

Quick scan van de milieukundige effecten van een aantal voorstellen voor  
gebruiksnormen



# **Quick scan van de milieukundige effecten van een aantal voorstellen voor gebruiksnormen**

**Rapportage in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2004**

**O.F. Schoumans  
R. van den Berg  
A.H.W. Beusen  
G.J. van den Born  
L. Renaud  
J. Roelsma  
P. Groenendijk**

**Alterra-rapport 730.6**

**Alterra, Wageningen, 2004**

## REFERAAT

Schoumans, O.F. 2004. *Quick scan van de milieukundige effecten van een aantal voorstellen voor gebruiksnormen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.6. 69 blz.; 9 fig.; 3 tab.; 31 ref.

Voor de nadere uitwerking van de Mestwetgeving, die vanaf 2006 zal worden ingevoerd en welke is gebaseerd op de invoering van gebruiksnormen, is in opdracht van de rijksoverheid in het kader van de evaluatie van de Meststoffenwet 2004 een ex-ante milieu-evaluatie uitgevoerd, waarbij is nagegaan wat de gevolgen zijn van verschillende niveaus in fosfaat- en stikstofgebruiksnormen op de nutriëntenemissies naar het grond- en oppervlaktewater vanuit landbouwgronden. De beoordeelde stikstofnormen leiden tot een verbetering van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit, echter in alle gevallen treedt op een deel van het areaal (20-25%) nog een overschrijding van de grondwaterkwaliteitsdoelstellingen op. De stikstofemissies naar het oppervlaktewater dalen met ca. 20% ten opzichte van de situatie eind jaren negentig. De beoordeelde fosfaatsnormen leiden nog steeds tot een toename van de fosfaatophoping in de bodem. Verwacht wordt dat in eerste instantie de fosfaatuitspoeling in 2030 vermindert met 10 tot 15 %, maar dat door de toename van de fosfaatophoping in de bodem, en daarmee de mate van fosfaatverzadiging van de landbouwgronden, op langere termijn (eind 21<sup>e</sup> eeuw) de situatie weer verslechtert tot het niveau van 2000.

Trefwoorden: gebruiksnormen, stikstof, fosfaat, landbouw, emissies, grondwater, oppervlaktewater

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 20,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 730.6. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Inhoud

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Woord vooraf                                                                                                             | 7  |
| Samenvatting                                                                                                             | 9  |
| 1 Inleiding                                                                                                              | 11 |
| 2 Rekenvarianten van gebruiksnormen                                                                                      | 13 |
| 2.1 Gebruiksnormen                                                                                                       | 13 |
| 2.2 Aangewezen en niet-aangewezen uitspoelingsgevoelige gronden                                                          | 16 |
| 2.3 Bemesting van de bodem                                                                                               | 18 |
| 2.4 Bodemoverschotten                                                                                                    | 26 |
| 3 Modelinstrumentarium                                                                                                   | 29 |
| 4 Nutriëntenemissies vanuit landbouwgronden                                                                              | 31 |
| 4.1 Nitraatuitspoeling naar het grondwater                                                                               | 31 |
| 4.2 Vergelijking met de WOG systematiek                                                                                  | 35 |
| 4.3 Stikstofemissies naar het oppervlaktewater                                                                           | 38 |
| 4.4 Fosfaatvoorraad in de bodem en fosfaatverzadiging                                                                    | 40 |
| 4.5 Fosforemissies naar het oppervlaktewater                                                                             | 41 |
| 5 Conclusies en aanbevelingen                                                                                            | 43 |
| Literatuur                                                                                                               | 45 |
| <b><i>Bijlagen</i></b>                                                                                                   |    |
| 1 Areaal gewogen gemiddelde stikstof- en fosforbodemoverschotten voor de verschillende rekenvarianten aan gebruiksnormen | 49 |
| 2 Invloed waterverzadiging op de nitraatuitspoeling                                                                      | 51 |
| 3 Conclusie consensusgroep Hydrologie                                                                                    | 53 |
| 4 N opname                                                                                                               | 57 |
| 5 Cumulatieve verdeling van de nitraatconcentraties                                                                      | 59 |
| 6 Lange termijn effecten van de gebruiksnormen op de N- en P- belasting van het oppervlaktewater                         | 63 |
| 7 Cumulatieve verdeling van de N belasting naar het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden                              | 65 |
| 8 Cumulatieve verdeling van de P belasting naar het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden                              | 67 |
| 9 Vergelijking normen WOG-LEI-STONE                                                                                      | 69 |



## Woord vooraf

Het Ministerie van LNV heeft begin april 2004 het Milieu- en Natuurplanbureau de opdracht gegeven de gevolgen van een aantal varianten van gebruiksnormen voor de nutriëntenemissies naar het grond- en oppervlaktewater inzichtelijk te maken ter voorbereiding van de brief van de Minister van LNV aan de Tweede Kamer aangaande de invoering van het nieuwe mestbeleid in 2006. In de maand april is hiervoor het nutriënteninstrumentarium STONE, waarmee de nutriëntenemissies op nationale schaal kunnen worden gekwantificeerd, van invoer voorzien en zijn deze rekenvarianten doorgerekend, waarna vervolgens de uitkomsten zijn geanalyseerd en uiteindelijk zijn verwoord in het synthesesrapport van de evaluatie van de mestwetgeving “Mineralen beter geregeld”. Onderhavig rapport bevat de achtergronden en documentatie van deze modelexercitie die tevens zijn voorgelegd aan de stuurgroep STONE en door de stuurgroep zijn geaccordeerd eind april 2004.

Dank is verschuldigd aan Harry Luesink (LEI) voor het aanleveren van de gegevens die ook zijn gebruikt voor het inzichtelijk maken van de ex-ante analyse van de sociaal-economische gevolgen en de berekeningen van het mestoverschot die horen bij de verschillende rekenvarianten. Daarnaast is speciale dank verschuldigd aan Jaap Schöder (PRI), Jaap Willems (RIVM) en Gerard Velthof (Alterra) voor de vergelijking van de modelberekening met de systematiek die de WOG heeft gehanteerd.

De uitkomsten van deze modelstudie zijn voorgelegd aan een aantal onderzoekers en beleidsmedewerkers:

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Prof. Dr. O. Oenema         | Alterra |
| Dr. Ir. G. Velthof          | Alterra |
| Dr. Ir. J.J.M. van Grinsven | RIVM    |
| Drs. J. Willems             | RIVM    |
| Dr. P.C.M. Boers            | RIZA    |
| Ir. H.H. Luesink            | LEI     |
| Dr. J.J. Schröder           | PRI     |
| Ir. E.E. Biewinga           | LNV/DL  |
| Ir. B. Crijns               | LNV/DL  |
| Ir. E. Mulleneers           | LNV/DL  |
| Ir. S. Smeulders            | VROM    |
| Ir. W. van Zeventer         | V&W     |

De reacties zijn verwerkt in het uiteindelijke rapport voor zover die van toepassing waren. Onderdelen die niet zijn verwerkt zijn beargumenteerd en gecommuniceerd met deze groep van onderzoekers en beleidsmedewerkers.





## Samenvatting

Door de veroordeling van het Europese Hof van de wijze waarop Nederland de Nitraatrichtlijn heeft geïmplementeerd in de Mestwetgeving heeft ertoe geleid dat vanaf 2006 een nieuw stelsel van gebruiksnormen zal worden ingevoerd. Om de rijksoverheid inzicht te geven wat de gevolgen zijn van verschillende niveaus in stikstof- en fosfaatgebruiksnormen op de nutriëntenemissies naar het grond- en oppervlaktewater vanuit landbouwgronden is in het kader van de evaluatie van de Meststoffenwet 2004 een quick scan naar deze gevolgen voor het milieu uitgevoerd (ex ante evaluatie milieu). Hiervoor is het nutriënteninstrumentarium STONE ingezet waarmee op nationale schaal de nutriëntenemissies kunnen worden gekwantificeerd. In dit rapport zijn naast de belangrijkste uitkomsten, die tevens zijn verwoord in het syntheserapport van de evaluatie van de mestwetgeving “Mineralen beter geregeld” (RIVM, 2004), ook de achtergronden en uitgangspunten beschreven en heeft een globale vergelijking plaatsgevonden met de methodiek die de WOG (Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen) heeft gehanteerd bij het afleiden van gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige randvoorwaarden en wel voor een groot aantal (specifieke) gewassen.

De zeven rekenvarianten van gebruiksnormen die in deze quick scan zijn beoordeeld voor wat betreft de gevolgen voor het milieu, leiden tot:

- een overschrijding van de nitraatnorm van 50 mg nitraat per liter in het bovenste grondwater op 20-25% van het areaal landbouwgrond;
- een afname in de stikstofemissies naar het oppervlaktewater voor ongeveer 20% ten opzichte van de situatie eind jaren negentig;
- een verdere toename van de fosfaatophoping in de bodem en een daarmee gepaard gaande toename van het areaal fosfaatverzadigde gronden;
- in eerste instantie afname van de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater met 10-15% in 2030 die in het verdere verloop van de 21-ste eeuw weer teniet wordt gedaan als gevolg van de toename van de fosfaatophoping in de bodem.

De rekenvarianten van gebruiksnormen die zijn beoordeeld, wijken deels af van een aantal rekenvarianten die door de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) zijn opgesteld en deels ook van de uitgangspunten die zijn gehanteerd bij de evaluatie van de sociaal-economische effecten en de berekening van de nationale dierlijke mestoverschotten. Door het voortschrijdende inzicht zijn gedurende het proces van invulling van varianten aan gebruiksnormen, in overleg met LNV, deels andere aannamen en uitgangspunten gehanteerd. Zo is bij deze quick scan van de ex-ante evaluatie van gebruiksnormen op milieukundige effecten door de opdrachtgever op onderdelen afgeweken van de WOG uitgangspunten. Dit betreft vooral de normen voor fosfaat. Naast verschillen in uitgangspunten is ook sprake van verschillen in methodiek door verschillen in gehanteerde werkwijze en instrumenten. Geconcludeerd wordt dat als gevolg van verschillen in uitgangspunten, detailniveau, gehanteerde systematiek en gebruikte literatuurgegevens ook verschillen in milieukundige effecten waargenomen die op hoofdlijnen konden worden beschreven.

Op grond hiervan zijn concrete aanbevelingen gedaan om de verdere uitwerking en verdieping, met betrekking tot de onderbouwing van gebruiksnormen, extra aandacht te schenken aan een aantal onzekerheden en verschillen die direct van invloed zijn op feitelijke bodemoverschotten die mogen ontstaan mede in relatie tot de acceptabele milieukundig effecten voor grond- en oppervlaktewater.

# 1 Inleiding

Op 2 oktober 2003 heeft het Europese Hof de implementatie van de Nitraatrichtlijn in de Nederlandse mestwetgeving veroordeeld, waarna in het derde Actieprogramma (december 2003) is aangekondigd dat het mestbeleid geheel volgens de Nitraatrichtlijn zal worden vormgegeven. Dit houdt in dat een nieuw stelsel gebaseerd op gebruiksnormen zal worden geïntroduceerd in plaats van de huidige MINAS regelgeving (mineralenaangiftesysteem) met bijbehorende verliesnormen (VROM, 2003). MINAS is in hoofdzaak een doelvoorschrift, waarbij agrariërs worden vrijgelaten in de manier waarop zij hun mineralenmanagement aanpassen om aan de (verlies)normen te voldoen. MINAS grijpt aan op bedrijfsniveau: de aanvoer en afvoer van mineralen worden geregistreerd. In het nieuwe mestbeleid, dat per 1 januari 2006 van kracht moet worden, wordt overgestapt naar gebruiksnormen (LNV, 2003). Deze gebruiksnormen worden vastgesteld voor zowel stikstof in dierlijke mest, als de totale bemesting met stikstof (werkzame deel van dierlijke mest en kunstmest) en tevens voor de totale bemesting met fosfaat (dierlijke mest en kunstmest).

Ter voorbereiding van de invoering van gebruiksnormen in de Mestwetgeving per 1 januari 2006 hebben de Ministeries van LNV en VROM behoefte aan een ex-ante evaluatie van de gevolgen van mogelijke voorstellen van gebruiksnormen voor de grondwaterkwaliteit en de nutriëntenemissies vanuit de landbouwgronden naar het oppervlaktewater.

Voor deze analyse is het nutriëntenmodel STONE ingezet dat voor alle evaluaties van het mestbeleid op nationale schaal wordt gehanteerd om de gevolgen voor het milieu inzichtelijk te maken. STONE is het consensusmodel dat gezamenlijk ontwikkeld is door WUR, RIVM en RIZA (Beusen et al., 1999; Overbeek et al., 2000; Wolf et al., 2003).

Omdat deze milieu-analyse binnen enkele weken moest worden uitgevoerd, vormt deze modeloefening een eerste bijdrage aan het proces voor invoering van gebruiksnormen en dient deze dan beschouwd te worden als quick scan omdat nog niet alle onderdelen in detail konden worden doordacht.

In hoofdstuk 2 worden varianten van gebruiksnormen beschreven en de vertaling van deze gebruiksnormen naar de bemesting van de bodem. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op het instrumentarium dat in deze studie is gebruikt. Hoofdstuk 4 beschrijft de gevolgen van de gebruiksnormen voor de bodemkwaliteit (fosfaatophoping en fosfaatverzadiging), de nitraatuitspoeling naar het grondwater en de stikstof- en fosforemissies vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater. Tot slot bevat hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen van deze quick scan.



## 2 Rekenvarianten van gebruiksnormen

### 2.1 Gebruiksnormen

Ten behoeve van de ex-ante evaluatie zijn verschillende varianten van gebruiksnormen doorgerekend. De varianten zijn gebaseerd op de uitkomsten van de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG), die gebaseerd op verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten voor een groot aantal gewassen gebruiksnormen heeft berekend (Schröder et al., 2004). Hierbij is geprobeerd om uitgaande van de verliesnormen de gebruiksnormen vast te stellen. In een aantal varianten is ook geprobeerd om gebruiksnormen vast te stellen waar aan de milieudoelstellingen wordt voldaan, zowel voor grondwater als oppervlaktewater.

Het LEI heeft bij het onderzoek: Sociaal-economische effecten en nationaal mestoverschot bij varianten van gebruiksnormen (Luesink, 2004) gerekend met gebruiksnormen die gebaseerd zijn op een concept rapport van de WOG van begin december 2003. De vertaling van gebruiksnormen van de WOG naar invoer voor de MAM en APROXI modellen heeft plaatsgevonden in samenwerking met het ministerie van LNV. Omdat de gebruiksnormen speciaal zijn vertaald naar input voor de modellen MAM en APPROXI en gebaseerd zijn op een concept rapport van de WOG, wijken ze op een aantal onderdelen af van de gebruiksnormen die bij de STONE berekeningen zijn gebruikt. Bij de STONE berekeningen is uitgegaan van een latere versie van het WOG-rapport.

De stikstofgebruiksnorm is gedefinieerd als de totale stikstofkunstmestgift vermeerderd met het werkzame deel van de stikstof van de dierlijke mestgiften. Dit werkzame deel is dat deel van de organische N fracties in dierlijke mest dat het eerste jaar wordt omgezet in anorganische vorm (mineraliseert). Voor fosfor wordt een 100% werkingscoëfficiënt aangehouden, zodat de fosfaatgebruiksnorm bestaat uit de totale fosfaatgift ongeacht de vorm waarin dit gegeven wordt.

De gebruiksnormen die in deze quick scan in beschouwing zijn genomen, zijn de N2-variant (die uitgaat van de gangbare bemestingsadviezen, welke is gebaseerd op economisch optimale bemesting met bijbehorende werkingscoëfficiënten van dierlijke mest) en N4-varianten (waarmee wordt beoogd om de milieukwaliteitsdoelstellingen in grond- en oppervlaktewater te realiseren). De hoogte van de gebruiksnormen voor deze N4-variant is gebaseerd op indicatieve berekeningen, waarbij rekening is gehouden met het lot van het stikstofoverschot. Belangrijke parameters hierbij zijn de mate van denitrificatie, de mineralisatie (veengronden) en de omvang van het neerslagoverschot. Als referentie is een MINAS-variant meegenomen.

In dit rapport staan vier varianten centraal, waarbij in één van de varianten nog een aantal subvarianten is onderscheiden om na te gaan wat de invloed is van het areaal uitspoelingsgevoelige gronden en de hoogte van de excretienormen voor melkvee.

Er is bij de berekening uitgegaan van de 360.000 ha uitspoelingsgevoelige zandgronden (Gt VI, VII en VII\*) gronden. Thans zijn alleen de gronden met Gt VII en VII\* aangewezen. Het areaal bedraagt 140.000 ha (BZL, 2002). Omdat bij uitvoering van deze studie nog onduidelijk was, welk areaal als uitspoelingsgevoelige zand- en lössgronden zal worden aangewezen, zijn ook subvarianten met 140.000 ha en 600.000 ha doorerekend conform de methodiek die ook bij de evaluatie van de meststoffenwet in 2002 is gehanteerd.

Voor de excretiecijfers van melkvee is uitgegaan van de voorlopige resultaten van de commissie Tamminga (gemiddeld 129 kg N na aftrek van stal- en opslagemissies). Aangezien deze excretiecijfers hoger uitkwamen dan de nu wettelijk vastgelegde waarden is ook een variant (N4P3VE) beoordeeld met lagere excretiewaarden (14% lagere stikstofexcretie voor melkkoeien).

In tabel 1 zijn de varianten kort samengevat. In de tekst hierna volgt een nadere uitleg van deze varianten.

*Tabel 1 Varianten voor gebruiksnormen<sup>2)</sup>*

| Variant   | Areaal <sup>1)</sup> | Excretie<br>melkvee | Stikstofnormen        | Fosfaatnormen                                                        |                   |
|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|
|           |                      |                     |                       | Grasland                                                             | Bouwland/<br>Maïs |
|           | (ha)                 |                     |                       | (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> ) |                   |
| MINAS20   | 360.000              | 2002                | verliesnormen 2003    | verliesnormen 2003                                                   |                   |
| N2P2      | 360.000              | hoog                | bemestingsadvies (BA) | 105                                                                  | 100               |
| N4P2      | 360.000              | hoog                | BA, 50 mg/l           | 105                                                                  | 100               |
| N4P3      | 360.000              | hoog                | BA, 50 mg/l           | 105                                                                  | 85                |
| N4P3VE    | 360.000              | laag                | BA, 50 mg/l           | 105                                                                  | 85                |
| N4P3UG140 | 140.000              | hoog                | BA, 50 mg/l           | 105                                                                  | 85                |
| N4P3UG580 | 580.000              | hoog                | BA, 50 mg/l           | 105                                                                  | 85                |

<sup>1)</sup> Uitspoelingsgevoelige gronden

<sup>2)</sup> Hoewel de naamgeving suggereert dat de varianten geheel gelijk zijn aan die van de WOG en die van het LEI, moet opgemerkt worden dat de varianten niet een-op-een vergelijkbaar zijn; dit geldt vooral voor de P2 en P3-varianten, maar ook voor de detailinvulling bij de N-varianten ex-ante (zie toelichting in de tekst bij de beschrijving van de varianten en aanhangsel 10).

### **Referentievariant MINAS20**

Deze variant vormt feitelijk de referentie om het nieuwe mestbeleid te kunnen vergelijken met het oude beleid. Er worden geen gebruiksnormen gehanteerd, maar de oorspronkelijk voor 2003 voorziene verliesnormen. Voor stikstof betekent dit 180 en 140 kg per ha voor grasland (overig resp. droog) en 100 en 60 voor bouwland/maïs (overig resp. droog). De fosfaatverliesnorm bedraagt 20 kg per hectare (exclusief kunstmest). Voor de berekening van het nationale mestoverschot is de variant met dieraantallen 2002 (Landbouwtelling van 2002) als referentie (MINAS20-2002) genomen. Verder is gerekend met de nieuwste informatie over de excretie van melkvee.

Voor de milieukundige berekeningen zijn de werkelijke kunstmestgegevens van 2002 als uitgangspunt genomen. Voor 2006 zijn de dierlijke mestgegevens van het LEI uit de MAM-berekeningen overgenomen. Tussen 2002 en 2006 is de gift aan dierlijke

mest geïnterpoleerd en vanaf 2006 constant verondersteld; de kunstmestgiften zijn vanaf 2002 constant verondersteld.

N.B. Deze referentievariant wijkt dus af van wat de WOG als referentie heeft genomen namelijk de verliesnormen voor 2003 conform de Meststoffenwet. De LEI MAM berekening wijkt af van de oorspronkelijke referentievariant (evaluatie 2002) omdat voor de doorgerekende MINAS20 variant de meest recente gegevens zijn gebruikt (o.a. excretie, dieren aantallen, arealen).

#### ***Variant N2P2***

Een variant met gebruiksnormen voor werkzame stikstof die rechtstreeks zijn afgeleid van de bemestingsadviezen (Schröder et al., 2004). Deze variant wordt gecombineerd met gebruiksnormen voor fosfaat van 105 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha op grasland en 100 kg per ha op snijmaïs en bouwland. Voor fosfaat wijkt deze variant af van de N2P2 variant van de WOG (verliesnorm van 20 kg/ha inclusief kunstmest, overeenkomend met 110 kg fosfaat op gras, 80 voor maïs en 85 voor bouwland).

Voor stikstof wijkt deze variant niet of nauwelijks af van de WOG-variant N2-maaien-250, maar wel van de door het LEI gehanteerde variant, die dichterbij de buurt van de WOG-variant N2-beweiden-250, met lagere gebruiksnormen, komt. In aanhangsel 10 is een vergelijkingstabel opgenomen.

#### ***Variant N4P2***

Dit is een variant met gebruiksnormen voor werkzame stikstof die rechtstreeks zijn afgeleid van het bemestingsadvies, tenzij met die gebruiksnorm het milieudoel in grondwater (50 mg/l nitraat) of oppervlaktewater (10 mg/l N) niet wordt gehaald (Schröder et al., 2004). In dat geval is een gebruiksnorm van toepassing die dat milieudoel wel haalt. Dit betekent dat over het algemeen op uitspoelingsgevoelige gronden een lagere gebruiksnorm van toepassing is dan op de overige gronden. Deze variant wordt gecombineerd met gebruiksnormen voor fosfaat van 105 kg op grasland en 100 kg op snijmaïs en bouwland.

Ook deze variant wijkt voor fosfaat af van de gelijknamige variant van de WOG (verliesnorm van 20 kg/ha inclusief kunstmest). Voor stikstof wijkt deze variant niet of nauwelijks af van de WOG-variant N4-maaien-250, met uitzondering van de gebruiksnorm voor droog zand, die lager is gesteld. Voor de door het LEI gehanteerde variant geldt opnieuw dat deze dichterbij de buurt van de WOG-variant N4-beweiden-250, met lagere gebruiksnormen, komt (zie ook aanhangsel 10).

#### ***Variant N4P3***

Deze variant is hetzelfde als de voorgaande variant alleen is de gebruiksnorm voor snijmaïs en bouwland 85 kg fosfaat per ha. Deze variant is gebruikt voor een gevoeligheidsanalyse met een aantal subvarianten: een lagere excretie voor melkvee (N4P3VE), de ondergrens van de bandbreedte voor uitspoelingsgevoelige gronden (140.000 hectare) (N4P3UG140) en als derde de bovengrens van de bandbreedte voor uitspoelingsgevoelige gronden (580.000 hectare) (N4P3UG580). In deze subvarianten zijn de overige uitgangspunten steeds gelijk gehouden aan die van de hoofdvariant.

Wederom geldt dat deze variant voor fosfaat afwijkt van de gelijknamige WOG variant (verliesnorm van 30 kg/ha inclusief kunstmest, overeenkomend met 120 kg fosfaat op gras, 90 voor maïs en 95 voor bouwland). De afwijkingen voor stikstof zijn dezelfde als in de variant N4P2.

## **2.2 Aangewezen en niet-aangewezen uitspoelingsgevoelige gronden**

Omdat op de uitspoelingsgevoelige gronden wellicht lagere gebruiksnormen zullen worden gehanteerd, dient in deze quick scan ook aandacht besteed te worden aan de ligging van deze gronden. Volgens de BZL (Besluit zand en lössgronden) kaart van 2002 is het areaal uitspoelingsgevoelige zandgronden 140.000 ha en het areaal overig uitspoelingsgevoelige gronden 220.000 ha. Al ten tijde van MINAS en Milieu (RIVM, 2002) was bekend dat dit areaal niet meer juist was en dat in ieder geval de grondwaterstanden over het algemeen gedaald waren. Het in kaart brengen van uitspoelingsgevoelige gronden is gebaseerd op het voorkomen van bepaalde combinaties van bodemtypen en grondwatertrapklassen. Over het algemeen geldt dat hoe dieper de grondwaterstand staat, hoe minder denitrificatie optreedt en dus hoe hoger de nitraatconcentratie zal zijn. Andere factoren, zoals bodemhistorie, spelen ook een rol.

Momenteel voert Alterra een actualisatie van de grondwaterdynamiek uit. Dit vindt plaats in de zand- en lössgebieden van Nederland. Het project is in 2001 gestart en de resultaten van het onderzoek komen in de loop van 2004 ter beschikking. In onderzoek is nagegaan wat de invloed is van een drietal classificatiecriteria op het areaal uitspoelingsgevoelige grond:

- het criterium gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG): dieper dan 40, 50, 60, 70 en 80 cm beneden maaiveld. Bij het dieper leggen van de GHG-grens neemt het areaal uitspoelingsgevoelige gronden snel af. In MINAS en Milieu (RIVM, 2002) werd geconstateerd dat een onderscheid in Gt VI van gronden met een GHG groter en kleiner dan 60 cm-mv. t.a.v. het criterium uitspoelingsgevoeligheid zinvol zou kunnen zijn;
- het oppervlaktecriterium: het percentage van een perceel dat minimaal aan het GHG (en GLG) criterium moet voldoen; de helft of tweederde van het perceel. Hoe groter de perceelsfractie moet zijn, des te kleiner wordt het uiteindelijke areaal uitspoelingsgevoelige gronden;
- het criterium overschrijdingskans: Omdat de classificatiemethode gebaseerd is op statistische interpolatie van puntwaarnemingen, kan ook een eis gesteld worden aan de kans dat een perceel voldoet aan de gekozen criteria voor het GHG-niveau en het oppervlaktepercentage. Een toename van de vereiste overschrijdingskans, dat betekent de zekerheid dat het daadwerkelijk zo is, betekent afname van het areaal uitspoelingsgevoelige gronden.

De uiteindelijke omvang van het areaal is afhankelijk van de keuze in bovengenoemde criteria (beleidskeuze). Waar het natuurlijk uiteindelijk om draait is of bij een juiste keuze van de parameters, de kans op uitspoeling van nitraat boven de norm, acceptabel is.



Omdat de nieuwe kaarten nog niet zijn vastgesteld, is in deze quick scan uitgegaan van de droge zandgronden welke zijn gebruikt in de vijfde Milieuverkenningen en die vervolgens ook bij de evaluatie van het mestbeleid in 2002 zijn gehanteerd (voor een uitgebreide beschrijvingen wordt verwezen naar Schoumans et al., 2002; aanhangsel 6). In deze studies zijn drie droge zandgrondenkaarten gebruikt, namelijk de 140.000 ha, de 360.000 ha en de 600.000 ha kaartbeelden. De eerste twee kaarten zijn gebaseerd op de bodemkaart schaal 1: 50.000 in combinatie met de uitspoelingsgevoelige zand- en lössgronden (BZL2 versie eind september 2001, opgeleverd aan LNV-DL). De 600.000 ha variant was gebaseerd op de toenmalige hydrologische gesimuleerde grondwatertrappen voor de droge zandgronden (SWAP-berekeningen; Kroes et al., 2001). Nadien zijn een aantal reparaties uitgevoerd en recent is een beter hydrologisch bestand tot stand gekomen (Van Bakel et al., in voorber.). Gelet op het tijdspad van deze quick scan was het echter niet mogelijk om bij de mestverdeling binnen de LEI regio's en voor de verschillende bodem-gewas-combinaties rekening te houden met deze nieuwe "600.000 ha kaart". In tabel 2 is aangegeven welk areaal van de verschillende combinaties aan grondsoort en grondwatertrap (volgens de meest recente hydrologie) in deze studie onder het oude kaartbeeld van de 140 000, 360 000 en 600 000 ha vallen.

*Tabel 2 Verdeling van de aangewezen droge zandgronden conform de redesign STONE-schematisatie (Kroon et al., 2001) en de gemodelleerde grondwatertrap (STONE-hydrologie; Van Bakel et al., in voorber.)*

| Aangewezen 140000 ha droge gronden |               |              |              |               | Aangewezen 360000 ha droge gronden |               |               |               |                |
|------------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Gt                                 | zand          | veen         | klei         | Totaal        | Gt                                 | zand          | veen          | klei          | Totaal         |
| I                                  |               |              | 131          | 131           | I                                  |               |               |               |                |
| II                                 |               |              | 743          | 743           | II                                 |               |               | 743           | 743            |
| III                                |               |              |              |               | III                                | 1855          |               |               | 1855           |
| III*                               |               |              |              |               | III*                               | 125           |               |               | 125            |
| IV                                 | 206           |              |              | 206           | IV                                 | 1067          |               |               | 1067           |
| V                                  | 1604          |              |              | 1604          | V                                  | 7536          |               | 306           | 7842           |
| V*                                 |               |              |              |               | V*                                 | 1580          | 2200          |               | 3780           |
| VI                                 | 8860          |              |              | 8860          | VI                                 | 79984         |               | 2110          | 82094          |
| VII                                | 23932         |              | 262          | 24194         | VII                                | 96523         | 5685          | 1579          | 103787         |
| VII*                               | 78672         | 175          | 25181        | 104028        | VII*                               | 131908        | 954           | 25524         | 158386         |
| <b>Totaal</b>                      | <b>113274</b> | <b>175</b>   | <b>26317</b> | <b>139766</b> | <b>Totaal</b>                      | <b>320578</b> | <b>8839</b>   | <b>30262</b>  | <b>359679</b>  |
| Aangewezen 600000 ha droge gronden |               |              |              |               | Alle landbouwgronden               |               |               |               |                |
| Gt                                 | zand          | veen         | klei         | Totaal        | Gt                                 | zand          | veen          | klei          | Totaal         |
| I                                  |               |              |              |               | I                                  | 1596          | 32076         | 836           | 34508          |
| II                                 |               |              |              |               | II                                 | 17793         | 137403        | 15183         | 170379         |
| III                                | 8511          | 168          | 287          | 8966          | III                                | 77830         | 65775         | 49586         | 193191         |
| III*                               | 187           |              |              | 187           | III*                               | 1804          | 381           | 112           | 2297           |
| IV                                 | 749           |              |              | 749           | IV                                 | 39198         | 33872         | 49511         | 122581         |
| V                                  | 10519         | 318          | 2073         | 12910         | V                                  | 36662         | 14135         | 125764        | 176561         |
| V*                                 | 4779          |              | 968          | 5747          | V*                                 | 7889          |               | 2390          | 10279          |
| VI                                 | 170261        | 9035         | 10617        | 189913        | VI                                 | 198330        | 28611         | 377225        | 604166         |
| VII                                | 156010        | 20466        | 4444         | 180920        | VII                                | 160012        | 28348         | 232413        | 420773         |
| VII*                               | 171075        | 3276         | 27739        | 202090        | VII*                               | 171075        | 6824          | 37730         | 215629         |
| <b>Totaal</b>                      | <b>522091</b> | <b>33263</b> | <b>46128</b> | <b>601482</b> | <b>Totaal</b>                      | <b>712189</b> | <b>347425</b> | <b>890750</b> | <b>1950364</b> |

Uit deze vergelijking kan geconcludeerd worden dat voor de verschillende varianten aan "aangewezen gronden" (volgens de oude indeling) in ieder geval in belangrijke mate ook volgens de huidige hydrologische berekeningen (Van Bakel et al., in voorber.) berekend worden als droge gronden. Binnen de STONE bodemschematisatie wordt met de nieuwe hydrologische berekeningen 331.000 ha zandgrond met Gt VII en VII\* gemodelleerd. Inclusief de matige droge zandgronden

(Gt VI) komt het totale areaal uit op 529.000 ha. Opgemerkt wordt dat de nationale STONE schematisatie van Nederland (bodem en hydrologie) er niet op gericht is om op *perceelsniveau* tot uitspraken over de grondsoort of de GHG en de GLG te komen.

### 2.3 Bemesting van de bodem

Voor de vaststelling van de dierlijke bemesting van de bodem is besloten om aan te sluiten bij de uitkomsten van de MAM-berekeningen, die gebruikt zijn om het nationale mestoverschot voor de verschillende varianten te berekenen (Luesink et al., 2004). Gebruiksnormen zijn een belangrijk uitgangspunt bij de berekeningen die zijn uitgevoerd voor de ex-ante evaluatie. Dit geldt zowel voor de berekening van de dierlijke bemesting met behulp van MAM als voor de berekeningen van de hoeveelheid kunstmest ten behoeve van STONE-berekeningen. De stikstofgebruiksnormen die zijn gebruikt in de ex-ante evaluatie zijn gebaseerd op de resultaten van de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (Schröder et al., 2004) en omvatten alle afzonderlijke gewassen en houden rekening met het gevoerde management in de praktijk.

Er is uitgegaan van een derogatie van 250 kg stikstof uit dierlijke mest per ha voor alle bedrijven met meer dan 70% grasland. Hoewel dit uitgangspunt voor de milieukundige berekeningen constant verondersteld is, moet er rekening mee gehouden worden dat de derogatie vooralsnog slechts tijdelijk (voor 4 jaar) wordt toegekend.

Voor berekeningen van het nationale mestoverschot worden de acceptatiegraden voor grasland vermeld in Luesink et al. (2004). De afvoer van stikstof en fosfaat met grasland is inclusief de inzichten van de commissie Tamminga. CBS (Van Bruggen) heeft dat berekend op basis van de gegevens van Tamminga.

De varianten kunnen niet in alle opzichten met de verschillende verliesnormvarianten (MINAS en Milieu; RIVM, 2002) vergeleken worden. Variant MINAS20 is vergelijkbaar met de B-variant (MINAS 2002). De N2-variant ligt tussen B en D2 (MINAS 2003 beoogd) in, de N4-variant tussen D3 (MINAS 2003 inclusief fosfaatkunstmest en 360.000 ha droge gronden) en E (aangescherpte stikstofnormen t.o.v. D3) en de P3 variant tussen D3 en G (variant E maar tevens aangescherpte fosfaatsnormen).

Voor de modelberekeningen, zoals met MAM en STONE, waar gerekend wordt met gewasgroepen en gemiddelde vormen van management, zijn interpretaties van de gebruiksnormen onvermijdelijk zowel voor de dierlijke mestgift als de kunstmestgift. Voor de berekening van de dierlijke mestgift voor de STONE-berekeningen zijn de MAM-resultaten overgenomen en heeft voor de vertaling naar de STONE-invoer afstemming plaatsgevonden met het LEI (Luesink).

In tabel 3 zijn de gebruiksnormen weergegeven die in de quick scan zijn gebruikt. De gegevens zijn in overleg met Schröder (WOG) tot stand gekomen en dan specifiek toegespitst op de berekeningen met het STONE model. De indeling is geïnspireerd

op de wijze waarop binnen STONE de bodemtypen zijn verdeeld in normale en droge gronden en de drie bodemtypes: zand, klei en veen. De gewasgroepen grasland en snijmaïs zijn identiek aan de MAM categorieën.

Uitdrukkelijk dient gesteld te worden dat door deze werkwijze verschillen zijn ontstaan met de varianten die door het LEI zijn gehanteerd, zoals al gesteld is bij de toelichting op de varianten. Aanhangsel 10 geeft hierover nadere informatie.

De gebruiksnorm voor stikstof in de N4-variant gras op droog zand is op  $260 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$  gesteld. Hierbij is verondersteld dat bij honorering van de derogatie een deel van de 'toegestane' mestgift van  $250 \text{ kg mest-N per ha}$  van maïsland naar grasland zal moeten worden overgeheveld om ook onder maïs de doelstelling van  $50 \text{ mg nitraat per liter}$  te benaderen. Om deze reden heeft de WOG voor grasland gebruiksnormen gedefinieerd die niet alleen vertrekken vanuit een mest-N gebruik van  $170$  of  $250 \text{ kg per ha}$ , maar ook van een mest-N gebruik van  $290 \text{ kg per ha}$  (en in bijlage zelfs  $330$ ). Het verzoek vanuit de EMW aangaande de ruimte voor mestgebruik voor gras op droog zand, heeft de WOG geïnterpreteerd als gebruiksnorm voor werkzame N op een Gt VIII waarbij alleen gemaaid wordt. Bij gemengd gebruik (naast maaïen ook weiden) had de gebruiksnorm ca  $25 \text{ kg N}$  lager gelegen, bij maaïen op een Gt VII had de gebruiksnorm ca  $30 \text{ kg per ha}$  hoger gelegen. In die zin houdt de gecommuniceerde  $260 \text{ kg N per ha}$  het midden van de range aan.

Omdat in STONE met bouwland wordt gerekend (zijnde een gemiddelde rotatie van granen, bieten en aardappels) is op basis van de gebruiksnormen (zie Tabel 3) en het areaal van deze afzonderlijke gewassen de overall gebruiksnorm voor de landgebruikscategorie bouwland per LEI-regio berekend. Hierbij wordt opgemerkt dat de gebruiksnorm voor granen is gebaseerd op de relatieve bijdrage van de afzonderlijke granen die in Nederland voorkomen (areaal gewogen gebruiksnorm voor de granen bedraagt  $140 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ ).

Door het LEI is voor de afzonderlijke varianten het nationale mestoverschot in 2006-2008 berekend. Daarbij is gebruik gemaakt van het Mest- en Ammoniak model (Groenwold, 2002). De randvoorwaarden die gebruikt zijn voor die berekening, zijn opgesteld door de Werkgroep Mestoverschotten en door het Ministerie van LNV. Omdat de berekeningen betrekking hadden op een stelsel van gebruiksnormen (i.p.v. verliesnormen zoals doorgerekend in de evaluatie van de mestwetgeving in 2002) is door de Werkgroep Mestoverschotten een prototype voor een protocol opgesteld. Op basis daarvan heeft de Werkgroep Mestoverschotten de uitgangspunten en bandbreedtes geaccordeerd. De uitgangspunten voor beleid (gebruiksnormen, forfaits, areaal droge gronden, forfaitaire werkingscoëfficiënten en excreties etc.) zijn door het Ministerie van LNV aangegeven. De uitgangspunten van de Werkgroep Mestoverschotten en de uitgangspunten vanuit het beleid tezamen met betrekking tot de door te rekenen varianten staan beschreven in de rapportage 'Sociaal-economische effecten en nationaal mestoverschot bij varianten van gebruiksnormen' (Luesink et al., 2004). In deze notitie wordt ook nadere detaillering gegeven van de wijze waarop de uitgangspunten zijn vertaald naar invoer voor MAM (dieraantallen, excretie, mestplaatsingscapaciteit, acceptatiegraden van dierlijke mest, gebruiksnormen voor werkzame stikstof en derogatie).

Tabel 3 Gebanteerde gebruiksnormen voor werkzame N en P2O5 per variant

| Variant BA105/100 (N2P2)                               |                           |                      |                    |                      |                    |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Gewas                                                  |                           | N-normale<br>Gronden | N-droge<br>Gronden | P-normale<br>Gronden | P-droge<br>gronden |
| Grasland                                               |                           | 365                  | 325                | 105                  | 105                |
|                                                        | <i>Grasland op zand</i>   | 365                  | 325                |                      |                    |
|                                                        | <i>Grasland op klei</i>   | 385                  |                    |                      |                    |
|                                                        | <i>Grasland op veen</i>   | 330                  |                    |                      |                    |
| Snijmais                                               |                           | 160                  | 160                | 100                  | 100                |
| Granen                                                 |                           | 140                  | 140                | 100                  | 100                |
| Bieten                                                 |                           | 150                  | 150                | 100                  | 100                |
| Aardappels                                             |                           | 260                  | 260                | 100                  | 100                |
|                                                        | <i>Aardappels op zand</i> | 260                  | 260                |                      |                    |
|                                                        | <i>Aardappels op klei</i> | 260                  |                    |                      |                    |
|                                                        |                           |                      |                    |                      |                    |
| Variant 50mg105/100 (N4P2)                             |                           |                      |                    |                      |                    |
| Gewas                                                  |                           | N-normale<br>Gronden | N-droge<br>gronden | P-normale<br>Gronden | P-droge<br>gronden |
| Grasland                                               |                           | 365                  | 260                | 105                  | 105                |
|                                                        | <i>Grasland op zand</i>   | 365                  | 260                |                      |                    |
|                                                        | <i>Grasland op klei</i>   | 385                  |                    |                      |                    |
|                                                        | <i>Grasland op veen</i>   | 330                  |                    |                      |                    |
| Snijmais                                               |                           | 160                  | 120                | 100                  | 100                |
| Granen                                                 |                           | 140                  | 140                | 100                  | 100                |
| Bieten                                                 |                           | 150                  | 130                | 100                  | 100                |
| Aardappels                                             |                           | 240                  | 130                | 100                  | 100                |
|                                                        | <i>Aardappels op zand</i> | 230                  | 130                |                      |                    |
|                                                        | <i>Aardappels op klei</i> | 250                  |                    |                      |                    |
|                                                        |                           |                      |                    |                      |                    |
| Variant 50mg105/85 (N4P3) en alle subvarianten hiervan |                           |                      |                    |                      |                    |
| Gewas                                                  |                           | N-normale<br>gronden | N-droge<br>gronden | P-normale<br>gronden | P-droge<br>gronden |
| Grasland                                               |                           | 365                  | 260                | 105                  | 105                |
|                                                        | <i>Grasland op zand</i>   | 365                  | 260                |                      |                    |
|                                                        | <i>Grasland op klei</i>   | 385                  |                    |                      |                    |
|                                                        | <i>Grasland op veen</i>   | 330                  |                    |                      |                    |
| Snijmais                                               |                           | 160                  | 120                | 85                   | 85                 |
| Granen                                                 |                           | 140                  | 140                | 85                   | 85                 |
| Bieten                                                 |                           | 150                  | 130                | 85                   | 85                 |
| Aardappels                                             |                           | 240                  | 130                | 85                   | 85                 |
|                                                        | <i>Aardappels op zand</i> | 230                  | 130                |                      |                    |
|                                                        | <i>Aardappels op klei</i> | 250                  |                    |                      |                    |

De ex-ante berekening wijkt niet alleen qua methodiek af van de vorige evaluatie (gebruiksnormen in plaats van verliesnormen), ook de wijze waarop de bemesting van de bodem is berekend, is gewijzigd. Bij de evaluatie in 2002 werd voor het bepalen van de bemesting gebruik gemaakt van een combinatie van het bedrijfsmodel FARMMIN en het mestregiomodel CLEAN in de STONE modelketen (RIVM, 2002). Mede als gevolg van het ontbreken van voldoende tijd en een andere vraagstelling is besloten om voor de ex-ante evaluatie rechtstreeks gebruik te maken van de resultaten van het MAM model i.p.v. het FARMMIN-CLEAN deel van de modelketen. Daartoe was het echter wel noodzakelijk de MAM resultaten te converteren naar een formaat dat overeenkomstig is aan de CLEAN uitvoer. Op deze manier was het mogelijk om gelijkwaardige gegevensinvoer te maken voor STONE, het model waarin uiteindelijk de nitraatbelasting van het grondwater en de N- en P-belasting van het oppervlaktewater wordt berekend.

De MAM berekening had uitsluitend betrekking op de hoeveelheid dierlijke mest. Om de ontbrekende kunstmestbemesting te kunnen schatten, is de dierlijke mestgift aangevuld met kunstmest tot aan de eerder beschreven gewas-bodem specifieke gebruiksnormen (Tabel 3). Dit om de milieukundige effecten van de hoogte van de gebruiksnorm te kunnen evalueren indien deze in de praktijk wordt gerealiseerd. Aanvulling met kunstmest tot bijvoorbeeld 90% van de gebruiksnorm zou mogelijk een reële reflectie zijn geweest van de praktijk, echter met dezelfde argumenten is de keuze voor volledige aanvulling verdedigbaar. In die zin wordt een borstkas benadering gepresenteerd.

#### ***Conversie MAM resultaten.***

De resultaten van het MAM model geven inzicht in hoeveel dierlijke mest (uitgedrukt in stikstof en fosfaat) per afzonderlijk bodem-gewascombinatie wordt gegeven. Daarbij is onderscheid gemaakt in mestregio's en wordt voor de afzonderlijke mestsoorten gerapporteerd. Het MAM model onderscheidt 9 gewasgroepen, 7 bodemtypen, 30 mestsoorten en 31 mestregio's. CLEAN kent dezelfde gewasgroepen en mestregio's, maar kan daarnaast onderscheid maken in normale en droge bodemtypes en kent slechts 12 mestsoorten. De conversie van 30 naar 12 mestsoorten leidde tot een gering verlies aan informatie en nauwkeurigheid voor wat betreft de totale hoeveelheden N en P aanwezig in de dierlijke mest voor de verschillende LEI-regio's.

Voor een zeer beperkt aantal bodem-gewascombinaties is er sprake van bemesting van verwerkte mestproducten (slib van kalverenmest, en mestkorrels van droog pluimvee mest). Deze zijn toegevoegd aan de categorie waar deze verwerkte mestproducten oorspronkelijk toebehoren. Dit heeft geen effect op de hoeveelheid stikstof en fosfaat die wordt toegepast, echter wel zeer beperkt effect op de juistheid van de werkingscoëfficiënten van deze meststof.

De voor iedere variant geleverde gegevens bevatten voor de gewas-bodem-mestsoort-regio combinatie de hoeveelheid forfaitair N en P, en het areaal van de betreffende combinatie. De stikstof is verdeeld in minerale, eerstejaars, resistente en weidestikstof. Daarnaast is de input van de stikstof naar de bodem berekend. Dit is de totale hoeveelheid stikstof die naar de bodem gaat alvorens deze wordt

aangewend, dus inclusief ammoniak die vrijkomt bij aanwending. In tabel 4 zijn voor de vijf varianten de totalen voor forfaitair fosfaat en stikstof (voor de 4 afzonderlijke stikstofvormen) en stikstofbodem gegeven. De gegevens geven tevens een goed beeld van de onderlinge verschillen tussen de varianten.

Tabel 4 Nationale totalen van MAM-uitvoer (voor conversie) uitgedrukt in miljoen kg N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

|                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N <sub>min</sub> | N <sub>ej</sub> | N <sub>res</sub> | N <sub>wei</sub> | BodN        |
|------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|
| MINAS20                | 158                           | 131              | 84              | 68               | 91               | niet bekend |
| N2P2 BA105-100         | 139                           | 113              | 72              | 60               | 81               | 346         |
| N4P2 50 mg 105-100     | 135                           | 110              | 70              | 59               | 80               | 339         |
| N4P3 50 mg 105-85      | 131                           | 106              | 68              | 58               | 81               | 331         |
| N4P3VE 50 mg 105-85-ex | 133                           | 106              | 69              | 56               | 75               | 326         |

N<sub>min</sub> = minerale stikstof in dierlijke mest

N<sub>ej</sub> = hoeveelheid stikstof die het eerste jaar uit dierlijke mest vrijkomt uit het organische deel

N<sub>res</sub> = residu stikstof: deel van het organische N dat het eerste jaar niet mineraliseert

N<sub>wei</sub> = hoeveelheid stikstof dat via beweiding wordt toegediend

BodN = totale hoeveelheid stikstof die via dierlijke mest wordt aangewend (incl. deel dat bij aanwending als vervluchtiging nog verdwijnt).

Om kunstmest te kunnen berekenen conform de eerder beschreven aanpak, is uit de MAM resultaten de werkzame stikstof berekend. Daartoe is voor iedere combinatie van gewas-bodem-mestsoort de met MAM berekende hoeveelheid dierlijke mestgift vermenigvuldigd met de werkingscoëfficiënt. De gebruikte werkingscoëfficiënten zijn conform de notitie van het LEI voor de berekening van het mestoverschot (Luesink et al., 2004a) en welke ook zijn gehanteerd voor de berekeningen van de sociaal-economisch effecten (Luesink et al., 2004b). Tabel 5 geeft een overzicht van de gehanteerde werkingscoëfficiënten.

Tabel 5. In de berekening toegepaste werkingscoëfficiënten (in %) voor stikstof in dierlijke mest naar gewas, mestsoort en grondsoort (LNV, 2003)

| Gewas                             | Mestsoort                                | Werkings-coëfficiënt1) |
|-----------------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| Gras                              | Alle mestsoorten; incl. weidemestsoorten | 50                     |
| Maïs en zand-bouwland             | Rundveedrijfmest                         | 60                     |
| Maïs en zand-bouwland             | Varkensdrijfmest                         | 70                     |
| Maïs en zand-bouwland             | Pluimveedrijfmest                        | 80                     |
| Maïs en zand-bouwland             | Droge pluimveemest                       | 60                     |
| Klei-bouwland najaarsaanwending * | Alle mestsoorten                         | 20                     |

1) N.B. De WOG heeft een werkingscoëfficiënt van 0% voor weidemest gehanteerd en heeft geen scenario's doorgerekend met pluimveemest, droge pluimveemest en andere mestsoorten

In de bedrijfseconomische berekeningen, de berekeningen van het landelijke mestoverschot en daarna ook in de milieukundige berekeningen zijn dus de volgende werkingscoëfficiënten gehanteerd: alle mestsoorten op grasland 50% en voor bouwland 60-80% afhankelijk van de mestsoort (Tabel 5). Voor najaarstoediening op bouwland op kleigronden geldt 20% (merendeel van de bemesting is najaarsbemesting. Voor de hogere werkingscoëfficiënt van de voorjaarsbemesting is niet gecorrigeerd bij de invoer.

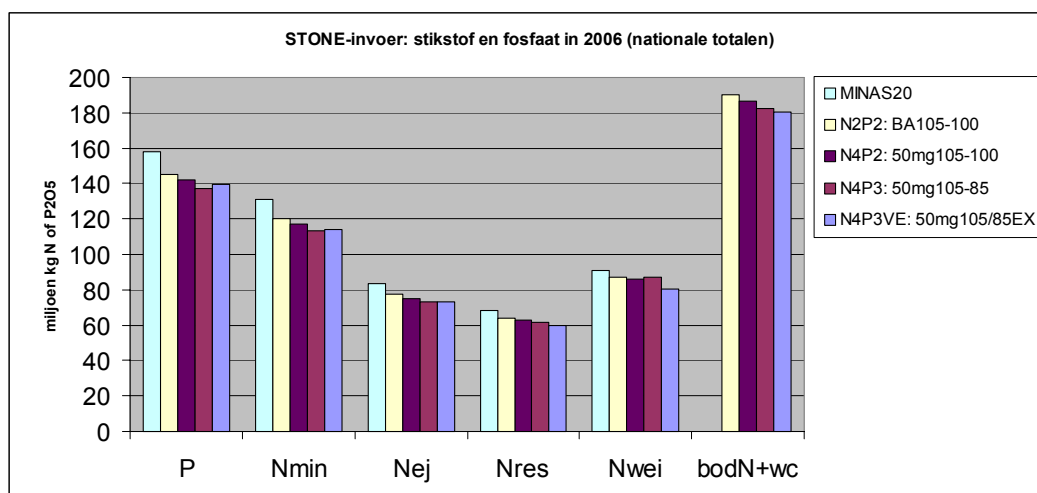
Dit betekent dat ook de werkingscoëfficiënt voor weidemest op 50% is gesteld (gecorrigeerd met een iets hogere totaal gebruiksnorm voor stikstof) in tegenstelling tot de WOG, waar, in overeenstemming met het bemestingsadvies, 0% werd gehanteerd (hierop wordt in paragraaf 4.2 nader ingegaan). Een hogere werkingscoëfficiënt resulteert in het gebruik van minder kunstmest, een lagere totaalbemesting, en een beperkt lagere netto-bodembelasting.

LNv heeft een Werkgroep Onderbouwing Werkingscoëfficiënten ingesteld. Op basis van deze studie zal het beleid forfaitaire werkingscoëfficiënten afleiden. De resultaten van deze werkgroep worden gerapporteerd door Van Dijk et al. (in voorbereiding).

Naast een hergroepering van de mestsoorten zijn de forfaitaire waarden omgerekend naar werkelijke hoeveelheden (forfaitaire waarden liggen lager dan werkelijke hoeveelheden. Dit verschil is gewenst om te voorkomen dat er teveel claims komen van bedrijven met een relatief lagere productie per dier. Voor deze berekening zijn de werkelijk hoeveelheden als uitgangspunt genomen) Voor stikstof betekende dit een verhoging met 7% en voor fosfaat met 5% (Luesink, pers. med. N.B. Later is het percentage stikstof herzien (5% in plaats van 7%; dit is echter niet meer meegenomen in deze studie omdat de berekeningen al waren uitgevoerd)). Deze aanpassing betreft alleen de varianten met een gebruiksnorm, en niet de MINAS-variant. De resultaten van beide aanpassingen staan in tabel 6 en in figuur 1.

Tabel 6. Nationale totalen (STONE-invoer na conversie MAM-cijfers) uitgedrukt in miljoen kg N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

|                         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N <sub>min</sub> | N <sub>ej</sub> | N <sub>res</sub> | N <sub>wei</sub> | bodN+wc |
|-------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|---------|
| MINAS20                 | 158                           | 131              | 84              | 68               | 91               | -       |
| N2P2: BA105-100         | 145                           | 120              | 77              | 64               | 87               | 190     |
| N4P2: 50 mg 105-100     | 142                           | 117              | 75              | 63               | 86               | 187     |
| N4P3: 50 mg 105-85      | 137                           | 113              | 73              | 62               | 87               | 183     |
| N4P3VE: 50 mg 105-85-ex | 140                           | 114              | 73              | 60               | 80               | 180     |



Figuur 1: STONE invoer: stikstof (vier stikstofvormen) en fosfaat in 2006, uitgedrukt in miljoenen kg N resp. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (nationale totalen).

Om inzicht te geven in de werkzame hoeveelheid N en P is in tabel 7 voor de vier varianten de gemiddelde dierlijke bemesting aangegeven voor drie gewascategorieën

en drie bodemtypen zoals deze is ingevoerd in STONE. Tevens zijn in tabel 8 de gemiddelde kunstmestgiftten aangegeven voor drie gewascategorieën en drie bodemtypen (voor zowel normale als droge gronden).

Het totaal van de werkzame dierlijk mestgift en de kunstmestgift komt bij benadering overeen met de gebruiksnormen zoals beschreven in tabel 3. Een vergelijking met de resultaten van Approxi, waarvoor overigens alleen cijfers voor melkveebedrijven en akkerbouwbedrijven beschikbaar zijn, leert dat de kunstmestgiftten zoals op deze manier zijn berekend, hoger liggen. Een getalsmatig vergelijk voor gras en snijmais gaat door deze verschillen op een aantal punten mank. Voor bouwland kan het verschil met Approxi oplopen tot 50 kg N.

Tabel 7 Aanvoer van werkzame stikstof en fosfaat via dierlijke mest voor vier varianten uitgewerkt en uitgedrukt in kg N per ha per jaar en kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar  
N2P2 (BA105-100)

| <i>Werkzame stikstof (dierlijke mest)</i> |      |      |      |
|-------------------------------------------|------|------|------|
|                                           | Veen | klei | Zand |
| Grasland                                  | 113  | 110  | 111  |
| Snijmais                                  | 141  | 134  | 128  |
| Bouwland                                  | 56   | 23   | 92   |
| <i>Fosfaat (dierlijke mest)</i>           |      |      |      |
|                                           | Veen | klei | Zand |
| Grasland                                  | 76   | 75   | 76   |
| Snijmais                                  | 84   | 82   | 81   |
| Bouwland                                  | 30   | 65   | 73   |

N4P2 (50mg105-100)

| <i>Werkzame stikstof (dierlijke mest)</i> |      |      |      |
|-------------------------------------------|------|------|------|
|                                           | veen | Klei | Zand |
| Grasland                                  | 114  | 111  | 111  |
| Snijmais                                  | 141  | 133  | 123  |
| Bouwland                                  | 55   | 23   | 78   |
| <i>Fosfaat (dierlijke mest)</i>           |      |      |      |
|                                           | veen | Klei | Zand |
| Grasland                                  | 76   | 75   | 76   |
| Snijmais                                  | 84   | 82   | 78   |
| Bouwland                                  | 30   | 63   | 64   |

N4P3 (50mg105-85)

| <i>Werkzame stikstof (dierlijke mest)</i> |      |      |      |
|-------------------------------------------|------|------|------|
|                                           | Veen | Klei | zand |
| Grasland                                  | 112  | 110  | 110  |
| Snijmais                                  | 141  | 132  | 120  |
| Bouwland                                  | 50   | 21   | 72   |
| <i>Fosfaat (dierlijke mest)</i>           |      |      |      |
|                                           | Veen | klei | zand |
| Grasland                                  | 76   | 75   | 76   |
| Snijmais                                  | 84   | 79   | 74   |
| Bouwland                                  | 27   | 58   | 59   |

N4P3VE (50mg105-85ex)

| <i>Werkzame stikstof (dierlijke mest)</i> |      |      |      |
|-------------------------------------------|------|------|------|
|                                           | veen | klei | zand |
| Grasland                                  | 111  | 108  | 109  |
| Snijmais                                  | 141  | 131  | 120  |
| Bouwland                                  | 50   | 20   | 72   |
| <i>Fosfaat (dierlijke mest)</i>           |      |      |      |
|                                           | veen | klei | zand |
| Grasland                                  | 76   | 75   | 77   |
| Snijmais                                  | 85   | 80   | 76   |
| Bouwland                                  | 27   | 60   | 60   |



Tabel 8 Berekende aanvoer van kunstmeststikstof en kunstmestfosfaat voor vier varianten uitgewerkt en uitgedrukt in kg N per ha per jaar en kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar

|                      |                 |      |      |               |      |      |
|----------------------|-----------------|------|------|---------------|------|------|
| N4P2 (BA105-100)     |                 |      |      |               |      |      |
| Stikstof (kunstmest) | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                      | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland             | 216             | 275  | 252  | 212           | 224  | 214  |
| Snijmais             | 28              | 31   | 33   | 27            | 40   | 33   |
| Bouwland             | 144             | 160  | 28   | 118           | 117  | 31   |
| Fosfaat (kunstmest)  | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                      | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland             | 26              | 27   | 25   | 28            | 33   | 26   |
| Snijmais             | 15              | 17   | 17   | 14            | 24   | 17   |
| Bouwland             | 36              | 32   | 34   | 22            | 46   | 38   |

|                      |                 |      |      |               |      |      |
|----------------------|-----------------|------|------|---------------|------|------|
| N4P2 (50mg105-100)   |                 |      |      |               |      |      |
| Stikstof (kunstmest) | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                      | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland             | 215             | 274  | 252  | 146           | 158  | 149  |
| Snijmais             | 34              | 34   | 38   | -             | 12   | 1    |
| Bouwland             | 144             | 156  | 34   | 52            | 95   | 34   |
| Fosfaat (kunstmest)  | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                      | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland             | 25              | 27   | 25   | 27            | 33   | 25   |
| Snijmais             | 19              | 18   | 20   | 19            | 30   | 20   |
| Bouwland             | 40              | 34   | 43   | 27            | 57   | 41   |

|                      |                 |      |      |               |      |      |
|----------------------|-----------------|------|------|---------------|------|------|
| N4P3 (50mg105-85)    |                 |      |      |               |      |      |
| Stikstof (kunstmest) | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                      | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland             | 217             | 275  | 252  | 149           | 158  | 150  |
| Snijmais             | 37              | 37   | 42   | 2             | 12   | 3    |
| Bouwland             | 149             | 159  | 37   | 61            | 95   | 37   |
| Fosfaat (kunstmest)  | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                      | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland             | 26              | 27   | 25   | 27            | 33   | 25   |
| Snijmais             | 8               | 8    | 10   | 8             | 17   | 10   |
| Bouwland             | 33              | 25   | 18   | 21            | 46   | 18   |

|                        |                 |      |      |               |      |      |
|------------------------|-----------------|------|------|---------------|------|------|
| N4P3VE (50mg 105-85ex) |                 |      |      |               |      |      |
| Stikstof (kunstmest)   | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                        | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland               | 218             | 277  | 254  | 148           | 161  | 152  |
| Snijmais               | 36              | 37   | 42   | 2             | 12   | 3    |
| Bouwland               | 149             | 160  | 36   | 60            | 97   | 37   |
| Fosfaat (kunstmest)    | normale gronden |      |      | droge gronden |      |      |
|                        | veen            | klei | Zand | veen          | klei | zand |
| Grasland               | 25              | 27   | 25   | 25            | 33   | 24   |
| Snijmais               | 7               | 6    | 8    | 8             | 16   | 8    |
| Bouwland               | 32              | 23   | 16   | 19            | 46   | 15   |

## 2.4 Bodemoverschotten

De gebruiksnorm voor stikstof (en fosfaat) is niet per definitie hetzelfde als de feitelijke stikstofbelasting van de bodem. In de netto-bodembelasting zijn ook andere aan- en afvoerposten opgenomen. Om de milieukundige aspecten in beeld te brengen, is het goed om het netto stikstof- en fosfaatoverschot, dat in de bodem achterblijft, te beschouwen.

De netto-belasting is gedefinieerd als de totale aanvoer naar de bodem (in de vorm van dierlijke mest, kunstmest en atmosferische depositie vermindert met de ammoniakvervluchtiging) minus de werkelijke afvoer (via het geoogste gewas). Vooralsnog is bodemmineralisatie in deze definitie niet meegenomen, maar er wordt bij de berekening van de nitraatbelasting van het grondwater wel mee gerekend. De netto-bodembelasting is gegeven voor de 360.000 ha aangewezen uitspoelingsgevoelige zandgronden (voornamelijk Gt VI, VII en VII\*) en voor de overige gronden (voornamelijk niet-uitspoelingsgevoelig zand, klei en veen).

In aanhangsel 1 zijn per rekenvariant de balansposten voor de berekening van de bodemoverschotten aangegeven voor zowel uitspoelingsgevoelige gronden als niet-uitspoelingsgevoelige gronden. Zoals in paragraaf 2.2 is aangegeven kan het voorkomen dat een deel van de droge zandgronden een lage netto-bodembelasting heeft gekregen en een deel een hoge netto-bodembelasting (resp. “wel aangewezen” en “niet aangewezen” droge plot), daarom is tevens een uitsplitsing gemaakt naar “zuivere” en “niet-zuivere” deel (aanhangsel 1). In de tabellen 9 en 10 is het eindresultaat voor resp. het stikstof- en fosfaatbodemoverschot weergegeven zoals deze bij de verdeling van de dierlijke mest over de verschillende plots tot stand is gekomen.

*Tabel 9 Netto-bodembelasting met stikstof (kg/ha/j N) voor de verschillende varianten van gebruiksnormen*

|          |                  | MINAS<br>20 | N2P2 | N4P2 | N4P3 | N4P3<br>UG140 | N4P3<br>UG580 | N4P3<br>VE |
|----------|------------------|-------------|------|------|------|---------------|---------------|------------|
| Grasland | UG <sup>1)</sup> | 175         | 153  | 144  | 143  | 139           | 143           | 132        |
|          | Overig           | 169         | 168  | 171  | 171  | 171           | 171           | 170        |
| Bouwland | UG               | 80          | 123  | 77   | 75   | 81            | 76            | 76         |
|          | Overig           | 148         | 166  | 166  | 160  | 155           | 164           | 161        |
| Maïs     | UG               | 56          | 86   | 60   | 60   | 56            | 63            | 58         |
|          | Overig           | 66          | 96   | 94   | 97   | 94            | 100           | 94         |

<sup>1)</sup> UG = uitspoelingsgevoelig

*Tabel 10 Netto-bodembelasting fosfaat (kg/ha/j P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) voor de verschillende varianten van gebruiksnormen. Tevens is de berekende cumulatieve fosfaatophoping voor de periode 2005-2035 gegeven*

|                                                     |                  | MINAS<br>20 | N2P2 | N4P2 | N4P3 | N4P3<br>UG140 | N4P3<br>UG580 | N4P3<br>VE |
|-----------------------------------------------------|------------------|-------------|------|------|------|---------------|---------------|------------|
| Grasland                                            | UG <sup>1)</sup> | 30          | 16   | 27   | 27   | 25            | 27            | 25         |
|                                                     | Overig           | 20          | 7    | 7    | 7    | 8             | 7             | 7          |
| Bouwland                                            | UG               | 31          | 43   | 44   | 30   | 31            | 31            | 31         |
|                                                     | Overig           | 51          | 40   | 40   | 26   | 26            | 26            | 27         |
| Maïs                                                | UG               | 15          | 39   | 39   | 26   | 25            | 25            | 26         |
|                                                     | Overig           | 17          | 39   | 39   | 25   | 25            | 25            | 25         |
| Cumulatieve fosfaat-<br>ophoping voor 2005-<br>2035 |                  | 930         | 730  | 760  | 550  | 560           | 540           | 550        |

<sup>1)</sup> UG =uitspoelingsgevoelig

In vergelijking met de varianten doorerekend in MINAS en Milieu (RIVM, 2002) valt op dat de netto-belasting op bouwland voor de niet-uitspoelingsgevoelige gronden hoog is. Dit is een gevolg van hogere kunstmestgiftten (opvulling tot de totale gebruiksnorm), verschillen in de samenstelling van de mest die op bouwland, gras en maïs wordt toegepast en de daarmee samenhangende werkingscoëfficiënten welke uiteindelijk ook de nutriëntenopname door het gewas beïnvloed. Deze factoren leiden uiteindelijk tot een hogere netto-bodembelasting.

De verwachte en gewenste lagere bemesting met stikstof gaande van de N2- naar de N4-variant, wordt duidelijk zichtbaar en wel voornamelijk voor de uitspoelingsgevoelige gronden. Dit geldt ook de lagere netto-bodembelasting als gevolg van lagere stikstofexcreties.

De lagere gebruiksnorm voor bouwland en maïs in de P3-variant leidt tot een gemiddeld lagere netto-bodembelasting met fosfaat op deze bodemgebruiktypen. De lagere fosfaatoverschotten op grasland bij de overige gronden ten opzichte van de uitspoelingsgevoelige gronden wordt veroorzaakt door de hogere fosfaatafvoer via het gewas als gevolg van de hogere N-opname die op de overige gronden mogelijk is.



### 3 Modelinstrumentarium

Voor de ex-ante evaluatie van de gebruiksnormen van stikstof en fosfaat voor het milieu is gebruik gemaakt van het modelinstrumentarium STONE (Beusen et al., 1999 ; Overbeek et al, 2000; Wolf et al., 2003).

Het STONE instrumentarium is ontwikkeld om op nationale schaal effecten van mestbeleid (rekenvarianten van dierlijke en kunstmestgiften) inzichtelijk te maken voor verschillende combinaties aan bodemgebruik, grondsoort en hydrologische omstandigheden. Hiervoor is Nederland geschematiseerd in 6405 plots, die elk beschouwd worden als volledig homogeen en gekarakteriseerd worden aan de hand van gemiddelde of representatieve bodemfysische, bodemchemische en hydrologische parameters. Het accent ligt dus op de onderlinge vergelijking van de effecten van het mestbeleid en wel vooral op de relatieve effecten van het beleid voor deze verschillende combinaties aan bodemgebruik, grondsoort en hydrologische omstandigheden. Op nationale schaal is dus enige voorzichtigheid geboden omdat de temporele en ruimtelijke resolutie beperkt is. Om deze reden wordt expliciet opgemerkt dat vooral in situaties waarbij “op het scherpst van de snede wordt bemest”, mede in relatie tot het realiseren van de doelstellingen, het belang van de schematisatie, de bemesting van de bodem die in het verleden heeft plaatsgevonden en de betrouwbaarheid aan fysische, chemische, biologische en hydrologische parameters die bekend zijn, voor de uitkomsten steeds groter wordt. Hierdoor is voorzichtigheid geboden bij de interpretatie van de absolute getallen.

In par. 2.3 is aangegeven dat voor deze toepassing met betrekking tot het genereren van de bemestingsinvoer een andere procedure is gevolgd dan bij de evaluatie van de Meststoffenwet in 2002 welke was gebaseerd op het kwantificeren van de effecten van verschillende verliesnormen (Schoumans et al., 2002; RIVM 2002).

Daarnaast is ook het STONE-instrumentarium (versie 2.0) op onderdelen aangepast, omdat uit de analyse van de uitkomsten van 2002 is gebleken dat een aantal reparaties en bijstellingen noodzakelijk was (De Willigen et al., 2003; Tiktak et al., 2003). Deze hadden betrekking op:

#### a) Hydrologie

- Synchronisatie van SWAP en NAGROM waarbij SWAP (per plot de onverzadigde zone simuleert ) en NAGROM ( de waterverzadigde zone op regionale schaal)
- Update hydrologie (wegzakken van diepe grondwaterstanden)
- Actuele weerjaren 2000, 2001 en 2002 invoeren

#### b) Gewas-bodem-interactie

- Hoge turn-over van gewasresten (grasland) zoals berekend met Quadmod veroorzaakten in Animo een te sterke accumulatie van nutriënten in organische stof
- Een niet geheel adequate beschrijving van de invloed van bodemlucht op de nitrificatie waardoor te weinig nitraat gevormd wordt wat vervolgens zou

kunnen denitrificeren. Hierdoor werd in veengronden een onrealistisch lage denitrificatie berekend.

d) Initialisatie

- Invloed van achtergrondconcentratie in de diepe ondergrond op de fosfaatgehaltes in diepere bodemlagen (kwel, natuurlijke achtergrondconcentratie van P) en een bijstelling van de te hoge mineralisatie in venige lagen in de ondergrond.

De verbeteringen op deze onderdelen zijn doorgevoerd, beschreven (Groenendijk et al., in press), besproken met de STONE-partners en door de stuurgroep STONE geaccordeerd (STONE versie 2.1). Echter een volledige nieuwe plausibeletoets met betrekking tot de overall uitkomsten voor de emissies naar het grond- en oppervlaktewater kon gelet op het tijdsplan niet meer plaatsvinden. Omdat in eerste instantie het accent in de evaluatie van de mestwetgeving lag op de nutriëntenemissies naar het oppervlaktewater (ex-post analyse RAP/NAP reductiedoelstellingen) werden hiervan geen grote complicaties verwacht, mede omdat de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater door een zeer groot aantal factoren bepaald wordt en de validatie zeer complex is (doordat processen die nog in het oppervlaktewater optreden niet meegenomen worden).

In een laat stadium is aan de Evaluatie van de Meststoffenwet 2004 de ex-ante analyse van rekenvarianten van gebruiksnormen toegevoegd. Bij de eerste modelberekeningen bestond de indruk dat op de droge zandgronden te hoge nitraatconcentraties werden voorspeld, gelet op het feit dat bij de 50/105/85 variant hogere concentraties dan 50 mg/l nitraat werden berekend (uitgangspunt WOG; zie ook paragraaf 2.2). Om deze reden werd het zinvol geacht een check uit te voeren waarbij de STONE-uitkomsten op de droge zandgronden zijn vergeleken met de nitraatconcentraties zoals deze bij het LMM zijn gemeten in de periode 1992-2000 en welke dus niet beïnvloed zijn door de aannames met betrekking tot de invoering van gebruiksnormen. Deze analyse gaf aan dat de dynamiek van de fluctuaties van de nitraatconcentraties over de jaren heen (natte / droge jaren) goed werd voorspeld, maar dat de nitraatconcentraties inderdaad overschat werden.

Een van de grote onzekerheden in de voorspelling van de nitraatconcentraties wordt veroorzaakt door de mate van waterverzadiging van de bodem waarboven de denitrificatie begint. Voor alle grondsoorten wordt uitgegaan van een waterverzadigingsgraad van 60%, maar de spreiding hiervan blijkt uit de literatuur groot (aanhangsel 2). Bij alle acties die in STONE-kader zijn uitgevoerd (zie hiervoor) is deze parameter, in de context van alle andere aanpassingen die hebben plaatsgevonden (vooral door de hogere organische stofafbraak van plantenresten), niet bijgesteld of heeft er enige calibratie plaatsgevonden op nitraatconcentraties. Om deze reden is de ondergrens waarbij de denitrificatie aanvangt, beperkt bijgesteld van 60% naar 50%. Vervolgens is een gehele nieuwe run gedraaid. Deze leverde modeluitkomsten op die zowel de dynamiek in de tijd als de concentraties acceptabel simuleerden (aanhangsel 2). De effecten op de N-belasting van het oppervlaktewater waren zoals verwacht werd zeer gering en op de P-belasting van het oppervlaktewater afwezig (aanhangsel 2).

## 4 Nutriëntenemissies vanuit landbouwgronden

Wat betreft de milieukundige verkenning van de verschillende varianten is de nadruk gelegd op de gevolgen voor:

- de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater;
- de fosfaatophoping van de bodem en ontwikkeling van de fosfaatverzadiging;
- de nutriëntenemissies vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater.

De milieukundige verkenning kijkt vooruit naar 2030 en in een enkele variant voor de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater naar 2100. Dit is gedaan om naaijleffecten en effecten van langdurige ophoping te kunnen bestuderen. In deze varianten is de omvang en aard van landbouw constant verondersteld. Ook is continuering van het voorgenomen beleid na 2006 verondersteld, dat wil zeggen dat de gebruiksnormen op het voorgestelde niveau gehandhaafd blijven.

De milieukundige effecten van de varianten zijn voor heel Nederland in beeld gebracht, rekening houdend met ruimtelijke variaties in landgebruik, bodemtype en hydrologie, en met variaties tussen jaren in weersomstandigheden. De grote diversiteit in omstandigheden in de praktijk komt tot uiting in de resultaten. Daarom zijn de resultaten samengevat als functie van landgebruik (grasland, bouwland en maïslân), grondsoort (zand, klei en veen) en droogteklassen (nat (Gt I-V\*) – midden (Gt VI) – droog (Gt VII, VII\*)).

### 4.1 Nitraatuitspoeling naar het grondwater

In aanhangsel 6 is voor elke variant de cumulatieve nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (GLG-niveau; gemiddelde laagste grondwaterstand) gegeven voor de verschillende combinaties bodem-gewas-grondwaterklassen die voorkomen. Het betreft hier een middeling van de jaargemiddelde nitraatconcentratie over de periode 2015-2030 (gemiddelde van de 15 weerjaren waarvoor is gerekend).

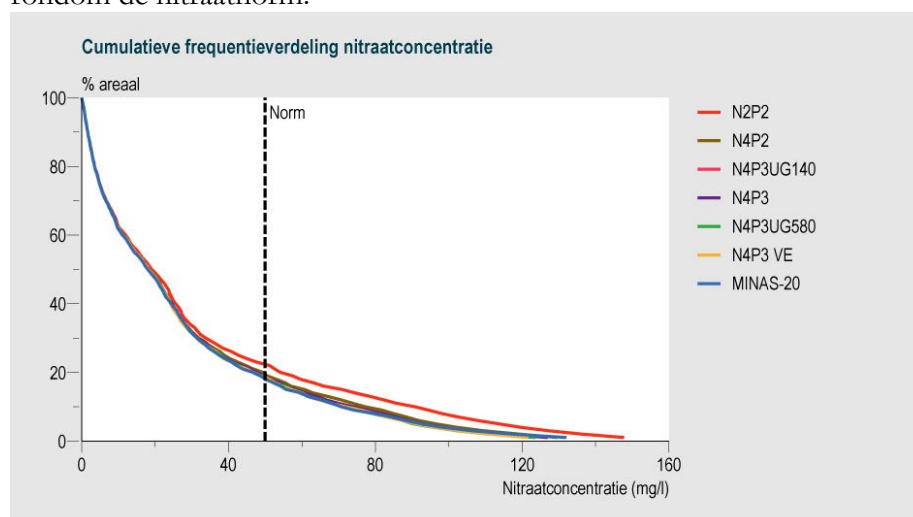
In figuur 2 is de cumulatieve frequentieverdeling van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater gegeven voor alle doorgerekende varianten. Hieruit is gemakkelijk af te leiden op welk percentage van het areaal nog normoverschrijding plaatsvindt. Het effect van de verschillen tussen rekenvarianten aan gebruiksnormen op de cumulatieve frequentieverdeling van de nitraatconcentraties is, nationaal beschouwd, beperkt.

In tabel 11 is apart voor de verschillende klassen die in deze studie worden onderscheiden, aangegeven of daarbinnen en tussen de varianten wel effecten worden waargenomen (grondsoort/bodemgebruik/grondwatertrapklassen). De nitraatconcentraties verschillen beduidend qua niveau tussen veen, klei en zandgronden (gemiddelde nitraatconcentratie neemt toe in deze volgorde). Binnen de klei- en veengronden zijn de effecten van de varianten van gebruiksnormen op de nitraatconcentratie verwaarloosbaar. Alleen binnen de zandgronden worden er

geringe verschillen gevonden. Voor de zandgronden wordt uitsluitend bij de N2P2 variant gemiddeld voor alle landbouwgronden de 50 mg/l nitraatnorm overschreden. Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de relatief hoge stikstofbodemoverschotten die bij deze variant ontstaat ten opzichte van de N4-varianten.

De gemiddelde nitraatconcentraties voor de verschillende bodemgebruiksvormen neemt toe in de volgorde grasland-bouwland-maïs , terwijl de stikstofbodemoverschotten juist in deze volgorde afnemen. Dit betekent dat de invloed van grondsoort in combinatie met grondwatertrap belangrijker is dan de hoogte van het stikstofoverschot. Het effect van de varianten op de nitraatconcentratie is nationaal beschouwd alleen binnen de maïspcelen waarneembaar (N2 > N4 > Minas20).

Naarmate de grondwaterstand dieper ligt, nemen de nitraatconcentraties sterk toe (tabel 11). Ook hier zijn de gevolgen van de rekenvarianten beperkt waarneembaar (alleen voor de droge gronden; Gt VII/VII\*) en varieert juist binnen deze gronden rondom de nitraatnorm.



Figuur 2 Cumulatieve frequentieverdeling van het areaal landbouw met overschrijding van de nitraatnorm van 50 mg/l voor de diverse varianten

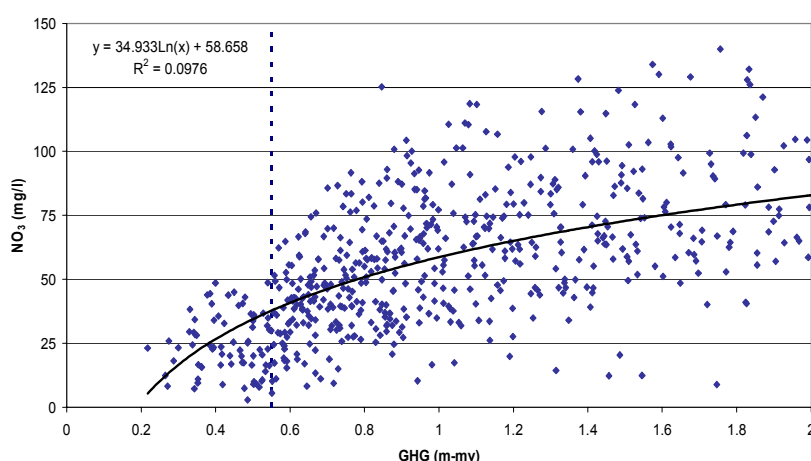
Tabel 11 Mediane areaalgewogen NO<sub>3</sub>-concentraties in het bovenste grondwater (mg/l)

|             | MINAS20 | N2P2 | N4P2 | N4P3 | N4P3<br>UG140 | N4P3<br>UG580 | N4P3<br>VE |
|-------------|---------|------|------|------|---------------|---------------|------------|
| Klei        | 13      | 13   | 13   | 13   | 13            | 13            | 13         |
| Veen        | 3       | 3    | 3    | 3    | 3             | 3             | 3          |
| Zand        | 41      | 52   | 43   | 43   | 44            | 43            | 41         |
| Maïs        | 26      | 40   | 31   | 31   | 34            | 28            | 31         |
| Bouwland    | 20      | 22   | 21   | 21   | 21            | 20            | 21         |
| Gras        | 14      | 15   | 14   | 14   | 14            | 14            | 14         |
| Gt I-V*     | 7       | 7    | 7    | 7    | 7             | 7             | 7          |
| Gt VI       | 22      | 23   | 23   | 22   | 22            | 22            | 22         |
| Gt VII-VII* | 49      | 58   | 51   | 50   | 53            | 49            | 50         |
| Totaal      | 18      | 19   | 18   | 18   | 18            | 18            | 18         |



Uit bovenstaande komt duidelijk naar voren dat zowel de grondsoort, het bodemgebruik als de grondwatertrap belangrijke factoren zijn die de nitraatconcentraties bepalen, hetgeen ook in aanhangsel 6 sterk tot uitdrukking komt. Verder kan geconcludeerd worden dat de toename van het areaal droge gronden waarop de aangepaste gebruiksnorm van toepassing is, ook tot gemiddeld lagere concentraties leidt (Tabel 11).

Momenteel loopt ook nog een onderzoek Actualisatie Uitspoelingsgevoelige gronden. De eerste resultaten hiervan zijn recent beschikbaar gekomen (RIVM, 2004). De omvang van het areaal is afhankelijk van de vaststelling van de criteria om uitspoelingsgevoeligheid te definiëren (percentage uitspoelingsgevoelige grond, gemiddeld hoogste grondwaterstand en onzekerheid). Daarnaast is van belang om dit te koppelen aan de nitraatconcentraties die worden verwacht bij de keuze van de criteria. Uit tabel 12 blijkt dat ook op gronden met Gt VI nog overschrijding van de nitraatnorm verwacht wordt. Mogelijk kan, zoals ook al gesuggereerd in MINAS en Milieu (RIVM, 2002), een splitsing gemaakt worden bij een GHG van 60 cm-mv. Een eerste analyse van de resultaten uit deze studie bevestigt het beeld dat bij matig diepe GHG's dat de kans bestaat dat bij zandgronden een overschrijding van de nitraatconcentratie kan plaatsvinden. In Figuur 3 is voor alle combinatie die zijn doorgerekend de berekende jaargemiddelde nitraatconcentratie op GLG niveau uitgezet tegen de GHG van de betreffende combinatie. Hieruit blijkt dat bij lagere GHG-waarden dan 56 cm (aangegeven verticale lijn) geen overschrijding van de norm wordt aangetroffen. De spreiding is echter erg groot en neemt sterk toe bij diepere GHG's. Indien naar gemiddelde waarden nitraatconcentraties zou worden gekeken, bijv. per GHG-traject van 5 of 10 cm (middeling vooraf), zullen waarschijnlijk andere grenswaarden worden afgeleid. In welke mate grenswaarden voor normoverschrijding zullen worden waargenomen / gedefinieerd hangt sterk af of, en in welke mate, er wordt gegroepeerd ten behoeve van het afleiden van de grenswaarden (middeling in ruimte en tijd van gelijk geachte condities).



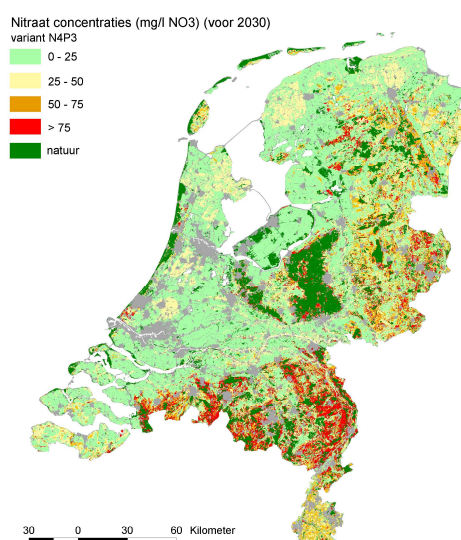
*Figuur 3 Gemiddelde nitraatconcentraties (periode 2016-2030) in het bovenste grondwater (GLG) in landbouwgronden gelegen op zandgronden (variant N4P3; landbouwgronden die binnen de 360 000 ha vallen)*

Uit tabel 11 wordt duidelijk dat gemiddeld op zand en gemiddeld ook op de drogere gronden de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in de N4-variant voldoet aan de norm. Bovenstaande gemiddelde nitraatconcentraties geven echter een beperkt inzicht van de feitelijke grootte van het nitraatprobleem voor de verschillende rekenvarianten, omdat het vooral “draait” om de mate waarin binnen Nederland nog de nitraatnorm wordt overschreden. Uit tabel 12 en figuur 2 blijkt dat op de helft van het areaal droge gronden (Gt VII en VII\*) een nitraatconcentratie van 50 mg/l wordt overschreden. Het betreft hier voornamelijk zand en veengronden (dalgronden/hoogveengronden). Figuur 4 geeft een ruimtelijk beeld van de nitraatconcentraties voor de variant N4P3.

Het beoogde doel om met de N4-variant te bereiken dat overal de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder de 50 mg/l komen, zoals de WOG voorstond, wordt niet bereikt.

*Tabel 12 Areaal (1000 ha) met overschrijding van nitraatconcentraties van 50 en 100 mg/l in het bovenste grondwater*

|                             | MINAS20 | N2P2 | N4P2 | N4P3 | N4P3<br>UG140 | N4P3<br>UG580 | N4P3<br>VE |
|-----------------------------|---------|------|------|------|---------------|---------------|------------|
| Totaal > 50 mg/l            | 347     | 429  | 370  | 355  | 372           | 347           | 350        |
| waarvan Gt VII+VII* op zand | 269     | 302  | 278  | 275  | 286           | 269           | 273        |
| waarvan Gt VI op zand       | 36      | 58   | 38   | 37   | 41            | 38            | 34         |
| Totaal > 100 mg/l           | 74      | 146  | 71   | 73   | 84            | 63            | 68         |
| waarvan Gt VII+VII* op zand | 72      | 142  | 69   | 72   | 82            | 62            | 66         |
| waarvan Gt VI op zand       | 0       | 2    | 0    | 0    | 0             | 0             | 0          |



*Figuur 4 Ruimtelijk beeld van de nitraatconcentraties in Nederland (2030)*

## 4.2 Vergelijking met de WOG systematiek

De rekenvarianten van gebruiksnormen die door het beleid zijn opgesteld, zijn gebaseerd op de uitkomsten van de WOG (Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen; Schröder et al., 2004). De WOG heeft gebruiksnormen afgeleid bij, door LNV en VROM, aangegeven landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Varianten hierbij waren onder andere het opvolgen van het N-bemestingsadvies en het voldoen aan milieukwaliteitsdoelstellingen voor grond- en oppervlaktewater. De analyse is uitgevoerd op perceels- en bedrijfsniveau bij verschillende gewassen en management (bijv. beweidingsregime). Gezien het grote aantal varianten die zijn doorgerekend heeft de WOG gekozen voor een eenvoudige en transparante rekenmethodiek waarbij de uitspoeling is berekend op basis van het bodemoverschot. Hierbij is gebruik gemaakt van het zogenaamde mest ABC, zoals beschreven door Willems et al. (2000) en Schröder & Corré (2000), waarbij de denitrificatiefactoren indirect zijn afgeleid uit LMM (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid).

Teneinde de resultaten van de WOG in onderling verband te zien met de STONE-uitkomsten wordt in deze paragraaf een nadere beschouwing gegeven van de verschillen met de WOG-methodiek. Centraal staan daadwerkelijk de verschillen in de methodiek en niet de wetenschappelijke onderbouwing of de kwaliteit van de belangrijkste balansposten. Er worden handvatten geboden waarop “ingezoomd” moet worden teneinde meer consistentie te bereiken.

De WOG heeft op dezelfde wijze het bodemoverschot bepaald als dat binnen de STONE berekeningen is gebeurd, namelijk op basis van de totale N-gift en de N-depositie minus de ammoniakvervluchtiging en de netto-afvoer via het gewas. De hoeveelheid stikstof die vervolgens uitspoelt op GLG-niveau, is een functie van het gewas en de grondwatertrap. In formules:

$$N_{\text{over}} = N_{\text{gift}} + N_{\text{dep}} - N_{\text{vervl}} - N_{\text{opn,netto}} \quad (\text{kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1})$$

$$N_{\text{uitsp, GLG}} = (1 - f_{\text{den}}) * N_{\text{over}} * f_{\text{GT}} = f_{\text{gewas}} * N_{\text{over}} * f_{\text{GT}} \quad (\text{kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1})$$

$$N_{\text{over}} = \text{N-bodemoverschot}$$

Hierbij zijn de volgende factoren gehanteerd.

$$f_{\text{gras}} = 0.43 \text{ (-)}$$

$$f_{\text{bouwl}} = 0.81 \text{ (-)}$$

$$f_{\text{GT,VII}} = 0.83 \text{ (-)}$$

$$f_{\text{GT,VII}^*} = 1.00 \text{ (-)}$$

De nitraatconcentratie die dan ontstaat, kan eenvoudig worden berekend door het N-bodemoverschot te delen door het netto-neerslagoverschot:

$$[\text{NO}_3] = N_{\text{uitsp, GLG}} / \text{NN} * (6200/14) \quad (\text{mg NO}_3 \text{ l}^{-1})$$

Voor grasland is als netto-neerslagoverschot (NN) gehanteerd:

$$\text{NN} = 380 \text{ (mm/j) voor: Gt VII}^*$$

$$\text{NN} = 355 \text{ (mm/j) voor Gt VII}$$

Gelet op bovenstaande parameters geldt bijv. voor grasland dat ca. 40% (35-43%) van het stikstofoverschot op droge zandgronden uitspoelt op GLG-niveau. Hierbij

ontstaan nitraatconcentraties (mg NO<sub>3</sub>/l) die 0,44 à 0,5 maal de waarde van het N-overschot bedragen (uitgedrukt in kg N per ha).

Omdat de denitrificatiefactoren indirect zijn afgeleid uit de LMM dataset (Gt factoren zijn al van oudere datum: zie bijlage in Achtergrondrapport EMW 2002 Willems et al, 2002) en dus feitelijk als het empirische model beschouwd mogen worden, kunnen alleen de onderlinge verschillen ten aanzien van invoergegevens vergeleken worden, omdat het niet om de robuustheid van de modelconcepten gaat. In tabel 13 zijn deze gegevens voor grasland op droge zandgronden onderling vergeleken. Opgemerkt wordt dat dit alleen voor droge zandgronden relatief eenvoudig kan, omdat onder deze omstandigheden de uitspoeling naar het oppervlaktewater (zeer) gering is.

De depositiecijfers die in STONE gehanteerd worden zijn afkomstig van het RIVM en ook gebruikt voor de Milieubalans 2004 (RIVM, 2004). Voor de STONE berekeningen zijn historische gegevens gebruikt voor de periode 1986-2000. Vanaf 2000 is de depositie constant verondersteld in deze ex-ante evaluatie. In aanhangsel 4 is de depositie voor het jaar 2000 die als basis voor STONE-invoer heeft gediend, ruimtelijke weergegeven. De stikstofdepositie die bij de WOG is gehanteerd, is afkomstig van Beukeboom (1996) en Aarts et al., (2000). Deze cijfers zijn hoger dan de STONE-cijfers. Het verschil wordt veroorzaakt doordat bij de WOG-studie nog oude getallen zijn gebruikt.

Binnen het consensusmodel STONE wordt gebruikt gemaakt van de QUADMOModule voor de berekening van de netto-gewasopname (Berge et al., 2000). De opname wordt hier bepaald door het stikstofleverend vermogen van de bodem, de totale werkzame stikstof van de mestgiften en het beweidingspercentage. De gewasverliezen die bij grasland optreden zijn mede afhankelijk van het aantal grootvee-eenheden. Voor de WOG analyse zijn de gegevens gebaseerd op gepubliceerde data voor grasland (Aarts et al., 1999 en Middelkoop & Aarts, 1991) en voor snijmaïs (Schröder, 1998). Een lagere stikstofbodeminput leidt direct tot en lagere stikstofopname in het scherpe traject van mestaanwending. Hiermee kan echter niet het verschil tussen beide uitgangspunten in opname verklaard worden, omdat zoals in deze tabel 13 is aangegeven in deze situatie bij de WOG 73 tot 75% van de netto stikstofinput wordt netto opgenomen, terwijl deze bij QUADMOM / STONE 64% bedraagt. In aanhangsel 5 is de relatie tussen de aanvoer van N en de netto N afvoer van grasland aangegeven zowel als deze in de K & K – bedrijven op zandgrond is afgeleid (gegevens Aarts) en zoals deze met STONE wordt berekend in het traject van de gehanteerde gebruiksnormen in de verschillende varianten. Juist in het lage bemestingstraject zijn er relatief weinig veld waarnemingen. Gelet op de spreiding in de STONE resultaten voor de zandgraslandplot kan niet met zekerheid gesteld worden dat de uitkomsten niet plausibel zijn, ondanks dat de indruk bestaat dat het areaal gewogen gemiddelde N-opname laag lijkt, aangezien dit overeenkomt met niet meer dan 8 ton droge stof per ha per jaar. De belangrijkste oorzaak in het verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de ‘correctiefactor’ die QUADMOM (ten Berge et al., 2001) gebruikt om van proefveld gegevens naar praktijksituaties te komen.

*Tabel 13 Gehanteerde aan- en afvoerentermen in de berekeningen van het netto stikstof bodemoverschot voor droge zandgronden. De WOG-varianten zijn die van de N4-variant (voldoen aan 50 mg NO<sub>3</sub> per liter) bij een GT van VII. De WOG-normen voor GT VII\* zijn lager*

|                               |                                            | WOG           |     |                              |     | Stone <sup>1)</sup> |
|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------|-----|------------------------------|-----|---------------------|
|                               |                                            | Maaien (100%) |     | Maaien (50%)<br>Weiden (50%) |     |                     |
| Bruto mest-<br>Aanvoer        | Depositie (A)                              | 45            | 45  | 45                           | 45  | 26                  |
|                               | Dierlijke mest (B)                         | 250           | 290 | 250                          | 290 | 218 <sup>2)</sup>   |
|                               | Kunstmest (C)                              | 182           | 145 | 150                          | 116 | 151                 |
|                               | Totale bruto bemesting<br>(D=B+C)          | 432           | 435 | 400                          | 406 | 369 <sup>2)</sup>   |
|                               | Werkzame stikstof in<br>dierlijke mest (E) | 125           | 145 | 62                           | 82  | 109                 |
|                               | N-gebruiksnorm<br>(F=C+E)                  | 307           | 290 | 212                          | 198 | 260                 |
| Mestaanwen-<br>dingsverliezen | Ammoniak-<br>vervluchtiging (G)            | 13            | 15  | 16??                         | 18  | 2)                  |
| Netto mest-<br>aanvoer        | Totale netto bemesting<br>(H=D-G)          | 419           | 420 | 384                          | 388 | 369                 |
| N-bodeminput                  | (E) = (A+H)                                | 464           | 465 | 429                          | 433 | 395                 |
| Netto gewas-<br>opname        | (F)                                        | 352           | 353 | 321                          | 321 | 254                 |
| Bodem-<br>overschot           | (E) - (F)                                  | 112           | 112 | 112                          | 112 | 141                 |

<sup>1)</sup> Gebaseerd op aanhangsel 1 N4P3 variant

<sup>2)</sup> Excl. verfluchtiging (verfluchtiging is reeds bij de verdeling van de mest over de STONE-plots verrekend)

Voor akker- en tuinbouw wordt opgemerkt dat de QUADMODO-berekeningen volgens de WOG op niet waarschijnlijke lage derving bij suboptimale bemesting uitkwam en zijn de gegevens gebaseerd op gegevens van PPO (Beukeboom, 1996; Dekkers, 2002; Landman, 1994).

Een belangrijk ander verschil tussen de WOG en de STONE-berekeningen wordt veroorzaakt door het netto-neerslagoverschot. Ook dit aspect heeft belangrijke gevolgen voor de gemodelleerde nitraatconcentraties op droge zandgronden omdat enerzijds de bodem daardoor gemiddeld over het jaar natter is (meer denitrificatie) en anderzijds doordat de hoeveelheid beschikbare stikstof die kan uitspoelen meer verdund wordt. De werkgroep hydrologie (RIZA/RIVM/Alterra) is daarom gevraagd om met een uitspraak te komen welk netto-neerslagoverschot reëel verondersteld mag worden op de droge zandgronden. Geconcludeerd werd dat de WOG voor droge zandgronden het netto-neerslagoverschot heeft overschat met 80 mm/jaar en dat de huidige hydrologie van STONE het netto-neerslagoverschot met 40 mm/jaar onderschat. Omdat bij de WOG de empirische verbanden zijn afgeleid, betekent dit dat bij een ander neerslagoverschot de uitspoelingsfactoren voor het gewas en/of Gt anders moeten zijn dan hiervoor is aangegeven.

Verder wordt nog opgemerkt dat bij de STONE-berekeningen vooral bij maïs en bouwland, en in beperkte mate ook bij gras, een netto-mineralisatie optreedt, terwijl

de WOG een evenwichtssituatie heeft aangenomen. Aan de andere kant wordt bij STONE is maïs permanent maïsland, hetgeen in de praktijk niet zo is. Een ander verschil, maar de andere richting uit, is dat de WOG is uitgegaan van een werkingscoëfficiënt voor weidemest van 0% conform het huidige bemestingsadvies. STONE heeft met 50% gerekend. Indien STONE ook met 0% werkingscoëfficiënt zou rekenen, zou sprake geweest zijn van meer kunstmestgebruik, meer gewasopname en uiteindelijk wordt verwacht dat de uitspoeling met 5-10 kg/ha N verhoogd zou zijn.

Verder geldt dat de WOG heeft gerekend met gemiddelden. Bij de berekeningen met STONE op nationale schaal wordt rekening gehouden met een variatie aan bodemeigenschappen. Dit betekent dat in STONE, zoals al eerder aangegeven, gemiddeld geen, maar op plotniveau (om te rekenen naar hectares) wel normoverschrijding kan worden berekend.

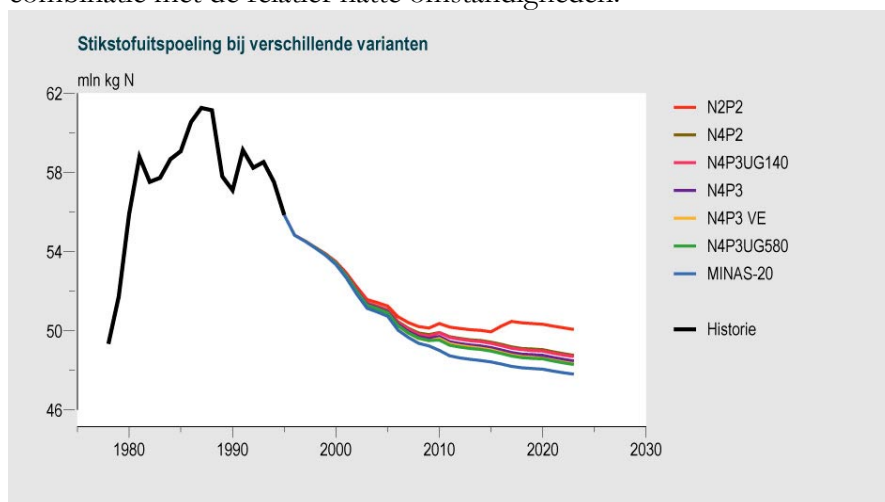
Door de verschillen in methodiek / uitgangspunten is het begrijpelijk dat er verschillen in nitraatconcentraties ontstaan indien de WOG-resultaten met die van STONE worden vergeleken. In tegenstelling tot de resultaten van de WOG, is de nitraatconcentratie op een deel van het areaal, met name op de droge zandgronden, nog boven de nitraatnorm van 50 mg/l (zie paragraaf 4.1). Deels wordt dit veroorzaakt doordat het overall effect van de verschillen tussen WOG en STONE leidt tot een verschil in netto-bodemoverschot van gemiddeld 30 kg N per ha (tabel 13). Een gedegen vergelijking van de WOG-uitgangspunten voor de droge zandgronden met die van de STONE uitkomsten is dan ook aan te bevelen (als het kan ook op onafhankelijke datasets), waarbij het tevens ook zinvol lijkt om vanuit kwaliteitsdoelstellingen met STONE terug te rekenen naar bodemoverschotten en giften die daarvoor benodigd zijn.

### **4.3 Stikstofemissies naar het oppervlaktewater**

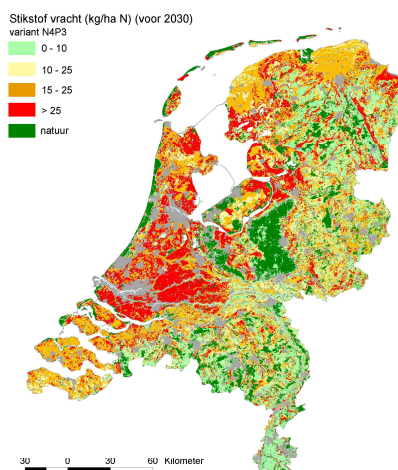
De diverse rekenvarianten van gebruiksnormen leiden op termijn tot een lagere belasting van het oppervlaktewater. De verschillen tussen de varianten zijn echter beperkt.

De nationale stikstofbelasting van het oppervlaktewater (Figuur 5) varieert in een bandbreedte van 48-50 miljoen kg, waarbij de N4P3-variant iets lager ligt dan de N2P2-variant. De belasting lijkt zich, bij deze belasting van de bodem, op de lange termijn ruwweg op dit niveau te stabiliseren, op 80% van de maximale belasting die in jaren 80-95 optrad. Voor 2100 wordt een nauwelijks lagere belasting van het oppervlaktewater berekend (Aanhangsel 7). Opgemerkt wordt dat de stikstofbelasting van het oppervlaktewater die in figuur 5 is aangegeven, gebaseerd is op het voortschrijdende gemiddelde van 15 weerjaren (cyclus aan weerjaren waarmee binnen STONE wordt gemodelleerd). De gemiddelde belasting is telkens uitgezet voor het middelste jaar. Kortom, het weergegeven eindjaar 2023 in figuur 5 is het gemiddelde van de STONE uitkomsten voor de stikstofbelasting van het oppervlaktewater over de periode 2016-2030. Er is een duidelijke invloed van het weerjaar op de stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater (Aanhangsel 2; Figuur A2.4).

De stikstofbelasting van het oppervlaktewater per hectare landbouwgrond is sterk afhankelijk van de grondwatertrap. Met toenemende grondwatertrap (drogere situaties), treedt minder belasting van het oppervlaktewater op. Het nationaal gemiddelde belasting bedraagt 17 tot 18 kg/ha N. De belasting voor de verschillende bodemtypen en bodemgebruiksvormen loopt uiteen van 6 tot 37 kg/ha N (Aanhangsel 8). In figuur 6 is aangegeven waar in Nederland lokaal hoge stikstofbelastingen van het oppervlaktewater optreden. Vooral is West Nederland is dit het geval, hetgeen mede wordt veroorzaakt door de hogere natuurlijke achtergrondconcentraties aan stikstof die in deze gebieden worden aangetroffen in combinatie met de relatief natte omstandigheden.



Figuur 5 Voortschrijdende gemiddelde stikstofbelasting van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden en natuurgebieden



Figuur 6 Ruimtelijk beeld van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in Nederland (2030)

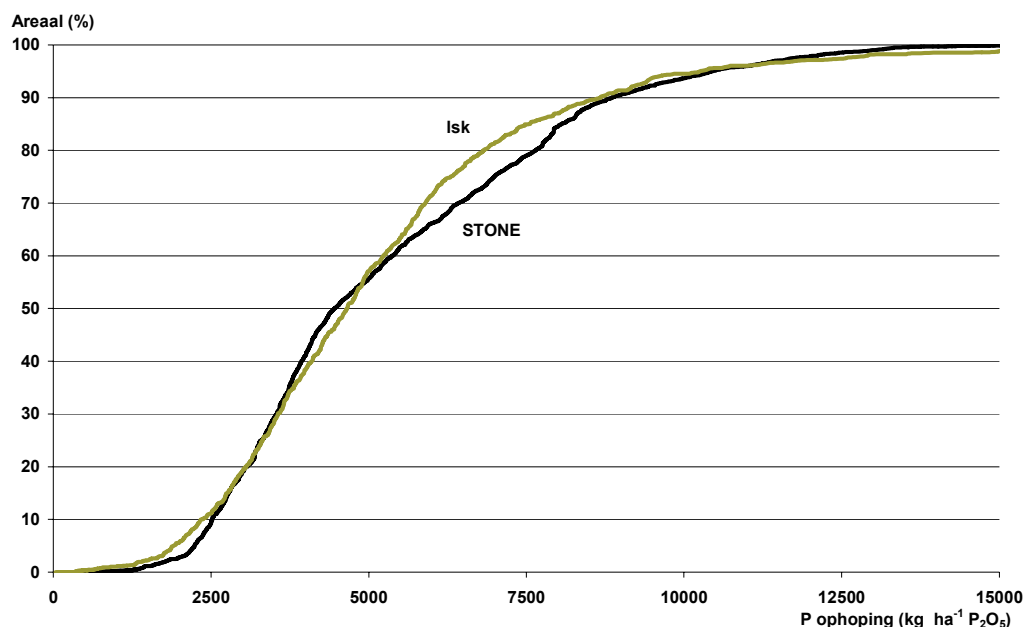
#### 4.4 Fosfaatvoorraad in de bodem en fosfaatverzadiging

De berekende cumulatieve ophoping van de bodem in de periode 2005-2035 kan direct worden afgeleid uit de netto-bodembelasting zoals gegeven in tabel 10 (paragraaf 2.4).

In alle varianten neemt de ophoping in de bodem toe; in de P3-varianten minder dan in de P2-varianten en die ook weer minder dan in de MINAS20-variant. De P3-varianten liggen in vergelijking met de verliesnormvarianten tussen D (verliesnorm 20 kg fosfaat) en F/G (verliesnorm 10 kg fosfaat) in.

De fosfaatonttrekking van akker- en tuinbouwbedrijven varieert (afhankelijk van het bouwplan) tussen 10 en 60 kg fosfaat per ha (Schröder et al., 2004). Dit betekent dat een fosfaatgebruiksnorm van 85 kg fosfaat per ha op een deel van de bedrijven een te hoge fosfaattoevoer toelaat. Hetzelfde geldt voor graasdierbedrijven. De door de WOG gehanteerde gemiddelden voor de fosfaatonttrekking zijn aan de hoge kant. Wellicht zijn zij wel correct voor grasland met hoge producties, maar te hoog voor grasland met een lagere opbrengst.

In alle varianten neemt de fosfaatoophoping in de bodem de komende jaren verder toe. In figuur 7 is de minerale fosfaatoophoping (laag 0-50 cm) aangegeven zoals dit eind negentiger jaren werd aangetroffen (Schoumans, 2004) en de situatie zoals STONE deze voor resp. 1998 en 2030 heeft berekend. De mediaanwaarde van de fosfaatoophoping in landbouwgronden bedraagt 5000 (eind jaren negentig) tot 5500 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha (in 2030).



Figuur 7 Minerale fosfaatoophoping onder landbouwgronden in de laag 0-50 cm-mv. zoals gemeten in de periode 1995-2001 (Isk: landelijk steekproef kaarteenheden) en de voorspelling voor de situatie in 2030 zoals deze wordt berekend met STONE



Als gevolg van deze toename in fosfaatophoping zal ook het areaal fosfaatverzadigde gronden toenemen. In principe is de definitie van een fosfaatverzadigde grond alleen voor de kalkarme zandgronden afgeleid (Van der Zee et al., 1990 a en b). Een fosfaatverzadigde kalkarme zandgrond wordt als fosfaatverzadigd gekenmerkt indien de fosfaatophoping boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) hoger is dan 25% van de bindingscapaciteit. In hoeverre dit voor de overige grondsoorten geldig is, is recent bediscussieerd en onderbouwd voor zover dit mogelijk was op basis van beschikbare laboratoriumexperimenten (Schoumans, 2004a). Figuur 8 geeft een ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden zoals deze door STONE in 2030 wordt voorspeld (links). Om de ophoping en toename van de fosfaatverzadiging te keren, zijn lagere gebruiksnormen nodig, waarbij de verliezen naar de bodem verwaarloosbaar (0-1 kg fosfaat per hectare) worden.

#### **4.5 Fosforemissies naar het oppervlaktewater**

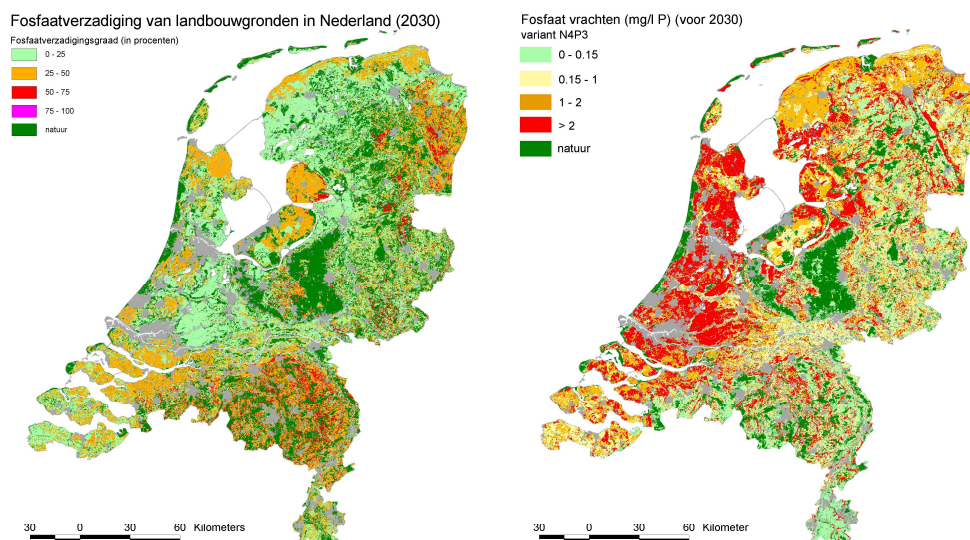
De diverse varianten leiden tot lagere belasting van het oppervlaktewater. De verschillen tussen de varianten zijn echter beperkt.

De nationale fosfaatbelasting van het oppervlaktewater (Figuur 9) neemt gestaag, maar traag, af na de piek midden jaren 90. De diverse varianten lopen niet sterk uiteen. De P3-variant geeft een iets grotere afname dan de P2-variant. De bandbreedte loopt uiteen van 4,6 tot 4,8 miljoen kg P.

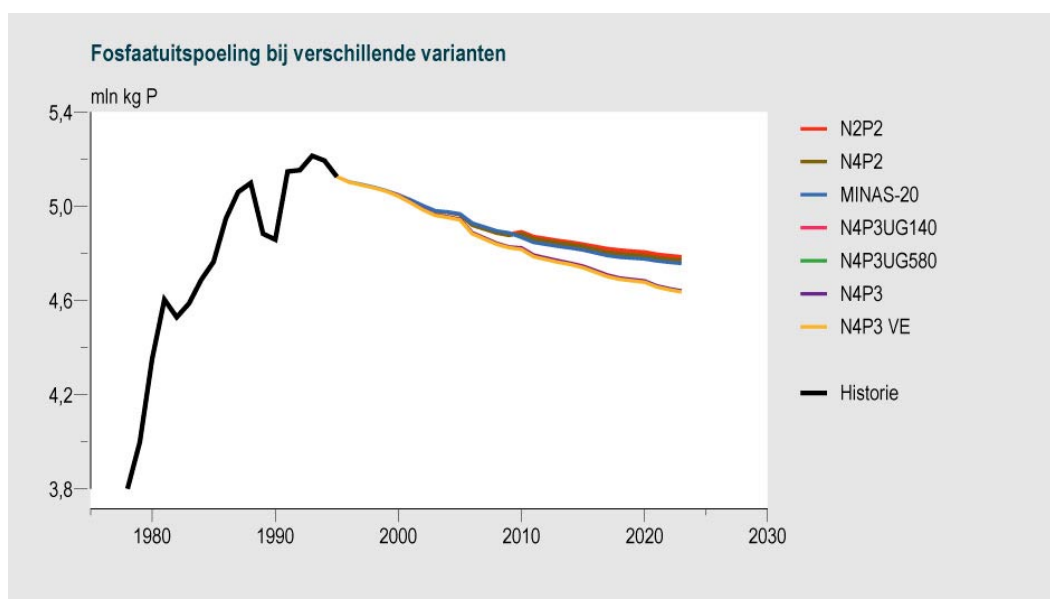
Wat betreft de belasting per hectare landbouwgrond geldt hetzelfde als voor stikstof: een hogere fosfaatbelasting van het oppervlaktewater naarmate de grond natter is (een hogere grondwaterstand heeft). De gemiddelde belasting bedraagt ongeveer 1,7 kg/ha P. De ruimtelijke verdeling van de fosforbelasting van het oppervlaktewater is in figuur 8 (rechts) weergegeven.

Daarnaast is berekend dat door de toename van de fosfaatverzadiging van de bodem de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater in de komende decennia weer toe zal nemen. Dit wordt veroorzaakt doordat fosfaat steeds dieper de bodem indringt, waardoor het grondwater steeds frequenter in contact fosfaat komt. Voor 2100 wordt een gemiddelde belasting van het oppervlaktewater van 1,7 kg /ha P (variant N4P3) tot 1,85 (variant N2P2) berekend (Aanhangsel 9). Dit geeft aan dat op langere termijn lagere fosfaatgebruiksnormen noodzakelijk zijn, indien deze situatie vermeden dient te worden.

Daarnaast wordt opgemerkt dat als gevolg van beleid (vernatting van (voormalige) landbouwgronden of van klimaatverandering) de grondwaterstanden gaan stijgen, een hogere fosfaatbelasting van het oppervlaktewater verwacht mag worden.



*Figuur 8 Voorspelling van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in 2030 (links) en het ruimtelijk beeld van de fosforbelasting van het oppervlaktewater in Nederland in 2030 (rechts)*



*Figuur 9 Voortschrijdende gemiddelde fosforbelasting van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden en natuurgebieden*

## 5 Conclusies en aanbevelingen

De zeven rekenvarianten van gebruiksnormen die in deze quick scan zijn beoordeeld voor wat betreft de gevolgen voor het milieu, leiden tot:

- een overschrijding van de nitraatnorm van 50 mg nitraat per liter in het bovenste grondwater op 20-25% van het areaal landbouwgrond;
- een afname in de stikstofemissies naar het oppervlaktewater voor ongeveer 20% ten opzichte van de situatie eind jaren negentig;
- een verdere toename van de fosfaatophoping in de bodem en een daarmee gepaard gaande toename van het areaal fosfaatverzadigde gronden;
- in eerste instantie afname van de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater met 10-15% in 2030 die in het verdere verloop van de 21-ste eeuw weer teniet wordt gedaan als gevolg van de toename van de fosfaatophoping in de bodem.

Nog iets toe te voegen over onderlinge weging en logica van de varianten.

De rekenvarianten van gebruiksnormen die zijn beoordeeld, liggen niet geheel in lijn van een aantal rekenvarianten opgesteld door de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG). Deze werkgroep had als taak het afleiden van een groot aantal varianten van gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige randvoorwaarden en wel voor een groot aantal (specifieke) gewassen. Vervolgens zijn voor een aantal WOG varianten aan gebruiksnormen de sociaal-economische effecten geëvalueerd en zijn de nationale dierlijke mestoverschotten berekend. Door het voortschrijdend inzicht zijn ook tijdens dit traject, in overleg met LNV, deels andere aannamen en uitgangspunten gehanteerd. Omdat vervolgens op basis van het nationaal berekende dierlijke mestoverschotten de mestverdeling (verschillende dierlijke mestvormen en kunstmestgiften) over de bodem en bodemgebruiksvormen (al of niet droge zandgronden) heeft plaatsgevonden, zijn ook in dit traject aannamen gemaakt. Daarnaast is bij de opdracht om de ex-ante evaluatie van gebruiksnormen op milieukundige effecten door te rekenen door de opdrachtgever op onderdelen afgeweken van de WOG uitgangspunten. Dit betreft voornamelijk de normen voor fosfaat. Daarnaast is sprake van methodiekverschillen als gevolg van verschillen in werkwijze en gehanteerde instrumenten. Als gevolg van verschillen in uitgangspunten, detailniveau, gehanteerde systematiek en gebruikte literatuurgegevens worden verschillen dan ook verschillen in milieukundige effecten waargenomen. Doordat zowel de WOG, de sociaal-economische gevolgen, de berekening van de dierlijke mestoverschotten als ook de ex-ante evaluatie van de milieukundige effecten van gebruiksnormen in een zeer kort tijdsbestek diende te worden uitgevoerd, heeft er wellicht toe geleid dat hier en daar “men (te) kort door de bocht is gegaan”. In onderhavige rapportage is wel getracht de oorzaken van deze verschillen zo veel mogelijk inzichtelijk te maken. Het voert echter te ver om in deze

ex-ante analyse van de milieu-effecten alle detailstappen die in deze deelstudies zijn uitgevoerd, volledig te evalueren.

Vanuit deze quick scan wordt aanbevolen om in ieder geval bij de nadere uitwerking en verdieping, met betrekking tot de onderbouwing van gebruiksnormen, extra aandacht te schenken aan een aantal onzekerheden en verschillen die direct van invloed zijn op feitelijke bodemoverschotten die mogen ontstaan mede in relatie tot de acceptabele milieukundig effecten voor grond- en oppervlaktewater. Het betreft hier vooral:

- vertaling van gebruiksnormen naar verschillende vormen van dierlijke mestgiften en kunstmestgiften per gewas en naar de gewasgroepen die voor de berekeningen op nationale schaal worden gehanteerd;
- afstemming van het niveau van de werkingscoëfficiënten voor stikstof in de dierlijke mest;
- de hoogte van de depositie, stikstofvervluchting en de netto-afvoer aan nutriënten via het gewas bij verschillende niveaus van gebruiksnormen voor de gewassen en de gewasgroepen;
- vaststellen van het actuele netto-neerslagoverschot voor met name de droge zandgronden;
- bepaling van de maximaal toelaatbare bodemoverschotten waarbij met het STONE-instrumentarium de nitraatnorm van 50 mg nitraat per liter wordt gerealiseerd en wel voor verschillende gewasgroepen en bodem/ hydrologische omstandigheden.

## Literatuur

- Aarts, H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen, 1999. Limits to intensity of milk production in sandy areas in The Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 47, 263-277.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté. & H. van Keulen, 2000. Nitrogen (N) management in the 'De Marke' dairy farming system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56: 231-240.
- Bakel, P.J.T. de, T. Kroon, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, H.T.L. Massop, D.J.J. Walvoort, in voorber., *Reparatie hydrologie voor STONE 2.1*, Kroes et al., 2003. *Hydrologie. Rapport* ????, Alterra, Wageningen.
- Berge H.F.M. ten., J.C.M. Withagen, F.J. de Ruijter, M.J.W. Jansen en H.G. van der Meer, 2000. Nitrogen responses in grass and selected field crops. Quad-Mod parameterization and extensions for STONE-application. Report 24, Plant Research International, Wageningen.
- Beukeboom, J.A., 1996. Kiezen uit Gehalten 3. Forfaitaire gehalten voor de Mineralenboekhouding. Publicatie IKC-Landbouw, 22 pp.
- Beusen, A.H.W., c.c.g. Schotten, J. Roelsma. P. Groenendijk, 2004. Stone 2.1 Technische documentatie, Intern IMP rapport M004/04, RIVM/MNP, Bilthoven.
- Dekkers, W.A., 2002. Kwantitatieve Informatie. Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2002. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, PPO-publicatie nr. 301, 317 pp.
- Groenwold, J.G., D.A. Oudendag, H.H. Luesink, G. Cotteleer en H. Vrolijk, 2002. Het Mest- en Ammoniakmodel. Rapport 8.02.03, LEI, Den Haag, 77 p.
- Hoop, D.W. de, H.H. Luesink, H. Prins, C.H.G. Daatselaar en T.C. van Leeuwen, 2003. Sociaal-economische effecten en nationaal mestoverschot bij enkele varianten van derogatie van de EU-Nitraatrichtlijn. Rapport, LEI, Den Haag.
- Kroes, J.G., P.J.T. van Bakel, J. Huygen, T. Kroon, R. Pastoors, 2001. Actualisatie van de hydrologie voor STONE 2.0. Reeks Milieuplanbureau 16 en Alterra-rapport 298, Alterra, Wageningen
- Landman, A., 1994. Opname en afvoer van nutriënten door bolgewassen. Laboratorium voor bloembollenonderzoek, rapport 94, Lisse, 23 pp.
- Luesink, H.H., C.H.G. Daatselaar, G.J. Doornewaard, H. Prins e D.W. de Hoop, 2004b. Sociaal-economische effecten en nationaal mestoverschot bij varianten van gebruiksnormen. Studie in het kader van evaluatie Meststoffenwet 2004. Rapport, LEI, Den Haag.
- LNV, 2003. Integrale aanpak mestproblematiek; brief dd. 3 november 2003 van de minister van LNV. Ministerie van LNV, Den Haag.
- Middelkoop N. & H.F.M. Aarts, 1991. De invloed van bodemeigenschappen, bemesting en gebruik op de opbrengst en de stikstofemissies van grasland op zandgrond. Verslag 144 Cabo-DLO, Wageningen. 78 pp.
- Overbeek, G.B.J., A.H.W. Beusen, P.C.M. Boers, G.J. van den Born, P. Groenendijk, J.J.M. van Grinsven, T. Kroon, H.G. van der Meer, H.P. Oosterom, P.J.T.M. van Puijenbroek, J. Roelsma, C.W.J. Roest, R. Rötter, A. Tiktak & S. van Tol,

2000. Plausibiliteitsdocument STONE 2.0. RIVM rapport 718501001, Bilthoven.
- RIVM, 2002. MINAS en Milieu, Balans en Verkenning, RIVM, Bilthoven
- RIVM, 2004. Milieubalans. Het Nederlandse milieu verklaard. RIVM, Bilthoven
- Schoumans, O.F., J. Roelsma, H.P. Oosterom, P. Groenendijk, J. Wolf, H. van Zeijts, G.J. van den Born, S. van Tol, A.H.W. Beusen, H.F.M. ten Berge, H.G. van der Meer, F.K. van Evert, 2002. Nutriëntenemissie vanuit landbouwgronden naar het grondwater en oppervlaktewater bij varianten van verliesnormen. Modelberekeningen met STONE 2.0. Rapportage cluster 4, deel 1, Alterra, Wageningen.
- Schoumans, O.F., 2004. Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Alterra rapport 730.4, Alterra, Wageningen.
- Schröder, J.J., 1998. Towards improved nitrogen management in silage maize production on sandy soils. PhD Thesis Wageningen Agricultural University, Wageningen, 223 pp.
- Schröder, J.J. & W.J. Corré (eds.) 2000 Actualisering stikstof- en fosfaat-desk-studies. Plant Research International, Rapport 22, Wageningen, 182 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004. Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten, rapport nr 79, PRI, Wageningen.
- Schröder JJ & Van Keulen H (1997) Modelling the residual N effect of large slurry applications on maize land in The Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science 45: 477-494
- VROM, 2003. Derde Nederlandse Actieprogramma (2004-2007) inzake de Nitraatrichtlijn; 91/676/EEG. Bijlage bij Kamerbrief 19-12-2003. Kenmerk BWL/2003 109 978. Ministerie van VROM, Den Haag.
- Willigen P. de, P. Cleij, H.P. Oosterom en C.G.J. Schotten, 2003. Lot van het stikstofoverschot, rapport 732, Alterra, Wageningen
- 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 2.0, Samenvatting en belangrijkste resultaten. RIVM rapport 718201 007, RIVM, Bilthoven.
- Willems, W.J., Vellinga, Th. V., Oenema, O., Schröder, J.J., Van Der Meer, H.G., Fraters, B. & Aarts, H.F.M., 2000. Onderbouwing van het Nederlandse derogatieverzoek in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn. Rapport 718201002, RIVM, Bilthoven, 102 pp.
- Whitmore AP & Schröder JJ (1996) Modelling the change in soil organic C and N in response to applications of slurry manure. Plant and Soil 184: 185-194.
- Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter, H. van Zeijts, 2003. The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. Environmental Modelling & Software 18 (2003) 597-617
- Zee, S.E.A.T.M. van der, W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan, 1990a. Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel I: Toelichting. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding. Landbouwuniversiteit Wageningen.

Zee, S.E.A.T.M. van der, W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan, 1990b. Het  
protokol fosfaatverzadigde gronden. Deel II: Technische Uitwerking.  
Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding. Landbouwniversiteit Wageningen.





# Bijlage 1 Areaal gewogen gemiddelde stikstof- en fosfor- bodemoverschotten voor de verschillende rekenvarianten aan gebruiksnormen

| Minas20         | grasland    |        |             |        | maisland    |        |             |        | bouwland    |        |             |        |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                 | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        |
|                 | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig |
| Nwerkzaam, dm   | -99         | -99    | -99         | -99    | -99         | -99    | -99         | -99    | -99         | -99    | -99         | -99    |
| Nkunstmest      | 167         | 171    | 166         | 171    | 6           | 8      | 5           | 8      | 73          | 131    | 75          | 142    |
| Ngebruiksnorm   | 68          | 72     | 67          | 72     | -93         | -91    | -94         | -91    | -26         | 32     | -24         | 43     |
| Ndm             | 276         | 263    | 262         | 262    | 156         | 153    | 160         | 155    | 62          | 63     | 93          | 86     |
| Nbemesting      | 443         | 435    | 448         | 433    | 162         | 161    | 164         | 162    | 156         | 214    | 168         | 227    |
| Ndep            | 26          | 23     | 27          | 22     | 28          | 29     | 29          | 29     | 25          | 22     | 26          | 22     |
| Nbodem          | 469         | 458    | 475         | 455    | 191         | 190    | 194         | 191    | 181         | 235    | 194         | 249    |
| Nopn,gewas      | 295         | 285    | 295         | 294    | 137         | 120    | 132         | 136    | 94          | 88     | 98          | 98     |
| Nbodemoverschot | 174         | 173    | 181         | 161    | 54          | 70     | 62          | 55     | 87          | 148    | 96          | 151    |
| Pkunstmest      | 8           | 7      | 9           | 7      | 4           | 4      | 2           | 4      | 11          | 18     | 11          | 19     |
| Pdierlijke mest | 43          | 41     | 44          | 40     | 29          | 29     | 30          | 29     | 24          | 25     | 27          | 26     |
| Popn, gewas     | 38          | 40     | 38          | 39     | 26          | 26     | 26          | 26     | 23          | 24     | 24          | 25     |
| Pbodemoverschot | 14          | 9      | 15          | 9      | 7           | 7      | 7           | 7      | 13          | 19     | 14          | 21     |
| Areaal (ha)     | 104175      | 705994 | 57813       | 116356 | 63125       | 97938  | 16513       | 43844  | 95113       | 413606 | 23281       | 214350 |

| N2P2            | grasland    |        |             |        | maisland    |        |             |        | bouwland    |        |             |        |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                 | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        |
|                 | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig |
| Nwerkzaam, dm   | 109         | 111    | 110         | 110    | 126         | 128    | 125         | 127    | 70          | 36     | 77          | 36     |
| Nkunstmest      | 215         | 249    | 214         | 264    | 33          | 31     | 34          | 32     | 132         | 156    | 135         | 156    |
| Ngebruiksnorm   | 324         | 360    | 324         | 374    | 159         | 159    | 159         | 159    | 202         | 192    | 212         | 192    |
| Ndm             | 219         | 221    | 220         | 218    | 179         | 180    | 175         | 179    | 98          | 98     | 113         | 103    |
| Nbemesting      | 434         | 470    | 434         | 462    | 212         | 211    | 210         | 212    | 230         | 255    | 248         | 260    |
| Ndep            | 26          | 23     | 27          | 22     | 28          | 29     | 29          | 29     | 25          | 22     | 26          | 22     |
| Nbodem          | 460         | 493    | 461         | 505    | 240         | 240    | 239         | 240    | 255         | 276    | 274         | 282    |
| Nopn,gewas      | 301         | 319    | 299         | 338    | 155         | 137    | 150         | 154    | 124         | 96     | 125         | 104    |
| Nbodemoverschot | 159         | 174    | 162         | 166    | 85          | 103    | 89          | 86     | 131         | 180    | 149         | 177    |
| Pkunstmest      | 12          | 11     | 11          | 12     | 7           | 7      | 8           | 7      | 15          | 15     | 12          | 13     |
| Pdierlijke mest | 32          | 33     | 33          | 32     | 35          | 35     | 34          | 35     | 27          | 27     | 30          | 29     |
| Popn, gewas     | 38          | 41     | 38          | 42     | 26          | 26     | 26          | 27     | 24          | 25     | 25          | 25     |
| Pbodemoverschot | 6           | 3      | 6           | 2      | 16          | 16     | 16          | 15     | 18          | 17     | 17          | 17     |
| Areaal (ha)     | 104175      | 705994 | 57813       | 116356 | 63125       | 97938  | 16513       | 43844  | 95113       | 413606 | 23281       | 214350 |

| N4P2            | grasland    |        |             |        | maisland    |        |             |        | bouwland    |        |             |        |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                 | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        |
|                 | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig |
| Nwerkzaam, dm   | 110         | 112    | 110         | 110    | 120         | 123    | 121         | 121    | 57          | 35     | 64          | 34     |
| Nkunstmest      | 150         | 248    | 149         | 263    | 2           | 36     | 1           | 38     | 74          | 152    | 68          | 153    |
| Ngebruiksnorm   | 260         | 360    | 259         | 373    | 122         | 159    | 122         | 159    | 131         | 187    | 132         | 187    |
| Ndm             | 218         | 220    | 220         | 218    | 168         | 173    | 169         | 171    | 81          | 95     | 95          | 100    |
| Nbemesting      | 369         | 468    | 369         | 481    | 170         | 209    | 170         | 209    | 155         | 247    | 162         | 254    |
| Ndep            | 26          | 23     | 27          | 22     | 28          | 29     | 29          | 29     | 25          | 22     | 26          | 22     |
| Nbodem          | 395         | 491    | 396         | 503    | 198         | 237    | 199         | 237    | 180         | 269    | 188         | 275    |
| Nopn,gewas      | 254         | 320    | 253         | 341    | 140         | 137    | 133         | 155    | 94          | 96     | 93          | 105    |
| Nbodemoverschot | 141         | 171    | 143         | 163    | 58          | 100    | 66          | 83     | 86          | 173    | 96          | 171    |
| Pkunstmest      | 11          | 11     | 11          | 12     | 9           | 8      | 9           | 9      | 19          | 15     | 16          | 14     |
| Pdierlijke mest | 33          | 33     | 33          | 32     | 33          | 34     | 33          | 33     | 23          | 27     | 26          | 28     |
| Popn, gewas     | 34          | 41     | 34          | 42     | 26          | 26     | 26          | 27     | 23          | 25     | 23          | 25     |
| Pbodemoverschot | 10          | 3      | 10          | 2      | 16          | 16     | 16          | 15     | 19          | 17     | 19          | 17     |
| Areaal (ha)     | 104175      | 705994 | 57813       | 116356 | 63125       | 97938  | 16513       | 43844  | 95113       | 413606 | 23281       | 214350 |

| N4P3            | grasland    |        |             |        | maisland    |        |             |        | bouwland    |        |             |        |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                 | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        |
|                 | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig |
| Nwerkzaam, dm   | 109         | 111    | 109         | 109    | 116         | 120    | 117         | 118    | 53          | 31     | 59          | 31     |
| Nkunstmest      | 151         | 249    | 150         | 265    | 4           | 39     | 3           | 41     | 78          | 155    | 73          | 156    |
| Ngebruiksnorm   | 260         | 360    | 259         | 374    | 120         | 159    | 120         | 159    | 131         | 186    | 132         | 187    |
| Ndm             | 218         | 220    | 219         | 218    | 167         | 171    | 168         | 170    | 75          | 87     | 87          | 92     |
| Nbemesting      | 369         | 469    | 368         | 482    | 171         | 211    | 171         | 211    | 154         | 242    | 160         | 248    |
| Ndep            | 26          | 23     | 27          | 22     | 28          | 29     | 29          | 29     | 25          | 22     | 26          | 22     |
| Nbodem          | 395         | 493    | 396         | 504    | 199         | 239    | 200         | 239    | 179         | 264    | 185         | 270    |
| Nopn,gewas      | 254         | 321    | 253         | 341    | 140         | 138    | 133         | 155    | 94          | 95     | 94          | 104    |
| Nbodemoverschot | 141         | 171    | 143         | 163    | 60          | 101    | 67          | 84     | 85          | 169    | 91          | 166    |
| Pkunstmest      | 11          | 11     | 11          | 12     | 4           | 4      | 4           | 4      | 15          | 12     | 12          | 11     |
| Pdierlijke mest | 33          | 33     | 33          | 32     | 32          | 32     | 32          | 32     | 21          | 24     | 24          | 25     |
| Popn, gewas     | 34          | 41     | 34          | 42     | 26          | 26     | 26          | 27     | 23          | 25     | 23          | 25     |
| Pbodemoverschot | 10          | 3      | 10          | 2      | 10          | 10     | 10          | 9      | 13          | 11     | 13          | 11     |
| Areaal (ha)     | 104175      | 705994 | 57813       | 116356 | 63125       | 97938  | 16513       | 43844  | 95113       | 413606 | 23281       | 214350 |

***Vervolg bijlage 1: Areaal gewogen gemiddelde stikstof- en fosforbodemoverschotten voor de verschillende rekenvarianten aan gebruiksnormen (vervolg)***

| N4P3UG140       | grasland    |        |             |        | maisland    |        |             |        | bouwland    |        |             |        |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                 | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        |
|                 | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig |
| Nwerkzaam, dm   | 106         | 111    | 103         | 110    | 116         | 119    | 118         | 118    | 53          | 33     | 69          | 35     |
| Nkunstmest      | 155         | 250    | 158         | 261    | 4           | 39     | 2           | 41     | 77          | 155    | 62          | 153    |
| Ngebruiksnorm   | 261         | 361    | 261         | 371    | 120         | 158    | 120         | 159    | 130         | 188    | 131         | 188    |
| Ndm             | 212         | 220    | 207         | 219    | 165         | 171    | 168         | 170    | 72          | 87     | 89          | 89     |
| Nbemesting      | 367         | 470    | 365         | 480    | 170         | 211    | 170         | 210    | 149         | 241    | 151         | 242    |
| Ndep            | 27          | 23     | 28          | 23     | 29          | 29     | 29          | 28     | 27          | 22     | 29          | 22     |
| Nbodem          | 394         | 493    | 393         | 503    | 198         | 239    | 199         | 239    | 176         | 263    | 179         | 265    |
| Nopn.gewas      | 255         | 322    | 254         | 338    | 140         | 139    | 139         | 155    | 89          | 97     | 73          | 108    |
| Nbodemoverschot | 139         | 171    | 139         | 165    | 58          | 100    | 60          | 84     | 87          | 167    | 107         | 157    |
| Pkunstmest      | 12          | 11     | 12          | 11     | 5           | 4      | 4           | 4      | 16          | 12     | 11          | 11     |
| Pdierlijke mest | 32          | 33     | 32          | 33     | 31          | 32     | 32          | 32     | 20          | 24     | 25          | 25     |
| Popn, gewas     | 34          | 41     | 34          | 41     | 26          | 26     | 26          | 26     | 23          | 25     | 24          | 25     |
| Pbodemoverschot | 10          | 3      | 10          | 3      | 10          | 10     | 10          | 10     | 13          | 11     | 12          | 11     |
| Areaal (ha)     | 46106       | 757888 | 5919        | 174425 | 33031       | 112513 | 1938        | 73938  | 49206       | 433181 | 3706        | 260256 |

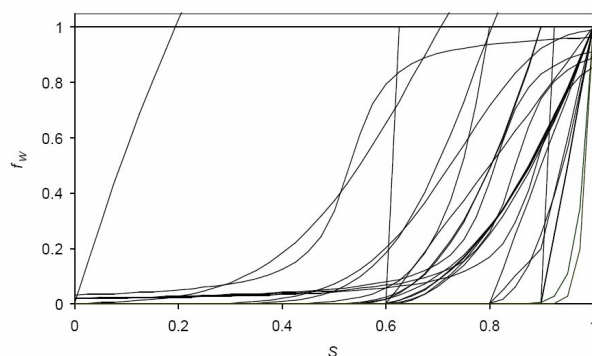
| N4P3UG80        | grasland    |        |             |        | maisland    |        |             |        | bouwland    |        |             |        |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                 | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        |
|                 | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig |
| Nwerkzaam, dm   | 110         | 111    | 111         | 108    | 117         | 120    | 118         | 123    | 52          | 31     | 52          | 27     |
| Nkunstmest      | 152         | 249    | 151         | 273    | 4           | 39     | 3           | 36     | 79          | 156    | 85          | 159    |
| Ngebruiksnorm   | 262         | 360    | 262         | 381    | 121         | 159    | 121         | 159    | 131         | 187    | 137         | 186    |
| Ndm             | 219         | 220    | 221         | 215    | 167         | 172    | 169         | 177    | 78          | 86     | 89          | 93     |
| Nbemesting      | 370         | 469    | 372         | 487    | 171         | 211    | 172         | 214    | 157         | 242    | 174         | 252    |
| Ndep            | 25          | 23     | 26          | 21     | 29          | 29     | 28          | 27     | 25          | 22     | 24          | 21     |
| Nbodem          | 396         | 492    | 398         | 508    | 200         | 240    | 200         | 241    | 182         | 264    | 198         | 274    |
| Nopn.gewas      | 256         | 320    | 256         | 346    | 139         | 136    | 130         | 158    | 96          | 94     | 99          | 99     |
| Nbodemoverschot | 140         | 172    | 142         | 162    | 61          | 103    | 70          | 83     | 87          | 170    | 99          | 175    |
| Pkunstmest      | 11          | 11     | 11          | 12     | 4           | 4      | 4           | 4      | 14          | 12     | 11          | 10     |
| Pdierlijke mest | 33          | 33     | 33          | 32     | 32          | 32     | 32          | 32     | 22          | 24     | 25          | 26     |
| Popn, gewas     | 34          | 42     | 34          | 44     | 26          | 26     | 26          | 28     | 23          | 25     | 23          | 25     |
| Pbodemoverschot | 10          | 2      | 10          | 0      | 10          | 10     | 10          | 8      | 13          | 11     | 13          | 11     |
| Areaal (ha)     | 153513      | 626200 | 137606      | 67019  | 95488       | 76406  | 38044       | 11481  | 134375      | 393844 | 43044       | 175088 |

| N4P3UGVE        | grasland    |        |             |        | maisland    |        |             |        | bouwland    |        |             |        |
|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                 | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        | zuiver      |        | onzuiver    |        |
|                 | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig | uitsp. gev. | overig |
| Nwerkzaam, dm   | 107         | 109    | 108         | 108    | 117         | 120    | 117         | 119    | 53          | 31     | 59          | 31     |
| Nkunstmest      | 153         | 251    | 151         | 266    | 4           | 39     | 3           | 40     | 78          | 156    | 73          | 157    |
| Ngebruiksnorm   | 260         | 360    | 259         | 374    | 121         | 159    | 120         | 159    | 131         | 187    | 132         | 188    |
| Ndm             | 212         | 213    | 214         | 211    | 165         | 170    | 166         | 168    | 75          | 85     | 87          | 90     |
| Nbemesting      | 365         | 464    | 365         | 477    | 168         | 209    | 169         | 208    | 153         | 241    | 160         | 247    |
| Ndep            | 26          | 23     | 27          | 22     | 28          | 29     | 29          | 29     | 25          | 22     | 26          | 22     |
| Nbodem          | 391         | 487    | 392         | 499    | 197         | 237    | 198         | 237    | 178         | 263    | 186         | 268    |
| Nopn.gewas      | 258         | 317    | 256         | 340    | 140         | 137    | 133         | 155    | 95          | 96     | 95          | 104    |
| Nbodemoverschot | 133         | 170    | 136         | 159    | 57          | 100    | 65          | 82     | 84          | 167    | 91          | 164    |
| Pkunstmest      | 11          | 11     | 11          | 12     | 4           | 3      | 4           | 4      | 14          | 11     | 11          | 10     |
| Pdierlijke mest | 33          | 33     | 33          | 32     | 32          | 33     | 32          | 33     | 22          | 25     | 25          | 26     |
| Popn, gewas     | 34          | 41     | 34          | 42     | 26          | 26     | 26          | 27     | 23          | 25     | 24          | 25     |
| Pbodemoverschot | 10          | 3      | 10          | 2      | 10          | 10     | 10          | 9      | 13          | 11     | 12          | 11     |
| Areaal (ha)     | 104175      | 705994 | 57813       | 116356 | 63125       | 97938  | 16513       | 43844  | 95113       | 413606 | 23281       | 214350 |

## Bijlage 2 Invloed waterverzadiging op de nitraatuitspoeling

In STONE is een vochtresponsrelatie voor denitrificatie geïmplementeerd die voor alle grondsoorten gelijk is. Deskundigen geven aan dat deze relatie specifiek is voor een grondsoort. In de literatuur zijn veel beschrijvingen voor deze relatie te vinden zoals in figuur A21 is aangegeven (zie Heinen, 2003; Alterra-report 690). Behalve het feit dat de relatie grondsoortspecifiek is, is te verwachten dat de relatie ook specifiek is voor klimaat, historisch grondgebruik, etc. De uitkomsten tav nitraatuitspoeling en denitrificatie in droge zandgronden blijken gevoelig te zijn voor deze parameter. Figuur A2.1 geeft in grote lijnen de range aan waarbinnen het verloop van de responscurve zou moeten liggen.

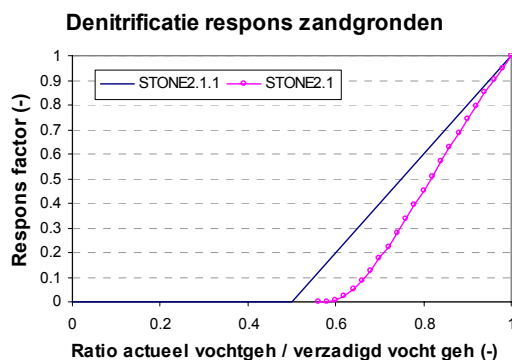


Figuur A2.1 Invloed van waterverzadigingsgraad op denitrificatie volgens een reeks modellen (zie Heinen, 2003)

In STONE2.1 zijn twee marginale wijzigingen aangebracht, waardoor STONE2.1.1 is ontstaan.

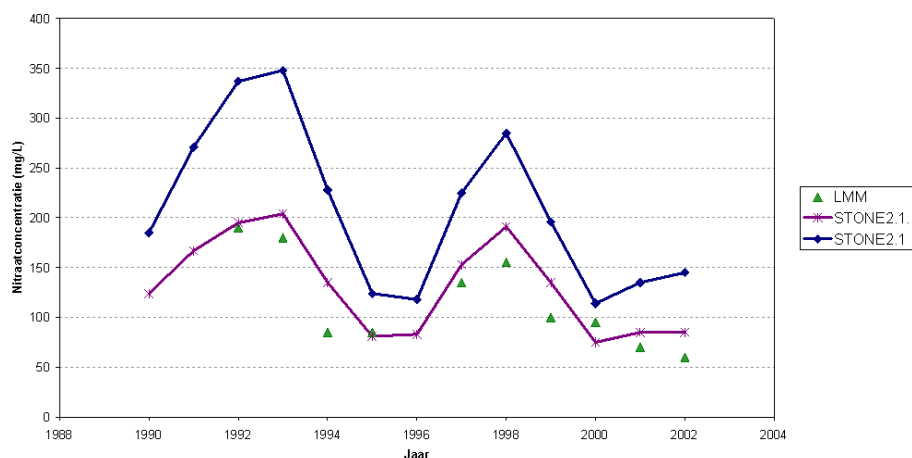
Op grond van het feit dat STONE2.1 uit zandgronden met graslanden een geringe nalevering berekent, terwijl een geringe accumulatie verwacht wordt, is de assimilatieverhouding voor grasresten iets naar boven bijgesteld (was 0.25 in STONE2.0; was 0.04 in STONE2.1; is 0.10 in STONE2.1.1).

Voor zandgronden is de vochtrespons voor denitrificatie aangepast (zie figuur A2.2). Verwacht wordt op basis van andere modellen en balansstudies dat op de drogere zandgronden meer denitrificatie plaatsvindt dan berekend met STONE2.1. Een dergelijk gedrag is in STONE in te brengen door de responsfunctie te laten starten bij een iets lagere waarde van waterverzadiging. De hierboven gegeven bandbreedte van responsfuncties is zodanig groot dat een kleine aanpassing te verantwoorden is.



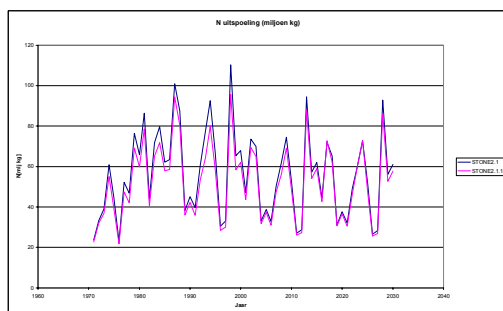
Figuur A2.2 Invloed van waterverzadiging op denitrificatie in zandgronden in STONE 2.1 en STONE2.1.1

Het vermoeden dat de beschrijving van de invloed van waterverzadiging op denitrificatie en daarmee indirect op nitraattuitspoeling erg gevoelig is werd bevestigd met de vergelijking van modeluitkomsten van STONE2.1 en STONE2.1.1 voor de LMM bedrijven (Figuur A2.3)



*Figuur A2.3 Gemiddelde Nitraatconcentraties voor de LMM bedrijven op zandgrond, gemeten en berekend met STONE2.1 en STONE2.1.1*

De bijstellingen hebben geen effect gehad op de P emissies naar het oppervlaktewater en een zeer gering effect op de N emissies, zoals in onderstaande figuur A2.4 is aangegeven (links N en rechts P)



*Figuur A2.4 Effect van de twee STONE versies (2.1 en 2.1.1) op de nutriëntenemissies naar het oppervlaktewater (resp. voor stikstof en fosfor)*

## Bijlage 3 Conclusie consensusgroep Hydrologie

Van: Consensusgroep Hydrologie (i.c. Jan van Bakel, Aaldrik Tiktak, Rien Pastoors, Timo Kroon, Joop Kroes)  
Aan: Rienier van de Berg, Oscar Schoumans, Piet Groenendijk  
Datum: 19 april 2004

### De nuttige neerslag in Stone versus WOG

#### 1. Inleiding

De vraag die voorligt: is de door STONE 2.1 berekende nuttige neerslag plausibel. En meer specifiek: is de nuttige neerslag voor grasland op drogere gronden plausibel. De aanleiding voor deze vraag is dat de door Stone berekende nuttige neerslagoverschotten van deze specifieke combinatie behoorlijk geringer is dan door de Werkgroep Opstellen Gebruiksnormen (WOG) wordt gehanteerd. In deze notitie zal op deze plausibiliteitsvraag nader worden ingegaan

#### 2. Aanpak

Zoals bekend is het werkplan 2004 een uitgebreide toetsing voorgesteld maar de resultaten daarvan zijn momenteel niet beschikbaar. Daarom zal hier worden volstaan met voor een deel herhalen van resultaten uit eerdere rapportages maar ook een nadere duiding van de oorzaken van de verschillen.

Het neerslagoverschot is gedefinieerd als de bruto neerslag (inclusief berekening) minus actuele evapotranspiratie, gemiddeld over een zekere periode. In dit neerslagoverschot zit dus ook dat deel van de neerslag dat via oppervlakte-afvoer tot afstroming komt. Dit is dus afwijkend van de definitie van nuttige neerslag of grondwateraanvulling: bruto neerslag zonder beregeningswater minus evapotranspiratie minus oppervlakte- en oppervlakkige afvoer. Er is niet uitputtend nagegaan welke definitie door de WOG is gehanteerd maar aannemelijk is dat de maaiveldsdrainage niet is meegenomen.

De oorzaak van de verschillen kan worden veroorzaakt door:

1. Verschil in definitie. Zie hiervoor. De door STONE 2.1 berekende oppervlakte-afvoer is voor droge zandgronden in de buurt van 20 mm per jaar (nog nagaan). Daar zou een (klein) deel van het verschil door kunnen worden verklaard?
2. Verschil in bruto neerslag. Er zijn geen redenen aan te nemen dat hierdoor verschillen ontstaan. Maar de gehanteerde districtindeling in STONE 2.1 is wellicht oorzaak van kleine verschillen.
3. Verschil in potentiële evapotranspiratie. Door de keuze in districten kunnen ook hierbij kleine verschillen ontstaan.
4. Verschil in actuele evapotranspiratie. De door Stone 2.1 berekende actuele veeljarig gemiddelde evapotranspiratie voor onberegend grasland is rond de 540 mm per jaar, ook voor droge grondwatertrappen. Dat is aan de hoge kant omdat in de literatuurwaarden van 500 mm/jaar worden genoemd, op basis van lysimeterexperimenten of als restpost van een waterbalans van een stroomgebied/polder. Die zijn gebaseerd op meetreeksen uit de periode 1940-1970 met uitzondering van Hupsel. Voor Hupsel leverde de vergelijking met STONE 2.0 overigens een perfecte overeenkomst. De droge-stofproductie van grasland is sinds die periode fors toegenomen met als consequentie een toename van de

evapotranspiratie van minimaal 7% (zie o.a. Bakel, P.J.T. van en P.A.J. W. de Wit, 1995. Is de toegenomen verdamping één van de oorzaken van de verdroging? *H<sub>2</sub>O* (25): 770-773). Dus een evapotranspiratie van 540 mm/jaar lijkt plausibel maar aan de hoge kant. Minder plausibel is dat het neerslagoverschot zo weinig afneemt bij drogere grondwatertrappen. Op grond van o.a. de HELP-tabel verwacht je op onberegend grasland op droge zandgronden een veeljarig gemiddelde droogteschade van rond de 20%. Dat zou betekenen dat het neerslagoverschot zo'n 80 mm groter moet zijn op droge zandgronden. Er zijn echter geen metingen beschikbaar om dit ook te bewijzen. Een deel van de verklaring is ook dat droogtegevoelige zandgronden bij voorrang zijn beregend waardoor de overgebleven niet-beregende plots de minder droogtegevoelige zijn. De wel beregende droge graslanden hebben een neerslagoverschot van 301 en 327 mm (gt VI resp. gt VII/VII\*).

Blijft de vraag: waarom wordt door SWAP (voor droge zandgronden) zulke hoge evapotranspiratie berekend? Daarvoor zijn de volgende oorzaken te noemen:

1. Het gewas gras in SWAP kent geen perioden met een geringe bodembedekking (bijv. vlak na het maaien)
2. Het gewas gras in SWAP staat ook na een periode met ernstige droogteschade fris en groen te verdampen.
3. Er wordt nooit geherinzaaid.
4. De koeien in SWAP betreden niet en schijten niet op het gras (ofwel overal is het gras even fris en groen).
5. De te gunstige capillaire eigenschappen. Het is zeer wel mogelijk dat door het werken met de Staringreeks er een effect is van middeling vooraf. Er zijn geen redenen hieraan een systematisch effect toe te kennen
6. Te weinig reductie van de gewasverdamping als gevolg van de drukhoogte in de wortelzone. Er zijn geen redenen hieraan een systematisch effect (te veel of te weinig reductie) toe te kennen.
7. SWAP berekent interceptieverdamping en kale-grondverdamping apart. Deze worden niet gereduceerd als gevolg van grondwaterstandsveranderingen waardoor veranderingen in gewasverdamping a.g.v. verandering in grondwaterstanden voor een deel worden gemaskeerd.
8. De kale-grondverdamping wordt mogelijk te hoog berekend. De kale grond in SWAP wordt niet beschermt door het gras.

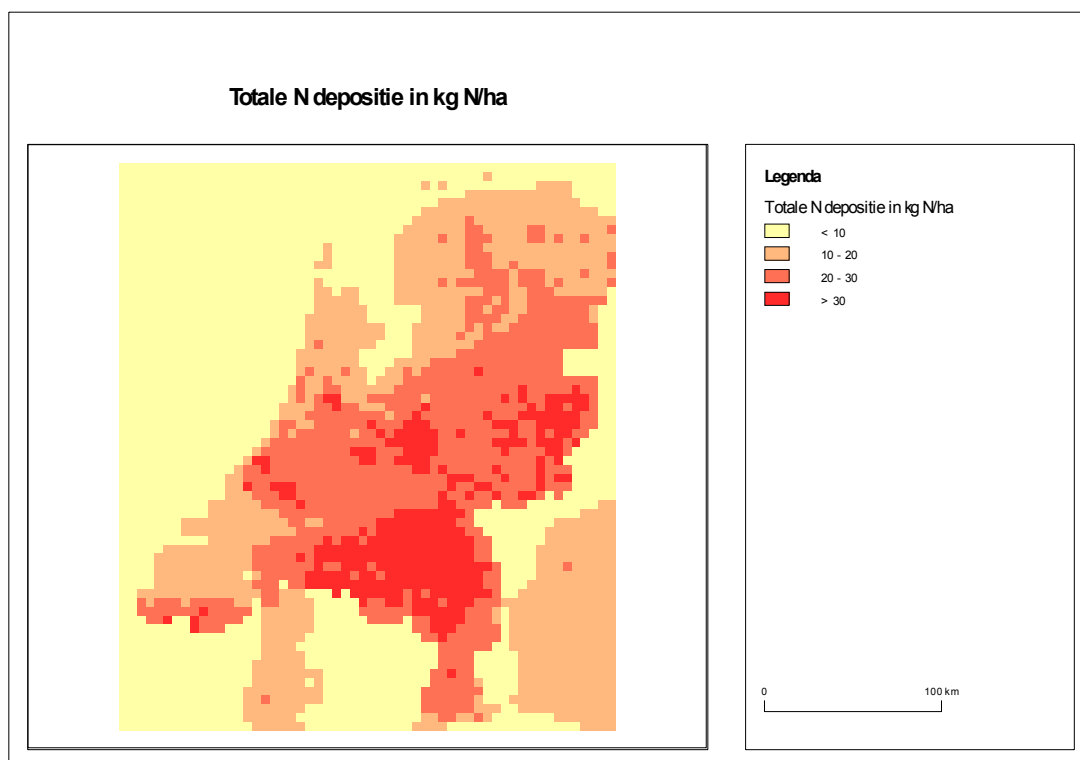
Al met al is de conclusie dat het aannemelijk is dat de door SWAP berekende actuele evapotranspiratie hoger is dan de werkelijke waarden (die uit waterbalansen of andere veldmetingen kunnen worden afgeleid). Om een expertoordeel te geven: zo'n 40 mm per jaar. Dat betekent een neerslagoverschot van ca. 300 mm voor droge niet beregende zandgronden. Dit is nog altijd 80 mm lager dan de WOG-cijfers. De WOG-cijfers zijn ook gebaseerd op modelberekeningen en evenzo behept met onzekerheden. Gelet op de onzekerheden in beide methoden kunnen alleen na een toetsing aan veldwaarnemingen meer gefundeerde uitspraken worden gedaan.

### **Aanbeveling**

Gezien de relevantie van het onderwerp is het zeer noodzakelijk de voorgestelde toetsing van de actuele evapotranspiratie daadwerkelijk uit te voeren.

Verder is het noodzakelijk eventuele verschillen in definities/concepten tussen STONE en WOG helder te maken.

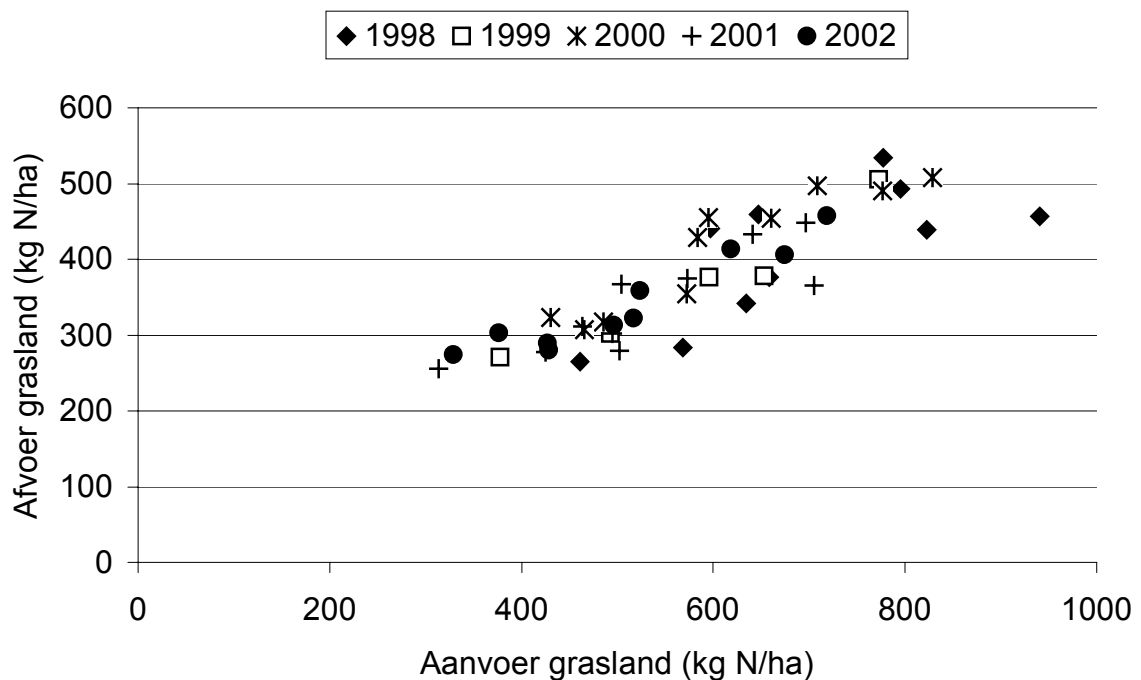
## Totale N desositie (NOx en NHx)



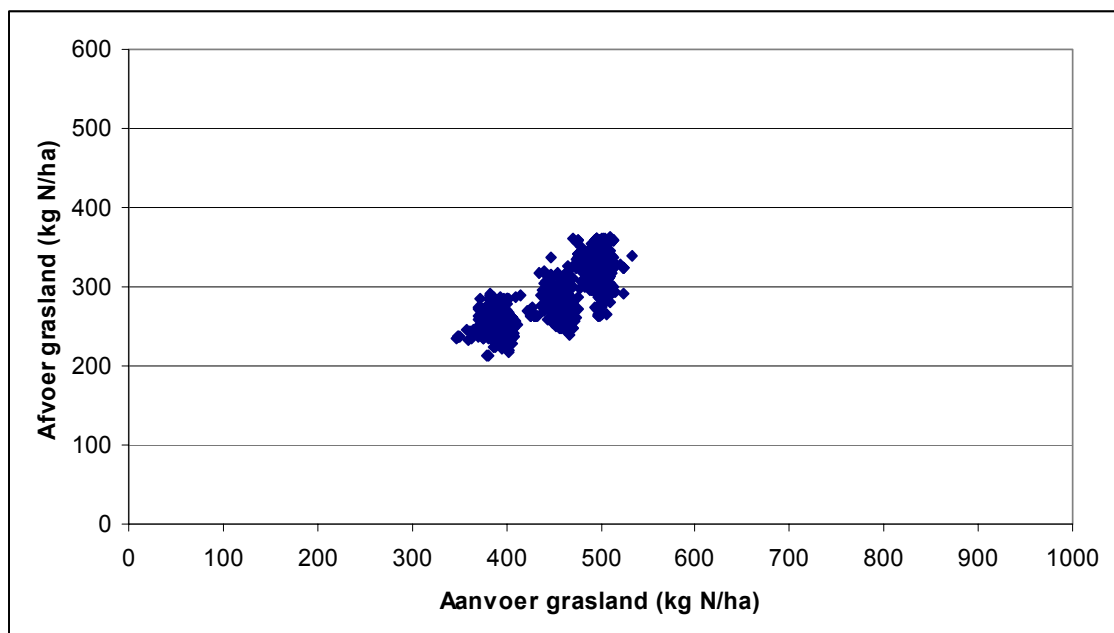




## Bijlage 4 N opname



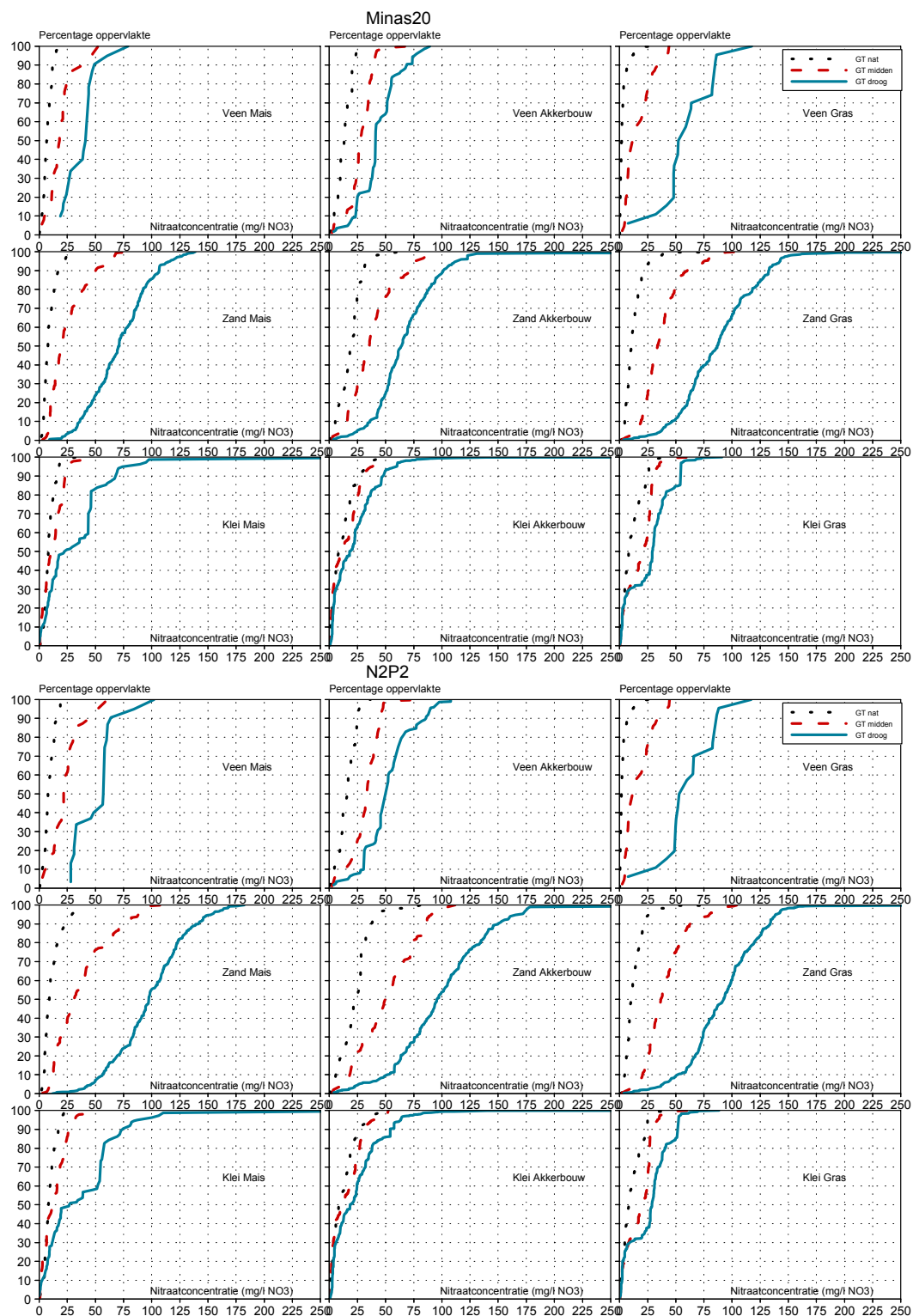
Figuur A5.1 Relatie tussen de aanvoer van N (meststoffen, depositie, klaver) en de netto grasopbrengst (opgenomen weidegras en afgevoerd kuilgras) van K&K-bedrijven op zandgrond.

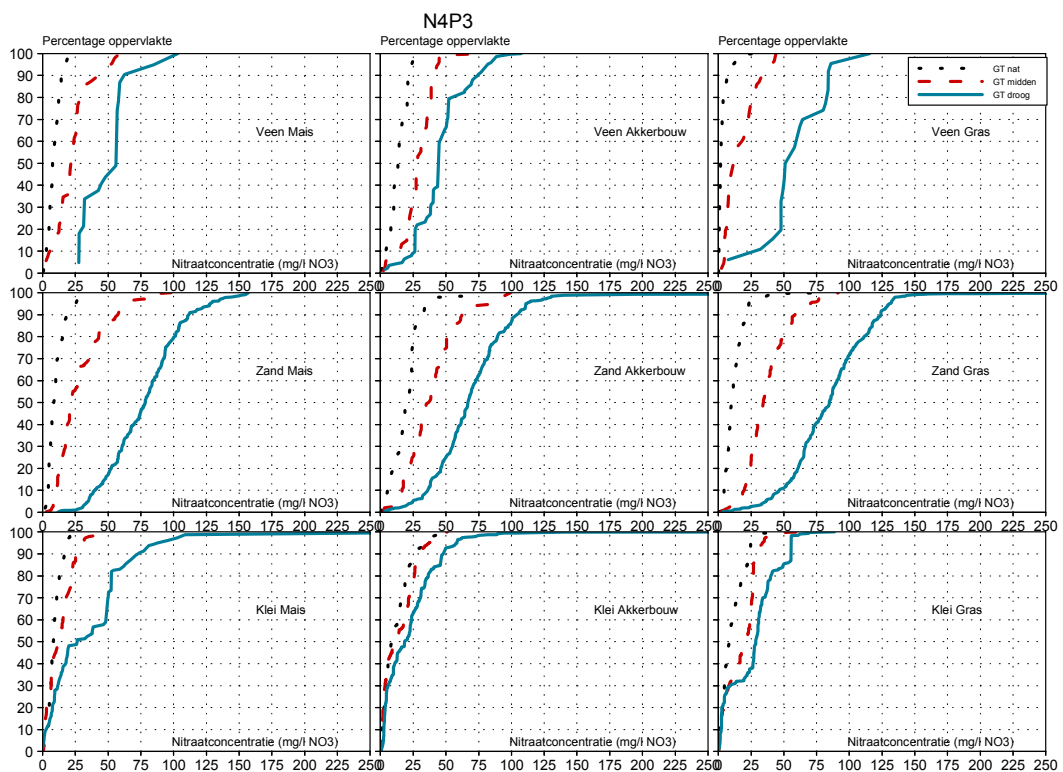
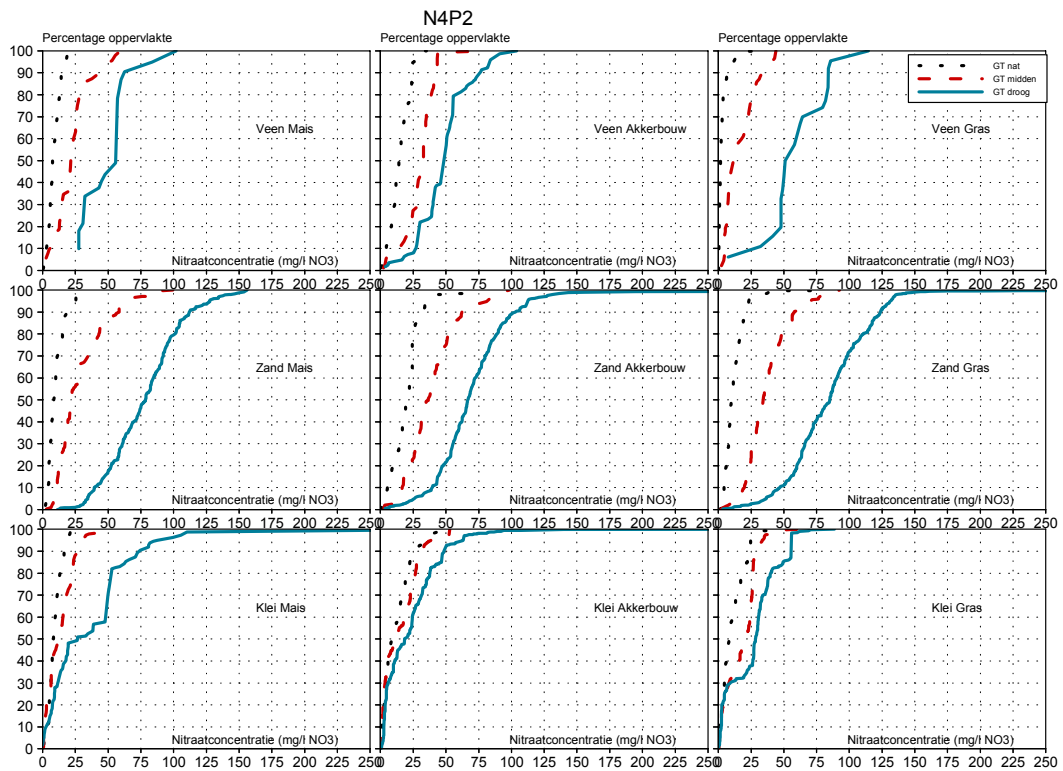


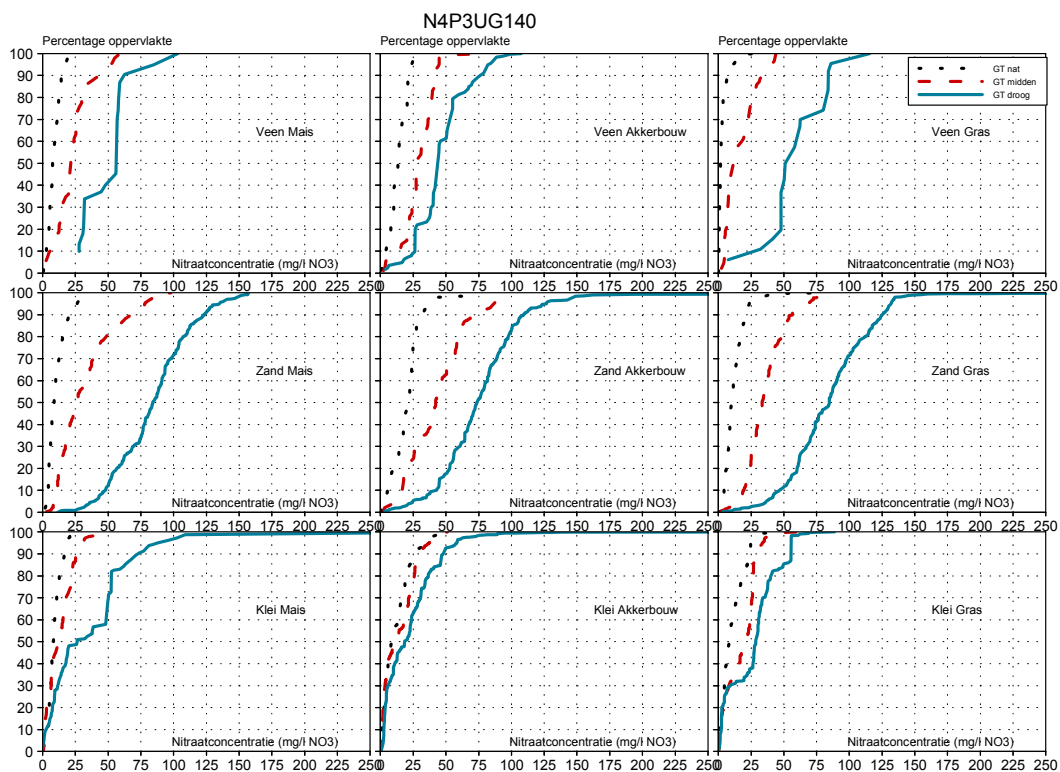
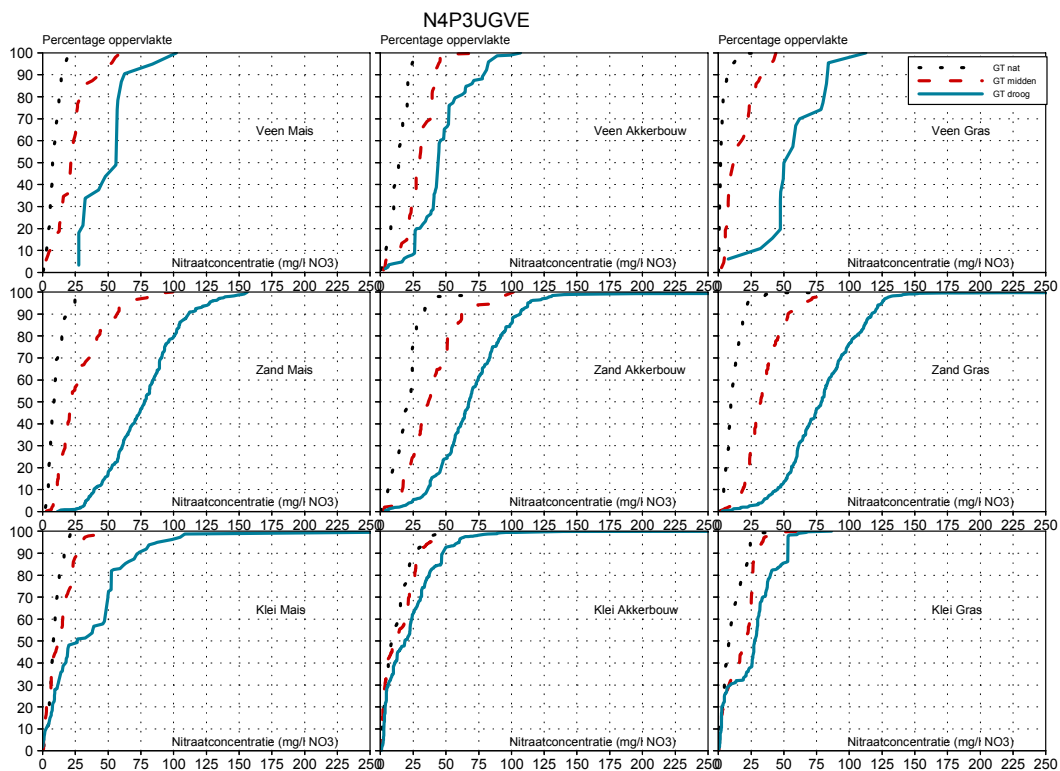
Figuur A5.2 Relatie tussen de aanvoer van N (meststoffen en depositie minus vervluchtiging) en de netto N opname bij gras op zandgronden zoals gevonden in de verschillende varianten (STONE)

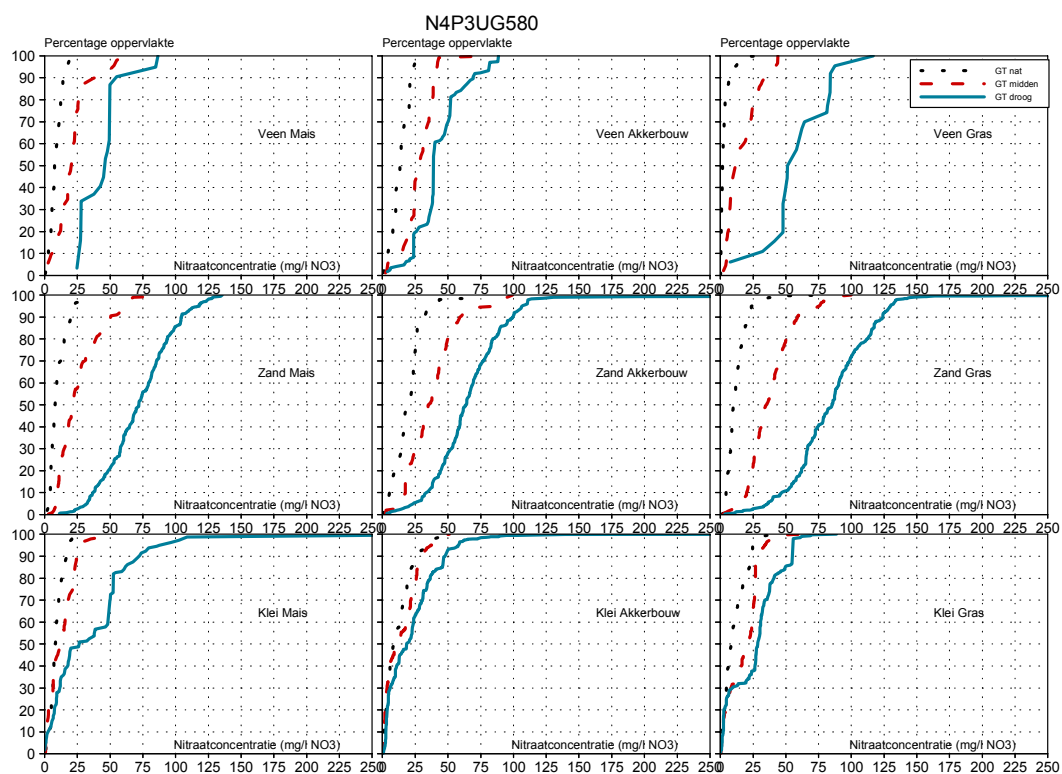


## Bijlage 5 Cumulatieve verdeling van de nitraatconcentraties

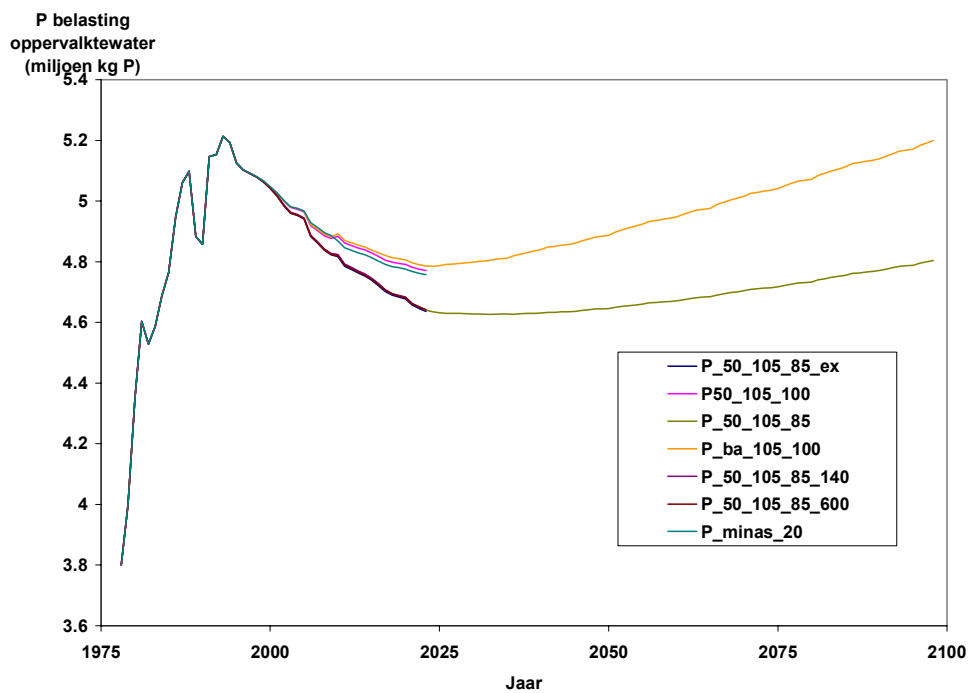
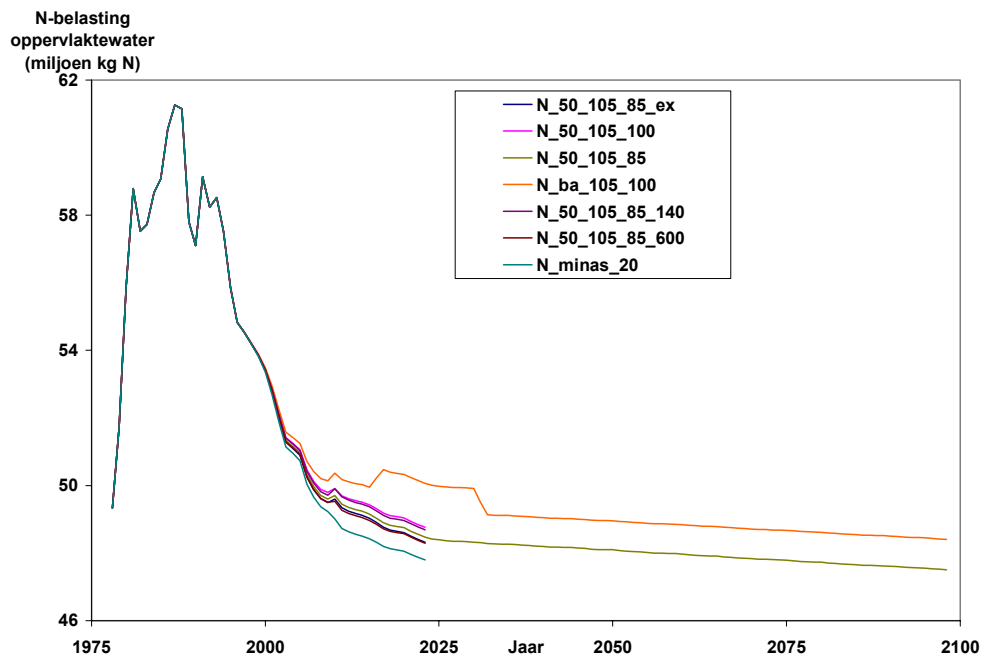






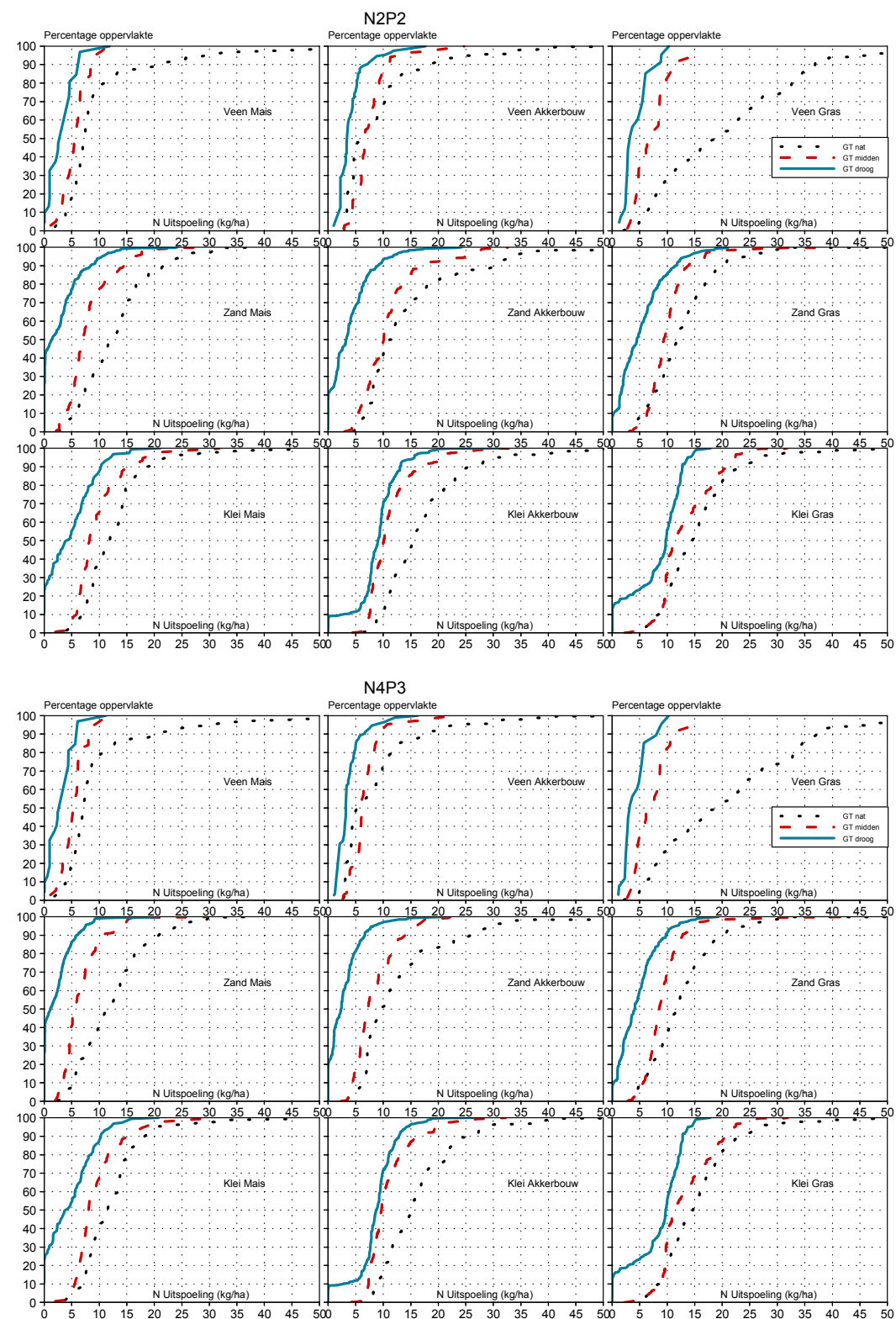


## Bijlage 6 Lange termijn effecten van de gebruiksnormen op de N- en P- belasting van het oppervlaktewater



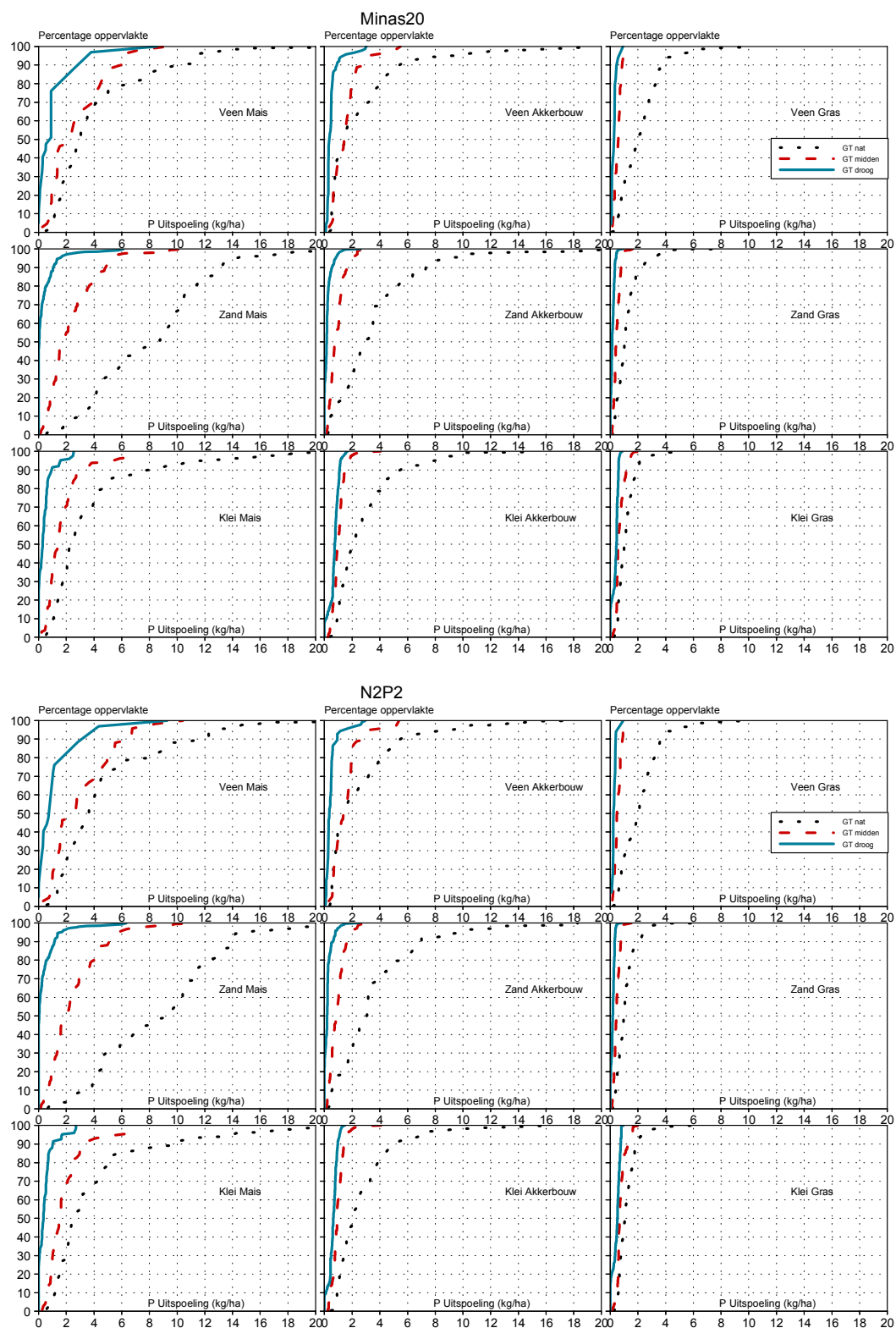








## Bijlage 8 Cumulatieve verdeling van de P belasting naar het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden





## Bijlage 9 Vergelijking normen WOG-LEI-STONE

| code            | 250-N1-M | 250-N1-B | 290-N1-M | 290-N1-B | 250-N2-M | 250-N2-B | 290-N2-M | 290-N2-B | 250-N4-M | 250-N4-B | 290-N4-M | 290-N4-B | N1  | N2       | N4       | N1      | N2      | N4      |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|---------|---------|---------|
| <i>gras</i>     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |     |          |          |         |         |         |
| klei            | 385      | 345      | 385      | 345      | 385      | 345      | 385      | 345      | 385      | 345      | 385      | 345      |     |          | 350      | 350     | 385     | 385     |
| veen            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |     |          | 290      | 290     | 330     | 330     |
| nat veen        | 330      | 293      | n        | n        | 330      | 293      | n        | n        | 330      | 293      | n        | n        |     |          |          |         |         |         |
| droog veen      | 270      | 235      | n        | n        | 270      | 235      | n        | n        | 270      | 235      | n        | n        |     |          |          |         |         |         |
| zand            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |     |          |          |         | 365     | 365     |
| vochtig zand    | 365      | 325      | 365      | 325      | 365      | 325      | 365      | 325      | 365      | 308      | 365      | 297      |     |          | 350      | 315     |         |         |
| droog zand      | 325      | 274      | 325      | 261      | 325      | 285      | 325      | 285      | 280-325  | 190-252  | 260-325  | 177-238  |     |          | 300      | 220     | 325     | 260     |
| <i>maïs</i>     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |     |          |          |         |         |         |
| klei            | 160      |          |          |          | 160      |          |          |          | 160      |          |          |          |     |          | 150      | 150     | 160     | 160     |
| zand            |          |          |          |          | 160      |          |          |          |          |          |          |          |     |          | 150      |         |         |         |
| vochtig zand    | 160      |          |          |          |          |          |          |          | 160      |          |          |          |     |          | 150      |         |         |         |
| droog zand      | 130-160  |          |          |          |          |          |          |          | 120-150  |          |          |          |     |          | 100      |         | 160     | 120     |
| <i>aardapp.</i> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |     |          |          |         |         |         |
| overig          | 250-265  |          |          |          | 250-265  |          |          |          |          |          |          |          |     |          |          |         | 260     | 240     |
| klei            |          |          |          |          |          |          |          |          | 250      |          |          |          |     |          | 250      | 250     |         |         |
| zand            | 250-265  |          |          |          | 250-265  |          |          |          |          |          |          |          |     |          | 250      |         |         |         |
| vochtig zand    |          |          |          |          |          |          |          |          | 228      |          |          |          |     |          | 215      |         |         |         |
| droog zand      | 225      |          |          |          |          |          |          |          | 122-170  |          |          |          |     |          | 130      |         | 260     | 130     |
| <i>bieten</i>   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |     |          |          |         |         |         |
| overig          | 150      |          |          |          | 150      |          |          |          |          |          |          |          |     |          |          |         | 150     | 150     |
| klei            |          |          |          |          |          |          |          |          | 150      |          |          |          |     |          | 150      | 150     |         |         |
| vochtig zand    |          |          |          |          |          |          |          |          | 150      |          |          |          |     |          | 150      | 150     |         |         |
| droog zand      | 150      |          |          |          |          |          |          |          | 119-150  |          |          |          |     |          | 130      |         | 150     | 130     |
| <b>bron</b>     | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | WOG      | LEI | LEI, APP | LEI, APP | EMW, ST | EMW, ST | EMW, ST |
| pagina          | 15,21,26 | 16,21,26 | 15,21,26 | 16,21,26 | 15,21,26 | 16,21,26 | 15,21,26 | 16,21,26 | 15,21,26 | 16,21,26 | 15,21,26 | 16,21,26 | 40  | 41       | 42       | 138     | 138     | 138     |