



# Systeemanalyse voor het stroomgebied de Drentse Aa Fase 3

J. Roelsma  
T.P. van Tol-Leenders  
F.J.E. van der Bolt  
R.J. Löschner-Wolleswinkel  
L.V. Renaud  
J.D. Schaap  
O.F. Schoumans  
C. Siderius  
H. van der Heide  
K. van der Molen

Alterra-rapport 1764, ISSN 1566-7197  
Reeks Monitoring Stroomgebieden 13-1

## Systemanalyse voor het stroomgebied de Drentse Aa Fase 3



## **Systeemanalyse voor het stroomgebied de Drentse Aa Fase 3**

**J. Roelsma  
T.P. van Tol-Leenders  
F.J.E. van der Bolt  
R.J. Löschner-Wolleswinkel  
L.V. Renaud  
J.D. Schaap  
O.F. Schoumans  
C. Siderius  
H. van der Heide  
K. van der Molen**

**Alterra-rapport 1764**

**Alterra, Wageningen, 2008**

## REFERAAT

Roelsma, J., T.P. van Tol-Leenders, F.J.E. van der Bolt, R.J. Löschner-Wolleswinkel, L.V. Renaud, J.D. Schaap, O.F. Schoumans, C. Siderius, H. van der Heide & K. van der Molen, 2008. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa Fase 3*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1764. 132 blz.; 50 fig.; 23 tab.; 19 ref.

Voor het project 'Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders' wordt een systeemanalyse uitgevoerd voor het stroomgebied van de Drentse Aa. Deze systeemanalyse wordt gefaseerd uitgevoerd. Dit rapport geeft de resultaten weer van Fase 3.

In het modelsysteem Fase 3 zijn alle relevante bronnen op stroomgebiedsniveau meegenomen. Hierdoor zijn de balansen en de voorspellingen binnen het stroomgebied verbeterd. De temporele variatie van de waterafvoer en de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater worden door de verkleinde tijdstapgrootte beter voorspeld. Ook worden meer berekende pieken waargenomen in zowel de waterafvoer, als in de nutriëntenconcentraties.

Uit de systeemanalyse Fase 3 blijkt verder dat de invloed van het regionaal differentiëren van invoergegevens groot is. In Fase 3 zijn worden de stikstofconcentraties in het oppervlaktewater overschat terwijl de fosfaatconcentraties worden onderschat. Bepalend hierbij zijn:

- Onzekerheid over parametering van de nutriëntenmodule van het landsysteem
- Onzekerheid over regionale data, zoals kwelconcentraties
- Ontbreken van een regionale schematisatie.

De vergroting van de waterberging door het toevoegen van diffuse detailontwatering

De parameterisering van de processen in het oppervlaktewater

Aanbevelingen voor vervolgfases richten zich op het terugbrengen van de onzekerheden met betrekking tot onzekerheden in het parameteriseren van de modelonderdelen van het land- en oppervlaktewatersysteem, het aanpassen van de ruimtelijke schematisatie en vergroten van de toetsingsgegevens.

Trefwoorden: Drentse Aa, mestbeleid, modelsysteem, monitoring, nutriënten, STONE, stroomgebied, systeemanalyse

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice).

© 2008 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 veelevoudigd 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
1.1 Project aanpak	11
1.2 Fasering	12
1.3 Doelstellingen	13
1.4 Opzet modelsysteem	13
1.5 Leeswijzer	14
2 Stroomgebied de Drentse Aa	17
2.1 Beschrijving van het gebied	17
2.2 Toetsgegevens voor het Fase 3 modelsysteem	20
3 Fase 3 Modelsysteem	27
3.1 Inleiding	27
3.2 Het modelinstrumentarium	27
3.3 Ruimtelijke schematisatie de Drentse Aa	28
3.3.1 Schematisatie landsysteem	28
3.3.2 Schematisatie oppervlaktewatersysteem	28
3.4 Referentiesituatie	29
3.4.1 Harmonisatie Fase 2	29
3.4.2 Modelversies	29
3.5 Grootte rekentijdstep	30
3.6 Regionale gegevens	30
3.6.1 Waterkwantiteit landsysteem	31
3.6.2 Waterkwaliteit landsysteem	34
3.6.3 Waterkwantiteit oppervlaktewatersysteem	36
3.6.4 Waterkwaliteit oppervlaktewatersysteem	38
4 Resultaten Fase 3 modelsysteem	41
4.1 Inleiding	41
4.2 Stroomgebied de Drentse Aa	41
4.2.1 Toetsing	41
4.2.2 Balansen	46
4.3 Deelgebieden	52
4.3.1 Toetsing	53
4.3.2 Balansen	61

5	Discussie	65
5.1	Regionale gegevens	65
5.1.1	Oppervlaktewatersysteem	65
5.1.2	Landsysteem	68
5.2	Regionale parameters	72
5.2.1	Oppervlaktewatersysteem	73
5.2.2	Landsysteem	74
5.3	Toetsingsgegevens	75
6	Verschillen ten opzichte van Fase 2	77
6.1	Waterkwaliteit	77
6.2	Waterkwantiteit	83
7	Conclusies	87
7.1	Doelstellingen Fase 3	87
7.2	Conclusies	87
7.2.1	Algemeen	87
7.2.2	Temporele resolutie	89
7.2.3	Ruimtelijke resolutie	90
7.2.4	Gegevens	90
8	Aanbevelingen	91
	Literatuur	93
	<b><i>Bijlagen</i></b>	
1	Harmonisatie Fase 2	95
2	Regionale gegevens	109
3	Balansen landsysteem	131

## Woord vooraf

Deze rapportage Systeemanalyse Fase 3 vormt een onderdeel van het project 'Monitoring stroomgebieden'. Het primaire doel van het project is het leveren van een bijdrage aan de evaluatie van het mestbeleid door het kwantificeren van het aandeel van de landbouw in de belasting van het oppervlaktewater en de verandering van dit aandeel van de landbouw als gevolg van (mest)beleid in een aantal representatieve stroomgebieden in karakteristieke landschappelijke regio's. Het secundaire doel is om een methodiek te ontwikkelen die het mogelijk maakt en perspectieven biedt om deze methodiek ook in andere stroomgebieden in te voeren.

Voor dit project zijn vier pilotgebieden geselecteerd: Drentse Aa, Schuitenbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford. De waterbeheerders; Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Waterschap Veluwe, Waterschap Rivierenland, Waterschap Hunze en Aa's en Waterlaboratorium Noord participeren actief in dit project.

Het project wordt aangestuurd door een stuurgroep. In de stuurgroep hebben de Ministeries LNV, VROM en V&W als opdrachtgevers, de Unie van Waterschappen en de betrokken waterbeheerders zitting. Het project wordt uitgevoerd door Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte onderdeel van Wageningen Universiteit en Researchcentrum.

In de reeks rapportages van het project 'Monitoring Stroomgebieden' is per gebied een Systeemverkenning verschenen. Op basis van deze uitgevoerde systeemverkenning is het gefaseerd opzetten van een modelinstrumentarium per pilotgebied gestart. Het modelinstrumentarium Fase 1 is per gebied uitgewerkt. Op basis van de resultaten uit Fase 1 heeft er per gebied een verfijning van de modellering, Fase 2, plaatsgevonden. In Fase 3 is regiospecifieke data verkregen en in de modellering toegepast. Het modelinstrumentarium Fase 3 is op basis van meetinformatie geanalyseerd en als volgt gerapporteerd:

- 13. I Systeemanalyse Drentse Aa Fase 3
- 13. II Systeemanalyse Schuitenbeek Fase 3
- 13. III Systeemanalyse Krimpenerwaard Fase 3
- 13. IV Systeemanalyse Quarles van Ufford Fase 3

Voor informatie over het project 'Monitoring stroomgebieden' kunt u terecht op [www.monitoringstroomgebieden.nl](http://www.monitoringstroomgebieden.nl) of bij:

Dorothee Leenders  
0317 - 48 42 79  
dorothee.leenders@wur.nl

Frank van der Bolt  
0317 - 48 64 44  
frank.vanderbolt@wur.nl





## Samenvatting

Voor het project 'Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders' is, in navolging van de systeemverkenning en systeemanalyses Fase 1 en Fase 2, de systeemanalyse Fase 3 uitgevoerd voor het stroomgebied van de Drentse Aa.

Met een gefaseerde aanpak, waarin een meetprogramma en modelberekeningen zijn geïntegreerd, wordt gestreefd naar een operationeel, geoptimaliseerd, gebiedspecifiek monitoringsysteem, waarmee de bijdrage van de landbouw aan de belasting van het oppervlaktewater door nutriënten kan worden gekwantificeerd en waarmee de effecten van het mestbeleid en veranderingen binnen het stroomgebied kunnen worden gevolgd en voorspeld.

In het Fase 1 en Fase 2 modelsysteem werd voor de berekening van de uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewatersysteem gebruik gemaakt van landelijke rekenresultaten (Evaluatie Mestbeleid 2004). In Fase 2 is daarbij een nieuwe schematisering gemaakt welke beter overeenkomt met het schaalniveau van de vier proefgebieden. In Fase 3 is het modelsysteem verder geregionaliseerd. De belangrijkste aanbevelingen uit de systeemanalyse van het Fase 2 modelsysteem voor de vier studiegebieden waren het verhogen van de temporele variatie en regionalisatie van de modelinvoer.

De modellering van Fase 3 is in deelstappen uitgevoerd. Per deelstap is voor alle vier de gebieden gebiedsspecifieke data toegevoegd. De toetsing van het Fase 3 modelsysteem is afzonderlijk voor iedere deelstap van het land- en oppervlaktewatersysteem uitgevoerd. Bij deze toetsing van de berekende waterafvoer en nutriëntenuitspoeling is gebruik gemaakt van 17 meetlocaties, waarvoor in de periode 1986 t/m 2000 meetreeksen beschikbaar zijn. Ten aanzien van nutriënten is onderscheid gemaakt tussen mineraal, organisch- en totaal- stikstof en -fosfor. Naast een toetsing voor het gehele gebied heeft er ook een analyse van de effecten op deelgebieden plaatsgevonden.

In het modelsysteem Fase 3 zijn alle relevante bronnen op stroomgebiedsniveau meegenomen. Hierdoor zijn de balansen verbeterd ten opzichte van Fase 2. De temporele variatie van de waterafvoer en de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater worden door de verkleinde tijdstapgrootte van de uitvoer met het Fase 3 instrumentarium beter voorspeld. Ten opzichte van Fase 2 worden meer berekende pieken waargenomen in zowel de waterafvoer, als in de nutriëntenconcentraties.

Uit de systeemanalyse Fase 3 blijkt dat de invloed van het regionaal verfijnen van invoergegevens groot is. Daarnaast heeft het parameteriseren van de nutriëntenmodule van het landsysteem conform Evaluatie Mestwetgeving 2007 (EMW2007) grote invloed op de nutriëntenuitspoeling naar het oppervlaktewater.

In Fase3 wordt de stikstofconcentraties in het oppervlaktewater overschat, terwijl de fosforconcentraties in het oppervlaktewater worden onderschat. Bepalend hierbij zijn:

- Onzekerheid over parametering van de nutriëntenmodule van het landsysteem.
- Onzekerheid over regionale data, zoals kwelconcentraties en fosfaatvoorraad in de bodem.
- Ontbreken van een regionale schematisatie.
- De vergroting van de waterberging door het toevoegen van diffuse detailontwatering.
- De parameterisering van de processen in het oppervlaktewater.

Aanbevelingen voor vervolgfases richten zich onder andere op het terugbrengen van de onzekerheden in de parameterwaarden voor de verschillende modelonderdelen van het land- en oppervlaktewatersysteem. Hiervoor zijn toetsgegevens voor de verschillende onderdelen van het modelsysteem essentieel. Zo kan met behulp van regionale meetgegevens voor de grondwaterkwaliteit de onzekerheden in de parameters van de nutriëntenmodule van het landsysteem verkleinen. Hiermee wordt voortplanten van onzekerheden door de verschillende onderdelen van het modelsysteem voorkomen. Om het uitmiddelen van regionale invoergegevens te voorkomen wordt aanbevolen om de ruimtelijke schematisatie van het modelsysteem af te stemmen op het schaalniveau van de invoergegevens.

Met behulp van het Fase 3 modelsysteem is meer informatie verkregen met betrekking tot de identificatie van kritische systeemcomponenten en -parameters van het studiegebied. Deze informatie geeft richting aan de verfijning van het modelsysteem in de vervolgfase. Of het modelsysteem Fase 3 in combinatie met metingen geschikt is als monitoringsprogramma voor de evaluatie van het mestbeleid wordt onderzocht in een apart projectonderdeel genaamd 'de synthese'.

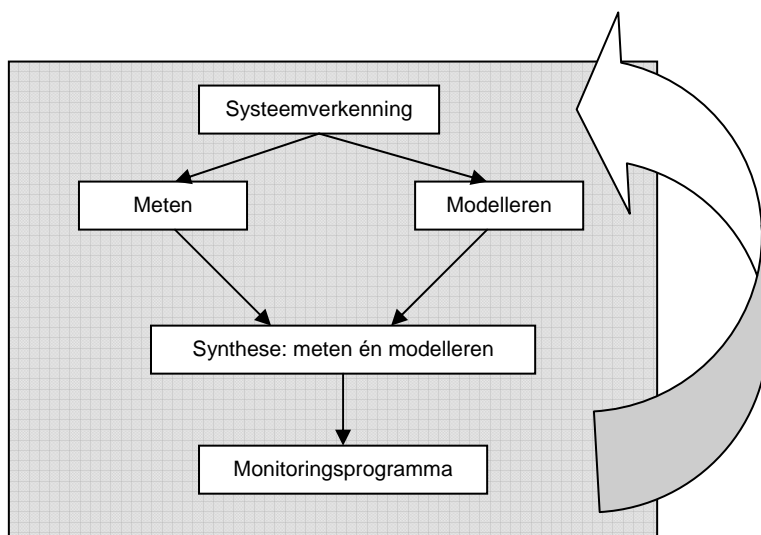
# 1 Inleiding

## 1.1 Project aanpak

In het kader van het project 'Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders' worden de effecten van het mestbeleid op stroomgebiedniveau onderzocht. Het doel van het project is het leveren van een bijdrage aan de evaluatie van het mestbeleid door het kwantificeren van het aandeel van de landbouw op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater en de invloed van het van (mest)beleid hierop in een aantal representatieve stroomgebieden in karakteristieke landschappelijke regio's. Hiertoe zal een combinatie van een meetprogramma en (model)berekeningen worden toegepast, die elkaar aanvullen en versterken. Het project wordt uitgevoerd in vier(pilot)gebieden die van elkaar verschillen qua eigenschappen; een zandgebied met hoge nutriëntenbelasting (Schuitenbeek); een zandgebied met lage nutriëntenbelasting (Drentse Aa); een veengebied (Krimpenerwaard); en een kleigebied (Quarles van Ufford).

Middels een verkennende systeembeschrijving is voor ieder gebied een overzicht gemaakt van de beschikbare informatie in relatie tot de benodigde informatie voor het effectief kunnen uitvoeren van een monitoringsprogramma (meten en modelleren), en zijn de meest kritische systeemcomponenten en -parameters geïdentificeerd. Uit deze systeemverkenningen van de vier gebieden is gebleken dat er onvoldoende inzicht is in de eigenschappen van en de processen in de gebieden om uitspraken te kunnen doen over effecten van het mestbeleid. Om het mestbeleid te kunnen evalueren is geconcludeerd dat het noodzakelijk is om een andere manier van monitoren (meten én modelleren) te introduceren.

De constatering uit de systeemverkenningen heeft er toe geleid dat in ieder van de vier pilotgebieden, in overleg met de waterbeheerders, een intensief meetprogramma is opgezet. Dit meetprogramma wordt voor ieder gebied jaarlijks in een meetplan vastgelegd. Daarnaast is er gestart met het opzetten van een modelsysteem, dat gefaseerd, van grof naar fijn, wordt uitgebouwd (paragraaf 1.2). Per gebied worden na elke fase van de modellering de modelresultaten van de betreffende fase vergeleken met de meetwaarden; een zogenaamde systeemanalyse. De systeemanalyse biedt inzicht in de karakteristieke eigenschappen van en de bepalende processen in het gebied. Uit de systeemanalyse moet blijken of de modelresultaten voldoende betrouwbaar zijn om de effecten van het mestbeleid te voorspellen. Aan de hand van het meest geschikte modelsysteem in combinatie met gerichte metingen zal een monitoringsprogramma voor de evaluatie van het mestbeleid worden opgezet. In figuur 1.1 is de projectaanpak schematisch weergegeven.



Figuur 1.1 Schematische weergave projectopzet

## 1.2 Fasering

In dit rapport wordt Fase 3 van de systeemanalyse beschreven, een vervolg op de Fases 1 en 2 (tabel 1.1), die zijn beschreven in Roelsma et al. (2006a) en Roelsma et al. (2006b). In Fase 1 en Fase 2 van de systeemanalyse werd voor de berekening van de uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewatersysteem gebruik gemaakt van de rekenresultaten van STONE 2.1, een model dat ook is gebruikt voor Evaluatie Mestbeleid 2004 (Schoumans *et al.*, 2004). In Fase 1 is daarbij de landelijke opzet aangehouden voor het studiegebied waarbij het ruimtelijk en temporeel schaalniveau in Fase 1 nog gelijk is aan STONE2.1. In Fase 2 is een nieuwe schematisering gemaakt welke beter overeenkomt met het schaalniveau van de vier proefgebieden en is ook een oppervlaktewatermodel toegevoegd voor de berekening van zowel de waterkwantiteit alsook de waterkwaliteit. De data voor en daarmee de parameterisering van het landsysteem is in deze fase nog gelijk aan het landelijke model (tabel 1.1).

Tabel 1.1 Opzet gefaseerd modelsysteem

	Omschrijving	Land	Opp. water	Temporele schaal	Data
Fase 1	'Stone 2.1 – nationaal'	+	-	Langjarig	Nationaal
Fase 2	'Stone 2.1 – regionaal' Nationale combinaties (bodem, bodemgebruik en GT) regionaal toegewezen	+	+	Decade-langjarig	Nationaal
Fase 3	Regionaal specifieke benadering op basis van regionale data (kwel, bemesting, peil)	+	+	Dag- langjarig	Regionaal

In Fase 2 zijn een aantal tekortkomingen geconstateerd. De (belangrijkste) algemene aanbevelingen uit de systeemanalyse van het Fase 2 modelsysteem voor de vier studiegebieden zijn het verhogen van de temporele variatie en het regionaliseren van de modelinvoer. Deze zijn richtinggevend voor de aanpassingen in het Fase 3 modelsysteem.

### 1.3 Doelstellingen

De overkoepelende doelstelling van het project Monitoring Stroomgebieden is het ontwikkelen van een monitoringsprogramma voor de evaluatie van het mestbeleid met behulp van een modelsysteem in combinatie met metingen. Om te onderzoeken welk modelsysteem voor dit doel geschikt is wordt het modelsysteem gefaseerd uitgebreid. In Fase 3 wordt daarbij de invloed van regionale verfijning van de invoergegevens van het modelsysteem onderzocht. Daarnaast wordt in Fase 3 de tijdstapgrootte van de invoer verkleind om de temporele variatie van de waterafvoer, de stikstof- en de fosforconcentraties in het oppervlaktewater beter te kunnen voorspellen. Uit de systeemanalyse Fase 3 moet blijken:

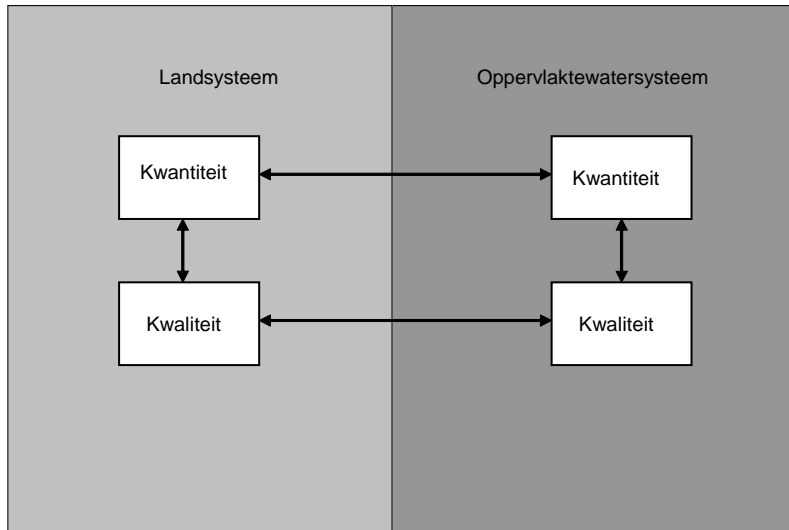
- of de variatie in de waterafvoer, de stikstof- en fosforconcentraties is toegenomen ten opzichte van Fase 2
- of de voorspellingen voor deelgebieden en meetpunten binnen het stroomgebied zijn verbeterd
- wat de kritische systeemcomponenten en – parameters van het studiegebied zijn.

Om te bepalen wat het effect is van gebiedsspecifieke data op de voorspelling van de oppervlaktewaterkwaliteit is ook de modellering in Fase 3 zelf in deelstappen uitgevoerd. Per deelstap zijn voor alle vier gebieden gebiedsspecifieke data toegevoegd en zijn de effecten geanalyseerd. In dit rapport ‘Systeemanalyse Fase 3’ wordt de aanpak van het modelsysteem Fase 3 beschreven, worden de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd en worden conclusies getrokken t.a.v. het effect van het toevoegen van gebiedsspecifieke invoer. Dit rapport zal daarmee richting geven aan de vervolgfase in het project Monitoring Stroomgebieden. Of het modelsysteem Fase 3 in combinatie met metingen geschikt is als monitoringsprogramma voor de evaluatie van het mestbeleid wordt onderzocht in een apart projectonderdeel genaamd ‘de synthese’. Dit Fase 3 rapport vormt daarbij een onderbouwing van de conclusies uit de synthese.

### 1.4 Opzet modelsysteem

In Fase 3 van het project ‘Monitoring Stroomgebieden’ is gekozen voor een modulaire aanpak van het modelsysteem zoals ook gebruikt in Fase 2 (figuur 1.2). Het modelsysteem wordt onderverdeeld in het landsysteem en het oppervlaktewatersysteem. Daarnaast wordt in beide deelsystemen onderscheid gemaakt tussen waterkwantiteit (stroming, peilen en grondwaterstanden) en waterkwaliteit (uitspoeling van nutriënten, processen). Het modelsysteem voldoet aan de volgende eisen:

- Het kan relaties leggen tussen bronnen (beleid en maatregelen) en nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater i.e. paden en lotgevallen beschrijven
- Het moet metingen één op één kunnen beschrijven, in overeenstemming met tijd en ruimteschaal
- Resultaten moeten te beoordelen zijn op verschillende schalen: van afwaterings-eenheden tot stroomgebied en van dag tot langjarig gemiddelde.



Figuur 1.2 Modulaire opzet modelsysteem

In Fase 3 wordt er nog gebruik gemaakt van de 'plotbenadering'. Om de verschillende modellen regionaal toe te kunnen passen wordt het studiegebied opgedeeld in kleinere ruimtelijke eenheden. Deze ruimtelijke eenheden, 'plots', zijn uniek ten aanzien van fysische en chemische bodemsamenstelling, landgebruik en hydrologie en zijn afgestemd op de toepassingschaal (ruimtelijke afmeting) van de modellen. Dit proces van onderlinge afstemming van gebiedsgegevens op de toepassingschaal van de modellen wordt schematisering genoemd. Een uitgebreide beschrijving van de modellen en plotbenadering is te vinden in de systeemanalyse Fase 2 (Roelsma *et al.*, 2006b)

## 1.5 Leeswijzer

De indeling van de Systeemanalyse Fase 3 is voor de vier gebieden, welke in het project 'Monitoring Stroomgebieden' centraal staan, zo veel mogelijk uniform gehouden. Deze rapportage van de Systeemanalyse Fase 3 begint met het stroomgebied (hoofdstuk 2). Allereerst wordt in dit hoofdstuk een beschrijving van het betreffende stroomgebied gegeven (paragraaf 2.1). Daarnaast wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan de meetpunten binnen het gebied waar de modelsystemen aan getoetst worden (paragraaf 2.2).

In hoofdstuk 3 wordt het modelsysteem Fase 3 beschreven. Dit hoofdstuk begint met een toelichting (paragraaf 3.1), vervolgens wordt het modelinstrumentarium beschreven (paragraaf 3.2). Omdat de vier gebieden qua kenmerken verschillend zijn

wordt in paragraaf 3.3 de ruimtelijke schematisatie voor het stroomgebied beschreven. In paragraaf 3.4 wordt de uitgangstoestand geschetst. In de volgende paragraaf worden de regionale gegevens welke voor de regionalisatie van het modelsysteem zijn gebruikt beschreven.

De resultaten van het modelsysteem Fase 3 worden in hoofdstuk 4 weergegeven. De modellering van Fase 3 is in deelstappen uitgevoerd. Per deelstap is voor alle vier gebieden gebiedsspecifieke data toegevoegd. De effecten van deze regionale data op de waterkwantiteit van het land- en oppervlaktewatersysteem worden via vergelijking met grondwaterstanden en gemeten concentraties in het oppervlaktewater en met behulp van waterbalansen weergegeven. De verkregen resultaten van het modelsysteem Fase 3 worden in hoofdstuk 5 bediscussieerd waarna in hoofdstuk 7 vervolgens de conclusies worden beschreven. In hoofdstuk 6 vindt nog een vergelijk plaats met Fase 2. Uiteindelijk worden in hoofdstuk 8 de aanbevelingen, op basis van de verkregen inzichten van het modelsysteem Fase 3, voor een verdere verfijning van het gefaseerde modelinstrumentarium gegeven.

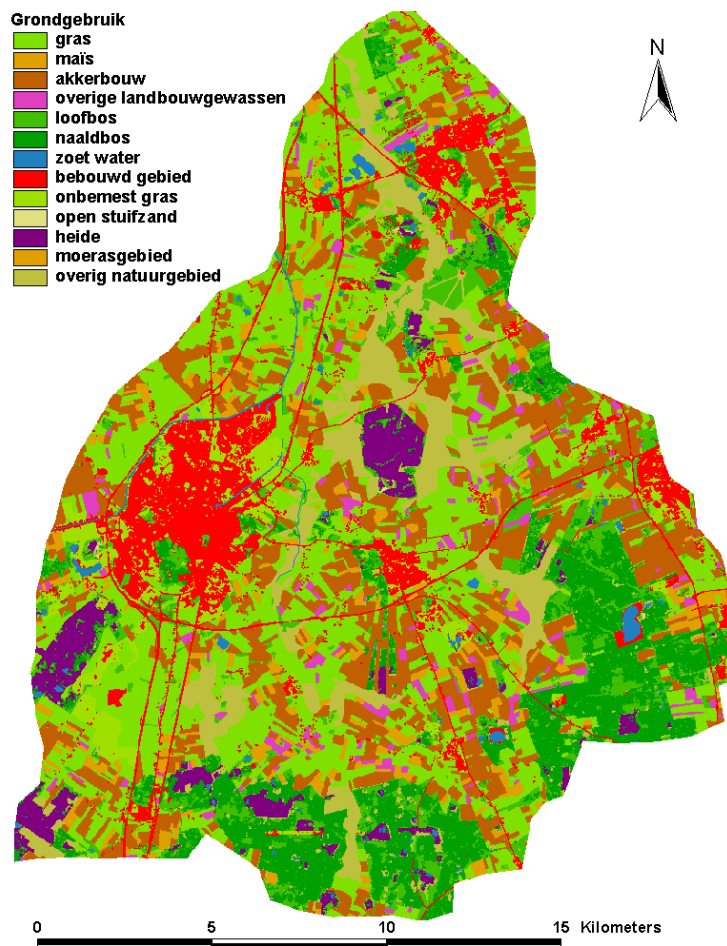




## 2 Stroomgebied de Drentse Aa

### 2.1 Beschrijving van het gebied

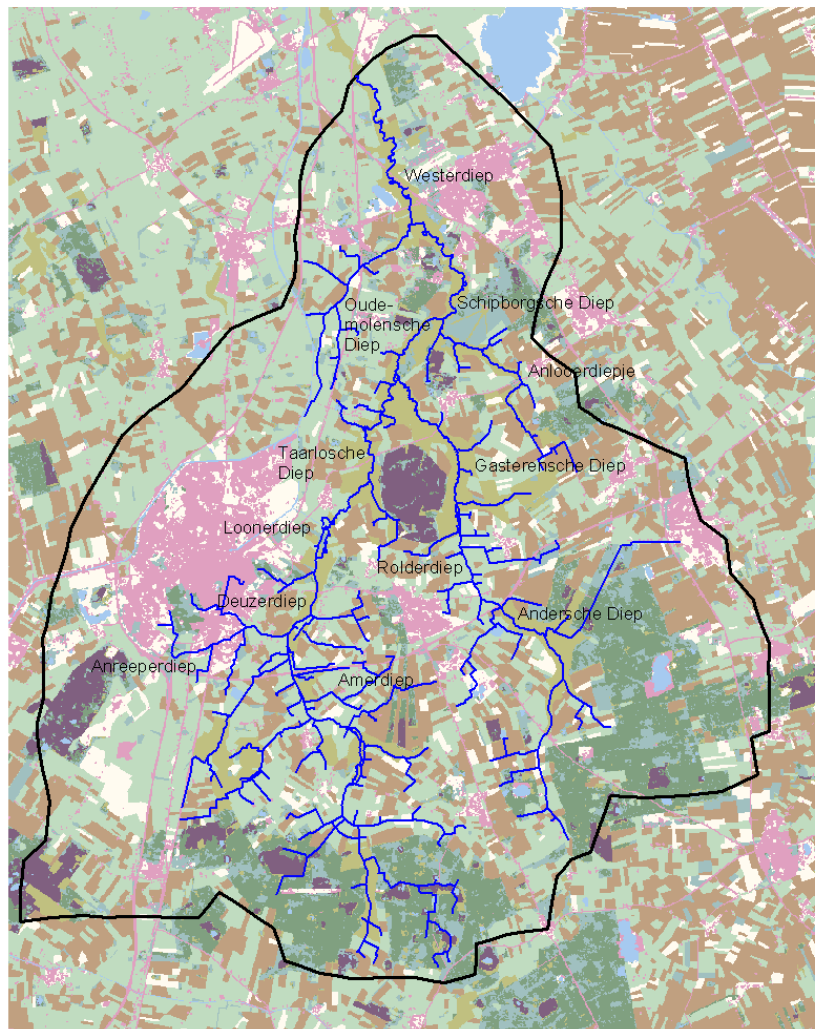
Het stroomgebied van de Drentse Aa ligt in het noordoosten van de provincie Drenthe, in de driehoek Assen-Glimmen-Gieten en is ca. 30 000 hectare in omvang. Het beekstelsel ontspringt op de Hondsrug en het Drentsch Plateau (ca. 22 m. boven N.A.P.) in het zuiden van het stroomgebied. In noordelijke richting neemt de maaiveldhoogte af naar ca. 0.60 m. boven N.A.P. in de buurt van Glimmen. Het stroomgebied bestaat voor het overgrote deel uit zandgronden (ruim 90%), met in de beekdalen laagveen. De zandgronden bestaan voor ca. 80% uit podzolgronden. In het gebied komen een aantal keilemlagen en potklei voor, welke als slechtdoorlatende lagen zijn te beschouwen.



*Figuur 2.1 Landgebruik in het stroomgebied van de Drentse Aa volgens LGN4*

Volgens de opname van LGN4 (opname in het jaar 2000) bestaat ruim de helft van het oppervlak van het stroomgebied van de Drentse Aa uit agrarisch gebied. Hiervan is ca. de helft (ca. 27%) in gebruik als grasland (figuur 2.1). Verder zijn met name aardappelen en granen sterk in het stroomgebied vertegenwoordigd (respectievelijk met ca. 15 en 12%). Naast landbouw neemt natuur een aanzienlijk deel van het grondgebruik in het stroomgebied voor haar rekening (ca. 35%).

Het stroomgebied van het beekstelsel de Drentse Aa is een onder natuurlijk verval afwaterend gebied. In het zuidelijk deel van het stroomgebied bestaat de Drentse Aa uit drie hoofdtakken, het Anreepdiep, het Amerdiep en het Anderschediep (figuur 2.2). De meest westelijke beek (Anreepdiep) geldt als oorspronkelijke hoofdstroom tezamen met het Amerdiep. De oostelijke hoofdtak (Anderschediep) gaat als Rolderdiep en Gasterenschediep verder en vormt de belangrijkste bijdrage aan de waterafvoer. Benedenstreams komen de twee hoofdtakken tezamen en wateren uiteindelijk af op het Noord-Willemskanaal.



*Figuur 2.2 Het beekstelsel de Drentse Aa*

In de zestiger jaren zijn een aantal bovenlopen van de Drentse Aa genormaliseerd (te weten: Amerdiep, Anreepdiep, Deurzerdiep, Rolderdiep, Anderschediep en het Zeegseloopte). Het bekenstelsel de Drentse Aa is een continu watervoerend stelsel, met in de zomer een afvoer van ca.  $50 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . De piekafvoer in het najaar kan oplopen tot ca.  $1200 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Bij het uitlaatpunt Schipborg is een gemiddelde jaarlijkse waterafvoer van ca.  $65 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{jr}^{-1}$  over de periode 1993-2001 gemeten. Het hydrologisch stelsel van de Drentse Aa kan worden opgedeeld in inzigegebieden (de Hondsrug en het Drentsch Plateau) en kwelgebieden (beekdalen). In perioden met neerslag zal er door de combinatie van de weerstand van de keilemlagen en de intensiteit van de ontwatering veel water door het oppervlaktewaterstelsel worden afgevoerd. Dit veroorzaakt de snelle component van de afvoer van de beek. De langzame component (ook wel basisafvoer genoemd) wordt veroorzaakt door kwel. De intensiteit van de kwel wordt bepaald door de diepte van de insnijding van het beekdal en door het voorkomen van slechtdoorlatende lagen (potklei en keileem).

In de systeemverkenning van de Drentse Aa is getracht op basis van gebiedsgegevens (meetgegevens) een water-, stikstof- en fosforbalans op te stellen (Roelsma *et al.*, 2004a). Met de verzamelde gegevens kon in het kader van de systeemverkenningen geen sluitende water- en nutriëntenbalansen worden opgesteld. Om een vergelijking te kunnen maken met de water- en nutriëntenbalansen van het modelsysteem is het noodzakelijk de periode waarover de gebiedsgegevens zijn verzameld te vermelden. De periode waarover de gebiedsgegevens zijn verzameld zijn in tabel 2.1, 2.2 en 2.3 tussen haakjes weergegeven.

Tabel 2.1 Waterbalans op basis van verzamelde gegevens uit de systeemverkenning (Roelsma *et al.*, 2004a)

*Oppervlakte: 23 084 ha					
IN	$10^6 \text{ m}^3$	mm	UIT	$10^6 \text{ m}^3$	mm
Neerslag (1990-2000)	188	813	Verdamping (1990-2000)	118	510
Waterinlaat (n.v.t.)	0	0	Grondwateronttrekkingen (1992-2001)	10	43
Kwel vanuit:			Riolering	--	-
- landbouw	--	--	Wegzijging	--	--
- natuur	--	--	Waterafvoer** (1986-2000)	69	299
Totaal	188 +	813 +	Totaal	197 +	852 +

\* oorspronkelijke oppervlakte van de systeemverkenning is aangepast aan de oppervlakte van de modelstudie Fase 3

\*\* waterafvoer is gebaseerd op gemeten waterafvoeren te Schipborg en noodoverlaat Loon

Tabel 2.2 Stikstofbalans op basis van verzamelde gegevens uit de systeemverkenning (Roelsma et al., 2004a)

*Oppervlakte: 23 084 ha					
IN	10 <sup>3</sup> kg	kg.ha <sup>-1</sup>	UIT	10 <sup>3</sup> kg	kg.ha <sup>-1</sup>
Atm. depositie (1999-2001)	669	29	Ammoniakvervluchting	--	--
Bemesting	--	--	Denitrificatie	--	--
Oxydatie veen (n.v.t.)	0	0	Gewasafvoer	--	--
Puntbronnen (n.v.t.)	0	0	Vastlegging bodem	--	--
Kwel vanuit			Waterafvoer (1986-2000)	337	14
- landbouw	--	--			
- natuur	--	--			
Oppervlakkige afspoeling	--	--			
Uitspoeling vanuit:					
- landbouw	--	--			
- natuur	--	--			
Totaal	--	--	Totaal	--	--

\* oorspronkelijke oppervlakte van de systeemverkenning is aangepast aan de oppervlakte van de modelstudie Fase 3

Tabel 2.3 Fosforbalans op basis van verzamelde gegevens uit de systeemverkenning (Roelsma et al., 2004a)

*Oppervlakte: 23 084 ha					
IN	10 <sup>3</sup> kg	kg.ha <sup>-1</sup>	UIT	10 <sup>3</sup> kg	kg.ha <sup>-1</sup>
Bemesting	--	--	Gewasafvoer	--	--
Oxydatie veen (n.v.t.)	0	0	Vastlegging bodem	--	--
Puntbronnen (n.v.t.)	0	0	Waterafvoer (1986-2000)	11.6	0.5
Kwel vanuit					
- landbouw	--	--			
- natuur	--	--			
Oppervlakkige afspoeling	--	--			
Uitspoeling vanuit:					
- landbouw	--	--			
- natuur	--	--			
Totaal	--	--	Totaal	--	--

\* oorspronkelijke oppervlakte van de systeemverkenning is aangepast aan de oppervlakte van de modelstudie Fase 3

## 2.2 Toetsgegevens voor het Fase 3 modelsysteem

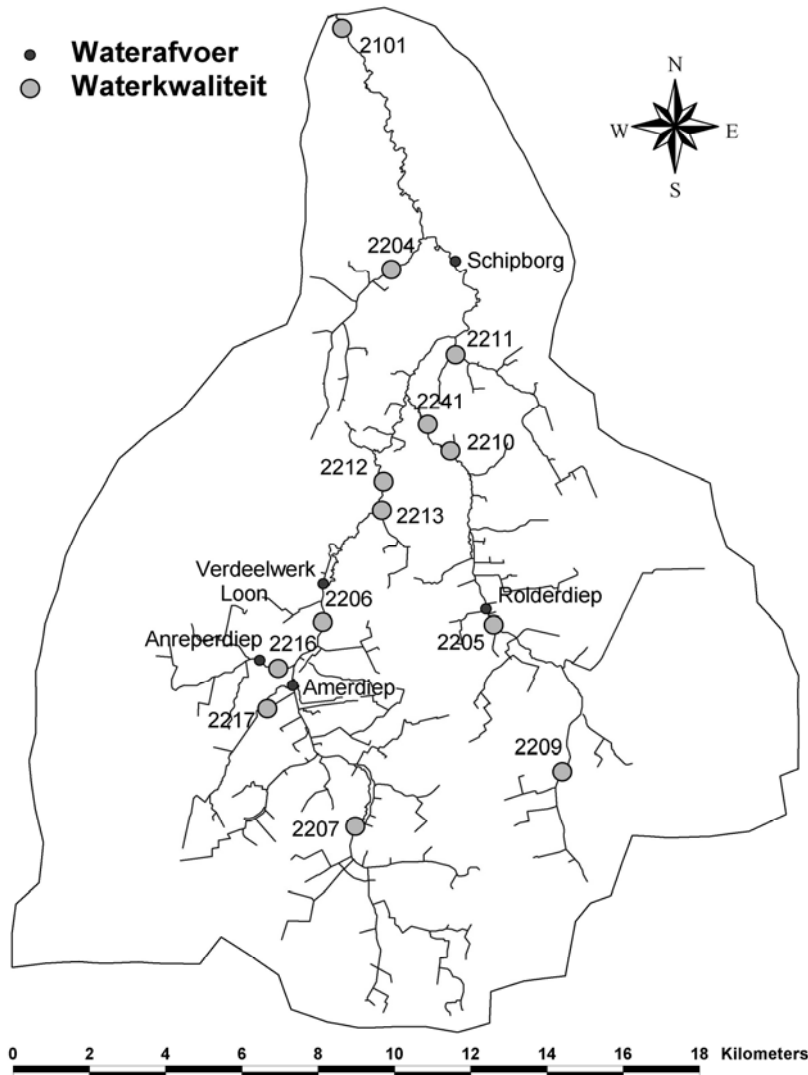
In Fase 3 worden de modelresultaten getoetst aan meetwaarden in het gebied. Het in Fase 3 toegepaste modelsysteem geeft resultaten voor deel(stroom)gebieden die voor de toetsing van ruimte- en tijdsafhankelijke gegevens kunnen worden gebruikt.

Voor de toetsing kunnen alleen die gegevens dienen die:

- niet direct of indirect zijn gebruikt voor de modelinvoer;
- voldoende nauwkeurig kunnen worden bepaald;
- zijn bepaald in de periode waarvoor modelsimulaties zijn uitgevoerd (1986-2000).

Voor de hydrologie geldt dat alleen de afvoeren door het oppervlaktewatersysteem en grondwaterstanden c.q. grondwatertrappen kunnen worden gebruikt voor de

toetsing. Voor de nutriënten geldt dit alleen voor de in het oppervlaktewater gemeten concentraties stikstof en fosfor.



*Figuur 2.3 Locatie van de meetpunten voor waterkwantiteit en waterkwaliteit in de Drentse Aa voor de toetsing van het Fase 3 modelsysteem*

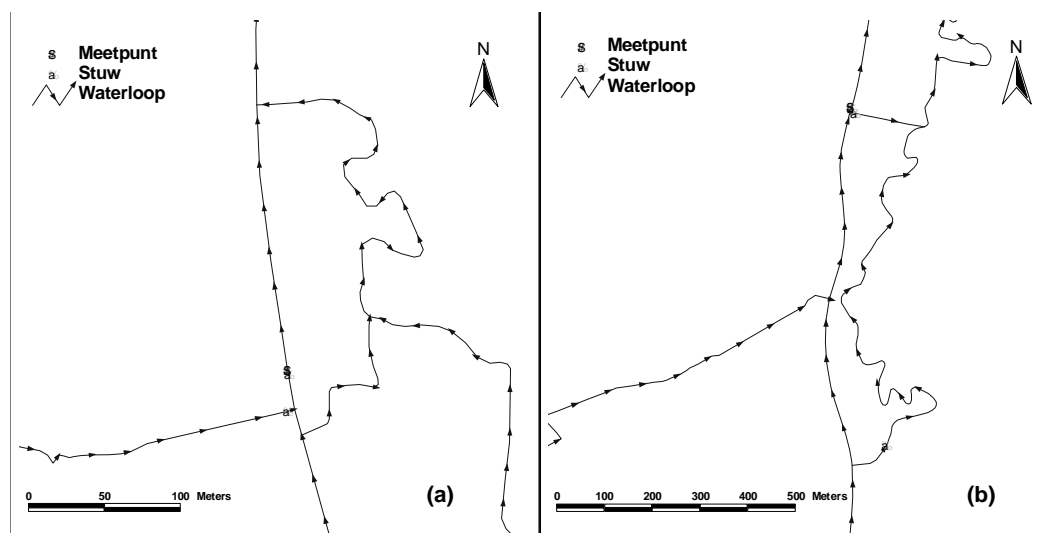
In figuur 2.3 staan de meetpunten van zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit van het meetnet de Drentse Aa weergegeven waarop het Fase 3 modelsysteem is getoetst. Hierbij is rekening gehouden met de tijdsperiode van waarnemingen en simulaties van het Fase 3 modelsysteem (1986 – 2000). Zoals uit figuur 2.3 al blijkt liggen de meetpunten voor waterkwaliteit en -kwantiteit niet op dezelfde locaties. In de aanvullende metingen in het kader van de meetplannen van het project Monitoring Stroomgebieden zijn een aantal meetpunten ingericht waarbij zowel de waterkwaliteit als de -kwantiteit wordt gemeten (Roelsma en van der Bolt, 2004; Roelsma *et al.*, 2004b; Roelsma *et al.*, 2005; Roelsma *et al.*, 2006c; Roelsma *et al.*, 2007). Deze meetpunten zijn vanaf 2004 ingericht.

### Waterkwantiteit

Voor de toetsing van de waterafvoer (kwantiteit) wordt gebruik gemaakt van de meetreeksen van vijf meetlocaties: Schipborg, verdeelwerk Loon, Amerdiep, Anreepdiep en Rolderdiep (figuur 2.3). De afvoeren van meetpunt Schipborg en de noodoverlaat van het verdeelwerk Loon vormen tezamen de waterafvoeren van nagenoeg het gehele stroomgebied van de Drentse Aa. De meetpunten Amerdiep en Rolderdiep liggen elk in een hoofdtak van de Drentse Aa in de middenloop van het beekstelsel. Het meetpunt Anreepdiep ligt in de bovenloop van het beekstelsel (figuur 2.3).

Voor zowel de ligging van het waterkwantiteitsmeetpunt Amerdiep als het meetpunt van het verdeelwerk Loon hebben we te maken met een bijzondere situatie. Het meetpunt Amerdiep ligt in een van de hoofdwaterlopen (Amerdiep) van het beekstelsel de Drentse Aa (figuur 2.4a). Ten hoogte van het meetpunt Amerdiep ligt een kleinere beek, de oude meanderende beek, waarin een deel van het water wordt omgeleid. Circa 60% van de totale waterafvoer stroomt door het traject van het Amerdiep waar het waterkwantiteitsmeetpunt ligt, terwijl ca. 40% via het traject van de oude beek wordt omgeleid (pers. med. Geert Nijhof, Waterschap Hunze en Aa's). In de praktijk zou de waterafvoer van deze oude beek lager kunnen zijn (30 – 40%) in verband met begroeiing van waterplanten in het zomerseizoen.

Het waterkwantiteitsmeetpunt Loon ligt in het Deuzerdiep, welke een voortzetting is van het Amerdiep en Anreepdiep (Roelsma *et al.*, 2004a). Circa 700 meter stroomopwaarts van het verdeelwerk Loon is een splitsing van de hoofdwaterloop met een kleiner beekstelsel, de oude meanderende beek (figuur 2.4b). De stuw in dit beektraject staat zo ingesteld dat hier een permanente waterafvoer van  $250 \text{ l.s}^{-1}$  wordt gerealiseerd (pers. med. Geert Nijhof, Waterschap Hunze en Aa's). Dit komt neer op 20 – 25% van de totale waterafvoer.

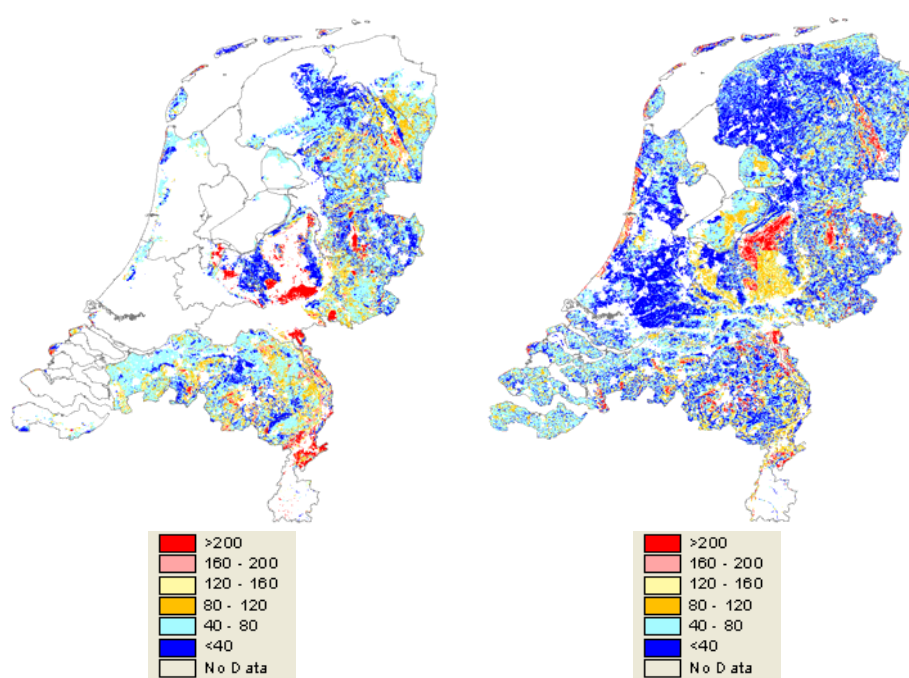


Figuur 2.4 Ligging van het meetpunt Amerdiep (a) en het meetpunt Loon (b) en stromingsrichting van de waterlopen

Bij Loon is een aftakking (verdeelwerk) gemaakt van het Deuzerdiep naar het Noord-Willemskanaal (Roelsma *et al.*, 2004a). Deze aftakking wordt gebruikt als noodoverlaat om afvoeren groter dan  $1.5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  om te leiden naar het Noord-Willemskanaal en niet af te voeren via het beekstelsel van de Drentse Aa. Deze noodoverlaat werkt alleen bij hoge afvoeren en voert dus eigenlijk de pieken in de afvoer van het bovenstrooms gelegen gebied direct af naar het Noord-Willemskanaal. In eind 1988 is het beheer van de noodoverlaat aangepast, na 1988 verdwijnt minder water naar het Noord-Willemskanaal en is de afvoer van de Drentse Aa met bijna 10% toegenomen.

#### Grondwatertoetsing

De modelresultaten kunnen getoetst worden aan de hand van de hoogte van de grondwaterspiegel. Om de dynamiek van het grondwater in beeld te krijgen, maken we een vergelijk met de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG). Deze gegevens van grondwaterstand zijn verzameld in twee studies: 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' (Van der Gaast *et al.*, 2006) en bij de Gd-kartering (Finke *et al.*, 2002). Beide studies bestaan uit vlakdekkende informatie van GHG en GLG met een resolutie van  $25 \times 25 \text{ m}^2$ . Omdat de Gd-kartering alleen voor hoog-Nederland uitgevoerd is, zijn deze gegevens alleen bruikbaar voor Schuitensbeek en Drentse Aa. Figuur 2.5 geeft een voorbeeld van de ruimtelijke informatie van de GHG.



Figuur 2.5 GHG volgens Gd-kartering (links) en volgens karteerbare kenmerken (rechts)

#### Waterkwaliteit

Voor de toetsing van de waterkwaliteit worden de meetreeksen van de meetpunten onderscheiden in meetreeksen in het zogenaamde vast meetnet (meetpunt 2101) en het regionaal meetnet (meetpunten 2204, 2205, 2206, 2207, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2216, 2217 en 2241). Het meetpunt in het vaste meetnet ligt geheel



benedenstrooms en wordt ieder jaar met een maandelijks interval bemonsterd. De meetpunten in het regionaal meetnet liggen in de middenloop en bovenloop van het beekstelsel en worden eenmaal in de vier jaar, gedurende een jaar, met een maandelijks interval bemonsterd.

De meetpunten kunnen ruimtelijk worden onderverdeeld in bovenstroomse en benedenstroomse meetpunten. In het kader van deze studie is het van belang dat het modelsysteem niet alleen voor de benedenstroomse metingen een goede voorspelling geeft, maar juist ook voor de bovenstroomse meetpunten. Om het mestbeleid te kunnen monitoren dient zoveel mogelijk bovenstrooms in een door landbouwbeïnvloede (deel)watersysteem te worden gemeten. In deze meetpunten kan een goed beeld van de uitspoeling van nutriënten vanuit de landbouw worden verkregen zonder dat er (te veel) storing optreedt van nutriëntenuitspoeling vanuit andere bronnen dan landbouw. Daarnaast is het van belang inzicht te krijgen in de achtergrondbelasting van het stroomgebied. Dit kan gedaan worden door metingen bovenstrooms in een door natuurgebieden beïnvloede (deel)watersysteem te verrichten. Om deze reden is in het meetplan kritisch gekeken naar de locaties van de verschillende meetpunten in het stroomgebied en de meetreeksen van deze meetpunten geanalyseerd (Roelsma *et al.*, 2004b, Roelsma *et al.*, 2005, Roelsma *et al.*, 2006c, Roelsma *et al.*, 2007). Op basis van deze meetplannen is meetpunt 2204 (locatie Zeegserloopje) geselecteerd als een meetpunt waarvan de waterkwaliteit hoofdzakelijk door landbouw wordt beïnvloed. Meetpunt 2207 (locatie Amerdiep) is geselecteerd als een meetpunt waarvan de waterkwaliteit hoofdzakelijk door natuurgebieden wordt beïnvloed. Meetpunt 2211 (locatie Anloërdiepje) is geselecteerd als een meetpunt met een hoge stikstofbelasting waarvan de bron nog onbekend is. Meetpunt 2216 (locatie Anreperdiepje) is geselecteerd als een meetpunt met een hoge fosforbelasting waarvan de bron nog onbekend is. Voor deze meetpunten is met behulp van het Fase 3 modelsysteem een (deel)systeemanalyse gemaakt.

Metingen in het oppervlaktewater vormen een weerspiegeling van de verschillende processen en gebeurtenissen in het bovenstroomse vanggebied en waterlopenstelsel. Voor de herkomst van de nutriënten in een meetpunt is belangrijk om te weten wat het landgebruik, onderverdeeld naar landbouw- en natuurgebieden, van het bovenstrooms vanggebied is. In tabel 2.4 is het aandeel landbouw- en natuurgronden van de bovenstroomse vanggebieden van de meetpunten van het meetnet in de Drentse Aa weergegeven. Daarnaast zijn de meetpunten ook onderverdeeld naar ligging in het beekstelsel: bovenloop, middenloop of benedenloop. Het areaal van het bovenstroomse vanggebied is bepaald door de oppervlakte van de bovenstroomse afwateringseenheden, welke met behulp van een digitaal terrein model (DTM) zijn bepaald, van een meetpunt bij elkaar op te tellen.

Tabel 2.4 Landgebruik van het bovenstrooms vanggebied van de meetpunten van het meetnet de Drentse Aa

Meetpunt	Areaal landbouw (ha)	Areaal natuur (ha)	Areaal overig (ha)	Totaal areaal (ha)	Areaal landbouw (%)	Areaal natuur (%)	Bovenloop Middenloop Benedenloop	Meting kwantiteit kwaliteit
Anreperdiep	1448	682	1497	3627	40	19	bovenloop	kwantiteit
Amerdiep	3417	2633	340	6390	53	41	middenloop	kwantiteit
Loon	5372	3481	2067	10 920	49	32	middenloop	kwantiteit
Rolderdiep	2415	2440	532	5387	45	45	middenloop	kwantiteit
Schipborg	10 970	8314	3091	22 375	49	37	benedenloop	kwantiteit
2209	590	369	48	1007	59	37	bovenloop	kwaliteit
2204*	1082	129	164	1375	79	9	bovenloop	kwaliteit
2211	650	478	33	1161	56	41	bovenloop	kwaliteit
2213	94	127	3	224	42	57	bovenloop	kwaliteit
2207**	1036	1838	140	3014	34	61	bovenloop	kwaliteit
2216	1448	682	1497	3627	40	19	bovenloop	kwaliteit
2217	452	120	51	623	73	19	bovenloop	kwaliteit
2212	5824	3825	2127	11 776	49	32	middenloop	kwaliteit
2241	3940	3284	777	8001	49	41	middenloop	kwaliteit
2205	2189	2440	409	5038	43	48	middenloop	kwaliteit
2206	5308	3440	1913	10 661	50	32	middenloop	kwaliteit
2210	3785	3069	742	7596	50	40	middenloop	kwaliteit
2101	13 528	8917	3851	26 296	51	34	benedenloop	kwaliteit

\* geselecteerd als meetpunt voor beïnvloeding door landbouwgebieden

\*\* geselecteerd als meetpunt voor beïnvloeding door natuurgebieden

Evenals in Fase 2 (Roelsma *et al.*, 2006b) is de toetsing van het modelsysteem afzonderlijk voor het land- en oppervlaktewatersysteem uitgevoerd. Dit betekent, dat toetsing heeft plaatsgevonden voor:

- Waterafvoeren door het landsysteem (waterkwantiteitsmodule);
- Grondwaterstanden in het landsysteem (waterkwantiteitsmodule);
- Nutriëntenconcentraties/-vrachten vanaf het landsysteem (waterkwaliteitsmodule);
- Waterafvoeren door het oppervlaktewatersysteem (waterkwantiteitsmodule);
- Nutriëntenconcentraties/-vrachten in het oppervlaktewatersysteem (waterkwaliteitsmodule).



## 3 Fase 3 Modelsysteem

### 3.1 Inleiding

Met behulp van een modelsysteem kan een bijdrage van de evaluatie van het mestbeleid geleverd worden door het kwantificeren van het aandeel van de landbouw als gevolg van het (mest)beleid (zie hoofdstuk 1). Het modelsysteem is gefaseerd opgebouwd zodat van grof naar fijn wordt gewerkt. In het Fase 3 modelsysteem wordt gebruik gemaakt van de berekende waterafvoer en stikstof- en fosforvrachten met behulp van het bestaande landelijke modelinstrumentarium STONE, met in verschillende tussenstappen aangepaste (regionaal) verfijnde parameterisering. In paragraaf 3.2 wordt dit modelinstrumentarium kort toegelicht. Een beschrijving van de regionale schematisatie voor het gebied is weergegeven in paragraaf 3.3. In paragraaf 3.4 wordt de uitgangstoestand kort geschetst.

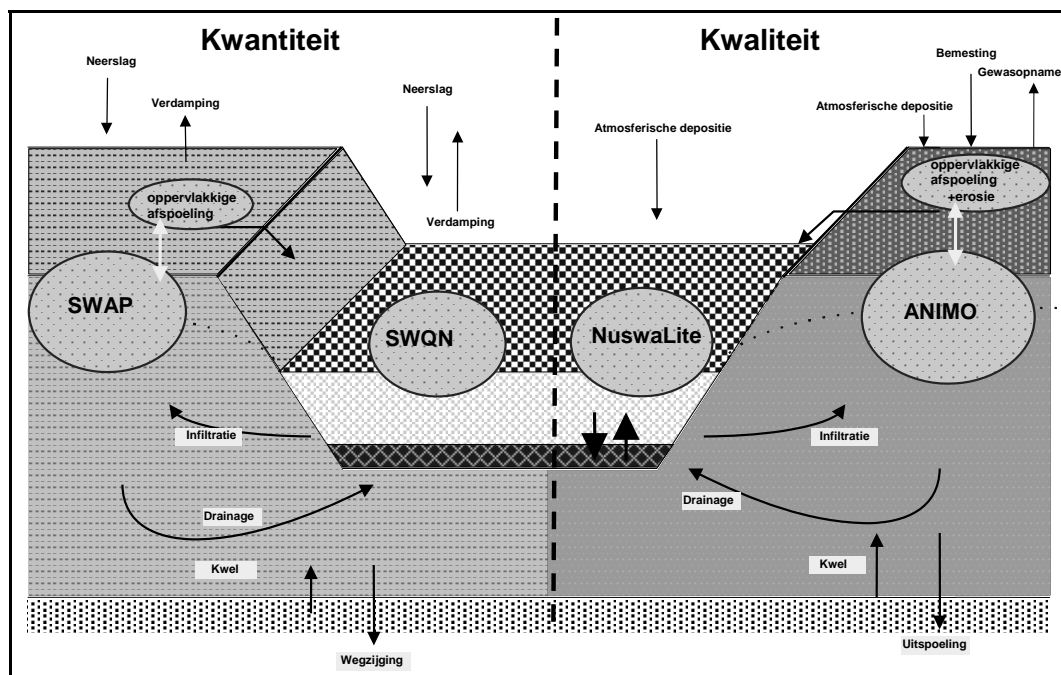
De modelinvoer wordt stapsgewijs geregionaliseerd, dat wil zeggen dat in verschillende tussenstappen gebiedspecifieke gegevens worden geïntroduceerd. De modelberekeningen worden vervolgens vergeleken met de uitgangstoestand (referentiesituatie). Deze referentiesituatie wordt in Paragraaf 3.4.1 en Bijlage 1 nader toegelicht. Door deze werkwijze kunnen de belangrijkste (i.e. de meest bepalende) datasets goed worden geïdentificeerd en kunnen specifieke aanbevelingen gedaan worden voor vervolgfases.

Paragraaf 3.6 geeft tenslotte een overzicht van de gebiedspecifieke gegevens die in de verschillende verfijningstappen worden geïntroduceerd

### 3.2 Het modelinstrumentarium

Het modelsysteem in Fase 3 is ten opzichte van het modelsysteem Fase 2 verder geregionaliseerd. Het modelinstrumentarium in Fase 3 is echter identiek gebleven. Het modelsysteem van Fase 3 bestaat uit vier modules (figuur 3.1). Het modelsysteem kan worden opgedeeld in modules voor de beschrijving van de kwantiteit (water) en modules voor de beschrijving van de kwaliteit (nutriënten). Daarnaast kan het systeem worden opgedeeld in modules voor het landsysteem en modules voor het oppervlaktewatersysteem. De koppeling tussen de modules voor het bodemsysteem en (on)verzadigde grondwatersysteem (tezamen het landsysteem genoemd) met de modules voor het oppervlaktewatersysteem wordt gelegd via zogenaamde afwateringseenheden.

In deze rapportage zullen de vier verschillende modules zoveel mogelijk los van elkaar worden getoetst. In de systeemanalyse Fase 2 staat een uitgebreide beschrijving gegeven van het gebruikte modelinstrumentarium, inclusief de methode voor het aanmaken van de ruimtelijke schematisatie van het stroomgebied (Roelsma *et al.*, 2006b).



Figuur 3.1 Blokdigram van de verschillende modules van het Fase 3 modelsysteem

### 3.3 Ruimtelijke schematisatie de Drentse Aa

#### 3.3.1 Schematisatie landsysteem

Er is gekozen om de eerste fase van het modelsysteem aan te laten sluiten bij de aanpak voor de evaluatie mestwetgeving. In de tweede fase is het modelsysteem verder verfijnd op basis van een gedetailleerde gebiedsschematisering. Deze verfijnde gebiedsschematisering van het landsysteem is in Fase 3 vrijwel identiek gebleven aan Fase 2. Als basisinformatie voor de schematisatie is wederom gebruik gemaakt van afwateringseenheden voor de afwatering van grondwater naar het oppervlaktewater, LGN4 voor het landgebruik, de 1:50 000 bodemkaart voor de bodem en grondwatertrap, elk met een ruimtelijke resolutie van 25×25 meter (Roelsma *et al.*, 2006b). Uiteindelijk zijn 175 STONE plots geselecteerd en gebruikt in de modellering in Fase 2. Deze 175 plots vormen ook de basis waarop in Fase 3 de parameterisering wordt verfijnd.

#### 3.3.2 Schematisatie oppervlaktewatersysteem

De schematisatie van het oppervlaktewatersysteem wordt gedefinieerd door de leggergegevens (structuur waterlopen, ligging kunstwerken) welke door de betrokken waterbeheerder zijn aangeleverd en randvoorwaarden van het oppervlaktewater (o.a. verhouding verhang en lengte van de waterloopsecties). In Fase 2 is met behulp van deze gegevens het oppervlaktewatersysteem geschematiseerd. Evenals voor het landsysteem is in Fase 3 de schematisering van het oppervlaktewatersysteem gebaseerd op de schematisatie in Fase 2. In de systeemanalyse Fase 2 is deze

schematisatie gedetailleerd beschreven (Roelsma *et al.*, 2006b). In Fase 3 zijn nog wel enkele correcties in de schematisering van het oppervlaktewatersysteem doorgevoerd (zie paragraaf 3.5.3). Deze correcties van de leggergegevens is als één van de verfijningsstappen in Fase 3 gedefinieerd.

### **3.4 Referentiesituatie**

De referentiesituatie is de uitgangssituatie waarmee de modelberekeningen in Fase 3 zijn vergeleken. Deze referentiesituatie is de eindsituatie van Fase 2 inclusief een harmonisatie van het Fase 2 modelsysteem en het gebruik van nieuwe modelversies. Deze aanpassingen zijn in de volgende paragrafen beschreven. Hierdoor verschilt deze referentiesituatie iets met de eindtoestand van Fase 2.

#### **3.4.1 Harmonisatie Fase 2**

Fase 2 van het project ‘Monitoring Stroomgebieden’ is voor alle gebieden afgerond en gerapporteerd. Fase 2 is door voortschrijdend inzicht en ervaring voor ieder gebied op een aantal onderdelen iets anders uitgevoerd. Hierdoor is de aanpak van ‘Fase 2’ niet voor ieder gebied uniform. Om tot een blauwdruk van de gehanteerde methodiek voor andere gebieden te komen dient iedere fase uniform te zijn uitgevoerd. Daarom is voor aanvang van Fase 3, Fase 2 voor alle vier proefgebieden geharmoniseerd.

Harmonisatie Fase 2 is het eindpunt van Fase 2. De aanbevelingen uit Harmonisatie Fase 2 zijn het startpunt voor Fase 3. De aanbevelingen in Fase 2, zoals gerapporteerd in de systeemanalyse Fase 2 (Roelsma *et al.*, 2006b) blijven relevant voor Fase 3. De resultaten uit Fase 3 worden vergeleken met de resultaten uit de harmonisatie Fase 2. In Bijlage 1 zijn de aanpassingen en resultaten voor Harmonisatie Fase 2 weergegeven.

#### **3.4.2 Modelversies**

Sinds de uitvoering van Fase 2 is het modelinstrumentarium op een aantal punten verbeterd. Het betreft nieuwe versies van het model SWAP (waterkwantiteit landsysteem), ANIMO (waterkwaliteit landsysteem; op basis van gegevens uit de Evaluatie Mestbeleid 2007/EMW2007), SWQN (waterkwantiteit oppervlaktewatersysteem) en NuswaLite (waterkwaliteit oppervlaktewatersysteem).

Met uitzondering van ANIMO zijn deze nieuwe modelversies toegepast om de referentiesituatie door te rekenen. Hierbij zijn de veranderingen in de resultaten ten opzichte van de oude versies uitvoerig geanalyseerd, omdat geen (grote) veranderingen (discontinuïteiten) in de modelresultaten mogen ontstaan.

Het rekenen met de nieuwe versie van ANIMO, op basis van de resultaten van EMW2007, is in Fase 3 als aparte verfijningstap toegepast. De aanpassingen ten opzichte van EMW2004, dat voor Fase 2 is gebruikt, zijn dusdanig substantieel, dat deze expliciet dienen te worden geanalyseerd.

### 3.5 Grootte rekentijdstap

In Fase 2 is er gerekend met een decade als tijdstap grootte. In de systeemanalyse fase 2 is geconstateerd dat de temporele resolutie verhoogd dient te worden. De tijdstapgrootte van de uitvoer van het modelsysteem dient namelijk verkleind te worden om de temporele variatie van waterafvoer, stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater te kunnen voorspellen. Deze aanbeveling is in Fase 3 uitgevoerd door te rekenen met een tijdstap grootte van een dag.

### 3.6 Regionale gegevens

In de systeemanalyse Fase 2 zijn kritische systeemparemeters en invoerdata geïdentificeerd. Op basis van deze bevindingen, resultaten uit gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses van de modellen en pragmatische keuzes is een selectie van regionaal gedifferentieerde invoergegevens gemaakt.

In de Fase 3 modelberekeningen zijn vervolgens stapsgewijs verfijningen aangebracht en gebiedspecifieke gegevens geïntroduceerd. De resultaten van deze verfijningen zijn vervolgens vergeleken met die van het aanvankelijke model. Op deze wijze is het effect van regionale (gebiedspecifieke) data op de oppervlaktewaterkwaliteit bepaald.

De stapsgewijze verfijning/regionalisatie van de modelinvoer is voor alle vier gebieden op dezelfde wijze uitgevoerd. Tussen de vier gebieden bestaan uiteraard verschillen in de relevantie van bepaalde modelparameters. De volgende gebiedspecifieke gegevens zijn geïntroduceerd:

- Meteorologische gegevens.
- Onderrand (wegzijging en kwel).
- Drainageweerstanden en -peilen.
- Nutriëntenconcentraties van het (diepe) grondwater (kwelkwaliteit).
- Fosforvoorraad (P-ophoping) in de bodem.
- Leggegevens (correcties).
- Onverhard stedelijk gebied (toevoegen).
- Diffuse detailontwatering (greppels en kleine watergangen; toevoegen).
- Neerslag en verdamping hoofdwaterlopen (toevoegen).
- Atmosferische depositie op hoofdwaterlopen (toevoegen).

De gebiedspecifieke gegevens zijn afkomstig van verschillende bronnen, zoals de waterbeheerder, het KNMI, TNO, Topografische Dienst en RIVM. De in de systeemverkenning (Roelsma *et al.*, 2004a) verzamelde gegevens zijn hierbij geactualiseerd. Een aantal gegevens is echter niet (vlakdekkend) beschikbaar, zoals

bijvoorbeeld drainageweerstand. Om deze gegevens toch te kunnen regionaliseren is gebruik gemaakt van de studie 'Karteerbare Kenmerken' (Van der Gaast et al, 2006). De in deze studie ontwikkelde systematiek om bepaalde parameters te kunnen kwantificeren is toegepast op het stroomgebied van de Drentse Aa. Bij het ontbreken van regionale data is teruggevallen op landelijk beschikbare data.

In de volgende paragrafen worden alle stappen kort toegelicht. Bijlage 2 geeft de achtergronden en verdere toelichting per stap.

### **3.6.1 Waterkwantiteit landsysteem**

#### **3.6.1.1 Meteorologie**

Om regionale meteorologische gegevens toe te kennen aan het stroomgebied Drentse Aa is gekeken naar de dichtstbijzijnde meteo- en neerslagstations. De neerslagstations Assen, Eelde, Eext, Laaghalen, Onnen en Schoonloo liggen in of nabij het gebied. Voor het toekennen van de neerslaggegevens aan de modelplots zijn de volgende 2 mogelijkheden uitgewerkt:

- Construeren van Thiessen polygoon en het toekennen van de neerslaggegevens aan de plots die binnen het desbetreffende polygoon liggen. Indien een plot in meerdere polygoon ligt wordt het polygoon gekozen waarin het grootste deel van de plot ligt.
- Toekennen van de neerslag van het meteostation dat voor het grootste deel van het stroomgebied het meest nabij is (i.e. het meteostation met de grootste Thiessen-polygoon). Dit is het meteostation van Assen.

De Thiessen-verdeling laat zien dat de invloedsgebieden van de andere neerslagstations, naast Assen, ook een aanzienlijke oppervlakte beslaan (Bijlage 2). De methode om meerdere neerslagstations te gebruiken volgens de Thiessen-verdeling bleek een zichtbaar effect te hebben op de afvoeren van deelstroomgebieden. Daarom is ervoor gekozen om de methode van Thiessen-verdeling verder toe te passen. De Thiessen-verdeling is toegekend aan de plots door de meest dominante polygoon van de verdeling binnen de plot toe te kennen. Daarna is de toekenning aangepast zodat de oppervlakte van de oorspronkelijke Thiessen-verdeling zo goed mogelijk benaderd wordt (zie Bijlage 2).

Voor alle meteorologische gegevens behalve de neerslag is gekozen voor station Eelde, omdat dit het dichtstbijzijnde hoofd-meteostation is waarvoor gegevens zoals luchttemperatuur en de Makkink-referentieverdamping beschikbaar zijn.

#### **3.6.1.2 Kwel en wegzijging**

De hydrologische randvoorwaarden aan de onderzijde van het model dienen op dagbasis te worden gedefinieerd. Daggegevens met betrekking tot de flux (kwel- en wegzijgingsintensiteit) worden doorgaans modelmatig bepaald. Deze gegevens zijn



niet voor alle stroomgebieden beschikbaar. Om die reden is gekozen voor een methode, waarbij gebruik gemaakt wordt van het Alterra-rapport 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' (Van der Gaast *et al.*, 2006). In deze studie is voor heel Nederland op 25m bij 25m resolutie een waarde voor de diepe stijghoogte en de hydraulische weerstand bepaald. In Bijlage 2 staat een gedetailleerde beschrijving van de toegepaste methode.

### 3.6.1.3 Drainageweerstanden en peilen

Belangrijke sturende parameters voor de ontwatering en afwatering van de bodem zijn de drainageweerstanden, oppervlaktewaterpeilen en het voorkomen van buisdrainage.

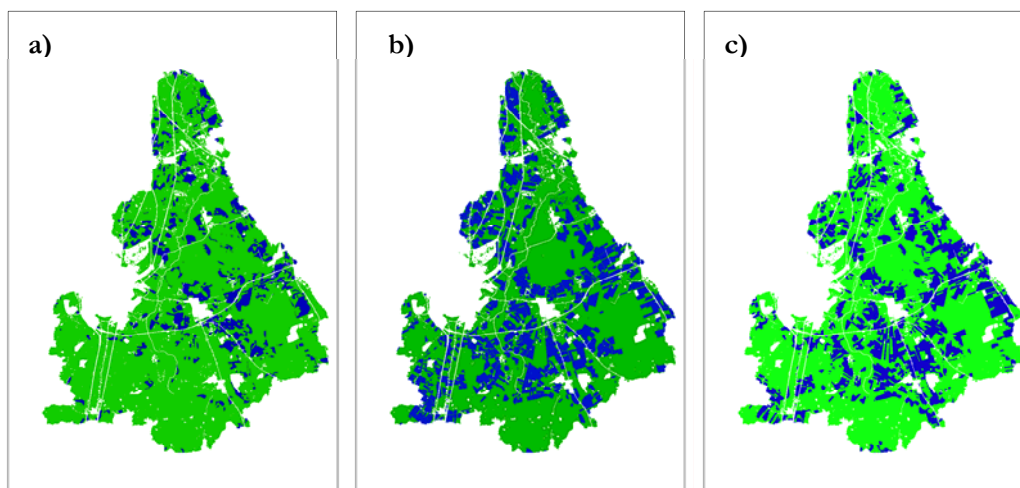
Net als de randvoorwaarden aan de onderzijde van het systeem zijn de drainageweerstanden en -peilen daarom bepaald op basis van 'karteerbare kenmerken' (Van der Gaast *et al.*, 2006). Deze methode maakt gebruik van slootdichtheden die van gedetailleerde kaarten kunnen worden afgeleid (Bijlage 2). Voor iedere cel van 25×25 meter in het stroomgebied wordt de totale lengte bepaald van de (verschillende klassen van) ontwateringsmiddelen die bijdragen aan de ontwatering of afwatering van dat punt. Met behulp van deze lengte en het doorlaatvermogen van de bodem kunnen vervolgens de drainageweerstanden worden bepaald voor de verschillende ontwateringsniveaus. In Bijlage 2 staat een gedetailleerde beschrijving van de toegepaste methode.

In niet-peilgestuurde gebieden zoals grote delen van de Drentse Aa zijn peilvakgegevens niet van toepassing. In deze vaak hellende gebieden wordt het ontwateringspeil bepaald door de bodemdiepte van sloten en greppels in combinatie met lokale stuwen. Het vlakdekkend maken van deze informatie vereist zeer gedetailleerde gegevens van alle ontwateringsmiddelen. Met uitzondering van de hoofdwatervgangen (leggergegevens) zijn deze gegevens echter niet beschikbaar. Om toch tot een schatting van winter- en zomerpeilen te komen zijn deze binnen 'Karteerbare Kenmerken' gekalibreerd op de betreffende GT (grondwatertrap). Hieruit volgt een tabel met streefpeilen per Gt. De streefpeilen zijn toegekend aan elk plot op basis van de Gt van de plot. Deze streefpeilen zijn geen vaste peilen. Door netto infiltratie in droge perioden kan het werkelijke waterpeil onder het streefpeil zakken (voor zover dit hoger ligt dan de bodemhoogte), in natte periodes kan het waterpeil weer stijgen.

Uit berekeningen van het beekdal van de Drentse Aa met diepe stijghoogte en de hydraulische weerstand afgeleid uit Karteerbare Kenmerken (Van der Gaast *et al.*, 2006), blijkt dat de natuurlijke lopen van de Drentse Aa droogvallen in de zomer. Natuurlijke lopen van de Drentse Aa zijn in dit geval de ongestuwde waterlopen. Blijkbaar zijn de gegevens uit Karteerbare Kenmerken representatief voor de gemiddelde situatie in Noord-Nederland, maar niet regionaal-specifiek genoeg voor de het stroomgebied van de Drentse Aa. Daarom is besloten om de kwel in de

beekdalen te simuleren met een peilverlaging in het natuurlijke beekstelsel van de Drentse Aa.

Ook de buisdrainageparameters en schematisatie zijn regionaal verfijnd in Fase 3. In het kader van de MIPWA Noord-Nederland studie (Snepvangers en Berendrecht, 2007) is de buisdrainagekaart verbeterd. Dit levert een nieuwe kaart op, inclusief geschatte diepte voor de buisdrainage voor de Drentse Aa. Uit deze kaart valt op te maken dat het areaal buisdrainage is toegenomen ten opzichte van Fase 2, welke nog gebaseerd is op de schatting in het modelinstrumentarium STONE (figuur 3.2).



Figuur 3.2 Buisdrainage in de Drentse Aa conform Fase 2, STONE (a); kaart MIPWA (b) en na toekenning Fase 3 (c)

Na toekenning van de kaart van MIPWA aan de rekenplots in Fase 3 blijkt het gedraineerde areaal iets kleiner geworden (tabel 3.1). Na uitsplitsing van het gedraineerde areaal naar landgebruiksvormen blijkt dat 87% van de maïs- en 91% van de akkerbouwgronden in het Fase 3 modelsysteem te zijn gedraineerd tegen 2% van de graslanden.

Tabel 3.1 Oppervlak buisdrainage in de Drentse Aa in Fase 3 volgens kaart MIPWA en na toekenning aan de rekenplots in de Drentse Aa

	Kaart MIPWA		Na toekenning aan plots Fase 3	
	Oppervlak (ha)	Percentage	Oppervlak (ha)	Percentage
Ongedraineerd	17 030	71%	17 795	74%
Gedraineerd	6 908	29%	6 143	26%
Totaal	23 938	100%	23 938	100%

#### 3.6.1.4 Pakketdikte van het topsysteem

In Fase 2 was de diepte van de te modelleren grondkolom standaard 13 meter, conform de systematiek in STONE. In Fase 3 is deze kolomdikte opnieuw beoordeeld op basis van regionale gegevens.

TNO heeft hiertoe alle ondiepe boringen geïnclassificeerd en op basis hiervan de dikte van het topsysteem vastgesteld (Van der Linden, 2002). In de Drentse Aa kan de dikte van het topsysteem onder de twee meter komen en minder diep zijn dan de ontwateringmiddelen. Dit is niet realistisch en niet acceptabel voor de hydrologische berekeningen. Daarom is ook gekeken naar de GLG van elke plot en de diepte van de drainagemiddelen. Voor het stroomgebied van de Drentse Aa levert dit een gemiddelde pakketdikte van ca. 3 meter op.

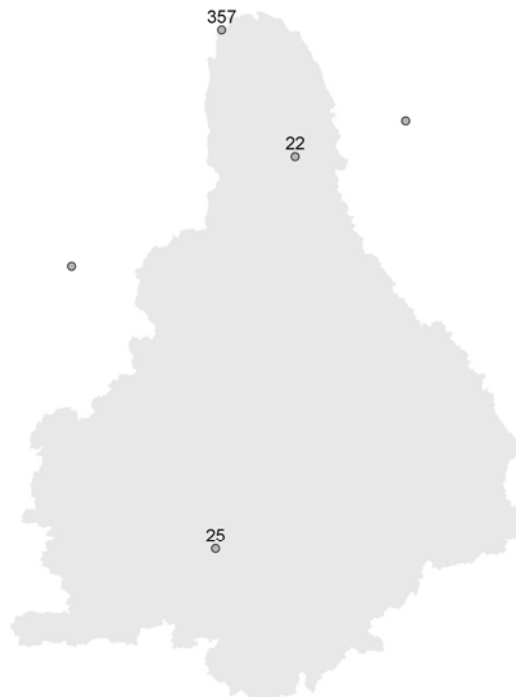
### **3.6.2 Waterkwaliteit landsysteem**

Het regionaal verfijnen van de invoer van de waterkwaliteitsmodule van het landsysteem bestaat uit twee onderdelen:

1. Het introduceren van gebiedsspecifieke nutriëntenconcentraties in het (diepe) grondwater. Dit is van belang voor het correct simuleren van de (regionale) achtergrondconcentraties in kwelwater. Dit onderdeel wordt beschreven in Paragraaf 3.6.2.1.
2. Het bijstellen van de berekende fosfaatvoorraad in de bodem. Dit onderdeel wordt beschreven in Paragraaf 3.6.2.2

#### **3.6.2.1 Kwelconcentraties**

Het aantal gegevens met betrekking tot de nutriëntenconcentraties in het (diepe) grondwater is beperkt. Als gegevensbron voor concentraties van kwelwater is de dataset Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LGM) van het RIVM gebruikt. Dit meetnet bestaat uit ca. 400 meetpunten verspreid over geheel Nederland. In figuur 3.3 zijn de locaties van de meetpunten welke binnen de gebiedsgrenzen van het stroomgebied de Drentse Aa vallen weergegeven. Voor de nutriëntenconcentraties in het kwelwater zijn voor het gehele stroomgebied de data van meetpunt LGM-357 gebruikt, omdat deze meetlocatie het meest wordt beïnvloedt door kwel. Meetpunt LGM-357 heeft filters op 8 en 27 meter diep, waarbij -gezien de ligging van de onderrand van het modelsysteem- de data van het filter op 8 meter diepte zijn gebruikt. Voor de modelinvoer zijn de gemiddelde waarden van de meetreeks over de periode 1984-2000 gebruikt.



Figuur 3.3 Ligging van de meetpunten uit de LGM-dataset voor het stroomgebied van de Drentse Aa

Bijlage 2 geeft een overzicht van de gegevens van de verschillende meetpunten, alsmede de methodiek om de concentraties organischestikstof en –fosfor en opgelost organische stof in het (diepe) grondwater in te schatten, aangezien het meetnet deze gegevens niet beschikbaar heeft. Dit resulteert in een dataset met nutriëntenconcentraties in het diepe grondwater, die voor Fase 3 berekeningen zijn gebruikt (tabel 3.2).

Tabel 3.2 Nutriëntenconcentraties in het (diepe) grondwater voor het stroomgebied de Drentse Aa voor het Fase 3 modelsysteem

Parameter	NH <sub>4</sub> -N (mg.l <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg.l <sup>-1</sup> )	DOM (mg.l <sup>-1</sup> )	DON (mg.l <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg.l <sup>-1</sup> )	DOP (mg.l <sup>-1</sup> )
concentratie:	0.356	0.028	0.241	0.0241	0.22	0.02

### 3.6.2.2 Fosfaatophoping

De fosfaatophoping in de bodem is bepalend voor de uitspoeling van fosfor. Voor de periode 1994-2000 is de frequentieverdeling van het berekende fosfaatgehalte in de bovenste 50 cm van de bodem bepaald. Deze frequentieverdeling is voor de vier te onderscheiden landgebruikvormen (grasland, maïs, bouwland en natuur) berekend en vervolgens vergeleken met het gemeten fosfaatgehalte op dezelfde diepte uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK; Finke *et al.*, 2001). Aan de hand van de onder- of overschatting van het fosfaatgehalte wordt de hoeveelheid dierlijke mest over de periode 1941 t/m 1985 aangepast zodat het berekende fosfaatgehalte overeenkomt met het gemeten fosfaatgehalte. In Bijlage 2 staat een gedetailleerde beschrijving van de toegepaste methode.

### 3.6.3 Waterkwantiteit oppervlaktewaterstelsel

#### 3.6.3.1 Correctie leggergegevens

In Fase 2 is voor het eerst met een oppervlaktewatermodule gerekend. Op basis van leggergegevens is een waterlopenstructuur aangemaakt. Daarin zijn vooral de A-watergangen geschematiseerd met daarbij de belangrijkste stuwen en andere kunstwerken. In Fase 3 is de schematisatie en parameterisatie van de invoer op basis van de leggergegevens gecontroleerd. Voor een beperkt aantal waterlopen in de Drentse Aa bleek een sprong in de slootbodemdieptes te zitten. Daarnaast waren voor een paar waterlopen de boven- en benedenstroomse slootbodemdieptes omgedraaid. Deze zijn in Fase 3 gecorrigeerd.

#### 3.6.3.2 Stedelijk gebied

Alle stedelijk gebied is in Fase 2 buiten beschouwing gelaten. Dit geldt ook voor open water. Het verharde stedelijk gebied zal haar water via de riolering afvoeren naar RWZI's. De belasting vanuit het verharde stedelijk gebied in de Drentse Aa komt via lozingen van de rioleringen buiten het gebied terecht. Een deel van het water uit onverhard stedelijk gebied zal echter ook binnen het stroomgebied tot afvoer kunnen komen. Het betreft vooral de afvoer afkomstig van groenstroken, parken en tuinen. In Fase 3 is het onverhard stedelijk gebied daarom in de berekeningen meegenomen. Hierbij is voor alle stedelijk gebied aangenomen, dat 60% van de oppervlakte onverhard is.

Het areaal stedelijk gebied is bepaald op basis van de landgebruikkaart (LGN, 2004). Voor dit gebied is een STONE plot geselecteerd, die bestaat uit natuur-grasland met een Gt IV. Hierbij wordt dus aangenomen, dat de bemesting in stedelijk gebied gering is en dat in stedelijk gebied overal goede drainage aanwezig is.

Voor deze plot zijn vervolgens de water- en nutriëntenafvoeren (vanuit het landsysteem) berekend. De water- en nutriëntenafvoeren uit stedelijk gebied kunnen vervolgens voor iedere afwateringseenheid worden bepaald<sup>1</sup> en worden toegekend aan het bijbehorende knooppunt van de oppervlaktewatermodellen (conform de toekenning van de water- en nutriëntenafvoeren vanuit de andere plots).

Door het meenemen van het onverhard stedelijk gebied neemt de totale gemodelleerde oppervlakte van het stroomgebied van de Drentse Aa toe van 23177 naar 24944 ha.

---

<sup>1</sup> Hierbij wordt voor iedere afwateringseenheid de berekende water- en nutriëntenafvoer van de geselecteerde plot voor onverhard stedelijk gebied vermenigvuldigd met 60% van de oppervlakte stedelijk gebied binnen die afwateringseenheid.

### 3.6.3.3 Diffuse detailontwatering

In Fase 2 zijn alleen de grotere waterlopen expliciet in de modelschematisatie opgenomen. Alle overige waterlopen, zoals de kleinere sloten en greppels zijn buiten beschouwing gelaten of impliciet meegenomen in het oppervlak van het landsysteem. Deze overige waterlopen kunnen worden beschouwd als ‘diffuse detailontwatering’, waarbij het grootste deel van het water en de nutriënten eerst door deze kleine waterlopen zal stromen voordat het in de hoofdwaterlopen terecht komt.

In deze kleinere waterlopen kan echter ook berging van water en omzetting (retentie) van nutriënten plaatsvinden. Daarom wordt in Fase 3 een aanpassing geïntroduceerd om ook de processen in deze kleinere waterlopen te kunnen simuleren. Deze aanpassing bestaat uit het bepalen van de oppervlakte van de kleinere waterlopen. De oppervlakte van het land(systeem) wordt vervolgens met deze waarde verminderd. Het oppervlaktewatersysteem wordt met deze oppervlakte voor diffuse detailontwatering vergroot.

De oppervlakte van de kleinere waterlopen (diffuse detailontwatering) is bepaald met behulp van de VIRIS 2005 gridbestanden, die afgeleid zijn van de Top10 vectorkaart. Deze oppervlakte wordt vervolgens verdisconteerd door per afwateringseenheid een additionele (fictieve) waterloop toe te voegen met een breedte en diepte van 1 meter en een talud van 1:1. De lengte van deze fictieve waterloop is zodanig, dat hiermee de totale oppervlakte van de diffuse detailontwatering binnen de betreffende afwateringseenheid wordt gerepresenteerd.

Omdat deze fictieve waterloop wel een correcte berging heeft maar (door de relatief grote lengte) een te hoge hydraulische weerstand is vervolgens de Chézy-coëfficiënt van deze fictieve waterlopen verlaagd, afhankelijk van de lengte van de fictieve waterloop.

Door deze aanpassing van de schematisatie van het oppervlaktewatersysteem en de correctie van het landsysteem neemt de totale gemodelleerde oppervlakte van het landsysteem van de Drentse Aa weer iets af, van 24944 naar 24599 ha.

### 3.6.3.4 Neerslag en verdamping

In Fase 3 wordt ook neerslag en verdamping op het oppervlaktewater meegenomen in de modellering. In combinatie met de verbetering van de verdeling van het oppervlak aan land en water (zie diffuse detailontwatering, vorige paragraaf) zal dit ertoe leiden dat de waterbalans met betrekking tot neerslag en verdamping, voor land en water opgeteld, gelijk is aan de neerslag en verdamping die hoort bij het oppervlak van het gehele gebied. Daarnaast zal deze stap afhankelijk van het percentage open water in een stroomgebied in meer of mindere mate de nutriëntenconcentraties beïnvloeden.

Voor het toekennen van neerslag en verdamping zijn dezelfde databronnen gebruikt als ook voor het landsysteem in Fase 3. Voor het stroomgebied van de Drentse Aa is voor de neerslag KNMI neerslagstation Assen gebruikt. Dit wijkt af van de neerslag gebruikt in het landsysteem (zie paragraaf 3.5.1.1), omdat het in de in Fase 3 toegepaste versie van de oppervlaktewatermodule niet mogelijk was neerslag van meer dan één meteorostation te kunnen invoeren. Voor de verdamping is gebruik gemaakt van KNMI hoofdstation Eelde.

### **3.6.4 Waterkwaliteit oppervlaktewatersysteem**

#### **3.6.4.1 Atmosferische depositie**

In Fase 3 is als verfijningstap ook de atmosferische depositie op het oppervlaktewater meegenomen. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen droge en natte depositie<sup>2</sup>. Voor de modelberekeningen is de atmosferische depositie op landbouw gebruikt. Hiervan zijn voor de periode van 1986-2000 jaargemiddelden beschikbaar. De atmosferische depositie wordt constant over het jaar verondersteld.

#### **3.6.4.2 Regionale parameterisering**

In Fase 2 zijn alle oppervlaktewaterkwaliteitsmodellen met dezelfde procesparameters doorerekend. Deze procesparameters zullen echter van gebied tot gebied kunnen verschillen. In Fase 3 is, op basis van elders opgedane ervaringen en 'expert judgement', een nadere inschatting gemaakt van de gebiedspecifieke procesparameters voor het oppervlaktewaterkwaliteitsmodel.

De procesparameters betreffen:

- Parameters m.b.t. de biomassa, zoals sterftesnelheid, groeiafhankelijkheid (van nutriënten) en het percentage N en P waaruit de droge stof biomassa bestaat.
- Parameters m.b.t. interne processen, zoals mineralisatie, adsorptie/desorptie, sedimentatie (P) en denitrificatie (N).

De parameters met betrekking tot biomassa zijn opnieuw vastgesteld op basis van nieuwe literatuurgegevens in combinatie met ervaringen in andere projecten. Er is geen aanleiding om deze groep procesparameters (binnen Nederland) gebiedspecifiek te differentiëren, er vanuit gaande dat dezelfde plantensoorten in alle stroomgebieden kunnen voorkomen.

De parameters die de mineralisatie, sorptie, sedimentatie en denitrificatie beschrijven kunnen wel regionaal variëren, omdat deze onder andere afhankelijk zijn van de dikte en samenstelling van de waterbodem. Deze parameters zijn voor het stroomgebied van de Drentse Aa opnieuw vastgesteld op basis van expert judgement en ervaringen in andere projecten.

---

<sup>2</sup> In de gebruikte STONE data is alleen de droge depositie beschikbaar. Deze is gecorrigeerd voor de natte depositie.

Tabel 3.3 geeft een overzicht van de procesparameters voor mineralisatie, denitrificatie en sedimentatie, waarbij ook wordt aangegeven of deze parameters in andere gebieden verschillen (d.w.z. of deze parameters al dan niet gebiedspecifiek zijn vastgesteld). Tabel 3.4 geeft de procesparameters die de sorptie bepalen. Bijlage 2 geeft de volledige parameterset. Voor verdere informatie over de invloed van parametersettings zie ook het deelrapport over de bandbreedte analyse uitgevoerd voor de vier gebieden (Mulder *et al.*, in voorbereiding).

Tabel 3.3 Parameters mineralisatie, denitrificatie en sedimentatie

Parameter	Eenheid	Waarde	Gebiedspecifiek
MineralizationRate $k_{mi}$	d <sup>-1</sup>	0.15	Ja
Q10Mineralization $\beta_{mi}$	-	0.047	Nee
DenitrificationRate kden	d-1	0.05	Ja
Q10Denitrification $\beta_{den}$	-	0.045	Nee
SedimentSinkSpeed Mineral	m.d-1	0.15	Ja
SedimentSinkSpeed Organic	m.d-1	0.05	Ja

Tabel 3.4 Parameters sorptie

Parameter	Eenheid	Waarde	Gebiedspecifiek
LinSorptionNMin $k_{a,Nmin}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.00005	Ja
LinSorptionNMax $k_{a,Nmax}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.00005	Ja
LinSorptionNDayMax $t_{ka,Nmax}$	dag	240	Nee
LinSorptionPMin $k_{a,Pmin}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.0007	Ja
LinSorptionPMax $k_{a,Pmax}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.0007	Ja
LinSorptionPDayMax $t_{ka,Pmax}$	dag	30	Nee
BulkDensity $\rho_s$	g.m <sub>s</sub> <sup>-3</sup>	1600000	Ja
SedimentThickness $H_{sed}$	m	0.02	Ja





## 4 Resultaten Fase 3 modelsysteem

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de eindresultaten die met het Fase 3 modelsysteem zijn verkregen beschreven. Deze eindresultaten gelden voor het oppervlaktewater-systeem. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1986 tot en met 2000. Allereerst vindt in paragraaf 4.2 de toetsing voor het gehele stroomgebied plaats en worden de balansen weergegeven. Vervolgens worden in paragraaf 4.3 de toetsing en balansen voor deelgebieden beschreven.

### 4.2 Stroomgebied de Drentse Aa

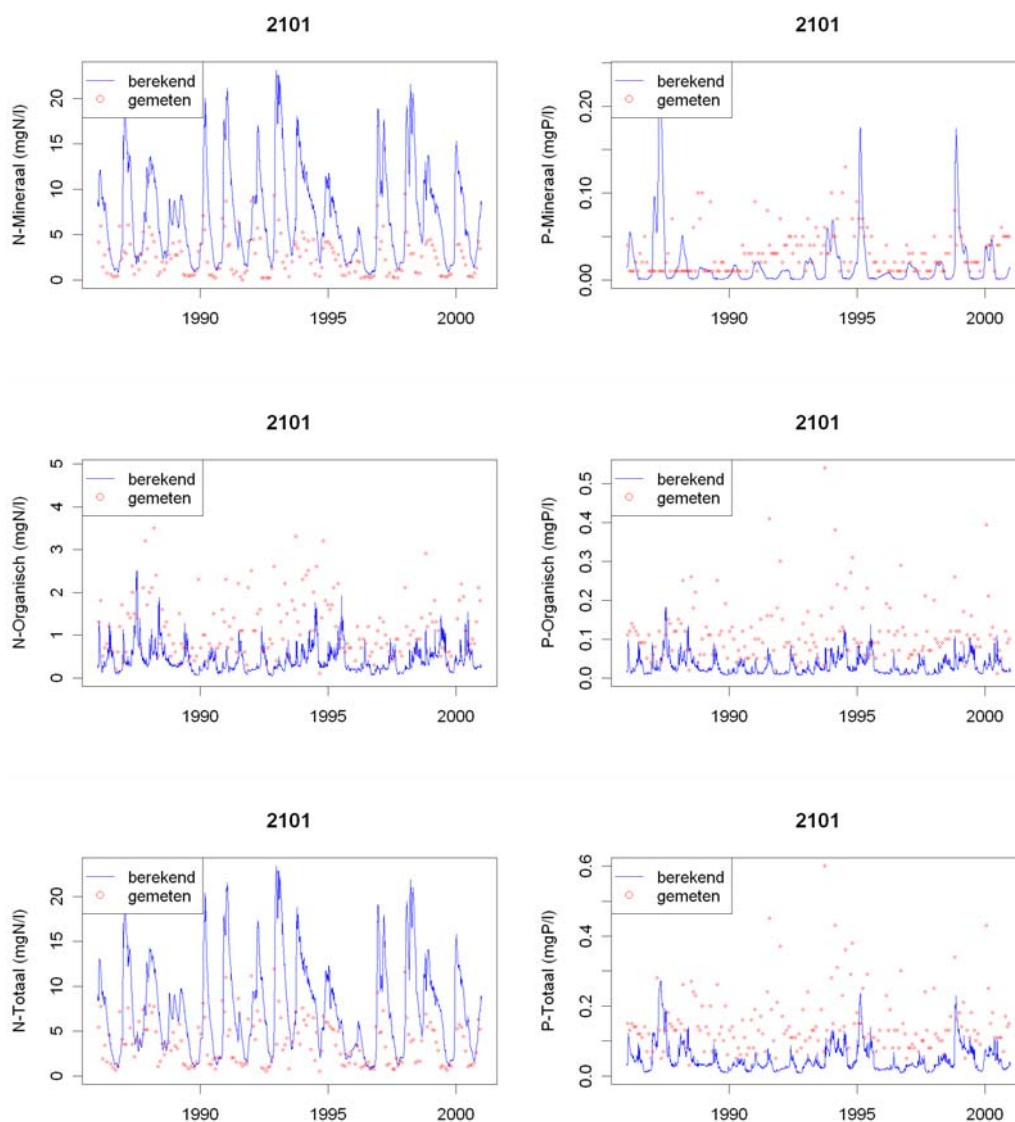
#### 4.2.1 Toetsing

##### *Waterkwaliteit*

In figuur 4.1 zijn de gemeten en berekende stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor het uitlaatpunt van de Drentse Aa (meetpunt 2101) voor de periode 1986 – 2000 weergegeven. Hieruit blijkt dat de minerale stikstofconcentraties worden overschat, terwijl de organische stikstofconcentraties worden onderschat. De som hiervan, totaal stikstof, wordt door het Fase 3 modelsysteem overschat. Voor fosfor wordt zowel de minerale fosforconcentraties als de organische fosforconcentraties onderschat. Wel wordt voor de minerale fosforconcentraties een aantal uitschieters berekend (figuur 4.1). Met name in het jaar 1987 wordt een hoge minerale fosforconcentratie voorspeld, terwijl in diezelfde periode de waarnemingen zich beneden de waarnemingsgrens bevinden. Deze piek wordt veroorzaakt door een piek in de uitspoeling van minerale fosfor uit het landsysteem in het voorjaar van 1987. Een mogelijke verklaring hiervoor dat door de methodiek van vaste tijdstippen van bemesting in het modelsysteem hoge pieken van uitspoeling kan veroorzaken.

De seizoensdynamiek van de totaal stikstofconcentraties wordt goed door het Fase 3 modelsysteem voorspeld: hoog in de winterperiode, laag in de zomerperiode (figuur 4.2). Voor totaal fosfor echter wordt de seizoensdynamiek niet goed voorspeld (figuur 4.3). Uit de meetwaarden blijkt dat de fosforconcentraties in de winter hoger zijn dan in de zomer, terwijl het modelsysteem het omgekeerde voorspeld.

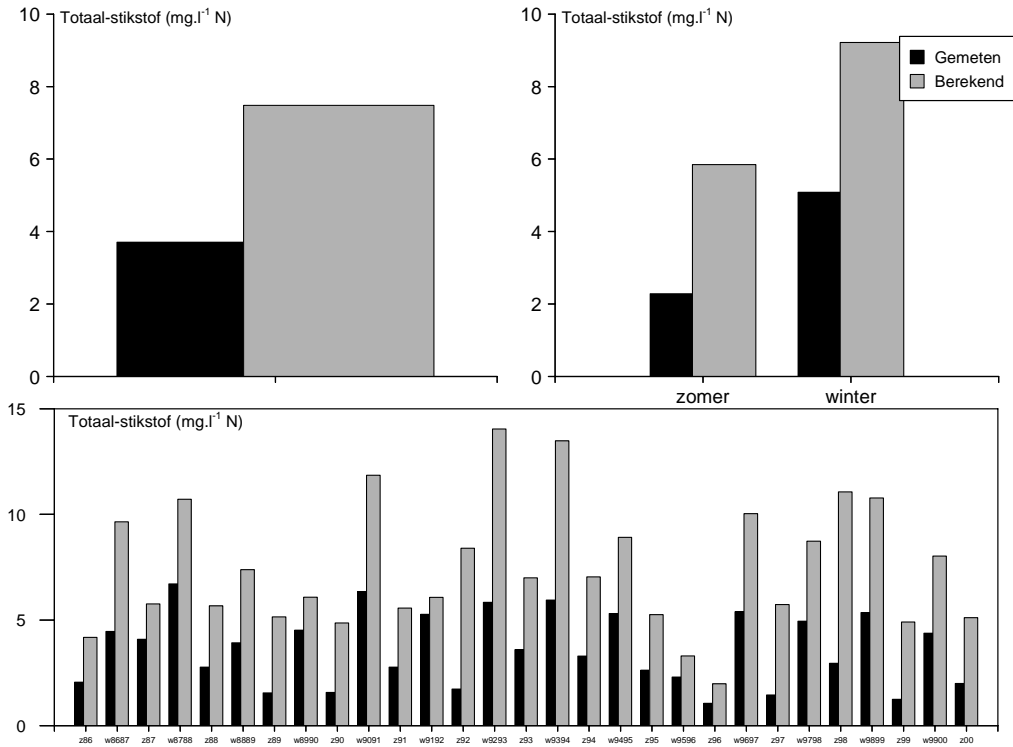
In tabel 4.1 is te zien dat zowel voor het minimum, 1<sup>ste</sup> en 3<sup>de</sup> kwartiel, maximum als voor de mediane en gemiddelde waarde de totaal-stikstofconcentratie wordt overschat. Voor totaal-fosfor geldt dat alle waarden worden onderschat.



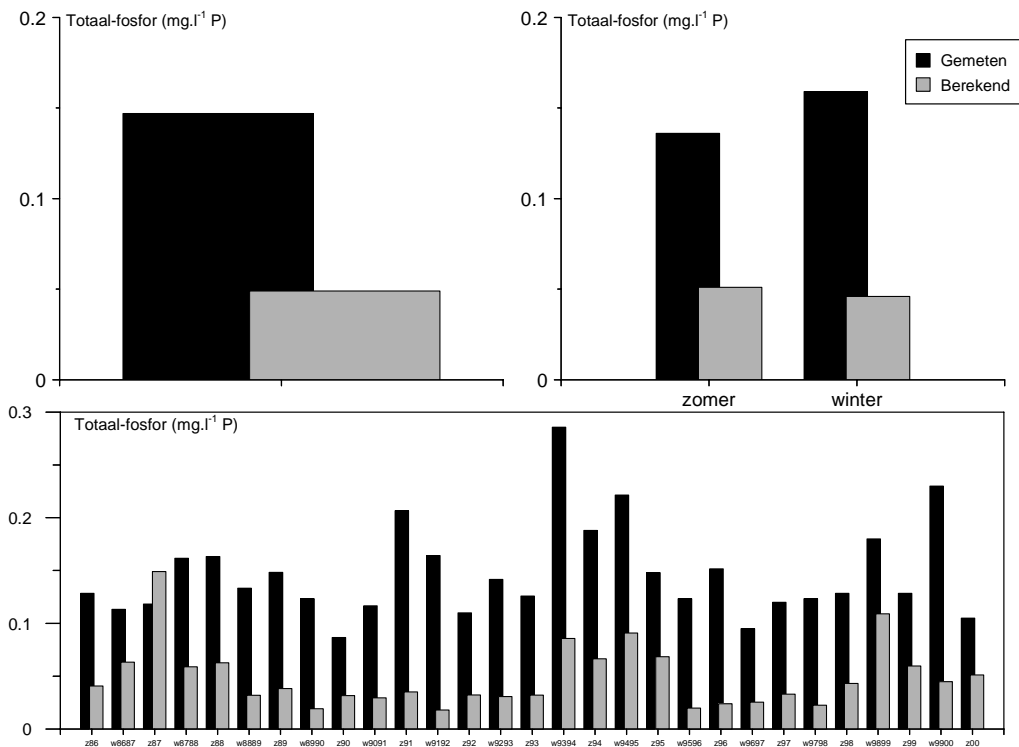
Figuur 4.1 Gemeten en berekende stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor het stroomgebied van de Drentse Aa

Tabel 4.1 Statistieken van gemeten en berekende totaal stikstof- en fosforconcentraties in het uitlaatpunt (meetpunt 2101) over de periode 1986 – 2000

in mg.l <sup>-1</sup> N of P	min	1 <sup>ste</sup> kwartiel	mediaan	gemiddelde	3 <sup>de</sup> kwartiel	max
Gemeten N	0.510	1.323	3.415	3.689	5.430	11.900
Berekend N	0.868	3.336	6.503	7.518	10.729	21.280
Gemeten P	0.030	0.100	0.130	0.147	0.170	0.600
Berekend P	0.009	0.024	0.034	0.050	0.064	0.251



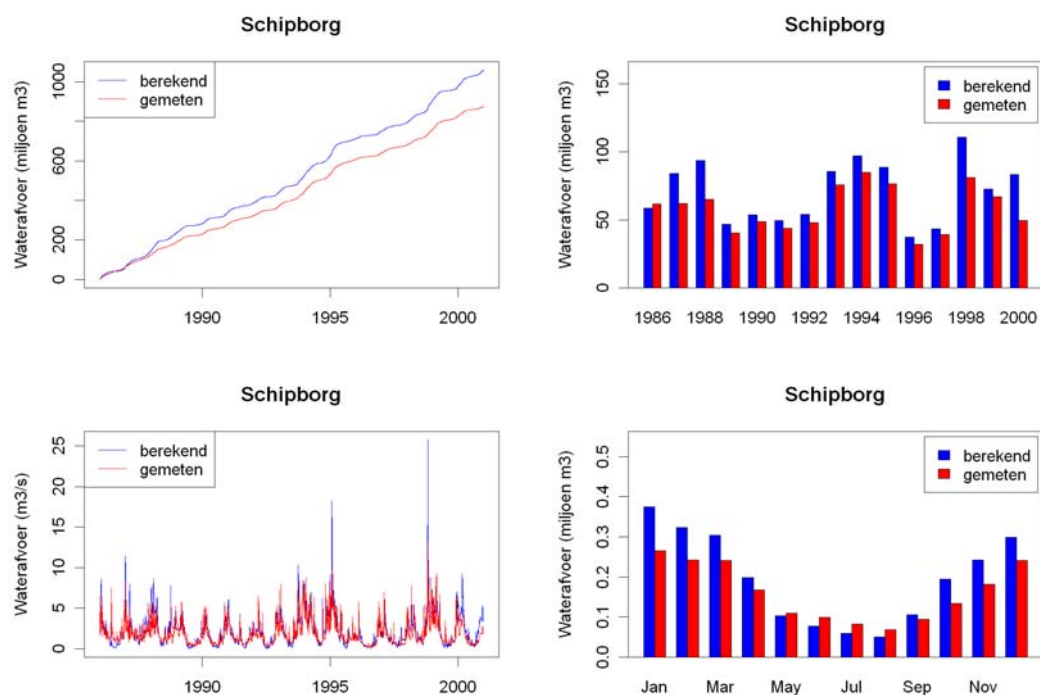
Figuur 4.2 Gemeten en berekende totaal stikstofconcentraties in het oppervlaktewater voor het stroomgebied van de Drentse Aa



Figuur 4.3 Gemeten en berekende totaal fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor het stroomgebied van de Drentse Aa

### Waterkwantiteit

In figuur 4.4 zijn de gemeten en berekende waterafvoeren voor meetlocatie Schipborg weergegeven. Meetlocatie Schipborg bevindt zich een aantal kilometer bovenstrooms het uitlaatpunt (zie ook Hoofdstuk 2) en is de meest benedenstroomse meetlocatie voor de waterkwantiteit. Uit figuur 4.4 blijkt dat de waterafvoer wordt overschat. Met name in de winterperiode wordt de waterafvoer overschat, want in de zomerperiode wordt de waterafvoer juist onderschat. Dit blijkt ook uit de statistieken (tabel 4.2).



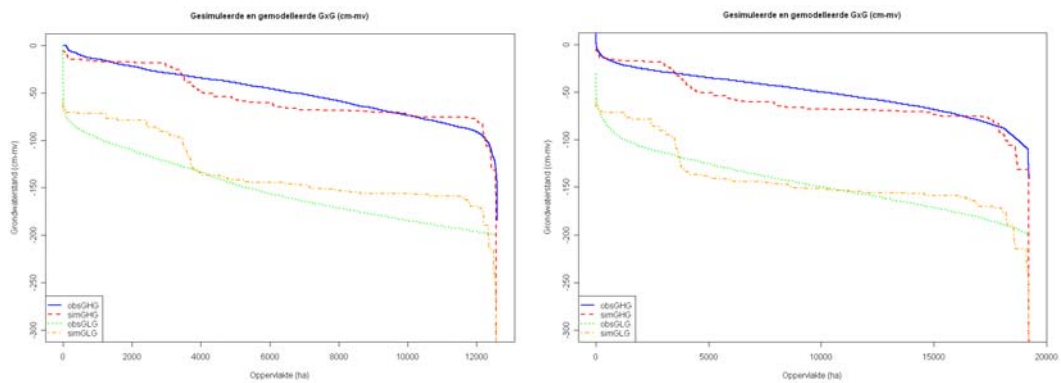
Figuur 4.4 Gemeten en berekende debieten in meetlocatie Schipborg

Tabel 4.2 Statistieken van gemeten en berekende waterafvoer op meetlocatie Schipborg over de periode 1986 – 2000

in $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	min	1 <sup>st</sup> e kwartiel	mediaan	gemiddelde	3 <sup>de</sup> kwartiel	max
Gemeten	1.02	1.45	1.95	1.85	2.27	2.69
Berekend	1.19	1.63	2.30	2.24	2.76	3.52

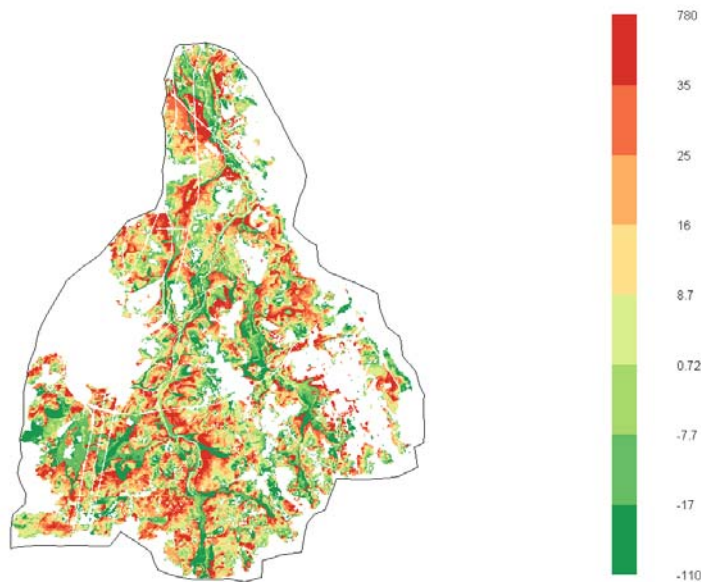
### Grondwater

Figuur 4.5 toont een vergelijking tussen de gemodelleerde gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) volgens twee methodieken; links een vergelijking met de geactualiseerde Gt-kaart (Van der Gaast *et al.*, 2006) en rechts een vergelijking met een detail bodemkartering (Scholten *et al.*, 1990). Beide methodieken laten zien dat de verdeling van de gesimuleerde GLG en GHG in grote lijnen goed overeenkomt met de geschatte grondwaterstanden. De GLG wordt iets ondieper gesimuleerd dan geschat volgens de methodiek met de geactualiseerde Gt-kaart (figuur 4.5).

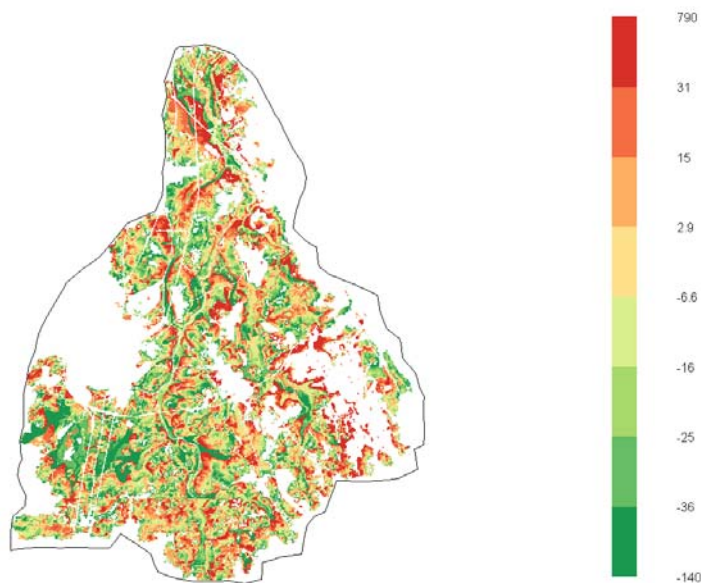


Figuur 4.5 Cumulatieve oppervlakteverdeling van berekende en geschatte grondwaterstanden van de geactualiseerde Gt-kaart (links) en bodemkartering (rechts)

In figuur 4.6 en 4.7 is de vergelijking van de gesimuleerde en de geschatte GLG en GHG ruimtelijk weergegeven. Hieruit blijkt dat met name in de beekdalen de gesimuleerde grondwaterstanden hoger zijn dan de geschatte grondwaterstanden.



Figuur 4.6 Verschillen tussen berekende GHG en geschatte GHG volgens de bodemkartering. Positief verschil: berekende GHG is dieper dan de bodemkartering - GHG. Negatief verschil: bodemkartering - GHG is dieper dan berekende GHG.



*Figuur 4.7 Verschillen tussen berekende GLG en geschatte GLG volgens de bodemkartering. Positief verschil: berekende GLG is dieper dan de bodemkartering - GLG. Negatief verschil: bodemkartering - GLG is dieper dan berekende GLG.*

#### 4.2.2 Balansen

In deze paragraaf zullen de balansen kort worden toegelicht. Eerst zullen de stikstofbalansen worden toegelicht, voor zowel het oppervlaktewater als ook het landsysteem, vervolgens die voor fosfor. Na kwaliteit volgen de balansen voor kwantiteit. Naast tabellen met de langjarig gemiddelde balans over de gehele rekenperiode van 15 jaar worden ook de jaarlijkse balansen uitgezet in afzonderlijke grafieken. Hierdoor worden ook verschillen tussen jaren en eventuele trends zichtbaar.

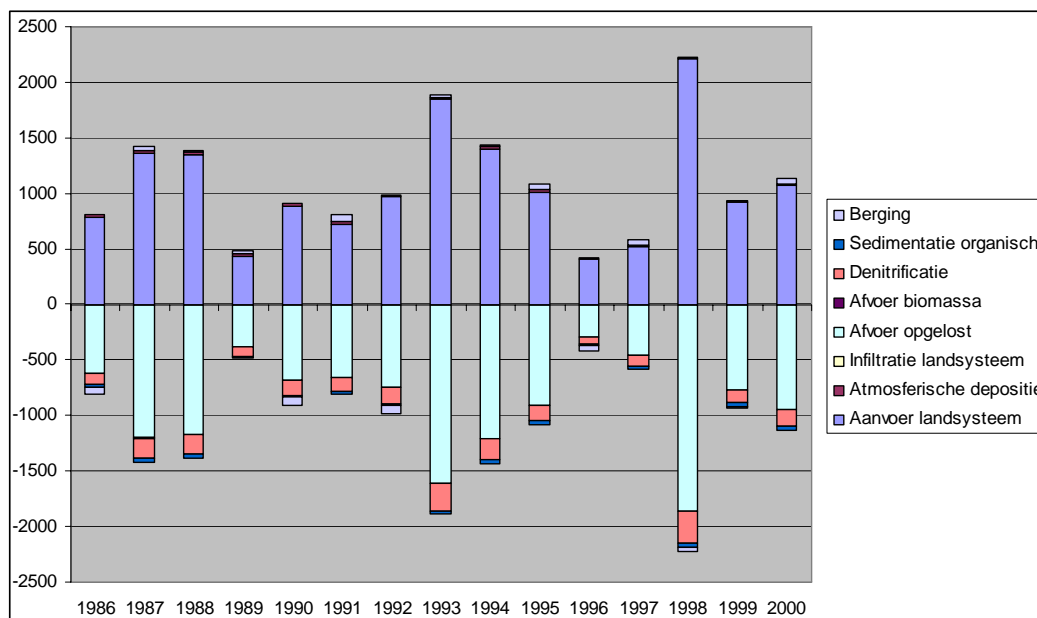
##### *Waterkwaliteit*

De stikstofbelasting van het oppervlaktewater komt voor het overgrote deel vanuit het landsysteem (tabel 4.3). Daarnaast is in Fase 3 tevens de stikstofbelasting door atmosferische depositie meegenomen. In het stroomgebied van de Drentse Aa komen geen lozingen door RWZI's voor. Tevens wordt er geen gebiedsvreemd water binnen gelaten. Van de totale hoeveelheid stikstof die het stroomgebied inkomt, verlaat uiteindelijk 83% het gebied weer in opgeloste fractie. Dit resulteert voor het stroomgebied de Drentse Aa in een langjarig gemiddelde stikstofretentie van 17%.

Tabel 4.3 Stikstofbalans van het oppervlaktewaterstelsel over de periode 1986 – 2000

Oppervlakte balansgebied <sup>3</sup>		24944 ha	
IN	10 <sup>3</sup> kg N	UIT	10 <sup>3</sup> kg N
Aanvoer vanuit landsysteem	1057.5	Afvoer opgeloste fractie	900.3
Atmosferische depositie	21.5	Afvoer biomassa	0.9
RWZI	0.0	Sedimentatie organisch	27.7
Inlaat	0.0	Infiltratie naar landsysteem	0.3
		Denitrificatie	149.9
Totaal	1079.0		1079.1
Berging			-0.1

In figuur 4.8 zijn de balanst termen van de stikstofbalans per jaar grafisch weergegeven. Hieruit blijkt dat de aanvoer vanuit het landsysteem van jaar tot jaar wisselt. Met name in de natte jaren (1993, 1998) is de aanvoer vanuit het landsysteem het grootst.



Figuur 4.8 Berekende jaarlijkse stikstofbalanst termen voor het oppervlaktewaterstelsel (in 10<sup>3</sup> kg N)

In de langjarige gemiddelde stikstofbalans van het landsysteem (tabel 4.4) is te zien dat denitrificatie en gewasonttrekking de grootste uitgaande balansposten zijn. Bij de ingaande posten komt bijna 90% voor rekening van de bemesting. In het eindresultaat van Fase 3 wordt ca. 17% van de totaal ingaande stikstof afgevoerd naar het oppervlaktewater. Daarnaast wordt voor het stroomgebied van de Drentse Aa een stikstofnalevering van 27 kg.ha<sup>-1</sup>.jr<sup>-1</sup> over de periode 1986 – 2000 berekend. Dit komt neer op 10% van de totaal ingaande stikstof. In Bijlage 2 zijn de gedetailleerde stikstofbalansen voor het landsysteem weergegeven.

<sup>3</sup> In Fase 3 is in de oppervlakteschematisering nu ook het oppervlak open water en het onverharde gedeelte van het stedelijk gebied meegenomen. Het oppervlak van het balansgebied is daarmee toegenomen.

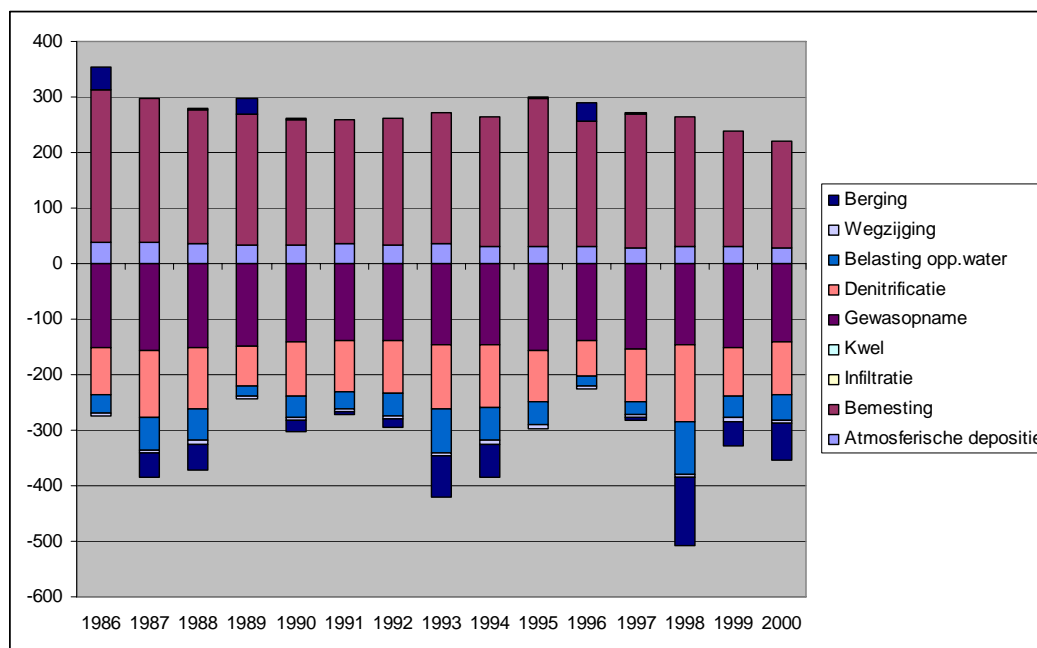


Tabel 4.4 Stikstofbalans van het landsysteem over de periode 1986 – 2000

Oppervlakte balansgebied		23177 ha	
IN	kg.ha <sup>-1</sup> N	UIT	kg.ha <sup>-1</sup> N
Atmosferische depositie	33.0	Oppervlakkige afspoeling	0.1
Bemesting	235.1	Ammoniakvervluchtiging	-*
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	0.0	Denitrificatie	97.6
Kwel	0.4	Netto gewasonttrekking	147.4
		Afvoer door ontwatering	44.7
		Wegzijging	6.1
Totaal	268.5		295.9
Berging			-27.4

\* Ammoniakvervluchtiging is al verrekend met bemesting bij invoer in het landsysteem instrumentarium

In figuur 4.9 zijn de balanstermen van de stikstofbalans van het landsysteem per jaar grafisch weergegeven. Ook hieruit blijkt dat de bijdrage van een aantal balansposten van jaar tot jaar varieert. Met name de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater varieert sterk: van 17 kg.ha<sup>-1</sup>.jr<sup>-1</sup> N in droge jaren (1989, 1996) tot 94 kg.ha<sup>-1</sup>.jr<sup>-1</sup> N in natte jaren (1993, 1998).



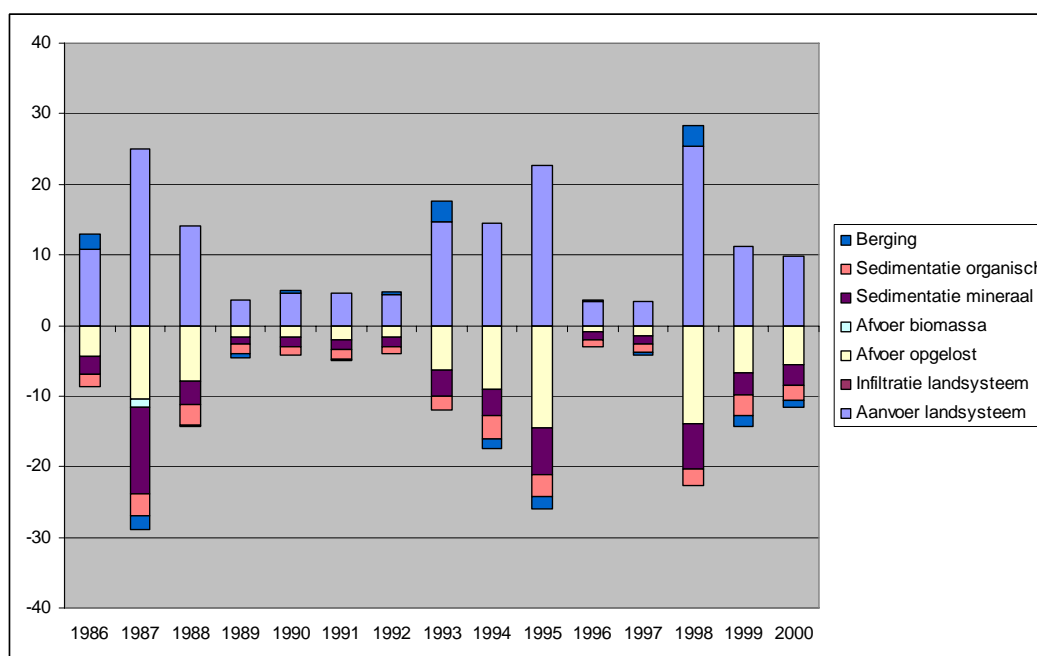
Figuur 4.9 Berekende jaarlijkse stikstofbalanstermen voor het landsysteem (in kg.ha<sup>-1</sup> N)

In tabel 4.5 is de fosforbalans van het oppervlaktewatersysteem van het stroomgebied van de Drentse Aa weergegeven. Voor fosfor wordt maar één aanvoerpost voor het oppervlaktewatersysteem berekend, namelijk de aanvoer vanuit het landsysteem. In tegenstelling tot stikstof verdwijnt een aanzienlijk deel van de aanwezige fosfor in het oppervlaktewatersysteem als gevolg van zowel een netto sedimentatie van geadsorbeerd mineraal fosfor als afgestorven en bezonken biomassa. Dit levert uiteindelijk een fosforretentie op van 49% voor het stroomgebied van de Drentse Aa.

Tabel 4.5 Fosforbalans van het oppervlaktewaterstelsel over de periode 1986 – 2000

Oppervlakte balansgebied		24944 ha	
IN	10 <sup>3</sup> kg P	UIT	10 <sup>3</sup> kg P
Aanvoer vanuit landsysteem	11.46	Afvoer opgeloste fractie	5.88
RWZI	0.00	Afvoer biomassa	0.09
Inlaat	0.00	Sedimentatie organisch	2.06
		Sedimentatie mineraal	3.43
		Infiltratie naar landsysteem	0.00
Totaal	11.46		11.46
Berging			0.00

In figuur 4.10 zijn de balanst termen van de fosforbalans van het oppervlaktewaterstelsel per jaar grafisch weergegeven. Net als voor de stikstofbalans blijkt dat de bijdrage van een aantal balansposten van jaar tot jaar varieert. Met name de aanvoer vanuit het landsysteem als de afvoer van de opgeloste fractie varieert sterk: van 3 000 kg.jr<sup>-1</sup> P in droge jaren tot 25 000 kg.jr<sup>-1</sup> P in natte jaren.



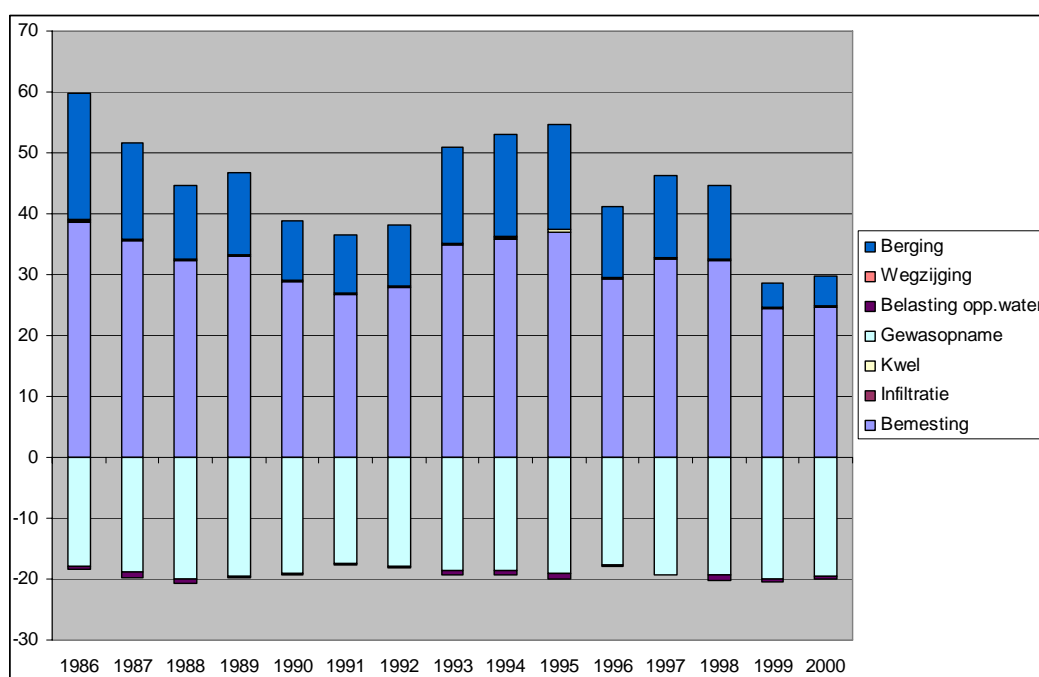
Figuur 4.10 Berekende jaarlijkse fosforbalanst termen voor het oppervlaktewaterstelsel (in 10<sup>3</sup> kg P)

De fosforbalans van het landsysteem (tabel 4.6) laat zien dat een klein deel van de aanvoer van fosfor uitspoelt naar het grond- en oppervlaktewater, respectievelijk 0.03% en 1.6% van de totaal aanvoer van fosfor naar het landsysteem. Het grootste gedeelte van de aangevoerde fosfor wordt opgenomen door het gewas (59%) en gefixeerd aan het bodemcomplex (39%). In Bijlage 2 zijn de gedetailleerde fosforbalansen voor het landsysteem weergegeven.

Tabel 4.6 Fosforbalans van het landsysteem over de periode 1986 – 2000

Oppervlakte balansgebied		23177 ha	
IN	kg.ha <sup>-1</sup> P	UIT	kg.ha <sup>-1</sup> P
Bemesting	31.58	Oppervlakkige afspoeling	0.05
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	0.00	Netto gewasonttrekking	18.84
Kwel	0.26	Afvoer door ontwatering	0.45
		Wegzijging	0.01
Totaal	31.84		19.35
Berging			12.49

In figuur 4.11 zijn de balanstermen van de fosforbalans van het landsysteem per jaar grafisch weergegeven. Hierin is te zien dat de fosfaatbemesting gemiddeld daalt over de periode 1986 – 2000, maar dat er in de periode 1993 – 1995 een korte stijging van de bemesting te zien is. Ook de binding van fosfaat aan de bodem (fixatie) varieert van jaar tot jaar. De uitvoerposten (gewasopname, fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater en grondwater) blijven redelijk constant van jaar tot jaar.



Figuur 4.11 Berekende jaarlijkse fosforbalanstermen voor het landsysteem (in kg.ha<sup>-1</sup> P)

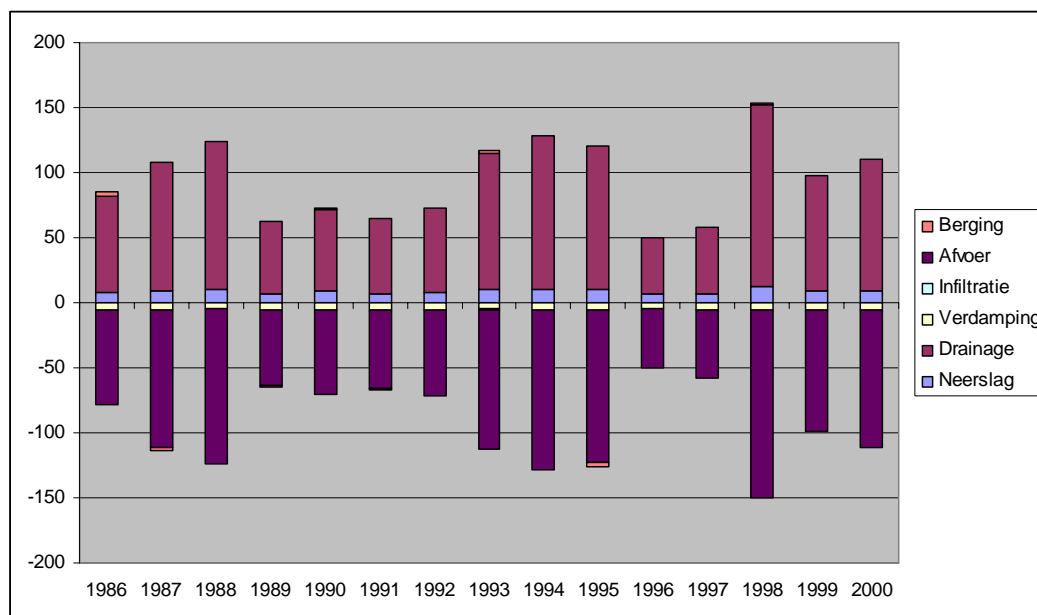
#### Waterkwantiteit

In tabel 4.7 is de waterbalans van het oppervlaktewatersysteem van de Drentse Aa weergegeven (in miljoen m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup>). De waterbalans laat zien dat het grootste deel van het water vanuit het landsysteem komt. Er zijn in de Drentse Aa geen puntbronnen aanwezig welke (gebiedsvreemd) water in het oppervlaktewatersysteem brengen. Het resultaat van de neerslag op en de verdamping van het oppervlaktewater levert een extra netto aanvoerterm van 3.5 miljoen m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup> op.

Tabel 4.7 Berekende waterbalans van het oppervlaktewaterstelsel over de periode 1986 – 2000

Balansperiode: 1986-2000		Oppervlakte balansgebied: 24944 ha	
IN	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> jr <sup>-1</sup>	UIT 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> jr <sup>-1</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> jr <sup>-1</sup>
Neerslag	8.9	Verdamping	5.4
Drainage vanuit landsysteem	85.5	Infiltratie naar landsysteem	0.1
RWZI	0.0	Afvoer	89.1
Inlaten	0.0		
Totaal	94.4		94.6
Berging			0.0

In figuur 4.12 zijn de termen van de waterbalans van het landsysteem per jaar grafisch weergegeven. Hierin is te zien dat, net als voor de nutriëntenbalansen, een aantal posten van jaar tot jaar variëren. Met name de aanvoer vanuit het landsysteem (drainage) en de waterafvoer varieert sterk van jaar tot jaar. Deze variatie komt bijna geheel voor rekening van de variatie van het neerslagoverschot.



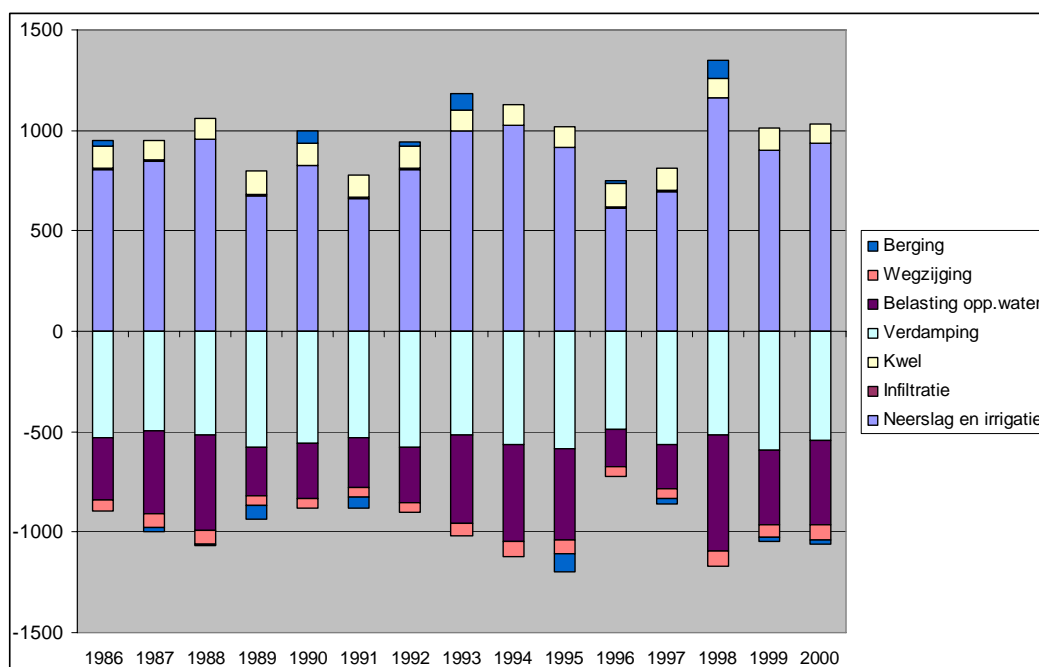
Figuur 4.12 Berekende jaarlijkse waterbalanstermen van het oppervlaktewaterstelsel (in 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

In tabel 4.8 is de waterbalans van het landsysteem van de Drentse Aa weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat de wateraanvoer voor het grootste deel door de neerslag wordt bepaald (88%) en door kwel (11%). Bij de uitvoer is verdamping de belangrijkste term (56%). De wegzijging naar het (diepe) grondwater neemt 6% voor rekening. De afvoer naar het oppervlaktewater (drainage en oppervlakkige afspoeling) wordt door het modelsysteem in Fase 3 berekend op 360 miljoen m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup>. Dit komt overeen met 37% van de totale wateraanvoer.

Tabel 4.8 Berekende waterbalans van het landsysteem over de periode 1986 – 2000

Oppervlakte balansgebied		23177 ha	
IN	mm	UIT	mm
Neerslag	850	Verdamping	543
Irrigatie	4	Oppervlakkige afspoeling	2
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	4	Afvoer naar oppervlaktewater	358
Kwel	107	Wegzijing	61
Totaal	965		964
Berging			1

In figuur 4.13 zijn de verschillende waterbalanstermen per jaar voor de periode 1986 - 2000 afgebeeld. Hieruit blijkt dat een aantal posten van jaar tot jaar variëren. Met name de post afvoer naar het oppervlaktewater wordt sterk beïnvloedt door weerjaarseffecten. Het natte (na)jaar 1998 is duidelijk herkenbaar in de waterbalans: hoge waarde voor neerslag en afvoer.



Figuur 4.13 Berekende jaarlijkse waterbalanstermen van het landsysteem (in mm)

### 4.3 Deelgebieden

Het doel van Fase 3 is onder andere om te zien of ook deelgebieden juist gemodelleerd kunnen worden door het instrumentarium en of het invoeren van regionale data ook voor kleinere gebieden binnen het stroomgebied een verbetering oplevert ten opzichte van Fase 2. Hierbij is gebruik gemaakt van de bestaande metingen welke zoveel mogelijk in de boven of middenloop van het beekstelsysteem liggen (zie Hoofdstuk 2).

### 4.3.1 Toetsing

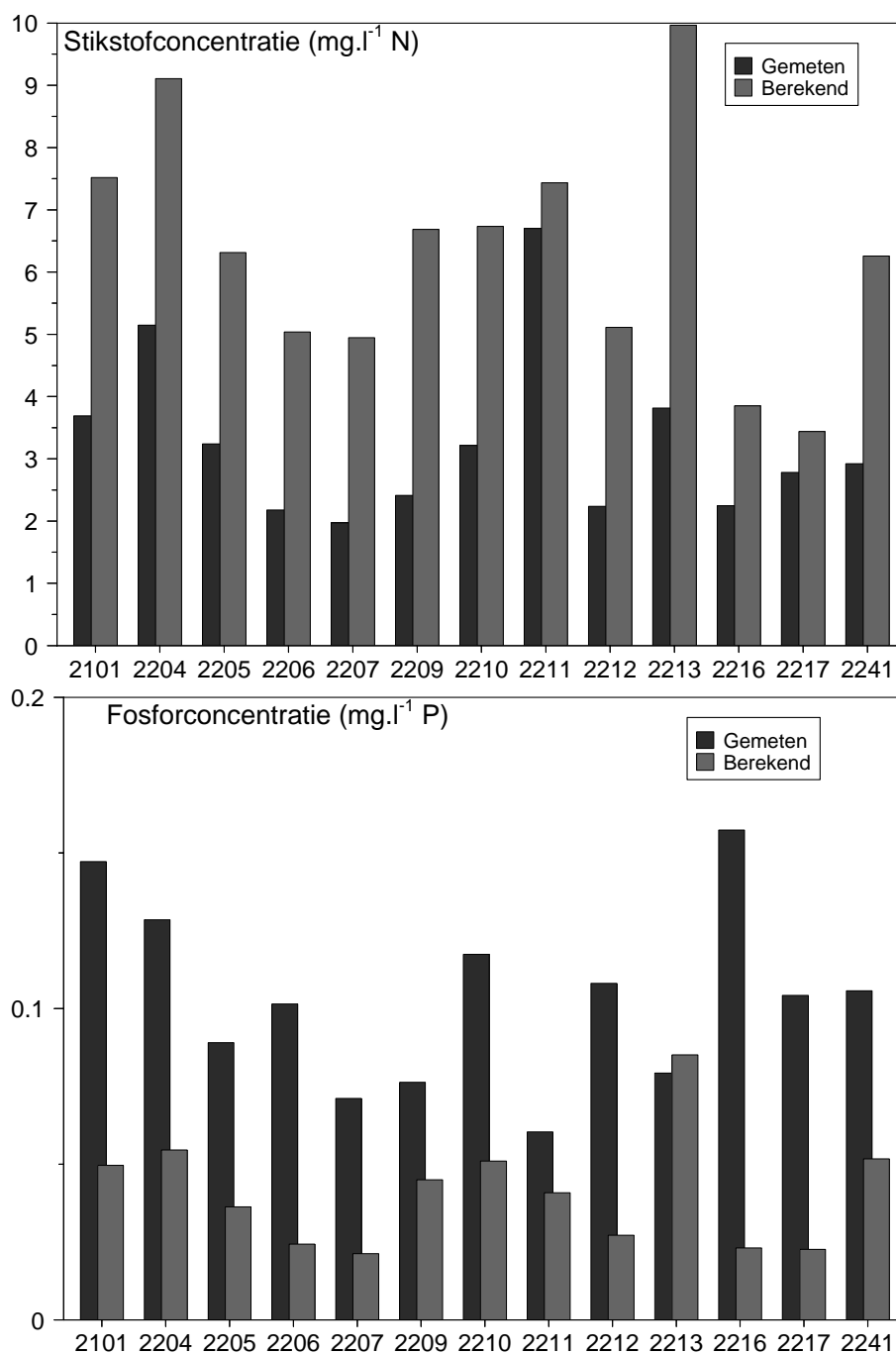
#### *Waterkwaliteit*

Voor de periode 1986 t/m 2000 zijn voor 12 meetpunten in het gebied meetreeksen beschikbaar. Dit zijn de meetpunten 2204, 2205, 2206, 2207, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2216, 2217 en 2241. In hoofdstuk 2 staan deze meetpunten beschreven. De locaties van deze meetpunten zijn weergegeven in figuur 2.3 (hoofdstuk 2).

In figuur 4.14 staat de langjarige gemeten en berekende stikstof- en fosforconcentraties (periode 1986 – 2000) van de 12 regionale meetpunten weergegeven. Voor een vergelijking met de resultaten voor het gehele stroomgebied zijn tevens de resultaten van het meest benedenstroomse meetpunt (2101) in figuur 4.14 opgenomen. De resultaten van het Fase 3 modelsysteem komen voor de regionale meetpunten in grote lijnen overeen met die van het uitlaatpunt (overschatting stikstofconcentraties; onderschatting fosforconcentraties). Enkele meetpunten laten echter een afwijking hierop zien.

Berekeningen voor meetpunt 2211 laten voor zowel stikstof- als fosforconcentraties een afwijking naar boven zien ten opzichte van de metingen wanneer ze worden vergeleken met de overige meetpunten. Het omgekeerde geldt voor meetpunt 2213. Wat betreft het laatste meetpunt bestaat het vermoeden dat hier sprake is van beïnvloeding van de waterkwaliteit door een retourstroom vanuit de hoofdbeek. Dit kan duiden op fouten in de leggergegevens voor dit deelgebiedje, omdat de leggergegevens aan het oppervlaktewatermodel zijn opgelegd. Meetpunt 2216 ten slotte laat voor fosfor een relatief hoog gemeten stikstofconcentratie zien, in vergelijking tot de berekeningen.

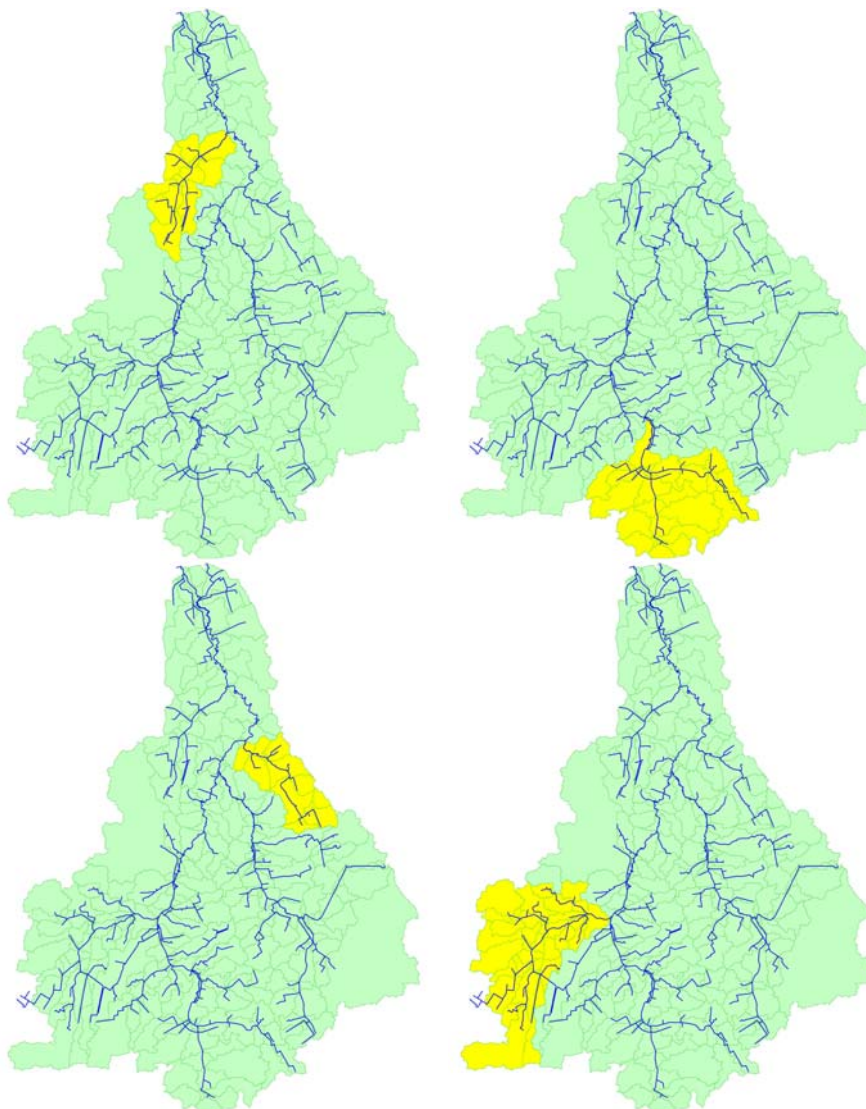
De afwijkingen in meetpunt 2211 (stikstof) en in meetpunt 2216 (fosfor) betreffen hogere waarnemingen in deze meetpunten welke niet overeenkomen met de modelresultaten. Dit zou kunnen duiden op een extra bron van stikstof of fosfor welke niet in het modelsysteem is meegenomen. Van het intrekgebied van meetpunt 2211 is bekend dat relatief veel akkerbouw aanwezig is. Het intrekgebied van meetpunt 2216 ligt voor een deel in de stad Assen. Wellicht wordt dit meetpunt gedeeltelijk beïnvloed door het aanwezige stedelijk gebied.



Figuur 4.14 Gemeten en berekende langjarig gemiddelde stikstof- (boven) en fosforconcentraties (onder) van het uïtlaatpunt (2101) en de 12 regionale meetpunten

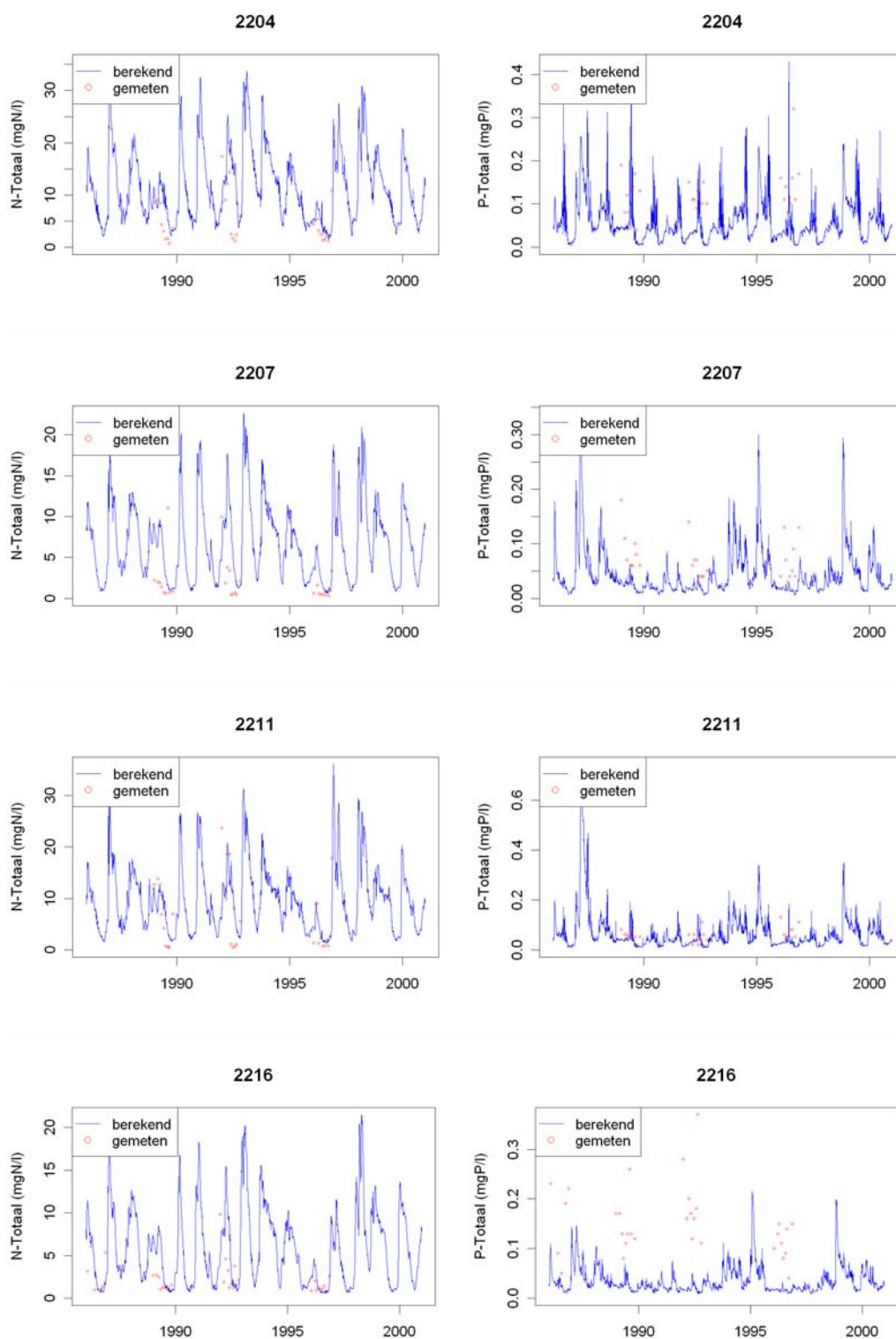
Met name aan de hand van de waargenomen stikstofconcentraties is goed te zien dat meetpunt 2204 een hogere nutriëntenbelasting kent. Dit deelgebied kent een relatief hoog aandeel landbouwgronden (ca. 80%; zie tabel 2.4, hoofdstuk 2). Meetpunt 2207 daarentegen laat lage gemeten nutriënten zien. Het vanggebied van dit meetpunt kent een relatief laag aandeel landbouwgronden (ca. 35%) en een hoog aandeel natuurgronden (ca. 60%). Voor de deelgebieden 2204 (landbouw), 2207 (natuur),

2211 (hoge stikstofconcentraties) en 2216 (stedelijk gebied) worden de resultaten in meer detail bekeken. In figuur 4.15 zijn de intrekgebieden van deze vier meetpunten weergegeven. Deze intrekgebieden zijn met een digitaal terreinmodel (DTM) bepaald.



*Figuur 4.15 Intrekgebieden van de meetpunten 2204 (linksboven), 2207 (rechtsboven), 2211 (links onder) en 2216 (rechts onder)*





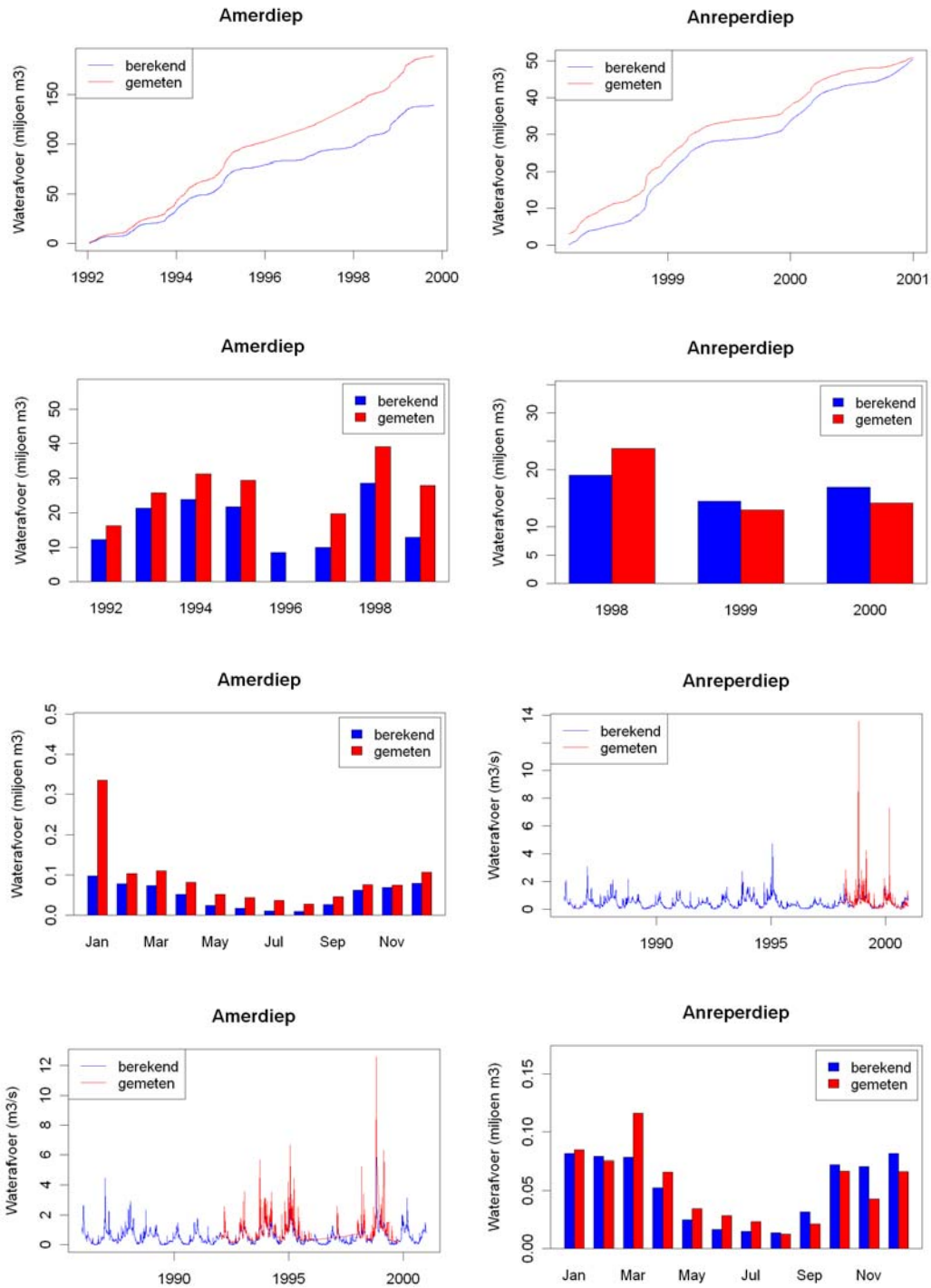
Figuur 4.16 Gemeten en berekende stikstof- en fosforconcentraties voor de meetlocaties 2204, 2207, 2211 en 2216

In figuur 4.16 zijn de gemeten en berekende totaal-stikstof- en totaal-fosforconcentraties van de vier geselecteerde meetpunten weergegeven. Hieruit blijkt dat voor meetpunt 2204 de stikstofconcentraties in met name de zomerperiode worden overschat. Opvallend voor de fosforconcentraties in dit meetpunt zijn de berekende uitschieters in totaal-fosfor. Deze komen wat betreft de hoogte overeen met de waarnemingen. De onderschatting lijkt te komen door de onderschatting van het basisniveau van de fosforconcentratie. Ook in meetpunt 2207 lijkt de overschatting van de stikstofconcentraties met name in de zomerperiode op te treden. De berekende fosforconcentraties zijn over de gehele periode te laag. Voor meetpunt 2211 komen de berekende fosforconcentraties redelijk overeen met de waarnemingen. Enkele hogere waarnemingen in fosforconcentraties worden echter door het Fase 3 modelsysteem niet voorspeld. Opvallend is hier de hoge voorspelde fosfaatconcentratie in 1987. Het effect van de kortdurige hoge fosfaatuitspoeling vanuit het landsysteem (zie paragraaf 4.2.1) lijkt zicht in met name meetpunt 2211 te openbaren. Uit figuur 4.16 blijkt duidelijk dat de gemeten fosforconcentraties hoger liggen dan de berekeningen, zowel wat betreft het basisniveau als de pieken. Voor dit meetpunt komen de berekende stikstofconcentraties redelijk overeen met de waarnemingen

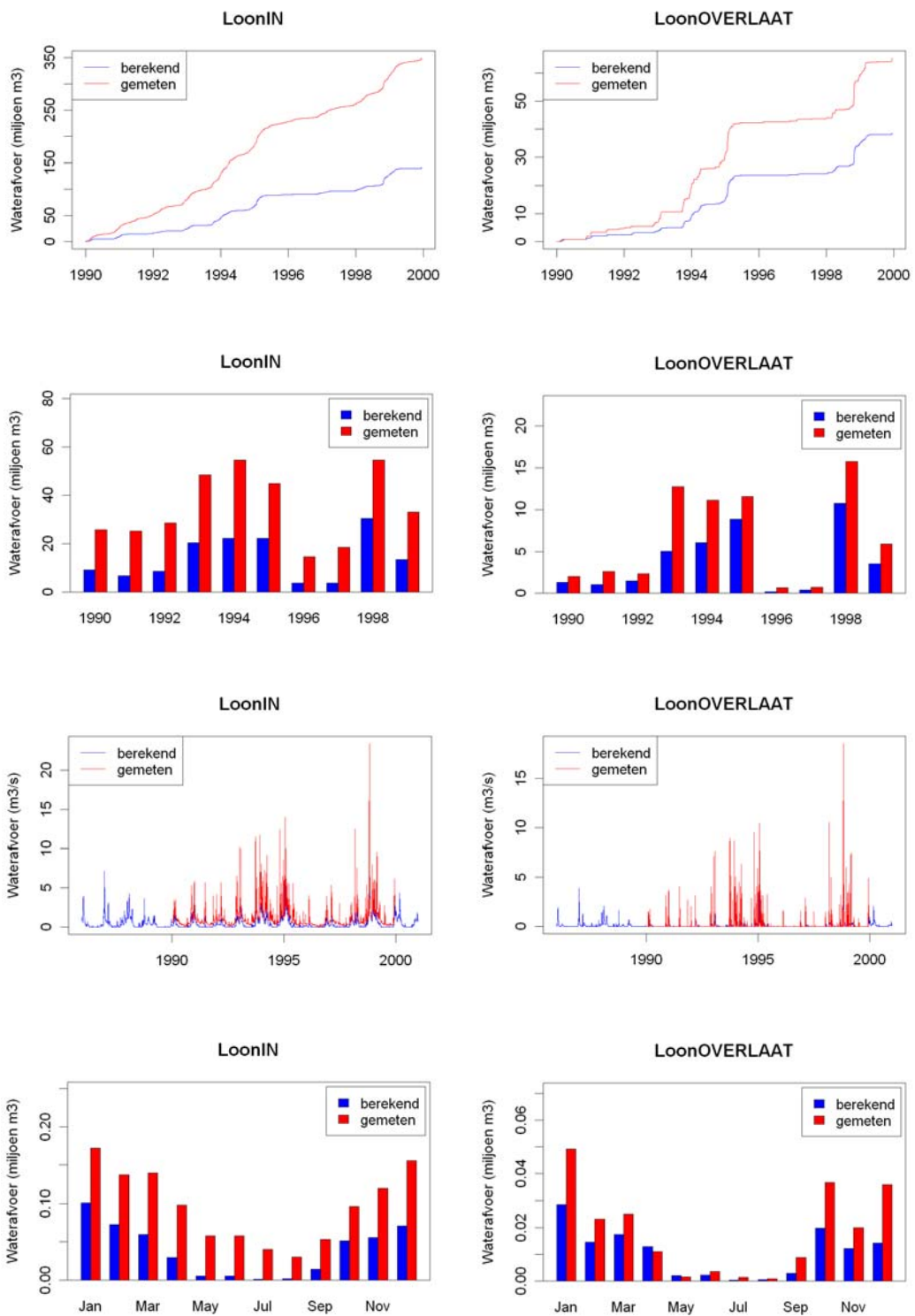
#### *Waterkwantiteit*

Voor de periode 1986 – 2000 zijn op vijf locaties in de Drentse Aa meetreeksen van waterafvoeren beschikbaar. Dit betreft de meetlocaties Anreperdiep, Amerdiep, Rolderdiep, verdeelwerk Loon en Schipborg. Het laatste meetpunt is gebruikt voor de toetsing van de waterafvoeren van het gehele stroomgebied. In hoofdstuk 2 staan deze meetpunten beschreven. De locaties van deze meetpunten zijn weergegeven in figuur 2.3 (hoofdstuk 2).

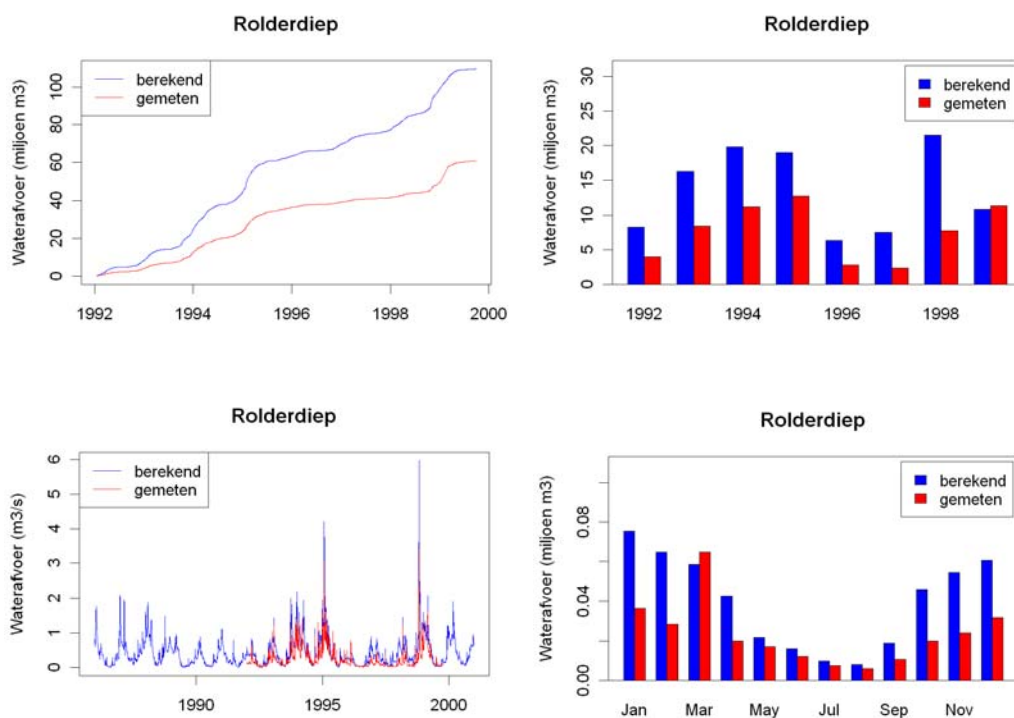
In figuur 4.17 t/m 4.19 staan voor de vier locaties in de boven- en middenloop van de Drentse Aa de gemeten en berekende waterafvoeren weergegeven. Net als voor het benedenstroomse meetpunt (Schipborg) is er hiervoor gekozen om de waterafvoeren op vier verschillende manieren weer te geven: cumulatief over de gehele periode van overlap van waarnemingen en berekeningen, jaarlijkse totale waterafvoer, langjarige gemiddelde waterafvoer per maand en daggemiddelde waterafvoer over de gehele periode. Uit figuur 4.17 blijkt dat voor meetpunt Amerdiep de waterafvoer wordt onderschat. Dit geldt zowel voor ieder jaar over de periode van waarnemingen als voor de periode in het jaar. Deze onderschatting kan worden veroorzaakt door onjuiste gegevens van de stuw benedenstreams van dit meetpunt, waardoor te veel water via het oude beekstelsel om het meetpunt Amerdiep wordt geleid (zie Hoofdstuk 2).



Figuur 4.17 Gemeten en berekende debieten in meetlocatie Amerdiep (links) en Anreperdiep (rechts)



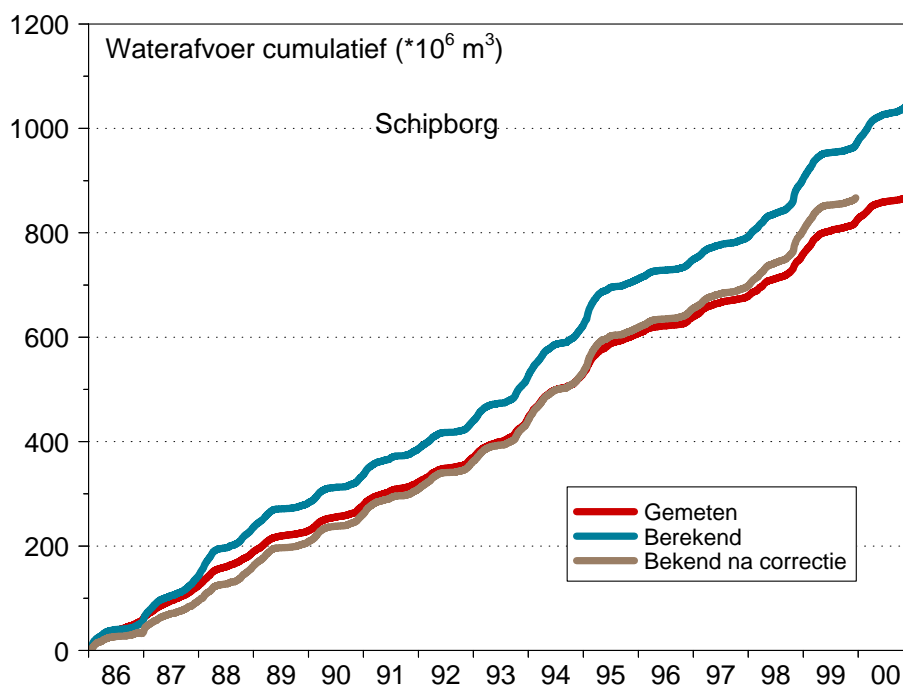
Figuur 4.18 Gemeten en berekende debieten in de inlaat (links) en overlaat (rechts) van het verdeelwerk Loon



Figuur 4.19 Gemeten en berekende debieten in meetlocatie Rolderdiep

De totale waterafvoer op meetlocatie Anreperdiep komt goed overeen met de waarnemingen (figuur 4.17), al wordt de afvoer in het jaar 1998 onderschat en in de jaren 1999 en 2000 overschat. De verdeling binnen het jaar komt echter niet overeen met de waarnemingen: de waterafvoer zomerperiode wordt onderschat, terwijl de afvoer in de winterperiode wordt overschat.

De waterafvoer via de bovenstroomse inlaat van het verdeelwerk Loon wordt door het Fase 3 modelsysteem onderschat (figuur 4.18). Daarnaast wordt ook de waterafvoer via de overlaat, welke optreedt als de waterafvoer groter is dan  $1.5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (zie Hoofdstuk 2), onderschat. De hoogstwaarschijnlijke reden voor de lage berekende afvoeren in de inlaat moet gezocht worden in onjuiste gegevens van de stuwen bovenstrooms van het verdeelwerk Loon (zie Hoofdstuk 2). Hierdoor kan in het modelsysteem meer water via het oude beekstelsel om het verdeelwerk Loon geleid worden, dan in werkelijkheid. Dit kan een mogelijke verklaring zijn voor de hoge berekende piekafvoeren op meetlocatie Schipborg (zie paragraaf 4.2.1). Als gecorrigeerd wordt voor de onderschatting in het verdeelwerk Loon, dan neemt de afvoer op meetlocatie af (figuur 4.20). In deze situatie wordt de afvoer op meetlocatie nog steeds overschat, maar de overschatting is geringer dan in de situatie voor de correctie.



Figuur 4.20 Gemeten en berekende waterafvoer op meetlocatie Schipborg volgens de eindsituatie van het Fase 3 modelsysteem (berekend) en nadat de berekende afvoer van het modelsysteem is gecorrigeerd voor de onderschatting in verdeelwerk Loon

Op meetlocatie Rolderdiep wordt de waterafvoer overschat (figuur 4.19). Dit deel van het beekstelsel van de Drentse Aa wordt minder door kwel beïnvloed dan het Amerdiep en Anreperdiep, omdat het dichterbij de Hondsrug ligt. Daarnaast kan in het modelsysteem ook de wegzijging nog te gering zijn.

### 4.3.2 Balansen

#### *Waterkwaliteit*

In tabel 4.9 is de stikstofbalans van het oppervlaktewatersysteem voor de vier deelgebieden weergegeven. Ter vergelijking is de balans voor het gehele stroomgebied tevens opgenomen. Hieruit blijkt dat de stikstofretentie voor drie van de vier deelgebieden lager is dan gemiddeld voor de gehele Drentse Aa, terwijl één gebied (meetpunt 2216, Anreperdiep) een hogere stikstofretentie kent. De hogere retentie voor dit deelgebied wordt veroorzaakt door een hogere denitrificatie. Deze is weer afhankelijk van de voorraad minerale stikstof in het oppervlaktewater en de verblijftijden van het oppervlaktewater.

Tabel 4.9 Stikstofbalans van het oppervlaktewaterstelsel over de periode 1986 – 2000 voor het stroomgebied van de Drentse Aa en de vier deelgebieden

in 10 <sup>3</sup> kg N	Drentse Aa	2204	2207	2211	2216
IN					
Aanvoer vanuit het landsysteem	1057.5	78.8	104.6	45.3	139.4
Atmosferische depositie	21.5	1.3	1.6	0.6	3.5
RWZI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Inlaat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
UIT					
Afvoer opgeloste fractie	900.3	72.9	94.9	42.9	116.3
Afvoer biomassa	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Sedimentatie organisch	27.7	2.0	1.9	0.9	2.9
Infiltratie naar het landsysteem	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1
Denitrificatie	149.9	5.1	9.4	2.1	23.6
Berging	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
N-retentie	17%	10%	11%	7%	20%

Tabel 4.10 Stikstofbalans van het landsysteem over de periode 1986 – 2000 voor het stroomgebied van de Drentse Aa en de vier deelgebieden

in kg.ha <sup>-1</sup> N	Drentse Aa	2204	2207	2211	2216
IN					
Atmosferische depositie	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
Bemesting	235.1	394.5	135.6	193.4	259.7
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kwel	0.4	0.3	0.4	0.3	0.8
UIT					
Oppervlakkige afspoeling	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Denitrificatie	97.6	164.4	68.8	74.0	107.5
Netto gewasonttrekking	147.4	242.9	85.7	118.0	169.5
Afvoer door ontwatering	44.7	61.1	36.7	40.5	46.4
Wegzijging	6.1	1.0	3.2	13.9	2.0
Voorraadverandering	-27.4	-41.7	-25.5	-19.8	-32.0

In tabel 4.10 is de stikstofbalans van het landsysteem voor de vier deelgebieden weergegeven. Ook hier is ter vergelijking de balans voor het gehele stroomgebied opgenomen. Uit tabel 4.10 blijkt dat het deelgebied wat het meest door landbouw wordt beïnvloed (meetlocatie 2204, Zeegserloopje) hogere mestgiftten kent dan gemiddeld voor het gehele gebied. Het deelgebied met veel natuurgronden in het gebied (meetlocatie 2207, Amerdiep) kent juist lage mestgiftten. De stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater laat hetzelfde beeld zien: hogere uitspoeling voor meetlocatie 2204, lagere uitspoeling voor meetlocatie 2207. Het deelgebied van meetlocatie 2211 (Anlooerdiepje) kent een lagere mestgift dan voor het gehele stroomgebied en daardoor ook een lagere stikstofuitspoeling, terwijl op deze locatie hoge stikstofconcentraties worden waargenomen (zie paragraaf 4.3.1). Opvallend is de hoge stikstofverlies naar de ondergrond (wegzijging) voor dit deelgebied. Hiermee zijn de totale stikstofverliezen voor dit deelgebied (belasting oppervlaktewater + wegzijging) wel groter dan voor het gehele stroomgebied de Drentse Aa. Het deelgebied van meetlocatie 2216 ten slotte laat een iets hogere mestgift (en

stikstofuitspoeling) ten opzichte van het gehele stroomgebied zien. Met name de hogere bijdrage van de kwel is voor dit deelgebied het opmerkelijke verschil met de andere deelgebieden en het gehele stroomgebied.

In tabel 4.11 is de fosforbalans van het oppervlaktewatersysteem voor de vier deelgebieden weergegeven. Ter vergelijking is de balans voor het gehele stroomgebied tevens opgenomen. Hieruit blijkt dat de fosforretenties van de deelgebieden van meetlocaties 2204 (Zeegerloopje) en 2216 (Anreperdiep) overeen komen met de fosforetentie van het gehele stroomgebied. De twee deelgebieden 2207 (Amerdiep) en 2211 (Anlooerdiepje) laten een lagere retentie zien. Deze lagere retentie wordt veroorzaakt door een lagere sedimentatie van fosfor. De fosfosedimentatie in het modelsysteem is weer afhankelijk van de waterdiepte.

Tabel 4.11 Fosforbalans van het oppervlaktewatersysteem over de periode 1986 – 2000 voor het stroomgebied van de Drentse Aa en de vier deelgebieden

in 10 <sup>3</sup> kg P	Drentse Aa	2204	2207	2211	2216
<b>IN</b>					
Aanvoer vanuit het landsysteem	11.46	0.60	1.15	0.48	1.31
RWZI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inlaat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>UIT</b>					
Afvoer opgeloste fractie	5.88	0.34	0.75	0.31	0.72
Afvoer biomassa	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Sedimentatie organisch	2.06	0.13	0.15	0.07	0.24
Sedimentatie mineraal	3.43	0.14	0.25	0.11	0.36
Infiltratie naar het landsysteem	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Berging	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-retentie	49%	48%	39%	40%	48%

In tabel 4.12 is de fosforbalans van het landsysteem voor de vier deelgebieden weergegeven. Ook hier is ter vergelijking de balans voor het gehele stroomgebied opgenomen. Net als bij de stikstofbalans is de bemesting het hoogst voor het invanggebied van meetpunt 2204 en het laagst voor het invanggebied van meetpunt 2207. Echter, de fosforuitspoeling is voor deelgebied 2204 niet hoger dan voor het gehele stroomgebied. Een van de verklaringen kan zijn dat de P-belasting vanuit kwel voor dit deelgebied geringer is. Het deelgebied van meetlocatie 2207 heeft wel een lagere fosforuitspoeling (lagere P-bemesting), net als het deelgebied van meetlocatie 2211 (lagere P-kwel). Ondanks hogere fosforbemesting en hogere fosforbelasting vanuit kwel laat het deelgebied van meetlocatie 2216 (Anreperdiep) geen hogere fosforuitspoeling zien. Eén van de mogelijke verklaringen hiervoor is de (iets) hogere gewasopname in dit deelgebied.



Tabel 4.12 Fosforbalans van het landsysteem over de periode 1986 – 2000 voor het stroomgebied van de Drentse Aa en de vier deelgebieden

in kg.ha <sup>-1</sup> P	Drentse Aa	2204	2207	2211	2216
IN					
Bemesting	31.58	49.00	19.91	27.74	33.31
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kwel	0.26	0.16	0.24	0.16	0.47
UIT					
Oppervlakkige afspoeling	0.05	0.03	0.03	0.07	0.03
Netto gewasonttrekking	18.84	29.34	11.28	16.43	20.55
Afvoer door ontwatering	0.45	0.44	0.38	0.37	0.45
Wegzijging	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Voorraadverandering	12.51	19.35	8.45	11.03	12.76

#### Waterkwantiteit

In tabel 4.13 is de waterbalans van het landsysteem voor de vier deelgebieden weergegeven. Ook hier is ter vergelijking de balans voor het gehele stroomgebied opgenomen. Uit de waterbalans blijkt dat het deelgebied Anreperdiep meer kwel ontvangt en minder wegzijging naar het grondwater kent. Hierdoor is de afvoer naar het oppervlaktewater voor dit deelgebied hoger dan voor het gehele stroomgebied. Hetzelfde, alleen in iets mindere mate, geldt voor het deelgebied Amerdiep (tabel 4.13). De waterbalans laat voor het deelgebied Rolderdiep een hogere neerslag zien. Daarnaast kent dit gebied een geringere kwel en een hogere wegzijging. Dit resulteert in een kleinere afvoer naar het oppervlaktewater voor dit gebied.

Tabel 4.13 Waterbalans van het landsysteem over de periode 1986 – 2000 voor het stroomgebied van de Drentse Aa en de drie deelgebieden

in mm	Drentse Aa	Anreperdiep	Amerdiep	Rolderdiep
IN				
Neerslag	850	840	850	865
Irrigatie	4	3	4	4
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	4	4	5	2
Kwel	107	195	115	62
UIT				
Verdamping	543	537	534	569
Oppervlakkige afspoeling	2	2	2	2
Afvoer naar oppervlaktewater	358	470	392	257
Wegzijging	61	32	45	102
Voorraadverandering	1	1	1	0

## 5 Discussie

De modelberekeningen van Fase 3 zijn, zoals beschreven in Hoofdstuk 3, in deelstappen uitgevoerd. Hierbij is in iedere deelstap gebiedsspecifieke data geïntroduceerd. Door deze werkwijze kunnen de belangrijkste (i.e. de meest bepalende) datasets worden geïdentificeerd en kan ook worden beoordeeld welke gebiedsspecifieke gegevens in het vervolg nauwkeuriger dienen te worden gekwantificeerd.

Daarnaast kunnen, door het introduceren van nieuwe modelversies, uitspraken worden gedaan over meest kritische modelcomponenten en modelparameters die de processen in het land en watersysteem simuleren. Op basis van deze verkregen informatie kunnen aanbevelingen worden gedaan voor vervolgfases.

In dit hoofdstuk worden de gebiedsspecifieke data en de gebiedsspecifieke modelprocessen apart behandeld (respectievelijk in paragraaf 5.1 en paragraaf 5.2). Hierbij wordt voor zowel de gebiedsspecifieke data in paragraaf 5.1 als de gebiedsspecifieke modelprocessen in paragraaf 5.2 nog onderscheid gemaakt tussen het land- en oppervlaktewatersysteem.

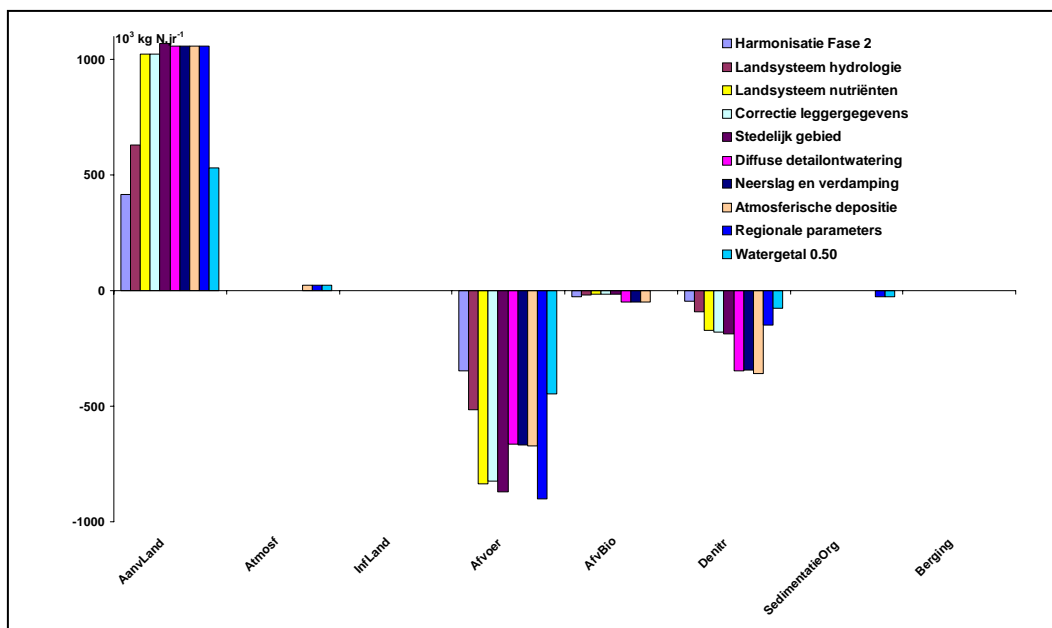
### 5.1 Regionale gegevens

#### 5.1.1 Oppervlaktewatersysteem

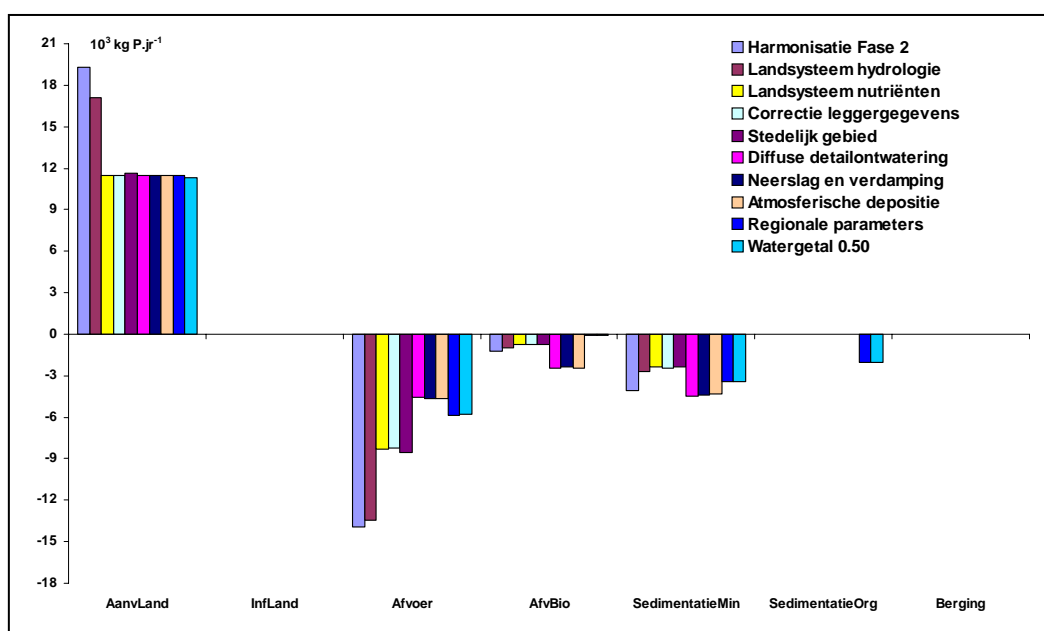
In figuur 5.1 zijn de langjarige stikstofbalanstermen voor de verschillende stappen in het oppervlaktewatersysteem weergegeven. De eerste drie stappen hebben weliswaar niet betrekking op ingrepen in het oppervlaktewatersysteem, maar laten de effecten van ingrepen in het landsysteem op het oppervlaktewatersysteem zien. Uit figuur 5.1 valt op te maken dat de ingrepen in het landsysteem voor zowel waterkwantiteit als voor waterkwaliteit grote effecten op de stikstofbalans in het oppervlaktewatersysteem heeft. De ingrepen in het landsysteem zullen in Paragraaf 5.1.2 meer in detail worden behandeld.

De stappen correctie van de leggergegevens, toevoegen van het stedelijk gebied, neerslag op en verdamping van het oppervlaktewater en atmosferische depositie op het oppervlaktewater laten nauwelijks effecten op de stikstofbalans zien (figuur 5.1).

De introductie van diffuse detailontwatering laat een afname van de afvoer van stikstof en een toename van denitrificatie zien. De laatste stap, te weten regionale parameterisering van het oppervlaktewatermodel, laat juist een toename van de afvoer van stikstof en een afname van de denitrificatie in dezelfde orde van grootte als de introductie van diffuse detailontwatering zien (figuur 5.1).



Figuur 5.1 Langjarige stikstofbalanstermen (periode 1986 – 2000) voor de verschillende stappen in het oppervlaktewaterstelsel



Figuur 5.2 Langjarige fosforbalanstermen (periode 1986 – 2000) voor de verschillende stappen in het oppervlaktewaterstelsel

Voor de fosforbalanstermen zien we voor dezelfde stappen als voor de stikstofbalans de grootste effecten, alleen is het effect van de stappen van het landsysteem omgekeerd aan die van de stikstofbalans (figuur 5.2). De eindsituatie van het landsysteem waterkwantiteit en waterkwaliteit verlagen de fosforbelasting naar het oppervlaktewater, terwijl die leiden tot een verhoging van de stikstofbelasting (figuur 5.1). De introductie van diffuse detailontwatering laat een afname van de afvoer van

fosfor en een toename van de sedimentatie zien. De stap van de regionale parameterisering van het oppervlaktewatermodel laat een toename van de afvoer van fosfor van de opgeloste fractie en een afname van de sedimentatie van het minerale deel van fosfor zien. Echter, de sedimentatie van het organische deel van fosfor neemt toe, zodat de totale sedimentatie in Fase 3.21d is toegenomen. Dat de afvoer van de opgeloste fractie is toegenomen in de laatste stap komt doordat de afvoer van de biomassa is afgenomen (figuur 5.2).

### ***Diffuse detailontwatering***

In tabel 5.1 zijn voor de verschillende stappen voor het oppervlaktewatermodel de stikstof- en fosforretenties weergegeven. In deze tabel is het effect van de introductie van diffuse detailontwatering goed te zien. De introductie van diffuse detailontwatering zorgt voor een verhoging van de stikstof- en fosforretentie. Beide retenties nemen met een factor twee toe.

*Tabel 5.1 Berekende stikstof- en fosforretentie van de verschillende deeltappen van het Fase 3 modelsysteem*

Fasering	N-retentie	P-retentie
Harmonisatie Fase 2	17%	28%
Eindsituatie waterkwantiteit landsysteem	18%	22%
Eindsituatie waterkwaliteit landsysteem	18%	27%
Correctie leggergegevens	19%	28%
Stedelijk gebied	19%	27%
Diffuse detailontwatering	37%	60%
Neerslag en verdamping	37%	59%
Atmosferische depositie	38%	59%
Regionale parameterisering oppervlaktewatermodel	17%	49%

Voor een hellend gebied als de Drentse Aa is dit een grote toename van de stikstof- en fosforretentie. Een van de oorzaken van de sterke toename van de retentie bij de stap van diffuse detailontwatering is de manier van implementeren van de diffuse detailontwatering in het modelsysteem (zie Hoofdstuk 3). De schematisering van het oppervlaktewater in het modelsysteem is conform de leggergegevens uitgevoerd. Hierbij is per waterloopsectie gewerkt met een bovenstroomse en benedenstroomse slootbodemdiepte, waarbij de slootbodemdiepte van het bovenstroomse deel hoger is dan het benedenstroomse deel: het zogenaamde verhang in de waterloopsectie. Voor de diffuse detailontwatering is in eerste instantie ook gewerkt met een verhang, maar dit leverde rekenproblemen op in het oppervlaktewatermodel. Deze rekenproblemen kunnen worden voorkomen als gerekend wordt zonder verhang in de diffuse detailontwatering. Wel kan hier de verblijftijden door toenemen, waardoor ook de retenties in het oppervlaktewater toenemen.

In tabel 5.2 zijn de waterafvoerstatistieken voor meetlocatie Schipborg weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat de introductie van diffuse detailontwatering beperkt effect heeft op de berekende waterafvoer. Met name de piekafvoeren worden iets kleiner (ca. 2% kleiner).

Tabel 5.2 Afvoerstatistieken over de periode 1986 – 2000 voor meetlocatie Schipborg (in miljoen m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup>)

	minimum	gemiddelde	maximum
Gemeten	32.13	58.41	85.05
Harmonisatie Fase 2	24.30	47.77	78.62
Eindsituatie landsysteem	36.14	61.00	92.41
Correctie leggergegevens	36.57	66.62	103.30
Stedelijk gebied	37.28	69.51	108.74
Diffuse detailontwatering	36.33	68.36	106.48
Neerslag en verdamping	37.40	70.63	110.93

### ***Regionale parameterisering oppervlaktewatermodel***

De regionale aanpassing van de parameters van het oppervlaktewatermodel heeft tot gevolg dat de stikstof- en fosforretentie kleiner worden (tabel 5.1). Voor stikstof wordt de retentie gehalveerd; fosfor laat een afname van de retentie van 17% zien. Deze uiteindelijke stikstof- en fosforretentie liggen binnen het bereik van wat aangenomen wordt aan retenties in beeksystemen (De Klein, 2008), al bevindt de berekende stikstofretentie van de eindsituatie van Fase 3 zich aan de onderkant van dit bereik en de berekende fosforretentie aan de bovenkant van dit bereik. De stap van de parameterisering van het oppervlaktewatermodel zal in Paragraaf 5.3 door middel van een analyse van de bandbreedte nog verder worden toegelicht.

### ***Waterkwantiteit***

Voor de waterbalans zien we nagenoeg geen effecten van de aanpassingen in het oppervlaktewatersysteem. Een reden hiervoor is dat een aantal aanpassingen met name gericht zijn op de puntbronnen (RWZI, ingelaten water). Deze ontbreken in de Drentse Aa. De veranderingen in de waterbalans zien we alleen voor de eindsituatie van het landsysteem en worden in paragraaf 5.2 toegelicht.

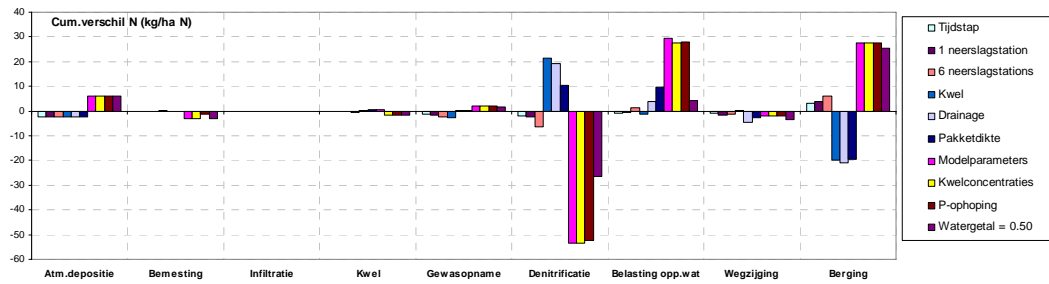
## **5.1.2 Landsysteem**

In figuur 5.3 zijn de langjarige stikstofbalanstermen voor de verschillende stappen in het landsysteem weergegeven. De balanstermen zijn hier als verschillen ten opzichte van Harmonisatie Fase 2 gepresenteerd.

De stikstofbelasting van het oppervlaktewater wordt sterk beïnvloedt door de stap modelparameters landsysteem waterkwaliteit en de stap voor het watergetal. Deze stappen worden in Paragraaf 5.2 nader toegelicht. Daarnaast heeft de stap van aanpassing pakketdikte effect op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, maar in mindere mate dan de twee bovengenoemde stappen (figuur 5.3).

### ***Kwel***

De stap van kwel heeft geen effect op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, maar heeft wel effect op de denitrificatie en stikstofberging in de bodem. Het blijkt dat de toename van de denitrificatie in deze stap in zijn geheel wordt gecompenseerd door de verandering in de stikstofberging, zodat er netto geen verschil in stikstofuitspoeling optreedt. De andere stappen hebben nagenoeg geen effect op de stikstofbalans.

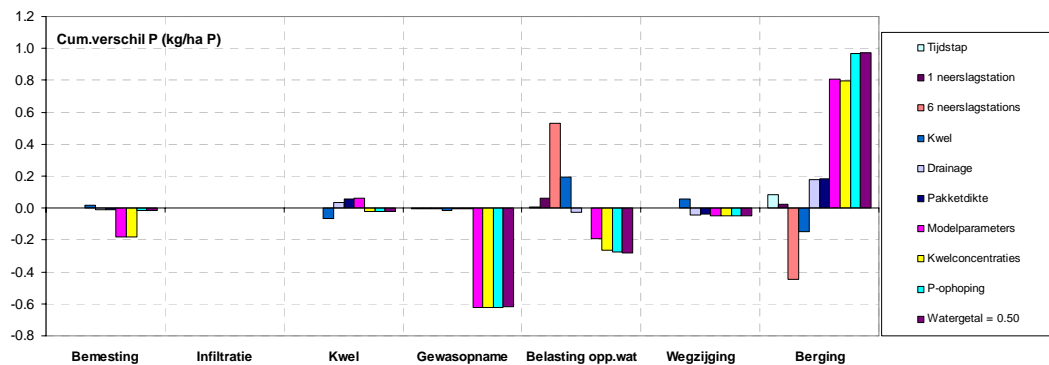


Figuur 5.3 Langjarige stikstofbalanstermen (periode 1986 – 2000) voor de verschillende stappen in het landsysteem

Net als voor de stikstofbelasting van het oppervlaktewater zien we dat de introductie van de modelparameters landsysteem waterkwaliteit en de aanpassing van het watergetal effect heeft op de fosforbelasting van het oppervlaktewater (figuur 5.4). Deze stappen worden in Paragraaf 5.2 nader toegelicht.

### **Regionale neerslagstations, kwel en drainage**

De introductie van de regionale neerslag door middel van 6 neerslagstations heeft tot gevolg dat de fosfaatuitspoeling sterk toeneemt. De totale neerslag in het stroomgebied van de Drentse Aa is nagenoeg niet is veranderd ten opzichte van de voorgaande stap waarbij gebruik wordt van de neerslag van 1 meteostation (toename van de neerslag van 0.7%). Hieruit blijkt dat de regionale spreiding van de neerslag groot effect kan hebben op de uitspoeling van nutriënten, ondanks het feit dat de totale neerslag in het gebied niet significant veranderd. Het effect van de toename van de fosfaatuitspoeling door de stap van 6 neerslagstations wordt weer teniet gedaan door de opeenvolgende stappen van de aanpassing van de kwel en drainage (figuur 5.4).



Figuur 5.4 Langjarige fosforbalanstermen (periode 1986 – 2000) voor de verschillende stappen in het landsysteem

### **Kwelconcentraties**

De regionale aanpassing van de fosforconcentraties in het kwelwater zorgt voor een verlaging van de fosforbelasting van het oppervlaktewater (figuur 5.4). Hierbij moet aangetekend worden dat er gebruik is gemaakt van slechts 1 meetlocatie van het (diepe) grondwater, welke is opgelegd aan het gehele gebied (zie Hoofdstuk 3).

### ***Fosfaatophoping***

De verfijningsstap met betrekking tot fosfaatophoping heeft nagenoeg geen effect op de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Dit ligt in de lijn van de verwachtingen, gezien het feit dat de historische mestgiften voor de Drentse Aa, op basis van de gemeten fosfaatvoorraden in LSK, nagenoeg niet aangepast zijn, omdat de berekende fosfaatophoping goed overeen kwam met de gemeten fosfaatophoping (zie Hoofdstuk 3). In het bemalingsgebied Quarles van Ufford is naast de gemeten fosfaatophoping uit LSK tevens gebruik gemaakt van regionaal gemeten fosfaatophoping (Van der Salm *et al.*, 2008; Siderius *et al.*, 2008). Voor het gebied Quarles van Ufford leidde dit tot een verhoging van de historische mestgiften, omdat de berekende fosfaatophoping te laag was in vergelijking tot de regionaal gemeten fosfaatophoping. Deze bijstelling van de historische mestgiften in Quarles van Ufford resulteerde in een verhoging van de berekende fosfaatbelasting van het oppervlaktewater en een betere overeenkomst met de gemeten fosforconcentraties in het oppervlaktewater. Voor de Drentse Aa zou een regionaal gemeten fosfaatophoping eveneens kunnen leiden tot een aanpassing van de historische mestgiften en een verbetering van de berekende fosforconcentraties in het oppervlaktewater.

### ***Bemesting***

De aanpassing van de P-ophoping is door middel van een ophoging van de historische bemesting gecorrigeerd ten opzichte van de bemesting uit STONE-EMW2007, zoals hierboven wordt beschreven.

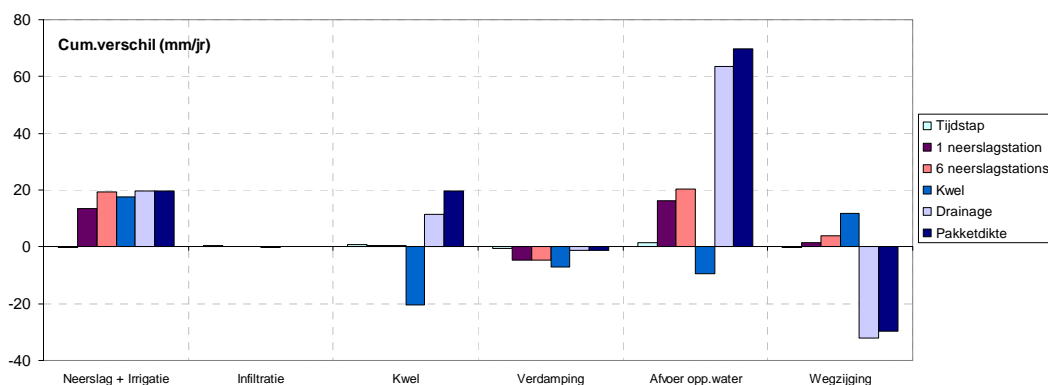
In een studie naar bodemoverschotten op landbouwbedrijven in het kader van evaluatie mestwetgeving 2007 (Van den Ham *et al.*, 2007) wordt voor melkveebedrijven op zandgebieden een stikstofoverschot gegeven tussen 400 kg.ha<sup>-1</sup> N (1986) en 200 kg.ha<sup>-1</sup> N (2000). In Fase 3 wordt over de periode 1986 – 2000 voor grasland een stikstofoverschot van 222 kg.ha<sup>-1</sup> N berekend, terwijl voor maïsgronden voor diezelfde periode een stikstofoverschot van 349 kg.ha<sup>-1</sup> N wordt berekend. Uitgaande van een gemiddelde samenstelling van gras- en maïslanden binnen melkveebedrijven in het stroomgebied van de Drentse Aa van respectievelijk 85 % en 15 % (verhouding gras/maïs op basis van LGN4 voor de Drentse Aa) wordt voor de periode 1986 – 2000 een stikstofoverschot van 241 kg.ha<sup>-1</sup> N berekend. Dit valt binnen het traject van de bodemoverschotten welke zijn verzameld in het kader van EMW2007, maar is wel lager dan voor gemiddeld Nederland (Van den Ham *et al.*, 2007). Dit is echter te verklaren doordat de landbouwgronden in de Drentse Aa extensiever zijn bemest in vergelijking tot andere landbouwgronden in Nederland.

Voor fosfaat wordt voor de melkveehouderij een bodemoverschot van tussen de 80 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (1986) en 40 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2000) gegeven (Van den Ham *et al.*, 2007). In Fase 3 wordt voor de periode 1986 – 2000 een bodemoverschot van 64 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> berekend, uitgaande van een samenstelling van grasland/maïsland van 85/15 % (zie hierboven). Deze berekende overschot ligt binnen het traject van de bodemoverschotten welke zijn verzameld in het kader van EMW2007 (Van den Ham *et al.*, 2007).

Voor akkerbouwbedrijven wordt voor de periode 1986 – 2000 een bodemoverschot van 125 – 150 kg.ha<sup>-1</sup> N en 50 – 80 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gegeven (Van den Ham *et al.*, 2007). In Fase 3 wordt voor diezelfde periode een bodemoverschot van 90 kg.ha<sup>-1</sup> N en 30 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> berekend. Deze berekende bodemoverschotten zijn lager dan bodemoverschotten verzameld in het kader van EMW2007, wat een aanwijzing is dat de historische mestgiften voor akkerbouwgronden te laag is ingeschat.

### Waterkwantiteit

In figuur 5.5 zijn de langjarige waterbalanstermen voor de verschillende stappen in het landsysteem weergegeven. De verfijningsstappen na stap pakketdikte hebben alleen betrekking op de nutriëntenbalansen en zijn daarom niet weergegeven in de waterbalans. Figuur 5.5 laat zien dat aanpassing van de drainageniveaus resulteert in een significante verhoging van de waterafvoer. In de eindsituatie (pakketdikte) is de neerslag met 20 mm (ten opzichte van Harmonisatie Fase 2) toegenomen. De kwel is eveneens met 20 mm toegenomen, terwijl de wegzijging met 30 mm is afgenomen. Dit resulteert uiteindelijk in een toename van de waterafvoer met ca. 70 mm per jaar.



Figuur 5.5 Langjarige waterbalanstermen (periode 1986 – 2000) voor de verschillende stappen in het landsysteem

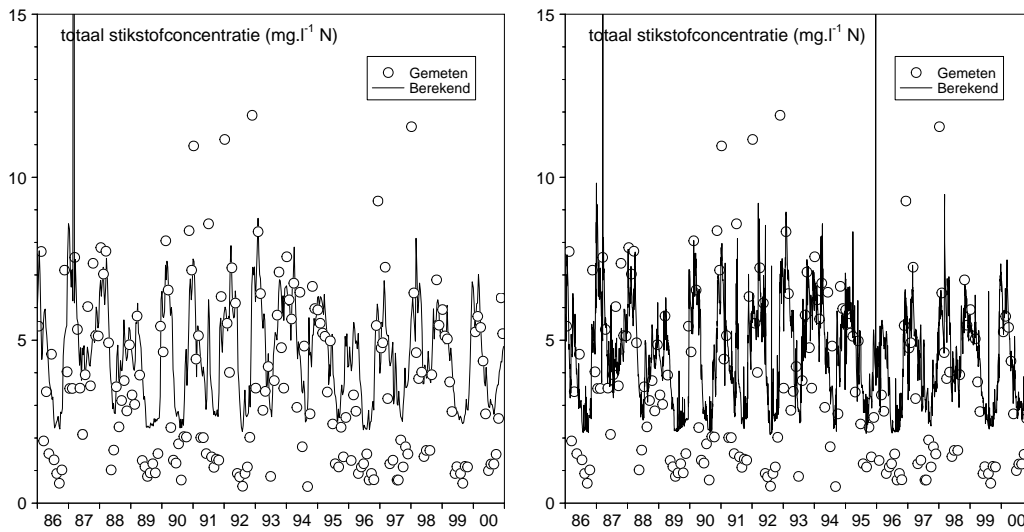
### Temporele resolutie

Een van de verfijningsstappen in het Fase 3 modelsysteem betreft de aanpassing van de tijdstap van de kwaliteitsmodule van het landsysteem. In Fase 2 werd gerekend met een tijdstap van 10 dagen; in Fase 3 is deze tijdstap verfijnd naar 1 dag. Uit deze verfijningsstap blijkt dat voor de berekende stikstof- en fosforconcentraties het gemiddelde niveau nagenoeg niet veranderd (zie ook figuur 5.3 en 5.4), maar dat de pieken toenemen bij een fijnere temporele resolutie (figuur 5.6 en 5.7).

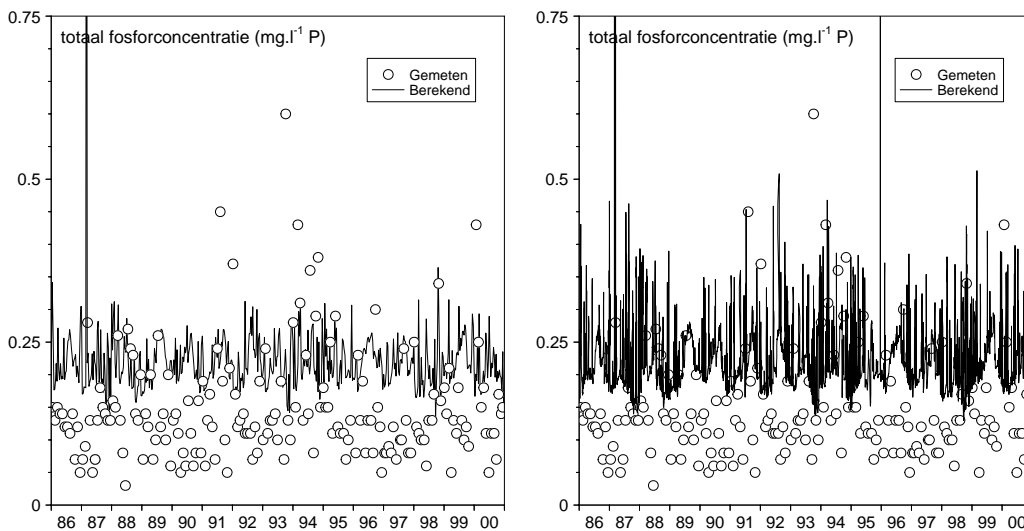
Een ander effect van de verandering van de tijdstap is eveneens te zien in figuur 5.6 en 5.7. In Fase 2 wordt in het vroege voorjaar van 1987 een grote piek in de stikstof- en fosforconcentratie berekend (respectievelijk 56.5 mg.l<sup>-1</sup> N en 6.4 mg.l<sup>-1</sup> P). Deze piek wordt veroorzaakt doordat in die periode een mestgift wordt toegediend, welke samenvalt met een periode van intensieve neerslag. Zowel het tijdstip van de mestgift als het tijdstip van neerslag valt in Fase 2 binnen dezelfde periode van 10 dagen. In Fase 3 vallen deze twee momenten niet meer geheel samen, waardoor de berekende piek in de uitspoelingsconcentraties voor met name stikstof lager uitvalt (N-piek: 17.8 mg.l<sup>-1</sup> N, P-piek: 2.6 mg.l<sup>-1</sup> P). Door het moment van mestgiften beter af te



stemmen op de meteorologische gegevens (moment van neerslag) kunnen deze hoge pieken van berekende nutriëntconcentraties worden gereduceerd.



Figuur 5.6 Gemeten en berekende totaal stikstofconcentraties in het uitlaatpunt van de Drentse Aa met tijdstap van 10 dagen (links) en 1 dag (rechts)



Figuur 5.7 Gemeten en berekende totaal fosforconcentraties in het uitlaatpunt van de Drentse Aa met tijdstap van 10 dagen (links) en 1 dag (rechts)

## 5.2 Regionale parameters

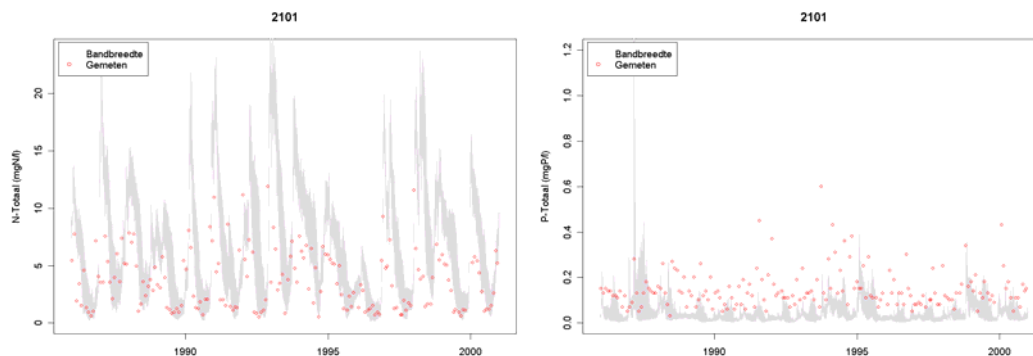
Naast het effect van regionale data en daarvan afgeleide parameters en variabelen zoals toegelicht in de vorige hoofdstukken blijkt ook dat de parameterisering van modellen zelf een grote invloed kan hebben. Dit geldt voor de kwaliteitsmodules van zowel het land- als het oppervlaktewatersysteem. In het landsysteem is overgestapt van de parameterisering conform Evaluatie Mestwetgeving 2004 (EMW2004) naar de parameterisering conform Evaluatie Mestwetgeving 2007 (EMW2007). Met name

voor de stikstofuitspoeling, maar ook voor de fosforuitspoeling in de Drentse Aa heeft dit gevolgen. In het oppervlaktewatersysteem was de regionale parameterisering een verfijningsstap in de modellering. Deze blijkt grote effecten te hebben op de berekende nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater.

### 5.2.1 Oppervlaktewatersysteem

In Fase 2 was de parameterisering van de kwaliteitsmodule van het oppervlaktewatersysteem uniform voor alle vier de proefgebieden. In Fase 3 zijn de waarden voor de parameters op basis van literatuurstudie regionaal, dus specifiek per gebied, bepaald (Bijlage 2). De regionale parameterisering van het oppervlaktewatermodel blijkt een groot effect op de gemodelleerde nutriëntenconcentraties te hebben (zie ook figuur 5.1 en 5.2).

Het is echter lastig deze parameters exact te bepalen. Om een inzicht te krijgen in de effecten die een andere inschatting van deze parameters kan hebben is een bandbreedte analyse uitgevoerd voor de oppervlaktewaterkwaliteitsmodule. Hierbij zijn geschatte minimale en maximale waarden voor een vijftal parameters bepaald en gecombineerd tot in totaal 32 combinaties van modelberekeningen. Bijlage x geeft de waarden van deze parameters. De gehele bandbreedte analyse, ook voor de andere drie proefgebieden wordt beschreven in (Mulder *et al.*, in voorbereiding).



Figuur 5.8 Bandbreedte voor totaal-stikstof (links) en totaal-fosfor (rechts)

In figuur 5.8 zijn de resultaten voor totaal-stikstof en -fosfor uitgezet. Hier is te zien dat ook met andere parameter instellingen de berekende waarde voor stikstof grotendeels boven de gemeten waarden zullen blijven. Voor fosfor daarentegen blijven de berekende waarden grotendeels onder de waarnemingen. De bandbreedte analyse geeft ook een bandbreedte voor de gemodelleerde retentie. Deze varieert voor stikstof van 6% tot 38%. Voor fosfor varieert de retentie tussen de 31% en 65%. De retenties van de eindsituatie van Fase 3 liggen hier met 17% voor N en 49% hier tussen in.

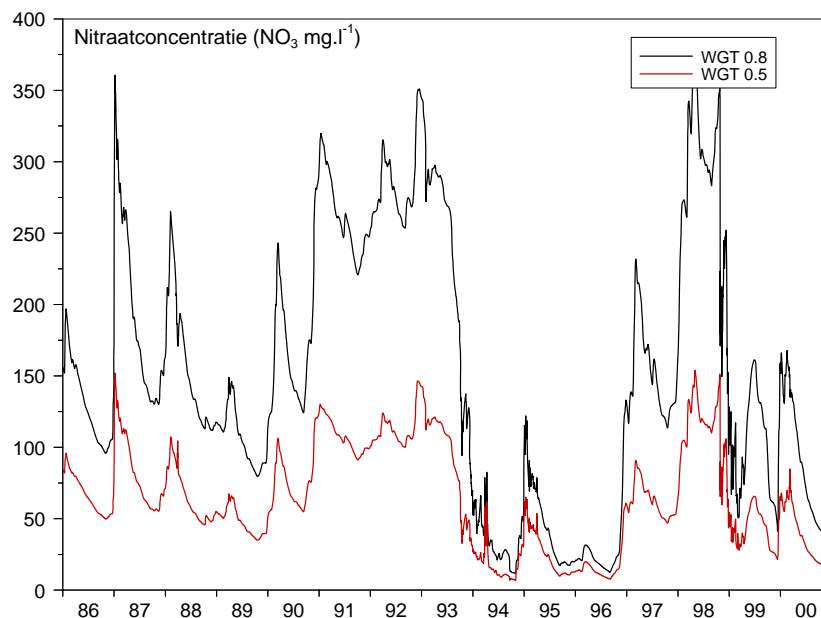
Om de modellering van nutriënten nog verder te verbeteren in vervolgstappen zal niet alleen gekeken moeten worden naar het verbeteren van de regionale data over bijvoorbeeld de uitspoeling vanuit het landsysteem maar ook naar de

parameterinstellingen van het modelinstrumentarium zelf. Een beter begrip en meer proceskennis bijvoorbeeld op het gebied van sedimentatie, sorptie en biomassa groei en sterfte en hoe dit in een vereenvoudigd model ingevoerd kan worden is daarbij essentieel. Uit figuur 5.8 en Hoofdstuk 4 en 5 blijkt wel dat hier vooral de oorzaak gezocht moet worden in o.a. de uitspoeling van het landsysteem en daaraan gerelateerde processen en dat pas in tweede instantie naar de processen in het oppervlaktewatermodel.

## 5.2.2 Landsysteem

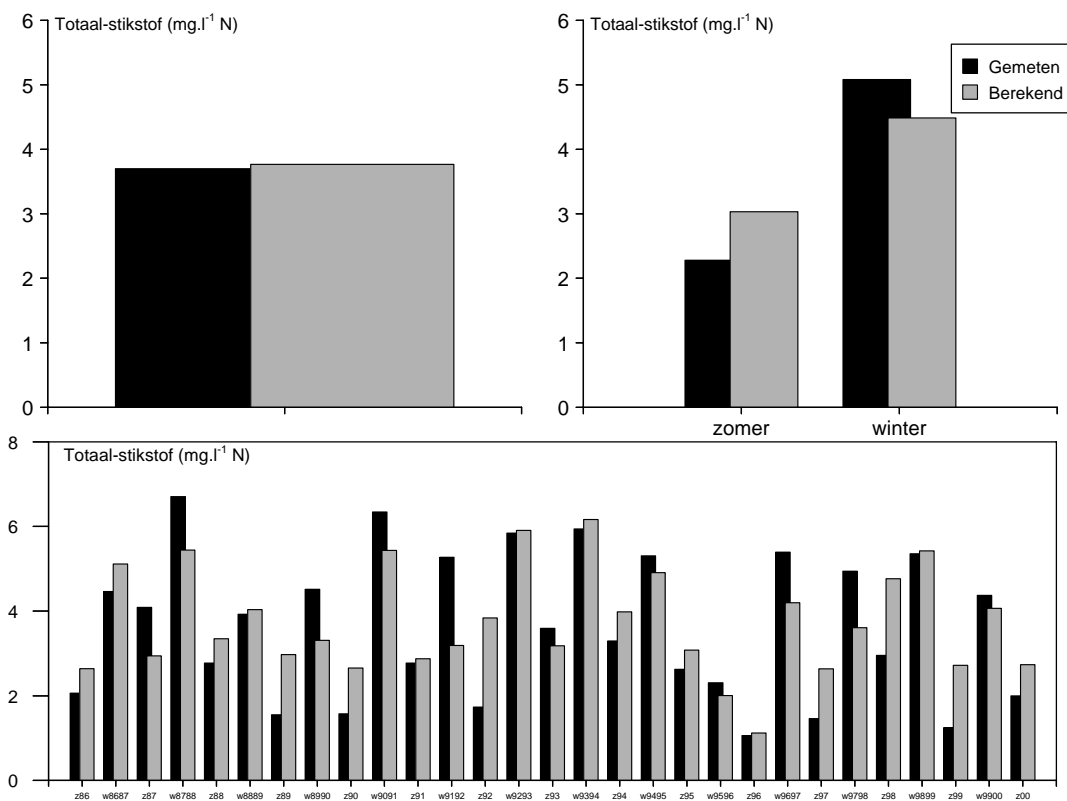
Zoals in paragraaf 5.2 is aangegeven, heeft het gebruik van aangepaste parameters van het nutriëntenmodel (op basis van EMW2007) geleid tot een sterk verhoogde stikstofbelasting en een sterk verlaagde fosforbelasting vanuit het landsysteem. Omdat alle omzettingprocessen in het nutriëntenmodel aan elkaar gekoppeld zijn, en er dus ook diverse terugkoppelingen in het model zijn gedefinieerd, is het niet altijd mogelijk één factor in het aangepaste nutriëntenmodel aan te wijzen als meest bepalende (proces)parameter.

Behalve de atmosferische depositie is ten opzichte van EMW2004 nog een aantal andere aanpassingen in het EMW2007 nutriëntenmodel doorgevoerd. Voor de zandgebieden blijkt de drempelwaarde voor de waterverzadigingsgraad waarbij denitrificatie van nitraat in de bodem begint op te treden, het zogenaamde watergetal, sterk bepalend te zijn voor de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Hiervoor is een analyse uitgevoerd, waarbij de waarde welke geldt voor EMW2004 als ondergrens is aangenomen (watergetal = 0.50) en de waarde welke geldt voor EMW2007 als bovengrens (watergetal = 0.80).



Figuur 5.9 Berekende nitraatconcentraties in de bovenste meter van het grondwater voor de twee waarden van het watergetal voor een rekenplot bestaande uit grasland op zand met een Gt VII\*

In figuur 5.9 is het resultaat voor de nitraatuitspoeling voor de twee waarden van het watergetal weergegeven. Omdat geen metingen voor de nitraatconcentraties in het grondwater beschikbaar zijn kan niet worden aangegeven welke van deze twee varianten beter overeenkomt met de waarnemingen.



Figuur 5.10 Gemeten en berekende stikstofconcentraties in het oppervlaktewater voor het stroomgebied van de Drentse Aa voor de eindsituatie van het Fase 3 modelsysteem met een waarde voor het watergetal van 0.50

In figuur 5.10 is het effect van de waarde van het watergetal conform EMW2004 (watergetal = 0.50) op de stikstofconcentraties in het oppervlaktewatersysteem weergegeven. Dit figuur heeft dezelfde parameterwaarden als het Fase 3 modelsysteem en is dus vergelijkbaar met figuur 4.2 (Hoofdstuk 4), met dit verschil dat het watergetal de waarde 0.50 heeft, in plaats van 0.80 zoals in EMW2007. Uit figuur 5.10 blijkt dat de berekende langjarige gemiddelde stikstofconcentraties voor het gehele stroomgebied van de Drentse Aa goed overeenkomen met de waarnemingen.

### 5.3 Toetsingsgegevens

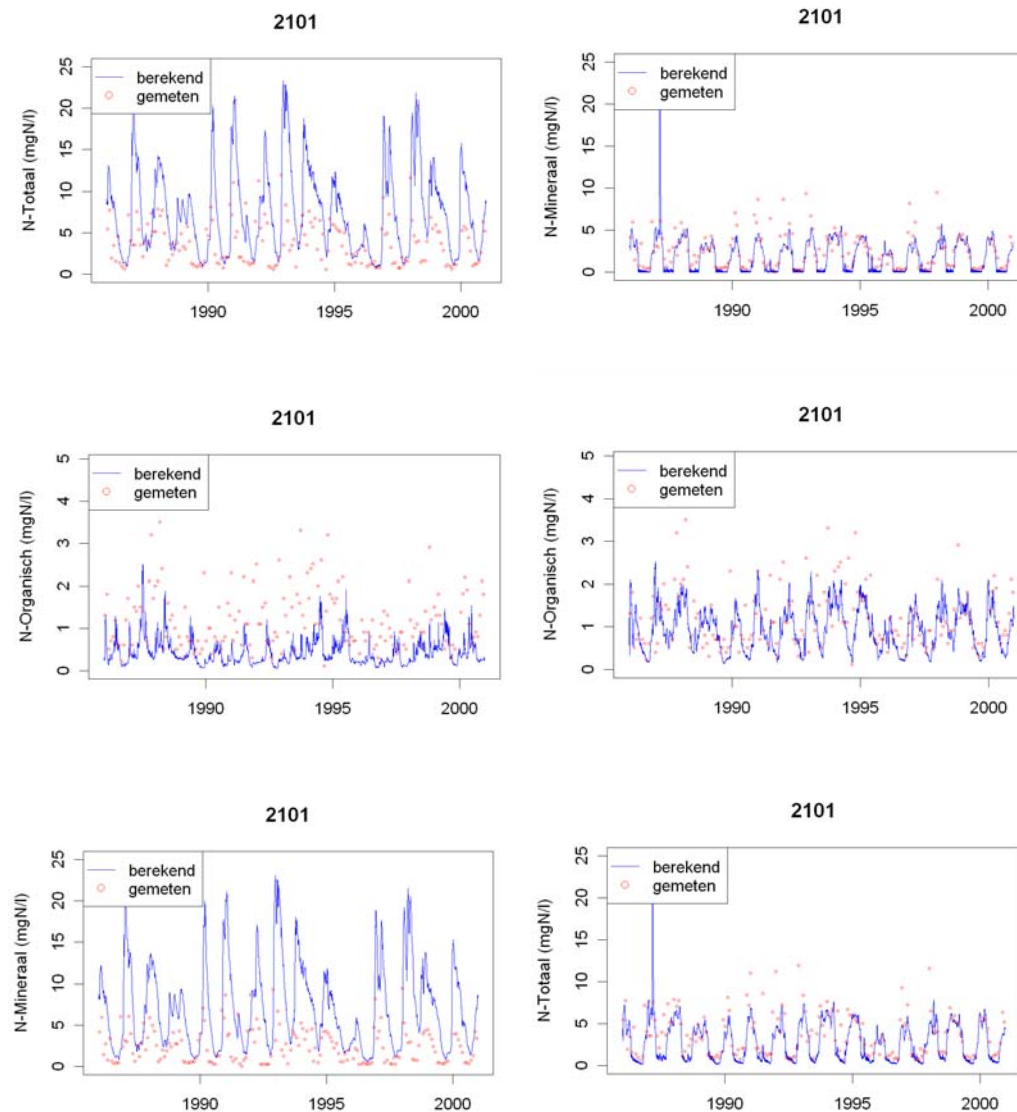
In de huidige systeemanalyse wordt alleen getoetst op het eindniveau van het modelsysteem, namelijk de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Gezien de onzekerheden in de verschillende onderdelen van het modelsysteem (landsysteem, oppervlaktewatersysteem, waterkwantiteit en waterkwaliteit) en de voortplanting van deze onzekerheden door het gehele modelsysteem dient meer op tussenliggende

niveaus getoetst te worden. Zo kan bijvoorbeeld de nutriëntenmodule van het landsysteem getoetst worden aan grondwaterkwaliteitsmetingen of gemeten fosfaatvoorraden in de bodem. Op die manier kunnen de verschillende onderdelen van het modelsysteem geverifieerd worden en kan voortplanting van onzekerheden geminimaliseerd worden.

## 6 Verschillen ten opzichte van Fase 2

### 6.1 Waterkwaliteit

In figuur 6.1 zijn de gemeten en berekende stikstofconcentraties in het oppervlaktewater voor het uitlaatpunt van de Drentse Aa (meetpunt 2101) voor het modelsysteem Fase 3 en Fase 2<sup>4</sup> weergegeven.

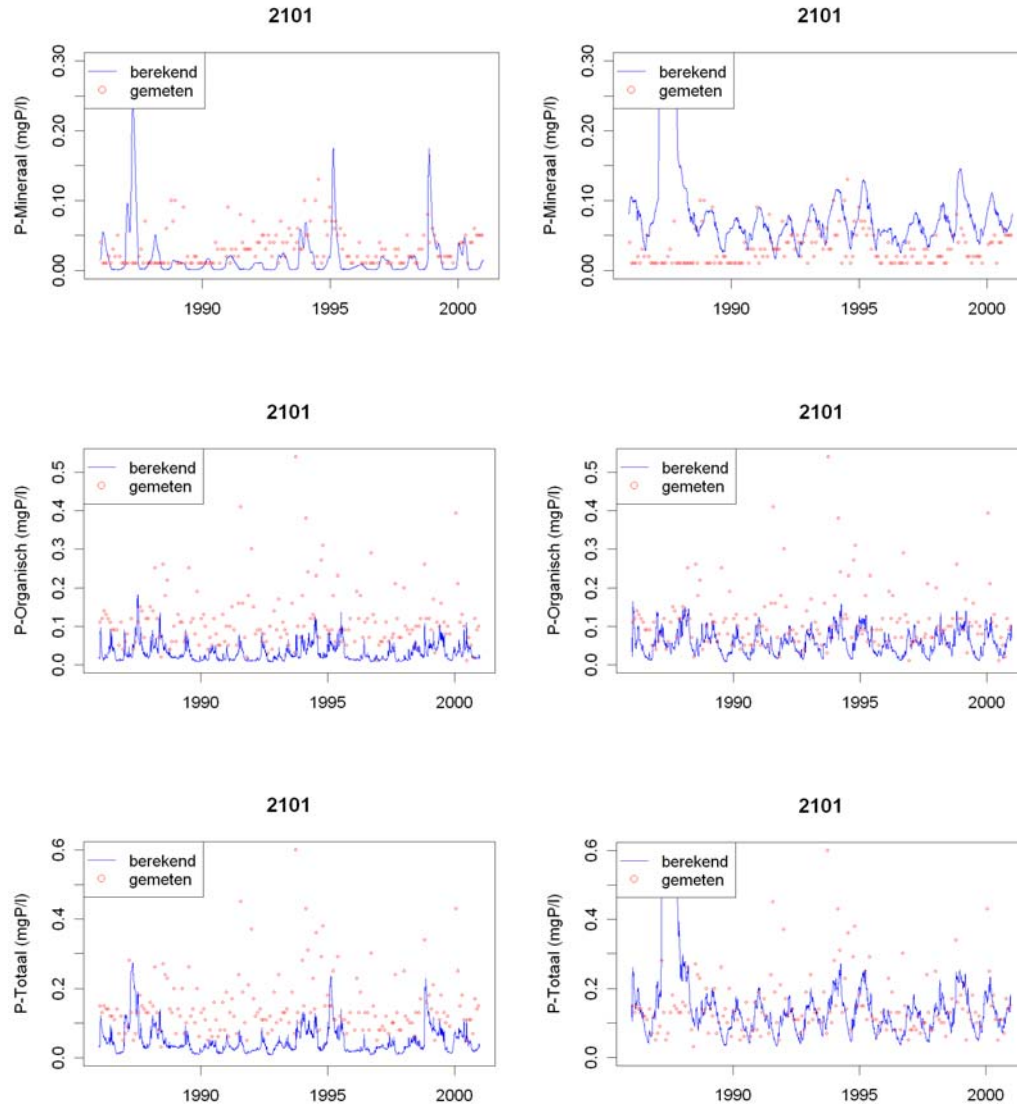


Figuur 6.1 Gemeten en berekende stikstofconcentraties voor het uitlaatpunt (2101) van de Drentse Aa volgens modelsysteem Fase 2 (rechts) en Fase 3 (links)

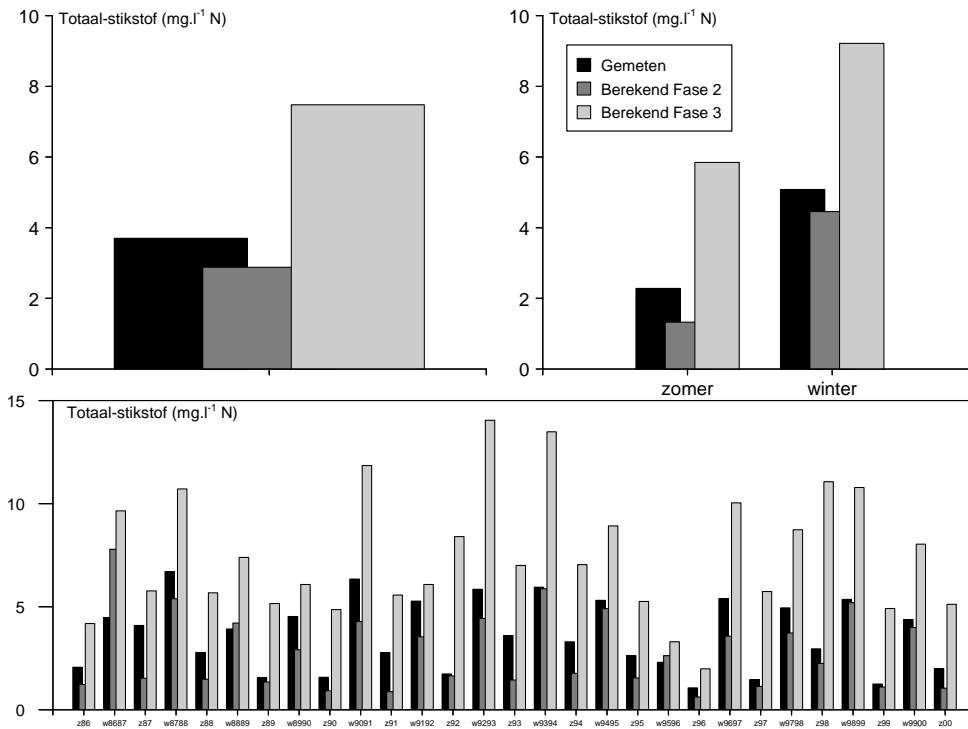
<sup>4</sup> Het betreft hier de rekenresultaten van Harmonisatie Fase 2 (zie ook Bijlage 1)

Hieruit blijkt dat, op een uitschieter in 1987 na, de berekende minerale stikstof en totaal-stikstof in Fase 3 hoger is dan in Fase 2. De berekende organische stikstof is in Fase 3 echter lager dan in Fase 2.

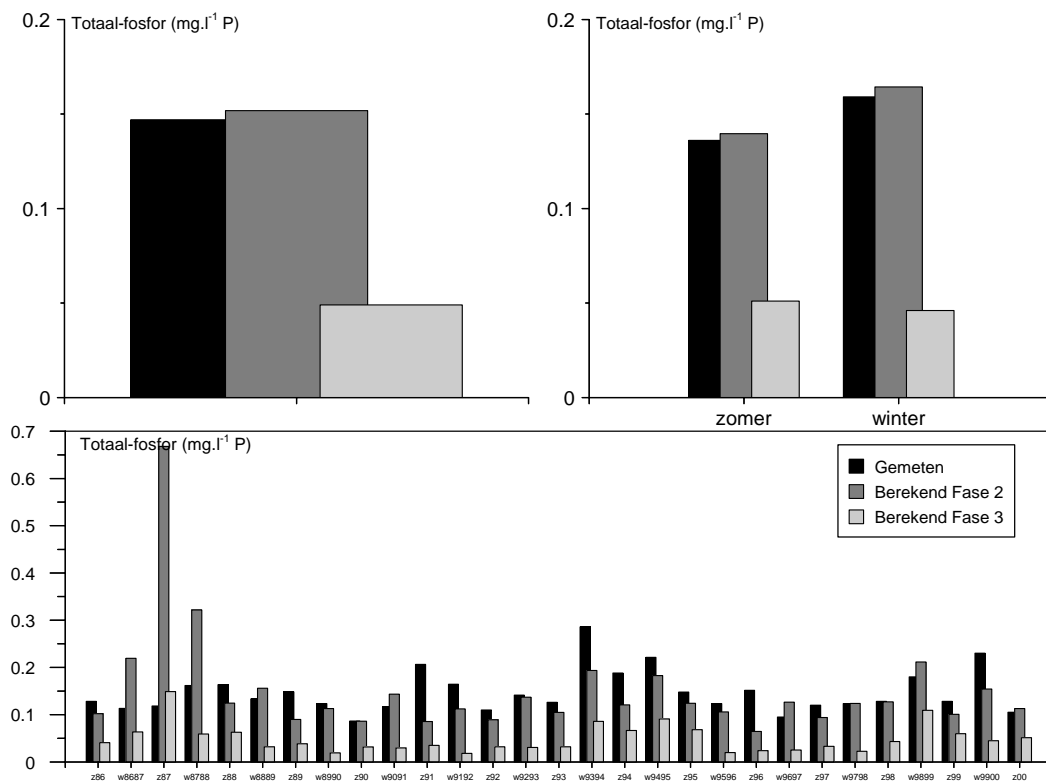
In figuur 6.2 zijn de gemeten en berekende fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor het uitlaatpunt van de Drentse Aa (meetpunt 2101) voor het modelsysteem Fase 3 en Fase 2 weergegeven. Het Fase 3 modelsysteem berekent voor zowel de minerale als de organische fosforfracties lagere concentraties dan het modelsysteem Fase 2.



Figuur 6.2 Gemeten en berekende fosforconcentraties voor het uitlaatpunt (2101) van de Drentse Aa volgens modelsysteem Fase 2 (rechts) en Fase 3 (links)



Figuur 6.3 Gemeten en berekende stikstofconcentraties voor het uitlaatpunt (2101) van de Drentse Aa volgens modelsysteem Fase 2 en Fase 3 (in  $mg.l^{-1} N$ )

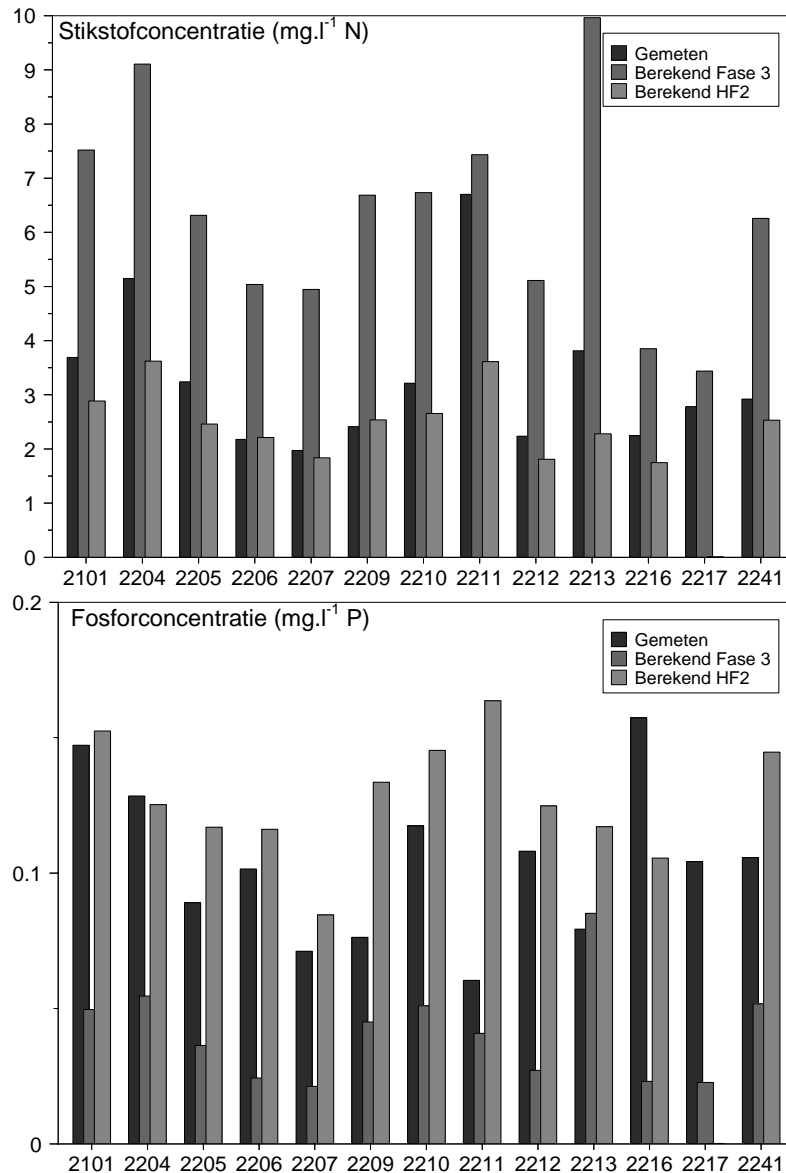


Figuur 6.4 Gemeten en berekende fosforconcentraties voor het uitlaatpunt (2101) van de Drentse Aa volgens modelsysteem Fase 2 en Fase 3 (in  $mg.l^{-1} P$ )

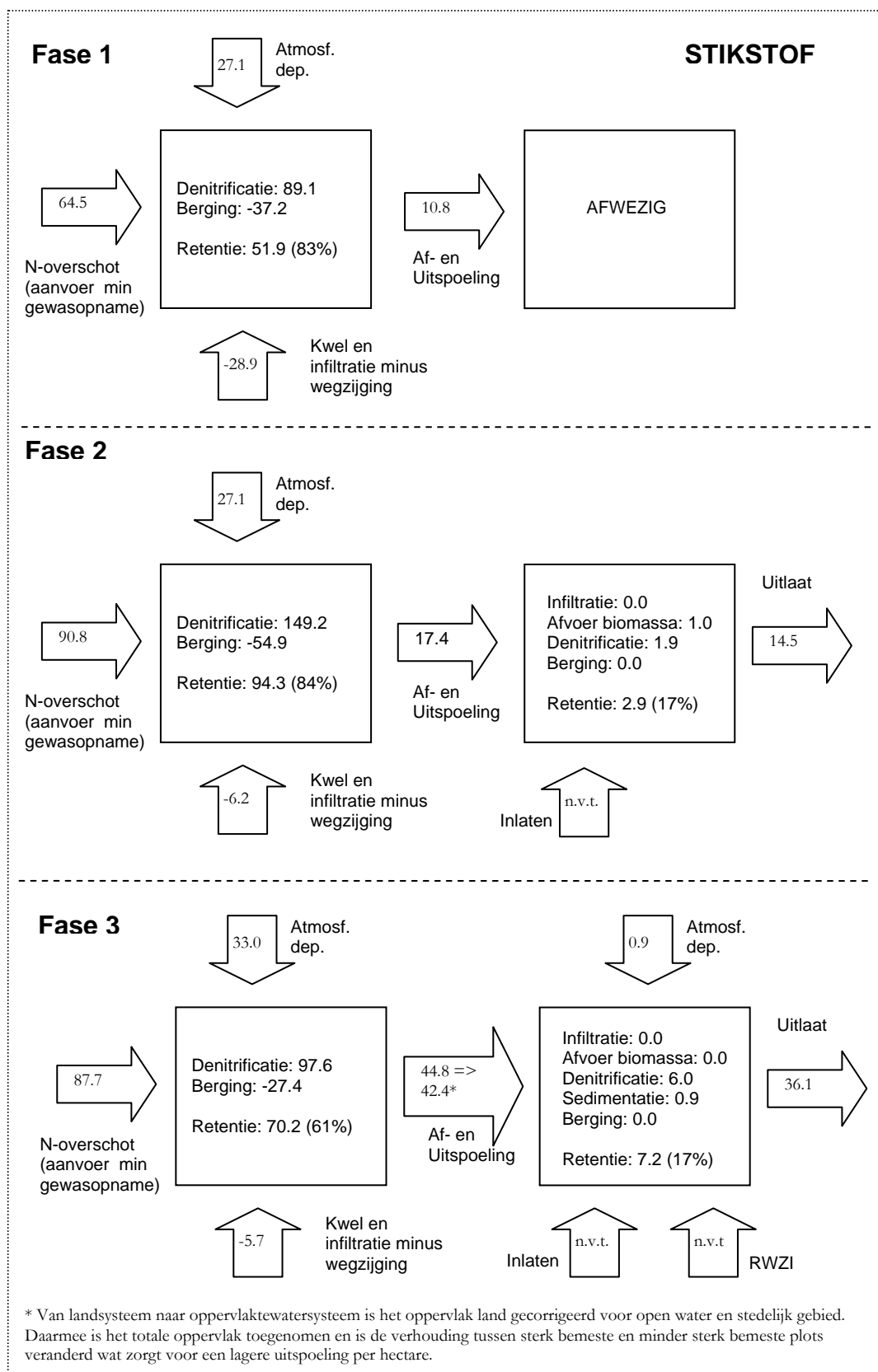


In figuur 6.3 en 6.4 zijn de langjarige gemeten en berekende stikstof- en fosforconcentraties weergegeven. Ook hieruit blijkt dat het Fase 3 modelstelsysteem de stikstofconcentraties overschat (in Fase 2 werd de stikstofconcentraties nog onderschat) en de fosforconcentraties onderschat.

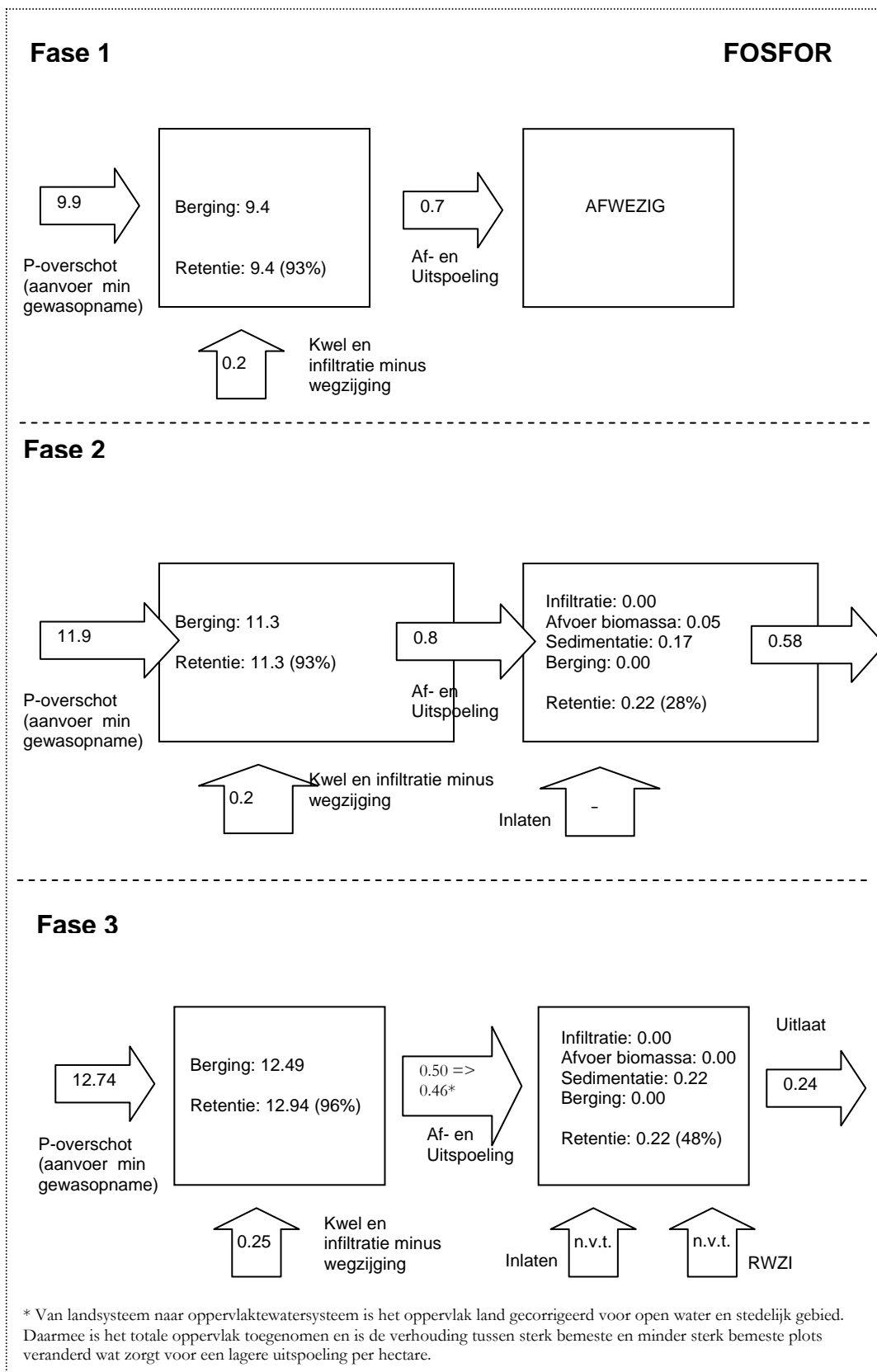
Voor de deelgebieden in de Drentse Aa worden in grote lijnen dezelfde verschillen tussen Fase 2 en Fase 3 waargenomen als voor het gehele stroomgebied (figuur 6.5). Voor meetpunt 2217 werd in Fase 2 zowel voor stikstof- als voor fosforconcentratie zeer lage concentraties berekend door een foutieve koppeling tussen het land- en het oppervlaktewatersysteem (Roelsma *et al.*, 2006b). Deze onvolkomenheid is in Fase 3 hersteld (figuur 6.5).



Figuur 6.5 Gemeten en berekende langjarig gemiddelde stikstof- (boven) en fosforconcentraties (onder) van het uitlaatpunt (2101) en de 12 regionale meetpunten voor het Fase 3 en Fase 2 modelstelsysteem



Figuur 6.6 Stikstofbalansen voor Fase 1, Fase 2 en Fase 3 (in kg,ha<sup>-1</sup> N)

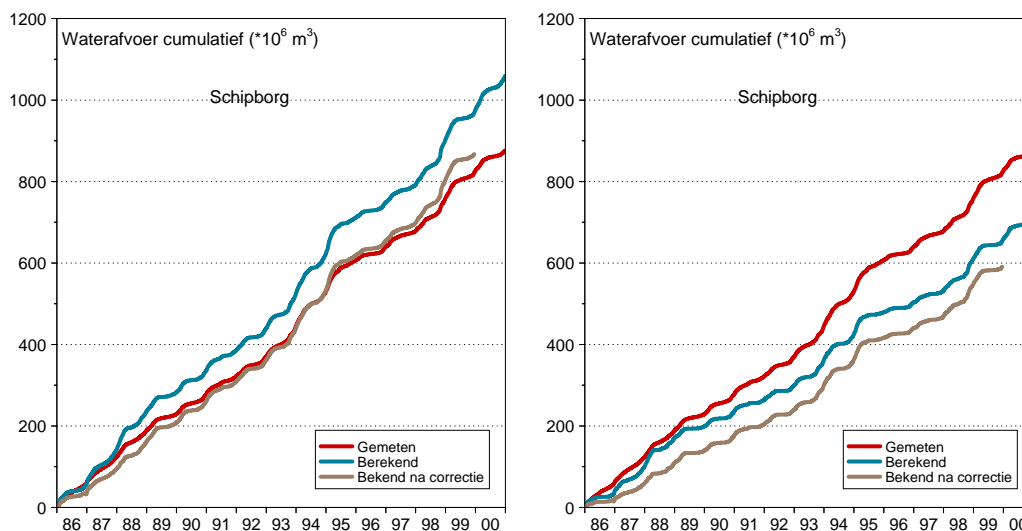


Figuur 6.7 Fosforbalansen voor Fase 1, Fase 2 en Fase 3 (in kg/ha<sup>1</sup> P)

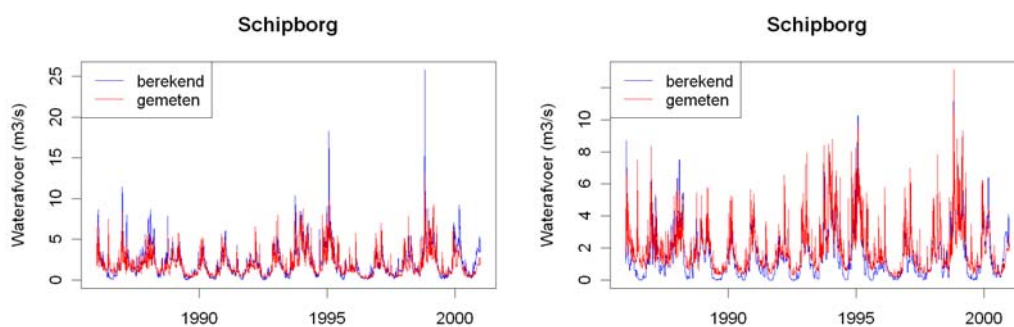
In figuur 6.6 en 6.7 zijn schematisch de stikstof- en fosforbalansen van Fase 1, Fase 2 en Fase 3 weergegeven. De stikstofretentie in het oppervlaktewater is in Fase 3 gelijk aan de retentie in Fase 2, ondanks het toevoegen van de diffuse detailontwatering (zie ook Hoofdstuk 5 Discussie). Voor fosfor neemt de retentie in het oppervlaktewater in Fase 3 wel toe ten opzichte van Fase 2. De retenties in het landsysteem zijn voor zowel stikstof als fosfor in Fase 2 gelijk aan Fase 1. In Fase 3 neemt de stikstofretentie van landsysteem af, terwijl die voor fosfor licht stijgt. Een van de redenen voor de daling van de stikstofretentie is de afname van denitrificatie als gevolg van de aanpassing van de parameters van het nutriëntenmodel van het landsysteem op basis van EMW 2007 (zie Hoofdstuk 5). Dit resulteert in een hogere afvoer van stikstof vanuit het landsysteem naar het oppervlaktewatersysteem (figuur 6.6).

## 6.2 Waterkwantiteit

In figuur 6.8 zijn de gemeten en berekende waterafvoeren op meetlocatie Schipborg voor Fase 2 en Fase 3 weergegeven. Voor de berekende waterafvoeren is tevens een correctie uitgevoerd voor de verkeerde waterverdeling in de noodoverlaat te Loon (zie Paragraaf 4.3.1). De gecorrigeerd waterafvoeren geven aan dat in Fase 2 de waterafvoer wordt onderschat. Voor de periode 1986 – 1999 (voor het jaar 2000 zijn geen waarnemingen van de waterafvoer in de noodoverlaat beschikbaar) wordt de waterafvoer met 230 miljoen m<sup>3</sup> onderschat. Dit komt neer op 16.5 miljoen m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup>. Voor Fase 3 wordt over dezelfde periode de waterafvoer overschat: 45 miljoen m<sup>3</sup> over de periode 1986 – 1999. Dit komt neer ca. 3 miljoen m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup>.



Figuur 6.8 Gemeten en berekende cumulatieve waterafvoer op meetlocatie Schipborg volgens het modelsysteem Fase 3 (links) en Fase 2 (rechts). De modelresultaten voor Fase 2 en Fase 3 zijn tevens gecorrigeerd op verkeerde waterverdeling in de noodoverlaat te Loon



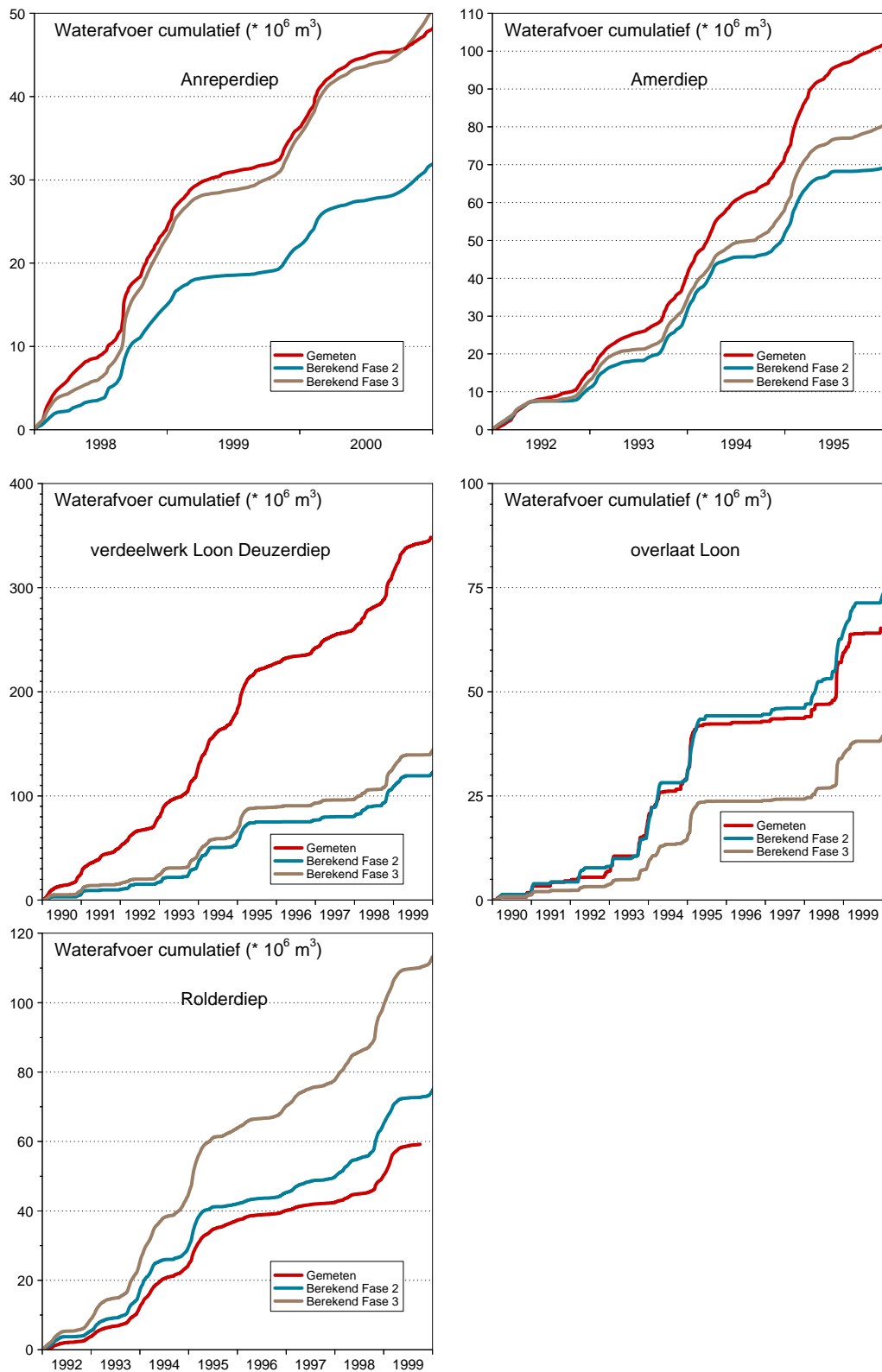
Figuur 6.9 Gemeten en berekende cumulatieve waterafvoer op meetlocatie Schipborg volgens het modelsysteem Fase 3 (links) en Fase 2 (rechts).

In figuur 6.9 zijn de gemeten en berekende dagelijkse waterafvoeren op meetlocatie Schipborg voor zowel Fase 2 als Fase 3 weergegeven. Hieruit blijkt dat niet alleen het algehele niveau van waterafvoer in Fase 3 is toegenomen, maar dat ook met name de dynamiek (pieken) in Fase 3 is vergroot. De hoge berekende uitschieters in waterafvoer in Fase 3 worden veroorzaakt door de onderschatting van de noodoverlaat (zie Hoofdstuk 4).

In figuur 6.10 zijn de gemeten en berekende waterafvoeren op de meetlocaties Anreperdiep, Amerdiep, verdeelwerk Loon en Rolderdiep voor Fase 2 en Fase 3 weergegeven. Hieruit blijkt dat de waterafvoeren in het Anreperdiep, Amerdiep en Deuzerdiep verbeteren.

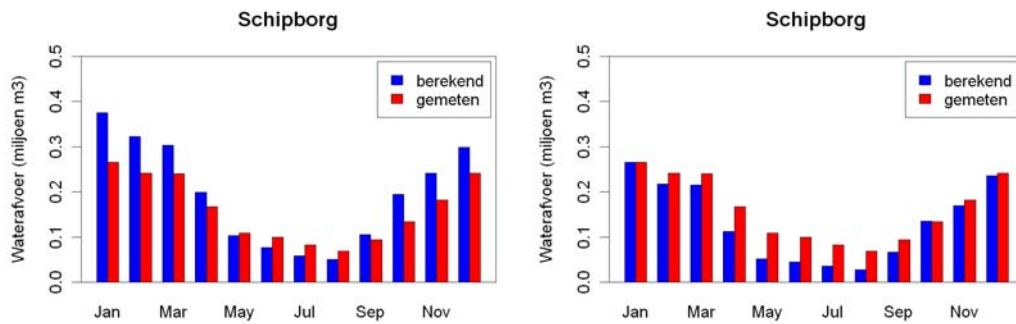
Dat de berekende afvoeren op de twee laatst genoemde locaties nog niet overeenkomen met de waarnemingen komt door de verkeerde waterverdeling op deze locaties door incorrecte leggergegevens (zie Hoofdstuk 4). De berekende afvoer in de noodoverlaat is in Fase 3 lager dan in Fase 2, ondanks het feit dat de afvoer in de inlaat (Deuzerdiep) hoger is. Een verklaring hiervoor is dat door de stap van diffuse detailontwatering de pieken in de waterafvoer worden gebufferd.

Op de locatie Rolderdiep wordt zowel in Fase 2 als in Fase 3 de waterafvoer overschat. De overschatting van de waterafvoer is toegenomen in Fase 3 (zie Hoofdstuk 4).



Figuur 6.10 Gemeten en berekende cumulatieve waterafvoer op de meetlocaties Anreperdiep (linksboven), Amerdiep (rechtsboven), verdeelwerk Loon inlaat (linksmidden), verdeelwerk Loon overlaat (rechtsmidden) en Rolderdiep (linksonder) volgens het modelstelsel Fase 2 en Fase 3

In figuur 6.11 is voor meetlocatie Schipborg de gemeten en berekende 15-jaars gemiddelde maandelijkse waterafvoer voor Fase 2 en Fase 3 weergegeven. Hieruit is af te leiden dat de basisafvoer in de zomer in Fase 3 is verbeterd ten opzichte van Fase 2. Dit geeft aan dat de berekende kwel (de basisafvoer in de Drentse Aa wordt voor het overgrote deel bepaald door kwel in dit gebied) in Fase 3 is verbeterd. De hoge berekende waterafvoer in de winterperiode in Fase 3, ten opzichte van de gemeten waarden, wordt in het modelsysteem veroorzaakt door de onderschatting van de noodoverlaat, waardoor in het modelsysteem te veel water op meetlocatie Schipborg wordt berekend (zie Hoofdstuk 4).



Figuur 6.11 Gemeten en berekende langjarige gemiddelde maandelijkse waterafvoer op meetlocatie Schipborg over de periode 1986 – 2000 voor Fase 3 (links) en Fase 2 (rechts)

## 7 Conclusies

### 7.1 Doelstellingen Fase 3

In Fase 3 is de invloed van regionale verfijning van de invoergegevens van het modelsysteem onderzocht. Daarnaast wordt in Fase 3 de tijdstapgrootte van de invoer verkleind om de temporele variatie van de waterafvoer, de stikstof- en de fosforconcentraties in het oppervlaktewater beter te kunnen voorspellen. Uit de systeemanalyse Fase 3 moet blijken:

- of de variatie in de waterafvoer, de stikstof- en fosforconcentraties is toegenomen ten opzichte van Fase 2
- of de voorspellingen voor deelgebieden en meetpunten binnen het stroomgebied zijn verbeterd
- wat de kritische systeemcomponenten en – parameters van het studiegebied zijn.

### 7.2 Conclusies

#### 7.2.1 Algemeen

##### *Bronnen en balansen*

In het modelsysteem Fase 3 zijn alle relevante bronnen op stroomgebiedsniveau meegenomen. Hierbij zijn, ten opzichte van Fase 2, onverhard bebouwd gebied, atmosferische depositie en neerslag en verdamping op het oppervlaktewater toegevoegd. Hierdoor zijn de balansen completer ten opzichte van Fase 2 wat een betere analyse mogelijk maakt.

Een tweetal bronnen op het oppervlaktewater is niet meegenomen. Kwel is opgelegd op het landsysteem, maar niet op het oppervlaktewater. Lokaal zal dit mogelijk tot onderschatting of overschatting kunnen leiden, maar het wordt verwacht dat het ontbreken van kwel op het oppervlaktewater geen grote afwijkingen in de balansen teweegbrengt. Ook overstorten vanuit bebouwd gebied op het oppervlaktewater zijn niet expliciet meegenomen. Mogelijk kan dit het ontbreken van sommige pieken in nutriëntenconcentraties verklaren. De verwachting is dat op de totale balans de overstorten echter geen grote rol zullen spelen. Modellerings is bovendien complex.

##### *Waterkwaliteit*

De stikstofconcentraties in het oppervlaktewater zijn (sterk) omhoog gegaan. Hiermee liggen de berekende stikstofconcentraties boven de waarnemingen. Dit geldt voor ieder jaar van de evaluatieperiode (1986 – 2000) als voor de (gemiddelde) zomer- en winterperiode. Tevens geldt dit voor alle 12 regionale meetpunten.

De fosforconcentraties in het oppervlaktewater zijn (sterk) omlaag gegaan. Hiermee liggen de voorspelde fosforconcentraties onder de waarnemingen. Dit geldt voor ieder jaar van de evaluatieperiode (1986 – 2000) als voor de (gemiddelde) zomer- en



winterperiode. Voor 11 van de 12 regionale meetpunten geldt tevens dat de voorspelde fosforconcentraties beneden de waarnemingen liggen.

Voor het oppervlaktewatersysteem heeft de introductie van diffuse detailontwatering en regionale parameterisering van het oppervlaktewatermodel een groot effect op zowel de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewatersysteem.

Voor het landsysteem heeft de aanpassing van de modelparameters conform Evaluatie Mestwetgeving 2007 (EMW2007) een groot effect op zowel de stikstof- als de fosforuitspoeling. Voor stikstof heeft de waarde voor de waterverzadigingsgraad waarbij denitrificatie van nitraat in de bodem kan optreden, het zogenaamde watergetal, een groot effect op de stikstofuitspoeling. Voor fosfor heeft tevens het ruimtelijk verdelen van de neerslag, het aanpassen van de drainageniveaus en het bijstellen van de fosforconcentraties in het kwelwater effect op de fosforuitspoeling naar het oppervlaktewater.

Een analyse van de bandbreedte, specifiek op basis van de uitkomsten van Fase 3 voor de waterkwaliteitsmodule van het oppervlaktewater, laat zien dat bij zowel stikstof als fosfor de keuze van parameters in het oppervlaktewatermodel van belang is. Een precieze bepaling van deze parameters is echter niet mogelijk. Voor zowel stikstof als fosfor geldt dat de metingen niet geheel binnen de bandbreedte vallen. Verbeteringen in de berekening van de nutriënten moeten dus in de eerste plaats in andere processen of parameters of in het landsysteem gezocht worden.

De eindsituatie van het Fase 3 modelsysteem wijkt verder af van de waarnemingen ten opzichte van het Fase 2 modelsysteem. Dit geldt voor zowel de stikstof- als voor de fosforconcentraties in het oppervlaktewatersysteem.

#### *Waterkwantiteit*

De totale waterafvoer is in Fase 3 toegenomen en ligt daarbij boven de waarnemingen. De toename van de waterafvoer is toe te schrijven aan:

- Hogere (regionale) neerslag.
- Hogere kwelintensiteit.
- Minder wegzijging.
- Toevoegen van neerslag aan en verdamping van het oppervlaktewater.
- Onderschatting van het afgevoerde water in de noodoverlaat te Loon.

Het laatste punt (noodoverlaat) is een onvolkomenheid in het modelsysteem wat in de vervolgfase verbeterd moet worden. Dit onderdeel is voor ca. 30% verantwoordelijk voor de overschatting in waterafvoer. De resterende 70% moet worden gezocht in de schematisatie van het landsysteem in relatie tot de regionale parameterisering van de kwel en wegzijging en drainageniveaus. Met de aanpassing van de schematisatie moet het mogelijk worden de kwel en wegzijging meer lokatiespecifiek te maken, door bijvoorbeeld rekening te houden met de aanwezigheid van keileemlagen in het gebied.

Bepalend in de modellering van de waterafvoeren in Fase 3 zijn de volgende stappen: neerslag, kwel en drainageweerstand in combinatie met peilen.

De berekende waterafvoer in Fase 3 is ten opzichte van de eindresultaten van Fase 2 verbeterd.

### 7.2.2 Temporele resolutie

#### *Waterkwaliteit*

De dynamiek in de uitspoeling van het landsysteem is door het verkleinen van de rekenstap voor de nutriëntenuitspoeling toegenomen, zowel in het uitstroompunt als in de deelgebieden, al worden met name voor fosfor een groot aantal pieken niet gemodelleerd. Het onderschatten van de fosforpieken kan duiden op het onderschatten van snelle afvoercomponenten, zoals versnelde afvoer van fosfaat via oppervlakkige afvoer over het maaiveld. Ook is het mogelijk dat de te lage fosforuitspoeling vanuit het landsysteem niet alleen de gemiddelde concentratie in het oppervlaktewater beïnvloedt maar ook de dynamiek tempert. Een hogere uitspoeling kan leiden tot een grotere dynamiek.

Weliswaar is de rekestijdstap van het landsysteem verkleind naar een dag, maar wordt de bemesting nog op een vaste dag toegediend. Daarbij zijn tijdstippen van mesttoediening in het modelsysteem niet afgestemd op meteorologische omstandigheden (zoals intensieve neerslag). Dit kan er toe leiden dat met name in het voorjaar uitspoelingspieken als gevolg van bemesting in combinatie met neerslag worden overschat. Daarnaast heeft de methodiek van de bemestingstijdstippen in het Fase 3 modelsysteem, conform het model STONE, waarbij de regionale verschillen in bemestingstijdstip landelijk zijn ‘uitgesmeerd’, tot gevolg dat de bemesting op meerdere momenten in kleinere hoeveelheden in het modelsysteem wordt toegediend. Dit kan weer leiden tot een onderschatting van de nutriëntenuitspoeling in met name het groeiseizoen.

#### *Waterkwantiteit*

Ook de dynamiek in waterafvoeren en dan met name de hoogte van afvoerpieken is toegenomen ten opzichte van Fase 2. Met name de overgang van decade- naar dagbasis berekeningen in het landsysteem heeft hieraan bijgedragen. Tegelijkertijd hebben verfijningstappen in het oppervlaktewater en dan met name het toevoegen van de diffuse detailontwatering een deel van deze toegenomen dynamiek weer teniet gedaan.

De hoge berekende uitschieters in waterafvoer in Fase 3, ten opzichte van de metingen, wordt veroorzaakt door de onderschatting van de noodoverlaat. Hierdoor wordt in het modelsysteem te veel water in het uitlaatpunt van de Drentse Aa berekend.

### 7.2.3 Ruimtelijke resolutie

#### *Waterkwaliteit*

De berekende stikstofconcentraties in het uitlaatpunt van de Drentse Aa zijn omhoog gegaan ten opzichte van Fase 2. Voor fosfor zijn de concentraties in het uitlaatpunt van de Drentse Aa juist omlaag gegaan ten opzichte van Fase 2. Dit algemene beeld komt overeen met de berekeningen voor de meer bovenstroomse meetpunten.

#### *Waterkwantiteit*

De berekende waterafvoer benedenstrooms in de Drentse Aa is toegenomen ten opzichte van Fase 2 en wordt daarmee in Fase 3 beter gemodelleerd. Ook voor het gedeelte van de Amerdiep (westelijk gedeelte van de Drentse Aa) zijn de berekende waterafvoeren toegenomen en komen ook hier beter overeen met de metingen. Voor het gedeelte van de Rolderdiep (oostelijk gedeelte van de Drentse Aa) zijn de berekende waterafvoeren eveneens toegenomen, maar hier leidt dat tot een grotere overschatting van de waterafvoer ten opzichte van Fase 2.

### 7.2.4 Gegevens

#### *Regionale invoergegevens*

Voor de bepaling van neerslag, peilen en kwelconcentraties zijn regionaal gemeten data gebruikt. Voor o.a. drainageweerstand, afvoerrelaties, onderrandvoorwaarden en fosfaatophoping waren deze data niet regionaal beschikbaar, veelal omdat deze niet of lastig te meten zijn. Data uit het project 'Hydrologie op basis van Karteerbare Kenmerken' was aanvullend daar waar deze regionale metingen of gegevens ontbraken.

Het gebruik van de plotbenadering van Fase 3 zorgt er voor dat gedetailleerd beschikbare informatie uitgemiddeld wordt toegekend. Dit beperkt de mogelijkheden voor ruimtelijke variatie in de toekenning en leidt tot verlies van regionale informatie.

Voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford heeft de gemeten fosfaatophoping geleid tot een bijstelling van de historische mestgiften in het modelsysteem (Siderius *et al.*, 2008). Hierdoor is de berekende fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater in dit gebied toegenomen en komt beter overeen met de metingen in het oppervlaktewater van Quarles van Ufford ten opzichte van de bijgestelde berekende fosfaatophoping op basis van metingen in LSK. In de Drentse Aa kan gemeten regionale fosfaatophoping eveneens leiden tot een bijstelling van de historische mestgiften en verbeteren van de berekende fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater.

#### *Toetsingsgegevens*

Om de verschillende onderdelen van het modelsysteem te kunnen toetsen en hierdoor voortplanting van onzekerheden te minimaliseren zijn aanvullende metingen nodig op het niveau van de verschillende modelonderdelen. Zo kan met regionaal gemeten nitraatconcentraties van het grondwater de nutriëntenmodule van het landsysteem getoetst worden.

## 8 Aanbevelingen

De conclusies welke in Fase 3 zijn getrokken geven richting aan de onderdelen welke aangepast dienen te worden in de volgende fase van het modelsysteem. Op basis van deze conclusies kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

### *Oppervlaktewatersysteem*

- Er is meer inzicht nodig in de parameterisering van de belangrijkste waterkwaliteitsprocessen in het oppervlaktewatersysteem onder regionale omstandigheden. Met name voor fosfor en in mindere mate voor stikstof is de onzekerheid in modelparameters en -constanten sterk bepalend voor de einduitkomsten. Deze kennis dient in het modelsysteem te worden geïmplementeerd zodat de huidige bandbreedte als gevolg van onzekerheden over parameters verkleind kan worden.
- Het toevoegen van diffuse detailontwatering heeft een groot effect op de voorspelde waterkwaliteit in het beekstelsel van de Drentse Aa, maar het wordt aanbevolen om de parameterisering nogmaals te bekijken, met name met het oog op de waterberging (inclusief de ruimtelijke spreiding hierin) en de afvoercharacteristieken. Een betere inschatting van de verblijftijden heeft een grote invloed op de retentie van stikstof en fosfor in deze delen van het watersysteem.
- De leggergegevens met bijbehorende kunstwerken van de Drentse Aa dient te worden verbeterd. Gegevens dienen te worden geactualiseerd en ontbrekende waarden moeten op de locatie worden bepaald.
- Het effect van bebouwd gebied dient verder geïnventariseerd te worden, zowel voor de niet gemodelleerde overstorten als voor het onverharde deel wat nu als natuur is gemodelleerd. Een analyse van metingen uit de huidige meetcampagne van een aantal meetpunten in de buurt van stedelijk gebied kan meer informatie opleveren in hoeverre overstorten (lokaal) van invloed zijn op de oppervlaktewaterkwaliteit, en dan vooral de piekconcentraties.
- De bijdrage van kwel richting sloten dient bepaald te worden zodat ingeschat kan worden of deze bron expliciet in het oppervlaktewatermodel meegenomen moet worden.

### *Landsysteem*

- Er is meer inzicht in de parameterisering van de processen in het landsysteem noodzakelijk. Om deze processen in het modelsysteem te verbeteren moet gebruik worden gemaakt van metingen in het grondwater (bijvoorbeeld nitraatconcentraties bovenste meter van het grondwater) om de relatie tussen het (bovenste) grondwaterwater en oppervlaktewater vast te kunnen stellen
- De nutriëntenconcentraties (met name fosfor) in het kwelwater is een bepalende maar tevens een onzekere parameters in de Drentse Aa. Er is meer meetinformatie nodig om de regionale kwelconcentraties te kunnen bepalen.

- Het ruimtelijk schaalniveau van het modelsysteem dient afgestemd te worden op de kritische systeemcomponenten en -parameters van het stroomgebied en de ruimtelijke variatie hiervan. In de Drentse Aa zou een betere lokale toekenning van de kwel en wegzijging tot verbetering leiden. Uit de verfijningsstap van 6 neerslagstations blijkt dat de fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater (sterk) toeneemt. Een verdere verfijning van de regionale neerslag, bijvoorbeeld door middel van radargegevens, zal de nutriëntenuitspoeling verder kunnen verbeteren.
- Informatie over de bemesting op lokaal niveau (perceel/bedrijf) dient te worden toegepast op stroomgebiedsniveau, met name met betrekking tot toedieningsmomenten.
- Het areaal gedraineerde gronden voor maïs- en akkerbouwgronden in de Drentse Aa moet nauwkeuriger worden bekeken. Op basis van gegevens op een groter schaalniveau (drainagekaart MIPWA) is voor het stroomgebied van de Drentse Aa voor maïs- en akkerbouwgronden een gedraineerd areaal van respectievelijk 87% en 91% bepaald. Het vermoeden is dat in werkelijkheid de gedraineerde arealen kleiner zijn in de Drentse Aa.
- Een gevoeligheidsanalyse, specifiek voor de Drentse Aa, zou uitgevoerd moeten worden om de kritische modelparameters beter in beeld te krijgen. De regionalisering van databronnen heeft slechts beperkte verbeteringen opgeleverd en met name de stikstofuitspoeling lijkt te hoog. In deze gevoeligheidsanalyse moet eerst afzonderlijk naar bodem en oppervlaktewater worden gekeken en vervolgens naar het integrale systeem.

#### *Toetsingsgegevens*

- Om de verschillende onderdelen van het modelsysteem te kunnen toetsen en hierdoor voortplanting van onzekerheden te minimaliseren wordt het aanbevolen om aanvullende metingen op het niveau van de verschillende modelonderdelen te verzamelen.

## Literatuur

- Breeuwsma, A., J.G.A. Reijerink, O.F. Schoumans, D.J. Brus en H. van het Loo, 1989. *Fosfaatbelasting van bodem, grond- en oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitembeek*. Rapport 10. Staring Centrum, Wageningen.
- Finke, P.A., J.J. de Gruijter en R. Visschers, 2001. *Status 2001 Landelijke Steekproef Kaartenbeden en toepassingen. Gestructureerde bemonstering en karakterisering Nederlandse bodems*. Alterra-rapport 389. Alterra, Wageningen.
- Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop, H.R.J. Vroon en I.G. Staritsky., 2006. *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*. Alterra-rapport 1339. Alterra, Wageningen.
- Ham, van den A., C.H.G. Daatselaar, G.J. Doornewaard en D.W. de Hoop, 2007. *Bodemoverschotten op landbouwbedrijven. Deelrapportage in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2007 (EMW 2007)*. Rapport 3.07.05, LEI, Den Haag.
- Klein, J. de, 2008. *From ditch to delta; nutrient retention in running waters*. Dissertation, Wageningen.
- Linden W. van der, A.H.M. Kremers en H.J.T. Weerts, 2002. *Landsdekkende karakterisering topsysteem*. Eindrapport. NITG 02-112-B. Delft.
- Mulder H.M., L. van Gerven, C. Siderius A.M.M.F.R. Smit, 2008. *Bandbreedteanalyse voor de oppervlaktewaterkwaliteitsmodule Nuswalite in vier Stroomgebieden*. Reeks Monitoring Stroomgebieden, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen. (In voorbereiding).
- Roelsma, J., H. Wanningen en F.J.E. van der Bolt, 2004a. *Systeemverkenning de Drentse Aa*. Alterra-rapport 967. Reeks Monitoring Stroomgebieden 2-I, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Roelsma, J. en F.J.E. van der Bolt, 2004. *Gedetailleerd werkplan stroomgebied de Drentse Aa voor het project 'Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders'*. Reeks Monitoring Stroomgebieden 3-I, Alterra, Wageningen.
- Roelsma, J., H. Wanningen en G. Soppe, 2004b. *Meetplan 2005 Drentse Aa. Project 'Monitoring Stroomgebieden'*. Reeks Monitoring Stroomgebieden 4-I, Alterra, Wageningen.
- Roelsma, J., I. de Vries en K. van der Molen, 2005. *Meetplan 2006 Drentse Aa. Project 'Monitoring Stroomgebieden'*. Reeks Monitoring Stroomgebieden 7-I, Alterra, Wageningen.

Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud, 2006a. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa Fase 1*. Alterra-rapport 1271. Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-I, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.

Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders, L.V. Renaud, I. de Vries en K. van der Molen, 2006b. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa Fase 2*. Alterra-rapport 1386. Reeks Monitoring Stroomgebieden 8-I, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.

Roelsma, J., I. de Vries en K. van der Molen, 2006c. *Meetplan 2007 Drentse Aa. Project 'Monitoring Stroomgebieden'*. Reeks Monitoring Stroomgebieden 10-I, Alterra, Wageningen.

Roelsma, J., I. de Vries, K. van der Molen en R.J. Wolleswinkel, 2007. *Meetplan 2008 Drentse Aa. Project 'Monitoring Stroomgebieden'*. Reeks Monitoring Stroomgebieden 12-I, Alterra, Wageningen.

Salm, C. van der; Dolging, J.; Groenigen, J.W. van; Heinen, M.; Koopmans, G.F.; Oenema, J.; Pleijter, M.; Toorn, A. van den, 2006. *Diffuse belasting van oppervlaktewater met nutriënten uit de veehouderij : monitoring van nutriëntenverliezen uit grasland op zware klei in Waardenburg*. Alterra-rapport 1266. Alterra, Wageningen

Scholten A., F. Brouwer, M. Knotters en H.R.J. Vroon, 1990. *De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Land van Maas en Waal*. Wageningen, Staring Centrum, Rapport 35.

Schoumans, O.F., R. van den Berg, A.H.W. Beusen, G.J. van den Born, L. Renaud, J. Roelsma en P. Groenendijk, 2004. *Quick Scan van de milieukundige effecten van een aantal voorstellen voor gebruiksnormen. Rapportage in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2004*. Alterra-rapport 730.6. Alterra, Wageningen.

Siderius, C., R.J. Löschner-Wolleswinkel, F.J.E. van der Bolt, J. Roelsma, O.F. Schoumans, T.P. van Tol-Leenders en H. de Ruiter, 2008. *Systeemanalyse voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford Fase 3*. Alterra-rapport 1767. Reeks Monitoring Stroomgebieden X-X, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen.

Snepvangers J. en W. Berendrecht, 2007. *MIPWA, Methodieontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer.(bijlage G)*. Utrecht, TNO-rapport 2007-U-R0972/A.

## **Bijlage 1 Harmonisatie Fase 2**

### **1.1 Inleiding**

Fase 2 van het project ‘Monitoring Stroomgebieden’ is voor alle vier pilotgebieden afgerond en gerapporteerd. Hoewel Fase 2 voor de vier gebieden synchroon en volgens dezelfde systematiek is uitgevoerd, zijn er op een aantal onderdelen toch verschillen in de uitvoering opgetreden. Deze verschillen zijn vooral gerelateerd aan kenmerken en processen die zeer gebiedsspecifiek zijn.

Deze verschillen werken door in Fase 3. Het optreden van deze verschillen zal echter een eenduidige evaluatie en toetsing van Fase 3 (en de andere fases) bemoeilijken. Het is daarom noodzakelijk om Fase 3 voor alle vier gebieden uniform uit te voeren. Om dit te kunnen realiseren is, voorafgaand aan Fase 3, een ‘Harmonisatie Fase 2’ uitgevoerd. In deze Harmonisatie Fase 2 zijn de berekeningen van Fase 2 voor alle vier gebieden opnieuw uitgevoerd, volgens exact dezelfde systematiek ten aanzien van gebiedsschematisatie, modellen en modelparameters.

De resultaten van de Harmonisatie Fase 2 vormen het startpunt van Fase 3.

In deze bijlage wordt de Harmonisatie Fase 2 voor het stroomgebied van de Drentse Aa beschreven. Hierbij wordt een overzicht gegeven van de aanpassingen van de modellen ten opzichte van Fase 2 (Bijlage 1.2) en de verschillen in resultaten (Bijlage 1.3). De belangrijkste conclusies volgen in Bijlage 1.4.

### **1.2 Modelaanpassingen**

#### **1.2.1 Overzicht**

De in het kader van Harmonisatie Fase 2 aangebrachte aanpassingen betreffen voor het stroomgebied van de Drentse Aa:

Landsysteem:

- Schematisatie bodem
- Toekenning STONE-plots aan rekeneenheden
- Bemesting

Oppervlaktewatersysteem:

- Modelversies en parameters

De aanpassingen in het land- en watersysteem worden beschreven in respectievelijk bijlage 2.2.2 en 2.2.3.



## 1.2.2 Landsysteem

### *Bodem*

Voor de conversie van de 1:50 000 bodemkaart naar PAWN bodemeenheden is voor de Harmonisatie Fase 2 de ‘verfijnde bodemcode’ gebruikt. In Fase 2 was de ‘Hoofd bodemcode’ gebruikt. Voor het stroomgebied van de Drentse Aa resulteert dit in 175 unieke eenheden in plaats van 149 unieke eenheden in Fase 2. PAWN-bodemeenheid 11 (sterk lemige podzolgronden) is nu nieuw in de Drentse Aa. Verder verandert de oppervlakte van een aantal bestaande unieke combinaties in de nieuwe indeling (tabel 1).

### *Rekeneenheden*

De aanpassingen in bodem resulteert in een gewijzigde unieke combinatie (van landgebruik, bodem en GT) en dus een gewijzigde (STONE) plottoekenning. Het aantal rekeneenheden neemt hierbij toe van 149 naar 175.

Op basis van de unieke combinaties van landgebruik, bodem en GT is in Fase 2 (handmatig) een passende STONE-plot toegekend. Bij een nadere controle bleek dat deze plottoekenning niet helemaal consistent is uitgevoerd, waarbij aan een plot met landgebruik akkerbouw, een PAWN-bodemeenheid 13 (zand) en een Gt van V\* (STONE-plot 3948) was toegekend aan een plot met landgebruik akkerbouw, een PAWN-bodemeenheid 15 (klei) en een Gt van V (STONE-plot 3946). Dit is in de Harmonisatie Fase 2 gecorrigeerd. Tabel 1 geeft een volledig overzicht van de verschillen in kenmerken van de rekeneenheden en plottoekenning (de verschillen met Fase 2 zijn vetgedrukt).

Tabel 1 Overzicht kenmerken van de rekeneenheden Fase 2 en Harmonisatie Fase 2

UC	Landgebruik	Harmonisatie Fase 2		Fase 2	
		STONE-plot	Oppervlakte (ha)	STONE-plot	Oppervlakte (ha)
20120	maïs	<b>3952</b>	0.3125	1242	0.3125
20220	maïs	<b>1242</b>	2.3125	1149	2.3125
20230	maïs	<b>1681</b>	31.875	1704	31.875
20235	maïs	<b>1704</b>	14.8125	5572	14.8125
20250	maïs	<b>2012</b>	10.3125	2223	10.3125
20255	maïs	<b>2012</b>	6.0625	2871	6.0625
20260	maïs	<b>2666</b>	0.6875	2487	0.6875
20530	maïs	<b>1886</b>	0.1875	790	0.1875
20550	maïs	<b>1274</b>	4.0625	2380	4.0625
20555	maïs	<b>1274</b>	12.4375	2435	12.4375
<b>20850</b>	<b>maïs</b>	<b>3473</b>	<b>0.125</b>		-
20870	maïs	1725	<b>17.125</b>	1725	17.625
20875	maïs	1055	<b>18</b>	1055	15.4375
20950	maïs	3473	<b>12.4375</b>	3473	84.4375
20955	maïs	<b>1424</b>	<b>31.8125</b>	5306	225.3125
20960	maïs	904	<b>303.375</b>	904	402.625
20970	maïs	1037	<b>81.0625</b>	1037	129.4375
20975	maïs	<b>1026</b>	<b>24.9375</b>	1312	27.5
<b>21130</b>	<b>maïs</b>	<b>1632</b>	<b>1.4375</b>		-
<b>21150</b>	<b>maïs</b>	<b>982</b>	<b>117.75</b>		-
<b>21155</b>	<b>maïs</b>	<b>982</b>	<b>193.6875</b>		-
<b>21160</b>	<b>maïs</b>	<b>1114</b>	<b>125.3125</b>		-
<b>21170</b>	<b>maïs</b>	<b>947</b>	<b>56.125</b>		-
21260	maïs	3271	8.3125	3271	8.3125
21270	maïs	1461	14.25	1461	14.25
21275	maïs	1912	9.75	1912	9.75
21330	maïs	1525	<b>0.0625</b>	1525	1.5
21335	maïs	<b>1830</b>	6.125	5673	6.125
21350	maïs	2835	<b>14.3125</b>	2835	60.0625
21355	maïs	<b>2835</b>	<b>12.875</b>	2607	13.0625
21360	maïs	1629	<b>15.5625</b>	1629	41.75
21370	maïs	1903	<b>53.25</b>	1903	60.5
21375	maïs	<b>975</b>	3.75	1053	3.75
21475	maïs	<b>3527</b>	0.1875	4565	0.1875
21550	maïs	<b>4813</b>	2.875	203	2.875

Vervolg van tabel 1 Overzicht kenmerken van de rekeneenbeden Fase 2 en Harmonisatie Fase 2

UC	Landgebruik	Harmonisatie Fase 2		Fase 2	
		STONE-plot	Oppervlakte (ha)	STONE-plot	Oppervlakte (ha)
30120	akkerbouw	1223	2.5	1223	2.5
30130	akkerbouw	463	2.25	463	2.25
30135	akkerbouw	1707	2	1707	2
30220	akkerbouw	<b>1206</b>	4.125	1040	4.125
30230	akkerbouw	1320	76	1320	76
30235	akkerbouw	1877	89.25	1877	89.25
30240	akkerbouw	<b>1116</b>	6.5625	789	6.5625
30250	akkerbouw	493	30.9375	493	30.9375
30255	akkerbouw	685	1.8125	685	1.8125
30260	akkerbouw	<b>990</b>	3.6875	740	3.6875
30530	akkerbouw	<b>1017</b>	1.875	1239	1.875
30535	akkerbouw	<b>1017</b>	1.6875	2506	1.6875
30550	akkerbouw	<b>1960</b>	18.9375	1246	18.9375
30555	akkerbouw	1359	24.375	1359	24.375
30760	akkerbouw	2000	4.625	2000	4.625
<b>30850</b>	<b>akkerbouw</b>	<b>455</b>	<b>0.375</b>		
30870	akkerbouw	1486	<b>141.25</b>	1486	117.25
30875	akkerbouw	<b>1247</b>	<b>104.5625</b>	1072	94.625
30930	akkerbouw	<b>5644</b>	1.5625	1085	1.5625
30950	akkerbouw	455	<b>28.0625</b>	455	302
30955	akkerbouw	1029	<b>93</b>	1029	712.625
30960	akkerbouw	<b>999</b>	<b>1216.438</b>	866	1946.875
30970	akkerbouw	992	<b>539.875</b>	992	709.6875
30975	akkerbouw	<b>1082</b>	<b>184.75</b>	1099	194.6875
<b>31130</b>	<b>akkerbouw</b>	<b>1066</b>	<b>11.25</b>		
<b>31135</b>	<b>akkerbouw</b>	<b>1678</b>	<b>5.6875</b>		
<b>31150</b>	<b>akkerbouw</b>	<b>2033</b>	<b>449.875</b>		
<b>31155</b>	<b>akkerbouw</b>	<b>1367</b>	<b>644</b>		
<b>31160</b>	<b>akkerbouw</b>	<b>1042</b>	<b>846.4375</b>		
<b>31170</b>	<b>akkerbouw</b>	<b>1309</b>	<b>200.625</b>		
31260	akkerbouw	1455	89.875	1455	89.875
31270	akkerbouw	<b>3905</b>	27.1875	1606	27.1875
31275	akkerbouw	1077	36.75	1077	36.75
31330	akkerbouw	2750	<b>18.8125</b>	2750	30.0625
31335	akkerbouw	<b>2366</b>	<b>16.5625</b>	2655	22.25
31350	akkerbouw	6326	<b>24.1875</b>	6326	200.125
31355	akkerbouw	<b>3948</b>	<b>63.875</b>	3946	88.25
31360	akkerbouw	1806	<b>67.625</b>	1806	184
31370	akkerbouw	1013	<b>261.5</b>	1013	316.3125
31375	akkerbouw	3890	59.5	3890	59.5
31475	akkerbouw	3831	5.625	3831	5.625
31550	akkerbouw	113	8.4375	113	8.4375
31560	akkerbouw	94	1.0625	94	1.0625

Vervolg van tabel 1 Overzicht kenmerken van de rekeneenheden Fase 2 en Harmonisatie Fase 2

UC	Landgebruik	Harmonisatie Fase 2		Fase 2	
		STONE-plot	Oppervlakte (ha)	STONE-plot	Oppervlakte (ha)
40110	natuur	581	62.875	581	62.875
40120	natuur	950	311.8125	950	311.8125
40130	natuur	<b>2010</b>	32.125	2076	32.125
40135	natuur	<b>2452</b>	0.625	4129	0.625
40220	natuur	<b>1284</b>	279.125	803	279.125
40230	natuur	879	880.875	879	880.875
40235	natuur	<b>425</b>	130.0625	2143	130.0625
40240	natuur	<b>886</b>	0.5625	741	0.5625
40250	natuur	<b>1512</b>	109.25	1815	109.25
40255	natuur	<b>1512</b>	34.25	2210	34.25
40260	natuur	642	59.25	642	59.25
40520	natuur	631	36.5625	631	36.5625
40530	natuur	817	4.125	817	4.125
40535	natuur	<b>485</b>	0.625	725	0.625
40550	natuur	<b>969</b>	59.9375	890	59.9375
40555	natuur	<b>969</b>	161.3125	2447	161.3125
40560	natuur	1038	51.4375	1038	51.4375
40730	natuur	<b>90</b>	0.1875	81	0.1875
40750	natuur	<b>1959</b>	20.125	44	20.125
40760	natuur	45	180.875	45	180.875
40770	natuur	1642	27.875	1642	27.875
40775	natuur	1050	13.3125	1050	13.3125
<b>40850</b>	<b>natuur</b>	<b>2598</b>	<b>31.9375</b>		
40870	natuur	<b>1544</b>	326.4375	1504	306.6875
40875	natuur	<b>1270</b>	796.3125	1106	745.625
40930	natuur	1516	16.375	1516	16.375
40950	natuur	<b>1292</b>	184.125	6272	268.0625
40955	natuur	<b>1292</b>	143.8125	3957	1194.625
40960	natuur	1003	1705.75	1003	2599.75
40970	natuur	1313	902.375	1313	1259.813
40975	natuur	1083	165.875	1083	216.5625
<b>41130</b>	<b>natuur</b>	<b>1035</b>	<b>13.375</b>		
<b>41150</b>	<b>natuur</b>	<b>993</b>	<b>225.4375</b>		
<b>41155</b>	<b>natuur</b>	<b>1278</b>	<b>1108.813</b>		
<b>41160</b>	<b>natuur</b>	<b>1299</b>	<b>868.375</b>		
<b>41170</b>	<b>natuur</b>	<b>1036</b>	<b>363.5</b>		
41260	natuur	1825	3.1875	1825	3.1875
41270	natuur	<b>1793</b>	15	2101	15
41275	natuur	503	2.8125	503	2.8125
41330	natuur	1794	<b>136.4375</b>	1794	149.8125
41335	natuur	<b>1349</b>	1.875	6287	1.875
41350	natuur	<b>1060</b>	<b>66.3125</b>	2726	207.8125
41355	natuur	1060	<b>63.0625</b>	1060	121.0625
41360	natuur	3879	<b>23.375</b>	3879	29.6875
41370	natuur	1252	<b>71.5</b>	1252	97.3125
41375	natuur	848	49	848	49
41470	natuur	3161	55.4375	3161	55.4375
41475	natuur	<b>2985</b>	12.4375	2383	12.4375
41550	natuur	<b>93</b>	33.25	16	33.25

Vervolg van tabel 1 Overzicht kenmerken van de rekeneenheden Fase 2 en Harmonisatie Fase 2

UC	Landgebruik	Harmonisatie Fase 2		Fase 2	
		STONE-plot	Oppervlakte (ha)	STONE-plot	Oppervlakte (ha)
60110	grasland	2235	0.9375	2235	0.9375
60120	grasland	<b>667</b>	54.25	751	54.25
60130	grasland	<b>248</b>	4.8125	737	4.8125
60135	grasland	3803	52.125	3803	52.125
60220	grasland	1086	34.5625	1086	34.5625
60230	grasland	<b>569</b>	872.125	723	872.125
60235	grasland	<b>1091</b>	279.875	1676	279.875
60240	grasland	800	17.6875	800	17.6875
60250	grasland	471	85.625	471	85.625
60255	grasland	750	7.25	750	7.25
60260	grasland	738	6.25	738	6.25
60520	grasland	770	2.625	770	2.625
60530	grasland	<b>1306</b>	31	1757	31
60535	grasland	<b>1757</b>	16.4375	2025	16.4375
60550	grasland	1640	82.1875	1640	82.1875
60555	grasland	<b>1640</b>	49.1875	1336	49.1875
60560	grasland	<b>807</b>	17.0625	1922	17.0625
60750	grasland	3302	0.0625	3302	0.0625
60760	grasland	2931	12.3125	2931	12.3125
60770	grasland	401	5.4375	401	5.4375
60850	grasland	404	8.5		
60870	grasland	1462	<b>86.625</b>	1462	83.875
60875	grasland	1258	72.25	1258	72.25
60930	grasland	<b>359</b>	9	442	9
60950	grasland	404	<b>80.1875</b>	404	349.4375
60955	grasland	<b>1094</b>	<b>124.75</b>	3837	851.9375
60960	grasland	1046	<b>1915.188</b>	1046	2538.688
60970	grasland	819	<b>294.1875</b>	819	405.1875
60975	grasland	<b>1059</b>	85.25	1005	85.25
<b>61130</b>	<b>grasland</b>	<b>791</b>	<b>47.3125</b>		
<b>61135</b>	<b>grasland</b>	<b>946</b>	<b>1.5</b>		
<b>61150</b>	<b>grasland</b>	<b>1625</b>	<b>619.875</b>		
<b>61155</b>	<b>grasland</b>	<b>933</b>	<b>801.25</b>		
<b>61160</b>	<b>grasland</b>	<b>1019</b>	<b>732.3125</b>		
<b>61170</b>	<b>grasland</b>	<b>597</b>	<b>125.25</b>		
61260	grasland	<b>2225</b>	9.625	1075	9.625
61270	grasland	<b>1586</b>	34.0625	1873	34.0625
61275	grasland	1065	24.625	1065	24.625
61330	grasland	1439	<b>138.0625</b>	1439	185.375
61335	grasland	<b>1807</b>	<b>29.4375</b>	2135	30.9375
61350	grasland	1140	<b>77.75</b>	1140	428.375
61355	grasland	1874	<b>153.4375</b>	1874	227.5
61360	grasland	1911	<b>101.3125</b>	1911	218.625
61370	grasland	<b>2256</b>	<b>158.8125</b>	1910	175.8125
61375	grasland	1866	30.5	1866	30.5
61475	grasland	3267	3.4375	3267	3.4375
61550	grasland	<b>368</b>	67.25	31	67.25
61560	grasland	249	4.0625	249	4.0625

### *Bemesting*

Voor de modelberekeningen worden alleen de bemestinggegevens van STONE plots in LEI regio 6 gebruikt. De bemesting wordt toegekend op basis van landgebruik in combinatie met bodem en/of GT. In Fase 2 zijn de volgende bemestingscombinaties onderscheiden:

- Maïs-veen
- Maïs-zand
- Maïs-klei
- Akkerbouw-veen
- Akkerbouw-zand
- Akkerbouw-klei
- Grasland-veen
- Grasland-zand
- Grasland-klei

In het model STONE is naast de PAWN-bodem eenheid tevens gewerkt met de bodemtypes gehanteerd door de bemestingsmodule (CLEAN) van het RIVM. De indeling van deze bodemtypen wijken soms af van de PAWN-bodem eenheid. Dit geldt met name voor veenkoloniale gebieden (is veen volgens PAWN-bodem eenheid, maar is zand conform CLEAN) en in de kleigebieden (indeling rivier- of zeeklei). Om deze reden zijn voor sommige combinaties van landgebruik en bodem andere STONE-plots voor de bemesting geselecteerd. Daarnaast was in Fase 2 voor de combinatie maïs-veen een plot geselecteerd welke overeen kwam met maïs-zand. In Harmonisatie Fase 2 is hiervoor gecorrigeerd. Omdat in STONE voor LEI-district 6 de combinaties gras-klei, maïs-klei en akkerbouw-klei niet voorkomen is voor deze combinatie gebruik gemaakt van respectievelijk gras-veen, maïs-veen en akkerbouw-zand. Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte bemestinggegevens in Fase 2 en de Harmonisatie Fase 2 (de verschillen zijn vetgedrukt).

*Tabel 2 Overzicht bemesting Fase 2 en Harmonisatie Fase 2 voor de Drentse Aa*

Landgebruik	Bodem	Oppervlakte (ha)	Fase 2	Harmonisatie Fase 2
			Plot	Plot
gras	veen	1614	1254	1254
gras	zand	5782	820	820
gras	klei	71	1254	1254
maïs	veen	83	586	<b>1886</b>
maïs	zand	1121	586	586
maïs	klei	3	586	<b>1886</b>
akkerbouw	veen	266	802	<b>1095</b>
akkerbouw	zand	5144	1000	<b>1099</b>
akkerbouw	klei	10	802	<b>1099</b>

### 1.2.3 Oppervlaktewatersysteem

Fase 2 is voor alle vier gebieden doorgerekend met dezelfde modelversies voor het landsysteem. Voor het oppervlaktewatersysteem zijn echter gedurende de uitvoering van het project verbeterde modelversies uitgekomen van het oppervlaktewater kwantiteitmodel en het oppervlaktewater kwaliteitmodel. Met deze verbeterde modelversies is Harmonisatie Fase 2 opnieuw doorgerekend.

De belangrijkste verbeteringen betreffen de groei van biomassa, het opsplitsen van de biomassa in drijvende en wortelende biomassa en het buiten beschouwing laten van rietgroei (en de bijbehorende parameterwaarden) en de parameterwaarden welke betrekking hebben op droogval van sloten en beken.

## 1.3 Resultaten Harmonisatie Fase 2

### 1.3.1 Landsysteem

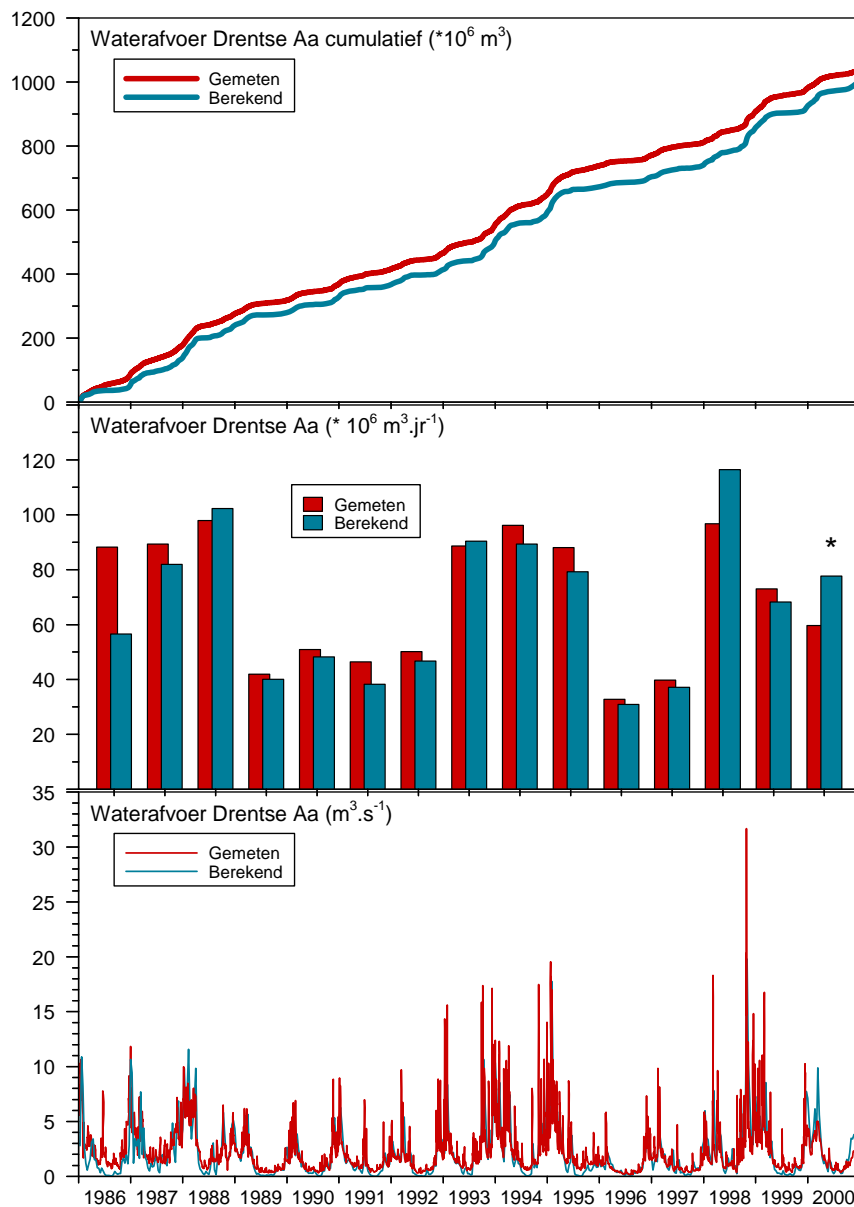
#### 1.3.1.1 Waterkwantiteit

De veranderingen doorgevoerd in Harmonisatie Fase 2 hebben voor de meeste termen van de waterbalans geen grote gevolgen (tabel 3). Ten opzichte van Fase 2 komt 2 mm minder water het gebied binnen. Dit is met name het gevolg van een geringe afname van de kwel. Daarnaast is de verdamping en wegzijging iets toegenomen. Het gevolg hiervan is dat de afvoer naar oppervlaktewater daalt met 7 mm. Dit komt overeen met een daling van de waterafvoer van ruim 2%.

Tabel 3 Berekende waterbalans van het landsysteem voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2, periode 1986-2000

IN	mm		UIT	mm	
	Fase 2	Harm.Fase 2		Fase 2	Harm.Fase 2
Neerslag	831	832	Verdamping	542	544
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	5	4	Afvoer naar oppervlaktewater	296	289
Kwel	91	89	Wegzijging	89	92
TOTAAL	927	925	TOTAAL	927	926
Bergingsverandering				0	-1

De gesimuleerde waterafvoer naar het oppervlaktewater neemt af, en wijkt hierdoor af van de gemeten afvoer (figuur 1).



Figuur 1 Gemeten en berekende waterafvoer voor het stroomgebied van de Drentse Aa cumulatief (boven), per jaar (midden) en per dag (onder); de gemeten waterafvoer van de Drentse Aa is de som van de gemeten waterafvoer in het meetpunt Schipborg en de gemeten waterafvoer in de noodoverlaat te Loon (\* in het jaar 2000 zijn geen meetwaarden van waterafvoer in de noodoverlaat beschikbaar). De waterafvoer is berekend voor het modelgebied, welke groter is dan het vanggebied van meetpunt Schipborg (zie Roelsma et al., 2006)

### 1.3.1.2 Waterkwaliteit

De veranderingen doorgevoerd in Harmonisatie Fase 2 hebben voor de meeste termen van de waterbalans geen grote gevolgen (tabel 4 en 5). Ten opzichte van Fase 2 is de bemesting toegenomen. Voor stikstof is die toename minder dan 2%; echter voor fosfor is de toename van de bemesting in Harmonisatie Fase 2 ruim 4%. De



stikstofbalans laat verder een stijging van de denitrificatie in Harmonisatie Fase 2 zien. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het voorkomen van PAWN-bodemeenheid 11. Deze PAWN-bodemeenheid bestaat uit sterk lemige podzolen met een hogere denitrificatiecapaciteit dan andere podzolen. De hogere denitrificatie in Harmonisatie Fase 2 heeft tot gevolg dat de bergingsverandering nog sterker negatief is (netto afbraak van organisch materiaal in de bodem) en een verlaging van de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater (afname belasting ca. 8%). Voor fosfor resulteert de hogere bemesting niet in een hogere fosforbelasting van het oppervlaktewater, maar neem de berging in de bodem toe (tabel 5).

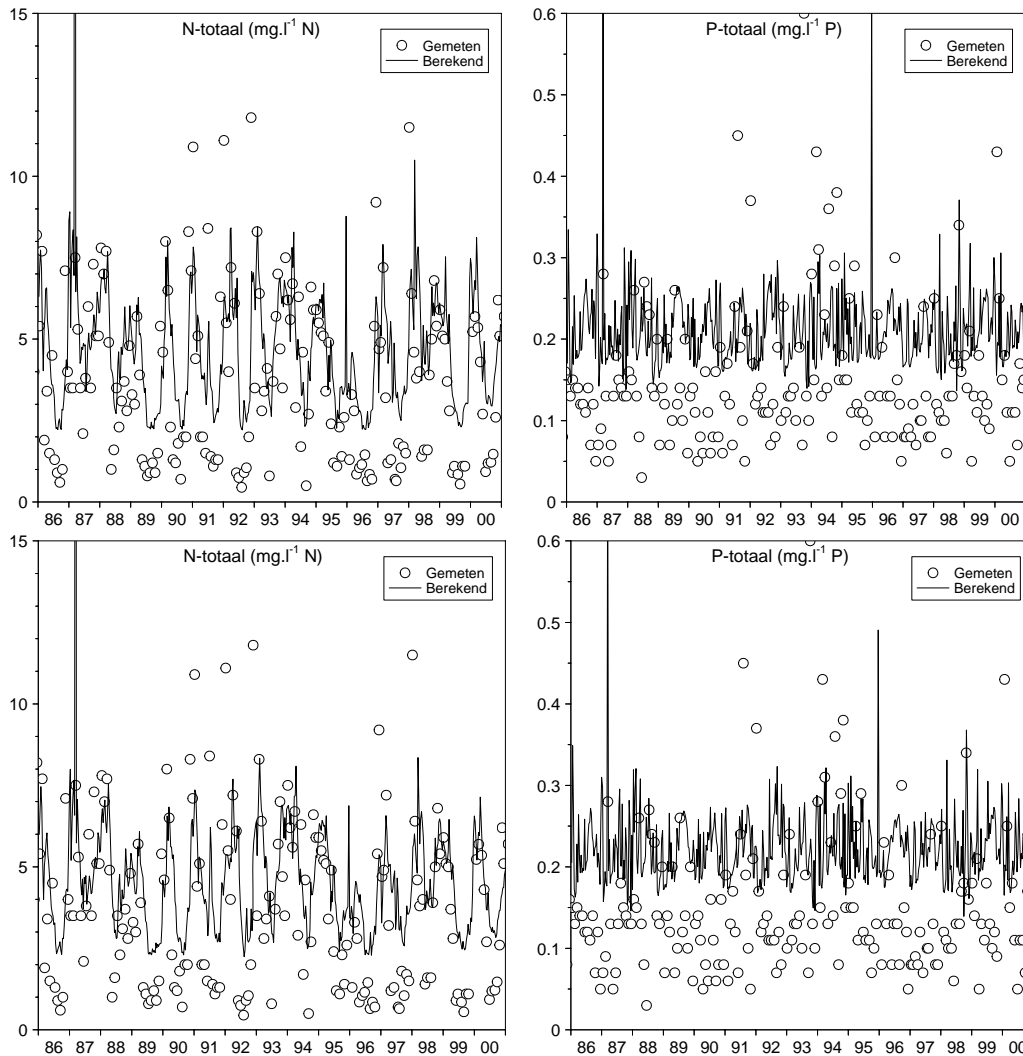
Tabel 4 Berekende stikstofbalans van het landsysteem voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2, periode 1986-2000

IN	kg ha <sup>-1</sup>		UIT	kg ha <sup>-1</sup>	
	Fase 2	HF2		Fase 2	HF2
Atmosferische depositie	27.1	27.1	Ammoniakvervluchtiging	0.0	0.0
Bemesting	230.5	234.1	Denitrificatie	138.5	149.2
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	0.1	0.0	Netto gewasonttrekking	143.4	143.3
Kwel	2.0	2.0	Belasting opp.water	18.9	17.4
			Wegzijging	5.2	8.2
TOTAAL	259.7	263.2	TOTAAL	306.0	318.1
Bergingsverandering				-46.3	-54.9

Tabel 5 Berekende fosforbalans van het landsysteem voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2, periode 1986-2000

IN	kg ha <sup>-1</sup>		UIT	kg ha <sup>-1</sup>	
	Fase 2	HF2		Fase 2	HF2
Bemesting	29.8	31.1	Netto gewasonttrekking	19.1	19.2
Infiltratie vanuit oppervlaktewater	0.0	0.0	Belasting opp.water	0.8	0.8
Kwel	0.3	0.3	Wegzijging	0.0	0.1
TOTAAL	30.1	31.4	TOTAAL	19.9	20.1
Bergingsverandering				10.2	11.3

In figuur 2 is de berekende belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor vergeleken met de gemeten nutriëntenconcentraties in meetpunt 2101 (geheel benedenstrooms in de Drentse Aa) voor zowel Fase 2 als Harmonisatie Fase 2. Hieruit blijkt dat voor zowel fosfor als voor stikstof geen grote verschillen tussen Fase 2 en Harmonisatie Fase 2 worden gemodelleerd.



Figuur 2 Gemeten en berekende stikstof- en fosforconcentraties voor meetpunt 2101 voor Fase 2 (boven) en Harmonisatie Fase 2 (onder) voor het landsysteem

### 1.3.2 Oppervlaktewatersysteem

#### 1.3.2.1 Waterkwantiteit

Het gebruik van een nieuwe versie van het oppervlaktewater kwantiteitsmodel heeft geen significant effect op de gesimuleerde waterbalansen.

#### 1.3.2.2 Waterkwaliteit

Het gebruik van een nieuwe versie van het oppervlaktewater kwaliteitsmodel en aangepaste parameterwaarden leidt voor stikstof tot een lagere denitrificatie (tabel 6). Doordat de belasting vanuit het landsysteem lager is dan in Fase 2 compenseert de lagere denitrificatie voor een gedeelte de lagere aanvoer, waardoor de afvoer van stikstof iets lager is in vergelijking tot Fase 2.

Tabel 6 Berekende stikstofbalans van het oppervlaktewatersysteem voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2, periode 1986-2000

IN	10 <sup>3</sup> kg		UIT	10 <sup>3</sup> kg	
	Fase 2	HF2		Fase 2	HF2
Uitspoeling landsysteem	434.6	415.8	Afvoer in opgeloste fractie	363.4	352.6
			Afvoer in biomassa	20.6	18.5
			Denitrificatie	50.2	44.2
TOTAAL	434.6	415.8	TOTAAL	434.2	415.3
Berging				0.4	0.5

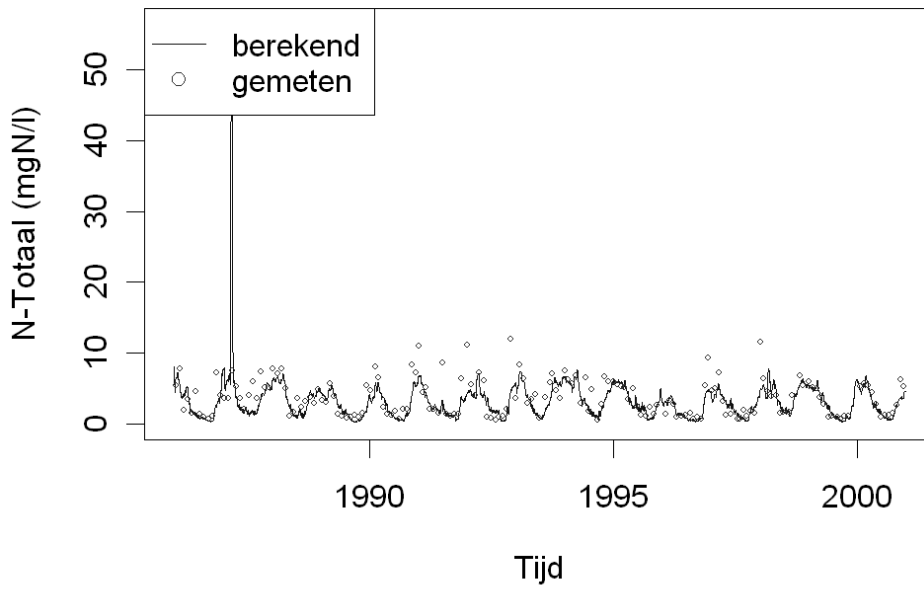
Voor fosfor neemt de afvoer in opgeloste fractie iets toe ten opzichte van Fase 2. Verder neemt de sedimentatie van fosfor toe als gevolg van de aanpassing van de parameterwaarden voor de oppervlaktewatermodel.

Tabel 7 Berekende fosforbalans van het oppervlaktewatersysteem voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2, periode 1986-2000

IN	10 <sup>3</sup> kg		UIT	10 <sup>3</sup> kg	
	Fase 2	HF2		Fase 2	HF2
Uitspoeling landsysteem	18.4	19.3	Afvoer in opgeloste fractie	13.9	14.4
			Afvoer in biomassa	1.0	0.9
			Sedimentatie	3.5	4.0
TOTAAL	18.4	19.3	TOTAAL	18.4	19.3
Berging				0.0	0.0

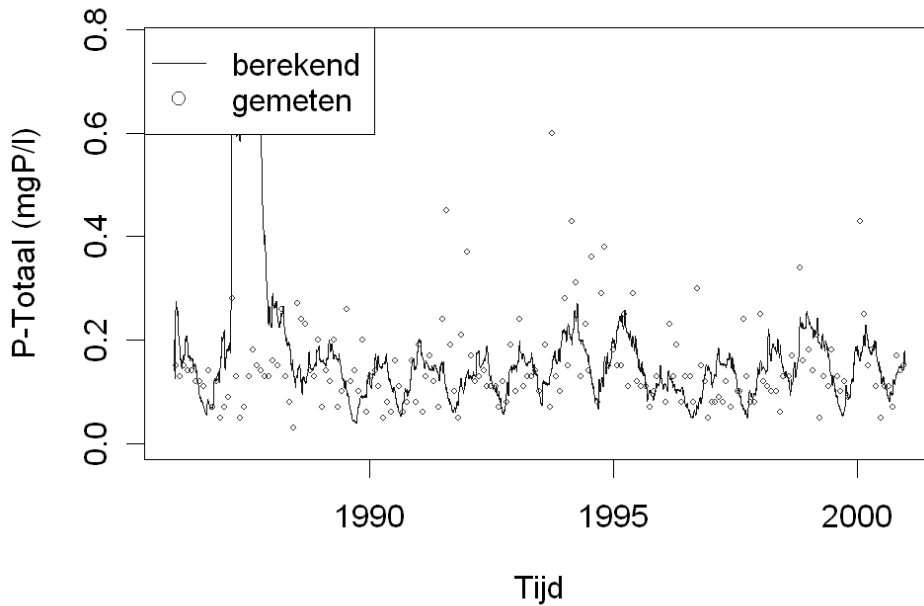
De gemeten en berekende concentraties nutriënten op het uitstroompunt (2101) zijn weergegeven in figuur 3 en 4 en tabel 8. In tabel 9 zijn de berekende stikstof- en fosforrenties in het oppervlaktewatersysteem voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2 weergegeven.

## 2101



*Figuur 3 Gemeten en berekende stikstofconcentraties voor meetpunt 2101 voor Harmonisatie Fase 2 voor het oppervlaktewaterstelsel*

## 2101



*Figuur 4 Gemeten en berekende fosforconcentraties voor meetpunt 2101 voor Harmonisatie Fase 2 voor het oppervlaktewaterstelsel*

Tabel 8 Gemeten en berekende langjarige gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties voor meetpunt 2101 voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2 voor het oppervlaktewaterstelsel voor de periode 1986 – 2000

	N-totaal (mg.l <sup>-1</sup> N)	P-totaal (mg.l <sup>-1</sup> P)
Gemeten	3.7	0.15
Berekend Fase 2	3.3	0.17
Berekend Harmonisatie Fase 2	3.2	0.17

Tabel 9 Berekende stikstof- en fosforretentie in het oppervlaktewaterstelsel voor het stroomgebied van de Drentse Aa voor Fase 2 en Harmonisatie Fase 2 voor de periode 1986 – 2000

	N-retentie (%)	P-retentie (%)
Fase 2	16	25
Harmonisatie Fase 2	15	25

## 1.4 Conclusies

De Harmonisatie Fase 2 is uitgevoerd om ervan verzekerd te zijn, dat de startsituatie van Fase 3 voor alle vier gebieden volgens exact dezelfde systematiek ten aanzien van gebiedschematisatie, modellen en modelparameters wordt vastgelegd. Voor het stroomgebied van de Schuitenbeek betekent dit, dat er een aantal aanpassingen voor het Fase 2 modelsysteem zijn doorgevoerd. Dit betreft aanpassingen voor het landsysteem (schematisatie van bodem en rekeneenheden, alsmede de bemesting) . Daarnaast zijn gebruikte modelversies en –parameters geharmoniseerd.

In Harmonisatie Fase 2 is de berekende waterafvoer ruim 2% lager ten opzichte van Fase 2. In Fase 2 bleek dat de gesimuleerde waterafvoer benedenstreams ca. 15% lager is ten opzichte van de gemeten waterafvoer (Roelsma *et al.*, 2006). In Harmonisatie Fase 2 wordt de onderschatting van de waterafvoer groter.

De berekende nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zijn in Harmonisatie Fase 2 nagenoeg gelijk aan de berekende nutriëntenconcentraties in Fase 2. De bevindingen ten aanzien van de metingen blijven hetzelfde als in Fase 2: onderschatting van de langjarige gemiddelde stikstofconcentratie en een overschatting van de langjarige gemiddelde fosforconcentratie.

Harmonisatie Fase 2 bevestigt de conclusies van Fase 2 (Roelsma *et al.*, 2006).

## Literatuur

Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders, L.V. Renaud, I. de Vries en K. van der Molen, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied de Drentse Aa Fase 2*. Alterra-rapport 1386, Reeks Monitoring Stroomgebieden 8-I, Alterra, Wageningen.

## Bijlage 2 Regionale gegevens

### Waterkwantiteit landsysteem

#### Meteorologie

Om regionale meteorologische gegevens toe te kennen aan het stroomgebied Drentse Aa is gekeken naar de dichtstbijzijnde meteo- en neerslagstations. De neerslagstations Assen, Eelde, Eext, Laaghalen, Onnen en Schoonloo liggen in of nabij het gebied. Station Laaghalen is pas vanaf 1 juni 1995 operationeel; voor de ontbrekende periode hiervoor is neerslagdata van station Assen gebruikt. Omdat neerslagstation Onnen buiten het gebied ligt en de invloedssfeer van dit station beperkt is voor het stroomgebied van de Drentse Aa (zie figuur 3.2) en de neerslaggegevens van dit station niet direct beschikbaar was, is gekozen om de neerslaggegevens van station Eelde hiervoor te gebruiken.

Tabel B2.1 Thiessen-verdeling van de neerslagstations in het stroomgebied de Drentse Aa

Station	Oppervlak Thiessen (ha)	Neerslag 1971-200 (mm/jaar)
Assen	9418	818
Eelde	2834	780
Eext	7216	832
Laaghalen <sup>1</sup>	4257	818
Onnen <sup>2</sup>	544	780
Schoonloo	3618	831
Regionaal gemiddeld <sup>3</sup>		819

<sup>1</sup> station pas vanaf 1 juni 1995, daarvoor neerslaggegevens van Assen toegekend

<sup>2</sup> neerslaggegevens niet direct beschikbaar, daarom neerslaggegevens van Eelde toegekend

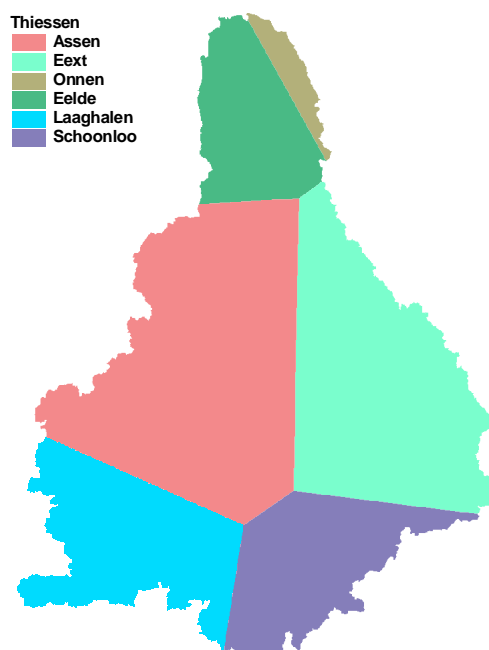
<sup>3</sup> voor bepaling regionaal gemiddelde is de neerslag van Assen toegekend aan het oppervlak van Laaghalen en die van Eelde aan Onnen

De jaarsommen van de neerslagstations zijn weergegeven in tabel B2.1. Voor het toekennen van de neerslaggegevens aan de modelplots zijn de volgende 2 mogelijkheden uitgewerkt:

- Construeren van Thiessen polygonen en het toekennen van de neerslaggegevens aan de plots die binnen het desbetreffende polygoon liggen. Indien een plot in meerdere polygonen ligt wordt het polygoon gekozen waarin het grootste deel van de plot ligt.
- Toekennen van de neerslag van het meteostation dat voor het grootste deel van het stroomgebied het meest nabij is (i.e. het meteostation met de grootste Thiessen-polygoon). Dit is het meteostation van Assen (tabel B2.1).

In figuur B2.1 is te zien dat de invloedsgebieden van de andere neerslagstations, naast Assen, ook een aanzienlijke oppervlakte beslaan. De methode om meerdere neerslagstations te gebruiken volgens de Thiessen methode bleek een zichtbaar effect

te hebben op de afvoeren van deelstroomgebieden. Daarom is ervoor gekozen om deze Thiessen-polygonen methode verder toe te passen.



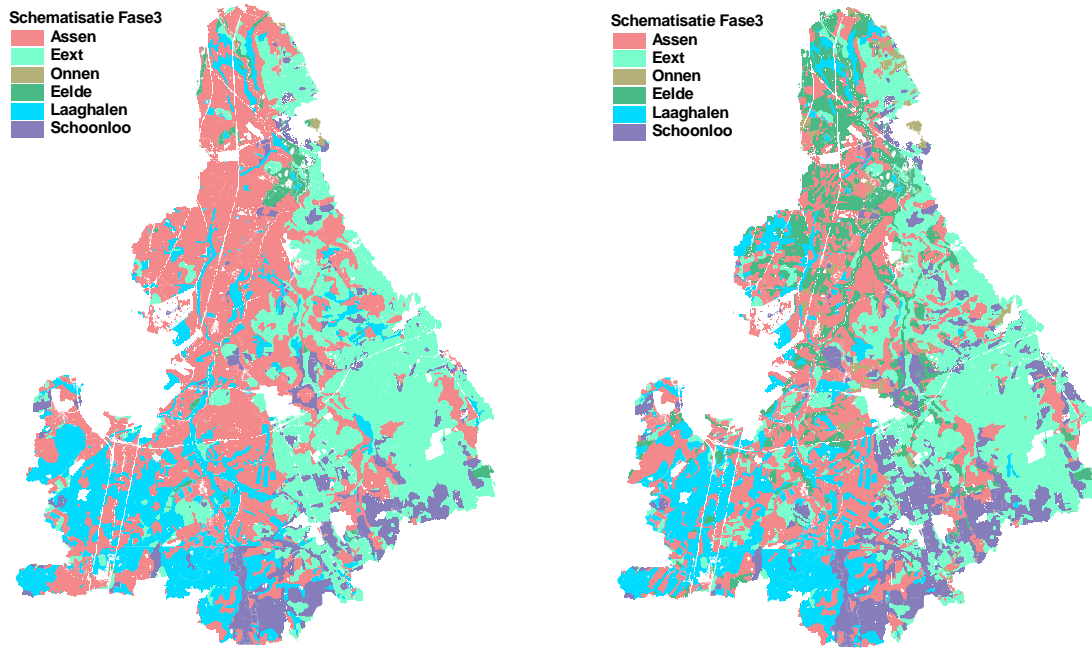
Figuur B2.1 Thiessen verdeling van de neerslagstations voor het stroomgebied van de Drentse Aa

De Thiessen-polygonen zijn toegekend aan de plots door de meest dominante polygoon binnen de plot toe te kennen. Daarna is de toekenning aangepast zodat de oppervlakten van de oorspronkelijke Thiessen-polygonen zo goed mogelijk benaderd worden. Deze twee stappen zijn weergegeven in tabel B2.2 en in de figuren B2.1 en B2.2.

Tabel B2.2 Toekenning van de regionale neerslag in de Drentse Aa

Station	Toegekende oppervlak op basis van dominantie (ha)	Neerslag (mm/jaar)	Toegekende oppervlak op basis van dominantie en behoud van oppervlak (ha)	Neerslag (mm/jaar)
Assen	9748	818	7252	818
Eelde	461	780	2800	780
Eext	6805	832	6339	832
Laaghalen*	4594	818	3884	818
Onnen*	33	780	425	780
Schoonloo	2297	831	3238	831
<b>Regionaal gemiddeld</b>		<b>822</b>		<b>818</b>

\* voor bepaling regionaal gemiddelde is de neerslag van Assen toegekend aan het oppervlak van Laaghalen en die van Eelde aan Onnen



Figuur B2.2 Toekenning Thiessen polygonen aan de plots van Fase 3 op basis van dominantie zonder behoud van oppervlakte (links) en met behoud van oppervlakte (rechts)

Voor alle meteorologische gegevens behalve de neerslag is gekozen voor station Eelde, omdat dit het dichtstbijzijnde hoofd-meteostation is waarvoor gegevens zoals luchttemperatuur en de Makkink-referentieverdamping beschikbaar zijn.

### Kwel en wegzijging

De hydrologische randvoorwaarden aan de onderzijde van het model dienen op dagbasis te worden gedefinieerd. Dit kan op 2 manieren:

- Opgelegde flux.
- Berekende flux (op basis van stijghoogtes en hydraulische weerstanden).

Daggegevens met betrekking tot de flux (kwel- en wegzijgingsintensiteit) worden doorgaans modelmatig bepaald. Deze gegevens zijn niet voor alle stroomgebieden beschikbaar. Een alternatief zou zijn om de gemiddelde jaarsituatie van bestaande landelijke kwel- en wegzijgingskaarten te gebruiken, met hierop eventueel een seizoenscomponent gesuperponeerd (bijvoorbeeld een sinusvormig verloop van de kwel- of wegzijging rond het jaargemiddelde). Nadelen van het gebruik van een dergelijk geschematiseerde opgelegde flux zijn de beperkte nauwkeurigheid, alsmede de gevoeligheid voor numerieke problemen bij het draaien van de modellen<sup>5</sup>. Om die redenen is gekozen voor randvoorwaarden die op dagbasis worden berekend op basis van stijghoogtes en hydraulische weerstanden. Hiervoor wordt de volgende relatie gebruikt:

<sup>5</sup> Dit is geverifieerd met aanvullende testberekeningen. Deze vertonen inderdaad aanzienlijk meer numerieke problemen.



$$Q_{bot} = \frac{(H_{deep} - H_{gwl})}{C_{res}}$$

waarbij:

- $Q_{bot}$  = flux over de onderrand (cm/dag): positief is kwel en negatief is wegzijging  
 $H_{deep}$  = diepe stijghoogte (cm + maaiveld)  
 $H_{gwl}$  = (ondiepe) grondwaterstand (cm + maaiveld)  
 $C_{res}$  = hydraulische weerstand onderrand (dagen)

De diepe stijghoogte (op dagbasis) en de hydraulische weerstand dienen als randvoorwaarde te worden gespecificeerd (de grondwaterstand wordt berekend).

Er is geen regionale data van de hydraulische weerstand voor alle stroomgebieden beschikbaar. Om die reden is gekozen voor een methode, waarbij gebruik gemaakt wordt van het Alterra-rapport “Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken” (Van der Gaast *et al.*, 2006). Hiertoe is Nederland op basis van meteorologie, hydrotypen, bodem en oppervlaktewater ingedeeld in schematisatie-eenheden van 25 x 25 m<sup>2</sup>.

Voor iedere eenheid is voor 3-5 verschillende grondwatertrappen en 3 verschillende landgebruiken/situaties het model SWAP gekalibreerd op de diepe stijghoogte en de hydraulische weerstand. Dit heeft geleid tot 12 combinaties (Tabel B2.3), waarvoor dus de diepe stijghoogte en de hydraulische weerstand zijn vastgesteld.

Tabel B2.3: Situaties en grondwatertrappen waarvoor SWAP is gekalibreerd (Van der Gaast *et. al.*, 2006).

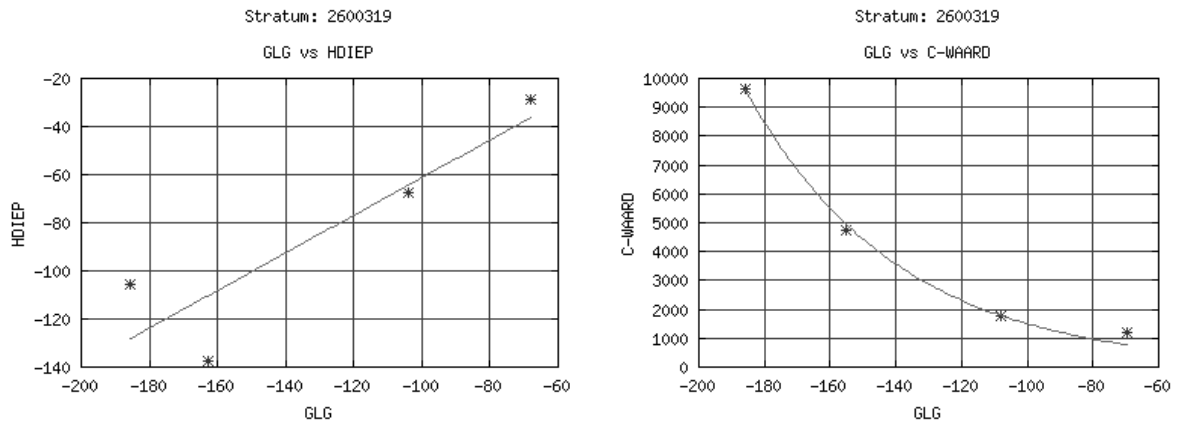
Situatie	Grondwatertrap				
Landbouw	IIa	IIIb	IV	VI	VII
Drainage		IIIb	IV	VI	VII
Natuur	IIa	IIIb		VI	

Voor iedere grondwatertrap kunnen de diepe stijghoogte en de hydraulische weerstand worden bepaald middels interpolatie en extrapolatie. Hierbij wordt aangenomen, dat de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) het sterkst gerelateerd is aan de kwel- en wegzijging (i.e. interactie met het diepe grondwater)<sup>6</sup>.

Voor de drie landgebruiken/situaties is, op basis van de kalibratieresultaten, een lineaire relatie tussen de GLG en de diepe stijghoogte aangenomen (figuur B2.3). Voor de relatie tussen de GLG en de hydraulische weerstand is een exponentiële functie aangenomen, waarbij de hydraulische weerstand niet groter kan worden dan 10000 dagen<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> In Karteerbare Kenmerken is op zowel GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand), GVG (Gemiddelde Voorjaars- Grondwaterstand) en GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) gekalibreerd.

<sup>7</sup> Dit is tevens de grens die binnen het Karteerbare Kenmerken project is gehandhaafd



Figuur B2.3: Lineaire en exponentiële fit door de kalibratieresultaten van  $H_{deep}$  en  $C_{res}$  voor het scenario "landbouw".

### Drainageweerstanden en peilen

Belangrijke sturende parameters voor de ontwatering en afwatering van de bodem zijn de drainageweerstanden en oppervlaktewaterpeilen. De drainageweerstanden in de vier stroomgebieden zijn indirect gebaseerd op meetgegevens van slootdichtheden via de Karteerbare Kenmerken methode (Van der Gaast *et al.*, 2006). De peilen in de poldergebieden Krimpenerwaard en Quarles van Ufford zijn bepaald op basis van beschikbare regionale gegevens over peilvak- en maaiveldhoogte om de regionale peilen vast te stellen. In niet-peilgestuurde gebieden zoals grote delen van Drentse Aa en Schuitenbeek zijn peilvakgegevens niet van toepassing. In deze vaak hellende gebieden wordt het ontwateringspeil bepaald door de bodemdiepte van sloten en greppels in combinatie met lokale stuwen. Het vlakdekkend maken van deze informatie om toe te kennen aan de schematisatie plots is zeer tijdsintensief en vergt een hoge mate van detail in leggerdata en inzicht in het lokale afwateringsysteem. Voor het verkrijgen van regionale data van peilen is daarom voor de Schuitenbeek en Drentse Aa ook gebruik gemaakt van de methoden binnen het project 'Karteerbare Kenmerken'. Verder spelen ook de slootafstanden, buisdrainage en Qh relatie een rol in de ontwatering. Hieronder worden de aanpassingen kort beschreven.

#### *Drainageweerstanden*

De drainageweerstand wordt bepaald door de ontwateringsafstand en het doorlaatvermogen van de ondergrond. De ontwateringsafstand (de afstand tussen de ontwateringsmiddelen) wordt daarbij gezien als de meest bepalende factor voor de drainageweerstand (Van der Gaast *et al.*, 2006). Het Top10-vector bestand is gebruikt als bron voor de bepaling van de dichtheden aan waterlopen. Binnen dit digitale bestand worden 4 klassen van waterlopen onderscheiden, nl:

- Greppels en droogvallende waterlopen;
- Sloten smaller dan 3 meter;
- Sloten van 3 tot 6 meter breed;
- Sloten breder dan 6 meter.

Om als invoer te kunnen dienen voor de modellen zijn de klassen waterlopen teruggebracht naar 2 systemen: een afwateringssysteem en een ontwateringssysteem. Per gridcel van 25x25 meter is voor beide klassen waterloop bepaald wat de lengte aan waterlopen is binnen een afstand van drie maal de spreidingslengte (dit is de afstand waarop de gridcel nog significant invloed ondervindt van de waterloop). Elke gridcel krijgt zo een gemiddelde slootlengte toegekend mede op basis van de slootlengte in aanliggende cellen. Uit de gemiddelde slootlengte kan vervolgens per gridcel en per waterloopstelsel een slootafstand worden berekend volgens vergelijking B2.2 (Van der Gaast *et al.*, 2006).

$$L = \frac{A}{l} \quad \text{Vgl. 1.1}$$

Met:

- L = slootafstand voor beschouwd areaal (m)
- A = areaal (m<sup>2</sup>)
- l = som aan slootlengte binnen beschouwd areaal (m)

Binnen 'Karteerbare Kenmerken' is de factor *f* tussen drainageweerstand en slootafstand gekalibreerd met SWAP op gemeten grondwaterstanden in een groot aantal buizen. Hierna is per gridcel deze factor *f* toegekend op basis van de betreffende bodemfysische eenheid. Deze varieert van 1.1 tot 2.5. De drainageweerstand per gridcel is vervolgens berekend volgens Vergelijking 1.2 (Van der Gaast *et al.*, 2006).

$$c_d = f * L \quad \text{Vgl. 1.2}$$

Met:

- c<sub>d</sub> = drainageweerstand (d)
- f = factor (-)
- L = slootafstand binnen beschouwd areaal (m)

Om tot een waarde per plot voor Fase 3 te komen voor de drainageweerstand is de mediaan genomen.

### Peilen

In Nederland kan m.b.t. peilhandhaving een onderscheid gemaakt worden tussen gebieden met zowel waterafvoer als wateraanvoer en gebieden met alleen waterafvoer (zonder noemenswaardige wateraanvoer). Het eerst genoemde gebied bestaat meestal uit poldersystemen in holocene laag Nederland waar streefpeilen gehandhaafd kunnen worden, terwijl het tweede gebied meestal in hoog Nederland ligt waar water onder vrij verval tot afstroming komt en hooguit gestuwd kan worden. De stroomgebieden Krimpenerwaard en Quarles van Ufford zijn poldersystemen, Drentse Aa en Schuitenbeek zijn systemen die afvoeren onder vrij verval. De peilen worden op 2 verschillende manieren toegekend.

In de hellende gebieden Schuitenbeek en Drentse Aa wordt geen vast zomer- en winterpeil gehandhaafd. Om toch tot een schatting van winter- en zomerpeilen te

komen zijn deze binnen 'Karteerbare Kenmerken' gekalibreerd op de betreffende GT (grondwatertrap). Hieruit volgt een tabel met streefpeilen per GT (tabel B2.4). De streefpeilen zijn toegekend aan elk plot op basis van de GT van de plot.

Tabel B2.4 *Gehanteerde streefpeilen voor de gekalibreerde GT's (Van der Gaast et al., 2006)*

<b>Grondwatertrap</b>	<b>Winterpeil (cm +mv)</b>	<b>Zomerpeil (cm +mv)</b>
Ia GHG < 25 GLG < 50	-70	-70
IIa GHG < 25 GLG 50-80	-80	-80
IIb GHG 25-40 GLG 50-80	-90	-80
IIIa GHG < 25 GLG 80-120	-110	-90
IIIb GHG 25-40 GLG 80-120	-130	-100
IVu GHG 40-80 GLG 80-120	-140	-115
Vao GHG < 25 GLG 120-180	-130	-125
Vbo GHG 25-40 GLG 120-180	-140	-135
VId GHG 40-80 GLG > 180	-145	-140
VIIId GHG 80-140 GLG > 180	-180	-170
VIIIId GHG > 140 GLG > 180	-190	-180

Vervolgens kan in SWAP ook bepaald worden of water vanuit het 'oppervlaktewaterbakje' in de bodem kan infiltreren en of een plot vervolgens wateraanvoer kan krijgen waarmee het waterniveau in dit 'oppervlaktewaterbakje' op streefpeil gehouden wordt. Voor Fase 3 is aangenomen dat zowel wateraanvoer als infiltratie voor alle plots plaatsvinden in de poldergebieden Quarles van Ufford en Kimpenerwaard. Voor de twee gebieden in hoog Nederland zonder wateraanvoer (Drentse Aa en Schuitenbeek) is wateraanvoer niet toegestaan. Infiltratie kan wel plaatsvinden. Het peil kan daarmee in droge situaties onder het streefpeil zakken (voor zover dit hoger ligt dan de bodemhoogte) en stijgt pas bij drainage in nattere perioden.

Gerelateerd aan de peilen in de landsysteem-modellen is de Qh-relatie die bepaalt hoe groot de opstuwings is in het ontwatering- en afwateringsysteem in SWAP bij een bepaalde drainageafvoer. De Qh relatie kan worden vastgesteld op basis van de specifieke opstuwings bij een (jaarlijkse) maatgevende afvoer. In het Karteerbare Kenmerken project is per gridcel van 25 x 25 m<sup>2</sup> ook deze maatgevende afvoer bepaald. Daarnaast geeft het Cultuur Technisch Vademecum (Cultuurtechnische vereniging, 1988) per bodemsoort een Hoogwater Normpeil, de gewenste waterstand in een waterloop behorende bij een ontwerpafvoer die 1 dag per jaar wordt bereikt of overschreden, oftewel de maatgevende afvoer. Deze varieert slechts licht tussen de 50 en 60 cm beneden maaiveld. Een waarde van 60 cm -mv in combinatie met een constante waarde van 1.20 voor de slootdiepte geeft vervolgens een opstuwings van 60 cm bij een maatgevende afvoer van 1 keer per jaar.

De Qh relatie wordt in SWAP gemodelleerd op basis van een stuwvergelijking (Kroes en Van Dam, 2003):

$$Q = \alpha_{stuw} * H^{\beta_{stuw}}$$

Met:

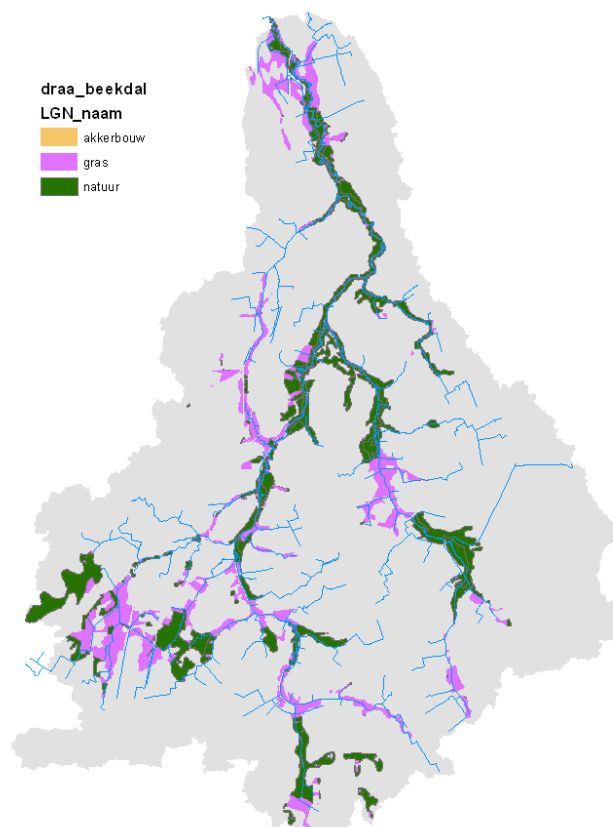
Q	= afvoer (m <sup>3</sup> s-1)
$\alpha_{stuw}$	= factor gebaseerd op breedte en stuwweerstand (m <sup>2</sup> s-1)
H	= overstorthoogte (m)
$\beta_{stuw}$	= stuwfactor (-)

Met een waarde van 1.465 voor  $\beta$  (constante voor brede rechthoekige overlaat) en de bekende waarden voor Q (maatgevende afvoer) en H (overstorthoogte bij maatgevende afvoer) kan vervolgens  $\alpha_{stuw}$  worden bepaald per gridcel. Aan elk Fase 3 plot is een gemiddelde van de gridcelwaarden toegekend.

Uit berekeningen van het beekdal van de Drentse Aa met diepe stijghoogte en de hydraulische weerstand afgeleid uit Karteerbare Kenmerken (Gaast *et al.*, 2006), blijkt dat de natuurlijke lopen van de Drentse Aa droogvallen in de zomer. Natuurlijke lopen van de Drentse Aa zijn in dit geval de ongestuwde waterlopen. Blijkbaar zijn de gegevens uit Karteerbare Kenmerken representatief voor de gemiddelde situatie in Noord-Nederland, maar niet regionaal-specifiek genoeg voor de het stroomgebied van de Drentse Aa. Daarom is besloten om de kwel in de beekdalen te simuleren met een peilverlaging in het natuurlijke beekstelsel van de Drentse Aa.

De rekenplots die in aanmerking komen voor een aangepaste onderrand zijn de plots waar de natuurlijke beek een raakvlak mee heeft (van minimaal één cel van 25 x 25 m<sup>2</sup>). Dit gebied is aangegeven in figuur B2.4, waar te zien is dat deze plots voornamelijk uit natuur- en grasland bestaan.

Op basis van expert judgment is gekozen om het oppervlaktewaterpeil van deze plots met 20 cm en 30 cm te verlagen, voor een Gt van respectievelijk II en III. Een verlaging van de grondwaterstand in deze gebieden is niet gewenst, zodat gekozen is om de onderrandweerstand uit Karteerbare Kenmerken (Gaast *et al.*, 2006) aan te passen. Om bij een verlaagd oppervlaktewaterpeil eenzelfde grondwaterstand te berekenen, dient de onderrandweerstand verlaagd te worden. Het beekdal verkrijgt daarmee een hogere kwelflux, zodat de Drentse Aa ook in de zomer water blijft afvoeren. Tabel B2.5 geeft weer welke rekeneenheden (beekdalplots) aangepast zijn qua zomer-, winterpeil en onderrandweerstand.



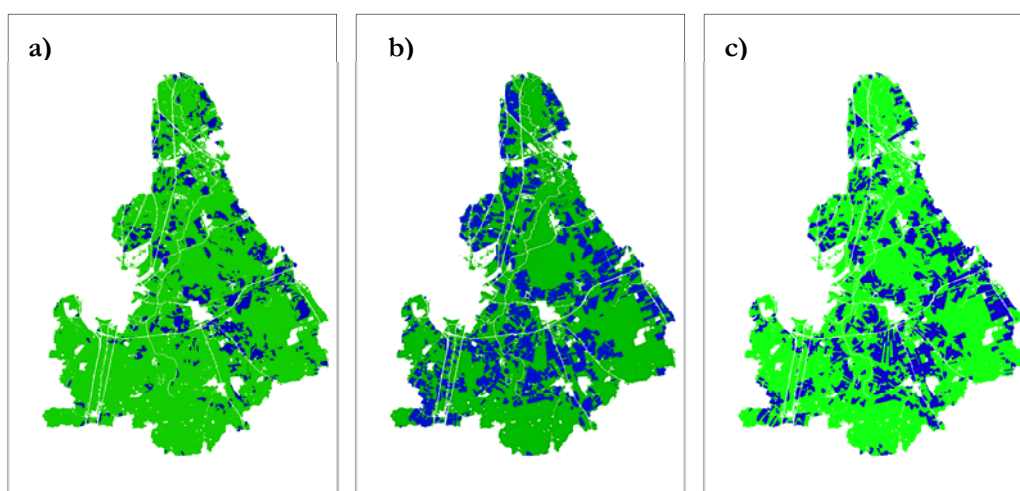
Figuur B2.4 De geselecteerde beekdalplots uit de natuurlijke loop van de Drentse Aa. Elke plot die minimaal één cel langs de natuurlijke loop had, is geselecteerd.

Tabel B2.5 Zomer-, winterpeilen en onderrandweerstand in de oorspronkelijke situatie uit Karteerbare Kenmerken (Gaast et al., 2006) en in de aangepaste situatie.

Beekdalplot	Oorspronkelijke situatie (Karteerbare Kenmerken)			Aangepaste situatie		Onderrandweerstand
	Winterpeil	Zomerpeil	Onderrandweerstand	Winterpeil	Zomerpeil	
	cm +mv	cm +mv	d	cm +mv	cm +mv	d
30220	-80	-80	2316	-100	-100	1050
40120	-80	-80	5029	-100	-100	1009
40220	-80	-80	1981	-100	-100	297
40230	-110	-90	6176	-140	-120	630
40235	-130	-100	6369	-160	-130	1172
40520	-80	-80	2446	-100	-100	237
41330	-110	-90	3129	-140	-120	171
60120	-80	-80	1894	-100	-100	1016
60130	-110	-90	5486	-140	-120	1103
60135	-130	-100	5456	-160	-130	1027
60220	-80	-80	5454	-100	-100	3131
60230	-110	-90	5396	-140	-120	1211
60235	-130	-100	3138	-160	-130	1166
60520	-80	-80	3443	-100	-100	1000
61330	-110	-90	3973	-140	-120	355

### Buisdrainage

Ook de buisdrainageparameters en schematisatie zijn zo mogelijk regionaal verfijnd in Fase 3. Door Massop (2002) is voor heel Nederland een schatting gemaakt van de waarschijnlijkheid van buisdrainage door informatie over landgebruik, GT en bodemfysische parameters met elkaar te vergelijken. Verder is in het kader van de MIPWA Noord-Nederland studie (Snepvangers en Berendrecht, 2007), de buisdrainagekaart verbeterd. Dit levert een nieuwe kaart op, inclusief geschatte diepte voor de buisdrainage voor de Drentse Aa. Buisdrainage is toegekend aan een plot in Fase 3 wanneer meer dan de helft van de cellen binnen dit plot buisdrainage bevat ongeacht verschil in diepte van de buisdrainage (tabel B2.6). Vervolgens is per plot met buisdrainage bepaald wat de meest voorkomende diepte was. Uit figuur B2.5 valt op te maken dat het areaal buisdrainage is toegenomen ten opzichte van Fase 2 (nog gebaseerd op de schatting in het modelinstrumentarium STONE).



Figuur B2.5 Buisdrainage in de Drentse Aa conform Fase 2, STONE (a); kaart MIPWA (b) en na toekenning Fase 3 (c)

Tabel B2.6 Oppervlak buisdrainage in de Drentse Aa in Fase 3 volgens kaart MIPWA en na toekenning aan de rekenplots in de Drentse Aa

	Kaart MIPWA		Na toekenning aan plots Fase 3	
	Oppervlak (ha)	Percentage	Oppervlak (ha)	Percentage
Ongedraineerd	17 030	71%	17 795	74%
Gedraineerd	6 908	29%	6 143	26%
Totaal	23 938	100%	23 938	100%

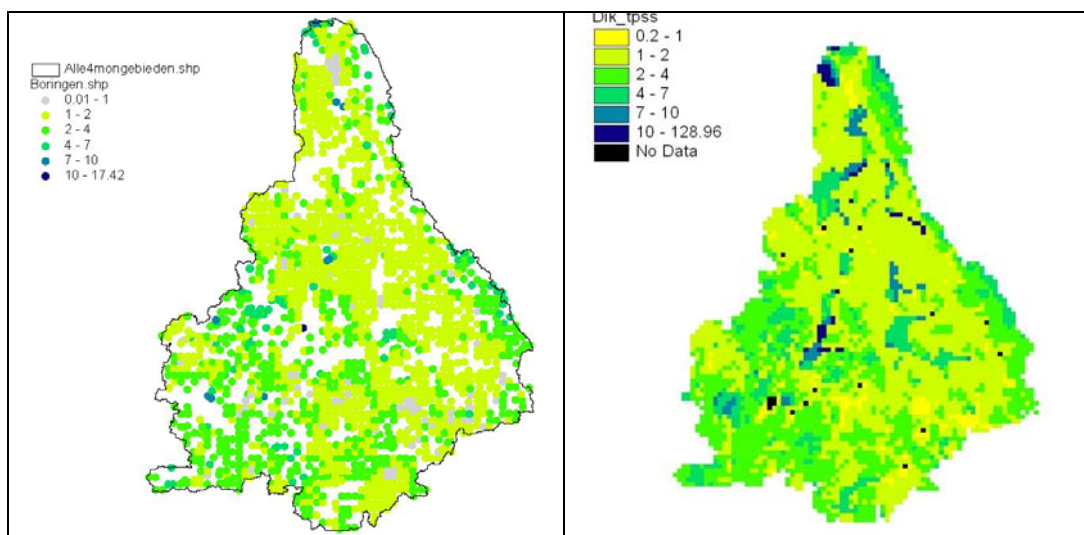
Na toekenning van de kaart van MIPWA aan de rekenplots in Fase 3 blijkt het gedraineerde areaal iets kleiner geworden (van 29 naar 26% van het areaal). Na uitsplitsing van het gedraineerde areaal naar landgebruiksvormen blijkt dat 87% van de maïs- en 91% van de akkerbouwgronden in het Fase 3 modelsysteem te zijn gedraineerd tegen 2% van de graslanden.

### Pakkettidke van het topsysteem

Voor Fase 3 zijn voor de vier gebieden fijnere schematisaties van de pakkettidke gemaakt. De lengte van de te modelleren grondkolom in Fase 2, afkomstig van

STONE, was standaard 13 meter. Voor de parameterisering van het topsysteem heeft TNO-NITG alle ondiepe boringen geïnclassificeerd en als de boringen voldoende diep waren is vervolgens de dikte van het topsysteem vastgesteld (Van der Linden, 2002).

In figuur B2.6 is voor het stroomgebied van de Drentse Aa aangegeven welke boorlocaties het topsysteem doorsnijden (linkergedeelte van figuur). De boringen die gedeeltelijk het topsysteem doorsnijden zijn niet weergegeven. Rechts is de dikte per gridje weergegeven. De statistieken zijn in tabel B2.7 weergegeven.



Figuur B2.6 Boorlocaties in het stroomgebied van de Drentse Aa welke het topsysteem doorsnijden (links) en dikte van het pakket (rechts)

In de Drentse Aa kan de dikte van het topsysteem onder de twee meter komen en minder diep zijn dan de ontwateringmiddelen. Dit is niet realistisch en niet acceptabel voor de hydrologische berekeningen. Daarom is ook gekeken naar de GLG van elke plot en de diepte van de drainagemiddelen. Uiteindelijk is de minimum waarde van de volgende drie condities gebruikt:

- Dikte op basis van TNO-NITG metingen
- GLG plus 2 keer de standaard deviatie
- Diepte drainagemiddelen plus 250 cm

Verder is er voor de hooggelegen droge zandgronden (Gt VII en VII\*) een uitzondering gemaakt, vanwege rekenproblemen van het hydrologisch model. De pakketdikte van deze plots is onveranderd gebleven (13 meter).

Tabel B2.7 Statistieken van de boringen in het topsysteem van de Drentse Aa

	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD
Drentse Aa	0.20	15.71	15.51	2.80	1.72

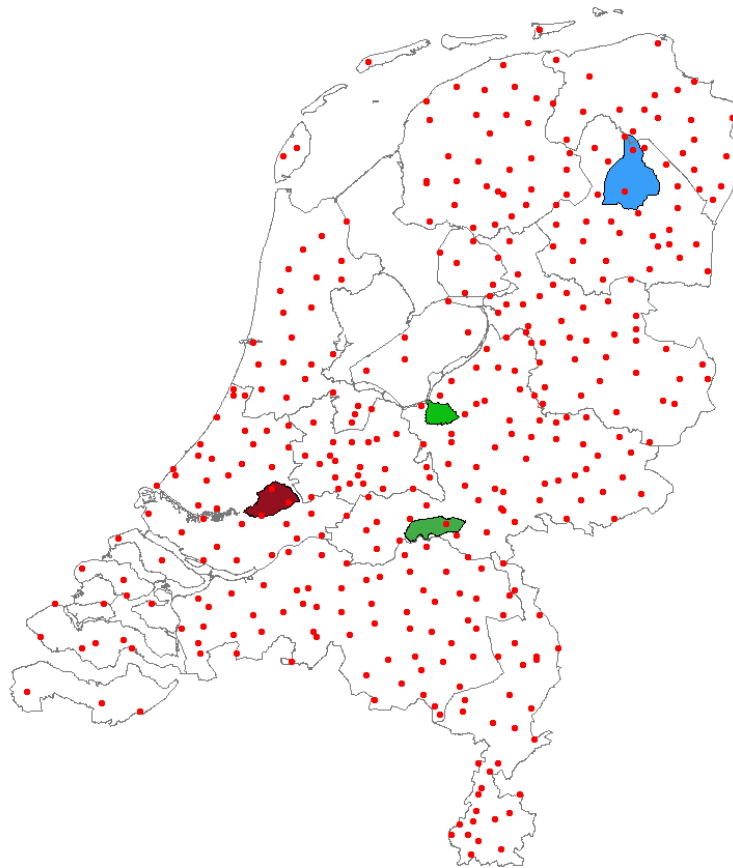


## Waterkwaliteit landsysteem

Het regionaal verfijnen van de invoer van de waterkwaliteitsmodule van het landsysteem bestaat uit drie onderdelen: (1) het parametriseren van de nutriëntenconcentraties in het (diepe) grondwater; (2) het bijstellen van de berekende fosfaatvoorraad in de bodem en (3) het verfijnen van de mestgiften in de gebieden voor de periode na 2000.

## Kwelconcentraties

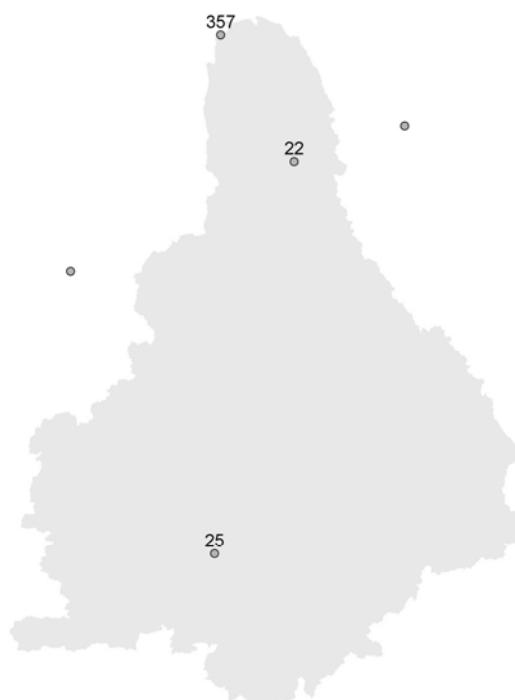
Als gegevensbron voor concentraties van kwelwater is de dataset Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LGM) van het RIVM gebruikt. Dit meetnet bestaat uit ca. 400 meetpunten verspreid over geheel Nederland (figuur B2.7).



*Figuur B2.7 Meetpunten uit de data-set LGM*

Voor de Evaluatie Mestwetgeving 2004 (EMW2004) zijn dezelfde gegevens gebruikt om per STONE-plot de nutriëntenconcentraties in het diepe grondwater toe te kennen. In Fase 2 is per gebied de meest dominante plot in het gebied gekozen en de kwelconcentraties van deze plot aan het gehele gebied toegekend. Omdat deze dominante plot niet alleen binnen het studiegebied valt, maar versnipperd binnen de regio (of zelfs binnen Nederland), is de kans groot dat ook metingen van buiten het gebied zijn toegekend aan de dominante plot. In figuur B2.8 zijn de locaties van de

meetpunten welke binnen de gebiedsgrenzen van het stroomgebied de Drentse Aa vallen weergegeven



Figuur B2.8 Ligging van de meetpunten uit de LGM-dataset voor het stroomgebied van de Drentse Aa

In tabel B2.8 is een overzicht gegeven van de gemeten nutriëntenconcentraties in het (diepe) grondwater. Voor de meeste meetlocaties zijn voor een reeks van jaren meetwaarden beschikbaar. Alleen voor de Drentse Aa is mineraal fosfaat voor 2 van de 3 meetlocaties slechts eenmaal gemeten. Ter vergelijking zijn de nutriëntenconcentraties welke in het Fase 2 modelsysteem zijn gebruikt in tabel B2.8 opgenomen.

Tabel B2.8 Gemeten nutriëntenconcentraties in het (diepe) grondwater voor de meetlocaties in het stroomgebied van de Drentse Aa

Gebied	Bron	Filter- diepte	NH <sub>4</sub> -N (mg.l <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg.l <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg.l <sup>-1</sup> )	P-tot (mg.l <sup>-1</sup> )
Drentse Aa	Fase 2	-	2.01	0.10	0.23	-
	LGM-357	8 m	0.356	0.028	0.22	0.24
	LGM-22	7 m	1.68	9.93	-	0.009
	LGM-25	8 m	0.087	0.2058	0.03	0.0105

Voor de gebieden die over meer dan 1 meetlocatie beschikken is met behulp van de informatie over de aanwezigheid van kwel binnen de gebieden een meetlocatie gekozen welke het meest beïnvloedt zou worden door kwel. Voor de Drentse Aa betreft dit meetpunt LGM-357. De meetwaarden van deze locatie zijn gebruikt voor het opleggen van de kwelconcentraties in de Drentse Aa.

Voor het Fase 3 modelsysteem zijn er naast gegevens over de minerale hoeveelheid N en P ook gegevens nodig over de organische hoeveelheid N en P en hoeveelheid organische stof in het (diepe) grondwater. Deze gegevens zijn niet beschikbaar in het meetnet. Om hiervoor toch een waarde te kunnen bepalen zijn de volgende aannames gemaakt of relaties bepaald:

- Opgelost organisch P (DOP) = P-totaal – PO<sub>4</sub>-P
- Opgelost organisch N (DON) = 1.2062 \* DOP (relatie opgesteld aan de hand van gegevens uit STONE (bestand BOTNUT.DAT); R<sup>2</sup> = 0.75)
- Opgelost organisch materiaal (DOM) = 10 \* DON

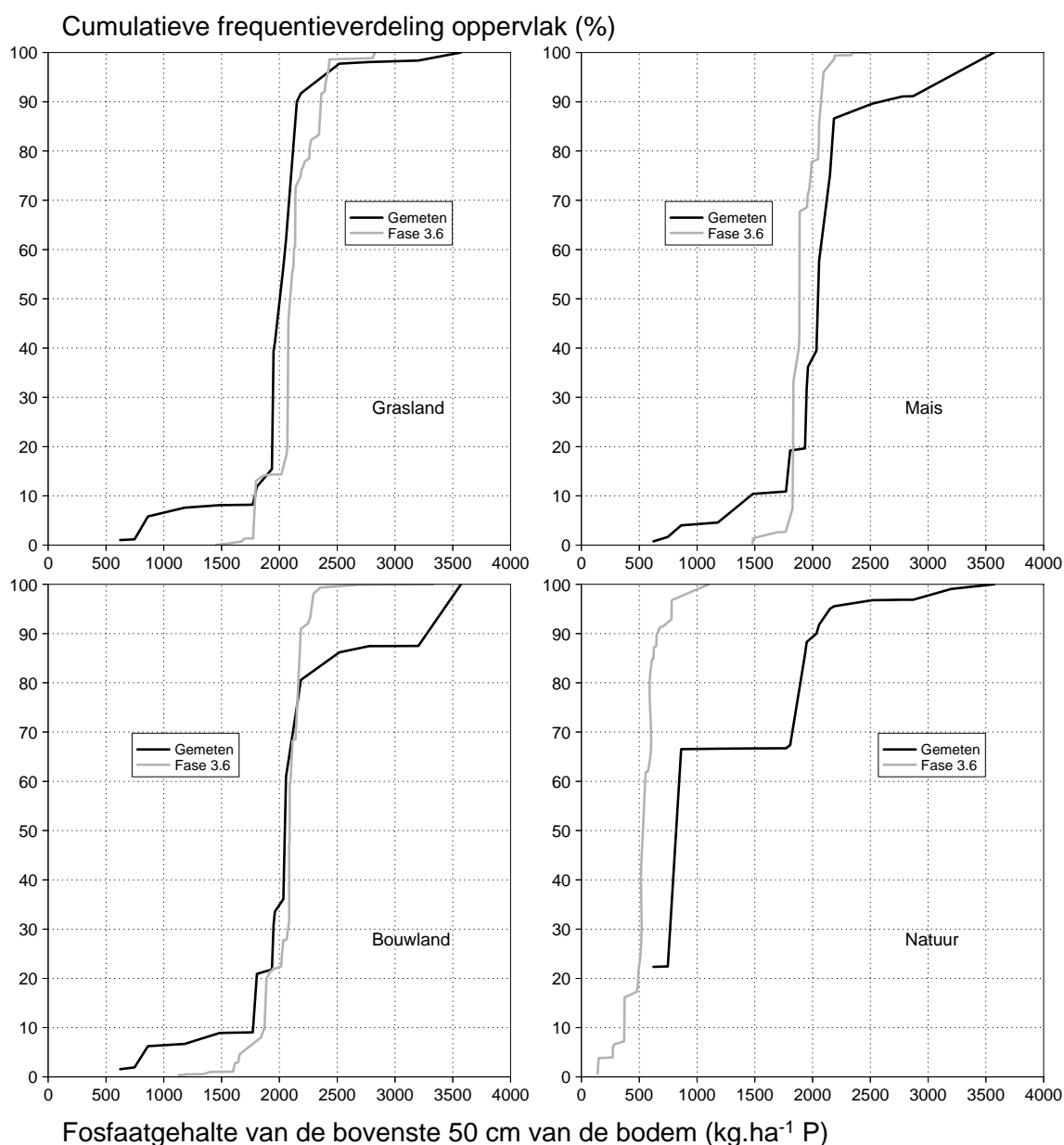
In tabel B2.9 zijn voor het stroomgebied de Drentse Aa de waarden voor de kwelconcentraties weergegeven.

*Tabel B2.9 Nutriëntenconcentraties in het (diepe) grondwater voor het stroomgebied de Drentse Aa voor het Fase 3 modelsysteem*

Gebied	NH <sub>4</sub> -N (mg.l <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg.l <sup>-1</sup> )	DOM (mg.l <sup>-1</sup> )	DON (mg.l <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg.l <sup>-1</sup> )	DOP (mg.l <sup>-1</sup> )
Drentse Aa	0.356	0.028	0.241	0.0241	0.22	0.02

### Fosfaatophoping

Voor de referentiesituatie is voor de vier gebieden per landgebruiksvorm (grasland, maïs, bouwland en natuur) een frequentieverdeling van het berekende fosfaatgehalte voor de bovenste 50 cm van de bodem voor de periode 1994 - 2000 bepaald (figuur B2.9). Deze verdeling is vergeleken met het gemeten fosfaatgehalte voor dezelfde diepte met behulp van de gegevens uit Landelijke Steekproef Kaarteenheden (Finke *et al.*, 2001).



Figuur B2.9 Gemeten en berekende fosfaatgehalte in de bovenste 50 cm van de bodem voor de vier landgebruiksvormen in het stroomgebied van de Drentse Aa

Voor de Drentse Aa wordt het fosfaatgehalte voor grasland in de referentiesituatie (Fase 3.6) overschat en voor maïs en natuur onderschat. Voor bouwland komt het berekende fosfaatgehalte overeen met het gemeten fosfaatgehalte (tabel B2.10).

Tabel B2.10 Gemeten en berekende fosfaatgehalte (50 percentielwaarde) voor de bovenste 50 cm van de bodem voor het stroomgebied van de Drentse Aa

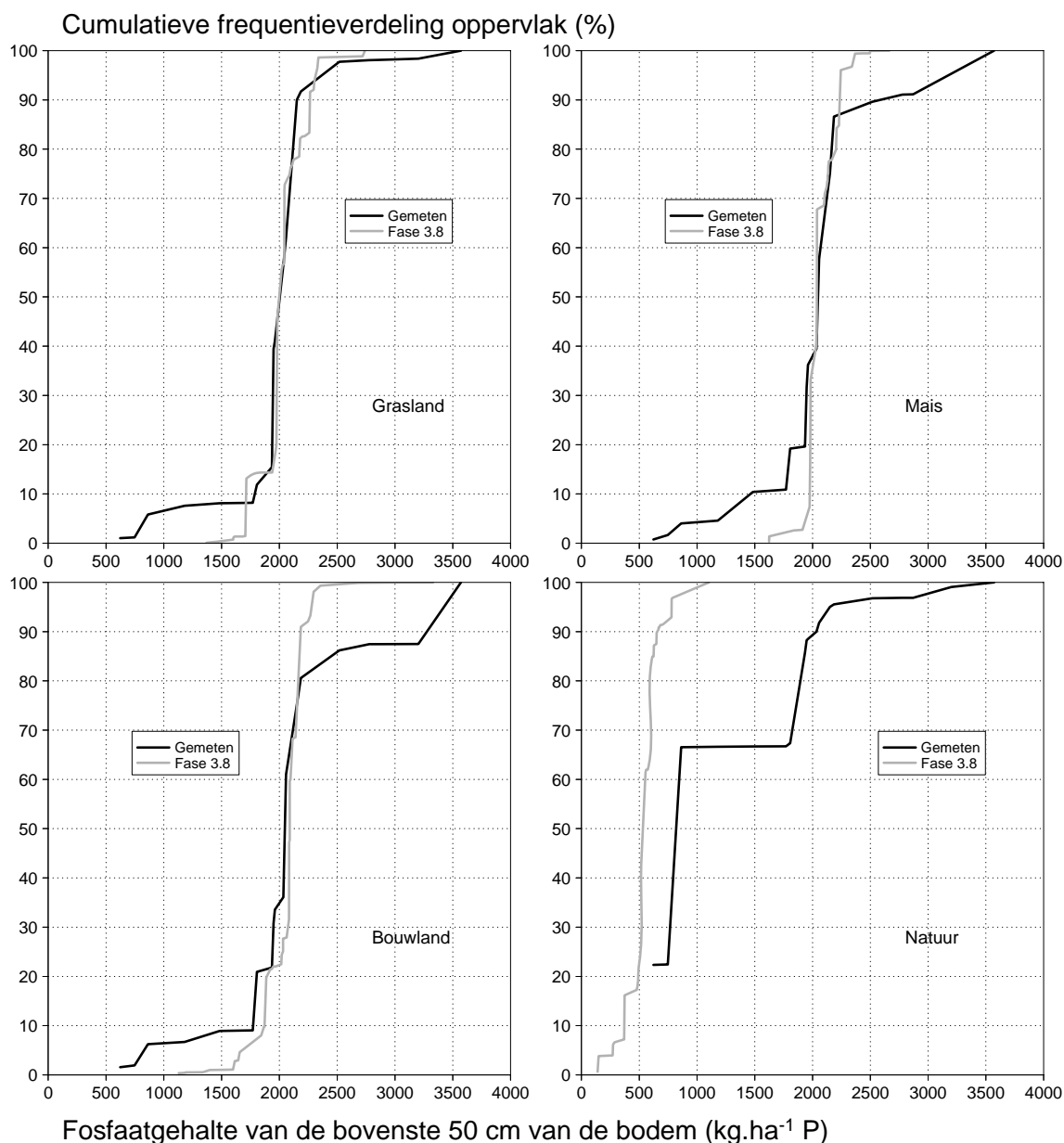
Gebied	Bron	P-gehalte bovenste 50 cm (kg·ha <sup>-1</sup> P)			
		grasland	maïs	bouwland	natuur
Drentse Aa	LSK	2003	2048	2047	820
	Fase 3.6	2093	1886	2089	532

Bij een onderschatting van het fosfaatgehalte wordt de hoeveelheid dierlijke mest over de periode 1941 t/m 1993 opgehoogd zodat het berekende fosfaatgehalte overeenkomt met het gemeten fosfaatgehalte. Bij een overschatting van het fosfaatgehalte wordt eerst de hoeveelheid kunstmestgiften over de periode 1941 t/m 1993 naar beneden gebracht. Voor de landgebruiksvormen grasland en maïs mogen deze nul worden; voor landgebruiksvorm bouwland dient een startgift van 10-15 kg.ha<sup>-1</sup> P aangehouden te worden. Wanneer de reductie van kunstmestgiften niet voldoende is, dient ook de hoeveelheid dierlijke mest gereduceerd te worden. Deze aanpassing heeft alleen effect op de landgebruiksvormen grasland, maïs en bouwland (landbouwgronden). Het berekende fosfaatgehalte onder natuurgronden wordt in het Fase 3 modelsysteem niet aangepast. In tabel B2.11 staat weergegeven hoeveel fosfaat per gebied en landgebruiksvorm over de periode 1941-1993 aangepast dient te worden.

*Tabel B2.11 Verandering fosfaatgehalte bovenste 50 cm van de bodem voor het stroomgebied van de Drentse Aa over de periode 1941-1993 in de verfijningsstap P-ophoping (Fase 3.8)*

Gebied	P-gehalte bovenste 50 cm (kg.ha <sup>-1</sup> P)		
	grasland	maïs	bouwland
Drentse Aa	-90	162	-42

In figuur B2.10 is de frequentieverdeling van het berekende fosfaatgehalte voor de bovenste 50 cm van de bodem voor de periode 1994 – 2000 voor de aangepaste mestgiften (Fase 3.8) weergegeven.



Figuur B2.10 Gemeten en berekende fosfaatgehalte in de bovenste 50 cm van de bodem voor de vier landgebruiksvormen in het stroomgebied van de Drentse Aa na aanpassing van de historische mestgift (Fase 3.8)

## Waterkwantiteit oppervlaktewatersysteem

### Correctie leggergegevens

In Fase 2 is voor het eerst met een oppervlaktewatermodule gerekend. Op basis van leggergegevens is een waterlopenstructuur aangemaakt. Daarin zijn vooral de A-watergangen geschematiseerd met daarbij de belangrijkste stuwen en inlaten. Voor

Fase 2 zijn een aantal controles uitgevoerd. De belangrijkste controles waren of alle waterlopen op elkaar zijn aangesloten, een verbinding hebben naar een uitstroompunt en niet in tegengestelde richting stromen. Deze controles passen de waterbodembedptes niet aan en fouten uit de leggergegevens anders dan bovengenoemde ruimtelijke schematisatie-problemen worden niet automatisch gesignaleerd en aangepast. In Fase 2 is in meer of mindere mate, mede afhankelijk van foutmeldingen uit het model, vervolgens nog wel handmatig op knelpunten de invoer per stroomgebied aangepast. Maar met name in Schuitenbeek en de Drentse Aa waren nog niet alle onregelmatigheden die de berekeningen beïnvloeden uit de invoerfiles gehaald. Verder verschilde de hoeveelheid informatie per gebied, over bijvoorbeeld stuwhoogten en breedtes.

In deze stap in Fase 3 zijn de leggergegevens gecorrigeerd en daarmee is de modelparameterisering van SWQN gewijzigd. In tabel B2.13 zijn een aantal karakteristieken van de schematisatie van Fase 2 voor de Drentse Aa weergegeven.

*Tabel B2.13 Overzicht oppervlaktewater schematisering Fase 2 van de Drentse Aa*

leggergegevens	
Waterlopen	
- aantal	984
- maximum lengte	2544
- minimum lengte	10
- sectie bodembreedte	variabel
- verhang	Ja
- 1/resistance	15/30 *6
Stuwen	
- aantal	148
- aantal uit legger niet geschematiseerd	-
- stuwbreedte	2m - flexibel
- flexibel peil/vaste hoogte	vast/flexibel
Pompen	
- aantal	4
- compleet geschematiseerd	

Op basis van bovenstaande tabel zijn de volgende leggergegevens en invoerdata gecontroleerd en zo nodig gecorrigeerd:

1. sprong in bodemhoogtes
2. sectie (waterloop) diepte

Daarnaast is op basis van Harmonisatie Fase 2 een aantal kenmerkende locaties de volgende uitvoer gecontroleerd:

3. waterverdeling kruispunten

## Stedelijk gebied

Het stedelijk gebied en open water bleven in Fase 2 nog buiten beschouwing (open gebieden in de schematisering). Dit gebied bestaat uit:

- open water
- verhard stedelijk gebied
- onverhard stedelijk gebied

Open water binnen deze gebieden is gedeeltelijk al meegenomen in de oppervlaktewater-schematisering van Fase 2 en zal in de stap ‘diffuse detailontwatering’ (volgende paragraaf) verder worden verbeterd. De belasting vanuit het verharde stedelijk gebied in de Drentse Aa komt via lozingen van de rioleringen buiten het gebied terecht. In deze verfijningsstap zal het onverharde deel van het stedelijk gebied worden toegevoegd. In alle gebieden wordt aangenomen dat de verhouding stedelijk verhard : onverhard overeenkomt met 0.4 : 0.6.

Tabel B2.14 *Oppervlaktes meegenomen in de modellering in Fase 2 en Fase 3 stedelijk voor het stroomgebied van de Drentse Aa*

Drentse Aa	Oppervlakte (ha)
Modelgebied Fase 3 zonder stedelijk gebied	23177
Plus stedelijk *	24944

\* 60% (onverhard) van totaal stedelijk. Oppervlakte stedelijk onverhard al gecorrigeerd voor open water

Op basis van de landgebruikkaart is de hoeveelheid stedelijk gebied bepaald. 60% van dit areaal is vervolgens toegekend aan stedelijk onverhard. De afvoer hiervandaan zal binnen het gebied in het oppervlaktewater komen en is afkomstig uit o.a. groenstroken, parken en tuinen. Om deze afvoer van zowel water als nutriënten toe te kunnen voegen aan de oppervlaktewatermodellen zijn de volgende stappen zijn gezet:

1. per gebied wordt één representatieve natuur-grasland-plot geselecteerd met een grondwatertrap dieper dan Gt IV, er vanuit gaande dat in stedelijk gebied weinig bemesting plaatsvindt en er voldoende drainage moet zijn;
2. de water- en nutriëntenafvoeren van deze plot wordt vermenigvuldigd met het areaal onverhard stedelijk in elke afwateringseenheid;
3. per afwateringseenheid worden de afvoeren toegekend aan de bijbehorende knooppunten van de oppervlaktewatermodellen, net zoals dat gebeurt met de overige uitspoeling vanuit het landsysteem.

## Diffuse detailontwatering

In Fase 2 zijn alleen de grotere waterlopen expliciet gemodelleerd als secties in het oppervlaktewaterstelsel. Al het overige open water, de kleinere sloten, greppels, meren en plassen zijn of buiten beschouwing gelaten (zie ook vorige paragraaf) of impliciet meegenomen in het oppervlak van het landsysteem. Deze overige waterlopen vormen samen de diffuse detailontwatering, waarbij het meeste water en



de meeste stoffen eerst door deze kleine waterlopen zullen stromen voordat ze in de hoofdwaterlopen terecht komen. Berging en retentieprocessen kunnen ook hier plaatsvinden. In deze stap in Fase 3 zal het areaal van het landsysteem gecorrigeerd worden voor het areaal open water en zal dit open water worden toegevoegd aan het oppervlaktewatersysteem. Zo kunnen berging en retentieprocessen beter in kaart gebracht worden.

De karakteristieken van deze diffuse detailontwatering worden, per afwateringseenheid, in stappen berekend:

- Het totale oppervlakte aan open water binnen een afwateringseenheid wordt met VIRIS2005 (xxx) bepaald.
- Een deel van het open water is al opgenomen in de gemodelleerde secties van SWQN. Dit oppervlak wordt bepaald. Het resterende deel open water wordt toegekend aan de diffuse detailontwatering door middel van één extra waterloop per afwateringseenheid.
- De lengte van deze waterloop wordt bepaald door het oppervlak aan open water voor de diffuse detailontwatering te delen door de doorsnede van deze waterloop (berekend met: bodembreedte 1 m, helling 1:1 en diepte 1 m).
- De nieuwe, veelal erg lange, waterloop heeft nu een correcte berging, maar een te hoge weerstand. Daarom vindt een correctie plaats van de Chézy-coëfficiënten om de weerstand te verlagen.

Tenslotte wordt het areaal van het landsysteem nog aangepast:

- Per gridcel (van 25 m bij 25 m) wordt het areaal open water afgetrokken van het totaal. In tabel B2.15 is het resultaat op stroomgebied van de Drentse Aa weergegeven.

*Tabel B2.15 Oppervlaktes meegenomen in de modellering in Fase 2 en Fase 3 stedelijk voor het stroomgebied van de Drentse Aa*

Drentse Aa	Oppervlakte (ha)
Modelgebied Fase 3 zonder stedelijk gebied	23177
Plus stedelijk *	24944
Min open water	24599

\* 60% (onverhard) van totaal stedelijk. Oppervlakte stedelijk onverhard al gecorrigeerd voor open water

## Neerslag en verdamping

In Fase 3 is de neerslag en verdamping op het oppervlaktewater meegenomen in de modellering. In combinatie met de verbetering van de verdeling van het oppervlak aan land en water (zie diffuse detailontwatering, vorige paragraaf) zal dit ertoe leiden dat de waterbalans m.b.t. neerslag en verdamping, voor land en water opgeteld, gelijk is aan de neerslag en verdamping die hoort bij het oppervlak van het gehele gebied. Daarnaast zal deze stap afhankelijk van het percentage open water in een stroomgebied in meer of mindere mate de nutriëntenconcentraties beïnvloeden.

Voor het toekennen van neerslag en verdamping zijn dezelfde databronnen gebruikt als ook voor het landsysteem in Fase 3. Voor het stroomgebied van de Drentse Aa is voor de neerslag KNMI neerslagstation Assen gebruikt. Dit wijkt af van de neerslag gebruikt in het landsysteem, omdat het in de in Fase 3 toegepaste versie van de oppervlaktewatermodule niet mogelijk was neerslag van meer dan één meteorostation te kunnen invoeren. Voor de verdamping is gebruik gemaakt van KNMI hoofdstation Eelde.

## **Waterkwaliteit oppervlaktewatersysteem**

### **Atmosferische depositie**

In Fase 3 wordt atmosferische depositie op het oppervlaktewater meegenomen. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen droge en natte depositie omdat de invoerdata gebaseerd zal worden op de STONE invoerdata waarin alleen droge depositie, welke gecorrigeerd is voor natte depositie, beschikbaar is. In elk gebied zullen de depositiewaarden voor landbouwgebied worden gebruikt. Jaargemiddelden zijn in kg/ha beschikbaar voor de periode van 1986-2000. Deze zijn in een jaarconstante belasting (in gr/dag) aan de knopen in het oppervlaktewatermodel toegevoegd op basis van het oppervlak aan open water dat hoort bij elke knoop.

### **Regionale parameterisering**

In Harmonisatie Fase 2 zijn alle modellen met dezelfde parametersettings doorgerekend. Op basis van bestaande data en kennis en afgaande op expert kennis is echter te verwachten dat parameters tussen de gebieden zullen verschillen. In deze stap is een inschatting gemaakt van de verschillen tussen de gebieden met betrekking tot een aantal parameters.

De parameters in het invoerbestand van oppervlaktewaterkwaliteitsmodule bestaat uit verschillende delen:

1. biomassa parameters (bijv. sterftesnelheid, groeiafhankelijkheid (van nutriënten) en hoeveel% van droge stof biomassa uit N en P bestaat)
2. parameters die de interne processen beschrijven en niet direct gerelateerd aan biomassa; mineralisatie, adsorptie/desorptie, sedimentatie (P), denitrificatie (N)
3. opties m.b.t. modelberekening/modeluitvoer

De parameters met betrekking tot de biomassa (groep 1) zijn vastgesteld aan de hand van literatuur in combinatie met calibratie in voorgaande projecten. Er is, binnen Nederland, geen directe aanleiding deze regionaal te variëren er vanuit gaande dat dezelfde plantensoorten in elk van de vier stroomgebieden voor kunnen komen.

Tabel B2.16 en B2.17 geeft daarom een overzicht van de parameters uit de tweede groep, de mineralisatie, adsorptie, sedimentatie en denitrificatie parameters. Deze kunnen regionaal variëren afhankelijk van o.a. de waterbodemsamenstelling en dikte.

Deze parameters zijn in Fase 3 regionaal gevarieerd op basis van expert kennis, het model NUSWA (xxx) en een aantal modeltoepassingen.

Tabel B2.16 *Inschatting van de waarden voor mineralisatie, denitrificatie en sedimentatie parameters*

Parameter	Unit	KRW	DRAA	SBK	QvU
MineralizationRate $k_{mi}$	d <sup>-1</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25
Q10Mineralization $\beta_{mi}$	-	0.04	0.04	0.04	0.04
DenitrificationRate kden	d-1	0.25	0.2	0.2	0.2
Q10Denitrification $\beta_{den}$	-	0.045	0.045	0.045	0.045
SedimentSinkSpeed ws	m.d-1	0.15	0.1	0.1	0.15

Tabel B2.17 *Inschatting van de waarden voor sorptie parameters*

Parameter	Unit	KRW	DRAA	SBK	QvU
LinSorptionNMin $k_{a,Nmin}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.00005	0.00015	0.00015	0.0002
LinSorptionNMax $k_{a,Nmax}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.00005	0.00015	0.00015	0.0002
LinSorptionNDayMax $t_{ka,Nmax}$	day	240	240	240	240
LinSorptionPMin $k_{a,Pmin}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.005	0.01	0.01	0.015
LinSorptionPMax $k_{a,Pmax}$	m <sub>pores</sub> <sup>3</sup> .g <sub>s</sub> <sup>-1</sup>	0.005	0.015	0.015	0.02
LinSorptionPDayMax $t_{ka,Pmax}$	day	30	30	30	30
BulkDensity $\rho_s$	g.m <sub>s</sub> <sup>-3</sup>	300000	1600000	1600000	1100000
SedimentThickness $H_{sed}$	m	0.2	0.02	0.02	0.05

## Bijlage 3 Balansen landsysteem

Tabel B3.1 Stikstofbalans voor grasland (7468 ha) voor de periode 1986-2000

in kg.ha <sup>-1</sup> N	IN				UIT		
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	N-org		NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	N-org
Atmosferische depositie	22.58	10.45	0.00	Oppervlakkige afspoeling	0.02	0.02	0.01
Bemesting	277.19	153.93	119.98	Dentrificatie		182.44	
Gewasresten			333.73	Gewasopname	372.75	323.26	
Incorporatie			119.92	Immobilisatie	0.02		
Netto mineralisatie	469.92			Bruto mineralisatie			589.83
Nitrificataie		396.67		Nitrificatie	396.67		
Infiltratie 3 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	0.00	Ontwatering 3 <sup>e</sup> systeem	0.23	3.06	0.86
Infiltratie 2 <sup>e</sup> systeem	0.01	0.05	0.00	Ontwatering 2 <sup>e</sup> systeem	0.49	44.78	2.65
Infiltratie 1 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.02	0.00	Ontwatering 1 <sup>e</sup> systeem	0.32	8.44	0.66
Kwel	0.59	0.05	0.04	Wegzijging	0.05	1.09	0.13
Voorraadverandering					-0.23	-1.91	-20.47

Tabel B3.2 Stikstofbalans voor maïs (1205 ha) voor de periode 1986-2000

in kg.ha <sup>-1</sup> N	IN				UIT		
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	N-org		NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	N-org
Atmosferische depositie	22.58	10.45	0.00	Oppervlakkige afspoeling	0.01	0.02	0.01
Bemesting	195.94	39.37	248.37	Dentrificatie		179.84	
Gewasresten			13.45	Gewasopname	58.58	122.85	
Incorporatie			68.39	Immobilisatie	0.04		
Netto mineralisatie	255.13			Bruto mineralisatie			323.48
Nitrificataie		414.84		Nitrificatie	414.84		
Infiltratie 3 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	0.00	Ontwatering 3 <sup>e</sup> systeem	0.19	44.39	2.85
Infiltratie 2 <sup>e</sup> systeem	0.01	0.03	0.00	Ontwatering 2 <sup>e</sup> systeem	0.12	71.03	1.72
Infiltratie 1 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.01	0.00	Ontwatering 1 <sup>e</sup> systeem	0.08	13.70	0.37
Kwel	0.10	0.01	0.01	Wegzijging	0.02	21.96	0.08
Voorraadverandering					-0.12	10.91	1.70

Tabel B3.3 Stikstofbalans voor akkerbouw (5419 ha) voor de periode 1986-2000

in kg.ha <sup>-1</sup> N	IN				UIT		
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	N-org		NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	N-org
Atmosferische depositie	22.58	10.45	0.00	Oppervlakkige afspoeling	0.14	0.18	0.00
Bemesting	75.35	48.78	47.22	Dentrificatie		92.39	
Gewasresten			44.01	Gewasopname	59.15	99.16	
Incorporatie			72.11	Immobilisatie	0.04		
Netto mineralisatie	147.20			Bruto mineralisatie			219.27
Nitrificataie		185.81		Nitrificatie	185.81		
Infiltratie 3 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	0.00	Ontwatering 3 <sup>e</sup> systeem	0.07	23.15	0.67
Infiltratie 2 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.02	0.00	Ontwatering 2 <sup>e</sup> systeem	0.21	21.80	1.63
Infiltratie 1 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.01	0.00	Ontwatering 1 <sup>e</sup> systeem	0.11	3.58	0.37
Kwel	0.08	0.01	0.01	Wegzijging	0.08	10.44	0.20
Voorraadverandering					-0.37	-5.64	-58.79

Tabel B3.4 Fosforbalans voor grasland (7468 ha) voor de periode 1986-2000

in kg.ha <sup>-1</sup> P	IN			UIT	
	PO <sub>4</sub> -P	P-org		PO <sub>4</sub> -P	P-org
Bemesting	54.01	3.67	Oppervlakkige afspoeling	0.06	0.00
Gewasresten	0.00	36.78	Gewasopname	77.10	0.00
Incorporatie	0.00	13.67	Immobilisatie	0.00	0.00
Netto mineralisatie	39.41	0.00	Bruto mineralisatie	0.00	53.07
Infiltratie 3 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 3 <sup>e</sup> systeem	0.29	0.07
Infiltratie 2 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 2 <sup>e</sup> systeem	0.06	0.20
Infiltratie 1 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 1 <sup>e</sup> systeem	0.03	0.05
Kwel	0.36	0.03	Wegzijging	0.00	0.01
Voorraadverandering				16.24	0.75

Tabel B3.5 Fosforbalans voor maïs (1205 ha) voor de periode 1986-2000

in kg.ha <sup>-1</sup> P	IN			UIT	
	PO <sub>4</sub> -P	P-org		PO <sub>4</sub> -P	P-org
Bemesting	103.83	8.91	Oppervlakkige afspoeling	0.00	0.00
Gewasresten	0.00	2.12	Gewasopname	28.59	0.00
Incorporatie	0.00	8.39	Immobilisatie	0.01	0.00
Netto mineralisatie	12.59	0.00	Bruto mineralisatie	0.00	20.96
Infiltratie 3 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 3 <sup>e</sup> systeem	0.17	0.14
Infiltratie 2 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 2 <sup>e</sup> systeem	0.03	0.08
Infiltratie 1 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 1 <sup>e</sup> systeem	0.01	0.02
Kwel	0.06	0.01	Wegzijging	0.01	0.01
Voorraadverandering				87.70	-1.78

Tabel B3.6 Fosforbalans voor akkerbouw (5419 ha) voor de periode 1986-2000

in kg.ha <sup>-1</sup> P	IN			UIT	
	PO <sub>4</sub> -P	P-org		PO <sub>4</sub> -P	P-org
Bemesting	32.68	2.23	Oppervlakkige afspoeling	0.12	0.00
Gewasresten	0.00	7.92	Gewasopname	29.68	0.00
Incorporatie	0.00	8.88	Immobilisatie	0.01	0.00
Netto mineralisatie	14.42	0.00	Bruto mineralisatie	0.00	23.29
Infiltratie 3 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 3 <sup>e</sup> systeem	0.24	0.07
Infiltratie 2 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 2 <sup>e</sup> systeem	0.16	0.07
Infiltratie 1 <sup>e</sup> systeem	0.00	0.00	Ontwatering 1 <sup>e</sup> systeem	0.04	0.02
Kwel	0.05	0.00	Wegzijging	0.01	0.01
Voorraadverandering				16.94	-4.42