

# Protocol voor validatie van het nutriënten-emissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid

C. van der Salm  
L.J.M. Boumans  
G.B.M. Heuvelink  
T.C. van Leeuwen

werkdocumenten



Wot  
Wetenschappelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

For quality of life



**Protocol voor validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid**

*De reeks 'Werkdocumenten' bevat tussenresultaten van het onderzoek van de uitvoerende instellingen voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT Natuur & Milieu). De reeks is een intern communicatiemedium en wordt niet buiten de context van de WOT Natuur & Milieu verspreid. De inhoud van dit document is vooral bedoeld als referentiemateriaal voor collega-onderzoekers die onderzoek uitvoeren in opdracht van de WOT Natuur & Milieu. Zodra eindresultaten zijn bereikt, worden deze ook buiten deze reeks gepubliceerd.*

**Dit werkdocument is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de WOT Natuur & Milieu en is goedgekeurd door Harm Houweling (deel)programmaleider WOT Natuur & Milieu.**

# **Protocol voor validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid**

C. van der Salm

L.J.M. Boumans

G.B.M. Heuvelink

T.C. van Leeuwen

**Werkdocument 157**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, oktober 2009

## Referaat

Van der Salm, C., L.M. Boumans, G.B.M. Heuvelink & T.C. van Leeuwen, 2009. *Protocol voor validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 157.

In dit rapport wordt een protocol beschreven voor de validatie van het nutriëntenmodel STONE op gemeten concentraties in drains en grondwater, en gemeten mestgift. Rekening is gehouden met de beschikbaarheid van data en de daarbij behorende onzekerheden. Het protocol is toegepast op de validatie van nitraatconcentraties in het grondwater en mestgiften. Ingezoomd is op verschillende schaalniveaus: hele zandgebied, grondwaterlichamen en bedrijfstypen. Voor de bovenste meter van het grondwater in de zandregio van Nederland blijken geen significante verschillen te bestaan tussen de gemiddelde gemeten stikstofgiften en nitraatconcentraties op de bedrijven van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en gemiddelde met STONE gesimuleerde stikstofgiften en nitraatconcentraties voor deze bedrijven. Indien met STONE ingezoomd wordt naar grondwaterlichamen en naar bedrijfstypen dan treden grotere verschillen op tussen gemeten en gesimuleerde stikstofgiften en stikstofconcentraties. Deze verschillen worden deels veroorzaakt door de geografische onzuiverheid van de STONE-plot, waardoor gridcellen niet de juiste parameterwaarden hebben.

*Trefwoorden:* STONE, nitraatuitspoeling, validatie, nutriëntenemissiemodel

## Abstract

Van der Salm, C., L.J.M. Boumans, G.B.M. Heuvelink & T.C. van Leeuwen, 2009. *Validation protocol of the nutrient emission model STONE on measurement data from the Minerals Policy Monitoring Programme (LMM)*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-werkdocument 157.

A protocol has been developed to validate the nutrient emission model STONE on measured concentrations in drain water and groundwater, and on measured manure and fertilizer additions. In the development of the protocol the availability of data and the uncertainty of the data have been taken into account. The protocol was applied to validate simulated nitrate concentrations in groundwater and simulated manure and fertilizer additions. The model has been evaluated at three different scales: the whole sand region, groundwater bodies and farm types. Results showed that there were no significant differences between simulated and measured concentrations and simulated and measured nitrogen additions for the sand region. However, for the groundwater bodies and farm types substantial differences between measured and simulated data were found. These differences are partly caused by geographical impureness of the STONE plots, leading to unrealistic parameter values for individual map grids

*Key words:* STONE, nitrate leaching, validation, nutrient emission model

### Auteurs:

C. van der Salm & G.B.M. Heuvelink (Alterra, Centrum Bodem)  
L.M. Boumans (RIVM)  
T.C. van Leeuwen (LEI)

### ©2009 Alterra Wageningen UR

Postbus 47, 6700 AA Wageningen.  
Tel: (0317) 48 07 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

### RIVM

Postbus 1, 3720 BA.Bilthoven  
Tel: (030) 274 91 11; fax: (030) 274 29 71; e-mail: [info@rivm.nl](mailto:info@rivm.nl)

### LEI Wageningen UR

Postbus 29703, 2502 LS Den Haag  
Tel: (070) 335 83 30; fax: (070) 361 56 24; e-mail: [informatie.lei@wur.nl](mailto:informatie.lei@wur.nl)

---

De reeks WOt-rapporten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit rapport is verkrijgbaar bij het secretariaat. Het rapport is ook te downloaden via [www.wotnatuurenmilieu.wur.nl](http://www.wotnatuurenmilieu.wur.nl).

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; Fax: (0317) 41 90 00; e-mail: [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl); Internet: [www.wotnatuurenmilieu.wur.nl](http://www.wotnatuurenmilieu.wur.nl)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Woord vooraf

Het in dit werkdocument beschreven protocol is tot stand gekomen in samenspraak met een begeleidingsgroep bestaande uit Arthur Beusen en Aaldrik Tiktak (Planbureau voor de Leefomgeving), Piet Groenendijk (Alterra), Wim de Hoop (LEI) en Jennie van der Kolk (WOT Natuur & Milieu). De eindversie van dit werkdocument is becommentarieerd door de leden van de begeleidingsgroep aangevuld met Jaap Willems (Planbureau voor de Leefomgeving) als externe deskundige. De auteurs willen hierbij alle bovengenoemde personen bedanken voor hun bijdrage.

*Caroline van der Salm  
Leo Boumans  
Gerard Heuvelink  
Ton van Leeuwen*





# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>Summary</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
<b>2 Meetgegevens en opties voor validatie</b>	<b>15</b>
2.1 Meetgegevens uit het LMM	15
2.2 Confrontatie modelresultaten met meetgegevens	16
2.3 Validatieprocedure	19
<b>3 Resultaten validatie</b>	<b>23</b>
3.1 Nederland	23
3.2 Grondwaterlichamen	26
3.3 Bedrijfstypen	28
<b>4 Discussie</b>	<b>31</b>
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>37</b>
<b>Literatuur</b>	<b>39</b>



## Samenvatting

Het nationale nutriëntenemissiemodel STONE wordt gebruikt om de effecten van beleid op de emissie van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater te voorspellen. De uitkomsten van STONE spelen een belangrijke rol bij beleidsontwikkeling op het gebied van mestwetgeving en de Kaderrichtlijn Water (KRW). Een goede validatie van de modeluitkomsten van STONE op meetgegevens is dan ook van groot belang.

Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) is één van de belangrijkste databestanden voor een landelijke validatie van STONE op de uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. Voor de validatie van STONE op de in LMM gemeten nitraatconcentraties in het grondwater zijn in het verleden verschillende benaderingen gebruikt, afhankelijk van de wijze waarop perceel- en bedrijfsinformatie (bodem, grondwatertrap (Gt), gewas ed.) in de validatie wordt meegenomen. De gemaakte keuzen leiden tot grote verschillen in uitkomsten.

In dit project is door een werkgroep gezocht naar een consensusmethode voor validatie van STONE op gemeten concentraties in drains en grondwater, en gemeten mestgift waarbij rekening is gehouden met de beschikbaarheid van data en de daarbij behorende onzekerheden. Dit is uitgewerkt tot een protocol voor validatie. Dit protocol is toegepast op de validatie van gesimuleerde nitraatconcentraties in grondwater, mestgiften en grondwaterstanden in de zandregio van Nederland. De resultaten van STONE zijn op drie verschillende schaalniveaus vergeleken met de metingen: hele zandregio, grondwaterlichaam en bedrijfstype.

Voor de hele zandregio werden geen significante verschillen gevonden tussen gemeten en gesimuleerde mestgiften en tussen de gesimuleerde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en de op de LMM-bedrijven gemeten concentraties. De gesimuleerde grondwaterstanden wijken sterk af van de gemeten grondwaterstanden. De gemiddelde gesimuleerde grondwaterstand lag 23 cm minder diep dan de meting op de bedrijven. Dit is een opmerkelijk resultaat omdat uit eerder onderzoek is gebleken dat de door STONE gesimuleerde grondwaterstanden 9 tot 18 cm lager liggen dan blijkt uit 10.000 waarnemingen van de grondwaterstand in peilbuizen. De resultaten roepen dan ook de vraag op of de incidentele metingen met de boorgatmethoden, zoals die gehanteerd wordt op de LMM-bedrijven, afwijken van peilbuismetingen en wat hiervan de oorzaak is.

Indien met STONE ingezoomd wordt naar grondwaterlichamen en naar bedrijfstypen dan treden grotere verschillen op tussen gemeten en gesimuleerde stikstofgiften en stikstofconcentraties. Deze verschillen worden deels veroorzaakt door de geografische onzuiverheid van de STONE-plot, waardoor gridcellen niet de juiste parameterwaarden hebben. Voor verscheidene grondwaterlichamen en bedrijfstypen bleek bijvoorbeeld het gemiddelde landgebruik volgens STONE af te wijken van het vastgestelde landgebruik. Daarnaast zal op deze schaalniveaus het effect van lokale verschillen tussen metingen en simulaties, door verschillen tussen lokale condities en meer uitgemiddelde condities in STONE, groter worden.



## Summary

The model STONE has been developed to calculate emission of nutrients from agricultural soils on a national scale. The model is used to predict and evaluate the effects of changes in manure policy on the emission of nitrogen and phosphorus to groundwater and surface water. The STONE results are used by the government to improve their policy with respect to the nitrogen directive and the water framework directive. Accordingly, a thorough validation of the model results on available measurements is of utmost importance.

The Minerals Policy Monitoring Programme (LMM) has created one of the most important databases for a validation of STONE on the leaching of nutrients to groundwater and surface water on a national scale. A number of different procedures have been used to validate STONE on measured nitrate concentrations in the LMM database. These procedures differed in the way field and farm information (soil, groundwater level, crops) was used to choose representative STONE runs to simulate measured concentrations. These choices led to strong differences in simulated concentrations.

In this project a working group has looked for the most suitable method to validate STONE on measured concentrations in drain water, groundwater and manure additions taking into account the availability of data and their uncertainty. The proposals of the work group were used to develop a protocol for validation. This protocol has been applied to the sandy area of the Netherlands for the validation of simulated nitrate concentrations in groundwater, simulated manure applications and simulated groundwater levels. The results have been interpreted at three different scales: the whole sandy area, groundwater bodies and farm types.

No significant differences were found between simulated and measured values of the amount of applied manure and nitrate concentrations for the whole sandy area. However, simulated groundwater levels were 23 cm deeper than measured values on the LMM farms. This result is remarkable as validation of STONE on data of 10.000 measurements in pipe piezometers showed that groundwater levels simulated by STONE were 9 to 18 centimeters deeper than measured values. Accordingly it is questionable whether the LMM measurements, based on incidental observations with the bore hole method, are comparable with the piezometer measurements.

Larger differences between simulated and measured manure additions and concentrations are found when focusing on groundwater bodies and farm types. These differences can be partly explained by geographical impurity of the STONE schematization, leading to incorrect parameter values for grid cells. For example several water bodies and farm types showed mismatches between the actual land use and the land use assumed in the simulations. Another factor influencing the results is the fact that results for the water bodies and farm types are based on a lower number of observations compared to the whole sandy area. The impact of differences between the local farm conditions and the (more average) conditions used in the STONE simulated become more prominent when less observations are available.



# 1 Inleiding

Het nationale nutriëntenemissiemodel STONE wordt gebruikt om de effecten van beleid op de emissie van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater te voorspellen. De uitkomsten van STONE spelen een belangrijke rol bij de evaluatie van de mestwetgeving en geven mede richting aan de beleidsontwikkeling op het gebied van mestwetgeving en de Kaderrichtlijn Water (KRW). Een goede calibratie en validatie van de modeluitkomsten van STONE op meetgegevens is dan ook van groot belang. Onder validatie wordt in dit geval verstaan het vergelijken van modelresultaten met metingen en het verklaren van de verschillen (validatie van het toepassingsmodel; Jansen, 2007). Onder calibratie wordt verstaan het aanpassen van gevoelige parameters zodat het verschil tussen model en meting acceptabel wordt.

Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid ([www.rivm.nl/lmm](http://www.rivm.nl/lmm)) is één van de belangrijkste databestanden voor een landelijke validatie van STONE op de uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. Voor de validatie van STONE op de in LMM gemeten nitraatconcentraties in het grondwater zijn in het verleden verschillende benaderingen gebruikt, afhankelijk van de wijze waarop perceel- en bedrijfsinformatie (bodem, grondwatertrap(Gt), gewas ed.) in de validatie wordt meegenomen (Tiktak *et al.*, 2003; MNP, 2007; Van der Salm, mondelinge mededeling). De gemaakte keuzen leiden tot grote verschillen in uitkomsten. Indien de procedures voor confrontatie van metingen en modelresultaten ook gebruikt worden voor calibratie van onzekere parameters (zoals denitrificatieconstanten) kunnen deze verschillen leiden tot andere waarden van de calibratieparameters in STONE. De wijze van validatie en calibratie kan dus invloed hebben op de uitkomsten van scenario-analyses die met STONE worden uitgevoerd.

In dit project is door een werkgroep gezocht naar een consensusmethode voor validatie van STONE op gemeten concentraties in drains en grondwater, en gemeten mestgift waarbij rekening is gehouden met de beschikbaarheid van data en de daarbij behorende onzekerheden. Dit is uitgewerkt tot een protocol (stappenplan) voor validatie. Dit protocol is toegepast voor de validatie van met STONE gesimuleerde nitraatconcentraties in grondwater, mestgiften en grondwaterstanden op gegevens uit het LMM voor de zandregio van Nederland. De resultaten van STONE zijn op drie verschillende schaalniveaus gevalideerd of vergeleken met de metingen: zandregio, grondwaterlichaam en bedrijfstype. Hiermee wordt inzicht verkregen in de kwaliteit van uitspraken op verschillend schaalniveau. Tevens wordt inzicht verkregen in de mogelijke oorzaken van de mismatch tussen model en metingen.





## 2 Meetgegevens en opties voor validatie

### 2.1 Meetgegevens uit het LMM

Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) is een meetnet dat opgezet is om de huidige kwaliteit van het recent gevormde grondwater te beschrijven en te verklaren in relatie met milieudruk en beleidsmaatregelen. Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) wordt gezamenlijk door het RIVM en LEI Wageningen UR ontwikkeld en beheerd. Het LMM is gestart in 1992 op bedrijven in de zandregio. Later is het meetnet uitgebreid naar de klei- en veenregio's en het lössgebied.

De bedrijven die deelnemen aan het LMM vormen een subselectie uit het Bedrijven Informatienet van het LEI. Om een representatieve steekproef samen te stellen is de beschikbare monitoringscapaciteit zo goed mogelijk verdeeld over regio's, bedrijfstypen en bedrijfsomvang. Bij de opzet van de steekproeven wordt gebruik gemaakt van de CBS-Landbouwtellingen. Voor elk van de vier grondsoortregio's geldt dat bedrijfstypen met een gering aandeel in het landgebruik alsmede bedrijven met een extreem kleine of grote omvang, voor deelname aan het LMM worden uitgesloten. Gegeven deze afbakeningen, wordt in elk van de vier grondsoortregio's circa 80 procent van het landgebruik door de LMM-steekproef vertegenwoordigd.

Selectie vindt plaats op basis van gestratificeerde steekproeven waarin behalve naar grondsoortregio en bedrijfstype ook naar bedrijfsomvang wordt gestratificeerd. Elk van de bedrijfsgroottesklassen vertegenwoordigt een verschillend aantal bedrijven maar wel met een ongeveer gelijk areaal aan cultuurgrond. Omdat in elke grootteklasse eenzelfde aantal steekproefbedrijven wordt nagestreefd, zijn bedrijven met een grote omvang oververtegenwoordigd in het LMM.

Voor de validatie van STONE op LMM-gegevens kon gebruik gemaakt worden van ruim 700 meetgegevens van bemesting en 860 metingen (gemiddelden per bedrijf en jaar) van grondwaterstand en de nitraatconcentraties over de periode 1992-2006 in de zandregio. Voor mestgiften is gebruik gemaakt van de periode 1991-2005, omdat aangenomen wordt dat het (minimaal) een jaar duurt voordat effecten van de mestgift in het grondwater waarneembaar zijn.

#### ***Grondwatermetingen***

Voor het ontwerp van een protocol voor de validatie van STONE is vooralsnog gekozen voor een beperking tot nitraat in het bovenste grondwater. Omdat in het LMM grondwater hoofdzakelijk op zandgronden wordt bemonsterd beperkt de validatie zich hierdoor tot de zandregio. Op zandgronden wordt het grondwater via boorgaten bemonsterd. Hiertoe worden per bedrijf op 16 locaties boringen gedaan en grondwatermonsters genomen. Het aantal locaties per perceel is afhankelijk van de relatieve grootte van het perceel. Op het perceel zijn de locaties aselekt gekozen, waarbij een afstand van minimaal 20 m tot de rand wordt aangehouden. De bovenste meter van het grondwater wordt bemonsterd. De bemonstering van een bedrijf duurt meestal twee dagen. In uitzonderlijke gevallen kan het langer duren. De grondwatermonsters zijn verkregen met behulp van de openboorgatmethode. In het boorgat plaatst de veldwerker een monsternemingslans. De monsterneming kan dan direct beginnen. De veldwerker sluit daarvoor een pomp met filter aan op de lans, spoelt de materialen enige malen door met het grondwater en verzamelt het opgepompte en gefilterde water in flessen.

Aan de hand van het natte deel van de lans wordt de grondwaterstand geschat. Bemonstering en bepaling van de grondwaterstand vindt dus plaats binnen enkele uren na het boren van het gat. De grondwatermonsters worden in het veld gefiltreerd en aangezuurd en donker en koel opgeslagen voor transport naar het laboratorium. In het laboratorium worden aselekt twee mengmonsters gemaakt en chemisch geanalyseerd op onder andere nitraat. De handelingen vinden plaats aan de hand van standaardvoorschriften. In de beginperiode van het LMM zijn meer monsters en mengmonsters per bedrijf gemaakt. Een uitgebreidere beschrijving van het meetnet en de gevolgde procedure is te vinden in Wattel-Koekoek *et al.* (2008).

### **Bemesting**

De gegevens over de mineralengebruiken zijn gebaseerd op de in het LEI-BIN vastgelegde bedrijfsgegevens. Deze gebruiken betreffen de hoeveelheden stikstof en fosfaat die op het bedrijf, gemiddeld per hectare cultuurgrond in het aan bemonstering voorafgaande groeiseizoen zijn gebruikt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar bemesting in de vorm van kunstmest, dierlijke mest en overige organische meststoffen (zoals compost). Het gebruik van dierlijke mest is weer uit te splitsen naar weidemest en dierlijke mest die mechanisch is toegediend.

### **Berekeningswijze mineralengebruiken via dierlijke mest**

De berekening van het dierlijke mestgebruik vindt in meerdere stappen plaats. Allereerst wordt de productie van mest op het eigen bedrijf berekend. Voor stikstof betreft het de nettoproductie na aftrek van gasvormige stikstofverliezen uit stal en opslag. De mestproductie wordt berekend door het gemiddeld aantal aanwezige dieren te vermenigvuldigen met landelijke excretieforfaits zoals vastgesteld door de Werkgroep Uniformering Mestcijfers (Van Bruggen, 2007). In de volgende stap wordt gebruik gemaakt van de op het bedrijf aan- en afgevoerde meststoffen en voorraden aan dierlijke mest. Ook deze worden in het BIN geregistreerd en omgerekend naar hoeveelheden nutriënten. Van aan- en afgevoerde meststoffen wordt in principe de hoeveelheid stikstof en fosfaat via bemonstering vastgelegd. Indien geen bemonstering heeft plaatsgevonden, zijn forfaitaire gehalten per mestsoort ingerekend. Begin- en eindvoorraden worden altijd berekend via forfaiten per mestsoort.

Het mineralengebruik via dierlijke mest op bedrijfsniveau volgt uit de berekening:

$$\text{Gebruik dierlijke mest} = \text{Productie} + \text{Beginvoorraad} - \text{Eindvoorraad} + \text{Aanvoer} - \text{Afvoer}$$

### **Berekeningswijze mineralengebruiken via kunstmest en overige organische mest**

Kunstmest en overige organische meststoffen worden niet op bedrijven zelf geproduceerd.

Het gebruik wordt derhalve berekend als:

$$\text{Gebruik kunstmest en overige organische mest} = \text{Beginvoorraad} - \text{Eindvoorraad} + \text{Aanvoer} - \text{Afvoer}$$

De betreffende hoeveelheden stikstof (N) en fosfaat ( $P_2O_5$ ) zijn overgenomen van de jaaroverzichten van de leveranciers van de meststoffen.

## **2.2 Confrontatie modelresultaten met meetgegevens**

### **Bottom-up en top-down benadering**

Om STONE te valideren, worden de modelresultaten geconfronteerd met de meetgegevens in LMM. De metingen zijn uiteindelijk op drie verschillende schaalniveaus met de modelresultaten vergeleken:

- Zandregio van Nederland;
- Grondwaterlichamen in de zandregio;
- Bedrijfstypen in de zandregio.

Voor de confrontatie van metingen en modelresultaten moeten keuzen gemaakt worden afhankelijk van de databeschikbaarheid en de modelschematisatie. Voor de confrontatie kunnen twee hoofdrichtingen worden gekozen:

1. Bottom-up; Uitgangspunt zijn de plots of bedrijven. Hierbij worden 'passende' STONE-plots gezocht. De verschillen tussen metingen en modelresultaten worden vervolgens geaggregeerd naar het niveau waarop een uitspraak wordt gedaan (NL, grondwaterlichamen, bedrijfstypen). Bij deze methode wordt dus eerst een vergelijking tussen modelresultaat en metingen uitgevoerd en worden vervolgens de resultaten geaggregeerd.
2. Top-down: Het niveau waarop men uitspraak wil doen is het uitgangspunt en vervolgens worden STONE-plots geselecteerd die voldoen aan het gezochte niveau (bijv. alle natte zandgronden met gras). STONE-uitkomsten en -metingen worden opgeschaald naar het beoogde niveau en de uitkomsten hiervan worden vergeleken. Bij deze methoden worden dus eerst geaggregeerd en daarna vergeleken.

Voor de top-down benadering is het belangrijk dat de metingen een voldoende nauwkeurig beeld geven op het gewenste schaalniveau. Voor sommige schaalniveaus en in sommige jaren is het aantal beschikbare metingen echter klein. Dit heeft tot gevolg dat STONE-uitkomsten en metingen niet hetzelfde domein bestrijken. De bottom-up benadering verdient daarom de voorkeur omdat niet impliciet hoeft te worden aangenomen dat de metingen een betrouwbaar beeld geven voor het niveau waarop je een uitspraak wilt doen. De vergelijking tussen STONE en metingen vindt plaats op het bedrijfsniveau en bestrijken dus steeds hetzelfde domein. Opscaling naar de regio is minder nauwkeurig wanneer het aantal bemonsterde bedrijven klein is, maar deze nauwkeurigheid kan worden gekwantificeerd zodat ook betrouwbaarheidsintervallen en significanties kunnen worden uitgerekend (zie paragraaf 2.3).

In deze paragraaf zal ingegaan worden op de mogelijkheden voor validatie en een kort overzicht worden gegeven van keuzes die gemaakt zijn bij eerdere validatie en calibratie procedures van STONE.

### ***Eerdere validatieprocedures***

Voor de calibratie en validatie van STONE 2.2 is gebruik gemaakt van de bottom-up benadering. Deze benadering is ook gebruikt bij de validatie van een eerdere versie van STONE door het RIVM in 2003 (Tiktak *et al.*, 2003) en door Alterra en LEI in 2005 (Van der Salm, mondelinge mededeling). Bij gebruik van de bottom-up benadering moeten bij elk bedrijf passende STONE-plots worden gezocht. Bij validatie van STONE 2.2 was de exacte locatie van de bedrijven niet beschikbaar en moest de locatie gebaseerd worden op de postcode van het bedrijf. Omdat de postcode onvoldoende informatie geeft over de ligging van de bemonsterde percelen is in het verleden gebruik gemaakt van een zoekareaal van 5x5 km rondom de postcode. Vervolgens zijn criteria gebruikt om zo passend mogelijke plots te selecteren binnen dit zoekareaal. In de procedure die beschreven is in Tiktak *et al.* (2003), wordt op basis van het bedrijfstype een dominant bodem en gewas vastgesteld (bv. bedrijfstype akkerbouw op zand: heeft als gewas bouwland en als bodem zand). De simulaties van alle plots binnen het zoekareaal die aan deze criteria voldoen worden areaal gewogen gemiddeld. In de procedure van Alterra en LEI (Van der Salm, mondelinge mededeling) is gebruik gemaakt van informatie over het voorkomen van bepaalde grondsoorten, grondwatertrappen en landgebruik op het bedrijf. Op basis hiervan zijn de mogelijke combinaties van grondsoort, Gt en landgebruik van het bedrijf vastgesteld. De simulaties van alle plots binnen het zoekareaal die aan deze criteria voldoen worden gewogen gemiddeld.

Bij de calibratie van STONE 2.3 is gebruik van de top-down benadering (MNP, 2007). Om problemen voor representativiteit te voorkomen, is de validatie toen beperkt gebleven tot melkveehouderijbedrijven op zand omdat daarvan jaarlijks voldoende metingen beschikbaar

waren om een representatief beeld te hebben van de concentraties van nitraat in het bovenste grondwater (MNP, 2007).

### ***Opties voor nieuwe validatieprocedure***

De beide bottom-up procedures die gebruikt zijn voor de toetsing van STONE 2.2, leverden nogal afwijkende uitkomsten op omdat de geografische ligging van de meetpercelen onzeker was en er vervolgens aannamen gedaan moesten worden over het voorkomen van STONE-plots binnen een bepaald bedrijf. Momenteel zijn van de LMM-bedrijven de polygonen van de percelen beschikbaar waardoor veel minder aannamen gedaan hoeven te worden voor de vergelijking van metingen en modelsimulaties.

De meest geschikte optie om meetgegevens met modelresultaten te vergelijken wordt mede bepaald door de wijze van de schematisatie en parameterisatie van STONE (Kroon *et al.*, 2001) en de beschikbare meetgegevens (Tabel 1). De schematisatie van STONE heeft plaats gevonden in drie stappen: (1) een hydrologische hoofdindeling (900 combinaties), (2) een verfijning op basis van bodemtype, Gt, meteo en landgebruik (LGN 3+) naar 4000 plots en (3) een verdere verfijning op basis van bodemchemische karakteristieken naar 6405 plots. Dit heeft geleid tot een geografische verdeling van de plots over Nederland. Bij de parameterisatie zijn vervolgens per plot zo goed mogelijk passende parameterwaarden gekozen. Elke plot heeft dus eigenschappen die zo goed mogelijk passen bij de geografische ligging en de eigenschappen van de plot.

Bij de confrontatie kan uitgegaan worden van de ligging van de bemonsteringspunten of van de geaggregeerde bedrijfsgegevens. Het gebruik van bedrijfsgegevens is op dit moment de meest voor de hand liggende optie omdat X, Y coördinaten van de punten nog niet digitaal beschikbaar zijn en op puntniveau alleen NO<sub>3</sub>-concentraties gemeten zijn. Omdat zowel de STONE-plots als de bedrijven een bepaalde geografische positie hebben is de meest voor de hand liggende optie om de geografische ligging van het bedrijf te gebruiken bij de vergelijking. Op basis van de bedrijfspolygonen kan het areaal van een bepaalde STONE-plot binnen het bedrijf worden vastgesteld. Hiermee kan vervolgens, voor de aangegeven bemonsteringsperiode, een areaal gewogen STONE-concentratie worden berekend voor het bedrijf (zie bijlage 1 voor concrete uitwerking). De STONE-concentratie voor het bedrijfsareaal wordt vervolgens vergeleken met de LMM-meting van het bedrijf. Op deze wijze wordt zowel de procesformulering als de (geografische) schematisatie van STONE getoetst.

*Tabel 1 Overzicht beschikbare meetgegevens voor validatie op concentraties in grondwater en drains*

<b>Parameter</b>	<b>Punt<sup>1</sup></b>	<b>Bedrijf</b>
Geografische ligging	<i>X, Y coördinaten</i>	Polygonen van percelen
Gewas	Huidige jaar	Verdeling gewassen op bedrijf
Bodem	<i>Af te leiden uit X, Y en 1:50.000 bodemkaart</i>	Verdeling bodems op bedrijf (geen meting maar afgeleid uit contouren en bodemkaart)
Gt	<i>Af te leiden uit X, Y en 1:50.000 bodemkaart</i>	Verdeling Gt op bedrijf (geen meting maar afgeleid uit contouren en bodemkaart)
Tijdstip	Datum	Bemonsteringsperiode
Concentraties	NO <sub>3</sub> mbv. Nitracheck	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> totaal-P, ortho-P

<sup>1</sup> niet digitaal beschikbaar

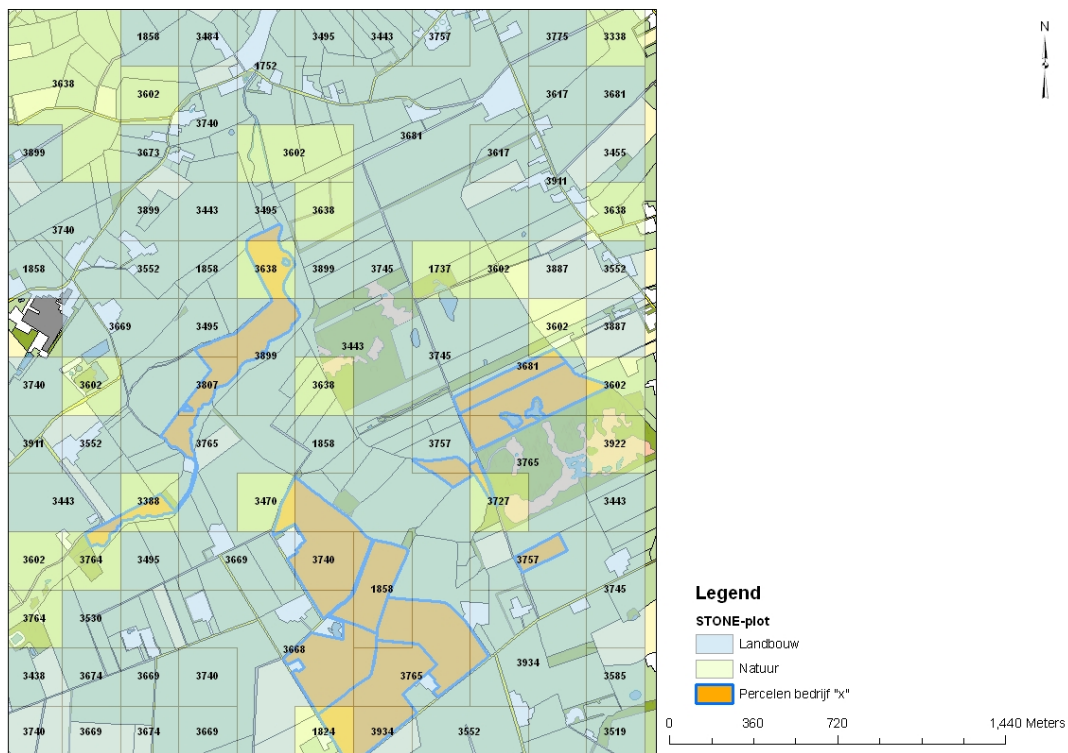
Zoals elk ruimtelijk model heeft STONE een beperkte geografische nauwkeurigheid. Het zou dus aantrekkelijk zijn om bij validatie van STONE inzicht te krijgen in de invloed van deze

geografische (on)nauwkeurigheid op de vergelijking tussen metingen en modellen. Dit zou kunnen door naast de bovengenoemde optie een tweede optie uit te voeren waarbij, bij de keuze van de STONE-plots, niet alleen geografische informatie wordt meegenomen maar ook bodemkundige en/of gewasinformatie zoals beschikbaar voor elk bedrijf. In de praktijk wordt een dergelijke exercitie bemoeilijkt doordat elke STONE-plot uniek is. Het is bijvoorbeeld (meestal) niet mogelijk een STONE-plot te selecteren die alleen qua bodemtype/ bodemparameters verschilt maar volledige identieke hydrologische parameters heeft. Gezien deze complexiteit hebben we deze optie vooralsnog niet uitgewerkt.

## 2.3 Validatieprocedure

### *Afleiden metingen en modelgegevens voor de bedrijven*

Voor elk bedrijf en bemonsteringstijdstip is een overlay gemaakt met polygonen van het bedrijfsareaal en de STONE-plots (250×250 m grid cellen). In figuur 1 wordt voor een fictief bedrijf een voorbeeld gegeven van een dergelijke overlay van bedrijfsareaal met de ligging van de STONE-plots. Voor het bedrijfsareaal is uitgegaan van de polygonen die zijn vastgesteld op een tijdstip dat zo dicht mogelijk ligt bij het bemonsteringstijdstip. Dit levert voor elk bedrijf een lijst op met STONE-plots en bijbehorende arealen. Bij elke meting van een bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie zijn aan de hand van het tijdstip van de meting de door STONE berekende nitraatconcentraties en grondwaterstanden voor de betreffende plots opgezocht. De berekende nitraatconcentraties en grondwaterstanden per STONE-plot zijn vervolgens per bedrijf gemiddeld waarbij gewogen is met het areaal van de STONE-plot op het bedrijf.



*Figuur 1 Overlay van polygonen van het bedrijfsareaal en de ligging van de STONE-plots voor een fictief landbouw bedrijf.*

Tijdens het onderzoek bleek dat 13-26% van het bedrijfsareaal uit STONE-plots met “natuur” bestaat (zie figuur 5 pag. 23 ). In de praktijk komt natuur niet voor op de LMM-bedrijven. Daarom zijn de berekende nitraatconcentraties en grondwaterstanden voor STONE-plots met landgebruik natuur niet meegenomen bij de berekening van het gewogen gemiddelde van STONE-berekeningen voor een bedrijf.

Om concentraties en grondwaterstanden op een bedrijf vast te stellen, worden op 16 punten per bedrijf monsters genomen. Het aantal locaties per perceel is afhankelijk van de relatieve grootte van het perceel. Op het perceel zijn de locaties aselekt gekozen. De monsters worden gemengd en vervolgens wordt de concentratie bepaald (Wattel-Koekkoek *et al.*, 2009). Meestal worden niet alle metingen op een bedrijf op dezelfde dag uitgevoerd, in enkele situaties liggen de meettijdstippen zelfs meerdere weken tot maanden uit elkaar. In dit onderzoek is het gemiddelde tijdstip van de metingen gebruikt voor vergelijking met STONE-uitvoer. Idealiter zou informatie over plaats en tijdstip van de individuele monsternames worden meegenomen bij het opzoeken van de bijbehorende STONE-berekeningen.

De STONE-berekeningen zijn beschikbaar voor decades (periodes van 10 dagen). De metingen zijn gerelateerd aan een bepaald (gemiddeld) tijdstip. Op basis van dit tijdstip is bepaald in welke STONE-decade de metingen vallen en de uitkomst van betreffende decade is gebruikt voor de vergelijking. Berekende concentraties zijn bepaald door middeling van gesimuleerde concentraties in de bovenste meter van het grondwater.

### ***Berekening verschil en standaardfout***

Voor de validatie van STONE op de LMM-metingen zijn gemiddelden berekend per bedrijf en per jaar voor de LMM-metingen en de overeenkomstige STONE-berekeningen. Vervolgens zijn de gemiddelde metingen en berekeningen gemiddeld voor de zandregio, per bedrijfstype en per grondwaterlichaam (de drie eerder genoemde schaalniveaus). Voor elk van de drie schaalniveaus is de standaardfout voor de schatting van het gemiddelde verschil berekend. Dat wil zeggen dat indien de bemonsteringsprocedure op dezelfde LMM-bedrijven op dezelfde tijdstippen een groot aantal malen zou zijn herhaald, er 95% kans is dat het totale gemiddelde van alle herhalingen zich bevindt in de range van het gevonden gemiddelde  $\pm$  twee (ongeveer, zie t-verdeling) maal de standaardfout.

Vervolgens is een gecorrigeerd gemiddelde verschil geschat door middel van de REML methode (REsidual Maximum Likelihood). Deze methode maakt schattingen met ongebalanceerde datasets voor de situatie dat deze datasets gebalanceerd zouden zijn. Dit wil zeggen dat een gemiddeld verschil is geschat voor de situatie dat elk bedrijf zou zijn bemonsterd in elk jaar. De standaardfout voor de schatting van het gecorrigeerde gemiddelde verschil is de geschatte standaardafwijking van een verdeling van gecorrigeerde gemiddelden die zouden zijn berekend indien dezelfde procedure van bedrijven kiezen en bemonsteren een groot aantal malen zou zijn herhaald in dezelfde periode.

Deze standaardfout voor het gecorrigeerde verschil is groter dan voor het ongecorrigeerde verschil omdat er rekening mee wordt gehouden dat sommige bedrijven meerdere jaren zijn bemonsterd (deze krijgen minder gewicht) en dat in sommige jaren minder is bemonsterd (deze krijgen meer gewicht) en ook omdat rekening wordt gehouden met het effect van de toevallige keuze van bedrijven (Welham *et al.*, 2004). Ingeval van ongebalanceerde datasets en meerdere bronnen van ruis, zoals in dit geval de toevallige keuze van bedrijven en de toevallige uitkomst van de bemonstering op een bedrijf, is de REML de meest aangewezen statistische methode.

Er zijn alleen grondwaterlichamen en bedrijven in de zandregio beschouwd omdat voor de overige grondsoortregio's te weinig grondwatermetingen beschikbaar waren. Enkele bedrijven behoren niet tot een specifiek LMM-bedrijfstype en zijn dus niet onder deze bedrijfstypen opgenomen in de tabellen.

### ***Modelversie en beperkingen validatie***

Om het validatieprotocol toe te passen, is gebruik gemaakt van STONE 2.3. Bij deze versie is de zogeheten waterfactor gecalibreerd op in het LMM gemeten nitraatconcentraties op melkveehouderijbedrijven in het zandgebied (MNP, 2007). De mestgiften die gebruikt zijn in versie STONE 2.3 zijn afkomstig uit MAMBO (Leusink, 2002) en vervolgens vertaald naar invoer voor STONE. Het model MAMBO is gecalibreerd op gegevens uit het BIN (Leusink, 2002). Een deel van de gegevens die nu gebruikt zijn voor validatie zijn (in een andere vorm) dus eerder gebruik voor calibratie van STONE 2.3.

De validatie heeft zich beperkt tot de periode tot en met 2005. Voor deze periode was het actuele mestgebruik in Nederland bekend en is verwerkt in de invoer. De uitkomsten van de validatie geven dus geen informatie over de juistheid van bemestingsscenario's zoals die bij scenario analyses met STONE worden gebruikt.

Bij de validatie is impliciet aangenomen dat selectie van de LMM-bedrijven is gebaseerd op een kanssteekproef waarbij de insluitkansen van de verschillende bedrijven gelijk zijn, hoewel dit in de praktijk waarschijnlijk niet geheel juist is (zie par. 2.1). De uitkomsten zijn in deze studie niet gecorrigeerd voor verschillen in insluitkansen en de uitkomsten moeten dan ook geïnterpreteerd worden als verschillen tussen metingen en simulaties voor groepen bedrijven in respectievelijk heel Nederland, bepaalde regio's en bepaalde bedrijfstypen. Gemiddelde met STONE berekende nitraatconcentraties voor heel Nederland of voor bepaalde grondwaterlichamen kunnen dus afwijken van de hier gepresenteerde cijfers waarin slechts die STONE-plots zijn meegenomen die op LMM-bedrijven voorkwamen.



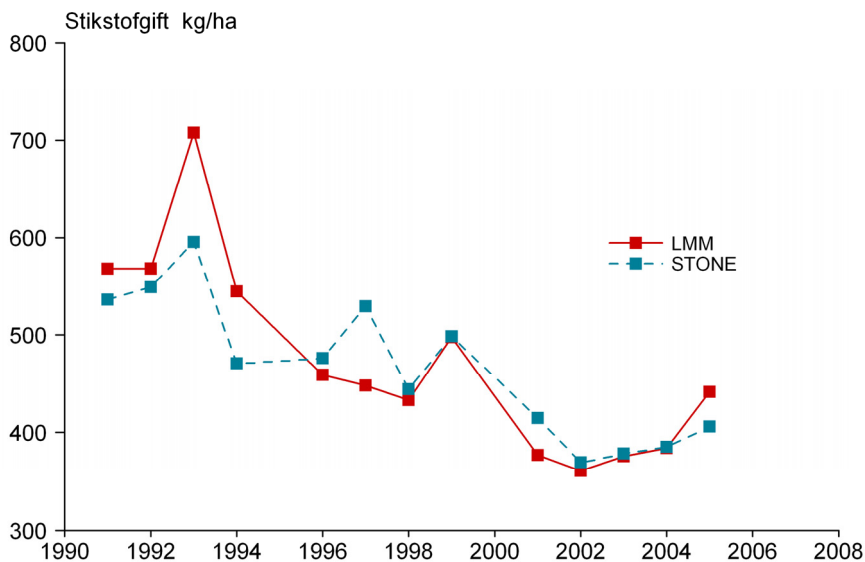


## 3 Resultaten validatie

### 3.1 Nederland

#### *Mestgiften*

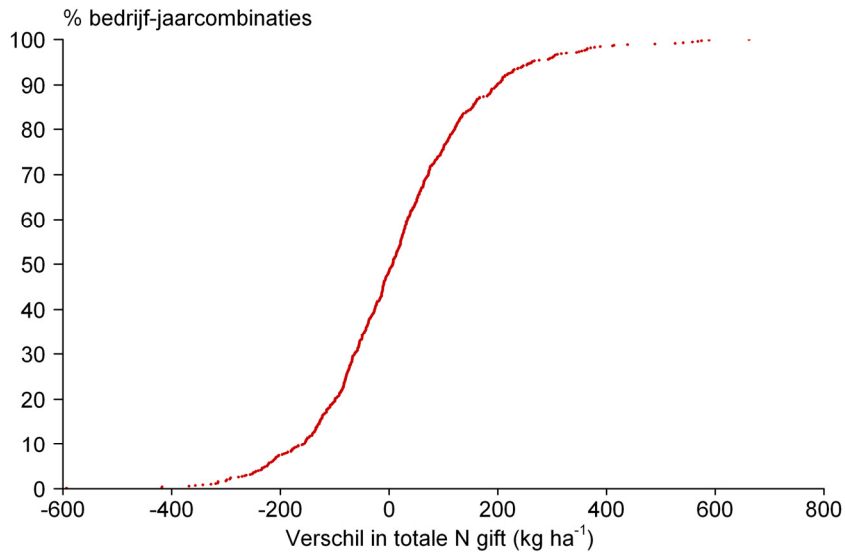
Voor de zandregio in Nederland komen de gemiddelde stikstofgiften op de LMM-bedrijven goed overeen met de giften die STONE voor deze bedrijven heeft gesimuleerd. De gemiddelde stikstofgiften op de LMM-bedrijven lopen uiteen van meer dan 700 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> in 1993 tot 360 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> in 2002 (Fig. 2). STONE volgt globaal deze gemeten trend in gemiddelde mestgift. Verhoudingsgewijs grote verschillen tussen gemeten en gesimuleerde mestgiften treden vooral op in 1993, 1994 en 1997. Het gemiddelde verschil in totale N gift tussen LMM en STONE bedraagt 12 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> (SE. 6 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>). Na correctie voor onevenwichtigheid in de monitoring (zie paragraaf 2) bedraagt het verschil 2.6 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> (standaardfout SE 10 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>). Na correctie is er dus geen significant verschil tussen het gemiddelde van de metingen en de simulaties.



Figuur 2. Tijdsverloop van gemiddelde stikstofgiften voor de Nederlandse zandregio gemeten op LMM-bedrijven en berekend door STONE tussen 1991 en 2005

Ondanks het feit dat de gemiddelde mestgift volgens STONE en LMM goed overeenkomen, kunnen de verschillen voor individuele bedrijven aanzienlijk zijn. De cumulatieve frequentieverdeling van het verschil tussen gemeten en gesimuleerde giften geeft aan dat het mediane verschil tussen gemeten en gesimuleerde mestgiften 7 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> bedraagt (Fig. 3). Op 45% van de bedrijven bedragen de verschillen tussen gemeten en gesimuleerde mestgift meer dan 100 kg ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>.

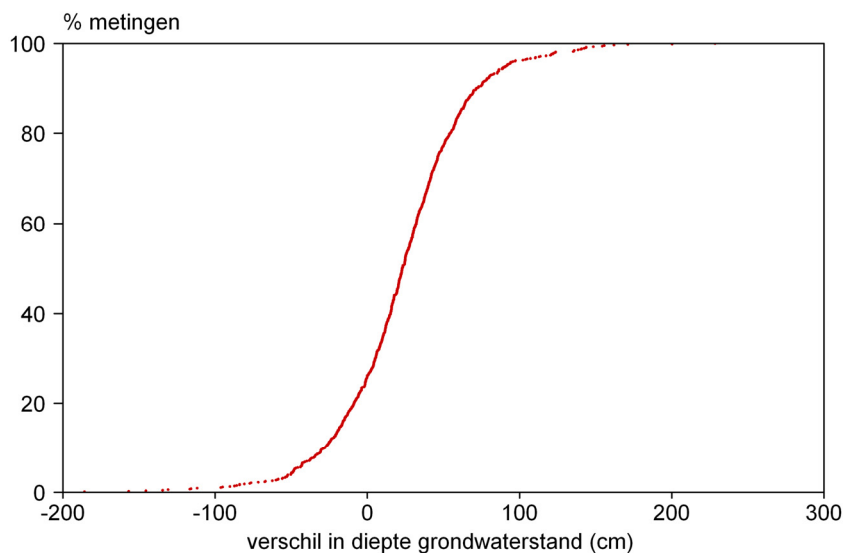
Gemiddeld is 67% van de stikstofgift afkomstig van dierlijke mest. Het gemiddelde verschil in stikstofgift uit dierlijke mest tussen LMM en STONE bedraagt 7 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> (SE 4 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>), na correctie voor onevenwichtigheid in de monitoring, bedraagt het verschil 6 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> (SE 8 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>). Na correctie is er dus net als bij de totale N gift geen statistisch significant verschil tussen het gemiddelde van metingen en simulaties.



Figuur 2 Cumulatieve frequentieverdeling van het verschil tussen gemeten en gesimuleerde jaarlijkse N giften op bedrijfsniveau

### Grondwaterstanden

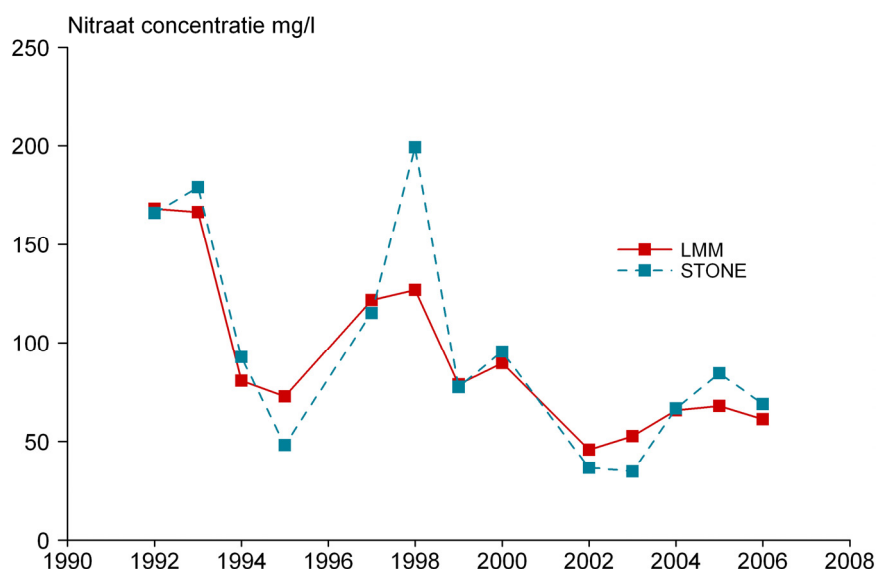
De grondwaterstand die is gesimuleerd door STONE is ondieper dan vastgesteld door het LMM. De gemiddelde diepte van de gemeten grondwaterstand op de LMM-bedrijven is 137 cm. Gemiddeld ligt volgens de metingen op de LMM-bedrijven de grondwaterstand 23 cm (SE 1.5 cm) dieper beneden maaiveld dan volgens STONE wordt berekend. Na correctie voor onevenwichtigheid in de monitoring is het verschil 21 cm (SE 4 cm). De frequentieverdeling geeft aan dat het mediane verschil vergelijkbaar is met het gemiddelde verschil (Fig. 4). Op 7% van de bedrijven wordt een grondwaterstand gesimuleerd die binnen 5 cm van de gemeten stand ligt. Op 70% van de bedrijven wordt een diepere grondwaterstand gevonden dan door STONE wordt voorspeld (simulaties geven dus aan dat het bedrijf natter is dan gemeten). Op 23% van de bedrijven ligt de grondwaterstand minder diep dan gesimuleerd.



Figuur 3 Cumulatieve frequentieverdeling van het verschil tussen gemeten en gesimuleerde diepte van de grondwaterstand op bedrijfsniveau

### Nitraatconcentraties

Voor de zandregio van Nederland komen de gemiddelde nitraatconcentraties op de LMM-bedrijven goed overeen met de concentraties die STONE voor deze bedrijven simuleert. De gemiddelde nitraatconcentraties op de LMM-bedrijven lopen uiteen van meer dan 170 mg l<sup>-1</sup> in 1992 tot 46 mg l<sup>-1</sup> in 2002 (Fig. 5). STONE volgt globaal deze gemeten trend in gemiddelde concentraties. Aanzienlijke verschillen tussen gemeten en gesimuleerde concentraties treden vooral op in 1998. Het gemiddelde verschil in nitraatconcentraties tussen LMM en STONE bedraagt -7 mg l<sup>-1</sup> (SE 3 mg/l), na correctie bedraagt het verschil ook -7 mg l<sup>-1</sup> maar de standaardfout is groter (8 mg l<sup>-1</sup>). Na correctie is er dus net als voor de totale stikstofgift geen significant verschil tussen metingen en simulaties.



Figuur 4 Tijdsverloop van gemiddelde nitraatconcentratie in de Nederlandse zandregio gemeten op LMM-bedrijven en berekend door STONE tussen 1992 en 2006

### Samenvatting

De gemiddelde met STONE gesimuleerde mestgiften en nitraatconcentraties in het zandgebied komen goed overeen met de gemiddelden van de metingen op LMM-bedrijven in dit gebied. De gemiddelde gesimuleerde N gift in STONE is 7 kg ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> lager dan gemeten en de nitraatconcentraties zijn 7 mg l<sup>-1</sup> hoger dan gemeten. Deze verschillen zijn echter niet statistisch significant. Op individuele bedrijven komen grote verschillen voor tussen gesimuleerde en gemeten waarden. Dit wordt waarschijnlijk voor een belangrijk deel veroorzaakt doordat de lokale omstandigheden (hydrologie, landgebruik, bemesting, bodem(eigenschappen) afwijken van de in STONE gehanteerde waarden (zie Hoofdstuk 4, Discussie).

De gemiddelde gesimuleerde grondwaterstanden komen minder goed overeen met de gemiddelde metingen dan de gemiddelde gesimuleerde mestgift en concentraties. De gemiddelde gesimuleerde grondwaterstanden (114 cm) liggen 23 cm minder diep dan de gemiddelde gemeten standen (137 cm).

## 3.2 Grondwaterlichamen

Naast de overeenkomst tussen STONE en LMM in de zandregio is ingezoomd op de verschillende grondwaterlichamen door de LMM-metingen in deze grondwaterlichamen te vergelijken met de modelberekeningen voor de betreffend bedrijven. De vergelijking is beperkt tot de grondwaterlichamen in het zandgebied. De validatie voor de grondwaterlichamen is beperkt tot de hele meetperiode en er is geen aandacht besteed aan de tijdtrends in metingen en simulaties. De reden hiervoor is dat in de meeste grondwaterlichamen het aantal bedrijven per jaar beperkt is. Bij zo'n kleine steekproef is de kans groot dat de gevonden verschillen niet representatief zijn voor het gehele grondwaterlichaam (zie ook beperkingen validatie in par. 2.3)

### **Mestgift**

Voor de grondwaterlichamen van de Rijn wordt geen statistisch significant verschil gevonden tussen de mestgift op de LMM-bedrijven en de gesimuleerde mestgift (Tabel 2). Voor het grondwaterlichaam van de Eems en de Maas wordt de mestgift door STONE onderschat. Voor de andere grondwaterlichamen zijn de verschillen niet significant. De verschillen zijn het grootst voor het grondwaterlichaam van de Eems (66 kg N ha<sup>-1</sup>jr<sup>-1</sup> zonder correctie en 47 kg N ha<sup>-1</sup>jr<sup>-1</sup> na correctie). Voor de Maas zijn de verschillen tweemaal zo klein terwijl de standaardfout gelijk is aan die voor de Eems (14 kg N ha<sup>-1</sup>jr<sup>-1</sup>).

*Tabel 2 Verschillen tussen gemeten (bedrijf/jaar gemiddeld) en met STONE gesimuleerde totale N gift (kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>) voor de grondwaterlichamen in het zandgebied in de periode 1992-2006*

	<b>Metingen</b>		<b>Simulaties</b>					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Eems, zand	105	292	226	66	14	245	47	21
Rijn, noord, zand	47	442	449	-7	26	463	-21	31
Rijn, oost, zand	320	497	494	3	8	497	0.3	14
Rijn, midden, zand	23	519	534	-15	21	537	-18	25
Maas, zand	144	504	474	30	14	478	26	22

De flinke verschillen in gesimuleerde N gift bij de grondwaterlichamen van Eems en Maas komen voor een belangrijk deel voort uit verschillen tussen gemeten en gesimuleerde gift uit dierlijke mest (tabel 3). Bij de grondwaterlichamen van de Eems en de Maas wordt de dierlijke mestgift met resp. 37 en 19 kg N ha<sup>-1</sup>jr<sup>-1</sup> onderschat terwijl de totale onderschatting van de N gift respectievelijk 47 en 26 kg N ha<sup>-1</sup>jr<sup>-1</sup> bedraagt.

*Tabel 3 Verschillen tussen gemeten (bedrijf/jaar gemiddeld) en met STONE gesimuleerde N-gift uit dierlijke mest (kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>) voor de grondwaterlichamen in het zandgebied in de periode 1992-2006*

	<b>Metingen</b>		<b>Simulaties</b>					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Eems, zand	105	159	109	50	10	122	37	17
Rijn, noord, zand	47	278	277	1	14	278	0.2	15
Rijn, oost, zand	320	331	337	-6	5.5	337	-6	11
Rijn, midden, zand	23	374	367	7	19	364	10	28
Maas, zand	144	370	352	18	11	351	19	16

### **Nitraatconcentraties**

De door STONE berekende nitraatconcentraties zijn voor het grondwaterlichaam van de Eems en Rijn-midden lager dan gemeten (Tabel 4). Voor Rijn-Noord en Maas daarentegen worden de concentraties overschat door STONE. Voor het grondwaterlichaam Rijn-Oost zijn de verschillen niet significant. Voor het grondwaterlichamen van de Eems vallen de lagere berekende concentraties samen met lagere berekeningen van de mestgift. Voor het grondwaterlichaam van de Maas is de mestgift  $26 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$  lager maar is de gesimuleerde nitraatconcentratie desalniettemin  $47 \text{ mg l}^{-1}$  hoger dan gemeten. Voor de grondwaterlichamen Rijn-Noord en Rijn-Oost werden geen significante verschillen in mestgift gevonden maar worden wel significante verschillen vastgesteld tussen gemeten en gesimuleerde concentraties.

*Tabel 4 Verschillen tussen gemeten (bedrijf/jaar gemiddeld) en met STONE gesimuleerde nitraat concentraties (mg/l) voor de grondwaterlichamen in het zandgebied in de periode 1992-2006*

	Metingen		Simulaties					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Eems, zand	114	91	55	36	4.4	59	32	7
Rijn, noord, zand	62	58	72	-14	8	75	-17	11
Rijn, oost, zand	412	91	87	4.2	3.5	86	5.3	7.4
Rijn,midden,zand	41	77	59	18	8	56	21	12
Maas, zand	212	130	179	-49	8	177	-47	22

### **Grondwaterstanden**

De door STONE berekende diepte van de grondwaterstand is voor alle grondwaterlichamen ondieper dan gemeten (Tabel 5). Dit is in lijn met het landelijke beeld waar uit bleek dat op 70% van de bedrijven de grondwaterstand ondieper werd berekend. De verschillen tussen gemeten en gesimuleerde grondwaterstanden zijn het kleinst in het grondwaterlichaam van de Eems en het grootst in het grondwaterlichaam van de Maas.

*Tabel 5 Verschillen tussen gemeten (bedrijf/jaar gemiddeld) en met STONE gesimuleerde grondwaterstanden (cm) voor de grondwaterlichamen in het zandgebied in de periode 1992-2006*

	Metingen		Simulaties					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Eems, zand	114	129	118	11	4.3	117	12	7
Rijn, noord, zand	62	138	126	12	6	119	19	11
Rijn, oost, zand	412	133	105	28	1.8	107	26	2.9
Rijn,midden,zand	41	129	106	23	5	105	24	8
Maas, zand	212	157	126	31	3.7	125	32	6

### **Samenvatting**

Op nationale schaal komen de gemiddelde gesimuleerde mestgift en concentraties goed overeen met de metingen. Indien ingezoomd wordt naar het niveau van het grondwaterlichaam is de overeenkomst minder goed. De verschillen tussen gemeten en gesimuleerde mestgift lopen op tot 16% van de gemeten waarden. Voor de concentraties lopen verschillen zelfs op tot 36% van de meetwaarden. De verschillen tussen gemeten en gesimuleerde grondwaterstanden zijn vergelijkbaar met die op de nationale schaal, waarbij wel opvalt dat de verschillen tussen metingen en simulaties in het zuiden van Nederland groter zijn dan in het noorden. In Tabel 6 staat een overzicht van de geconstateerde verschillen en hun significantie. Voor Eems-Noord zijn de verschillen in alle gevalideerde uitgangen groter dan 10% en m.u.v de

grondwaterstand significant. Voor de overige regio's zijn de verschillen in mestgift en concentraties kleiner dan 10%. De afwijking tussen gemeten en gesimuleerde grondwaterstand is groter dan 10% en significant voor Rijn-Oost, Rijn-Midden en voor het grondwaterlichaam van de Maas.

Tabel 6 Relevantie<sup>1</sup> van geconstateerde verschillen tussen LMM-metingen en STONE-simulaties

	N bemesting		Concentraties	Grondwaterstand
	Totaal	Dierlijke mest	Nitraat	
Eems, zand	++	++	++	+
Rijn, noord, zand	0	0	-	0
Rijn, oost, zand	0	0	0	++
Rijn, midden, zand	0	0	+	++
Maas, zand	0	0	-	++

<sup>1</sup> ++ = groter dan 10% en gecorrigeerd significant, - = absoluut groter dan 10% en gecorrigeerd significant; 0 = kleiner dan 10%, + = groter dan 10% en gecorrigeerd niet significant, -= absoluut groter dan 10% en gecorrigeerd niet significant

De bovengenoemde uitkomsten en verschillen zijn niet gecorrigeerd voor verschillen in insluitkansen van bedrijven. De uitkomsten moeten dan ook geïnterpreteerd worden als verschillen tussen metingen en simulaties voor groepen bedrijven in een bepaalde regio. Gemiddelde met STONE berekende nitraatconcentraties voor een bepaalde grondwaterlichamen kunnen dus afwijken van de hier gepresenteerde cijfers waarin slechts die STONE-plots zijn meegenomen die op LMM-bedrijven voorkwamen.

### 3.3 Bedrijfstypen

#### **Mestgift**

De met STONE berekende mestgiftten zijn voor de meeste categorieën bedrijven hoger dan volgens de opgaven van de bedrijfsvoerders van de LMM-bedrijven (Tabel 7). Een uitzondering vormt de categorie melkveebedrijven waar de berekende bemesting  $23 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$  lager is dan berekend. De afwijking is het grootst voor de categorie overig en het kleinst voor de akkerbouw. De afwijking in dierlijke mestgift (Tabel 8) komt qua richting (over- en onderschatting) overeen met die in de totale N gift. De verschillen in gemeten en gesimuleerde dierlijke mestgift zijn echter alleen significant voor de melkveebedrijven en de categorie overig.

Tabel 7 Verschillen tussen gemeten (bedrijf/jaar gemiddeld) en met STONE gesimuleerde totale N gift ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ ) voor de bedrijfstypen in het zandgebied in de periode 1992-2006

	Metingen		Simulaties					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Akkerbouw	153	233	246	-13	10	256	-23	17
Melkvee	476	543	511	32	7	520	23	13
Hokdier	17	329	394	-65	29	393	-64	45
Overig	58	388	447	-59	24	469	-81	31

Tabel 8 Verschillen tussen gemeten (bedrijf/jaar gemiddeld) en met STONE gesimuleerde stikstofgift uit dierlijke mest (kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>) voor de bedrijfstypen in het zandgebied in de periode 1992-2006

	Metingen		Simulaties					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Akkerbouw	153	129	137	-8	8	144	-15	15
Melkvee	476	368	351	17	5	355	13	10
Hokdier	17	281	298	-17	26	*!	*	*
Overig	58	293	316	-23	18	331	-38	24

### Concentraties

De door STONE berekende nitraatconcentraties zijn voor akkerbouwbedrijven lager en voor melkveebedrijven en overige bedrijven hoger dan gemeten met het LMM (Tabel 9). De gemiddelde concentraties op hokdierbedrijven zijn iets lager dan gemeten maar dit verschil is niet significant. De verschillen tussen gemeten en gesimuleerde concentraties corresponderen over het algemeen niet met afwijkingen in de gesimuleerde stikstofgiften. Op akkerbouw- en hokdierbedrijven zijn de mestgiften in STONE hoger dan gemeten maar zijn de gesimuleerde concentraties lager dan gemeten. Voor melkveebedrijven wordt de concentratie overschat terwijl de mestgift wordt onderschat door STONE. Voor de categorie 'overig' was sprake van een flinke overschatting van de mestgift en worden iets te hoge concentraties voorspeld door STONE.

Tabel 9 Verschillen tussen gemeten en met STONE gesimuleerde nitraatconcentraties (mg l<sup>-1</sup>) voor de bedrijfstypen in het zandgebied in de periode 1992-2006

	Metingen		Simulaties					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Akkerbouw	161	83	59	24	4	63	20	7
Melkvee	551	94	112	-18	4	114	-20	11
Hokdier	59	130	123	7	11	117	13	20
Overig	85	109	117	-8	8	121	-12	8

### Grondwaterstanden

De door STONE berekende grondwaterstanden zijn bij de verschillende bedrijfscategorieën hoger dan gemeten. De afwijking varieert van 17 cm op akkerbouwbedrijven tot 36 cm op bedrijven in de categorie overig (Tabel 10).

Tabel 10 Verschillen tussen gemeten (bedrijf/jaar gemiddeld) en met STONE gesimuleerde grondwaterstanden (cm- mv) voor de bedrijfstypen in het zandgebied in de periode 1992-2006

	Metingen		Simulaties					
	Aantal	Gemiddelde	Ongecorrigeerd			Gecorrigeerd		
			Gemiddelde	Verschil	SE	Gemiddelde	Verschil	SE
Akkerbouw	161	132	114	18	3	63	17	6
Melkvee	551	136	112	24	2	114	22	3
Hokdier	59	145	127	18	7	117	18	9
Overig	85	145	114	31	5	121	36	8

### **Samenvatting**

Net als bij de grondwaterlichamen worden er bij de bedrijfstypen aanzienlijke verschillen gevonden tussen gemeten en gesimuleerde waarden. Bij de mestgiften werden verschillen in gemiddelde giften gevonden tot 20% en voor de nitraatconcentratie werden verschillen gevonden tot 30%. In Tabel 11 staat een overzicht van de geconstateerde verschillen en hun significantie. Op de hokdier- en overige bedrijfstypen zijn de verschillen tussen gemeten en gesimuleerde totale N gift groter dan 10% en significant. Op de andere bedrijfstypen zijn de verschillen kleiner dan 10%. Op de akkerbouw- en overige bedrijfstypen zijn de verschillen tussen gemeten en gesimuleerde mestgiften groter dan 10% maar niet significant. Voor de categorie melkveebedrijven zijn de verschillen in mestgift kleiner dan 10%. De afwijkingen tussen gemeten en gesimuleerde concentraties en grondwaterstanden zijn voor bijna alle bedrijfstypen groter dan 10% en significant. Een uitzondering vormen de nitraatconcentraties in de categorie hokdierbedrijven. Deze zijn kleiner dan 10%.

*Tabel 11 Relevantie<sup>1</sup> van geconstateerde verschillen tussen LMM-metingen en STONE-simulaties*

	<b>N bemesting</b>		<b>Concentraties</b>	<b>Grondwaterstand</b>
	Totaal	Dierlijke mest	Nitraat	
Akkerbouw	0	-	++	++
Melkvee	0	0	-	++
Hokdier	-	*	0	++
Overig	-	-	-	++

<sup>1</sup> ++ = groter dan 10% en gecorrigeerd significant, - = absoluut groter dan 10% en gecorrigeerd significant; 0 = kleiner dan 10%, + = groter dan 10% en gecorrigeerd niet significant, -= absoluut groter dan 10% en gecorrigeerd niet significant



## 4 Discussie

Uit de hierboven gepresenteerde resultaten komt naar voren dat met STONE gesimuleerde mestgiften en nitraatconcentraties op nationale schaal goed overeen stemmen met de beschikbare metingen. Op de schaal van grondwaterlichaam of bedrijfstypen worden echter flinke verschillen waargenomen. Daarnaast is de grondwaterstand volgens STONE structureel ondieper dan gemeten. In onderstaande discussie zal op deze twee aspecten worden ingegaan. Daarnaast zal in dit hoofdstuk kort aandacht besteed worden aan de geschiktheid van de huidige methode ten opzichte van eerdere methoden die gebruikt zijn voor de validatie van STONE.

### ***Ruimtelijk detailniveau***

In Nederland worden 6405 STONE-plots onderscheiden. Aan elk grid van 250\*250 m wordt een STONE-plot toegekend. De plots hebben dus een bepaalde geografische ligging. De indeling (ruimtelijke schematisatie) van deze plots is gebaseerd op geohydrologische kenmerken, bodemtype, landgebruik, meteorologie en bodemchemische factoren. Voor de berekeningen met STONE zijn aan deze 6405 plots parameterwaarden toegekend. In vele gevallen volgen de parameterwaarden direct uit de schematisatie (bv. gras heeft andere gewasparameters dan bouwland). Voor andere parameters (bv. hydrologie) zijn per plot zo goed mogelijk passende parameterwaarden gekozen. Elke plot heeft dus unieke eigenschappen die gebaseerd zijn op de karakteristieken van de plot (landgebruik, bodemtype) en de geografische ligging.

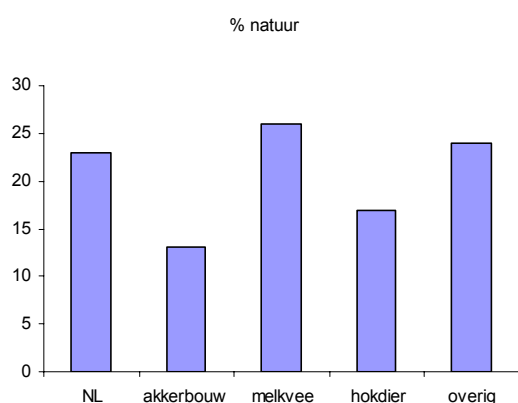
Omdat er maar een beperkt aantal plots zijn om Nederland mee te beschrijven zijn er afwijkingen tussen de werkelijke eigenschappen van een gridcel en de ploteigenschappen. Om een indruk te krijgen van de zuiverheid van de eigenschappen van gridcellen zijn de toegekende eigenschappen van de 250x250 m gridcellen vergeleken met de oorspronkelijke eigenschappen (Kroon *et al.*, 2001; Tabel 10). Een en ander geldt natuurlijk ten opzichte van de informatie in het oorspronkelijke 250x250 m grid dat zelf ook zijn onzekerheden kent. Dit geldt in het bijzonder voor eigenschappen die variëren in de tijd zoals landgebruik.

*Tabel 12 Percentage van de arealen (zuiverheid) waar de toegekende eigenschappen van STONE overeenkomen met de originele eigenschappen in een grid van 250x250 m (naar Kroon et al., 2001)*

<b>Ruimtelijke eigenschap</b>	<b>Aantal klassen</b>	<b>Zuiverheid areaal (%)</b>
Hydrotype	22	100
Drainageklasse	6	89
Kwelklasse	6	89
Grondwatertrap	7	97
Landgebruik	4	92
Bodemfysische eenheid	21	75
Indeling klei-zand-veen	3	98
Meteo- district	15	97
Fosfaat bindend vermogen	3	90
Mineralisatiecapaciteit	3	96
CEC	3	86

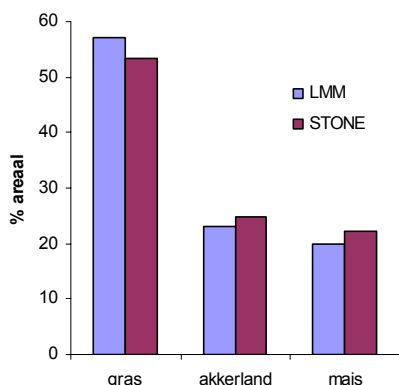
Onzuiverheid in de grideigenschappen kan een van de redenen zijn dat met name op regionale schaal afwijkingen tussen berekeningen en metingen ontstaan. Bij dit onderzoek bleek bijvoorbeeld dat tijdens de selectie van de bij de bedrijven behorende STONE-plots gemiddeld 13 tot 26% van het bedrijfsareaal uit natuur bestond (Figuur 6). Dit is een aanzienlijk

percentage gezien het feit dat maar 30% van Nederland (en van de STONE-plots) natuur is. In principe is het landgebruik van een STONE-plot gebaseerd op het dominante landgebruik van de plot. Dit indelingscriterium leidde echter tot een overschatting van het areaal grasplots met 30% en een onderschatting met natuur (Beusen en Overbeek, 2001). Voor de ontwikkeling van STONE 2.0 zijn daarom een deel van de grasplots omgezet in natuur (Beusen en Overbeek, 2001). De huidige zuiverheid van het landgebruik is hierdoor waarschijnlijk lager dan de oorspronkelijke 92%. In een studie voor het berekenen van pesticide uitspoeling is op basis van LGN4 een zo goed mogelijke schatting gemaakt van de voorkomende vormen van landgebruik in de verschillende STONE-plots (Kruijne *et al.*, 2004). Indien deze cijfers vergeleken worden met het aan de STONE-plots gealloceerde landgebruik blijkt circa 40% van het areaal van de akkerbouw, gras en natuurplots in STONE in werkelijkheid een ander landgebruik te hebben. Op maïs plots blijkt in 67% van de situaties het landgebruik volgens LGN4 af te wijken van het veronderstelde landgebruik. Deze onzuiverheid levert dus een beperking op bij het inzoomen naar kleinere eenheden. Voor grotere eenheden heffen fouten elkaar grotendeels op.



*Figuur 5 Percentage natuur volgens de STONE schematisatie op alle LMM-bedrijven en per bedrijfstype in het zandgebied*

Na correctie voor het voorkomen van grids met landgebruik 'natuur' binnen de contouren van het bedrijf bleek voor de zandregio het gemiddeld landgebruik redelijk goed overeen te komen met de gegevens van de LMM-bedrijven (Figuur 7). Het percentage gras werd met 4% onderschat terwijl het percentage akkerbouw en maïs beide met ongeveer 2% werden overschat.



*Figuur 6 Gemiddeld percentage gras, akkerland en maïs voor de LMM-bedrijven en volgens de bijbehorende STONE-plots (na correctie voor natuur)*

Voor de grondwaterlichamen van de Rijn worden, net als voor heel Nederland, na correctie voor natuur beperkte (2-4%) afwijkingen gevonden in het gemiddelde landgebruik. Voor de grondwaterlichamen van Eems en Maas worden veel grotere verschillen gevonden in het gemiddelde landgebruik op de bedrijven en het door STONE gehanteerde landgebruik. In het grondwaterlichamen van Eems en Maas gaat STONE uit van een lager percentage gras (-8 resp. -7%). Dit wordt in het gebied van de Eems gecompenseerd door een hoger percentage akkerbouw (+ 9 %) en in het Maasgebied door een hoger percentage maïs (+6%).

Stikstofgiften op grasland zijn hoger dan op akkerbouw en maïs. Op basis van de afwijkingen tussen de werkelijke en gesimuleerde arealen zouden de gemiddelde stikstofgiften in de grondwaterlichamen van Eems en Maas dus lager moeten zijn dan uit de metingen blijkt. De validatieresultaten geven inderdaad aan dat de mestgift in het gebied van de Eems met 37 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> en in het gebied van de Maas met 26 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> wordt onderschat door STONE. Voor de grondwaterlichamen van de Rijn, waar de verschillen in landgebruik gering zijn, werden geen significante verschillen in mestgift gevonden.

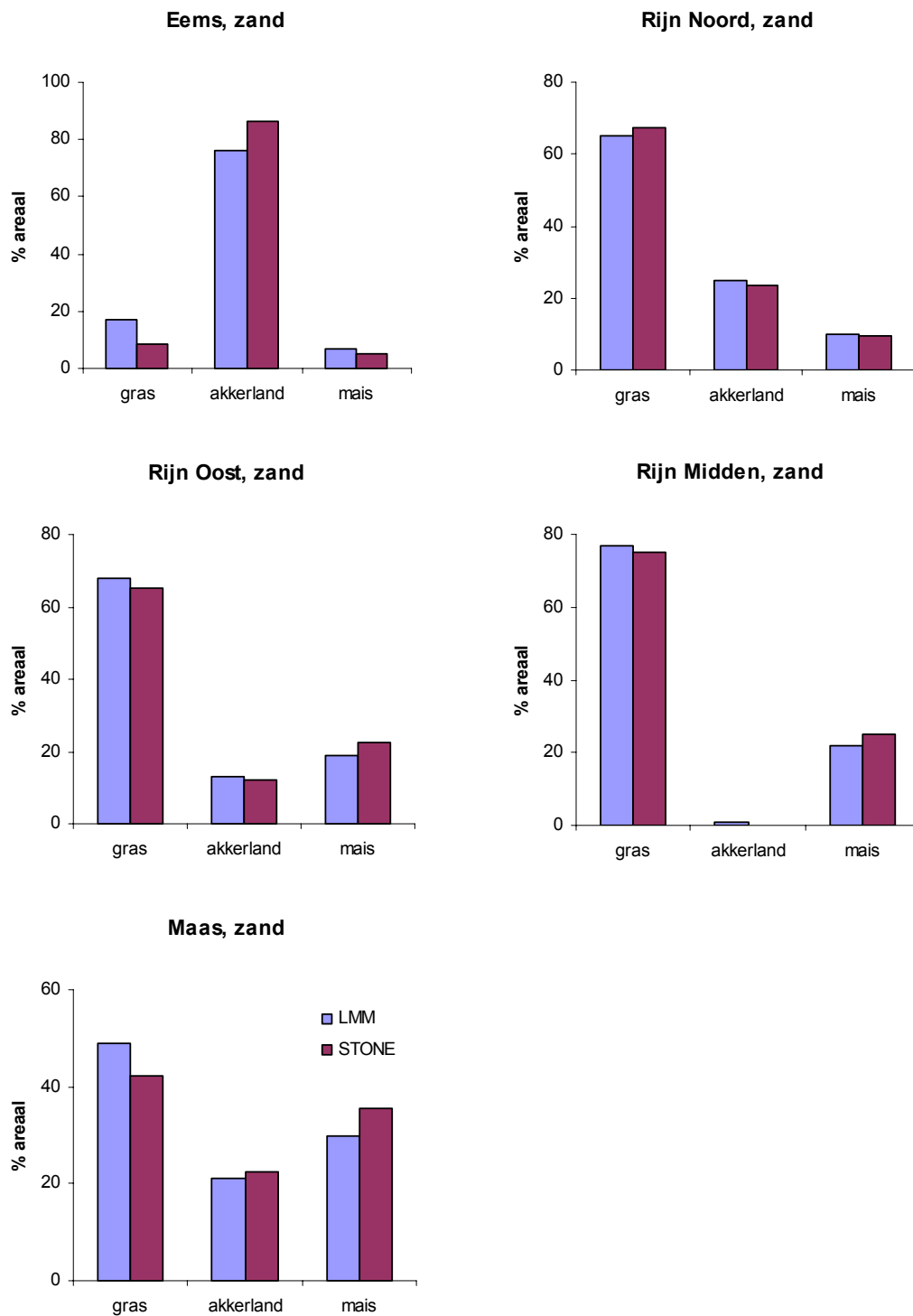
De met STONE berekende stikstofoverschotten (en stikstofopnames) op grasland zijn gemiddeld aanzienlijk hoger dan voor akkerbouw en maïs (Willems *et al.*, 2006). De onderschatting van het grasareaal in de grondwaterlichamen van Eems en Maas zouden dus ook moeten leiden tot een onderschatting van de concentraties in het grondwater, mits andere factoren zoals afwijkingen in bodemgebruik, hydrologie e.d. geen rol spelen. In het grondwaterlichaam van de Eems wordt de nitraatconcentratie inderdaad onderschat. Voor het grondwaterlichamen van Maas wordt echter een overschatting van de nitraatconcentraties gevonden (zie Fig. 8).

Voor de bedrijfstypen zijn de verschillen tussen het werkelijk grondgebruik en het grondgebruik volgens de STONE schematisatie groter dan voor heel Nederland en voor de grondwaterlichamen (Figuur 9). Bij de bedrijfstypen treden voor hokdierbedrijven de grootste afwijkingen tussen het werkelijke landgebruik en het landgebruik volgens STONE op. Op hokdierbedrijven wordt het percentage akkerland met 29% onderschat, terwijl het percentage gras met 22% wordt overschat en het areaal maïs 8% groter is. Op akkerbouw- en melkveebedrijven zijn de afwijkingen in het dominante landgebruik geringer (17% resp. 10%). Voor de categorie overig is de overeenkomst tussen het werkelijke landgebruik en het landgebruik volgens de STONE schematisatie minder dan 4%.

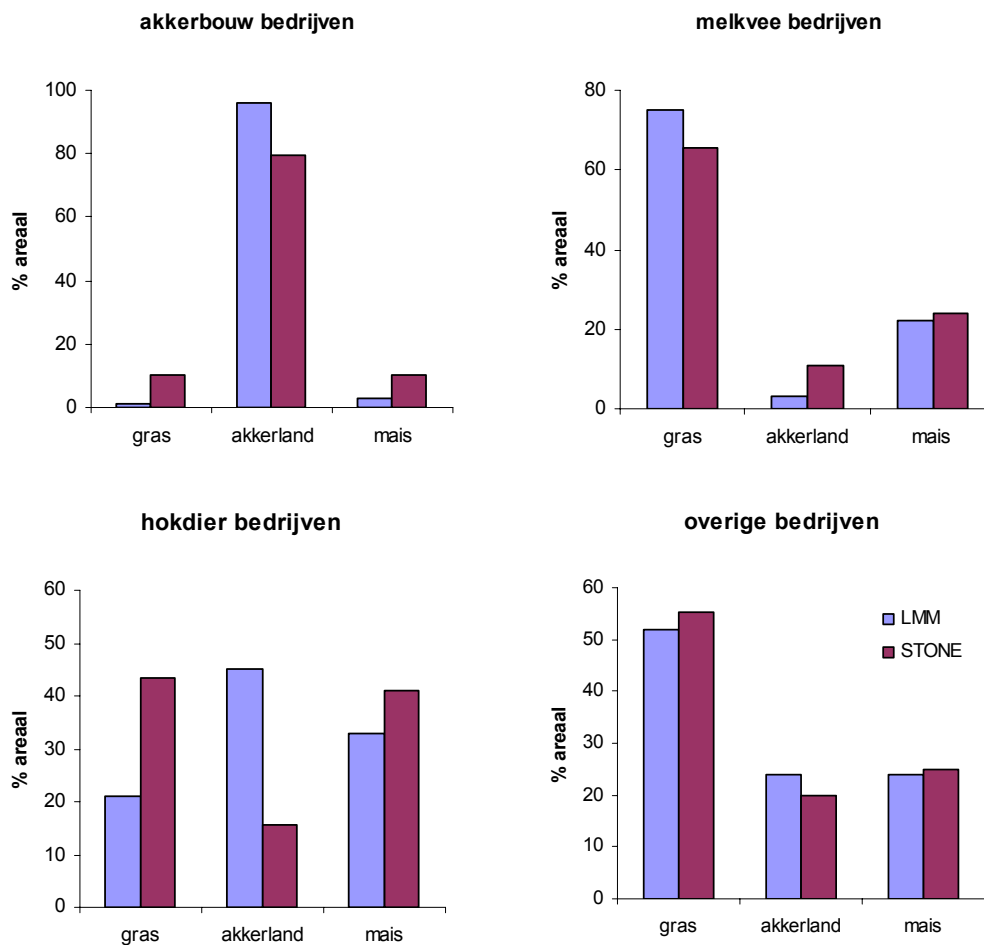
De afwijkingen in landgebruik geven een gedeeltelijke verklaring voor de gevonden afwijkingen in mestgift. Op akkerbouw- en hokdierbedrijven werd de mestgift overschat (zie Tabel 5). Dit stemt overeen met de onderschatting van het percentage akkerland (en overschatting van gras en maïs) dat een lagere stikstofgift kent dan maïs en gras. Bij melkveebedrijven werd het areaal akkerland overschat wat leidt tot een onderschatting van de stikstofgift. Voor de categorie overige bedrijven werd de stikstofgift door STONE flink overschat ondanks de redelijk goede overeenkomst in het grondgebruik.

Uit bovenstaande analyse blijkt dat indien ingezoomd wordt naar bedrijfstypen en grondwaterlichamen er verschillen in het areaal gras, akkerland en maïs bestaan tussen metingen en modelberekeningen. De verschillen in stikstofgift zijn in lijn met de gevonden verschillen in landgebruik; overschatting van het areaal grasland leidt tot overschatting van de stikstofgift door STONE. De gevonden verschillen in concentraties kunnen echter niet altijd verklaard worden uit de afwijkingen in stikstofgiften (en/of stikstofoverschotten). Dit kan veroorzaakt worden doordat ook andere informatie zoals bodem en hydrologie een te grote geografische onzuiverheid hebben om op deze wijze gekoppeld te worden aan bedrijfsmetingen. Daarnaast kunnen echter ook vele andere factoren zoals regionale

verschillen in management en parameterwaarden een rol spelen bij het ontstaan van dit soort verschillen. Dit wordt bevestigd door het feit dat verschillen tussen metingen en simulaties op bedrijfsniveau vaak groot zijn.



*Figuur 7 Gemiddelde areaal (%) gras, akkerland en mais voor de bedrijven in het grondwaterlichaam van Eems, zand; Rijn, zand en Maas, zand en het grondgebruik van de bijbehorende STONE-plots (na correctie voor natuur).*



Figuur 8 Gemiddelde % gras, akkerland en maïs voor de akkerbouw-, melkvee-, hokdier- en overige bedrijven en volgens de bijbehorende STONE-plots (na correctie voor natuur)

### Hydrologie

De resultaten van de validatie op LMM-bedrijven geven aan dat de grondwaterstanden in STONE hoger zijn dan is gemeten op de bedrijven. Deze resultaten zijn in tegenspraak met resultaten van validatie van de hydrologie van STONE 2.3 op peilbuizen (Van Bakel *et al.*, 2008). De plausibiliteit van de hydrologische berekeningen van STONE zijn als onderdeel van de actualisatie hydrologie voor STONE 2.3 getoetst aan diverse series metingen in boorgaten (gerichte opnamen) en in peilbuizen (stambuizen en overige buizen). Uit de vergelijking van de metingen in boorgaten van de gerichte opnamen (8000 waarnemingen) met de berekeningen van STONE bleek dat STONE de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) 9 cm onderschat (te droog) en dat de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) 12 cm te droog was (Van Bakel *et al.*, 2008). Vooral in Drenthe werden te lage GLG en GHG standen gesimuleerd. Uit vergelijken van de gegevens van de (circa 400) stambuizen bleek dat de GHG en de GLG, volgens de hydrologie voor STONE 2.3, 16 resp. 18 cm droger was vergeleken met de GHG en GLG uit de stambuizen. Uit vergelijking met de groep 'overige buizen' (circa 2500 waarnemingen) bleek eveneens dat STONE diepere GHG's (9 cm) en GLG's (12 cm) voorspelde dan de metingen.

Deze discrepantie in validatieresultaten roept vragen op over de vergelijkbaarheid van de resultaten van de grondwaterstandsbepalingen tijdens de LMM-opnamen met die van boorgaten van de gerichte opnamen en de peilbuizen. In het LMM-meetnet wordt geen gebruik gemaakt van permanente buizen maar wordt geboord om een grondwatermonster te nemen en de grondwaterstand te bepalen. Het is bekend dat de tijd die nodig is voor het vollopen van het boorgat afhankelijk is van de doorlatendheid. Bij de gerichte opnamen werd gebruik gemaakt van een wachttijd van 1 á 2 dagen (Van der Gaast en Massop, 2003). Bij de LMM-metingen is de tijd die verstrijkt tussen het boren van het gat en de meting maximaal een paar uur. Het aanhouden van een te korte tijdspanne tussen boren en bemonsteren kan leiden tot een onderschatting van de grondwaterstand. Een te korte wachttijd kan mogelijk ook invloed hebben op de samenstelling van de grondwatermonsters doordat 'ander' water wordt bemonsterd. Het effect (hoger/lager) is echter niet bij voorbaat aan te geven. Naast de wachttijd kan ook de waarnemingsmethode leiden tot minder betrouwbare resultaten. Normaliter wordt de grondwaterstand bepaald met elektronische of akoestische meetapparatuur. Bij de LMM-metingen wordt daarentegen gebruik gemaakt van visuele waarneming (de diepte tot waarop de bemonsteringslans bevochtigd is). Het mag verwacht worden dat die methode minder betrouwbaar is dan de gebruikelijke methodes, maar het lijkt niet aannemelijk dat dit leidt tot een structurele onderschatting van de grondwaterstand.

### ***Validatiemethoden***

De in dit rapport gepresenteerde validatie methode, waarbij gebruik gemaakt wordt van de polygonen van het bedrijfsareaal in combinatie met het voorkomen van STONE-plots binnen dit bedrijfsareaal, is eenvoudig en lijkt op nationale schaal goed bruikbaar. Met deze methode wordt geconstateerd dat de gemiddelde stikstofconcentratie, die door STONE wordt berekend, niet significant verschilt van het gemiddelde van de metingen op de LMM-bedrijven. Deze conclusie sluit aan bij de calibratie- en validatiestudies die uitgevoerd zijn voor STONE 2.2 (Willems *et al.*, 2006) en STONE 2.3 (MNP, 2007). Bij de validatie van STONE 2.2 bleek dat in tegenstelling tot de huidige validatie de gesimuleerde grondwaterstand dieper (39 cm) lag dan de gemeten grondwaterstand.

In een validatiestudie van STONE 2.2 (Van der Salm 2005, ongepubliceerd) waarbij voor de selectie van de STONE-plots gebruik gemaakt werd van informatie over de verdeling van grondsoort, Gt en gewas werden veel lagere concentraties gesimuleerd dan gemeten op de bedrijven. Deze methode gaf aan dat de grondwaterstanden daarentegen goed overeen kwamen met de metingen. Het feit dat de gesimuleerde grondwaterstanden ondieper zijn dan bij de studie van Willems *et al.* (2006) geeft mogelijk een verklaring voor deze afwijkende resultaten. Bij een diepere grondwaterstand zal minder denitrificatie plaatsvinden en worden dus hogere concentraties gesimuleerd.

Onzuiverheden in de geografische schematisatie van de plot en de toekenning van parameterwaarden kunnen de resultaten van de validatie op grondwaterlichaam- en bedrijfsniveau beïnvloeden waardoor het niet goed mogelijk is om de procesformulering en parameterisatie van het model te valideren op deze schaal. Om dit toch mogelijk te maken zou het aantrekkelijk zijn om de geografische ligging van de STONE-plots enigszins los te laten en plots te kiezen die qua landgebruik en bodem zo goed mogelijk aansluiten bij de te simuleren percelen. In de praktijk is dit echter op basis van de voorliggende 6405 plots praktisch onuitvoerbaar omdat de hydrologische condities wel geografisch bepaald zijn. Dit betekent dat calibratie van procesparameters op dit schaalniveau ook niet goed mogelijk is.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### *Conclusies*

Voor het validatieprotocol is gekozen om uit te gaan van de bedrijven die in het LMM-meetnet gemonitord worden. Voor elk bedrijf wordt met STONE berekeningen uitgevoerd. De simulaties en metingen worden vervolgens geaggregeerd naar het gewenste schaalniveau (bottom-up procedure). Voor het validatieprotocol is gebruik gemaakt van de ligging van de bedrijfspercelen (contouren). Op basis van deze ligging zijn STONE-plots geselecteerd. Deze optie is gekozen omdat bij de ruimtelijke schematisatie van STONE de rekenplots eigenschappen hebben gekregen die zo goed mogelijk passen bij de geografische ligging van de plots.

Bij toepassing van het protocol blijkt dat voor de bovenste meter van het grondwater in de zandregio van Nederland geen significante verschillen bestaan tussen de gemiddelde gemeten stikstofgiften en nitraatconcentraties op de LMM-bedrijven en gemiddelde met STONE gesimuleerde stikstofgiften en nitraatconcentraties voor deze bedrijven. Bij deze vergelijking is echter voorbij gegaan aan de manier waarop LMM-bedrijven zijn geselecteerd.

Impliciet is aangenomen dat bedrijven zijn geselecteerd op een kanssteekproef waarbij de insluitkansen van de verschillende bedrijven gelijk zijn, hoewel hier in de praktijk niet volledig aan is voldaan (zie par. 2.1). De in dit onderzoek uitgevoerde correctie voor onevenwichtigheid corrigeert wel voor redundantie in informatie maar niet voor de verschillen in de kansen dat bedrijven deel uit maken van de LMM-steekproef. Toekomstig onderzoek zou rekening moeten houden met deze verschillen in insluitkansen. Hiervoor is wel nodig dat insluitkansen realistisch worden geschat en de statistische verwerking erop wordt afgestemd.

Uit de vergelijking voor de zandregio van Nederland blijkt tevens dat de gesimuleerde trend in mestgift en nitraatconcentraties goed overeenkomen met de op de LMM-bedrijven gemeten trends in de periode 1992-2006.

Indien met STONE ingezoomd wordt naar grondwaterlichamen en naar bedrijfstypen dan treden grotere verschillen op tussen gemeten en gesimuleerde stikstofgiften en stikstofconcentraties. Deze verschillen worden deels veroorzaakt door de geografische onzuiverheid van de STONE-plot, waardoor gridcellen niet de juiste parameterwaarden hebben. Voor verscheidene grondwaterlichamen en bedrijfstypen bleek bijvoorbeeld het gemiddelde landgebruik volgens STONE af te wijken van het vastgestelde landgebruik. Daarnaast zal op deze schaalniveaus het effect van lokale verschillen tussen metingen en simulaties, door verschillen tussen lokale condities en meer uitgemiddelde condities in STONE, groter worden.

Uit de validatie blijkt dat de grondwaterstand volgens STONE gemiddeld ongeveer 23 cm hoger is dan met het LMM wordt gemeten op de bedrijven. Dit is een opmerkelijk resultaat omdat in eerder onderzoek het gemiddelde van ruim 10.000 waarnemingen van de grondwaterstand in peilbuizen volgens STONE 9 tot 18 cm lager was dan werd gemeten. De resultaten roepen dan ook de vraag op of de incidentele metingen met de boorgat methoden, zoals die gehanteerd wordt op de LMM-bedrijven, afwijken van peilbuismetingen en wat hiervan de oorzaak is. Pas als dit is uitgezocht kan geconcludeerd worden of het verschil voortkomt uit de aard van de meetmethode of dat het verschil veroorzaakt wordt door een onjuist uitkomsten van STONE voor de bedrijven. Een verantwoorde validatie van de grondwaterstand is van groot belang omdat de grondwaterstand grote invloed heeft op de berekende

denitrificatie. Indien, STONE bij diepere grondwaterstanden zoals gemeten door het LMM zou zijn toegepast met anderszins ongewijzigde parameterwaarden, dan had STONE hogere nitraatconcentraties berekend.

### ***Aanbevelingen***

Het model STONE kan met de voorgestelde methode gevalideerd worden op nationale schaal voor nutriëntconcentraties in grond- drain- en slootwater. Er werden voor de zandregio geen significante verschillen gevonden tussen gemiddelden van mestgift en gesimuleerde nitraatconcentraties. Op de schaal van grondwaterlichamen en op schaal van bedrijfstypen spelen fouten in de toegekende eigenschappen door STONE aan het bedrijfsareaal van de individuele bedrijven een grote rol. Dit leidt tot grote verschillen tussen LMM en STONE. Een betere geografische schematisatie van STONE is dat ook onontbeerlijk om op deze schaalniveaus betrouwbaardere uitspraken te kunnen doen.

Voor validatie op de regionale schaal en voor validatie van de procesformulering binnen STONE zou het wenselijk zijn om een methode te ontwikkelen waarbij voor elk bedrijf met passende STONE-plots wordt gerekend. Hiermee zou het effect van de geografische onnauwkeurigheid van o.a. bodem en landgebruik kunnen worden omzeild. Een dergelijke procedure lijkt ook van belang om calibratie van procesparameters op regionale schaal mogelijk te maken.

De uitkomsten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de aanname dat de LMM-bedrijven een aselechte steekproef van alle bedrijven zijn. In werkelijkheid zijn de LMM-bedrijven afwijkend geselecteerd. De gevolgen hiervan zouden nader onderzocht kunnen worden en de gepresenteerde resultaten zouden hier voor gecorrigeerd kunnen worden.

Mogelijkheden voor validatie zouden ook vergroot kunnen worden als naast informatie op bedrijfsschaal ook digitale informatie beschikbaar is van de ligging van de meetpunten en de daar heersende condities met betrekking tot bodem, management en landgebruik.

De resultaten van validatie van STONE op de grondwaterstanden op de LMM-bedrijven levert tegenstrijdige resultaten op ten opzichte van validatie op peilbuizen. Mogelijk komen deze verschillen voort uit verschillen in meetmethoden. Het is wenselijk om deze verschillen verder te onderzoeken en na te gaan of dit ook consequenties heeft voor de orde van grootte van de gemeten concentraties in het grondwater.



## Literatuur

- Bakel, P.J.T. van, H.Th.L. Massop, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, M.J.H. Pastoors en T. Kroon, 2008. Actualisatie hydrologie voor STONE 2.3; Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 57. 108 blz.; 38. fig.; 22 tab.; 34 ref.; 5 bijl.
- Beusen, A.H.W., en G.B.J. Overbeek, 2001. Aanpassing LGN grasarealen voor de STONE schematisatie. Intern CIM-rapport nr. M011/01. RIVM, Bilthoven
- Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop, 2003. Karakterisering van de freatische grondwaterstand in Nederland; Bepaling van de GxG en xG3 voor 1995 op puntlocaties. Wageningen, Alterra, Alterra-report 819.
- Jansen, 2007. Leidraad modevaluatie. MNP rapport concept
- Kroon, T., P. Finke, I. Peereboom en A. Beusen, 2001. Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters. RIZA rapport 2001.017, Lelystad.
- Kruijne, R., A. Tiktak, D. van Kraalingen, J.J.T.I. Boesten and A.M.A. van der Linden, 2004. Pesticide leaching to the groundwater in drinking water abstraction areas; Analysis with the GeoPEARL model. Wageningen, Alterra, Alterra-report 1041. 66 pgs.; 6 figs.; 5 tables.; 8 refs.
- Leusink, H.H., 2002. Methode voor berekening van acceptatie- en benuttingsgraden van dierlijke mest per gewasgroep. WUR, Wageningen, Reeks Mileuplanbureau rapport 99.
- MNP, 2007. Werking van de Meststoffenwet 2006. Overgang van verliesnormenstelsel naar een gebruiksnormenstelsel: evaluatie van werking in verleden (1998-2005), heden (2006-2007) en toekomst (2008-2015). Rapportnr. 500124001. Milieu- en natuurplanbureau, Bilthoven, The Netherlands
- Tiktak, A., A.H.W. Beusen, L.J.M. Boumans, P. Groenendijk, B.J. de Haan, R. Portielje, C.G.J. Schotten en J. Wolf, 2003. Toets van STONE versie 2.0. Samenvatting en belangrijkste resultaten. RIVM Rapport 718201007/2003. RIVM, Bilthoven
- Wattel-Koekkoek, E.J.W., Reijs, J., Leeuwen, T.C. van, Fraters, B., Swen, H. en Boumans, L.J.M., 2008. Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. LMM jaarrapportage 2003. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM rapport 680717003.
- Willems, W.J., A.H.W. Beusen, L.V. Renaud, H.H. Luesink, J.G. Conijn, H.P. Oosterom, G.J. van den Born, J.G. Kroes, P. Groenendijk en O.F. Schoumans, 2006. Nutriëntenbelasting van bodem en water. Verkenning van de gevolgen van het nieuwe mestbeleid. MNP rapport 500031003/2005.



## Verschenen documenten in de reeks Werkdocumenten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2007

Werkdocumenten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; F 0317 – 41 90 00; E [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl)

De werkdocumenten zijn ook te downloaden via de WOT-website [www.wotnatuurenmilieu.wur.nl](http://www.wotnatuurenmilieu.wur.nl)

### 2007

- 47** *Ten Berge, H.F.M., A.M. van Dam, B.H. Janssen & G.L. Velthof.* Mestbeleid en bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek; Advies van de CDM-werkgroep Mestbeleid en Bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek
- 48** *Kruit, J. & I.E. Salverda.* Spiegeltje, spiegeltje aan de muur, valt er iets te leren van een andere planningscultuur?
- 49** *Rijk, P.J., E.J. Bos & E.S. van Leeuwen.* Nieuwe activiteiten in het landelijk gebied. Een verkennende studie naar natuur en landschap als vestigingsfactor
- 50** *Ligthart, S.S.H.* Natuurbeleid met kwaliteit. Het Milieu- en Natuurplanbureau en natuurbeleidsevaluatie in de periode 1998-2006
- 51** *Kennismarkt 22 maart 2007; van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten MNP in 27 posters*
- 52** *Kuindersma, W., R.I. van Dam & J. Vreke.* Sturen op niveau. Perversies tussen nationaal natuurbeleid en besluitvorming op gebiedsniveau.
- 53.1** *Reijnen, M.J.S.M.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. National Capital Index version 2.0
- 53.3** *Windig, J.J., M.G.P. van Veller & S.J. Hiemstra.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Biodiversiteit Nederlandse landbouwhuisdieren en gewassen
- 53.4** *Melman, Th.C.P. & J.P.M. Willemen.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Coverage protected areas.
- 53.6** *Weijden, W.J. van der, R. Lewis & P. Bol.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Indicatoren voor het invasieproces van exotische organismen in Nederland
- 53.7 a** *Nijhof, B.S.J., C.C. Vos & A.J. van Strien.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Influence of climate change on biodiversity.
- 53.7 b** *Moraal, L.G.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Effecten van klimaatverandering op insectenplagen bij bomen.
- 53.8** *Fey-Hofstede, F.E. & H.W.G. Meesters.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Exploration of the usefulness of the Marine Trophic Index (MTI) as an indicator for sustainability of marine fisheries in the Dutch part of the North Sea.
- 53.9** *Reijnen, M.J.S.M.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Connectivity/fragmentation of ecosystems: spatial conditions for sustainable biodiversity
- 53.11** *Gaaff, A. & R.W. Verburg.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010' Government expenditure on land acquisition and nature development for the National Ecological Network (EHS) and expenditure for international biodiversity projects
- 53.12** *Elands, B.H.M. & C.S.A. van Koppen.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Public awareness and participation
- 54** *Broekmeyer, M.E.A. & E.P.A.G. Schouwenberg & M.E. Sanders & R. Pouwels.* Synergie Ecologische Hoofdstructuur en Natura 2000-gebieden. Wat stuurt het beheer?
- 55** *Bosch, F.J.P. van den.* Draagvlak voor het Natura 2000-gebiedenbeleid. Onder relevante betrokkenen op regionaal niveau
- 56** *Jong, J.J. & M.N. van Wijk, I.M. Bouwma.* Beheerskosten van Natura 2000-gebieden
- 57** *Pouwels, R. & M.J.S.M. Reijnen & M. van Adrichem & H. Kuipers.* Ruimtelijke condities voor VHR-soorten
- 58** *Bouwma, I.M.* Quickscan Natura 2000 en Programma Beheer.
- 59** *Schouwenberg, E.P.A.G.* Huidige en toekomstige stikstofbelasting op Natura 2000-gebieden
- 60** Niet verschenen/ vervallen
- 61** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-001 – ME-AVP
- 62** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 63** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 64** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-385 – Milieuplanbureaufunctie
- 65** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-394 – Natuurplanbureaufunctie
- 66** *Brasser E.A., M.F. van de Kerkhof, A.M.E. Groot, L. Bos-Gorter, M.H. Borgstein, H. Leneman.* Verslag van de Dialogen over Duurzame Landbouw in 2006
- 67** *Hinssen, P.J.W.* Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Werkplan 2007
- 68** *Nieuwenhuizen, W. & J. Roos Klein Lankhorst.* Landschap in Natuurbalans 2006; Landschap in verandering tussen 1990 en 2005; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006.
- 69** *Geelen, J. & H. Leneman.* Belangstelling, motieven en knelpunten van natuuraanleg door grondeigenaren. Uitkomsten van een marktonderzoek.
- 70** *Didderen, K., P.F.M. Verdonschot, M. Bleeker.* Basiskaart Natuur aquatisch. Deel 1: Beleidskaarten en prototype
- 71** *Boesten, J.J.T.I., A. Tiktak & R.C. van Leerdam.* Manual of PEARLNEQ v4
- 72** *GrashofBokdam, C.J., J. Frissel, H.A.M. Meeuwssen & M.J.S.M. Reijnen.* Aangepassing graadmeter natuurwaarde voor het agrarisch gebied
- 73** *Bosch, F.J.P. van den.* Functionele agrobiodiversiteit. Inventarisatie van nut, noodzaak en haalbaarheid van het ontwikkelen van een indicator voor het MNP
- 74** *Kistenkas, F.H. en M.E.A. Broekmeyer.* Natuur, landschap en de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
- 75** *Luttik, J., F.R. Veeneklaas, J. Vreke, T.A. de Boer, L.M. van den Berg & P. Luttik.* Investeren in landschapskwaliteit; De toekomstige vraag naar landschappen om in te wonen, te werken en te ontspannen
- 76** *Vreke, J.* Evaluatie van natuurbeleidsprocessen
- 77** *Apeldoorn, R.C. van,* Working with biodiversity goals in European directives. A comparison of the implementation of the Birds and Habitats Directives and the Water Framework Directive in the Netherlands, Belgium, France and Germany

- 78 *Hinssen, P.J.W.* Werkprogramma 2008; Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT-04). Onderdeel Planbureaufuncties Natuur en Milieu.
- 79 *Custers, M.H.G.* Betekenis van Landschap in onderzoek voor het Milieu- en Natuurplanbureau; een bibliografisch overzicht
- 80 *Vreke, J., J.L.M. Donders, B.H.M. Elands, C.M. Goossen, F. Langers, R. de Niet & S. de Vries.* Natuur en landschap voor mensen Achtergronddocument bij Natuurbalans 2007
- 81 *Bakel, P.J.T. van, T. Kroon, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, H.Th.L. Massop, D.J.J. Walvoort.* Reparatie Hydrologie voor STONE 2.1. Beschrijving reparatie-acties, analyse resultaten en beoordeling plausibiliteit.
- 2008**
- 82 *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma.* Jurisprudentie-monitor natuur 2005-2007; Rechtsontwikkelingen Natura 2000 en Ecologische Hoofdstructuur
- 83 *Berg, F. van den, P.I. Adriaanse, J. A. te Roller, V.C. Vulto & J.G. Groenwold.* SWASH Manual 2.1; User's Guide version 2
- 84 *Smits, M.J., M.J. Bogaardt, D. Eaton, P. Roza & T. Selnes.* Tussen de bomen het geld zien. Programma Beheer en vergelijkbare regelingen in het buitenland (een quick-scan)
- 85 *Dijk, T.A. van, J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema.* Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet; versie 1.0
- 86 *Goossen, C.M., H.A.M. Meeuwssen, G.J. Franke & M.C. Kuyper.* Verkenning Europese versie van de website [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl).
- 87 *Helming, J.F.M. & R.A.M. Schrijver.* Economische effecten van inzet van landbouwsubsidies voor milieu, natuur en landschap in Nederland; Achtergrond bij het MNP-rapport 'Opties voor Europese landbouw-subsidies
- 88 *Hinssen, P.J.W.* Werkprogramma 2008; Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT-04). Programma 001/003/005
- 90 *Kramer, H.* Geografisch Informatiesysteem Bestaande Natuur; Beschrijving IBN1990t en pilot ontwikkeling BN2004
- 92 *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-001 – Koepel
- 93 *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 94 *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 95 *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-005 – M-AVP
- 96 *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 97 *Jaarrapportage 2007.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 98 *Wamelink, G.W.W.* Gevoeligheids- en onzekerheids-analyse van SUMO
- 99 *Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, L.J. Mokveld & J.H. Wisman.* Ammoniakemissies uit de landbouw in Milieubalans 2006: uitgangspunten en berekeningen
- 100 *Kennismarkt 3 april 2008; Van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten MNP*
- 101 *Mansfeld, M.J.M. van & J.A. Klijn.* "Balansen op de weegschaal". Terugblik op acht jaar Natuurbalansen (1996-2005)
- 102 *Sollart, K.M. & J. Vreke.* Het faciliteren van natuur- en milieueducatie in het basisonderwijs; NME-ondersteuning in de provincies
- 103 *Berg, F. van den, A. Tiktak, J.G. Groenwold, D.W.G. van Kraalingen, A.M.A. van der Linden & J.J.T.I. Boesten,* Documentation update for GeoPEARL 3.3.3
- 104 *Wijk, M.N., van (redactie).* Aansturing en kosten van het natuurbeheer. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer
- 105 *Selnes, T. & P. van der Wielen.* Tot elkaar veroordeeld? Het belang van gebiedsprocessen voor de natuur
- 106 *Annual reports for 2007; Programme WOT-04*
- 107 *Pouwels, R. J.G.M. van der Gref, M.H.C. van Adrichem, H. Kuiper, R. Jochem & M.J.S.M. Reijnen.* LARCH Status A
- 108 *Wamelink, G.W.W.* Technical Documentation for SUMO2 v. 3.2.1,
- 109 *Wamelink, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra & G.J. Reinds.* Herprogrammeren van SUMO2. Verbetering in het kader van de modelkwaliteitsslag
- 110 *Salm, C. van der, T. Hoogland & D.J.J. Walvoort.* Verkenning van de mogelijkheden voor de ontwikkeling van een metamodel voor de uitspoeling van stikstof uit landbouwgronden
- 111 *Dobben H.F. van & R.M.A. Wegman.* Relatie tussen bodem, atmosfeer en vegetatie in het Landelijk Meetnet Flora (LMF)
- 112 *Smits, M.J.W. & M.J. Bogaardt.* Kennis over de effecten van EU-beleid op natuur en landschap
- 113 *Maas, G.J. & H. van Reuler.* Boomkwekerij en aardkunde in Nederland,
- 114 *Lindeboom, H.J., R. Witbaard, O.G. Bos & H.W.G. Meesters.* Gebiedsbescherming Noordzee, habitattypen, instandhoudingdoelen en beheermaatregelen
- 115 *Leneman, H., J. Vader, L.H.G. Slangen, K.H.M. Bommel, N.B.P. Polman, M.W.M. van der Elst & C. Mijnders.* Groene diensten in Nationale Landschappen- Potenties bij een veranderende landbouw,
- 116 *Groeneveld, R.A. & D.P. Rudrum.* Habitat Allocation to Maximize Biodiversity, A technical description of the HAMBO model
- 117 *Kruit, J., M. Brinkhuijzen & H. van Blerck.* Ontwikkelen met kwaliteit. Indicatoren voor culturele vernieuwing en architectonische vormgeving
- 118 *Roos-Klein Lankhorst, J.* Beheers- en Ontwikkelingsplan 2007: Kennismodel Effecten Landschap Kwaliteit; Monitoring Schaal; BelevingsGIS
- 119 *Henkens, R.J.H.G.* Kwalitatieve analyse van knelpunten tussen Natura 2000-gebieden en waterrecreatie
- 120 *Verburg, R.W., I.M. Jorritsma & G.H.P. Dirx.* Quick scan naar de processen bij het opstellen van beheerplannen van Natura 2000-gebieden. Een eerste verkenning bij provincies, Rijkswaterstaat en Dienst Landelijk Gebied
- 121 *Daamen, W.P.* Kaart van de oudste bossen in Nederland; Kansen op hot spots voor biodiversiteit
- 122 *Lange de, H.J., G.H.P. Arts & W.C.E.P. Verberk.* Verkenning CBD 2010-indicatoren zoetwater. Inventarisatie en uitwerking relevante indicatoren voor Nederland
- 123 *Vreke, J., N.Y. van der Wulp, J.L.M. Donders, C.M. Goossen, T.A. de Boer & R. Henkens.* Recreatief gebruik van water. Achtergronddocument Natuurbalans 2008
- 124 *Oenema, O. & J.W.H. van der Kolk.* Moet het eenvoudiger? Een essay over de complexiteit van het milieubeleid
- 125 *Oenema, O. & A. Tiktak.* Niets is zonder grond; Een essay over de manier waarop samenlevingen met hun grond omgaan
- 2009**
- 126 *Kamphorst, D.A.* Keuzes in het internationale biodiversiteitsbeleid; Verkenning van de beleidstheorie achter de internationale aspecten van het Beleidsprogramma Biodiversiteit (2008-2011)

- 127** *Dirkx, G.H.P. & F.J.P. van den Bosch.* Quick scan gebruik Catalogus groenblauwe diensten
- 128** *Loeb, R. & P.F.M. Verdonschot.* Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren
- 129** *Kruit, J. & P.M. Veer.* Herfotografie van landschappen; Landschapsfoto's van de 'Collectie de Boer' als uitgangspunt voor het in beeld brengen van ontwikkelingen in het landschap in de periode 1976-2008
- 130** *Oenema, O., A. Smit & J.W.H. van der Kolk.* Indicatoren Landelijk Gebied; werkwijze en eerste resultaten
- 131** *Agricola, H.J.A.J. van Strien, J.A. Boone, M.A. Dolman, C.M. Goossen, S. de Vries, N.Y. van der Wulp, L.M.G. Groenemeijer, W.F. Lukey & R.J. van Til.* Achtergrond-document Nulmeting Effectindicatoren Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 132** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-001 – Koepel
- 133** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 134** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 135** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-005 – M-AVP
- 136** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 137** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 138** *Jong de, J.J., J. van Os & R.A. Smidt.* Inventarisatie en beheerskosten van landschapselementen
- 139** *Dirkx, G.H.P., R.W. Verburg & P. van der Wielen.* Tegenkrachten Natuur. Korte verkenning van de weerstand tegen aankopen van landbouwgrond voor natuur
- 140** *Annual reports for 2008; Programme WOT-04*
- 141** *Vullings, L.A.E., C. Blok, G. Vonk, M. van Heusden, A. Huisman, J.M. van Linge, S. Keijzer, J. Oldengarm & J.D. Bulens.* Omgaan met digitale nationale beleidskaarten
- 142** *Vreke, J., A.L. Gerritsen, R.P. Kranendonk, M. Pleijte, P.H. Kersten & F.J.P. van den Bosch.* Maatlat Government - Governance
- 143** *Gerritsen, A.L., R.P. Kranendonk, J. Vreke, F.J.P. van den Bosch & M. Pleijte.* Verdrogingsbestrijding in het tijdperk van het Investeringsbudget Landelijk Gebied. Een verslag van casusonderzoek in de provincies Drenthe, Noord-Brabant en Noord-Holland.
- 144** *Luesink, H.H., P.W. Blokland, M.W. Hoogeveen & J.H. Wisman.* Ammoniakemissie uit de landbouw in 2006 en 2007
- 145** *Bakker de, H.C.M. & C.S.A. van Koppen.* Draagvlakonderzoek in de steigers. Een voorstudie naar indicatoren om maatschappelijk draagvlak voor natuur en landschap te meten
- 146** *Goossen, C.M.,* Monitoring recreatiegedrag van Nederlanders in landelijke gebieden. Jaar 2006/2007
- 147** *Hoefs, R.M.A., J. van Os & T.J.A. Gies.* Kavelruil en Landschap. Een korte verkenning naar ruimtelijke effecten van kavelruil.
- 148** *Klok, T.L., R. Hille Ris Lambers, P. de Vries, J.E. Tamis & J.W.M. Wijsman.* Quick scan model instruments for marine biodiversity policy
- 149** *Spruijt, J., P. Spoorenberg & R. Schreuder.* Milieueffectiviteit en kosten van maatregelen gewasbescherming
- 150** *Ehlert, P.A.I. (rapporteur).* Advies Bemonstering bodem voor differentiatie van fosfaatgebruiksnormen.
- 151** *Wulp van der, N.Y.* Storende elementen in het landschap: welke, waar en voor wie?
- 152** *Oltmer, K., K.H.M. van Bommel, J. Clement, J.J. de Jong, D.P. Rudrum & E.P.A.G. Schouwenberg.* Kosten voor habitattypen in Natura 2000-gebieden. Toepassing van de methode Kosteneffectiviteit natuurbeleid.
- 153** *Adrichem van, M.H.C., F.G. Wortelboer & G.W.W. Wamelink.* MOVE. Model for terrestrial VEgetation. Version 4.0
- 154** *Wamelink, G.W.W., R.M. Winkler & F.G. Wortelboer.* User documentation MOVE4 v 1.0
- 155** *Gies de, T.J.A., L.J.J. Jeurissen, I. Staritsky & A. Bleeker.* Leefomgevingsindicatoren Landelijk gebied. Inventarisatie naar stand van zaken omtrent geurhinder, lichthinder en fijnstof
- 156** *Tamminga, S., A.W. Jongbloed, P. Bikker, L. Sebek, C. van Bruggen & O. Oenema.* Actualisatie excretiecijfers landbouwhuisdieren voor forfaits regeling Meststoffenwet
- 157** *Van der Salm, C., L. M. Boumans, G.B.M. Heuvelink & T.C. van Leeuwen.* Protocol voor validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid