, is eind jaren tachtig de oriënterende fase gestart. Begin jaren negentig zijn de eerste metingen in het kleigebied uitgevoerd en midden jaren

negentig is gestart in het veengebied. In het lössgebied is pas eind jaren negentig begonnen, enerzijds om meettechnische redenen, anderzijds omdat de provincie Limburg al een meetnet in deze regio had. Inmiddels zijn de deelprogramma's voor het zand- en het lössgebied grotendeels samengevoegd.

Voor het kleigebied zijn de resultaten van de oriënterende fase gerapporteerd in Meinardi en Van den Eertwegh (1995,1997). In dit rapport zullen de resultaten van het meetprogramma in de kleigebieden (MKBGL-klei) worden besproken. Naast het MKBGL-klei heeft nog een aanvullend onderzoek plaatsgevonden in de kleigebieden, waarbij naast bemonstering van grondwater door drains ook grondwater is bemonsterd met tijdelijke putten en ook oppervlaktewater is bemonsterd. De resultaten van dat onderzoek worden apart gerapporteerd.

1.3 Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater op Landbouwbedrijven in kleigebieden (MKBGL-klei)

Het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater op Landbouwbedrijven in kleigebieden (MKBGL-klei) is een voorstudie ten behoeve van de inrichting van het "Monitoringnetwerk effecten Mestbeleid op Landbouwbedrijven in kleigebieden", (MOL-klei). Dit uiteindelijke monitoringsnetwerk heeft twee doelstellingen:

- Beschrijving van de waterkwaliteit van landbouwbedrijven in het kleigebied
- Signalering van trendmatige veranderingen in de waterkwaliteit in relatie tot veranderingen in de bedrijfsvoering mede als gevolg van het mestbeleid

In de periode 1996-2001 zijn op bedrijven in het Nederlandse kleigebied metingen uitgevoerd in het kader van het MKBGL-klei. De kwaliteit van het bovenste grondwater is onderzocht door drainwater te bemonsteren. Er wordt een zogenaamd drainageseizoen onderscheiden dat loopt vanaf oktober tot en met april in het volgende jaar. Het jaar waarin een drainageseizoen begint wordt planjaar genoemd. In een drainageseizoen worden op een bedrijf dezelfde drains meerdere keren bemonsterd gedurende een zogenaamde bemonsteringsronde. Om het tijdstip van bemonstering in een drainageseizoen aan te duiden wordt een dagvolgnummer gebruikt dat begint vanaf september. Gedurende de hele periode 1996-2001 is geprobeerd om op een bedrijf tijdens elke ronde dezelfde drains te bemonsteren.

In dit rapport zijn de resultaten van MKBGL-klei beschreven. De belangrijkste onderzoeksdoelstellingen van dit onderzoek zijn:

- De nulsituatie van de drainwaterkwaliteit op landbouwbedrijven in het kleigebied wordt vastgesteld;
- Het meetprogramma MKBGL-klei wordt geëvalueerd aan de hand van de opgedane praktische ervaring en systeemkennis voor een optimale inrichting van het MOL-klei.

Het MKBGL sluit aan op het LEI-Bedrijven Informatienet. Het Landbouw Economisch Instituut (LEI) verzamelt gegevens over de landbouwkundige praktijk in Nederland. Hiertoe heeft het LEI een steekproef van circa 1500 bedrijven getrokken die representatief is voor alle Nederlandse landbouwbedrijven. Op de bedrijven, die door het LEI zijn geselecteerd, wordt voor een periode van 5-6 jaar gegevens over de bedrijfsvoering verzameld. Door voor het MKBGL-klei bedrijven te selecteren die ook deelnemen aan het LEI-Bedrijven Informatienet, kunnen de relaties tussen de bedrijfsvoering en de waterkwaliteit worden onderzocht. Het onderzoek naar de relatie tussen bedrijfsvoering en waterkwaliteit zal in het volgende rapport beschreven worden.

Het MKBGL-klei onderscheidt drie bedrijfscategorieën (akkerbouw, melkvee en overig) en vier klei-regio's (noordelijk, centraal en zuidwestelijk zeekleigebied en rivierkleigebied). De overige bedrijven zijn bedrijven met graasdieren die geen melkvee zijn en gewas-vee combinaties. In dit rapport wordt een totaal-overzicht gegeven en worden drie groepen besproken namelijk:

- Akkerbouw op zeeklei
- Melkvee op rivierklei
- Melkvee op zeeklei

De overige mogelijke combinaties bevatten te weinig bedrijven voor een aparte bespreking.

1.4 Fysisch-chemische processen

1.4.1 Algemeen

In grond-, drain- en oppervlaktewater van de kleigebieden komen nutriënten voor door bemesting en door mineralisatie van organische stof die van nature in de ondergrond aanwezig is.

Via bemesting worden veelal meer nutriënten aan de bodem toegevoegd dan de gewassen kunnen opnemen. Hierdoor kan een deel van de nutriënten uitspoelen naar het grondwater. De nutriënten worden dan meegevoerd met het infiltrerende neerslagwater en komen via de bodem en het grondwater in de drains of in het oppervlaktewater terecht. In infiltratiegebieden kunnen de nutriënten ook uitspoelen naar het diepere grondwater. In de kleigebieden wordt het grootste deel van het neerslagoverschot echter via het oppervlaktewaterstelsel afgevoerd. Hierdoor is in deze gebieden de uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater een groter probleem dan uitspoeling naar het diepere grondwater. Hoge concentraties aan nutriënten in het oppervlaktewater kunnen leiden tot ongewenste veranderingen in de soortensamenstelling van het aquatische ecosysteem.

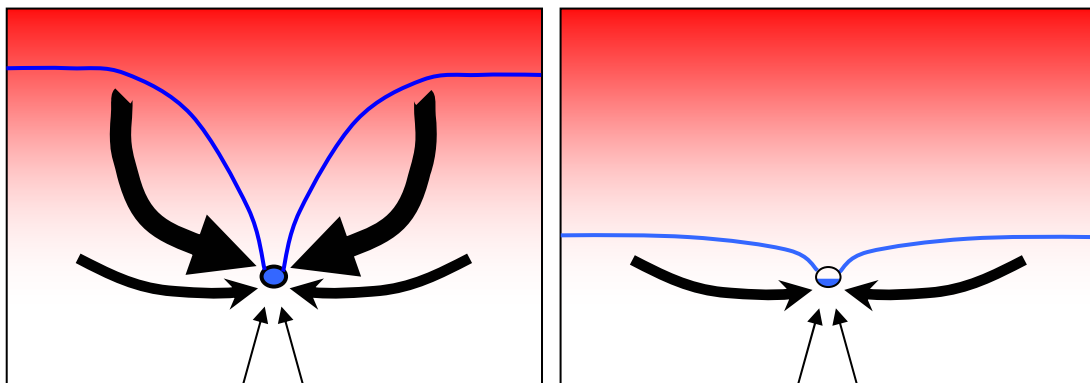
De nutriënten die vrijkomen bij de mineralisatie van meststoffen komen in de kleigebieden ook vrij door mineralisatie van organische stof, die van nature in de ondergrond aanwezig is. Opkwellend ouder grondwater kan daardoor ook hoge concentraties aan nutriënten bevatten. Door de ontwatering van de kleigebieden kan organisch materiaal versneld mineraliseren, waarbij ook nutriënten vrijkomen. Nutriënten kunnen derhalve zowel vrijkomen bij de afbraak van organisch materiaal in meststoffen als bij de afbraak van natuurlijk aanwezig organisch materiaal. Het is zonder onderzoek op detailniveau moeilijk om de bijdrage van deze twee processen aan de uiteindelijke nutriëntenconcentraties in het drainwater van elkaar te onderscheiden.

Kennis over de processen die de drainwaterkwaliteit bepalen, is opgedaan in het oriënterende onderzoek (Meinardi en Van den Eertwegh, 1995 en 1997; Meinardi et al., 1998). Ook intensieve meetcampagnes op de Rusthoeve in Zeeland (Van den Eertwegh et al., 1999), op de Lovinkhoeve in de Noordoost Polder (Schröder et al. 2003) en een bedrijf in Flevoland (Brongers et al., 1996), een bedrijf in Andelst (Smelt et al., 2003) en op een groep bedrijven in de Hoekse Waard (Huinink en De Waard, 1997) hebben kennis opgeleverd over drainwater. Uit deze studies is onder andere gebleken dat de leeftijdenverdeling van het grondwater in de drains samen met de chemische eigenschappen van de nutriënten bepalend zijn voor de uiteindelijke concentraties in het drainwater.

1.4.2 Waterstroming naar de drains

Doordat drains net als sloten en beken water afvoeren, is de toestroming van grondwater naar een drain anders dan naar een putfilter. De reistijd van het water vanaf het bodemoppervlak tot de drains varieert van minder dan een dag tot enkele jaren. Deze reistijdenverdeling kan verschillen per lokatie (Meinardi & Van den Eertwegh, 1997). Door scheuren in klei kan het regenwater direct naar de drain of naar het grondwater toestromen (kortsluitstroming; Smelt et al., 2003). Het grootste deel zal via de onverzadigde zone naar het grondwater en de drains toestromen. Hierbij wordt ouder neerslagoverschot door jonger neerslagoverschot naar de diepte gedrukt (drukstroming). In sommige gebieden wordt de drainwaterkwaliteit tevens beïnvloed door het opkwellen van diep grondwater. Dit kwelwater kan duizenden jaren oud zijn. Overigens wordt het grootste deel van het diepe kwelwater afgevangen door de sloten, die dieper liggen dan de drains. In gebieden met een hoge kweldruk en een lage doorlatendheid zal kwelwater wel de drains kunnen bereiken.

De toestroming van water naar drains is schematisch weergegeven in Figuur 1.3. Tevens is in deze Figuur te zien dat de stroming afhankelijk is van de weersomstandigheden. Onder nattere omstandigheden (Figuur 1.3 links) levert jonger water vanuit de bouwvoor een grotere bijdrage aan het drainwater. In drogere tijden zijn de grondwaterstanden lager en is het aandeel ouder, dieper grondwater dat naar de drains stroomt groter (Figuur 1.3 rechts). In nog drogere periodes dalen de grondwaterstanden vaak tot onder het drainniveau en voeren de drains geen water meer af. In gebieden met kweldruk kunnen de grondwaterstanden echter zelfs in de zomerperiode nog hoog genoeg zijn om de drains water af te laten voeren. In dit geval is de bijdrage van de diepe kwel belangrijker.



Figuur 1.3: Strooming naar de drains en het verschil in stroming tussen een natte periode met hoge grondwaterstanden (links) en een drogere periode met lagere grondwaterstanden (rechts). De blauwe lijn geeft de grondwaterstand weer

Er zijn een aantal meetbare variabelen die gerelateerd zijn aan de reistijdenverdeling van drainwater:

- Het draindebiet
Naarmate het debiet groter is, is er meer water met korte reistijden en reisafstanden aanwezig. Het draindebiet wordt beïnvloed door variaties in neerslag op de korte termijn (week).
- Het bemonsteringstijdstip in het drainage seizoen
Door het neerslagoverschot in de winter wordt ouder water weggedrukt door jonger infiltrerend water (Meinardi en Van den Eertwegh, 1997). Hierdoor kan de verhouding in het drainwater tussen jonger en ouder water veranderen naarmate het drainage seizoen vordert.

- Het neerslagoverschot (neerslag – verdamping) in de voorgaande jaren
Door minder neerslagoverschot duurt het langer voordat het infiltrerende water bij de drains aankomt. De reisafstanden veranderen nauwelijks maar de reistijden wel.
- Het verschil in hoogte tussen de drainbuis en het slootpeil (drainhoogte).
Als de drainhoogte groter is, zal ook de afstand tussen het grondwater en de drain groter zijn. De grondwaterstanden zullen alleen onder nattere omstandigheden tot boven het drainniveau stijgen. Het drainwater dat dan wordt afgevoerd zal voornamelijk bestaan uit jonger grondwater.
De drainhoogte kan veranderen door veranderingen in het slootpeil. De slootpeilen worden echter in het kleigebied over het algemeen kunstmatig op een constante hoogte gehouden met een marge van enkele centimeters. Wel is er vaak verschil tussen het zomerpeil en het winterpeil dat wordt gehandhaafd. Het is daardoor mogelijk dat de eerste en de laatste metingen van het drainage seizoen bij het zomerse peilregime worden uitgevoerd.

1.4.3 Invloed van reistijden en reisafstanden op drainwaterkwaliteit

De reistijdenverdeling van het grondwater dat in de drain terecht komt heeft invloed op de kwaliteit van het afgevoerde drainwater. Er kan gesteld worden dat jong water het meest zal zijn beïnvloed door meststoffen. Bij korte reistijden en reisafstanden naar een drain vindt er onderweg minder omzetting en buffering plaats. De kwaliteit van het drainwater is afhankelijk van twee factoren:

- De mengverhouding tussen jonger en oudere water in de drains op het moment van de bemonstering;
- De kwaliteit van het jongere en oudere water op het moment van bemonstering.

In de vorige paragraaf is beschreven dat de mengverhouding tussen jonger en ouder grondwater in tijd en ruimte kan variëren. Ook de nutriëntenconcentraties in het jongere en oudere water vertonen echter verschillen in tijd en ruimte. Ruimtelijke verschillen worden veroorzaakt door verschillen in de belasting met nutriënten en verschillen in bodemeigenschappen. Op één locatie kan de waterkwaliteit echter ook variëren in de tijd doordat de bemesting, gewasopname, en neerslag en verdamping in de tijd variëren. In een jaar met een klein neerslagoverschot wordt het mineralenoverschot opgelost in een kleinere hoeveelheid water zodat de concentraties hoger zijn. Hierdoor zullen na een aantal droge jaren bijvoorbeeld hogere concentraties nitraat in het drainwater voorkomen. Door Meinardi en Van den Eertwegh (1997) wordt tevens een verandering verondersteld in de loop van het drainage seizoen, dat loopt van oktober tot en met april. Zij verwachtten een toename van de nitraatconcentratie op het eind van het drainage seizoen. Gedurende het drainage seizoen wordt immers het oudere water weggedrukt door het jonge neerslagoverschot. Bij uitgebreid onderzoek naar de waterkwaliteit op de Rusthoeve in Zeeland (Van den Eertwegh et al., 1999) was echter geen sprake van een trend in de stofconcentraties naarmate het drainage seizoen vorderde. Een tweede mogelijke oorzaak van verhoogde nutriëntconcentraties gedurende het drainage seizoen is, dat er vroeg in het voorjaar al wordt bemest. Door kortsluitstroming in het voorjaar, na bemesting, kunnen concentraties in het drainwater verhoogd worden.

De kwaliteit van het drainwater is ook afhankelijk van de chemische eigenschappen van de verschillende stoffen. Hieronder volgt een kort overzicht van de chemische eigenschappen van de nutriënten stikstof, fosfaat en kalium. In dit rapport wordt tevens ingegaan op de meetresultaten voor chloride, sulfaat, magnesium en calcium. De reden hiervoor is dat hoge chlorideconcentraties in drainagewater een aanwijzing zijn voor de invloed van opkwellend

diep grondwater. Wanneer nutriënten in combinatie met sulfaat, magnesium en calcium in hoge concentraties in het drainwater voorkomen, is dit een aanwijzing voor het vrijkomen van deze nutriënten door de afbraak van organische stof die van nature aanwezig is.

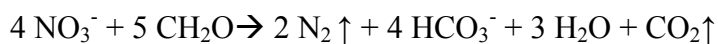
Stikstof

De concentratie totaal-stikstof kan bestaan uit nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en organisch stikstof. In dit rapport zal met name worden ingegaan op de nitraat- en de ammoniumconcentraties in het drainwater.

Stikstof wordt via bemesting aan de bodem toegevoegd. Door de mineralisatie van het in de mest aanwezige organisch materiaal komt stikstof als ammoniak (NH_3) vrij (Brongers et al 1996; Fraters et al., 1997). Ammoniak kan vervolgens vervluchtigen of worden omgezet tot ammonium (NH_4^+). Onder aërobe omstandigheden wordt ammonium (via nitriet (NO_2^-)) omgezet in nitraat (NO_3^-). Het proces van de omzetting van ammonium in nitraat wordt nitrificatie genoemd:



Nitrificatie treedt alleen op onder aërobe omstandigheden. Doordat ammonium grotendeels wordt omgezet in nitraat, is vrijwel alle opgeloste stikstof in de onverzadigde zone aanwezig in de vorm van nitraat. Ook de uitspoeling van stikstof naar het grondwater gebeurt voor het grootste gedeelte in de vorm van nitraat. In het grondwater wordt nitraat onder anaërobe omstandigheden en in de aanwezigheid van organisch materiaal of ijzersulfiden (pyriet) gedenitrificeerd:



Het stikstofgas, dat bij de denitrificatie is gevormd, vervluchtigt. In de klei- en veengebieden is over het algemeen veel organisch materiaal beschikbaar in de ondergrond, waardoor het meeste nitraat, dat naar het grondwater uitspoelt, wordt gedenitrificeerd.

Door de bovengenoemde processen is stikstof in het bodemvocht en in het bovenste grondwater voor het grootste deel aanwezig in de vorm van nitraat. Nitraat heeft hierdoor over het algemeen ook het grootste aandeel in de totaal-stikstofconcentratie in het drainwater. De nitraatconcentraties zijn het hoogst in het water dat via ondiepe, snelle stroombanen de drains bereikt (kortsluitstroming en ondiepe drukstroming). De diepere stroombanen en diepe kwel bevatten geen nitraat. Hierdoor wordt verwacht dat het grootste deel van het nitraat in drainwater afkomstig zal zijn vanuit de bemesting.

Het is niet uitgesloten dat een deel van het nitraat in het drainwater toch van natuurlijke oorsprong is. Nitraat kan bijvoorbeeld vrijkomen door de nitrificatie van ammonium, dat vrijkomt bij de oxidatie van natuurlijk aanwezige organische stof. Ook is het mogelijk dat ammonium, dat wordt meegevoerd met dieper, gereduceerd grondwater, bij het bereiken van de drains in contact komt met zuurstof en nitrificeert. Verwacht wordt echter dat deze processen minder belangrijk zijn dan de uitspoeling van nitraat vanuit meststoffen.

We verwachten daarom dat:

- bij meer debiet meer nitraat in het drainwater zit;
- de nitraatconcentraties in de loop van het drainageseizoen toenemen;
- er na droge jaren meer nitraat in het drainwater zit, conform het ondiepe grondwater in de zandgebieden (effect neerslagoverschot);

- bij grotere drainhoogte er meer nitraat in het drainwater zit.

Het beleid kan effect hebben op de bedrijfsvoering die op zijn beurt effect kan hebben op het stikstofoverschot (minder bemesting) en of op de denitrificatie (slootpeilbeheer), waardoor minder nitraat in het drainwater komt.

Fosfaat

Fosfaat is relatief immobiel in de bodem, in tegenstelling tot nitraat. Er wordt onderscheid gemaakt tussen totaal-fosfaat en ortho-fosfaat. Totaal-fosfaat is de totale concentratie fosfaat in het water. Ortho-fosfaat is het reactieve, anorganische deel van het opgeloste fosfaat.

Fosfaat wordt in de bodem vastgelegd aan ijzer- en aluminiumoxiden of in de vorm van calciumfosfaten. Door bemesting toegevoegde fosfaten kunnen met name via korte, snelle stroombanen de drains bereiken (kortsluitstroming, Smelt et al., 2003).

Fosfaat komt van nature voor in het organisch materiaal in de ondergrond. Kwelwater is hierdoor vaak rijk aan fosfaat. Ook lokaal geïnfiltreerd water met een langere reistijd naar de drains kan fosfaat uit de ondergrond opnemen en hierdoor ook een bijdrage leveren aan de fosfaatconcentraties in het drainagewater.

We verwachten dat fosfaat niet alleen via bemesting maar ook door afbraak van natuurlijke organische stof in het drainwater terecht komt. Hierdoor verwachten we geen duidelijke verschillen in fosfaatconcentraties tussen jonger en ouder water. Er zal dan ook geen duidelijke relatie zijn tussen de fosfaatconcentraties in het drainwater en het draindebiet, voorafgaande droge jaren, dagnummer en drainhoogte. In gebieden waar drainwater wordt beïnvloed door fosfaatrijke diepe kwel worden hogere concentraties verwacht bij lagere debieten en kleinere drainhoogtes (meer invloed kwelwater).

Kalium

Kalium wordt via bemesting aan het landoppervlak toegevoegd om de gewasopbrengst te vergroten. Kalium is minder mobiel dan nitraat, maar wel mobieler dan fosfaat. Kalium adsorbeert in de bodem aan kleimineralen en organisch materiaal. Kalium is tevens van nature in de ondergrond aanwezig als onderdeel van (klei)mineralen zoals veldspaten en mica's. De belangrijkste natuurlijke bron van kalium is echter de van nature aanwezige organische stof.

We verwachten geen relatie tussen de kaliumconcentratie, het debiet, het dagnummer en het neerslagoverschot van de voorafgaande jaren. Alleen in drainwater dat wordt beïnvloed door kaliumrijk kwelwater worden hogere kaliumconcentraties verwacht bij lagere draindebieten en kleinere drainhoogtes (meer invloed kwelwater).

Chloride

Chloride is in de kwelgebieden in laag Nederland de meest gebruikte paramater om de saliniteit van het water weer te geven. De concentraties in zeewater zijn circa 18.000 mg/l. In het brakke opkwellende water in droogmakerijen worden in het opkwellende grondwater regelmatig concentraties gemeten boven de 2000 mg/l. De chlorideconcentratie in neerslagwater bedraagt gemiddeld circa 5 mg/l. Chloride wordt op landbouwgronden ook aan de bodem toegevoegd door de bemesting met kaliumchlorides (Brongers et al., 1996). De chlorideconcentraties die alleen het gevolg zijn van bemesting blijven over het algemeen onder de 100 mg/l. Chloride adsorbeert niet en is ook niet betrokken bij chemische

omzettingsreacties. We verwachten dat in de zeekleigebieden met een toename van de kwelstroming naar drains de chloride concentratie toeneemt.

Sulfaat, Calcium en Magnesium

In zeeklei komen sulfiden voor. Sulfiden en organische stof komen samen voor in de bodemmatrix. Door ontwatering van zeekleiafzettingen gaan de sulfiden oxideren. Hierdoor komen sulfaat, calcium en magnesium in het grondwater. De sulfaat-, magnesium- en calciumconcentraties in drainwater zijn voornamelijk veroorzaakt door dit proces en niet door toediening van meststoffen aan het maaiveld. Indien hogere sulfaat-, calcium- en magnesiumconcentraties samengaan met hogere concentraties aan nutriënten dan is dit een aanwijzing dat de nutriënten afkomstig zijn van de natuurlijke organische stof.

1.4.4 Invloed van Rijnwater

In de polders in de kleigebieden moet in droge perioden vaak water ingelaten worden om het streefpeil te handhaven. Het water dat wordt ingelaten is afkomstig uit de grote rivieren of uit het IJsselmeer. De waterkwaliteit in de polders wordt beïnvloed door de kwaliteit van dit ingelaten water. Dit geldt niet alleen voor het oppervlaktewater, maar ook voor het grondwater en het drainagewater. Het slootwater kan in droge perioden infiltreren naar het grondwater en vervolgens in een nattere periode deel uitmaken van het drainebiet. Ook via beregening vanuit het oppervlaktewater kan de kwaliteit van het grondwater en het drainwater beïnvloed worden door het ingelaten water. In de zeekleigebieden wordt in een droog jaar ongeveer 8% van het landbouwareaal beregend (Hoogeveen et al., 2003). In het rivierengebied wordt in een droog jaar 39% van het landbouwareaal beregend. In Tabel 1.1 zijn de gemiddelde concentraties over de periode 1996-2001 van enkele stoffen in het Rijnwater bij Lobith weergegeven.

Tabel 1.1: Gemiddelde concentraties van enkele stoffen in het Rijnwater bij Lobith over de periode 1996-2001 (informatiebron: www.waterstat.nl)

Stof	Concentratie (mg/l)
NO ₃	14
NH ₄	0,15
Ortho-P	0,09
K	5,4
Cl	111
SO ₄	59
Ca	76
Mg	11

1.4.5 Concentraties en debieten

De hoeveelheid van een nutriënt die via de drain het oppervlaktewater bereikt is evenredig met het product van de concentratie in het drainwater en het drainebiet (flux). Zowel de concentratie als de flux kan voor het onderzoek naar beleidseffecten belangrijk zijn.

Momenteel worden per ronde de afzonderlijke drainwatermonsters gemengd en dan chemisch geanalyseerd. Nitraat wordt, in tegenstelling tot de andere stoffen, tevens in afzonderlijke drainwatermonsters gemeten. We verwachten dat per drain het debiet invloed heeft op de stofconcentraties, maar dat op eenzelfde tijdstip drains met meer debiet gemiddeld genomen geen andere stofconcentraties hebben dan drains met minder debiet. Op eenzelfde tijdstip zal het verschil in debieten tussen drains afhangen van onder meer de drainlengte (grootte van

het intrekgebied) en niet van het verschil in reistijden en reisafstanden. Het kan consequenties hebben voor de uitvoering van het monitoring programma als drains met meer debiet wel meer stof afvoeren. Gedacht kan worden om dan naast een gewoon mengmonster ook een debietproportioneel mengmonster te maken zodat de hoeveelheid stof wordt gemeten die het bedrijf via de drains verlaat in plaats van de gemiddelde concentratie uit de drains.

1.5 Afgeleide onderzoeksvragen

De onderzoeksdoelstellingen van het MKBGL-klei (paragraaf 1.3) kunnen vertaald worden in een aantal meer concrete afgeleide onderzoeksvragen.

Een van de belangrijkste vragen die zal moeten worden beantwoord is:

- Kan de bijdrage van nutriënten vanuit natuurlijke processen als kwel en mineralisatie van organisch materiaal worden gescheiden van de bijdrage van nutriënten vanuit het mestoverschot? Ofwel: Is er in de kleigebieden een relatie tussen de kwaliteit van het drainwater en het mestoverschot?

Wanneer dit niet het geval is kan er met de huidige opzet van het MKBGL-klei niet aan de onderzoeksdoelstellingen van het MOL-klei worden voldaan. Door het ontbreken van bedrijfsgegevens over het mestoverschot kan deze vraag tijdens deze rapportage echter niet volledig worden beantwoord. De relaties tussen bedrijfsvoering en drainwaterkwaliteit zullen in een later stadium alsnog worden onderzocht.

In eerder uitgevoerd onderzoek wordt geconcludeerd dat er geen relatie tussen bedrijfsvoering en de kwaliteit van drainwater kan worden aangetoond (Huinink en De Waard, 1997). Bij andere onderzoeken zijn er echter voor nitraat wel significante relaties gevonden tussen het mestoverschot en de concentraties in het drainagewater (Watson et al., 2000a en b; Schröder et al, 2003).

Bij het definiëren van de volgende onderzoeksvragen is er van uitgegaan dat nitraat voor het MOL-klei de beste indicator zal zijn voor het onderzoek naar de relaties tussen bedrijfsvoering en waterkwaliteit.

Het MOL-klei moet zo efficiënt mogelijk worden ingericht om met een zo groot mogelijke nauwkeurigheid trends in de drainwaterkwaliteit te detecteren in het kleigebied. Wat betreft de efficiëntie van de meetinspanning zijn de volgende onderzoeksvragen van belang:

- Moeten de 16 drainwatermonsters die tijdens een meetronde op een bedrijf worden verzameld wel of niet debietproportioneel worden gemengd?
- Is de verhouding tussen het aantal meetronden per bedrijf en het aantal drains per meetronde optimaal?
- Hoe groot is de invloed van natuurlijke variaties op de jaargemiddelde nitraatconcentratie over alle bedrijven of over alle bedrijven in een bedrijfscategorie?
- Is het aantal bedrijven dat wordt bemonsterd genoeg om met voldoende zekerheid een nitraattrend in de kleigebieden in Nederland vast te stellen?

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit rapport zal de opzet van het MKBGL-klei worden besproken. Hierna volgt in hoofdstuk 3 de presentatie van de meetresultaten. In hoofdstuk 4 zal, aan de hand van de meetresultaten en verschillende statistische analyses, antwoord worden gegeven op de afgeleide onderzoeksvragen uit paragraaf 1.5. Tenslotte volgen in hoofdstuk 5 de conclusies.

2 Gegevensverzameling en –verwerking

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal de realisatie van het MKBGL-klei worden besproken. Eerst wordt ingegaan op de selectie van bedrijven voor het meetnet en vervolgens op de gegevensverzameling per individueel bedrijf.

2.2 Selectie van bedrijven

Uit het LEI-Bedrijven Informatienet zijn bedrijven geselecteerd die geschikt zijn voor deelname aan het MKBGL-klei. De te bemonsteren bedrijven zijn geselecteerd middels een gestratificeerde trekking. De bedrijven zijn hierbij ingedeeld op basis van de regio waarin ze liggen en op basis van het bedrijfstype en de bedrijfsgrootte. Vervolgens is uit elke groep aselect een aantal bedrijven geselecteerd dat evenredig is aan het oppervlakte-aandeel van de groep.

De geselecteerde bedrijven moesten aan drie aanvullende eisen voldoen:

1. Het landbouwareaal van het bedrijf dient groter te zijn dan 10 ha;
2. De bedrijven moeten voor minimaal 25% van hun oppervlakte gedraineerd zijn met buisdrainage, en minimaal 25% van de drainbuizen moet te bemonsteren zijn;
3. De uiteinden van de drainbuizen op het bedrijf moeten boven het slootpeil liggen.

De eerste eis sluit bedrijven uit die qua bedrijfsgrootte onvoldoende representatief zijn voor het oppervlak van de Nederlandse landbouw en of waar de inkomsten slechts voor een beperkt deel uit landbouw worden gehaald. De tweede eis is gesteld omdat wordt verondersteld dat bij minder dan 25% geen representatief bedrijfsgemiddelde kan worden bepaald. De derde eis is gesteld, omdat drainbuizen onder het slootpeil moeilijker te bemonsteren zijn. Voor de eerste twee planjaren 1996 en 1997 zijn alleen bedrijven geselecteerd die hebben deelgenomen aan het Landelijke Meetnet Bodemkwaliteit.

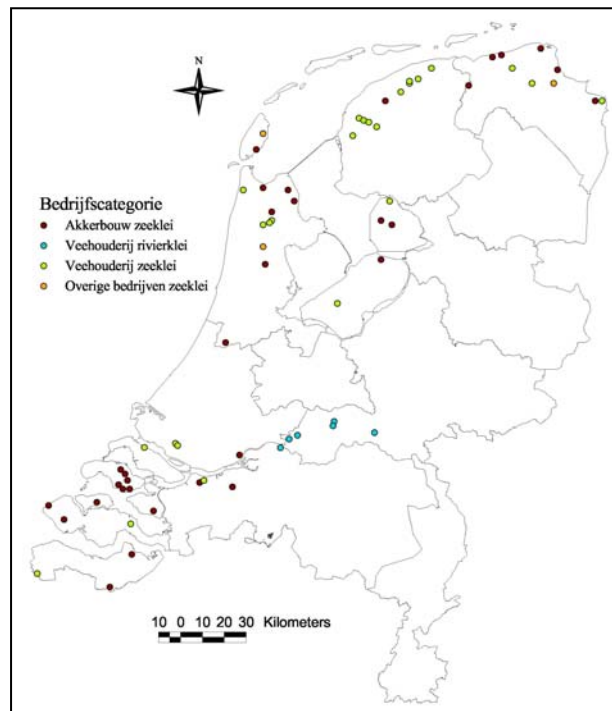
2.2.1 Aantal onderzochte bedrijven

In Tabel 2.1 is aangegeven hoeveel bedrijven er per planjaar zijn onderzocht. De aantallen zijn uitgesplitst per bedrijfscategorie. In de startfase (planjaar 1996 en planjaar 1997) zijn respectievelijk slechts 6 en 27 bedrijven bezocht. In de jaren daarna zijn er steeds rond de 50 bedrijven bemeten, waarvan de meeste bedrijven behoren tot de categorieën “Akkerbouw op zeeklei” en “Melkvee op zeeklei”. Het rivierkleigebied is klein ten opzichte van het zeekleigebied. Daarom zijn er in het rivierkleigebied minder bedrijven bemonsterd.

Tabel 2.1: Aantal bemonsterde bedrijven in de periode 1996-2001 uitgesplitst per categorie en planjaar

Categorie	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Akkerbouw op zeeklei	4	11	26	27	25	22
Melkvee op rivierklei	2	2	4	5	6	4
Melkvee op zeeklei		14	19	22	20	19
Overige bedrijven op zeeklei			3	3	3	3
Totaal	6	27	52	57	54	48

Gedurende de meetperiode 1996-2001 zijn er bedrijven afgevallen en zijn er andere bedrijven ter vervanging bijkomen. In totaal zijn er op 66 verschillende bedrijven metingen uitgevoerd. In Figuur 2.1 is een kaartje afgebeeld met de ligging van de onderzochte bedrijven.



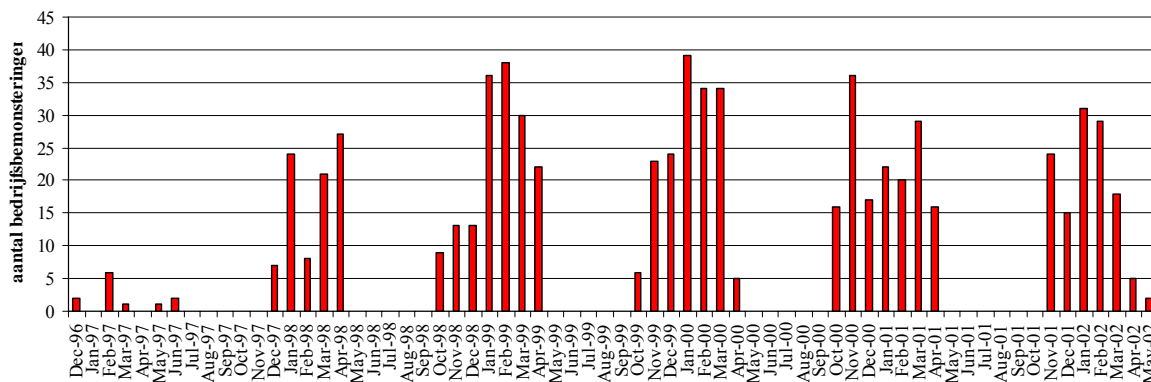
Figuur 2.1: Ligging van de bedrijven die in het kader van het MKBGL-klei onderzocht zijn in de periode 1996-2001

2.3 Gegevensverzameling per bedrijf

2.3.1 Gegevensverzameling in het veld

De bedrijven, die voor het MKBGL-klei zijn geselecteerd, worden per drainageseizoen minimaal 2 keer en maximaal 4 keer bemonsterd. Ofwel er is geprobeerd om 2 tot 4 bemonsteringsronden per seizoen uit te voeren. Hierbij geldt dat een bedrijf minimaal 1 keer in de periode van oktober tot en met december en minimaal 1 keer in de periode van januari tot en met april moet worden bemonsterd. De metingen worden op deze manier zo goed mogelijk verspreid over het drainageseizoen, omdat er mogelijk een vast dagnummereffect is in de drainwaterkwaliteit (zie ook paragraaf 1.4). In Figuur 2.2 is voor de gehele meetperiode per maand aangegeven hoeveel rondes er plaatsgevonden hebben. Incidenteel zijn meer of minder rondes uitgevoerd per bedrijf en seizoen.

Tijdens een ronde worden 16 drains bemonsterd (zie Figuur 2.3). In principe worden elke ronde dezelfde drains bemonsterd. Tevens wordt het debiet van de drains gemeten door te bepalen hoe lang het duurt tot er 1 liter water uit de drain is gekomen. Ook is bij elke bemonsterde drain vastgesteld hoe groot het hoogteverschil is tussen het slootpeil en de onderkant van de drain. Wanneer er ook maïspcelen op een bedrijf aanwezig zijn, worden deze apart bemonsterd. Op 2 bedrijven bleken maïspcelen aanwezig te zijn, waarvoor aparte mengmonsters zijn gemaakt.



Figuur 2.2: Staafdiagram van het aantal uitgevoerde bemonsteringsronden per maand



Figuur 2.3: Bemonstering van drainagewater ten behoeve van het MKBGL-klei

2.3.2 Chemische parameters

In het laboratorium worden van de 16 drainwatermonsters de nitraatconcentraties (nitracheck), de EC en de pH bepaald. De 16 monsters worden vervolgens vermengd tot 1 bedrijfsmonster. De bedrijfsmonsters zijn geanalyseerd door het Laboratorium Voor Milieumetingen van het RIVM. De monsters zijn geanalyseerd op de volgende parameters: nitraat (NO_3 ; detectielimiet is 0,124 mg/l), ammonium (NH_4 ; 0,018 mg/l), organisch stikstof (Kjeldahl-N; 0,14 mg/l), ortho-fosfaat (oP; 0,012 mg/l aan P), totaal-fosfaat (tP; 0,062 mg/l aan P), kalium (K), sulfaat (SO_4), elektrisch geleidingsvermogen (EC), zuurgraad (pH), chloride (Cl), calcium (Ca), ijzer (Fe), magnesium (Mg) en opgelost organisch koolstof (DOC). Vanaf 1998 zijn op een deel van de bedrijven ook de zware metalen arseen (As), cadmium (Cd), chroom (Cr), koper (Cu), lood (Pb) en zink (Zn) gemeten.

2.3.3 Berekenende parameters

Het moment van bemonstering in het drainage seizoen wordt weergegeven als het bemonsteringsdagnummer. Om de dagnummers van de bemonstering gedurende het drainage seizoen zonder onderbrekingen te laten oplopen (ten behoeve van de presentatie en de statistische analyses) begint de nummering in juli; 1 oktober komt overeen met dagnummer 89, 1 januari is dagnummer 185 en 1 mei is dagnummer 301.

Per bedrijf is tevens een index berekend voor de invloed van voorafgaande natte of droge jaren (het neerslagoverschot) op de nitraatconcentratie, zie Bijlage 1.

2.3.4 Schaalniveaus

De hierboven beschreven werkwijze levert meetinformatie op voor verschillende schaalniveaus. De volgende niveaus kunnen van kleinschalig naar grootschalig worden onderscheiden (tussen haakjes zijn de aantallen weergegeven):

- individuele monsters (11448);
- rondegemiddelden per bedrijf (718);
- bedrijfsgemiddelden per planjaar (244);
- bedrijfsgemiddelden over de gehele meetperiode (66);
- jaargemiddelden over de bedrijven (6).

Op het niveau van de individuele monsters zijn het gemeten draindebiet, drainhoogte, nitraat, EC, pH en de index beschikbaar. Deze gegevens zijn per ronde gemiddeld. De ronde gemiddelden zijn per planjaar gemiddeld. De planjaargemiddelden zijn per bedrijf gemiddeld en per planjaar zijn de bedrijfsgemiddelden gemiddeld.

De chemische analyseresultaten van de mengmonsters geven informatie op het niveau van rondegemiddelden per bedrijf. Deze analyseresultaten zijn tevens gebruikt voor de berekening van de bedrijfsgemiddelden per planjaar en de bedrijfsgemiddelden over de gehele meetperiode. De jaargemiddelden per bedrijf zijn berekend door het gemiddelde te nemen van de rondegemiddelden in het betreffende jaar. De langjarige bedrijfsgemiddelden zijn de gemiddelden van de jaargemiddelden op een bedrijf.

2.3.5 Statistische analyses

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen zijn verschillende statistische analyses uitgevoerd. De werkwijze, de resultaten en de interpretatie van deze statistische analyses zijn beschreven in Bijlage 5 tot en met 10. Er zijn analyses uitgevoerd van:

- de correlatiematrix van de bedrijfsgemiddelden per planjaar (Bijlage 5);
- het verschil tussen gemiddelde nitraatconcentraties en gemiddelde debietgewogen nitraatconcentraties (Bijlage 6);
- relaties tussen nitraatconcentraties enerzijds en de index, debiet, drainhoogte en dagnummer anderzijds (Bijlage 7);
- relaties tussen concentraties van verschillende stoffen enerzijds en de index, debiet, drainhoogte en dagnummer anderzijds (Bijlage 8);
- variantiebronnen (Bijlage 9);
- het aantal benodigde bedrijven met drains om een afname in de nitraatconcentratie te kunnen vaststellen (Bijlage 10).

2.4 Presentatie meetresultaten

In het volgende hoofdstuk zullen de meetresultaten worden besproken van de drainwatermonsters uit het MKBGL-klei. De meetresultaten zijn op het niveau van bedrijfsgemiddelden uitgewerkt (zie ook paragraaf 2.3.3). Zowel de bedrijfsgemiddelden over de gehele meetperiode als de bedrijfsgemiddelden per planjaar zijn gepresenteerd. De meetresultaten zijn op dit niveau uitgewerkt omdat de LEI-gegevens over de bedrijfsvoering ook alleen op bedrijf-planjaar niveau worden verzameld. Hierdoor is het bedrijf-planjaar-niveau het gedetailleerdste niveau waarop de relatie tussen veranderingen in nutriëntenoverschotten en de waterkwaliteit kan worden onderzocht.

De volgende parameters komen in het volgende hoofdstuk aan bod:

- Nitraat
- Ammonium
- Totaal-stikstof (tN)
- Ortho-fosfaat fosfor (oP)
- Totaal-fosfaat fosfor (tP)
- Kalium
- Chloride
- Sulfaat
- Calcium
- Magnesium
- Draindebiet
- Index
- Hoogteverschil tussen onderkant drain en slootpeil (drainhoogte)
- Dagnummer

De bedrijfsgemiddelden zijn ook apart per planjaar (1996 t/m 2001) en per bedrijfscategorie weergegeven. De meetresultaten van de categorie “overig zeeklei” zijn niet steeds apart gepresenteerd, omdat slechts drie bedrijven in deze categorie voorkomen. Deze drie bedrijven zijn echter wel meegenomen bij de berekening van de overall gemiddelden of de gemiddelden per jaar.

De presentatie van de meetresultaten geschiedt met tabellen, cumulatieve frequentiediagrammen en boxplots. Bij de cumulatieve frequentiediagrammen (bijvoorbeeld Figuur 3.1) worden op de y-as de concentraties uitgezet en op de x-as het percentage van de meetwaarden dat lager ligt dan de betreffende concentratie. Op deze manier ontstaat een overzichtelijk beeld van de spreiding van de meetgegevens. De cumulatieve frequentiediagrammen kunnen op twee manieren benaderd worden. Zo kan men achterhalen om hoeveel procent van de bedrijven een bepaalde norm wel of niet wordt gehaald. Andersom kan men aflezen welke concentratie door bijvoorbeeld 50% van de bedrijven overschreden wordt (mediaan). Ook bijvoorbeeld de 25- en 75-percentiele waarden kunnen eenvoudig uit een cumulatief frequentiediagram worden afgelezen.

Boxplots (bijvoorbeeld Figuur 3.3). bieden een snel overzicht wanneer verschillende groepen met elkaar vergeleken worden. In de boxplots is de mediaan aangegeven door een horizontale streep en het 25- en het 75- percentiel door de onder- en bovenzijde van de box. De range van de gegevens (exclusief uitschieters en extreme waarden) wordt aangegeven door de horizontale strepen onder en boven de box. De uitschieters (waarden die op 1,5 – 3 boxlengtes vanaf de boven- of onderkant van de box liggen) worden als rondjes weergegeven. De extreme waarden (meer dan 3 boxlengtes vanaf de onder- of bovenkant van de box) worden weergegeven als sterretjes.

De gepresenteerde meetresultaten worden vergeleken met de kwaliteitsdoelstellingen voor de betreffende parameter. Voor grond- en het oppervlaktewater gelden echter verschillende normen. De meetresultaten zijn vergeleken met grondwaterkwaliteitsdoelstellingen (Tabel 2.2) en met oppervlaktewaterkwaliteitsdoelstellingen (Tabel 2.3). De oppervlaktewaterkwaliteitsnormen voor totaal-stikstof en totaal-fosfaat in Tabel 2.2 gelden overigens voor de zomergemiddelde concentraties in eutrofiëringgevoelige, stagnante wateren (CIW, 2000).

Tabel 2.2: Gebruikte kwaliteitsdoelstellingen voor de gerapporteerde parameters

Parameter	Kwaliteitsdoelstelling	Bron
NO ₃	50 mg/l	MTR uit de gewijzigde versie Bijlage A 4 ^e Nota Waterhuishouding (Vastgesteld in de Ministerraad dd. 12 mei 2000)
NH ₄	12,85 mg/l	Streefwaarde (omgerekend van 10 mg/l NH ₄ -N) uit Normen voor het waterbeheer (mei 2000) Achtergronddocument NW4, Commissie Integraal Waterbeheer
tP	3 mg/l	Streefwaarde uit Normen voor het waterbeheer (mei 2000) Achtergronddocument NW4, Commissie Integraal Waterbeheer
oP	0,1 mg/l	Advieswaarde, Technische Commissie Bodembescherming (TCB, 1990) Advies, ten behoeve van de hantering van het protocol fosfaat verzadigde gronden aan de minister van VROM
K	12 mg/l	Geen norm vastgesteld, als indicatie is de voormalige drinkwaternorm gegeven
Cl	100 mg/l	Streefwaarde uit Normen voor het waterbeheer (mei 2000) Achtergronddocument NW4, Commissie Integraal Waterbeheer
SO ₄	150 mg/l	Streefwaarde uit Normen voor het waterbeheer (mei 2000) Achtergronddocument NW4, Commissie Integraal Waterbeheer

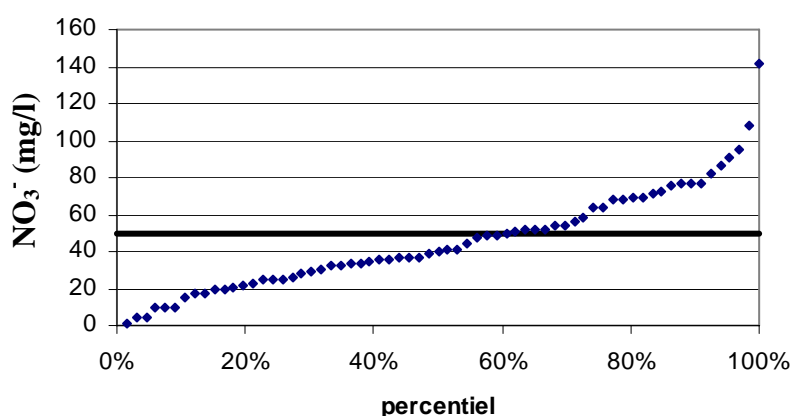
Tabel 2.3: Kwaliteitsdoelstellingen voor het oppervlaktewater

Parameter	Streefwaarde	MTR	Bron
tN	1 mg/l	2,2 mg/l	Streefwaarde en MTR's uit Normen voor het waterbeheer (mei 2000) Achtergronddocument NW4, Commissie Integraal Waterbeheer
tP	0,05 mg/l	0,15 mg/l	
Cl	-	200 mg/l	
SO ₄	-	100 mg/l	

3 Meetresultaten

3.1 Nitraat

In Figuur 3.1 zijn de gemiddelde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) over de periode van 1996-2001 in een cumulatief frequentiediagram uitgezet. Bij de berekening van het gemiddelde is niet gewogen met het draindebit. Indien wel gewogen wordt dan zijn de gemiddelden ongeveer 4 mg/l hoger. In het diagram is te zien dat de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties variëren van 0 mg/l (< detectielimiet) tot 142 mg/l. Van de bedrijfsgemiddelden voldoet 61% aan de norm van 50 mg/l. De mediane bedrijfsgemiddelde concentratie ligt op 40 mg/l. In Bijlage 4 zijn de gemiddelden en de 10-, 25-, 50-, 75- en 90-percentiele waarden van de langjarige bedrijfsgemiddelden gegeven.



Figuur 3.1: Cumulatief frequentiediagram van de gemiddelde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) over de meetperiode van 1996-2001

In Tabel 3.1 zijn de bedrijfsgemiddelde concentraties per planjaar weergegeven voor alle bedrijven en voor de verschillende categorieën. In Figuur 3.2 zijn de cumulatieve frequentiediagrammen apart per categorie en per planjaar weergegeven. Figuur 3.3 toont de boxplots van de bedrijfsgemiddelden per categorie per planjaar. In Figuur 3.4 staan de boxplots van alle bedrijfsgemiddelden per planjaar.

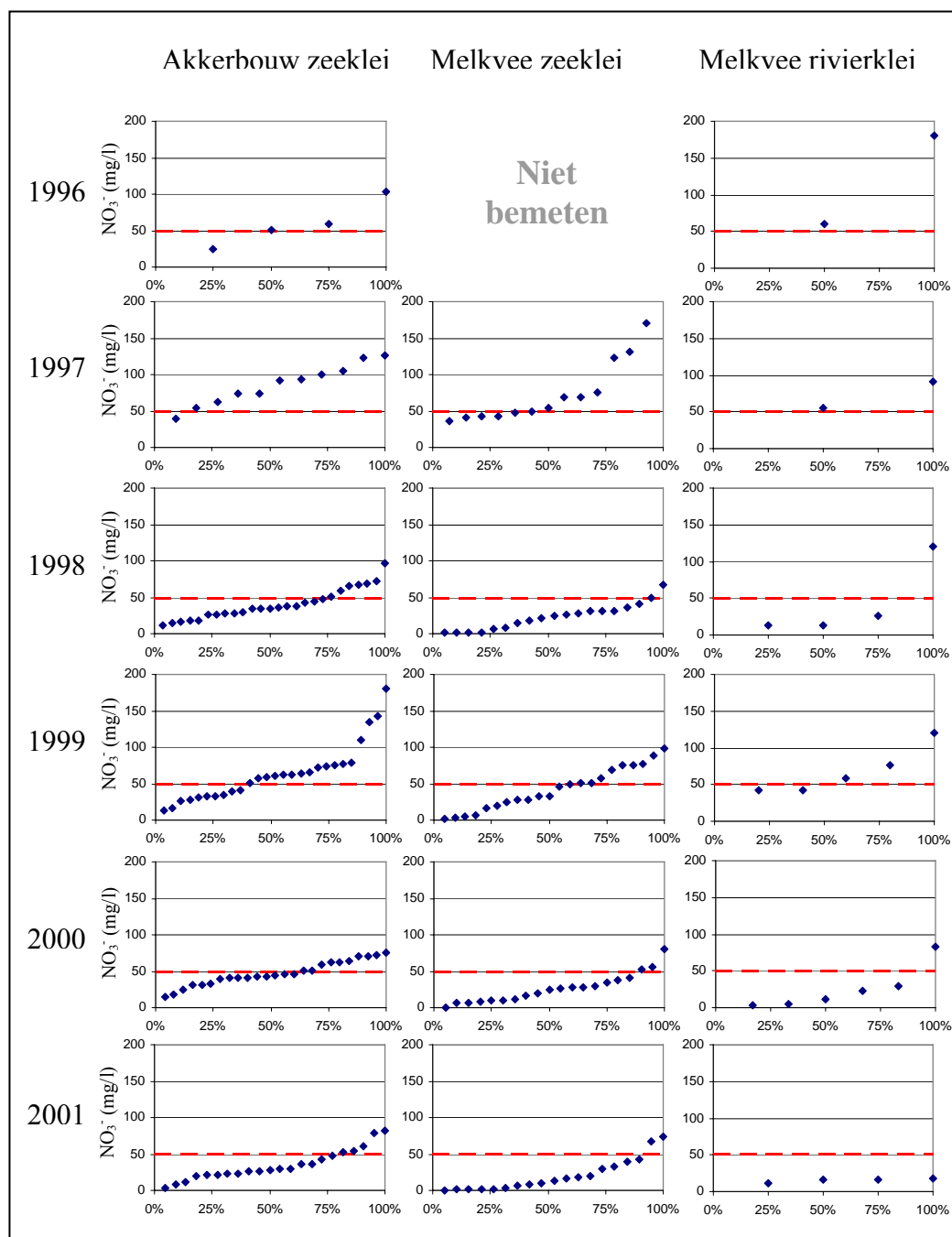
Tabel 3.1: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per bedrijfscategorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	80	85	33	54	35	26	44
Akkerbouw zeeklei	59	86	40	64	47	35	51
Melkvee zeeklei	-	87	23	43	26	20	37
Melkvee rivierklei	120	74	43	68	26	16	49

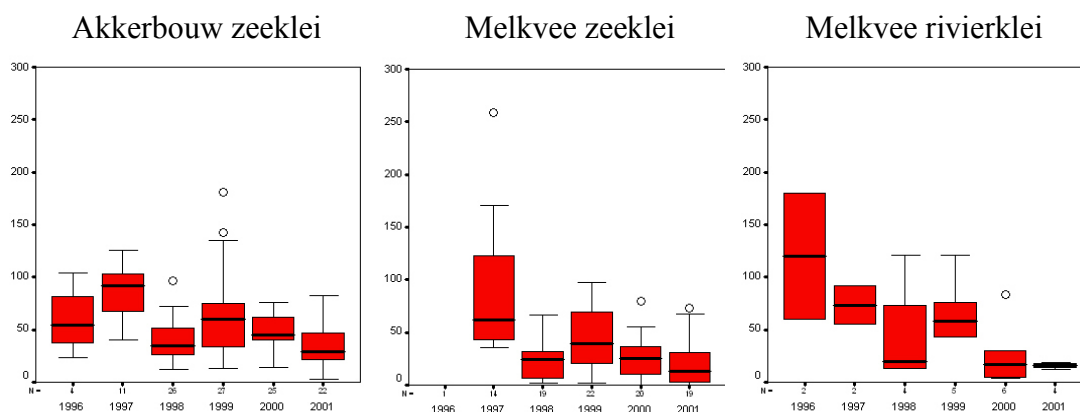
Er is een dalende tendens te zien in de nitraatconcentraties over de meetperiode. In 1996 en 1997 liggen de gemiddelde concentraties nog ruimschoots boven de norm van 50 mg/l. Dit wordt niet veroorzaakt door het lagere aantal bemonsterde bedrijven in deze jaren. De concentraties van de bedrijven die in 1996 en 1997 zijn bemonsterd wijken in de jaren daarna

niet af van het gemiddelde over alle bedrijven (zie Bijlage 2). In 75% van de bedrijven wordt de norm van 50 mg/l overschreden in 1997. In 1998 zijn de concentraties gedaald ten opzichte van de 2 jaren ervoor. De gemiddelde concentratie is 2,5 keer lager dan het jaar ervoor en slechts in 16% van de bedrijven wordt de norm overschreden. In 1999 zijn de concentraties weer hoger. De mediane en de gemiddelde concentratie liggen in dat jaar rond de norm van 50 mg/l. Na 1999 wordt de daling in de nitraatconcentraties weer ingezet. In 2000 liggen de concentraties weer op hetzelfde niveau als in 1998 en in 2001 zijn de concentraties verder gedaald. In 2001 is de gemiddelde nitraatconcentratie slechts 26 mg/l en wordt de norm op slechts 15% van de bedrijven niet gehaald.

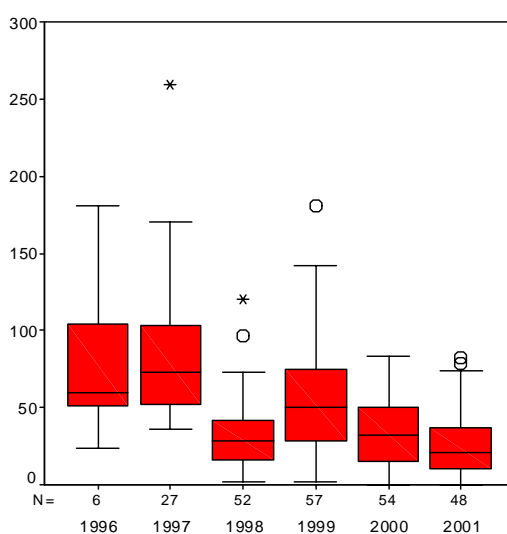
Over het algemeen blijkt de dalende tendens ook in elke afzonderlijke bedrijfscategorie terug te komen. Ook de lage concentraties in 1998 ten opzichte van 1997 en 1999 zijn elke categorie te zien. Gemiddeld zijn de nitraatconcentraties het hoogst in de categorie akkerbouw op zeelei. Met name in de laatste 2 planjaren (2000 en 2001) zijn de concentraties in deze categorie hoger dan in de twee andere. De laagste jaargemiddelde nitraatconcentraties zijn gemeten in 2001 bij de categorieën melkvee op zeelei (20 mg/l) en melkvee op rivierklei (16 mg/l). Over de gehele meetperiode zijn de concentraties in de categorie melkvee op zeelei het laagst (37 mg/l).



Figuur 3.2: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) per planjaar en per bedrijfscategorie



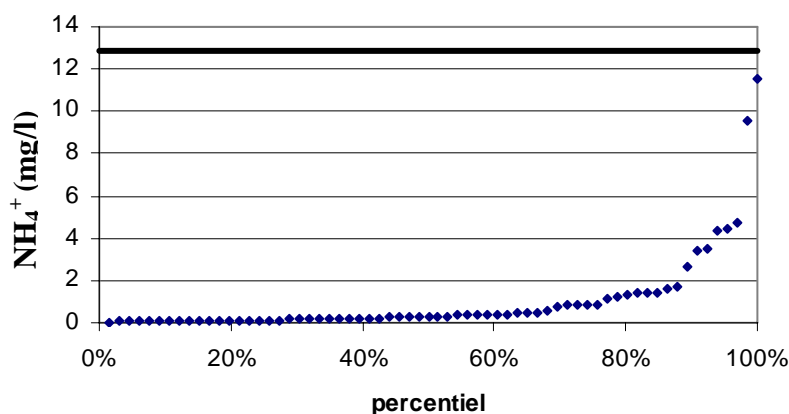
Figuur 3.3: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) per planjaar



Figuur 3.4: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) over de periode 1996-2001

3.2 Ammonium

In Figuur 3.5 is het cumulatieve frequentiediagram afgebeeld van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties per planjaar over de gehele meetperiode van 1996-2001. In deze figuur is te zien dat de ammoniumconcentraties (mg/l aan $\text{NH}_4^+\text{-N}$) over het algemeen laag zijn ten opzichte van de kwaliteitsdoelstelling van 12,85 mg/l (10 mg/l aan $\text{NH}_4^+\text{-N}$). Bij 77 % van de bedrijfsgemiddelden blijft de ammoniumconcentratie in het drainagewater onder de 1 mg/l. De overige 23% van de bedrijfsgemiddelden blijven over het algemeen onder de 6 mg/l. Twee bedrijven schieten eruit met gemiddelde ammoniumconcentraties die in de buurt komen van de kwaliteitsdoelstelling.



Figuur 3.5: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties (mg/l aan $\text{NH}_4^+\text{-N}$) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.2 zijn de bedrijfsgemiddelde concentraties per planjaar weergegeven voor alle bedrijven en voor de verschillende categorieën. Figuur 3.6 toont de boxplots van de bedrijfsgemiddelden per categorie per planjaar. In Bijlage 4.1 zijn de cumulatieve frequentiediagrammen apart per categorie en per planjaar weergegeven. Ook de boxplots van alle bedrijfsgemiddelden per planjaar staan in Bijlage 4.1.

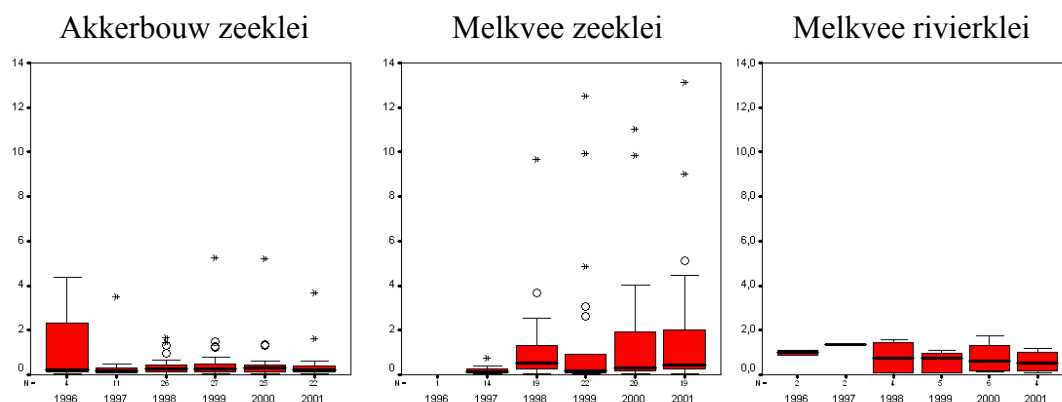
Tabel 3.2: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties (mg/l aan $\text{NH}_4^+\text{-N}$) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per bedrijfscategorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	1,1	0,4	0,9	1,1	1,1	1,2	1,0
Akkerbouw zeeklei	1,2	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5
Melkvee zeeklei	-	0,2	1,3	1,7	1,8	2,1	1,5
Melkvee rivierklei	1,0	1,3	0,8	0,6	0,8	0,6	0,8

De jaargemiddelde concentraties over alle bedrijven schommelen over het algemeen rond de 1 mg/l (zie Tabel 3.2). Alleen in 1997 is de gemiddelde ammoniumconcentratie laag; 0,40 mg/l. In Bijlage 2 is te zien dat dit voor een groot deel wordt veroorzaakt door de lage concentraties van de groep bedrijven die in 1997 wordt bemeten. De gemiddelde ammoniumconcentraties zijn het hoogst bij de bedrijfscategorie melkvee zeeklei. Aan de hand van de gemiddelden per planjaar lijkt er bij deze categorie een stijging van de ammoniumconcentraties op te treden. De gemiddelden worden echter beïnvloed door enkele bedrijven met hoge ammoniumconcentraties. De mediane concentraties verschillen niet veel tussen de categorieën en tussen de planjaren (zie Figuur 3.6 en Bijlage 4.1).

In Figuur 1 in Bijlage 4.1 is te zien dat in 1997 nog 85% van de bedrijfsgemiddelden onder de 0,5 mg/l liggen. In 1998 is dit nog slechts 60%. Er zijn in 1998 derhalve veel bedrijven bijgekomen met hoge ammoniumconcentraties (zie ook Bijlage 2). In 1998 wordt ook één van de bedrijven met extreem hoge concentraties voor het eerst bemeten. In 1999 komt ook het andere bedrijf erbij. De scheve verdeling van de ammoniumconcentraties zorgt ervoor dat de enkele bedrijven met hoge concentraties veel invloed hebben op de gemiddelden. Vooral de gemiddelden bij de categorie melkvee op rivierklei geven hierdoor een vertekend beeld. In Tabel 3.2 is te zien dat de gemiddelde ammoniumconcentraties in de periode 1996-2001 vertienvoudigen. In Figuur 3.6 is echter te zien dat de mediaan ongeveer gelijk blijft.

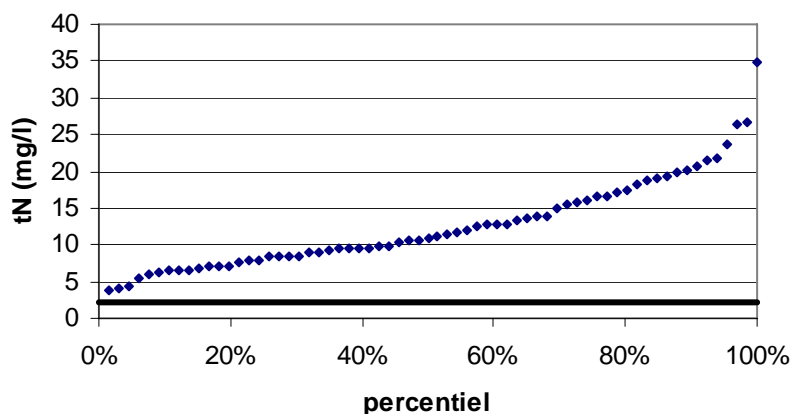
Ook in de boxplots van de gemiddelde bedrijfsgemiddelden per planjaar (Bijlage 4.1, Figuur 2) is te zien dat de ammoniumconcentraties scheef zijn verdeeld. Over het algemeen blijft de 75-percentiel onder de 1 mg/l, maar er zijn met name vanaf 1999 veel waarden die als uitschieters of extreme waarden worden geclassificeerd.



Figuur 3.6: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties (mg/l) over de periode 1996-2001

3.3 Totaal-stikstof

Voor het oppervlaktewater is er geen afzonderlijke norm voor nitraat en ammonium. Er geldt alleen een norm voor totaal-stikstof (tN) van 2,2 mg/l. Om de stikstofconcentraties van het drainagewater te kunnen vergelijken met de norm voor het oppervlaktewater worden hier de meetresultaten voor tN beknopt weergegeven. In Figuur 3.7 is het cumulatieve frequentiediagram weergegeven van de gemiddelde bedrijfsgemiddelde tN concentraties over de gehele meetperiode. 100% van de bedrijfsgemiddelden ligt boven de oppervlaktewaternorm voor tN. Op 5% van de onderzochte bedrijven wordt de norm meer dan 10 keer overschreden. Hierbij moet wel vermeldt worden dat de oppervlaktewaternorm voor tN geldt voor het zomergemiddelde waarden in stagnante eutrofiëringsgevoelige wateren (CIW, 2000). De drains worden in het MKBGL-klei juist in de winterperiode bemonsterd.



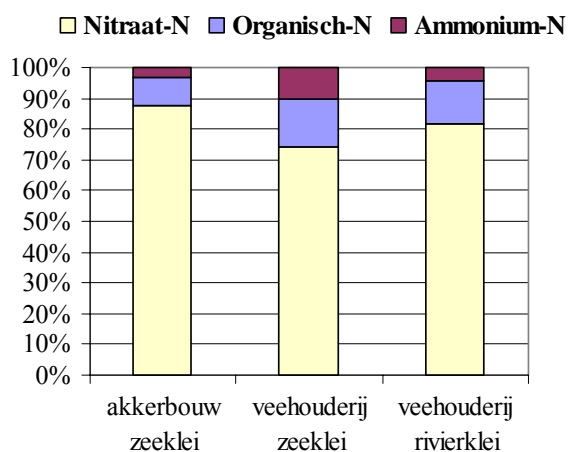
Figuur 3.7: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde totaal-stikstofconcentraties (mg/l) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.3 worden de bedrijfsgemiddelde totaal-stikstofconcentraties per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per bedrijfscategorie gegeven. In Figuur 3.8 is een staafdiagram afgebeeld waarin de verhouding tussen de tN componenten nitraat-N, organisch-N en

ammonium-N is weergegeven. In deze figuur is te zien dat 74-88% van de tN bestaat uit nitraat-N. Het overgebleven deel bestaat voor 9-15% uit organisch N en voor 3-10% uit ammonium-N.

Tabel 3.3: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde tN-concentraties (mg/l) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per bedrijfscategorie

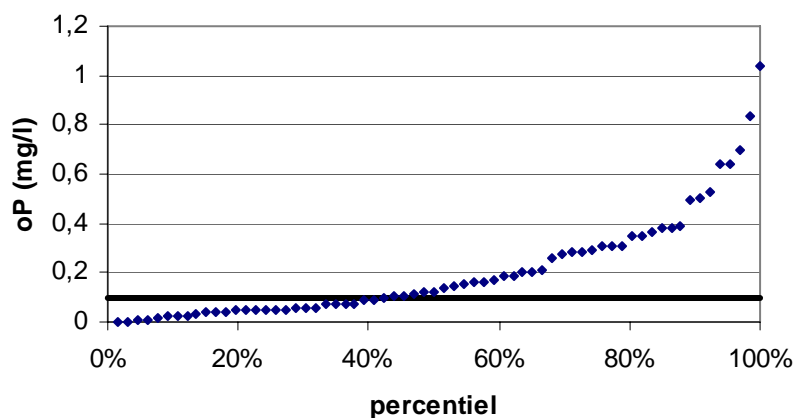
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	20	21	10	15	10	8	12
Akkerbouw zeeklei	16	21	11	16	12	9	13
Melkvee zeeklei	-	22	8	13	9	8	11
Melkvee rivierklei	30	20	13	18	8	5	13



Figuur 3.8: Verhoudingen van de totaal-stikstof componenten nitraat, ammonium en organisch stikstof

3.4 Ortho-fosfaat

In Figuur 3.9 is een cumulatief frequentiediagram weergegeven van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties (oP) over de periode 1996-2001. De gemiddelde oP-concentraties variëren van 0 tot iets meer dan 1 mg/l. De kwaliteitsdoelstelling van 0,1 mg/l wordt op 57% van de bedrijven overschreden. De mediane oP-concentratie ligt op 0,12 mg/l.



Figuur 3.9: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties (mg/l als P) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.4 zijn de bedrijfsgemiddelde oP-concentraties uitgesplitst per planjaar weergegeven voor alle bedrijven en voor de verschillende categorieën. Figuur 3.10 toont de boxplots van de bedrijfsgemiddelden per categorie per planjaar. In Bijlage 4.2 zijn de cumulatieve frequentiediagrammen per categorie en per planjaar weergegeven. In Bijlage 4.2 staan ook de boxplots van alle bedrijfsgemiddelden per planjaar.

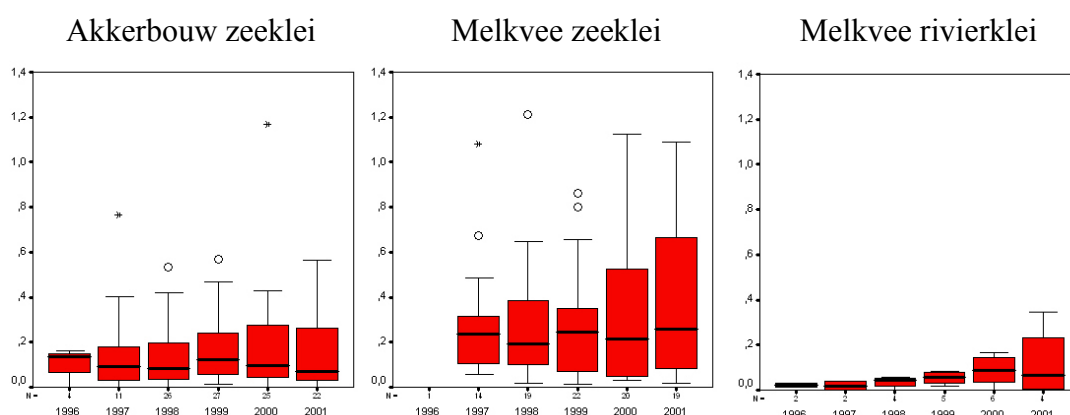
Tabel 3.4: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde oP- concentraties (mg/l als P) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per bedrijfscategorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	0,08	0,23	0,19	0,20	0,22	0,24	0,21
Akkerbouw zeeklei	0,11	0,17	0,13	0,16	0,18	0,16	0,16
Melkvee zeeklei		0,31	0,30	0,27	0,32	0,35	0,31
Melkvee rivierklei	0,02	0,02	0,04	0,05	0,09	0,12	0,06

In het opstart-planjaar 1996 zijn er slechts zes bedrijven bemeten, die een lage gemiddelde oP-concentratie van 0,08 mg/l hebben. In de jaren daarna zijn er bedrijven met hogere ortho-fosfaatconcentraties bijgekomen en schommelt de gemiddelde concentratie rond de 0,2 mg/l aan P (zie ook Bijlage 2). Er is na 1996 weinig verschil in concentraties tussen de planjaren. Wel zijn er verschillen tussen de bedrijfscategorieën. De concentraties zijn het hoogst in de categorie melkvee op zeeklei. In deze categorie ligt de gemiddelde oP-concentratie rond de 0,3 mg/l. Op meer dan de helft van de bedrijven in deze categorie wordt de kwaliteitsdoelstelling overschreden.

In de categorie melkvee op rivierklei zijn de ortho-fosfaatconcentraties het laagst. De gemiddelde oP-concentratie ligt op deze bedrijven op 0,06 mg/l. In tegenstelling tot de andere categorieën lijken de ortho-fosfaatconcentraties bij melkvee op rivierklei toe te nemen gedurende de periode 1996-2001. In de planjaren 2000 en 2001 wordt voor het eerst op enkele bedrijven de kwaliteitsdoelstelling van 0,1 mg/l aan oP overschreden.

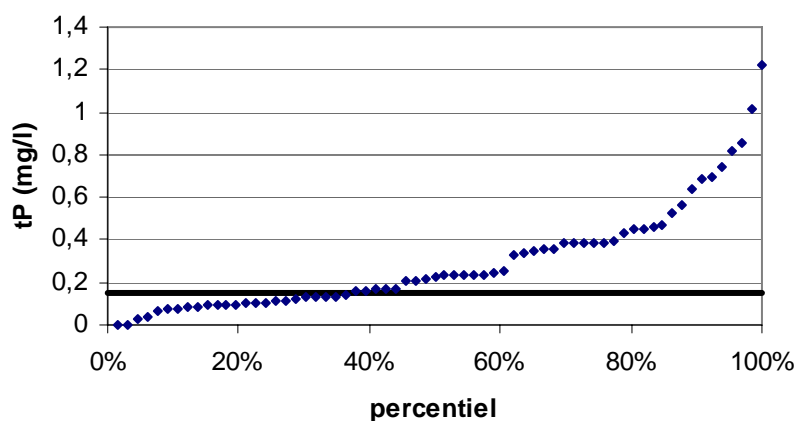
De ortho-fosfaatconcentraties in de categorie akkerbouw zeeklei liggen tussen die van de andere twee categorieën in. De mediane concentraties liggen in deze categorie steeds net onder de kwaliteitsdoelstelling. De gemiddelde concentraties liggen er echter net boven.



Figuur 3.10: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaat-concentraties (mg/l als P) per planjaar

3.5 Totaal-fosfaat

De streefwaarde voor totaal-fosfaat (tP) in het grondwater van 3 mg/l als P, wordt bij geen van de bedrijfsgemiddelden overschreden. Deze kwaliteitsdoelstelling valt dan ook buiten het bereik van de cumulatieve frequentiediagrammen. Wel is in deze figuren de MTR-waarde voor tP in het oppervlaktewater van 0,15 mg/l weergegeven. Hierbij moet wel vermeld worden dat deze waarde geldt voor de zomergemiddelde concentratie in stagnante eutrofiëringgevoelige wateren. De drainwatermonsters, waarop de gepresenteerde bedrijfsgemiddelde concentraties zijn gebaseerd, zijn echter uitsluitend gedurende het drainageseizoen (oktober-april) genomen. In Figuur 3.11 worden de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties over de gehele meetperiode gepresenteerd in een cumulatief frequentiediagram. De tP concentraties liggen tussen de 0 en de 1,22 mg/l. De mediane concentratie ligt op 0,22 mg/l aan P. Op 63% van de bedrijven ligt de gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie in het drainwater boven de MTR voor het oppervlaktewater.



Figuur 3.11: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties (mg/l als P) over de periode van 1996-2001.

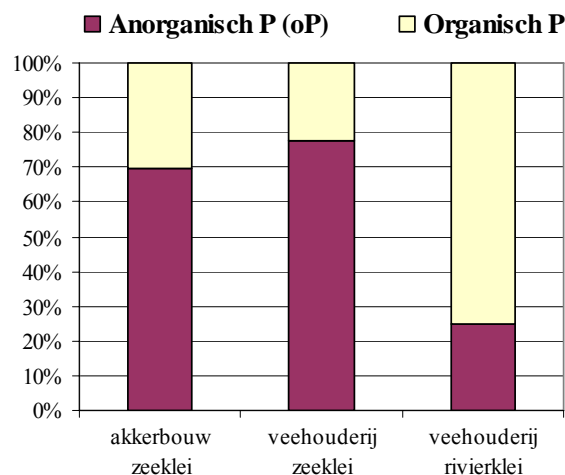
In Tabel 3.5 worden de gemiddelde bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties gegeven voor de verschillende planjaren en categorieën. Figuur 3.12 geeft de verhouding weer tussen het organische en het anorganische deel van totaal-fosfaat. Figuur 3.13 toont de boxplots van de bedrijfsgemiddelden per categorie per planjaar. De cumulatieve frequentie diagrammen van de bedrijfsgemiddelden per planjaar en per categorie worden weergegeven in Bijlage 4.3. In Bijlage 4.3 staan tevens de boxplots van alle bedrijfsgemiddelden per planjaar.

Tabel 3.5: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde tP- concentraties (mg/l als P) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	0,12	0,24	0,25	0,31	0,36	0,34	0,30
Akkerbouw zeeklei	0,13	0,17	0,19	0,25	0,28	0,22	0,23
Melkvee zeeklei		0,32	0,36	0,38	0,47	0,46	0,40
Melkvee rivierklei	0,09	0,04	0,07	0,26	0,38	0,32	0,24

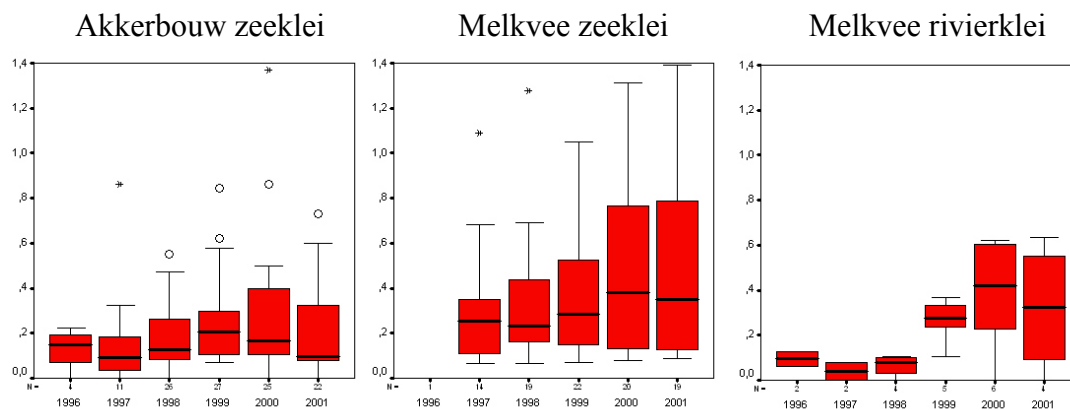
De totaal-fosfaatconcentraties nemen iets toe over de periode 1996-2001. Dit geldt zowel voor de gemiddelden (Tabel 3.5) als voor de medianen (Figuur 3.13, Bijlage 4.3). In 2001 zijn de concentraties echter weer iets lager dan in 2000. De lage gemiddelde concentraties in 1996 worden echter deels veroorzaakt door de lage concentraties op de zes bedrijven die al vanaf 1996 bemeten zijn (zie Bijlage 2).

Opvallend bij de categorie melkvee op rivierklei zijn de lage concentraties totaal-fosfaat in de periode 1996-1998 en de hogere concentraties in de periode 1999-2001. Uit Figuur 3.12 is af te leiden dat de totaal-fosfaatconcentraties in deze bedrijfscategorie voor het grootste deel zijn toe te schrijven aan organisch fosfaat. Het percentage anorganisch ortho-fosfaat is slechts 25% in deze bedrijfscategorie. In de andere bedrijfscategorieën ligt dit percentage op 70% (akkerbouw op zeelei) en 78% (melkvee op zeelei).



Figuur 3.12: Verhouding tussen anorganisch (reactief) fosfaat en organisch (niet-reactief) fosfaat per bedrijfscategorie

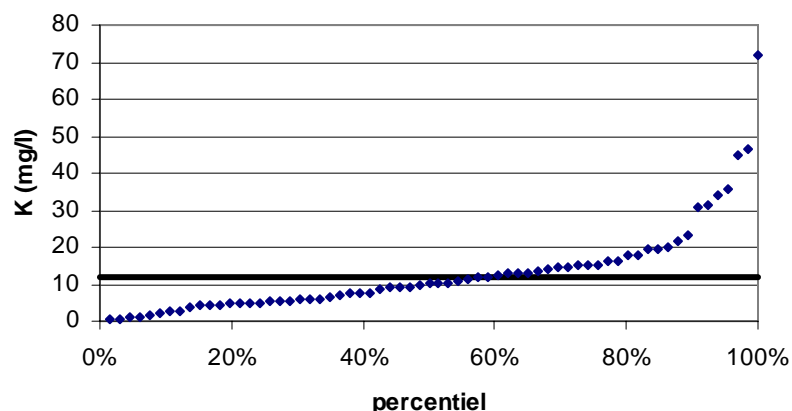
Net als bij ortho-fosfaat zijn concentraties totaal-fosfaat het hoogst in de bedrijfscategorie melkvee zeelei. Met name in het jaar 2000 zijn de concentraties hoog. Het gemiddelde ligt in dit jaar op 0,47 mg/l en op 65% van de bedrijven wordt de MTR voor het oppervlaktewater overschreden.



Figuur 3.13: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties (mg/ l als P) per planjaar

3.6 Kalium

De bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties over de gehele meetperiode zijn in een cumulatief frequentiediagram uitgezet in Figuur 3.14. De gemiddelde concentraties variëren van 0,6 tot 72 mg/l. Op 58% van de bedrijven voldoet het drainagewater aan de voormalige drinkwaternorm van 12 mg/l. De mediane concentratie ligt op 10 mg/l.



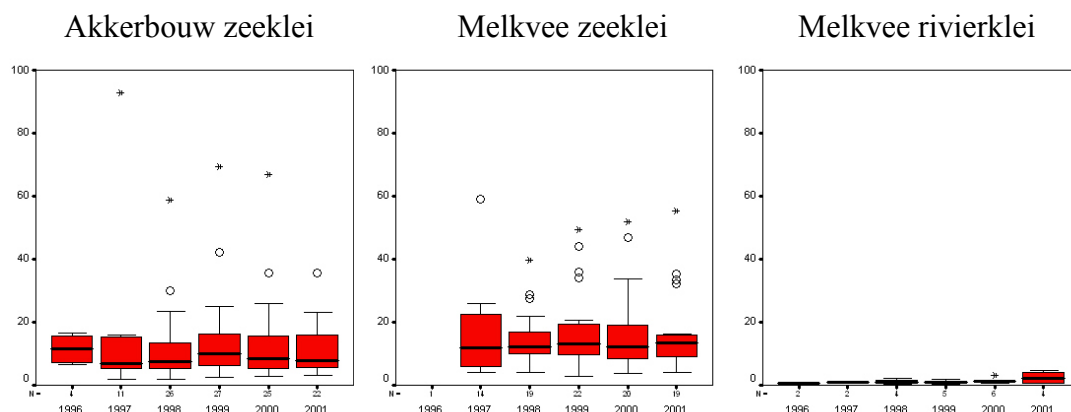
Figuur 3.14: Cumulatief frequentiediagram van bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties (mg/l) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.6 worden de gemiddelde bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties per planjaar en per categorie gepresenteerd. De boxplots per planjaar en per bedrijfscategorie staan in Figuur 3.15. De cumulatieve frequentiediagrammen per planjaar en per categorie staan in Bijlage 4.4. In Bijlage 4.4 zijn tevens boxplots weergegeven van bedrijfsgemiddelden per planjaar.

Tabel 3.6: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties(mg/l) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	8	15	12	14	14	13	13
Akkerbouw zeeklei	12	16	12	14	14	11	13
Melkvee zeeklei		16	15	17	17	17	16
Melkvee rivierklei	0,6	0,8	1,0	0,9	1,4	2,4	1,3

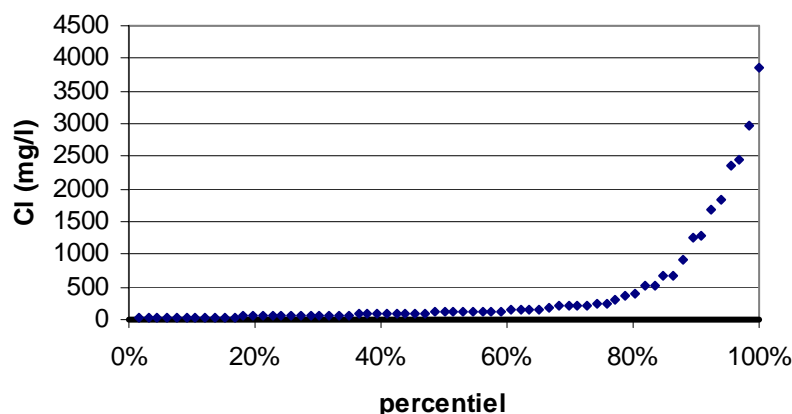
De gemiddelde kaliumconcentratie in het drainagewater ligt net boven de voormalige norm voor drinkwater van 12 mg/l. De verschillen tussen de verschillende planjaren zijn klein. Alleen 1996 wijkt af, maar dat komt door de lage concentraties op de bedrijven die in dat jaar bemeten zijn (zie Bijlage 2). Er is een groot verschil tussen de bedrijfscategorie melkvee op rivierklei en de categorieën melkvee op zeeklei en akkerbouw op zeeklei. De gemiddelde bedrijfsgemiddelde concentratie van de bedrijven op rivierklei is slechts 1,3 mg/l. De gemiddelden voor akkerbouw op zeeklei ligt op 12,9 en voor melkvee op zeeklei zelfs op 16,2.



Figuur 3.15: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties (mg/l) per planjaar

3.7 Chloride

In Figuur 3.16 is het cumulatieve frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties weergegeven. De chlorideconcentraties lopen uiteen van 12 tot 5853 mg/l. De kwaliteitsdoelstelling van 100 mg/l wordt op 46% van de bedrijven gehaald.



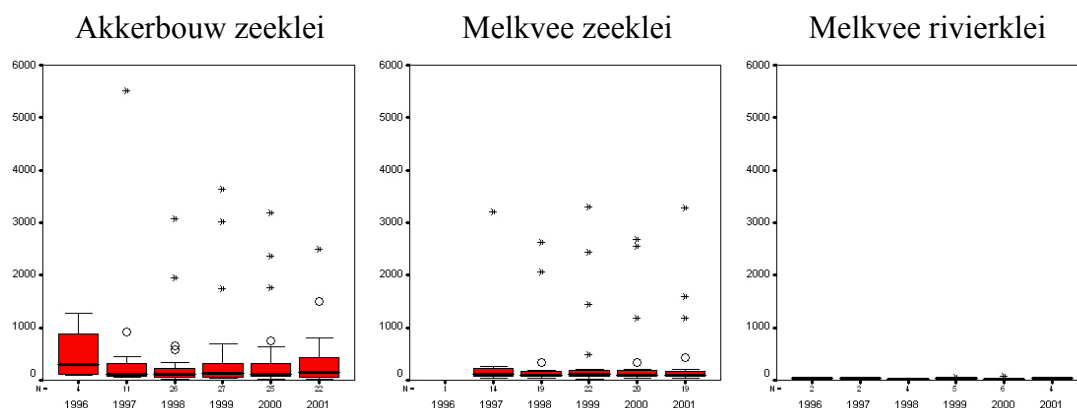
Figuur 3.16: Cumulatiefrequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties(mg/l) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.7 worden de gemiddelde bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties per planjaar en per categorie gegeven. De boxplots van de bedrijfsgemiddelden per categorie en per planjaar zijn afgebeeld in Figuur 3.17. De cumulatieve frequentiediagrammen van de chlorideconcentraties zijn afgebeeld in Bijlage 4.5. In Bijlage 4.5 zijn tevens boxplots van alle bedrijfsgemiddelden per planjaar opgenomen.

Tabel 3.7: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties(mg/l) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	344	470	357	449	401	368	403
Akkerbouw zeeklei	499	701	353	487	457	376	450
Melkvee zeeklei		351	353	437	414	413	397
Melkvee rivierklei	34	32	20	33	27	30	29

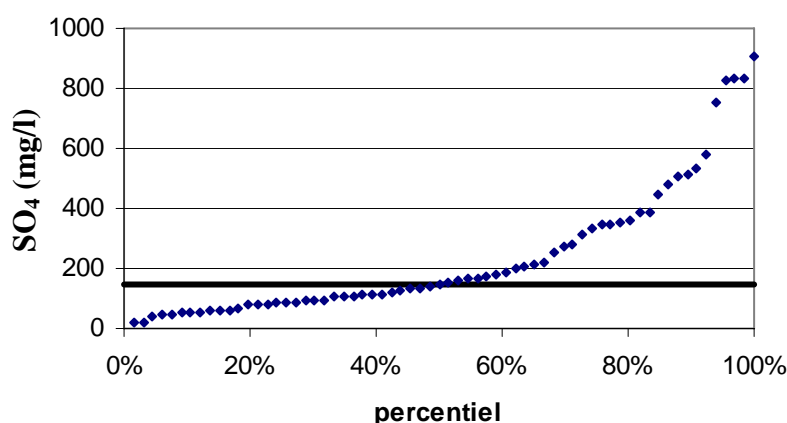
Door de grote invloed van uitschieters liggen de gemiddelden in Tabel 3.7 hoger dan de mediane waarden die uit Bijlage 4.5 afgelezen kunnen worden. De mediane waarden liggen bij de bedrijfscategorieën akkerbouw op zeeklei en melkvee zeeklei rond de 100 mg/l. De gemiddelde bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties schommelen rond de 400 mg/l. De verschillen tussen de jaren zijn klein, zie ook Bijlage 2. In 1997 is de gemiddelde concentratie bij bedrijfscategorie akkerbouw zeeklei hoog. In Figuur 3.17 is te zien dat dit wordt veroorzaakt door één bedrijf en dat de mediaan ook in dat jaar ongeveer 100 mg/l is.



Figuur 3.17: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties (mg/l) per planjaar

3.8 Sulfaat

In Figuur 3.18 wordt het cumulatief frequentiediagram van de langjarige bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties afgebeeld. De langjarige bedrijfsgemiddelden variëren tussen de 22 en de 906 mg/l. De mediane bedrijfsgemiddelde concentraties ligt op 145 mg/l, net iets onder de kwaliteitsdoelstelling voor het grondwater van 150 mg/l. De kwaliteitsdoelstelling voor het oppervlaktewater van 100 mg/l wordt op 70% van de bedrijven overschreden.



Figuur 3.18: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties (mg/l als SO_4) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.8 worden de gemiddelde bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties per jaar en per bedrijfscategorie afgebeeld. Figuur 3.19 geeft de boxpots van de bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties per categorie weer. In Bijlage 4.6 zijn cumulatieve

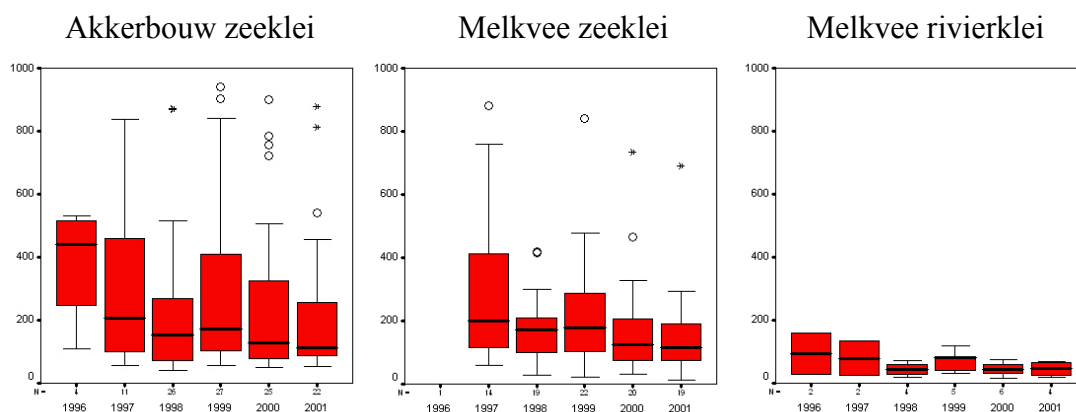
frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelden per jaar en per categorie weergegeven. Ook staan in Bijlage 4.6 boxplots van alle bedrijfsgemiddelden per planjaar afgebeeld.

Tabel 3.8: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties (mg/l als SO₄) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	285	290	200	257	214	186	226
Akkerbouw zeeklei	381	319	224	298	266	223	265
Melkvee zeeklei		298	179	232	179	156	205
Melkvee rivierklei	93	79	44	71	44	44	57

De langjarige gemiddelde sulfaatconcentratie over alle bedrijven is 226 mg/l. In de categorie melkvee rivierklei liggen de sulfaatconcentraties ongeveer vier keer lager dan in de andere categorieën. In deze categorie wordt op geen van de bedrijven de kwaliteitsdoelstelling overschreden. De hoogste gemiddelde sulfaatconcentraties worden gemeten in de categorie akkerbouw op zeeklei. De langjarige gemiddelde sulfaatconcentratie ligt in deze categorie op 265 mg/l, terwijl circa 50% van de bedrijven de kwaliteitsdoelstelling van 150 mg/l niet haalt.

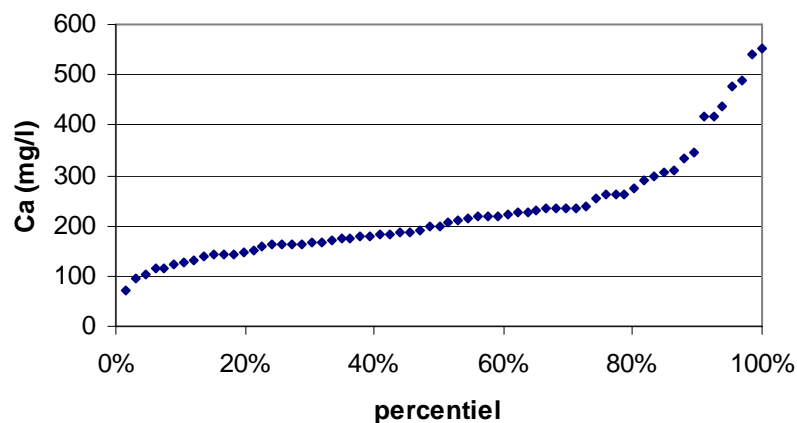
Er zijn verschillen in de sulfaatconcentraties tussen de planjaren. De hoogste concentraties worden gemeten in de opstartjaren 1996 en 1997. In 1998 zijn de concentratie gemiddeld circa 30% lager dan in 1997. In 1999 zijn de sulfaatconcentraties weer wat hoger. In de planjaren 2000 en 2001 nemen de concentraties af. Dit patroon is bij elke bedrijfscategorie zowel in de gemiddelde als de mediane sulfaatconcentraties terug te zien, zie ook Bijlage 2.



Figuur 3.19: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties (mg/l als SO₄) per planjaar

3.9 Calcium

In Figuur 3.20 zijn de langjarige bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties weergegeven in een cumulatief frequentiediagram. De bedrijfsgemiddelde concentraties variëren van 73 tot 554 mg/l. De mediane concentratie is 200 mg/l.



Figuur 3.20: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties (mg/l) over de periode van 1996-2001

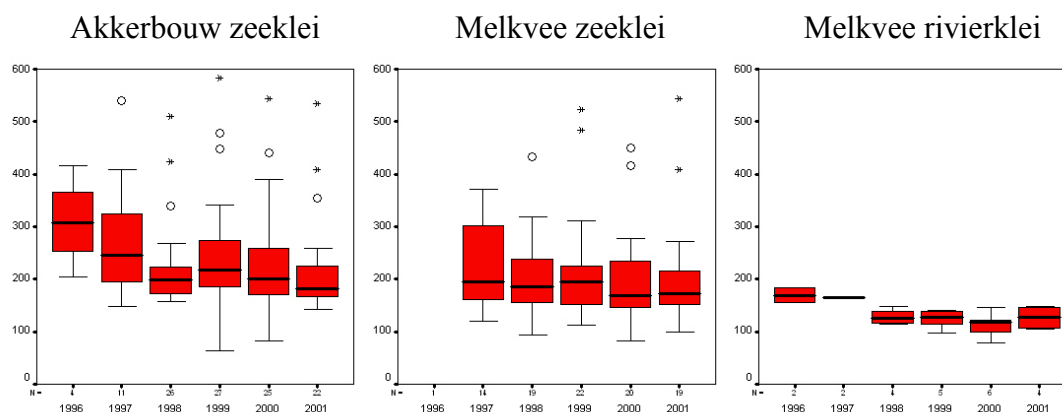
In Tabel 3.9 staan de gemiddelde bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties per planjaar en per bedrijfscategorie. Figuur 3.21 geeft boxplots van de bedrijfsgemiddelde concentraties per categorie. In Bijlage 4.7 worden cumulatieve frequentiediagrammen getoond van de bedrijfsgemiddelden per planjaar en per categorie. Tevens worden in Bijlage 4.7 boxplots weergegeven van de bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties per planjaar.

Tabel 3.9: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties(mg/l) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	263	244	214	228	210	210	220
Akkerbouw zeeklei	309	280	223	245	231	221	238
Melkvee zeeklei		227	207	220	202	207	212
Melkvee rivierklei	170	165	128	124	114	127	130

De gemiddelde bedrijfsgemiddelde calciumconcentratie over alle bedrijven en over alle planjaren bedraagt 220 mg/l. De hoogste concentraties worden gemeten in de bedrijfscategorie akkerbouw op zeeklei. In de categorie melkvee op zeeklei zijn de gemiddelde concentratie iets lager. De calciumconcentraties in de categorie melkvee op rivierklei zijn zo'n 40% lager dan in de andere categorieën.

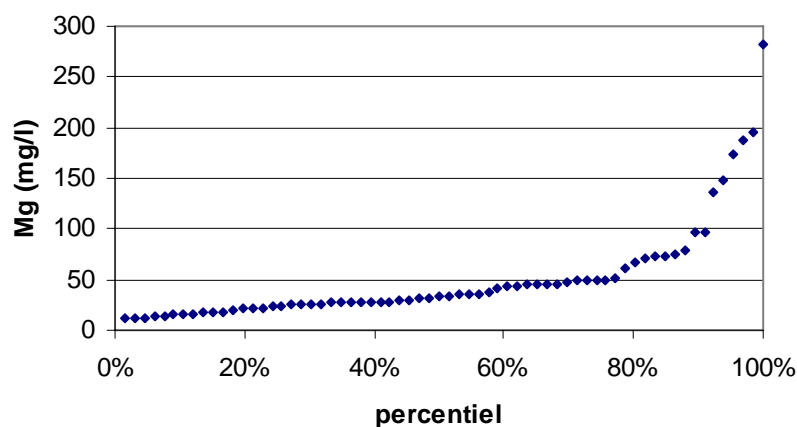
De verschillen tussen de planjaren zijn niet groot. In de opstartjaren 1996 en 1997 worden hogere concentraties gemeten dan in de periode daarna. Van 1998 tot 2001 is er weinig variatie in de concentraties, zie ook Bijlage 2.



Figuur 3.21: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties (mg/l) per planjaar

3.10 Magnesium

In Figuur 3.22 is het cumulatieve frequentiediagram weergegeven van de langjarige bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties. De concentraties variëren tussen de 12 mg/l en de 284 mg/l. De mediane magnesiumconcentratie is 33 mg/l.



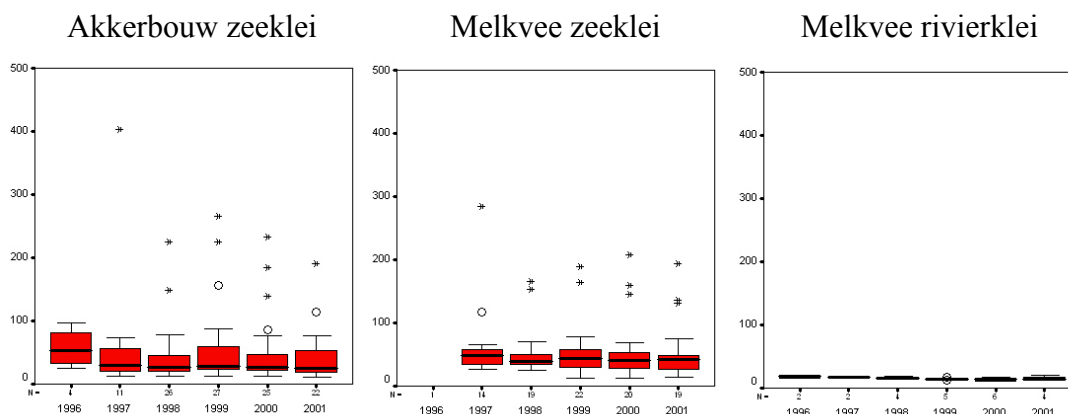
Figuur 3.22: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties (mg/l) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.10 staan de gemiddelden bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties per planjaar en per bedrijfscategorie. Figuur 3.23 geeft boxplots van de bedrijfsgemiddelde concentraties per categorie. In Bijlage 4.8 worden cumulatieve frequentiediagrammen getoond van de bedrijfsgemiddelden per planjaar en per categorie. Tevens worden in Bijlage 4.8 boxplots weergegeven van de bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties per planjaar.

Tabel 3.10: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties (mg/l) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	44	63	47	54	49	46	51
Akkerbouw zeeklei	57	68	44	56	51	44	51
Melkvee zeeklei		66	53	60	57	55	58
Melkvee rivierklei	18	18	16	14	14	15	15

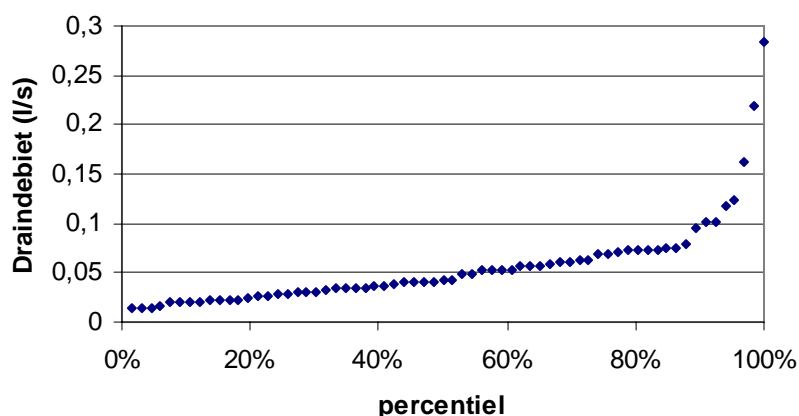
De magnesiumconcentraties zijn in de bedrijfscategorie melkvee op rivierklei bijna vier keer lager dan in de categorieën akkerbouw op zeeklei en melkvee op zeeklei. De concentraties zijn het hoogste in de categorie melkvee op zeeklei. Er treden kleine verschillen in magnesiumconcentraties tussen de planjaren op. De lage concentratie in 1996 wordt veroorzaakt door de lage concentratie op de bedrijven die in dat jaar gemeten zijn (zie ook Bijlage 2). De concentraties zijn in 1998 lager dan in 1997. In 1999 zijn de concentraties iets hoger, maar in de periode 2000 en 2001 nemen ze weer wat af. Dit patroon geldt voor alle bedrijven en voor de bedrijfscategorieën met de meeste bedrijven, akkerbouw op zeeklei en melkvee op zeeklei. In de categorie melkvee op rivierklei treden er andere verschillen tussen de planjaren op.



Figuur 3.23: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties (mg/l) per planjaar

3.11 Drainebiet

In Figuur 3.24 is het cumulatieve frequentiediagram afgebeeld van bedrijfsgemiddelde drainebieten. Het gemiddelde drainebiet op het moment van de bemonstering varieert van 0,013 l/s tot 0,28 l/s. De mediaan van het bedrijfsgemiddelde drainebiet tijdens bemonsteringen bedraagt iets minder dan 0,05 l/s. Op 10% van de bedrijven is het drainebiet gemiddeld hoger dan 0,1 l/s.



Figuur 3.24: Cumulatief frequentiediagram van bedrijfsgemiddelde drainebieten (l/s) over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.11 zijn de gemiddelde bedrijfsgemiddelde drainebieten per planjaar en per categorie weergegeven. Figuur 3.25 geeft de boxplots van de bedrijfsgemiddelden per

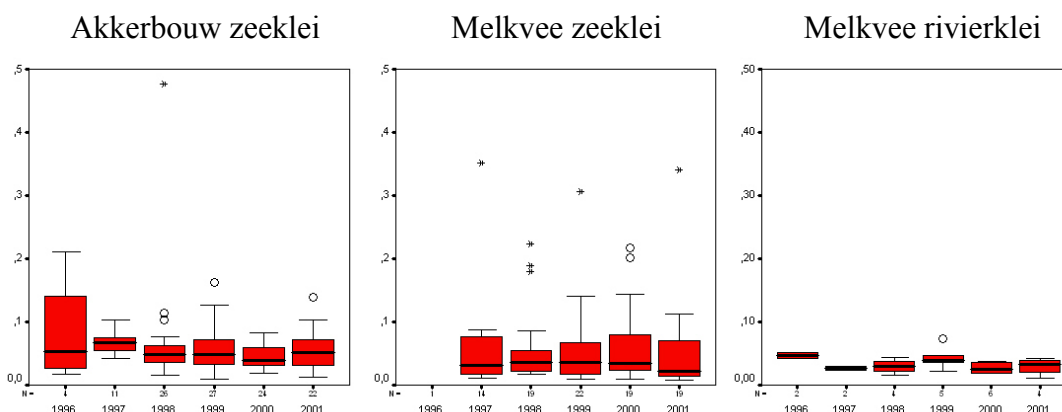
planjaar en per categorie. De cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelden per categorie en per planjaar zijn weergegeven in Bijlage 4.9. Ook worden in Bijlage 4.9 boxplots getoond van de bedrijfsgemiddelde draindebieten per planjaar.

Tabel 3.11: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde draindebieten (l/s) per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	0,071	0,061	0,063	0,057	0,049	0,053	0,056
Akkerbouw zeeklei	0,083	0,067	0,066	0,059	0,044	0,055	0,058
Melkvee zeeklei		0,061	0,062	0,059	0,063	0,056	0,060
Melkvee rivierklei	0,047	0,027	0,029	0,043	0,027	0,030	0,033

Wat opvalt is dat de draindebieten bij de categorie melkvee op rivierklei gemiddeld ongeveer tweemaal zo laag zijn en meer variëren tussen de jaren dan in de twee andere categorieën.

In Tabel 3.11 is te zien dat de verschillen tussen de jaren in de categorie melkvee rivierklei groot zijn. Het aantal bedrijven in deze categorie is echter klein (zie Tabel 2.1), waardoor de verschillen tussen jaren op bedrijven minder goed uitgemiddeld worden.

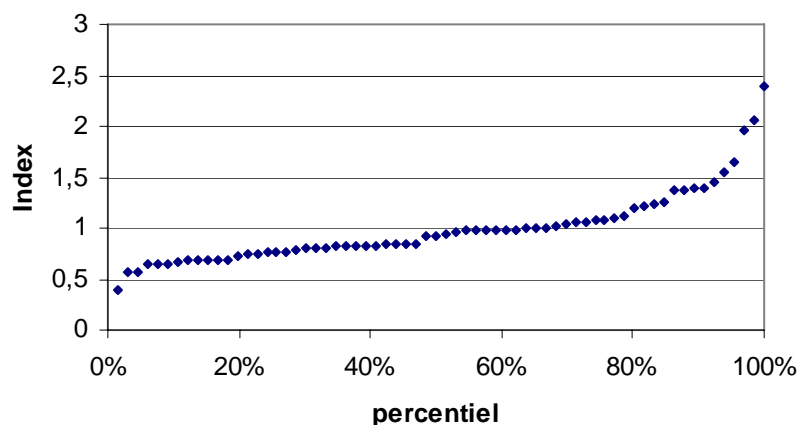


Figuur 3.25: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde draindebieten (l/s) per planjaar

3.12 Neerslagoverschot index voor nitraat

In Figuur 3.26 is het cumulatieve frequentiediagram afgebeeld van bedrijfsgemiddelde indexen over de periode 1996-2001. De gemiddelde index varieert tussen de 0,39 en de 2,4. Naarmate de index hoger is, is er minder neerslagoverschot en wordt meer nitraat verwacht.

In Tabel 3.12 zijn de gemiddelde bedrijfsgemiddelde indexen per planjaar en per categorie weergegeven. Figuur 3.27 geeft de boxplots van de bedrijfsgemiddelden per planjaar en per categorie. De cumulatieve frequentiediagrammen per categorie en per planjaar en de boxplots van de bedrijfsgemiddelden per planjaar staan in Bijlage 4.10.

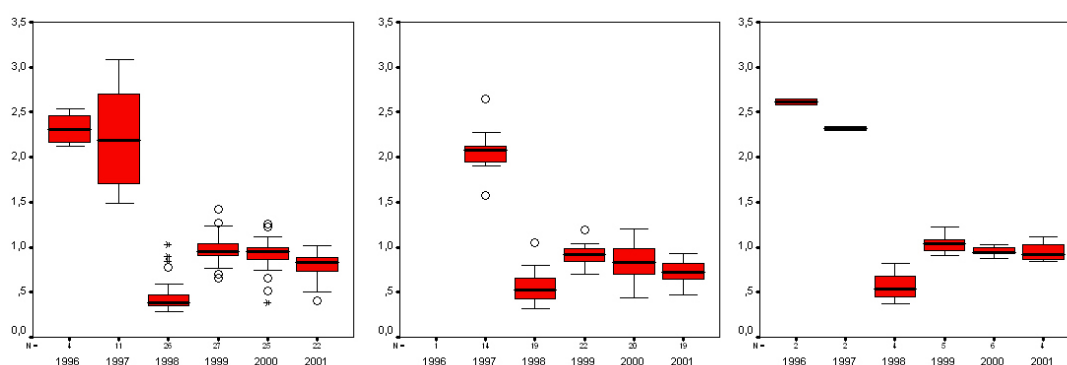


Figuur 3.26: Cumulatief frequentiediagram van de bedrijfsgemiddelde indexen over de periode van 1996-2001

Tabel 3.12: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde indexen per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	2,4	2,1	0,5	1,0	0,9	0,8	1,0
Akkerbouw zeeklei	2,3	2,2	0,5	1,0	0,9	0,8	1,0
Melkvee zeeklei		2,1	0,6	0,9	0,8	0,7	1,0
Melkvee rivierklei	2,6	2,3	0,6	1,0	1,0	1,0	1,2

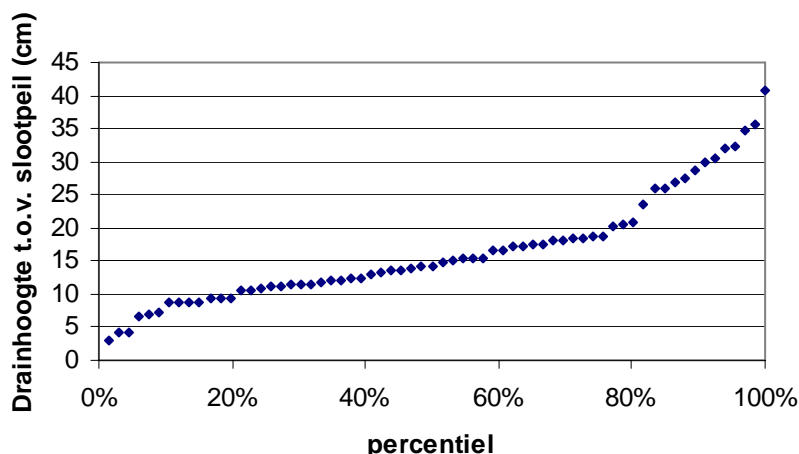
De verschillen in index tussen de categorieën zijn niet groot. Wel groot zijn de verschillen tussen de verschillende planjaren (Tabel 3.12, Figuur 3.27 en Bijlage 4.10). In de opstartjaren 1996 en 1997 is de index hoog. In 1998 zijn de indexen laag, met name ten opzichte van de jaren 1996 en 1997. In 1999 ligt de gemiddelde index weer rond de 1. In de periode 1999-2001 neemt de index licht af.



Figuur 3.27: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde indexen per planjaar

3.13 Hoogteverschil tussen drain en slootpeil

In Figuur 3.28 is het cumulatieve frequentiediagram afgebeeld van bedrijfsgemiddelde hoogteverschillen tussen het slootpeil en de onderkant van de drain op het moment van bemonsteren. De drainhoogtes variëren van 3 tot 41 cm. Drains die onder het slootpeil liggen zijn in het MKBGL-klei niet bemonsterd. De mediane drainhoogte is 14 centimeter.



Figuur 3.28: Cumulatief frequentiediagram van bedrijfsgemiddelde drainhoogtes (cm) in de periode van 1996-2001

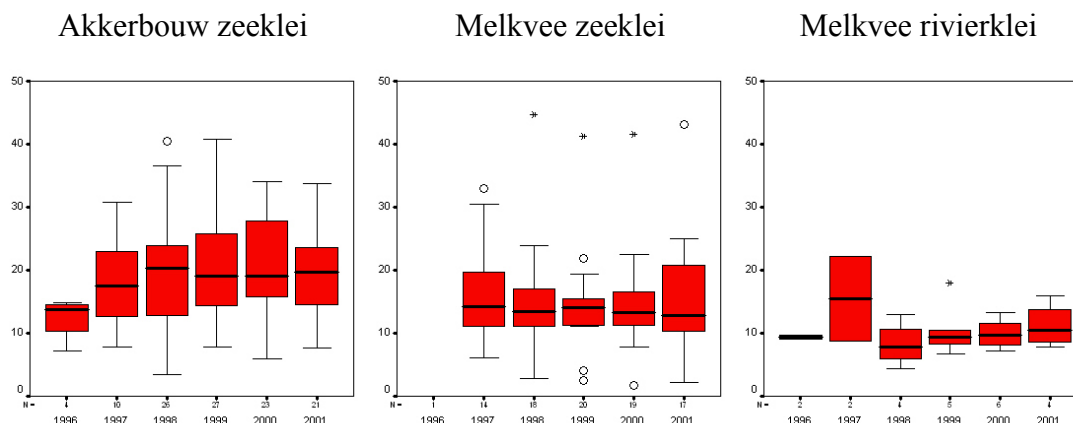
In Tabel 3.13 worden de gemiddelde bedrijfsgemiddelden per planjaar en per categorie weergegeven. De cumulatieve frequentie diagrammen in Bijlage 4.11 en de boxplots in Figuur 3.29 tonen de bedrijfsgemiddelden per categorie en planjaar. In Bijlage 4.11 zijn ook boxplots van de bedrijfsgemiddelden per planjaar weergegeven.

Tabel 3.13: Het gemiddelde bedrijfsgemiddelde hoogteverschil (cm) tussen de onderkant van de drain en het slootpeil per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie en per planjaar

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	11	17	16	17	17	17	17
Akkerbouw zeeklei	12	19	20	21	21	20	20
Melkvee zeeklei		16	15	15	15	16	15
Melkvee rivierklei	9	15	8	11	10	11	10

De gemiddelde bedrijfsgemiddelde drainhoogte ligt rond de 17 cm. De grootste drainhoogtes worden gemeten bij de categorie akkerbouw op zeeklei. De drainhoogtes bij melkvee op zeeklei zijn gemiddeld bijna 5 cm kleiner. Bij de categorie melkvee rivierklei liggen de onderkanten van de drains gemiddeld op slechts 10,4 cm boven het slootpeil. In Figuur 3.29 en in Bijlage 4.11 is te zien dat deze verschillen tussen de categorieën niet alleen voor het gemiddelden gelden, maar ook voor de medianen en de percentiele waarden.

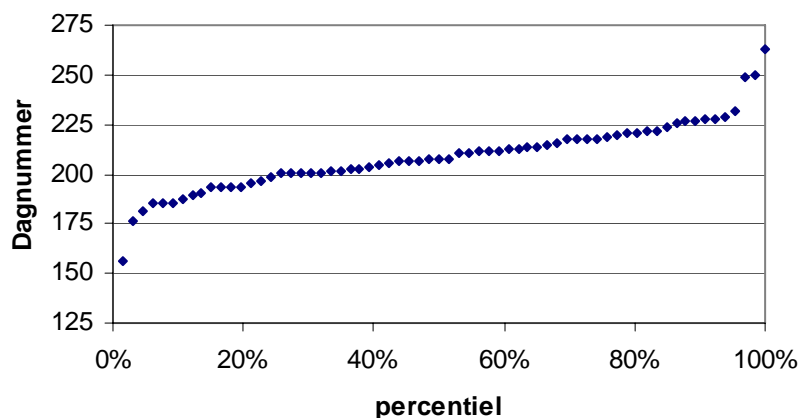
Er treden geen grote verschillen in drainhoogtes tussen de planjaren op. In het opstartjaar 1996 wijken de drainhoogtes wel af van de andere jaren. Dit komt hoofdzakelijk door de andere samenstelling van de steekproef in 1996 (zie ook Bijlage 2). In de boxplots in Figuur 3.29 lijken de drainhoogtes in de categorie melkvee rivierklei licht toe te nemen vanaf 1998. In de grotere categorieën akkerbouw op zeeklei en melkvee op zeeklei blijven de drainhoogtes vanaf 1998 wel constant.



Figuur 3.29: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde afstand tussen de onderkant van de drain en het slootpeil per planjaar

3.14 Dagnummer

Het cumulatieve frequentiediagram met de bedrijfsgemiddelde bemonsteringsdagnummers over de gehele meetperiode is opgenomen in Figuur 3.30. In deze figuur is te zien dat het zwaartepunt van de bemonsteringen op de meeste bedrijven in het voorjaar ligt. De gemiddelde dagnummers variëren tussen de 156 (7 december) en de 263 (24 maart). De mediaan ligt op dagnummer 207 (27 januari).



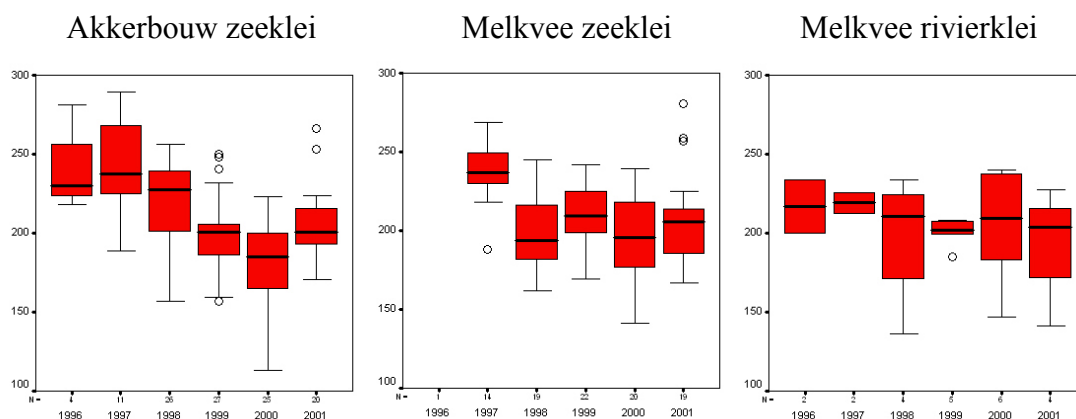
Figuur 3.30: Cumulatief frequentiediagram van het bedrijfsgemiddelde bemonsteringsdagnummers over de periode van 1996-2001

In Tabel 3.14 worden de gemiddelde bedrijfsgemiddelde dagnummers per planjaar en per categorie weergegeven. De cumulatieve frequentiediagrammen in Bijlage 4.12 en de boxplots in Figuur 3.31 tonen de bedrijfsgemiddelden per categorie en planjaar. In Bijlage 4.12 zijn tevens boxplots van de bedrijfsgemiddelden per planjaar weergegeven.

Tabel 3.14: De gemiddelde bedrijfsgemiddelde bemonsteringsdagnummers per planjaar voor alle gegevens en uitgesplitst per categorie

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1996-2001
Alle gegevens	232	238	212	203	191	205	207
Akkerbouw zeeklei	240	244	221	199	182	205	207
Melkvee zeeklei		237	200	209	196	207	208
Melkvee rivierklei	217	219	198	200	204	194	203

In Tabel 3.14 is te zien dat het gemiddelde dagnummer net als de mediaan op 207 (27 januari) ligt. Er zijn weinig verschillen tussen de gemiddelde dagnummers van de verschillende categorieën. In Tabel 3.14 en in de cumulatieve frequentiediagrammen (Bijlage 4.12) en de boxplots (Figuur 3.31) is echter wel te zien dat er in de categorie akkerbouw zeeklei in de periode 1996-2000 steeds vroeger in het jaar wordt bemonsterd. In 2001 is het gemiddelde dagnummer weer iets hoger dan in 2000. In de categorieën melkvee zeeklei en melkvee rivierklei bedragen de verschillen in gemiddelde bemonsteringsdagnummers tussen de planjaren vanaf 1998 slechts enkele dagen. Alleen in de opstartjaren 1996 en 1997 hebben de bemonsteringen ook in deze categorieën vroeger plaatsgevonden.



Figuur 3.31: Boxplots per bedrijfscategorie van de bedrijfsgemiddelde bemonsteringsdagnummer per planjaar

4 Beantwoording van de onderzoeksvragen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de afgeleide onderzoeksvragen uit de inleiding (paragraaf 1.5) worden beantwoord. Hierbij zal gebruik gemaakt worden van de meetresultaten (hoofdstuk 3) en verschillende statistische analyses (Bijlagen 5 t/m 10).

4.2 Relatie drainwaterkwaliteit en bedrijfsvoering

Onderzoeksvraag

Kan de bijdrage van nutriënten vanuit natuurlijke processen als kwel en mineralisatie van organisch materiaal worden gescheiden van de bijdrage van nutriënten vanuit het mestoverschot?

Discussie

De relatie tussen het mestoverschot en de drainwaterkwaliteit kan hier niet worden onderzocht omdat gegevens over de bedrijfsvoering nog niet beschikbaar waren. Uit de meetresultaten (hoofdstuk 3), de vergelijking tussen normale gemiddelde en debietgewogen gemiddelde nitraatconcentraties (Bijlage 6), relaties met reistijdvariabelen (Bijlage 7 en 8) en de correlatiematrix (Bijlage 5) volgt wel dat nitraat als enige parameter altijd positief gerelateerd is aan het draindebiet en het dagnummer. Hieruit blijkt dat het nitraat in het drainagewater voornamelijk afkomstig is uit het jongere water en dus het meest direct is beïnvloed door het stikstofoverschot. Sulfaat is volgens de correlatiematrix ook positief gerelateerd aan de index en debiet. De correlatiematrix is gemaakt met planjaargemiddeldes per bedrijf en geeft correlaties tussen bedrijfsgemiddelden. Voor vergelijking tussen bedrijven geldt dat naarmate het debiet groter is, de sulfaatconcentratie hoger is. De analyse van Bijlage 8 is gedaan met rondagemiddelden per bedrijf en geeft, ruw gezegd, de bedrijfsgemiddelde relatie tussen sulfaat en het debiet, de index en het dagnummer. Deze analyse geeft daarom duidelijkere aanwijzingen voor dynamische processen. Uit Bijlage 8 blijkt dat op een bedrijf, bij dezelfde index, drainhoogte en dagnummer, de sulfaatconcentratie lager is naarmate het debiet groter is.

Voor alle andere parameters (waaronder ortho-fosfaat en totaal-fosfaat) zijn geen positieve relaties gevonden tussen de concentraties en het draindebiet en het dagnummereffect (Bijlagen 5 en 8). In veel gevallen (waaronder kalium) worden zelfs negatieve relaties gevonden. Het oudere grondwater lijkt een belangrijkere bron voor deze stoffen dan het jongere water.

Antwoord

De stoffen, met uitzondering van nitraat, komen meer uit de ondergrond in het drainwater dan door het mestoverschot. Hierdoor zal het voor deze stoffen moeilijker zijn om relaties tussen de bedrijfsvoering en de concentraties in het drainwater vast te stellen. Dit wil echter niet zeggen dat deze relaties er voor deze stoffen niet zijn. Door het ontbreken van gegevens over de bedrijfsvoering kan dit echter bij deze rapportage niet verder worden onderzocht.

De nitraatconcentratie in drainwater wordt duidelijker veroorzaakt door bemesting en zal gerelateerd zijn aan het stikstofoverschot mits rekening kan worden gehouden met natuurlijke invloeden.

4.3 Debiet-proportioneel mengen

Onderzoeksvraag

Moeten de 16 drainwatermonsters die tijdens een meetronde op een bedrijf worden verzameld wel of niet debietproportioneel worden gemengd?

Discussie

Uit Bijlage 6 blijkt dat er geen significant en relevant verschil is tussen rondegemiddelde concentraties en debietgewogen rondegemiddelde concentraties. Dit betekent dat er ook geen relevant verschil zal zijn tussen de concentraties in een normaal mengmonster en een debietgewogen mengmonster. Aangezien debiet proportioneel mengen meer werk is, lijkt gewoon mengen de beste methode.

Antwoord

Er hoeft niet debietproportioneel per ronde en bedrijf gemengd te worden.

4.4 Aantal meetronden per planjaar en aantal drains per ronde

Onderzoeksvraag

Is de verhouding tussen het aantal meetronden per bedrijf en planjaar en het aantal drains per meetronde optimaal?

Discussie

Uit Bijlage 9 blijkt dat de variatie in de nitraatconcentraties tussen drains op een bedrijf groter is dan tussen rondegemiddelde nitraatconcentraties tijdens een planjaar. Dit is ook zichtbaar gemaakt in Figuur 1 en 2 in Bijlage 9. Het ligt hierdoor voor de hand de meetinspanning meer te spreiden in de ruimte dan in de tijd. Momenteel worden al meer drains (16) per ronde bemonsterd dan rondes (2-4) per drainageseizoen.

Het is uit kosten oogpunt aantrekkelijker om minder rondes per bedrijf en tijdens een ronde meer drains te bemonsteren. Bijvoorbeeld, het is goedkoper om tijdens 1 ronde 64 drains te bemonsteren dan tijdens 4 rondes 16 drains per ronde. Echter, bestudering van het tijdsverloop van nitraatconcentraties uit individuele drains laat zien dat drains met kleine verschillen in volgnummer (die waarschijnlijk op hetzelfde perceel liggen) een overeenkomstig tijdsverloop hebben. Indien per perceel tweemaal zoveel drains bemonsterd worden dan zal het gemeten bedrijfsgemiddelde nauwelijks veranderen. Het bedrijfsgemiddelde kan dus niet nauwkeuriger worden gemeten door meer drains te bemonsteren en daarom zal een beleidseffect niet beter worden gedetecteerd indien meer drains per bedrijf en ronde bemonsterd worden. Doordat de ruimtelijke variatie samenhangt met percelen is er een schijnbare tegenspraak met de constatering (Bijlage 9) dat de ruimtelijke variatie groter is dan de temporele. Mogelijk is er winst te halen door per perceel evenveel drains te bemonsteren en de drainwatermonsters evenredig met het perceelsoppervlak gewogen te mengen.

Stel dat de schatting van het effect van de index dezelfde kenmerken heeft als de schatting van een beleidseffect. Het effect van minder metingen op de schatting van de index kan dan gebruikt worden om de efficiëntie van een MOL-klei te beoordelen voor een schatting van

beleidseffecten. Statistische modellen (REML; Residual Maximum Likelihood, Genstat 8.2) voor alleen de even of oneven drains schatten het effect van de index ongeveer even goed als het model voor alle drains. Voor alle drains is de schatting voor het effect van de index 24 met standaardfout (se) van 1,2. Voor alleen even of alleen oneven drains is se 1,7. Het verschil tussen de se voor alle drains en de se voor de geselecteerde drains lijkt niet relevant. Bemonstering van meer drains levert daarom geen meerwaarde op.

Statistische modellen voor rondegemiddelde nitraatconcentraties schatten het effect van de index op 26, met een se van 3,8 terwijl modellen voor individuele metingen het effect schatten op 24 met een se van 1,2. Het lijkt dus efficiënter om monsters uit individuele drains te analyseren in plaats van rondemengmonsters want de se is duidelijk kleiner (1,2 versus 3,8). Voor beantwoording van de onderzoeksvraag maakt het dus uit of nitraatconcentraties van individuele drains of rondegemiddelde nitraatconcentraties worden gebruikt om beleidseffecten te detecteren. Het nadeel van modellen voor individuele drains ten opzichte van modellen voor rondegemiddeldes is dat hoge nitraatconcentraties (groter dan 100) systematisch onderschat worden en dat de residuen duidelijk een niet-Gaussische verdeling hebben zodat betrouwbaarheidsintervallen moeilijker te maken zijn. Uitschieters zijn moeilijker te modelleren. Door mengen (modellen voor rondegemiddelden) verdwijnen uitschieters en is de systematische afwijking tussen waarneming en fit kleiner bij concentraties groter dan 100. Concentraties boven de 100 worden door modellen voor rondegemiddelden nog steeds onderschat maar deze concentraties komen nu minder voor. Het is mogelijk dat de systematische afwijking door aanpassing van de modellen kan worden verholpen.

In het begin van deze paragraaf is geconstateerd dat de ruimtelijke variatie samenhangt met het aantal percelen op een bedrijf. Het optimale aantal drains per bedrijf is hieraan verbonden. Door uitbreiding van het aantal drains kunnen beleidseffecten waarschijnlijk niet nauwkeuriger bepaald worden. In plaats van onderzoek naar de optimale verhouding tussen het aantal drains en ronden per bedrijf en planjaar wordt het optimale aantal ronden per bedrijf en planjaar onderzocht voor het gerealiseerde aantal drainmonsters per ronde. Statistische modellen voor slechts één rondegemiddelde per bedrijf en planjaar, schatten het effect van de index gemiddeld op 29 met een se van 4,4 (berekend als het gemiddelde van 1000 maal loting van een ronde per jaar per bedrijf). Er zijn 245 rondegemiddelden gebruikt in plaats van 845 (dan is het effect 26 met een se van 3,8). In modellen met slechts een rondegemiddelde zit geen effect meer van debiet per drain omdat deze gegevens nu onvoldoende aanwezig zijn. Het verschil in nauwkeurigheid waarmee het effect van de index door beide modellen wordt geschat lijkt niet relevant. Indien we het aantal bedrijven laten afnemen tot 1/3 maar wel het volledige aantal ronden per bedrijf gebruiken, dan is het index effect 26 met als se 5.8 (in deze modellen zit wel effect van debiet). Vermindering van het aantal ronden door het aantal bedrijven te verminderen heeft een groter effect dan door het aantal ronden per bedrijf te verminderen. Het aantal ronden per planjaar en bedrijf is dus waarschijnlijk groot genoeg en kan eventueel verminderd worden. Door het huidige aantal ronden per bedrijf en planjaar kan ook het effect van het debiet op de nitraatconcentratie geschat worden. Momenteel treedt variatie in het debiet vooral op binnen het jaar maar niet tussen de jaren waardoor de schatting van het debieteffect niet nodig is om een beleidseffect te detecteren. Indien er jaren komen waarin wel een lager gemiddeld debiet wordt waargenomen dan kan het effect op de nitraatconcentratie mogelijk beter worden geschat door ook in normale jaren bij een lager debiet te meten. Een nieuwe opkomende vraag is of het debieteffect in jaren met een lager gemiddeld debiet anders is dan in normale jaren.

Antwoord

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de verhouding tussen het aantal meetronden per bedrijf en planjaar en het aantal drains per bedrijf en meetronde niet optimaal is.

4.5 Invloed natuurlijke variaties

Onderzoeksvraag

Hoe groot is de invloed van natuurlijke variaties op de jaargemiddelde nitraatconcentratie over alle bedrijven of over alle bedrijven in een bedrijfscategorie?

Discussie

Onder natuurlijke variaties worden alle variaties verstaan die niet worden veroorzaakt door het beleid. Uit Bijlage 7 blijkt dat de nitraatconcentraties op het niveau van planjaargemiddelden over alle bedrijven niet meer significant worden beïnvloed door het drainebiet en de drainhoogte. Ook voor veehouderij op zeelei geldt dat de jaargemiddelde concentraties niet meer worden beïnvloed door het drainebiet en de drainhoogte. Alleen bij de bedrijfscategorie akkerbouw op zeelei kunnen naast de index ook de drainhoogte en het drainebiet een deel van de variatie in de jaargemiddelde nitraatconcentraties verklaren.

Een van de oorzaken dat het drainebiet en de drainhoogte op dit niveau nauwelijks nog invloed hebben is, dat deze parameters ook weinig verschillen tussen de planjaren (zie hoofdstuk 3). De resultaten in Bijlage 7 betekenen overigens niet dat het drainebiet en de drainhoogte in toekomstige planjaren geen invloed kunnen hebben op dit aggregatieniveau. Wanneer er bijvoorbeeld door toeval in een bepaald planjaar voornamelijk bij lage drainebieten wordt gemeten kan dit wel invloed hebben op de gemiddelde concentratie. Daarom is het ook voor de interpretatie van de resultaten op dit niveau zinnig om de meetinformatie over het drainebiet en de drainhoogte te blijven verzamelen.

De variabelen index en dagnummer, die wel verschillen tussen de planjaren (zie ook hoofdstuk 3), hebben wel invloed op de jaargemiddelden nitraatconcentraties (zie Bijlage 7). De verschillen tussen de planjaren in index en dagnummer worden beide veroorzaakt door de weersvariaties op de langere termijn. Na een droog jaar is de index hoog en beginnen de drains pas later in het seizoen te lopen, waardoor de bemonsteringen pas later kunnen worden uitgevoerd. Beide parameters zijn op dit aggregatieniveau dan ook sterk aan elkaar gecorreleerd (correlatiefactor van 0,7). Vanwege deze correlatie worden beide variabelen niet samen in de regressiemodellen gebracht. Uit Bijlage 7 blijkt dat een regressiemodel met de index de grootste verklaarde variantie oplevert. Maar liefst 76% van de variatie in de jaargemiddelde nitraatconcentraties kan worden verklaard door de index. Voor het regressiemodel met alleen het dagnummer is dit 36%.

Bij de interpretatie van de jaargemiddelde nitraatconcentraties moet dus rekening worden gehouden met de invloed van voorafgaande droge of natte jaren. Om beleidseffecten te detecteren is het daarom nodig om tevens de natuurlijke invloeden op de nitraatconcentratie te schatten. Natuurlijke invloeden zijn niet regelbaar. Door de meetinspanning te verdelen over een langere tijd is de kans groter dat beter rekening wordt gehouden met natuurlijke invloeden omdat dan de kans groter is dat natuurlijke invloeden meer variëren.

Antwoord

Door natuurlijke en of onbekende invloeden variëren de nitraatconcentraties ongeveer met een factor twee. Ongeveer 76% van de variantie in jaargemiddelden kan toegeschreven worden aan bekende natuurlijke invloeden.

4.6 Aantal bedrijven

Onderzoeksvraag

Is het aantal bedrijven dat wordt bemonsterd genoeg om met voldoende zekerheid een trend in de kleigebieden in Nederland vast te stellen?

Discussie

De variatie in jaargemiddelde nitraatconcentraties over alle bedrijven in het kleigebied en over alle bedrijven per categorie kunnen voor een groot deel verklaard worden door variaties in de weersomstandigheden (zie paragraaf 4.5 en Bijlage 7). Het aantal benodigde bedrijven om een beleidseffect vast te stellen kan niet worden geschat omdat onbekend is hoe groot het effect van beleid is op de nitraatconcentratie en omdat onbekend is hoe het beleidseffect samengaat met natuurlijke invloeden.

Om toch een idee te krijgen is onderzocht hoeveel bedrijven moeten worden bemonsterd in de periode voor beleidseffect en in de periode na beleidseffect om verschil te kunnen detecteren. Hierbij is aangenomen dat een daling van 50 naar 40 mg/l aan nitraat de kleinste daling is die nog relevant is en dat met 95% significantie wordt getoetst. Met andere woorden, we zijn niet geïnteresseerd om een daling aan te tonen indien deze minder is dan 10 mg/l (20%) (zie Bijlage 10).

Er zijn twee berekeningen (bemonsteringssimulaties) uitgevoerd. Bij de eerste berekening worden de steekproefgemiddeldes uit de twee perioden met elkaar vergeleken. Hierbij zijn tijdens de twee perioden verschillende bedrijven bemonsterd. Bij het huidige aantal bedrijven in het MKBGL-klei (circa 55) is de kans dat verschil wordt gedetecteerd door bemonstering van 55 bedrijven voor en 55 andere bedrijven na beleidseffect 40%. Om verschil met 80% kans aan te tonen zijn in beide perioden 160 bedrijfsbemonsteringen nodig of in totaal 320 jaarlijkse bedrijfsbemonsteringen. Bij de tweede berekening wordt eerst per bedrijf een verschil berekend tussen de twee perioden. Vervolgens wordt bepaald wat de kans is dat verschil tussen de twee perioden wordt gedetecteerd. Bij deze tweede methode wordt ervan uitgegaan dat in beide perioden dezelfde bedrijven worden bemonsterd. Stel dat het huidige aantal bedrijven in de twee opeenvolgende perioden wordt bemonsterd circa 55 is, dan is de kans dat verschil wordt aangetoond ongeveer 80%.

Als in de twee perioden dezelfde bedrijven worden bemonsterd dan zijn in totaal dus ongeveer 110 jaarlijkse bedrijfsbemonsteringen nodig en als verschillende bedrijven worden bemonsterd dan zijn ongeveer 320 jaarlijkse bedrijfsbemonsteringen nodig. In werkelijkheid zal een deel van de bedrijven worden vervangen en zullen de gevonden nitraatconcentraties bedrijven minder op elkaar lijken naarmate de periode tussen de twee bemonsteringen toeneemt. Indien de daling in zijn geheel optreedt gedurende een periode van 4 jaar dan zullen ongeveer 55 dezelfde bedrijven nodig zijn gedurende een periode van 6 jaar. De huidige opzet van het MKBGL voldoet net aan deze voorwaarde. Vanaf planjaar 1998 worden ongeveer 53 dezelfde bedrijven regelmatig bemonsterd. Mogelijk moet het aantal bedrijven worden uitgebreid om er zeker van te zijn dat over een langere periode dezelfde bedrijven kunnen worden bemonsterd. Momenteel worden bedrijven meerdere planjaren

bemonsterd in de periode die aan de trend voorafgaat. Dit levert geen duidelijke meerwaarde volgens bovenstaande beschouwing maar is wel belangrijk om rekening te houden met de effecten van natuurlijke invloeden.

Antwoord

Er zijn ongeveer 55 dezelfde bedrijven nodig gedurende de periode waarin de trend optreedt. Het huidige aantal bedrijven in het MKBL-klei voldoet hieraan. Indien de periode bekend is waarbinnen de trend optreedt dan moet het aantal dezelfde bedrijven zo groot zijn dat, rekening houdend met verloop, het aantal dezelfde bedrijven ongeveer 55 bedraagt. Indien er een groot verloop is in de bedrijven dan moet gedurende de periode waarin de trend optreedt jaarlijks maximaal ongeveer 160 bedrijven bemonsterd worden.

5 Conclusie

De doelstellingen van dit onderzoek waren:

- De nulsituatie vaststellen van de drainwaterkwaliteit op landbouwbedrijven in het kleigebied
- Evaluatie van het meetprogramma MKBGL-klei aan de hand van de opgedane praktische ervaring en systeemkennis ter optimalisatie van het MOL-klei.

Nulsituatie

Uit de meetresultaten van het MKBGL-klei is gebleken dat de kwaliteit van het drainwater in het kleigebied veelal niet voldoet aan de kwaliteitsdoelstellingen voor grond- en oppervlaktewater.

De nitraatconcentraties liggen gemiddeld op 44 mg/l. Op 40% van de deelnemende bedrijven overschrijdt de langjarige bedrijfsgemiddelde concentratie de kwaliteitsdoelstelling voor het grondwater van 50 mg/l. De gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie in het drainwater bedraagt 0,21 mg/l. De kwaliteitsdoelstelling van 0,1 mg/l wordt op 57% van de bedrijven overschreden.

De kwaliteitsdoelstellingen voor het oppervlaktewater worden veelvuldig overschreden. De norm voor totaal-fosfaat van 0,15 mg/l wordt op 63% van de bedrijven overschreden. De norm voor totaal-stikstof van 2,2 mg/l wordt op alle bedrijven overschreden. Hierbij dient wel te worden vermeld dat deze oppervlaktewaterkwaliteitsdoelstellingen gelden voor de zomergemiddelde concentraties in stagnante, eutrofiëringsgevoelige wateren (CIW, 2000).

Evaluatie

Tijdens deze studie kon de relatie tussen het nutriëntenoverschot en de waterkwaliteit niet worden onderzocht door het ontbreken van gegevens over de bedrijfsvoering. Dit zal in een later stadium alsnog worden gedaan. Er zijn wel aanwijzingen gevonden dat nitraat de beste indicator zal zijn voor het onderzoek naar de relaties tussen de bedrijfsvoering en de drainwaterkwaliteit. Het nitraat in het drainwater is voor het grootste deel afkomstig uit jong water, dat het meeste wordt beïnvloed door de bedrijfsvoering. Andere nutriënten zijn voor het grootste deel afkomstig uit het oudere grondwater, dat meer wordt beïnvloed door het vrijkomen van natuurlijk aanwezige nutriënten uit de ondergrond. Voor deze stoffen zal de invloed van het mestoverschot op de concentraties in het drainwater minder groot zijn dan voor nitraat.

Het maakt voor de meetresultaten niet uit of het mengen van de 16 drainmonsters, die per ronde op een bedrijf worden genomen, debietproportioneel gebeurt of niet. Omdat niet-debietproportioneel mengen eenvoudiger is verdient dit de voorkeur.

Er is geen aanleiding om de huidige verhouding tussen het aantal meetronden per bedrijf en planjaar en het aantal bemonsterde drains per bedrijf en meetronde te veranderen.

De jaargemiddelde nitraatconcentraties over alle bedrijven worden beïnvloed door het neerslagoverschot in voorafgaande jaren. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de interpretatie van deze jaargemiddelden.

Indien natuurlijke invloeden op de gemeten nitraatconcentraties van drainwater bekend zijn en indien door beleid de gemiddelde concentratie afgenomen zou zijn van 50 naar 40 mg/l dan is de kans meer dan 80% dat een daling door het huidige MKBGL zou zijn gedetecteerd. Omdat een kleinere daling niet relevant is, is een intensivering van de jaarlijkse monitoringsinspanning, door het MOL-klei ten opzichte van het MKBGL-klei, niet nodig. Als de natuurlijke invloeden bekend zijn dan is het in principe voldoende om slechts twee jaar op 55 bedrijven te meten, een jaar voorafgaande aan de daling en een jaar nadat de daling heeft plaatsgevonden. Omdat de natuurlijke invloeden onbekend zijn moet gedurende een langere periode op dezelfde bedrijven worden gemeten. Indien gedurende een langere periode wordt gemeten kan de jaarlijkse inspanning worden verminderd. Maar, indien gedurende een langere periode wordt gemeten dan zal een toenemend aantal bedrijven niet meer toegankelijk zijn voor monitoring zodat meer bedrijven dan 55 moeten worden bezocht. Maximaal 160 bedrijven moeten in de periode voor de daling en 160 andere bedrijven moeten in de periode na de daling worden gemeten. Het huidige aantal van ongeveer 50 deels dezelfde bedrijven dat jaarlijks wordt bezocht is groot genoeg.

Literatuur

Brongers, I., G.A.P.H. van den Eertwegh, K.P. Groen, C.R. Meinardi (1996): Emissie van bestrijdingsmiddelen en nutriënten naar het oppervlaktewater via drainage. Flevobericht nr. 384, ISBN 90-369-1156-7, Rijkswaterstaat/RIVM.

Boumans, L.J.M., D. Fraters, G. van Drecht (2005): Nitrate leaching in agriculture to upper groundwater in the sandy regions of the Netherlands during the 1992-1995 period, Environmental Monitoring and Assessment 102, pp. 225-241.

CIW (2000): Normen voor Waterbeheer, Achtergronddocument bij de 4^e Nota Waterhuishouding over omgaan met milieukwaliteitsnormen in het waterbeheer.

Drecht, G. van, H.F.R. Reijnders, L.J.M. Boumans, W. van Duijvenbouden (1996): De kwaliteit van het grondwater op een diepte tussen de 5 en 30 meter in Nederland in het jaar 1992 en de verandering daarvan in de periode 1994-1993, Bilthoven, RIVM rapportnr. 714801005.

Duijvenbouden, W. van, W. van Driel, W.J. Willems (1995): Resultaten van een onderzoek naar de mogelijke opzet van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, Bilthoven, Coördinatie-Commissie voor Metingen in het Milieu (CCRXX).

Fraters, B., L.J.M. Boumans (2005): De opzet van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid voor 2004 en daarna, RIVM-rapport 680100001|2005.

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, RIVM-rapport 714801014.

Hoogeveen, M.W., K.H.M. van Bommel, G. Cotteleer (2003): Berekening in land- en tuinbouw, Rapport voor de Droogtestudie Nederland, LEI, Den Haag, Rapport 3.03.02.

Huinink, J., T. de Waard (1997): Drainwater-monitoringproject Hoekse Waard, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Informatie en Kennis Centrum Landbouw.

LNV (1991): Evaluatienota Mestbeleid eerste fase. Tweede kamer, 1989-1990, 21502

Meinardi C.R., G.A.P.H. van den Eertwegh (1995): Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland, Deel I: Resultaten van het veldonderzoek, RIVM rapportnr 7149011007.

Meinardi C.R., G.A.P.H. van den Eertwegh (1997): Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland, Deel II: Gegevens van het oriënterend onderzoek, RIVM rapportnr 7148011013.

Meinardi C.R., G.A.P.H. van den Eertwegh, C.G.J. Schotten (1998): Grondwateraanvulling en oppervlakkige afstroming in Nederland, Deel 2: De ontwatering van de kleigronden, Stromingen 4 (1998), nummer 4, pp. 5-19.

Schröder, J.J., J.W. Steenhuizen, A.G. Jansen, B. Fraters, A. Siepel (2003): Opbrengst, mineralenverlies en bodemvruchtbaarheid van een biologisch akkerbouwbedrijf in relatie tot bemestingsniveaus; Resultaten van het Ecologisch Proefbedrijf Dr. H.J. Lovinkhoeve 1996-2002, Plant Research International B.V., Wageningen rapport 69.

Smelt, J.H., R.F.A. Hendriks, L.J.T. van der Pas, A.M. Matser, A. van den Toorn, K. Oostindie, O.M. van Dijk-Hooijer, J.J.T.I. Boesten, R.P. Scorza Jr (2003): Transport of water, bromide ion, nutrients and the pesticides bentazone and imidacloprid in a cracking, tile drained clay soil at Andelst, the Netherlands (second version), Wageningen, Alterra-rapport 289.

Van den Eertwegh, G.A.P.H, J.R. Hoekstra, C.R. Meinardi (1999): Praktijkproef Nutriëntenbalans, Nutrientenbelasting van het oppervlaktewater via drainagewater van akkerbouwpercelen op zavelgrond, Wageningen Universiteit, sectie Waterhuishouding, rapportnr. 75, prov. Zeeland, RIVM.

Watson, C.J., C. Jordan, S.D. Lennox, R.V. Smith, R.W.J. Steen (2000a): Inorganic nitrogen in drainage water from grazed grassland in Northern Ireland. *Journal of Environmental Quality* 29, pp. 225-232.

Watson, C.J., C. Jordan, S.D. Lennox, R.V. Smith, R.W.J. Steen (2000b): Organic nitrogen in drainage water from grazed grassland in Northern Ireland. *Journal of Environmental Quality* 29, pp. 1233-1238.

Bijlage 1

Berekening van een neerslagoverschot-index voor kleidrain nitraatconcentraties

Voor nitraatconcentraties in bemonsterd grondwater door tijdelijke putten in de zandgebieden wordt al een index berekend voor het neerslagoverschot-effect (Boumans et al., 2005). Dit gaat als volgt. Elke dag wordt een hoeveelheid virtueel zout aan het maaiveld toegevoegd dat met het neerslagoverschot in het bovenste grondwater terecht komt. De berekening is gedaan voor het meest gangbare gewas (gras) en bodemtype (dekzand) met neerslag en verdampingsgegevens van 16 weersdistricten. De berekende zoutconcentratie in de bovenste meter grondwater is de neerslagoverschot index voor nitraat welk met putten is bemonsterd in de zandgebieden. De index wordt opgezocht in de rekenresultaten met behulp van de bemonsteringsdatum, de ter plekke gemeten grondwaterstand, en het weersdistrict waar het putwatermonster is genomen.

De jaargemiddelde nitraatconcentraties in kleidrainwater vertonen een overeenkomstig verloop in de tijd als nitraatconcentraties in zand-putwater. Het vochthoudend vermogen en de dispersielengte van kleigrond zijn groter dan van zandgrond. Het is waarschijnlijk dat een deel van het vocht, dat zich in kleiaggregaten bevindt, minder mobiel is in vergelijking met vocht in zandgrond. In deze aggregaten zal waarschijnlijk ook meer denitrificatie plaatsvinden. Een berekende neerslagoverschot-index bij kleigrond, met hoger vochtgehalte en grotere dispersielengte, zal minder aan nitraat gerelateerd zijn dan in geval van zandgrond. Er is daarom gekozen om de neerslagoverschot-index voor de nitraatconcentratie in kleidrainwater te berekenen door de stroming van het neerslagoverschot door zandgrond te simuleren. Nader aanvullend onderzoek wordt aanbevolen.

Bemonsterd drainwater kan niet worden gerelateerd aan een grondwaterstand in tegenstelling tot putwater. Ook is de toestroming naar drains anders dan de toestroming naar de bovenste meter grondwater. Er wordt vermoed dat met drains een dunnere grondwaterlaag wordt bemonsterd dan met de gangbare putwater-methode (eerste meter bovenste grondwater). Daarom is onderzocht of indexen die zijn berekend voor dunnere grondwaterlagen en vaste grondwaterstanden beter gerelateerd zijn aan de gemeten kleidrain nitraatconcentraties.

Om neerslagoverschot-effecten op nitraatconcentraties van drains vast te stellen is gerekend met een ontwateringsbasis van -100 cm en met een vaste grondwaterstand van -100 cm. Van beide berekeningen is de zoutconcentratie van 3 lagen van het bovenste grondwater (dikte is respectievelijk 100, 50 en 20 cm) vastgesteld. Dit levert 6 potentiële indexen op. Aanvullend is een potentiële index berekend op basis van de kaart-Gt verdeling van het bedrijf, conform voor zand-putwater in het geval dat de grondwaterstand onbekend is.

Gemeten nitraatconcentraties uit drains zijn gerelateerd aan de 7 indexen door middel van de REML procedure (Genstat 8.2). Het draindebiet en de gt-verdeling per bedrijf is hierbij mede in beschouwing genomen. Het bedrijf en het effect van de index per bedrijf is als een random effect beschouwd. Het draindebiet, de index en Gt-verdeling zijn als een fixed effect meegenomen. Er is rekening gehouden met een mogelijke correlatie tussen het effect van de index per bedrijf en de hoogte van de nitraatconcentratie.

In genstat-taal:

VCOMP [FIX=debiet,Gt,index] RAND=bedrijf/index

VSTRU [TERM=bedrijf/index;CORR=unrest;CINIT=!(1,0.5,0.5)]

De index is gekozen met de kleinste residuele variantie en kleinste waarde voor systematische afwijkingen tussen jaren. De gekozen neerslagoverschot-index voor de nitraatconcentratie in klei-drains, is de virtuele zoutconcentratie in de bovenste verzadigde waterlaag van 50 cm bij een ontwateringsbasis van 100 cm.

Bijlage 2

Invloed van verandering steekproefgrootte op de jaargemiddelden concentraties

Inleiding

In planjaar 1996 zijn slechts 6 bedrijven bemonsterd. In 1997 worden er 27 bedrijven bemonsterd. Vanaf 1998 wordt elk jaar 48-57 bedrijven bemonsterd. Het lage aantal bedrijven dat in 1996 en 1997 is bemonsterd kan gevolgen hebben voor de jaargemiddelde concentraties die voor die jaren berekend worden. Dit zal vooral het geval zijn als gemiddelde concentratie op de bedrijven die in 1996 worden bemonsterd verschillen van de gemiddelde concentratie op de bedrijven die er daarna zijn bijgekomen. In deze bijlage zal daarom worden onderzocht in hoeverre de gemiddelde concentraties op de bedrijven die vanaf 1996 en vanaf 1997 zijn bemonsterd afwijken van de gehele steekproef.

Werkwijze

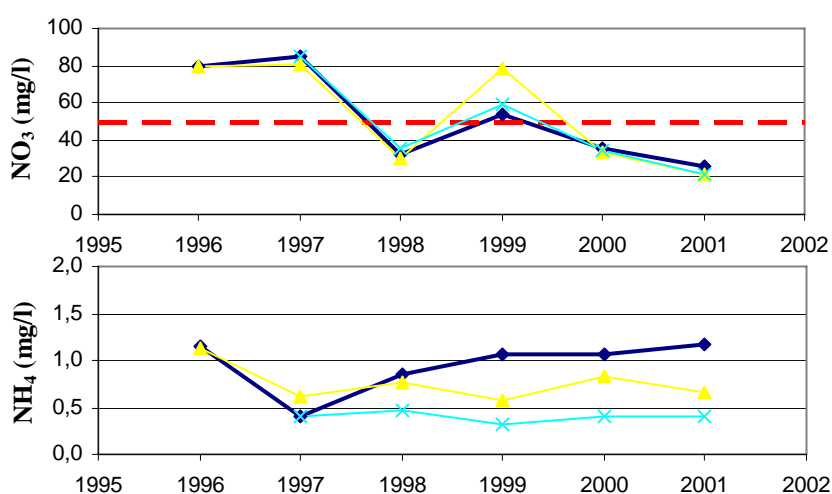
Er zijn 3 typen jaargemiddelden met elkaar vergeleken:

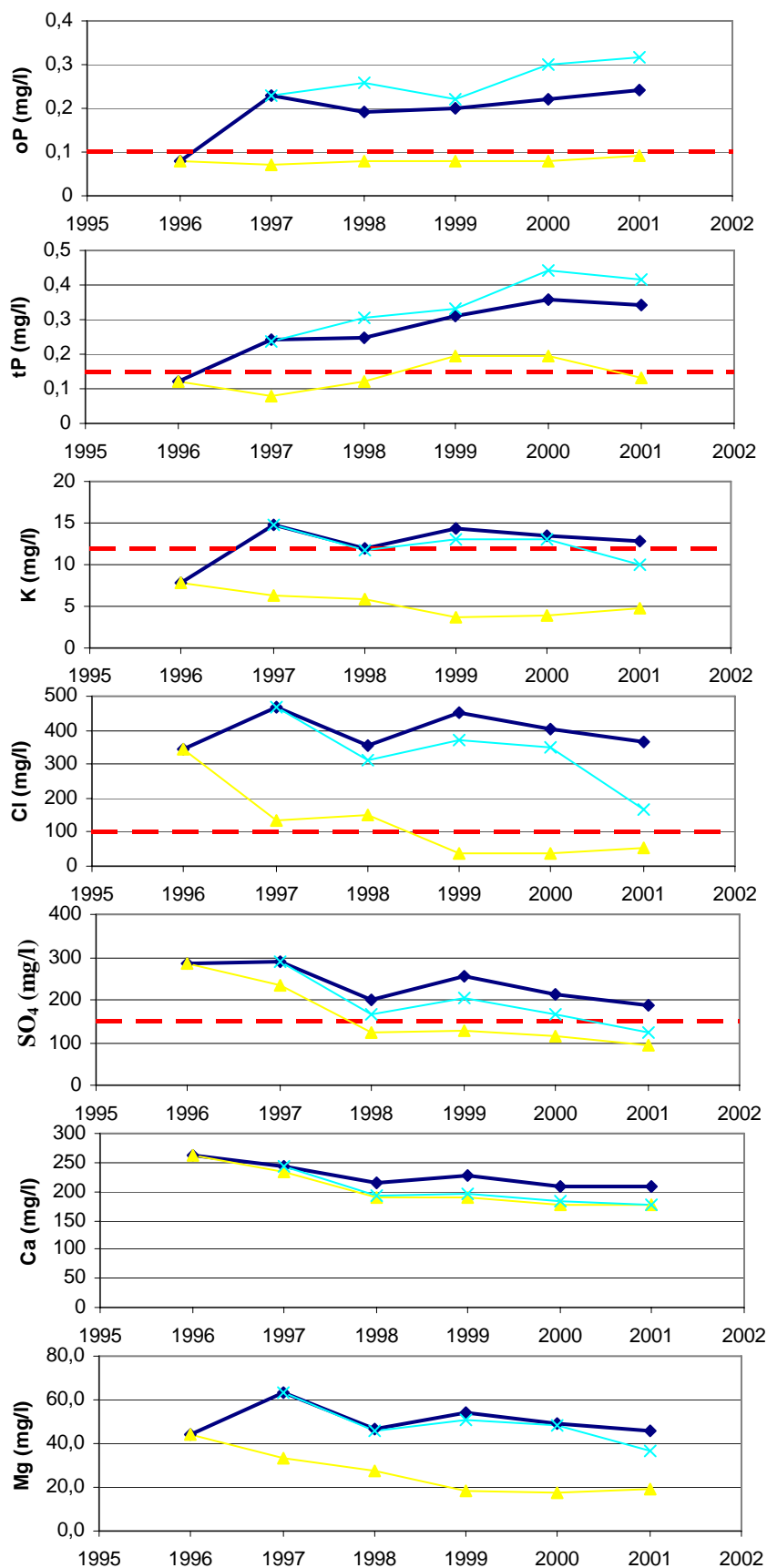
1. De jaargemiddelden over alle gemeten bedrijven in een jaar
2. De jaargemiddelden over de bedrijven die in 1996 zijn bemonsterd
3. De jaargemiddelde over de bedrijven die in 1997 zijn bemonsterd

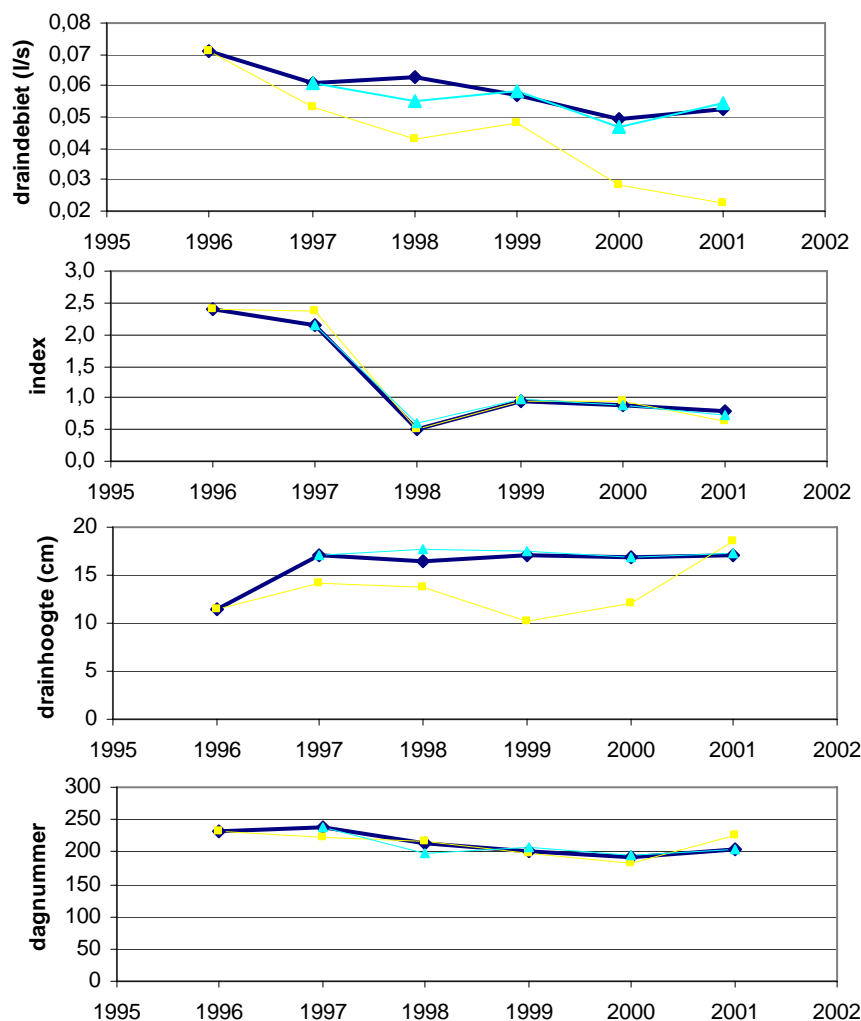
Om de vergelijking tussen deze jaargemiddelden mogelijk te maken, worden ze per stof uitgezet in een grafiek.

Resultaten

De resultaten zijn weergegeven in de onderstaande figuren. De donkerblauwe lijn geeft de jaargemiddelden over alle bedrijven. De gele lijn geeft de jaargemiddelden over de bedrijven die in 1996 zijn bemonsterd. De lichtblauwe lijn geeft de jaargemiddelden over de bedrijven die in 1997 ook zijn bemonsterd.







Interpretatie

Voor wat betreft nitraat wijken de bedrijven die vanaf 1996 en 1997 bemeten zijn nauwelijks af van de andere bedrijven. Voor enkele andere stoffen is dit wel het geval. Bij fosfaat bijvoorbeeld zijn de concentraties van de bedrijven die sinds 1996 worden bemeten over de hele meetperiode lager dan het gemiddelde over alle bedrijven. De stijging van de jaargemiddelde fosfaatconcentraties over alle bedrijven tussen 1996 en 1997 zal daarom veroorzaakt zijn doordat er op de groep bedrijven die er in 1997 bij komt hogere fosfaatconcentraties voorkomen.

Bijlage 3

Tabel met gemiddelden en percentielen per bedrijf

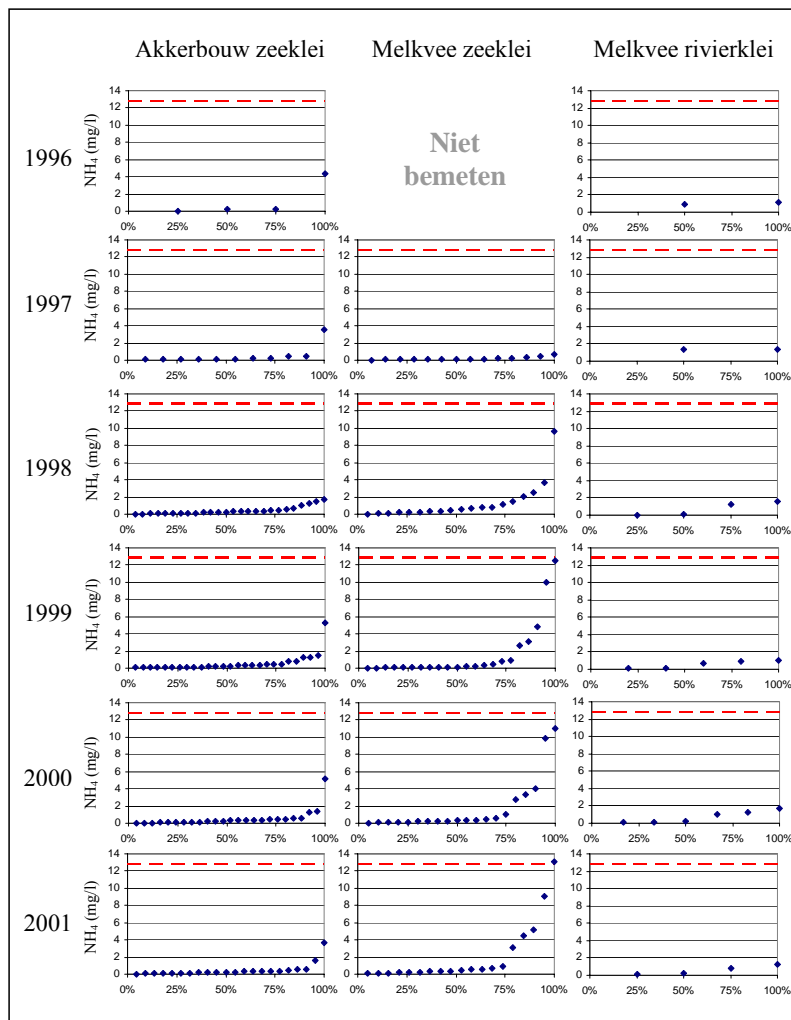
In de onderstaande tabel zijn de gemiddelden en de percentiele waarden van de bedrijfsgemiddelden per planjaar weergegeven over de periode 1996-2001. Dit is zowel gedaan voor alle bedrijven als apart per bedrijfscategorie.

Alle bedrijven										
	NO ₃	NH ₄	tN	oP	tP	Cl	K	SO ₄	Ca	Mg
gemiddelde	44	0,97	12,1	0,21	0,30	403	13,2	226	220	51
p10	8	0,08	4,8	0,02	0,07	33	2,7	54	124	16
p25	19	0,14	6,6	0,04	0,10	62	5,2	77	157	22
p50 (mediaan)	36	0,31	10,2	0,12	0,21	104	9,8	147	195	33
p75	60	0,92	15,7	0,30	0,41	232	15,7	296	252	51
p90	79	2,11	21,5	0,50	0,67	1247	28,7	512	345	116
Bedrijfscategorie akkerbouw op zeelei										
	NO ₃	NH ₄	tN	oP	tP	Cl	K	SO ₄	Ca	Mg
gemiddelde	51	0,53	13	0,16	0,23	450	12,9	265	238	51
p10	19	0,07	6	0,02	0,07	48	4,4	61	155	18
p25	29	0,12	8	0,04	0,09	67	5,5	86	176	22
p50 (mediaan)	43	0,23	11	0,09	0,16	122	8,2	157	207	27
p75	65	0,45	17	0,23	0,32	332	14,8	376	259	52
p90	88	1,29	21	0,35	0,47	1134	23,8	742	401	94
Bedrijfscategorie melkvee op zeelei										
	NO ₃	NH ₄	tN	oP	tP	Cl	K	SO ₄	Ca	Mg
gemiddelde	37	1,50	11	0,31	0,40	397	16,2	205	212	58
p10	2	0,08	4	0,04	0,10	44	4,4	59	123	24
p25	10	0,13	6	0,08	0,14	79	9,3	91	153	30
p50 (mediaan)	29	0,30	9	0,24	0,29	109	12,7	152	186	43
p75	49	0,88	13	0,47	0,55	193	18,1	230	237	55
p90	75	4,32	20	0,75	0,93	1366	34,1	418	328	142
Bedrijfscategorie melkvee op rivierklei										
	NO ₃	NH ₄	tN	oP	tP	Cl	K	SO ₄	Ca	Mg
gemiddelde	49	0,77	13	0,06	0,24	29	1,29	57	130	15
P10	12	0,11	4	0,00	0,00	19	0,44	19	101	13
P25	14	0,15	6	0,01	0,07	21	0,72	29	115	14
P50 (mediaan)	30	0,89	11	0,04	0,18	22	0,85	44	128	15
P75	68	1,25	18	0,08	0,38	34	1,30	74	147	17
P90	115	1,36	29	0,14	0,58	42	2,91	113	162	19

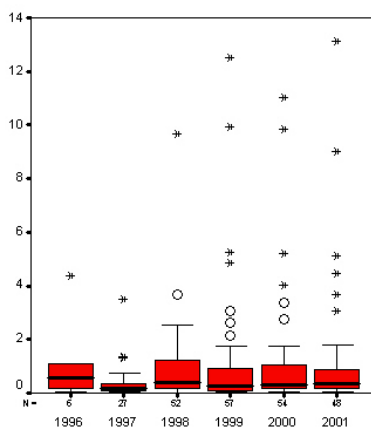
Bijlage 4

Figuren drainwaterkwaliteit

B.4.1 Ammonium

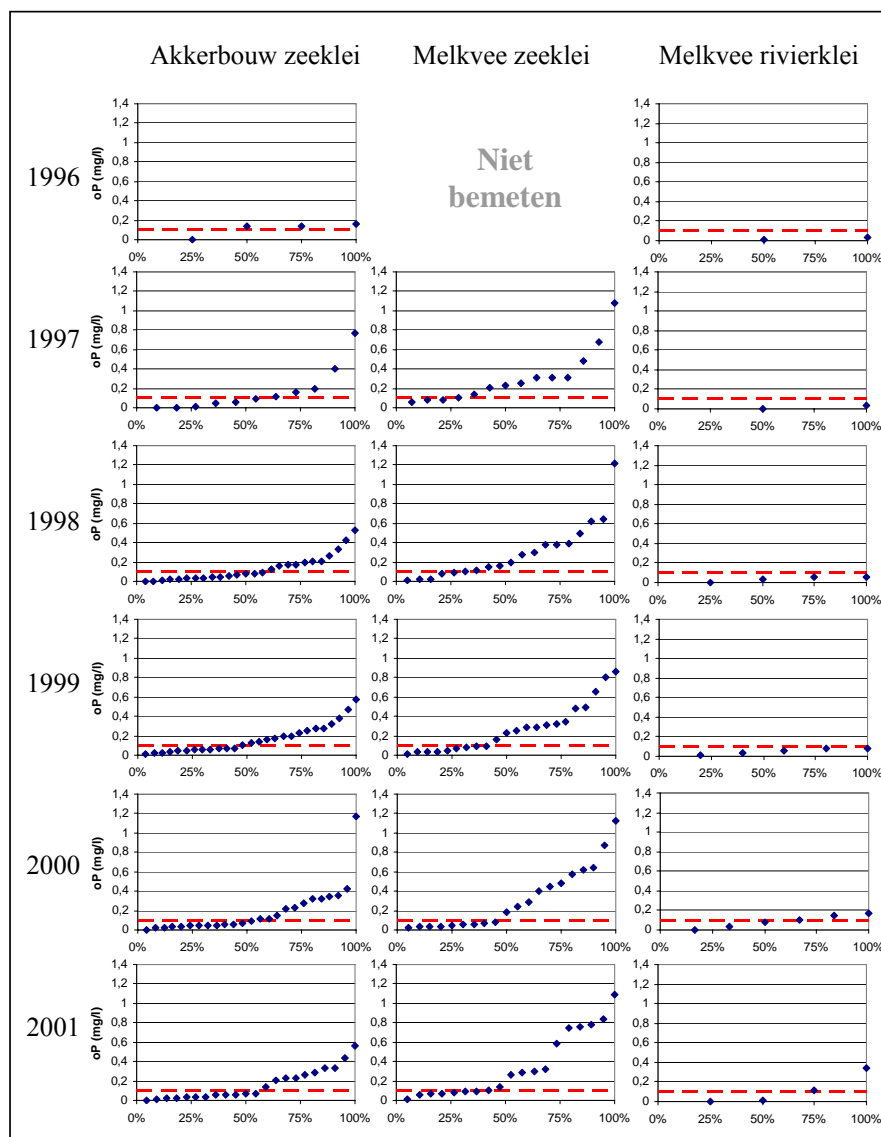


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties (mg/l als NH_4^+) per planjaar en per bedrijfscategorie

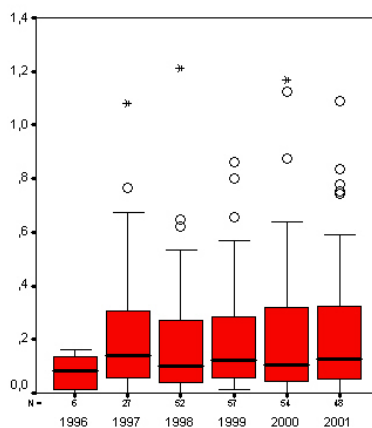


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentraties (mg/l als NH_4^+) over de periode 1996-2001

B.4.2 Ortho-fosfaat

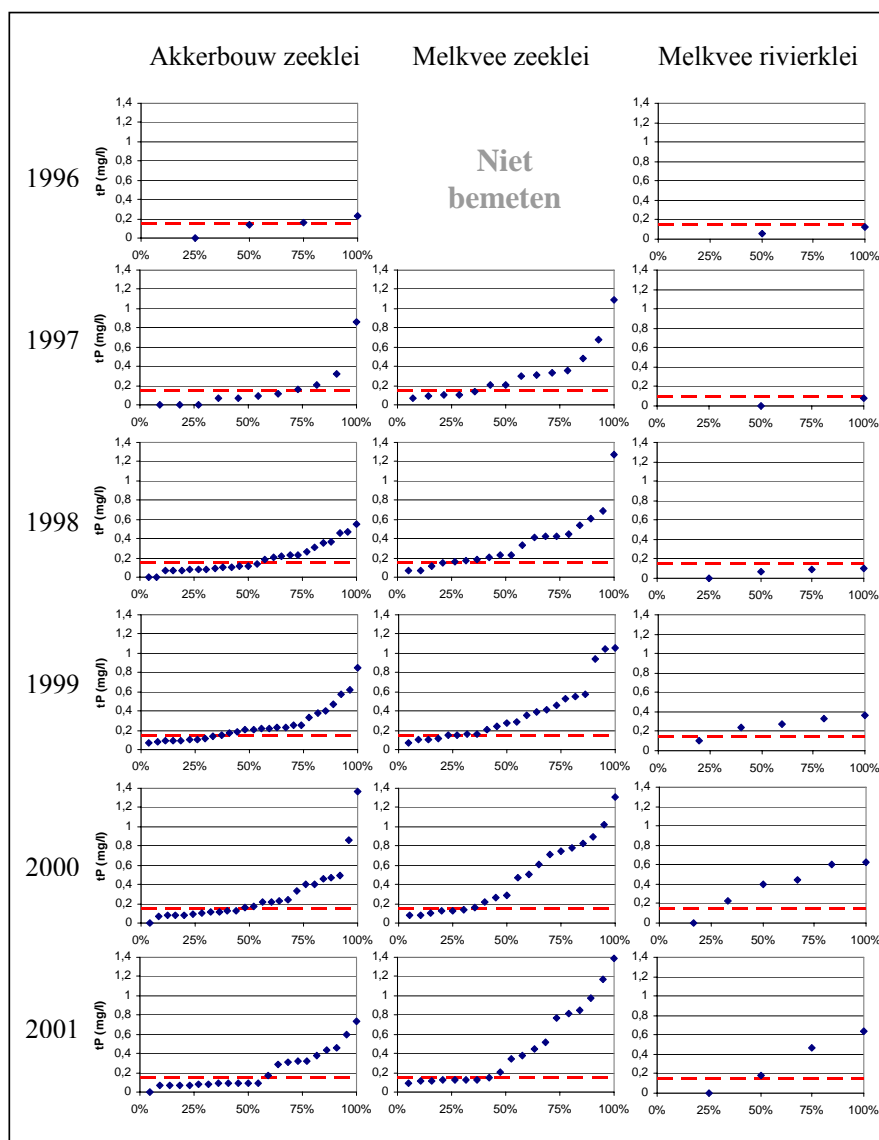


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties (mg/l als P) per planjaar en per bedrijfscategorie

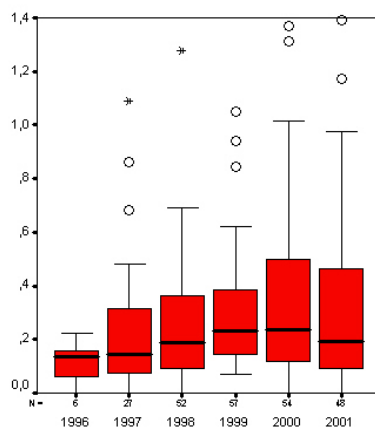


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties(mg/l alsP) over de periode 1996-2001

B.4.3 Totaal-fosfaat

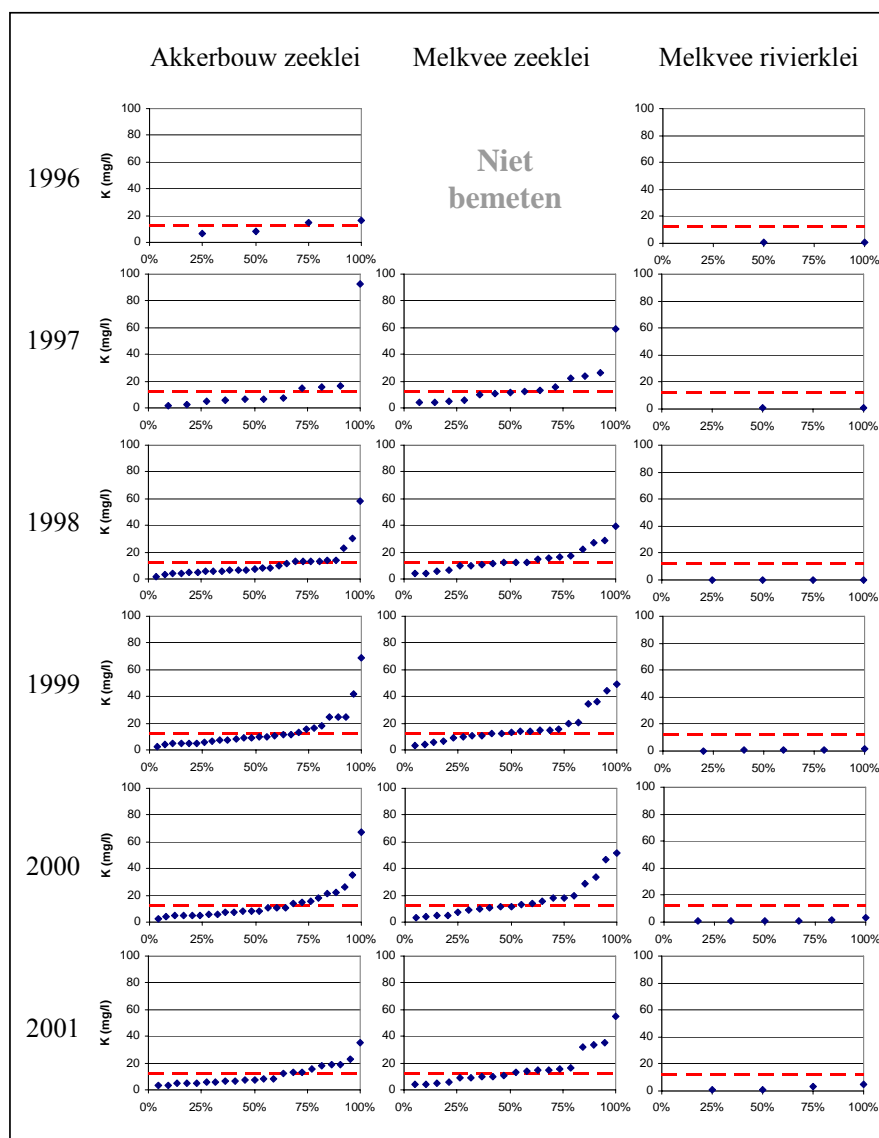


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties (mg/l als P) per planjaar en per bedrijfscategorie

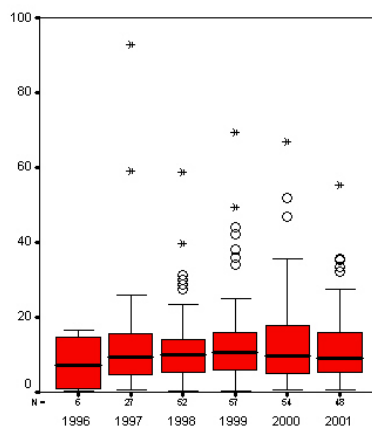


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties (mg/l als P) over de periode 1996-2001

B.4.4 Kalium

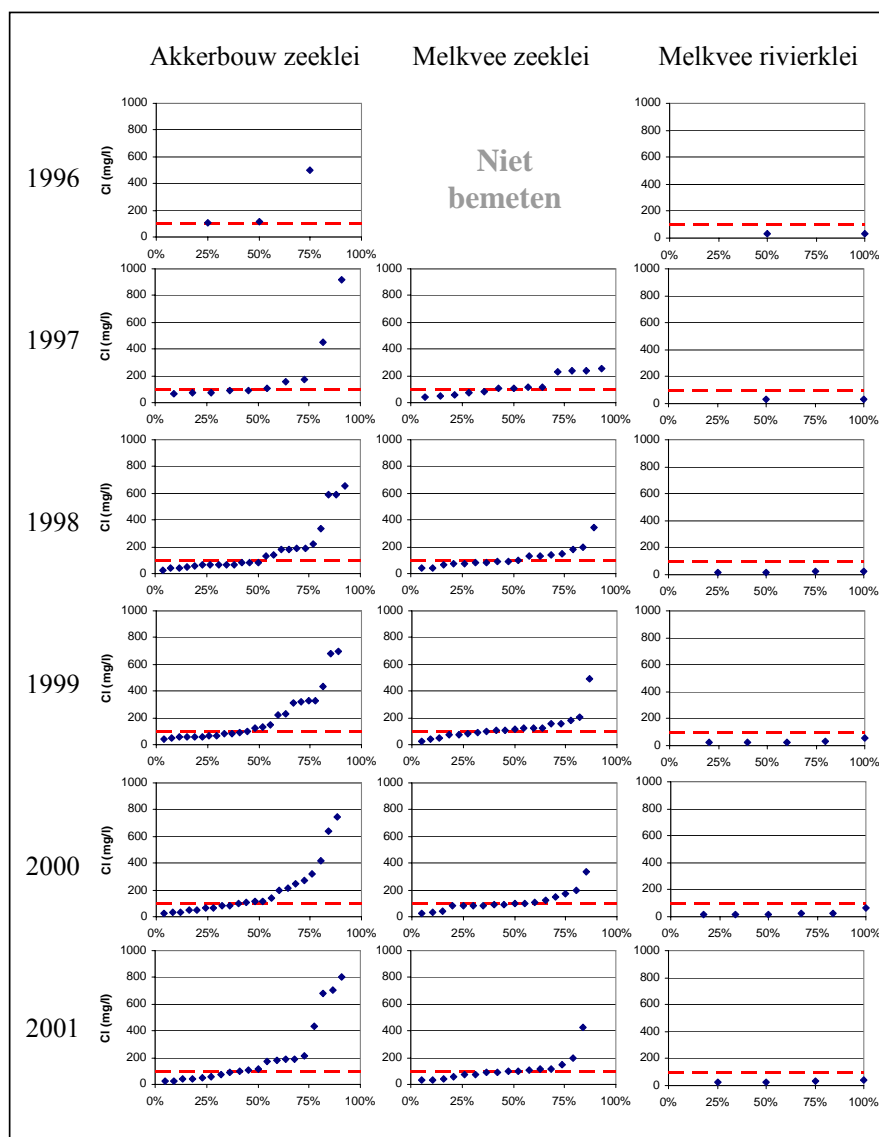


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties (mg/l) per planjaar en per bedrijfscategorie

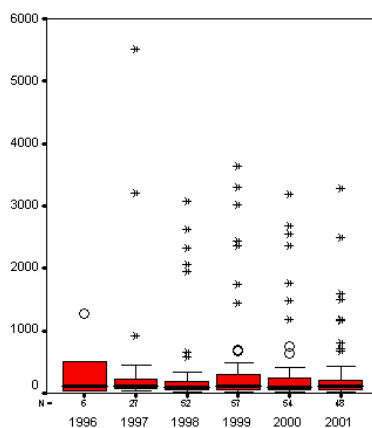


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties (mg/l) over de periode 1996-2001

B.4.5 Chloride

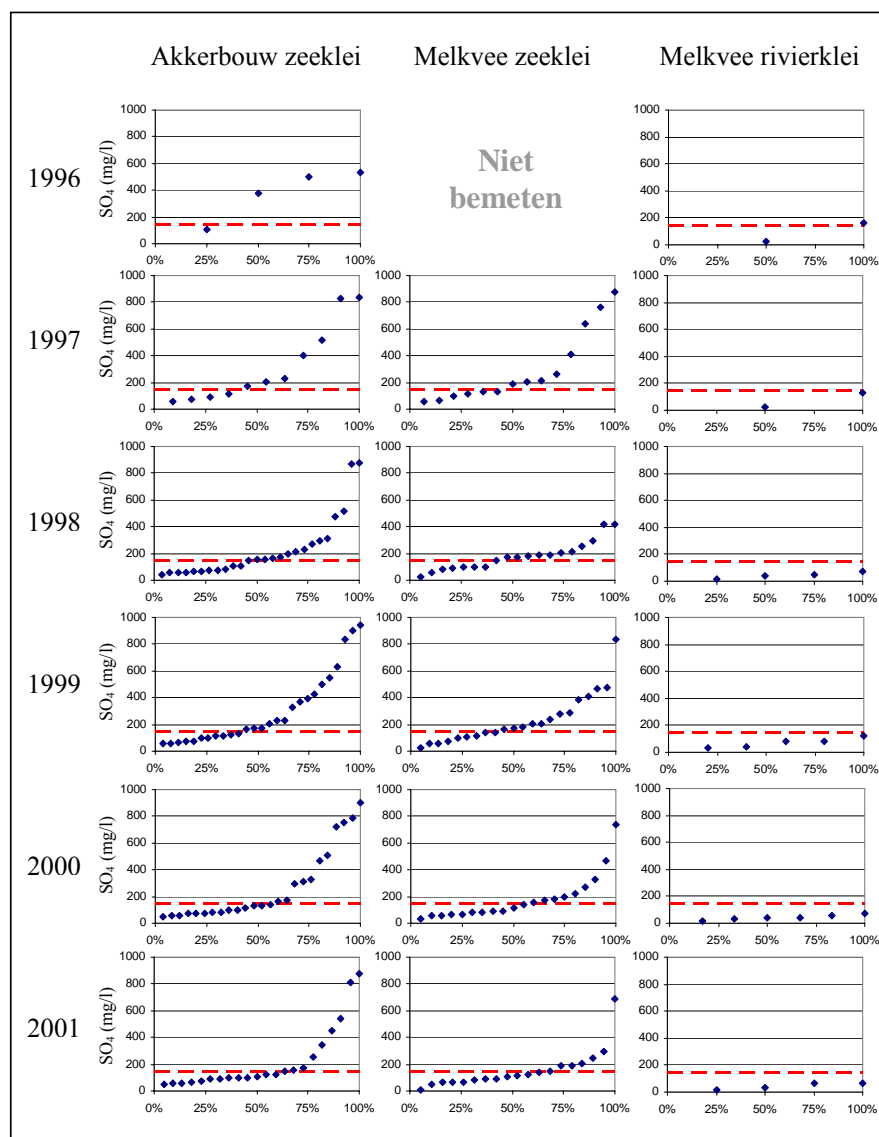


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties (mg/l) per planjaar en per bedrijfscategorie

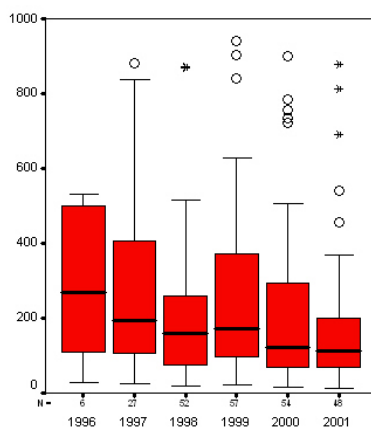


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties (mg/l) over de periode 1996-2001

B.4.6 Sulfaat

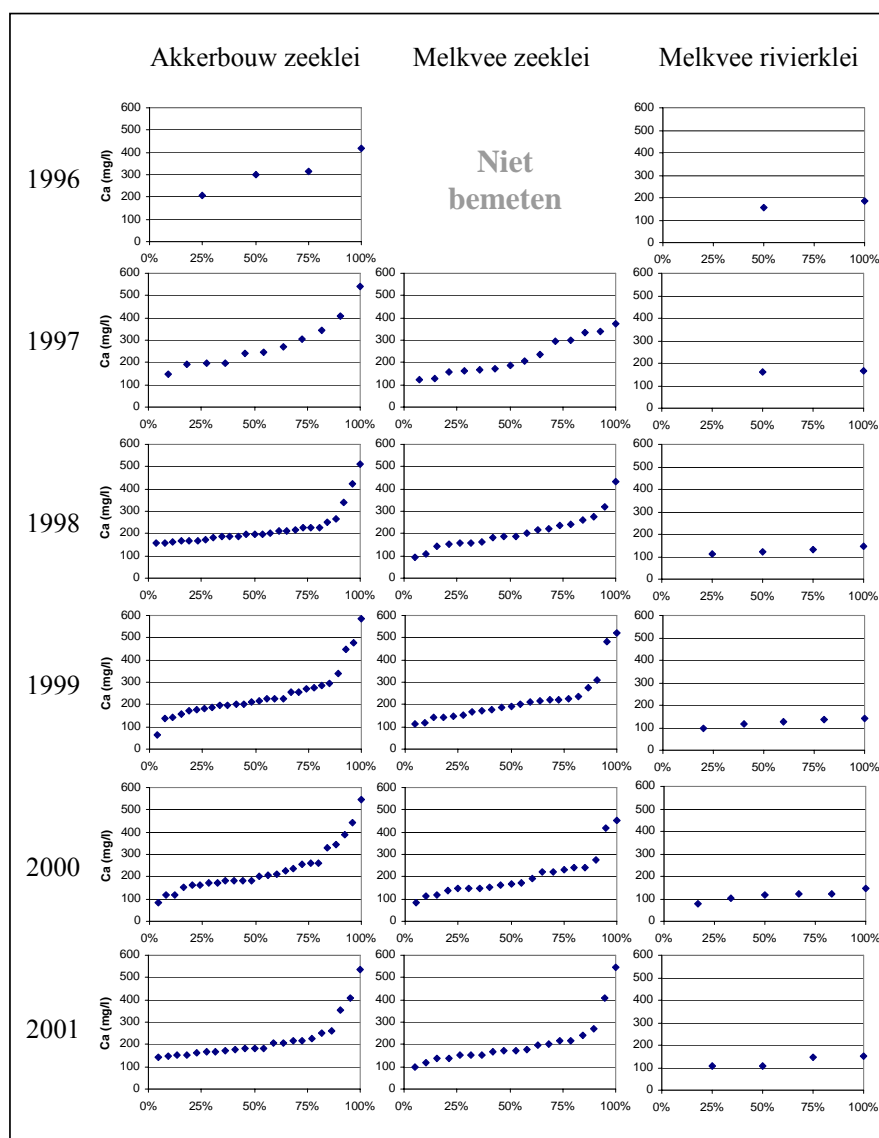


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties (mg/l als SO_4) per planjaar en per bedrijfscategorie

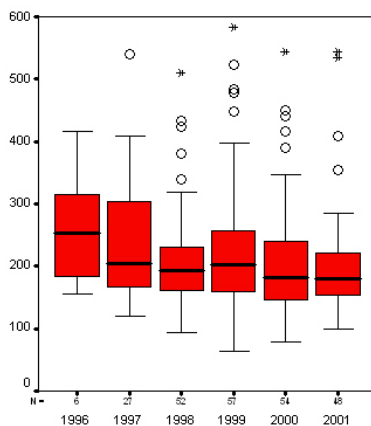


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde sulfaatconcentraties (mg/l als SO_4) over de periode 1996-2001

B.4.7 Calcium

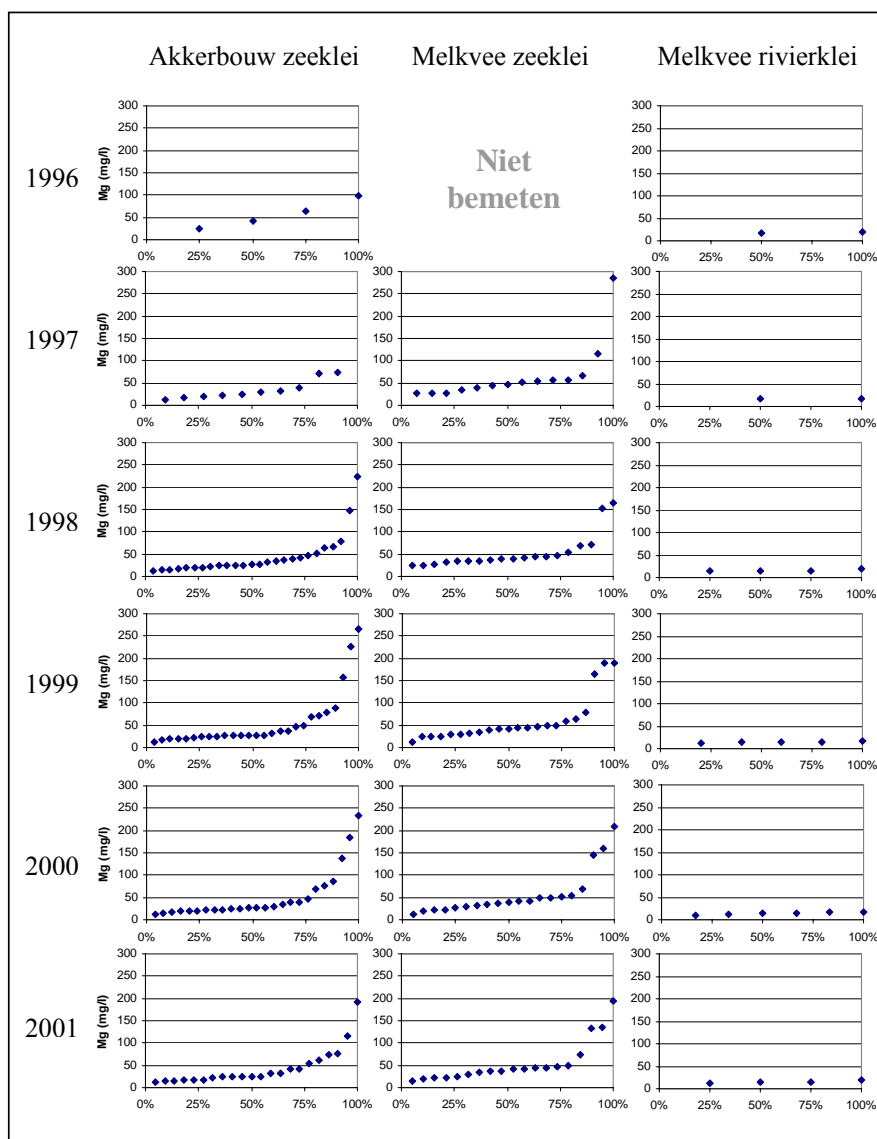


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties(mg/l) per planjaar en per bedrijfscategorie

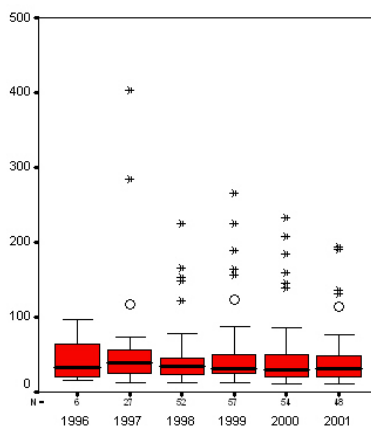


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde calciumconcentraties (mg/l) over de periode 1996-2001

B.4.8 Magnesium

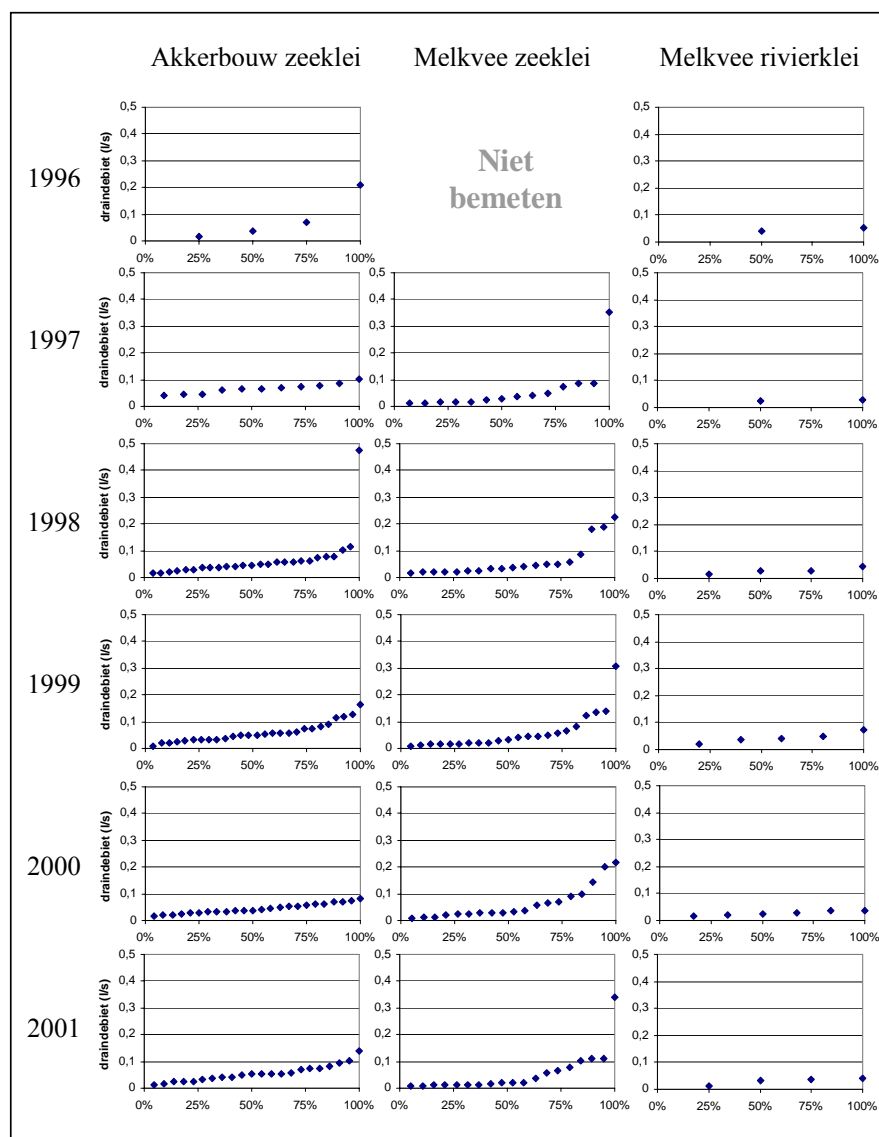


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties (mg/l) per planjaar en per bedrijfscategorie

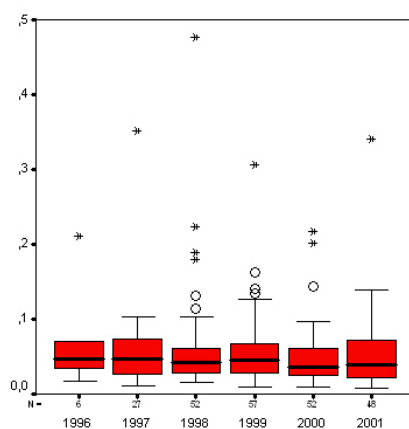


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde magnesiumconcentraties (mg/l) over de periode 1996-2001

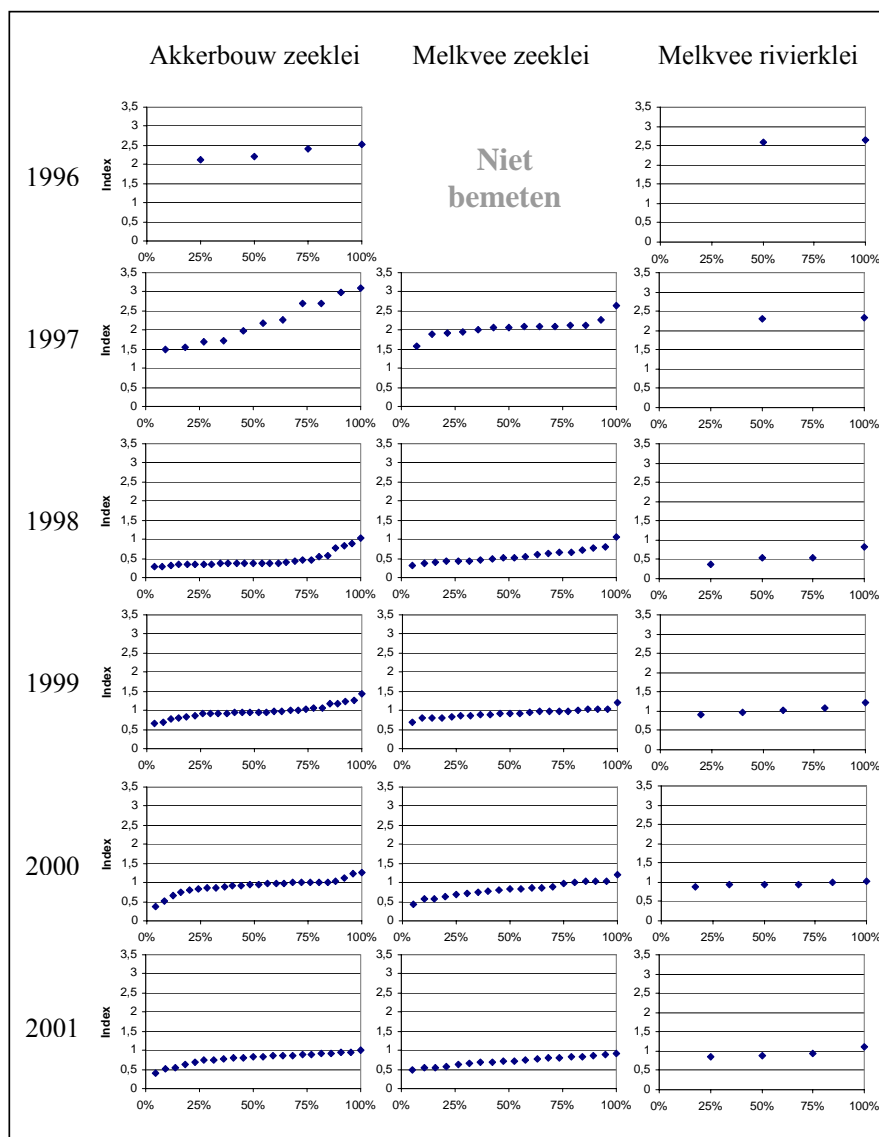
B.4.9 Drainebiet



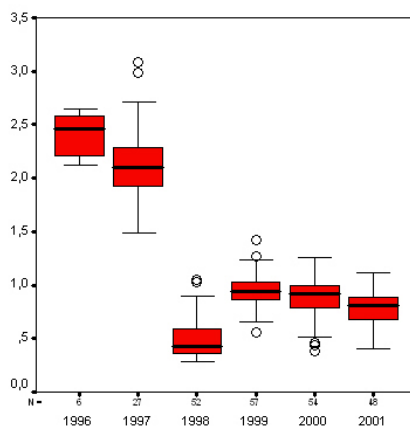
Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde drainebieten (l/s) per planjaar en per bedrijfscategorie



Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde drainebieten (l/s) over de periode 1996-2001

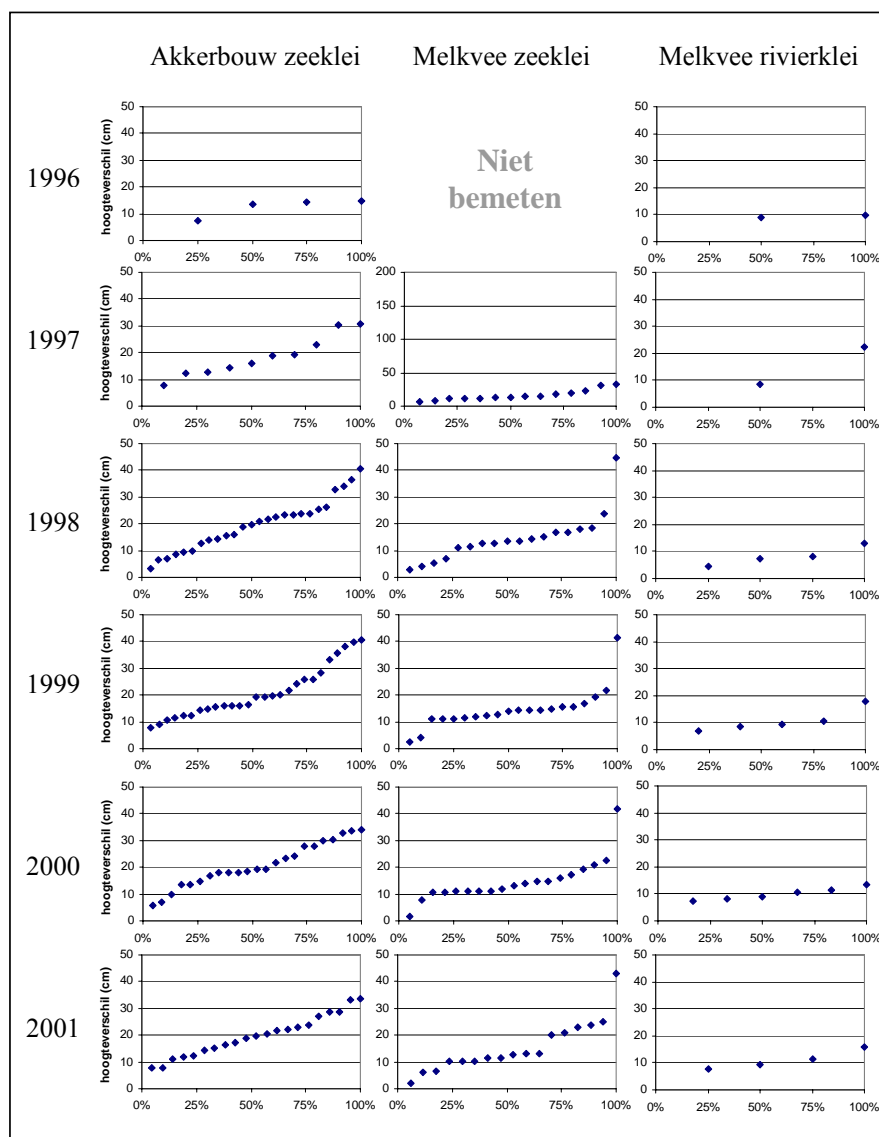
B.4.10 Index

Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde indexen per planjaar en per bedrijfscategorie

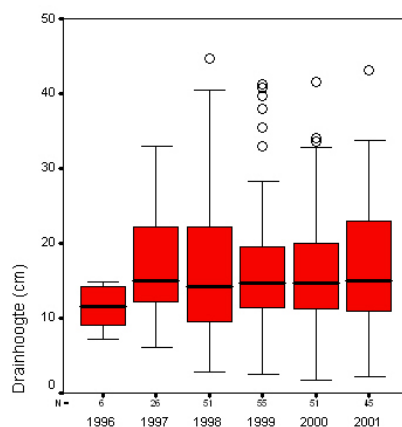


Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde indexen over de periode 1996-2001

B.4.11 Hoogteverschil tussen onderkant drain en slootpeil

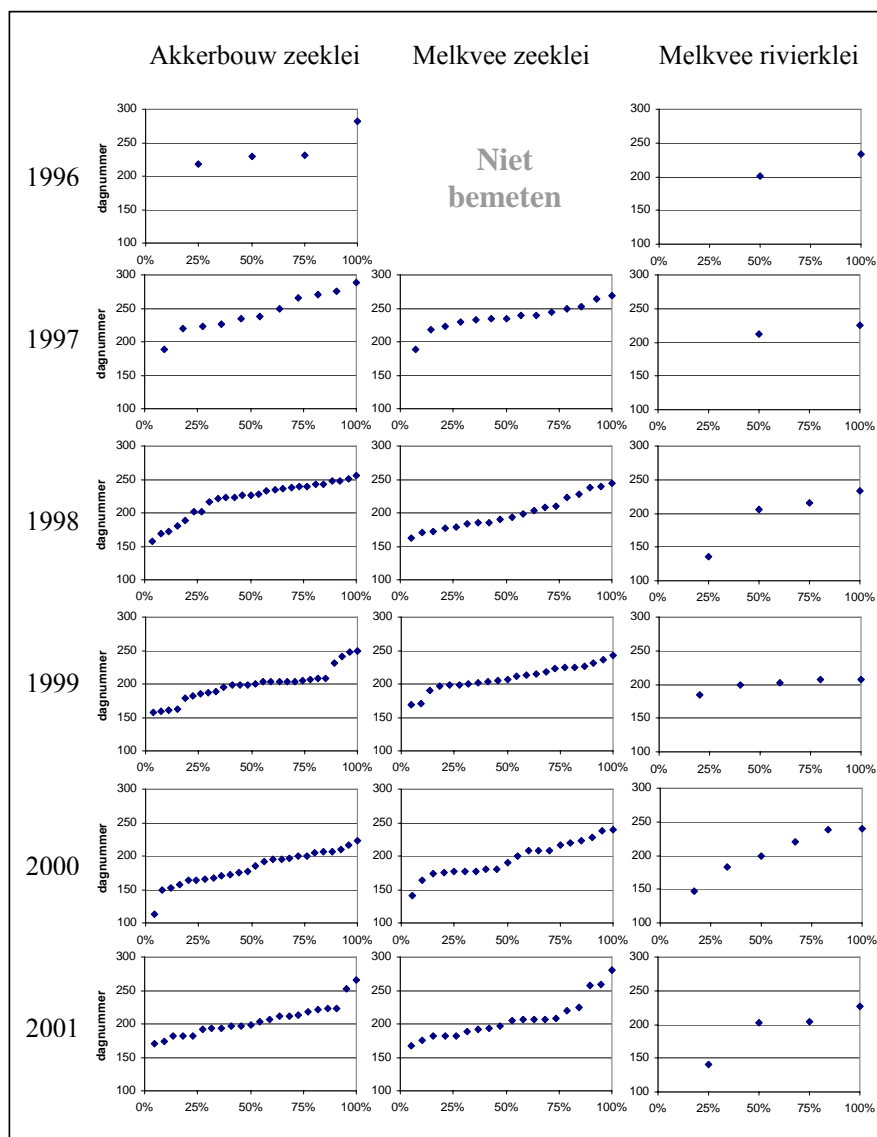


Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van het bedrijfsgemiddelde hoogteverschil (cm) tussen de onderkant van de drain en het slootpeil per planjaar en per bedrijfscategorie

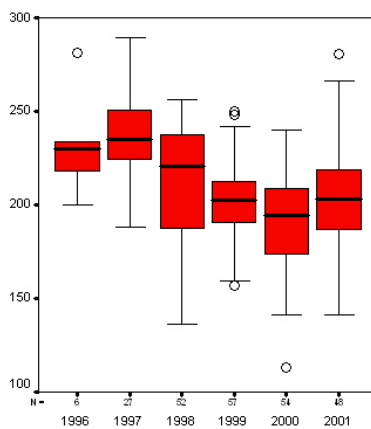


Figuur 2: Boxplots van het bedrijfsgemiddelde hoogteverschil (cm) tussen de onderkant van de drain en het slootpeil over de periode 1996-2001

B.4.12 Dagnummer



Figuur 1: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde bemonsteringsdagnummers per planjaar en per bedrijfscategorie



Figuur 2: Boxplots van de bedrijfsgemiddelde bemonsteringsdagnummers over de periode 1996-2001

Bijlage 5

Correlatiematrix van de bedrijfsgemiddelden per planjaar

B.5.1 Inleiding

In deze bijlage wordt de correlatiematrix gegeven van stoffen en verklarende variabelen die in hoofdstuk 3 zijn besproken. Door middel van deze correlatiematrix kan worden onderzocht welke paramaters aan elkaar zijn gerelateerd en welke niet. De correlaties tussen de stofconcentraties en de verklarende variabelen worden hier onderzocht op het niveau van planjaargemiddelden per bedrijf.

B.5.2 Werkwijze

De correlatiematrix is gemaakt met behulp van het statistische softwarepakket SPSS.

B.5.3 Resultaten

Hieronder is de correlatiematrix afgebeeld. Zie de legenda onder de matrix voor de kleurcodering.

	NO ₃	NH ₄	tN	oP	tP	K	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Deb	Index	Hoog	Dagnr
NO ₃	1	-0,20	0,98	-0,16	-0,19	0,08	0,06	0,12	0,04	0,11	0,15	0,50	0,15	0,18
NH ₄	-0,20	1	-0,01	0,11	0,17	0,31	0,46	0,27	0,54	0,42	-0,02	-0,13	-0,26	0,09
tN	0,98	-0,01	1	-0,11	-0,13	0,14	0,14	0,16	0,13	0,19	0,16	0,48	0,08	0,21
oP	-0,16	0,11	-0,11	1	0,95	0,22	0,07	0,01	-0,21	0,18	-0,10	0,02	0,05	-0,07
tP	-0,19	0,17	-0,13	0,95	1	0,23	0,12	0,00	-0,22	0,20	-0,11	-0,06	0,02	-0,11
K	0,08	0,31	0,14	0,22	0,23	1	0,89	0,52	0,40	0,93	0,09	0,08	0,19	0,04
Cl	0,06	0,46	0,14	0,07	0,12	0,89	1	0,45	0,49	0,96	-0,03	0,05	0,17	0,03
SO ₄	0,12	0,27	0,16	0,01	0,00	0,52	0,45	1	0,79	0,56	0,21	0,10	0,04	0,05
Ca	0,04	0,54	0,13	-0,21	-0,22	0,40	0,49	0,79	1	0,48	0,09	0,03	-0,09	0,08
Mg	0,11	0,42	0,19	0,18	0,20	0,93	0,96	0,56	0,48	1	0,04	0,10	0,19	0,04
Deb	0,15	-0,02	0,16	-0,10	-0,11	0,09	-0,03	0,21	0,09	0,04	1	0,03	-0,04	0,06
Index	0,50	-0,13	0,48	0,02	-0,06	0,08	0,05	0,10	0,03	0,10	0,03	1	-0,02	0,13
Hoog	0,15	-0,26	0,08	0,05	0,02	0,19	0,17	0,04	-0,09	0,19	-0,04	-0,02	1	0,02
Dagnr	0,18	0,09	0,21	-0,07	-0,11	0,04	0,03	0,05	0,08	0,04	0,06	0,13	0,02	1

Deb = bedrijfsgemiddelde draindebit per planjaar

Index = bedrijfsgemiddelde index per planjaar

Hoog = bedrijfsgemiddelde hoogteverschil tussen het slootpeil en de onderkant van de drain per planjaar

Dagnr = Bedrijfsgemiddelde bemonsteringsdagnummer per planjaar

- Sterke positieve correlatie (0,5-1)
- Matige positieve correlatie (0,25-0,5)
- Zwakke positieve correlatie (0,1-0,25)
- Zwakke negatieve correlatie (-0,1- -0,25)
- Matige negatieve correlatie (0,25-0,5)

B.5.4 Interpretatie

Sterke correlaties

Er wordt een sterke correlatie gevonden tussen nitraat en de index. Bij andere stoffen is er hooguit sprake van zwakke correlaties. Doordat nitraat mobiel is en uitsluitend van bovenaf in het drainwater komt (en niet vanuit kwel), is nitraat het meest gevoelig voor veranderingen in de index.

Totaal-stikstof is weer sterk gecorreleerd met nitraat. De sterke correlatie (0,977) tussen nitraat (NO_3) en totaal-stikstof (tN) komt doordat het grootste deel van het totaal-stikstof in drainwater bestaat uit nitraat. De sterke correlatie (0,946) tussen ortho-fosfaat (oP) en totaal-fosfaat (tP) komt door het grote aandeel ortho in totaal-fosfaat.

Er worden sterke correlaties gevonden tussen chloride, kalium en magnesium. Deze drie stoffen zijn in hoge concentraties aanwezig in opkwellend brak grondwater. Iets minder sterke correlatie wordt gevonden tussen deze stoffen en de sulfaatconcentraties. In de zeekleigebieden worden in de ondergrond sulfiden afgebroken, die met kwel kunnen worden meegevoerd naar de drains. Ook calcium vertoont een sterke correlatie met sulfaat. Bij de afbraak van de sulfiden komt zuur vrij waardoor calcium en magnesium in oplossing komen. Calcium vertoont ook een sterke correlatie met ammonium, doordat beide stoffen voornamelijk vanuit het diepere grondwater in de drains terecht komen. Het is onwaarschijnlijk dat de geconstateerde correlaties worden veroorzaakt door berekening met Rijnwater. Berekening wordt vooral in het rivierkleigebied toegepast en daar zijn de sulfaatconcentraties duidelijk lager (Tabel 3.8, Figuur 3.19)

Matige correlaties

Er is tevens een matige positieve correlatie tussen totaal stikstof (tN) en de index. Totaal-stikstof bestaat voor het grootste deel uit nitraat, dat een iets sterkere correlatie met de index vertoont. De lagere correlatie van totaal-stikstof wordt waarschijnlijk voor een groot deel veroorzaakt door het aandeel van ammonium, dat juist een negatieve correlatie laat zien met de index.

Er worden naast de eerder besproken sterk correlaties ook matige correlaties gevonden tussen ammonium, kalium, chloride, sulfaat, calcium en magnesium. Deze correlatie komt doordat al deze stoffen voornamelijk vanuit de diepere ondergrond (kwel en/of diepere stroombanen) naar de drains worden getransporteerd.

Een matige negatieve correlatie wordt gevonden tussen de drainhoogte (HOOG) en de ammoniumconcentraties (NH_4). Dit kan worden verklaard door de minder grote invloed van kwelwater bij grotere drainhoogtes. Hier staat echter tegenover dat kalium en chloride een zwak positief verband laten zien met de drainhoogte. Kennelijk overheerst hier de invloed van de belasting met kaliumzouten over de lokale invloed van diepe kwel.

Opvallende zwakke correlaties

Nitraat (NO_3) is positief gecorreleerd met het draindebiet (Deb), de drainhoogte (HOOG) en het dagnummer (DAGNR). Bij hogere draindebieten en grotere drainhoogtes wordt de invloed van kortsluitstroming groter. Hierdoor komt er meer nitraat in het drainagewater terecht. De positieve correlatie tussen nitraat en dagnummer laat zien dat de nitraatconcentraties toenemen naarmate het drainageseizoen vordert. Er bestaat echter ook een zwakke correlatie tussen het dagnummer en de index. De toename van de nitraatconcentraties kan derhalve veroorzaakt zijn door de toename van het aandeel jong

grondwater in het drainagewater gedurende het drainage seizoen. Dit is conform het conceptuele model van Meinardi en Van den Eertwegh (1997). Een andere mogelijke verklaring is dat in het voorjaar wordt begonnen met bemesting, waardoor er meer nitraat via hele snelle preferente stroombanen in het drainagewater komt. Voor deze tweede verklaring is met de beschikbare gegevens echter geen bewijs te leveren.

Er is een zwak negatief verband tussen nitraat (NO_3) en ammonium (NH_4). Nitraat komt immers in de hoogste concentraties voor in drainagewater met veel invloed van kortsluitstroming. Ammonium komt echter in hogere concentraties voor in drainagewater dat onder invloed staat van diepe kwel.

Er is tevens een zwak negatief verband tussen nitraat (NO_3) en ortho-fosfaat (oP) en totaal-fosfaat (tP). De landbouw-gerelateerde fosfaat bovenin de bodem zal echter net als nitraat met name via kortsluitstroming in het drainagewater terecht komen. Toch is het verband met nitraat net als bij ammonium negatief. Op basis hiervan kan worden verondersteld dat het diepe kwelwater een grotere bijdrage aan de totale fosfaatbelasting van het drainagewater dan de bemesting. Ook de zwakke correlaties tussen ortho-fosfaat en totaal-fosfaat en kalium en chloride onderschrijven deze veronderstelling.

Opvallende afwezige correlaties

Hoewel het drainebiet (Deb) en de index (INDEX) beiden voornamelijk worden bepaald door weersomstandigheden, zijn beide parameters nauwelijks gecorreleerd. Dit komt doordat het drainebiet vooral afhankelijk is van de weersomstandigheden op korte termijn. Na een korte hevige bui zal het drainebiet door de toegenomen neerwaartse waterdruk toenemen. De index voor de bovenste halve meter grondwater wordt juist voornamelijk beïnvloed door schommelingen in het gemiddelde neerslagoverschot op langere termijn.

Er is geen correlatie tussen ammonium (NH_4) en totaal-stikstof (tN). Hieruit blijkt dat ammonium over het algemeen nauwelijks bijdraagt aan totaal-stikstof in drainagewater. Alleen in drainagewater, dat wordt beïnvloed door diepe kwel, kan het aandeel van ammonium aan totaal-stikstof groot zijn. Dit blijkt ook uit het feit dat er geen correlatie is tussen drainhoogte (HOOG) en totaal-stikstof. De negatieve correlatie tussen ammonium en drainhoogte (kwelinvloed) en de positieve correlatie tussen nitraat en drainhoogte (invloed van kortsluitstroming) heffen elkaar op in de resulterende concentraties totaal-stikstof in het drainagewater.

Er zijn over het algemeen geen duidelijk negatieve correlaties tussen het drainebiet (Deb) enerzijds en de stoffen die voor belangrijk deel uit diep kwelwater afkomstig kunnen zijn anderzijds. Dit geldt voor kalium (K), chloride (Cl), ortho-fosfaat (oP) en ammonium (NH_4). Sulfaat heeft zelfs een zwakke positieve correlatie met het drainebiet. Een hoger debiet (jonger grondwater) per bedrijf en planjaar gaat dus niet duidelijk samen met lagere concentraties. Deze bevinding lijkt in tegenspraak met de verwachting over de relatie tussen het drainebiet en de stofconcentraties. De verwachting geldt echter voor de relatie in eenzelfde drain in de tijd en niet voor relaties tussen bedrijfsgemiddelden per planjaar. Het meest gedetailleerde niveau waarop relaties onderzocht kunnen worden is tussen rondgemiddelden per bedrijf, zie Bijlage 8. In Bijlage 8 worden wel duidelijke negatieve relaties tussen het debiet en de stofconcentraties gevonden met uitzondering van oP en tP.

Bijlage 6

Vershil tussen gemiddelde nitraatconcentraties en gemiddelde debietgewogen nitraatconcentraties

B.6.1 Inleiding

We verwachten dat het effect van bemesting vooral tot uiting komt in de nitraatconcentratie van het drainwater. Bij hogere debieten wordt meer jong water afgevoerd dan bij lagere debieten. Aangezien nitraat voornamelijk voorkomt in het jongere bodem- en grondwater zullen de nitraatconcentraties bij hogere debieten hoger zijn. Dit effect komt vooral voor bij zeeklei, waar nitraat minder diep in de ondergrond doordringt (door de slechte doorlatendheid of door de grotere invloed van kwel) dan bij rivierklei.

Doordat de nitraatconcentraties hoger zijn bij hogere debieten, zal de debietgewogen gemiddelde nitraatconcentratie hoger zijn dan het gewone gemiddelde. Het verschil tussen normale gemiddelde en debietgewogen gemiddelde nitraatconcentratie wordt op verschillende aggregatieniveaus onderzocht (individuele drains, rondgemiddelden, jaargemiddelden per bedrijf en langjarige bedrijfsgemiddelden).

Tijdens een meetronde wordt echter geen verschil verwacht tussen het debietgewogen gemiddelde en het gewone gemiddelde. Tijdens een meetronde worden de verschillende drains onder dezelfde weersomstandigheden bemonsterd. De verschillen in debiet tussen drains tijdens een meetronde worden dan ook niet bepaald door de weersomstandigheden, maar door de eigenschappen van de drains. Het zijn juist vooral de verschillen in weerscondities die zorgen voor meer of minder jong water in de drains.

Indien er toch verschillen worden gevonden tussen gewogen en ongewogen rondgemiddelden, zullen er ook verschillen zijn tussen debietgewogen mengmonsters en niet-debietgewogen mengmonsters. In dat geval kan overwogen worden of een debietproportioneel mengmonster moet worden gemaakt.

B.6.2 Werkwijze

Debietgewogen gemiddelde nitraatconcentraties zijn berekend door elke individuele nitraatconcentratie te vermenigvuldigen met het bijbehorende draindebiet. Vervolgens is het gewogen gemiddelde berekend door de som van vermenigvuldigingen te delen door de som van de debieten. Vervolgens zijn de verschillen berekend tussen elk gewogen en ongewogen gemiddelde. De verschillen zijn beoordeeld op significantie met een t-toets.

B.6.3 Resultaten

In Tabel 6.1 zijn de verschillen tussen debiet-gewogen en ongewogen gemiddelde nitraatconcentraties opgenomen. Tevens is aangegeven of het verschil significant is. In Tabel 2 worden de verschillen tussen gewogen en ongewogen nitraatconcentraties op het niveau van individuele drains gemeten.

Tabel 1: Verschil tussen gewogen en ongewogen gemiddelde nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) op verschillende niveaus

Aggregatieniveau	Aantal	Verschil gewogen - ongewogen	Significantie
Individuele metingen	11448	7,5	Kan niet worden getoetst
Draingemiddelden	1087	3,9	Significant
Rondegemiddelden	738	0,3	Niet significant
Bedrijfsgemiddelden	68	3,9	Significant

Tabel 2: Verschil tussen gewogen en ongewogen nitraatconcentraties (mg/l als NO_3^-) op het niveau van individuele drains voor de verschillende bedrijfscategorieën.

Bedrijfscategorie	Verschil gewogen – ongewogen	Significantie
Akkerbouw op zeeklei	4,1	Significant
Melkvee op zeeklei	4,3	Significant
Melkvee op rivierklei	2,7	Significant
Overige bedrijven op zeeklei	4,2	Significant

B.6.4 Interpretatie

In Tabel 1 is te zien dat er volgens verwachting verschillen zijn tussen de gewogen en de ongewogen gemiddelde nitraatconcentraties. Het grootst is het verschil tussen de gemiddelden van alle individuele monsters. Het verschil op dat niveau is 7,5 mg/l (15%). Volgens de verwachting is het verschil niet relevant en significant voor rondagemiddelden op een bedrijf. De nitraatconcentratie zal dus niet duidelijk verschil verschillen tussen een normaal en een debietgewogen mengmonster.

In Tabel 2 is te zien dat op het niveau van individuele drains in elke bedrijfscategorie significante verschillen gevonden worden. De verschillen bij rivierklei zijn minder groot dan bij zeeklei.

Bijlage 7

Relatie tussen nitraatconcentraties enerzijds en index, debiet, drainhoogte en dagnummer anderzijds.

B.7.1 Inleiding

In de inleiding van dit rapport wordt gesteld dat er relaties verwacht worden tussen de nitraatconcentraties en enkele verklarende variabelen die in het veld worden gemeten. In deze bijlage wordt beschreven hoe de relaties tussen de gemeten nitraatconcentraties en de index, het draindebiet, het dagnummer en de drainhoogte statistisch zijn geanalyseerd.

B.7.2 Werkwijze

De statistische analyses zijn uitgevoerd op vijf aggregatie- of middelingsniveaus:

1. afzonderlijke concentraties uit individuele drains,
2. rondegemiddelde concentraties van bedrijven,
3. planjaargemiddelde concentraties van bedrijven,
4. langjarige bedrijfsgemiddelde concentraties,
5. jaargemiddelden over alle bedrijven.

De ronde-, planjaar-, en bedrijfsgemiddelden van de draindebieten en de indexen zijn op dezelfde wijze berekend als de gemiddelden van de nitraatconcentraties.

De statistische analyses zijn uitgevoerd met Genstat, versie 8.2. Voor aggregatieniveau 1, 2 en 3 is gerekend met de "REML" procedure, op niveau 4 en 5 met gewone regressie-analyse.

Op aggregatieniveau 1 is onderzocht hoe:

- a. gemiddeld genomen het draindebiet, de index, het dagnummer en de drainhoogte effect hebben (fixed effects) op de nitraatconcentratie. Per drain kunnen de effecten toevallig verschillen (random effect). Tussen de gemiddelde concentraties in drainwater en het effect van de index op de nitraatconcentratie van de drain is een correlatie verondersteld. Indien de gemiddelde concentratie van een drain gelijk is aan nul, dan zal de index geen invloed hebben op de concentratie. Het model houdt hier dan rekening mee.
- b. idem a. maar met bedrijfscategorie als additioneel effect.

Op aggregatieniveau 2 is onderzocht hoe

- a. gemiddeld genomen het rondegemiddelde draindebiet, index, dagnummer en drainhoogte effect hebben op de rondegemiddelde nitraatconcentratie. Verschillen van dit effect tussen bedrijven zijn gemodelleerd als toevallig, waarbij een correlatie bestaat tussen de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie en het effect van de rondegemiddelde index per bedrijf.
- b. Idem a. maar met bedrijfscategorie als additioneel fixed effect en zonder de correlatie (geen convergentie door rekenprocedure).

Aggregatieniveau 3 is op dezelfde manier onderzocht als niveau 2, met het verschil dat met planjaar gemiddelden is gerekend. Ook indien bedrijfscategorie als fixed effect is beschouwd, is een correlatie tussen bedrijf en index gemodelleerd.

Op aggregatieniveau 4 worden bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties gerelateerd aan bedrijfsgemiddelde debieten en indexen. Hier worden geen extra toevallige effecten gemodelleerd.

Op aggregatieniveau 5 worden jaargemiddelde nitraatconcentraties over alle bedrijven gerelateerd aan de jaargemiddelde index, drainebiet, dagnummer en drainhoogte. Op dit aggregatieniveau zijn deze verklarende variabelen sterk aan elkaar gecorreleerd. Daarom zijn op dit niveau alleen de verklarende variabelen meegenomen, die het model met de meeste verklaarde variantie opleveren. De jaargemiddelden zijn op aggregatieniveau 5 gewogen voor het aantal bedrijven dat is bemeten. Dit betekent bijvoorbeeld dat 1996 met slechts 6 bemeten bedrijven minder invloed heeft op het regressiemodel.

B.7.3 Resultaten

De resultaten van de analyses zijn opgenomen in Tabel 1. De resultaten worden weergegevens als het geschatte effect van het de index, het drainebiet, de drainhoogte en het dagnummer met bijbehorende standaardfout. De residue-verdelingen van niveau 1 en 2 zijn overigens niet-gaussisch en daarom kan de standaardfout niet geïnterpreteerd worden met behulp van de Gaussische verdeling. De standaardfouten zijn echter zo klein dat dit niet relevant is. De modellen op aggregatieniveau 1, 2 en 3 onderschatten nitraatconcentraties boven de 120 mg/l. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat de index nog een additioneel kwadratisch effect heeft op de nitraatconcentratie. Voor het onderzoek naar beleidseffecten moet hiermee rekening worden gehouden. Voor dit onderzoek is de systematische afwijking bij hoge nitraatconcentraties als niet belangrijk beschouwd.

B.7.4 Interpretatie

Bij de interpretatie van Tabel 1 moet rekening gehouden worden met de variatie van de meetwaarden. Het maximale verschil in dagnummer bedraagt bijvoorbeeld 0,5 jaar (verschil van een half jaar tussen begin en eind van het drainage seizoen). Bij individuele drains is het gemiddelde dagnummereffect 18 (Tabel 1). Bij de maximale toename in seizoen tussen metingen van 0,5 jaar is het gemiddelde verschil in nitraatconcentratie 9 mg/l. Verschillen in drainhoogte bedragen over het algemeen niet meer dan 0,4 meter (effect 6,4 mg/l), verschillen in debieten niet meer dan 0,1 l/s (effect 8 mg/l). Voor informatie over de spreiding van de meetwaarden, zie hoofdstuk 3 van dit rapport.

In Tabel 1 is bijvoorbeeld af te lezen dat het effect van de index op de nitraatconcentratie in individuele drains voor alle bedrijven geschat is op 24 is met een standaarddeviatie van 1,2. Dit betekent dat bij een stijging van de index van 1, de nitraatconcentraties gemiddeld 24 mg/l stijgen. De nitraatconcentratie neemt toe met 80 mg/l indien het debiet toeneemt met 1 l/s. Indien het slootpeil 1 meter lager ligt ten opzichte van de drain neemt de nitraatconcentratie gemiddeld toe met 16 mg/l. Later in het planjaar (voorjaar) worden hogere nitraatconcentraties gevonden.

De effecten van debiet, drainhoogte en seizoen zijn verschillend per categorie. Vooral de categorie “melkvee, rivierklei” wijkt af van de overige categorieën. Soms is een effect significant voor alle gegevens, maar is het effect niet consistent over de verschillende categorieën. Het effect van verschillen in drainhoogte op de nitraatconcentraties in individuele drains is bijvoorbeeld significant in de categorie akkerbouw op zeeklei. In alle andere categorieën wordt echter geen significant effect gevonden.

Tabel 1: Geschatte effecten van de index, het drainebiet, de drainhoogte en het dagnummer op vijf verschillende niveaus. Significante relaties (t -waarde > 3) zijn rood ingekleurd

	Individuele drains (niveau 1)		Bedrijfs- rondegemiddelden (niveau 2)		Bedrijfs- jaargemiddelden (niveau 3)		Langjarige bedrijfs- gemiddelden (niveau 4)		Jaargemiddelden alle bedrijven (niveau 5)	
	effect	st.dev.	effect	st.dev.	effect	st.dev.	effect	st.dev.	effect	st.dev.
Index alle bedrijven	24	1	27	4	32	5	25	6	33	8,2
Index AZ*	20	2	18	5	17	6	27	11	36	6,6
Index MR*	27	4	17	10	40	13	37	45		
Index MZ*	30	2	39	5	46	6	39	19	45	7,1
Index OZ*	16	7	30	16	39	22	55	104		
Debiet alle bedrijven	80	8	195	37	164	70	326	192		
Debiet AZ*	76	10	164	35	233	96	76	393	2372	1062
Debiet MR*	374	45	855	140	1353	584	4983	1843		
Debiet MZ*	52	11	78	26	56	95	480	285		
Debiet OZ*	83	30	169	143	-389	745	-40	3864		
D-hoogte alle bedrijven	16	3	29	16	64	25	90	30		
D-hoogte AZ*	25	5	23	21	63	33	115	52	13	4,4
D-hoogteMR*	-9	25	112	70	-185	128	-48	50		
D-hoogteMZ*	-1	7	8	26	47	40	61	73		
D-hoogte OZ*	-1	9	41	64	130	153	134	278		
Dagnummer alle bedrijven	18	3	24	7						
Seizoen AZ*	24	4	30	10						
Seizoen MR*	-38	9	-37	21						
Seizoen MZ*	23	4	27	10						
Seizoen OZ*	12	12	7	31						

AZ= akkerbouw zeeklei

MR= melkvee rivierklei

MZ= melkvee zeeklei

OZ= overig zeeklei

Naarmate meer gemiddeld wordt nemen de geschatte effecten toe, maar ook hun onzekerheid. Bovendien neemt de variatie in de verklarende variabelen af naarmate er meer gemiddeld wordt. Dit geldt vooral voor de variabelen die per drain of binnen een drainageseizoen verschillen vertonen (zoals drainebiet, drainhoogte en dagnummer). De index vertoont meer variatie tussen de drainageseizoenen dan binnen een drainageseizoen en per drain. Het effect van de index op de nitraatconcentratie verandert hierdoor het minste en blijft het meest significant bij aggregatie naar hogere niveaus.

Op het hoogste aggregatieniveau is de index de meest significante verklarende parameter. De variatie in de jaargemiddelden over alle bedrijven wordt voor 76% verklaard door de variatie in de index. De index is sterk gecorreleerd aan het dagnummer op dit aggregatieniveau (correlatiefactor van 0,7). Indien de drains laat beginnen te lopen na een droog jaar, wordt er tevens later in het drainageseizoen bemonsterd. Het droge jaar zorgt dan voor zowel een hoge index als voor latere bemonsteringen. Een model met het dagnummer als verklarende variabele levert echter slechts een verklaarde variantie van 36% op. De index, die de invloed van het neerslagoverschot weergeeft, lijkt de duidelijkste verklarende variabele.

Bijlage 8

Relatie tussen gemeten concentraties enerzijds en index, debiet, drainhoogte en dagnummer anderzijds

B.8.1 Inleiding

De verwachting is dat nitraat de beste parameter (indicator) is voor onderzoek naar de relatie tussen de bedrijfsvoering en de drainwaterkwaliteit. Nitraat komt namelijk uitsluitend in het jongere water voor. In ouder grondwater is door denitrificatie geen nitraat meer aanwezig. Hierdoor zullen de verklarende variabelen index, het draindebiet, de drainhoogte en het dagnummer positieve relaties vertonen met de nitraatconcentraties (zie ook de inleiding van dit rapport).

Voor de andere nutriënten geldt dat de verschillen tussen jonger en ouder water minder groot zullen zijn dan bij nitraat. De relaties tussen deze stoffen en de index, het draindebiet, de drainhoogte en het dagnummer zullen dan ook minder significant zijn. Stoffen die voornamelijk in kwelwater voorkomen zullen juist voornamelijk in het oudere water voorkomen. In dat geval zullen deze stoffen negatieve relaties vertonen met het draindebiet, de drainhoogte en het dagnummer. Het zal voor deze stoffen moeilijker zijn om de bijdrage vanuit het mestoverschot aan de drainwaterkwaliteit te onderscheiden van het vrijkomen van nutriënten die van nature in de ondergrond aanwezig zijn. Daardoor zal de relatie tussen de bedrijfsvoering en de drainwaterkwaliteit voor deze stoffen minder duidelijk zijn dan voor nitraat.

Om te onderzoeken of de hierboven beschreven verwachting klopt is de relatie onderzocht tussen de verschillende stoffen en de index, het draindebiet, de drainhoogte en het dagnummer. Dit is gedaan op het niveau van rondegemiddelden per bedrijf en planjaargemiddelden per bedrijf. Hierbij is gekeken naar nitraat, kjehldahl-N, ammonium, ortho-fosfaat, totaal-fosfaat, kalium, chloride en DOC. Op het niveau van rondegemiddelden zijn tevens de effecten op sulfaat, calcium en magnesium onderzocht.

Bij de relaties tussen index en de stofconcentraties moet worden vermeld dat de index vooral gericht is op de verklaring van nitraatconcentraties in drainagewater. Bij de berekening van de index is gekozen voor het model dat voor nitraat de beste resultaten opleverde (zie bijlage 1).

B.8.2 Werkwijze

De werkwijze is gelijk aan de in Bijlage 7 toegepaste werkwijze bij de niveaus 2 (rondegemiddelden per bedrijf) en 3 (bedrijfs-gemiddelden per planjaar). De analyse is zowel uitgevoerd voor getransformeerde als voor niet-getransformeerde stofconcentraties. Door de concentraties te transformeren krijgen uitschieters en extreme waarden minder effect op de relaties. De geschatte effecten zijn gedeeld door hun standaardfouten. Dit quotiënt is afgerond (-3,9 wordt -3 en 3,9 wordt 3) en wordt in onderstaande tabellen weergegeven. Een waarde van 3 of meer (positief effect) of kleiner dan -3 (negatief effect) wordt significant beschouwd.

B.8.3 Resultaten

Tabel 1 geeft de resultaten op het niveau van rondegemiddelden per bedrijf. Tabel 2 geeft de resultaten op hetzelfde niveau, maar dan voor getransformeerde stofconcentraties. In Tabel 3 en 4 worden de resultaten voor de niet-getransformeerde en de getransformeerde stofconcentraties gegeven voor het niveau van bedrijfsgegevens per planjaar. Significante relaties (t -waarde ≥ 3 of ≤ -3) zijn rood ingekleurd.

Tabel 1: Significantie van de effecten op stofconcentraties op het niveau rondegemiddelden per bedrijf van index (I), draindebiet (D), dagnummer (S) en drainhoogte (H) in de verschillende bedrijfscategorieën

	Akk. Zeeklei				Veeh. zeeklei				Ov. zeeklei				Veeh. Rivklei			
	I	D	S	H	I	D	S	H	I	D	S	H	I	D	S	H
Nitraat	3	4	3	1	8	3	2	0	2	1	0	0	1	6	-1	1
Sulfaat	2	-6	-4	0	4	-9	0	-1	0	-2	0	0	1	0	-1	0
Chloride	2	-6	-1	0	1	-3	3	-1	0	0	0	0	1	0	0	0
Kjehldahl	0	-2	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0
Ammonium	0	-5	0	-1	-2	-2	1	0	-1	-2	-1	0	-1	-2	0	0
Kalium	3	-6	-2	0	2	-7	2	1	0	0	-1	0	4	0	0	0
DOC	0	0	-1	0	0	1	-3	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
oP	0	0	-1	0	0	1	-3	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
tP	-1	0	0	0	-4	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	1
Calcium	3	-6	-5	0	4	-5	0	0	0	-1	-1	0	1	0	-1	0
Magnesium	3	-7	-2	0	3	-6	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0

Tabel 2: Significantie van de effecten op getransformeerde stofconcentraties op het niveau rondegemiddelden per bedrijf van index (I), draindebiet (D), dagnummer (S) en drainhoogte (H) in de verschillende bedrijfscategorieën

	Akk. Zeeklei				Veeh. zeeklei				Ov. zeeklei				Veeh. Rivklei			
	I	D	S	H	I	D	S	H	I	D	S	H	I	D	S	H
Nitraat	4	4	2	1	10	3	2	1	1	2	0	0	3	5	-2	1
Sulfaat	3	-5	-4	0	5	-6	0	0	0	-1	0	0	1	1	-3	0
Chloride	2	-8	-1	0	3	-6	1	0	0	-1	0	0	1	0	-1	1
Kjehldahl	0	-1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonium	-2	-5	0	-3	-6	-1	0	0	0	-1	0	0	-1	-2	1	0
Kalium	1	-6	-2	-1	2	-7	1	0	0	-1	-1	0	1	0	0	0
DOC	1	0	-2	0	1	0	-2	-1	0	0	0	1	-1	0	1	-1
oP	1	0	-2	0	1	0	-2	-1	0	0	0	1	-1	0	1	-1
tP	-1	0	0	0	-4	0	0	0	-1	-1	0	0	0	1	0	2
Calcium	3	-5	-5	0	5	-5	0	0	0	-2	-1	0	2	-1	-2	0
Magnesium	2	-9	-2	0	3	-5	1	0	0	-3	-1	0	1	0	0	0

Tabel 3: Significantie van de effecten op stofconcentraties op het niveau van planjaargemiddelden per bedrijf van index (I), draindebiet (D) en drainhoogte (H) in de verschillende bedrijfscategorieën

	Akk. Zeeklei			Veeh. zeeklei			Ov. zeeklei			Veeh. Rivklei		
	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H
Nitraat	4	2	1	8	0	0	1	0	0	4	3	-1
Chloride	3	-1	1	2	0	0	0	2	-2	0	0	0
Kjehldahl	0	0	0	1	0	1	0	0	0	-1	1	0
Ammonium	0	0	0	-1	0	1	0	1	-2	0	0	0
Kalium	3	-3	0	3	-2	0	0	0	0	0	0	0
DOC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
oP	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
tP	-1	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	-1	1

Tabel 4: Significantie van de effecten op getransformeerde stofconcentraties op het niveau van planjaargemiddelden per bedrijf van index (I), draindebiet (D) en drainhoogte (H) in de verschillende bedrijfscategorieën

	Akk. Zeeklei			Veeh. zeeklei			Ov. zeeklei			Veeh. Rivklei		
	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H
Nitraat	4	1	2	8	1	1	0	0	0	4	1	0
Chloride	3	-4	0	3	-2	0	0	0	-1	3	-2	2
Kjehldahl	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Ammonium	-1	-3	-2	-4	0	0	0	0	-1	-1	0	1
Kalium	2	-4	0	2	-3	0	1	0	0	-2	0	0
DOC	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0
oP	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	-2	1	0
tP	-1	0	1	-5	1	0	0	0	0	-1	-1	3

In de tabellen is te zien dat de relatie tussen nitraat en de index op de 2 aggregatieniveaus en per categorie het meest consistent is. Het draindebiet heeft op het niveau van rondagemiddelden per bedrijf op verschillende stoffen significante effecten. Nitraat vertoont een positieve relatie met het debiet op rondenniveau. De andere stoffen (sulfaat, chloride, ammonium, kalium, calcium en magnesium) vertonen juist significante negatieve relaties met het draindebiet. Bij oP en tP ontbreekt de negatieve relatie met debiet. Voor ammonium en tP worden negatieve relaties met de index gevonden.

Iets minder duidelijk zijn de relaties tussen het dagnummer en de verschillende stoffen op het niveau van rondagemiddelden per bedrijf. Ook hier valt echter op dat de nitraatconcentraties toenemen naarmate het dagnummer vordert, met uitzondering van rivierklei, terwijl de concentraties van andere stoffen afnemen.

De relaties tussen drainhoogte en de verschillende stofconcentraties zijn over het algemeen niet significant. In Bijlage 7 is te zien dat deze relatie op het niveau van individuele drains voor nitraat wel significant is bij de bedrijfscategorie akkerbouw op zeeklei. Door de middeling bij de aggregatie naar het niveau van rondagemiddelden en planjaar gemiddelden per bedrijf komt dit verband echter niet meer duidelijk terug.

B.8.4 Interpretatie

Bij de interpretatie van de tabellen moet rekening worden gehouden met het kleine aantal bedrijven in de categorie overige bedrijven op zeeklei en melkvee op rivierklei. De effecten zijn hierdoor minder vaak significant in deze categorieën.

De positieve relatie tussen debiet en nitraat en de negatieve relatie tussen debiet en de overige gemeten concentraties is een aanwijzing dat nitraat in drainwater voornamelijk afkomstig is vanuit jonger grondwater en dat de andere stoffen voornamelijk worden beïnvloed door ouder grondwater. Ook de positieve relatie tussen de nitraatconcentratie en het dagnummer geeft aan dat het nitraat in het drainwater voornamelijk in jonger grondwater voorkomt, terwijl andere stoffen juist meer in ouder grondwater voorkomen. Het oudere water in de bodem wordt immers in de loop van het drainageseizoen steeds meer vervangen door jonger water.

Sulfaat, calcium en magnesium hebben een positieve relatie met de index terwijl voor tP en NH₄ bij akkerbouw op zeeklei negatieve relaties aanwezig zijn. Na een droog jaar komt minder NH₄ en tP voor in het drainwater. Een mogelijkheid is dat meer NH₄ en het organische deel van tP door lagere grondwaterstanden tijdens de droge jaren zijn omgezet (geoxideerd tot) in respectievelijk NO₃ en oP. De verwachting is dat oP beter aan de bodem bindt dan tP en daarom niet als verhoogde concentratie is terug te vinden. Door de lagere

grondwaterstand is ook meer sulfide geoxideerd waardoor sulfaat, calcium en magnesium is verhoogd.

Bijlage 9

Variantiebronnen

Indien de nitraatconcentraties van drainmonsters op een bedrijf tijdens een ronde weinig variëren dan kan met weinig monsters een betrouwbaar bedrijfsgemiddelde per ronde worden berekend. Ook indien bedrijfsgemiddelden tijdens een planjaar weinig variëren dan zijn hoeven maar weinig bedrijven bezocht te worden om een betrouwbaar planjaargemiddelde te schatten.

Om inzicht te krijgen in de bronnen van variantie van de nitraatconcentraties zijn de varianties op verschillende niveaus vastgesteld. Hierbij is de REML procedure (Genstat 8.2) gebruikt. Tabel 1 geeft deze varianties en de standaardafwijkingen voor de varianties. Er zijn drie soorten varianties onderscheiden, namelijk een ruimtelijke, een temporele en hun interactie. De laatste soort is de ruimtelijke variantie die temporeel varieert of de temporele variantie die ruimtelijk varieert, ofwel de variantie die én ruimtelijk én temporeel is. Deze is berekend als rest variantie.

Tabel 1: Berekende varianties van gemeten nitraatconcentraties

	Variantie	Standaardafwijking
Tussen bedrijven	482	91
Tussen drains van een bedrijf	436	274
Tussen planjaren	581	372
Tussen ronden per planjaar	15	8
Interactie bedrijf, planjaar, ronde, drain	1477	20

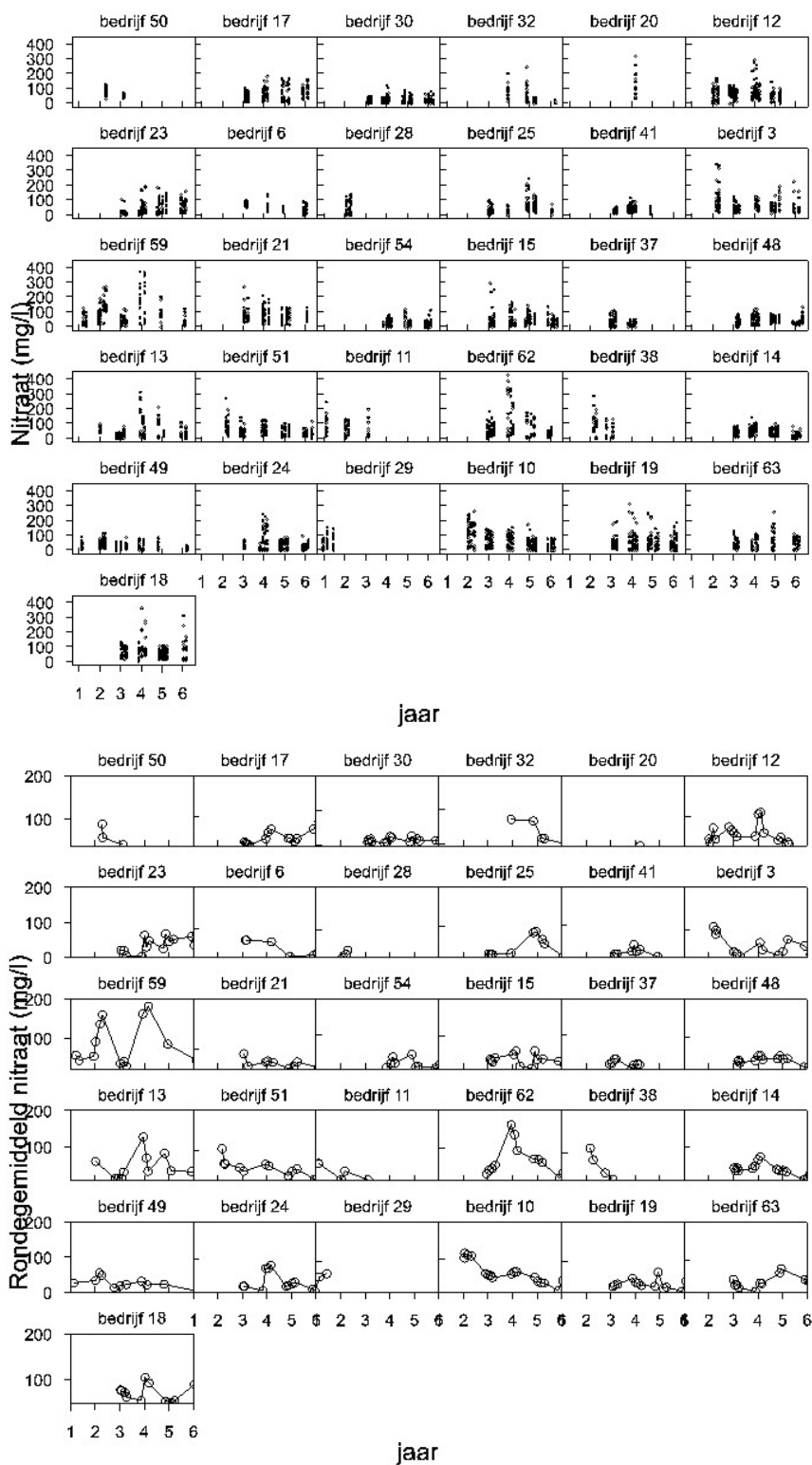
Volgens Tabel 1 is de variantie van langjaarlijkse bedrijfsgemiddelde (482) ongeveer even groot als de variantie van langjarige draingemiddelden op een bedrijf (436). De onzekerheid van deze laatste is groot. De variantie tussen ronden per planjaar is duidelijk klein (15). De rest-variantie is duidelijk het grootst (1477).

De trellisplots (Figuur 1 en Figuur 2) laten ook zien dat de variatie in de nitraatconcentraties in de individuele monsters groter is dan de variatie in rondegemiddelde nitraatconcentraties in een planjaar.

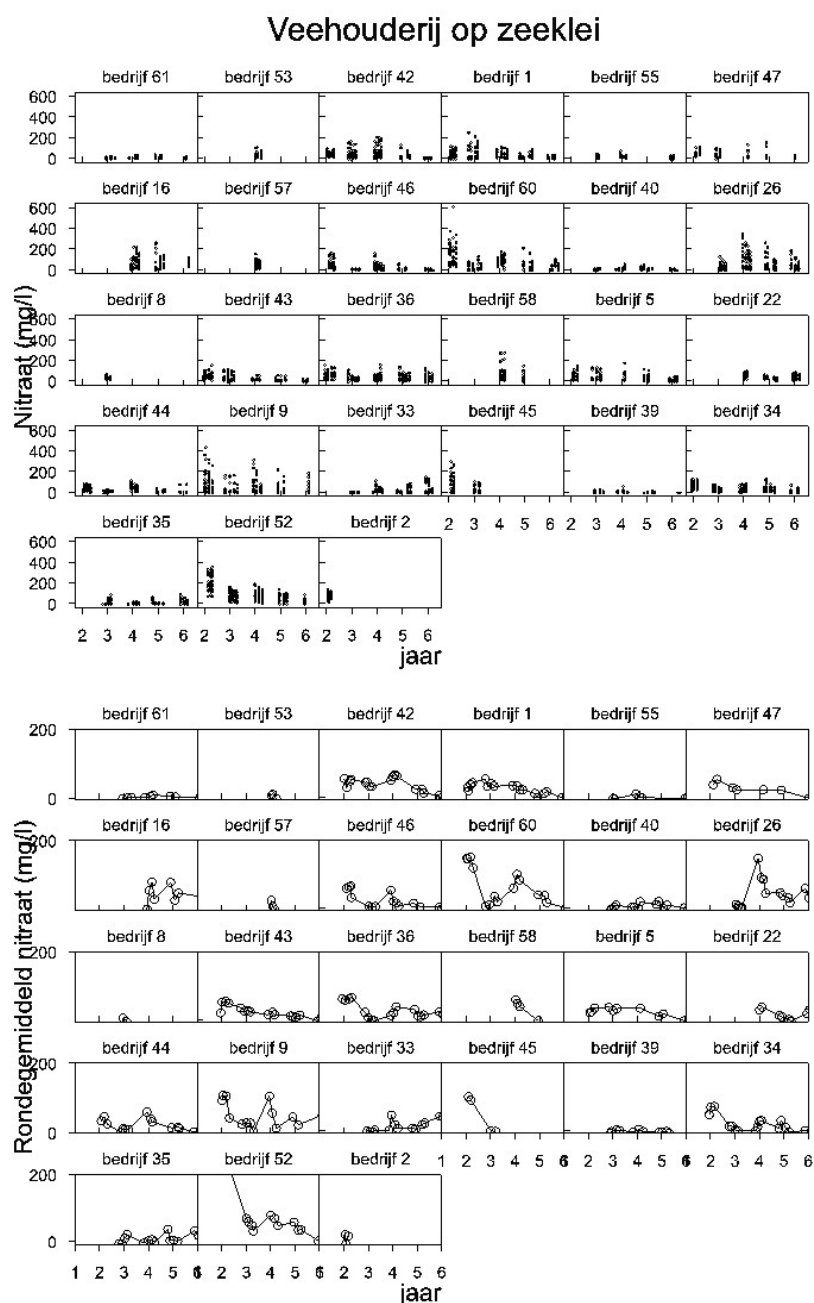
Deze resultaten geven een indicatie dat het efficiënt kan zijn om meer monsters per ronde en bedrijf te nemen ten opzichte van het aantal ronden per bedrijf en planjaar. Deze tactiek wordt momenteel al gevolgd. Per planjaar zijn er 2-4 ronden met ieder 16 monsters gepland.

De variantie van bedrijfsgemiddelden is overigens een functie van de gemiddelde nitraatconcentratie. Hoe hoger de gemiddelde concentraties, des te hoger de variantie van deze gemiddelden. Als de gemiddelde nitraatconcentratie gelijk is aan nul zal de variantie ook nul zijn.

Akkerbouw op zeeklei



Figuur 1: Trellisplots van de gemeten nitraatconcentraties (mg/l als NO_3) per drain (boven) en van de rondgemiddelde nitraatconcentraties voor alle bedrijven in de categorie akkerbouw op zeeklei



Figuur 2: Trellisplots van de gemeten nitraatconcentraties (mg/l als NO_3) per drain (boven) en van de rondegemiddelde nitraatconcentraties voor alle bedrijven in de categorie akkerbouw op zeeklei

Bijlage 10

Schatting van het aantal benodigde bedrijven om een afname in de nitraatconcentratie te kunnen vaststellen

B.10.1 Inleiding

In deze analyse wordt aan de hand van de meetresultaten het aantal bedrijven geschat dat nodig is om een daling van de nitraatconcentratie met 80% kans te kunnen detecteren. Dit is op twee manieren gedaan. In deze bijlage worden de werkwijze en de resultaten van deze beide methoden beschreven.

In het LMM zijn jaarlijks op ongeveer 50 bedrijven in 2 á 4 bemonsteringsronden 16 drains per ronde bemonsterd. Per bedrijf worden daarom per planjaar ongeveer 48-64 drainwaternitraatconcentraties gemeten. Hierbij is ernaar gestreefd om elke ronde dezelfde drains te bemonsteren. Tabel 1 geeft per planjaar het aantal bedrijven, het aantal drainwaterbemonsteringen en de gemiddelde nitraatconcentratie die bij deze bemonsteringen is gemeten. Uit Tabel 1 wordt herleid dat we afname willen detecteren indien de gemiddelde nitraatconcentratie is afgenomen van 50 mg/l naar 40 mg/l (20%) door beleidseffecten.

Tabel.1: Aantal bemeten bedrijven, aantal drainwaterbemonsteringen en gemiddelde gemeten nitraatconcentraties (mg/l als NO₃) per planjaar

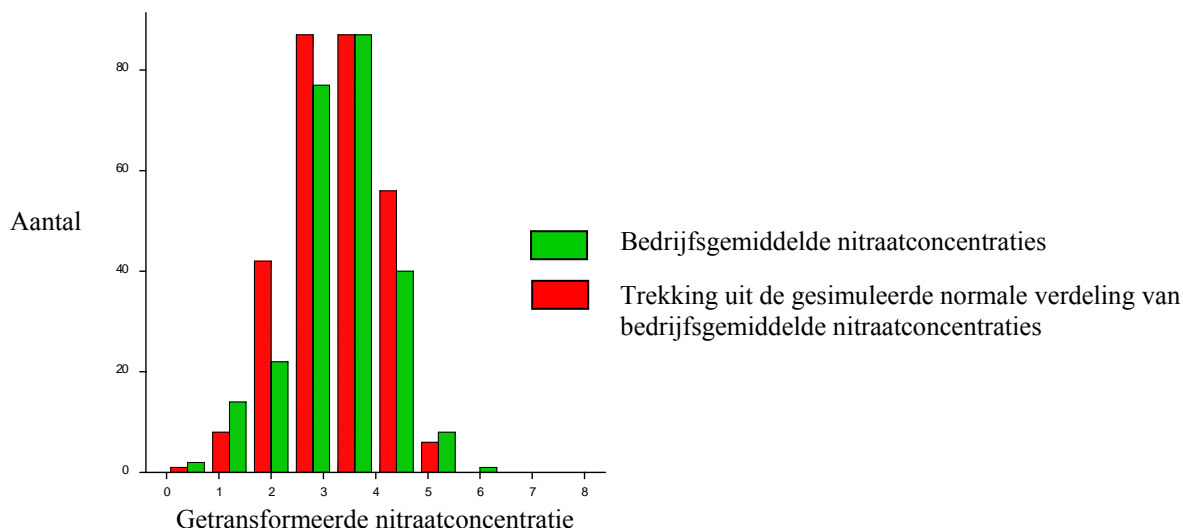
Planjaar	Aantal bemeten bedrijven	Aantal drainwaterbemonsteringen	Gemiddelde nitraatconcentratie
1996	6	186	74
1997	27	1334	76
1998	54	2727	30
1999	59	2799	49
2000	55	2549	33
2001	50	1937	25

B.10.2 Methode 1

Bij de eerste methoden worden twee verdelingen gemaakt waarvan het gemiddelde 20% verschilt en waarvan de variantie overeenkomt met de waargenomen variantie. Een toekomstige bemonstering wordt gesimuleerd door uit beide verdelingen waarnemingen aselekt te trekken en vervolgens te toetsen of er een verschil is.

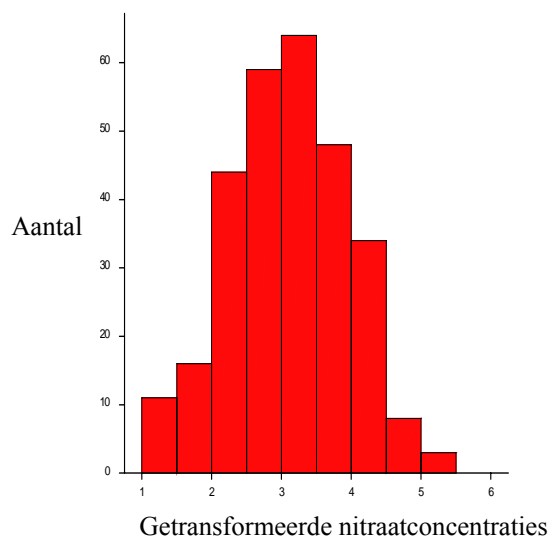
B.10.2.1 Werkwijze

De bedrijfsgemiddelde concentraties per planjaar zijn getransformeerd zodat het resultaat op een Gaussische verdeling lijkt. De getransformeerde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties zijn weergegeven als groene balken in Figuur 1. Met het gemiddelde en de variantie van de getransformeerde nitraatconcentraties is een Gaussische verdeling gemaakt. Om de vergelijking met de getransformeerde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties mogelijk te maken zijn uit deze populatie evenveel trekkingen gedaan als er bedrijfsgemiddelden zijn. Het resultaat van deze trekking is in Figuur 1 weergegeven in rode balken.



Figuur 1: Staafdiagram van de getransformeerde bedrijfsgegevens en de trekking uit een gesimuleerde normale verdeling van bedrijfsgegevens

Tevens is een Gaussische verdeling gemaakt met een 20% lager gemiddelde en een lagere variantie. Om te onderzoeken in hoeverre de variantie afneemt met een afname van het gemiddelde met 20% is eerst de relatie tussen de variantie en gemiddelde onderzocht. Dit is gedaan door per jaar en categorie de variantie en het bedrijfsgemiddelde te berekenen. Uit de relatie tussen de variantie en het bedrijfsgemiddelde is bepaald welke variantie bij een 20% lager gemiddelde hoort. Vervolgens met deze variantie en het 20% lagere gemiddelde een Gaussische verdeling gemaakt. Een frequentiediagram van trekkingen uit deze tweede Gaussische verdeling is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Gesimuleerde normale verdeling van bedrijfsgegevens met een 20% lager gemiddelde en een lagere variantie

Er zijn nu 2 dus Gaussische verdelingen gemaakt. De eerste verdeling (Figuur 1) is gebaseerd op bedrijfsgegevens die in het MKBGL-klei zijn gemeten. De tweede verdeling (Figuur 2) is ook op deze nitraatconcentraties gebaseerd, maar heeft een 20% lager gemiddelde en een lagere variantie. Met deze twee verdelingen zijn toekomstige bemonsteringen gesimuleerd. Er zijn 1000 maal respectievelijk 20, 40, 60, ..., 200 bedrijfsgegevens getrokken of bemonsteringen gesimuleerd. Vervolgens is steeds

eenzijdig getoetst ($P < 0,05$; $t > 1,66$) of de tweede verdeling een lager gemiddelde heeft. Het percentage van de 1000 gesimuleerde bemonsteringen waarbij een significant verschil is gevonden wordt geïnterpreteerd als de minimale kans dat een verschil wordt ontdekt indien de gemiddelde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie met 20% of meer is afgenomen.

B.10.2.2 Resultaten

De resultaten van de hierboven beschreven berekeningen zijn weergegeven in Tabel 2. In deze tabel is te zien dat met 20 bedrijven er een kans is van 25% dat het verschil tussen de populaties wordt aangetoond. Naarmate er meer bedrijven worden bemeten neemt de kans op detectie van het verschil toe. Het aantal bedrijven in het MKBGL-klei ligt tussen de 50 en 60, de opstartjaren 1996 en 1997 uitgezonderd (zie ook Tabel 1). In Tabel 2 is te zien dat de kans dat een verschil in de gemiddelde bedrijfsgemiddelde concentraties significant kan worden aangetoond dan rond de 40% zal zijn.

Tabel 2: Kans dat een verschil in gemiddelde bedrijfsgemiddelde concentratie wordt aangetoond indien het verschil 20% bedraagt en met 95% wordt getoetst, in relatie met het aantal verschillende bedrijven dat voor en na de afname wordt bemeten

Aantal bedrijven	Kans dat verschil tussen populaties van 20% met 95% zekerheid wordt aangetoond
20 x 2	25 %
40 x 2	32 %
60 x 2	43 %
80 x 2	54 %
100 x 2	57 %
120 x 2	65 %
140 x 2	72 %
160 x 2	79 %
180 x 2	81 %
200 x 2	85 %

B.10.3 Methode 2

Bij deze methode wordt rekening gehouden met het feit dat de afname op een bedrijf zal samenhangen met de hoogte van de concentratie. We verwachten bijvoorbeeld dat grote afnames vooral optreden bij bedrijven met hoge concentraties. Bij deze methode wordt er een Gaussische verdeling van verschillen gemaakt met behulp van de gevonden verschillen in gemiddelde nitraatconcentratie per bedrijf tussen jaren. Vervolgens is de bemonstering gesimuleerd door uit deze verdeling te trekken en te onderzoeken of het gemiddelde van nul verschilt.

B.10.3.1 Werkwijze

Allereerst worden verschillen berekend tussen opeenvolgende planjaren van de bedrijven. Het jaar 1996 is niet meegenomen omdat toen slechts 6 bedrijven zijn bemonsterd (zie Tabel 1). In Tabel 3 wordt in de eerste kolom aangegeven tussen welke jaren de verschillen zijn berekend. Vervolgens staat in de tweede kolom het aantal bedrijven dat in de beide jaren in de eerste kolom is bemeten. In de kolom hiernaast wordt de gemiddelde concentratie over de twee jaren gegeven. Het gemiddelde van de berekende verschillen en de variantie van deze gemiddelden staan in de vierde en vijfde kolom.

De gegevens in Tabel 3 worden gebruikt om een gemiddelde variantie te schatten van de verschillen tussen jaren bij een gemiddelde concentratie van ongeveer 50 mg/l. Deze variantie is geschat op 800. Op basis hiervan is een Gaussische verdeling gemaakt van de

verschillen met een gemiddelde waarde van 10 en een variantie van 800. Hieruit zijn 1000 maal respectievelijk 20, 40, 60,...,100 verschillen getrokken. Er wordt derhalve bij verschillende bedrijven aantallen 1000 maal een bemonstering gesimuleerd. Vervolgens is per gesimuleerde bemonstering eenzijdig getoetst (95% betrouwbaarheid) of het gemiddelde van de verschillen kleiner is dan nul. Het percentage gesimuleerde bemonsteringen waarbij dit het geval is wordt geïnterpreteerd als de kans dat een afname van 10 mg/l met 95% betrouwbaarheid kan worden vastgesteld.

Tabel 3: Bepaling van de gemiddelde verschillen tussen jaren en de varianties in deze gemiddelde verschillen

Jaren	Aantal bedrijven	Gemiddelde concentratie	Gemiddelde verschil tussen jaren	Variantie v/h gemiddelde verschil tussen jaren
1997-1998	24	56	43	1401
1998-1999	47	41	43	780
1999-2000	53	43	17	508
2000-2001	48	30	7,2	302
1997-1999	20	66	19	1579
1998-2000	46	33	-2,4	359
1999-2001	48	38	23	826
1997-2000	20	55	42	1269
1998-2001	43	28	3,2	392
1997-2001	18	49	55	1616

B.10.3.2 Resultaten

De resultaten van de hierboven beschreven berekeningen zijn weergegeven in Tabel 4. Uit deze tabel is af te lezen dat als er 20 dezelfde bedrijven in de beide te vergelijken perioden worden bemeten, er een kans is van 47% dat een verschil in concentratie significant kan worden aangetoond indien dit verschil 20% (10 mg/l) bedraagt. De kans dat het verschil tussen perioden wordt aangetoond wordt groter naarmate het aantal bedrijven dat in beide perioden wordt bemeten toeneemt. Het aantal bedrijven in het MKBGL-klei ligt tussen de 50 en 60, de opstartjaren 1996 en 1997 uitgezonderd (zie ook Tabel 1). Gedurende de meetperiode zijn er echter bedrijven vervangen. Hierdoor is het aantal bedrijven dat in twee te vergelijken planjaren wordt bemeten lager. In Tabel 3 is te zien dat dit aantal in de periode 1998-2001 bij twee opeenvolgende jaren varieert van 47-53. De kans dat een afname van 10 mg/l kan worden aangetoond is dan ongeveer 78,5 %.

Tabel 4: Kans dat een verschil in gemiddelde bedrijfsgemiddelde concentratie wordt aangetoond indien het verschil 20% bedraagt en met 95% wordt getoetst, in relatie met het aantal dezelfde bedrijven dat voor en na de afname wordt bemeten

Aantal bedrijven	Kans op aantonen van een verschil
20	47 %
40	71 %
60	86 %
80	91 %
100	96 %

B.10.3.3 Interpretatie

Indien in de periode na de afname dezelfde bedrijven worden bemonsterd als in de periode voor de afname dan moeten 50 bedrijven twee planjaren worden bemonsterd om met 80% kans een afname te detecteren, mits er een relevante afname is geweest. Indien verschillende bedrijven worden bemonsterd in beide perioden, dan moeten 320 bedrijven (160 voor de afnamen en 160 na de afname) een planjaar worden bemonsterd. In werkelijkheid zal een deel van de bedrijven vervangen worden. Het aantal bedrijven dat in de periode voor de afname bemonsterd moet worden om 80% kans te hebben dat een relevante daling wordt gedetecteerd ligt daarom tussen de 50 en 160. Het effect, dat een bedrijf meerdere planjaren wordt bemonsterd in de periode voor de afname, op het benodigde aantal bedrijven is niet onderzocht. De verwachting is dat dit, bij de gevolgde rekenmethode, niet leidt tot een duidelijk betere trenddetectie, want het bedrijfsgemiddelde wordt niet veel beter geschat door het aantal bemonsteringen per bedrijf uit te breiden. Het is wel belangrijk dat in de periode voor en na de afname gedurende meerdere planjaren wordt gemeten om de natuurlijke effecten op de nitraatconcentraties te schatten. Indien slechts één planjaar wordt gemonitord in beide perioden, dan is de kans groot dat beleidseffecten en natuurlijke effecten niet afzonderlijk geschat kunnen worden. Er is bij het schatten van varianties geen rekening gehouden met deze natuurlijke effecten waardoor varianties en het aantal benodigde bedrijven overschat kunnen zijn. Gezien de onnauwkeurigheid waarmee varianties geschat zijn lijkt dit niet relevant. Ook kunnen natuurlijke effecten en beleidseffecten gecorreleerd zijn waardoor het beleidseffect minder nauwkeurig geschat wordt. Indien gedurende meerdere planjaren in beide perioden wordt gemonitord dan kunnen natuurlijke effecten geschat worden. De huidige praktijk van het MKBGL-klei voldoet hieraan. Een uitbreiding van het aantal bedrijven dat elk planjaar wordt gemonitord zal geen relevante meerwaarde opleveren. Om er voor te zorgen dat ongeveer 55 dezelfde bedrijven wordt gemonitord gedurende de periode dat een daling plaatsvindt, kan een uitbreiding wel zinnig zijn.