



2011

Martin Woestenburg, Dorothee van Tol-Leenders

Alterra/Deltares

Sturen op schoon water

Eindrapportage project

Monitoring Stroomgebieden

2011

Martin Woestenburg, Dorothée van Tol-Leenders

Sturen op schoon water

Eindrapportage project

Monitoring Stroomgebieden

Alterra/Deltares



Inhoud

Kaders

Hoofdstuk 1

- 13 **A. Geschiedenis van het mestbeleid**
- 14 **B. Modelleren van grof naar fijn**
- 17 **C. Kaderrichtlijn Water stelt ecologische eisen**

Hoofdstuk 2

- 22 **D. Veenweidepolder**
- 27 **E. Fosfornorm gehaald in Nooitgedacht**
- 28 **F. Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties**
- 35 **G. Grondwater is route van nutriënten**
- 42 **H. Mestbeleid zorgt voor aanvoer en afvoer van mest**
- 44 **I. Ammonium komt uit ondergrond**
- 55 **J. Inlaatwater opsporen met gadolinium**

Hoofdstuk 3

- 67 **K. Mestbeleid heeft gewerkt**
- 69 **L. Vijfentwintig tips voor het waterbeheer**

Hoofdstuk 1

- 9 **1 Waarom sturen op schoon water?**
- 11 **1.1 Aanleiding: Mest belast oppervlaktewater met nutriënten**
- 15 **1.2 Doel: Via kwantificeren sturen op schoon water**
- 15 **1.3 Werkwijze: Meten en modelleren aan bronnen en routes**
 - Meten en modelleren
 - Bronnen en routes
 - Sturingsmogelijkheden

Hoofdstuk 2

- 21 **2 Vier stroomgebieden**
- 23 **2.1 Krimpenerwaard**
 - Krimpenerwaard is veenweidepolder
 - Stikstof daalt, maar veel fosfor in zomer
 - Veenbodem is belangrijke bron van nutriënten
 - Transportroutes tonen complexiteit
 - Voor fosfor haalt Krimpenerwaard nooit de norm
 - Sturen op stikstof zinvol
 - Veen beïnvloedt aanpak waterkwaliteit
- 33 **2.2 Drentse Aa**
 - Natuurlijke en meanderende beek
 - Waterkwaliteit bijna optimaal
 - Nutriënten komen ook van buiten
 - Drentse Aa zonder bemesting
 - Hoge ambities
- 41 **2.3 Schuitenbeek**
 - Gegraven waterloop met veel landbouw en natuur
 - Waterkwaliteit past bij landbouwgebied
 - Schuitenbeek heeft hoge mestproductie
 - Transportroutes verklaren fosforpieken
 - Minder bemesten is niet genoeg
 - Zoeken naar combinaties van maatregelen
- 49 **2.4 Quarles van Ufford**
 - Kleipolder met landbouw
 - Waterkwaliteit afhankelijk van water van buiten
 - Grote verschillen tussen winter en zomer
 - Seizoenen bepalen maatregelen
 - Combinatie van maatregelen levert meeste op

Hoofdstuk 3

- 57 **3 Samenvatting en conclusies**
- 59 **3.1 Waterkwaliteit en mestbeleid**
- 60 **3.2 Bronnen en routes**
- 61 **3.3 Sturingsmogelijkheden voor schoon water**
 - Krimpenerwaard
 - Drentse Aa
 - Schuitenbeek
 - Quarles van Ufford
 - Ecologie
- 63 **3.4 Van vier gebieden naar Nederland**
- 63 **3.5 Integraal waterbeheer**
- 65 **3.6 Conclusie: Maatwerk nodig**

Woord vooraf

In het Tussenrapport Monitoring Stroomgebieden, dat begin 2010 verscheen, kondigde ik een mooi eindrapport aan.

De afgelopen anderhalf jaar zijn er veel relevante onderzoeksresultaten verkregen en nu er een eindrapport in boekvorm ligt, kan ik zeggen dat het zeker gelukt is.

Het project Monitoring Stroomgebieden is in 2003 opgezet om de nutriëntenstromen in en naar het oppervlaktewater op het niveau van stroomgebieden te bekijken. Het begon als een langdurig en intensief onderzoek onder leiding van Alterra, en sinds 2009 is Deltares mede-opdrachtnemer van het project. Dit heeft gezorgd voor een verfrissende aanvulling in het onderzoek.

Het project Monitoring Stroomgebieden is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Naast de opdrachtgevers is het project begeleid door de betrokken waterbeheerders. Dankzij het vertrouwen en de intensieve begeleiding van alle partijen zijn tijdens de looptijd van het project Monitoring Stroomgebieden beleid en onderzoek beter op elkaar afgestemd geraakt.

Om de relatie tussen landbouw en oppervlaktewaterkwaliteit te kunnen leggen, zijn de afgelopen acht jaar in het project Monitoring Stroomgebieden diverse deelaspecten aan bod gekomen. De commissie Spiertz had dit in 2000 al voorzien: 'De interpretatie van de gegevens en het leggen van relaties met bijvoorbeeld landgebruik vragen duidelijk meer inspanning; vaak zijn hiervoor modellen en een aanvullende monitoring van bijvoorbeeld landbouwkundige handelingen, bodemgegevens en hydrologische gegevens nodig.'

Dit boek geeft een makkelijk leesbare samenvatting van alle onderzoeksresultaten die in het project Monitoring Stroomgebieden zijn geboekt. Voor de achterliggende onderzoeken verwijs ik u graag naar de 37 wetenschappelijke rapporten. Hopelijk kan waterbeherend Nederland de inzichten uit het project Monitoring Stroomgebieden volop gebruiken om gericht te sturen op de waterkwaliteit!

Dorothee van Tol-Leenders

Projectleider Monitoring Stroomgebieden
Alterra, onderdeel van Wageningen UR

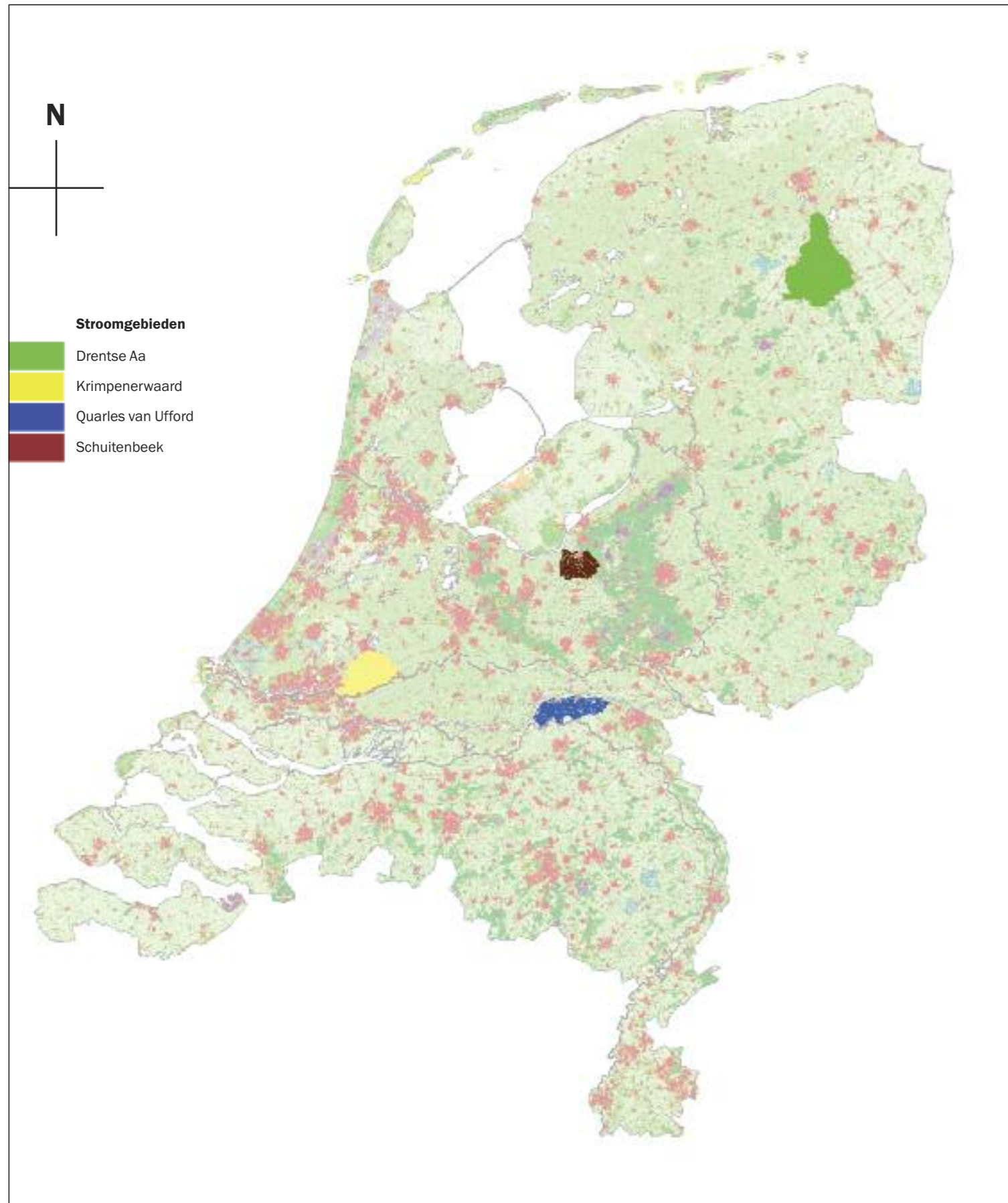
november, 2011



1

Hoofdstuk 1

Waarom sturen op schoon water?



Figuur 1. De stroomgebieden van de Krimpenerwaard, de Drentse Aa, de Schuitembeek en Quarles van Ufford

1

Hoofdstuk 1

Waarom sturen op schoon water?

1.1 Aanleiding: Mest belast oppervlaktewater met nutriënten

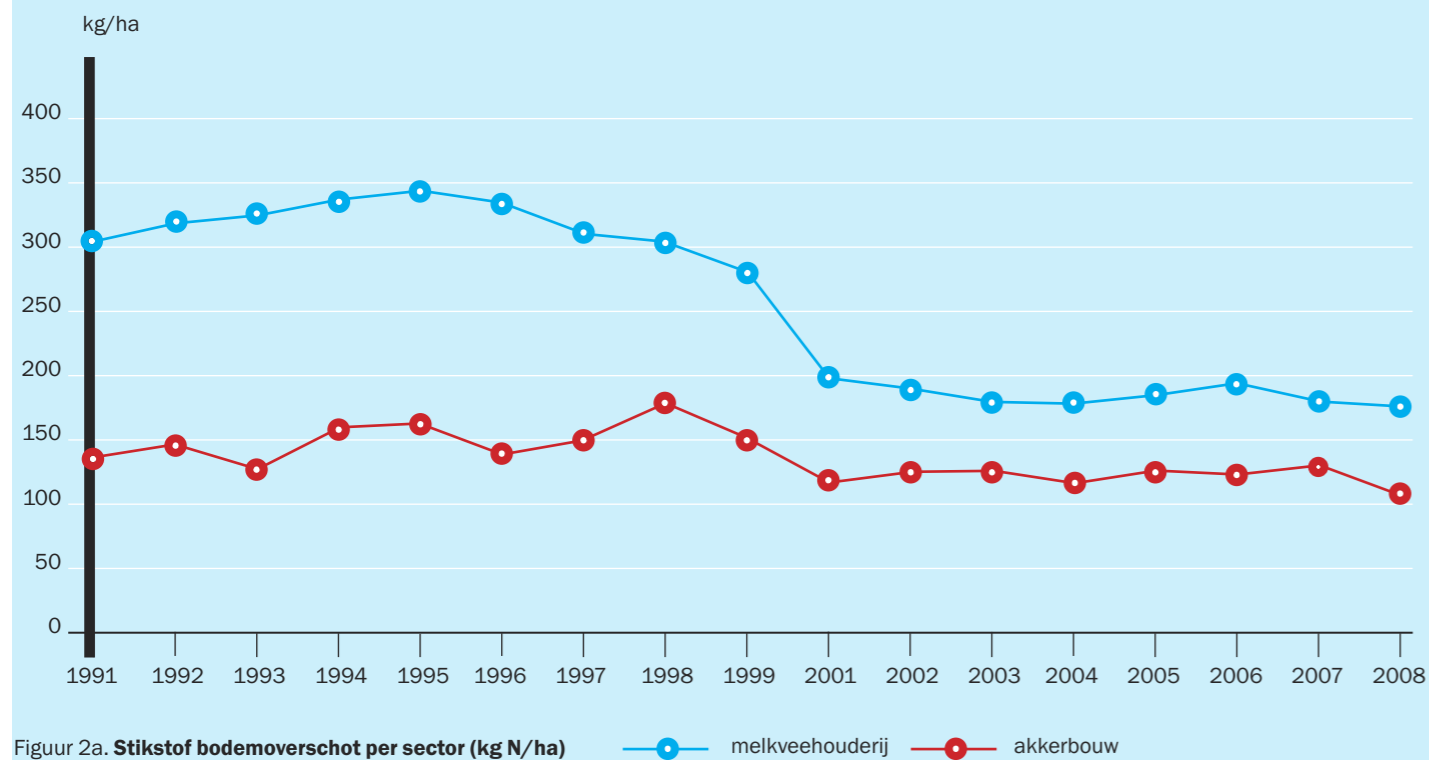
Wereldwijd is schoon water een schaars product. Minder dan 5% van het water op aarde is geschikt als drinkwater. Er zijn ook grote tekorten aan geschikt water voor de irrigatie van de landbouw. Door vervuiling neemt de kwaliteit van het water bovendien af, waardoor ecosystemen verstoord raken. Het gevolg is dat schoon water in de toekomst nog schaarser wordt.

In het waterrijke Nederlandse is er ruimschoots water voorhanden, maar ook hier is de kwaliteit van het oppervlaktewater niet altijd optimaal. In de afgelopen vijftig jaar werd steeds duidelijker dat verhoogde concentraties van bepaalde stoffen in het water allerlei schadelijke gevolgen hadden, van vissterfte en verontreinigd zwemwater tot sterk aangetaste en veranderende aquatische ecosystemen. Daarom werd veel aandacht besteed aan het verbeteren van de waterkwaliteit. Het waterbeheer richtte zich in eerste instantie op de zuivering van de lozingen van de industrie en het stedelijk afvalwater, en op de aansluiting van huizen op het riool. Hierdoor verbeterde de waterkwaliteit zienderogen. Ondanks de vooruitgang van de waterzuivering en de aanleg van riolering heeft de waterkwaliteit nu nog niet overal het gewenste niveau gehaald. De bemesting door de landbouw is hiervan een belangrijke oorzaak. Doordat niet alle nutriënten uit de bemesting door de gewassen worden opgenomen, treden er verliezen op naar het milieu. Zo veroorzaakt de landbouw een belasting van het oppervlaktewater met nutriënten als stikstof en fosfor. Om die verliezen van nutriënten te beperken, ontwikkelde de

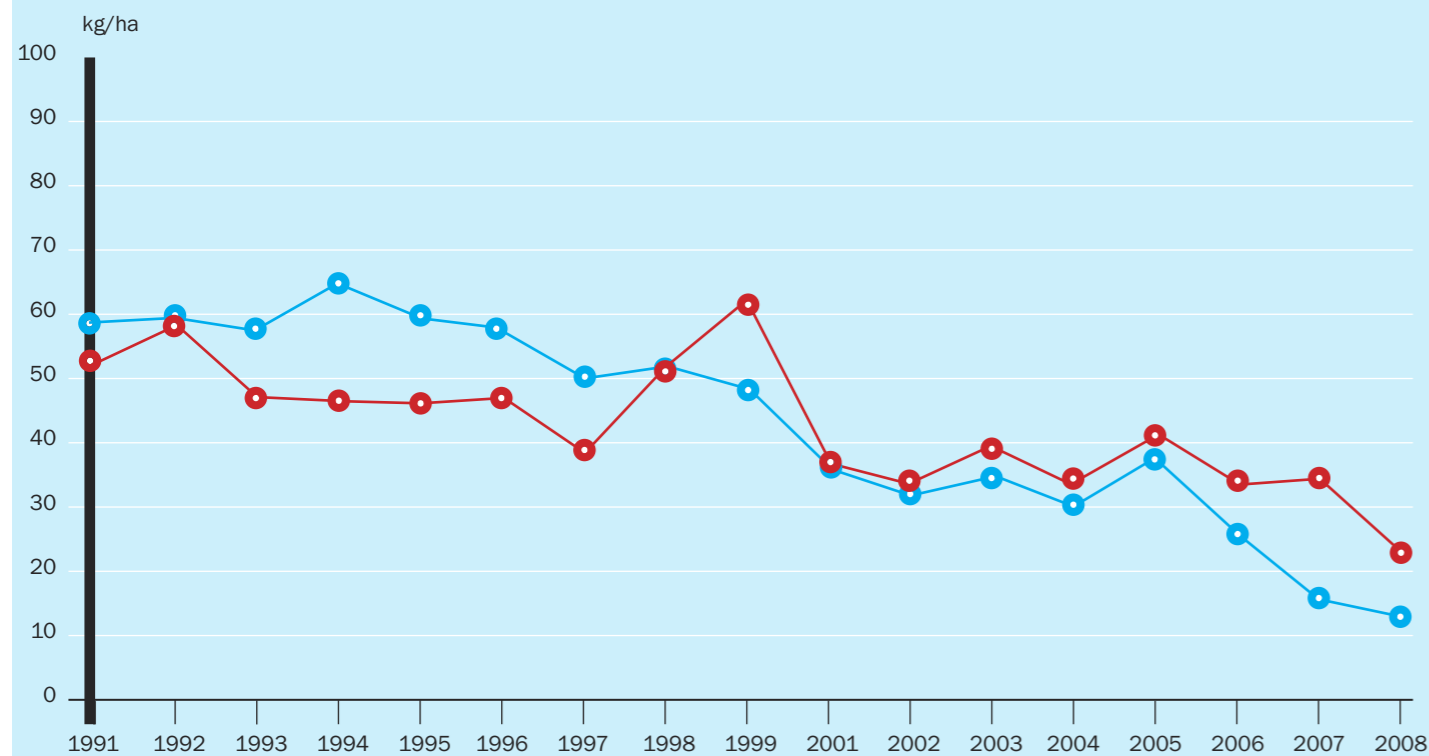
rijksoverheid vanaf halverwege de jaren tachtig mestbeleid. Er kwamen restricties voor het gebruik van stikstof en fosfor in de landbouw in de vorm van dierlijke mest en voor de perioden waarin de mest mocht worden uitgereden (zie kader A. *Geschiedenis van het mestbeleid*). Geleidelijk aan zijn die gebruiksnormen voor fosfor en stikstof verder aangescherpt.

Vanaf de jaren tachtig zijn talloze wetenschappelijke onderzoeken gedaan naar het effect van het mestbeleid op de kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater. Het bleek echter niet mogelijk om op landelijk niveau de relatie tussen het mestbeleid en de kwaliteit van het oppervlaktewater aan te tonen. Er was een gebrek aan inzicht in de bronnen en de transportroutes van de nutriënten en in de processen die de waterkwaliteit beïnvloeden op het niveau van de stroomgebieden.

Dat was een van de redenen waarom de commissie Spiertz II in 2000 adviseerde om op het niveau van stroomgebieden gericht onderzoek uit te voeren om het beleid handvatten te bieden om de waterkwaliteit verder te verbeteren. Dit advies werd opgepakt door de toenmalige ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, en Verkeer en Waterstaat. In 2003 begon een meerjarig onderzoek onder de naam 'Meerjarig monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten in stroomgebieden en polders' – kortweg 'Monitoring Stroomgebieden'. In 2011 is dit onderzoek afgerond.



Figuur 2a. Stikstof bodemoverschot per sector (kg N/ha) — melkveehouderij — akkerbouw



Figuur 2b. Fosfaat bodemoverschot per sector (kg P₂O₅/ha)

Na de Tweede Wereldoorlog is de landbouw steeds grootschaliger en intensiever gaan werken. De hoeveelheid mest die de landbouw produceerde, groeide vanaf de jaren vijftig tot aan de jaren negentig gestaag. Die mest kon niet allemaal nuttig gebruikt worden op de landbouwgronden, en daardoor ontstonden mestoverschotten. Om de verliezen van nutriënten te beperken, wordt er vanaf de jaren tachtig gewerkt aan het mestbeleid.

Het Nederlandse mestbeleid werd gebaseerd op de Europese Nitraatrichtlijn, sinds die in 1992 van kracht werd. Inmiddels is deze richtlijn een onderdeel van de Europese Kaderrichtlijn Water (zie kader C. *Kaderrichtlijn Water*). De Nitraatrichtlijn bevat voorschriften over het toegestane gebruik van dierlijke mest om te voorkomen dat de nitraatconcentraties in het grondwater te hoog worden. Doel van de Nitraatrichtlijn is de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater te verbeteren als grondstof voor de productie van drinkwater, maar ook de bescherming van de kwaliteit van het oppervlaktewater tegen eutrofiëring.

Voor het mestbeleid zijn verschillende maatregelen ontwikkeld. Zo zijn er gebruiksnormen vastgesteld voor de hoeveelheden stikstof en fosfor uit dierlijke mest en kunstmest voor elke teeltvorm, gewastype en bodemsoort. Er zijn voorschriften om de mest op de meest efficiënte manier in de gewassen terecht te laten komen. Ook zijn grenzen gesteld aan het aantal dieren dat voor productie mag worden gehouden. Zo moet worden voorkomen dat de mestproductie hoger is dan wat nodig is voor de teelt van gewassen. Daarnaast zijn er regels voor de afvoer van mest van veehouderijbedrijven. Zo is altijd bekend waar de mest vandaan komt en naartoe gaat en waarmee overbesteding moet worden voorkomen (zie kader H. *Mestbeleid zorgt voor aanvoer en afvoer van mest*). Ook zijn gebruiksnormen ingesteld, waarbij er voor fosforbesteding rekening wordt gehouden met fosfor die in de bodem ligt opgeslagen.

De milieubelasting door de landbouw is als gevolg van het mestbeleid afgenomen. De bodemoverschotten zijn bijvoorbeeld voor de sector melkveehouderij tussen 1991 en 2008 voor stikstof met 42% en voor fosfaat met

78% afgenomen (zie figuur 2a en figuur 2b). In het onderzoeksproject Monitoring Stroomgebieden is de effectiviteit van het mestbeleid voor de kwaliteit van het oppervlaktewater in vier stroomgebieden bevestigd (zie kader K. *Mestbeleid heeft gewerkt*). Toch is daarmee de kwaliteit van het oppervlaktewater beperkt verbeterd. Meer zicht op de bronnen en de routes van de nutriënten in het oppervlaktewater is nodig om gericht te kunnen sturen op schoon water. Daarom concentreerden onderzoekers in Monitoring Stroomgebieden zich op deze bronnen en routes. De resultaten van het onderzoek worden meegenomen in de evaluatie van het Nederlandse mestbeleid, die medio 2012 zal zijn afgerond.



In het project **Monitoring Stroomgebieden** is gefaseerd een nieuw modelsysteem ontwikkeld voor de nutriëntenstromen naar en in het oppervlaktewater. In vier stroomgebieden is in samenwerking met de waterschappen een intensief meetprogramma opgezet. De resultaten daarvan zijn gebruikt om het modelsysteem te valideren en te kalibreren. De grondige analyse die daarvoor nodig was, heeft niet alleen gezorgd voor meer inzicht in de vier stroomgebieden, maar heeft ook gezorgd voor verbetering van het landelijke uitspoelingsmodel **STONE**.

Het nieuwe modelsysteem is ontwikkeld uit bestaande procesmodellen. Het is onderverdeeld in een landsysteem en een oppervlaktewatersysteem. In beide systemen wordt onderscheid gemaakt tussen de waterkwaliteit en de waterkwantiteit. Binnen het landsysteem stonden de berekeningen van het bodemkwaliteitsmodel **ANIMO** en het waterhuishoudingsmodel **SWAP** centraal. Met deze modellen is de uitspoeling naar het oppervlaktewatersysteem doorgerekend. Met het model **SWQN** konden de stroming en de peilen in het oppervlaktewater worden doorgerekend. Voor de kwaliteit van het oppervlakte-

watersysteem is het oppervlaktewatermodel **NuswaLite** de spil.

In de eerste fases van de modelontwikkeling is voor de berekening van de uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater gebruik gemaakt van het landelijke model **STONE 2.1**. Dat model werd ook gebruikt bij de evaluatie van het mestbeleid in 2004. In de laatste fase was het nieuwe modelsysteem vooral opgebouwd uit de informatie die is opgedaan in de vier onderzoeksgebieden. Alleen voor de beschrijving van de processen in het landsysteem is nog gebruik gemaakt van **STONE 2.1**.

Analyses van de meetresultaten uit de vier stroomgebieden zijn gebruikt voor de validatie in de eerste fases van de modelontwikkeling. De vergelijking van de meetresultaten met de modelresultaten leverde inzicht in de karakteristieken van de meest belangrijke bronnen en routes van de nutriënten in de stroomgebieden. Om het modelsysteem op deze onderdelen te verbeteren, is een groot aantal aanvullende metingen verricht in de vier stroomgebieden. In de Krimpenerwaard betroffen die extra metingen met name de

achtergrondconcentraties van nutriënten in de bodem, in **Drentse Aa** de fosfaatophoping in de bodem en in **Quarles van Ufford** de rol van inlaatwater in het gebied. Op basis van deze metingen zijn in het modelsysteem de modelschematisaties en -parameterisaties aangepast.

In de laatste fase is een beperkte kalibratie uitgevoerd. De berekende stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater kwamen goed overeen met de metingen.

Met nieuwe informatie zijn de modellen nog verder te verbeteren. De pieken in fosforconcentraties kunnen bijvoorbeeld nog beter worden berekend als er meer inzicht is in de precieze bemestingsmomenten, lokale puntbronnen of als er nog gedetailleerdere gegevens zijn over de neerslag, bijvoorbeeld van de neerslagradar.



De Veldbeek maakt deel uit van het stroomgebied van de Schuitenbeek

1.2 Doel: Via kwantificeren sturen op schoon water

Het project **Monitoring Stroomgebieden** richtte zich op de vragen wat de invloed is van het mestbeleid op de kwaliteit van het oppervlaktewater en hoe kan worden gestuurd op schoon water. Daarvoor is op het niveau van stroomgebieden onderzocht wat de bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater zijn en via welke transportroutes de nutriënten in het oppervlaktewater terecht komen. Er stonden in het onderzoek twee beleidsvragen centraal: welke maatregelen zijn effectief om de hoeveelheid nutriënten in het oppervlaktewater te beperken, en welke sturingsmogelijkheden in het oppervlaktewatersysteem zijn effectief om de beleidsdoelen te bereiken? Daarmee was het onderzoek van **Monitoring Stroomgebieden** gericht op *Sturen op schoon water*, de titel van dit boek.

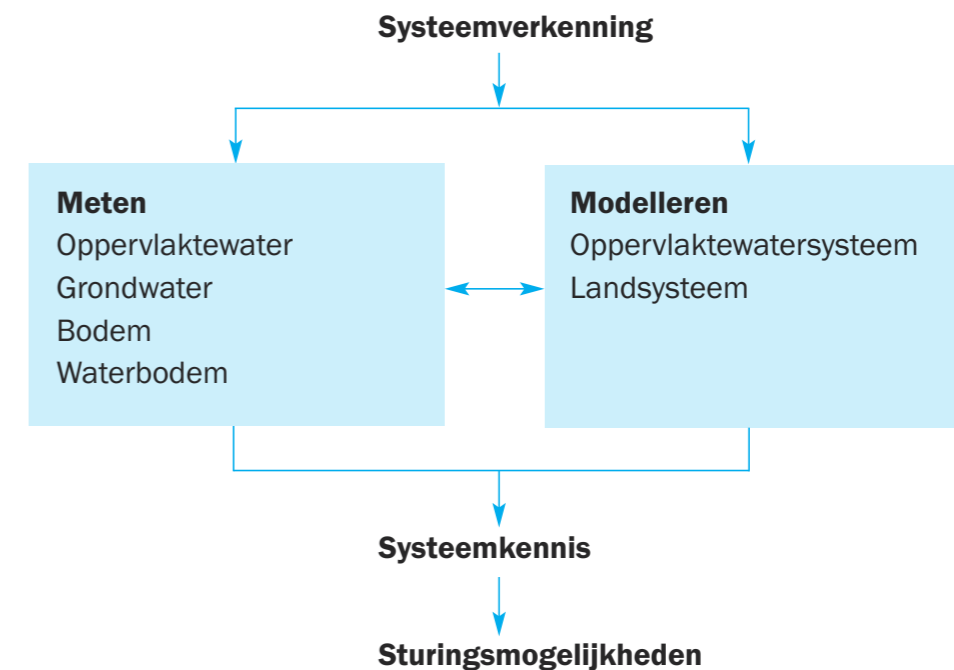
1.3 Werkwijze: Meten en modelleren aan bronnen en routes

Binnen **Monitoring Stroomgebieden** is onderzocht hoe de nutriënten uit de bemesting kunnen worden onderscheiden van de nutriënten die op een andere manier in het oppervlaktewater komen. Daarbij is allereerst gekeken naar de bronnen en routes

van de nutriënten op het land en in het oppervlaktewater. Daarnaast is onderzocht wat de rol is van de wisselwerking tussen het landsysteem en het watersysteem, dat wil zeggen tussen alle processen die op en in het land en het water spelen. Op basis hiervan is uitgerekend hoe effectief sturingsmogelijkheden zijn om de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater te verminderen.

Metten en modelleren

In het onderzoek van **Monitoring Stroomgebieden** zijn metingen en modelberekeningen gedaan in vier stroomgebieden met zeer verschillende kenmerken. De veenweidepolder **Krimpenerwaard** staat voor de veengebieden in Nederland, de kleipolder **Quarles van Ufford** voor de kleigebieden. Om goed zicht te krijgen op de manier waarop nutriënten zich in zandgebieden gedragen, is gekozen voor een stroomgebied waar een hoge nutriëntenbelasting werd verwacht – de **Schuitenbeek** – en een stroomgebied met een lagere belasting – de **Drentse Aa** (zie figuur 1). Het onderzoek van **Monitoring Stroomgebieden** begon met een systeemverkenning, waarbij alle bestaande kennis over de vier stroomgebieden is verzameld (zie figuur 3). Waar nodig zijn extra veldmetingen gedaan. Zo is bijvoorbeeld gemeten aan de hoe-



Figuur 3. De aanpak van het project **Monitoring Stroomgebieden**

veelheid nutriënten in de veenbodem van de Krimpenerwaard en aan oppervlaktewaterprocessen in de Drentse Aa. Met de meetresultaten zijn de kennishiaten in de vier onderzoeksgebieden opgevuld. Daarna zijn de bronnen en routes van nutriënten naar het oppervlaktewater gekwantificeerd.

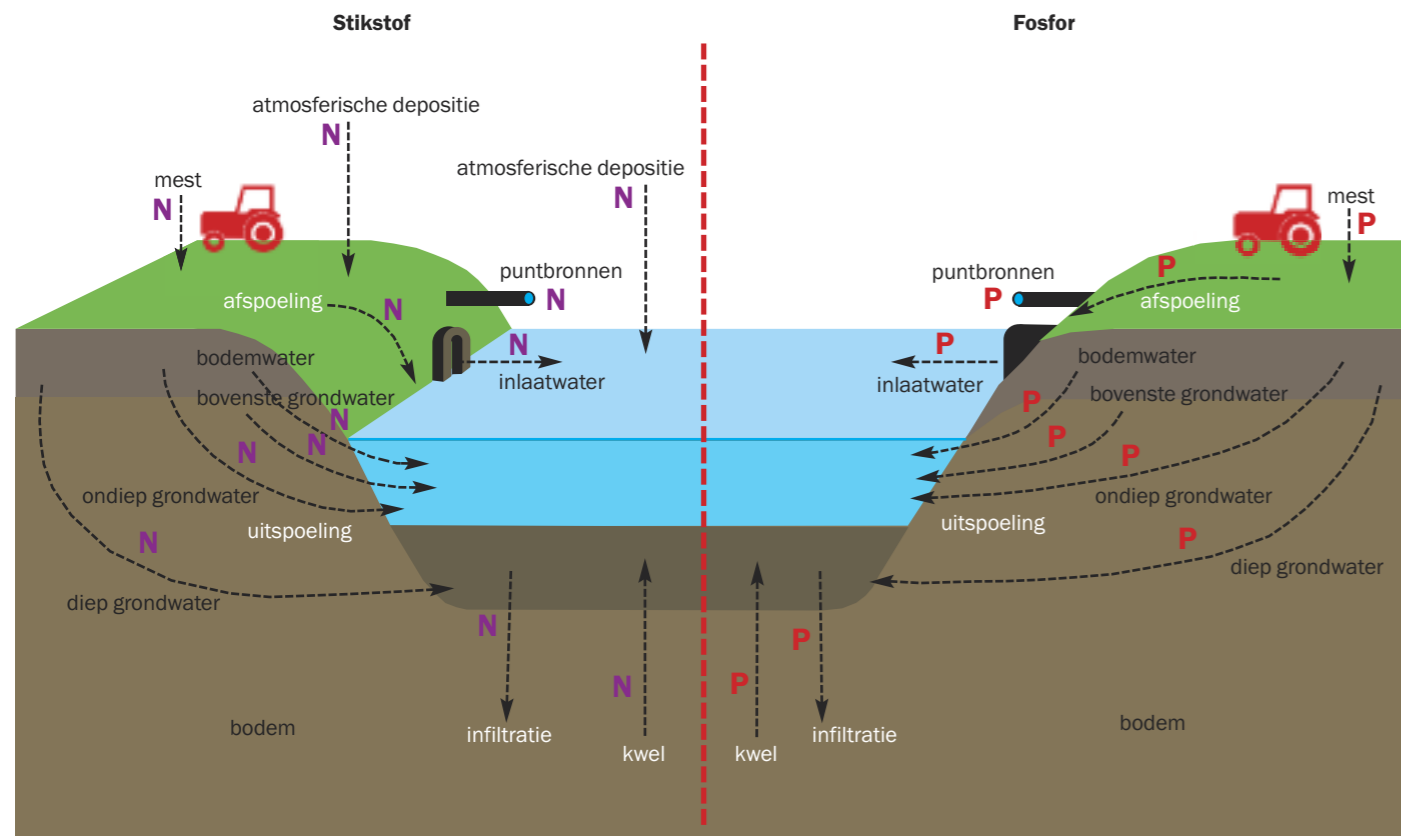
Naast de gerichte extra veldmetingen zijn de bestaande oppervlaktewatermeetnetten van de waterschappen verdicht, door het toevoegen van nieuwe meetlocaties maar ook door vaker te meten aan bepaalde meetlocaties. De nieuwe metingen zijn binnen Monitoring Stroomgebieden gebruikt om procesmodellen te ontwikkelen op het niveau van het stroomgebied. Deze modellen zijn afgeleid van het bestaande, landelijke model STONE, dat in fases is verfijnd en uitgebreid (zie kader B. *Modelleren van grof naar fijn*). Door de metingen en de modelberekeningen te koppelen, ontstond binnen het project een systeem waarmee de bronnen en routes van nutriënten in en naar het oppervlaktewater te volgen en te voorspellen zijn.

Bronnen en routes

In Monitoring Stroomgebieden zijn bronnen en routes onderscheiden voor de nutriënten in het oppervlaktewater (zie figuur

4). De nutriënten in het oppervlaktewater komen uit processen die spelen in en op het landsysteem en het oppervlaktewatersysteem. De bronnen van nutriënten in het landsysteem zijn: de bemesting, de atmosferische depositie op land, de infiltratie van het oppervlaktewater naar de bodem en het grondwater, de kwel en de bodemvoorraad. Daarnaast komen er nutriënten in het oppervlaktewater uit andere bronnen: de atmosferische depositie op het water, het inlaatwater, en lozingen van puntbronnen zoals rioolwaterzuiveringsinstallaties. Lokale bronnen van nutriënten, bijvoorbeeld van erfafspoeling, kunnen effect hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Informatie over omvang en locaties van deze lokale bronnen in de gebieden ontbreken en zijn daarom bij de modellering in het onderzoek buiten beschouwing gelaten. Bij de analyse van meetgegevens zijn lokale bronnen als verklaring voor hoge concentraties in het oppervlaktewater wel beschouwd.

De bemesting is een bron van nutriënten in het oppervlaktewater, maar stikstof en fosfor gedragen zich heel anders in de bodem. Om gericht sturingsmogelijkheden te benoemen die effectief zijn voor het verminderen van de concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater, is binnen Monitoring Stroomgebieden onderscheid gemaakt tussen de bronnen 'historische



Figuur 4. Bronnen en routes van stikstof (links) en fosfor (rechts) naar het oppervlaktewater

Kader C.

Kaderrichtlijn Water stelt ecologische eisen

De Europese Kaderrichtlijn Water stelt ten aanzien van het oppervlaktewater naast eisen aan de chemische kwaliteit vooral ook ecologische eisen. De concentraties nutriënten in het oppervlaktewater, zoals onderzocht in Monitoring Stroomgebieden, zijn een belangrijk, maar niet het enige kwaliteitskenmerk dat bepaalt of het oppervlaktewater voldoet aan de ecologische doelen van de kaderrichtlijn.

De Kaderrichtlijn Water is bedoeld om het oppervlaktewater – zoals rivieren, meren, kustwateren en grondwateren – in heel Europa te beschermen. De richtlijn integreert enkele oudere Europese richtlijnen, waaronder de Nitraatrichtlijn die bepalend is voor het Nederlandse mestbeleid. De richtlijn stelt eisen aan de kwaliteit van het oppervlaktewater. Nederland werkt, sinds de richtlijn in 2000 van kracht werd, aan het formuleren van de ecologische doelen voor alle stroomgebieden. Het Nederlandse watersysteem is ingedeeld via een nieuwe watertypologie. Voor elk watertype geldt een bepaald ecologisch doel dat gebiedsgericht nader kan worden geconcretiseerd. Volgens de Kaderrichtlijn Water moet al het natuurlijke oppervlaktewater een goede ecologische toestand (GET) hebben. Nederland heeft vooral kunst-

matige en sterk veranderde wateren waarvoor een goed ecologisch potentieel (GEP) moet worden gehaald.

De nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zijn relevante kenmerken die bepalen of een water een GET of GEP heeft. Waterschappen bepalen in overleg met de provincies, de rijksoverheid en (lidstaten binnen) de Europese Unie welke normen voor bijvoorbeeld concentraties aan stikstof en fosfor worden gehanteerd. De vier stroomgebieden die binnen Monitoring Stroomgebieden zijn onderzocht, laten zien dat er grote verschillen zijn in deze normen (zie tabel 1). De normen verschillen in de twee beeksystemen in het zandgebied. Waterschap Hunze en Aa's heeft andere normen vastgesteld voor het GEP in de Drentse Aa dan Waterschap Veluwe voor het GEP in de Schuitenbeek.

In 2010 heeft Nederland bepaald welke ecologische doelen er in de verschillende stroomgebieden in het kader van de kaderrichtlijn moeten worden gehaald. De waterschappen en andere betrokkenen kunnen de resultaten van het project Monitoring Stroomgebieden gebruiken om beter te kijken naar de manier waarop nutriënten in het oppervlaktewater terecht komen. Het inzicht in de bronnen en de

Gebied	Totaal stikstof zomergemiddelde (mg/l N)	Totaal fosfor zomergemiddelde (mg/l P)
Drentse Aa	2,2	0,08 – 0,10
Schuitenbeek	4,0	0,14
Krimpenerwaard	2,4	0,22
Quarles van Ufford	2,8	0,15

Tabel 1. Gebiedsgerichte normen (GEP) voor de waterlichamen uit de Kaderrichtlijn Water in de vier onderzochte gebieden. In kleinere toeleverende wateren kunnen andere doelen gelden.



Hoofdwetering in het bemalingsgebied Quarles van Ufford



Het Zeegserloopje maakt deel uit van het stroomgebied van de Drentse Aa

bemesting' en 'recente bemesting'. Fosfor hecht zich zo sterk aan de bodem dat de bemesting na tientallen jaren nog kan leiden tot een belasting van het oppervlaktewater, omdat fosfor ook na lange tijd vrij kan komen uit de verzadigde bodem. Daarom is de mest die in de afgelopen tien tot veertig jaar is opgebracht – de historische bemesting – een belangrijke bron van fosfor in het oppervlaktewater. Voor stikstof is vooral de bemesting van de afgelopen tien jaar een belangrijke bron – de recente bemesting.

De nutriënten uit de bronnen komen via verschillende transportroutes in het oppervlaktewater terecht. Ook hier zijn er verschillen tussen stikstof en fosfor. Stikstof spoelt makkelijker uit de bodem, fosfor komt geleidelijk in kleine hoeveelheden vrij uit de bodem. Het probleem met fosfor is dat de kans op uitspoeling naar het grondwater en het oppervlaktewater groter wordt naarmate er meer fosfor in de bodem ligt opgeslagen. Bepalend voor de vraag in hoeverre de bemesting vanuit het land hierbij een rol speelt, is de diepte waarop de uitspoeling plaatsvindt.

Met behulp van de metingen en de modellen zijn daarvoor de verschillende transportroutes van nutriënten gekwantificeerd.

Om de grootte van de fosfaatuitspoeling naar het grond- en op-

pervlaktewater te bepalen, is kennis over de fosfaatopbouw in de bodem onmisbaar. Daarom is in het project Monitoring Stroomgebieden voor de stroomgebieden de fosfaattoestand van de bovengrond bepaald op basis van intensieve meetcampagnes. Hierbij is op verschillende dieptes in de bodem de fosforverzadiging bepaald.

Sturingsmogelijkheden

Binnen Monitoring Stroomgebieden werd met modellen doorgerekend wat er gebeurde als bronnen zoals de bemesting werden verminderd. Daarnaast kon dankzij de analyses van de verschillende bronnen en routes van de nutriënten in het oppervlaktewater worden bepaald welke brongerichte en andere sturingsmogelijkheden er zijn om de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater verder te verminderen. Hieruit volgt hoe waterbeheerders en beleidsmakers kunnen sturen op schoon water in de stroomgebieden.



Debietproportionele meetlocatie in het stroomgebied Schuitenbeek, een locatie die in de zomer kan droogvallen (zie pagina 47)



2

Hoofdstuk 2

Vier stroomgebieden

Er is in Nederland ongeveer 210.000 hectare laagveengrond. Daarvan is het overgrote deel in gebruik als veenweide, met name in het Groene Hart en in Friesland. De Krimpenerwaard is in het project Monitoring Stroomgebieden een voorbeeld van zo'n veenweidegebied.

De veenbodem is rijk aan nutriënten, en dat maakt de Krimpenerwaard in het project Monitoring Stroomgebieden een apart gebied. In de organische stof van de voedselrijke veenbodem ligt van nature vooral veel stikstof opgeslagen, en in iets mindere mate fosfor. Daarnaast zijn aan het bodemcomplex veel fosfaat en ook ammonium gebonden, wat gepaard gaat met hoge concentraties van deze stoffen in het bodemwater. Tenslotte bevat dit bodemwater ook nog eens hoge concentraties organische stikstof- en fosforverbindingen. Deze nutriëntenrijke cocktail vormt de basis voor wat wel de 'natuurlijke achtergrondbelasting' van veenweidepolders wordt genoemd.

Die natuurlijke achtergrondbelasting is echter niet zo natuurlijk als het lijkt. Het is de manier waarop de veenweidepolders gevormd zijn uit hun natuurlijke oorsprong, het veen-

moeras, en hoe ze nu gebruikt worden, als weide voor de melkveehouders, die zorgt dat nutriënten in het oppervlaktewater terecht komen. Sleutelwoord hierbij is: ontwatering. Veenweidepolders worden al eeuwenlang gebruikt door de landbouw. Tegenwoordig zijn het overwegend melkveeouders die de weide laten begrazen door hun koeien en gebruiken voor de winning van hooi en kuil als wintervoer. Om het land bruikbaar te maken voor de landbouw wordt het waterpeil in de sloten op dertig tot zestig centimeter onder het maaiveld gehouden. Die ontwatering heeft allerlei gevolgen voor de manier waarop nutriënten zich in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard gedragen. Het belangrijkste gevolg van de ontwatering is al eeuwen de bodemdaling. De veenbodem komt namelijk door de kunstmatig lage slootpeilen in aanraking met de lucht. Daardoor wordt het veen geoxideerd door bodemorganismen die leven van de in de lucht aanwezige zuurstof. Hierbij komen oplosbare organische en anorganische vormen van stikstof en fosfor vrij. Een deel van deze stoffen spoelt uit met het overtollige regenwater dat door de veenbodem naar de sloot stroomt.

Om de bodemdaling te beperken, worden de waterpeilen hoog gehouden. Daardoor zijn de veenweiden vooral in de winter en het voorjaar nat. De mest die dan opgebracht wordt, kan met regen relatief makkelijk afspoelen en uitspoelen. De landbouw in de Krimpenerwaard is grotendeels melkveehouderij. De mest van het weidende vee wordt grotendeels oppervlakkig opgebracht, wat risico's oplevert voor afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater.

Een veenweidepolder heeft ook een grote hoeveelheid oppervlaktewater, zeker een relatief natte veenweidepolder als de Krimpenerwaard. Het water blijft in een veenweidepolder langer aanwezig. Daardoor is er voldoende tijd voor processen die nutriënten laten verdwijnen uit het water of ze juist vrijmaken uit de waterbodem (zie kader F. *Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties*).

Voor kwalitatief goed waterbeheer van een veenweidepolder is het nodig om al deze aspecten integraal aan te pakken. Tegenwoordig is de consensus dat het tegengaan van bodemdaling, veroorzaakt door de oxidatie van de veenbodem, daarbij prioriteit nummer één heeft.



De veenweidepolder Krimpenerwaard

2

2.1 Krimpenerwaard

De Krimpenerwaard is één van de bekende 'waarden' die deel uitmaken van het westelijke veenweidegebied. Het is een 13.000 hectare groot gebied met verschillende polders, in het oosten grenzend aan de Lopikerwaard en in het westen aan de Zuidplaspolder (zie figuur 5). Het overgrote deel van de bodem van de Krimpenerwaard bestaat uit een veenpakket van drie tot tien meter dik, lokaal soms afgedekt met klei. Het voedselrijke bosveen en broekveen is eigenlijk alleen geschikt als grasland voor de melkveehouderij, op de oeverwallen langs de rivieren komt sporadisch akkerbouw en fruitteelt voor.

Krimpenerwaard is veenweidepolder

Met zijn smalle kavels en vele sloten heeft het stroomgebied van de Krimpenerwaard heel veel oppervlaktewater. Een systeem van inlaten, stuwen en gemalen zorgt dat het waterpeil op peil blijft. Drie gemalen malen polderwater uit naar de Hollandse IJssel, de Vlist en de Lek of laten juist rivierwater in.

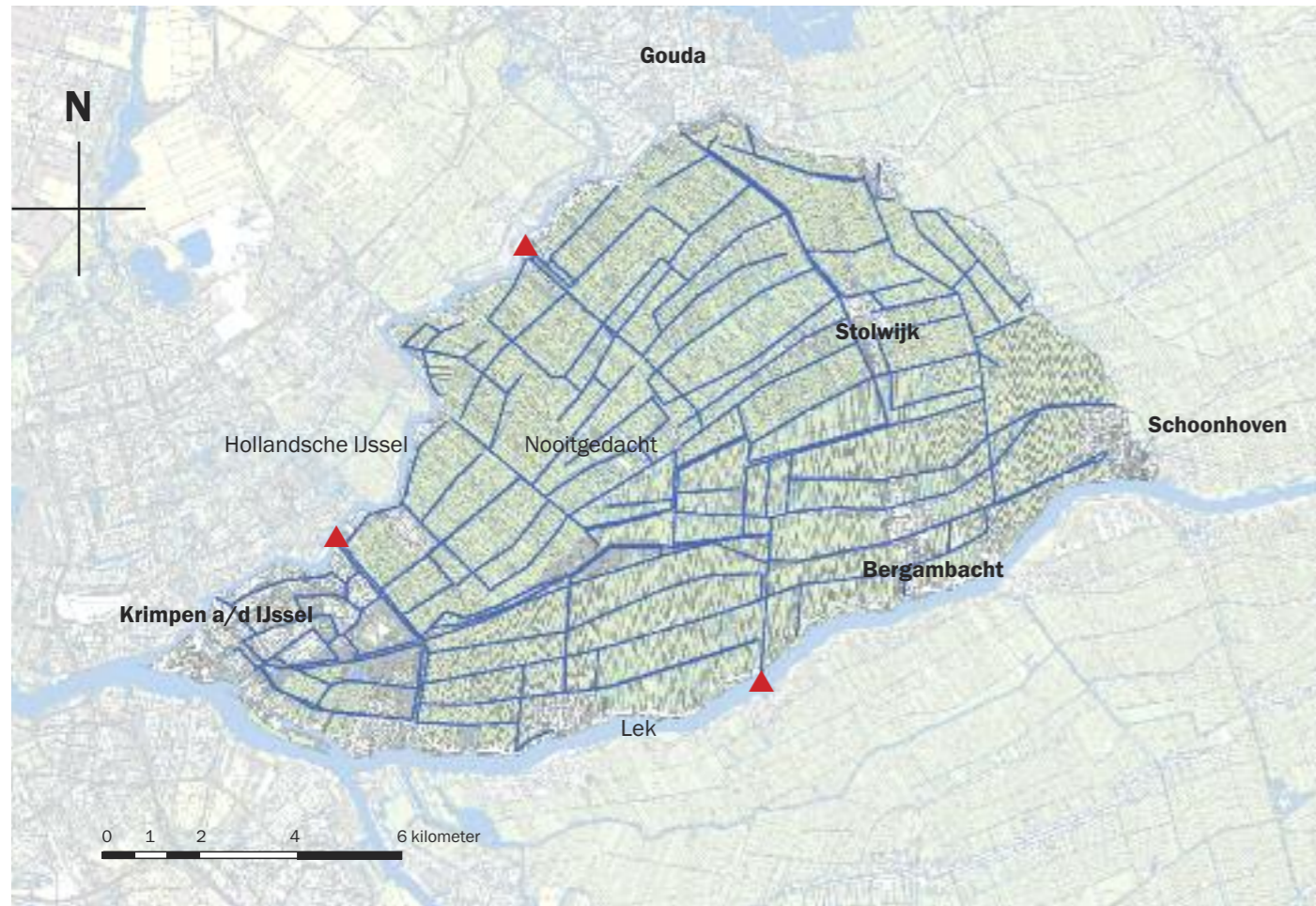
Om veenweidepolders als de Krimpenerwaard geschikt te maken voor de landbouw worden die al eeuwen ontwaterd. Die ontwatering zorgt voor een gestage bodemdaling in de Krimpenerwaard. Het veen in de bodem wordt geoxideerd. Micro-organismen verteer het veen, en hebben daarvoor zuurstof uit de lucht nodig. Voor de ontginning van de Krimpenerwaard, zo'n duizend jaar geleden, lag het gebied boven de zeespiegel, nu één tot twee meter daaronder. Om de oxidatie te beperken, zijn de slootpeilen hoger in veenweidepolders.

De veenbodem bevat van nature veel nutriënten. Bij de ontwatering komen die vrij door oxidatie en uitloging. De combinatie van ontwatering, bodemdaling en voedselrijke veenbodem zorgt er voor dat veenweidepolders als de Krimpenerwaard het oppervlaktewater extra belasten met nutriënten (zie kader D. *Veenweidepolder*).

Stikstof daalt, maar veel fosfor in de zomer

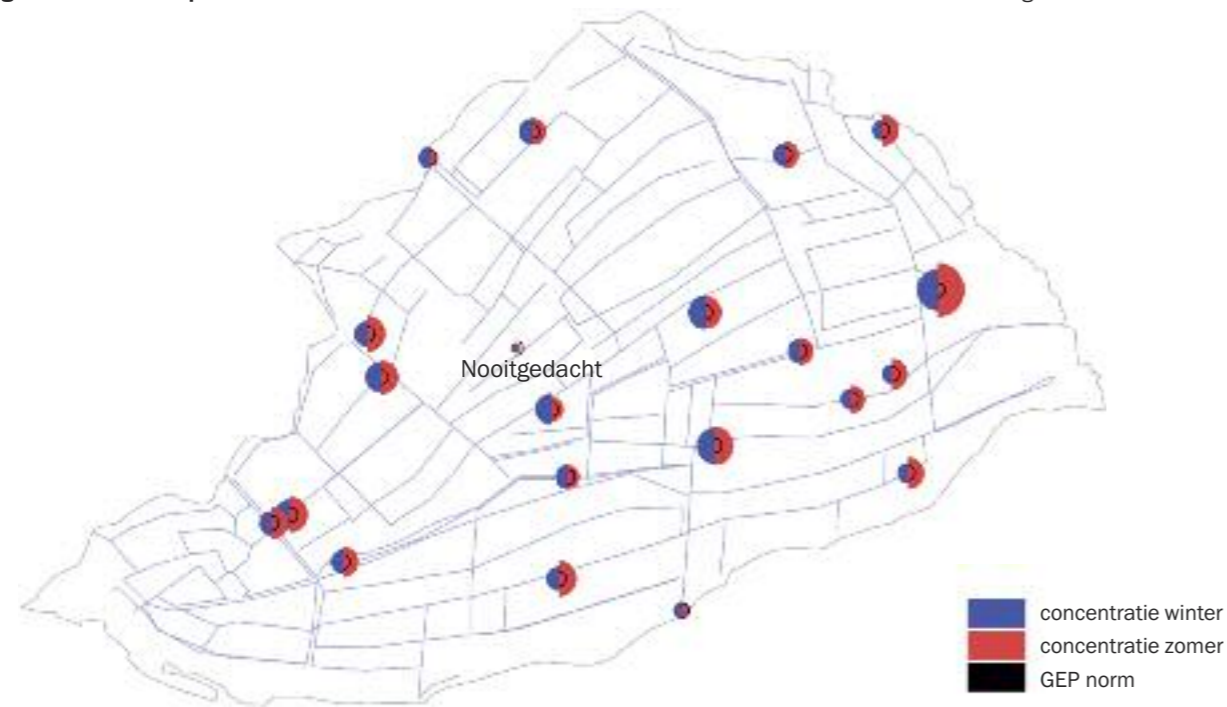
De kwaliteit van het oppervlaktewater in de Krimpenerwaard is in de afgelopen twintig jaar vooral significant verbeterd als het gaat om stikstof, blijkt uit analyses in Monitoring Stroomgebieden (zie figuur 7a). De stikstofconcentraties in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard liggen echter wel boven de norm van 2,4 mg/l die het Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard hanteert voor de Kaderrichtlijn Water (zie kader C. *Kaderrichtlijn Water stelt ecologische eisen*). Daarbij zijn er uitschieters te vinden van 3 tot 4 mg/l stikstof.

Voor fosfor is er geen significant verschil berekend in de concentraties in het oppervlaktewater tussen 1980 en 2010 (zie figuur 7b). Wat opvalt zijn de hoge fosforconcentraties in de zomer. Uit metingen blijkt dat de fosforconcentraties op bepaalde plekken stijgen tot zo'n vijf keer de norm van 0,22 mg/l fosfor die het Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard hanteert voor de Kaderrichtlijn Water (zie figuur 6 en kader C. *Kaderrichtlijn Water stelt ecologische eisen*).

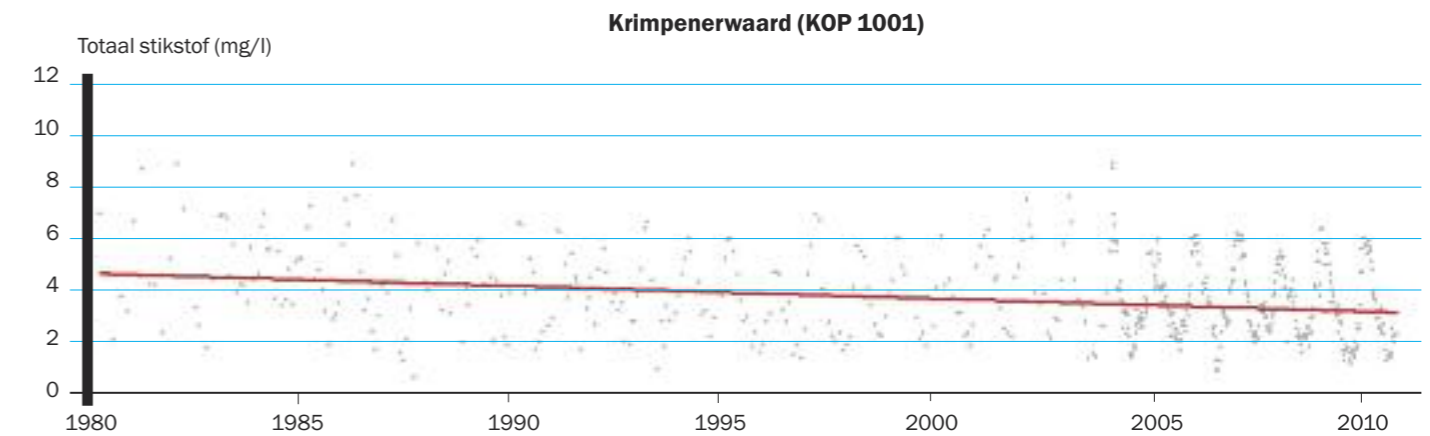


Figuur 5. Het gebied van de Krimpenerwaard

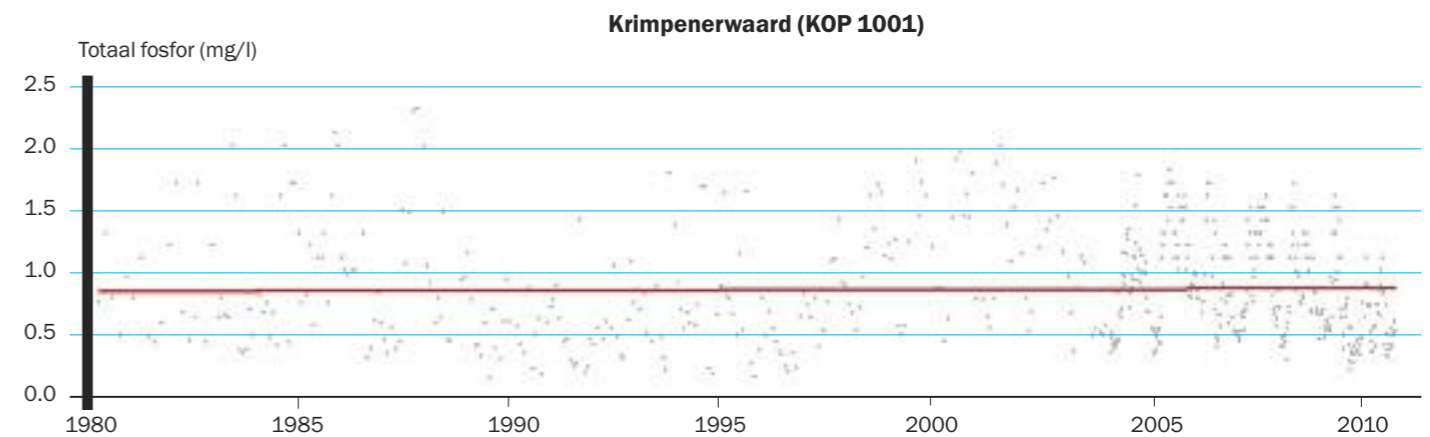
▲ gemaal



Figuur 6. De ruimtelijke verschillen van de fosforconcentraties in de Krimpenerwaard



Figuur 7a. Het verloop van de concentraties van totaal stikstof in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard van 1980 tot 2010



Figuur 7b. Het verloop van de concentraties van totaal fosfor in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard van 1980 tot 2010

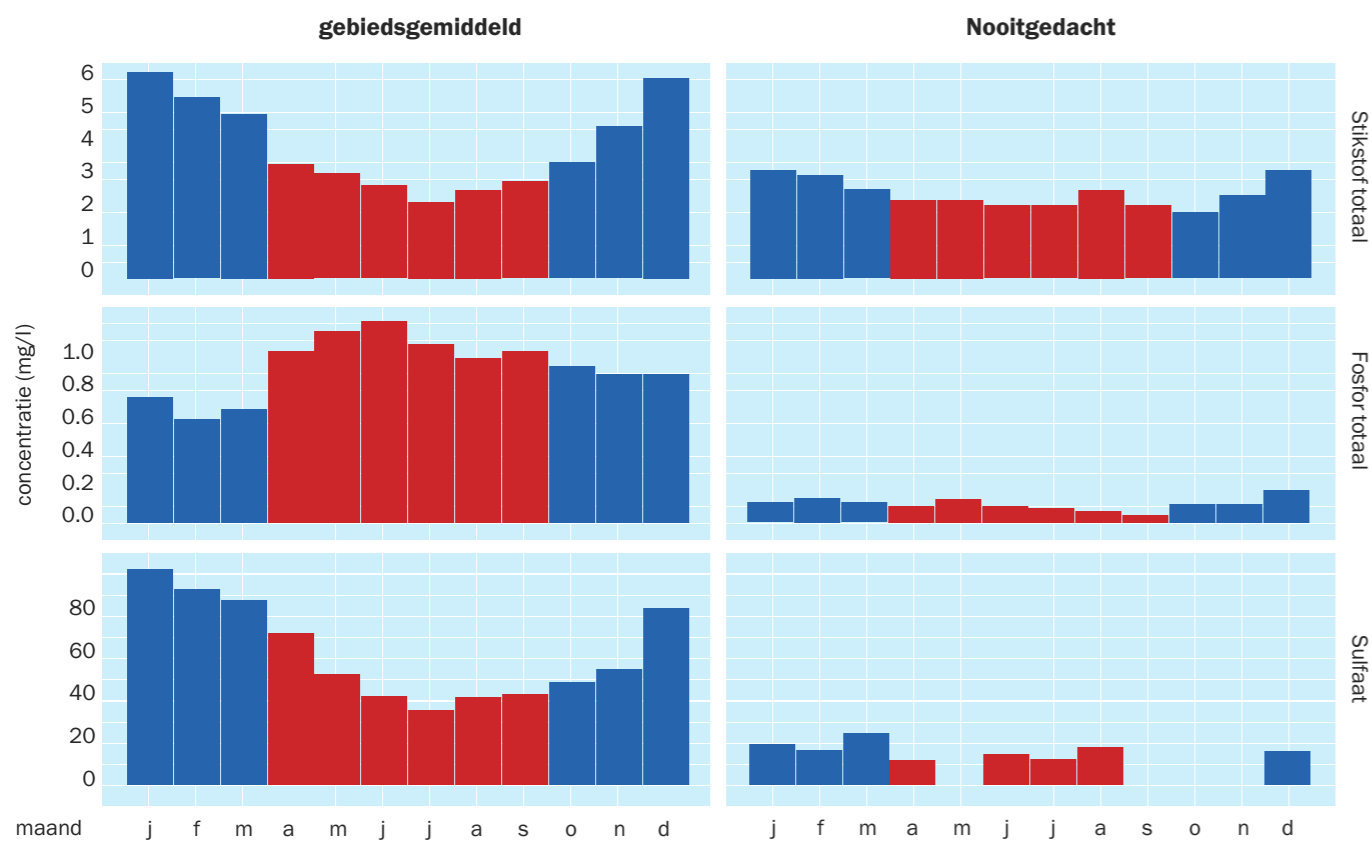
De waterbodem speelt een belangrijke rol in de opvallend hoge zomerconcentraties fosfor in de Krimpenerwaard. In andere stroomgebieden zijn de nutriëntenconcentraties in de winter hoger dan in de zomer, omdat er dan uitspoeling van nutriënten plaatsvindt. In de Krimpenerwaard zijn de fosforconcentraties in de zomer echter anderhalf keer zo hoog als in de winter. Analyses laten zien dat de fosfor die in de winter uitspoelt, voor ongeveer een kwart wordt opgeslagen in de waterbodem (zie kader F. *Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties*). Die opgeslagen fosfor komt in de zomer gedeeltelijk weer vrij uit de waterbodem.

Sulfaat is de sleutel bij het vrijkomen van fosfor in de zomer. De meetlocatie met de hoogste fosforconcentraties in de zomer heeft de hoogste sulfaatconcentraties in de winter. Sulfaat wordt onder zuurstofarme omstandigheden in de waterbodem als alternatief voor zuurstof gebruikt om organische stof af te breken.

Hierbij ontstaat sulfide die bindt aan ijzer, en daardoor komt de aan ijzer gebonden fosfor vrij. Als gevolg hiervan ontstaat ijzergedebrek en sulfidevergiftiging bij wortelende planten. Sulfaat komt vooral uit de veenbodem, waar het hoogstwaarschijnlijk wordt gevormd door oxidatie van pyriet. Slechts een kwart van het sulfaat in het oppervlaktewater komt uit het inlaatwater. De veenbodem blijkt dus belangrijk voor het sulfaat.

Het ingelaten rivierwater heeft een verdunnende invloed op de fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard. Het water uit de Lek heeft aanzienlijk lagere fosforconcentraties dan het water in de Krimpenerwaard. Voor stikstof werkt het rivierwater niet verdunnend. De stikstofconcentraties zijn in het rivierwater en het polderwater in de zomermaanden vergelijkbaar.

Een apart gebiedje in de Krimpenerwaard is het twintig hectare grote natuurgebied in polder Nootgedacht. De fosforconcentra-



Figuur 8. Het verschil tussen de concentraties totaal stikstof, totaal fosfor en sulfaat gemiddeld voor het gebied Krimpenerwaard en deze concentraties voor het natuurgebied Nooitgedacht in de Krimpenerwaard

ties zijn daar veel lager dan elders in de Krimpenerwaard (zie figuur 8). Ook hier is sulfaat de sleutel, want ook de sulfaatconcentraties zijn hier laag. Daardoor wordt fosfor niet vrijgemaakt uit de waterbodem, en komt het ook niet in het oppervlaktewater. Uit metingen blijkt dat er in die waterbodem wel veel fosfor zit dat mogelijk in het oppervlaktewater terecht kan komen (zie kader E. *Fosfornorm gehaald in Nooitgedacht*).

Veenbodem is belangrijke bron van nutriënten

De meeste nutriënten in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard komen uit processen in en op het land (zie figuur 10a). Naast dit landsysteem is de atmosferische depositie van stikstof op het oppervlaktewater een bron, vanwege het grote oppervlak aan water. Verder zijn de drie rioolwaterzuiveringen in het gebied voor fosfor een belangrijke bron. Ten slotte levert voor zowel stikstof als fosfor het inlaatwater uit de Lek ook een bijdrage. Om de bronnen van nutriënten in het landsysteem te kwantificeren is binnen het project Monitoring Stroomgebieden een zeer intensieve meetcampagne uitgevoerd naar de beschikbaarheid

van nutriënten in de bodem en het grondwater. Daaruit blijkt dat het veen in de bodem verreweg de belangrijkste bron van nutriënten in het landsysteem is (zie figuur 10b). Door de ontwatering en alle processen die daar omheen spelen komt er zowel veel stikstof als veel fosfor uit het veen in het oppervlaktewater (zie kader D. *Veenweidepolder*).

De bemesting is in de Krimpenerwaard een belangrijke bron van nutriënten, maar er zijn grote verschillen tussen stikstof en fosfor. Terwijl stikstof grotendeels komt uit de bemesting van de laatste tien jaar, komt fosfor vooral uit de bemesting van voor die tijd.

Transportroutes tonen complexiteit

Bodemkenmerken en grondwaterstromen bepalen hoe de nutriënten naar het oppervlaktewater getransporteerd worden. In de Krimpenerwaard speelt het nutriëntenrijke veen in de bodem een belangrijke rol bij het transport van nutriënten naar het oppervlaktewater. Ten eerste spoelen nutriënten uit de 20 tot 30 centimeter dikke wortelzone bovenin de bodem. In het voorjaar en het najaar verzadigt de veenbodem bij neerslag snel. Daar-

Kader E.

Fosfornorm gehaald in Nooitgedacht

Het gebied Nooitgedacht valt in de Krimpenerwaard op vanwege de lage concentraties fosfor in het oppervlaktewater. Die kunnen niet alleen worden toegeschreven aan het langdurig extensieve gebruik. Sulfaat is een sleutel tot het antwoord op de vraag of de lage fosforconcentraties in Nooitgedacht ook elders in de Krimpenerwaard kunnen worden gehaald.

Nooitgedacht is een 20 hectare groot natuurgebiedje in de Krimpenerwaard. Het gebied was lange tijd een extensief landbouwgebied. Het gebied kwam in 1982 in bezit van het Zuid-Hollands Landschap, dat het sindsdien beheert als natuurgebied. Vanaf 1985 is het gebied niet meer bemest. Tot 1993 is er nog wel bagger uit de sloot als meststof op de percelen gebracht.

De fosforconcentraties in Nooitgedacht blijven in de zomer onder de norm van 0,22 mg/l die de Kaderrichtlijn Water stelt. In het landbouwgebied van de Krimpenerwaard wordt deze norm gemiddeld zo'n vijf keer overschreden.

De lage fosforconcentraties in Nooitgedacht kunnen niet alleen worden toegeschreven aan het langdurig extensieve gebruik. De

veenbodem van Nooitgedacht levert net als elders in de Krimpenerwaard een belasting aan fosfor. Deze bron van fosfor is zelfs even groot als de bron bemesting in het landbouwgebied. De belasting aan fosfor uit de veenbodem is echter niet terug te zien in de gemeten concentraties in het oppervlaktewater van de polder Nooitgedacht.

Er is een andere oorzaak voor de lage fosforconcentraties. Net als in het landbouwgebied wordt de fosfor die uit de veenbodem van Nooitgedacht spoelt voor een groot deel vastgelegd in de waterbodem. Verschil met het landbouwgebied is dat de vastgelegde fosfor in de zomer niet wordt vrijgemaakt en dus niet alsnog in het oppervlaktewater terecht komt.

Sulfaat is de sleutel tot dit fenomeen.

Sulfaat kan in de zomer fosfor uit de waterbodem vrijmaken. In het landbouwgebied is sulfaat de dominante factor bij de verhoging van de fosforconcentraties in de zomer (zie kader F. *Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties*). In Nooitgedacht zijn de sulfaatconcentraties zo laag dat deze dominante factor ontbreekt.

De verklaring voor de lage fosforconcentraties in Nooitgedacht ligt besloten in het ant-

woord op de vraag waarom het oppervlaktewater zo weinig sulfaat bevat. Het sulfaat in het oppervlaktewater komt in de Krimpenerwaard voornamelijk uit de veenbodem. Gemeenten bodemprofielen laten in de veenbodem van Nooitgedacht veel lagere sulfaatconcentraties zien dan in het landbouwgebied. Dat geldt vooral voor het bovenste deel van de veenbodem, waarin normaal gesproken het meeste sulfaat wordt gevormd door oxidatie van pyriet. In dit bovenste veenbodemdeel zijn de concentraties sulfaat in Nooitgedacht verwaarloosbaar laag. De vraag is of dit komt omdat er in Nooitgedacht minder pyriet in de bodem zit dan in het landbouwgebied of dat er wel voldoende pyriet aanwezig is, maar dat dit nauwelijks wordt geoxideerd.

Onderzoek naar de lage sulfaatconcentraties in relatie tot het voorkomen van pyriet in Nooitgedacht en verder onderzoek naar het effect van sulfaat op het vrijmaken van fosfor uit de waterbodem is nodig om de lage fosforconcentraties in Nooitgedacht beter te begrijpen. Dit begrip kan helpen antwoord te geven op de vraag of de lage fosforconcentraties van Nooitgedacht ook elders in de Krimpenerwaard kunnen worden gehaald.



Natuurgebied Nooitgedacht in de Krimpenerwaard

Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties

In de Krimpenerwaard zorgt de waterbodem in de zomer voor lage stikstofconcentraties en hoge fosforconcentraties in het oppervlaktewater. Wanneer nutriënten uit de landbouw of andere bronnen het oppervlaktewater bereiken, zal er van alles mee gebeuren. Ze kunnen worden omgezet in andere vormen, opgeslagen in waterplanten en waterbodem en verwijderd uit het watersysteem. Deze processen bepalen de uiteindelijke oppervlakte-waterkwaliteit.

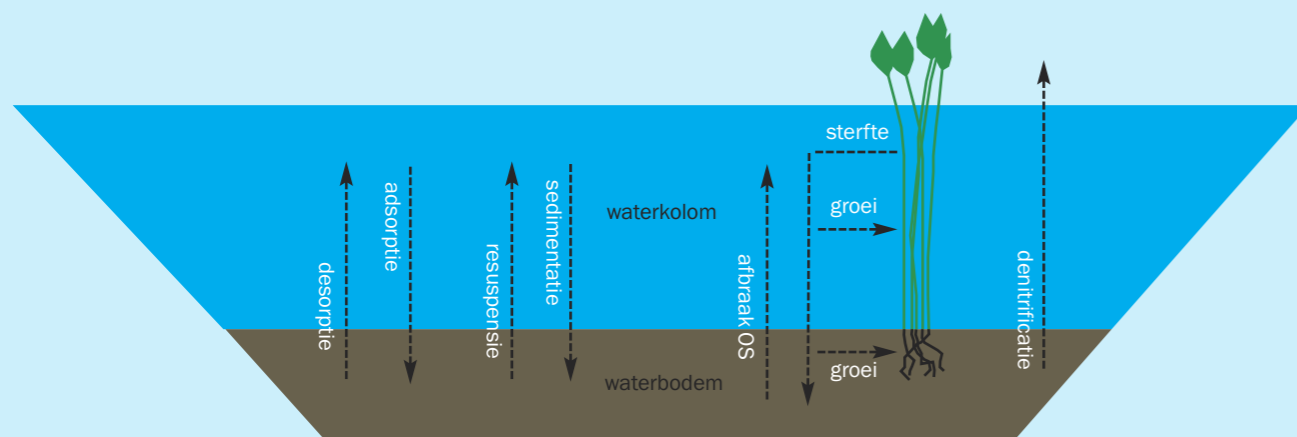
De waterbodem en waterplanten spelen een cruciale rol bij deze processen (zie figuur 9), zoals het bezinken van deeltjes met nutriënten (sedimentatie) die weer in de waterkolom terecht kunnen komen (resuspensie) bij harde wind, snelle stroming of door omwoeling van de waterbodem door vissen. Vooral de processen in de waterbodem zijn in de Krimpenerwaard van groter belang dan in de andere onderzochte stroomgebieden. Dit komt doordat het water in de Krimpenerwaard langzamer stroomt en de waterbodem meer organische stof bevat. Zo is er meer tijd en meer noodzakelijk substraat – organische stof – voor deze processen.

Metingen in de Krimpenerwaard tonen aan dat de waterbodem veel gebonden fosfaat bevat dat in de zomer vrij kan komen, meer dan genoeg om de hoge fosforconcentraties in de zomer te verklaren. Het gaat om fosfaat dat in de winter is uitgespoeld vanuit de veenbodem en zich bindt vooral aan aluminium- en ijzerdeeltjes in de waterbodem (adsorptie). In de zomer kan de fosfaatbinding aan ijzerdeeltjes worden verminderd door de afbraak van organische stof, wanneer zuurstof ontbreekt en als alternatief ijzer of sulfaat wordt gebruikt voor de afbraak. Driewaardig ijzer reduceert dan tot tweewaardig ijzer waaraan fosfaat veel moeilijker kan binden, en sulfaat reduceert tot sulfide dat met fosfaat concurreert om bindingsplekken aan ijzer. Hierdoor wordt fosfaat vrijgemaakt (desorptie) dat vanuit de waterbodem in de waterkolom terechtkomt. Dit proces wordt chemische fosfaataflevering genoemd. Ongunstige neveneffecten zijn ijzertekort en sulfidevergiftiging bij wortelende waterplanten.

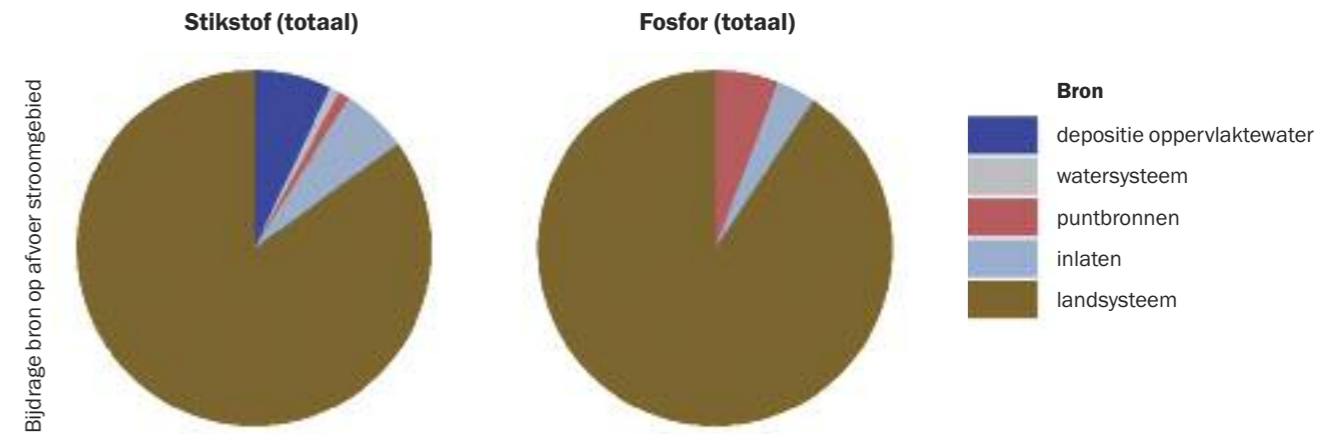
Voor het vrijmaken van fosfaat uit de waterbodem is wel voldoende sulfaat nodig. Bij gebrek aan sulfaat in het oppervlaktewater, zoals in natuurgebiedje Nooitgedacht, treedt

er geen chemische nalevering op (zie kader E. *Fosfornorm gehaald in Nooitgedacht*). Het sulfaat in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard komt voornamelijk uit de veenbodem en niet uit ingelaten rivierwater, zoals voorheen algemeen werd gedacht.

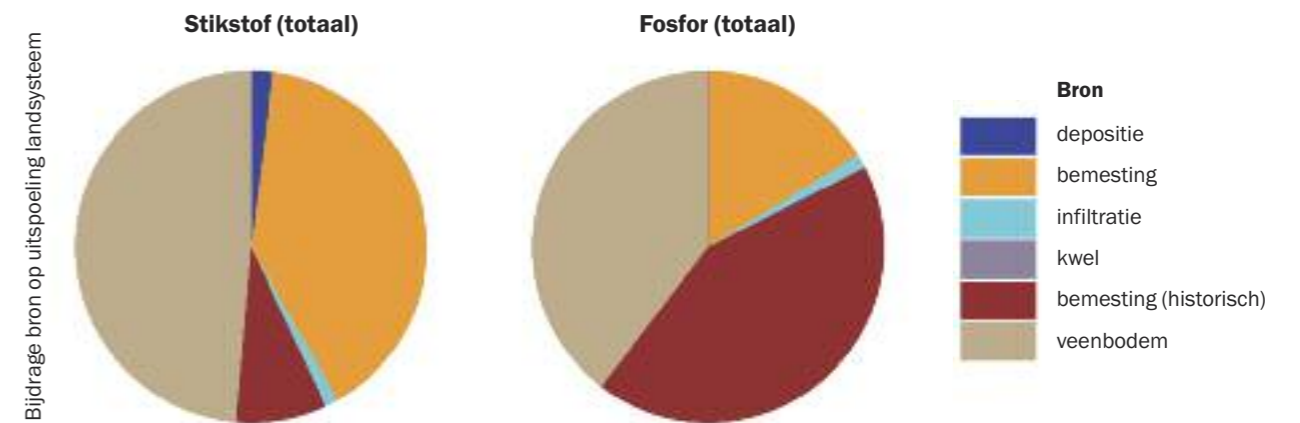
De waterbodem zorgt in de Krimpenerwaard in de zomer ook voor lagere stikstofconcentraties in het oppervlaktewater. Het gaat om nitraat dat bij gebrek aan zuurstof kan worden gebruikt voor de afbraak van organische stof. Nitraat wordt hierbij omgezet in stikstofgas (denitrificatie) dat naar de lucht stroomt en daarmee uit de waterkolom verdwijnt. Dit proces speelt ook in de andere onderzochte stroomgebieden maar in mindere mate omdat de waterbodem minder organische stof bevat.



Figuur 9. Nutriëntenprocessen in het oppervlaktewater (waterkolom en waterbodem). OS = Organische stof



Figuur 10a. Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewatersysteem van de Krimpenerwaard



Figuur 10b. Bronnen van nutriënten in het landsysteem van de Krimpenerwaard

door stroomt regenwater snel af en uit en vindt er afspoeling en uitspoeling plaats uit de wortelzone. Vooral in dat deel van de bodem zitten veel nutriënten uit mest opgeslagen. Met name stikstof spoelt makkelijk uit de bodem.

Ten tweede worden bij aanhoudende neerslag ook de bodemlagen met veraard veen onder de wortelzone op 60 tot 70 centimeter diepte doorgespoeld. Door een combinatie van processen liggen daar veel nutriënten opgeslagen. Ongebruikte resten bemesting komen vrij uit de wortelzone, en door mineralisatie tijdens de oxidatie van het veen komen ook anorganische vormen van stikstof en fosfor vrij. Een derde route gaat door de dieper gelegen, permanent met water verzadigde bodemlagen, waar de van nature aanwezige nutriënten in veenbodem en bodemwater vrijkomen. De doorstroming van het water is op deze diepte niet groot, maar juist vanwege de grote hoeveelheden fosfor en stikstof in deze dieper gelegen bodemlagen is het een belangrijke

transportroute van nutriënten.

Nutriënten verdwijnen uit de Krimpenerwaard via de uitslag van polderwater op de rivieren, door wegzijging naar diepere bodemlagen, en bij stikstof via denitrificatie. In het natte winterseizoen en bij extreme neerslag in de zomer wordt water uitgeslagen op de Hollandse IJssel, de Vlist en de Lek. Denitrificatie is een proces dat vooral in de zomer speelt, wanneer door lage zuurstofgehalten bacteriën nitraat omzetten in stikstofgas, dat verdwijnt in de atmosfeer. Dit proces vindt zowel in de veen- als in de waterbodem plaats (zie kader F. *Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties*).

Voor fosfor haalt Krimpenerwaard nooit de norm

Dankzij het kwantificeren van de bronnen en routes van nutriënten in de Krimpenerwaard in het project Monitoring Stroomgebieden, kan bepaald worden hoe op de waterkwaliteit kan worden

Sturingsmogelijkheid Effect sturing op nutriënt

	Stikstof	Fosfor
Bemesting	++	+
Veenbodem	+	++
Waterbodem	+	++

Tabel 2. **Brongericht sturen op schoon water in de Krimpenerwaard**

gestuurd. Hiervoor zijn de effecten van veranderingen in de bemesting doorgerekend met speciaal voor het gebied ontwikkelde modellen (zie kader B. *Modelleren van grof naar fijn*).

Met modelberekeningen is bekeken wat het effect van het verminderen van de bemesting is op de concentraties nutriënten in het water van de Krimpenerwaard (zie tabel 2). Het verlagen van de fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard is mogelijk door efficiënter en minder te bemesten. Ook bij de rioolwaterzuiveringen is er nog winst te halen. De gemeten fosforconcentraties liggen echter zo ver boven de norm van de Kaderrichtlijn Water, dat deze maatregelen er niet voor zorgen dat die norm wordt gehaald. Uit modelberekeningen blijkt dat de norm zelfs bij het volledig stopzetten van de bemesting niet wordt gehaald.

Om aan de fosfornorm te voldoen, is een integrale aanpak noodzakelijk. Efficiënter en minder bemesten zorgt dat er minder fosfor uitspoelt en dat er minder fosfor wordt opgeslagen in de waterbodem. De waterbodem in combinatie met sulfaat zijn de sleutels voor de processen die zorgen voor de hoge fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard. Het is nog de vraag in hoeverre het verwijderen van de waterbodem een sturingsmogelijkheid is voor lagere fosforconcentraties in het oppervlaktewater. De blijvende aanwezigheid van sulfaat speelt hierbij een rol. Eerder onderzoek in Bergambacht heeft aangetoond dat baggeren van de waterbodem, waardoor de waterdiepte wordt vergroot, goed is voor de ecologie. Het effect van baggeren op de nutriëntenconcentraties was echter gering.

Sturen op stikstof zinvol

De vermindering van de bemesting leidt bij de stikstofconcentraties wel direct tot een verlaging. Bij een vermindering van de bemesting met 20% zit de gemiddelde stikstofconcentratie in de modelberekeningen op de norm van 2,4 mg/l die het Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard hanteert voor de Kaderrichtlijn Water (zie kader C. *Kaderrichtlijn Water stelt ecologische eisen*). Voor de stikstofconcentraties is ook het inlaatwater belangrijk, blijkt uit de modelberekeningen. Schoner

rivierwater leidt tot een betere kwaliteit van het oppervlaktewater. Sturen op de bemesting met stikstof is ook voor de ecologie van de Krimpenerwaard zinvol, want als in de zomer de minerale stikstof in het gebied toeneemt, heeft dit negatieve ecologische effecten. Sturen op stikstof is nodig in relatie tot de ecologische eisen die de Kaderrichtlijn Water stelt.

Veen beïnvloedt aanpak waterkwaliteit

Een van de belangrijkste problemen op de langere termijn is in de Krimpenerwaard de bodemdaling als gevolg van ontwatering van de veenbodem. Om deze meer onder controle te krijgen, is in 2005 het Veenweidepact Krimpenerwaard gesloten. Daarin werken gemeenten, de provincie, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, boeren en natuurorganisaties samen aan duurzaam waterbeheer en het tegengaan van bodemdaling, de aanleg van nieuwe natuur, het versterken van de landbouwstructuur, extra kansen voor toerisme en recreatie en het stimuleren van vernieuwend ondernemerschap. De maatregelen in het Veenweidepact zullen ook gevolgen hebben voor de waterkwaliteit in de Krimpenerwaard.

Ten aanzien van de waterkwaliteit heeft het hoogheemraadschap als belangrijkste ambitie het verbeteren van de ecologische kwaliteit. De hoge nutriëntenbelasting veroorzaakt een sterke groei van draadalgen en kroos. Sulfaat veroorzaakt ijzergebrek en sulfidenvergiftiging bij krabbenscheer, een typerende plant voor veenweidegebieden. Binnen natuurgebieden wordt ingezet op het halen van de doelen voor een goed ecologisch potentieel, in landbouwgebieden zijn de ambities minder hoog. In de Krimpenerwaard werkt het hoogheemraadschap ook aan natuurvriendelijk onderhoud van oevers en watergangen, wat de opname van nutriënten in het groeiseizoen bevordert. Daarnaast is er een voorlichtingsprogramma om boeren efficiënt te laten bemesten. Daarmee sluiten de maatregelen die het hoogheemraadschap uitvoert aan op de sturingsmogelijkheden die in dit hoofdstuk beschreven zijn. Een efficiëntere bemesting zorgt ervoor dat vooral de stikstofconcentraties sterk en snel dalen, en heeft ook effect op de fosforconcentraties. De waterbodem en het sulfaat vormen daarnaast de sleutel om de fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard verder te sturen.



Gemaal Krimpenerwaard



Bemesting in polder Krimpenerwaard



Het Anloerdiepje maakt deel uit van het stroomgebied van de Drentse Aa

2.2 Drentse Aa

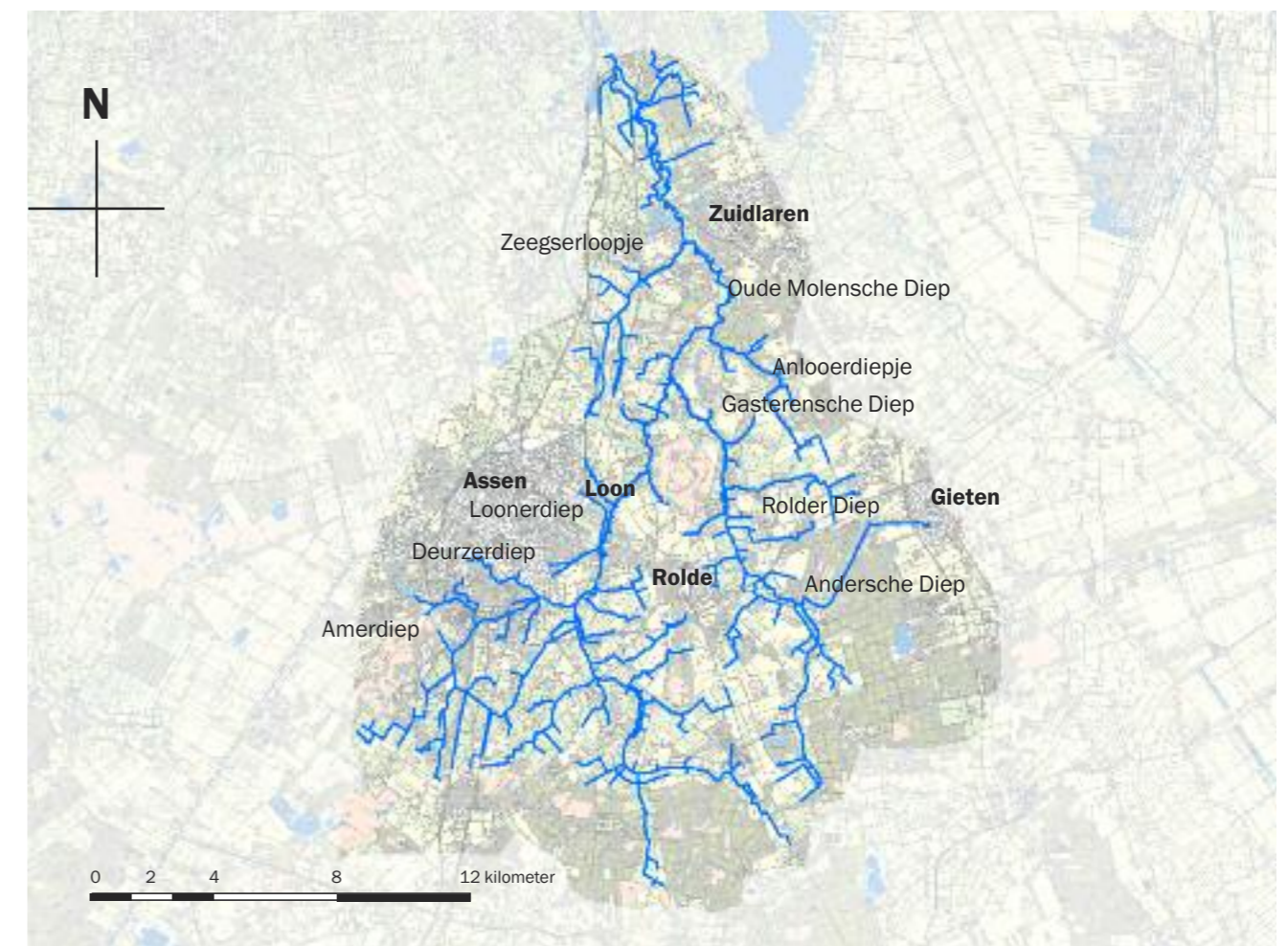
Het stroomgebied van de Drentse Aa is een 30.000 hectare groot gebied in het noordoosten van Drenthe. Het overgrote deel daarvan bestaat uit zandgronden. In de beekdalen zijn afzettingen van laagveen te vinden van wel 5 meter dik. In grote delen van het stroomgebied komen keilemlagen voor, die ervoor zorgen dat het regenwater snel op de beek afwatert en niet wegzakt in de zandbodem. Door de keilemlagen is er in de beken een continue kwel van diep grondwater. Ongeveer een derde van het oppervlak van het stroomgebied is natuur, vooral in het nattere noorden, maar ook de bossen in het bovenstroomse deel. Daardoor is de Drentse Aa een geliefd natuur- en recreatiegebied. Meer dan de helft is echter landbouwgebied. In het hogergelegen en drogere zuiden onderhouden boeren grasland en akkers voor aardappelen en granen. Het stroomgebied maakt deel uit van Nationaal beek- en esdorpenlandschap Drentse Aa, met de status Nationaal Park en Nationaal Landschap.

Natuurlijke en meanderende beek

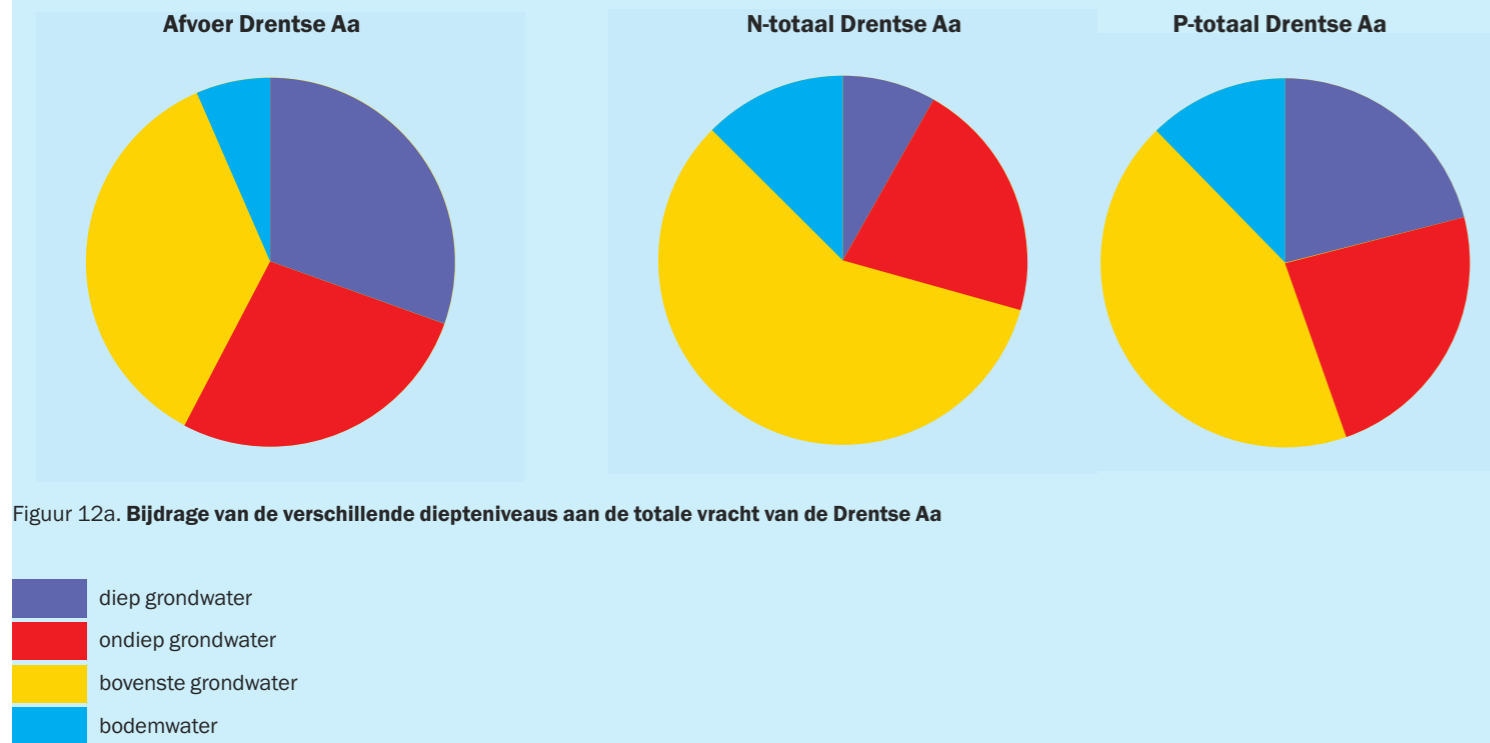
De Drentse Aa is het enige beekstelsel in Nederland dat grotendeels zijn natuurlijke, meanderende loop heeft behouden. Het ontspringt op de Hondsrug en het Drents Plateau en stroomt naar de stad Groningen. Het beekstelsel bestaat uit een groot aantal beken. Er zijn twee middenlopen die ter hoogte van Oudemolen samenkomen en richting de stad Groningen stromen. De oostelijke tak bestaat uit het Andersche Diep, Rolderdiep en Gasterensche Diep. De westelijke tak bestaat uit het Loonerdiep, Deurzerdiep en het Amerdiep (zie figuur 11). Er staat het hele jaar rond water in de Drentse Aa. De beken vormen een natuurlijk afwaterend systeem van inzijggebieden en kwelgebieden, zonder gebiedsvreemd water.

Waterkwaliteit bijna optimaal

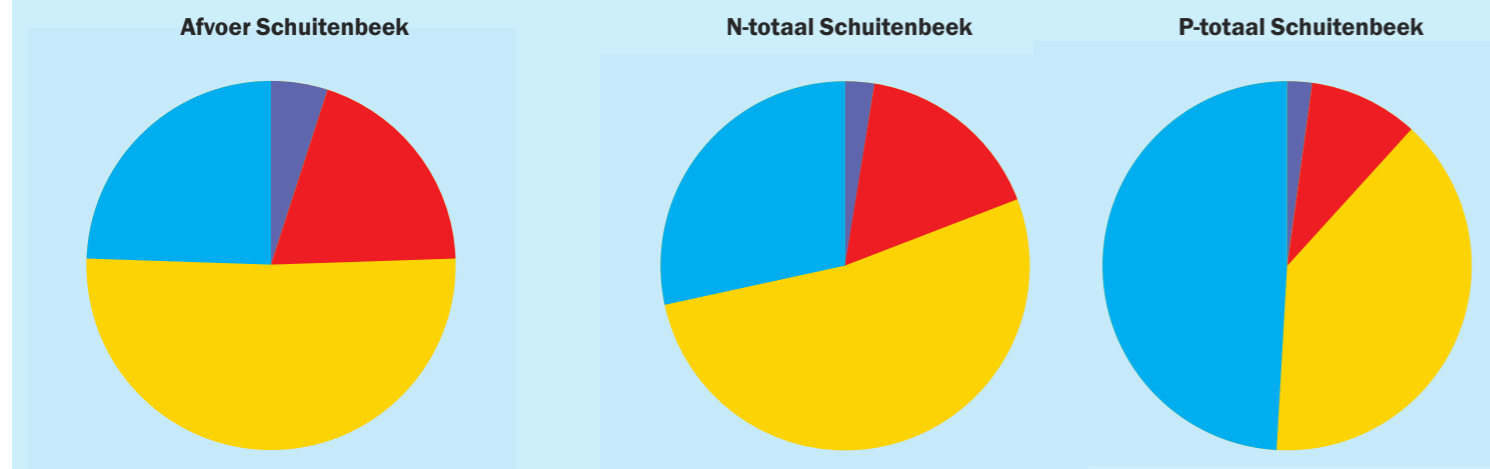
De waterkwaliteit in de Drentse Aa is goed. De stikstof- en fosfor-



Figuur 11. Het stroomgebied van de Drentse Aa



Figuur 12a. Bijdrage van de verschillende diepteniveaus aan de totale vracht van de Drentse Aa



Figuur 12b. Bijdrage van de verschillende diepteniveaus aan de totale vracht van de Schuitenbeek

Het grondwater is een belangrijke transportroute van nutriënten naar het oppervlaktewater. De stand van het grondwater bepaalt via welke route de nutriënten in het oppervlaktewater terechtkomen. Hierbij bestaat een onderscheid tussen diep grondwater (dieper dan circa 15 meter onder maaiveld), ondiep grondwater (tussen circa 5 en 15 meter onder maaiveld), het bovenste grondwater (ondieper dan circa 5 meter onder maaiveld) en bodemwater (boven grondwaterspiegel) inclusief oppervlakkige afspoeling. Onder erg droge omstandigheden is er uitsluitend een basisaanvoer van nutriënten uit het diepe grondwater naar het oppervlaktewater. Naarmate de omstandigheden natter worden, leveren ook het ondiepe en het bovenste grondwater nutriënten, en bij zeer natte omstandigheden ook het water uit het bodemwater en oppervlakkige afspoeling.

In het project Monitoring Stroomgebieden is voor de stroomgebieden van de Drentse Aa en de Schuitenbeek gekeken welke van die vier routes voor stikstof en fosfor het belangrijkste zijn. Hiervoor zijn alleen metingen van de waterkwantiteit en de waterkwaliteit van de beken gebruikt. Als eerste is gekeken naar de

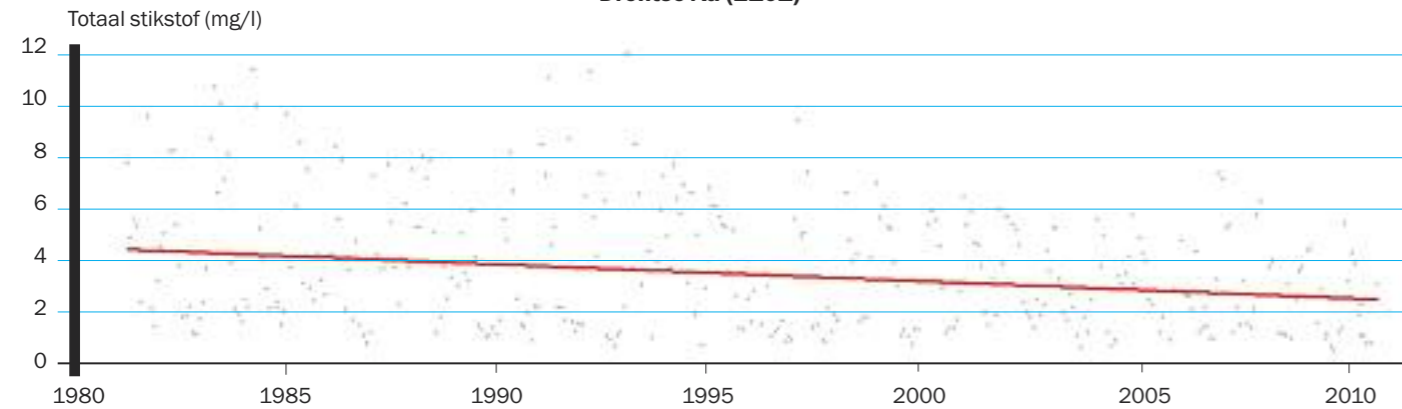
hydrologische transportroutes. Zo is de bijdrage van diep grondwater aan de totale afvoer van de beek voor de Drentse Aa groter dan voor de Schuitenbeek (zie figuur 12a en figuur 12b). De transportroutes van nutriënten naar het oppervlaktewater zijn niet gelijk aan de verdeling van de waterafvoerroutes. Het gedrag van de stoffen in de ondergrond speelt een belangrijke rol in de kwaliteit van het water. Fosfor hecht zich bijvoorbeeld sterk aan bodemdeeltjes, en komt niet snel in het diepere grondwater. Het diepe grondwater in zandgebieden bevat daarom vaak lage concentraties fosfor. Stikstof, in de vorm van nitraat, is wel mobiel en kan makkelijk uitspoelen naar het grondwater. Dat kan dus hoge concentraties stikstof bevatten, maar in veel gebieden is de diepere ondergrond zo reactief dat het nitraat wordt omgezet in stikstofgas dat verdwijnt uit het grondwater.

In zowel de Drentse Aa als de Schuitenbeek zijn snelle transportroutes voor stikstof en fosfor via het bodemwater of het bovenste grondwater belangrijk. Het fosfortransport in de Schuitenbeek vindt voor 88 % via deze routes plaats. In de Drentse Aa is dit 55%. Omdat het bodemwater en het bovenste deel van de

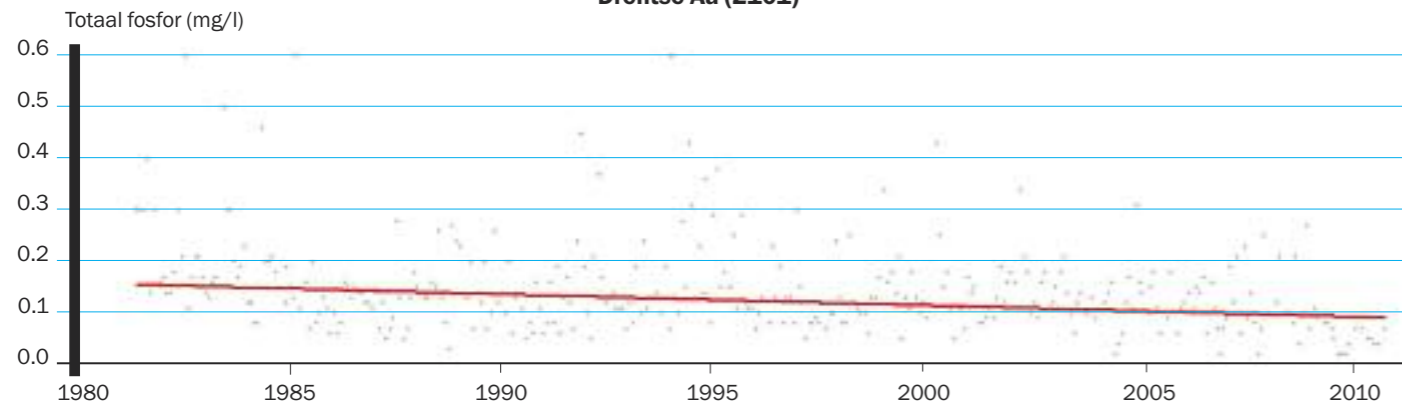
bodem het rijkst zijn aan nutriënten, is daar de kans op uitspoeling onder natte omstandigheden het grootst. In de Drentse Aa is voor fosfor het transport via het ondiepe en diepe grondwater ook belangrijk. Dit is voor een belangrijk deel de fosfor uit de kwel in de beekdalen. De stikstofroutes zijn in orde van grootte tussen Schuitenbeek en Drentse Aa vergelijkbaar. Uit een nadere analyse van de data uit de Drentse Aa bleek het grootste deel van de totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater (58%) uit het bovenste grondwater in de hoger gelegen droge landbouwgebieden komt. Sturen op stikstofbemesting is in deze droge landbouwgebieden daarom het meest effectief om stikstofbelasting van het oppervlaktewater te verminderen.



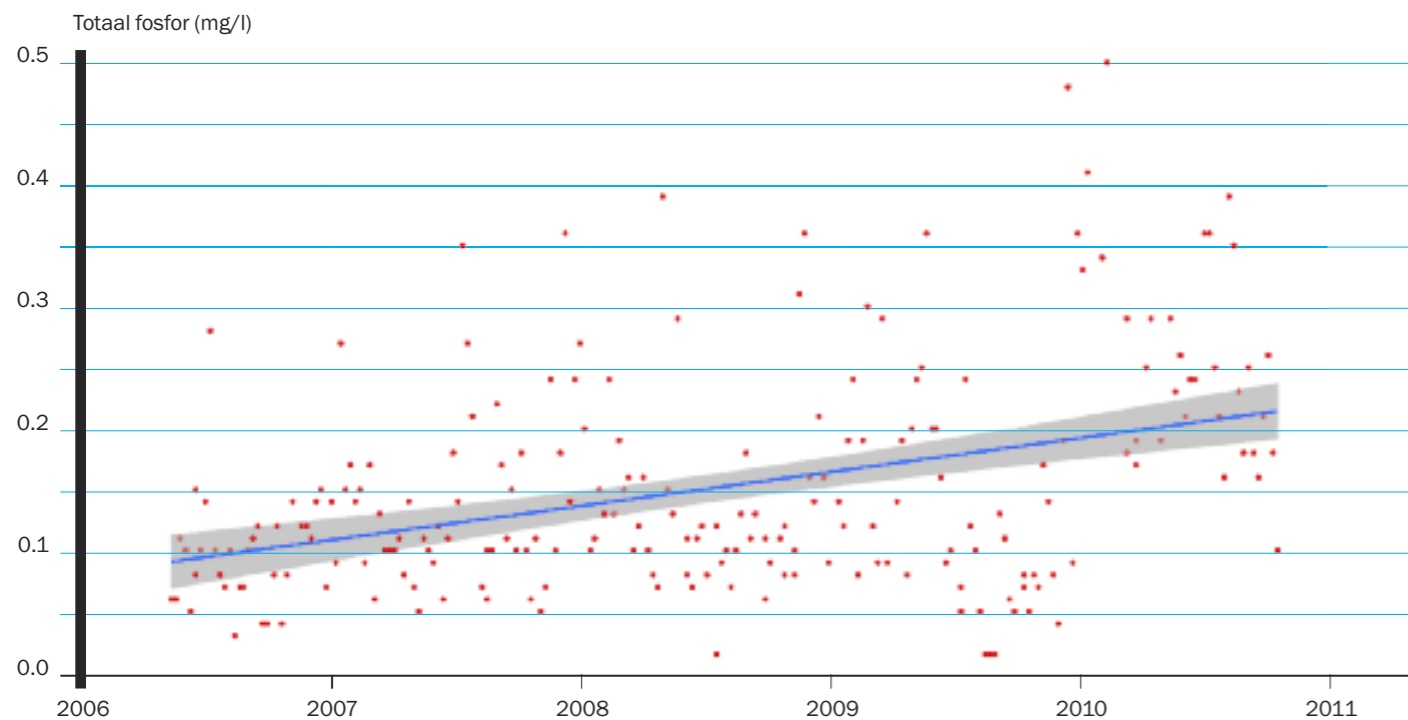
IJzerrijke kwel vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater in het stroomgebied van de Drentse Aa

Drentse Aa (2101)

Figuur 13a. Het verloop van de concentraties van totaal stikstof in het oppervlaktewater van de Drentse Aa van 1980 tot 2010

Drentse Aa (2101)

Figuur 13b. Het verloop van de concentraties van totaal fosfor in het oppervlaktewater van de Drentse Aa van 1980 tot 2010



Figuur 14. Stijgende totaal fosforconcentraties in het deelgebied Zeegserloopje

95% betrouwbaarheidsinterval

concentraties liggen lager dan de normen die Waterschap Hunze en Aa's hanteert vanuit de Kaderrichtlijn Water. De kwaliteit van het oppervlaktewater is in de afgelopen decennia voor stikstof en fosfor significant verbeterd, maar metingen vertonen een dubbel beeld (zie figuur 13a en figuur 13b). Bij één meetpunt liggen de fosforconcentraties namelijk boven de norm, en daar stijgen ze juist in de laatste jaren. Dat is het Zeegserloopje, een gebied met veel landbouw (zie figuur 14).

De stijgende concentraties fosfor komen voor op plekken waar de gemeten fosforvoorraden in de landbouwbodems hoger zijn. Uit analyses van meetgegevens uit het bodemkwaliteitsmeetnet van de Drentse Aa blijkt dat in bouwland op podzolbodems de fosfaatverzadiging van 1994 tot 2006 stijgt boven de streefwaarde van 25%. Boven die waarde spreken we van een fosfaatverzadigde bodem. In zo'n bodem is de bindingscapaciteit voor fosfor zodanig benut dat extra fosfor zal uitspoelen naar het grondwater of het oppervlaktewater. Ook zal het bovenste grondwater in zo'n bodem fosfaatrijk zijn, met risico op uitspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater.

Het overgrote deel van de stikstofconcentraties in het oppervlaktewater bestaat uit nitraat, en die stof wordt in hoge concentraties gevonden in de vooral door landbouw gebruikte gebieden. In deze gebieden worden in het winterhalfjaar ruim 150 keer hogere nitraatconcentraties in het oppervlaktewater waargenomen dan in natuurgebieden. In het zomerhalfjaar zijn die concentraties zelfs 350 keer hoger. In de natuurgebieden wordt nauwelijks nitraat aangetroffen, met concentraties van ongeveer 0,01 mg/l in het zomerhalfjaar.

Nitraat is een belangrijke parameter voor de kwaliteit van het bovenste grondwater. Vooral op meetlocaties op landbouwpercelen zijn hoge nitraatconcentraties gevonden. De gemiddelde nitraatconcentratie is daar over de periode van 1995 tot 2009 100 mg/l, ruimschoots hoger dan de norm van 50 mg/l uit de Nitraatrichtlijn. Ook het diepere grondwater in droge landbouwgebieden bevat nog relatief hoge nitraatconcentraties. Dit is het gevolg van de lage reactiviteit van de zandige ondergrond waardoor er weinig denitrificatie plaatsvindt. Uit metingen in de bodems blijkt dat er in de Drentse Aa nauwelijks ammonium wordt aangetroffen, wat ook het gevolg is van deze lage reactiviteit.

Met de kwaliteit van het oppervlaktewater is het in de Drentse Aa goed gesteld. De normen die Waterschap Hunze en Aa's hanteert vanuit de Kaderrichtlijn Water worden gehaald, ook al zijn ze laag, zeker in vergelijking met de Schuitenbeek, het andere beekstelsysteem op zandgrond in Monitoring Stroomgebieden.

De gemeten stikstofconcentraties voor het gehele gebied blijven in de zomer gemiddeld onder de norm van 2,2 mg/l. De fosforconcentraties liggen rond de norm van 0,10 mg/l.

Nutriënten komen ook van buiten

De meeste nutriënten in het oppervlaktewater van de Drentse Aa komen uit bronnen van het landsysteem, zoals de bemesting, de historische bemesting, de diepe kwel en voor stikstof de atmosferische depositie op het land (zie figuur 15a en figuur 15b). Er zit in het gebied bijvoorbeeld geen rioolwaterzuivering. De fosforconcentraties in het water zijn volledig terug te voeren op dit landsysteem. De fosfor in het oppervlaktewater komt voor ongeveer drie kwart uit de bemesting van de afgelopen tien tot veertig jaar, de historische bemesting die in de bodem ligt opgeslagen. Het resterende kwart aan fosfor komt uit de bemesting van de afgelopen tien jaar, kwel en het bodemsysteem.

De stikstofconcentraties komen voor 90% van het land en voor 10% van de atmosferische depositie op het oppervlaktewater. Bijna drie kwart van de stikstof komt van de bemesting van de afgelopen tien jaar, de recente bemesting. Andere bronnen van stikstof zijn de historische bemesting, de atmosferische depositie op het land en in mindere mate het bodemsysteem door de veenafzetting in de beekdalen en de kwel.

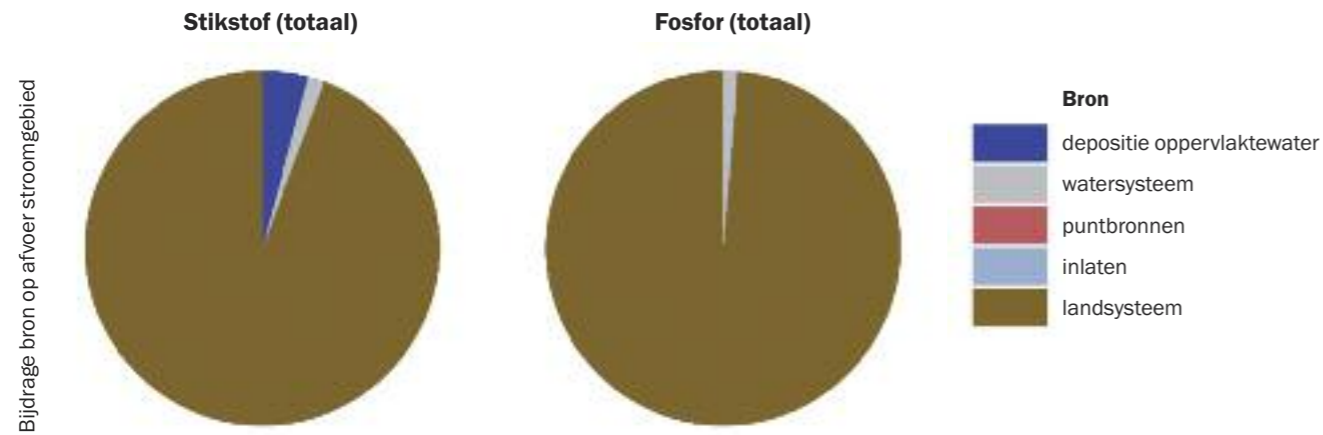
Het opvallende aan de Drentse Aa is dat een belangrijk deel van de nutriënten van buiten het stroomgebied komt. De akkerbouw in het stroomgebied voert bijvoorbeeld jaarlijks meer dan 30 kg/ha fosfor uit dierlijke mest van buiten aan (zie kader H. *Mestbeleid zorgt voor aanvoer en afvoer van mest*).

Drentse Aa zonder bemesting

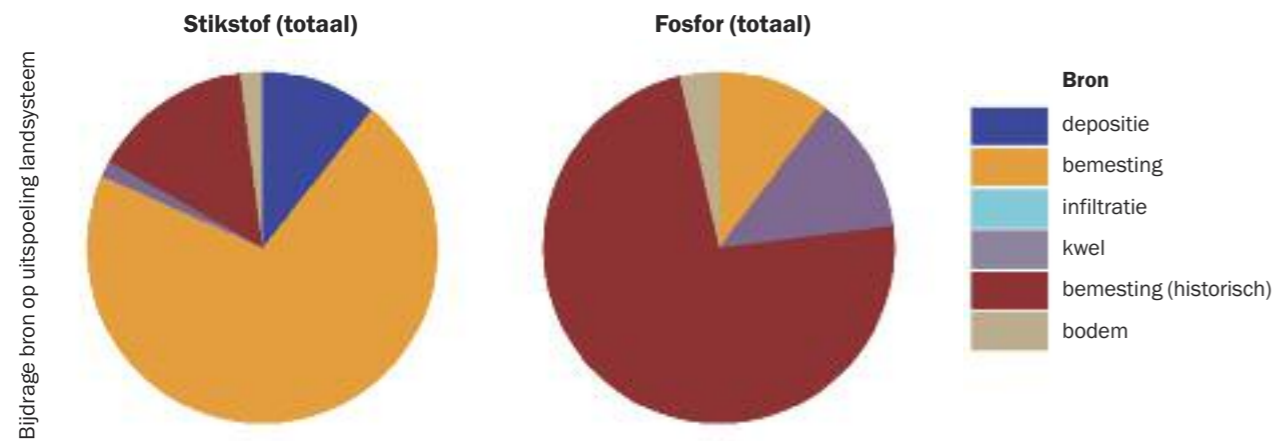
Om de normen ook in alle deelgebieden binnen de Drentse Aa te halen kan er gericht gestuurd worden. Ook in de Drentse Aa is het sturen op de bemesting – minder en efficiënter bemesten – een belangrijke mogelijkheid om de hoeveelheid nutriënten in het oppervlaktewater te verminderen. Er zijn geen andere bronnen van nutriënten waarop het waterschap zou kunnen sturen, zoals rioolwaterzuiveringsinstallaties of inlaatwater. Daarom is binnen Monitoring Stroomgebieden via modelberekeningen (zie kader B. *Modelleren van grof naar fijn*) gekeken welke sturingsmogelijkheden de bemesting geeft.

Binnen Monitoring Stroomgebieden zijn de effecten van de vermindering van de bemesting doorgerekend met speciaal voor het gebied ontwikkelde modellen (zie kader B. *Modelleren van grof naar fijn*). Daaruit blijkt dat het verminderen van de bemesting vooral effectief is voor het verlagen van de stikstofconcentraties in het oppervlaktewater (zie tabel 3). Stikstof komt grotendeels uit de recente bemesting. De norm voor stikstof wordt echter in de Drentse Aa al gehaald, al blijven sommige deelgebieden achter.

In de landbouwgebieden is winst te halen door efficiënter te be-



Figuur 15a. Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewatersysteem van de Drentse Aa



Figuur 15b. Bronnen van nutriënten in het landsysteem van de Drentse Aa

Sturingsmogelijkheid Effect sturing op nutriënt

	Stikstof	Fosfor
Bemesting	++	+

Tabel 3. Brongericht sturen op schoon water in de Drentse Aa

mesten. Dit zijn vooral de hogergelegen en droge landbouwgebieden. De stikstofvrucht in deze gebieden komt met name uit het bovenste grondwater (zie kader G. *Grondwater is route van nutriënten*). Het bodemkwaliteitsmeetnet bevat informatie over het bovenste grondwater. Door optimaal gebruik te maken van de informatie uit het bodemkwaliteitsmeetnet kan voor zowel stikstof als fosfor zeer gericht worden gestuurd op een goede oppervlaktewaterkwaliteit.

De fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de Drentse Aa zitten rond de norm. Fosfor die vrijkomt in het oppervlaktewater, ligt grotendeels opgeslagen in de bodem, als resultaat van historische bemesting. Efficiënter of minder bemesten levert op korte termijn dan ook weinig op. Er zijn aanvullende maatregelen nodig, vooral in landbouwgebieden als het Zeegserloopje. Uitmijnen van de fosforvoorraad in de bodem kan bijvoorbeeld door via het gewas fosfor uit de bodem te onttrekken. In Monitoring Stroomgebieden is berekend dat een volledige vermindering van de fosforbemesting de uitspoeling van fosfor via het bovenste grondwater met 15% vermindert. Langerdurende vermindering van de fosforbemesting zorgt voor een grotere reductie. Uitmijnen, waarbij de fosforbemesting volledig wordt verminderd, maar nog wel een stikstofbemesting plaatsvindt, moet echter gericht gebeuren op de plekken waar veel fosfor in de bodem zit en

waar dit gemakkelijk kan uitspoelen naar het oppervlaktewater. Een andere sturingsmogelijkheid is het veranderen van de teelt van gewassen. Het overgrote deel van de akkerbouwgronden in de Drentse Aa bestaat uit aardappelteelt. In gebieden met akkerbouwgronden worden hoge stikstofconcentraties gemeten, bleek uit metingen in het project Monitoring Stroomgebieden en eerder gehouden meetcampagnes van het project Water in Bedrijf. In het oppervlaktewater kan dit oplopen tot 20 mg/l stikstof; in drainbuizen onder akkerbouwgronden is dit zelfs 45 mg/l. Overstappen naar teelten die een betere benutting van mest hebben dan de aardappelteelt zou daarom kunnen leiden tot lagere nutriëntenconcentraties.

Hoge ambities

De ecologische ambities liggen in de Drentse Aa hoog, zeker in vergelijking met de Schuitenbeek. De normen voor de concentraties nutriënten die Waterschap Hunze en Aa's aanhoudt vanuit de Kaderrichtlijn Water, zijn laag. In 2015 hoopt het waterschap ook te voldoen aan de ecologische en chemische normen die het heeft opgesteld vanuit de Kaderrichtlijn Water. Voor die richtlijn is

het stroomgebied van de Drentse Aa geclassificeerd als stromende laaglandbeek op zandgrond die meandert en zuurstofrijk is. Dat betekent dat het stroomgebied qua hydromorfologische inrichting afgestemd moet zijn op ecologische ontwikkeling, en dat stuwen passeerbaar gemaakt moeten worden voor vissen. Ingrepen in het oppervlaktewatersysteem kunnen eveneens leiden tot een betere waterkwaliteit. Zeker als deze ingrepen zorgen voor een langere verblijftijd van het water waardoor processen meer tijd hebben om het water te zuiveren van nutriënten (zie kader F. *Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties*). Het herinrichten van genormaliseerde delen van het beekstelsel – bij voorbeeld via hermeanderen en de aanleg van natuurvriendelijke oevers – kan zorgen voor een langere verblijftijd van het water. In periodes van lage waterafvoeren door het beekstelsel, zoals in de zomer, kan hermeanderen echter ook leiden tot kortere verblijftijden. Het water verblijft dan korter in een gemeenderd deel dan in een genormaliseerd deel dat het water beter vasthoudt door de stuwen. Aanvullend veldonderzoek binnen Monitoring Stroomgebieden naar processen in het oppervlaktewater van het Zeegserloopje bevestigt dit.



Het Oude Molensche Diep maakt deel uit van het stroomgebied van de Drentse Aa



Nabij het uitstroompunt van het stroomgebied Schuitenbeek

2.3 Schuitenbeek

Het stroomgebied van de Schuitenbeek is een zandgebied dat bijna 8.000 hectare groot is en ongeveer voor de helft uit landbouwgronden bestaat. Die liggen vooral in het lager gelegen westelijke deel van het stroomgebied, in de Gelderse Vallei. De Gelderse Vallei staat bekend om de vele kippen- en varkensbedrijven; die gebruiken de landbouwgrond die ook in het stroomgebied van de Schuitenbeek ligt voor de verbouw van maïs en gras. De andere helft van het gebied bestaat uit naaldbos, loofbos en heide, vooral in het oosten tegen het hogergelegen Veluwemassief aan.

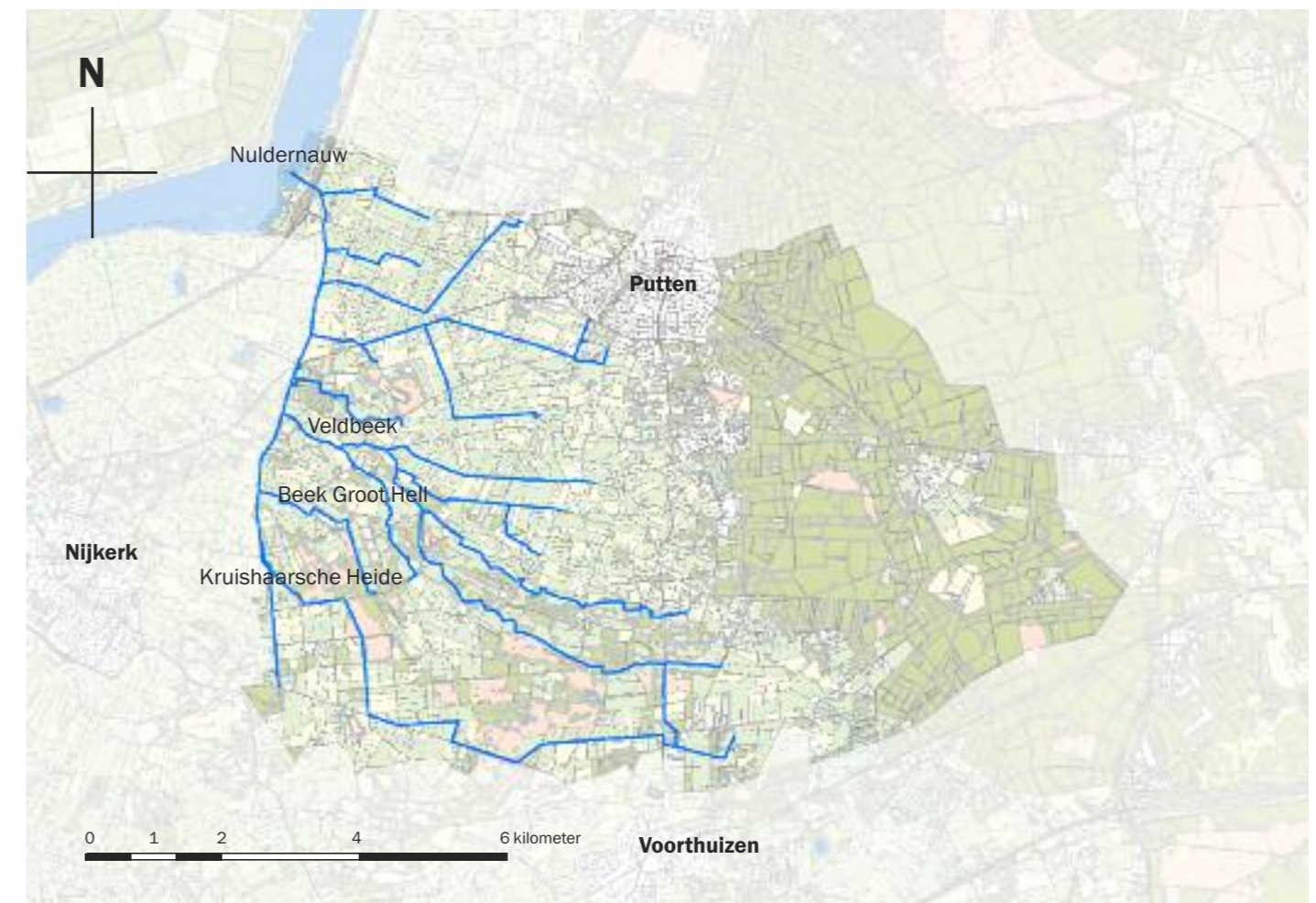
Gegraven waterloop met veel landbouw en natuur

De Schuitenbeek is een gegraven waterloop die ervoor moest zorgen dat de natuurlijke beken die vanaf het Veluwemassief lopen geen wateroverlast veroorzaken in de lagergelegen gebieden ten westen van de beek. Het stroomgebied loopt van de

Kruishaarsche Heide ten oosten van Nijkerk naar de delta van de Schuitenbeek, en mondt uit in het randmeer Nuldernauw ten westen van Putten (zie figuur 16). De Schuitenbeek stroomt in noordelijke richting, en ligt dwars op de natuurlijke beekdalen. De belangrijkste zijbeek is de Veldbeek, die bijna de helft van al het water levert. Veel van de beken in het stroomgebied van de Schuitenbeek staan een groot deel van het jaar droog, omdat die te dicht bij het Veluwemassief liggen om te worden gevoed met kwelwater. Alleen de benedenstroomse delen van de Schuitenbeek, de Veldbeek en Beek Groot Hell staan het hele jaar vol water.

Waterkwaliteit past bij landbouwgebied

De kwaliteit van het oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek is in de afgelopen decennia verbeterd. De stikstofconcentratie bij het uitstroompunt van het stroomgebied is



Figuur 16. Het stroomgebied van de Schuitenbeek

Mestbeleid zorgt voor aanvoer en afvoer van mest

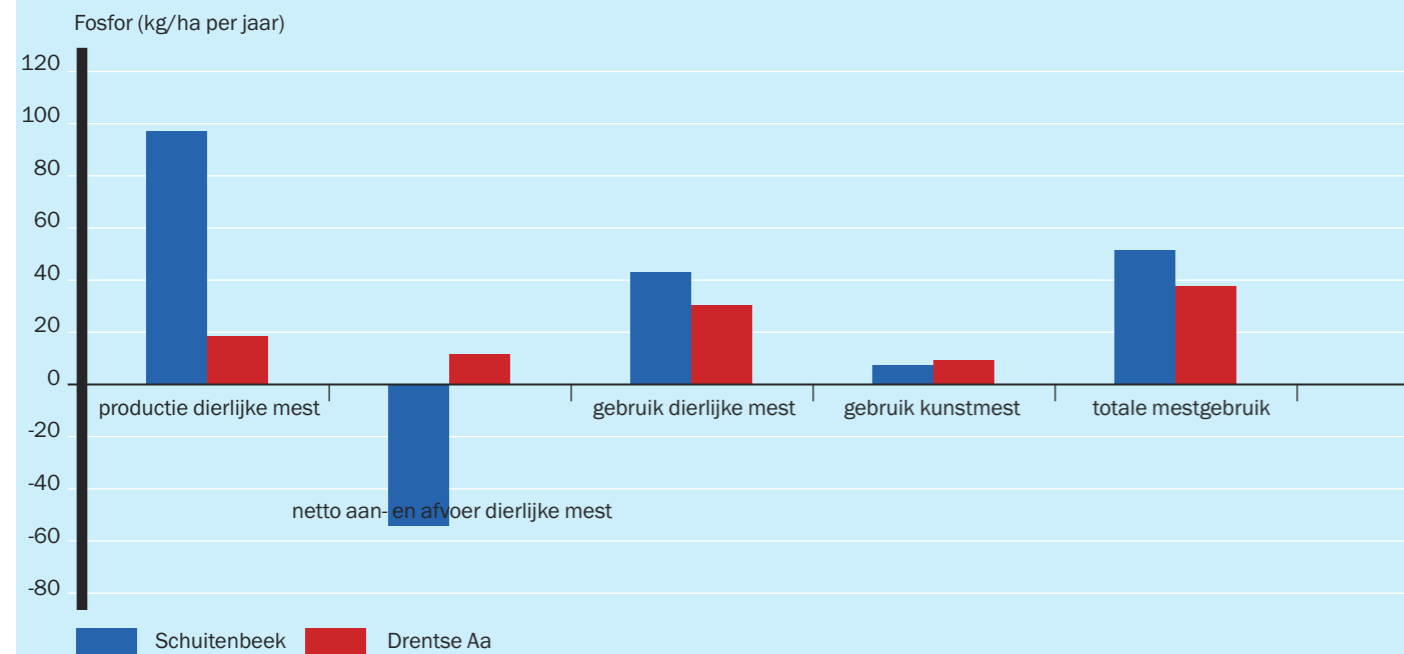
In de twee onderzochte stroomgebieden van beeksystemen op zandgrond – de Schuitenbeek en de Drentse Aa – is de bemesting een belangrijke bron van nutriënten in het oppervlaktewater. Om verbanden tussen bemesting en nutriëntenemissies naar het oppervlaktewater juist te beschrijven en gerichte sturingsmogelijkheden aan te wijzen, is inzicht in het regionale mestgebruik belangrijk.

De twee beeksystemen verschillen sterk als het gaat om landbouw. De veehouderij in het stroomgebied van de Schuitenbeek produceert veel mest (zie figuur 17). Gemeten in fosfor ligt dit tegen de 100 kg/ha per jaar. In het stroomgebied van de Drentse Aa is een groot areaal aan akkerbouw aanwezig, waar geen dierlijke mest wordt geproduceerd. Daarom is de mestproductie daar nog geen 20 kg/ha fosfor per jaar, hetgeen echter min-

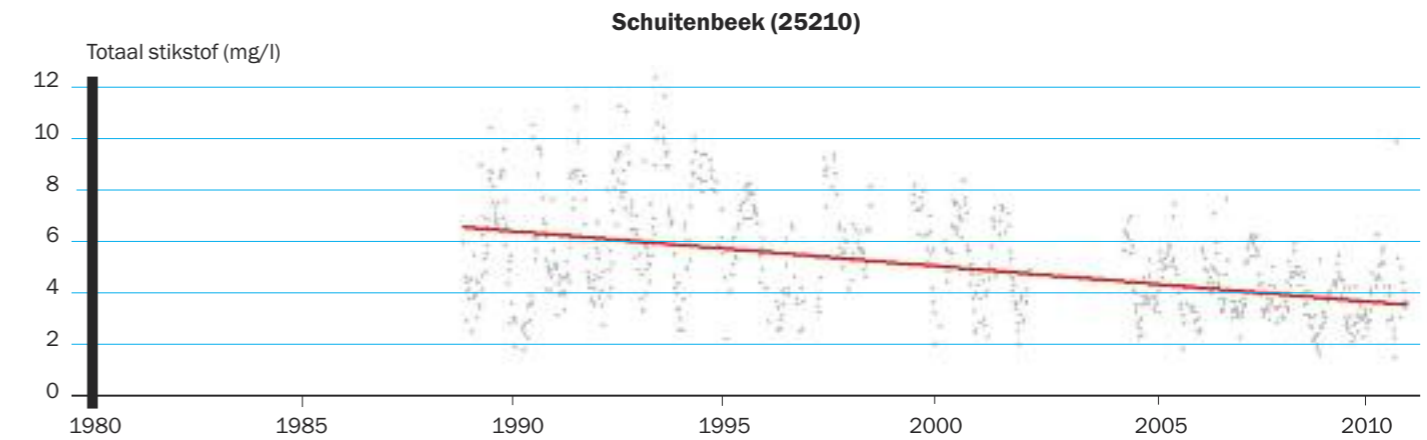
der is dan de gewassen opnemen. Het mestbeleid heeft bevorderd dat de aanvulling met kunstmest voor de groei van de gewassen is vervangen door een aanvulling met dierlijke mest van buiten het gebied.

Het totale mestgebruik in een gebied bestaat uit de dierlijke mest die in een gebied zelf wordt geproduceerd, de dierlijke mest die wordt aangevoerd of afgevoerd, en de gebruikte kunstmest. De werking van het mestbeleid is dat bedrijven met een hoge mestproductie mest moeten afvoeren. Bedrijven met een lage mestproductie voeren vaak mest aan. De cijfers over de stroomgebieden van de Schuitenbeek en de Drentse Aa geven een beeld van de aanvoer en afvoer van mest. De landbouwbedrijven in de Schuitenbeek voeren 55% van de mest uit het gebied af naar elders, en gebruiken 40% zelf. In de Drentse Aa wordt het overgrote deel van de mestpro-

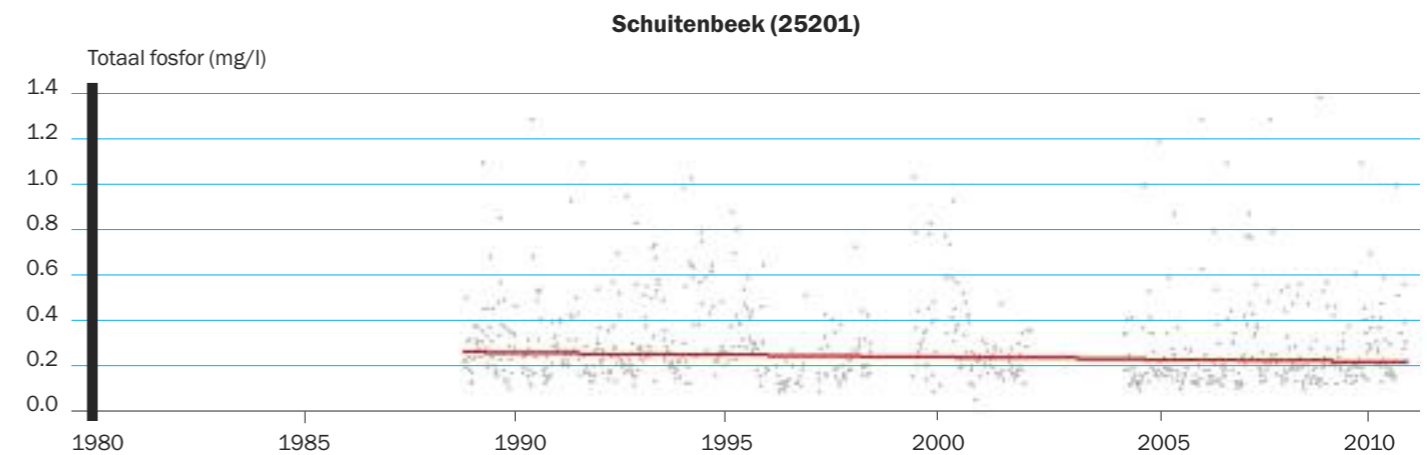
ductie ook in het gebied zelf gebruikt, maar er is tevens aanvoer van mest van buiten het stroomgebied. Dit wordt voornamelijk in de akkerbouw gebruikt.



Figuur 17. Productie, aanvoer en afvoer en gebruik van mest in de stroomgebieden van de Schuitenbeek en de Drentse Aa



Figuur 18a. Het verloop van de concentraties totaal stikstof in het oppervlaktewater van de Schuitenbeek van 1990 tot 2010



Figuur 18b. Het verloop van de concentraties totaal fosfor in het oppervlaktewater van de Schuitenbeek van 1990 tot 2010

van 6 mg/l in het begin van de jaren negentig significant gedaald tot onder de 4 mg/l, de door Waterschap Veluwe gehanteerde norm vanuit de Kaderrichtlijn Water (zie figuur 18a). Gemiddeld is de stikstofconcentratie in de zomer 3,5 mg/l. In 2010 is echter weer een stijging van de stikstofconcentraties te zien. De ruimtelijke variatie in stikstofconcentraties is niet zo groot als bij fosfor; in twee meetpunten in de landbouwgebieden zijn de stikstofconcentraties lager dan die bij het uitstroompunt.

Ook de fosforconcentraties zijn in die periode van 1990 tot 2010 gedaald, maar volgens de berekeningen niet significant (zie figuur 18b). In de onderzoeksperiode van het project Monitoring Stroomgebieden werd juist een stijging van de fosforconcentratie gevonden. De fosforconcentraties in het stroomgebied van de Schuitenbeek zitten gemiddeld ruim boven de norm van 0,14 mg/l die Waterschap Veluwe hanteert vanuit de Kaderrichtlijn Water. Gemiddeld zijn de fosforconcentraties voor het hele

stroomgebied in de zomer 0,29 mg/l. Opvallend zijn de extreme uitschieters in de fosforconcentraties. De ruimtelijke variatie in fosforconcentratie is groter dan die van de stikstofconcentraties; in de landbouwgebieden zijn de fosforconcentraties hoger. De concentraties ammonium in het oppervlaktewater van de Schuitenbeek bleken hoog. In eerste instantie werd een verklaring daarvan gezocht in de bemesting door de landbouw. Nader onderzoek leerde dat de ammonium van nature uit de onderliggende geologie in het grondwater komt (zie kader I. *Ammonium komt uit ondergrond*).

Schuitenbeek heeft hoge mestproductie

Ondanks het feit dat het stroomgebied van de Schuitenbeek maar voor de helft uit landbouwgebied bestaat, is de invloed van de landbouw er groot. De mestproductie in het stroomgebied van de Schuitenbeek is hoog, bijna 100 kg/ha fosfor. Daarvan wordt zo'n 60% afgevoerd naar andere gebieden (zie kader H. *Mestbe-*

Ammonium komt uit ondergrond

Het oppervlaktewater in het westelijke deel van het stroomgebied van de Schuitenbeek bevat opvallend hoge concentraties ammonium, bleek uit analyses van de metingen van Monitoring Stroomgebieden. Bij het uitstroompunt werden over het hele jaar opvallend hoge concentraties ammonium gemeten, met in de winter gemiddeld 1 mg/l ammonium. Bij twee meetpunten in het westelijke deel van de Schuitenbeek werden zelfs uitschieters in de concentraties ammonium gevonden boven de 3 mg/l. Dat is erg hoog. Gemiddeld bevatten beken in zandgebieden een concentratie van ongeveer 0,2 mg/l ammonium.

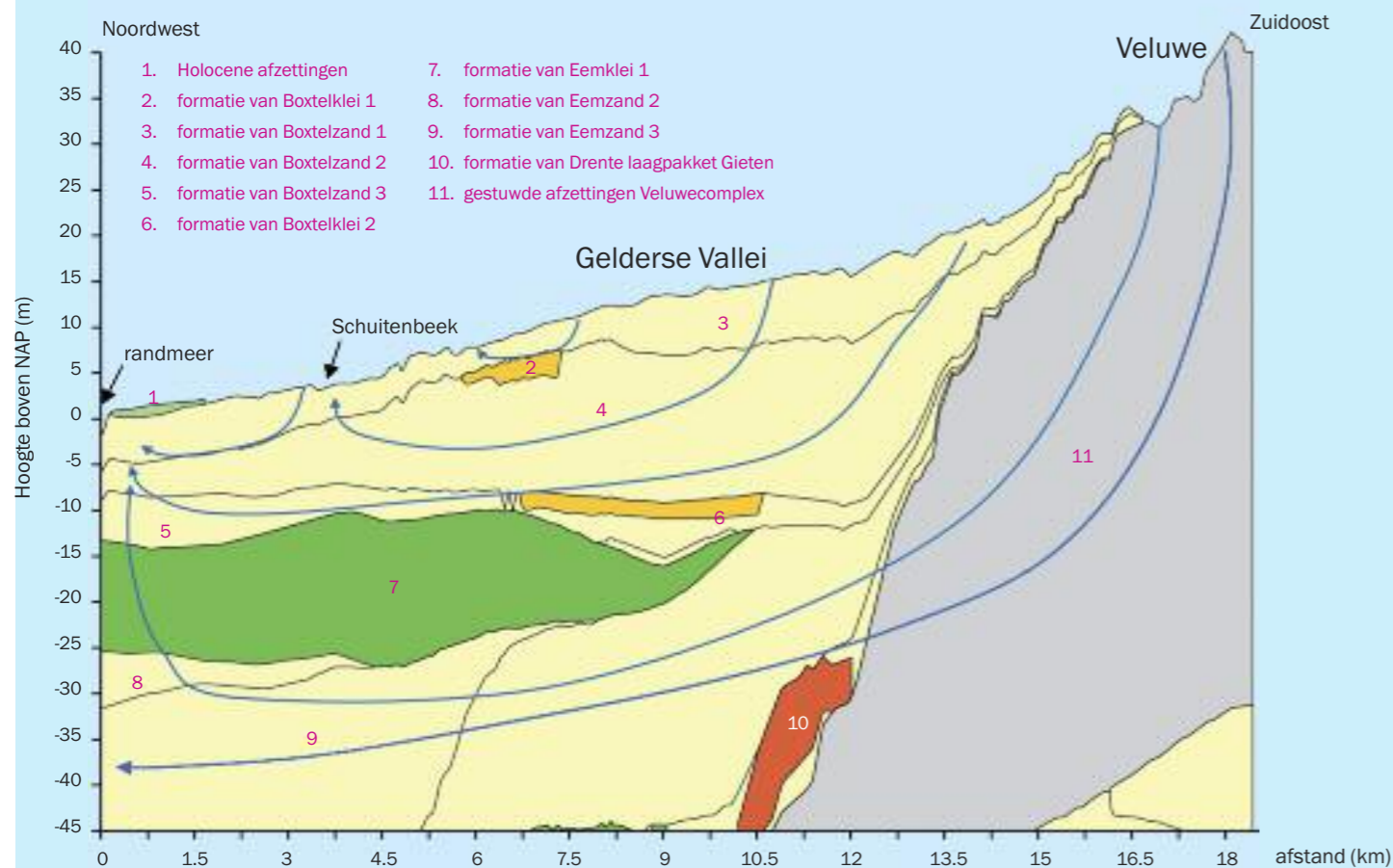
In eerste instantie werd gedacht dat de hoge ammoniumconcentraties een gevolg waren van de bemesting door de landbouw, omdat er

vaker ammonium was aangetroffen als gevolg van een lozing van mest. Uit de meetgegevens van de landelijke en provinciale meetnetten voor de grondwaterkwaliteit werden echter aanwijzingen gevonden die wezen op de geologische ondergrond als leverancier van ammonium. Op één meetpunt ten westen van de Schuitenbeek waren de concentraties ammonium extreem hoog, tussen de 25 en 41 mg/l. De concentraties strontium en barium waren daar ook hoger. Dit wijst op de invloed van mariene afzettingen.

Nader onderzoek wees uit dat de ammonium in de Schuitenbeek uit de ondergrond komt. Het gebied bestaat geologisch uit twee delen (zie figuur 19). In het westen ligt het landbouwgebied van de Gelderse Vallei met dekzanden aan de oppervlakte en daaronder estuariene Eemklei (Formatie van Eemklei 1).

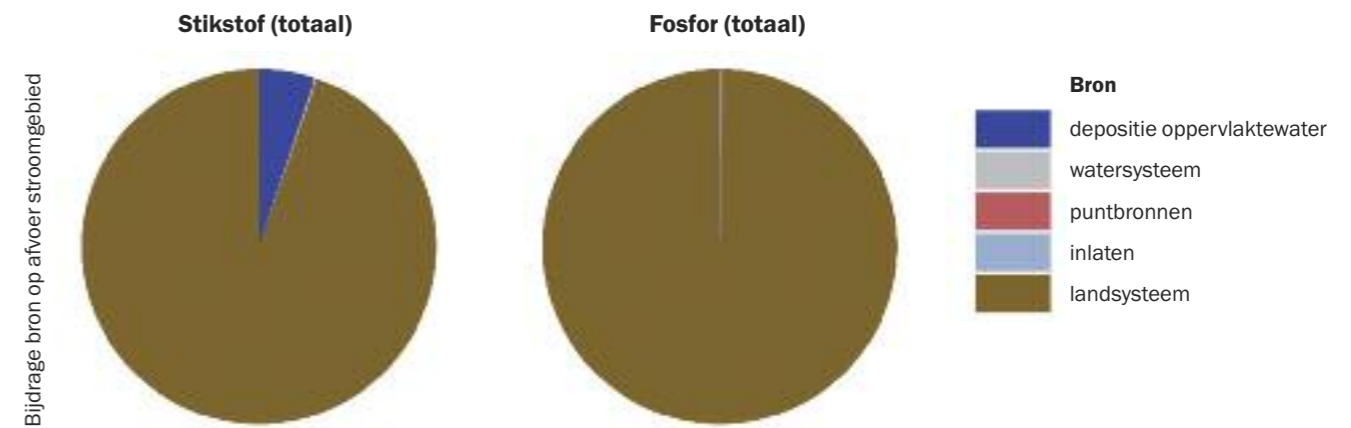
Zulke estuariene afzettingen bevatten vaak hoge concentraties ammonium. De afzetting volgt de vroegere kustlijn en de daarbij horende overgang van zoetwater naar zeewater. De mariene invloed wordt van zuid naar noord groter.

Het overgrote deel van het water in de Schuitenbeek komt uit het dekzandpakket dat boven de estuariene Eemklei ligt. De Eemklei is niet volledig ondoorlatend, en daarom heeft een eeuwenlange, diepe kwel van water het dekzand boven de Eemklei geïnfilteerd. Dat dekzand heeft daardoor een mariene signatuur gekregen, met de bijbehorende ammoniumconcentraties. En dat ammonium spoelt uit naar het oppervlaktewater van de Schuitenbeek.

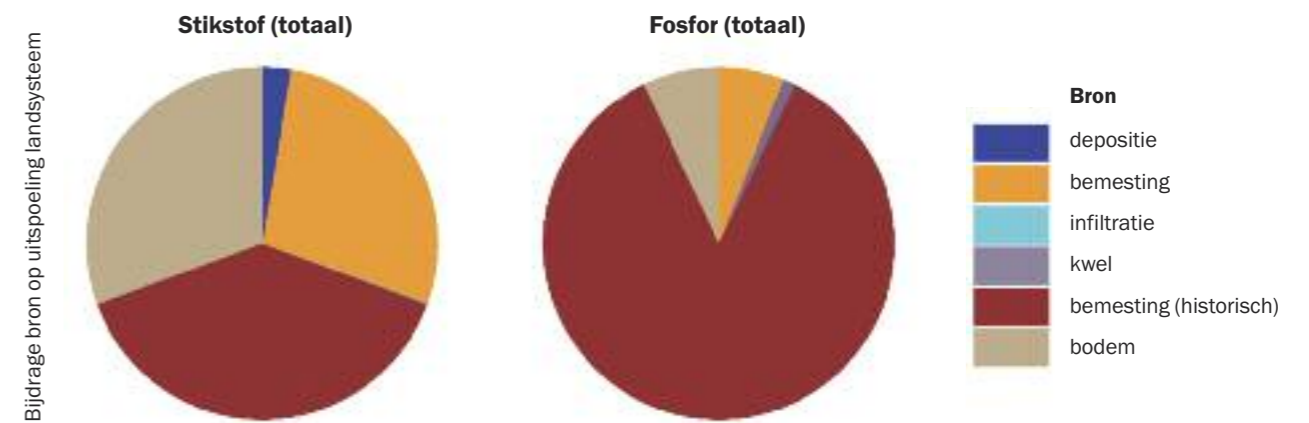


Figuur 19. Schematische weergave van geologische opbouw onder de Schuitenbeek

← stroombanen water



Figuur 20a. Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewatersysteem van de Schuitenbeek



Figuur 20b. Bronnen van nutriënten in het landsysteem van de Schuitenbeek

leidt zorgt voor aanvoer en afvoer van mest).

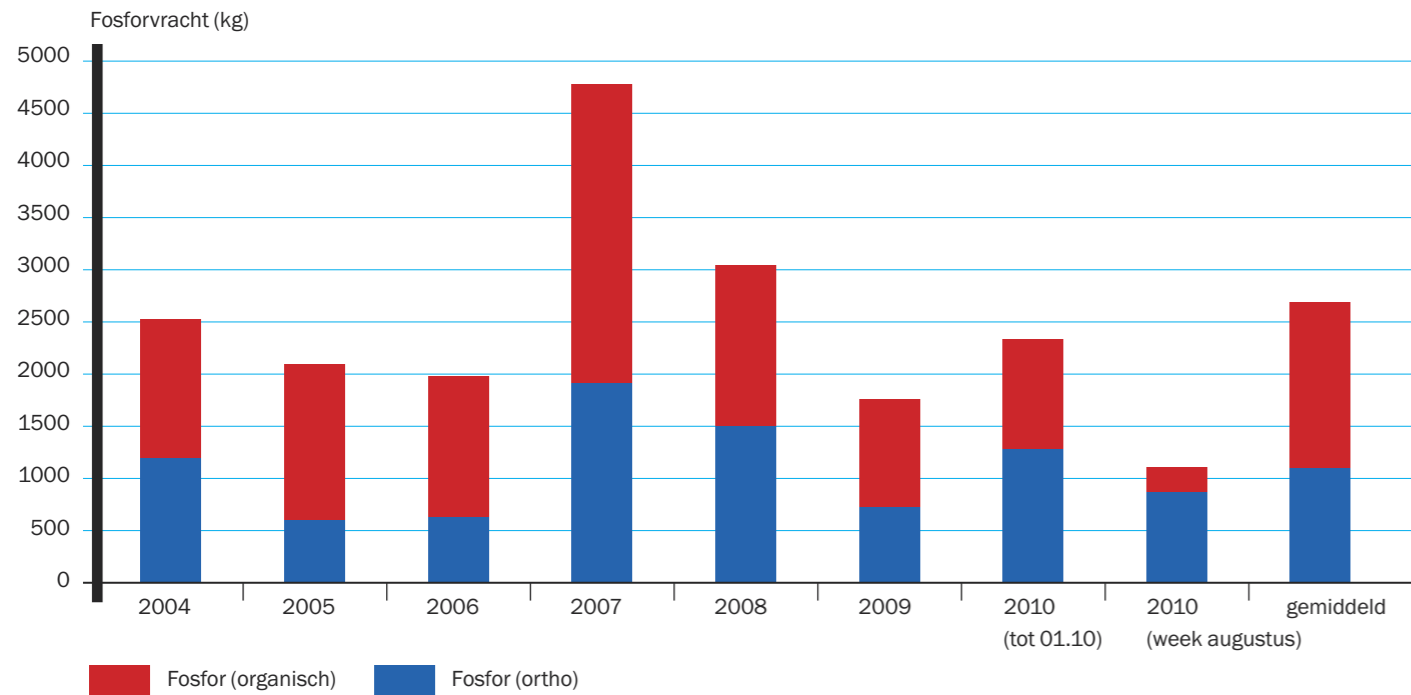
In het stroomgebied van de Schuitenbeek zijn geen rioolwaterzuiveringen. Daardoor is water op het land bepalend voor de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater (zie figuur 20a). Bemesting is daarin een belangrijke factor, en ook in de Schuitenbeek zijn daarbij verschillen tussen fosfor en stikstof te zien (zie figuur 20b). De fosforverzadiging op verschillende dieptes in de bodem blijkt zeer hoog. De historische bemesting die ligt opgeslagen in de bodem is dan ook de belangrijkste bron voor het fosfor in het oppervlaktewater. De stikstof uit het landsysteem komt ook voor het grootste deel uit de historische bemesting, maar de bemesting uit de periode daarna en de bodem zelf zijn ook belangrijke bronnen van stikstof.

Transportroutes verklaren fosforpieken

De transportroutes van de nutriënten in de Schuitenbeek verklaren waarom fosfor juist in natte situaties sneller in het oppervlak-

tewater terecht komt. Dat blijkt uit analyses van metingen aan de kwantiteit en de kwaliteit van het oppervlaktewater. Bij droge situaties water alleen het weinig fosfor bevattende diepere grondwater op de beken af, maar bij nattere situaties wateren ook het bovenste grondwater en bij erge natte situaties ook het bodemwater af en vindt er oppervlakkige afspoeling plaats. (zie kader G. *Grondwater is route van nutriënten*).

Ten tijde van het project Monitoring Stroomgebieden werd duidelijk hoe belangrijk de bijdrage is van extreme neerslag. Eind augustus 2010 werd tijdens een extreem natte week een fosforvrucht in het gebied gemeten van 1100 kg fosfor. Dit is vergelijkbaar met bijna de helft van de totale fosforvrucht van 2010 en 40% van de gemiddelde jaarvrucht over de periode van 2004 tot 2009 (zie figuur 21). De werkelijke vrucht lag nog hoger. Doordat de meesluis volledig was verdrongen kon de waterafvoer namelijk niet goed worden bepaald en is onderschat.



Figuur 21. De fosforvracht voor Schuitembeek per jaar en de vracht na een extreme regenbui in augustus 2010

De Schuitembeek stroomt uit in het Nuldernauw en de randmeren. Hoge vrachten van fosfor en stikstof in het uitstromende water van de Schuitembeek hebben dan ook invloed op de waterkwaliteit in de randmeren.

Minder bemesten is niet genoeg

Binnen Monitoring Stroomgebieden zijn de effecten van veranderingen van de bemesting doorgerekend met speciaal voor het gebied ontwikkelde modellen (zie kader B. *Modelleren van grof naar fijn*). Hieruit blijkt dat het verminderen van de bemesting vooral werkt voor de stikstofconcentraties in het oppervlaktewater (zie tabel 4). Met 30% minder bemesting is het mogelijk in het stroomgebied 3 mg/l stikstof als norm te halen, terwijl het waterschap nu een norm van 4 mg/l hanteert.

Voor fosfor zorgt het verminderen van de bemesting er niet voor dat de norm van 0,14 mg/l fosfor in het oppervlaktewater, die het waterschap nu hanteert, wordt gehaald. De fosfor in het oppervlaktewater komt namelijk vooral uit de met fosfor verzadigde bodem, een resultaat van de historische bemesting. In Monitoring Stroomgebieden is vermindering van de fosforbelasting met modellen gesimuleerd door het volledig stop zetten van de bemesting door te rekenen. Hieruit blijkt dat na tien jaar de fosfor-

Sturingsmogelijkheid

Bemesting

Fosfaatopphoping in bodem

Effect sturing op nutriënt

	Stikstof	Fosfor
Bemesting	++	+
Fosfaatopphoping in bodem	0	++

Tabel 4. Brongericht sturen op schoon water in de Schuitembeek

uitspoeling met 30% is verminderd. Langere tijd minder bemesten leidt tot verdere vermindering van de fosforuitspoeling. Het uitmijnen van fosfor uit de bodem kan in de Schuitembeek wel effectief zijn. Daarbij wordt via het gewas meer fosfor aan de bodem onttrokken dan er met bemesting wordt opgebracht. De bemesting met stikstof vindt dan nog wel plaats. Door uitmijnen worden de fosforoverschotten verminderd. Uit economisch oogpunt moet uitmijnen echter gericht gebeuren, op de plekken waar veel fosfor in de bodem zit en waar dit gemakkelijk kan uitspoelen naar het oppervlaktewater. Voor de ecologie in het stroomgebied is het verminderen van zowel stikstof als fosfor goed, omdat beide nutriënten volop in het oppervlaktewater aanwezig zijn.

Zoeken naar combinaties van maatregelen

Binnen het stroomgebied van de Schuitembeek zijn de problemen

met de relatief hoge concentraties nutriënten in het oppervlaktewater beperkt. Voor stikstof worden de normen gehaald, voor fosfor niet. Ecologisch is vooral het gebrek aan waterplanten en andere vegetatie in het stroomgebied een knelpunt. Dat heeft met de inrichting van het beekstelsel te maken, want grote delen van dat systeem lijken eerder op een rechte bak dan een beek. De herinrichting van het beekstelsel van de Schuitembeek kan zowel voor fosfor als voor stikstof effectief uitpakken. Voor het verminderen van de stikstofconcentraties in het water is ook het vasthouden van het water effectief, zodat de nutriënten kunnen worden opgenomen door planten. Voor fosfor is het goed om, naast uitmijnen van fosfor uit de bodem, het water langer vast te houden, zodat de pieken in de waterafvoer worden verminderd. Al deze aanvullende maatregelen dienen voor de kwantificering van de effecten op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater nader onderzocht te worden. Waterschap Veluwe werkt nu aan de herinrichting van de Veldbeek. Dat kan volgens berekeningen binnen Monitoring Stroomgebieden positief uitwerken, omdat de Veldbeek bijna de helft van het water aan het stroomgebied van de Schuitembeek levert. Het waterschap experimenteert in een andere beek in haar be-

heersgebied met helofytenfilters, wat mogelijk leidt tot verlaging van de fosforconcentraties in het oppervlaktewater. Daarnaast werkt het waterschap daar met boeren samen in het project *Boeren voor Schoon Water* aan het terugdringen van de meststoffen in het oppervlaktewater, bijvoorbeeld door de afspoeling van meststoffen van het erf te beperken. Het waterschap zal de ervaringen uit dit project gebruiken voor de Schuitembeek.



Benedenloop van de Schuitembeek die in de zomer kan droogvallen, maar ook periodes met hoge afvoeren kent



Stuw in het bemalingsgebied Quarles van Ufford

2.4 Quarles van Ufford

In het westelijke deel van het Land van Maas en Waal ligt het ongeveer 12.000 hectare grote bemalingsgebied Quarles van Ufford. De rivierkleipolder wordt vooral gebruikt als landbouwgrond. In de komgebieden bestaat de bodem uit lichte en zware rivierklei, waarop veel grasland en ook wat maïs groeit. Op de oevers langs de rivieren, met zavel en lichte klei, komt fruitteelt en bouwland voor. Twintig procent van het gebied is bebouwd, met in het noorden de kernen van Beneden Leeuwen, Druten en Deest (zie figuur 22).

Kleipolder met landbouw

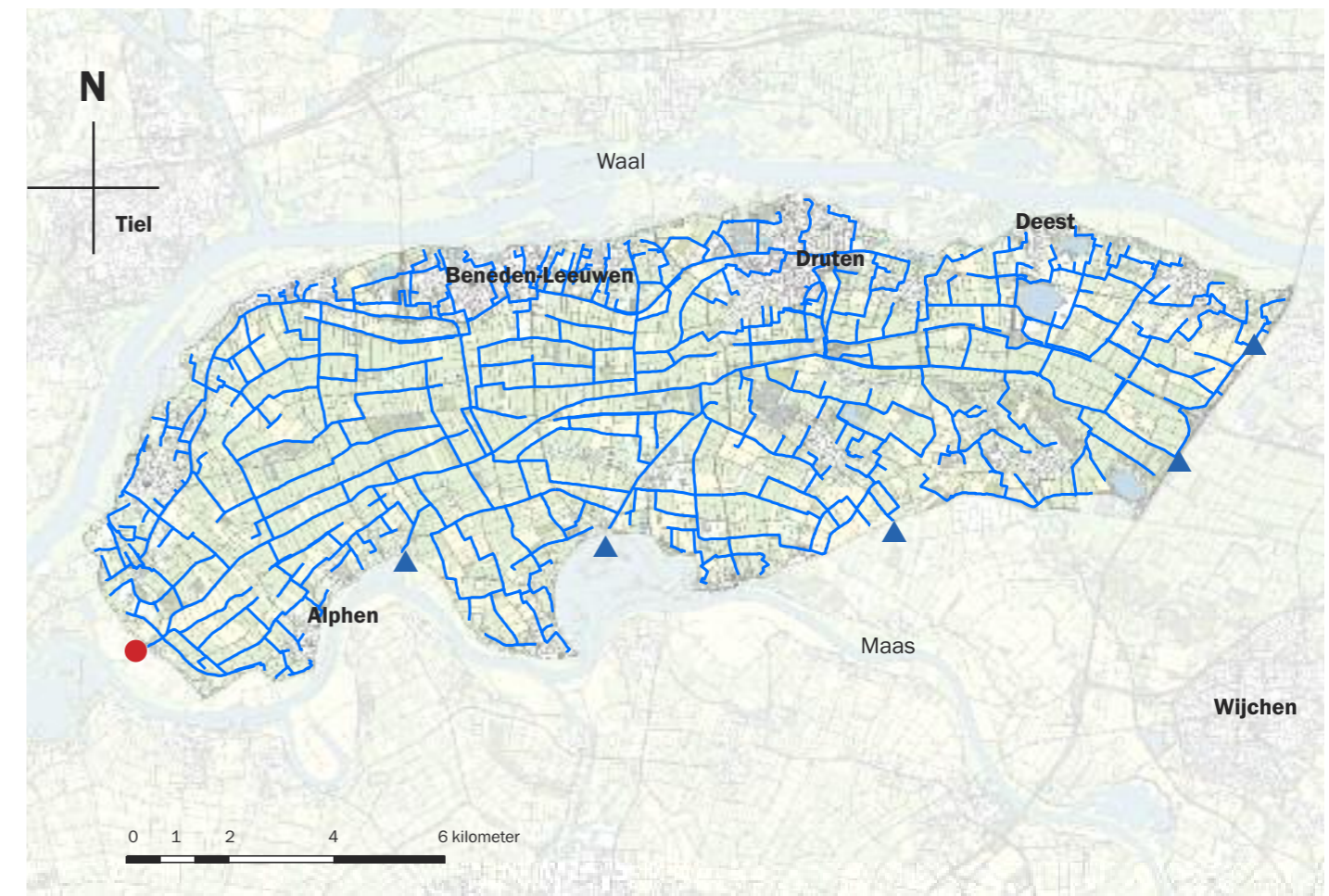
Het stroomgebied Quarles van Ufford is in het noorden begrensd door de Waal, in het zuiden door de Maas en in het oosten door de Nieuwe Wetering en de snelweg A50. Het water in het gebied komt van vijf inlaten, twee met water uit de Maas, drie uit de oostelijk gelegen polder Bloemers. Via weteringen loopt het water naar het stroomafwaarts gelegen gemaal Quarles van Ufford bij

Alphen, waar het voor het grootste deel van het jaar onder vrij verval kan afwateren op de Maas.

Waterkwaliteit afhankelijk van water van buiten

De hoeveelheid nutriënten in het oppervlaktewater van Quarles van Ufford is in de afgelopen decennia verminderd. De stikstofconcentratie bij het uitstroompunt is sinds 1990 significant gedaald van 4 naar 2,2 mg/l (zie figuur 23a). De fosforconcentratie daalde minder hard, van 0,15 mg/l in 1990 naar 0,1 mg/l in 2010, maar deze dalende trend is wel significant (zie figuur 23b).

Het opvallende aan het watersysteem van Quarles van Ufford is dat er weinig uitwisseling is tussen de grotere en kleinere watergangen. Kleinere sloten bevatten meer nutriënten, omdat ze dichterbij de bron zitten, de bemeste landbouwgronden. Maar in Quarles van Ufford bepaalt dit niet de waterkwaliteit in grotere watergangen, zoals dat wel in vrij afwaterende zandgebieden het



Figuur 22. Het stroomgebied van Quarles van Ufford

▲ inlaat ● uitlaat

geval is. Grotere watergangen staan vooral in de zomer meer onder invloed van het inlaatwater. Dat inlaatwater komt op zijn beurt ondanks het vlakke terrein en de vele stuwen niet in de kleinere watergangen terecht (zie kader *J. Inlaatwater opsporen met gadolinium*).

Voor een aantal grotere watergangen gelden de normen vanuit de Kaderrichtlijn Water, die zijn vastgesteld door Waterschap Rivierenland. Voor de kleinere wateren geldt de algemene milieu-norm van het maximaal toelaatbare risiconiveau (MTR). In de grote waterlichamen blijven de nutriëntenconcentraties flink onder de norm die Waterschap Rivierenland hanteert vanuit de Kaderrichtlijn Water, respectievelijk 2,8 mg/l stikstof en 0,15 mg/l fosfor. In de kleinere wateren schommelen de stikstofconcentraties rond de MTR-norm van 2,2 mg/l, maar zitten de fosforconcentraties vaak boven de norm van 0,15 mg/l.

De kwaliteit van het oppervlaktewater in de grotere watergangen van Quarles van Ufford wordt voor een belangrijk deel bepaald door het inlaatwater uit de Maas en de bovenstrooms gelegen polder Bloemers. Dat Maaswater is schoner geworden. De concentraties minerale en organische stikstof in het Maaswater dalen vanaf 1990, de concentraties minerale fosfor daalden in de jaren negentig en kwamen in de afgelopen tien jaar tot een evenwicht. Het inlaatwater uit de polder Bloemers is over het algemeen schoner dan het Maaswater, blijkt uit metingen van Monitoring Stroomgebieden. De polder Bloemers ontvangt ook inlaatwater uit de Maas, maar er vinden in deze polder processen plaats waardoor het water schoner wordt voordat het wordt ingelaten in Quarles van Ufford.

Grote verschillen tussen winter en zomer

Door het waterbeheer zijn de seizoenen in Quarles van Ufford bepalend voor de manier waarop nutriënten in het oppervlaktewater terecht komen. In de zomer – het groeiseizoen waarvoor ook de normen vanuit de Kaderrichtlijn Water gelden – wordt 74% van het totale debiet bij het uitstroompunt bepaald door het inlaatwater uit de Maas en de polder Bloemers (zie figuur 24).

Om te kijken waar het inlaatwater invloed heeft op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater is binnen Monitoring Stroomgebieden het zeldzame aarde-element gadolinium gebruikt als opsporingsmiddel voor de aanwezigheid van het Maaswater (zie kader *J. Inlaatwater opsporen met gadolinium*). Het water in de haarvaten van het watersysteem van Quarles van Ufford verdampt in de zomer. Vooraf was het idee dat daardoor een aanzuigende werking zou ontstaan die zorgt dat het inlaatwater ook in die haarvaten terecht komt. Uit metingen met het gadolinium bleek echter dat het Maaswater niet in de kleine sloten te

recht kwam. Zelfs bij droogte zit er voornamelijk gebiedseigen water in die sloten.

In de winter komt er nauwelijks inlaatwater in het gebied, en worden de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater meer bepaald door wat er op het land gebeurt (zie figuur 25a). Dit geldt voor zowel fosfor als stikstof. Hier is opnieuw te zien dat de stikstof in het oppervlaktewater vooral uit de bemesting van de afgelopen tien jaar komt, de recente bemesting (zie figuur 25b).

De fosfor in het water komt vooral uit de bemesting van tien tot veertig jaar geleden, de historische bemesting die in de bodem ligt opgeslagen.

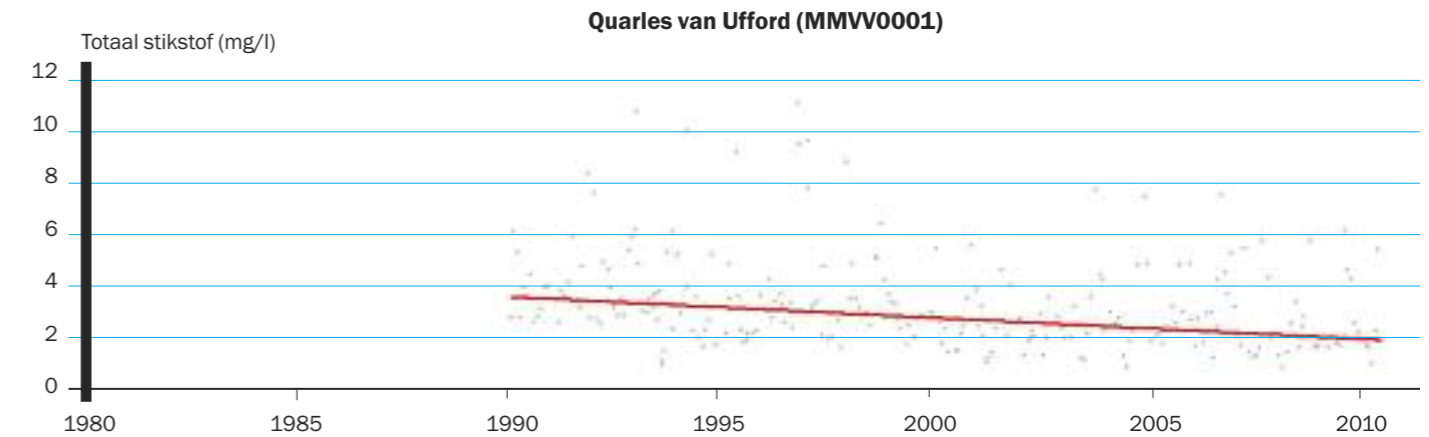
In de winter is er, zoals ook in andere gebieden, uitspoeling en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater. In Quarles van Ufford is een groot deel van het areaal gedraineerd, en bij regen zorgen die drains ervoor dat 54% van de hoeveelheid stikstof en 44% van de hoeveelheid fosfor uitspoelt in het oppervlaktewater. Ook plasvorming op de percelen zorgt voor afspoeling van nutriënten. De uitspoeling via krimpscheuren in de kleibodem speelt ook een rol.

Seizoenen bepalen maatregelen

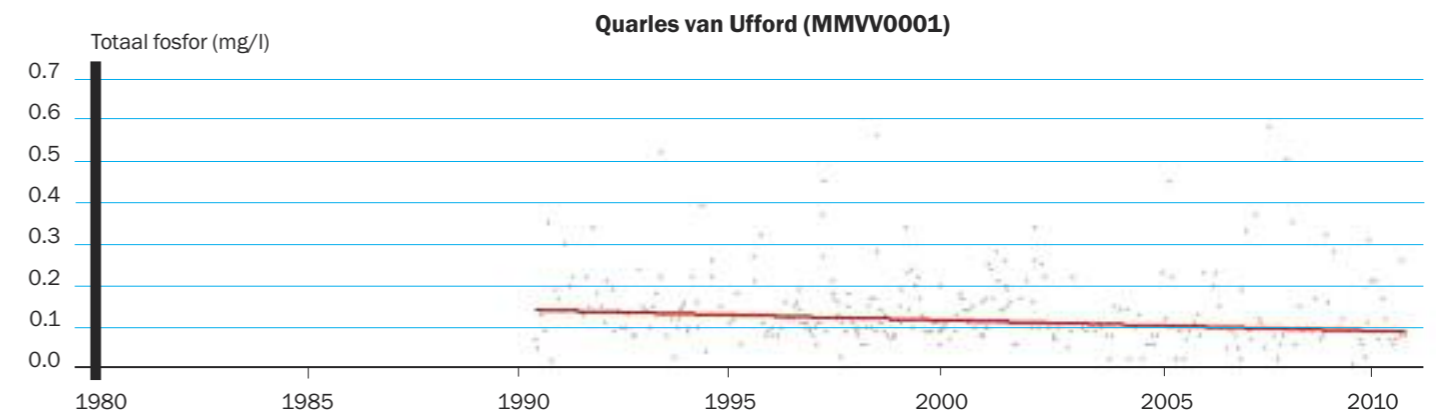
In Quarles van Ufford zijn het inlaatwater en de bemesting de belangrijkste bronnen. Het inlaatwater en de bemesting zijn dus ook de beste sturingsmogelijkheden om de nutriëntenconcentraties in het gebied te verlagen, maar hierbij moet wel rekening gehouden worden met het onderscheid tussen kleine en grote watergangen. Zoals gezegd heeft de bemesting als belangrijke bron van nutriënten in de kleine watergangen in de zomer nauwelijks effect op de waterkwaliteit van de grotere watergangen. Het inlaatwater heeft in de zomer weinig effect op de haarvaten van het watersysteem, omdat het daarin niet doordringt. Daarom is het belangrijk te meten waar het inlaatwater effect heeft (zie kader *J. Inlaatwater opsporen met gadolinium*).

Binnen Monitoring Stroomgebieden zijn de verschillende sturingsmogelijkheden om de nutriëntenconcentraties te verminderen doorgerekend met speciaal voor het stroomgebied ontwikkelde modellen (zie tabel 5). De recente bemesting is net als elders vooral voor stikstof een belangrijke bron. Als de bemesting in het gebied op het niveau van 1986 zou zijn gebleven, in een orde van grootte van 500 kg/ha stikstof en 90 kg/ha fosfor, dan zouden de concentraties nutriënten nu in de winter twee keer zo hoog zijn, terwijl de zomerconcentraties gelijk zouden zijn aan de huidige concentraties (zie kader *K. Mestbeleid heeft gewerkt*). Sturen op bemesting heeft dus vooral effect in de winter, zowel voor fosfor als stikstof. Dit komt doordat nutriënten vooral in de winter uitspoelen door de neerslag.

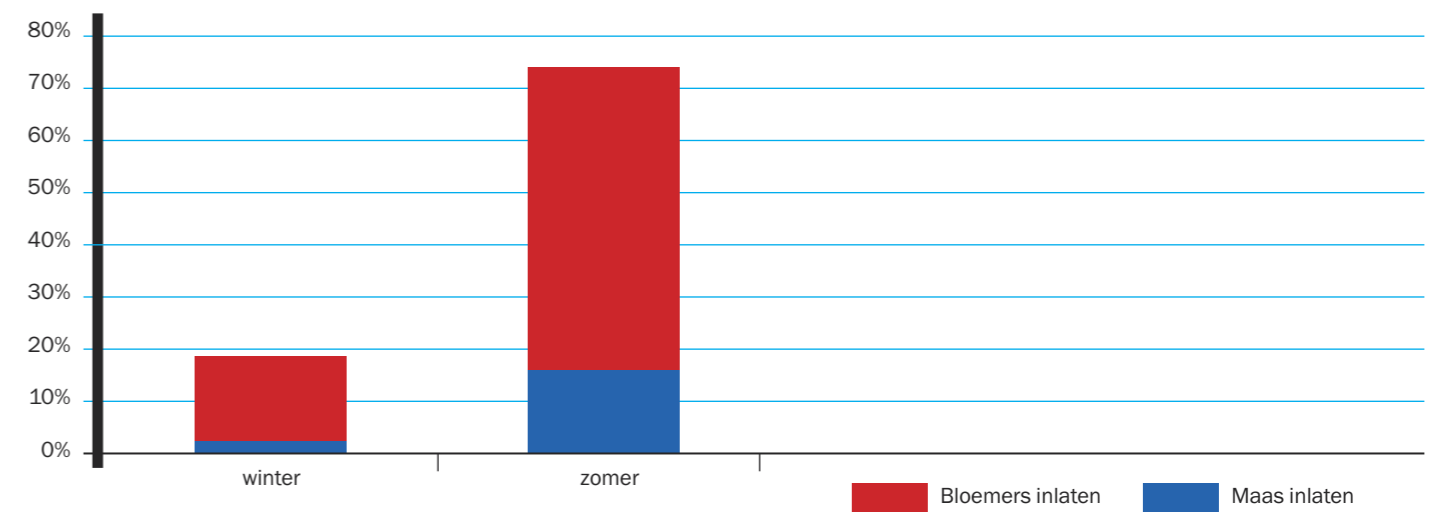
Het effect van geen bemesting is in modellen gesimuleerd door



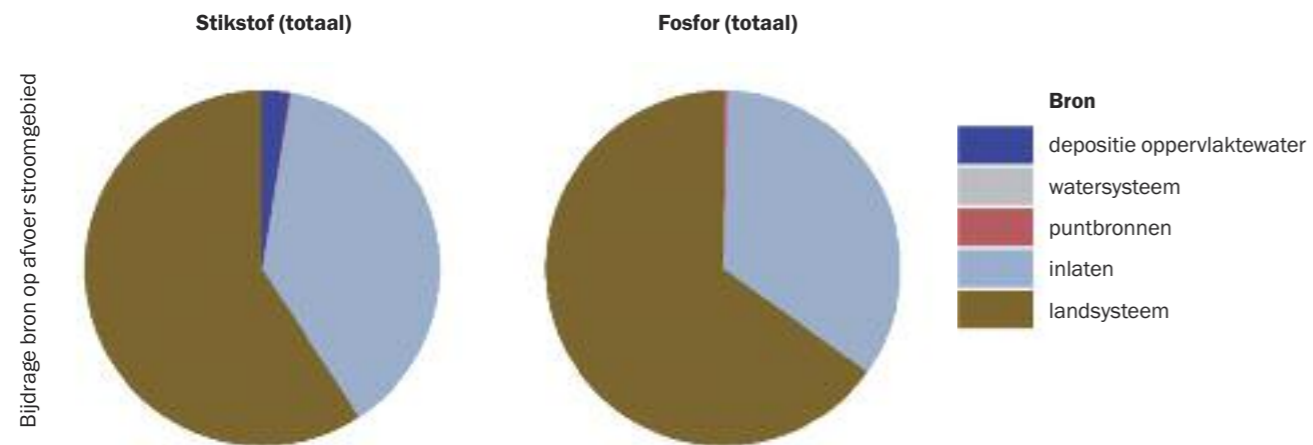
Figuur 23a. Het verloop van de concentraties totaal stikstof in Quarles van Ufford van 1990 tot 2010



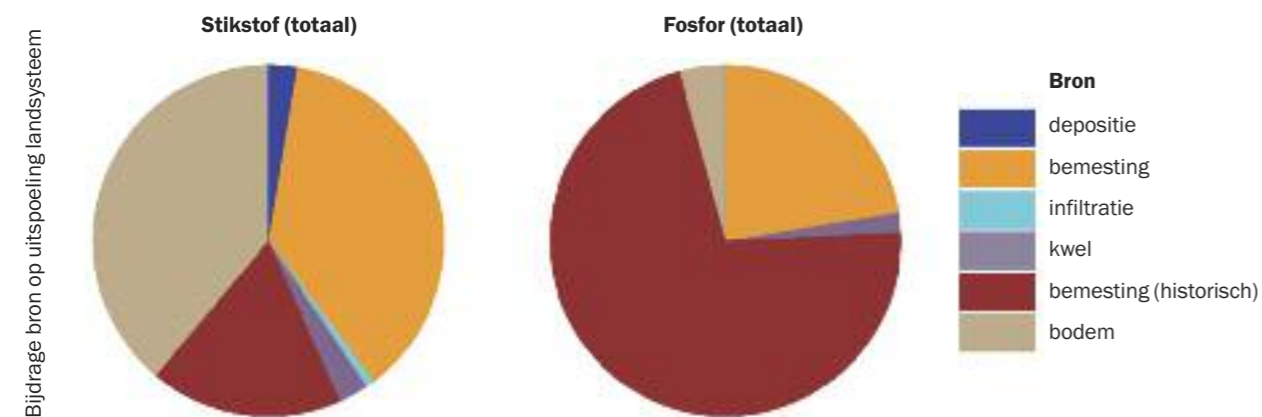
Figuur 23b. Het verloop van de concentraties totaal fosfor in Quarles van Ufford van 1990 tot 2010



Figuur 24. Bijdrage van het inlaatwater op het totale debiet in het uitstroompunt van Quarles van Ufford



Figuur 25a. Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewatersysteem van Quarles van Ufford



Figuur 25b. Bronnen van nutriënten in het landstelsel van Quarles van Ufford

Sturingsmogelijkheid **Effect sturing op nutriënt**

	Stikstof	Fosfor
Bemesting	+	+
Inlaatwater	++	++

Tabel 5. Brongericht sturen op schoon water in Quarles van Ufford

over een periode van tien jaar de bemesting op nul te zetten. Daaruit blijkt dat de uitspoeling van stikstof met 40% en die van fosfor met 25% vermindert als de bemesting volledig wordt stopgezet. Langere tijd geen mest toedienen zorgt ervoor dat die vermindering van de uitspoeling nog groter wordt.

In de zomer is sturen op het inlaatwater een mogelijkheid, maar de nutriëntenconcentraties zitten nu al onder de norm die het waterschap hanteert vanuit de Kaderrichtlijn Water. Schoner in-

laatwater zorgt direct voor een betere waterkwaliteit in Quarles van Ufford. De vraag is echter in hoeverre de kwaliteit van het inlaatwater nog verbeterd kan worden. Waterschap Rivierenland veranderde in 2007 het beheer van het inlaatwater. Voor 2007 kwam veel inlaatwater binnen via het gemaal de Rijkse Sluis en Blauwe Sluis aan de Maas tussen Maasbommel en Alphen, na 2007 komt er meer water via gemaal en stuw 't Haasje en de stuw Betenlaan en gemaal Aspert vanuit de polder Bloemers. De waterkwaliteit in Quarles van Ufford is hierdoor verbeterd, omdat de concentraties nutriënten in het water uit de polder Bloemers iets lager zijn. Het water is langer onderweg waardoor er meer processen in het oppervlaktewater optreden (zie kader F. *Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties*). Sturen op het verminderen van de fosforconcentraties kan ecologisch positief uitvallen, en leiden tot minder ongewenste algengroei.

Combinatie van maatregelen levert meeste op

Op het eerste gezicht lijkt Quarles van Ufford een stroomgebied dat weinig problemen kent als het gaat om de kwaliteit van het oppervlaktewater. In de zomer worden de normen voor de Kaderrichtlijn Water gehaald, maar de ecologische doelstellingen niet. In het vroege voorjaar ontstaat vaak ongewenste algengroei door de uitspoeling van nutriënten in de winter en het vroege voorjaar. Die uitspoeling kan verminderen door minder mest te gebruiken in het vroege voorjaar. De inrichting van Quarles van Ufford is ook volledig ingesteld op het agrarisch gebruik, met aangepast peilbeheer en rechte en gemaaide oevers. Dat belemmert de ecologische ontwikkeling. Flexibel peilbeheer, met minder inlaat en uitlaat van water en meer natuurlijke peilvariaties, kan een maatregel zijn om de ecologie verder te ontwikkelen. De gevolgen voor de waterkwaliteit moeten dan nog wel worden onderzocht.

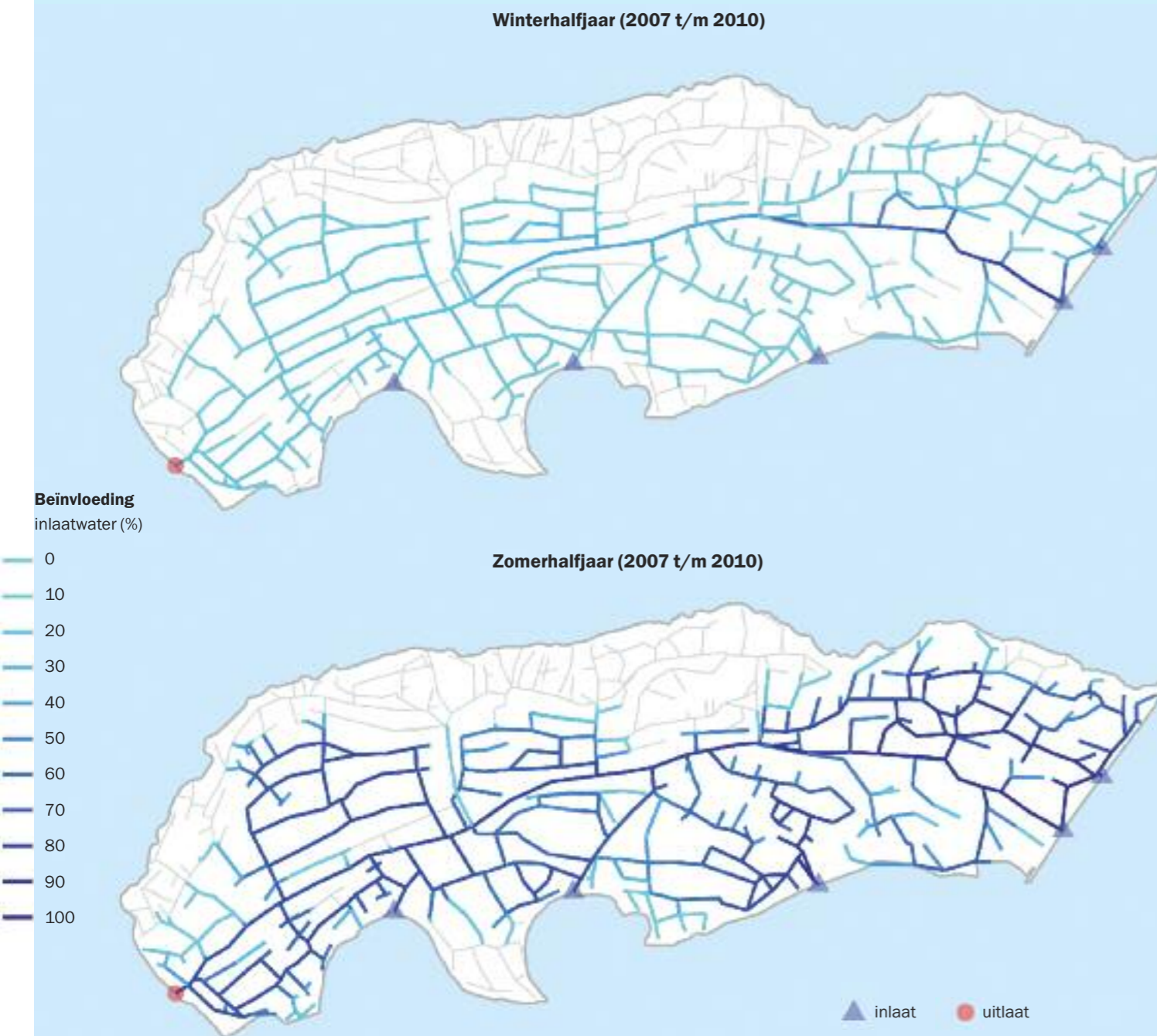
Waterschap Rivierenland vindt de planten en dieren in het water van Quarles van Ufford belangrijk. Het waterschap neemt maatregelen in de inrichting en het beheer om de waterfauna en -flora te verbeteren, zoals de verbetering van vismigratie en de aanleg van natuurvriendelijke oevers. Probleem hierbij is het tegennatuurlijke peil. In het voorjaar, op het moment dat planten hun

zaden op de oevers uitzaaien, stijgt het water, wat het kiemen van de oeervegetatie bemoeilijkt.

De beste aanpak van de nutriënten in Quarles van Ufford is inzetten op een combinatie van maatregelen. Het beperken van de directe inlaat van Maaswater door inlaat vanuit de polder Bloemers, zoals dat in het nieuwe inlaatbeheer vanaf 2007 al door het waterschap gebeurt, vermindert de aanvoer van nutriënten. Ook minder en efficiënt bemesten is effectief, vanwege de grote rol van de landbouw in het gebied. Een voorbeeld hiervan is niet bemesten bij natte omstandigheden in het voorjaar.



Poldersluis in het bemalingsgebied Quarles van Ufford



Figuur 26. De berekende beïnvloeding van wateren door inlaatwater in het gebied Quarles van Ufford

In de polder Quarles van Ufford wordt veel water ingelaten van buiten de polder. Dat water stroomde ooit door de Maas en de Rijn, en komt direct uit de Maas of via de polder Bloemers in Quarles van Ufford. Dat inlaatwater heeft invloed op de concentraties nutriënten in het oppervlaktewater. Binnen Monitoring Stroomgebieden kwam de vraag op of en hoe ver dat inlaatwater in de kleine slootjes in het gebied doordringt. Het antwoord op die vraag kan duidelijk maken welk deel van de nutriënten in het oppervlaktewater van de landbouw in Quarles van Ufford komt en welk deel van buiten de kleipolder.

Om het inlaatwater tot in de haarvaten van het watersysteem van Quarles van Ufford te kunnen volgen, is in het project Monitoring Stroomgebieden een methode met gadolinium ontwikkeld. Dat is één van de zeldzame aarde-elementen, een groep van vijftien elementen die van nature in zeer lage concentraties in het oppervlaktewater zitten. Gadolinium wordt sinds de jaren tachtig gebruikt in contrastvloeistoffen voor het opsporen van tumoren met MRI-scans. De stof breekt niet af, en daardoor zijn de concentraties gadolinium in het oppervlaktewater hoger dan die van de andere zeldzame aarde-

elementen. Door de aanwezige gadolinium in het oppervlaktewater te meten kan onderscheid worden gemaakt tussen wateren die wel of niet beïnvloed worden door inlaatwater. Door de toepassing van gadolinium in de gezondheidszorg worden namelijk verhoogde concentraties in grote wateren aangetroffen. In wateren zonder invloed van inlaatwater of rioolwaterzuiveringsinstallaties komen de van nature lage concentraties gadolinium voor. Vooral in de zomer wordt water ingelaten in Quarles van Ufford, en het lijkt logisch dat dit inlaatwater dus vooral in drogere periodes tot in de kleinere slootjes van de kleipolder doordringt. Het idee was dat verdamping vanuit de percelen zorgt er voor dat water verdwijnt uit de haarvaten van het poldersysteem, waarna het inlaatwater daar voor aanvulling zorgt. Daarom werd gekozen om twee metingen te verrichten, eentje op een dag na een zeer lange droge periode, eentje op een dag in een regenperiode. Zo namen onderzoekers op twintig locaties in Quarles van Ufford monsters op 5 augustus 2010 en op 22 oktober 2010, bij de inlaatpunten, het uitlaatgemaal, de hoofdwatergangen, in de kleine slootjes, en op één specifieke locatie waarvan ze dachten dat de invloed van het inlaatwater minimaal zou zijn.

Het inlaatwater bleek geen invloed te hebben op de kleine slootjes van Quarles van Ufford, zelfs niet na een droge periode. In de hoofdwatergangen worden in augustus wel de duidelijke afwijkingen met gadolinium gevonden die wijzen op inlaatwater, in de kleine slootjes niet. Het idee dat de verdamping het inlaatwater tot in de haarvaten van het watersysteem zuigt, blijkt niet te kloppen. Waarschijnlijk drukt het inlaatwater het polderwater terug tot in de kleine sloten. Dit idee sluit ook aan bij resultaten van ander onderzoek, en bij de ervaringen van waterbeheerders van Waterschap Rivierenland.

Gadolinium blijkt een handig hulpmiddel om de invloed van inlaatwater te bepalen. De nieuwe methode is in het project Monitoring Stroomgebieden gebruikt om metingen aan de waterkwaliteit in Quarles van Ufford te interpreteren, en om modellen voor de kleipolder te verbeteren (zie figuur 26). In de toekomst kunnen onderzoekers en waterschappen de methode gebruiken om beter te bepalen waar de invloed van inlaatwater kan worden gemeten en gemonitord, en waar de invloed van de landbouw kan worden gevolgd.



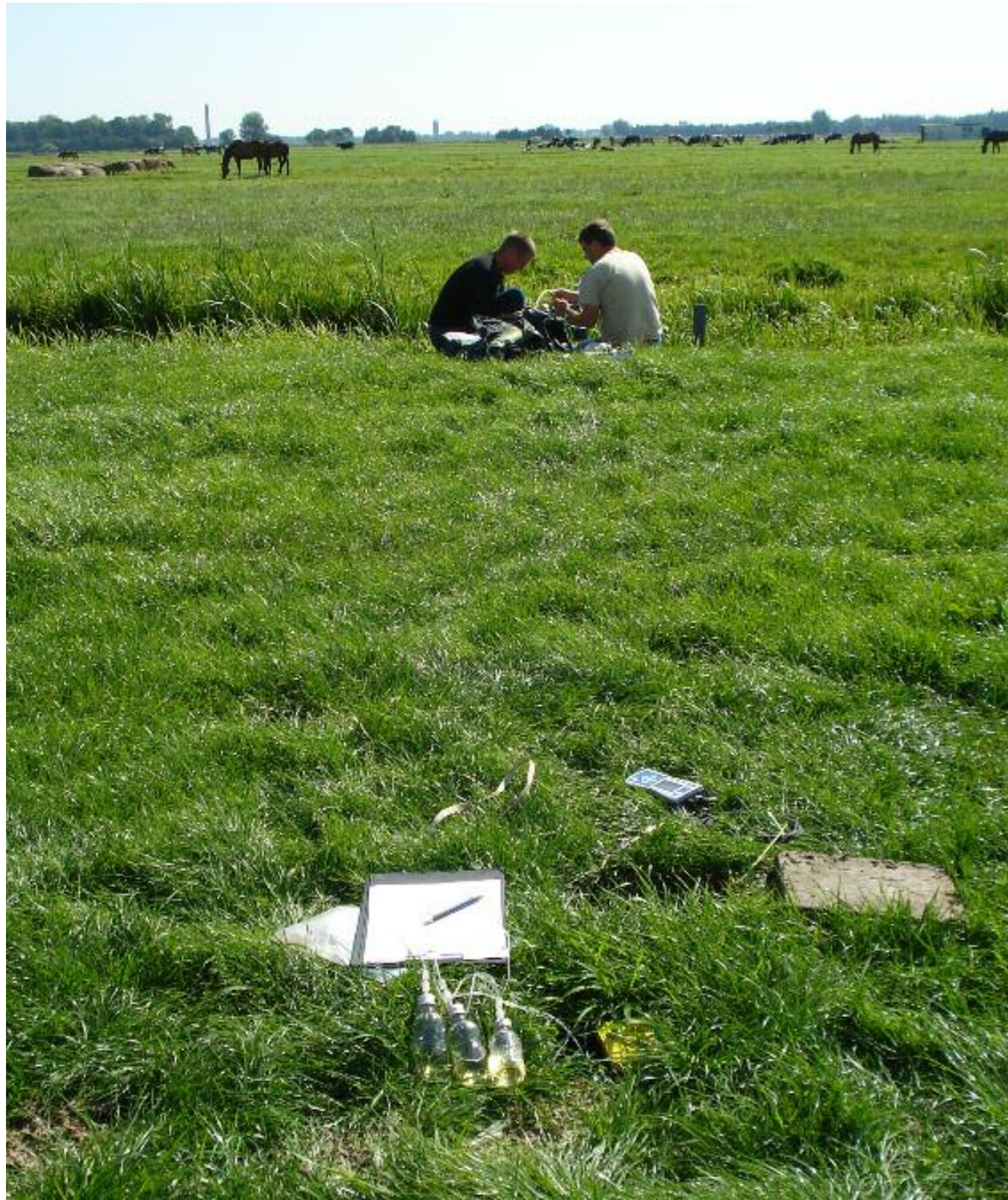
Poldersloot nabij een boerenbedrijf in het bemalingsgebied Quarles van Ufford

3

Hoofdstuk 3

Samenvatting en conclusies





Nutriëntenmetingen in de ondergrond van de Krimpenerwaard

3

Hoofdstuk 3

Samenvatting en conclusies

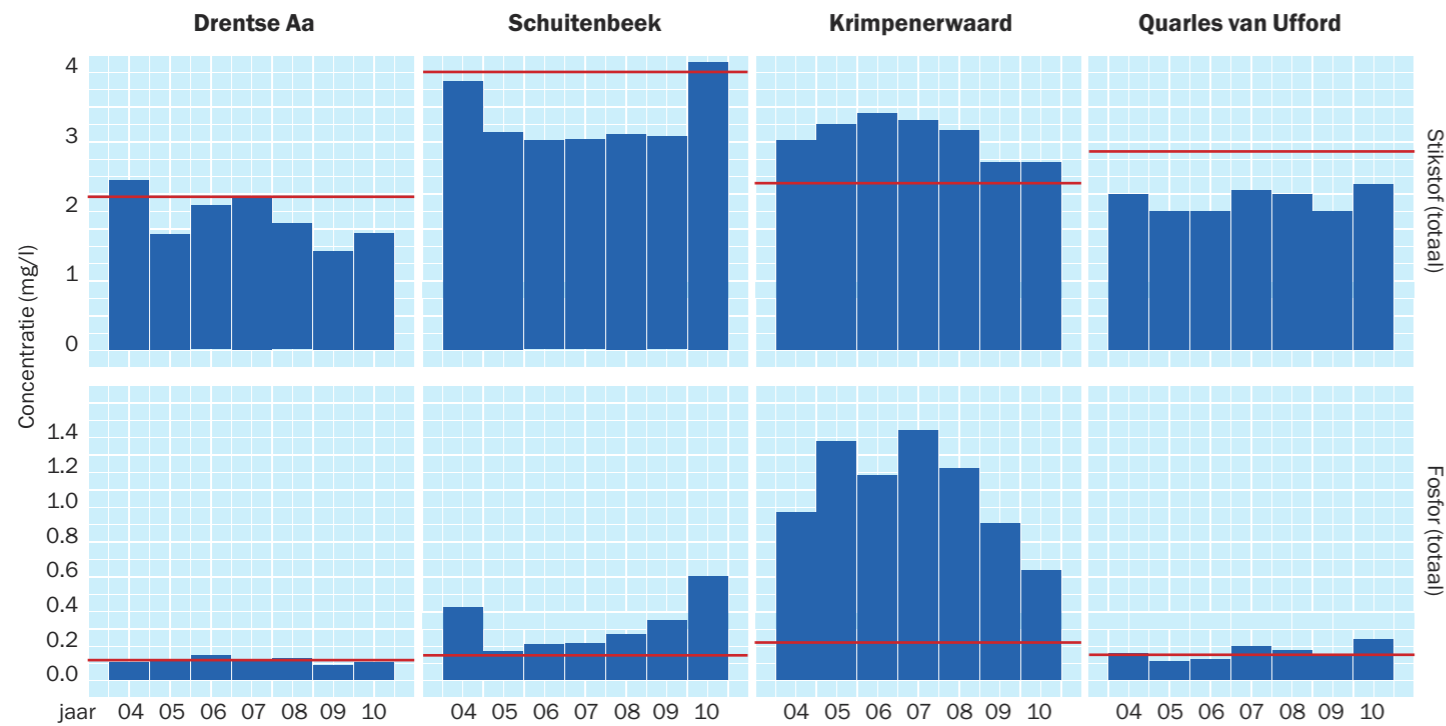
Binnen het project Monitoring Stroomgebieden is onderzocht wat de bronnen zijn van de nutriënten in het oppervlaktewater, via welke routes de nutriënten in het water terecht komen en op welke wijze gestuurd kan worden op schoon water. Het onderzoek concentreerde zich in vier duidelijk van elkaar onderscheiden stroomgebieden. In de veenweidepolder Krimpenerwaard was de invloed van de veenbodem kenmerkend. In de kleipolder Quarles van Ufford speelde het inlaatwater een bepalende rol.

De twee onderzochte beeksystemen in zandgebieden de Schuitenbeek en de Drentse Aa waren gekozen vanwege de verwachte verschillen in nutriëntenbelasting – de Schuitenbeek hoog en de Drentse Aa laag. In dit hoofdstuk worden de onderzoeksresultaten van Monitoring Stroomgebieden samengevat. Daarnaast wordt beschreven hoe de kennis die is opgedaan over de vier afzonderlijke stroomgebieden ingezet kan worden in andere delen van Nederland.

3.1 Waterkwaliteit en mestbeleid

Uit Monitoring Stroomgebieden blijkt dat de kwaliteit van het oppervlaktewater is verbeterd in de afgelopen decennia. In alle vier de onderzochte stroomgebieden zijn de concentraties van stikstof in het oppervlaktewater significant afgenomen. Voor fosfor zijn de concentraties in het oppervlaktewater over de gehele meetreeks alleen in de gebieden Drentse Aa en Quarles van Ufford significant dalend. De in de zomer geldende normen vanuit de Kaderrichtlijn Water (zie kader C. *Kaderrichtlijn Water stelt ecologische eisen*) worden dan ook nog niet overal gehaald (zie figuur 27). In de Schuitenbeek en de Krimpenerwaard zijn de fosforconcentraties hoger dan de norm die de waterschappen hanteren vanuit de Kaderrichtlijn Water. In alle gebieden zijn de stikstofconcentraties in de winterperiode hoger dan in de zomer, omdat het neerslagoverschot dan zorgt voor een grotere uitspoeling. Voor de Drentse Aa en Quarles van Ufford geldt dit ook voor fosfor.

De twee beeksystemen op zandgrond leveren een verschillend beeld. De Drentse Aa heeft bijna een optimale waterkwaliteit, de Schuitenbeek niet. De stikstofconcentraties in het oppervlaktewater van het stroomgebied van de Drentse Aa zitten onder de norm voor de Kaderrichtlijn Water. De fosforconcentraties schommelen rond de norm, maar in sommige deelgebieden is de laatste jaren een toename te zien. In de Schuitenbeek nemen de stikstofconcentraties gestaag af, met uitzondering van 2010, maar er zijn wel opvallende extreme pieken in de fosforconcentraties door het jaar heen. De twee polders die binnen Monitoring Stroomgebieden zijn onderzocht, geven een wisselend beeld. In de Krimpenerwaard nemen de stikstofconcentraties af, maar blijven ze boven de norm. De fosforconcentraties stijgen vooral in de zomer tot ver boven de norm. In Quarles van Ufford zitten de stikstofconcentraties onder de norm en schommelen de fosforconcentraties rond de norm.



Figuur 27. Gemeten gebiedsgemiddelde nutriëntenconcentraties in vier stroomgebieden

Voor Monitoring Stroomgebieden was de grote vraag of de veranderingen in de kwaliteit van het oppervlaktewater een resultaat zijn van het mestbeleid (zie kader A. *Geschiedenis van het mestbeleid*). Uit modelberekeningen (zie kader K. *Mestbeleid heeft gewerkt*) blijkt dat het mestbeleid duidelijk invloed heeft gehad op de kwaliteit van het oppervlaktewater. De stikstofconcentraties in het oppervlaktewater zijn in alle gebieden duidelijk lager door het mestbeleid. Vooral in het sterk door de landbouw beïnvloede stroomgebied van de Schuitenbeek is het effect goed zichtbaar. Voor fosfor heeft het mestbeleid ook gewerkt. De fosforpieken in de zomer in de Schuitenbeek zijn bijvoorbeeld verminderd. In Quarles van Ufford is het effect van het mestbeleid op de kwaliteit van het oppervlaktewater in de zomermaanden echter gering.

3.2 Bronnen en routes

Om te bepalen waarom het mestbeleid in de zomer wel effect heeft in de Schuitenbeek en nauwelijks in Quarles van Ufford is het noodzakelijk om inzicht te verkrijgen in de werking van het complete systeem van een stroomgebied. In Monitoring Stroomgebieden is onderzocht wat de belangrijkste bronnen zijn van de nutriënten in het oppervlaktewater en wat de belangrijkste trans-

portroutes zijn naar het oppervlaktewater. Daaruit blijkt dat de bemesting door de landbouw in alle vier de stroomgebieden een belangrijke bron is van nutriënten. In de Drentse Aa is de mestproductie in het gebied relatief laag, maar speelt de bemesting door de aanvoer van mest in akkerbouwgebieden, toch een belangrijke rol (zie kader H. *Mestbeleid zorgt voor aanvoer en afvoer van mest*).

Wat opvalt, is dat er een groot verschil is tussen de bemesting als bron van stikstof en de bemesting als bron van fosfor. De stikstof in het oppervlaktewater komt vooral uit de bemesting van de afgelopen tien jaar, de recente bemesting. De fosfor in het oppervlaktewater wordt vooral veroorzaakt door de bemesting van tien tot veertig jaar geleden, de historische bemesting die in de bodem ligt opgeslagen.

Dit verklaart waarom de effecten van het mestbeleid voor stikstof en fosfor sterk verschillen. De fosforconcentraties in het oppervlaktewater worden nu nog steeds voor een groot deel bepaald door de manier waarop vroeger werd bemest, toen de in een gebied geproduceerde mest allemaal ter plekke werd gebruikt. Dat is de reden dat een gebied als de Schuitenbeek een hoge fosforverzadiging heeft van de bodem. De fosforvoorraad in de bodem is een belangrijke factor voor de hoeveelheid fosfor die vrijkomt in het oppervlaktewater. Inmiddels wordt door de werking van het mestbeleid het teveel aan geproduceerde mest getransporteerd

naar andere gebieden (zie kader H. *Mestbeleid zorgt voor aanvoer en afvoer van mest*). Het gevolg daarvan is zichtbaar in de Drentse Aa, waar de akkerbouw veel mest van buiten ontvangt. Bodemkenmerken en grondwaterstromen bepalen hoe de nutriënten naar het oppervlaktewater getransporteerd worden. De opgeslagen fosfor in de bodem kan vrijkomen bij extreme weersomstandigheden. In het stroomgebied van de Schuitenbeek zorgt hevige neerslag na droge periodes voor extreme pieken in de fosforconcentraties in het oppervlaktewater. In dit gebied vindt het transport van nutriënten met name via het ondiepe grondwater en het bodemwater plaats. In het andere binnen Monitoring Stroomgebieden onderzochte zandgebied de Drentse Aa zijn de nutriënten langer onderweg, omdat daar het diepe grondwater de belangrijkste transportroute is. In Quarles van Ufford is een groot deel van het areaal gedraineerd, en bij regen zorgen die drains ervoor dat veel stikstof en fosfor uitspoelt in het oppervlaktewater. Voor de Krimpenerwaard is de veenbodem heel bepalend als bron voor de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater.

Voor de transportroutes van nutriënten is het belangrijk om onderscheid te maken tussen stroomgebieden met inlaatwater en gebieden die geïsoleerd liggen. In de geïsoleerd liggende stroomgebieden van de Drentse Aa en de Schuitenbeek is er nauwelijks invloed door water van buitenaf, terwijl in de twee onderzochte polders het inlaatwater een grote rol speelt. In de kleipolder Quarles van Ufford speelt het inlaatwater in de zomer zelfs een bepalende rol in de hoofdwatgangen. In de Krimpenerwaard is de rol van de interactie met de waterbodem zeer bepalend voor de hoge fosforconcentraties in de zomer. De nutriënten spoelen in de winterperiode uit het landsysteem, en vervolgens wordt fosfor opgeslagen in de waterbodem. Dat komt in de zomer weer vrij.

3.3 Sturingsmogelijkheden voor schoon water

Na het in kaart brengen van de belangrijkste bronnen en transportroutes is in Monitoring Stroomgebieden voor de gebieden Krimpenerwaard, Drentse Aa, Schuitenbeek en Quarles van Ufford met modelberekeningen onderzocht hoe kan worden gestuurd op de bronnen van de nutriënten stikstof en fosfor in het oppervlaktewater. Bij het sturen op het verlagen van de stikstofconcentraties speelt vooral de recente bemesting een rol als bron. Daardoor zijn de stikstofconcentraties in alle vier de onderzochte stroomgebieden goed en snel te sturen door efficiënter of minder te bemesten. Verandering van bemesting zorgt binnen enkele jaren voor een verbetering van de waterkwaliteit. Dat is ook de reden dat het mestbeleid voor stikstof tot lagere concen-

traties heeft geleid. Een verdere verbetering is echter nog mogelijk. Voor de fosforconcentraties heeft het sturen op de recente bemesting op korte termijn een gering effect. Hier ligt de sturingsmogelijkheid eerder in de aanpak van de historische bemesting die in de bodem ligt opgeslagen. De manier waarop de concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater vermindert kunnen worden, verschilt per gebied.

Krimpenerwaard

De waterkwaliteit in de Krimpenerwaard wordt sterk beïnvloed door de veenbodem. De veenbodem bevat namelijk van nature veel nutriënten. Bij de ontwatering komen die vrij door oxidatie en uitloging. De combinatie van ontwatering, bodemdaling en voedselrijke veenbodem zorgt dat veenweidepolders als de Krimpenerwaard het oppervlaktewater extra belasten met nutriënten. Bij de huidige inrichting van het veenweidegebied is de beste sturingsmogelijkheid om lagere concentraties fosfor en stikstof te bereiken het aanpakken van de nutriëntenbron bemesting. In de Krimpenerwaard zijn de fosforconcentraties in de zomer veel hoger dan doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. Met alleen aanpassingen in de bemesting worden de doelen niet gehaald. Voor fosfor zijn de processen in de waterbodem en de relatie met sulfaat erg belangrijk. Een maatregel om de opslag van fosfor in de waterbodem te beperken, is het verminderen van de uitspoeling in de winter. Vanwege de blijvende aanwezigheid van sulfaat is het nog de vraag in hoeverre het verwijderen van de waterbodem – via regelmatig baggeren – een mogelijkheid is om de fosforconcentraties te verlagen.

Drentse Aa

De waterkwaliteit in de Drentse Aa is goed, en behoeft weinig extra maatregelen. In enkele deelgebieden wordt echter nog niet voldaan aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. Dat zijn gebieden met veel landbouw. Efficiënter of minder bemesten zorgt hier voor een verlaging van de stikstofconcentraties. Dit kan door gericht te bemesten, maar ook door het overstappen naar minder mest behoevende teelt. Voor fosfor is dit niet voldoende, en zijn aanvullende maatregelen nodig. Zo'n maatregel is het gericht uitmijnen van de fosforvoorraad in de bodem op de plekken waar veel fosfor in de bodem zit en er risico is op uitspoeling naar het oppervlaktewater. Door gebruik te maken van informatie uit het bodemkwaliteitsmeetnet over de uitspoeling vanuit de bodem kan de kwaliteit van het oppervlaktewater in de Drentse Aa zeer gericht worden gestuurd.

Schuitenbeek

In de Schuitenbeek is de historische bemesting die ligt opgesla-



Gadoliniummetingen in Quarles van Ufford

gen in de bodem de belangrijkste sturingsmogelijkheid. Uit de berekeningen blijkt dat geen bemesting toedienen zorgt voor lagere fosforconcentraties in het oppervlaktewater. Gerichte uitmijning van de fosforvoorraad in de bodem is in de Schuitenbeek dan ook effectief. Dit betekent in de praktijk dat er meer fosfor wordt onttrokken door het gewas dan er wordt aangevoerd via de bemesting. Hierdoor neemt de fosfaatvoorraad in de bodem en de bijdrage van fosfor vanuit de bodem naar het oppervlaktewater langzaam af. Deze afname zorgt ook voor minder en lagere pieken in de fosforconcentraties. Voor die pieken is ook het transport door de ondiepe bodemlagen belangrijk. Door het water langer vast te houden in het stroomgebied, waardoor er meer processen kunnen plaatsvinden, kan gestuurd worden op het verminderen van de concentratiepieken.

Quarles van Ufford

In de zomermaanden, de periode dat de normen vanuit de Kaderrichtlijn Water gelden, wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater in Quarles van Ufford in de grote waterlichamen volledig gedomineerd door inlaatwater. Sturen op de bemesting als bron van nutriënten heeft alleen zin in de winterperiode in de grote waterlichamen. In de winter is er namelijk uitspoeling en afspoeling

van nutriënten vanuit de bodem naar het oppervlaktewater. Uit berekeningen blijkt dat de waterkwaliteit in Quarles van Ufford in de zomerperiode direct verbetert als het inlaatwater schoner is. Het is echter de vraag of de kwaliteit van het inlaatwater beter kan. Dit is met name afhankelijk van de Nederlandse en Europese beleidsontwikkelingen. In de kleinere waterlopen kan de waterkwaliteit worden verbeterd door efficiënter of minder te bemesten.

Ecologie

De nutriëntenconcentraties zijn voor de Kaderrichtlijn Water niet de belangrijkste maatstaf voor de waterkwaliteit van stroomgebieden. De richtlijn stelt ecologische eisen aan de kwaliteit van een stroomgebied (zie kader C. *Kaderrichtlijn Water stelt ecologische eisen*). Daarom is het belangrijk te weten welke stoffen hiervoor bepalend zijn. Uit de onderzoeksresultaten van Monitoring Stroomgebieden blijkt dat de aanname dat fosfor sturend is voor de ecologie niet altijd opgaat. Voor het gebied Quarles van Ufford geldt deze aanname wel, maar voor de Krimpenerwaard is stikstof voor de ecologie sturend. Daarom zal er voor schoon water en verbetering van ecologische kwaliteit zowel op fosfor als stikstof moeten worden gestuurd.

3.4 Van vier gebieden naar Nederland

In het onderzoeksproject zijn bronnen en routes van nutriënten in kaart gebracht voor de gebieden de Krimpenerwaard, de Drentse Aa, de Schuitenbeek en Quarles van Ufford. Op basis daarvan zijn sturingsmogelijkheden aangegeven om de oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren. Maar wat zeggen de vier onderzochte stroomgebieden nu over de rest van Nederland?

Door de vier stroomgebieden te classificeren met een aantal onderscheidende kenmerken zijn vergelijkingen mogelijk met stroomgebieden elders in Nederland. In Monitoring Stroomgebieden is gekozen om onderscheid te maken tussen vier kenmerken waarover voor heel Nederland veel informatie beschikbaar is: de bodem, de invloed van de landbouw, het gebruik van inlaatwater en de fosforverzadiging van de bodem. Een stroomgebied moet de bodem, het gebruik van inlaatwater en een ander onderscheidende kenmerk gemeen hebben met een van de vier onderzoeksgebieden om hiermee vergelijkbaar te zijn. Uit deze exercitie kwam een kaart van Nederland met stroomgebieden die vergelijkbaar zijn met de Krimpenerwaard, de Drentse Aa, de Schuitenbeek en Quarles van Ufford (zie figuur 28). In deze stroomgebieden kan dus gebruik gemaakt worden van de onderzoeksresultaten van Monitoring Stroomgebieden.

De veenweidepolder Krimpenerwaard vertoont overeenkomsten met de polder Alblasserwaard en de Friese veenweidegebieden doordat in deze gebieden de veenbodem belangrijk is. Echter de veensoort, de veendikte en het waterbeheer zijn in de Friese veenweidegebieden anders dan in de Krimpenerwaard, waardoor het gebied anders gestuurd dient te worden. Het westen van de Lopikerwaard lijkt wel veel op de Krimpenerwaard maar in de Lopikerwaard als geheel is 'klei' de dominante bodemsoort. Quarles van Ufford komt overeen met grote delen van het rivierengebied, maar ook met delen van Noord-Holland, vanwege het bodemtype, de afhankelijkheid van inlaatwater en de invloed van de landbouw. De kenmerken van de Drentse Aa zijn ook te vinden in de kleinere Waddeneilanden en in grote delen van Brabant, Utrecht en Drenthe. Deze gebieden hebben evenals de Drentse Aa een geringe fosfaatverzadiging van de bodem. De Schuitenbeek vertoont overeenkomsten met de Achterhoek, delen van Noord-Brabant, Texel en Noord-Limburg. In deze zandgebieden is de landbouw intensief, ook al in het verleden. Er is bij deze extrapolatie gekeken naar grote stroomgebieden, maar wanneer naar kleinere gebieden wordt gekeken zijn er meer gebieden die overeenkomsten vertonen met de vier onderzochte gebieden.

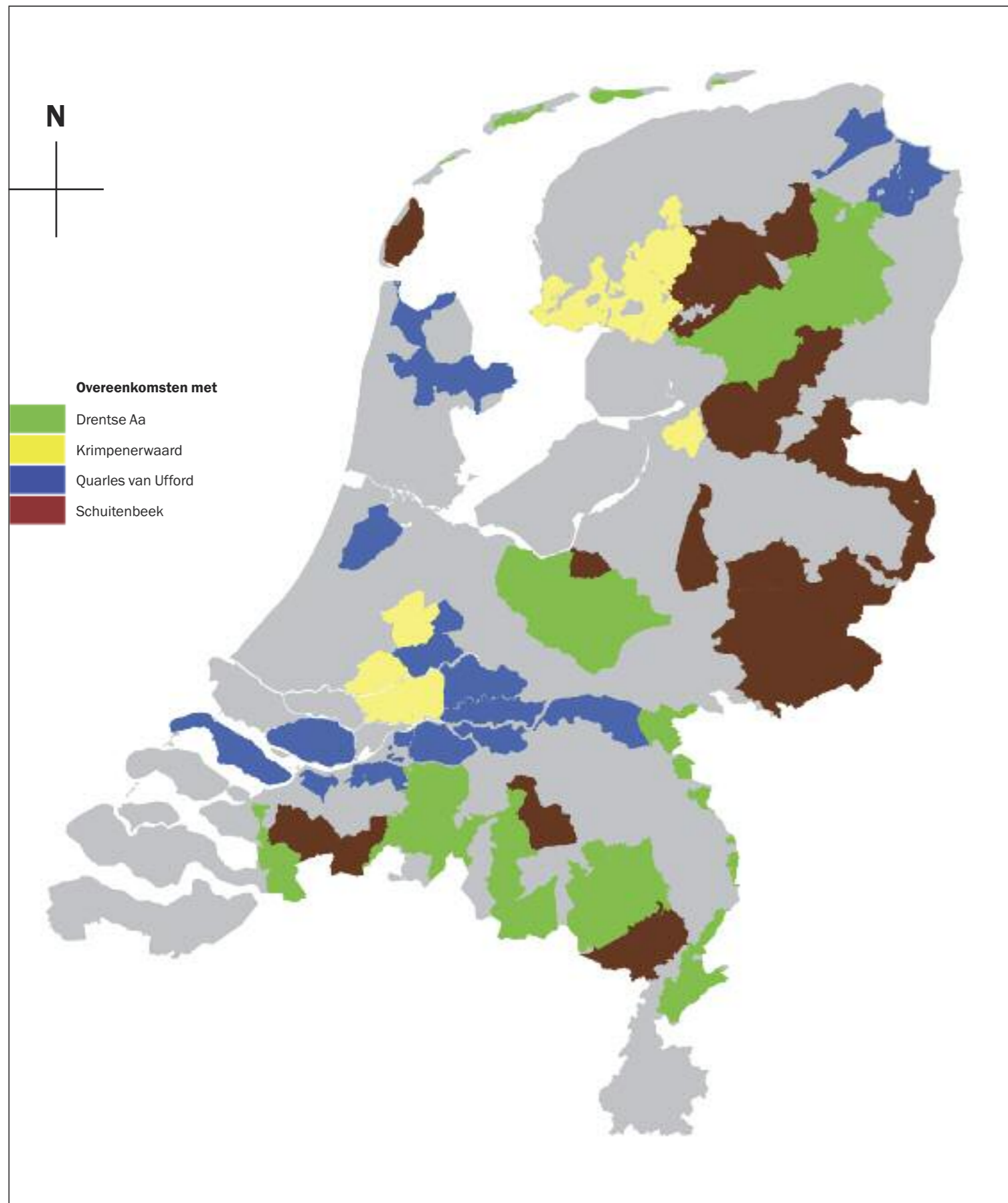
3.5 Integraal waterbeheer

Binnen het project Monitoring Stroomgebieden is het onderzoek geconcentreerd op de relatie tussen de nutriënten en de kwaliteit van het oppervlaktewater. De sturingsmogelijkheden die in het project worden aangegeven, zijn gericht op het beperken van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Er zijn echter ook aanvullende maatregelen mogelijk om het water schoner te krijgen en de ecologische kwaliteit van de stroomgebieden te verbeteren. Waterbeheerders voeren bijvoorbeeld maatregelen uit om de waterflora, de macrofauna en de visstanden in de stroomgebieden te verbeteren. In de polders, zoals de Krimpenerwaard en Quarles van Ufford, gaat het hierbij om baggeren en de aanleg van natuurvriendelijke oevers. In de beeksystemen van de Drentse Aa en de Schuitenbeek wordt daarnaast ook gewerkt aan het hermeanderen van de beken en het aanleggen van vis-trappen. Deze maatregelen hebben een positief effect op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Voor de sturing van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de Krimpenerwaard zorgt de bodemdaling er voor dat het noodzakelijk is om alle aspecten integraal aan te pakken.

De inrichting van gebieden is belangrijk voor de hoogte van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Voor de waterkwaliteit is de hoeveelheid en de verblijftijd van het water in een stroomgebied van belang. Door een andere inrichting van het watersysteem, zoals de hermeandering van beeksystemen, blijft het water langer in het gebied. Dat zorgt dat er meer processen in het water gaan plaatsvinden. Zo levert het vasthouden van water een verminderde piekbelasting, wat effectief kan zijn voor een gebied als de Schuitenbeek. In periodes van lage waterafvoeren door het beekstelsel, zoals in de zomer, kan hermeanderen echter ook leiden tot kortere verblijftijden. Het water verblijft dan korter in een gemeanderde deel dan in een genormaliseerd deel dat het water beter vasthoudt door de stuwen. Voor het laten hermeanderen van beken is grond nodig. Selectieve keuze van grond kan de waterkwaliteit verder verbeteren. In de Drentse Aa liggen in de beekdalen landbouwgronden die gevoelig zijn voor uitspoeling van nutriënten. Deze gronden kunnen effectief gebruikt worden voor hermeandering.

Andere vormen van waterbeheer zijn ook van invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater. In de poldersystemen speelt flexibel peilbeheer. Daarbij wordt minder water in en uit het gebied gelaten, waardoor er natuurlijkere peilvariaties ontstaan. De effecten hiervan dienen nog nader onderzocht te worden.

Een belangrijke ontwikkeling voor de waterkwaliteit in stroomgebieden is de klimaatverandering. Die heeft een tweeledig effect: het zorgt dat de aarde gemiddeld warmer wordt, en het zorgt dat



Figuur 28. Via een extrapolatie is in kaart gebracht waar stroomgebieden elders in Nederland voor enkele relevante kenmerken vergelijkbaar zijn met de vier onderzochte stroomgebieden

er meer extreme weersomstandigheden plaatsvinden. Om te bepalen wat het effect hiervan is op de nutriënten in stroomgebieden is nader onderzoek nodig. In de onderzoeksperiode van Monitoring Stroomgebieden waren de gevolgen van de extreme weersomstandigheden duidelijk meetbaar. In augustus 2010 zorgde extreme regenval na een droge zomerperiode ervoor dat in een week 40% van de jaarvrucht aan fosfor in het beekstroomgebied van de Schuitembeek vrijkwam. Dit soort extreme situaties maken duidelijk dat er goed gekeken moet worden naar de effecten van deze situaties op de waterkwaliteit binnen de gebieden, maar ook voor ontvangende gebieden.

3.6 Conclusie: Maatwerk nodig

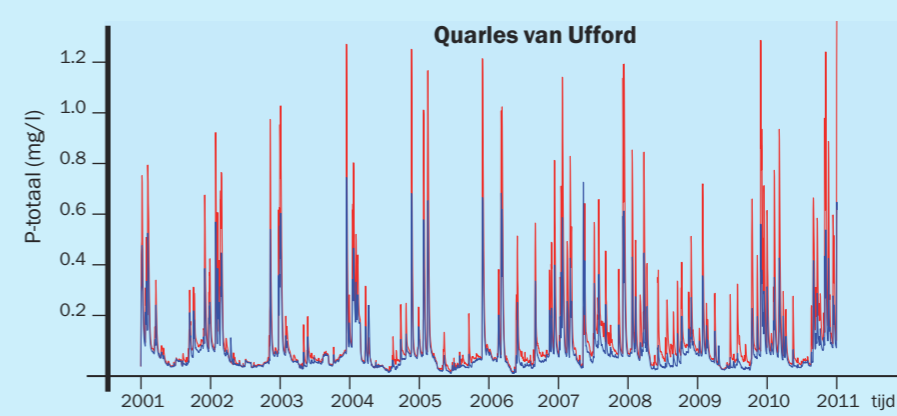
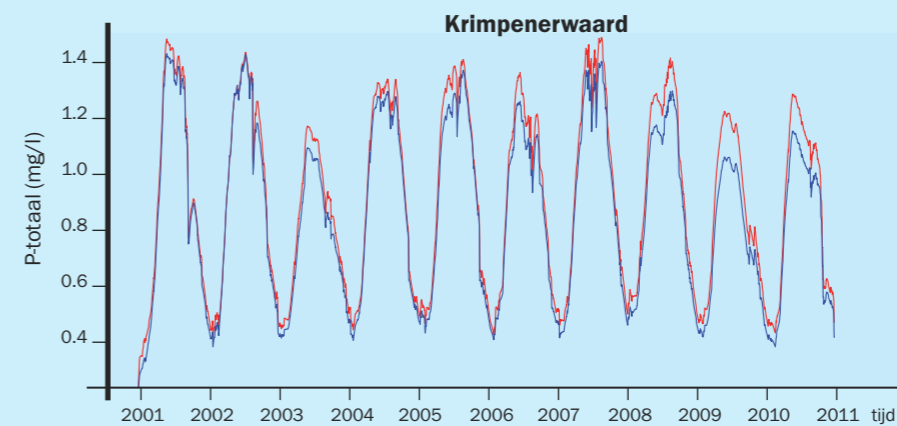
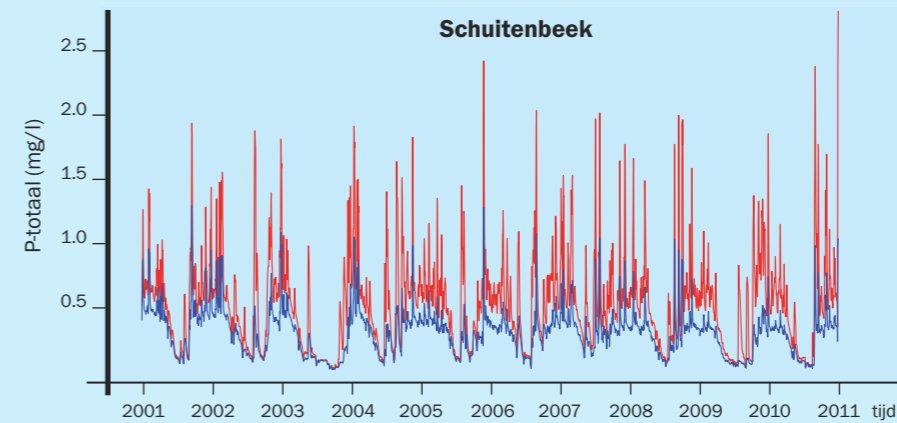
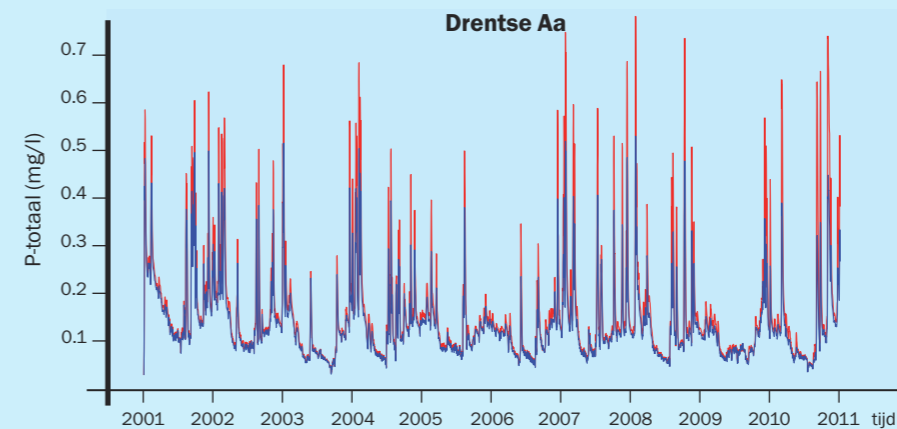
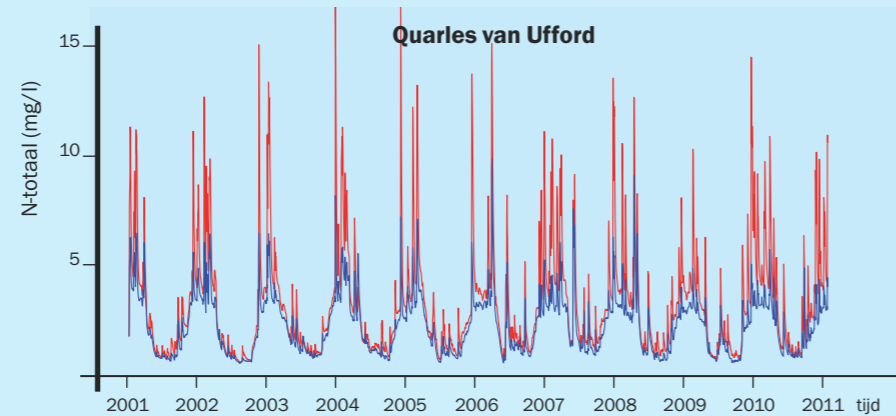
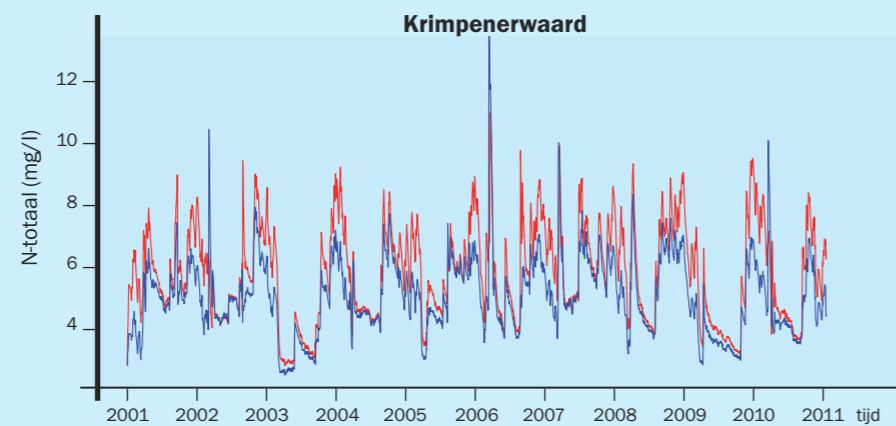
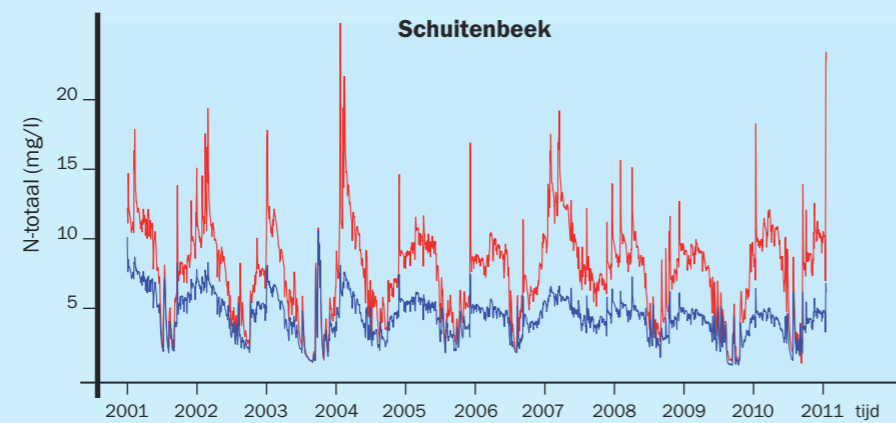
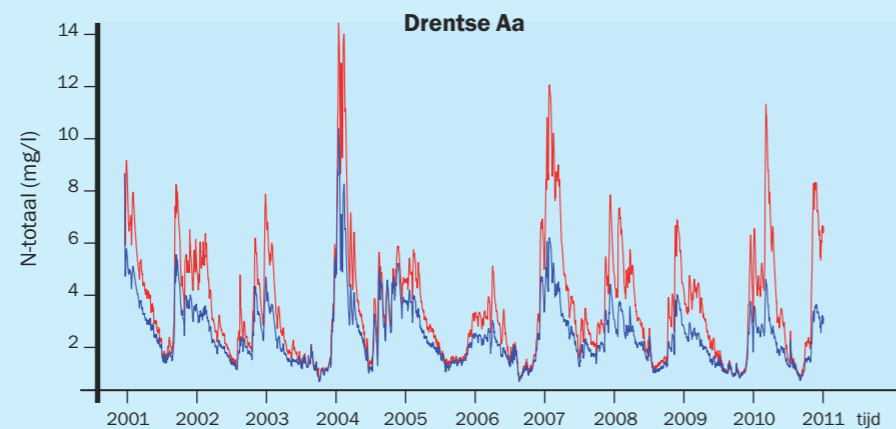
Uit Monitoring Stroomgebieden blijkt dat de kwaliteit van het oppervlaktewater in de vier onderzochte stroomgebieden is verbeterd in de afgelopen decennia. Dit is mede het gevolg van het gevoerde mestbeleid, want zonder mestwetgeving was de belasting beduidend hoger geweest. Niet overal worden de in de zomer geldende normen vanuit de Kaderrichtlijn Water gehaald. De onderzoeksresultaten laten een tweezijdig beeld zien. Er zijn veel mogelijkheden om te sturen op schoon water met maatregelen ten aanzien van de bemesting. De sturingsmogelijkheden zijn op landelijk niveau echter beperkt. Op het niveau van het stroomgebied zijn de sturingsmogelijkheden maatwerk.

De landbouw is in alle gebieden een belangrijke bron voor de nutriënten in het oppervlaktewater. Een deel wordt verklaard door de actuele mestgiften en een groter deel door de oplading van de bodem mede als gevolg van de mestgiften in het verleden. Generiek mestbeleid, het verminderen van de milieubelasting door de bemesting, heeft daardoor een beperkte invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater in de stroomgebieden van de Krimpenerwaard, de Drentse Aa, de Schuitembeek en Quarles van Ufford, die in Monitoring Stroomgebieden zijn onderzocht. Minder of efficiënter bemesten zorgt in alle stroomgebieden wel voor een relatief snelle vermindering van de stikstofbelasting, maar voor een geringe vermindering van de fosforconcentraties in het oppervlaktewater in stroomgebieden, als gevolg van de fosfaatoplading van de bodem.

Een effectieve aanpak van de kwaliteit van het oppervlaktewater betekent een combinatie van gerichte maatregelen en maatwerk. De sturingsmogelijkheden die in dit boek zijn beschreven voor de stroomgebieden van de Krimpenerwaard, de Drentse Aa, de Schuitembeek en Quarles van Ufford zijn erg verschillend. In de Krimpenerwaard kan worden gestuurd op minder en efficiënter bemesten, en is er veel aandacht nodig voor de processen in de

waterbodem en de rol van sulfaat in het veen en de waterbodem. In de Drentse Aa is een gerichte sturing op de landbouwgebieden mogelijk om de waterkwaliteit te verbeteren, bijvoorbeeld door andere teelten te stimuleren. Bij de Schuitembeek moet rekening gehouden worden met de fosforvoorraad in de bodem als gevolg van de historische bemesting, en is aandacht nodig voor het uitmijnen van de fosforvoorraden in de bodem. In Quarles van Ufford is de rol van het inlaatwater groot, dat in delen van het gebied de waterkwaliteit sterk kan beïnvloeden. Het effect van deze brongerichte sturingsmogelijkheden kan worden versterkt door het gebied optimaler in te richten, zoals het laten hermeanderen van beken en de aanleg van natuurvriendelijke oevers. Overal blijkt winst mogelijk, mits er gericht gestuurd wordt.

De manier waarop binnen Monitoring Stroomgebieden is onderzocht hoe de kwaliteit van het oppervlaktewater kan worden verbeterd, kan een leidraad zijn voor waterbeheerders in hun zoektocht naar de juiste maatregelen voor hun stroomgebied. Het is hierbij van groot belang dat de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen, zoals de bemesting, de veenmineralisatie en de nutriëntenophoping in de bodem, en de daarmee gepaard gaande routes kwantitatief kunnen worden afgeleid. Voor de vier in Monitoring Stroomgebieden onderzochte stroomgebieden zijn specifieke sturingsmogelijkheden in dit boek beschreven. Daarnaast is via een extrapolatie in kaart gebracht waar stroomgebieden elders in Nederland voor enkele relevante kenmerken vergelijkbaar zijn met de vier onderzochte stroomgebieden. Er blijven helaas aanzienlijke grijze vlekken op de kaart van Nederland. Waterbeheerders in de stroomgebieden daar kunnen echter leren van de manier waarop binnen Monitoring Stroomgebieden is gemeten en gemodelleerd aan de bronnen en routes van nutriënten naar het oppervlaktewater. Dat is de belangrijkste conclusie van Monitoring Stroomgebieden: het in kaart brengen van de bronnen en routes van nutriënten naar het oppervlaktewater is essentieel voor het maatwerk dat nodig is voor schoner oppervlaktewater.



Figuur 29a. (links)

Benadering van het werkelijke verloop van de stikstofconcentraties in vier stroomgebieden (blauw) en het verloop van de berekende stikstofconcentraties in vier stroomgebieden als het mestgebruik gelijk zou zijn gebleven aan dat van 1986 (rood)

Figuur 29b. (rechts)

Benadering van het werkelijke verloop van de fosforconcentraties in vier stroomgebieden (blauw) en het verloop van de berekende fosforconcentraties in vier stroomgebieden als het mestgebruik gelijk zou zijn gebleven aan dat van 1986 (rood)

Mestbeleid

— 1986
— huidig

Sinds 1984 voert de Nederlandse overheid een mestbeleid (zie kader A. *Geschiedenis van het mestbeleid*). Om de effecten daarvan te kunnen doorrekenen, hebben onderzoekers van het project *Monitoring Stroomgebieden* twee scenario's vergeleken voor de vier onderzochte stroomgebieden. Het eerste scenario (blauw in de grafieken) is een benadering van de werkelijkheid, en geeft weer hoe de concentraties aan nutriënten in het oppervlaktewater zich hebben ontwikkeld, onder invloed van onder meer het mestbeleid (zie figuur 29a). In het tweede scenario (rood in de grafieken) is voor dezelfde periode de mestproductie en het mestgebruik aangehouden van 1986 – het jaar met de hoogste gemiddelde mestgiften – als uitgangspunt voor de berekening van de concentraties nutriënten in het oppervlaktewater (zie figuur 29b).

Wat opvalt, is dat het mestbeleid duidelijk invloed heeft gehad. Stikstofconcentraties in het oppervlaktewater zijn in alle gebieden duidelijk lager bij het scenario met mestbeleid, en dalen dankzij het mestbeleid zelfs in het sterk door de landbouw beïnvloede stroomgebied van de Schuitenbeek.

Fosfor laat een ingewikkelder plaatje zien, maar ook hier is zichtbaar dat het mestbeleid heeft gewerkt. In de Krimpenwaard zijn de fosforconcentraties in de zomermaanden gedaald. Vooral in het oppervlaktewater van de Schuitenbeek, Quarles van Ufford, en in mindere mate de Drentse Aa zijn er met het mestgebruik van 1986 veel grotere pieken te zien in de winterconcentraties fosfor. Opvallend is het geringe verschil tussen de beide scenario's voor de zomermaanden in Quarles van Ufford. Dit komt doordat er op dat moment veel water ingelaten wordt.



Metingen oppervlaktewaterprocessen in de Drentse Aa

In het project Monitoring Stroomgebieden zijn jarenlange reeksen van metingen gecombineerd met modelberekeningen. Hierdoor is kennis ontwikkeld over de watersystemen van de vier stroomgebieden die binnen het project zijn bestudeerd. Dankzij deze systeemkennis was het mogelijk om gericht sturingsmogelijkheden aan te geven om de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater te verminderen. Uit alle kennis die binnen Monitoring Stroomgebieden is opgedaan, zijn hieronder de vijfentwintig belangrijkste tips gehaald voor het waterbeheer om zicht te krijgen op de nutriënten in het oppervlaktewater van stroomgebieden.

traties in het oppervlaktewater te verminderen. Uit alle kennis die binnen Monitoring Stroomgebieden is opgedaan, zijn hieronder de vijfentwintig belangrijkste tips gehaald voor het waterbeheer om zicht te krijgen op de nutriënten in het oppervlaktewater van stroomgebieden.

1. Weet wat je meet

Dit lijkt een open deur na zeven jaar onderzoek van Monitoring Stroomgebieden, maar het is nog steeds actueel. Zo bleek in de Drentse Aa een op voorhand geselecteerd natuurmeetpunt meer een landbouwmeetpunt te zijn. Qua omvang was het areaal landbouw niet groot, maar het areaal akkerbouw dat aanwezig was, had enorme impact op de waterkwaliteit. Ook was het lang onduidelijk of er bij bepaalde meetpunten in Quarles van Ufford en de Krimpenerwaard gemeten werd aan inlaatwater of water uit het gebied.

waarnemingen waren. Een plotselinge stijging van de ammoniumconcentraties in de Schuitenbeek bleek bijvoorbeeld te zijn veroorzaakt door een illegale lozing van mest.

4. Bewaar ruwe data

Na metingen vindt er vaak een bewerkingsslag plaats, maar het is belangrijk om de ruwe data te bewaren. Die gegevens kunnen het beste worden opgeslagen in een slimme database, zodat bij grondige analyse van de metingen altijd teruggevallen kan worden op de oorspronkelijke metingen.

modellen goed van pas komen. Zo bleken er over enkele jaren geen waterafvoergegevens van Quarles van Ufford en de Krimpenerwaard beschikbaar, maar konden er dankzij modelberekeningen toch uitspraken worden gedaan over het nutriëntentransport in die jaren. Daarnaast bleek dat modelinformatie noodzakelijk is om de bijdrage van diverse bronnen en routes aan de oppervlaktewaterkwaliteit vast te stellen.

2. Zorg voor een lange meetreeks

De commissie Spiertz, aanleiding van het project Monitoring Stroomgebieden, heeft het al aangegeven. Uit de resultaten van Monitoring is dit wederom gebleken. Veel variatie in metingen wordt bijvoorbeeld bepaald door het verschil in de neerslag door de jaren heen. Om trends te kunnen bepalen en om effecten van maatregelen te kunnen beoordelen, is een lange meetreeks essentieel.

5. Maak gebruik van een slimme database om de meetdata op te slaan

Gemeten nutriëntenconcentraties en waterafvoeren zijn gedurende de looptijd van het project Monitoring Stroomgebieden opgeslagen in een database. Deze database is voorzien van een functionaliteit die de invoer controleert op een groot aantal potentiële fouten. Hierdoor is veel foutieve invoer voorkomen. Tevens kan de database op basis van de opgeslagen gegevens afgeleide gegevens berekenen. Zo kon bijvoorbeeld het totale stikstofgehalte worden geschat op basis van afzonderlijke stikstofcomponenten.

7. Combineer kwantiteits- en kwaliteitsmeetpunten

Om te weten wat het nutriëntentransport in een watersysteem is, zijn op dezelfde locatie naast concentratiemetingen ook kwantiteitsmetingen noodzakelijk. In de vier binnen het project Monitoring Stroomgebieden onderzochte gebieden blijkt deze combinatie vaak niet het geval. Het combineren van kwantiteits- en kwaliteitsmeetpunten levert inzicht in de transportroutes van nutriënten, en biedt de mogelijkheid om vrachten te berekenen en een nutriëntenbalans voor een gebied op te stellen.

3. Analyseer regelmatig de meetgegevens

Om veranderingen in meetgegevens te kunnen verklaren, is het noodzakelijk om regelmatig de meetgegevens te analyseren. In het project Monitoring Stroomgebieden werd er naar gestreefd om ieder kwartaal de metingen te analyseren. Zo kon meestal snel worden achterhaald waardoor er afwijkende

6. Maak gebruik van modellen naast de metingen voor extra inzicht

Om inzicht te krijgen in tijd en ruimte, waarover geen metingen beschikbaar zijn, kunnen

8. Gebruik vrachten

Vrachten van nutriënten, direct gemeten (zie tip 7) of berekend, zijn belangrijk voor stofbalansen en bronnenanalyses en daarmee voor de selectie van de meest kosteneffectieve maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren. Daarnaast zijn vrachten noodzakelijk om afwenteling tussen gebieden of naar benedenstrooms oppervlaktewater vast te stellen.

De Schuitemeent, een van de vele schuitemeenten in de Drentse Aa

Zo heeft de Schuitemeent te maken met droogval. Dan worden er hoge concentraties gemeten, maar vindt er nauwelijks watertransport plaats. In situaties met hoge neerslag is het net andersom, want dan wordt er vanuit Schuitemeent afgewenteld op de randmeren.

9. Ijk en controleer regelmatig debietmeters

In het project Monitoring Stroomgebieden is onderzocht wat de onzekerheden in debietmetingen zijn. Uit de inventarisatie in de vier proefgebieden bleek dat slechts enkele debietmeetlocaties ISO-gecertificeerd zijn, en dat een aantal meetlocaties beperkt geijkt zijn. Om betrouwbare vrachtberekeningen te maken, is deze informatie belangrijk.

10. Meet frequent in de tijd voor fosfor

De Schuitemeent is een voorbeeld van een snel reagerend systeem met soms hoge pieken in fosforconcentraties. In snel reagerende systemen dient continu op fosfor gemeten te worden om te weten wat het effect van een hevige regenbui is op de oppervlaktewaterkwaliteit. Voor een goede vrachtbepaling moeten de nutriëntenhoeveelheden tijdens deze piekafvoeren gemeten worden.

11. Meet maandelijks aan stikstof, dat is voldoende

Uit statistische analyse van de metingen voor de vier gebieden blijkt dat voor stikstof kan worden volstaan met een lagere waarnemingsfrequentie dan voor fosfor. Voor stikstof is de variatie tussen zomer en winter veel palender dan de concentratieverandering door neerslag. Uit de analyse blijkt dat maandelijkse metingen voldoende zijn voor betrouwbare waarnemingen voor stikstof.

De Schuitemeent, een van de vele schuitemeenten in de Drentse Aa

12. Meet chlorofyl alleen in het voorjaar

Om het moment van algenbloei te kunnen bepalen, is in het project Monitoring Stroomgebieden in een aantal jaren jaarrond aan chlorofyl-A gemeten in plaats van alleen in het zomerseizoen. Uit deze metingen bleek dat met name voor de zandgebieden Drentse Aa en Schuitemeent de piek in chlorofyl-A in een korte periode werd waargenomen. Bemonstering van chlorofyl-A is zinvol in de maanden maart, april, mei en juni.

13. Meet winterconcentraties voor de bijdragen van bronnen van het landsysteem

Voor de gebieden Schuitemeent, Quarles van Ufford en Drentse Aa blijkt dat de zomerconcentraties van nutriënten weinig zeggen over de bijdrage vanuit het landsysteem aan de oppervlaktewaterkwaliteit. In de winter spoelt namelijk het water van het landsysteem af en uit. In de zomer is er een neerslagtekort en zijn andere bronnen en processen belangrijker voor de oppervlaktewaterkwaliteit.

14. Meet nitraat om inzicht te krijgen in de bijdrage van de landbouw

Uit analyses van de metingen in de Drentse Aa blijkt dat er een duidelijke relatie is tussen landbouw en de hoeveelheid nitraat die wordt gemeten in het oppervlaktewater. Ook voor de landbouwsloten in de andere gebieden geldt dat nitraat de enige nutriëntencomponent is waarvan met zekerheid kan worden gezegd dat landbouw de enige bron is.

15. Gebruik gadolinium om te weten tot hoever het inlaatwater het gebied binnendringt

Gadolinium is voor het gebied Quarles van Ufford gebruikt om te bepalen tot hoever inlaatwater in het watersysteem doordringt

De Schuitemeent, een van de vele schuitemeenten in de Drentse Aa

(zie kader *J. Inlaatwater opsporen met gadolinium*). Dit kan ook in andere gebieden worden gebruikt om de invloed van het inlaatwater op het oppervlaktewater te bepalen.

16. Gebruik het bodemmeetnet als early warning system

Veel nutriënten in de bodem spoelen via ondiepe stromingsroutes uit naar het oppervlaktewater. Beschikbare bodemmeetnetten kunnen daarom nuttige informatie opleveren over nutriëntenbijdragen die vanuit het landsysteem naar het oppervlaktewatersysteem spoelen.

17. Zorg voor uniforme monstername

Om metingen met elkaar te kunnen vergelijken dient de monstername en de monsteranalyse uniform te gebeuren. Bij analyse van meetdata in de Drentse Aa werden er verschillen in hoeveelheid ortho-fosfaat waargenomen in de meetreeksen van het laboratorium van Waterschap Hunze en Aa’s en het Waterlaboratorium Noord. Uit onderzoek bleek dat dit verschil werd veroorzaakt door aanzuring van het monster in het laboratorium of in het veld. Het waterschap gebruikt de metingen om de kwaliteit van het oppervlaktewater vast te stellen, terwijl Waterlaboratorium Noord ze gebruikt voor de controle van de innamekwaliteit van het drinkwater.

18. Meet sulfaat als mogelijke indicator voor fosfor en landbouwinvloed

Voor de Krimpenerwaard is aangetoond dat sulfaat een goede indicator is voor de mate van nalevering van fosfor uit de waterbodem. Stijgende fosforconcentraties in het oppervlaktewater gingen gepaard met dalende sulfaatconcentraties. In gebieden met minerale bodems en pyriet in de ondergrond duiden verhoogde sulfaatconcentraties op nitraataf

De Schuitemeent, een van de vele schuitemeenten in de Drentse Aa

braak door pyrietoxidatie. Dan is sulfaat een indicatie voor landbouwinvloed.

19. Meet bicarbonaat in het oppervlaktewater voor invloed grondwater

Door in vrij afstromende gebieden bicarbonaat te meten, wordt inzichtelijk wat de invloed van het grondwater is op de kwaliteit van het oppervlaktewater. In droge periodes voeren beken relatief schoon diep grondwater af met hoge bicarbonaatconcentraties.

20. Meet ook in de haarvaten en bovenlopen

Uit het project Monitoring Stroomgebieden blijkt dat metingen in kleinere watergangen erg relevante informatie opleveren over de relatie tussen landgebruik en oppervlaktewaterkwaliteit. De kleinere sloten en de bovenlopen van beken worden immers het minste beïnvloed door andere bronnen van verontreiniging. De invloed van landbouw is het duidelijkst in kleinere landbouwsloten, omdat daar geen andere bronnen van nutriënten zijn.

21. Meet drain- en greppelwater

Water dat via drains en greppels wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater wordt zowel door de provincie als de waterschappen niet systematisch onderzocht. Toch zorgen juist deze snelle transportroutes voor de grootste belasting van het oppervlaktewater met meststoffen. Maatregelen aan het greppel- en drainwater zullen ook het eerst merkbaar zijn.

22. Meet alle belangrijke hoeveelheden

Voor een sluitende water- en stoffenbalans is het van belang dat alle relevante posten voor water en nutriënten bekend zijn. Daarvoor

De Schuitemeent, een van de vele schuitemeenten in de Drentse Aa

moeten stofvrachten worden bepaald op strategisch gekozen locaties, zoals uitstroompunten en inlaten. Ook de bijdrage van de belangrijkste puntbronnen (lozingen) van verontreiniging moeten bekend zijn. Hiernaast zijn de hoeveelheden en concentraties vanuit neerslag en kwel belangrijk om uiteindelijk te kunnen bepalen welke maatregelen het meest effectief zullen zijn.

23. Meet gemiddelde concentraties

Steekmonsters geven slechts een momentopname van de veelal zeer variabele nutriëntconcentraties in het oppervlaktewater. Gemiddelde concentratiemetingen leveren betere vrachtschattingen op. Gemiddelde concentraties kunnen gemeten worden met bijvoorbeeld automatische monsternameapparatuur.

24. Krijg inzicht in veranderingen in het landgebruik

De uitspoeling van nutriënten is gerelateerd aan de teelt. Zo spoelen er meer nutriënten uit een maisakker dan uit grasland. Veranderingen in het teeltplan kunnen gevolgen hebben voor de waterkwaliteit.

25. Gebruik geen biotische parameters als indicatoren voor het mestbeleid

Veranderingen in biotische parameters, zoals algen en waterplanten, worden door veel factoren beïnvloed, blijkt uit een literatuurstudie in het kader van het project Monitoring Stroomgebieden. Daarom kunnen die parameters niet gebruikt worden om iets te zeggen over de nutriëntentoestand. Veranderingen in de biotische parameters leveren namelijk niet voor elke nutriënt dezelfde reactie op.



Molenmetingen in het stroomgebied Schuitenbeek

Literatuurverwijzingen

Waarom sturen op schoon water?

Kader Modelleren van grof naar fijn

Siderius, C., J. Roelsma, H.M. Mulder, L.P.A. van Gerven, R.F.A. Hendriks en T.P. van Tol-Leenders (2011).

Kalibratie Modelsysteem Monitoring Stroomgebieden.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 22

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2216

Kader Geschiedenis van het mestbeleid

Figuren 2a en 2b: LEI (2011). *Informatienet*, www.lmm.wur.nl

Krimpenerwaard

Gerven, van L.P.A., B. van der Grift, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, T.P. van Tol-Leenders (2011).

Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-III

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2220

Kader Waterbodem verandert nutriëntenconcentraties

Gerven, van L.P.A., R.F.A. Hendriks, J. Harmsen, V. Beumer, P. Bogaart (2011).

Nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vanuit de waterbodem in een veengebied. Metingen in de Krimpenerwaard.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 23

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2217

Drentse Aa

Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders (2011).

Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Drentse Aa. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-I

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2218

Gerven, L.P.A. van, J.J.M. de Klein en F.J.E. van der Bolt (2011).

Retentie van nutriënten in het oppervlaktewater. Meetcampagne in het Zeegserloopje.

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2133

Kader Grondwater is route van nutriënten

B. van der Grift, J. Klein, N. de Boorder en J.C. Rozemeijer (2011).

Grondwater bijdrage aan oppervlaktewaterkwaliteit in de Drentse Aa en Schuitenbeek.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 24. Deltares
rapportnummer 1202790-000-BGS-0009

Schuitenbeek

Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders (2011).

Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Schuitenbeek. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-II

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2219

Kader Mestbeleid zorgt voor aanvoer en afvoer van mest

Figuur 17, *dierlijke mest: CBS, 2011 Statline*

Figuur 17, kunstmest: Luesink, H.H., P.W. Blokland en J.N. Bosma (2010). *Monitoring mestmarkt 2009, Achtergronddocumentatie.*

Den Haag, LEI, Rapport 2010-098

Quarles van Ufford

Siderius, C., J. Rozemeijer, H.M. Mulder, R. Smit en T.P. van Tol-Leenders (2011).

Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Quarles van Ufford. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-IV

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2221

Samenvatting en conclusie

Kader Vijftientig tips voor het waterbeheer

Tol-Leenders, van T.P., B. van der Grift, D.J.J. Walvoort, G.M.C.M. Janssen, J.C. Rozemeijer, A. Marsman H.M. Mulder, F.J.E. van der Bolt en O.F. Schoumans (2011).

Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van stroomgebieden. Analyse van metingen in de gebieden Drentse Aa, Schuitenbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford.

Reeks Monitoring Stroomgebieden 26

Wageningen, Alterra, rapportnummer 2222

Volledige publicatielijst Monitoring Stroomgebieden

1 **Projectplan Monitoring Stroomgebieden**
Arts, G.H.P., F.J.E. van der Bolt en O.F. Schoumans, 2003. *Projectplan juni 2003*
Reeks Monitoring Stroomgebieden 1

2-I **Systeemverkenning Drentse Aa**
Roelsma, J., H. Wanningen en F.J.E. van der Bolt, 2004a. *Systeemverkenning de Drentse Aa*. Alterra-rapportnummer 967, Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 2-I

2-II **Systeemverkenning Schuitenbeek**
Jansen, H.C, M.E. Sicco Smit en F.J. van der Bolt, 2004. *Systeemverkenning Schuitenbeek*. Alterra-rapportnummer 968, Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 2-II

2-III **Systeemverkenning Krimpenerwaard**
Arts, G.H.P., M. Groenendijk en F.J.E. van der Bolt, 2005. *Systeemverkenning Krimpenerwaard*. Alterra-rapportnummer 969, Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 2-III

2-IV **Systeemverkenning Quarles van Ufford**
Soppe, R., J. Roelsma, E. Bergersen en F.J.E. van der Bolt, 2005. *Systeemverkenning Quarles van Ufford*. Alterra-rapportnummer 970, Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 2-IV

3-I **Gedetailleerd werkplan Drentse Aa**
Roelsma, J. en H. Wanningen, 2004. *Gedetailleerd werkplan stroomgebied de Drentse Aa voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 3-I.

3-II **Gedetailleerd werkplan Schuitenbeek**
Jansen, H.C en M.E. Sicco Smit, 2004. *Gedetailleerd werkplan voor het stroomgebied van de Schuitenbeek voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*.

Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 3-II

3-III **Gedetailleerd werkplan Krimpenerwaard**
Arts, G.H.P. en F.J.E. van der Bolt, 2004. *Gedetailleerd werkplan voor het stroomgebied van de Krimpenerwaard voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 3-III

3-IV **Gedetailleerd werkplan Quarles van Ufford**
Roelsma, J. en F.J.E. van der Bolt, 2005. *Gedetailleerd werkplan Quarles van Ufford voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 3-IV

4-I **Meetplan 2005 Drentse Aa**
Roelsma, J., H. Wanningen en G. Soppe, 2004b. *Meetplan 2005 Drentse Aa. Project ‘Monitoring Stroomgebieden’, versie 1.0*
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 4-I

4-II **Meetplan 2005 Schuitenbeek**
Jansen, H.C. M.E. Sicco Smit, 2004. *Meetplan 2005 voor het stroomgebied van de Schuitenbeek ten behoeve van het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 4-II

4-III **Meetplan 2005 Krimpenerwaard**
Kroes, J., W. Twisk en M. van Cappellen, 2004. *Meetplan 2005 Krimpenerwaard voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 4-III

4-IV **Meetplan 2005 Quarles van Ufford**
Roelsma, J. en E. Bergersen, 2005. *Meetplan*

2005 Quarles van Ufford. Project Monitoring Stroomgebieden. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 4-IV

5-I **Systeemanalyse Fase 1 Drentse Aa**
Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa Fase 1*. Alterra-rapportnummer 1271, gepubliceerd 4 april 2006, 58 pp. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-I

5-II **Systeemanalyse Fase 1 Schuitenbeek**
Jansen, H.C., L.V Renaud, T.P. Leenders en F.J.E. van der Bolt. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Schuitenbeek Fase 1*. Alterra-rapportnummer 1272, gepubliceerd 4 april 2006
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-II

5-III **Systeemanalyse Fase 1 Krimpenerwaard**
Kroes, J.G., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Krimpenerwaard Fase 1*. Alterra-rapportnummer 1273, gepubliceerd 4 apr 2006, 64 pp. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-III

5-IV **Systeemanalyse Fase 1 Quarles van Ufford**
Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford Fase 1*. Alterra-rapportnummer 1274, Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-IV

6 **Biotische indicatoren**
Arts, G.H.P. en T.P. Leenders, 2006. *Biotische indicatoren voor veranderingen in nutriëntenbelasting in sloten en beken, Een literatuurstudie*. Alterra-rapportnummer 1324

Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 6

7-I **Meetplan 2006 Drentse Aa**
Roelsma, J., I. de Vries en K. van der Molen, 2005. *Meetplan 2006 Drentse Aa. Project Monitoring Stroomgebieden, versie 1.3*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 7-I

7-II **Meetplan 2006 Schuitenbeek**
Jansen, H.C en M.E Sicco Smit, 2006. *Meetplan 2006 voor het stroomgebied van de Schuitenbeek ten behoeve van het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 7-II

7-III **Meetplan 2006 Krimpenerwaard**
Kroes, J., W. Twisk, M. van Cappellen, 2006a. *Meetplan 2006 Krimpenerwaard voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 7-III

7-IV **Meetplan 2006 Quarles van Ufford**
Roelsma, J. en H. de Rooter, 2006. *Meetplan 2006 Quarles van Ufford. Project Monitoring Stroomgebieden*. Reeks Monitoring stroomgebieden 7-IV

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

8-II **Systeemanalyse Fase 2 Schuitenbeek**
Jansen, H.C., M.E. Sicco Smit, T.P. Leenders, F.J.E. van der Bolt en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Schuitenbeek Fase 2*. Alterra-rapportnummer 1387

Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 8-II

8-III **Systeemanalyse Fase 2 Krimpenerwaard**
Kroes, J.G., P.E. Dik, F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Krimpenerwaard Fase 2*. Alterra-rapportnummer 1388
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 8-III

8-IV **Systeemanalyse Fase 2 Quarles van Ufford**
Siderius, C., J. Roelsma, F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders, L.V. Renaud, P.E. Dik en H. de Rooter, 2007. *Systeemanalyse voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford Fase 2*. Alterra-rapportnummer 1389
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 8-IV

9 **Bijdrage EMW 2007**
Leenders, T.P., J. Roelsma, F.J.E. van der Bolt, O.F. Schoumans, H.C. Jansen en J. G. Kroes, 2007. *Nutriëntenbelasting van het land-systeem op het oppervlaktewater in relatie tot de oppervlaktewaterkwaliteit in vier stroomgebieden. Bijdrage aan de Evaluatie Meststoffenwet 2007 ex-post milieukwaliteit*. Alterra-rapportnummer 1477
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 9

10-I **Meetplan 2007 Drentse Aa**
Roelsma, J., I. de Vries, K. van der Molen en D.J.J. Walvoort, 2006. *Meetplan 2007 Drentse Aa. Project Monitoring Stroomgebieden, versie 1.0*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 10-I

10-II **Meetplan 2007 Schuitenbeek**
Jansen, H.C en M.E Sicco Smit, 2007. *Meetplan 2007 voor het stroomgebied van de Schuitenbeek ten behoeve van het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*.

Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 10-II

10-III **Meetplan 2007 Krimpenerwaard**
Kroes, J., W. Twisk, M. van Cappellen en D. Walvoort, 2006b. *Meetplan 2007 Krimpenerwaard voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 10-III

10-IV **Meetplan 2007 Quarles van Ufford**
Roelsma, J. en E. Bergersen, 2006. *Meetplan 2007 Quarles van Ufford. Project Monitoring Stroomgebieden*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 10-IV

11 **Statistische Analyse mestbeleid**
Knotters, M., D.J.J. Walvoort en T.P. Leenders, 2007. *Een statistische analyse van de invloed van het mestbeleid op de oppervlaktewaterkwaliteit*. Alterra-rapportnummer 1540
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 11

12-I **Meetplan 2008 Drentse Aa**
Roelsma, J., I. de Vries, K. van der Molen en R.J. Wolleswinkel, 2007. *Meetplan 2008 Drentse Aa. Project Monitoring Stroomgebieden, versie 1.0*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 12-I

12-II **Meetplan 2008 Schuitenbeek**
Jansen, H.C, R.J. Löschner-Wolleswinkel en M.E. Sicco Smit, 2007. *Meetplan 2008 Schuitenbeek. Project Monitoring Stroomgebieden*. Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 12-II

12-III **Meetplan 2008 Krimpenerwaard**
Kroes, J., W. Twisk, M. van Cappellen en R. Wolleswinkel, 2007. *Meetplan 2008 Krimpenerwaard voor het project ‘Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders’*.

Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 12-III

12-IV Meetplan 2008 Quarles van Ufford
Siderius, C., H. de Ruiter en R.J. Wolleswinkel, 2008. *Meetplan 2008 Quarles van Ufford Project Monitoring Stroomgebieden, versie 1.0.*
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 12-IV

13-I Systeemanalyse Fase 3 Drentse Aa
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 en K. vander Molen, 2009. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa Fase 3.*
Alterra-rapportnummer 1764
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 13-I

13-II Systeemanalyse Fase 3 Schuitenbeek
Jansen, H.C, R.J. Löschner-Wolleswinkel, M.E. Sicco Smit, F.J.E. van der Bolt, J. Roelsma, O.F. Schoumans, C. Siderius en T.P. van Tol-Leenders, 2009. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Schuitenbeek Fase 3.*
Alterra-rapportnummer 1765
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden13-II

13-III Systeemanalyse Fase 3 Krimpenerwaard
Kroes, J.G., J.D. Schaap, F.J.E. van der Bolt, R.J. Löschner-Wolleswinkel, J. Roelsma, O.F. Schoumans, C. Siderius en T.P. van Tol-Leenders, 2009. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Krimpenerwaard Fase 3.*
Alterra-rapportnummer 1766
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 13-III

13-IV Systeemanalyse Fase 3 Quarles van Ufford
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, 2009. *Systeemanalyse voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford Fase 3.*

Alterra-rapportnummer 1767
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 13-IV

14-I Meetplan 2009 Drentse Aa
Roelsma, J., H. van der Heijden, H. de Kleine en M. Mulder, 2008. *Meetplan 2009 Drentse Aa. Project Monitoring Stroomgebieden, versie 1.0.*
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 14-I

14-II Meetplan 2009 Schuitenbeek
Löschner-Wolleswinkel, R.J., M.E. Sicco Smit en M. Mulder, 2009. *Meetplan 2009 Schuitenbeek. Project Monitoring Stroomgebieden.*
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 14-II

14-III Meetplan 2009 Krimpenerwaard
Kroes, Joop, Wim Twisk, Michel van Cappellen en M. Mulder, 2008. *Meetplan 2009 Krimpenerwaard voor het project Monitoring nutriënten in stroomgebieden en polders.*
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 14-III

14-IV Meetplan 2009 Quarles van Ufford
Siderius, C., H. de Ruiter en M. Mulder, 2009. *Meetplan 2009 Quarles van Ufford. Project Monitoring Stroomgebieden.*
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 14-IV

15 Bandbreedteanalyse oppervlaktewater
Van Gerven, L.P.A., H.M. Mulder, C. Siderius, T.P. van Tol-Leenders en A.A.M.F.R. Smit, 2009. *Analyse van de invloed van processen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Een modelstudie.*
Alterra-rapportnummer 1855
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 15

16 Regionaal mestgebruik
Roelsma, J., W.J. Corré, J.G.M. Paauw, T.P. van Tol-Leenders, F.J.E. van der Bolt en O.F. Schoumans, 2009. *Inventarisatie van het mestgebruik en effecten op de belasting van het oppervlaktewater voor de gebieden*

Drentse Aa, Schuitenbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford.
Alterra-rapportnummer 1907
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 16

17 Slimme database
Walvoort, D.J.J. en T.P. van Tol-Leenders, 2009. *Database ‘Monitoring Stroomgebieden’: Een slimme database voor het beheren van monitoringgegevens.*
Alterra-rapportnummer 1955
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 17

18-I Validatierapport Drentse Aa
Walvoort, D.J.J., J. Roelsma en T.P. van Tol-Leenders, 2009. *Validatie van modelsystemen voor het voorspellen van de oppervlaktewaterkwaliteit en -kwantiteit in het stroomgebied ‘de Drentse Aa’. Fases 1, 2 en 3.*
Alterra-rapportnummer 1951
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 18-I

18-II Validatierapport Schuitenbeek
Walvoort, D.J.J., Löschner-Wolleswinkel en T. P. vanTol-Leenders, 2009. *Validatie van modelsystemen voor het voorspellen van de oppervlaktewaterkwaliteit en -kwantiteit in het stroomgebied ‘de Schuitenbeek’. Fases 1, 2 en 3.*
Alterra-rapportnummer 1952
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 18-II

18-III Validatierapport Krimpenerwaard
Walvoort, D.J.J., P.W. Bogaart., J. Kroes, en T.P. van Tol-Leenders, 2009. *Validatie van modelsystemen voor het voorspellen van de oppervlaktewaterkwaliteit en -kwantiteit in het stroomgebied ‘de Krimpenerwaard’. Fases 1, 2 en 3.*
Alterra-rapportnummer 1953
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 18-III

18-IV Validatierapport Quarles van Ufford
Walvoort, D. J. J., C. Siderius en T.P. van Tol-Leenders, 2009. *Validatie van modelsystemen voor het voorspellen van de oppervlaktewa-*

terkwaliteit en -kwantiteit in het stroomgebied ‘Quarles van Ufford’. Fases 1, 2 en 3.
Alterra-rapportnummer 1954
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 18-IV

19 Data-analyse
Roelsma, J., P. W. Bogaart en C. Siderius, 2009. *Meetgegevens in de gebieden Drentse Aa, Schuitenbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford, Een eerste data-analyse ten behoeve van het tussenrapport Monitoring Stroomgebieden.*

Alterra, rapportnummer 1957
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 19

20 Validatie waterkwantiteitsmetingen
Mulder, H.M., T.P. van Tol- Leenders, C. Siderius, D.J.J. Walvoort en F.J.E. van der Bolt, 2009. *Onzekerheden in debietmetingen.*
Alterra-rapportnummer 1956
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 20

21 Fosfaatophoping in de bodem
Walvoort, D.J.J. , D. J. Brus, C. van der Salm, M. Pleijter en T.P. van Tol-Leenders, 2010. *Kwantificering van de ruimtelijke verdeling van de fosfaattoestand in de bodem voor vier stroomgebieden.*
Alterra-rapportnummer 1958
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring stroomgebieden 21

22 Kalibratie Modelsysteem
Siderius, C., J. Roelsma, H.M. Mulder, L.P.A. van Gerven, R.F.A. Hendriks en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Kalibratie Modelsysteem Monitoring Stroomgebieden.*
Alterra-rapportnummer 2216
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 22

23 Nalevering waterbodem
Gerven, van L.P.A., R.F.A. Hendriks, J. Harmsen, V. Beumer, P. Bogaart, 2011. *Nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vanuit de waterbodem in een veengebied. Metingen in de Krimpenerwaard.*
Alterra-rapportnummer 2217

Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 23

24 Grondwater bijdrage in oppervlakte-water
Grift, van der B., J. Klein, N. de Boorder en J.C. Rozemeijer, 2011. *Grondwater bijdrage aan oppervlaktewaterkwaliteit in de Drentse Aa en Schuitenbeek.*
Deltares-rapportnummer 1202790-000-BGS-0009
Deltares, Utrecht
Reeks Monitoring Stroomgebieden 24

25-I Bronnen, routes, sturen in Drentse Aa
Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Drentse Aa. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden.*
Alterra-rapportnummer 2218
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-I

25-II Bronnen, routes, sturen in Schuitenbeek
Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Schuitenbeek. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden.*
Alterra-rapportnummer 2219
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-II

25-III Bronnen, routes en sturen in Krimpenerwaard
Gerven, van L.P.A., B. van der Grift, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden.*
Alterra-rapportnummer 2220
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-III

25-IV Bronnen, routes en sturen in Quarles van Ufford
Siderius, C., J. Rozemeijer, H.M. Mulder, R. Smit en T.P van Tol-Leenders, 2011. *Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Quarles van Ufford. Bronnen,*

routes en sturingsmogelijkheden.
Alterra-rapportnummer 2221
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-IV.

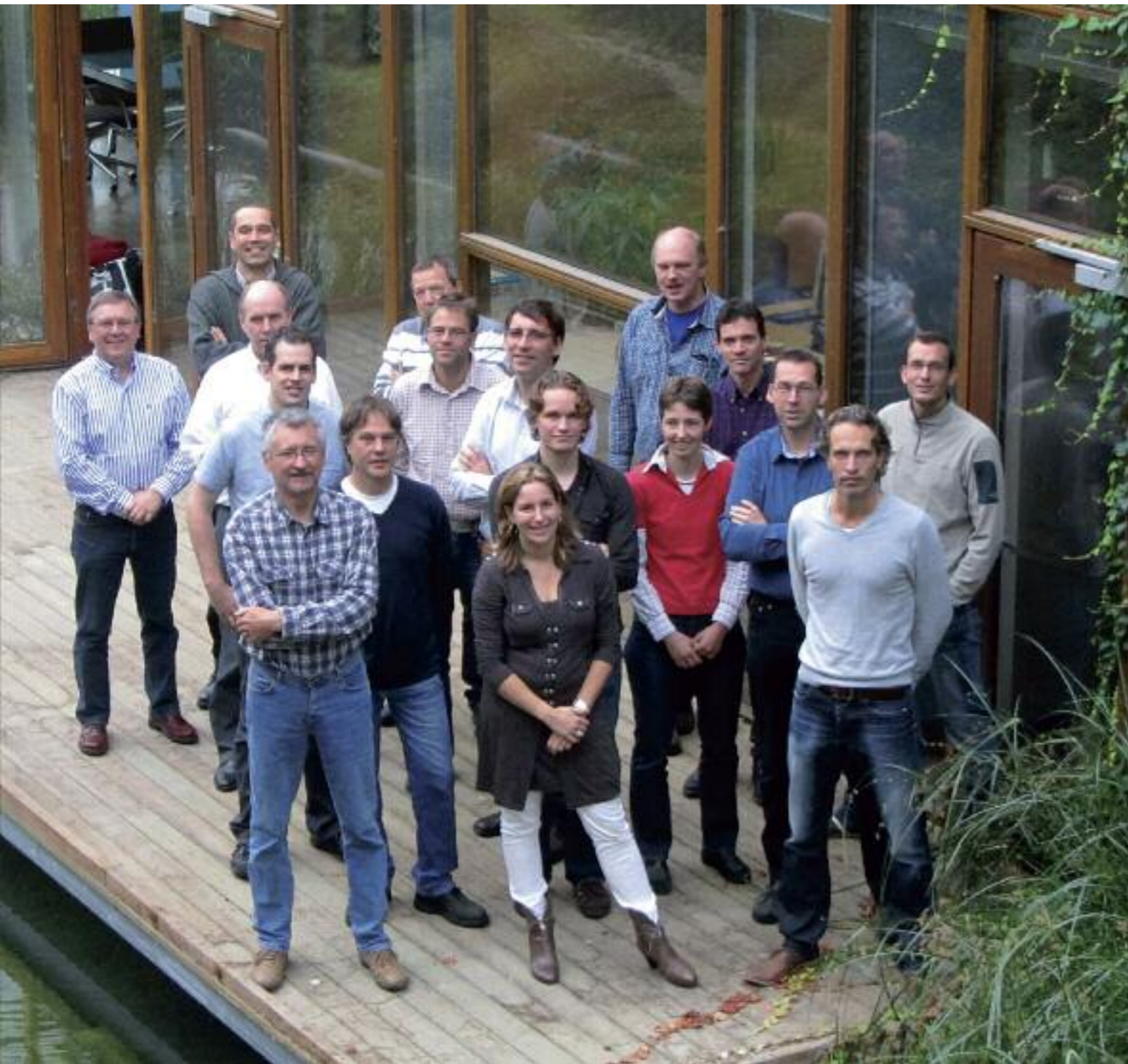
26 Monitoren in vier stroomgebieden
Tol-Leenders, T.P. van, B. van der Grift, D.J.J. Walvoort, G.M.C.M. Janssen, J.C. Rozemeijer, A. Marsman en F.J.E. van der Bolt, 2011. *Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van stroomgebieden. Analyse van metingen in de gebieden Drentse Aa, Schuitenbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford.*

Alterra, rapportnummer 2222
Alterra, Wageningen
Reeks Monitoring Stroomgebieden 26

Gerven, L.P.A. van, J.J.M. de Klein en F.J.E. van der Bolt, 2011. *Retentie van nutriënten in het oppervlaktewater. Meetcampagne in het Zeegserloopje.*
Alterra-rapportnummer 2133
Alterra, Wageningen

Tussenrapport Monitoring Stroomgebieden
Duinhoven, G. van, M. Bettonville, T.P. vanTol-Leenders, 2010. *Monitoring stroomgebieden: een tussenrapport: meerjaren monitoringsprogramma naar de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden in stroomgebieden en polders.*

Boek Monitoring Stroomgebieden
Woestenburg, M. en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Sturen op schoon water: eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden.*



Van links naar rechts en van boven naar beneden:

Oscar Schoumans, Frank van der Bolt, Robert Smit, Joachim Rozemeijer, Antonie van den Toorn, Rob Hendriks, Joop Kroes, Patrick Bogaart, Bas van der Grift, Luuk van Gerven, Dorothée van Tol-Leenders, Piet Groenendijk, Ariëne Oortwijn, Herco Jansen, Jan Roelsma, Christian Siderius en Martin Mulder (afwezig: Dennis Walvoort, Maarten van der Werff, Matheijns Pleijter, Gertie Arts, Janneke Klein en Victor Beumer)

Colofon

Dit boek beschrijft de onderzoeksresultaten uit het project Monitoring Stroomgebieden. Opdrachtgevers en financiers voor dit onderzoek zijn het Ministerie Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Het project is intensief begeleid door een begeleidingscommissie.

Vertegenwoordiging (huidige) begeleidingscommissie Monitoring Stroomgebieden:

Peter van Boheemen (Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie)
Douwe Jonkers (Ministerie van Infrastructuur en Milieu)
Marian van Dongen (Waterschap Hunze en Aa's)
Andrea Swenne (Waterschap Veluwe)
Theo Cuijpers (Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard)
Hella Pomarius (Waterschap Rivierenland)
Harm de Klein (Waterlaboratorium Noord)
Marianne Mul (Unie van Waterschappen)
Dorothée van Tol-Leenders (Alterra)
Bas van der Grift (Deltares)
Ariëne Oortwijn (Alterra)

Het project Monitoring Stroomgebieden is uitgevoerd door Alterra en Deltares.

Grote bijdragen aan het project Monitoring Stroomgebieden hebben de volgende mensen, met hun expertise, geleverd:

Dorothée van Tol-Leenders (Alterra) (Projectleider Monitoring Stroomgebieden)
Ariëne Oortwijn (Alterra) (Projectassistent)
Jan Roelsma (Alterra) (Nutriënten land- en oppervlaktewatersysteem)
Christian Siderius (Alterra) (Oppervlaktewater)

Luuk van Gerven (Alterra) (Oppervlaktewater)
Rob Hendriks (Alterra) (Waterkwaliteit veenweiden)
Martin Mulder (Alterra) (Oppervlaktewaterkwantiteit en data-analyse)
Frank van der Bolt (Alterra) (Hydrologie, waterkwaliteit en stroomgebiedbeheer)
Herco Jansen (Alterra) (Hydrologie, waterkwaliteit en stroomgebiedbeheer)
Oscar Schoumans (Alterra)

(Nutriëntenmanagement, bodem- en waterkwaliteit)
Dennis Walvoort (Alterra) (Statistische data-analyse, bodem en hydrologie)
Robert Smit (Alterra) (Oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit)
Piet Groenendijk (Alterra) (Uitspoelingsmodellen)
Patrick Bogaart (Alterra) (Hydrologie en statistische data-analyse)
Joop Kroes (Alterra) (Waterkwantiteit landsysteem)
Antonie van den Toorn (Alterra) (Veldwerk)
Maarten van der Werff (Alterra) (Veldwerk)
Matheijns Pleijter (Alterra) (Bodeminventarisatie en ruimtelijke systeemanalyse)

Gertie Arts (Alterra) (Aquatiscie ecologie)
Bas van der Grift (Deltares) (Waterkwaliteit grond- en oppervlaktewater)
Joachim Rozemeijer (Deltares) (Monitoring)
Janneke Klein (Deltares) (Data-analyse grond- en oppervlaktewater)
Victor Beumer (Deltares) (Veenweidegebieden)

Voor het verzamelen van de data en gebiedskennis is prettig samengewerkt met de waterbeheerders van de vier stroomgebieden.

Teksten:

Martin Woestenburg
Dorothée van Tol-Leenders (Alterra)

Met bijdragen van:

Rob Hendriks, Luuk van Gerven, Bas van der Grift, Jan Roelsma, Christian Siderius, Joachim Rozemeijer en Martin Mulder

Het boek is gereviewd door:

de begeleidingscommissie, Oscar Schoumans en Cees Kwakernaak

Fotografie:

Luuk van Gerven, 3/4, 8, 27, 39, 56
Dorothée van Tol-Leenders, 14, 19, 35
Ruth Heerdink, 18 b, 20, 53, 55
Joris Schaap, 32
Christian Siderius, 48
Matheijns Pleijter, 31 b, 31 o, 58
Rob Janmaat, 40
Joachim Rozemeijer, 62
Martin Mulder, 68
Herco Jansen, 72
Erwin van Boekel, 78
Jan Roelsma, 18 o
Joop Kroes, 22

Redactie-adviezen en productiebegeleiding:

Rob Janmaat (Communicatiebureau de Lynx)
 Eindredactie:
Marjel Neeffjes (Communicatiebureau de Lynx)

Vormgeving:

Loek Kemming (Office for Design)

Drukwerk:

Grafisch Service Centrum, Wageningen

Waar komen de nutriënten in het oppervlaktewater vandaan? Heeft het mestbeleid effect gehad? Welke sturingsmogelijkheden zijn er voor schoon water? Deze vragen zijn de afgelopen acht jaar beantwoord in het project Monitoring Stroomgebieden. In dit project is op het niveau van stroomgebieden onderzocht wat de bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater zijn en via welke transportroutes de nutriënten in het oppervlaktewater terechtkomen. Door deze systeemkennis is duidelijk geworden hoe gericht kan worden gestuurd op schoon water. Dit boek geeft handvatten voor waterbeheerders om in hun gebied te sturen op schoon water.

