



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

# De uitspoeling van het stikstof- overschot

De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven.

*Herberekening van uitspoelfracties*



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

**De uitspoeling van het  
stikstofoverschot naar grond- en  
oppervlaktewater op  
landbouwbedrijven**

Herberekening van uitspoelfracties

RIVM Rapport 680716006/2012

## Colofon

© RIVM 2012

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'.

B. Fraters, RIVM  
T.C. van Leeuwen, LEI  
A. Hooijboer, RIVM  
M.W. Hoogeveen, LEI  
L.J.M. Boumans, RIVM  
J.W. Reijs, LEI

Contact:  
Dico Fraters  
Centrum voor Milieumonitoring  
[dico.fraters@rivm.nl](mailto:dico.fraters@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, in het kader van het project Ondersteuning Mestbeleid (projectnummer 680716)



## Rapport in het kort

### **De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven**

Herberekening van uitspoelfracties

Per grondsoort is berekend in welke mate een stikstofoverschot bij akkerland en grasland tussen 1991 en 2009 uitspoelde naar het grond- en oppervlaktewater. Het stikstofoverschot is het verschil tussen de hoeveelheid stikstof die op het land wordt aangevoerd door het gebruik van mest en kunstmest, en de hoeveelheid die met de oogst wordt afgevoerd. Deze hoeveelheid die in de bodem achterblijft kan uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. De mate waarin dat gebeurt blijkt te verschillen tussen grondsoorten en vormen van bodemgebruik. De resultaten van dit onderzoek verschillen nauwelijks van eerder onderzoek naar de mate van uitspoeling tussen 1991 en 2004. De resultaten worden gebruikt om met behulp van een model de gebruiksnormen voor het totale stikstofgebruik te bepalen die verantwoord zijn voor het milieu.

### **Mate van uitspoeling stikstofoverschot verschilt tussen grondsoorten**

Van de drie grondsoorten die in deze studie zijn onderzocht, is de mate van uitspoeling in zandgronden het grootst, gevolgd door klei en ten slotte veen. Bij bouwland op droge zandgrond spoelt 90% van het stikstofoverschot uit. Bij natte zandgronden is dat percentage lager. Dat komt doordat de omstandigheden in de bodem gunstiger zijn om nitraatstikstof af te breken, zodat het niet in het grond- en oppervlaktewater terechtkomt. Bij grasland op veengrond is spoelt slechts 5% van het stikstofoverschot uit. Hier wordt nagenoeg alle nitraatstikstof afgebroken.

### **Nieuwe stikstofnormen in 2014**

Deze gegevens zijn belangrijk om te voorkomen dat door bemesting te veel stikstof uitspoelt naar grond- en oppervlaktewater. Volgens de Nitraatrichtlijn zijn alle lidstaten van de Europese Unie verplicht dit te voorkomen. Nederland heeft een stelsel van normen ontwikkeld om zowel de totale stikstofbemesting als de stikstofbemesting met dierlijke mest te reguleren. Deze gebruiksnormen worden elke vier jaar geëvalueerd; voor de periode 2014-2017 worden ze opnieuw vastgesteld.

Voor de het onderzoek zijn meetgegevens gebruikt van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van het RIVM en LEI, onderdeel van Wageningen Universiteit en Research Centrum.

Trefwoorden:

LMM, nitraat, stikstofoverschot, uitspoelfractie, landbouw

## Abstract

### **Leaching of nitrogen surplus to groundwater and surface waters on farms**

Recalculation of leaching fractions

In this study, the degree of leaching of the nitrogen surplus to groundwater and surface waters is calculated per soil type for arable land and grassland for the 1991-2009 period. The nitrogen surplus is the difference in the amount of nitrogen, for example, from inputs via artificial fertilisers and manure and removals of nitrogen from the harvest of crops. This amount of nitrogen that remains in the soil can leach to groundwater and surface waters. Leaching differs between soil types and methods of land use. The results of this study differ only slightly from the results of a previous study where data for the 1991-2004 period were used. These data will be used to derive standards (with the use of a model) for environmentally safe use of total nitrogen and animal manure nitrogen.

### **Leaching differs between soil types**

Of the three soil types considered, nitrogen leaching levels were highest in sandy soils, followed by clay soils and lowest in peat soils. For arable land on well-drained sandy soils, about 90% of the nitrogen surplus leaches from the root zone. This percentage is lower, however, for poorly drained sandy soils with shallow groundwater. This is due to the more favourable soil conditions for the degradation of nitrate nitrogen so that nitrate does not leach to the ground and surface waters. For grassland on peat soils, only 5% of the nitrogen surplus leaches. Here, almost all nitrate nitrogen is degraded.

### **New nitrogen use standards in 2014**

These data are important in the prevention of too much leaching of nitrogen to groundwater and surface waters due to fertilisation. The European Nitrates Directive obliges all Member States to prevent this from occurring. The Netherlands have developed a system of nitrogen use standards that limits both total nitrogen use and nitrogen use via animal manure. These standards are evaluated every four years; they will be determined again for the 2014-2017 period.

For this study, data were used from the Mineral Policy Monitoring Programme (LMM) of RIVM and LEI, part of Wageningen University and Research Centre.

Keywords:

LMM, nitrate, nitrogen surplus, leaching fraction, agriculture

## Voorwoord

Dit rapport is gemaakt in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, mede namens het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, door het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en LEI, onderdeel van Wageningen Universiteit en Research Centrum. LEI is verantwoordelijk voor de berekening van het stikstofoverschot, aan de hand van het protocol van de voormalige Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen van de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Het RIVM is verantwoordelijk voor de berekening van de uitspoeling en uitspoelfracties. De gebruikte berekeningsmethodiek is in 2006 door de werkgroep geselecteerd uit een aantal door het RIVM aangedragen opties. Het RIVM heeft tevens de gevoeligheid van de uitkomsten voor de aannamen geanalyseerd.

Dit rapport is te beschouwen als een aanvulling op het in 2007 verschenen RIVM Rapport 680716002.

De auteurs bedanken Jaap Schröder (PPO) en Arnoud de Klijne (RIVM) voor hun commentaar op eerdere conceptversies van het rapport.

Dico Fraters, Ton van Leeuwen, Arno Hooijboer, Marga Hoogeveen, Leo Boumans en Joan Reijs

## Inhoud

Samenvatting—7

### **1 Inleiding—8**

- 1.1 Aanleiding—8
- 1.2 Doel en opdracht—10

### **2 Aanpak—11**

- 2.1 Methode en gegevens—11
- 2.2 Herberekening—13

### **3 Resultaten en discussie—14**

- 3.1 Uitspoeling van stikstof—14
- 3.2 De uitspoelfracties—17
- 3.3 Wijzigingen in uitspoelfracties reeks 1991-2004—20
- 3.4 Invloed van andere factoren—22
  - 3.4.1 Neerslagoverschot—22
  - 3.4.2 Na-ijlen—23

### **4 Conclusies en aanbevelingen—27**

- 4.1 Conclusies—27
- 4.2 Aanbevelingen—27

### **Literatuur—28**

Bijlage 1 Tabellen voor WOG-model—29

Bijlage 2 Overzicht van effecten verbetering berekening stikstofoverschot—31

## Samenvatting

De Nitraatrichtlijn verplicht alle lidstaten van de Europese Unie zorg te dragen voor een balans tussen de stikstofbehoefte van het gewas en de aanvoer van stikstof met bemesting. Nederland heeft een stelsel van stikstofgebruiksnormen ontwikkeld waarmee zowel de totale stikstofbemesting als de stikstofgift met dierlijke mest wordt gereguleerd. Dit stelsel en andere maatregelen zijn vastgelegd in het Actieprogramma 2010-2013 en de Meststoffenwet. Dit jaar (2012) zal de Meststoffenwet worden geëvalueerd met het oog op het actieprogramma voor de periode 2014-2017. Hiervoor zijn in 2011 verschillende studies uitgevoerd.

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. In deze studie is per grondsoort herberekend in welke mate een stikstofoverschot bij bouwland en grasland uitspoelt naar het grond- en oppervlaktewater. De berekeningen zijn eerder uitgevoerd in 2007 voor de onderbouwing van de gebruiksnormen uit het lopende Actieprogramma 2010-2013. Sinds 2007 zijn de gegevens van vijf nieuwe meetjaren beschikbaar gekomen. De meetgegevens zijn afkomstig van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van het RIVM en LEI. De resultaten van de studie worden gebruikt bij de modelmatige afleiding van milieuverantwoorde gebruiksnormen voor het totale stikstofgebruik en het stikstofgebruik met dierlijke mest.

Een stikstofoverschot is het verschil tussen de aanvoer van stikstof, bijvoorbeeld via kunstmest en dierlijke mest, en de afvoer van stikstof, bijvoorbeeld bij de oogst van gewas. De mate van uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater, de uitspoelfractie, verschilt tussen grondsoorten en vormen van bodemgebruik. Bij bouwland op droge zandgrond spoelt 90% van het stikstofoverschot uit. Bij grasland op veengrond is dat slechts 5%. Van de drie grondsoorten die in deze studie zijn onderzocht, neemt de uitspoeling af in de volgorde: zand > klei > veen. Bij de zandgronden is de uitspoeling het grootst bij droge gronden en het laagst bij natte gronden. De uitspoeling is bovendien bij bouwland groter dan bij grasland.

De verschillen tussen de nieuwe en de in 2007 berekende waarden zijn klein. De mate van uitspoeling van stikstof bij grasland op zandgrond is duidelijk afgenomen in de periode 1991-2009, maar toch verschilt het berekende gemiddelde voor de periode 1991-2009 weinig van het gemiddelde voor de periode 1991-2004.

Voor grasland is een duidelijke afname zichtbaar van het stikstofoverschot in de periode 1991-2009. Hierdoor geeft de berekende periodegemiddelde uitspoelfractie voor grasland, als gevolg van na-ijlen, waarschijnlijk een overschatting van 7-10% van de werkelijke mate van uitspoeling.

Aanbevolen wordt om te onderzoeken wat de effecten zijn van het veranderende management bij landbouwbedrijven (en vooral melkveebedrijven) op de mate van uitspoeling van het stikstofoverschot. Dit is nodig om te kunnen beslissen of de mate van uitspoeling beter wordt gerepresenteerd door de uitspoelfracties van de jaren na 2000 dan door de gemiddelde uitspoelfractie voor de hele gegevensreeks. Het rapport bevat ook nog enkele aanbevelingen voor verbetering van de berekeningsmethodiek.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De Nitraatrichtlijn verplicht alle lidstaten van de Europese Unie zorg te dragen voor een balans tussen de stikstofbehoefte van het gewas en de aanvoer van stikstof met bemesting. Hierbij moet rekening worden gehouden met de aanwezige minerale stikstof in de bouwvoor en de stikstof die via mineralisatie beschikbaar komt (EU, 1991, annex III). Ook verplicht de richtlijn om het gebruik van dierlijke mest op landbouwbedrijven te beperken tot maximaal 170 kg stikstof per hectare per jaar. Nederland heeft een stelsel van stikstofgebruiksnormen ontwikkeld waarmee zowel de totale stikstofbemesting als de stikstofgift met dierlijke mest wordt gereguleerd. Dit stelsel en andere maatregelen zijn vastgelegd in het Actieprogramma 2010-2013. De actieprogramma's dienen om de uitspoeling van stikstof zodanig te beperken dat verontreiniging van grond- en oppervlaktewater door de landbouw wordt voorkomen. De Nitraatrichtlijn actieprogramma's worden in principe elke vier jaar door de lidstaten zelf geëvalueerd en zonodig herzien.

In de actieprogramma's voor de Nitraatrichtlijn worden onder andere niveaus vastgelegd voor het gebruik van stikstofmeststoffen in de landbouw. De formele vastlegging van de in het actieprogramma genoemde niveaus vindt plaats in de Meststoffenwet en bijbehorende besluiten. Elke vier jaar wordt de Meststoffenwet en daarmee het actieprogramma geëvalueerd en zonodig aangepast. Dit jaar (2012) zal de Meststoffenwet worden geëvalueerd met het oog op het actieprogramma voor de periode 2014-2017. Hiervoor zijn in 2011 verschillende studies uitgevoerd.

Een van de studies voor evaluatie betrof het onderzoek naar de milieukundige verantwoorde niveaus van stikstofgebruik in de landbouw. Hiervoor zijn twee modellen gebruikt. Ten eerste het STONE-model, dat vooral is bedoeld om een beeld te krijgen van de effecten van bemestingsniveaus in ruimte en tijd (Groenendijk et al., in voorbereiding) en, ten tweede, het WOG-model dat vooral wordt gebruikt om per combinatie van bodemgebruik en bodemtype het bemestingsniveau te kunnen berekenen waarbij de milieunormen niet worden overschreden (Schröder et al., 2011). Voor beide modellen wordt gebruik gemaakt van gegevens van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM).

Met het LMM wordt de ontwikkeling van de waterkwaliteit op landbouwbedrijven in beeld gebracht in relatie tot de ontwikkelingen in de landbouwpraktijk. LEI, onderdeel van Wageningen Universiteit en Research Centrum, legt de landbouwpraktijk vast via het Bedrijven Informatienet (BIN) en het RIVM meet de waterkwaliteit op de landbouwbedrijven die deelnemen aan het LMM. Het LMM is representatief voor ongeveer 80% van het landbouwareaal in Nederland. Er zijn vier regio's onderscheiden op basis van grondsoort, te weten de Zand-, Löss-, Klei- en Veenregio, en vier bedrijfstypen, te weten akkerbouw, melkveehouderij, hokdierbedrijven en overige dierbedrijven. De Klijne et al. (2010) en Van Vliet (2010) geven een uitgebreide beschouwing van het LMM.

Het model STONE gebruikt de LMM-gegevens voor kalibratie en validatie van het model. Voor het WOG-model wordt met behulp van de LMM-gegevens een van de modelparameters berekend, de zogenoemde uitspoelfractie.

### ***De uitspoelfractie***

De uitspoelfractie kwantificeert de mate waarin het stikstofoverschot op de bodembalans uitspoelt uit de wortelzone naar grond- en oppervlaktewater. De uitspoelfractie wordt berekend voor bouwland en grasland op zeer droge zandgrond (Gt VIII) en op kleigrond en voor grasland op veengrond. Hiervoor moeten de LMM-cijfers, die verzameld zijn op bedrijfsniveau (meerdere gewassen en grondsoorten), worden omgerekend naar cijfers op gewas- en grondsoortniveau. De uitspoelfractie wordt berekend door de berekende stikstofuitspoeling (in kg/ha per jaar) te delen door het berekende stikstofoverschot (eveneens in kg/ha per jaar). De stikstofuitspoeling wordt gekoppeld aan het stikstofoverschot gerealiseerd in het er direct aan voorafgaande landbouwpraktijkjaar. Voor de eenvoud is voor de naamgeving hierna telkens het jaar van de landbouwpraktijk maatgevend; dit wil bijvoorbeeld zeggen dat de periode 1991-2009 de gegevens betreft over de landbouwpraktijk in de periode 1991-2009 en over de waterkwaliteit in de periode 1992-2010.

Ongeveer elke vier jaar wordt op basis van nieuwe meetgegevens een herberekening gemaakt van de uitspoelfracties. De laatste keer is dit gebeurd in 2007 (Fraters et al., 2007). In 2007 is ook de berekeningsmethodiek herzien en verbeterd. Dit voorliggende rapport beschrijft de herberekening van de uitspoelfractie uitgevoerd in 2011 en presenteert de resultaten van deze herberekening. Deze herberekening is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. De herberekening in 2011 beperkte zich grotendeels tot het toevoegen van de meetresultaten van de afgelopen vijf jaar (2005-2009) aan de gegevensreeks en het heranalyseren van de gehele meetreeks (1991-2009). De berekeningsmethodiek zelf is niet herzien. Een uitgebreide beschrijving van de berekeningsmethodiek en de aannamen zijn gegeven in Fraters et al. (2007). Hieronder worden in het kort enkele begrippen toegelicht.

### ***Het stikstofoverschot***

Het stikstofoverschot is het verschil tussen aanvoer naar de bodem en afvoer via gewassen. De aanvoer omvat stikstofbemesting, stikstofbinding, atmosferische stikstofdepositie en netto stikstofmineralisatie. De afvoer omvat de afvoer van stikstof met het gewas, maar is exclusief stikstofemissies vanuit de bodem. De berekening is gecompliceerd, onder andere vanwege het ontbreken van directe metingen van bijvoorbeeld afvoer met gewas op melkveebedrijven. Het stikstofoverschot is alleen bekend op bedrijfsniveau. Er is daarom aangenomen dat het overschot op bouwland gelijk is aan het overschot op akkerbouwbedrijven en het overschot op grasland op melkveebedrijven is berekend uit het overschot op bedrijfsniveau en het overschot op bouwland. Verder is aangenomen dat er geen verschillen zijn in de stikstofoverschotten tussen percelen op een bedrijf met verschillende bodemtypen (grondsoort, grondwaterstandregiem en drainagetoestand).

### ***De stikstofuitspoeling***

De stikstofuitspoeling uit de wortelzone wordt berekend door de in het LMM gemeten stikstofconcentratie te vermenigvuldigen met het neerslagoverschot. Voor het berekenen van de stikstofuitspoeling voor zeer droge zandgrond, wordt rekening gehouden met de aanwezigheid van minder droge en natte zandgronden en de aanwezigheid van andere grondsoorten (klei- en veengronden) die aanwezig waren op de in de Zandregio bemonsterde bedrijven. Voor zandgronden wordt de nitraatstikstofconcentratie gebruikt, gemeten in de bovenste meter van het grondwater en bemonsterd in het

zomerhalfjaar. Voor klei- en veengronden wordt uitgegaan van de totaalstikstofconcentratie, gemeten in de winterperiode. Voor kleigronden worden metingen aan het drainwater en het bovenste grondwater gebruikt, voor veengronden de metingen aan het slootwater.

## **1.2 Doel en opdracht**

Het doel van deze studie was het herberekenen van de fractie van het stikstofoverschot dat uitspoelt naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven op basis van alle tot en met 2010 beschikbare meetgegevens uit het LMM.

De opdracht was om, net als in 2007, aparte uitspoelfracties te berekenen voor de bodemgebruikstypen bouwland en grasland en de grondsoorten zand, klei en veen, waarbij voor de zandgrond de uitspoelfractie wordt berekend voor de zeer droge zandgrond (Gt VIII).

Het doel van dit rapport is het vastleggen van de methodiek voor het berekenen van de uitspoelfracties, in zoverre die afwijkt van de methode gehanteerd in 2007 (Fraters et al., 2007), en het presenteren en analyseren van de resultaten. De analyse omvatte onder andere het maken van een vergelijking met de resultaten van de berekeningen in 2007 met cijfers voor de periode 1991-2004. Verder is er gekeken, net als in 2007, naar de relaties tussen stikstofuitspoeling en stikstofoverschot, tussen de uitspoelfracties en het stikstofoverschot en tussen de uitspoelfracties en het neerslagoverschot. Ook is gekeken of er sprake was van veranderingen van de grootte van de uitspoelfracties in de tijd en naar de invloed van na-ijleffecten op de grootte van berekende uitspoelfracties.

## 2 Aanpak

### 2.1 Methode en gegevens

De methodiek die is beschreven door Fraters et al. (2007) is gebruikt om de uitspoelfracties te berekenen voor de periode 1991-2009.

Voor het herberekenen van de uitspoelfracties voor de periode 1991-2009 zijn voor de periode 1991-2004 dezelfde basisgegevens gebruikt als in 2007 (Fraters et al., 2007). Verbeteringen in de gegevensset die sinds 2007 hebben plaatsgevonden over de jaren 1991-2004 zijn daarmee buiten beschouwing gelaten. Voor de periode 2005-2009 zijn nieuwe gegevens toegevoegd. Hiervoor zijn alle LMM-bedrijven gebruikt die behoren tot de deelnemers aan de Evaluerende Monitoring (EM) net als de deelnemers aan het Derogatiemetnet voor zover deze aselekt zijn gekozen.

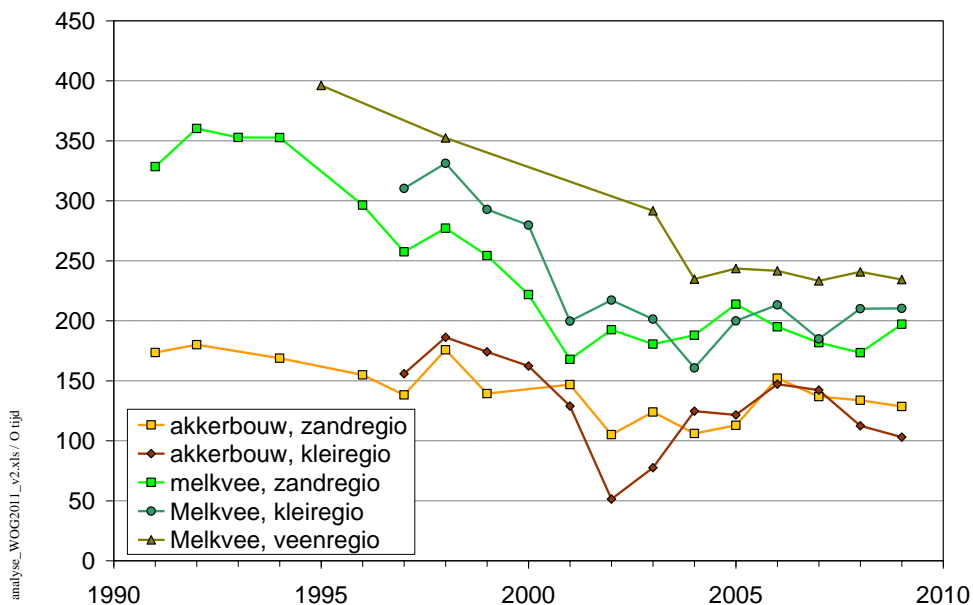
Per jaar zijn per regio (zand, klei, veen) en per bedrijfstype (akkerbouw en melkveehouderij) de gemiddelden karakteristieken berekend. Alle bedrijven van eenzelfde bedrijfstype in eenzelfde regio in hetzelfde jaar (jaargroepen), met uitzondering van akkerbouw op veen, omvatten tenminste zeven bedrijven en zijn daarom gebruikt. De berekende karakteristieken zijn:

1. Landbouwpraktijk
  - a. stikstofoverschot op de bodembalans (Figuur 1 en Tabel 1);
  - b. percentage grasland van het landbouwareaal (Tabel 1).
2. Milieu
  - a. nitraatconcentratie in het grondwater in de zomerperiode (Zandregio), stikstofconcentratie in het grond- en drainwater in de winterperiode (Kleiregio) en stikstofconcentratie in het slootwater in de winterperiode (Veenregio) (Tabel 1);
  - b. relatief neerslagoverschot; geeft een indicatie van de mate waarin het water is ingedikt; hogere waarde betekent meer indikking en dus lager neerslagoverschot (Tabel 1) (zie voor uitleg paragraaf 2.3 in Boumans en Fraters, 2011);
  - c. fracties areaal per grondsoort (Zandregio; Tabel 2);
  - d. fracties areaal per grondwatertrap (Gt) (Zandregio; Tabel 2).

De genoemde stikstofoverschotten (1a) zijn in 2007 voor de periode 1991-2004 door LEI berekend inclusief nettomineralisatie bij grasland op veen; voor de periode 2005-2009 zijn overschotten berekend exclusief nettomineralisatie en inclusief nettomineralisatie bij grasland en bouwland op veen- en moerige gronden op basis van door de deelnemers verstrekte informatie over grondsoorten. Het RIVM, heeft in 2007 de door LEI berekende stikstofoverschotten (met alleen mineralisatie voor gras-op-veen) aangevuld en gecorrigeerd (verhoogd) voor de nettomineralisatie bij grasland op moerige gronden en voor bouwland op moerige gronden en veengronden op basis van bodemkaartinformatie. In 2011 zijn voor de jaren 2005-2009 door het RIVM de stikstofoverschotten exclusief nettomineralisatie van LEI gebruikt als basis en deze zijn opgehoogd met de nettomineralisatie bij grasland en bouwland op veen- en moerige gronden. Dit om te voorkomen dat (grote) verschillen ontstonden met de cijfers uit 1991-2005, waar ook de fractie veen en moerig zijn afgeleid van de bodemkaart. De berekening van overschotten voor de periode 1992-2004 is iets aangepast door expliciet rekening te houden met de fractie bouwland en grasland op de melkveebedrijven. Dit veranderde het

gemiddelde stikstofoverschot voor de periode 1991-2004 nauwelijks; 263 kg/ha in de nieuwe berekening en 264 kg/ha in de oude berekening.

### Stikstofoverschot (kg/ha/jaar)



Figuur 1 Ontwikkeling in het stikstofoverschot op de bodembalans in de periode 1991-2009 bij akkerbouw- en melkveebedrijven in het LMM in de Zand-, Klei- en Veenregio.

Tabel 1 Karakteristieken landbouwpraktijk en milieu per regio en bedrijfstype. Gemiddelden voor de periode 1991-2004 en 2005-2009.

Regio	Bedrijfs- type	Periode	N-overschot (kg/ha)	Aandeel gras (%)	Nitraat (NO <sub>3</sub> ) (mg/l)	Relatief neerslag- overschot <sup>†</sup>
Zand	Akker- bouw	1991-2004	147	1	82	1,14
		2005-2009	133	1	78	1,17
	Melkvee	1991-2004	263	73	99	1,13
		2005-2009	192	75	53	1,22
Stikstof (mg/l)						
Klei	Akker- bouw	1991-2004	133	2	13,2	1,05
		2005-2009	107	2	11,7	1,00
	Melkvee	1991-2004	262	80	11,4	1,01
		2005-2009	204	81	8,8	1,11
Veen	Melkvee	1991-2004	319	95	4,8	0,88
		2005-2009	239	92	4,1	1,14

<sup>†</sup> Hogere waarde betekent dat het bemonsterde water meer is ingedikt en het neerslagoverschot dus lager was in de relevante jaren voorafgaande aan de bemonstering (zie voor uitleg paragraaf 2.3 in Boumans en Fraters, 2011).

Tabel 2 Bodemkarakteristieken<sup>†</sup> voor de Zandregio per bedrijfstype.  
Gemiddelden voor de periode 1991-2004 en 2005-2009.

Bedrijfstype	Periode	fNat	fDroog	fMoerig	fVeen	fZand
Akkerbouw	1991-2004	0,40	0,11	0,29	0,28	0,42
	2005-2009	0,34	0,15	0,27	0,21	0,45
Melkvee	1991-2004	0,43	0,13	0,10	0,07	0,77
	2005-2009	0,44	0,11	0,09	0,09	0,72

<sup>†</sup> fNat = fractie Gt I t/m Gt IV; fDroog = fractie Gt VII en Gt VIII, fractie overige Gt's (Gt V – Gt VI) is niet gegeven.

fMoerig, fVeen, fZand = fractie moerige, veen en zandgronden; fractie overige gronden (klei en löss) is niet gegeven.

## 2.2 Herberekening

Per jaar wordt een jaar specifiek neerslagoverschot berekend. Hiervoor wordt het meerjarig gemiddelde neerslagoverschot (STONE-tabel; Van Bakel et al., 2008) vermenigvuldigd met de verhouding tussen het meerjarig gemiddelde relatieve neerslagoverschot en het jaarspecifieke relatieve neerslagoverschot (RIVM-berekening) (zie bijlage 2 in Fraters et al., 2007).

Omdat het gemiddelde van quotiënten niet gelijk is aan het quotiënt van de gemiddelden ontstaat er een verschil tussen het 'meerjarig gemiddelde neerslagoverschot' en het 'gemiddelde jaarspecifieke neerslagoverschot'. Om te zorgen dat het gemiddelde neerslagoverschot over de meetjaren hetzelfde is wordt een correctiefactor gebruikt. Deze correctiefactor wordt iteratief bepaald (Fraters et al, 2007, blz. 66-67). Hierdoor veranderen bij de huidige herberekening, waarbij vijf meetjaren zijn toegevoegd, ook de in 2007 berekende neerslagoverschotten voor de jaren 1991-2004. Aangezien de stikstofuitspoeling het product is van concentratie en neerslagoverschot, veranderen daarmee ook de berekende stikstofuitspoeling en uitspoelfracties voor deze jaren.

## 3 Resultaten en discussie

### 3.1 Uitspoeling van stikstof

De stikstofuitspoeling (kg/ha) is in de periode 1991-2009 duidelijk afgenomen bij de melkveebedrijven in de Zandregio (Figuur 2). Ook bij de akkerbouwbedrijven en de melkveebedrijven in de andere regio's lijkt er sprake van een daling van de uitspoeling sinds de start van de metingen in de tweede helft van de negentiger jaren van de vorige eeuw. De uitspoeling betreft de uitspoeling van nitraatstikstof naar grondwater in de Zandregio en van totaalstikstof naar grond- en oppervlaktewater in de Klei- en Veenregio.

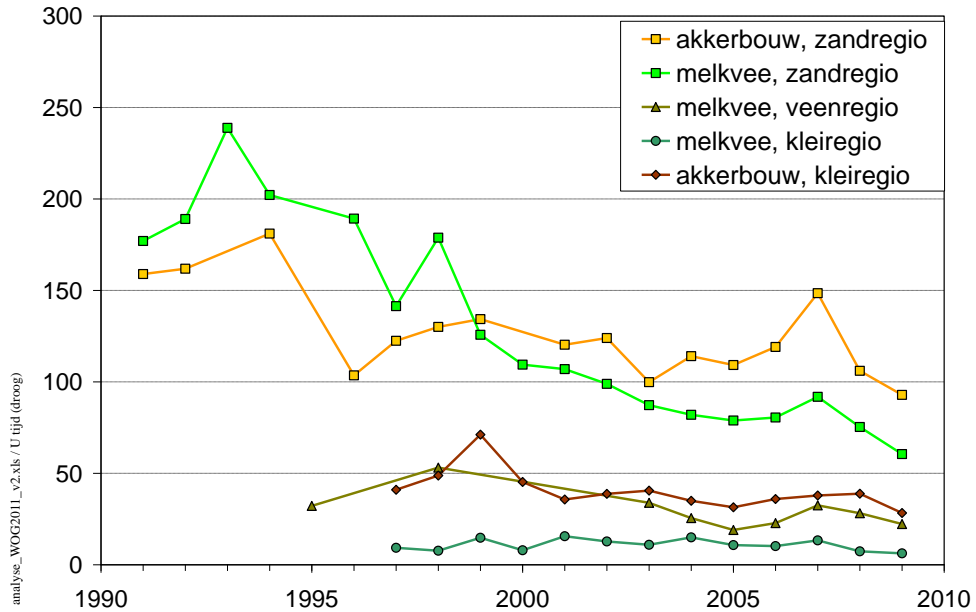
Deze afname in de uitspoeling in de tijd (Figuur 2) is mede het gevolg van de afname in het stikstofoverschot (Figuur 1). De relaties tussen de uitspoeling en het overschot zijn duidelijk voor de bedrijfstypen in de Zandregio (Figuur 3, Tabel 3) maar zwak of nagenoeg afwezig bij de bedrijfstypen in de Kleiregio (Figuur 4). Bij melkveebedrijven in de Veenregio is de relatie tussen uitspoeling en overschot iets beter dan in de Kleiregio (Figuur 5, Tabel 4). In de figuren zijn regressielijnen opgenomen om een globale indruk te krijgen van de samenhang; de resultaten van de statistische analyses staan in Tabel 3.

Tabel 3 Relatie tussen stikstofuitspoeling (kg/ha per jaar) en stikstofoverschot (kg/ha per jaar) per regio en bedrijfstype. Statistische karakteristieken.

Regio	Bedrijfstype	Parameter	Schatting	Std. fout	t-waarde	Pr(> t )	SC <sup>†</sup>
Zand	akkerbouw	(Intercept)	35,5462	30,9278	1,149	0,2697	
		N-overschot	0,6396	0,2145	2,982	0,0099	**
	melkvee	(Intercept)	-42,4136	18,9012	-2,244	0,0415	*
		N-overschot	0,7100	0,0727	9,767	1,25e-07	***
Klei	akkerbouw	(Intercept)	22,39115	9,82689	2,279	0,0436	*
		N-overschot	0,14094	0,07287	1,934	0,0792	.
	melkvee	(Intercept)	15,76119	4,16126	3,788	0,00301	**
		N-overschot	-0,02089	0,01755	-1,190	0,25893	
Veen	melkvee	(Intercept)	-4,87523	6,58125	-0,741	0,4829	
		N-overschot	0,06678	0,02349	2,843	0,0249	*

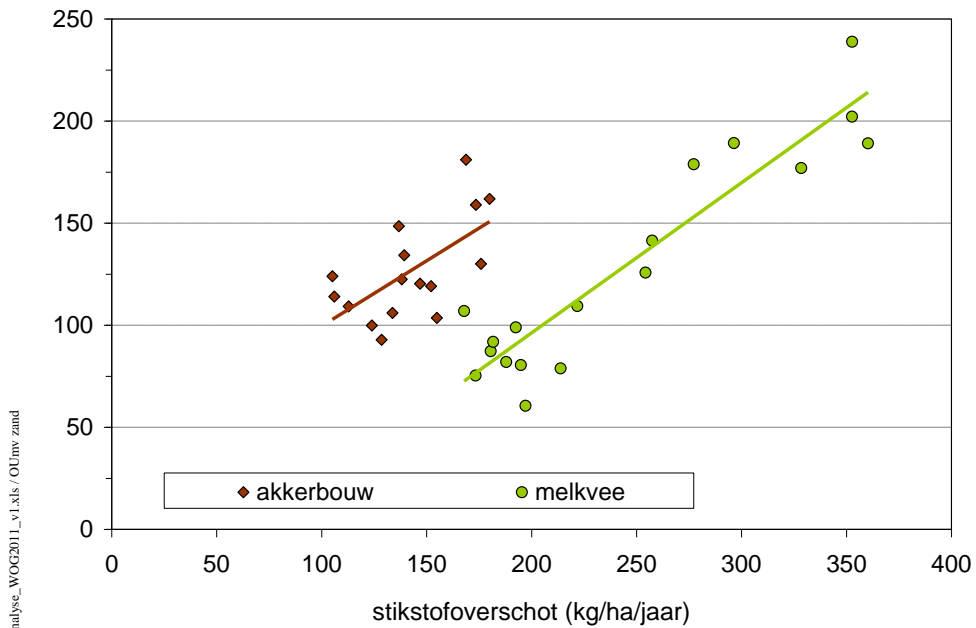
† SC = Significantiecode: '\*\*\*' < 0,001; '\*\*' 0,001-0,01; '\*' 0,01-0,05; '.' 0,05-0,1; '' 0,1-1; dit is de kans op de gevonden intercept/regressiecoëfficiënt indien deze in werkelijkheid nul zijn.

Stikstofuitspoeling (kg/ha/jaar)



Figuur 2 Ontwikkeling in de stikstofuitspoeling bij akkerbouw- en melkveebedrijven in het LMM. Berekend indien gelegen op zeer droge zandgronden of in de Klei- of Veenregio voor de periode 1991-2009.

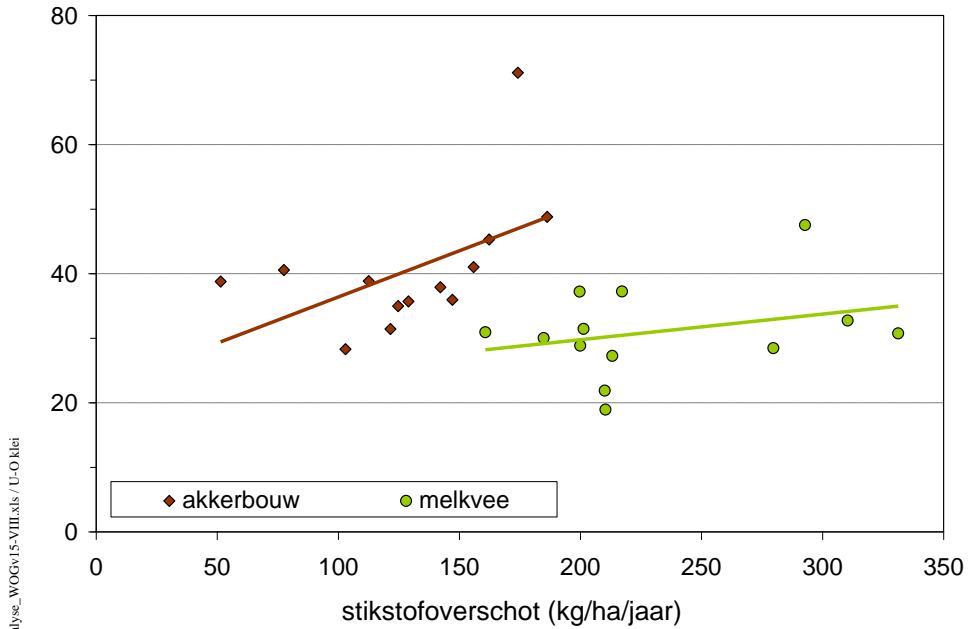
Stikstofuitspoeling (kg/ha/jaar)



Figuur 3 Relaties tussen de berekende nitraatstikstofuitspoeling en het stikstofoverschot bij akkerbouw- en melkveebedrijven in het LMM indien gelegen op zeer droge zandgrond in de Zandregio. Gegevens voor de periode 1991-2009.

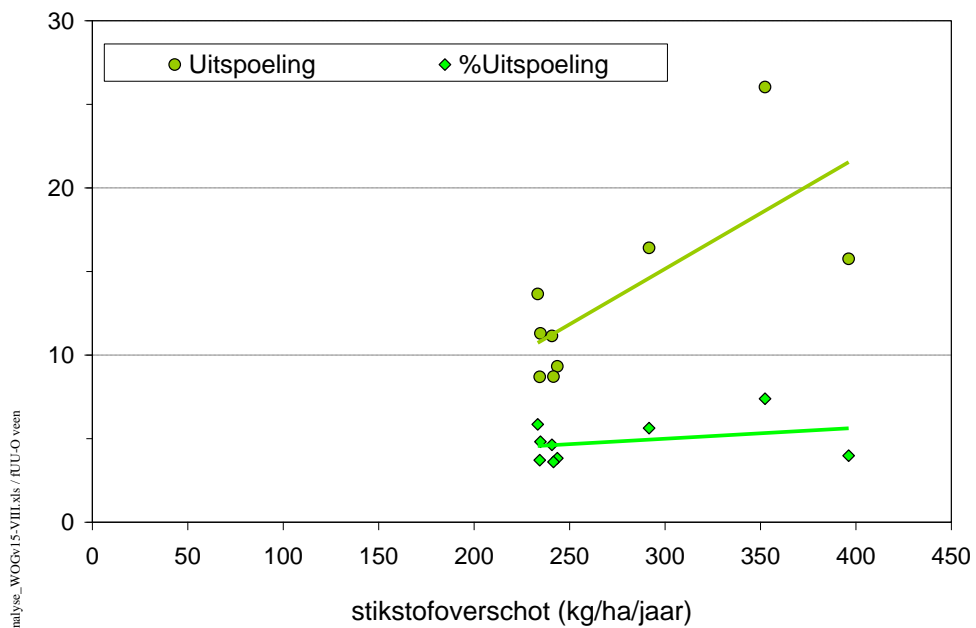


Stikstofuitspoeling (kg/ha/jaar)



Figuur 4 Relaties tussen de berekende stikstofuitspoeling en het stikstofoverschot bij akkerbouw- en melkveebedrijven in het LMM in de Kleiregio. Gegevens voor de periode 1997-2009.

Stikstofuitspoeling (kg/ha/jaar) / uitspoelfractie (%)



Figuur 5 Relaties tussen de berekende stikstofuitspoeling (in kg en percentage) en het stikstofoverschot bij melkveebedrijven in het LMM in de Veenregio. Gegevens voor de periode 1995-2009.

In de Kleiregio varieert de stikstofuitspoeling bij akkerbouwbedrijven tussen de 25 en 75 kg/ha/jaar en bij melkveebedrijven tussen de 6 en 16 kg/ha/jaar (zie Figuur 2). Zowel het niveau van als de variatie in de uitspoeling is in de Kleiregio veel lager dan in de Zandregio. In de Zandregio varieert de stikstofuitspoeling tussen 95 en 180 kg/ha/jaar bij akkerbouwbedrijven en tussen de 60 en 240 kg/ha/jaar bij melkveebedrijven. Het niveau van uitspoeling bij melkveebedrijven in de Veenregio en de variatie hierin is met 10-30 kg/ha/jaar lager dan bij melkveebedrijven in de Kleiregio.

De variatie in het stikstofoverschot in de Veenregio voor de meetjaren 2005-2009 was heel klein (233-244 kg/ha, zie Figuur 1), maar deze kleine variatie in het overschot resulteert in een relatief sterk variërende stikstofuitspoeling (9-14 kg/ha, zie puntenwolk in Figuur 5). De relatie tussen de stikstofuitspoeling en het stikstofoverschot bij melkveebedrijven in de Veenregio wordt in sterke mate bepaald door de hoogte van het stikstofoverschot van drie jaargroepen uit de periode 1995-2004 (Figuur 5).

### 3.2 De uitspoelfracties

De uitspoelfractie geeft aan in welke mate het stikstofoverschot uitspoelt naar grond en oppervlaktewater. De basisgegevens voor de berekening van het stikstofoverschot en de -uitspoeling zijn beschikbaar per bedrijfstype op regioniveau. De uitspoelfracties worden via de in Fraters et al. (2007) beschreven procedure omgerekend naar uitspoelfracties bodemgebruik en grondsoort.

De periodegemiddelde uitspoelfracties variëren tussen 0,05 voor grasland op veen tot 0,90 voor bouwland op zeer droog zand (Gt VIII), zie Tabel 4. In Bijlage 1 is de informatie opgenomen die nodig is voor het WOG-model.

*Tabel 4 Uitspoelfracties per bodemgebruik en grondsoort. Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval op basis van gegevens voor de periode 1991-2009.*

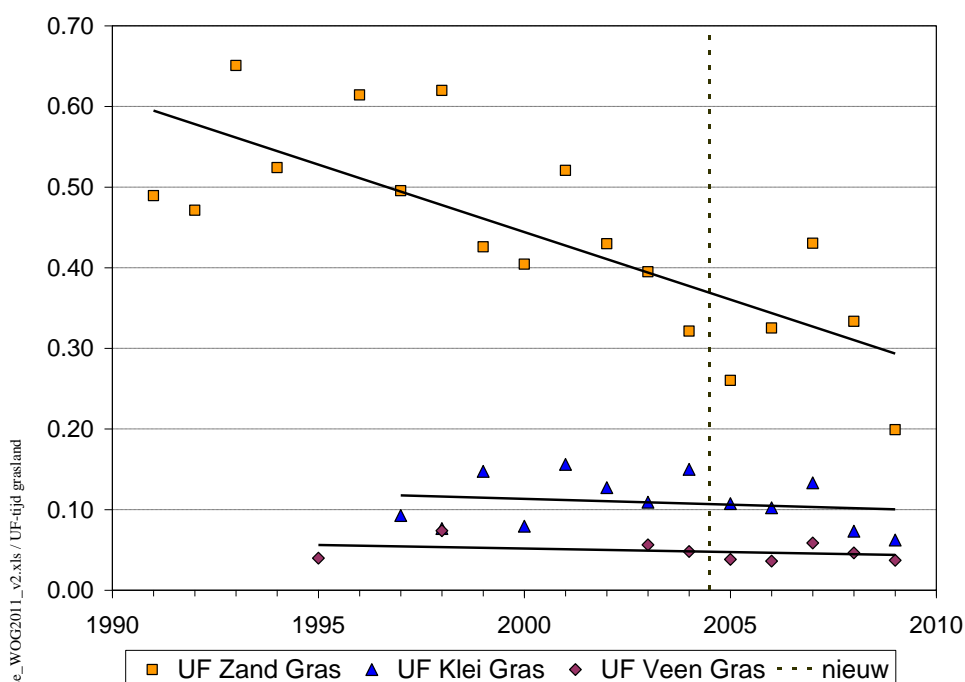
Bodemgebruik	Zand (Gt VIII)	Klei	Veen
Bouwland	0,90 (0,82-0,98)	0,34 (0,25-0,43)	-
Grasland	0,44 (0,38-0,50)	0,11 (0,09-0,13)	0,05 (0,04-0,06)

De periodegemiddelde uitspoelfracties voor de aangevulde reeks 1991-2009 verschillen nauwelijks met de resultaten uit 2007 voor de reeks 1991-2004, zie Tabel 5. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval bij bouwland op zand en klei, en bij grasland op klei en veen is kleiner over de periode 1991-2009 dan over de periode 1991-2004. Dit is gebruikelijk als er meer waarnemingen zijn, aangezien de variatie in de waarnemingen meestal niet veel verandert en meer waarnemingen betekent dat de kans kleiner wordt dat bij herhaling van het onderzoek de uitkomst anders zal worden. Bij grasland is het betrouwbaarheidsinterval echter zelfs iets groter bij de aangevulde reeks; 0,38-0,50 voor de reeks 1991-2009 en 0,41-0,52 voor de reeks 1991-2004. De standaardafwijking (een maat voor de variatie) neemt bij grasland op zand toe van 0,09 naar 0,15. De toename in de variatie in uitspoelfracties voor grasland op zand wordt veroorzaakt door een duidelijke afname van de uitspoelfractie in de tijd (zie Figuur 6).

Tabel 5 Uitspoelfracties per bodemgebruik en grondsoort. Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval op basis van gegevens voor de periode 1991-2004 (Fraters et al., 2007).

Bodemgebruik	Zand (Gt VIII)	Klei	Veen
Bouwland	0,89 (0,79-0,99)	0,36 (0,22-0,50)	-
Grasland	0,46 (0,41-0,52)	0,12 (0,09-0,15)	0,04 (0,02-0,06)

### Uitspoelfractie (-)

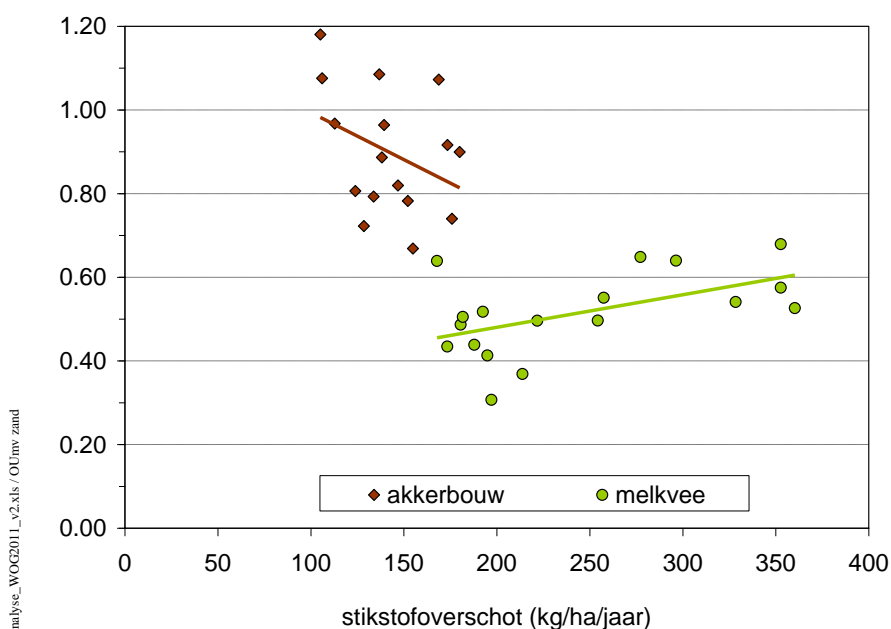


Figuur 6 Ontwikkeling in de uitspoelfractie (UF) voor stikstof in de periode 1991-2009 bij grasland op droog zand (Gt VIII), klei en veen.

Boumans en Fraters (2011) rapporteerden al dat de uitspoelfractie bij de melkveebedrijven in de Zandregio afneemt in de tijd in de periode 1991-2009. In deze periode daalde ook het stikstofoverschot bij de melkveebedrijven (Figuur 1). Hierdoor lijkt er een relatie te zijn tussen de hoogte van het stikstofoverschot en de mate waarin dit uitspoelt (de uitspoelfractie, zie Figuur 7). De literatuur is echter niet eenduidig over een relatie tussen het stikstofoverschot en de uitspoelfractie, en daarom hebben Boumans en Fraters (2011) gekeken naar andere verklaringen voor deze afname van de uitspoelfractie. Proefveldonderzoek levert drie potentiële oorzaken op voor een daling van de uitspoelfractie bij melkveebedrijven, namelijk een afname van de beweiding, een toename van het aandeel grasland en een relatieve toename van het gebruik van dierlijke mest. Gegevens van LEI wijzen uit dat het aandeel grasland van het bedrijfsareaal en het aandeel van de stikstofgift dat met dierlijke mest wordt gegeven nauwelijks zijn gewijzigd in de periode 1991-2009. Het maaipercentage van grasland neemt in deze periode echter toe met bijna 70%. De stijging van het maaipercentage is een indicatie dat de beweiding in deze periode is afgenomen. Boumans en Fraters (2011) concluderen dat de afname van de beweiding de meest waarschijnlijke oorzaak is voor de daling van de mate waarin het stikstofoverschot uitspoelt.

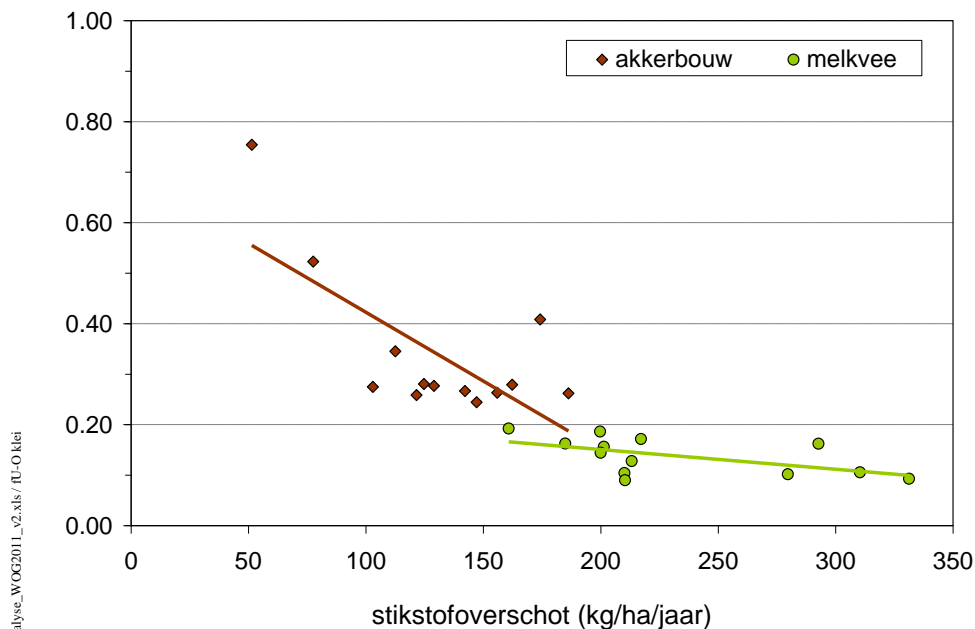
Bij akkerbouw in de Zand- en Kleiregio (Figuur 7 en Figuur 8) en melkveebedrijven in de Klei- en Veenregio (Figuur 8 en Figuur 5) ontbreekt de relatie tussen uitspoelfractie en stikstofoverschot of lijkt de relatie eerder omgekeerd. Ook bij deze bedrijven neemt het stikstofoverschot af in de periode 1991-2009, zij het in mindere mate bij akkerbouwbedrijven dan bij melkveebedrijven (Figuur 1 en Tabel 1). De literatuur bevat data waaruit blijkt dat bij een groter overschot relatief minder uitspoelt en data die aangeven dat bij een groter overschot relatief meer uitspoelt (zie beschouwing in Boumans en Fraters, 2011 en Fraters et al., 2007). Vooralnog is daarom bij scenarioberekening ter verkenning van mogelijke stikstofgebruiksnormen op basis van LMM (Schröder et al., 2004; Van Dijk en Schröder, 2007) uitgegaan van een constante uitspoelfractie.

#### Uitspoelfractie (-)



*Figuur 7 Relatie tussen de uitspoelfractie voor stikstof en het stikstofoverschot op de bodembalans voor akkerbouw- en melkveebedrijven op droog zand (Gt VIII).*

Uitspoelfractie (-)



Figuur 8 Relatie tussen de uitspoelfractie voor stikstof en het stikstofoverschot op de bodembalans voor akkerbouw- en melkveebedrijven in de Kleiregio.

### 3.3 Wijzigingen in uitspoelfracties reeks 1991-2004

De uitspoelfracties voor de jaren 1991-2004 zijn, na herberekening, groter dan berekend in 2007 (Tabel 7, 8 en 9). De oorzaak is dat de jaren 2005-2009 gemiddeld droger waren dan de jaren 1991-2004 (zie Tabel 1). Het meerjarig gemiddelde neerslagoverschot verandert niet, aangezien dit is gebaseerd op de STONE-tabel. Bij herberekening van het jaarspecifieke neerslagoverschot (zie paragraaf 2.2) neemt hierdoor het neerslagoverschot in de periode 1991-2004 iets toe en daarmee de stikstofuitspoeling. Een toename van de stikstofuitspoeling bij gelijkblijvende overschotten betekent een hogere uitspoelfractie.

Een kanttekening die te maken valt bij de berekening van de uitspoeling is dat hierbij wordt uitgegaan van het gemiddelde neerslagoverschot voor de periode 1971-2000 (Van Bakel et al., 2008). De vraag is hoe representatief dit gemiddelde neerslagoverschot is voor de periode 1991-2009. Het algemene idee is dat het natter is geworden (zie discussie in rapport Fraters et al., 2007, blz. 41 en volgende).

Zowel voor deze als de volgende kanttekening geldt, dat als randvoorwaarde voor het onderzoek is gesteld dat de berekeningsmethodiek gelijk blijft aan de eerdere gebruikte berekeningsmethodiek in 2007. Deze randvoorwaarde kwam voort uit het feit dat slechts een korte periode beschikbaar was voor het berekenen van nieuwe uitspoelfracties.

Een tweede kanttekening is dat de controle- en de berekeningsmethodiek in het BIN zijn verbeterd. Hierdoor zijn de stikstofoverschotten voor de jaren 2005 tot en met 2009 niet volledig vergelijkbaar met de nu gebruikte overschotten voor 1991-2004. Het was niet mogelijk tijdig zowel de stikstofoverschotten als de stikstofuitspoeling voor de jaren 1991-2004 opnieuw te berekenen voor alle LMM-bedrijven. Om na te gaan of de nieuwe werkwijze tot grote verschillen leidt, is in

een later stadium een analyse gemaakt van de verschillen in de berekende overschotten tussen de oude en de nieuwe methode. De vergelijking is beperkt tot die bedrijven waarvoor met beide methoden een overschot was te berekenen. De controle leidde tot het afvallen van 261 van de 1247 bedrijfsjaarcombinaties in de periode 1991-2004. Vergelijking van de oude en nieuw methodiek voor de overige 986 bedrijfsjaarcombinaties wijze uit dat gemiddeld over de gehele onderzoeksperiode het stikstofoverschot nauwelijks wijzigt (Tabel 6); voor details wordt verwezen naar Bijlage 2. Voor individuele jaren zijn er wel grote verschillen en dit kan een effect hebben op de berekende uitspoelfracties voor die jaren. Het te verwachten effect op de gemiddelde uitspoelfractie over de gehele meetperiode zal echter beperkt zijn.

*Tabel 6 Wijziging van het gemiddelde stikstofoverschot voor de periode 1991-2004 na verbetering van de controle en rekenmethode in 2011.*

Regio	Akkerbouwbedrijven	Melkveebedrijven
Zandregio	-7,3%	+2,3%
Kleiregio	+5,9%	+5,3%
Veenregio	-	+4,5%

*Tabel 7 Uitspoelfracties voor bouwland en grasland op zeer droog zand (Gt VIII) voor de reeks 2007 en de reeks 2011.*

jaar	Reeks 2011		jaar	Reeks 2007	
	bouwland	grasland		bouwland	grasland
1991	0,92	0,49	1991	0,89	0,46
1992	0,90	0,47	1992	0,87	0,45
1993	*	0,65	1993	*	0,62
1994	1,07	0,52	1994	1,04	0,50
1996	0,67	0,61	1996	0,65	0,58
1997	0,89	0,50	1997	0,86	0,47
1998	0,74	0,62	1998	0,72	0,59
1999	0,96	0,43	1999	0,94	0,40
2000	*	0,40	2000	*	0,38
2001	0,82	0,52	2001	0,80	0,49
2002	1,18	0,43	2002	1,15	0,40
2003	0,81	0,40	2003	0,78	0,37
2004	1,08	0,32	2004	1,04	0,30
2005	0,97	0,26	2005	*	*
2006	0,78	0,33	2006	*	*
2007	1,09	0,43	2007	*	*
2008	0,79	0,33	2008	*	*
2009	0,72	0,20	2009	*	*

† Bouwland betreft uitspoelfracties voor akkerbouwbedrijven.

Tabel 8 Uitspoelfracties voor bouwland en grasland op kleigrond<sup>†</sup> voor de reeks 2007 en de reeks 2011.

jaar	Reeks 2011		jaar	Reeks 2007	
	bouwland	grasland		bouwland	grasland
1997	0,26	0,09	1997	0,25	0,09
1998	0,26	0,08	1998	0,25	0,08
1999	0,41	0,15	1999	0,38	0,15
2000	0,28	0,08	2000	0,26	0,08
2001	0,28	0,16	2001	0,26	0,16
2002	0,75	0,13	2002	0,71	0,13
2003	0,52	0,11	2003	0,49	0,11
2004	0,28	0,15	2004	0,26	0,15
2005	0,26	0,11	2005	*	*
2006	0,24	0,10	2006	*	*
2007	0,27	0,13	2007	*	*
2008	0,35	0,07	2008	*	*
2009	0,27	0,06	2009	*	*

<sup>†</sup> Bouwland betreft uitspoelfracties voor akkerbouwbedrijven in de Kleiregio; grasland betreft grasland in de Kleiregio.

Tabel 9 Uitspoelfracties voor grasland op veengrond<sup>†</sup> voor de reeks 2007 en de reeks 2011.

Reeks 2011		Reeks 2007	
jaar	grasland	jaar	grasland
1995	0,04	1995	0,03
1998	0,07	1998	0,06
2003	0,06	2003	0,04
2004	0,05	2004	0,04
2005	0,04	2005	*
2006	0,04	2006	*
2007	0,06	2007	*
2008	0,05	2008	*
2009	0,04	2009	*

<sup>†</sup> Betreft uitspoelfracties voor melkveebedrijven in de Veenregio.

### 3.4 Invloed van andere factoren

#### 3.4.1 Neerslagoverschot

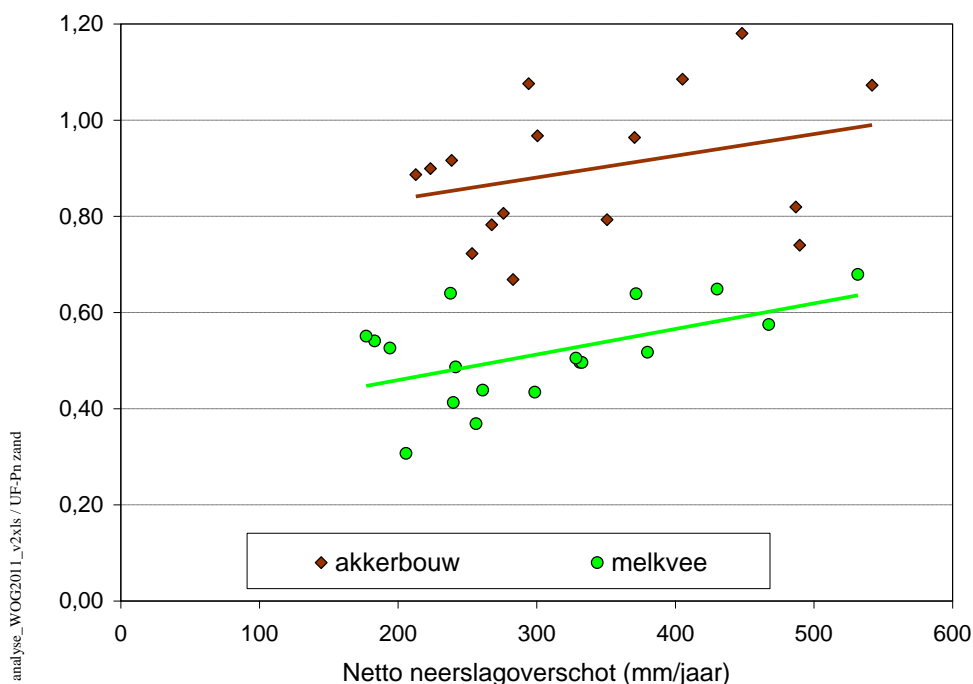
De uitspoelfractie in de Zandregio lijkt groter te worden als het neerslagoverschot toeneemt (Figuur 9). Dit zou betekenen dat er niet een vaste hoeveelheid stikstof in de bodem is die zal uitspoelen, maar dat de hoeveelheid die uitspoelt toeneemt als de hoeveelheid water die door de bodem stroomt (het neerslagoverschot) toeneemt. De toename van 0,04 eenheden per 100 mm neerslagoverschot is significant bij melkveebedrijven ( $p = 0,042$ ), maar niet bij akkerbouwbedrijven ( $p = 0,24$ ). Dit zelfde is het geval van akkerbouw op klei (toename 0,06 per 100 mm;  $p = 0,25$ ) en melkvee op klei (toename 0,00 per 100 mm;  $p = 0,53$ ). Bij melkvee op veen is de correlatie net niet significant (toename 0,06 per 100 mm;  $p = 0,057$ ).

Er spelen echter veel factoren tegelijk. Een interactie met andere factoren kan er de oorzaak van zijn dat we een relatie zien tussen de uitspoelfractie en het neerslagoverschot, terwijl die er in werkelijkheid niet is. Indien we andere factoren (stikstofoverschot, aandeel grasland en een jaareffect) gelijktijdig in beschouwing nemen, blijft het beeld ongewijzigd voor melkvee op zand en klei. Bij akkerbouw op klei ( $p = 0,031$ ) en vooral melkvee op veen ( $p = 0,001$ ) wordt

de invloed van het neerslagoverschot op de uitspoelfractie significant door rekening te houden met stikstofoverschot.

Dit zou kunnen betekenen dat in sommige situaties bij een toename van het neerslagoverschot er relatief meer stikstof zal uitspoelen. Een verdere analyse van de cijfers en het toevoegen van meerdere factoren in de analyse, zoals een indicator voor beweiding (maaipercentage), is nodig om hierover meer zekerheid te kunnen geven.

#### Uitspoelfractie (-)



Figuur 9 Relatie tussen de uitspoelfractie voor stikstof op droog zand (Gt VIII) en het neerslagoverschot voor akkerbouw- en melkveebedrijven.

#### 3.4.2

##### Na-ijlen

De daling van het stikstofoverschot in de Zandregio loopt niet volledig synchroon met de daling van de stikstofuitspoeling. Dit geldt voor de akkerbouwbedrijven (Figuur 10), maar vooral voor de melkveebedrijven (Figuur 11). Hierdoor kan de mate van uitspoeling van het overschot worden overschat als alleen wordt gekeken naar het effect van het stikstofoverschot van het jaar voorafgaande aan de meting. Net als in 2007 is daarom een analyse gemaakt van het effect van na-ijlen op de berekende uitspoelfractie.

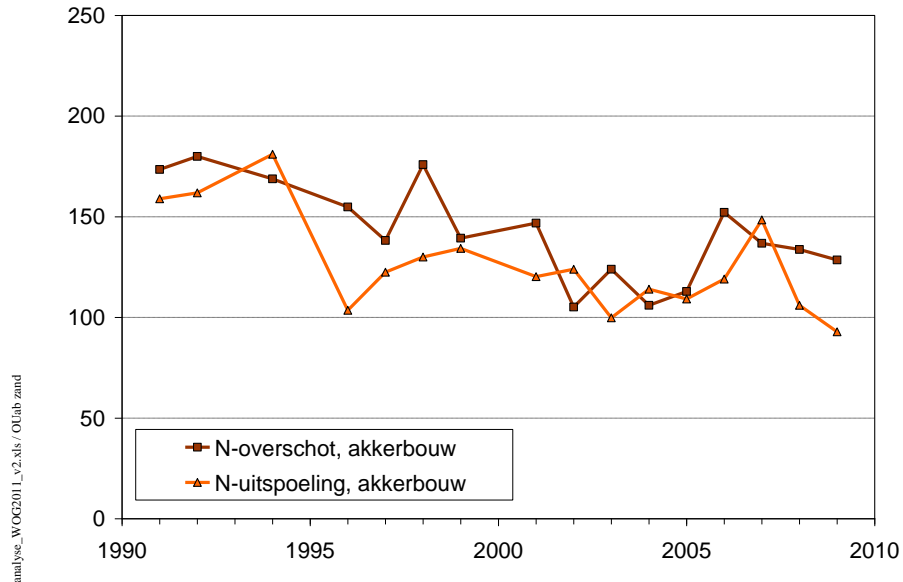
Het effect van na-ijlen op de uitspoelfractie is beperkt (2-4%) bij de akkerbouwbedrijven in de Zandregio. Dit is minder dan berekend in 2007 (5-7%; zie Tabel 10). De oorzaak is waarschijnlijk de relatief beperkte daling van het stikstofoverschot (19%) bij de akkerbouwbedrijven tussen 1991 en 2009, waarbij na 2005 sprake is van een lichte stijging in het vierjaarvoortschrijdend gemiddelde (Figuur 12).

Bij de melkveebedrijven is het effect van meerekenen van na-ijlen aanzienlijk (7-10%) en meer dan berekend in 2007 (5-7%). Bij de melkveebedrijven is het



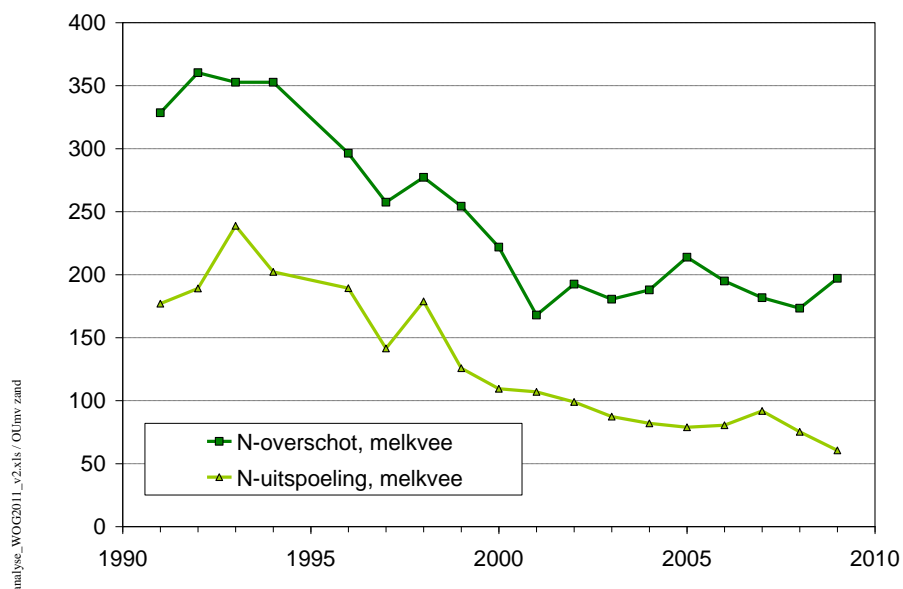
stikstofoverschot dan ook sterk gedaald tussen 1991 en 2009 (47%). Het vierjaarvoortschrijdend gemiddelde is sinds 2005 constant (Figuur 12).

N-overschot / N-uitspoeling (kg/ha/jaar)



Figuur 10 Verloop van het stikstofoverschot en de stikstofuitspoeling bij zand met Gt VIII (in kg/ha/jaar) op de deelnemende akkerbouwbedrijven in het LMM in de Zandregio in de periode 1991-2009.

N-overschot / N-uitspoeling (kg/ha/jaar)



Figuur 11 Verloop van het stikstofoverschot en de stikstofuitspoeling bij zand met Gt VIII (in kg/ha/jaar) op de deelnemende melkveebedrijven in het LMM in de Zandregio in de periode 1991-2009.

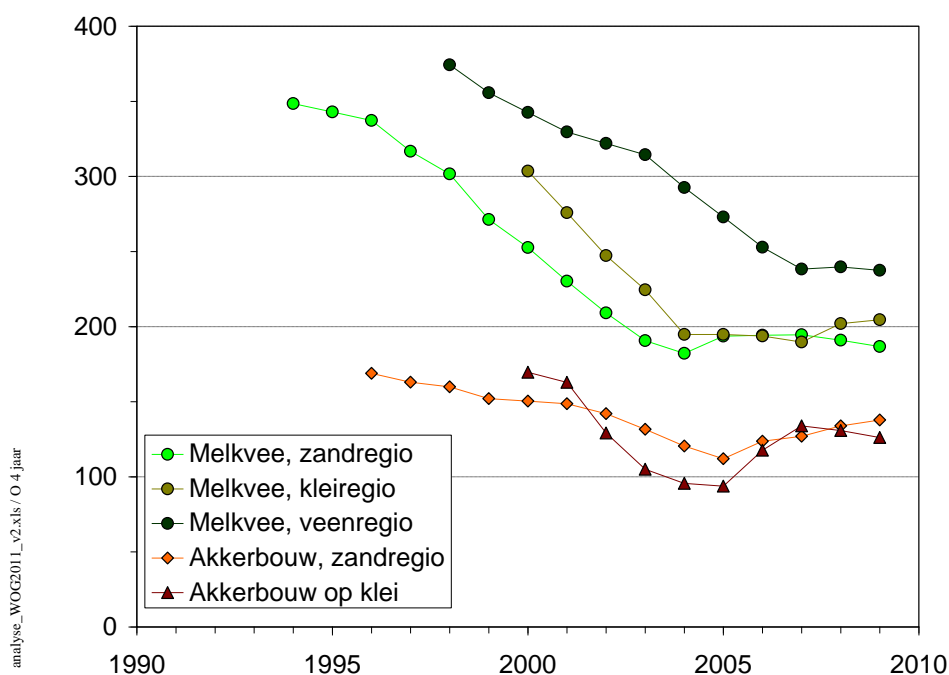
Tabel 10 Vergelijking van de berekende uitspoelfracties bij akkerbouw en melkveebedrijven op zeer droge zandgrond (Gt VIII) als geen en wel rekening wordt gehouden met na-ijlen<sup>†</sup>.

Bedrijfstype	Rapportage	Na-ijlen			Verschil
		Geen <sup>‡</sup>	Beperkt (3 jaar)	Veel (4 jaar)	
Akkerbouw	2007	0,87	0,82	0,81	5-7%
	2011	0,88	0,86	0,86	2-4%
Melkvee	2007	0,52	0,50	0,49	5-7%
	2011	0,50	0,48	0,47	7-10%

<sup>†</sup> De na-ijling is berekend met twee modellen. Het eerste gaat uit van drie jaar na-ijling, waarbij voor het eerste jaar 50% van het stikstofoverschot uitspoelt, en van jaar twee 30% en jaar drie 20%. Het tweede model gaat uit van vier jaar na-ijling, waarbij voor het eerste jaar 40% van het stikstofoverschot uitspoelt, het tweede 30%, het derde 20% en het vierde 10%. Gegevens van opeenvolgende jaren zijn niet afkomstig van dezelfde bedrijven.

<sup>‡</sup> Het betreft hier het gemiddelde voor de periode 1996-2004 (rapportage 2007) en de periode 1996-2009 (rapportage 2011). Dit is de periode waarvoor ook gerekend kan worden indien een grote mate van na-ijlen wordt verondersteld (vier jaar); daarom is het cijfer niet gelijk aan bijvoorbeeld het gemiddelde over de hele meetperiode 1991-2009, bij akkerbouw 0,90 en voor melkveebedrijven 0,51.

#### N-overschot (kg/ha/jaar)



Figuur 12 Verloop van het stikstofoverschot (vierjaar voortschrijden gemiddelde) bij LMM akkerbouw en melkveebedrijven in de Zand-, Klei- en Veenregio in de periode 1991-2009.

Opmerking: ontbrekende waarden voor tussenliggende jaren (zie Figuur 1) zijn gelijk gesteld aan gemiddelde van omliggende jaren.

Wanneer rekening wordt gehouden met na-ijlen, worden de meerjarig gemiddelde uitspoelfracties (1991-2009) voor grasland op zand, weergegeven in

Tabel 4, waarschijnlijk 7-10% lager. Voor bouwland op zand worden de uitspoelfracties waarschijnlijk niet of maar heel beperkt beïnvloed door na-ijlen. Voor de Klei- en Veenregio is op basis van de beschikbare gegevens over de ontwikkelingen van de overschotten (zie Figuur 12) eenzelfde beeld te verwachten als voor de Zandregio.

## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

De gemiddelde uitspoelfracties voor stikstof naar grond- en oppervlaktewater bij bouw- en grasland op zand-, klei- en veengrond wijzigen nauwelijks als vijf meetjaren worden toegevoegd aan de bestaande meetreeksen.

De uitspoelfractie voor grasland op zandgrond vertoont een duidelijk dalende trend in de tijd.

De periode gemiddelde uitspoelfractie geeft, als gevolg van na-ijlen, waarschijnlijk voor grasland een overschatting van 7-10% van de werkelijke mate van uitspoeling.

De uitspoelfracties voor grasland op de overige grondsoorten en voor bouwland vertonen geen trend in de tijd.

### 4.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om onderzoek uit te voeren naar de effecten van het veranderende management bij landbouwbedrijven (en vooral melkveebedrijven) op de mate van uitspoeling van het stikstofoverschot. Dit is nodig om te kunnen beslissen of de mate van uitspoeling beter wordt gerepresenteerd door de uitspoelfracties van de jaren na 2000 dan door de gemiddelde uitspoelfractie voor de hele gegevensreeks.

Onderzoek naar een betere methodiek voor het berekenen van de uitspoeling van stikstof is nodig en ook het onderzoek naar de effecten op de uitspoelfractie van de herberekende stikstofoverschotten met de nieuwe controle- en berekeningsmethodiek in het BIN, vooral in de Kleiregio. De relatie tussen de berekende stikstofuitspoeling en het stikstofoverschot is nagenoeg afwezig bij melkveebedrijven in de Kleiregio en zwak bij akkerbouwbedrijven in deze regio.

De invloed van andere factoren op de uitspoelfractie moet nader worden onderzocht zodat de invloed van deze factoren kan worden gekwantificeerd en hiermee rekeningen kan worden gehouden bij het berekenen van milieukundig verantwoorde bemestingen. Dit betreft vooral de verandering in de mate van beweiding op de uitspoelfractie voor grasland, het effect van veranderingen in het neerslagoverschot en de effecten van na-ijlen.

Gezien het belang van actuele neerslagoverschotcijfers is het aan te bevelen om bij toekomstige berekeningen de meest actuele cijfers te gebruiken.

Het verdient de aanbeveling de afgeleide uitspoelfracties te valideren met uitspoelfracties berekend op basis van gegevens afkomstig van speciale LMM-programma's, zoals Koeien en Kansen, Telen met toekomst en het programma Scouting Vollegrondsgroenten in de Zandregio.

## Literatuur

- Boumans, L.J.M. en Fraters, B. (2011) Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van de Zandregio en de invloed van het Mestbeleid : Visualisatie afname in de periode 1992 tot 2009. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM Rapport 680717020.
- Boumans, L.J.M. Meinardi C.R., Krajenbrink, G.J.W. (1989). Nitraatgehalte en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM Rapport 728472013.
- De Klijne, A., Reijs, J.W., Fraters, B., Hoop, J., Van Leeuwen, T.C. (2010) Eindrapport van de evaluatie van het LMM : Scenario's voor het programma vanaf 2011. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM Rapport 680717012.
- EU (1991) Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of water against pollution caused by nitrates from agricultural sources (1991/676/EC). Official Journal of the European Communities, no. L 375: 1-8.
- Fraters, B. , Boumans, L.J.M., Van Leeuwen, T.C., Reijs, J.W. (2007) De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM Rapport 680716002.
- Groenendijk, P., Renaud, L., De Koeijer, T., Luesink, H., Kruseman, G. Conijn, S., Schoumans, O., Willems, J., Beusen, A. (in voorbereiding) Verkenning ontwikkeling waterkwaliteit voor verschillende varianten van gebruiksnormen. Studie in het kader van de ex ante Evaluatie Meststoffenwet 2012 (EMW2012). Wageningen, Alterra.
- Schröder, J.J., Van Dijk, W., Hoek, H. (2011) Modelmatige verkenningen naar de relaties tussen stikstofgebruiksnormen en de waterkwaliteit van landbouwbedrijven. Onderzoek in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2011. Wageningen, Plant Research International, PRI Rapport 415.
- Schröder, J.J., Aarts, H.F.M., Bode, M.J.C. de, Dijk, W. van, Middelkoop, J.C. van, Haan, M.H.A. de, Schils, R.L.M., Velthof, G.L. en Willems, W.J. (2004) Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Wageningen, WUR Plant Research International, PRI Rapport 79.
- Van Bakel, P.J.T., Massop, H.T.L., Kroes, J.G., Hoogewoud, J., Pastoors, M.J.H., Kroon, T. (2008) Updating the hydrology component in STONE 2.3; Adjusting boundary conditions and parameters, linking NAGROM and SWAP, and plausibility test (in Dutch). Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOT Rapport 57. 108 pp.
- Van Dijk, W. en Schröder, J.J. (2007) Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. Rapport 371, PPO-AGV, Lelystad, 68 pp.
- Van Vliet, M.E. (redactie) (2010) Evaluatie van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid : Bijlagenrapport. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM Rapport 680717013.

## Bijlage 1 Tabellen voor WOG-model

Tabel B1.1 Uitspoelfracties per bodemgebruik en grondsoort. Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval op basis van gegevens voor de periode 1991-2009.

Bodemgebruik	Zand (Gt VIII)	Klei	Veen
Bouwland	0,90 (0,82-0,98)	0,34 (0,25-0,43)	-
Grasland	0,44 (0,38-0,50)	0,11 (0,09-0,13)	0,05 (0,04-0,06)

Tabel B1.2 Uitspoelfracties (dit rapport), neerslagoverschot (STONE 2.3; gemiddelde en 10- en 90-percentiel) voor bouwland op zand en de Gt-correctiefactoren (gemiddeld en standaard fout; Boumans et al., 1989).

Gt-klasse	Uitspoelfractie	Neerslagoverschot (mm/jaar)		Gt-correctiefactor
		overig bouwland	maïspan	
Gt VIII	0,90	343 (263-446)	353 (283-414)	1,00 (0,09)
Gt VII	0,75	345 (272-420)	332 (295-392)	0,83 (0,07)
Gt VI	0,59	324 (259-403)	332 (297-387)	0,65 (0,04)
Gt V*	0,43	315 (252-384)	364 (312-409)	0,48 (0,06)
Gt V	0,45	289 (261-335)	374 (331-381)	0,50 (0,06)
Gt IV	0,39	347 (278-403)	358 (304-405)	0,43 (0,06)
Gt III*	0,28	323 (254-423)	350 (317-414)	0,31 (0,06)
Gt III	0,07	295 (269-345)	352 (337-422)	0,08 (0,07)
Gt II*	0,05	375 (285-416)	374 (340-443)	0,05
Gt II	0,05	286 (-)	286 (286-434)	0,05 (0,09)
Gt I	0,05	286 (-)	286 (-)	0,05

Tabel B1.3 Uitspoelfractie en neerslagoverschot (STONE 2.3; gemiddelde en 10- en 90-percentiel) voor grasland op zand.

Gt-klasse	Uitspoelfractie	Neerslagoverschot (mm/jaar)
Gt VIII	0,44	323
Gt VII	0,37	298
Gt VI	0,29	280
Gt V*	0,21	276
Gt V	0,22	277
Gt IV	0,19	274
Gt III*	0,14	279
Gt III	0,04	287
Gt II*	0,02	257
Gt II	0,02	323
Gt I	0,02	372

	aanname	Gt I = Gt II; Gt II* = Gt II
	uitgangswaarde	
	berekend mbv Gt-correctiefactor	

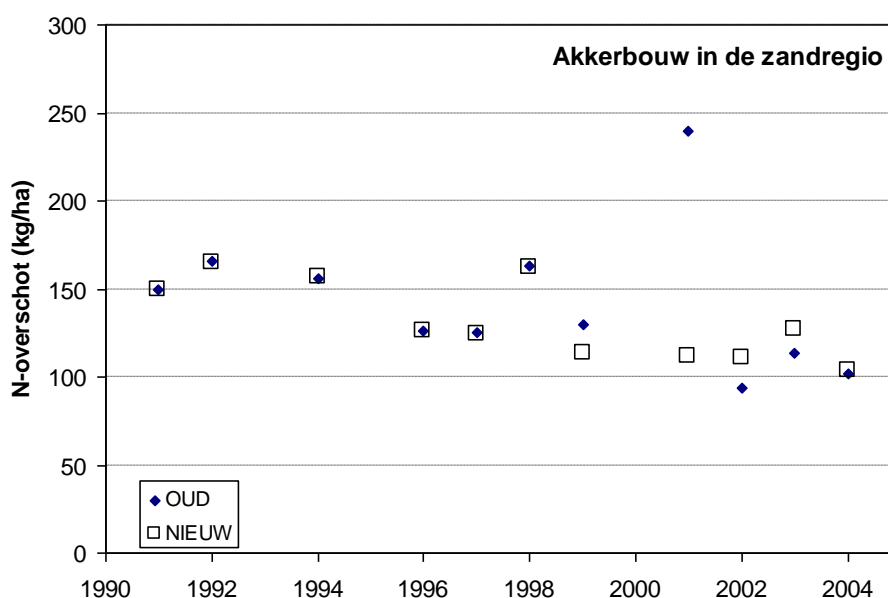
*Tabel B1.4 Areaal gewogen neerslagoverschot (mm/jaar) per gewas per grondsoort. Berekend op basis van arealen en neerslagoverschot per grondsoort, gewas en Gt-klasse (STONE 2.3; Van Bakel et al., 2008).*

Grondsoort	bodemgebruik	mediaan	10-perc	90-perc
Klei	akkerbouw	326	264	411
	gras	311	247	375
	mais	353	294	420
	natuur	287	214	354
Veen	akkerbouw	356	315	390
	gras	320	264	379
	mais	381	323	437
	natuur	310	231	368
Zand	akkerbouw	338	267	416
	gras	287	232	351
	mais	343	298	399
	natuur	266	153	354

## Bijlage 2 Overzicht van effecten verbetering berekening stikstofoverschot

LEI heeft na 2007 een verbetering van de controle- en de berekeningmethodiek in het BIN opnieuw het stikstofoverschot uitgerekend voor alle 986 beschikbare bedrijfsjaarcombinaties in de periode 1991-2004. Voor de jaren na 2005 zijn de verbeterde cijfers gebruik voor de berekening van de uitspoelfracties. Voor de jaren ervoor waren deze gegevens nog niet beschikbaar. Het was gezien de gewenste opleverdatum van de uitspoelfracties niet mogelijk alle stikstofoverschot- en uitspoelingsberekeningen opnieuw uit te voeren. Om een indruk te krijgen van het effect van de nieuwe werkwijze op de hoogte van het overschot is naderhand een vergelijking gemaakt van de oude en nieuwe cijfers. Voor deze vergelijking zijn de oude jaargemiddelde overschotten opnieuw uitgerekend met alleen die bedrijven waarvoor ook in de nieuwe situatie een stikstofoverschot kon worden berekend.

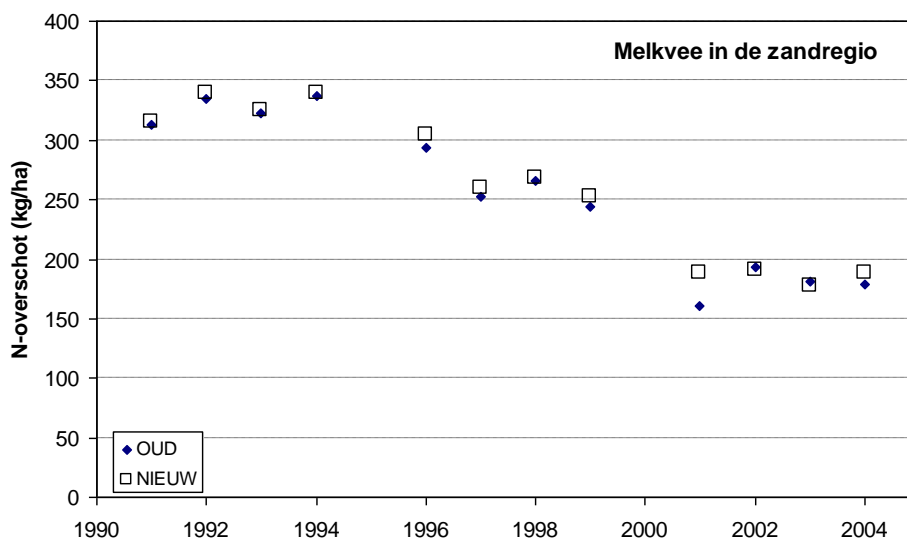
Bij de akkerbouwbedrijven in de Zandregio valt het nieuwe stikstofoverschot gemiddeld over de periode 1991-2004 10 kg/ ha lager uit dan het oude (7% lager periodegemiddelde van de jaargemiddelden). Deze verschillen zijn relatief groot in de periode 1999-2003 (zie Figuur B2.1), waarbij vooral 2001 eruit springt. Een lager overschot betekent dat de uitspoelfracties voor bouwland hoger zouden uitvallen met ongeveer eenzelfde percentage.



Figuur B2.1 Vergelijking van de trend in het stikstofoverschot volgens de oude en de nieuwe berekeningswijze bij akkerbouwbedrijven in de Zandregio voor de periode 1991-2004.

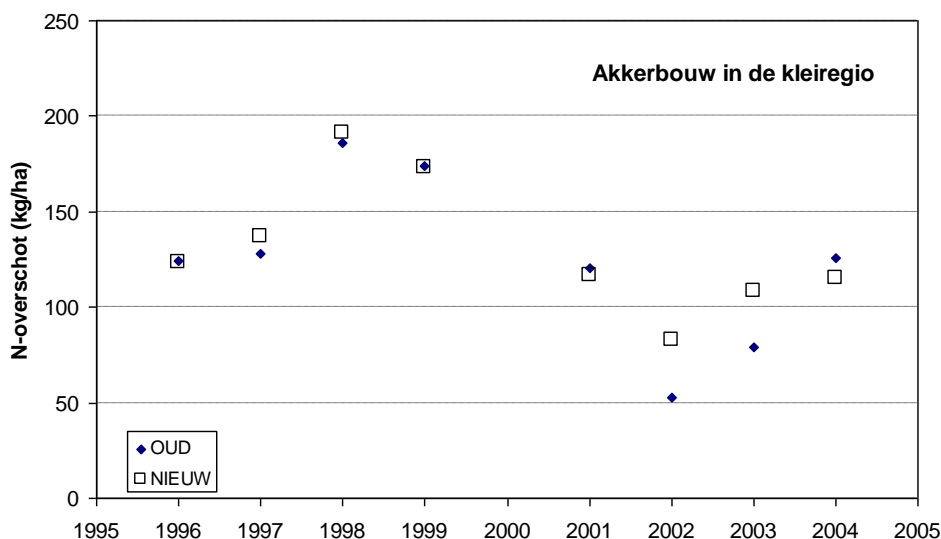
Voor de melkveebedrijven is het nieuwe stikstofoverschot 6 kg/ha hoger dan het oude, maar dit is slechts een verschil van 2%. De verschillen zijn alle jaren klein met uitzondering van 2001 (zie Figuur B2.2). De uitspoelfractie zal hierdoor waarschijnlijk niet of nauwelijks wijzigingen, omdat bij de berekening ook de wijziging in de uitspoelfractie bij bouwland een rol speelt.





Figuur B2.2 Vergelijking van de trend in het stikstofoverschot volgens de oude en de nieuwe berekeningswijze bij melkveebedrijven in de Zandregio voor de periode 1991-2004.

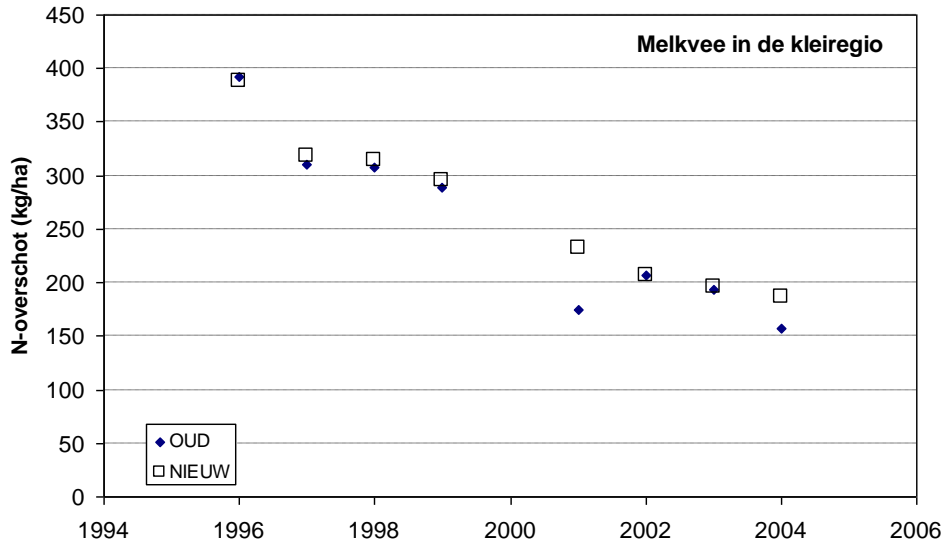
Het gemiddelde stikstofoverschot bij akkerbouwbedrijven in de Kleiregio stijgt met 7 kg/ha (bijna 6%). Net als in de Zandregio zien we de grootste verschillen in de laatste vier jaar; nu vooral bij de jaren 2002 en 2003 (zie Figuur B2.3). Een hoger overschot betekent dat de uitspoelfracties voor bouwland lager zouden uitvallen met ongeveer eenzelfde percentage.



Figuur B2.3 Vergelijking van de trend in het stikstofoverschot volgens de oude en de nieuwe berekeningswijze bij akkerbouwbedrijven in de Kleiregio voor de periode 1991-2004.

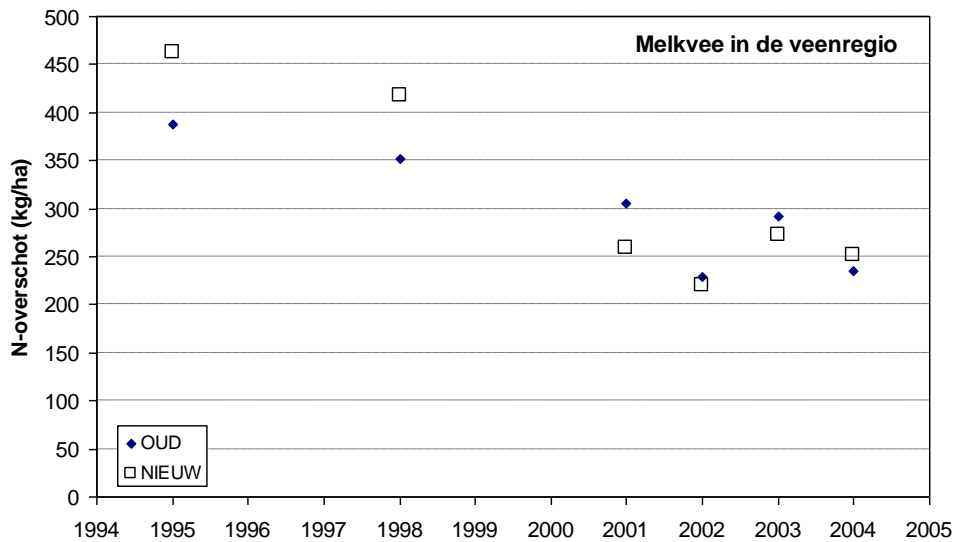
Het gemiddelde stikstofoverschot bij melkveebedrijven in de Kleiregio stijgt met 13 kg/ha (iets meer dan 5%). De grootste verschillen zien we hier in de jaren 2001 en 2004 (zie Figuur B2.4). Een hoger overschot betekent dat de uitspoelfracties voor grasland mogelijk wat hoger uitvallen, maar waarschijnlijk

minder dan 5% omdat ook hier geldt dat bij de berekening ook de wijziging in de uitspoelfractie bij bouwland een rol speelt.



Figuur B2.4 Vergelijking van de trend in het stikstofoverschot volgens de oude en de nieuwe berekeningswijze bij melkveebedrijven in de Kleiregio voor de periode 1991-2004.

Het gemiddelde stikstofoverschot bij melkveebedrijven in de Veenregio stijgt met 14 kg/ha (4,5%). De grootste verschillen zien we hier juist in de beginjaren (zie Figuur B2.5). Een hoger overschot betekent dat de uitspoelfracties voor grasland wat hoger uitvallen met ongeveer eenzelfde percentage.



Figuur B2.5 Vergelijking van de trend in het stikstofoverschot volgens de oude en de nieuwe berekeningswijze bij melkveebedrijven in de Veenregio voor de periode 1991-2004.

.....

**B. Fraters et al.**

.....

RIVM rapport 680716006/2012

Dit is een uitgave van:



**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

juni 2012

