



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport



Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid; resultaten van monitoring op de natte gronden in de Zandregio in de periode 2004 – 2009

Landbouwpraktijk en waterkwaliteit
(Hoofdrapport)



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid;
resultaten van monitoring op de natte
gronden in de Zandregio in de periode
2004–2009**

Landbouwpraktijk en waterkwaliteit (hoofdrapport)
RIVM Rapport 2015-0055

Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

E. Buis (auteur), RIVM
A. van den Ham (auteur), LEI
C.H.G. Daatselaar (auteur), LEI
B. Fraters (auteur), RIVM

Contact:
Eke Buis
Centrum voor Milieukwaliteit
eke.buis@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Economische zaken (EZ) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), in het kader van Project Meetnet effecten Mestbeleid (LMM, projectnummer M/680717).



Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid; resultaten van monitoring op de natte gronden in de Zandregio in de periode 2004-2009

Landbouwpraktijk en waterkwaliteit (Hoofdrapport)

Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) volgt sinds 1992 de landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven. Doel is het in kaart brengen van de effecten van het mestbeleid. Dit gebeurt in verschillende regio's in Nederland, zo ook in de Zandregio.

Binnen het reguliere programma in de Zandregio, wordt de waterkwaliteit in de bovenste meter van het grondwater gemeten door bemonstering in de zomer. In de natte (gedraineerde) delen van de Zandregio spoelt een deel van het neerslagoverschot af naar het oppervlaktewater. Om de invloed van de landbouw op de kwaliteit van het klein oppervlaktewater (slootwater) in beeld te brengen, is een apart winterprogramma in het leven geroepen. Hierin worden, naast het ondiepe grondwater, ook het drain- en slootwater bemonsterd.

Het gebruik van stikstof is belangrijk voor de landbouw. Als stikstof echter in het milieu terecht komt, dan kan dit leiden tot milieueffecten. Het beleid is erop gericht dat te beperken. Het stikstofbodemoverschot is het deel van stikstof in mest dat landbouwgewassen niet gebruiken om te groeien en dat in het milieu terecht kan komen. Dit overschot is op melkveebedrijven het grootst (circa 200 kg/ha) en op akkerbouwbedrijven het kleinst (circa 130 kg/ha). In de periode 2004-2008 neemt het stikstofoverschot op melkveebedrijven af van circa 240 tot 180 kg/ha. Bij de akkerbouwbedrijven is geen duidelijke trend zichtbaar.

In de natte delen van de Zandregio is nitraat, net als in andere regio's, een belangrijke parameter voor de waterkwaliteit. In de beschouwde periode lag de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, gemiddeld voor alle bedrijfstypen, boven de Europese norm van 50 milligram per liter. De gemiddelde concentraties zijn het hoogst in grondwater (77 milligram per liter), gevolgd door drainwater (63 milligram per liter) en slootwater (45 milligram per liter).

Voorliggend rapport geeft een overzicht van de monitoringsresultaten op de natte gronden van de Zandregio. Het RIVM en LEI Wageningen UR hebben deze resultaten gebruikt in de voorbereiding op en bij de uitvoering van een evaluatie van dit programma, die voorzien is in 2015.

Binnen het LMM heeft het RIVM de taak de waterkwaliteit op landbouwbedrijven in kaart te brengen. De landbouwpraktijk wordt gemonitord door LEI Wageningen UR.

Kernwoorden: Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), zandgebied, gedraineerde gronden, bedrijfskarakteristieken, nitraat

Synopsis

Minerals Policy Monitoring Program; results for the drained soils in the Sand region

Agricultural practice and water quality (main report)

Since 1992, the Minerals Policy Monitoring Program (LMM) monitors the agricultural practice and water quality on agricultural farms. Its objective is evaluating the effectiveness of Dutch agricultural mineral policies. One of the regions monitored is the Sand region.

The standard monitoring program in the Sand region measures the water quality in the top one meter of the groundwater. Sampling takes place during the summer season. In the wet (drained) parts of the Sand region, the rainfall excess partly drains towards the surface water. To assess the impact of agriculture on the surface water quality, a separate winter program was initiated. In addition to the shallow groundwater, this program also monitors water quality in tile drains and ditches.

The use of nitrogen is an important aspect of agricultural practice. However, environmental impacts may arise from spreading into the surrounding environment. Mineral policies aim to minimize these impacts. The nitrogen soil surplus consists of the nitrogen in fertilizer not consumed by crops, available for leaching into the environment. This surplus is highest on dairy farms (about 200 kg/ha) and smallest on arable farms (130 kg/ha). During the period 2004-2008, the soil surplus at dairy farms decreased from 240 to 180 kg/ha. No clear trends are visible at arable farms.

In the wet parts of the Sand region, like in other soil regions, nitrate is an important parameter for assessing water quality. During the period considered, the mean nitrate concentration in the shallow groundwater, averaged over all farm types, exceeds the European standard of 50 milligrams per liter. The average concentrations are highest in groundwater (77 mg/l), followed by drain water (63 mg/l) and ditch water (45 mg/l).

The current report presents the monitoring results for the wet parts of the Sand region. The RIVM and LEI Wageningen UR have used these results in preparation of, and in executing an evaluation of this monitoring program, planned for 2015.

Within LMM, the RIVM monitors the water quality on agricultural farms, while LEI Wageningen UR focusses on agricultural practice.

Keywords: Minerals Policy Monitoring Program (LMM), sandy region, drained soils, farm characteristics, nitrogen

Voorwoord

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken (EZ) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), hebben het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en LEI Wageningen Universiteit en Research Centrum dit rapport opgesteld. LEI is verantwoordelijk voor de informatie met betrekking tot de landbouwpraktijk en het RIVM voor de milieu- en waterkwaliteitsgegevens. Het RIVM heeft tevens de rol van penvoerder.

Het voorliggende rapport geeft een overzicht van de resultaten van het programma van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) dat zich richt op die delen van de Zandregio die via drainagemiddelen worden ontwaterd (de van nature natte gronden). De hier gepresenteerde resultaten betreffen de landbouwpraktijkgegevens voor de jaren 2004-2008 en de watermetingen verricht in de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009; de eerste vijf jaar van het programma voor de natte zandgronden. Het overzicht is grotendeels al in 2010 gemaakt, maar de rapportage kon als gevolg van herprioritering van het LMM-onderzoek pas later worden afgerond. Het maken van het overzicht heeft inzicht gegeven in de aspecten die van belang zijn voor een evaluatie van het programma. Dit onderzoek is uitgevoerd juist als voorbereiding op de evaluatie van het programma voor de natte delen in de Zandregio. Het alsnog meenemen van recentere cijfers in dit overzichtsrapport zou veel extra werk betekenen en een geringe meerwaarde hebben voor de evaluatie. De recentere cijfers zullen wel worden meegenomen bij de beantwoording van de evaluatievragen die zijn voortgevloeid uit het voorliggende onderzoek.

De auteurs van dit rapport willen alle collega's van het LEI en het RIVM bedanken die elk op hun eigen wijze hun bijdrage hebben geleverd aan het tot stand komen van dit rapport. Ook bedanken wij de deelnemers voor hun medewerking aan het LMM.

Eke Buis, Aart van den Ham, Co Daatselaar en Dico Fraters
1 december 2014

Inhoudsopgave

Samenvatting — 11

1 Inleiding — 15

- 1.1 Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid — 15
- 1.1.1 Nationaal en Europees beleid — 15
- 1.1.2 Opzet van het meetnet — 15
- 1.2 De natte delen van de Zandregio — 17
- 1.3 Doel en opzet rapport — 18

2 Gegevensverzameling en verwerking — 21

- 2.1 Opzet en realisatie van het standaard-zandprogramma — 21
- 2.2 Opzet en realisatie van het nat-zandprogramma — 23
- 2.2.1 Werving en selectie — 23
- 2.2.2 Aantallen bedrijven — 25
- 2.3 Gegevensverzameling landbouwkundige bedrijfsvoering — 26
- 2.4 Gegevensverzameling waterkwaliteit — 26
- 2.4.1 Grondwater-, drainwater- en slootwaterbemonsteringen — 26
- 2.4.2 Chemische analyses — 29
- 2.4.3 Aanvullende data — 30
- 2.5 Analyses gegevens — 31

3 Karakteristieken van steekproef en steekproefbedrijven — 35

- 3.1 Door het LMM in de Zandregio vertegenwoordigd areaal — 35
- 3.2 Bedrijfsstructuur van de steekproefbedrijven — 36
- 3.2.1 Akkerbouw — 36
- 3.2.2 Melkvee — 37
- 3.2.3 Overige dierbedrijven — 39
- 3.3 Fysische karakteristieken van de steekproefbedrijven — 40
- 3.3.1 Grondsoort — 40
- 3.3.2 Drainageklasse — 42
- 3.3.3 Gedraineerd oppervlak — 43

4 Toestand in bemesting en nutriëntenoverschotten — 45

- 4.1 Bemesting met stikstof en fosfaat — 45
- 4.2 Bedrijfs- en bodemoverschotten voor stikstof en fosfaat — 46

5 Trends in bemesting en nutriëntenoverschotten — 47

- 5.1 Bemesting en overschotten op akkerbouwbedrijven — 47
- 5.1.1 Bemesting met stikstof en fosfaat — 47
- 5.1.2 Bedrijfs- en bodemoverschotten voor stikstof en fosfaat — 48
- 5.2 Bemesting en overschotten op melkveebedrijven — 49
- 5.2.1 Bemesting met stikstof en fosfaat — 49
- 5.2.2 Bedrijfs- en bodemoverschotten van stikstof en fosfaat — 51
- 5.3 Bemesting en overschotten op overige dierbedrijven — 52
- 5.3.1 Bemesting met fosfaat en stikstof — 52
- 5.3.2 Bedrijfs- en bodemoverschotten voor stikstof en fosfaat — 54
- 5.4 Vergelijking tussen bedrijfstypen — 54

6 Toestand van de waterkwaliteit — 57

- 6.1 Nutriënten — 57
- 6.1.1 Stikstof — 57
- 6.1.2 Fosfor — 63
- 6.2 Macro-elementen — 67
- 6.3 Spoorelementen — 68
- 6.3.1 Algemeen — 68
- 6.3.2 Cadmium — 68
- 6.3.3 Nikkel — 70
- 6.3.4 Zink — 73

7 Trends in de waterkwaliteit — 75

- 7.1 Algemeen — 75
- 7.2 Nitraat — 75
- 7.2.1 Resultaten per watertype — 75
- 7.2.2 Resultaten per bedrijfstype — 76
- 7.3 Totaal fosfor — 78
- 7.3.1 Resultaten per watertype — 78
- 7.3.2 Resultaten per bedrijfstype — 80

8 Relaties tussen landbouwpraktijk en waterkwaliteit — 83

- 8.1 Algemeen — 83
- 8.2 Stikstof — 83
- 8.3 Fosfor — 85

9 Aandachtspunten voor vervolgonderzoek — 89

- 9.1 Inleiding — 89
- 9.2 Optimalisatie van steekproef — 89
- 9.3 Optimalisatie van het meten van de waterkwaliteit — 91

Literatuurlijst — 93

Bijlage 1 Afkortingen en begrippen — 99

Samenvatting

Inleiding

Het Landelijk Meetnet effect Mestbeleid (LMM) is opgezet om de effecten van het mestbeleid op de bedrijfsvoering en de waterkwaliteit op landbouwbedrijven in beeld te brengen. Sinds 1992 worden landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven in de Zandregio gevolgd. De kwaliteit van het water dat uitspoelt uit de wortelzone op deze bedrijven wordt gemeten in de zomer. Binnen de Zandregio komen echter ook natte delen voor waar uit- en afspoeling plaatsvindt naar het oppervlaktewater, net als in de Klei- en Veenregio's. In deze regio's wordt juist in de winter bemonsterd om de effecten van veranderingen in de landbouwpraktijk op de waterkwaliteit te kunnen vaststellen. Daarom is vanaf winter 2004/2005 in de natte delen van de Zandregio een speciaal programma gestart waar ook in de winter wordt bemonsterd (nat-zandprogramma). Op de bedrijven in het nat-zandprogramma wordt iedere winter zowel het grondwater als het drain- en slootwater bemonsterd. De deelnemers zijn geselecteerd uit de deelnemers aan het standaard-zandprogramma. De bedrijven worden hierdoor ook in de zomer bemonsterd en de gegevens van de landbouwkundige bedrijfsvoering worden al verzameld binnen het standaard-zandprogramma.

Het doel van het hier gerapporteerde onderzoek is inzicht te krijgen in de toestand en trend in de landbouwpraktijk en de waterkwaliteit op bedrijven in de natte delen van de Zandregio en de overheid en burgers hierover te informeren. Maar vooral om op basis van dit inzicht vragen te formuleren voor een evaluatie van het nat-zandprogramma.

Het nat-zandprogramma

In de eerste twee jaren was het streefaantal 30 deelnemers. Vanaf 2006 is dit streefaantal 60 bedrijven om voldoende derogatiebedrijven te kunnen bemonsteren (minimaal 25 derogatiebedrijven). De bedrijven worden uit het standaard-zandprogramma geselecteerd op basis van het percentage gedraineerde gronden op het bedrijf (buisdrainage en/of sloten). Er is onderscheid gemaakt tussen melkveebedrijven, akkerbouwbedrijven, hokdierbedrijven en overige dierbedrijven. Vooral voor de laatste twee groepen was het lastig voldoende bedrijven te vinden. In de periode 2004-2008 waren er 9 tot 17 akkerbouw-, 12 tot 29 melkvee- en 2 tot 4 overige dier- en hokdierbedrijven.

Algemene karakteristieken

De akkerbouwbedrijven (90 ha) zijn gemiddeld groter dan melkveebedrijven (53 ha) en overige dierbedrijven (47 ha). Het totale aantal dieren per hectare is op overige dierbedrijven het grootst. De bedrijven zijn gemiddeld voor 70% van het areaal gedraineerd met drainagebuizen. Het gedraineerde areaal is bij akkerbouwbedrijven (81%) hoger dan bij de andere bedrijfstypen (63-66%). De bedrijven hebben gemiddeld 74% zandgrond. Akkerbouwbedrijven hebben relatief veel venige grond op het bedrijf (21%), meer dan op melkveebedrijven (12%). Melkveebedrijven liggen wel vaker op van nature natte gronden dan andere bedrijfstypen.

Bemesting en nutriëntenoverschotten

De melkveebedrijven gebruiken met ruim 400 kg/ha bijna twee keer zoveel stikstof als de akkerbouwbedrijven (218 kg/ha). De overige dierbedrijven zitten ertussenin (314 kg/ha). Ook bij fosfaat is het totale mestgebruik op melkveebedrijven gemiddeld hoger dan op de andere bedrijfstypen. Het verschil is echter wel veel kleiner dan bij stikstof. Het stikstofbodemoverschot is op melkveebedrijven het grootst (201 kg/ha) en op akkerbouwbedrijven het kleinst (130 kg/ha). De overige dierbedrijven zitten ertussenin (164 kg/ha). Bij melkveebedrijven neemt het stikstofoverschot af in de periode van 237 tot 181 kg/ha. Bij de akkerbouwbedrijven is geen duidelijke trend zichtbaar. Het fosfaatbodemoverschot is het hoogst bij de akkerbouwbedrijven (45 kg/ha als P_2O_5), terwijl melkvee- en overige dierbedrijven vergelijkbare overschotten hebben (33-34 kg/ha). Het fosfaatoverschot is in de onderzochte periode afgenomen bij zowel de akkerbouwbedrijven (van 57 kg/ha naar rond de 40 kg/ha) als bij de melkveebedrijven (van 58 kg/ha naar 15 kg/ha).

Waterkwaliteit

Ook in de natte delen van de Zandregio is nitraat de belangrijkste stikstofcomponent. De concentraties zijn in grondwater het hoogst (77 mg/l), gevolgd door drainwater (63 mg/l) en slootwater (45 mg/l). De nitraatconcentratie in het drainwater en het slootwater vertonen over de jaren een zeer vergelijkbare trend. Het grondwater lijkt met een jaar vertraging hetzelfde patroon te volgen. Sinds 2007 ligt de nitraatconcentratie in het grondwater op melkveebedrijven gemiddeld onder de norm van 50 mg/l als NO_3 . Op overige dierbedrijven zijn de concentraties over de hele meetperiode gemiddeld het hoogst (118 mg/l), gevolgd door akkerbouw- (80 mg/l) en melkveebedrijven (57 mg/l). Dit geldt ook voor drainwater en slootwater. Totaal-fosfor bestaat vooral uit ortho-fosfaat (anorganisch fosfor). Veel waarnemingen van totaal-fosfor, vooral in grondwater, liggen onder de detectiegrens van 0,05 mg/l als P. Door de jaren heen vertonen drainwater en slootwater vergelijkbare fluctuaties, waarbij het drainwater een hogere fosforconcentratie heeft dan het slootwater.

Aandachtspunten voor vervolgonderzoek

Het voorstel is de evaluatie op te splitsen in twee delen. Het eerste deel richt zich op de optimalisatie van de steekproef. Het tweede deel richt zich op de optimalisatie van het meten van de waterkwaliteit. Voor het eerste deel zijn drie hoofdvragen geformuleerd (vragen 1 tot en met 3 hieronder), voor het tweede deel twee (vragen 4 en 5):

1. De natte delen van de Zandregio zijn nu afgebakend door per bedrijf te bepalen of het kan deelnemen. Is het mogelijk hiervoor een objectieve ruimtelijke afbakening te gebruiken?
2. Zijn de huidige deelnemers aan het nat-zandprogramma representatief voor de bedrijven in de natte delen van de Zandregio? Met andere woorden, kan op basis van de beschikbare bedrijven een goede toestandsbepaling worden gedaan voor de natte delen van de Zandregio?
3. Welke methoden zijn er om de representativiteit van het programma te verbeteren?
4. Is een herziening van de huidige bemonsteringsfrequentie van het grondwater op nat-zandbedrijven gewenst en mogelijk (nu

worden de bedrijven tweemaal per jaar bemonsterd, eenmaal voor het standaard-zandprogramma in de zomer en eenmaal voor het nat-zandprogramma in de winter)?

5. Is het gewenst of is het noodzakelijk zowel grond- als drain- en slootwater te bemonsteren in een toekomstig programma voor de natte delen van de Zandregio of kan hierin een selectie worden gemaakt?

Elke hoofdvraag is uitgewerkt in meerdere deelvragen.

1 Inleiding

1.1 Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid

1.1.1 *Nationaal en Europees beleid*

Het mestbeleid van de rijksoverheid is mede gericht op de verbetering van de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater. Door het mestgebruik te beperken wordt verwacht dat meststoffen minder ophopen in de bodem en minder uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater. Dit is nodig om aan de milieueisen te voldoen zoals vastgelegd in zowel de Nederlandse als in de Europese regelgeving.

De Evaluatienota mestbeleid eerste fase (LNV, 1991) concludeerde dat er zowel voor bodem en grondwater als voor klein oppervlaktewater, een gerichte monitorinspanning nodig was om de effecten van beleidsmaatregelen te kunnen evalueren. Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) is in 1992 van start gegaan vanuit deze behoefte aan onderbouwende cijfers bij de evaluaties van de Meststoffenwet. In de periode 1992-2004 is het LMM ontwikkeld van een meetprogramma in de Zandregio tot een landsdekkend meetnet in alle vier de regio's (Zandregio, Kleiregio, Veenregio en Lössregio). De Europese Nitraatrichtlijn (EU, 1991) verplicht Nederland, net als de andere lidstaten, om de effecten van het mestbeleid op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater te monitoren. Het LMM dient ook om aan deze Europese verplichting te voldoen. Daarnaast heeft Nederland sinds 2006 een derogatie gekregen voor de Nitraatrichtlijnregel dat niet meer dan 170 kg stikstof per ha met dierlijke mest mag worden gegeven. Deze derogatie geldt telkens voor vier jaar en kent naast andere verplichtingen ook de verplichting om de waterkwaliteit op 300 derogatiebedrijven te monitoren. Deze bedrijven zijn in het LMM opgenomen.

Het LMM omvat de gecombineerde monitoring van zowel de waterkwaliteit als van de bedrijfsvoering op landbouwbedrijven. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) is verantwoordelijk voor milieumonitoring, LEI Wageningen Universiteit en Research Centrum voor de monitoring van de landbouwpraktijk. Het LMM werd tot 2013 uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) en het ministerie van Economische Zaken (EZ). Vanaf 2013 wordt het LMM uitgevoerd in opdracht van alleen het ministerie van EZ. De LMM-gegevens worden voor diverse voortgangsrapportages gebruikt ten behoeve van de Nederlandse overheid en de Europese Unie (zie voor een overzicht: De Klijne et al., 2010). Daarnaast worden de gegevens onder andere gebruikt ter onderbouwing van gebruiksnormen en validatie van modelinstrumenten.

1.1.2 *Opzet van het meetnet*

Het doel van het LMM is het volgen en vastleggen van de effecten van het mestbeleid op de waterkwaliteit in relatie tot de bedrijfsopzet en de bedrijfsvoering op Nederlandse landbouwbedrijven. De aandacht richt zich hierbij vooral op stikstof en fosfor, waarbij de kwaliteit van zowel uit- als afspoelend water wordt gemonitord. De hydrologische

kenmerkend van de bodem bepalen waar men het snelst effecten ziet van veranderingen in de landbouwpraktijk op de waterkwaliteit. De bemonsteringswijze van het LMM is hierop aangepast. De uitspoeling uit de wortelzone naar het diepere grondwater en/of het slootwater wordt gemeten door het bemonsteren van het bovenste grondwater via tijdelijke boorgaten, het opvangen van water uit drainagebuizen (drainwater) of het nemen van grondmonsters waaruit het bodemvocht wordt gewonnen. De afspoeling naar oppervlaktewateren wordt gemeten door het bemonsteren van slootwater en/of van greppelwater.

In een situatie van voornamelijk infiltratie van het neerslagoverschot naar diepere grondlagen, zoals in Hoog Nederland (delen van de Zandregio en de Lössregio), speelt het risico van uitspoeling van nitraat naar het diepere grondwater. Daar is vooral de bescherming van het grondwater en het drinkwater dat uit grondwater wordt gewonnen van belang. In een situatie van afvoer van het neerslagoverschot naar het kleine oppervlaktewater, zoals in Laag Nederland (Klei- en Veenregio en de natte delen van de Zandregio), vindt uitspoeling van nitraat vooral naar het oppervlaktewater plaats. Daar ligt de nadruk op oppervlaktewaterbescherming (ecologie).

Sinds 2010 omvat het LMM twee meetnetten: het basismmeetnet en het derogatiemeetnet. Het basismmeetnet heeft tot doel de effecten van beleid op de waterkwaliteit in beeld te brengen in relatie met de ontwikkeling in de landbouwpraktijk. Het meetnet dat circa 245 bedrijven omvat representeert ruim 80% van het landbouwareaal in Nederland. Het derogatiemeetnet vloeit voort uit de verplichting van de derogatiebeschikking om op 300 derogatiebedrijven de ontwikkeling in waterkwaliteit en landbouwpraktijk te volgen. Derogatiebedrijven zijn bedrijven die toestemming hebben gekregen om, onder voorwaarden, jaarlijks tot maximaal 250 kg stikstof per hectare met dierlijke mest toe te dienen in plaats van 170 kg.

Tot 2010 bestond het LMM uit een drietal monitoringsprogramma's: de Evaluerende Monitor (EM, nu basismmeetnet), de Derogatie Monitor (DM, nu derogatiemeetnet) en de Verkennende Monitor (VM) (Fraters en Boumans, 2005; De Goffau et al., 2012b). De EM was opgezet om het effect te bepalen van het geïmplementeerde beleid op de ontwikkeling van de waterkwaliteit in samenhang met de ontwikkeling van de landbouwpraktijk. De DM was opgestart in 2006 om te voldoen aan de monitoringsverplichting die volgt uit de Derogatiebeschikking vanuit de EU (EU, 2005), en focust hierbij op derogatiebedrijven (Buis et al., 2012). De VM was erop gericht zichtbaar te maken welke waterkwaliteit op landbouwbedrijven realiseerbaar is als maatregelen worden genomen die verder gaan dan de huidige verplichtingen, zoals het programma Koeien en Kansen (De Goffau et al., 2012a). Daarnaast vonden aanvullende monitoringsinspanningen plaats met als doel het beantwoorden van specifieke vragen die niet met de andere programma's konden worden beantwoord, zoals onderzoek naar bedrijven op uitspoelingsgevoelige zand- en lössgronden en onderzoek op vollegrondsgroentebedrijven. De VM is per 2011 als gevolg van bezuinigingen afgesloten.

Het LMM monitort in heel Nederland, waarbij er onderscheid is gemaakt tussen vier hoofdgrondsoortregio's (hierna regio's genoemd): Zand-, Klei-, Veen- en Lössregio. De regio's bestaan uit een clustering van gemeenten met dezelfde dominante grondsoort binnen een gemeente. Sinds het najaar van 2012 wordt gewerkt met een kaart gebaseerd op postcodegebieden in plaats van gemeentegrenzen; de huidige rapportage is echter nog gebaseerd op de indeling op basis van gemeentegrenzen in 2005. De echte grondsoort op een bedrijf speelt bij selectie geen rol. Het meetprogramma richt zich op het gehele bedrijf. Veranderingen in opzet of omvang van een bedrijf kunnen aanleiding vormen om een bedrijf actief te vervangen, namelijk als deze veranderingen tot gevolg hebben dat het bedrijf niet meer voldoet aan de criteria die gelden voor deelname aan het LMM.

1.2 De natte delen van de Zandregio

Al sinds 1992 wordt de landbouwpraktijk en waterkwaliteit op bedrijven in de gehele Zandregio gevolgd (Van Swinderen et al., 1994, De Goffau et al., 2012b), verder te noemen het standaard-zandprogramma. Op ieder bedrijf wordt in de zomer eenmalig het water bemonsterd dat uitspoelt uit de wortelzone; in dit geval gebeurt dit meestal door de bovenste meter van het grondwater te bemonsteren via tijdelijke boorgaten. In een enkel geval wordt het bodemvocht bemonsterd, als het grondwater te diep zit. Sinds 2004 wordt in de natte delen van de Zandregio het water op de bedrijven ook in de winter bemonsterd in een apart programma, verder te noemen het nat-zandprogramma (Fraters en Boumans, 2005).

De reden voor het starten van dit nat-zandprogramma is dat de Commissie Spiertz in 1999 stelde dat het LMM geen inzicht gaf in de effecten van het mestbeleid op het drain- en oppervlaktewater in de zandgebieden (Velthof, 2000). In de Klei- en Veenregio's worden juist deze watertypen bemonsterd, omdat dit vanuit milieuoogpunt het te beschermen water is in deze regio's. In de winter worden de sloten vooral gevoed door ondiepe grondwaterstroming en oppervlakkige afspoeling. Door het meten in de winter kan de invloed van de landbouw op de chemische waterkwaliteit en een eventuele verandering hierin worden ontdekt. Fraters en Boumans (2005) schrijven dan ook: "De huidige monitoringsinspanning in de zandgebieden is onvoldoende om in dit specifieke gebied een kwantitatief beeld te geven van de effecten van de landbouw op de oppervlaktewaterkwaliteit. Nagegaan moet worden of ook in die gebieden waar drain- en slootwater voorkomt op de bedrijven de kwaliteit hiervan moet worden gemonitord via de LMM-systematiek." Ook de Nitraatrichtlijn (EU, 1991) en de Kaderrichtlijnwater (EU, 2000) maken het noodzakelijk aandacht te besteden aan het effect van grondwaterkwaliteit op de oppervlaktewaterkwaliteit.

In 2004 is gestart met 30 bedrijven in het nat-zandprogramma. Hiervoor zijn bedrijven geselecteerd uit de deelnemers aan het standaard-zandprogramma. De bedrijven dienden gedraineerd te zijn via drainagebuizen en/of sloten. Nadat de eisen van de Europese Commissie voor de derogatie vanaf 2006 helder werden, is besloten het programma uit te breiden tot 60 bedrijven, waarbij minimaal 25 bedrijven van

derogatie gebruikmaken. De bemonstering van het drainwater en slootwater op deze bedrijven vindt plaats gedurende de winterperiode, net als in de Klei- en de Veenregio. Om de relatie tussen de kwaliteit van het oppervlaktewater en het grondwater te kunnen bestuderen en tussen de winter- en de zomerbemonstering van het grondwater, wordt op deze bedrijven ook het bovenste grondwater bemonsterd in de winter. Dit gebeurt op dezelfde wijze en op dezelfde locaties op het bedrijf als in de zomer. De gegevens over de landbouwpraktijk worden verzameld binnen het kader van het standaard-zandprogramma. Sinds 2008 wordt op alle LMM-bedrijven in Laag Nederland, dus inclusief de bedrijven in de natte delen van de Zandregio, het oppervlaktewater ook in de zomerperiode bemonsterd. De bemonstering van de sloten in de zomer vindt plaats om een koppeling tussen landbouwpraktijk en nutriëntenuitspoeling in de winter enerzijds en waterkwaliteit in de zomer en de dan geldende (ecologische) waterkwaliteitsnormen anderzijds mogelijk te maken. Tevens biedt deze monitoring de mogelijkheid om een aansluiting te realiseren met de meetgegevens van waterbeheerders.

1.3 Doel en opzet rapport

Het doel van dit rapport is inzicht te krijgen in de toestand en trend in de landbouwpraktijk en de waterkwaliteit op bedrijven in de natte delen van de Zandregio en de overheid en burgers hierover te informeren. Maar vooral om op basis van dit inzicht vragen te formuleren voor een evaluatie van het nat-zandprogramma. De gegevens van de periode 2004 tot en met 2008 zullen worden weergegeven. De in het voorliggende rapport gepresenteerde gegevens zullen worden gebruikt voor het onderzoeken van verbeteringen voor het huidige nat-zandprogramma.

Veel informatie die in de loop van de studie is verzameld wordt in een apart bijlagenrapport met rapportnummer 2015-0062 gepubliceerd (Buis et al., 2015). Hiernaar zal in voorkomende gevallen worden verwezen voor de details.

Na dit inleidende hoofdstuk (hoofdstuk 1), volgt in hoofdstuk 2 een beschrijving van de opzet van het nat-zandprogramma en de wijze van de gegevensverzameling en gegevensverwerking. Aangezien het nat-zandprogramma een deelprogramma is van het standaard-zandprogramma, zal eerst een beschrijving worden gegeven van het standaard-zandprogramma (voor zover relevant) en dan worden ingezoomd op het nat-zandprogramma.

De karakteristieken van de steekproef worden in hoofdstuk 3 beschreven, alsook de bedrijfsstructuur en de algemene kenmerken van de deelnemende bedrijven, zoals bodemtype en hydrologie. Een uitgebreide beschrijving van de verschillen in bedrijfsstructuur tussen de bedrijven in het nat-zandprogramma en de overige bedrijven in het standaard-zandprogramma en in de Landbouwtelling, almede de veranderingen daarin in de periode 2004-2008, is gegeven in hoofdstuk 2 en 3 van het Bijlagenrapport. Daarin worden voor de melkveebedrijven tevens de verschillen besproken tussen in de drie gebieden in de Zandregio: Zand Noord, Zand Midden en Zand Zuid.

De bemesting en nutriëntenoverschotten op de bedrijven worden besproken in hoofdstuk 4 en 5. In hoofdstuk 4 ligt de nadruk op de beschrijving van de toestand per bedrijfstype gemiddeld over de vijfjarige meetperiode. In hoofdstuk 5 zal per bedrijfstype de trend tussen 2004 en 2008 worden besproken. Details en een vergelijking tussen de bedrijven in het nat-zandprogramma en de overige bedrijven in het standaard-zandprogramma is gegeven in hoofdstuk 4 van het Bijlagenrapport. Hierin wordt voor melkveebedrijven ook weer onderscheid gemaakt tussen de verschillende zandgebieden.

De waterkwaliteit wordt in hoofdstuk 6 en 7 behandeld. Hierbij worden de resultaten van grondwater, drainwater en slootwater in de winterperiode besproken. Hoofdstuk 6 bespreekt de toestand op basis van de periodegemiddelden per bedrijf (vijf meetjaren). In hoofdstuk 7 staat de trend in de waterkwaliteit tussen winter 2004/2005 en winter 2008/2009 centraal. De nadruk ligt in beide hoofdstukken op de nutriënten stikstof en fosfor, welke de belangrijkste stoffen zijn wat betreft landbouwpraktijk en mestbeleid. In hoofdstuk 6 wordt nog wel aandacht besteed aan de macro-elementen kalium en sulfaat en de micro-elementen cadmium, nikkel en zink. De overige parameters worden in het Bijlagenrapport besproken (hoofdstuk 5). Tevens worden in hoofdstuk 5 de kengetallen (gemiddelden, standaard afwijkingen en percentielwaarden), de frequentiediagrammen en het ruimtelijke beeld gegeven voor alle parameters. Hier is ook aanvullende informatie te vinden over de verschillen in waterkwaliteit op melkveebedrijven tussen de drie zandgebieden en worden de trends voor nitraat en fosfaat verder gedetailleerd per watertype. De gegevens van de zomerslootbemonsteringen worden alleen besproken in het Bijlagenrapport (hoofdstuk 5), omdat het aantal beschikbare jaren te beperkt is. Bij de beschouwingen is ook aangegeven hoe de waterkwaliteit zich verhoudt tot de normen. Een overzicht van de geldende waterkwaliteitsnormen is gegeven in hoofdstuk 5 van het Bijlagenrapport.

In hoofdstuk 8 van het voorliggende hoofdrapport wordt de ontwikkeling in de waterkwaliteit voor stikstof en fosfaat gepresenteerd samen met de ontwikkeling in de landbouwpraktijk.

In dit rapport wordt gerapporteerd over verschillende perioden, afhankelijk van of over de landbouwpraktijk of over de waterkwaliteit wordt gesproken. De waterkwaliteit wordt gemeten in het winterseizoen, waarbij een winterseizoen van oktober tot april loopt. De landbouwpraktijk wordt bepaald over het kalenderjaar en betreft het groeiseizoen (de zomer). De landbouw van de voorgaande zomer beïnvloedt de waterkwaliteit in het navolgende uitspoelingsseizoen. De gemeten waterkwaliteit in het winterseizoen van bijvoorbeeld 2004/2005 is in het rapport gerelateerd aan de landbouwpraktijk van zomer 2004.

Tot slot worden in hoofdstuk 9 de evaluatievragen geformuleerd, die gebaseerd zijn op vragen die tijdens het onderzoek en het opstellen van het rapport naar voren zijn gekomen.

In Bijlage 1 van het voorliggende hoofdrapport worden enkele afkortingen en begrippen gedefinieerd.

2 Gegevensverzameling en verwerking

2.1 Opzet en realisatie van het standaard-zandprogramma

De onderstaande beschrijving geeft de situatie weer zoals die gold voor de periode die beschreven wordt in dit rapport. In de periode 2010-2013 zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd naar aanleiding van de evaluatie van het LMM (De Klijne et al., 2010, Van Vliet, 2010) en de studie naar verdergaande bezuinigingsopties (Fraters et al., 2012). In de tekst zullen belangrijke wijzigingen kort worden aangegeven. De betreffende wijzigingen zijn echter niet meegenomen in de analyse voor deze rapportage.

De LMM-bedrijven voor het basismeetnet en derogatiemeetnet worden in principe geselecteerd uit bedrijven die deelnemen aan het Bedrijveninformatienet van het LEI, verder te noemen Informatienet (Fraters en Boumans, 2005; Van den Ham et al., 2007). Alleen in het geval er geen of onvoldoende bedrijven beschikbaar zijn in het Informatienet, wordt er rechtstreeks geselecteerd uit de Landbouwtellingsbedrijven. In het Informatienet wordt voor een steekproef van 1500 land- en tuinbouwbedrijven, een uitgebreide registratie van bedrijfsgegevens bijgehouden (Poppe, 2004). Bedrijven voor het Informatienet worden op basis van een gestratificeerde aselechte steekproef (door middel van loting) geselecteerd vanuit de Landbouwtelling. De Landbouwtelling is een jaarlijkse telling die wordt gehouden door Dienst Regelingen van het ministerie van Economische Zaken in samenwerking met het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Bij bedrijvenselectie wordt gestratificeerd naar bedrijfstype en economische omvang. De economische omvang wordt uitgedrukt in de Nederlandse grootte-eenheid (nge). Zeer kleine bedrijven (kleiner dan 13,8 nge) en zeer grote bedrijven (groter dan 1036 nge) worden niet meegenomen in het Informatienet. De opbouw van het Informatienet wordt beschreven door Poppe (2004). Recentelijk is de eenheid voor economische omvang door LEI gewijzigd en wordt de Standaard Opbrengst (SO) als criterium gebruikt (LEI, 2013).

Bij de selectie van LMM-deelnemers voor de Zandregio worden de Informatienetbedrijven die binnen de steekproefpopulatie vallen opgedeeld in strata. Gehanteerde stratificatievariabelen zijn: bedrijfstype, geografische ligging en bedrijfsomvang (16-800 nge). De grenzen voor bedrijfsomvang voor LMM waren in het begin gelijk aan de grenzen van het Informatienet, maar zijn daarna niet meer aangepast. Bij de evaluatie in 2010 (De Klijne et al., 2010) is besloten de grenzen wel weer gelijk te trekken. Voor het basismeetnet zijn vier bedrijfstypen geselecteerd die een belangrijk deel van het landbouwareaal vertegenwoordigen en relatief homogeen zijn: akkerbouw-, melkvee-, hokdier- en overige dierbedrijven. Onder overige dierbedrijven in de Zandregio werden tot 2011 hokdiercombinaties, gewas-veeteeltcombinaties en overige graasdieren verstaan. Sinds 2011 vallen alleen gewas-veeteeltcombinaties en overige graasdieren onder overige dierbedrijven en worden hokdiercombinatie meegenomen met de hokdierbedrijven. Voor het derogatiemeetnet komen alle

derogatiebedrijven in aanmerking, wel is gestratificeerd naar melkveebedrijven en overige (graas)dierbedrijven. De Zandregio wordt voor de selectie van melkveebedrijven verder opgedeeld in drie gebieden op basis van een clustering van de LMM-13 gebieden: Noord (Noordelijk zand I en II, Veenkoloniën), Midden (Oostelijk zand en Centraal zand) en Zuid (Zuidelijk zand). In de rapportage sluiten we echter aan bij de beleidsmatige opdeling die is gebaseerd op provinciegrenzen: Noord (Friesland, Groningen en Drenthe), Midden (Overijssel, Gelderland en Utrecht) en Zuid (Noord-Brabant en Limburg) (Figuur 2.1). Voor de andere bedrijfstypen zijn er niet voldoende bedrijven voor een geografische stratificatie binnen de Zandregio. Vanaf 2011 is de groep van akkerbouwbedrijven uitgebreid en wordt bij de selectie gestratificeerd op twee gebieden: Zand Zuid en overig zand. Voor elke combinatie van bedrijfstype en gebied of regio wordt een spreiding in bedrijfsgrootte nagestreefd, waarbij drie grootteklassen worden onderscheiden. In het LMM worden groepen bedrijven die slechts een klein areaal van het Nederlandse landbouwareaal vertegenwoordigen van deelname uitgesloten. Ook worden bedrijven uitgesloten die kleiner zijn dan 10 hectare (Van Vliet, 2010).

Ieder jaar vindt er selectie en werving plaats van nieuwe deelnemers voor de Zandregio ter vervanging van afvallers. Dit betreft deelnemers die zelf stoppen of waarvan het bedrijf niet meer voldoet aan de criteria voor deelname. Tot 2006 werd een deel van de bedrijven actief vervangen, vanaf 2006 gaat het om passieve vervanging. Het streven is om de verdeling van de beschikbare bemonsteringscapaciteit per bedrijfstype zo veel mogelijk overeen te laten komen met het grondgebruik binnen de gehele steekproefpopulatie. De nge-klassegrenzen in het LMM zijn zodanig gesteld dat elke klasse ongeveer eenzelfde oppervlakte aan cultuurgrond vertegenwoordigt. Gegeven het bedrijfstype, wordt in elk van de drie grootteklassen dus eenzelfde aantal bedrijven nagestreefd. Voor de selectie en werving wordt per regio een bedrijfskeuzeplan opgesteld waarin de gestratificeerde steekproef is uitgewerkt.

Voor de strata waarvoor aanvulling nodig is, wordt het potentieel in het Informatienet geïnventariseerd. Uit het beschikbare potentieel worden aselekt bedrijven getrokken aan welke een wervingsbrief wordt verstuurd. Indien voor het LMM onvoldoende bedrijven aanwezig zijn in het Informatienet, worden bedrijven aselekt (door middel van loting) gekozen uit de Landbouwtelling. Deze bedrijven worden vervolgens in het Informatienet opgenomen. Door LMM-deelnemers uit afzonderlijke strata (deelpopulaties) te werven uit het Informatienet, krijgt de steekproef een grotere representativiteit dan wanneer dat, bij dezelfde omvang, niet gebeurt. Daarnaast helpt stratificatie ook de representativiteit te bewaken als een geselecteerd bedrijf niet wenst deel te nemen of tussentijds afvalt. Voor een uitgebreidere beschrijving van de selectieprocedure wordt verwezen naar Poppe (2004) en De Goffau et al. (2012).

Tussen 2004 en 2008 is het aantal bedrijven waarvan de waterkwaliteit is gemeten in de Zandregio in het reguliere LMM-programma (basismeetnet en derogatiemeetnet) toegenomen van 110 tot 260. Deze sterke toename is het gevolg van het toekennen van derogatie aan

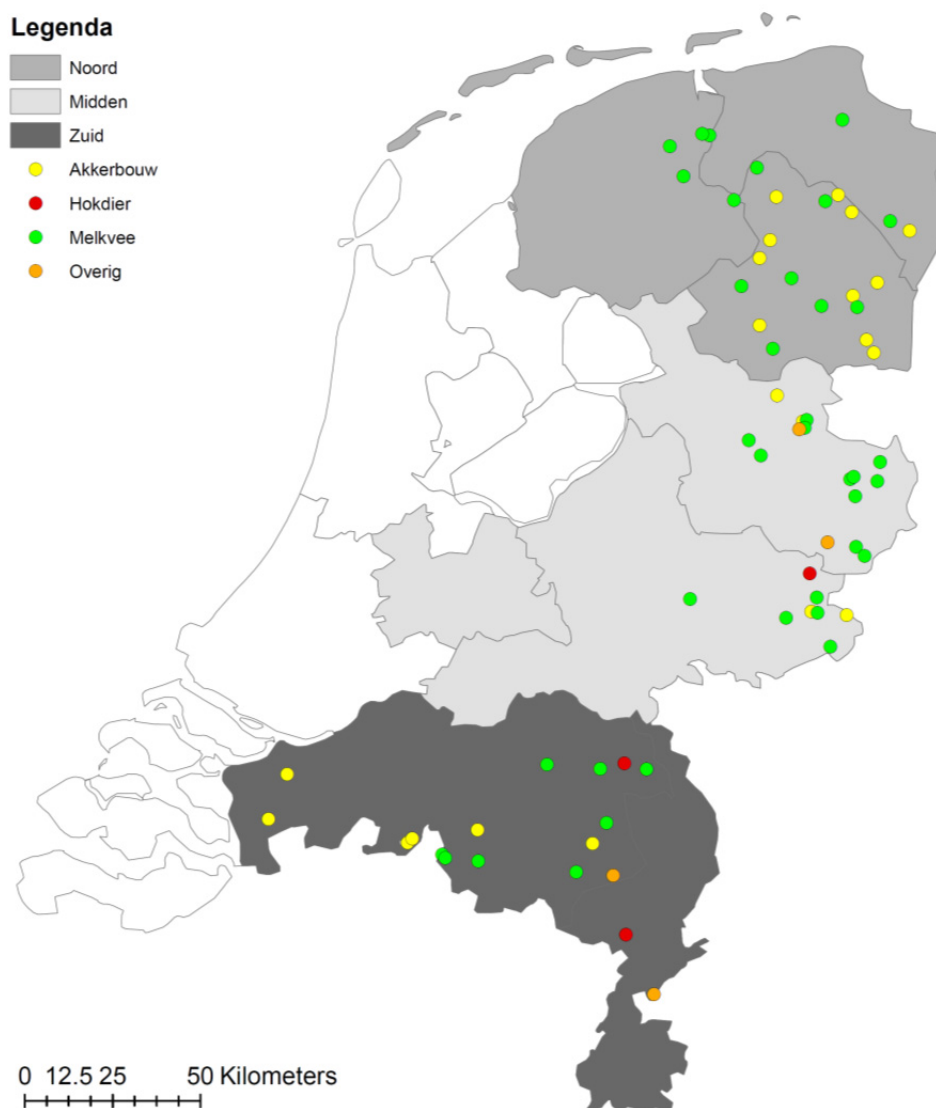
Nederland door de Europese Commissie en het opzetten van het derogatiemeetnet.

Het steekproefkader van het LMM wordt in de jaarrapporten verder beschreven en gekwantificeerd. Voor meer informatie wordt verwezen naar de LMM-jaarrapporten voor de jaren 2003 (Wattel-Koekkoek et al., 2008), 2004 (Swen et al., 2009), 2005 (Swen et al., 2010), 2006 (De Goffau et al., 2010), 2007-2008 (De Goffau et al., 2012a, b) en 2009-2010 (De Goffau et al., 2012b, 2013).

2.2 Opzet en realisatie van het nat-zandprogramma

2.2.1 *Werving en selectie*

Om deel te kunnen nemen aan het nat-zandprogramma moeten bedrijven deelnemen aan het standaard-zandprogramma en voor meer dan 25% van het areaal gedraineerd zijn met buisdrainage of voor meer dan 50% via sloten (Fraters en Boumans, 2005). Uit de geschikte bedrijven is een selectie gemaakt door het RIVM, waarbij gestreefd is de bedrijven te verdelen over bedrijfstype, bedrijfsgrootte en gebied (Figuur 2.1), waarbij ook gekeken is naar de mate van drainage van de bedrijven. Hierbij is vanaf 2006 rekening gehouden met een gewenst aantal van 25 derogatiebedrijven in het nat-zandprogramma.



Figuur 2.1 Bedrijven in het natte zandprogramma tussen winter 2004/2005 en 2008/2009. Als bedrijven van bedrijfstype zijn verwisseld is het meest recente type weergegeven.

Een voor de evaluatie relevante vraag is of met de huidige selectiemethode een representatief beeld kan worden gegeven van de toestand van en trend in de waterkwaliteit in de natte delen van de Zandregio (hoofdstuk 9).

Het nat-zandprogramma bevat niet alle gedraineerde bedrijven uit het standaard-zandprogramma. De groep niet-geselecteerd potentieel is echter beperkt. De laatste jaren nemen (bijna) alle beschikbare en geschikt bevonden akkerbouw-, hokdier- en overige dierbedrijven deel aan het nat-zandprogramma. Alleen voor de categorie melkveebedrijven zijn er meerdere potentiële bedrijven die niet alle deelnemen aan het programma.

Een voor de evaluatie relevante vraag is of het oppervlak en aantal bedrijven in het nat-zandprogramma in verhouding is met

die in het standaard-zandprogramma en met die in de werkelijke situatie in de natte delen van de Zandregio (hoofdstuk 9).

De bemonsterde bedrijfstypen zijn niet homogeen verdeeld over het zandgebied (Figuur 2.1). Zo zijn in Zand Noord bijvoorbeeld helemaal geen hokdierbedrijven en overige dierbedrijven geselecteerd, en in Zand Midden juist weinig akkerbouwbedrijven, omdat voor deze bedrijfstypen geen geschikte bedrijven beschikbaar waren.

Een voor de evaluatie relevante vraag is of deze verdeling van bedrijfstypen over de Zandgebieden representatief is voor de werkelijke situatie in de natte delen van de Zandregio (hoofdstuk 9).

2.2.2 Aantallen bedrijven

In het eerste meetseizoen (winter 2004/2005) zijn 25 bedrijven bemonsterd (Tabel 2.1). Vanaf 2006 is besloten 60 bedrijven per jaar te gaan bemonsteren om voldoende derogatiebedrijven in het programma te kunnen opnemen. In meetseizoen 2006/2007 kon dit aantal nog niet worden gerealiseerd door de grote hoeveelheid werk die de uitbreiding opleverde in korte tijd. In 2006/2007 namen 22 derogatiebedrijven deel, in de daarop volgende jaren 28 derogatiebedrijven.

Tabel 2.1 Aantal bedrijven in het nat-zandprogramma waar waterkwaliteitsgegevens van beschikbaar zijn, met tussen haakjes het aantal bedrijven waarvoor ook landbouwpraktijkgegevens beschikbaar zijn.

Seizoen	Akker- bouw	Melkvee				Hokdier	Overig	Totaal
		Totaal	Noord	Midden	Zuid			
2004/2005	10 (10)	13 (13)	4 (*)	8 (8)	1 (*)	1 (*)	1 (*)	25
2005/2006	9 (9)	14 (12)	4 (*)	8 (7)	2 (*)	2 (*)	5 (*)	30
2006/2007	11 (10)	28 (27)	9 (9)	11 (10)	8 (8)	1 (*)	6 (*)	46
2007/2008	19 (17)	33 (27)	14 (10)	12 (11)	7 (*)	2 (*)	6 (*)	60
2008/2009	17 (17)	35 (29)	14 (10)	14 (13)	7 (*)	3 (*)	4 (*)	59

* Door het kleine aantal bedrijven (< 7) zijn geen landbouwpraktijkgegevens beschikbaar gesteld.

De meeste bedrijven hebben in de periode 2004/2005 tot en met 2008/2009 gedurende twee tot drie jaar aan het meetnet deelgenomen (Tabel 2.2). Van de 25 bedrijven die in het eerste meetseizoen deelnamen, zijn er 20 die alle vijf jaren hebben meegedaan. De samenstelling van de groep is dus afgezien van de uitbreiding vrij constant gebleven.

Tabel 2.2 Verblijfsduur van bedrijven in het nat-zandprogramma in de periode 2004/2005 tot en met 2008/2009.

Jaren in programma	Aantal bedrijven	Percentage van totaal
1	3	5%
2	19	29%
3	17	26%
4	7	11%
5	20	30%

2.3 Gegevensverzameling landbouwkundige bedrijfsvoering

De bedrijfsvoering van de aan het LMM deelnemende landbouwbedrijven wordt door het LEI vastgelegd in het Informatienet. Van deze bedrijven wordt een gedetailleerde set financieel-economische en milieutechnische gegevens bijgehouden. Naast de financiële stromen worden ook fysieke stromen geregistreerd. De bedrijven worden getypeerd op basis van het voeroppervlak (oppervlak cultuurgrond in gebruik voor gewasproductie met bemesting), de aantallen en soort dieren die worden gehouden, de melkproductie per koe en per hectare (in kg FPCM, dat wil zeggen: fat- and protein corrected milk), en de indeling van het bedrijfsareaal. Ook worden enkele belangrijke kengetallen van de bedrijfsvoering bepaald, waaronder de opslagcapaciteit van dierlijke mest, de mate van beweiding en het maaipcentage.

Aanvullend worden het mestgebruik en de aan- en afvoerposten van stikstof en fosfaat bepaald, welke resulteren in overschotten op de bedrijfsbalans. Binnen het totale mestgebruik wordt onderscheid gemaakt in dierlijke mest, kunstmest en overige organische meststoffen. Voor de berekening van het dierlijke mestgebruik wordt ook de productie van mest op het eigen bedrijf berekend. Voor stikstof betreft het de nettoproductie na aftrek van gasvormige stikstofverliezen uit stal en opslag. Het dierlijke mestgebruik wordt berekend door de aanvoer van dierlijke mest en de beginvoorraad op te tellen bij de productie op het eigen bedrijf en hier de afvoer en de eindvoorraad weer vanaf te trekken. Kunstmeststoffen en overige organische meststoffen worden niet op het bedrijf geproduceerd. Het gebruik wordt berekend als de beginvoorraad plus de aankopen minus de eindvoorraad en verkopen.

Behalve over de bemesting wordt ook gerapporteerd over de overschotten van stikstof en fosfaat op de bodembalans in respectievelijk kg N en kg P₂O₅ per hectare. Deze bodemoverschotten worden gebruikt als indicator voor de hoeveelheid stikstof en fosfaat die beschikbaar zijn voor uitspoeling uit de wortelzone, afspoeling naar het oppervlaktewater en ophoping in de bodem. De bodemoverschotten worden berekend met een werkwijze die is afgeleid van de methode die is beschreven door Schröder et al. (2004, 2006, 2007). Bij de berekening wordt behalve met bemesting, ook rekening gehouden met andere aanvoerposten op de bodembalans, zoals netto mineralisatie van organische stof, stikstofbinding door vlinderbloemigen en atmosferische depositie. Tevens wordt rekening gehouden met de afvoer van stikstof en fosfaat van het bedrijf (melk, vlees, plantaardige producten, enz.) en vervluchtiging van stikstof met ammoniak. Een uitgebreide beschrijving van de vastlegging van data door het LEI is opgenomen in het LMM-jaarrapport 2003 (Wattel-Koekkoek et al., 2008) en het methodenrapport LMM 2007-2010 (De Goffau et al., 2012b).

2.4 Gegevensverzameling waterkwaliteit

2.4.1 *Grondwater-, drainwater- en slootwaterbemonsteringen*

In principe wordt op alle deelnemende bedrijven grondwater, drainwater en slootwater bemonsterd. Dit is echter niet altijd mogelijk (Tabel 2.3). De reden hiervoor komt aan de orde bij de bespreking van de bemonstering per watertype hieronder.

Tabel 2.3 Totaal aantal bemonsterde bedrijven in het nat-zandprogramma per seizoen en aantal bedrijven voor grond-, drain- en slootwater.

Seizoen	Totaal	Grondwater	Drainwater	Slootwater
2004/2005	25	24	25	25
2005/2006	30	29	26	26
2006/2007	46	45	43	44
2007/2008	60	59	44	45
2008/2009	59	57	55	59

Een uitgebreide beschrijving van de wijze van de uitvoering van de waterbemonsteringen is gegeven in de jaarrapporten (voor een overzicht, zie laatste alinea van paragraaf 2.1).

Grondwater

In de periode november tot maart wordt het grondwater op de deelnemende bedrijven eenmaal bemonsterd, op 16 punten verdeeld over het bedrijf. In het laboratorium worden twee mengmonsters gemaakt, van ieder acht aselekt gekozen monsters, en geanalyseerd (paragraaf 2.4.2). Aanvullend wordt op deze bedrijven in de zomer grondwater bemonsterd binnen het standaard-zandprogramma. Op één bedrijf wordt elk jaar op een deel van het bedrijf bodemvocht bemonsterd in plaats van grondwater, omdat het grondwater er te diep zit. In de verdere gegevensverwerking van dit bedrijf wordt bodemvocht als grondwater behandeld. Op een ander bedrijf wordt noch grondwater noch bodemvocht bemonsterd omdat een grote hoeveelheid puin in de ondergrond de bemonstering onmogelijk maakt. Bij andere bedrijven lukt het incidenteel niet een grondwaterbemonstering uit te voeren binnen de winterperiode. Vooral strenge vorst is een belemmering voor de uitvoering van een grondwaterbemonstering. Een lange periode van vorst, zeker in combinatie met een late start als gevolg van een droog najaar maakt het soms onmogelijk alle bedrijven te bemonsteren. Dat geldt overigens ook voor drainwater- en slootwaterbemonsteringen.

Een voor de evaluatie relevante vraag is of de dubbele jaarlijkse bemonstering van grondwater (en/of bodemvocht), zowel in de winter als in de zomer, noodzakelijk is (hoofdstuk 9). Hierbij zullen de mogelijkheden voor en consequenties van een eenmalige bemonstering per jaar worden bekeken.

Drain- en slootwater

Het drain- en slootwater wordt in principe in de periode oktober–april vier keer bemonsterd (vanaf 2011 gebeurt dit drie keer op niet-derogatiebedrijven). De bemonstering van drain- en slootwater wordt op dezelfde dag uitgevoerd. In de meeste jaren zijn niet op alle bedrijven vier bemonsteringsronden gerealiseerd voor drain- en slootwater (Tabel 2.4 en Tabel 2.5). Drainwaterbemonsteringen kunnen, zeker op grove zandgronden, lastig zijn omdat de waterafvoer na regenbuien (zeer) snel is. Hierdoor is er maar een korte periode beschikbaar voor bemonstering. Daarnaast is het voor nieuwe bedrijven meestal niet mogelijk om vier ronden uit te voeren, omdat deze bedrijven vaak pas in de loop van het seizoen beschikbaar komen. Voor deze bedrijven is in de planning uitgegaan van drie ronden. In de eerste jaren van het programma kwam het regelmatig voor dat bedrijven slechts één of twee

maal zijn bemonsterd door opstart- en uitbreidingsproblemen. De laatste jaren worden de meeste bedrijven drie tot vier keer bemonsterd en zijn bedrijven met maar één ronde nagenoeg afwezig. Indien tegen het eind van het seizoen duidelijk wordt dat een drain- en slootwaterbemonstering niet meer haalbaar is (weersverwachting te droog voor drainwaterafvoer) dan wordt alleen een afsluitende slootwaterbemonstering uitgevoerd. Dit is de reden dat er meer slootwaterbemonsteringen zijn uitgevoerd dan drainwaterbemonsteringen (vergelijk Tabel 2.4 en Tabel 2.5).

Tabel 2.4 Uitgevoerde ronden drainwaterbemonstering (aantal bedrijven).

Seizoen	Ronden uitgevoerd per bedrijf				Totaal bedrijven
	4	3	2	1	
2004/2005	3	7	8	7	25
2005/2006	0	19	7	0	26
2006/2007	6	11	18	8	43
2007/2008	38	4	2	0	44
2008/2009	37	11	5	2	55

Tabel 2.5 Uitgevoerde ronden slootwaterbemonstering in de winter (aantal bedrijven).

Seizoen	Ronden uitgevoerd per bedrijf				Totaal bedrijven
	4	3	2	1	
2004/2005	3	7	8	7	25
2005/2006	0	19	7	0	26
2006/2007	6	11	19	8	44
2007/2008	39	4	2	0	45
2008/2009	54	5	0	0	59

Per bedrijf worden zestien drainagebuizen geselecteerd. Minimaal twaalf drainagebuizen dienen bemonsterd te zijn om een geldige bemonstering te krijgen. Per bedrijf worden maximaal acht slootwaterpunten geselecteerd voor bemonstering, verdeeld over maximaal twee sloottypen. Er worden drie sloottypen onderscheiden: bedrijfseigen sloot, doorgaande sloot en langsgaande sloot. Per ronde worden één drainwatermengmonster en maximaal twee slootwatermengmonsters gemaakt. Voor dit onderzoek is bij de analyse geen onderscheid gemaakt tussen sloottypen.

Zomerprogramma voor slootwater

Sinds 2008 wordt het slootwater op de bedrijven ook in de zomer, van juni tot en met september, vier keer bemonsterd (vanaf 2011 is dit drie keer).

Tabel 2.6 Aantal uitgevoerde ronden¹ voor slootwaterbemonstering in de zomer en het aantal betrokken bedrijven.

Seizoen	Ronden uitgevoerd per bedrijf					Totaal bedrijven
	5	4	3	2	1	
2008	0	39	8	3	3	53
2009	3	36	8	5	4	56

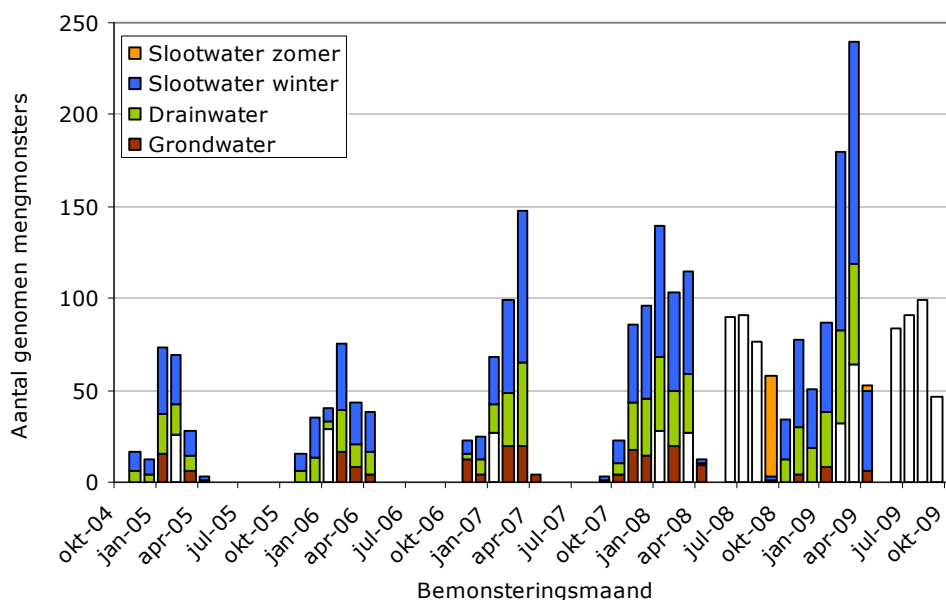
¹ Bij 5% van de bedrijven is een extra controleronde uitgevoerd. Deze ronde telt wel mee in het aantal uitgevoerde ronden.

Niet op alle bedrijven kunnen in de zomer sloten worden bemonsterd, omdat op sommige bedrijven de sloten de hele zomer droogstaan. Op andere bedrijven blijkt het tijdens droge perioden niet mogelijk slootwaterbemonsteringen uit te voeren, waardoor niet alle ronden uit te voeren zijn.

Periode van bemonstering

De meeste grondwaterbemonsteringen in het winterseizoen zijn uitgevoerd in de periode januari-maart (Figuur 2.2). Een enkele keer vindt bemonstering nog plaats in april. De drainwater- en slootwaterbemonsteringen mogen vanaf oktober starten, maar ook hier ligt de nadruk later in het winterseizoen, tussen november en maart.

De meeste slootwaterbemonsteringen in het zomerseizoen zijn uitgevoerd tussen juni en september.



Figuur 2.2 Timing van bemonstering van watertypen en aantallen monsters per maand.

2.4.2

Chemische analyses

Twee typen watermonsters worden geanalyseerd: individuele monsters en mengmonsters (zie voor details Wattel-Koekkoek et al., 2008 en De Goffau et al., 2012b).

De individuele monsters worden geanalyseerd op:

- algemene karakteristieken: zuurgraad (pH), geleidingsvermogen (EC) en zuurstofconcentratie en ~verzadiging (O_2) (alleen bij grondwater en sinds 2006);
- stikstofcomponenten: nitraat (NO_3)

De mengmonsters worden na filtratie uitgebreider geanalyseerd op:

- algemene karakteristieken: opgeloste organische koolstof (DOC);
- stikstofcomponenten: nitraat (NO_3), ammonium (NH_4) en totaal-N;

- fosfaatcomponenten: opgelost totaal-P en ortho-P (molybdaat reactief P);
- macro-elementen:
 - kationen: calcium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na);
 - anionen: sulfaat (SO_4), chloride (Cl);
- spoorelementen: arseen (As), cadmium (Cd), chroom (Cr), ijzer (Fe), koper (Cu), lood (Pb), mangaan (Mn), nikkel (Ni), zink (Zn).

De concentratie organisch-N wordt berekend als het verschil tussen de concentratie totaal-N en de som van de concentraties $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$. De concentratie organisch-P wordt berekend als het verschil tot de concentratie totaal-P en ortho-P.

2.4.3 *Aanvullende data*

Bodemtype en drainageklasse

Voor de analyse en de bespreking van de resultaten in relatie tot de grondsoortverdeling zijn alle typen kleigronden (zeeklei, rivierklei, oude klei) tot één categorie samengenomen (klei) en zijn de grondsoorten zand en moerige grond samengevoegd tot de categorie zand.

Voor de analyse en bespreking van de resultaten in relatie tot het gemiddelde grondwaterstandsverloop binnen een jaar, zijn de grondwatertrappen (Gt's; De Vries et al., 2003) gegroepeerd in drie drainageklassen. De drainageklasse wordt gezien als een maat voor de natuurlijke ontwateringstoestand van de gronden. De drie drainageklassen zijn:

- nat: Gt I, II, II*, III, III* en IV;
- neutraal: Gt V, V* en VI;
- droog: Gt VII en VII*/VIII.

De informatie over bodemtype en grondwatertrap is afkomstig van de gegeneraliseerde bodem- en Gt-kaarten van Nederland (Van Drecht en Schepers, 1998), die gebaseerd zijn op de normale 1:50.000 bodem- en Gt-kaarten. De ligging van de percelen van de deelnemende bedrijven wordt digitaal vastgelegd. Door middel van vergelijking van de perceelsligging en de bodem- en Gt-kaarten, wordt per bedrijf de percentuele bodem- en Gt-verdeling vastgesteld. De Gt-verdeling is gebaseerd op de grondwatertrappen van de Nederlandse bodemkaart die zijn opgenomen tussen 1960 tot 1995 (De Vries et al., 2003). Later toegepaste drainage is niet meegenomen; dit kan de huidige, werkelijke, grondwaterstand hebben veranderd. Ook is het areaal veengrond de afgelopen jaren afgenomen door mineralisatie van het veen (De Vries et al., 2008). Het berekende percentage veen op de bedrijven kan daardoor overschat zijn.

Gedraineerd oppervlak

Het percentage gedraineerd oppervlak is het percentage van een bedrijf dat gedraineerd is met buisdrainage. Dit wordt bepaald door per bedrijf per perceel te registreren of het perceel gedraineerd is met buisdrainage of niet. Op basis hiervan wordt per bedrijf berekend wat het oppervlaktaandeel van de gedraineerde percelen is op bedrijfsniveau.

2.5 Analyses gegevens

In dit rapport wordt gerapporteerd over verschillende perioden, afhankelijk van of over de landbouwpraktijk of over de waterkwaliteit wordt gesproken. De waterkwaliteit wordt gemeten in het winterseizoen, waarbij een seizoen van oktober tot april loopt. De landbouwpraktijk wordt bepaald over een kalenderjaar en betreft dus het groeiseizoen in de zomer. De landbouw van de voorgaande zomer beïnvloedt de waterkwaliteit in het navolgende uitspoelingsseizoen. De gemeten waterkwaliteit in het winterseizoen van bijvoorbeeld 2004/2005 is in het rapport gerelateerd aan de landbouwpraktijk van zomer 2004.

Binnen het LMM wordt bij publiceren van groepsgemiddelden een minimum van zeven bedrijven in een groep gehanteerd om de privacy van de deelnemende landbouwers te kunnen waarborgen. Hierdoor worden voor jaren waarin minder dan zeven bedrijven in een groep voorkomen, geen resultaten gegeven. Het aantal hokdier- en overige dierbedrijven in het standaard-zandprogramma is beperkt. Bovendien is maar een deel van deze bedrijven opgenomen in het nat-zandprogramma. Hierdoor zijn onvoldoende bedrijven beschikbaar om per jaar cijfers te kunnen publiceren voor deze groep apart (Tabel 2.1). Voor akkerbouw- en melkveebedrijven zijn wel voor alle jaren voldoende bedrijven in het nat-zandprogramma om gemiddelden te kunnen publiceren (> 7 bedrijven). Voor de melkveebedrijven is bovendien een verdere opdeling naar gebied gemaakt.

Bedrijfskarakteristieken en landbouwpraktijk

De kentallen van bedrijfskarakteristieken zijn in deze studie berekend voor:

- de bedrijven die deelnemen aan het nat-zandprogramma (hoofdstuk 3);
- de bedrijven die deelnemen aan het standaard-zandprogramma, maar niet aan het nat-zandprogramma (hoofdstuk 2 in het Bijlagenrapport).

Dit om beide groepen met elkaar te kunnen vergelijken (zie hoofdstuk 2 in het Bijlagenrapport voor resultaten). Alleen bedrijven behorende tot de LMM-steekproef zijn meegenomen in de analyse. Onder de LMM-steekproef worden alleen de bedrijven verstaan die aselekt zijn geselecteerd uit het Informatienet en voldoen aan de LMM-criteria (paragraaf 2.1). Daarnaast zijn, eveneens voor vergelijking, de karakteristieken berekend voor alle vergelijkbare bedrijven in de Landbouwtelling (hoofdstuk 2 in het Bijlagenrapport).

De kengetallen voor de toestand en trendanalyse (hoofdstuk 4 en 5) zijn bepaald voor de bedrijfsvoering, nutriëntenoverschotten en bemesting voor de twee hierboven genoemde groepen in de LMM-steekproef in de Zandregio. Gemiddelden voor de periode 2004-2008 zijn bepaald door de jaargemiddelde waarden ongewogen te middelen.

Van verschillende kengetallen zijn het gemiddelde en de standaardfout van het gemiddelde berekend met Excel. Met behulp van de standaardfout is het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde bepaald (B Tabellen in het Bijlagenrapport). Het 95%-betrouwbaarheidsinterval geeft de onder- en bovengrens aan

waarbinnen het gemiddelde in 95% van de gevallen zal liggen als opnieuw een steekproef getrokken zou worden.

Worden voor een kengetal bijvoorbeeld twee jaren met elkaar vergeleken en de betrouwbaarheidsintervallen van de gemiddelden van die twee jaren overlappen elkaar nergens, dan kan worden gezegd dat de gemiddelden van die twee jaren significant van elkaar verschillen met een zekerheid van 95%. Is er wel sprake van overlap van de betrouwbaarheidsintervallen, dan is er geen significant verschil, althans niet als een betrouwbaarheid van 95% of meer wordt verlangd.

Waterkwaliteit

Voor de analyses van de waterkwaliteit zijn alle bedrijven in het nat-zandprogramma meegenomen waarvan waterkwaliteitsgegevens beschikbaar waren. Een vijftal bedrijven was niet aselekt gekozen, maar namen deel aan het derogatiemeetnet vanuit aparte onderzoeksprogramma's (Noord Friese Wouden en Caring Dairy). Daarnaast waren er drie bedrijven in het nat-zandprogramma die deelnamen aan de Referentie Monitor (RM). Deze monitor was gericht op bedrijven met een relatief laag gebruik van stikstof uit dierlijke mest, en was een aanvulling op het derogatiemeetnet en was bedoeld ter onderbouwing van nieuwe derogatieverzoeken (De Goffau et al., 2012a). De RM is afgesloten per 2010. Van deze bedrijven zijn geen gegevens over de bedrijfsvoering opgenomen in dit rapport.

Per bedrijf, ronde en watertype zijn één of twee mengmonsters gemaakt en geanalyseerd. Op basis van deze gegevens zijn rondegemiddelden berekend door de meetwaarden van de mengmonsters per ronde te middelen. Vervolgens is het bedrijfsgemiddelde per jaar berekend door de rondegemiddelden te middelen per watertype per jaar, waarbij iedere ronde even zwaar meetelt. Bij grondwater is het rondegemiddelde gelijk aan het bedrijfsgemiddelde per jaar, omdat er maar één monsterronde heeft plaatsgevonden. Indien de analysewaarden van een element onder de detectielimiet vallen, wordt waarde '0' gebruikt in de verwerking van de gegevens.

De waterkwaliteit gepresenteerd over de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009 (hoofdstuk 6) betreft een per bedrijf per watertype gemiddelde over de gehele meetperiode, waarbij de beschikbare jaargemiddelden per bedrijf zijn gemiddeld. Hierbij geldt dat een wisseling in bedrijfstype gedurende de meetperiode, een nieuwe waarneming oplevert. Hierdoor zijn er over de gehele periode gegevens beschikbaar van 73 bedrijven (Tabel 2.7) in plaats van de 66 feitelijk bedrijven die hebben deelgenomen. De hokdierbedrijven zijn niet als aparte groep meegenomen omdat er minder dan zeven bedrijven beschikbaar waren. Ze zijn wel meegenomen bij presentatie van de resultaten voor het gehele programma.

Voor de hokdierbedrijven en overige dierbedrijven zijn geen gemiddelde waterkwaliteitscijfers gepresenteerd per jaar als aparte groep (hoofdstuk 7). Voor deze bedrijfstypen zijn de cijfers wel meegenomen bij de presentatie van de resultaten van het gehele programma. Voor de akkerbouw- en melkveebedrijven zijn wel aparte trends in waterkwaliteit gepresenteerd.

Tabel 2.7 Aantal beschikbare bedrijven¹ waar waterkwaliteitsgegevens over beschikbaar zijn in de periode 2004/2005 tot en met 2008/2009.

Bedrijfstype	Zandgebied			Totaal
	Noord	Midden	Zuid	
Akkerbouw	11	4	6	21
Hokdier	0	1	2	3
Melkvee	14	17	9	40
Overig	0	4	5	9
Totaal	25	26	22	73

¹ Een bedrijf kan twee keer voorkomen als het gedurende de onderzoeksperiode van bedrijfstype is veranderd. Het aantal unieke bedrijven is 66.

Om de verschillende groepen op eenvoudige wijze met elkaar te kunnen vergelijken zijn naast gemiddelden ook de significante verschillen tussen de groepen berekend met behulp van een ANOVA, aangevuld met een post-hoc test (T-test gecorrigeerd voor meervoudige toetsen met de Holm-correctie). Hiervoor is gebruikgemaakt van het statistische programma R. Een verschil tussen groepen is significant indien $p \leq 0,05$. Verschillende hoofdletters binnen een kolom of binnen een rij in een tabel betekenen dat de concentraties van die groepen (binnen een kolom of rij) significant verschillend zijn, met $p \leq 0,05$ (zie bijvoorbeeld Tabel 6.1). Indien een gemiddelde met afwijking wordt gegeven, wordt de standaard afwijking (oftewel sd) gebruikt.

De gegevens zijn gecontroleerd op normaliteit. Indien bleek dat de data niet normaal verdeeld waren, zijn de data getransformeerd (wortel-transformatie). Indien er een verschil bleek te zijn in significante verschillen tussen de groepen tussen ANOVA's uitgevoerd op niet-getransformeerde en getransformeerde data, zijn de resultaten van zowel de niet-getransformeerde als van de getransformeerde gegevens gegeven.

3 Karakteristieken van steekproef en steekproefbedrijven

3.1 Door het LMM in de Zandregio vertegenwoordigd areaal

Landbouw in de Zandregio

De Zandregio omvat ongeveer 47% van de Nederlandse cultuurgrond (Tabel 3.1), en is daarmee de regio die het grootste aandeel heeft. Van het landbouwareaal in de Zandregio is 53% grasland (Tabel 2.1 in het Bijlagenrapport). Melkveebedrijven hebben tussen 2004 en 2008 gemiddeld 48% van de cultuurgrond in de Zandregio in gebruik, gevolgd door de akkerbouwbedrijven (17%) en overige graasdierbedrijven (14%). De resterende bedrijfstypen beslaan beduidend minder cultuurgrond. De cultuurgrond in de Zandregio is daarmee voor ongeveer twee derde deel in gebruik bij graasdierbedrijven (melkveebedrijven en overig graasdierbedrijven). Over de jaren blijft het aandeel cultuurgrond per bedrijfstype vrij constant (Bijlagenrapport, hoofdstuk 2).

Tabel 3.1 Gemiddelde verdeling van de cultuurgrond (%) over de LMM-regio's en uitgesplitst naar de belangrijkste bedrijfstypen voor de Zandregio (%) op basis van de Landbouwtelling 2004-2008.

Aandeel cultuurgrond per regio	%	Verdeling cultuurgrond Zandregio	%
LMM-Zandregio	47	Akkerbouwbedrijven	17
LMM-kleiregio	40	Tuinbouwbedrijven	2,7
LMM-veenregio	12	Blijvende teeltbedrijven	1,7
LMM-lössregio	1,6	Melkveebedrijven	48
		Overige graasdierbedrijven	14
		Hokdierbedrijven	5,4
		Gewassencombinaties	1,7
		Veeteeltcombinaties	3,5
		Overige combinaties	6,5

Bron: CBS-Landbouwtelling.

Dekkingsgraad van het LMM in de Zandregio

Van het areaal cultuurgrond in de Zandregio, zoals gegeven door de Landbouwtelling, wordt 83% vertegenwoordigd door bedrijven die in de LMM-steekproef zitten (Tabel 3.2). Het aantal landbouwbedrijven dat door de LMM-steekproef wordt gedekt, is met 47% veel lager (Tabel 3.3). Dit wordt vooral veroorzaakt door de selectiegrens van minimaal 10 hectare die voor het LMM wordt gehanteerd. Hierdoor vallen kleine bedrijven buiten de steekproef, terwijl grote bedrijven die veel oppervlakte beslaan, wel meegenomen worden. Het beeld voor de Zandregio is zeer vergelijkbaar met het beeld voor Nederland.

Tabel 3.2 Gemiddeld areaal cultuurgrond gedekt door de LMM-steekproef voor Nederland als geheel en voor de Zandregio.

	Totaal areaal x 1000 ha	Areaal gedekt door LMM- steekproef x 1000 ha	%
Nederland	1922	1564	81
Zandregio	897	742	83
Zand Noord	319	290	91
Zand Midden	303	255	84
Zand Zuid	275	198	72

Bron: CBS-Landbouwtelling.

Per zandgebied verschilt de mate waarin de LMM-steekproef het areaal en het aantal bedrijven vertegenwoordigt (Tabel 3.2 en Tabel 3.3). Het door de LMM-steekproef vertegenwoordigde areaal cultuurgrond in Zand Midden, komt goed overeen met de dekkingsgraad van de totale Zandregio (respectievelijk 84% en 83%). In Zand Noord is het door de LMM-steekproef vertegenwoordigde areaal aanzienlijk hoger, terwijl het in Zand Zuid juist lager is (Tabel 3.2). De oorzaak van deze verschillen ligt vooral in de ondergrens van 10 ha. In Zand Zuid blijken relatief veel kleine bedrijven te zijn (Tabel 3.3), waardoor ook het vertegenwoordigde areaal lager is.

Tabel 3.3 Gemiddeld aantal bedrijven gedekt door de LMM-steekproef voor Nederland als geheel en voor de Zandregio.

	Totaal aantal x 1000	Aantal gedekt door LMM-steekproef x 1000	%
Nederland	79	36	46
Zandregio	42	20	47
Zand Noord	9,2	5,7	62
Zand Midden	17	8,2	48
Zand Zuid	16	5,9	37

Bron: CBS-Landbouwtelling.

3.2 Bedrijfsstructuur van de steekproefbedrijven

3.2.1 Akkerbouw

De akkerbouwbedrijven in het nat-zandprogramma verbouwen vooral aardappels, suikerbieten en granen (Tabel 3.4). Andere teelten, zoals voedergewassen, peulvruchten en graszaad, komen in mindere mate voor (Bijlagenrapport, paragraaf 3.2). In vergelijking met een gemiddeld akkerbouwbedrijf in de Zandregio (uit de Landbouwtelling) en met het gemiddelde overig LMM-akkerbouwbedrijf in de Zandregio (LMM-bedrijven die niet deelnemen aan het nat-zandprogramma), verbouwen de nat-zandbedrijven meer aardappelen en suikerbieten, en minder voedergewassen (Bijlagenrapport, Tabel 3.1). De nat-zandbedrijven zijn een stuk groter dan een gemiddeld akkerbouwbedrijf in de Zandregio (60 à 70% groter), maar dat geldt voor alle LMM-deelnemers. Dit verschil is niet-significant door de grote spreiding in oppervlakte cultuurgrond bij de bedrijven in het nat-zandprogramma.

Een voor de evaluatie relevant vraag is in welke mate de akkerbouwbedrijven in het nat-zandprogramma een afspiegeling vormen van de akkerbouwbedrijven op de natte zandgronden.

Hierbij rekening houdend met bestaande (verklaarbare) verschillen tussen de LMM-steekproefpopulatie en de Landbouwtellingpopulatie.

Tabel 3.4 Aantal bedrijven en de gemiddelde bedrijfsstructuur van de akkerbouwbedrijven in het nat-zandprogramma in de periode 2004-2008.

	2004	2005	2006	2007	2008	Gem.
Aantal waarnemingen	10	9	10	17	17	13
Oppervlakte cultuurgrond (ha)	87	89	85	94	95	90
% aardappelen	44	41	42	40	41	42
% suikerbieten	22	22	20	20	23	21
% granen	20	27	26	25	24	24
% voedergewassen	5,0	1,5	3,8	6,5	6,2	4,6
% overig & braak	8,1	8,2	6,3	7,4	5,0	7,0

Bron: CBS-Landbouwtelling 2004-2008, bewerking LEI.

De gemiddelde bedrijfsomvang van de akkerbouwbedrijven neemt over de jaren toe met bijna 10% (Tabel 3.4). Hoewel dit veroorzaakt zou kunnen zijn door de uitbreiding van het programma van tien naar zeventien bedrijven in 2007, is de toename in het areaal vergelijkbaar met de algemene ontwikkeling op akkerbouwbedrijven in de Zandregio (Bijlagenrapport, paragraaf 3.2). Het aandeel aardappelen en suikerbieten lijkt vrij stabiel over de jaren. Het aandeel granen, voedergewassen en overig & braak fluctueert meer, maar vertoont geen duidelijke trend.

3.2.2 Melkvee

Bedrijfsstructuur

De melkveebedrijven in het nat-zandprogramma hebben gemiddeld 73% grasland en daarnaast 23% snijmaïs (Tabel 3.5). Dit is nauwelijks verschillend van een gemiddeld Landbouwtellingsbedrijf in de Zandregio (75% om 22%). Voor de meeste jaren geldt dat de LMM-melkveebedrijven groter zijn (meer hectare, meer dieren) dan de bedrijven in de Landbouwtelling (Bijlagenrapport, paragraaf 3.3). Nat-zandbedrijven hebben gemiddeld 83 melkkoeien en 8,8 stuks jongvee per 10 melkkoeien per melkveebedrijf, dit is meer dan een gemiddeld Landbouwtellingsbedrijf (67 om 7,3) en ook meer dan een gemiddeld overig LMM-melkveebedrijf in de Zandregio (74 om 7,5) (Bijlagenrapport, Tabel 3.2). Omdat ook het oppervlak cultuurgrond bij de nat-zandbedrijven gemiddeld hoger is, resulteert dit voor de meeste jaren toch in gemiddeld lagere aantallen dieren per hectare.

Een voor de evaluatie relevante vraag is in welke mate de melkveebedrijven in het nat-zandprogramma een afspiegeling vormen van de melkveebedrijven in de natte delen van de Zandregio. Hierbij rekening houdend met bestaande (verklaarbare) verschillen tussen de LMM-steekproefpopulatie en de Landbouwtellingpopulatie.

De afgelopen jaren is het aantal melkkoeien en het oppervlak cultuurgrond toegenomen, terwijl de jongveebezetting is afgenomen (Tabel 3.5). Dit heeft geresulteerd in een daling van het totale aantal dieren per hectare. De richting van de trends komt overeen met de

algemene ontwikkeling op melkveebedrijven in de Zandregio (Bijlagenrapport, paragraaf 3.3), maar is daar veel minder sterk dan bij de nat-zandbedrijven. In het nat-zandprogramma speelt de uitbreiding in 2006 van 12 naar 27 bedrijven mogelijk een rol.

Bij de overige LMM-zandbedrijven en de Landbouwtellingbedrijven lijkt er sprake van een duidelijke toename van percentage grasland en afname van percentage overige gewassen (Bijlagenrapport, paragraaf 3.3). De derogatie-eis van minimaal 70% grasland op het bedrijf, zal hiervoor mogelijk een oorzaak zijn. In het nat-zandprogramma zijn deze trends niet zichtbaar (Tabel 3.5).

Tabel 3.5 Gemiddelde bedrijfsstructuur van de melkveebedrijven in het nat-zandprogramma in de periode 2004-2008.

	2004	2005	2006	2007	2008	Gem.
Aantal waarnemingen	13	12	27	27	29	22
Opp. cultuurgrond	45	52	54	55	59	53
Aantal melkkoeien	74	79	84	86	91	83
Jongvee/10 melkkoeien	10	9,9	8,2	8,0	8,1	8,8
Totaal dieren (GVE/ha)	2,95	2,36	2,30	2,12	2,20	2,39
% grasland	71	75	73	72	73	73
% snijmaïs	24	23	21	22	23	23
% overig	5,3	2,7	6,6	5,7	3,5	4,8

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

Er is een duidelijk geografisch verschil in bedrijfsgrootte en intensiviteit. De bedrijven in Zand Noord zijn gemiddeld groter in oppervlak en aantal koeien dan in Zand Midden en Zand Zuid, maar ook extensiever (Bijlagenrapport, paragraaf 3.4, gebaseerd op gegevens van de overige LMM-melkveebedrijven). De melkveebedrijven in Zand Zuid zijn, hoewel relatief klein, ook het intensiefst. Ook wat betreft snijmaïs is deze tweedeling te zien; in Zand Noord is het aandeel snijmaïs relatief klein, terwijl het aandeel in Zand Midden en Zand Zuid gemiddeld hoger is.

Bedrijfsvoering

De melkveebedrijven van het nat-zandprogramma produceren gemiddeld ruim 8700 kg melk per koe en 15 ton melk per hectare (Tabel 3.6). Dit is meer dan de productie op de overige LMM-melkveebedrijven (Bijlagenrapport, paragraaf 3.3). Er is geen duidelijke trend zichtbaar in bedrijfsvoering over de jaren (Tabel 3.6), al zijn er wel fluctuaties.

Tabel 3.6 Gemiddelde bedrijfsvoering op melkveebedrijven.

	2004	2005	2006	2007	2008	Gem.
Aantal waarnemingen	13	12	27	27	29	22
Ton melk/ha voeroppervlak (FPCM) ¹	16	14	15	15	15	15
Kg melk/koe (FPCM) ¹	8558	8749	8834	8843	8717	8740
% weide-uren melkkoe (mei-okt)	46	48	40	37	35	41
% maaien	273	308	271	318	309	296
% opslagcapaciteit dierlijke mest	148	138	136	153	151	145

¹ Fat and protein corrected milk

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

Ook de bedrijfsvoering laat duidelijke geografische verschillen zien. De melkproductie per hectare is gemiddeld het hoogst in Zand Zuid en het laagst in Zand Noord (Bijlagenrapport, paragraaf 3.4, gebaseerd op gegevens van de overige LMM-melkveebedrijven). De melkproductie per koe is ook het hoogst op de melkveebedrijven in Zand Zuid, terwijl die in Zand Noord en Zand Midden lager is.

3.2.3 Overige dierbedrijven

Onderstaande beschouwing is gebaseerd op de gegevens van de LMM overige dierbedrijven in de Zandregio die niet deelnemen aan het nat-zandprogramma, omdat het aantal nat-zandbedrijven van dit type te klein is om gemiddelden te kunnen geven. In de in deze paragraaf beschreven resultaten zijn geen reguliere hokdierbedrijven meegenomen (paragraaf 2.1).

Er zijn grote verschillen tussen de overige dierbedrijven; sommige bedrijven hebben meerdere veehouderijtakken (hokdier, melkvee en/of graasdieren), terwijl andere bedrijven juist meer akkerbouw hebben. Hierdoor kan het gegeven gemiddelde, dat gebaseerd is op een beperkt aantal waarnemingen uit het LMM, behoorlijk afwijken van het algemeen gemiddelde voor de overige dierbedrijven in de Zandregio. De overige dierbedrijven hebben, net als de melkveebedrijven, vooral grasland (67%) en daarnaast snijmaïs (14%) (Tabel 3.7). Het aandeel aardappelen, suikerbieten en granen (11,5%) is duidelijk hoger dan het percentage overige gewassen op de melkveebedrijven (4,8%). Het aantal dieren per areaal (2,78 GVE/ha) is hoger dan bij de melkveebedrijven (2,39 GVE/ha) (Tabel 3.5). Het hogere aantal dieren per hectare op overige dierbedrijven wordt vooral veroorzaakt door het voorkomen van hokdieren op deze bedrijven. Het aantal melkkoeien is juist lager dan bij de melkveebedrijven.

De overige dierbedrijven in het LMM zijn gemiddeld groter dan de overige dierbedrijven uit de Landbouwtelling. De LMM-bedrijven hebben meer melkvee waardoor het aantal graasdieren per hectare groter is dan in de Landbouwtelling. Het totale aantal dieren per hectare is juist weer wat lager dan in de Landbouwtelling (Bijlagenrapport, paragraaf 3.6). Verder blijken de LMM-bedrijven meer grasland te hebben dan gemiddeld en juist minder snijmaïs.

De bedrijfsstructuur in 2004 wijkt behoorlijk af van die van de andere jaren (Tabel 3.7). Dit is veroorzaakt door een grote invloed van een of

enkele bedrijven die afweken van de andere bedrijven. Door de toename van het aantal bedrijven en eventuele vervanging of verandering van de afwijkende bedrijven, is de bedrijfsstructuur meer vergelijkbaar geworden.

De gemiddelde bedrijfsomvang van de overige dierbedrijven in het LMM fluctueert sterk, ook na 2004. Er lijkt na 2004 een lichte toename te zijn in areaal aardappels en suikerbieten en een lichte afname van het areaal snijmaïs.

Tabel 3.7 Aantal bedrijven en gemiddelde bedrijfsstructuur van de overige dierbedrijven¹ in de Zandregio in de periode 2004-2008.

	2004	2005	2006	2007	2008	Gem.
Aantal waarnemingen	8	9	16	16	16	13
Opp. cultuurgrond	73	40	35	40	46	47
% aardappelen	5,8	0,8	0,0	2,1	2,2	2,2
% suikerbieten	11	1,9	2,0	2,3	3,1	4,1
% granen	7,4	0,0	5,8	7,8	5,1	5,2
% snijmaïs	22	15	11	9,2	12	14
% grasland	33	70	80	77	76	67
Aantal melkkoeien	40	28	31	31	36	33
Jongvee/10 melkkoeien	7,5	8,3	15	14	6,2	10
Totaal dieren (GVE/ha)	1,87	3,34	3,24	2,55	2,91	2,78

¹ Gebaseerd op gegevens van LMM-bedrijven in de Zandregio die niet deelnemen aan het nat-zandprogramma.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

3.3 Fysische karakteristieken van de steekproefbedrijven

3.3.1 Grondsoort

De dominante grondsoort op de bedrijven in het nat-zandprogramma is meestal zandgrond (Figuur 3.1). Gemiddeld heeft een bedrijf 74% zandgrond, 16% veengrond en 9% kleigrond (Tabel 3.8). De grondsoortverdeling in de drie zandgebieden is verschillend en dit hangt samen met de geologie en geschiedenis van de ontginning. Zand Noord heeft van oorsprong veel hoogveengebieden, welke deels zijn afgegraven voor turfwinning. Veel van deze gronden zijn nu moerig (dalgronden) (De Vries et al., 2008). Dit is ook zichtbaar bij de bemonsterde bedrijven, waarbij gemiddeld meer veengrond voorkomt in Zand Noord. Bedrijven waarop kleigrond dominant is, liggen vooral dicht bij de zeeleiregio. In het midden van het land komen enkele bedrijven voor op rivierklei. In Limburg heeft één bedrijf dominant lössgrond.

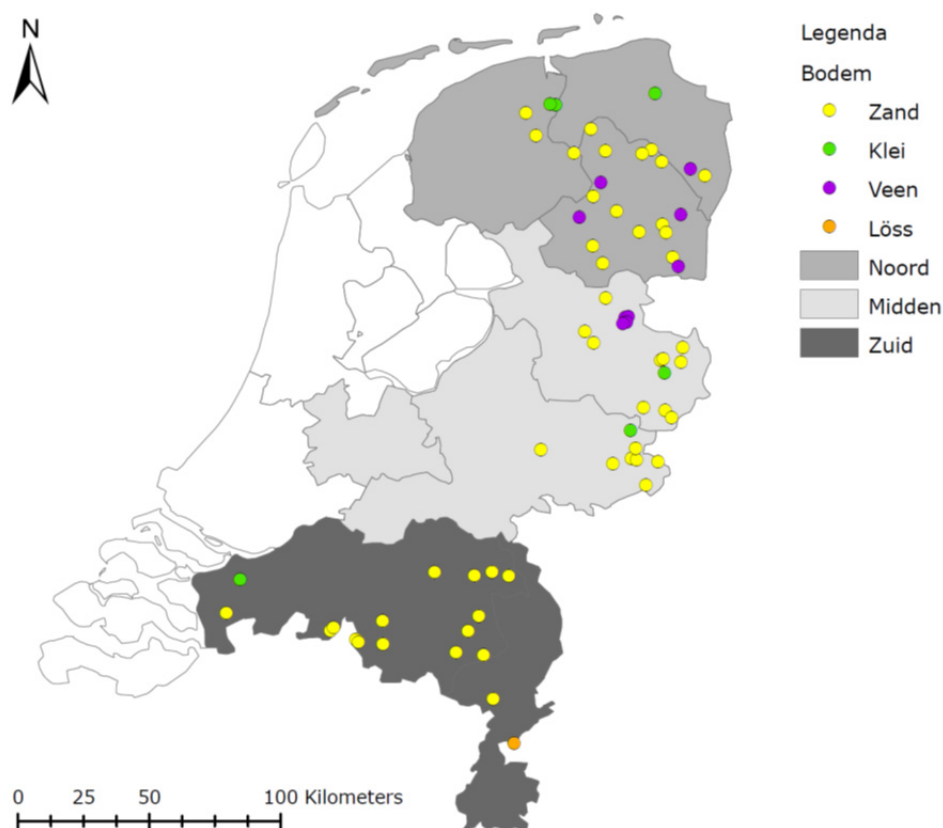
Tabel 3.8 Gemiddelde grondsoortverdeling per bedrijfstype en voor het hele programma van de natte delen van de Zandregio (%).

Bedrijfstype		Aantal	Zand	Veen	Klei	Löss
Akkerbouw		21	74	21	5	0
Melkvee	Totaal	40	76	12	11	1
	<i>Noord</i>	14	60	22	18	0
	<i>Midden</i>	17	84	7	9	0
	<i>Zuid</i>	9	86	8	1	5
Overig		9	80	14	1	5
Totaal ¹		66	74	16	9	1

¹ Gecorrigeerd voor het dubbele voorkomen van zeven bedrijven die in de meetperiode van bedrijfstype zijn veranderd.

Dat er diverse bedrijven voorkomen waarvan een groot deel van het areaal op klei- of veengrond ligt (Figuur 3.1), is een gevolg van de opdeling in regio's. Daarbij speelt een rol dat de indeling in regio's is gebaseerd op gemeentegrenzen. De Zandregio omvat de gemeenten waarvan de dominante grondsoort binnen de gemeente zand is. Zoals in de inleiding opgemerkt, is dit na de zomer van 2012 gewijzigd. Nu worden de regio's ingedeeld op basis van postcodegebieden. Hoewel dit tot homogener regio's leidt, zullen altijd andere grondsoorten voor blijven komen. Dat een bedrijf in de Zandregio ligt, wil dus niet zeggen dat het bedrijf ook daadwerkelijk (volledig) op zandgrond ligt. Bovendien komen er ook bedrijven met (overwegend) zandgrond voor buiten de Zandregio.

De afgelopen jaren is uit het LMM gebleken dat de gemiddelde nitraatconcentraties op veen- en kleigronden lager zijn dan op zandgronden (Hooijboer et al., 2007; Swen et al., 2010). Het voorkomen van deze grondsoorten in de Zandregio kan dus een verlagend effect op de gemiddelde nitraatconcentratie hebben (Boumans en Fraters, 2011). Akkerbouwbedrijven hebben relatief veel veengrond op het bedrijf (21%) (Tabel 3.8), omdat er relatief veel akkerbouwbedrijven in Zand Noord liggen. Bij melkveebedrijven komt veengrond gemiddeld minder voor (12%), door de betere spreiding over de Zandregio. Voor melkveebedrijven kan een uitsplitsing gemaakt worden naar gebied. Melkveebedrijven in Zand Noord liggen duidelijk vaker op afwijkende grondsoorten dan in Zand Midden en Zand Zuid (Tabel 3.8). Dit verschil in grondsoort kan mogelijk invloed hebben op de gemiddelde waterkwaliteit van een gebied (Boumans en Fraters, 2011).



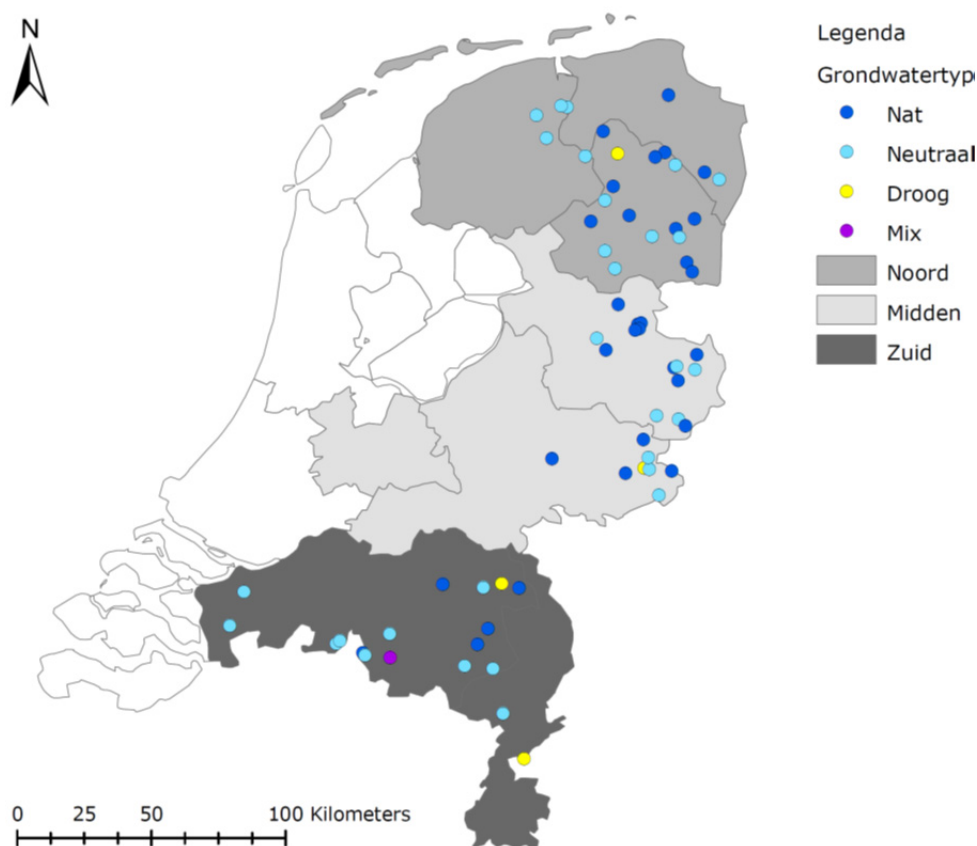
Figuur 3.1 Dominante grondsoort per bedrijf in nat-zandprogramma (dominant: grootste klasse van bedrijfsareaal).

3.3.2

Drainageklasse

De drainageklasse is een maat voor de natuurlijke ontwateringstoestand van de grond (zie paragraaf 2.4.3). De dominante klassen van de bedrijven in het nat-zandprogramma zijn nat en neutraal. Er lijken kleine regionale verschillen te zijn (Figuur 3.2). Zand Zuid lijkt iets droger dan Zand Noord en Zand Midden. Geen enkel bedrijf ligt volledig op droge grond – dat is ook niet waarschijnlijk op bedrijven die (deels) gedraineerd zijn.

Melkveebedrijven liggen vaak op (van oorsprong) nattere gronden, waarbij van noord naar zuid het areaal droog bedrijfsoppervlak toeneemt (Tabel 3.9). Akkerbouwbedrijven liggen vooral op neutrale gronden en overige bedrijven meer op droge gronden. Van oorsprong werden de beste gronden (goede ontwateringstoestand en nutriëntenstatus) gebruikt voor akkerbouw, terwijl de moeilijker bewerkbare (onder andere nattere) gronden voor veeteelt werden gebruikt. Ook bedrijven op gemiddeld drogere gronden kunnen in delen van het jaar nat zijn door de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen (bijvoorbeeld keileem in Zand Noord), waardoor drainage nodig kan zijn.



Figuur 3.2 Dominante drainageklasse per bedrijf in het nat-zandprogramma (dominant: grootste klasse mits > 40% van bedrijfsareaal, indien alles ≤ 40% is bedrijf als Mix gekarteerd).

Tabel 3.9 Gemiddelde drainagestatus per bedrijfstype en voor het hele programma voor de natte delen van de Zandregio (%).

Bedrijfstype	Aantal	Nat	Neutraal	Droog
Akkerbouw	21	34	57	9
Melkvee	40	43	47	10
	<i>Noord</i>	<i>14</i>	<i>40</i>	<i>53</i>
	<i>Midden</i>	<i>17</i>	<i>45</i>	<i>10</i>
	<i>Zuid</i>	<i>9</i>	<i>42</i>	<i>44</i>
Overig	9	27	43	30
Totaal ¹	66	40	49	11

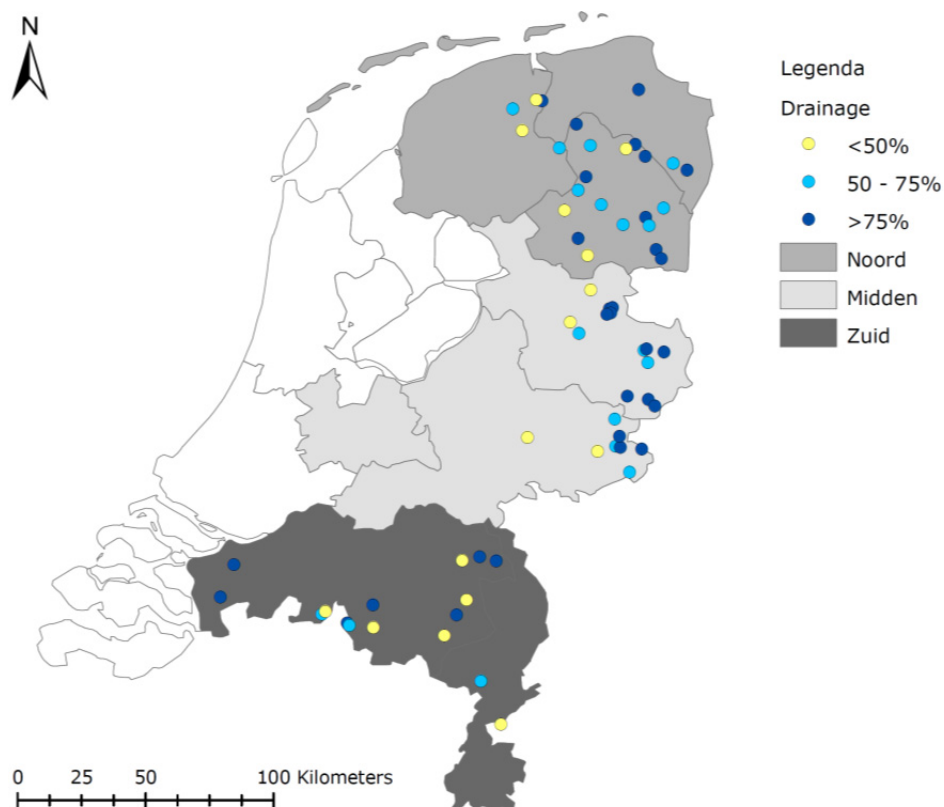
¹ Gecorrigeerd voor het dubbele voorkomen van zeven bedrijven die in de meetperiode van bedrijfstype zijn veranderd.

3.3.3

Gedraineerd oppervlak

In Zand Noord en Zand Midden lijken vooral de oostelijk gelegen bedrijven veel gedraineerd bedrijfsareaal te hebben (Figuur 3.3). In Zand Zuid lijkt er van regionale verschillen geen sprake. Vooral akkerbouwbedrijven hebben gemiddeld een groot deel van het bedrijfsareaal gedraineerd met buisdrainage (Tabel 3.10). Voor akkerbouwgewassen is een goede ontwatering en een goede drainage

essentieel. Melkveebedrijven in Zand Midden zijn meer gedraineerd dan in Zand Noord of Zuid. Dit lijkt niet gerelateerd aan de grondwaterstatus. Mogelijk zijn er andere oorzaken.



Figuur 3.3 Percentage met drainagebuizen-gedraineerd oppervlak per bedrijf in het nat-zandprogramma.

Tabel 3.10 Gemiddeld percentage van bedrijfsoppervlak gedraineerd met buisdrainage per bedrijfstype en voor het hele programma voor de natte zandgronden.

Bedrijfstype		Aantal	Areaal gedraineerd (%)	
Akkerbouw		21	81	
Melkvee	Totaal	38	66	
	Noord		14	58
	Midden		16	78
	Zuid		8	55
Overig		9	63	
Totaal ¹		64	70	

¹ Inclusief drie hokdierbedrijven, gecorrigeerd voor het dubbele voorkomen van zeven bedrijven die in de meetperiode van bedrijfstype zijn veranderd.

4 Toestand in bemesting en nutriëntenoverschotten

4.1 Bemesting met stikstof en fosfaat

De melkveebedrijven in het nat-zandprogramma bemesten gemiddeld over de periode 2004-2008 bijna twee keer zo veel stikstof per hectare (dierlijke mest en kunstmest samen) als akkerbouwbedrijven (Tabel 4.1). De overige dierbedrijven zitten ertussenin. Op de melkveebedrijven en overige dierbedrijven wordt dierlijke mest geproduceerd, waardoor er weinig dierlijke mest wordt aangevoerd en juist veel afgevoerd ten opzichte van de akkerbouwbedrijven. Op de melkveebedrijven is zowel de stikstofgift met kunstmest als met dierlijke mest gemiddeld hoger dan op de akkerbouw- en de overige dierbedrijven. De stikstofafvoer met gras (> 300 kg/ha) is veelal hoger dan bij mais (circa 180 kg/ha) en bij akkerbouwgewassen (meestal < 165 kg/ha), vooral vanwege een hoger stikstofgehalte in gras (Aarts et al., 2008; Van der Schoot en Van Dijk, 2001). In de normstelling voor gebruik van dierlijke mest en kunstmest is hier rekening mee gehouden.

Tabel 4.1 Periodegemiddelde bemestingsstromen en bemesting met stikstof per bedrijfstype in het nat-zandprogramma (als N in kg/ha per jaar).

Bedrijfstype	N ¹	Dierlijke mest			Mestgebruik		
		Mest-productie	Mest-aanvoer	Mest-afvoer	Dierlijke mest ²	Kunst-mest	Totale mest
Akkerbouw	13	4	134	6	137	85	222
Melkvee	22	274	18	28	263	141	404
Overig ³	13	230	38	53	216	98	314

¹ Gemiddeld aantal waarnemingen over de vijfjarige meetperiode.

² Inclusief overige organische meststoffen.

³ Gebaseerd op gegevens van LMM-bedrijven in de Zandregio die niet deelnemen aan het nat-zandprogramma.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

Ook voor fosfaat is het totale mestgebruik op melkveebedrijven gemiddeld hoger dan op de andere bedrijfstypen (Tabel 4.2). Het verschil is echter wel veel kleiner dan bij stikstof. Op melkveebedrijven en overige dierbedrijven wordt meer fosfaat met dierlijke mest geproduceerd dan aangewend en is er sprake van een netto afvoer. De aanvoer van dierlijke mest is duidelijk lager en de afvoer juist hoger bij deze bedrijfstypen dan bij de akkerbouwbedrijven, waar nauwelijks sprake is van mestproductie. Het fosfaat-kunstmestgebruik op melkveebedrijven is evenwel gemiddeld even hoog als dat op akkerbouwbedrijven.

Het stikstof- en fosfaatgebruik zijn iets hoger bij de akkerbouw- en melkveebedrijven in het nat-zandprogramma dan bij de overige LMM-akkerbouw- en melkveebedrijven in de Zandregio (gemiddeld 14-22 kg/ha stikstof en 6-13 kg/ha fosfaat).

Tabel 4.2 Periodegemiddelde bemesting met fosfaat (als P_2O_5 in kg/ha per jaar) per bedrijfstype in het nat-zandprogramma.

Bedrijfstype	N ¹	Dierlijke mest			Mestgebruik		Totale mest
		Mest-productie	Mest-aanvoer	Mest-afvoer	Dierlijke mest ²	Kunst-mest	
Akkerbouw	13	2	75	3	73	16	89
Melkvee	22	99	9	13	94	16	110
Overig ³	13	101	20	34	88	9	97

¹ Gemiddeld aantal waarnemingen over de vijfjarige meetperiode.

² Inclusief overige organische meststoffen.

³ Gebaseerd op gegevens van LMM-bedrijven in de Zandregio die niet deelnemen aan het nat-zandprogramma.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

4.2 Bedrijfs- en bodemoverschotten voor stikstof en fosfaat

Het stikstofoverschot op de bedrijfsbalans is het grootst op de melkveebedrijven en het kleinst op de akkerbouwbedrijven (Tabel 4.3). De overige dierbedrijven zitten ertussenin. Het fosfaatoverschot is het grootst bij de akkerbouwbedrijven, de melkvee- en overige dierbedrijven hebben een vergelijkbaar P-overschot. Het stikstofoverschot op de bodembalans (N-bodemoverschot) is groter dan op de bedrijfsbalans, maar de onderlinge verhouding tussen de bedrijfstypen is vergelijkbaar met het N-overschot op de bedrijfsbalans. Voor fosfaat is het bodemoverschot gelijkgesteld aan het overschot op de bedrijfsbalans.

Tabel 4.3. Mineralenboekhouding stikstof (als N in kg/ha per jaar) en fosfaat (als P_2O_5 in kg/ha per jaar) per bedrijfstype in het nat-zandprogramma.

Bedrijfstype	N ¹	N-overschot bedrijfsbalans	N-bodem-overschot	P-overschot bedrijfsbalans
Akkerbouw	13	100	130	45
Melkvee	22	191	201	33
Overig ²	13	168	164	34

¹ Gemiddeld aantal waarnemingen over de vijfjarige meetperiode.

² Gebaseerd op gegevens van LMM-bedrijven in de Zandregio die niet deelnemen aan het nat-zandprogramma.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

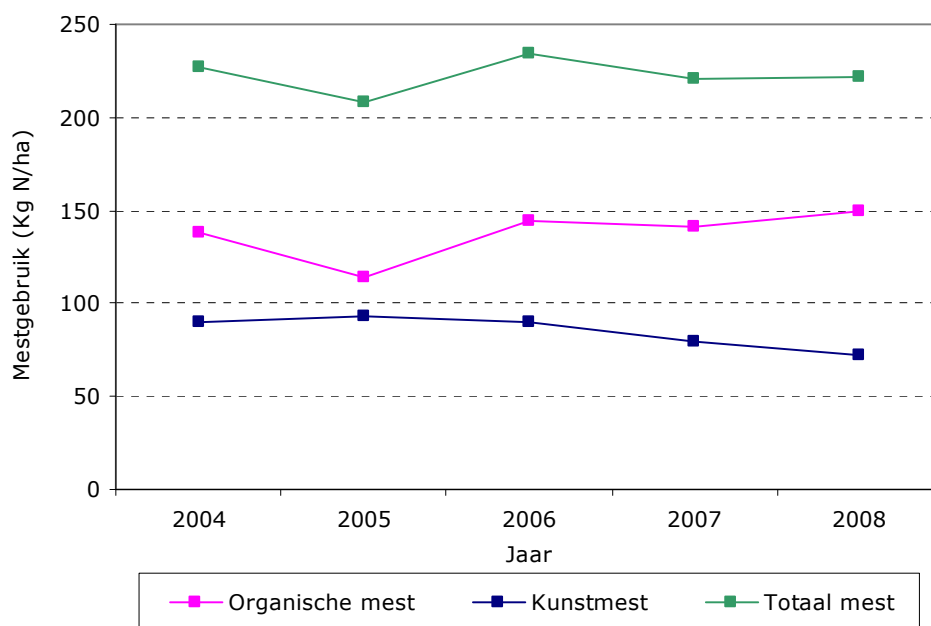
5 Trends in bemesting en nutriëntenoverschotten

5.1 Bemesting en overschotten op akkerbouwbedrijven

5.1.1 *Bemesting met stikstof en fosfaat*

Het stikstofgebruik (totaal) op de akkerbouwbedrijven van het nat-zandprogramma vertoont geen duidelijke trend (Figuur 5.1). Wel lijkt het gebruik van organische N (N uit dierlijke mest plus overige organische mest) wat toe te nemen, terwijl het gebruik van kunstmest-N juist afneemt. Dit zien we ook, zij het in iets mindere mate bij de overige LMM-akkerbouwbedrijven in de Zandregio (meest op wat drogere gronden) (Bijlagenrapport, Figuur 4.1).

De akkerbouwbedrijven uit het nat-zandprogramma gebruiken gemiddeld 10 tot 20 kg meer kunstmest-N en ook meer N uit dierlijke mest dan de overige LMM-akkerbouwbedrijven (Bijlagenrapport, paragraaf 4.2). Door de grote spreiding en het beperkte aantal waarnemingen is dit verschil niet significant.

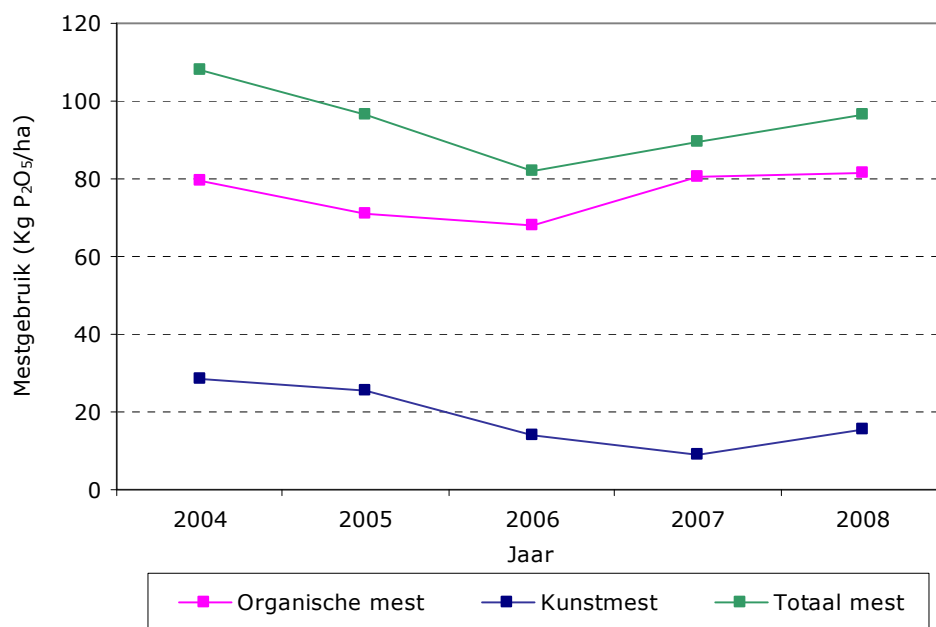


Figuur 5.1 Stikstofbemesting op akkerbouwbedrijven (als N in kg/ha) (organische mest is de som van dierlijke en overige organische mest).

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

De fosfaatbemesting met dierlijke mest en totaal mest op bedrijven uit het natte zandprogramma neemt tot 2006 af, waarna een stijging zichtbaar is (Figuur 5.2). Voor fosfaat uit kunstmest loopt de afname langer door (tot 2007). Dit zien we ook, zij het in iets minder mate bij de overige LMM-akkerbouwbedrijven (Bijlagenrapport, Figuur 4.2). De totale fosfaatbemesting op de bedrijven uit het nat-zandprogramma is gemiddeld 12-24 kg fosfaat per hectare per jaar hoger dan bij de overige LMM-akkerbouwbedrijven (Bijlagenrapport, paragraaf 4.2). Het

verschil wordt vooral veroorzaakt door de kunstmestgift, maar neemt in de loop der jaren wel iets af. De verschillen zijn niet significant.



Figuur 5.2 Fosfaatbemesting op akkerbouwbedrijven (als P₂O₅ in kg/ha) (organische mest is de som van dierlijke en overige organische mest).

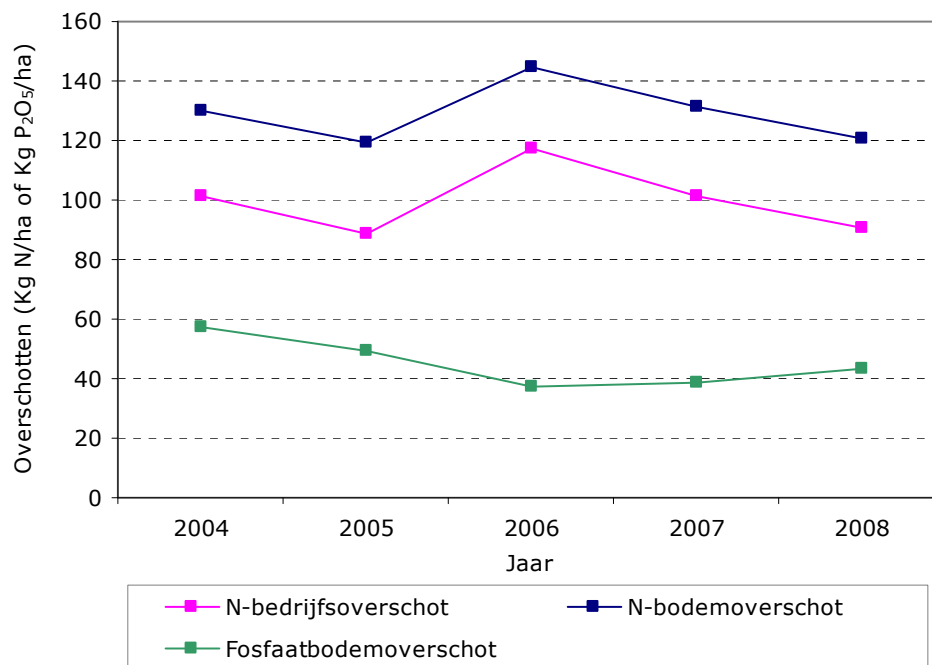
Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

5.1.2

Bedrijfs- en bodemoverschotten voor stikstof en fosfaat

Het bedrijfsoverschot en het bodemoverschot voor stikstof en fosfaat vertonen een vergelijkbaar verloop met het mestgebruik (Figuur 5.3). Voor stikstof is er geen trend en voor fosfaat een dalende trend. Bij de overige LMM-bedrijven stijgen het bedrijfs- en bodemoverschot voor stikstof licht en is er geen trend voor fosfaat. De fluctuaties in bedrijfs- en bodemoverschot zijn groter bij de bedrijven uit het nat-zandprogramma dan bij de overige LMM-zandbedrijven (Bijlagenrapport, paragraaf 4.2).

In alle jaren is het N-bodemoverschot hoger dan het N-bedrijfsoverschot, door de extra toevoer van stikstof uit atmosferische depositie en mineralisatie in de bodem.



Figuur 5.3 Bedrijfs- en bodemoverschot voor stikstof (als N in kg/ha) en fosfaat (als P₂O₅ in kg/ha) op akkerbouwbedrijven in het nat-zandprogramma in de periode 2004-2008.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

5.2 Bemesting en overschotten op melkveebedrijven

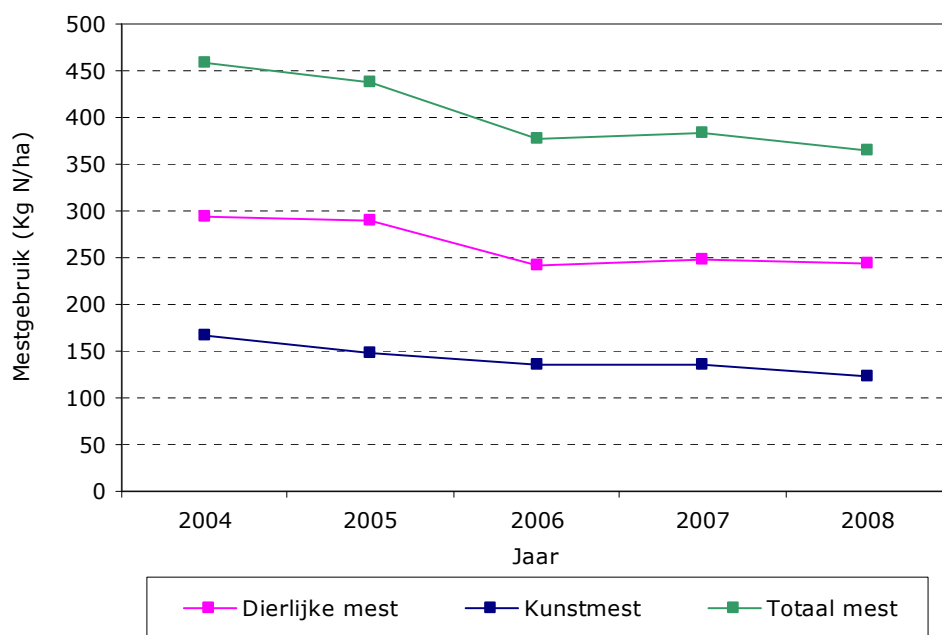
5.2.1 Bemesting met stikstof en fosfaat

Stikstof

Het stikstofgebruik (totaal) op de melkveebedrijven uit het nat-zandprogramma daalt de afgelopen jaren (Figuur 5.4). De daling in 2006 zou kunnen zijn veroorzaakt door de uitbreiding van de groep van twaalf naar 27 bedrijven. Echter, ook bij de overige LMM-melkveebedrijven zien we dit. Tot 2006 hangt de daling samen met een daling van zowel N uit kunstmest als N uit dierlijke mest. Na 2006 is de daling vooral gerelateerd aan de daling in het kunstmestgebruik. Vanaf 2006 is, ten opzichte van daarvoor, de mestaanvoer lager, de mestafvoer hoger en de bemesting lager. Dit is mogelijk een reactie van de melkveehouders op de invoering van het Gebruiksnormenstelsel op 1 januari 2006.

Alleen de bemesting met kunstmest-N is voor 2008 significant lager dan voor 2004 (Bijlagenrapport, paragraaf 4.3). Door het geringe aantal bedrijven (zeker in de eerste jaren van het nat-zandprogramma) en een grote spreiding in N-gebruik tussen bedrijven, zijn veel verschillen in N-gebruik tussen de jaren niet significant.

Een voor de evaluatie relevante vraag is in hoeverre de bedrijven in het nat-zandprogramma representatief zijn voor de bedrijven op natte zandgrond.



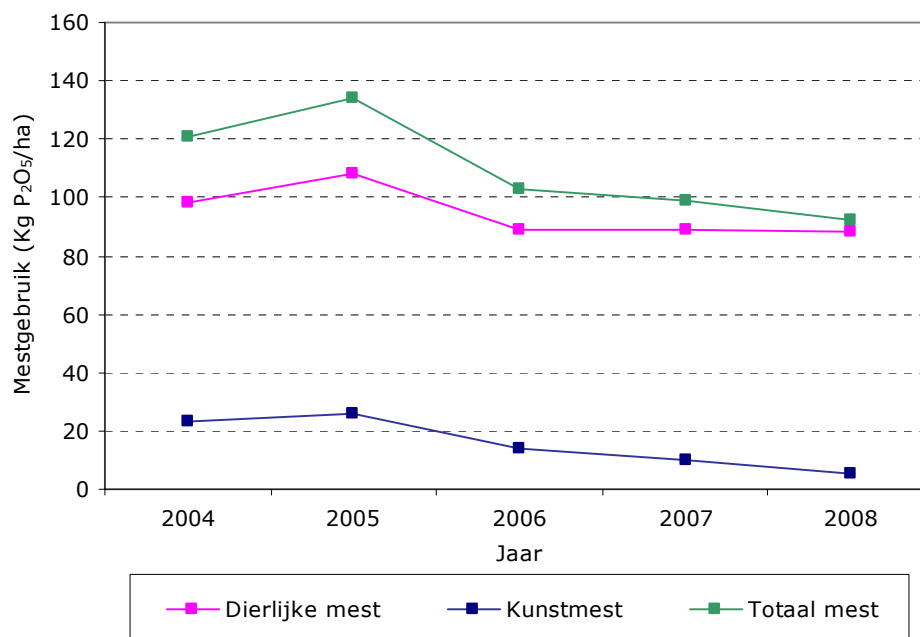
Figuur 5.4 Stikstofbemesting (als N in kg/ha) op melkveebedrijven in het nat-zandprogramma in de periode 2004-2008.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

Fosfaat

De ontwikkeling in het fosfaatgebruik (totaal) komt in grote lijnen overeen met die in het stikstofgebruik (Figuur 5.5). Het fosfaatgebruik op de nat-zandbedrijven en op overige LMM-melkveebedrijven vertonen een zelfde trend en zijn in de periode vanaf 2006 significant lager dan in de voorgaande periode (Bijlagenrapport, paragraaf 4.3). De piek in 2005 is gerelateerd aan een (tijdelijke) verhoging in bemesting met dierlijke mest. Dit is mogelijk het gevolg van het zo veel mogelijk proberen te plaatsen van mest voor het Gebruiksnormenstelsel dat inging op 1 januari 2006. De afname van het fosfaatgebruik erna is gerelateerd aan een toename in fosfaatafvoer met dierlijke mest en een afname van fosfaataanvoer met dierlijke mest.

Ook hier zorgt het geringe aantal deelnemers in het nat-zandprogramma en de grote spreiding in gebruik tussen bedrijven voor relatief weinig significante verschillen. Net als bij stikstof, is bij fosfaat na de invoering van het Gebruiksnormenstelsel een verlaging opgetreden van de bemesting. Ook de fosfaatbemesting met kunstmest is vanaf 2006 significant lager dan in de voorgaande periode. Fosfaatkunstmest valt sinds 2006 ook onder de mestwetgeving.



Figuur 5.5 Fosfaatbemesting (als P₂O₅ in kg/ha) op melkveebedrijven in het nat-zandprogramma in de periode 2004-2008.

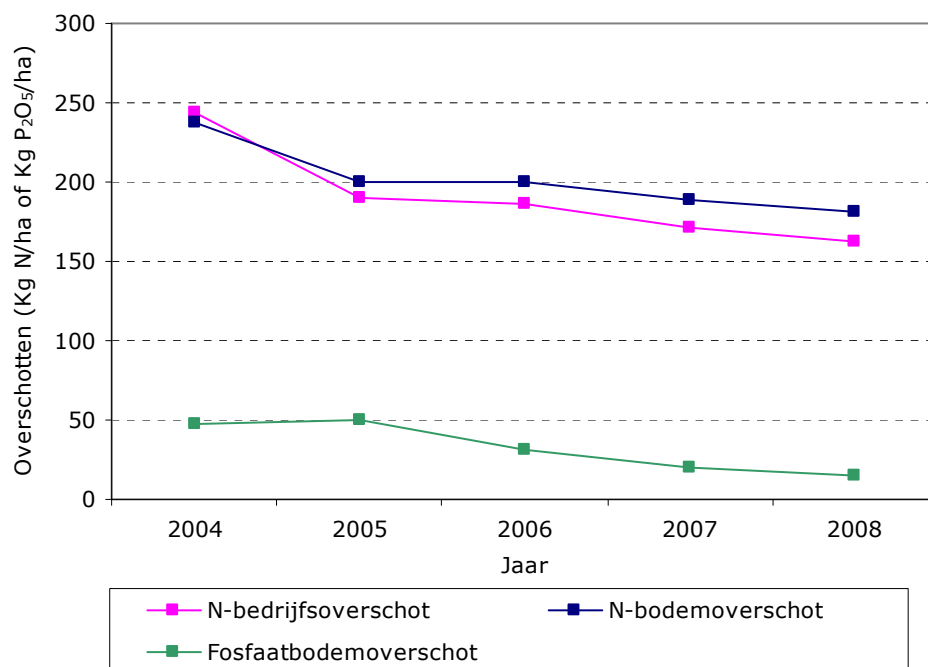
Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

5.2.2

Bedrijfs- en bodemoverschotten van stikstof en fosfaat

Zowel het bedrijfsoverschot als het bodemoverschot voor stikstof dalen tussen 2004 en 2008 op melkveebedrijven in het nat-zandprogramma (Figuur 5.6). Bij de overige LMM-melkveebedrijven is er geen sprake van een daling (Bijlagenrapport, paragraaf 4.3). Het stikstofbedrijfsoverschot en het bodemoverschot zijn vaak hoger op melkveebedrijven uit het nat-zandprogramma dan op de overige LMM-bedrijven (Bijlagenrapport, paragraaf 4.3). Deze verschillen zijn niet significant.

Het bedrijfsoverschot voor fosfaat vertoont een duidelijke afname na 2005. Deze afname is er ook bij de overige LMM-melkveebedrijven. De melkveebedrijven uit het nat-zandprogramma hebben gemiddeld een hoger fosfaatoverschot dan de overige LMM-melkveebedrijven. Dit verschil is niet significant (Bijlagenrapport, paragraaf 4.3).



Figuur 5.6 Stikstof- en fosfaatoverschot (als N en als P₂O₅ in kg/ha) op melkveebedrijven uit het nat-zandprogramma in de periode 2004-2008.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

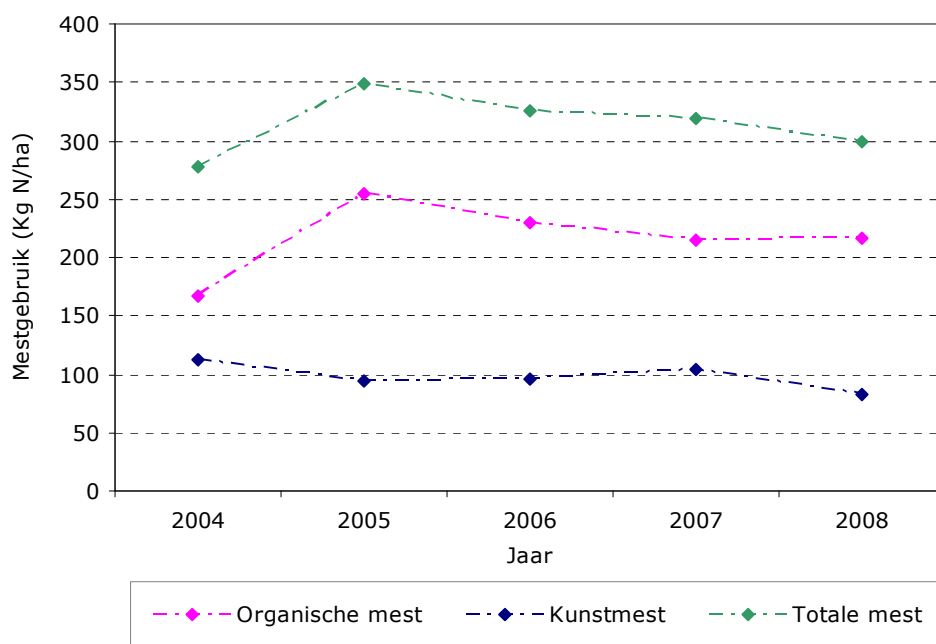
5.3 Bemesting en overschotten op overige dierbedrijven

5.3.1 Bemesting met fosfaat en stikstof

Voor de overige dierbedrijven is gebruikgemaakt van de dierbedrijven die alleen deelnemen aan het standaard-zandprogramma om een indicatie te geven van de bemesting voor dit bedrijfstype. Het aantal bedrijven in het nat-zandprogramma is te klein om gemiddelden te kunnen geven.

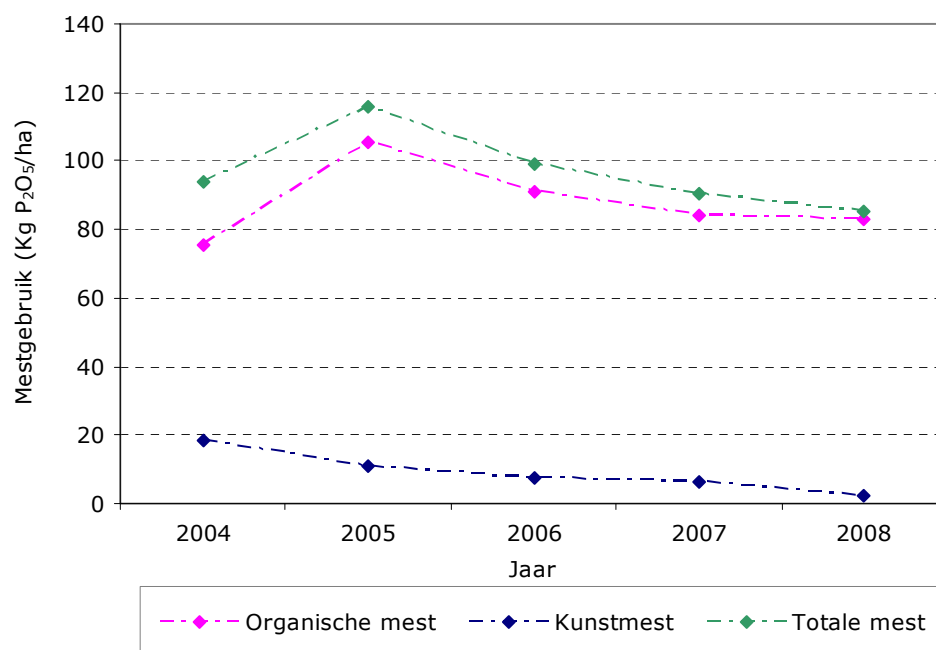
Tussen 2004 en 2005 is het stikstofgebruik gestegen (van bijna 280 tot bijna 350 kg N per ha), doordat meer dierlijke mest werd gebruikt (Figuur 5.7 en Bijlagenrapport, Tabel 4.21 en B4.21). Deze stijging in dierlijke mest is significant tussen 2004 en 2005. Na 2005 is sprake van een afname tot 300 kg N per ha in 2008. De hoeveelheid kunstmest is vrij stabiel.

Ook de fosfaatbemesting is tussen 2004 en 2005 op de overige dierbedrijven duidelijk gestegen (van 94 naar 116 kg P₂O₅ per ha), en daarna weer langzaam afgenomen (tot 85 kg P₂O₅ per ha, Figuur 5.8 en Bijlagenrapport, paragraaf 4.6). De hoeveelheid kunstmestfosfaat vertoont vanaf 2004 een dalende trend en is het laatste jaar minimaal. Deze afname is significant tussen 2004 en 2006-2008.



Figuur 5.7 Stikstofbemesting (als N in kg/ha) op de overige dierbedrijven (geen deelnemers aan het nat-zandprogramma)(organische mest is de som van dierlijke en overige organische mest).

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.



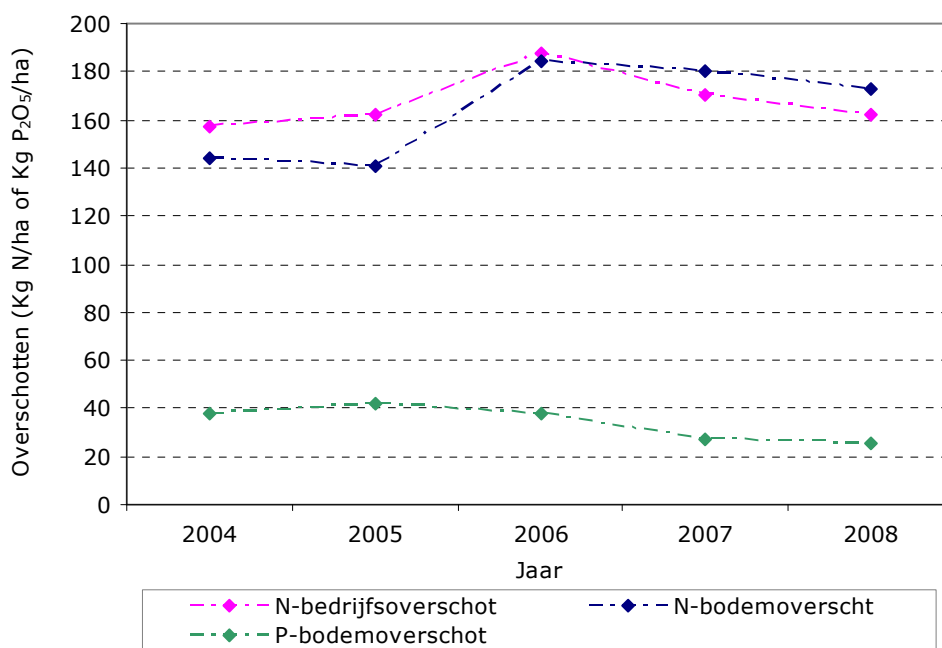
Figuur 5.8 Fosfaatbemesting (als P₂O₅ kg/ha) op de overige dierbedrijven (geen deelnemers aan het nat-zandprogramma) (organische mest is de som van dierlijke en overige organische mest).

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

5.3.2

Bedrijfs- en bodemoverschotten voor stikstof en fosfaat

Tot 2006 steeg het stikstofoverschot op de overige dierbedrijven, daarna trad een daling in (Figuur 5.9 en Bijlagenrapport, paragraaf 4.6). Er zijn geen significante verschillen tussen de jaren.



Figuur 5.9 Stikstof- en fosfaatoverschotten (als N en als P₂O₅ in kg/ha) op de overige dierbedrijven (geen deelnemers aan het nat-zandprogramma).

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

Het fosfaatoverschot op de overige dierbedrijven steeg licht tot 2006 en is daarna aanzienlijk gedaald (Figuur 5.9 en Bijlagenrapport, paragraaf 4.6). Deze afname wordt veroorzaakt door vermindering van de aanvoer van dierlijke meststoffen en/of een hogere fosfaatafvoer met gewassen. Ook hier zijn de verschillen tussen de jaren niet significant.

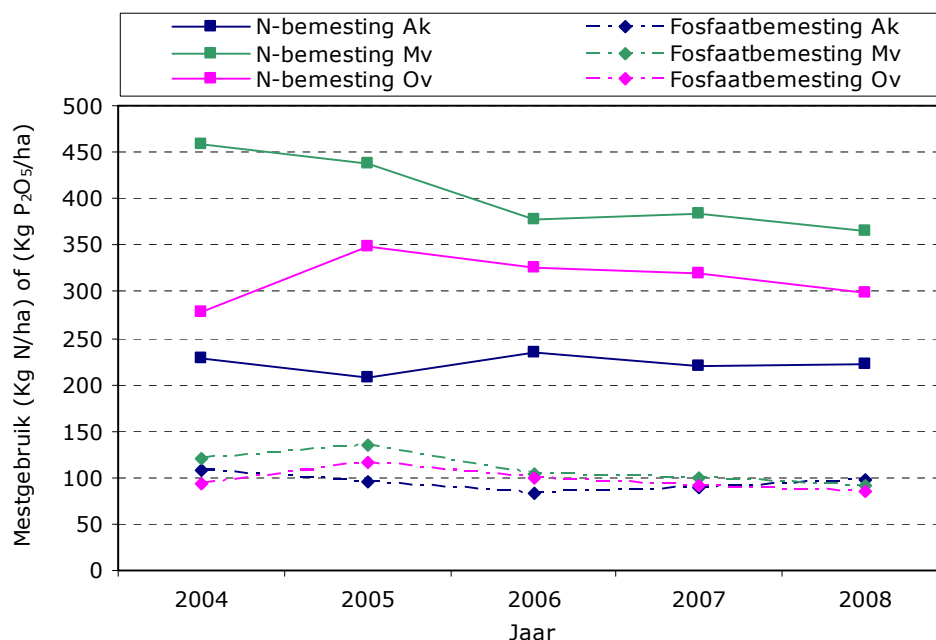
5.4

Vergelijking tussen bedrijfstypen

De totale stikstofbemesting per hectare is voor alle jaren op de melkveebedrijven hoger dan op de overige dier- en akkerbouwbedrijven (Figuur 5.10). De akkerbouwbedrijven hebben de laagste stikstofbemesting. De eerste jaren verschillen de trends in de bemesting tussen de bedrijfstypen, de laatste jaren lopen de lijnen meer parallel. De overige dierbedrijven en de melkveebedrijven vertonen sinds 2004, respectievelijk 2005, een daling in bemesting. De bemesting met stikstof op de melkveebedrijven is na 2005 significant lager. De invloed van de invoering van het Gebruiksnormenstelsel is hiervoor de belangrijkste verklarende factor. Bij akkerbouw is de bemesting vrij stabiel over de jaren.

Voor fosfaat zijn de verschillen kleiner (Figuur 5.10), hoewel ook hier de eerste jaren de melkveebedrijven significant de grootste fosfaatbemesting hadden. De laatste jaren zijn de verschillen klein. Over het algemeen lijkt er sprake van een lichte daling sinds 2005. De

bemesting met fosfaat op de melkveebedrijven is na 2005 significant lager.



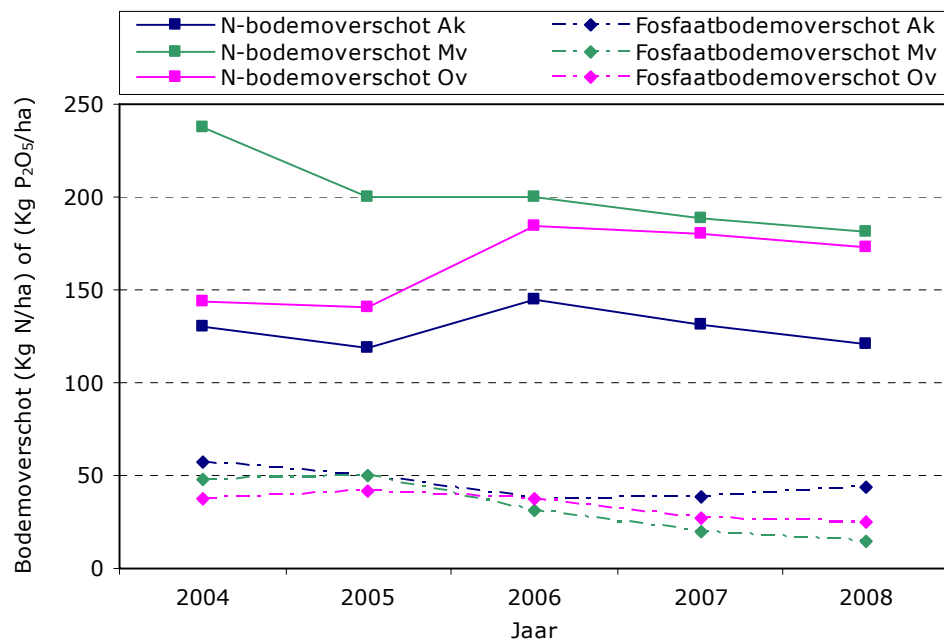
Figuur 5.10 Totale stikstof- en fosfaatbemesting (als N en als P₂O₅ in kg/ha) op bedrijven uit het nat-zandprogramma per bedrijfstype: akkerbouw (Ak), melkveebedrijven (Mv) en overige dierbedrijven (Ov).¹

¹ Deze overige dierbedrijven zijn geen deelnemers aan het nat-zandprogramma.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

Het stikstofbodemoverschot is op de melkveebedrijven alle jaren het hoogst, gevolgd door de overige dierbedrijven en de akkerbouwbedrijven (Figuur 5.11). Dit is vergelijkbaar met de stikstofbemesting. Gedurende de meetperiode is het stikstofbodemoverschot op melkveebedrijven continue gedaald. Na 2006 daalt ook bij de akkerbouw- en de overige dierbedrijven het overschot. De verschillen in stikstofoverschot tussen de jaren zijn niet significant.

Het fosfaatbodemoverschot is over het algemeen het hoogst op de akkerbouwbedrijven (Figuur 5.11). Tot 2006 was het fosfaatbodemoverschot het laagst op de overige dierbedrijven; in 2006 en later was dit juist het geval op de melkveebedrijven. De laatste twee bedrijfstypen vertonen de laatste jaren een daling, welke voor de melkveebedrijven significant is. Op akkerbouwbedrijven lijkt het fosfaatbodemoverschot juist toe te nemen.



Figuur 5.11 Totale stikstof- en fosfaatoverschotten (als N en als P₂O₅ in kg/ha) op bedrijven uit het nat-zandprogramma per bedrijfstype: akkerbouw (Ak), melkveebedrijven (Mv) en overige dierbedrijven (Ov).¹

¹ Deze overige dierbedrijven zijn geen deelnemers aan het nat-zandprogramma.

Bron: Informatienet van het LEI, LMM-bedrijven.

6 Toestand van de waterkwaliteit

6.1 Nutriënten

6.1.1 *Stikstof*

Stikstofchemie in de bodem

Stikstof komt in de bodem voor in organische en anorganische vorm (Butterbach-Bahl en Gundersen, 2011). Het grootste deel van de stikstof zit in organische structuren zoals aminozuren. Bij afbraak (mineralisatie) van organische stof komt stikstof vrij in de vorm van ammonium of nitraat. Ammonium kan worden opgenomen door planten, worden geïmmobiliseerd door microben of worden gefixeerd door kleimineralen. Het merendeel van de uit organische stof vrijgekomen ammonium wordt door chemo-autotrofe bacteriën onder aerobe omstandigheden geoxideerd naar nitraat. Nitraat is goed opneembaar door planten, maar spoelt ook gemakkelijk uit naar diepere bodemlagen of het grondwater. Onder anaerobe omstandigheden, in aanwezigheid van organische stof en/of pyriet als energiebron, kan nitraat door denitrificerende bacteriën omgezet worden in lachgas en stikstofgas en zo verdwijnen in de atmosfeer. In mindere mate komt ook aerobe denitrificatie voor. Tevens kan nitraat in anaerobe omstandigheden, rijk aan organische stof, worden omgezet naar ammonium via DNRA (dissimilatory nitrate reduction to ammonium) (Burgin en Hamilton, 2007, Rütting et al., 2011, Scott et al., 2008). Dit lijkt vooral een rol te spelen bij veengronden.

In hogere concentraties is nitraat een stof die eutrofiëring van oppervlaktewater kan veroorzaken en een bedreiging kan vormen voor de kwaliteit van het drinkwater. In de Nitraatrichtlijn (EU, 1991) is gesteld dat de nitraatconcentratie in het grondwater niet hoger mag zijn dan 50 mg/l nitraat (Bijlagenrapport, paragraaf 5.1). Voor sloten geldt in de zomer een MTR-waarde voor totaal stikstof van 2,2 mg N/l (CIW, 2000). Voor slootwaterkwaliteit in de winter is geen norm opgesteld. Ook voor drainwater is nog geen aparte norm afgeleid.

Nitraat

Verschillen tussen watertypen

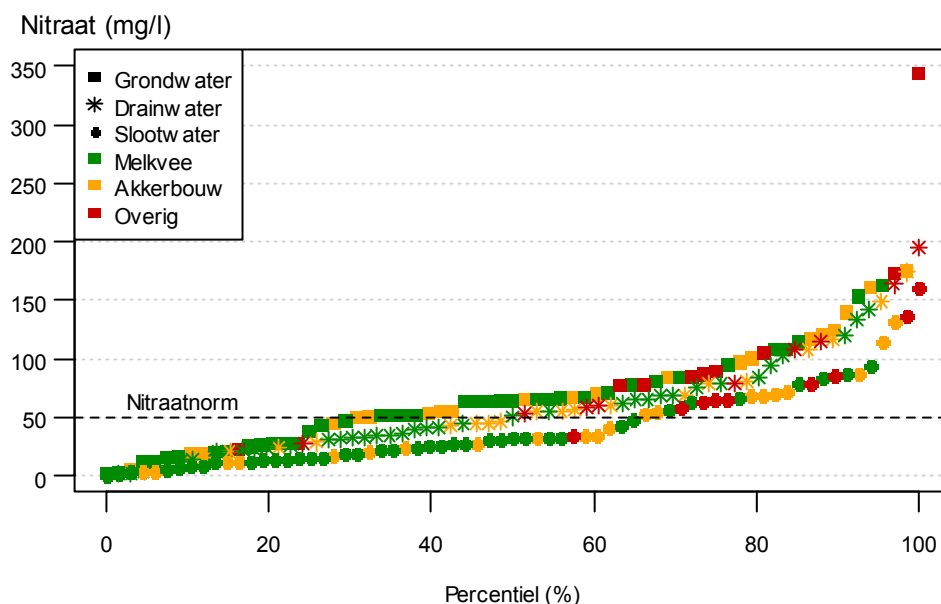
Er zijn duidelijke verschillen in de nitraatconcentratie tussen de verschillende watertypen (Tabel 6.1, Figuur 6.1 en Figuur 6.2). In de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009 is de nitraatconcentratie gemiddeld het hoogst in het grondwater en het laagst in het slootwater. Het verschil tussen grondwater en slootwater is significant. De nitraatconcentratie van het drainwater wijkt niet significant af van de andere watertypen.

Tabel 6.1 Gemiddelde nitraatconcentratie (als NO_3 in mg/l) per bedrijfstype en per watertype.¹

Bedrijfstype	Grondwater			Drainwater			Slootwater		
	N	mg/l		N	mg/l		N	mg/l	
Akkerbouw	21	80	AB	19	67	AB	21	47	A
Melkvee	39	57	A	39	47	A	39	30	B
Overig dier	9	118	B	9	95	B	9	83	C
Totaal ²	72	77	X	70	63	XY	72	45	Y

¹ Significante verschillen tussen bedrijfstypen per watertype en tussen watertypen per bedrijfstype zijn aangegeven met een verschillende letter.

² Totaal inclusief hokdierbedrijven.



Figuur 6.1 Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie (als NO_3 in mg/l) per bedrijfstype. De weergegeven norm (50 mg/l) geldt voor grondwater.

Voor de presentatie van de gegevens wordt, naast tabellen, ook gebruikgemaakt van cumulatieve frequentiediagrammen (bijvoorbeeld Figuur 6.1). Op de y-as van de grafieken is, per bedrijfstype, de bedrijfsgemiddelde concentratie in het grondwater, drainwater en slootwater weergegeven. Op de x-as is het percentage waarnemingen weergegeven met een concentratie kleiner dan of gelijk aan de concentratie welke is af te lezen op de y-as. De laagste concentratie ligt bij 0% en de hoogste waarde bij 100%.

In de winterperiode staat het grondwater relatief hoog en is er door de hoge neerslag en lage verdamping sprake van een drainerende situatie (afvoer van water naar diepere grondwaterlagen en het oppervlaktewater). In de oorspronkelijk natte delen van de Zandregio zorgen sloten, al dan niet in combinatie met drainagebuizen, voor afvoer van overtollig water op de landbouwpercelen van een bedrijf. De drainagebuizen voeren het grondwater af naar een sloot of ander open water.

Het verschil in de nitraatconcentratie tussen het grondwater en het drainwater is opmerkelijk, omdat verwacht zou worden dat grondwater bemonsterd via tijdelijke boorgaten en het drainwater dat wordt bemonsterd door opvangen van water uit drainagebuizen ongeveer

hetzelfde water betreft. Een mogelijke verklaring voor dit verschil is dat drainagebuizen niet altijd in alle bedrijfspercelen aanwezig zijn, terwijl de tijdelijke boorgaten verspreid over het gehele bedrijf worden geplaatst, net als in de zomer bij het standaardprogramma. Minimaal 25% van een bedrijf moet gedraineerd zijn met drainagebuizen of 50% met sloten, waardoor er een aanzienlijk verschil kan zitten in locatie en bedrijfsoppervlak dat bemonsterd wordt voor sloot-/drainwater en voor grondwater (zie Figuur 3.3). De gedraineerde percelen zijn ook vaak de natste percelen en hoe natter een perceel hoe meer denitrificatie optreedt en hoe lager de nitraatconcentratie (Boumans et al., 1989).

Een voor de evaluatie relevante vraag is wat de gevolgen zijn van deze verschillen in bemonsteringslocatie tussen grondwater en drainwater en de mogelijk daarmee samenhangende verschillen in gemeten nitraatconcentraties voor een toekomstige meetstrategie.

Het slootwater wordt gevoed met regenwater dat direct in de sloot valt en met (regen)water dat afspoelt over het oppervlak of wordt afgevoerd via het grondwater, al dan niet via drainagebuizen. Daarnaast kan kwel optreden van dieper grondwater door slootbodem en slootwand. In de sloten is de nitraatconcentratie lager dan in het grond- en drainwater. Directe aanvulling met regenwater of met opwellend dieper, schoner, grondwater kan een gedeeltelijke verklaring zijn van de lagere concentraties (Groenendijk et al., 2008). Nitraat wordt in de sloten vooral in de slootbodem door denitrificatie afgebroken, omdat hier de omstandigheden ideaal zijn: zuurstofarm en rijk aan organische stof (Durand et al., 2011; Krause et al., 2011). Dit is ook de zone waar opwellend grondwater de sloten in stroomt, en dus direct gedenitrificeerd kan worden. De relaties tussen grondwater, drainwater en slootwater worden besproken in Hooijboer en De Klijne (2012).

Bij grond- en drainwater ligt de gemiddelde nitraatconcentratie in de periode 2004/2005 tot en met 2008/2009 boven de nitraatnorm van 50 mg/l (Tabel 6.1). Op 48% van de bedrijven in het nat-zandprogramma ligt de nitraatconcentratie in het drainwater onder de norm (Figuur 6.1). Voor grondwater is dit minder, namelijk 32%. Voor alle bedrijven in de Zandregio (in de zomer voor de periode 2006-2008) is het percentage bedrijven met een nitraatconcentratie in het grondwater onder de norm iets hoger (44%), terwijl in de Klei- en de Veenregio op veel meer bedrijven de nitraatconcentratie onder de norm blijft; respectievelijk 69% en 96% van de bedrijven (De Goffau et al., 2012a).

Een voor de evaluatie relevante vraag is wat de verschillen zijn in de nitraatconcentraties in het grondwater van de bedrijven in het nat-zandprogramma tussen de zomermeting en de wintermeting en wat hiervan de consequenties zijn voor een toekomstige meetstrategie.

Verschillen tussen bedrijfstypen

De gemiddelde nitraatconcentratie in het grond-, drain- en slootwater is het hoogst op overige dierbedrijven, gevolgd door akkerbouwbedrijven (Tabel 6.1). Melkveebedrijven hebben de laagste nitraatconcentraties.

Het verschil tussen melkvee- en overige dierbedrijven is significant voor grond- en drainwater. Akkerbouwbedrijven wijken niet significant af. Bij slootwater verschillen zowel de akkerbouw-, de melkvee- als de overige dierbedrijven significant van elkaar. Bij alle bedrijfstypen ligt de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater boven de norm (Tabel 6.1). Vooral bij de overige dierbedrijven hebben weinig bedrijven een concentratie onder de norm (11%) (Bijlagenrapport, hoofdstuk 5). Bij de melkveebedrijven is dit duidelijk hoger (41%).

De verschillen in de nitraatconcentraties tussen de bedrijfstypen kunnen meerdere oorzaken hebben en zijn niet alleen gerelateerd aan het stikstofoverschot. Op de melkveebedrijven is een veel groter deel van het areaal bedekt met gras dan op de akkerbouwbedrijven (zie hoofdstuk 3). Onder grasland treedt meer denitrificatie op dan onder bouwlandgewassen (Schoumans et al., 2012; Fraters et al., 2007). Daarnaast spelen mogelijk andere factoren een rol, zoals de verschillen in de mate van beweiding en de mate van het scheuren van grasland en verschillen in netto neerslag (Boumans en Fraters, 2011; Buis et al., 2012). Daarnaast zijn verschillen in hydrologische en andere karakteristieken van de bodem van belang (Boumans et al., 2005). De overige dierbedrijven in het nat-zandprogramma hebben relatief veel zandgrond (80%) en weinig veen- en kleigronden (totaal 15%) (Tabel 3.8). Akkerbouw- en melkveebedrijven hebben vaak een relatief groot aandeel veen-, klei- en lössgronden (26% bij akkerbouw en 24% bij melkvee). Dit verschil in grondsoort kan invloed hebben op de gemiddelde waterkwaliteit van een gebied (Boumans en Fraters, 2011). Op zandgrond zijn de nitraatconcentraties vaak relatief hoog, door de relatief grotere gevoeligheid van zandgrond voor uitspoeling van nitraat (Buis et al., 2012). Zandgronden hebben vaak diepere grondwaterstanden en een lager gehalte organische stof, waardoor er minder denitrificatie optreedt (Fraters et al., 2007; Boumans en Fraters, 2011). Ook liggen melkveebedrijven vaak op (van oorsprong) nattere gronden, akkerbouwbedrijven op neutrale gronden en overige dierbedrijven op droge gronden (Tabel 3.9). Bij nattere gronden treedt meer denitrificatie op door een combinatie van hogere grondwaterstanden en hogere organische stofgehalten dan bij drogere gronden.

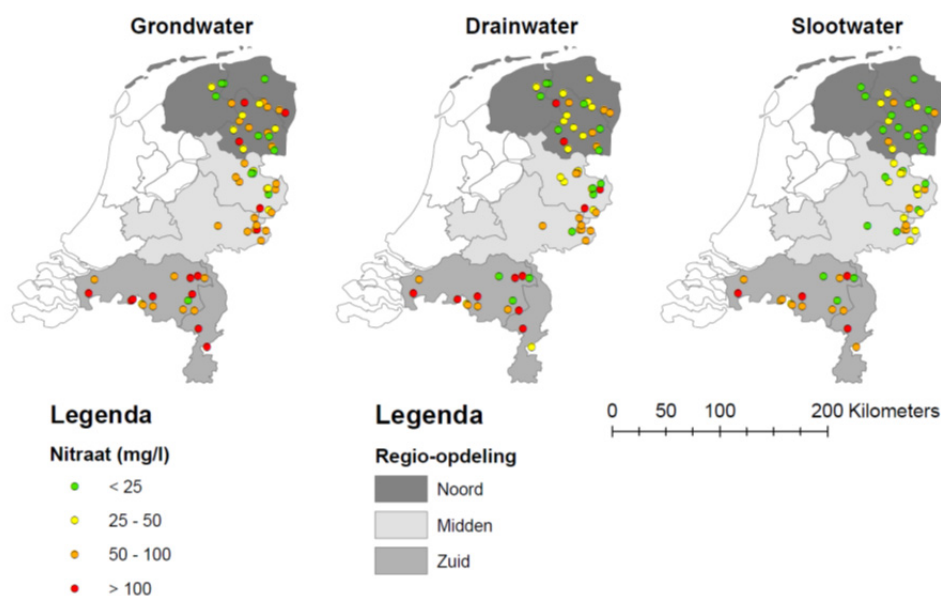
Opvallend is dat in de Kleiregio de overige dierbedrijven gemiddeld juist lagere nitraatconcentraties hebben dan de akkerbouwbedrijven (Lukács et al., 2012). Dit verschil met de Zandregio ontstaat deels door een andere definitie van overige dierbedrijven. In de Zandregio vielen tot 2011 ook hokdiercombinaties onder de categorie overig, terwijl deze groep bij de Kleiregio niet werd meegenomen. Het blijkt dat vooral bij hokdierbedrijven de nitraatconcentraties in het uitspoelingswater hoog zijn (Hooijboer en De Klijne, 2012; Schoumans et al., 2012). Daarnaast is het aandeel graasdierbedrijven (bijvoorbeeld schapenhouders) in de Kleiregio in de groep overige dierbedrijven groter dan in de Zandregio. Graasdierbedrijven hebben vaak lagere nitraatconcentraties, terwijl hokdierbedrijven juist hogere nitraatconcentraties hebben.

Verschillen tussen zandgebieden

De hoogste nitraatconcentraties in grond- en drainwater op de bedrijven in het nat-zandprogramma worden gevonden in Limburg, de hoogste

nitraatconcentratie in slootwater in Noord-Brabant (Figuur 6.2). Over het algemeen worden de hoogste concentraties gevonden in Zand Zuid. Hooijboer en De Klijne (2012) geven aan dat in het standaard zandprogramma (zomer) de nitraatconcentratie in Zand Zuid gemiddeld bijna twee maal zo hoog zijn als in de andere gebieden. De hogere concentraties in Zand Zuid zijn gerelateerd aan diverse factoren (Schoumans et al., 2012), waaronder verdeling van bedrijfstypen, verschillen in gebruik dierlijke mest, het N-overschot, het bodemgebruik, en verschillen in de verhouding tussen voorkomende grondsoorten en grondwatertrappen.

Toegespitst op melkveebedrijven, waarvan er voldoende bedrijven beschikbaar zijn om een vergelijking te kunnen maken tussen zandgebieden, blijkt ook dat Zand Zuid gemiddeld een hogere nitraatconcentratie heeft dan de andere zandgebieden (Bijlagenrapport, Tabel 5.26 en Figuur 5.36). Voor grondwater en slootwater heeft Zand Noord een significant lagere nitraatconcentratie dan Zand Midden en Zand Zuid. Bij drainwater zijn wel verschillen aanwezig, maar niet significant. Hierbij spelen verschillen in grondsoort en hydrologische karakteristieken waarschijnlijk een rol. Zand Noord heeft relatief veel veengrond (22%, Tabel 3.8) in vergelijking met Zand Midden en Zand Zuid (respectievelijk 7% en 8%). Het percentage zand- en lössgronden is in Zand Zuid het hoogst (91%); deze grondsoorten staan bekend als uitspoelingsgevoelig voor nitraat. Tevens heeft Zand Zuid de grootste fractie droge gronden (14%, Tabel 3.9).



Figuur 6.2 Bedrijfs-gemiddelde nitraatconcentratie (mg/l) voor grondwater (links), drainwater (midden) en slootwater (rechts) (inclusief hokdierbedrijven); gemiddelde per bedrijf voor de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009.

Melkveebedrijven in Zand Zuid blijken intensiever te zijn dan in andere gebieden, met meer melkkoeien per hectare en een groter aandeel maïsteelt (Bijlagenrapport, paragraaf 3.4). Dit wordt mogelijk veroorzaakt door verschillen in grondsoort en hydrologische

kenmerkend, die belemmerend of juist stimulerend kunnen werken op de intensiviteit, en/of door verschillen in economische impulsen zoals de afzetmarkt.

Ammonium en organische stikstof

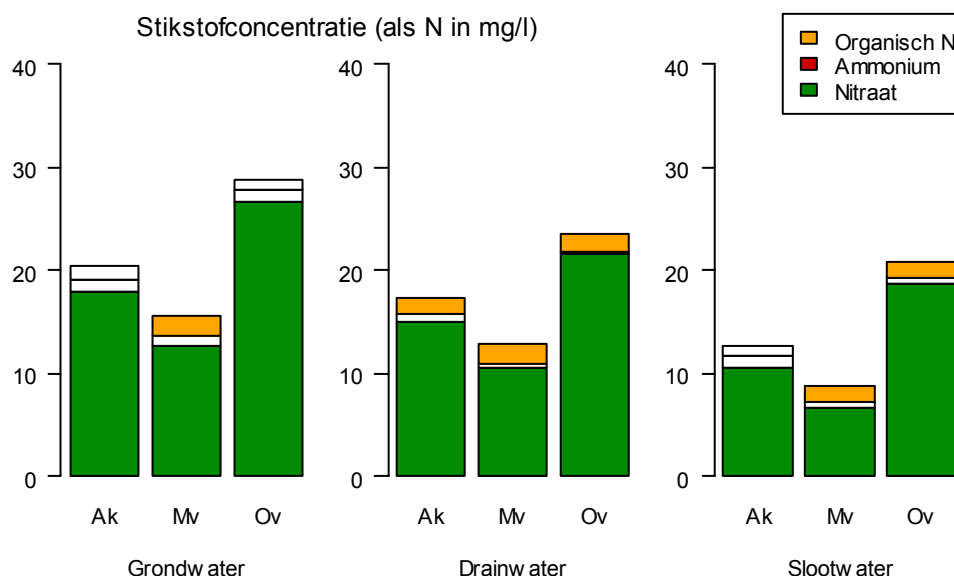
De overige stikstofverbindingen, ammonium en organische stikstof, beslaan in de natte zandgebieden maar een beperkt deel van de totale stikstofconcentratie.

De ammoniumconcentratie in grondwater ($1,2 \pm 1,8$ mg/l als NH_4) is gemiddeld hoger dan in drainwater ($0,62 \pm 0,66$ mg/l) en slootwater ($0,86 \pm 1,1$ mg/l) (Bijlagenrapport, hoofdstuk 5). Dit verschil is significant tussen grondwater en drainwater. Vooral in Zand Noord komen enkele hogere waarden voor. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het voorkomen van venige of moerige bodems of lagen (Sven et al., 2010), waar door afbraak van organische stof stikstof vrij kan komen in de vorm van ammonium en nitraat (Butterbach-Bahl en Gundersen, 2011). De ammoniumconcentraties van de bedrijfstypen liggen dicht bij elkaar en vertonen geen significante verschillen voor grondwater en drainwater. Bij grondwater zijn de concentraties gemiddeld het hoogst op overige dierbedrijven, terwijl de concentraties in het drainwater en slootwater op melkveebedrijven het hoogst liggen. De concentraties in slootwater verschillen significant tussen akkerbouw en melkvee, maar na worteltransformatie van de data blijken deze verschillen niet meer significant. Het significante verschil bij de niet-getransformeerde data blijkt het gevolg van uitschieters. Van de akkerbouwbedrijven zit 19% van de bedrijven boven de grondwaternorm van 2 mg/l, van de melkveebedrijven 13% en van de overige bedrijven 22%.

De organische stikstofconcentratie in het drainwater ($1,6 \pm 1,1$ mg/l als N) is gemiddeld hoger dan de concentratie in grondwater ($1,5 \pm 1,1$ mg/l) en slootwater ($1,3 \pm 0,99$ mg/l) (Bijlagenrapport, hoofdstuk 5). Deze verschillen zijn niet significant. De hoogste concentraties worden gevonden in de voormalige veengebieden in Drenthe (voormalige Veenkoloniën) en Noord-Brabant (de Peel). De hoge organische stikstofconcentraties in deze gebieden zijn gerelateerd aan het voorkomen van hoge gehalten organische stof. De organische stikstofconcentraties van de bedrijfstypen liggen dicht bij elkaar en vertonen geen significante verschillen. Bij grondwater en drainwater zijn de concentraties gemiddeld het hoogst op melkveebedrijven, terwijl de concentraties in het slootwater op overige bedrijven het hoogst zijn.

Totaal-stikstof

De totaal-stikstofconcentratie is de som van nitraat, ammonium en stikstof in organische verbindingen. Bij de bedrijven in het nat-zandprogramma bestaat de totaal-stikstofsom vooral uit nitraat (Figuur 6.3). De ruimtelijke verdeling en verschillen tussen bedrijfstypen voor totaal-stikstof komen dan ook sterk overeen met die voor nitraat. Ammonium en organische stikstof dragen maar voor een klein deel bij aan de totaal-stikstofconcentratie; organische stikstof iets meer dan ammonium.



Figuur 6.3 Bijdrage van nitraat, ammonium en organische stikstof aan de totaalstikstofconcentratie (als N in mg/l) per watertype en bedrijfstype (Ak: akkerbouw, Mv: melkvee, Ov: overige bedrijven).

De verhouding tussen nitraat, ammonium en organische stikstof is vergelijkbaar met de verhouding in de Kleiregio. In de Veenregio is vooral het aandeel ammonium veel hoger dan in de natte delen van de Zandregio (De Goffau et al., 2012). Dit wordt onder andere veroorzaakt door een combinatie van verschillen in de afbraak van organische stof, waarbij stikstof vrijkomt in de vorm van ammonium of nitraat (Butterbach-Bahl en Gundersen, 2011) en de omzetting van nitraat naar ammonium (DNRA) (Rütting et al., 2011).

De totaalstikstofconcentratie in de natte delen van de Zandregio is vergelijkbaar met de concentratie in de gehele Zandregio (De Goffau et al., 2012a). In vergelijking met de Veen- en Kleiregio, is de totale stikstofconcentratie in de natte delen van de Zandregio hoog. Dit verschil tussen de regio's wordt waarschijnlijk vooral veroorzaakt door verschillen in grondsoort, grondwaterstand en bedrijfsvoering. Ook op de bedrijven in de natte delen van de Zandregio komen bijvoorbeeld uitspoelingsgevoelige gronden voor (zie Tabel 3.8 en Tabel 3.9).

6.1.2

Fosfor

Fosforchemie in de bodem

Fosfor komt in de bodem zowel in organische als in anorganische vorm voor. Organische fosfor komt via plantaardige en dierlijke resten in de grond. Bij mineralisatie van organische stof komt de organische fosfor vrij als (anorganisch) fosfaat. Fosfaat is relatief immobiel, zeker in vergelijking met nitraat. Fosfaationen worden gemakkelijk geadsorbeerd door ijzer- en aluminium (hydr)oxiden en kleimineralen, vooral bij lage pH. Ook slaat fosfaat gemakkelijk neer in de vorm van (slecht oplosbare) aluminium-, ijzer- en calciumfosfaten (Schoumans et al., 2008). Ten slotte kan het worden geïmmobiliseerd door microben. Een belangrijk deel van het opgebrachte fosfaat accumuleert in de bouwvoor en in bodemlagen daar juist onder. De uitspoeling van fosfor naar het

grondwater is beperkt en vindt vooral plaats in fosfaatverzadigde gronden. In de Zandregio spoelt fosfaat vooral via ondiepe stroombanen uit naar het oppervlaktewater. Onder natte omstandigheden kunnen door oppervlakkige afstroming bodemdeeltjes met daaraan fosfaten afspoelen naar het slootwater (Schoumans et al., 2004; Schoumans et al., 2008). Op deze manier levert het een belangrijke bijdrage aan eutrofiëring van zoete oppervlaktewateren (Schoumans et al., 2008).

Er worden twee waarden voor fosfor bepaald, totaal-P en ortho-P. Totaal-P geeft de concentratie van zowel organisch- als anorganisch-fosfor. Ortho-P of molybdaat reactief fosfor (MRP) geeft (een schatting van) de concentratie van anorganisch-fosfor (H_3PO_4).

Bij interpretatie van de gegevens en vergelijking van deze resultaten met andere bronnen dient rekening te worden gehouden met de voorbehandeling van de watermonsters (Lukács et al., 2009). In het LMM worden de monsters van alle watertypen voor analyse gefiltreerd over $0,45\ \mu\text{m}$. Hierdoor worden grotere deeltjes niet meegenomen; dit kan vooral invloed hebben op de totaal-fosforconcentratie en minder op de ortho-fosfaatconcentratie.

Totaal-fosfor

Verschillen tussen watertypen

De totaal-fosforconcentratie in het natte delen van de Zandregio is nagenoeg gelijk aan de ortho-fosfaatconcentratie (Bijlagenrapport, Tabel 5.7 en 5.8). Dit wil zeggen dat de organische fractie maar een klein deel vormt van de hier gemeten fosforconcentratie.

Voor alle watertypen ligt gemiddeld meer dan de helft van de waarnemingen onder de detectiegrens van $0,05\ \text{mg P/l}$ (Tabel 6.2 en Bijlagenrapport, Tabel 5.7). Dit heeft grote invloed op de berekening van het gemiddelde en de uit te voeren statistische analyses (standaard worden waarden onder de detectiegrens op 0 gezet). De gemiddelde concentratie zou worden onderschat en kan daardoor niet betrouwbaar worden gegeven. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde fosforconcentratie per bedrijfstype. Ook per bedrijfstype ligt meer dan 50% van de waarnemingen onder de detectiegrens (Tabel 6.2).

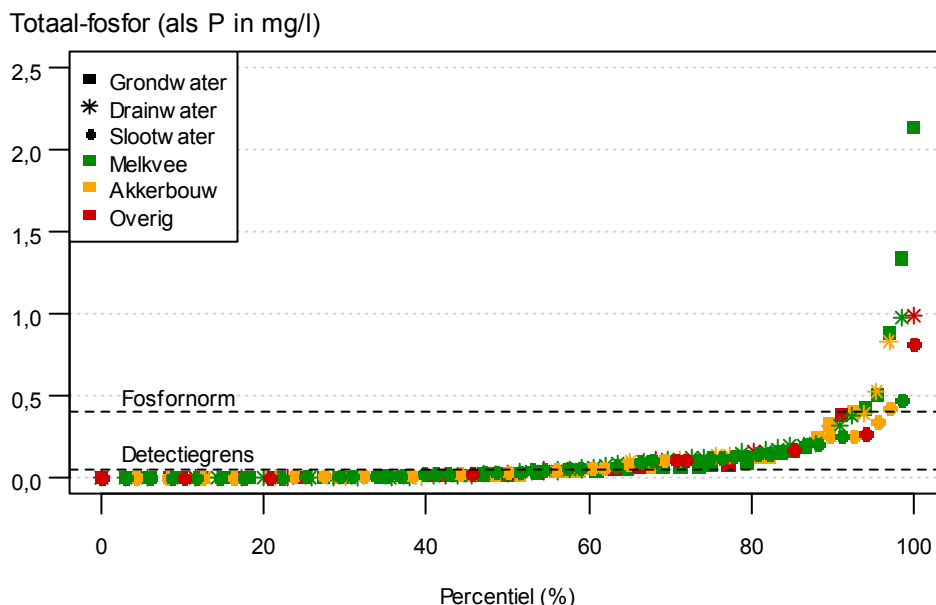
Tabel 6.2 Percentage van de totaal-fosforwaarnemingen onder de detectiegrens ($0,05\ \text{mg/l}$ als P) per bedrijfstype en watertype.

Bedrijfstype	Grondwater		Drainwater		Slootwater	
	N	%	N	%	N	%
Akkerbouw	21	71	19	58	21	57
Melkvee	39	59	39	54	39	56
Overig dier	9	67	9	67	9	44
Totaal ¹	72	65	70	59	72	54

¹ Totaal inclusief hokdierbedrijven.

De fosforconcentraties in grondwater, drainwater en slootwater vertonen een vergelijkbaar beeld (Figuur 6.4). De hoogste concentraties van totaal-fosfor worden in het grondwater gevonden. Over het algemeen zijn de fosforconcentraties in het grond- en drainwater vrij laag en blijven voor grondwater onder de streefwaarde voor zandgrond van

0,4 mg/l. Ook de concentraties in het slootwater blijven over het algemeen onder de MTR-norm van 0,15 mg/l (81% van de bedrijven; Bijlagenrapport, Tabel 5.7). Voor drainwater is er geen norm.



Figuur 6.4 Bedrijfs-gemiddelde fosforconcentratie (als P in mg/l) per bedrijfstype. De weergegeven norm (0,4 mg/l) geldt voor grondwater in zandgronden.

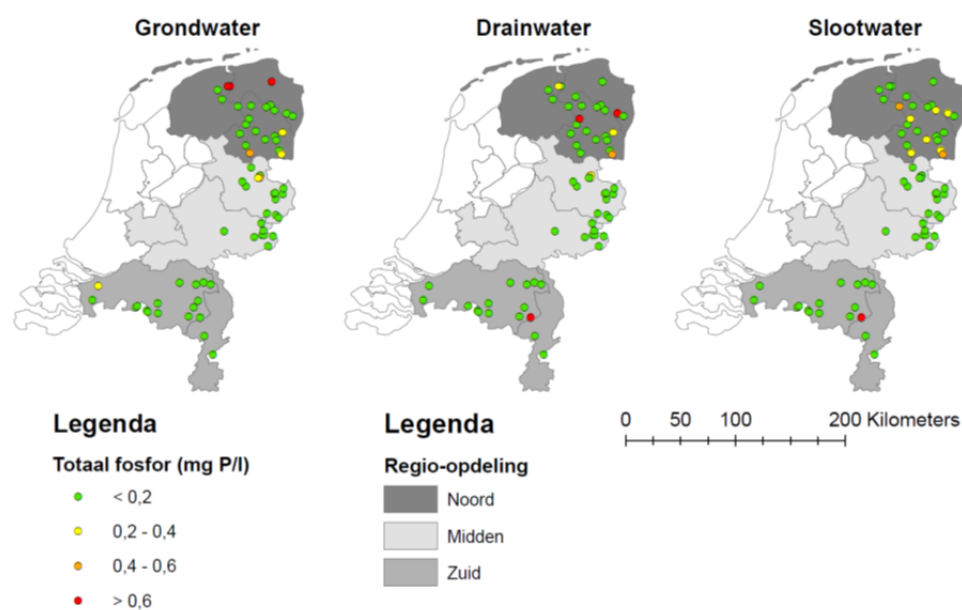
Uit eerdere resultaten van het LMM blijkt dat de fosforconcentraties in de Veenregio significant hoger zijn dan in de Zandregio (Swen et al., 2010). Ook in de Kleiregio zijn de concentraties gemiddeld hoger (De Goffau et al., 2012a). Dit verschil wordt deels veroorzaakt door het voorkomen van nutriëntrijke veenlagen. Het grondwater dat in contact staat of is geweest met nutriëntenrijke veenlagen heeft vaak een hoge fosforconcentratie (Van Beek et al., 2004). Daarbij komt dat fosfaationen gemakkelijk worden geabsorbeerd door ijzer- en aluminium (hydr)oxiden en kleimineralen, vooral bij zure omstandigheden, zoals voorkomend in de Zandregio. Ook slaat fosfaat gemakkelijk neer in de vorm van (slecht oplosbare) aluminium-, ijzer- en calciumfosfaten.

Verschillen tussen bedrijfstypen

Alleen bij enkele melkveebedrijven komt de fosforconcentratie in het grondwater boven de streefwaarde voor zandgrond uit (13%). De concentraties in het drainwater komen bij alle bedrijfstypen soms boven de fosfornorm voor grondwater uit (akkerbouwbedrijven 11%, melkveebedrijven 3% en overige dierbedrijven 11%, Bijlagenrapport, Tabel 5.7). De meeste bedrijven met een fosforconcentratie in grondwater boven de norm hebben als dominante grondsoort zeeklei en/of veen. Voor deze grondsoorten geldt echter een andere norm (3 mg/l als P).

Verschillen tussen zandgebieden

De hoogste fosforconcentraties worden voor grondwater en drainwater gevonden in Zand Noord (Figuur 6.5). De hoogste concentraties in het grondwater worden gevonden op bedrijven op zeekeleigrond. De hoogste concentraties in het drainwater worden gevonden op bedrijven op veengrond en in het slootwater op bedrijven op zandgrond. Het bedrijf met de hoogste concentraties in drain- en slootwater ligt in Zand Zuid.



Figuur 6.5 Bedrijfsgemiddelde totaal-fosforconcentratie (als P in mg/l) voor grondwater (links), drainwater (midden) en slootwater (rechts) (inclusief hokdierbedrijven); gemiddelde per bedrijf voor de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009.

Deze relatie tussen grondsoort en fosforconcentraties lijkt ook zichtbaar in de vergelijking tussen gebieden bij melkveebedrijven (Bijlagenrapport, Tabel 5.27 en 5.28 en Figuur 5.37). Zand Noord lijkt hogere fosforconcentraties te hebben. Dit blijkt ook uit het aantal waarnemingen onder de detectiegrens. Voor slootwater was het mogelijk een statistische test uit te voeren. Hieruit blijkt dat de fosforconcentratie in het slootwater in Zand Noord significant hoger is dan in Zand Zuid. Er lijkt dus een effect te zijn van lokale omstandigheden op de fosforconcentraties.

Ortho-fosfaat

Ook bij ortho-fosfaat liggen veel waarnemingen onder de detectiegrens van 0,013 mg/l (Tabel 6.3). Het is niet mogelijk voor alle groepen gemiddelden te presenteren (Bijlagenrapport, Tabel 5.8).

Tabel 6.3 Percentage bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatwaarnemingen onder detectiegrens (als P in 0,013 mg/l); percentage per bedrijfstype en watertype.

Bedrijfstype	Grondwater		Drainwater		Slootwater	
	N	%	N	%	N	%
Akkerbouw	21	52	19	32	21	19
Melkvee	39	36	39	31	39	23
Overig dier	9	56	9	56	9	33
Totaal ¹	72	46	70	36	72	24

¹ Totaal inclusief hokdierbedrijven.

De gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie in het grondwater (0,10 mg/l als P) is iets hoger dan in drainwater (0,09 mg/l) en in slootwater (0,07 mg/l) (Bijlagenrapport, hoofdstuk 5). Opvallend hierbij is dat percentages waarnemingen onder de detectiegrens juist het laagst zijn bij slootwater en drainwater. In het grondwater komen vaker lage waarden voor. Dat het gemiddelde hoger uitvalt, wordt veroorzaakt door enkele uitschieters (Bijlagenrapport, Figuur 5.3). De verschillen tussen grondwater, drainwater en slootwater zijn dan ook niet significant. De ortho-fosfaatconcentraties komen vaker over de norm voor grondwater van 0,1 mg/l heen dan totaal-fosfor over de streefwaarde van 0,4 mg/l. Opgemerkt zij dat de genoemde norm voor ortho-fosfaat geen formele norm is. Van de akkerbouwbedrijven heeft 19% een overschrijding van de ortho-fosfaatsnorm, 21% van de melkveebedrijven en 11% van de overige bedrijven.

6.2 Macro-elementen

Natrium, kalium, calcium, magnesium, sulfaat (zwavel), chloride, aluminium en ijzer zijn de macro-elementen die in het LMM worden gemeten. Kalium, calcium en soms ook zwavel en magnesium worden specifiek als meststof toegepast. Natrium en chloride in het grondwater kunnen ook afkomstig zijn van bemesting. Daarnaast kunnen grondsoort, de mate van natheid van de bodem en het al dan niet optreden van kwel uit de diepere ondergrond van invloed zijn op het voorkomen van macro-elementen in het (bovenste) grondwater. Kalium en sulfaat worden hieronder besproken. Voor de overige stoffen wordt verwezen naar hoofdstuk 5 van het Bijlagenrapport.

Kalium

Kalium is naast stikstof en fosfaat één van de belangrijkste nutriënten voor gewassen. Kalium in de bodem is deels afkomstig van vertering van mineralen die in de bodem aanwezig zijn, zoals veldspaten en mica's. Kalium wordt ook met dierlijke mest en soms met kunstmest aangevoerd. Kalium zit wat betreft mobiliteit tussen nitraat (mobiel) en fosfaat (relatief immobiel) in.

De gemiddelde kaliumconcentraties in grondwater (15 mg/l), drainwater (13 mg/l) en slootwater (13 mg/l) verschillen niet significant. De kaliumconcentratie is het laagst bij de akkerbouwbedrijven en het hoogst bij de overige dierbedrijven en dit geldt voor alle watertypen (Bijlagenrapport, hoofdstuk 5). De verschillen zijn klein en niet significant. Alleen bij slootwater blijkt indien rekening wordt gehouden met uitschieters (na worteltransformatie van de data), wel dat overige dierbedrijven een significant hogere kaliumconcentratie hebben dan

melkvee en akkerbouwbedrijven. De kaliumconcentratie lijkt in Zand Zuid hoger dan in de andere zandgebieden.

Sulfaat

Zwavel komt zowel in organische vorm voor (als onderdeel van eiwitten), als in anorganische vaste vorm (ijzersulfides, waaronder pyriet). Zwavel kan van oorsprong in de bodem zitten, of via atmosferische depositie, meststoffen, mineralisatie van organisch materiaal of door toepassing als bestrijdingsmiddel in de bodem terecht komen. Sulfaat kan direct uit mest komen, of bijvoorbeeld vrijkomen wanneer ijzersulfides oxideren. Tevens bevat zeewater sulfaten; op locaties met zoute kwel kan de sulfaatconcentratie verhoogd zijn.

De concentraties in grondwater (60 mg/l als SO_4), drainwater (63 mg/l) en slootwater (57 mg/l) wijken niet significant van elkaar af (Bijlagenrapport, hoofdstuk 5). Ook tussen de verschillende bedrijfstypen is er geen significant verschil. Alleen enkele melkveebedrijven hebben een concentratie boven de streefwaarde voor grondwater van 150 mg/l uit (3% van de bedrijven). De sulfaatconcentratie is in Zand Zuid gemiddeld hoger dan in de andere zandgebieden.

6.3 Spoorelementen

6.3.1 Algemeen

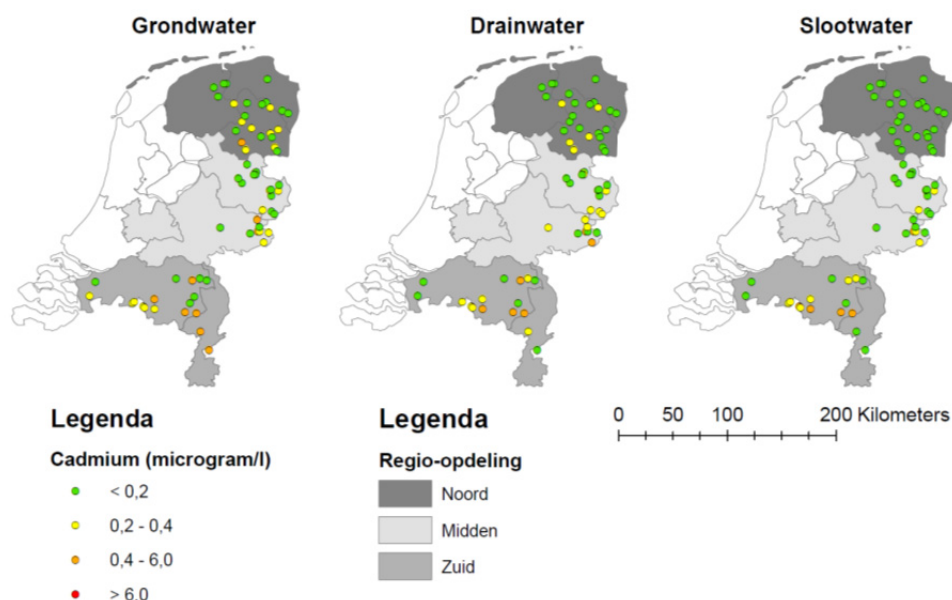
In het LMM worden meerdere spoorelementen gemeten zoals arseen, cadmium, chroom, koper, lood, nikkel en zink. Hier wordt ingegaan op koper en zink, omdat deze elementen worden toegevoegd aan diervoeders en dus ook in mest kunnen zitten. Tevens wordt cadmium besproken, omdat dit spoorelement voorkomt in fosfaatkunstmest. Voor de overige genoemde spoorelementen wordt verwezen naar hoofdstuk 5 van het Bijlagenrapport.

6.3.2 Cadmium

In de natuur komt cadmium vooral voor in erts en fossiele brandstoffen. Cadmium komt op de bodem door onder andere atmosferische depositie en het gebruik van fosfaatkunstmest. Tegenwoordig is dat minder, omdat er een maximum is gesteld aan het cadmiumgehalte in kunstmest (EZ, 2005). In minder mate draagt dierlijke mest ook bij aan de bodembelasting (TCB, 1997) door toevoeging van cadmiumhoudend voederfosfaat aan veevoeders (Adamse et al., 2009).

De hoogste concentraties cadmium worden gevonden in Zand Zuid. Dit is vooral duidelijk bij drain- en slootwater (Figuur 6.6). Bij grondwater komen verhoogde concentraties ook voor in andere delen van Nederland. Deze hogere concentraties lijken vooral veroorzaakt door de vroegere diffuse vervuiling vanuit de voormalige zinkverwerkende industrie in de Kempen (Fraters et al., 2001). Als er alleen gekeken wordt naar melkveebedrijven komt een zelfde beeld naar voren, met significant hogere concentraties in het grondwater in Zand Zuid, en lagere in Zand Midden en Zand Noord (Bijlagenrapport, Tabel 5.29 en

Figuur 5.38). Dit verschil in concentraties is ook zichtbaar voor het drainwater en slootwater.



Figuur 6.6 Bedrijfsgemiddelde cadmiumconcentratie ($\mu\text{g/l}$) voor grondwater (links), drainwater (midden) en slootwater (rechts) (inclusief hokdierbedrijven); gemiddelde per bedrijf voor de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009.

De gemiddelde cadmiumconcentratie in het grondwater, over alle bedrijfstypen samen, is significant hoger dan in het slootwater (Tabel 6.4 en Figuur 6.7). Het drainwater zit ertussenin en wijkt niet significant af. Voor alle watertypen geldt dat de gemiddelde cadmiumconcentratie het hoogst is op overige dierbedrijven. Dit is significant voor drainwater en slootwater. De concentraties op akkerbouwbedrijven en melkveebedrijven verschillen weinig.

Tabel 6.4 Gemiddelde cadmiumconcentratie ($\mu\text{g/l}$) per bedrijfstype en watertype.¹

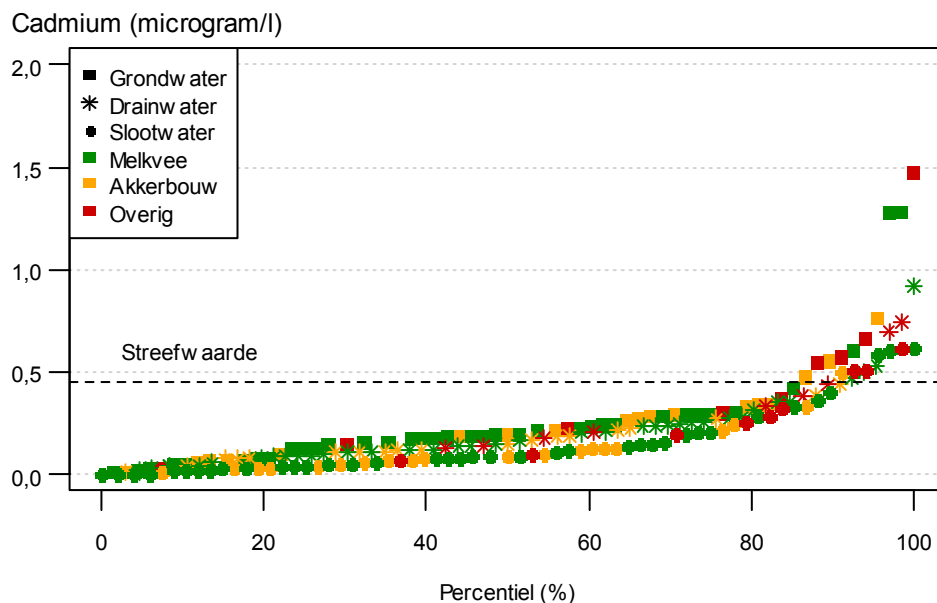
Bedrijfstype	Grondwater			Drainwater			Slootwater		
	N	$\mu\text{g/l}$		N	$\mu\text{g/l}$		N	$\mu\text{g/l}$	
Akkerbouw	21	0,25	A	19	0,16	A	21	0,12	A
Melkvee	39	0,24	A	39	0,20	A	39	0,14	A
Overig dier	9	0,48	A	9	0,36	B	9	0,32	B
Totaal ²	72	0,29	X	70	0,21	XY	72	0,16	Y

¹ Significante verschillen tussen bedrijfstypen per watertype en tussen watertypen per bedrijfstype zijn aangegeven met een verschillende letter.

² Totaal inclusief hokdierbedrijven.

Rond 15% van de bedrijven heeft een gemiddelde cadmiumconcentratie in het grondwater hoger dan de streefwaarde van 0,40 $\mu\text{g/l}$. Vooral bij de overige dierbedrijven vinden we de overschrijding (44%). Bij akkerbouwbedrijven (14%) en melkveebedrijven (10%) is dit percentage kleiner. Geen enkel bedrijf overschrijdt de interventiewaarde voor cadmium in grondwater van 6 $\mu\text{g/l}$. De hoge concentratie op overige dierbedrijven wordt vermoedelijk vooral veroorzaakt door de

locatie van de bedrijven; de helft van de overige dierbedrijven liggen in Zand Zuid, waar de hoogste concentraties voorkomen (Figuur 6.6). Voor drainwater wordt bij 13% van de bedrijven de streefwaarde voor grondwater overschreden. Voor slootwater heeft 10% van de bedrijven een cadmiumconcentratie hoger dan de MTR-waarde van 0,4 $\mu\text{g/l}$. Ook dit komt vooral voor bij overige dierbedrijven.



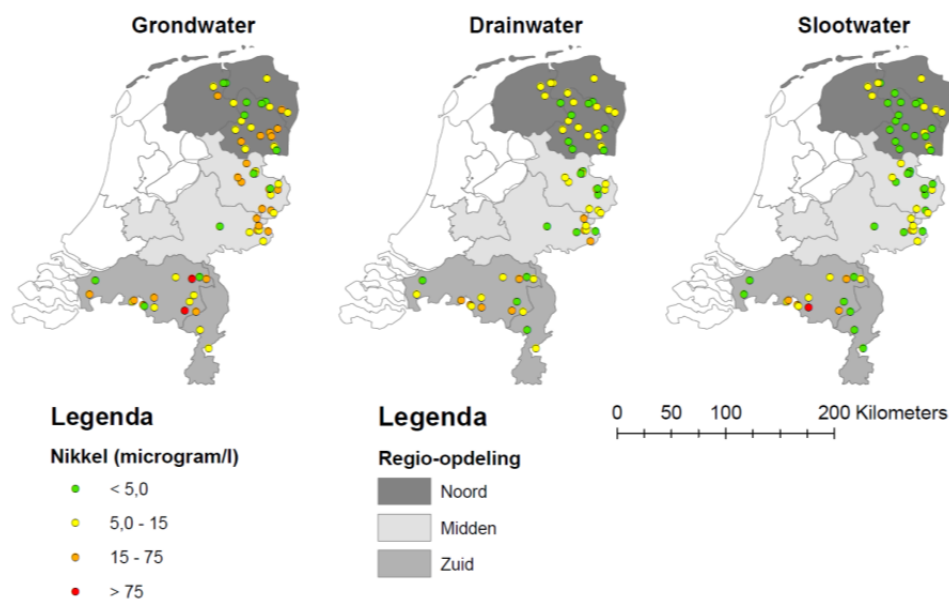
Figuur 6.7 Bedrijfs­gemiddelde cadmium concentratie ($\mu\text{g/l}$) per bedrijfstype. De weergegeven streefwaarde (0,40 $\mu\text{g/l}$) geldt voor grondwater en is gelijk aan de MTR voor oppervlaktewater.

6.3.3 Nikkel

Nikkel komt van nature in de Nederlandse bodem voor. Verhoogde concentraties ontstaan onder andere door oxidatie van pyriet (Biesheuvel, 2002). Als pyriet gaat oxideren bij blootstelling aan zuurstof (door de huidige ontwatering) of wordt gebruikt als energiebron bij denitrificatie, kunnen spoorelementen vrijkomen, waaronder nikkel. Verhoogde concentraties kunnen ook veroorzaakt worden door atmosferische depositie, vooral van emissies van gemotoriseerd verkeer (Biesheuvel, 2002). Nikkel komt ook op de bodem met dierlijke mest. Plette (2003) meldt dat de uitspoelingsvracht voor nikkel niet in verhouding staat tot de bekende bodembelasting via mest en atmosferische depositie. Bonten et al. (2004) stellen dat de voornaamste bron van nikkel niet emissie door atmosferische depositie of bemesting is, maar verwerking van natuurlijke mineralen.

Verhoogde nikkelconcentraties in het grondwater ($> 15 \mu\text{g/l}$) lijken redelijk gelijkmatig verdeeld voor te komen over Nederland (Figuur 6.8). De hoogste concentraties worden gemeten in Zand Zuid. Bij drain- en slootwater lijkt er wel een duidelijk verschil tussen Zand Zuid en de overige gebieden. De hogere concentraties in Zand Zuid kunnen veroorzaakt worden door oxidatie van pyriet. Ook kunnen de hogere concentraties in Zand Zuid veroorzaakt worden door verschillen in nikkelconcentratie in dierlijke mest. Uit een onderzoek van Römken en

Rietra (2008) blijkt dat de nikkelconcentratie in rundermest, en in mindere mate ook in varkensmest, in 2008 gemiddeld hoger was in Zand Zuid dan in de andere zandgebieden. Als er alleen gekeken wordt naar melkveebedrijven komt een zelfde beeld naar voren, met significant hogere concentraties in Zand Zuid dan in de andere gebieden voor drainwater en slootwater (Bijlagenrapport, Tabel 5.30 en Figuur 5.39). Dit verschil is er ook bij grondwater, maar het verschil is niet significant.



Figuur 6.8 Bedrijfsgemiddelde nikkelconcentratie ($\mu\text{g/l}$) voor grondwater (links), drainwater (midden) en slootwater (rechts) (inclusief hokdierbedrijven); gemiddelde per bedrijf voor de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009.

Hoewel de hoogste nikkelconcentratie in slootwater is gevonden (Figuur 6.9), is de gemiddelde nikkelconcentratie in grondwater significant hoger dan de concentraties in drain- en slootwater (Tabel 6.5). Het drain- en slootwater hebben vergelijkbare concentraties.

Tussen de bedrijfstypen verschillen de concentraties niet significant. Veel bedrijven hebben gemiddelde concentraties in het grondwater boven de streefwaarde van $15 \mu\text{g/l}$. Bij akkerbouwbedrijven zit 43% boven de streefwaarde, bij melkveebedrijven 41% en bij overige dierbedrijven 33%. Twee melkveebedrijven hebben gedurende de periode 2004/2005 tot en met 2008/2009 gemiddeld een nikkelconcentratie in het grondwater net boven de interventiewaarde van $75 \mu\text{g/l}$. In het slootwater wordt de MTR-waarde van $5,1 \mu\text{g/l}$ bij diverse bedrijven overschreden. Dit varieert van 43% van de akkerbouwbedrijven tot 49% van de melkveebedrijven.

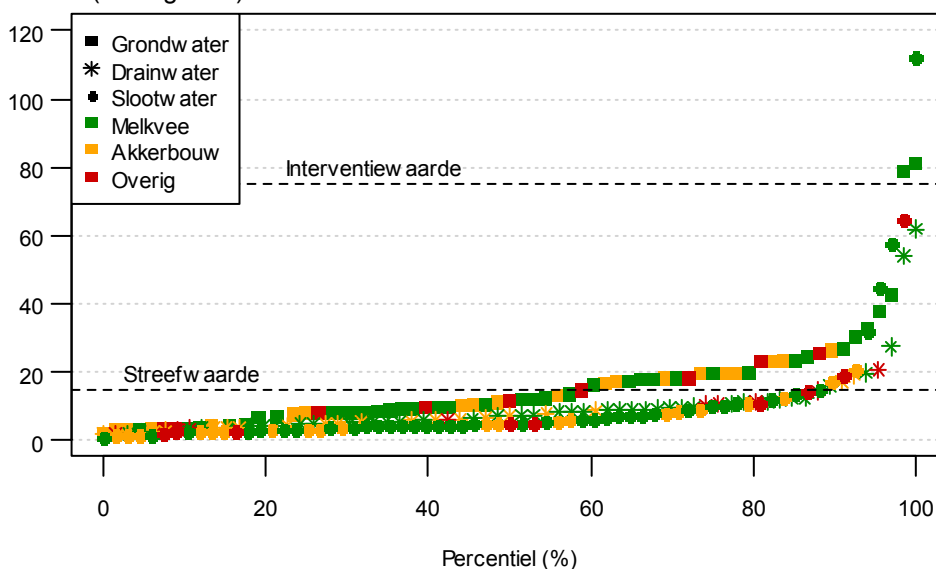
Tabel 6.5 Gemiddelde nikkelconcentratie ($\mu\text{g/l}$) per bedrijfstype en watertype.¹

Bedrijfstype	Grondwater			Drainwater			Slootwater		
	N	$\mu\text{g/l}$		N	$\mu\text{g/l}$		N	$\mu\text{g/l}$	
Akkerbouw	21	13	A	19	6,4	A	21	6,2	A
Melkvee	39	18	A	39	11	A	39	12	A
Overig dier	9	13	A	9	9,0	A	9	14	A
Totaal ²	72	15	X	70	9,5	Y	72	10	Y

¹ Significante verschillen tussen bedrijfstypen per watertype en tussen watertypen per bedrijfstype zijn aangegeven met een verschillende letter.

² Totaal inclusief hokdierbedrijven.

Nikkel (microgram/l)



Figuur 6.9 Gemiddelde nikkelconcentratie ($\mu\text{g/l}$) per bedrijfstype. De weergegeven streefwaarde (15 $\mu\text{g/l}$) en interventiewaarde (75 $\mu\text{g/l}$) gelden voor grondwater.

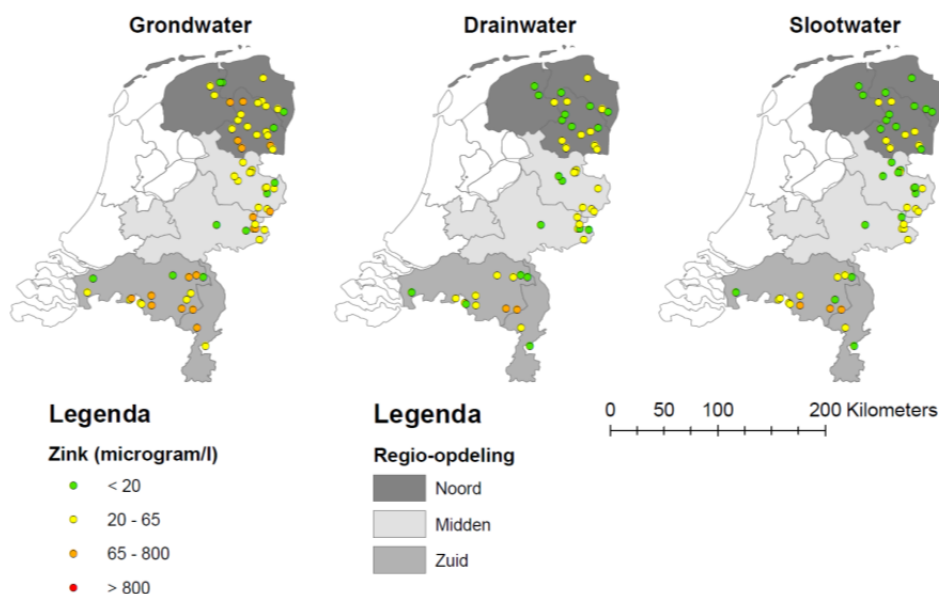
Uit een nadere bestudering van de gegevens blijkt dat in Zand Zuid de hoge nikkelconcentraties vooral op melkveebedrijven voorkomen (vergelijk Figuur 6.9 en Bijlagenrapport, Figuur 5.39). Als alle bedrijfstypen worden samengenomen, hebben de bedrijven in Zand Zuid gemiddeld een nikkelconcentratie van $20 \pm 22 \mu\text{g/l}$ in het grondwater, terwijl het gemiddelde op melkveebedrijven in dit gebied $30 \pm 30 \mu\text{g/l}$ gemiddeld is. Deze verhoogde waarde op melkveebedrijven kan deels veroorzaakt zijn door verschillen in oorspronkelijke ontwateringstoestand. De melkveebedrijven in Zand Zuid liggen voor 42% op natte gronden (zie paragraaf 3.3.2), voor 44% op neutrale gronden en voor 14% op droge gronden. De andere bedrijfstypen liggen voor 12% op natte gronden, voor 75% op neutrale gronden en voor 12% op droge gronden. De melkveebedrijven hebben dus vooral nattere gronden wat mogelijk samenhangt met dat men in het verleden grasland op de nattere gronden had en akkerland op de drogere gronden. Gronden die van oorsprong nat waren, bevatten mogelijk meer pyriet, waaruit door oxidatie nikkel kan vrijkomen. Een andere oorzaak is mogelijk een verschil in bemesting.

6.3.4

Zink

Zink komt van nature voor in de bodem. Bij stijgende pH (afnemende zuurgraad) neemt de concentratie in de bodemoplossing af, omdat zink neerslaat als $\text{Zn}(\text{OH})_2$ of ZnCO_3 . Door de emissies naar de lucht van de zinkverwerkende industrie en de depositie van het zink in de omgeving zijn in de Brabantse Kempen de zinkconcentraties verhoogd in zowel het bovenste als het diepere grondwater (Fraters et al., 2001). Ook komt door toepassing van fosfaatmeststoffen (Römkens en Rietra, 2008) en dierlijke mest (TCB, 1997) extra zink in de bodem terecht.

De zinkconcentraties in grondwater in de drie zandgebieden zijn vergelijkbaar (Figuur 6.10). De hoogste concentratie wordt gevonden in Zand Noord. Bij drain- en slootwater lijkt er een toenemende gradiënt te zijn van Zand Noord naar Zand Zuid. Als er alleen naar melkveebedrijven gekeken wordt, blijkt een duidelijk verschil tussen hogere concentraties in Zand Zuid en lagere concentraties in de rest van Nederland. Deze verschillen zijn significant voor drainwater en slootwater (Bijlagenrapport Tabel 5.31 en Figuur 5.40). Dit verschil is ook zichtbaar in het grondwater, maar niet significant. De zinkconcentraties in mest verschillen niet veel tussen de gebieden (Römkens en Rietra, 2008).



Figuur 6.10 Bedrijfsgemiddelde zinkconcentratie ($\mu\text{g/l}$) voor grondwater (links), drainwater (midden) en slootwater (rechts) (inclusief hokdierbedrijven); gemiddelde per bedrijf voor de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009.

De zinkconcentraties in grondwater zijn significant hoger dan de concentraties in drain- en slootwater (Figuur 6.11 en Tabel 6.6). De concentratie in drainwater en slootwater is bijna gelijk en vertoont een zeer vergelijkbaar verloop in het frequentiediagram.

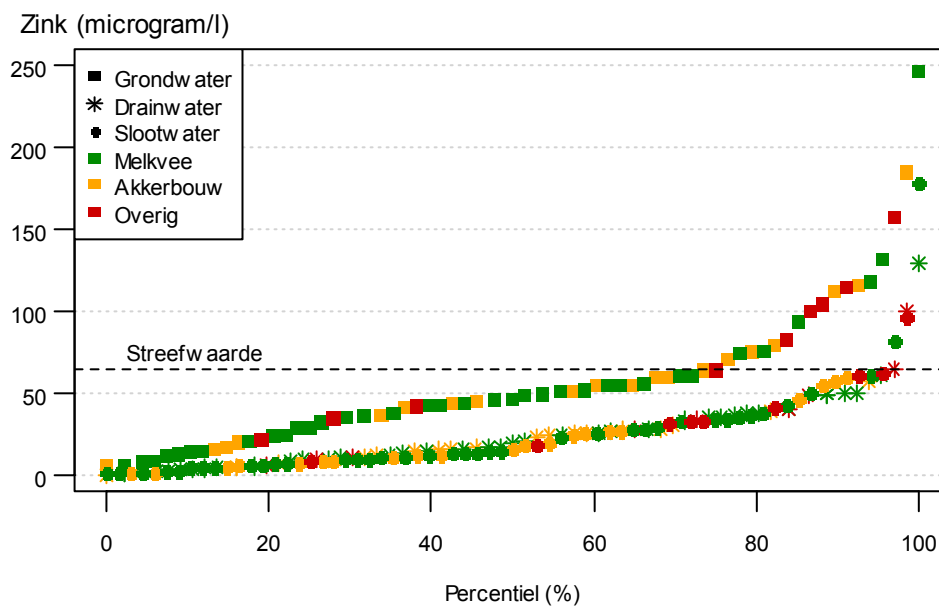
Tabel 6.6 Gemiddelde zinkconcentratie ($\mu\text{g/l}$) per bedrijfstype en watertype.¹

Bedrijfstype	Grondwater		Drainwater		Slootwater		
	N	$\mu\text{g/l}$	N	$\mu\text{g/l}$	N	$\mu\text{g/l}$	
Akkerbouw	21	60	A 19	20	A 21	22	A
Melkvee	39	48	A 39	25	A 39	24	A
Overig	9	80	A 9	38	A 9	43	A
Totaal ²	72	57	X 70	26	Y 72	25	Y

¹ Significante verschillen tussen bedrijfstypen per watertype en tussen watertypen per bedrijfstype zijn aangegeven met een verschillende letter.

² Totaal inclusief hokdierbedrijven.

De overige dierbedrijven hebben bij alle watertypen de hoogste zinkconcentratie, maar er zijn geen significante verschillen tussen de bedrijfstypen. Een behoorlijk aantal bedrijven heeft zinkconcentraties boven de streefwaarde (25%) (Figuur 6.11). Voor akkerbouwbedrijven is dit 29%, voor melkveebedrijven 15% en voor de overige dierbedrijven 56%. De interventiewaarde wordt niet overschreden. De MTR-waarde van 9,4 $\mu\text{g/l}$ in slootwater wordt zeer regelmatig overschreden; bij akkerbouwbedrijven bij 66% van de bedrijven, bij melkvee bij 69% en bij overige bedrijven bij 89%.



Figuur 6.11 Gemiddelde zinkconcentratie ($\mu\text{g/l}$) per bedrijfstype. De weergegeven streefwaarde (65 $\mu\text{g/l}$) geldt voor grondwater.

7 Trends in de waterkwaliteit

7.1 Algemeen

Een probleem bij de beoordeling van de in dit hoofdstuk gepresenteerde trends is niet alleen het beperkte aantal jaren, maar ook dat het aantal bedrijven in de periode stapsgewijs is toegenomen van 25 naar 60. Daarnaast is soms een bedrijf afgefallen en vervangen. Hierdoor kunnen de verhouding tussen grondsoorten en tussen drainageklassen zijn veranderd. Deze veranderingen kunnen invloed hebben op de gemiddeld gemeten waterkwaliteit, zelfs als de gemiddelde karakteristieken van de landbouwpraktijk, zoals stikstofoverschot en percentage grasland, niet zouden wijzigen. Een analyse waarbij rekening gehouden wordt met dit soort wijzigingen valt buiten het kader van dit onderzoek. De hier getoonde figuren zijn bedoeld om een indruk te krijgen van de meetresultaten en om verschillen in concentraties tussen watertypen en bedrijfstypen te kunnen zien in de tijd als aanvulling op de gepresenteerde cijfers in hoofdstuk 6.

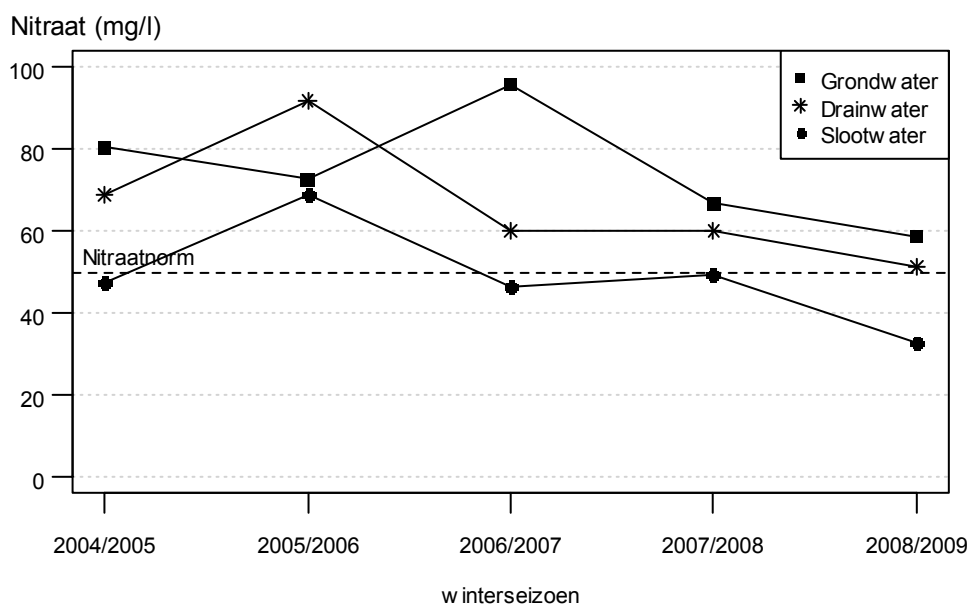
7.2 Nitraat

7.2.1 *Resultaten per watertype*

De gemiddelde nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater fluctueerde in de natte delen van de Zandregio tussen 59 mg/l en 96 mg/l in de periode winter 2004/2005 tot en met winter 2008/2009 (Figuur 7.1). De concentratie is het hoogst in winter 2006/2007 en neemt daarna af. Ook het percentage bedrijven dat boven de nitraatnorm ligt van 50 mg/l neemt af over de jaren van 83% het eerste jaar tot 44% in het laatste jaar (Bijlagenrapport, Tabel 5.32). De gemiddelde nitraatconcentratie ligt er echter nog steeds boven. De nitraatconcentratie in het drain- en slootwater is over het algemeen lager dan in het grondwater. Het drainwater heeft alle jaren een hogere nitraatconcentratie dan het slootwater.

Relaties tussen watertypen

Het slootwater en drainwater vertonen een zeer vergelijkbaar patroon (Figuur 7.1). Deze sterke relatie is deels verklaarbaar doordat de sloten en drainagebuizen vaak in en rond dezelfde percelen liggen, waarbij de drainagebuizen direct afwateren in de sloten. Ook worden de drainwater- en slootwatermonsters op dezelfde dag genomen. Wel ligt de gemiddelde nitraatconcentratie in het drainwater hoger dan in het slootwater. De drainagebuizen voeren het grondwater, met gemiddeld hogere concentraties, af naar de sloten. In de sloten vindt verdunning plaats door directe influx van (dieper) grondwater en regenval. Ook vindt er mogelijk afbraak van nitraat plaats in de slootbodem en slootwand tijdens het transport van grondwater naar de sloot buiten de drainagebuizen om (Rozemeijer et al., 2006).



Figuur 7.1 Nitraatconcentratie (mg/l) van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009 voor grondwater, drainwater en slootwater. De stippellijn geeft de nitraatnorm voor grondwater aan.

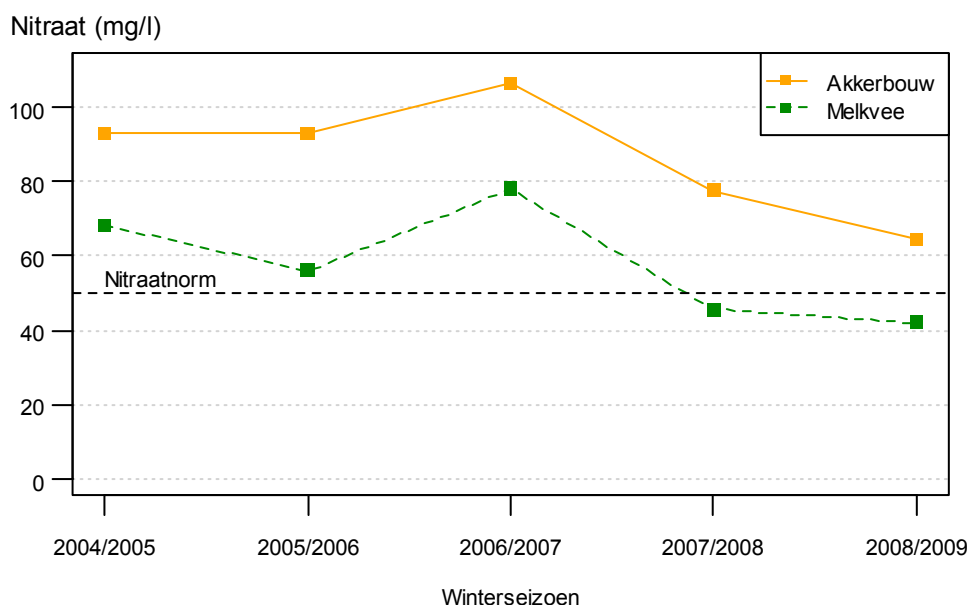
De trend van nitraat in het grondwater wijkt duidelijk af van die in het drain- en slootwater. Ondanks de in de inleiding genoemde problemen, lijkt het erop, zeker in de eerste jaren, dat grondwater vertraagd en/of afwijkend reageert op veranderingen. Opgemerkt zij, dat de grondwatermonsters op het gehele bedrijf worden genomen (dus in alle percelen, eventueel ook percelen zonder sloten of drainagebuizen). Er kan een behoorlijk verschil zitten in locatie en bedrijfsoppervlak dat bemonsterd wordt voor sloot/drainwater en voor grondwater (minimaal 25% van het oppervlak moet gedraineerd zijn; zie hoofdstuk 2).

In een aanvullende studie met gegevens van het nat-zandprogramma zijn de resultaten per bedrijf per watertype gemiddeld over de periode 2004/2005 tot en met 2009/2010 (Buis et al., 2011; Hooijboer en De Klijne, 2012). Hieruit bleek dat vooral de relatie tussen drainwater en slootwater sterk is, met een determinatiecoëfficiënt (R^2) van 0,79 ($p < 0,001$). Ook de relaties tussen grondwater en drainwater en tussen grondwater en slootwater zijn sterk, respectievelijk R^2 van 0,68 ($p < 0,001$) en R^2 van 0,64 ($p < 0,001$), maar wel duidelijk minder. Een hoge stikstofconcentratie in grondwater op een bedrijf lijkt dus vaak samen te gaan met een hoge stikstofconcentratie in drainwater en slootwater. De relatie tussen drainwater en slootwater is duidelijk sterker dan tussen grondwater en de andere twee watertypen. Dit is in overeenstemming met Figuur 7.1. Omdat het LMM niet is opgezet om de relaties tussen de watertypen in beeld te brengen, kunnen met deze gegevens geen algemeen geldende conclusies worden afgeleid. Daarnaast is de meetreeks nog beperkt.

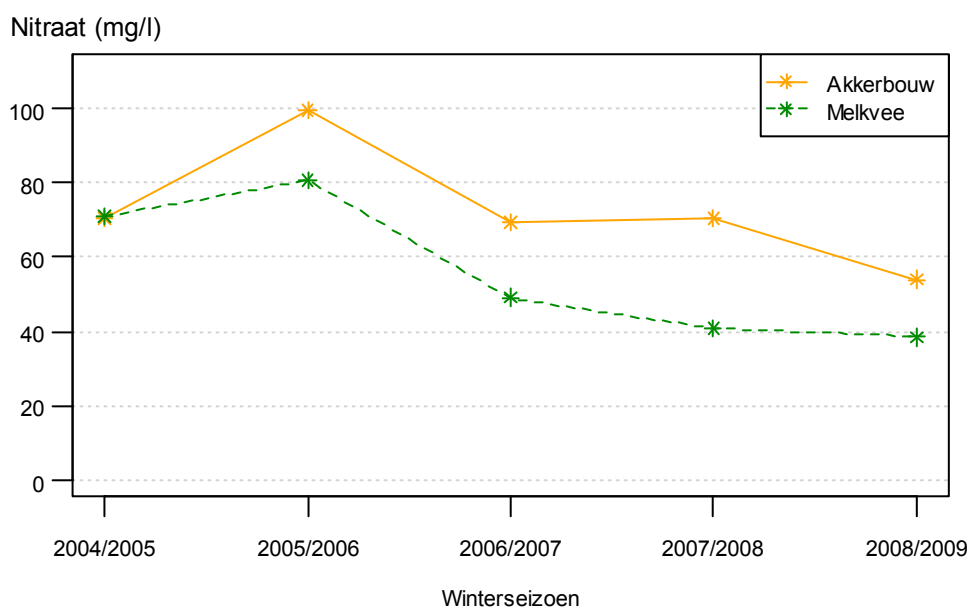
7.2.2 Resultaten per bedrijfstype

Alleen voor akkerbouw- en melkveebedrijven zijn ieder meetseizoen voldoende waarnemingen beschikbaar om per jaar resultaten te laten

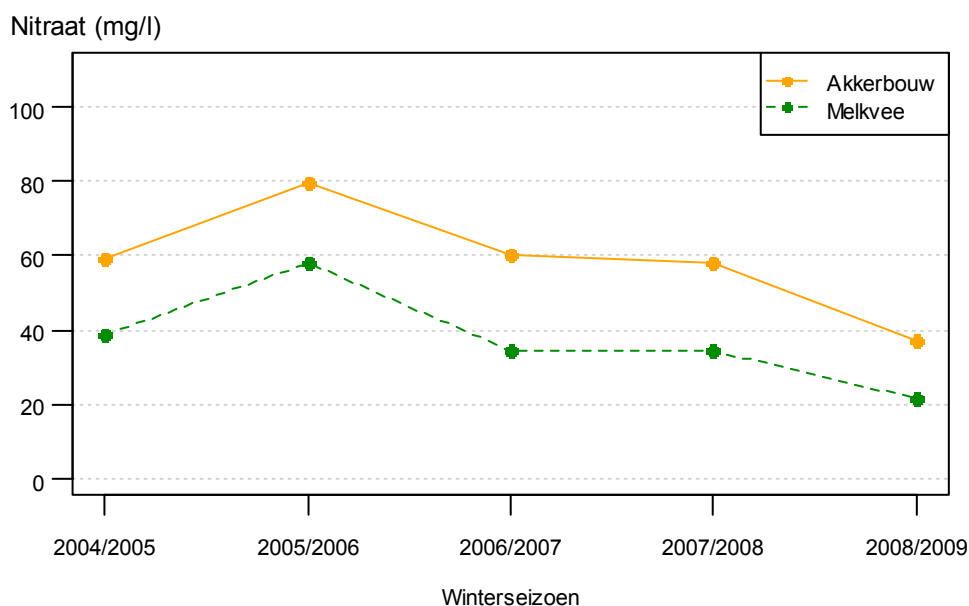
zien. De nitraatconcentraties op akkerbouwbedrijven zijn bijna altijd hoger dan de concentraties op melkveebedrijven (Figuur 7.2 tot en met Figuur 7.4). Dit geldt voor alle watertypen. De laatste jaren ligt de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater op melkveebedrijven onder de nitraatnorm, in tegenstelling tot de akkerbouwbedrijven waar de concentratie er nog boven ligt. Wel lijkt de concentratie te dalen. De akkerbouw- en melkveebedrijven vertonen vergelijkbare fluctuaties en patronen in het grondwater. Hetzelfde is te zien voor drain- en slootwater.



Figuur 7.2 Nitraatconcentratie (mg/l) in het grondwater per bedrijfstype van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009.



Figuur 7.3 Nitraatconcentratie (mg/l) in het drainwater per bedrijfstype van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009.



Figuur 7.4 Nitraatconcentratie (mg/l) in het slootwater per bedrijfstype van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009.

7.3 Totaal fosfor

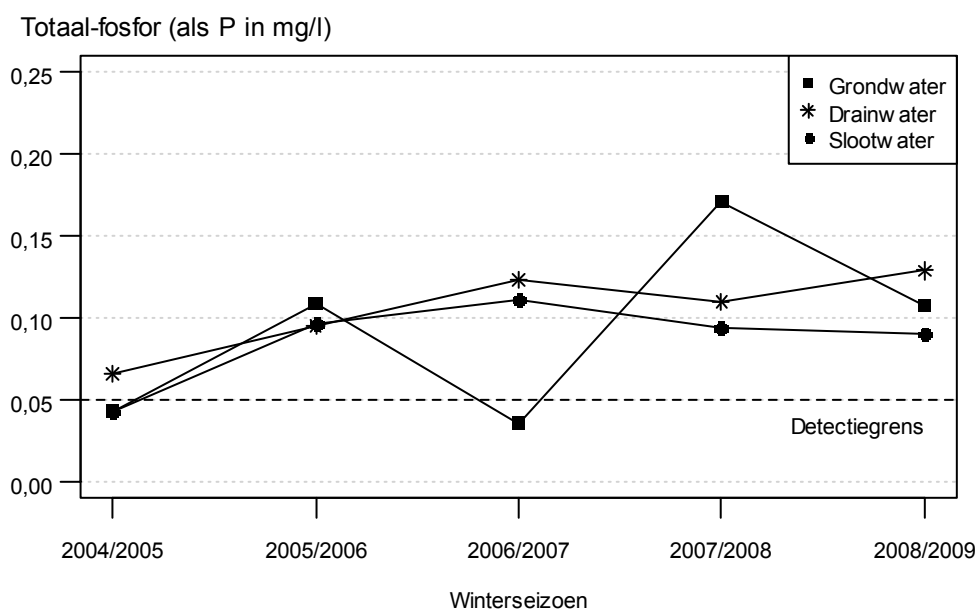
7.3.1 Resultaten per watertype

In alle jaren liggen veel totaal-fosforwaarnemingen onder de detectiegrens van 0,05 mg/l als P (Tabel 7.1). Deze worden in de berekeningen meegenomen als waarde 0. Vooral in winter 2004/2005 hebben veel bedrijven waarnemingen onder de detectiegrens; tot maximaal 90% voor P in het grondwater op akkerbouwbedrijven. Alleen in 2005/2006 heeft meer dan de helft van de bedrijven een gemiddelde P-concentratie in het grondwater boven de detectiegrens. In 2006/2007 komt dit bij drainwater en slootwater voor. De berekening van het gemiddelde voor de combinaties waarvoor minder dan 50% boven de detectiegrens zit, wordt sterk beïnvloed door de lage waarden. Het echte gemiddelde zal vermoedelijk hoger liggen. Zoals verwacht zou worden bij zulke percentages lage waarden, ligt de gemiddelde fosforconcentratie in het grondwater alle jaren onder de norm van 0,40 mg/l. Toch heeft maximaal 9% van de bedrijven een waarde boven de norm (Bijlagenrapport, Tabel 5.33).

Door het grote percentage waarnemingen onder de detectiegrens, zijn de waarden zoals gegeven in de grafieken indicatief en onzeker. De gemiddelde fosforconcentratie in de bovenste meter van het grondwater fluctueert in het natte zandgebied (Figuur 7.5). De lage concentratie in 2006/2007 komt ook naar voren in de hoge hoeveelheid waarnemingen onder de detectiegrens dat jaar (82%). De piek in 2007/2008 wordt vooral veroorzaakt door twee melkveebedrijven met hoge fosforwaarden dat jaar (gemiddeld 1,8 en 3,5 mg P/l), die in hetzelfde gebied gelegen zijn op zeeklei.

Tabel 7.1 Percentage van waarnemingen onder de detectiegrens voor totaal fosfor (0,05 mg P/l) per watertype voor alle typen, akkerbouw en melkvee. Indien minder dan 50% onder de detectiegrens zit, is dit met vet aangegeven.

Bedrijfstype	Water Type	2004/2005		2005/2006		2006/2007		2007/2008		2008/2009	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Alle typen	Grond	24	79	29	38	45	82	59	69	57	70
	Drain	25	72	26	69	43	53	44	68	55	55
	Sloot	25	72	26	58	44	48	45	58	59	56
Akkerbouw	Grond	10	90	9	33	11	82	19	74	17	59
	Drain	10	70	6	67	10	60	10	70	14	43
	Sloot	10	70	6	83	11	64	11	64	17	53
Melkvee	Grond	12	67	13	38	27	81	32	69	33	73
	Drain	13	69	13	69	27	48	26	69	34	59
	Sloot	13	69	13	54	27	44	26	58	35	57



Figuur 7.5 Totaal-fosforconcentratie (als P mg/l) van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009 voor grondwater, drainwater en slootwater.

De fosforconcentraties in het drainwater en slootwater liggen dicht bij elkaar en fluctueren een stuk minder dan in het grondwater (Figuur 7.5). De concentraties lijken de eerste jaren licht te stijgen, en daarna te stabiliseren. Beide watertypen hebben een vergelijkbaar patroon, waarbij het drainwater een hogere fosforconcentratie heeft.

Bij vergelijking van deze resultaten met fosforconcentraties gepresenteerd in andere bronnen, moet rekening gehouden worden met mogelijke verschillen in behandeling van de watermonsters. In het LMM is de keuze gemaakt om te werken met gefiltreerde monsters, ook voor slootwater. Fosfor zit vaak gebonden aan bodemdeeltjes of organische stof. Bij filtratie wordt een deel hiervan verwijderd. Hierdoor zijn de fosforconcentraties van gefiltreerde monsters vaak lager dan van niet-gefiltreerde monsters.

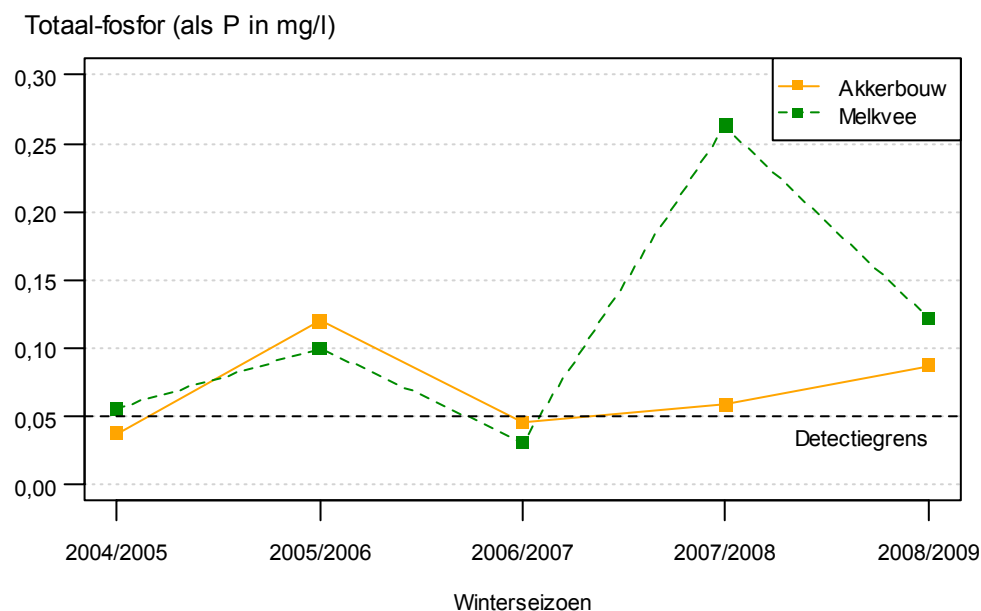
Relaties tussen watertypen

Door de grote hoeveelheid waarnemingen onder de detectiegrens (Tabel 7.1), is het niet mogelijk een relatie af te leiden tussen watertypen op basis van deze gegevens. Vanuit de literatuur is bekend dat fosfaat in kalkarme zandgronden sterk bindt aan aluminium- en ijzerverbindingen in de bodem (Schoumans et al., 2008). De uitspoeling van fosfor naar het grondwater is dan ook beperkt. Door oppervlakkige afstroming kunnen bodemdeeltjes met daaraan fosfaten afspoelen naar het slootwater (Schoumans et al., 2004; Schoumans et al., 2008). De relaties tussen de watertypen zijn daardoor anders dan bij nitraat.

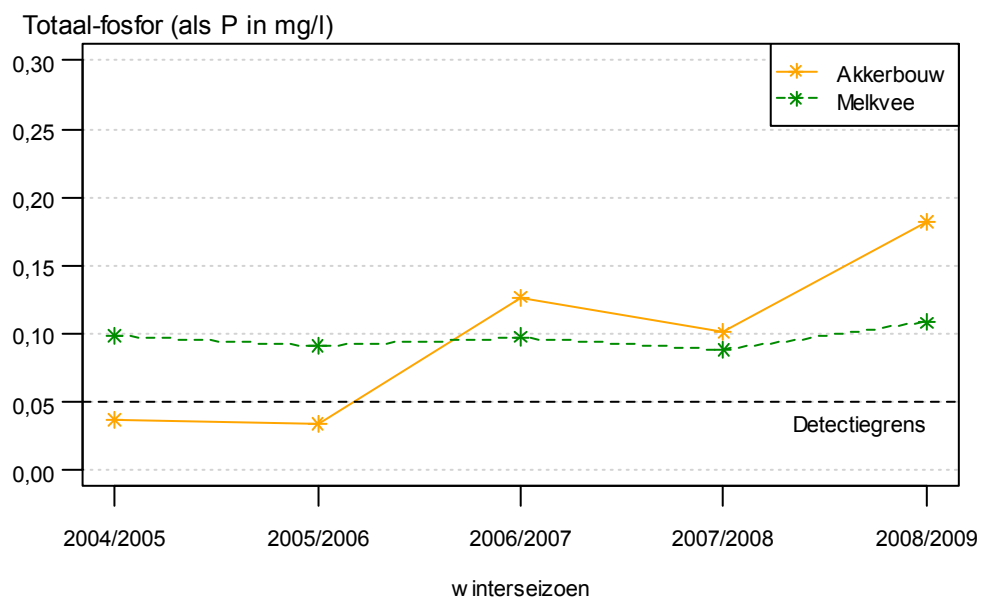
7.3.2 Resultaten per bedrijfstype

Er lijkt vrij weinig verschil te zijn in de fosforconcentraties in grondwater tussen de melkvee- en de akkerbouwbedrijven, behalve in 2007/2008 (Figuur 7.6). De gemiddelde concentratie dat jaar wordt sterk beïnvloed door twee melkveebedrijven met hoge concentraties.

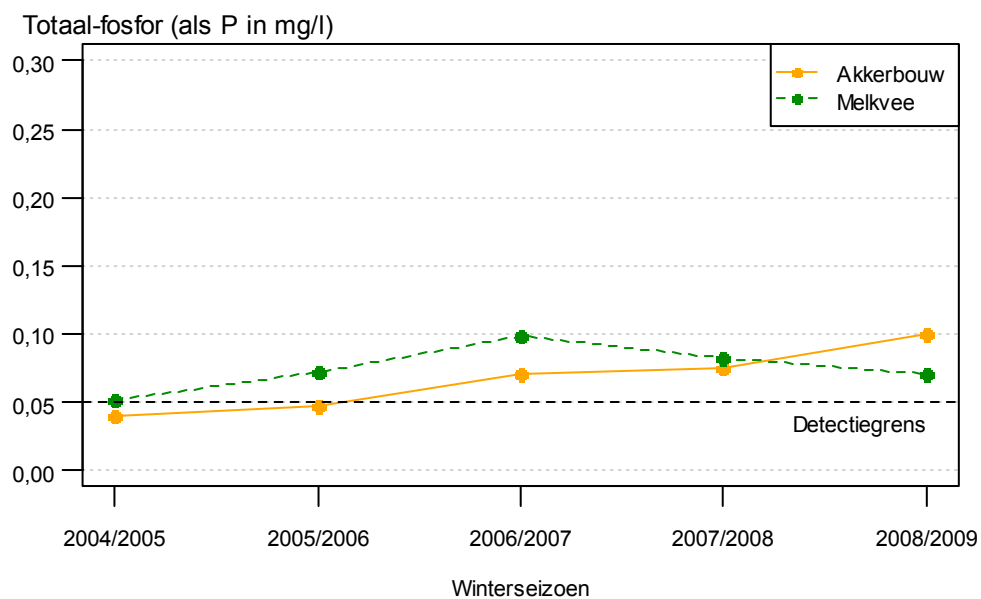
Ook de concentraties in drainwater en slootwater liggen op melkveebedrijven en akkerbouwbedrijven over het algemeen dicht bij elkaar (Figuur 7.7 en Figuur 7.8). Bij de akkerbouwbedrijven lijkt sprake van een stijging van de concentraties. Bij melkveebedrijven lijkt er eerder sprake van een stabiele situatie in het drainwater en het slootwater. Welke rol de in paragraaf 7.1 genoemde factoren hierbij spelen is niet onderzocht.



Figuur 7.6 Gemiddelde totaal-fosforconcentratie (als P in mg/l) in grondwater per bedrijfstype van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009.



Figuur 7.7 Gemiddelde totaal-fosforconcentratie (als P mg/l) in drainwater per bedrijfstype van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009.



Figuur 7.8 Gemiddelde totaal-fosforconcentratie (als P in mg/l) in slotwater per bedrijfstype van seizoen 2004/2005 tot en met seizoen 2008/2009.

8 Relaties tussen landbouwpraktijk en waterkwaliteit

8.1 Algemeen

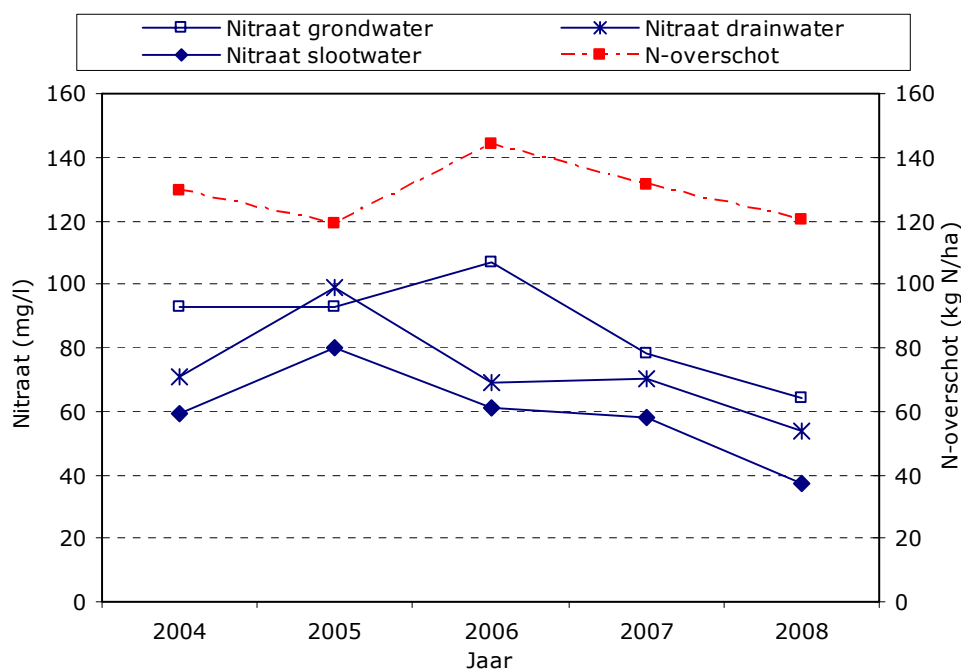
De figuren met trends voor overschot en concentraties voor stikstof/nitraat en fosfor zijn bedoeld om een eerste indruk te geven. Zoals in paragraaf 7.1 gemeld, maakt de stapsgewijze toename van het aantal bedrijven van 25 naar 60 in de onderzoeksperiode de interpretatie van de trends in de waterkwaliteitscijfers moeilijk. Bij de vergelijking van de trends in het overschot en de concentraties bij akkerbouw- en melkveebedrijven speelt nog een rol dat het aantal bedrijven waarvoor een overschot beschikbaar is niet gelijk is aan het aantal waarvoor concentraties beschikbaar zijn (zie Tabel 2.1).

8.2 Stikstof

Op veel landbouwbedrijven is sprake van een stikstofoverschot op de bodembalans; de aanvoer van stikstof is hoger dan de afvoer. Dit stikstofoverschot spoelt met het neerslagoverschot uit naar het grondwater of wordt onderweg afgebroken (denitrificatie). Door de uitspoeling kan de stikstofconcentratie in het ondiepe grondwater (< 5 m) toenemen (Boumans et al., 2005). Een deel van dit overschot spoelt uit, direct of indirect, naar de sloten en via de sloten naar het grotere oppervlaktewater (Rozemeijer en Broers, 2007; Groenendijk et al., 2008).

Op de akkerbouwbedrijven vertonen de trends in het stikstof-bodemoverschot en in de nitraatconcentratie in het grondwater een vergelijkbaar patroon; een piek in 2006 en daarna een daling (Figuur 8.1). Hoewel de trends in dit geval goed overeenkomen, blijkt uit eerder onderzoek dat het effect van het stikstofbodemoverschot op de nitraatconcentratie in het grondwater niet altijd eenduidig is. In de periode 1991-2009 dalen de stikstofbodemoverschotten op akkerbouwbedrijven in het standaard-zandprogramma tot 2002, stijgen in 2006 en zijn daarna min of meer stabiel en zijn de fluctuaties tussen jaren klein (Figuur 3.7 in De Goffau et al., 2012), terwijl de nitraatconcentraties daalden tussen 1991 en 2002 en daarna weer stijgen tot 2007 en er sprake is van grote fluctuaties (Figuur 17 in Hooijboer en De Klijne, 2012).

De gemeten jaargemiddelde nitraatconcentratie wordt niet alleen beïnvloed door het stikstofoverschot, maar ook door omgevingsfactoren, zoals neerslagoverschot, bodemeigenschappen en grondwaterstandsveranderingen, en door veranderingen in deelnemende bedrijven aan de steekproef, omdat de verhouding in grondsoorten en grondwaterstandsklassen (Gt's) verschillen per bedrijf (Boumans en Fraters, 2011). Zo fluctueerde het aantal akkerbouwbedrijven in het nat-zandprogramma tussen de negen en negentien bedrijven in de periode 2004-2008 (Tabel 2.1).

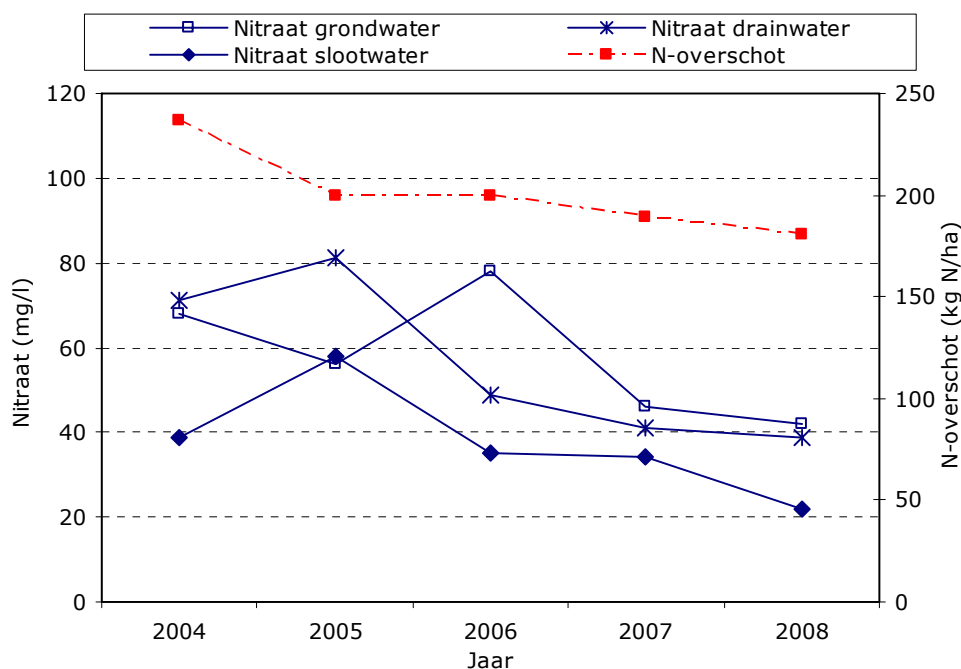


Figuur 8.1 Stikstofbodemoverschot (als N in kg /ha, rechter y-as) en nitraatconcentratie (als NO_3 in mg/l, linker y-as) in grond-, drain- en slootwater van de akkerbouwbedrijven in het nat-zandprogramma van 2004-2008 voor de landbouwpraktijk en van seizoen 2004/2005 (jaar 2004) tot en met seizoen 2008/2009 (jaar 2008) voor de waterkwaliteit.

Door deze veranderingen in aantallen bedrijven en de nog korte meetperiode, kan op basis van deze gegevens niet worden geconcludeerd dat er een duidelijke relatie is tussen stikstofbodemoverschot en nitraatconcentraties in het grondwater. Bij de melkveebedrijven in het nat-zandprogramma is geen duidelijke relatie te zien tussen de trend in het stikstofbodemoverschot en die in de nitraatconcentratie in het grondwater (Figuur 8.2). Hoewel zowel het overschot als de concentratie in 2008 lager zijn dan in 2004.

Bij de melkveebedrijven in het nat-zandprogramma is geen duidelijke relatie te zien tussen de trend in het stikstofbodemoverschot en die in de nitraatconcentratie in het grondwater (Figuur 8.2), hoewel zowel het overschot als concentratie in 2008 lager zijn dan in 2004.

Op de melkveebedrijven in het standaard-zandprogramma is er tussen 1995 en 2002 een duidelijke daling in het stikstofbodemoverschot van 350 kg/ha tot minder dan 200 kg/ha (Figuur 3.1 in De Goffau et al., 2012) en neemt de nitraatconcentratie af in deze periode van rond de 150 mg/l tot iets boven de 50 mg/l (Figuur 17 in Hooijboer en De Klijne, 2012). Zowel het stikstofbodemoverschot als de nitraatconcentratie lijken zich te stabiliseren na 2002. Ook hierbij geldt dat de relatie tussen stikstofbodemoverschot en nitraatconcentratie niet eenduidig is (Buis et al., 2012). Naast de factoren die al bij de akkerbouwbedrijven genoemd zijn, kan bij melkveebedrijven een deel van de daling in nitraatconcentraties worden veroorzaakt door een afname in beweiding (Boumans en Fraters, 2011).



Figuur 8.2 Stikstofbodemoverschot (als N in kg/ha) en nitraatconcentratie (als NO_3 in mg/l) in grond-, drain- en slootwater op melkveebedrijven van het nat-zandprogramma van 2004 tot 2008 voor de landbouwpraktijk en van seizoen 2004/2005 (jaar 2004) tot en met seizoen 2008/2009 (jaar 2008) voor de waterkwaliteit.

Sinds 2005 neemt het percentage weide-uren bij melkveebedrijven in het nat-zandprogramma sterk af, van 48% in 2005 tot 35% in 2008 (Bijlagenrapport, paragraaf 3.3). Hierdoor vindt er minder puntbelasting plaats door het vee en wordt de mest meer gelijkmatig verspreid met machinale bemesting. Ook een verschuiving in de periode van beweiding kan een rol spelen. Hier is echter geen specifieke informatie over beschikbaar voor het nat-zandprogramma.

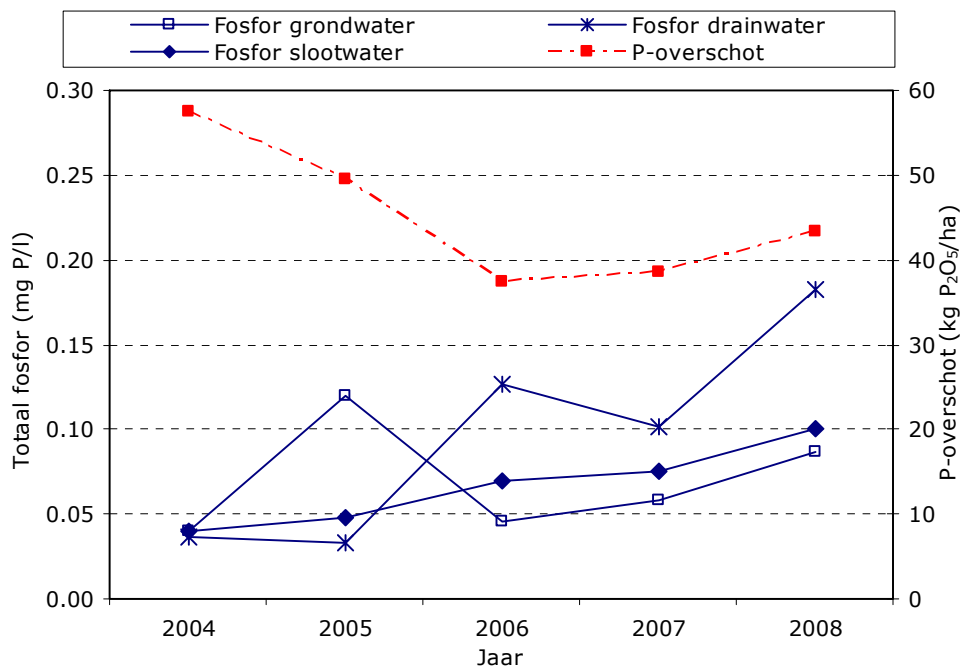
Het stikstofbodemoverschot is beduidend hoger op melkveebedrijven dan op akkerbouwbedrijven, terwijl de nitraatconcentraties juist lager zijn bij de melkveebedrijven. Dit wordt veroorzaakt doordat bij grasland meer denitrificatie optreedt dan bij bouwland (zie discussie hierover in paragraaf 6.1.1).

In drain- en slootwater bij zowel akkerbouw- als melkveebedrijven is er de eerste jaren geen duidelijke relatie tussen het stikstofoverschot en de nitraatconcentratie (Figuur 8.1 en Figuur 8.2). Vanaf 2005 vertonen beide watertypen voor zowel akkerbouw- als melkveebedrijven een daling in zowel het stikstofoverschot als in de nitraatconcentratie.

8.3 Fosfor

Het fosfaatoverschot op akkerbouwbedrijven is tot 2006 behoorlijk gedaald (van bijna 60 kg/ha tot minder dan 40 kg/ha), maar is daarna weer wat gestegen (Figuur 8.3). De fosforconcentratie in het drain- en slootwater stijgt tussen 2004 en 2008 met fluctuaties. Voor grondwater is de trend minder duidelijk door de relatief hoge concentratie in 2005.

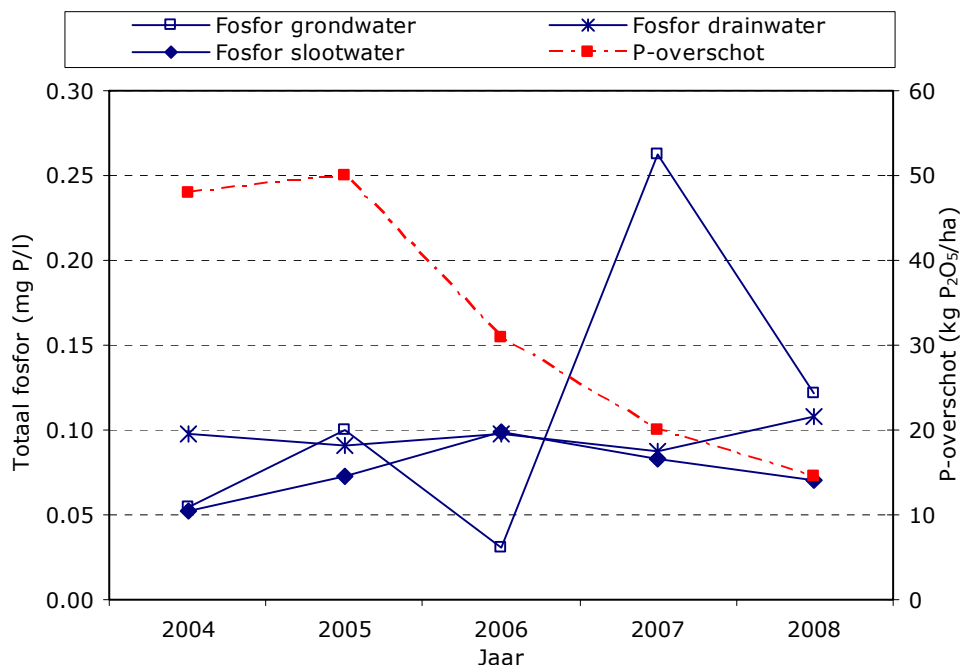
De daling in het bodemoverschot tot 2006 is dus niet zichtbaar in de fosforconcentraties. Bij de vergelijking moet rekening gehouden worden met het hoge percentage waarnemingen onder de detectiegrens (Tabel 7.1). Dit maakt het weergegeven gemiddelde erg afhankelijk van de wijze waarop wordt omgegaan met metingen beneden de detectiegrens.



Figuur 8.3 Fosfaatbodemoverschot (als P₂O₅ in kg /ha) en totaal-fosforconcentratie (als P in mg/l) in grond-, drain- en slootwater op akkerbouwbedrijven in het nat-zandprogramma van 2004 tot 2008 voor de landbouwpraktijk en van seizoen 2004/2005 (jaar 2004) tot en met seizoen 2008/2009 (jaar 2008) voor de waterkwaliteit.

Ook uit andere onderzoeken blijkt dat er geen duidelijke relatie is tussen het fosfaatbodemoverschot en de fosforconcentratie in het grondwater. In de periode 1992-2008 halveert het fosfaatbodemoverschot op akkerbouwbedrijven (Figuur 3.9 in De Goffau et al., 2012). De fosforconcentratie in het grondwater in het standaard-zandprogramma vertoont in 1995 een piek (geen onderscheid naar bedrijfstype), maar blijft daarna stabiel (Figuur 21 in Hooijboer en De Klijne, 2012). De halvering in fosfaatbodemoverschot is dus niet zichtbaar in de fosforconcentratie van het grondwater. Dit wordt, naast de eerder genoemde factoren, deels veroorzaakt door de sterke binding van fosfaat aan de bodem en de hoge mate van fosfaatverzadigde gronden in de Zandregio (Schoumans, 2004; Schoumans et al., 2008). Hierdoor kunnen fosfaatoverschotten uit het verleden nu nog voor verhoogde concentraties in het uitspoelende water leiden bij hoge grondwaterstanden en voor hogere concentraties in het slootwater door oppervlakkige afspoeling van bodemdeeltjes waar fosfaten aan gebonden zitten. Veranderingen in het fosfaatoverschot hebben daardoor minder effect op de fosforconcentratie (Schoumans et al., 2008).

Het fosfaatbodemoverschot neemt op melkveebedrijven de afgelopen jaren sterk af (hoofdstuk 5 en Figuur 8.4). Ook hier is deze daling niet duidelijk terug te zien in een daling in de totaal-fosforconcentraties. Daar is sprake van schommelingen in de concentratie in het grondwater en drainwater. Alleen in het slootwater lijkt sprake van een daling na 2006, maar deze staat niet in verhouding met de daling in het fosfaatoverschot. Ook hier geldt dat het hoge percentage waarnemingen onder de detectiegrens de gemiddeldes kan beïnvloeden (Tabel 7.1). Ook bij de melkveebedrijven geldt uiteraard dat de sterke binding van fosfaat aan de bodem en het grote aantal fosfaatverzadigde gronden een verstoring heeft op een mogelijke relatie (Schoumans, 2004; Schoumans et al., 2008).



Figuur 8.4 Fosfaatbodemoverschot (als P₂O₅ in kg /ha) en totaal-fosforconcentratie (als P in mg/l) in grond-, drain- en slootwater op melkveebedrijven in het nat-zandprogramma van 2004 tot 2008 voor de landbouwpraktijk en van seizoen 2004/2005 (jaar 2004) tot en met seizoen 2008/2009 (jaar 2008) voor de waterkwaliteit.

Het fosfaatbodemoverschot op melkveebedrijven in het standaard-zandprogramma daalt in de periode 1992-2002 en fluctueert daarna enkele jaren. Na 2005 volgt een sterke daling (Figuur 3.4 in De Goffau et al., 2012). De fosforconcentratie in het grondwater vertoont in 1995 een piek (geen onderscheid naar bedrijfstype), en blijft daarna stabiel (Figuur 21 in Hooijboer en De Klijne, 2012).

9 Aandachtspunten voor vervolgonderzoek

9.1 Inleiding

Het doel van het voorliggende rapport is vooral om een basis te bieden waarmee het nat-zandprogramma van het LMM kan worden geëvalueerd. Het nat-zandprogramma richt zich op de natte delen van de Zandregio. Het programma is relatief duur door de bemonstering van zowel grondwater als drain- en slootwater in de winter en bovendien wordt op de deelnemende bedrijven ook in de zomerperiode het grondwater bemonsterd. Het doel van de evaluatie is om na te gaan of er op een effectieve en efficiënte wijze gemeten wordt om de effecten van beleid op de waterkwaliteit op landbouwbedrijven in de natte delen van de Zandregio in beeld te brengen. Aan de hand van de evaluatie kunnen verbetervoorstellen worden opgesteld. De evaluatie richt zich alleen op aspecten die specifiek van belang zijn voor het nat-zandprogramma. Vragen die betrekking hebben op het standaard-zandprogramma (de grondwaterbemonstering van de bedrijven in de Zandregio in de zomer) of op het LMM in zijn geheel, worden niet behandeld. De vragen zullen worden uitgewerkt in het Evaluatierapport (Buis et al., in voorbereiding).

De evaluatie zal worden opgesplitst in twee delen. Deel I richt zich op de optimalisatie van de steekproef. De bedrijven voor het nat-zandprogramma worden nu geselecteerd op basis van het percentage gedraineerd oppervlak per bedrijf. Dit geeft geen ruimtelijk beeld. Daarom zal eerst worden geprobeerd een ruimtelijke afbakening te maken van de natte delen van de Zandregio. Als dat lukt, zal daarna de representativiteit van de huidige nat-zandbedrijven voor de natte delen van de Zandregio worden bediscussieerd op basis van de nieuwe ruimtelijke afbakening. Vervolgens wordt gekeken of er methoden zijn om de representativiteit te verbeteren, zowel qua bedrijvenselectie als qua bewerking en interpretatie van de meetresultaten. In deel II wordt gekeken naar de optimalisatie van het meten van de waterkwaliteit, waarbij gekeken wordt of het programma efficiënter en slimmer kan worden uitgevoerd, voor een beter én goedkoper programma.

9.2 Optimalisatie van steekproef

Hoofdvraag 1:

De natte delen van de Zandregio zijn nu afgebakend door per bedrijf te bepalen of het kan deelnemen. Is het mogelijk hiervoor een objectieve ruimtelijke afbakening te gebruiken?

- A. Hoe kunnen de natte delen van de Zandregio ruimtelijk worden afgebakend?
 1. Welke fysisch geografische mogelijkheden zijn er om de natte Zandregio af te bakenen?
 2. Welke ruimtelijke methode geeft de beste resultaten wat betreft: het percentage natte zandbedrijven dat in de afgebakende regio ligt, het percentage natte zandbedrijven bedrijven dat er buiten ligt en het percentage reguliere zandbedrijven dat ten onrechte in de afgebakende regio ligt?

Indien het niet mogelijk blijkt een ruimtelijke afbakening te maken van de natte zandregio, kunnen hoofdvraag 2 en sub-vraag 3B niet beantwoord worden.

Hoofdvraag 2:

Zijn de huidige deelnemers aan het nat-zandprogramma representatief voor de bedrijven in de natte delen van de Zandregio? Met andere woorden, kan op basis van de beschikbare bedrijven een goede toestandsbepaling gedaan worden voor de natte delen van de Zandregio?

- A. Zijn de huidige natte zandbedrijven representatief voor de bedrijven in de natte delen van de Zandregio?
 - 1. Is het oppervlak en aantal natte zandbedrijven in het reguliere zandprogramma in verhouding met de verdeling tussen nat en 'droog' in de Zandregio (op basis van de Landbouwtelling)?
 - 2. Welke verschillen zijn er tussen de bedrijven in de natte steekproefpopulatie en de steekproef in de natte Zandregio?

Welke mogelijke oorzaken zijn er voor de bij A geconstateerde verschillen? Hierbij te beschrijven: gebiedsindeling (wijze van stratificatie), wijze van selectie (aselect/select), het beschikbaar selectiepotentieel BIN, wijze van allocatie (areaal-proportioneel).

Hoofdvraag 3:

Welke methoden zijn er om de representativiteit van het programma te verbeteren?

- A. Kan de methode voor bedrijvenselectie verbeterd worden op basis van de eerder opgedane informatie?
 - 1. Hoe worden de bedrijven nu geselecteerd voor het programma voor de natte delen van de Zandregio? Wat zijn de voor- en nadelen van deze methode?
 - 2. Zijn er verschillen tussen steekproefpopulaties: zijn er verschillen in bedrijfskenmerken tussen de bedrijven in het natte deel van de Zandregio en die in het 'droge' deel van de regio (op basis van Landbouwtelling). Met andere woorden, kan er in de toekomst gewerkt worden met twee aparte steekproeven voor de Zandregio: een natte en een droge?
 - 3. Is het mogelijk deze ruimtelijke methode te gebruiken voor de selectie van natte zandbedrijven, en wat zijn de voor- en nadelen?
- B. Is de huidige methode van bewerking en interpretatie van de meetresultaten afdoende?
 - 1. Welke methode wordt er nu gebruikt?
 - 2. Is het mogelijk om de representativiteit door middel van weging te verbeteren?

9.3 Optimalisatie van het meten van de waterkwaliteit

Hoofdvraag 4:

Is een herziening van de huidige bemonsteringsfrequentie van het grondwater op nat-zandbedrijven gewenst en mogelijk (nu worden de bedrijven tweemaal per jaar bemonsterd, eenmaal voor het standaard-zandprogramma in de zomer en eenmaal voor het nat-zandprogramma in de winter)?

- A. Is het wetenschappelijk verantwoord één grondwaterbemonstering te laten vervallen bij natte bedrijven? En zo ja, welke?
 - 1. Is er een verschil in waterkwaliteit tussen de zomer- en wintergrondwaterbemonsteringen, en zo ja, kan de gemeten concentratie gecorrigeerd worden om te volstaan met één bemonstering?
 - 2. Wat heeft de voorkeur: de zomerbemonstering laten vallen of de winterbemonstering?
 - 3. Welke gevolgen zou een herziening van de bemonstering hebben op de trend- en toestandsanalyse van de Zandregio?
- B. Is het politiek verantwoord om één grondwaterbemonstering te laten vervallen bij natte bedrijven?
 - 1. Is een zomerbemonstering van grondwater noodzakelijk om aan de beleidseisen en de eisen vanuit de EU te voldoen?
 - 2. Is een bemonstering van grondwater op alle reguliere zandbedrijven in het zelfde seizoen noodzakelijk om aan de beleidseisen en de eisen vanuit de EU te voldoen?

Hoofdvraag 5:

Is het gewenst of is het noodzakelijk zowel grond- drain- en slootwater te bemonsteren in een toekomstig programma voor de natte delen van de Zandregio of kan hierin een selectie worden gemaakt?

- A. Welk watertype (grondwater, drainwater, slootwater) moet bemonsterd worden om te voldoen aan de monitoringsdoelen?
- B. Is het zinvol zowel grondwater als drainwater te bemonsteren op alle bedrijven? Of zou dit moeten afhangen van het percentage gedraineerd oppervlak?
- C. Kan de huidige opdeling van slootwaterbemonstering efficiënter? Is de huidige opdeling in slootwatertypen (bedrijfseigen, doorgaand, langsgaand) zinvol? Is het daarbij ook zinvol om bij doorgaande en langsgaande sloten zowel boven- als benedenstrooms te bemonsteren? En wat geeft een representatiever beeld?

Literatuurlijst

- Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar en G. Holshof (2008). Bemesting, meststofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmais op melkveebedrijven. Wageningen Universiteit en Research Centrum, Plant Research Institute, PRI rapport 208.
- Adamse, P., J.J. M. Driessen, J. de Jong, A. van Polanen, H.J. van Egmond en A.W. Jongbloed (2009). Trendanalyse zware metalen in diervoeder(grondstoffen). Wageningen Universiteit & Research centre, RIKILT - Instituut voor Voedselveiligheid, RIKILT Rapport 2009.019.
- Biesheuvel, A. (2002). Over het voorkomen en de afbraak van pyriet in de Nederlandse ondergrond. Deventer, Witteveen en Bos, Rapport SECI/KRUB/rap.003.
- Bonten, L.T.C., P.F.A.M. Römkens en G.B.M. Heuvelink (2004). Uitspoeling van zware metalen in het landelijk gebied. Modellerings van uitspoeling op regionale schaal: modelaanpak, resultaten, modelberekeningen en modelvalidatie. Wageningen Universiteit en Research centrum, Alterra, rapport 1044.
- Boumans, L. en B. Fraters (2011). Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van de Zandregio en de invloed van het mestbeleid. Visualisatie afname in de periode 1992 tot 2009. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717020.
- Boumans, L.J.M., C.R. Meinardi en G.J.W. Krajenbrink (1989). Nitraatgehalte en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. Bilthoven, RIVM, Rapport 728472013.
- Boumans, L.J.M., D. Fraters en 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(1-3): 225-241.
- Buis, E., G. Janssen, B. Fraters, L. Boumans en A. de Klijne (2011). Relationship between farm management and surface water quality in agricultural regions of the Netherlands. *HydroEco* 2011. H.P. Nachtnebel en K. Kovar. Vienna, Austria.
- Buis, E., A. van den Ham, L.J.M. Boumans, C.H.G. Daatselaar en G.J. Doornewaard (2012). Landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven aangemeld voor derogatie. Resultaten meetjaar 2010 in het derogatiemetnet. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717028.
- Buis, E., A. van den Ham, C.H.G. Daatselaar en B. Fraters (2014). Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid; overzicht voor de natte gronden in de Zandregio. Landbouwpraktijk en waterkwaliteit (Bijlagenrapport). Bilthoven, RIVM, Rapport 680717026.
- Buis, E., T.C. van Leeuwen, B. Fraters en M.W. Hoogeveen (in voorbereiding). Evaluatie van het meetprogramma voor de natte delen van de Zandregio. Onderdeel van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717029.
- Burgin, A.J. en S.K. Hamilton (2007). Have we overemphasized the role of denitrification in aquatic ecosystems? A review of nitrate removal pathways. *Frontiers, Ecology and Environment* 5(2): 89-96.

- Butterbach-Bahl, K. en P. Gundersen (2011). Nitrogen processes in terrestrial ecosystems. The European Nitrogen Assessment. M.A. Sutton, C.M. Howard, J.W. Erisman, G. Billen, A. Bleeker, P. Grennfelt, H. Van Grinsven en B. Grizzetti. Cambridge, Cambridge University Press.
- CIW (2000). Normen voor het waterbeheer. Achtergronddocument NW4. Commissie Integraal Waterbeheer.
- De Goffau, A., G.J. Doornewaard, A.G. Van Leeuwen, J.W. Reijs, B. Fraters, E.J.W. Wattel-Koekkoek en L.J.M. Boumans (2010). Landelijk meetnet effecten mestbeleid. LMM-jaarrapport 2006. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717010.
- De Goffau, A., G.J. Doornewaard en B. Fraters (2012a). Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Resultaten 2007 en 2008. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717031.
- De Goffau, A., T.C. van Leeuwen, A. van den Ham, G.J. Doornewaard en B. Fraters (2012b). Minerals Policy Monitoring Programme Report 2007-2010. Methods and Procedures. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717018.
- De Goffau, A., G.J. Doornewaard en E. Buis (2013). Landelijk meetnet effecten mestbeleid. Resultaten 2009 en 2010. Bilthoven, RIVM Rapport 680717030.
- De Klijne, A., J.W. Reijs, B. Fraters, D.W. de Hoop en T.C. van Leeuwen (2010). Eindrapport van de evaluatie van het LMM. Scenario's voor het programma vanaf 2011. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717012.
- De Vries, F., W.J.M. de Groot, T. Hoogland en J. Denneboom (2003). De bodemkaart van Nederland digitaal. Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie. Wageningen, Alterra, Rapport 8.11.
- De Vries, F., R.F.A. Hendriks, R.H. Kemmers en R. Wolleswinkel (2008). Het veen verdwijnt uit Drenthe. Omvang, oorzaken en gevolgen. Wageningen, Alterra, Rapport 1661.
- Durand, P., L. Breuer en P.J. Johnes (2011). Nitrogen processes in aquatic ecosystems. The European Nitrogen Assessment. M.A. Sutton, C.M. Howard, J.W. Erisman, G. Billen, A. Bleeker, P. Grennfelt, H. van Grinsven en B. Grizzetti. Cambridge, Cambridge University Press.
- EU (1991). Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from Agricultural sources. European Commission.
- EU (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, L327, 22/12/2000, 6-72.
- EU (2005). Beschikking van de Commissie van 8 december 2005 tot verlening van een door Nederland gevraagde derogatie op grond van Richtlijn 91/676/EEG van de Raad inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen. Publicatieblad van de Europese Unie, L324: 89-93 (10.12.2005).
- EZ (2005) Besluit van 9 november 2005, houdende regels ter uitvoering van de Meststoffenwet (Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet). Bijlage II. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 's-Gravenhage, 9 november 2005.

- Fraters, B., L.J.M. Boumans en H.P. Prins (2001).
Achtergrondconcentraties van 17 sporenmetalen in het grondwater van Nederland. Bilthoven, RIVM, Rapport 711701017.
- Fraters, B. en L.J.M. Boumans (2005). De opzet van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid voor 2004 en daarna. Uitbreiding van LMM voor onderbouwing van Nederlands beleid en door Europese monitorverplichtingen. Bilthoven, RIVM, Rapport 680100001.
- Fraters, B., L.J.M. Boumans, T.C. van Leeuwen en J.W. Reijs (2007). De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Bilthoven, RIVM, Rapport 680716002.
- Fraters, B., B.A. Beijen, G.J. Brandsma, H.F.M.W. van Rijswijk, J.W. Reijs, E. Buis en M.W. Hoogeveen (2012). Optimalisatie van het basismetnet van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Studie naar bezuinigingsmogelijkheden. Bilthoven, RIVM Rapport 680717027.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud, J. Roelsma, G.M.C.M. Janssen, S. Jansen, R. Heerdink, J. Griffioen en B. van der Grift (2008). A new compliance checking level for nitrate in groundwater. Modelling nitrate leaching and the fate of nitrogen in the upper 5 meter of the groundwater system. Alterra, Wageningen UR, Rapport 1820.
- Hooijboer, A.E.J., B. Fraters en L.J.M. Boumans (2007). Waterkwaliteit op landbouwbedrijven. Evaluatie Meststoffenwet 2007. Bilthoven, RIVM, Rapport 680130002.
- Hooijboer, A.E.J. en A. de Klijne (2012). Waterkwaliteit op Landbouwbedrijven. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post. Bilthoven, RIVM, Rapport 680123001
- Krause, S., D.M. Hannah, J.H. Fleckenstein, C.M. Heppell, D. Kaeser, R. Pickup, G. Pinay, A.L. Robertson en P.J. Wood (2011). Interdisciplinary perspectives on processes in the hyporheic zone. *Ecohydrology* 4: 481-499.
- LVN (1991). Evaluatienota Mestbeleid eerste fase. Tweede Kamer, 1989-1990, 21 502.
- LEI (2013) Begripsomschrijvingen, Bedrijveninformatienet.
<http://www.landbouweconomischbericht.nl/begrippen.html> (bezocht 16 oktober 2013).
- Lukács, S., O.A. Clevering, A. de Klijne en S. Stuijzand (2009). Harmonisatie meetnetten voor nutriënten in oppervlaktewater. Bilthoven, RIVM, Rapport 680724001.
- Lukács, S., A. van den Ham en C.H.G. Daatselaar (2012). Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). Het programma in de kleiregio 1996-2008. Overzichtsrapport ten behoeve van de evaluatie. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717024A.
- Plette, S. (2003). III Landbouw - zware metalen (af- en uitspoeling landelijk gebied). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat.
- Poppe, K.J. (2004). Het Bedrijven-Informatienet van A tot Z. Den Haag, LEI, Rapport 1.03.06.
- Römkens, P.F.A.M. en R.P.J.J. Rietra (2008). Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008. Gehalten aan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, N en P in runder-, varkens- en kippenmest. Wageningen, Alterra, Rapport 1729.

- Rozemeijer, J., L.J.M. Boumans en B. Fraters (2006).
Drainwaterkwaliteit in de kleigebieden in de periode 1996-2001.
Evaluatie van een meetprogramma voor de inrichting van een
monitoringnetwerk. Bilthoven, RIVM, Rapport 680100004.
- Rozemeijer, J.C. en H.P. Broers (2007). The groundwater contribution to
surface water contamination in a region with intensive agricultural
land use (Noord-Brabant, The Netherlands). *Environmental Pollution*
148(3): 695-706.
- Rütting, T., P. Boeckx, C. Müller en L. Klemedtsson (2011). Assessment
of the importance of dissimilatory nitrate reduction to ammonium
for the terrestrial nitrogen cycle. *Biogeosciences Discussions* 8:
1169-1196.
- Schoumans, O.F. (2004). Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van
landbouwgronden in Nederland. Wageningen, Alterra, Rapport
730.4.
- Schoumans, O.F., L.V. Renaud, H. Oosterom en P. Groenendijk (2004).
Lot van het fosfaat overschot. Analyse van STONE-berekeningen die
zijn uitgevoerd in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2004.
Wageningen, Alterra, Rapport 730.5.
- Schoumans, O.F., J. Willems en G. van Duinhoven (2008). 30 vragen en
antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu.
Wageningen, Alterra.
- Schoumans, O.F., P. Groenendijk, L.V. Renaud, W. van Dijk, J.J.
Schröder, A. van den Ham en A.E.J. Hooijboer (2012). Analyse van
de mogelijke oorzaken van verhoogde nitraatconcentraties in het
Zuidelijk zandgebied. Wageningen, Alterra, Rapport 2319.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van
Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof en W.J.
Willems (2004). Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige
en milieukundige uitgangspunten. Wageningen, Plant Research
International B.V., Rapport 79.
- Schröder, J.J. (2006). Berekeningswijze N-bodemoverschot t.b.v. ABC
en BIN2, respectievelijk WOD2. Notitie 26 maart 2006. Werkgroep
Onderbouwing Gebruiksnormen.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, R.L.M. Schils, G.L.
Velthof, B. Fraters en W.J. Willems (2007). Permissible manure and
fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The
Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. *European
Journal of Agronomy* 27(1): 102-114.
- Scott, J.T., M.J. McCarthy, W.S. Gardner en R.D. Doyle (2008).
Denitrification, dissimilatory nitrate reduction to ammonium, and
nitrogen fixation along a nitrate concentration gradient in a created
freshwater wetland. *Biogeochemistry* 87: 99-111.
- Swen, H.M., J.W. Reijs, T.C. van Leeuwen, G.J. Doornewaard, B.
Fraters, E.J.W. Wattel-Koekkoek en L.J.M. Boumans (2009).
Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. LMM-jaarrapport 2004.
Bilthoven, RIVM, Rapport 680717006.
- Swen, H.M., A. de Goffau, G.J. Doornewaard, T.C. van Leeuwen, J.W.
Reijs, B. Fraters, E.J.W. Wattel-Koekkoek en L.J.M. Boumans
(2010). Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. LMM-jaarrapport
2005. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717007.
- TCB (1997) Advies Bemesting en zware metaalaccumulatie in de bodem.
Technisch Commissie Bodem, Den Haag, TCB 862(1997).

- Van Beek, C.L., G.A.P.H. van den Eertwegh, F.H. van Schaik, G.L. Velthof en O. Oenema (2004). The contribution of agriculture to N and P loading of surface water in grassland on peat soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 85-95.
- Van den Ham, A., C.H.G. Daatselaar, G.J. Doornewaard en D.W. de Hoop (2007). Bodemoverschotten op landbouwbedrijven; deelrapportage in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2007 (EMW 2007). Den Haag, LEI-WUR, Rapport 3.07.05.
- Van der Bolt, F.J.E. en O.F. Schoumans (2012). Ontwikkeling van de bodem- en waterkwaliteit. Evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex-post. Wageningen, Alterra, Rapport 2318.
- Van der Schoot, J.R., W. van Dijk (2001) Afvoer van stikstof en fosfaat geen vast gegeven. Wageningen Universiteit en Research Centrum, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, PPO-bulletin Akkerbouw, 2001, 3:11-15.
- Van Drecht, G. en E. Schepers (1998). Actualisering van model NLOAD voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden: beschrijving van model en GIS-omgeving. Bilthoven, RIVM, Rapport 711501002.
- Van Swinderen, E.C., W.J. Willems, C.H.G. Daatselaar, T. de Haan en D.W. de Hoop (1994). Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven; resultaten eerste bemonstering 1992. Bilthoven, RIVM Rapport 714901002.
- Van Vliet, M.E (red.) (2010). Evaluatie van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Bijlagenrapport. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717013.
- Velthof, G.L.R. (2000). Advies prioritering onderzoek en monitoring fosfaat en stikstof. Advies van de Commissie Prioritering onderzoek en monitoring fosfaat en stikstof, ingesteld per brief d.d. 12 oktober 2000, kenmerk (VROM) BWL/2001121880.
- Wattel-Koekkoek, E.J.W., J.W. Reijs, T.C. van Leeuwen, B. Fraters, H.M. Swen, L.J.M. Boumans en G.J. Doornewaard (2008). Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. LMM-jaarrapport 2003. Bilthoven, RIVM, Rapport 680717003.

Bijlage 1 Afkortingen en begrippen

Basismeetnet	LMM-meetnet bestaande uit circa 245 bedrijven die samen ruim 80% van het landbouwareaal in Nederland vertegenwoordigen.
Bedrijven-informatienet	steekproef van 1500 land- en tuinbouwbedrijven, waarvoor een uitgebreide registratie van bedrijfsgegevens wordt bijgehouden.
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek.
Derogatiemeetnet	LMM-meetnet bestaande uit 300 bedrijven die zich hebben aangemeld voor derogatie.
FPCM	fat and protein corrected milk, hoeveelheid melk gecorrigeerd voor vet- en eiwitgehalten afwijkend van de standaard gehalten.
Gebied	geografisch samenhangend deel van een regio.
Informatienet	zie Bedrijveninformatienet.
Landbouwtelling	jaarlijkse telling op en enquête bij landbouwbedrijven die wordt gehouden door Dienst Regelingen in samenwerking met het Centraal Bureau voor de Statistiek.
LMM	Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid.
Nat-zandbedrijf	LMM-bedrijf deelnemende aan het nat-zandprogramma.
Nat-zandprogramma	programma dat wordt uitgevoerd op een selectie van de bedrijven deelnemende aan het standaard-zandprogramma. Hiervoor komen alleen bedrijven in aanmerking waar de percelen zijn gedraineerd via drainagebuizen en/of sloten.
nge	Nederlandse grootte-eenheid; (oude) maat voor economische omvang van een landbouwbedrijf (is nu vervangen door de SO).
Overig-zandbedrijf	LMM-bedrijf in de Zandregio dat niet deelneemt aan het nat-zandprogramma.
Regio	afgebakend deel van Nederland met overwegend een zelfde hoofdgrondsoort (zand, kei, veen of löss). Indeling gebruikt voor dit rapport is gebaseerd op gemeentegrenzen, de dominante grondsoort per gemeente bepaald welke gemeenten bij welke regio horen.
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
SO	Standaard Opbrengst; (nieuwe) maat voor economische omvang van een landbouwbedrijf (vervangt de nge).

Standaard- zandprogramma	programma dat de bemonsteringen omvat van alle landbouwbedrijven in de Zandregio in de zomerperiode.
WUR	Wageningen Universiteit en Research Centrum.



.....

E. Buis | A. van den Ham | C.H.G. Daatselaar | B. Fraters

.....

RIVM rapport 2015-0055

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

mei 2015

De zorg voor morgen
begint vandaag