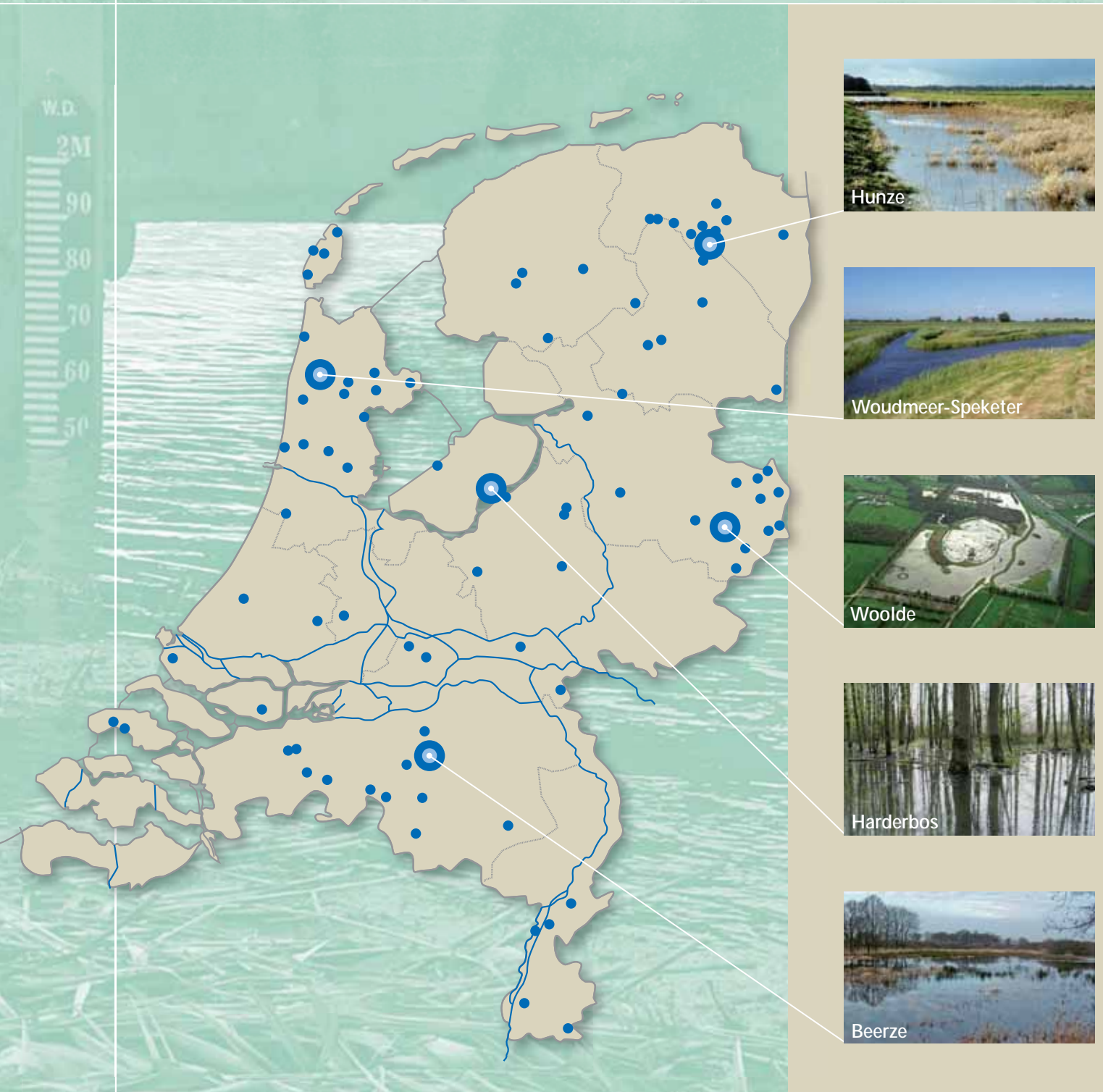


Praktijkervaringen met waterberging in natuur(ontwikkelings)gebieden

Hoofdrapport pilotprogramma waterberging en natuur



Praktijkervaringen met waterberging in natuur(ontwikkelings)gebieden

Hoofdrapport pilotprogramma waterberging en natuur

PILOTPROGRAMMA
WATERBERGING-NATUUR

juni 2008

RWS Waterdienst rapport nr. 2007.011
Alterra rapport nr. 1632
ISBN nr. 978-90-369-1416-1



Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Landbouw, natuurbeheer
en visserij



Staatsbosbeheer



 UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Colofon

Uitgave: Pilotprogramma Waterberging-Natuur

Redactie: Suzanne Stuijtzand¹

Auteurs: Remco van Ek², Suzanne Stuijtzand¹, Evelyn Belien³, Victor Beumer², Theo Croese⁵, Jaap Daling¹, Rudy van Diggelen⁶, Eva Eigenhuijsen⁷, Sandra de Goeij⁸, Alberta Grotenboer⁵, Patrick Hommel⁹, Harry de Jong¹⁰, Alex Kist⁵, Janneke Klein², Leonieke Kruit⁸, Marijn Kuijper², Harry van Manen¹, Johan Medenblik⁵, Maarten Mouissie¹¹, Ad Olsthoorn⁹, Jan den Ouden³, Tim Pelsma¹, Joost van der Pol⁹, Michel Riksen³, Sabine van Rooij⁹, Ute Sass-Klaassen³, Francisca Sival⁹, Uko Vegter¹², Linde Verbeek³, Laurents ten Voorde¹⁰, Rein de Waal⁹, Yolanda Wessels¹¹, Saskia Zierfuss¹³

De pilots zijn tot stand gekomen met medewerking van: Aad Beemster¹, Age Boonstra⁴, Nynke Bosma⁴, Leo de Bruijn⁴, Hans van Dijk¹⁴, Gert van Ee¹³, Linda Groot¹⁵, Annemariet van der Hout⁹, Marijke Jaarsma¹⁴, Margriet Kleiman¹³, Annie Kreike¹³, Ad van den Langenberg⁴, Gilbert Maas⁹, Bart Makaske⁹, Leo van Rooy⁷, Peter van der Schaaf¹³, Chris Segers⁴, David Tempelman¹¹, Menno Zijlstra, Stichting Waterproef, Vogelwerkgroep Tringa Schagen

1: RWS Waterdienst; 2: TNO/Deltares; 3: Wageningen Universiteit; 4: Ver. Natuurmonumenten; 5: Waterschap Regge & Dinkel; 6: RU Groningen; 7: Waterschap De Dommel; 8: Natuurbalans-Limes Divergens; 9: Alterra, Wageningen UR; 10: Twentse Vogelwerkgroep, Hengelo; 11: Grontmij; 12: Waterschap Hunze en Aa's; 13: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier; 14: Waterschap Zuiderzeeland; 15: Provincie Flevoland

Het Pilotprogramma Waterberging-Natuur is begeleid door een projectgroep:

Ministerie V&W: Suzanne Stuijtzand, Wouter Iedema, Theo Vulink, Remco van Ek (RWS Waterdienst, voorheen RIZA), Robinia Heerkens (DG Water)

Ministerie LNV: Joop van Bodegraven (DN), Jan Huinink (DK)

Unie van Waterschappen: Berendien Spiers, Eric Gloudemans

Ver. Natuurmonumenten: Nicko Straathof

Staatsbosbeheer: Jan Streefkerk, Eise Harkema

Dit project is gefinancierd door Min. V&W (DG Water), Min. LNV (Directie Natuur) en alle betrokken waterschappen.

Fotografie: Harry van Manen, Jaap Daling, David Tempelman, Herman Wanningen

Productie: Henk Bos (RWS Waterdienst)

Vormgeving en druk: Evers Litho & Druk, Almere

Voorwoord

In 2002 was er nog maar weinig praktijkervaring met waterberging in natuurgebieden. Er bestonden wel ideeën over de kans op succes. Deze liepen uiteen van “win-win” tot “desastreus voor natuur”. Het Pilotprogramma Waterberging-Natuur wilde met metingen in verscheidene gebiedstypen het inzicht in kansen én risico’s vergroten. Dankzij de samenwerking tussen kennisinstituten, water- en natuurbeheerders is het mogelijk geweest om op een tamelijk integrale wijze de verschillende effecten van waterberging in beeld te brengen. Daarbij is de faciliterende rol van de Ministeries en de betrokken waterschappen, die de financiële middelen beschikbaar hebben gesteld, cruciaal geweest. Met de resultaten hopen wij dat er meer puzzelstukjes op hun plaats liggen, en dat beheerders en planmakers met dit rapport, en de bijbehorende achtergrondrapporten, een hulpmiddel in handen hebben bij het maken van keuzes rond waterberging in natuur(ontwikkelings)gebieden.

Namens de projectgroep en auteurs,

Suzanne Stuijtzand
projectleider Pilotprogramma Waterberging-Natuur

Inhoud

	pagina
1 Inleiding	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Probleemstelling	8
1.3 Doelstelling	9
1.4 Leeswijzer	10
2 Beleidskader	11
2.1 Waterbeheer in de 21 ^e Eeuw	11
2.2 Het Nationaal Bestuursakkoord Water	13
2.3 Evaluatie NBW	15
2.4 Natuurbeleid in relatie tot waterbergen en -vasthouden	16
2.5 Andere relevante ontwikkelingen	17
3 Kennis- en onderzoeksvragen	19
3.1 Kennisvragen	19
3.2 Onderzoeksvragen Pilotprogramma Waterberging-Natuur	21
4 De pilots	23
4.1 Algemeen	23
4.2 Waterbergen in beekdalen	24
4.3 Waterbergen en vasthouden in bossen	40
4.4 Water vasthouden en waterkwaliteitsverbetering	53
4.5 Bergen van stedelijk water	60
4.6 Waterbergen in polders	67
5 Andere praktijkervaringen	75
6 Samenvatting en aanbevelingen	79
7 Verklarende woordenlijst	85
8 Referenties	87

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In de jaren negentig is Nederland een aantal malen getroffen door grootschalige wateroverlast. Bij wateroverlast denkt men vaak aan de gevolgen van overstromingen van de grote rivieren. Voor de regionale watersystemen is echter vaak overvloedige neerslag het probleem. Zo leidde hevige regenval in het najaar van 1998 tot flinke schade in Zuidwest- en Noordoost-Nederland waardoor een beroep moest worden gedaan op de Wet Tegemoetkoming Schade bij rampen (WTS). Polders moesten onder water worden gezet om elders bij steden en dorpen dijkdoorbraken te voorkomen. In 1993, 1994 en 1999 hebben zich in andere delen van ons land vergelijkbare situaties voorgedaan. De schade liep in de honderden miljoenen gulden.

De bovenstaande situatie heeft tot het besef geleid dat het Nederlandse watersysteem niet goed op orde is, zeker niet voor de verwachte veranderingen in de nabije toekomst. Door klimaatverandering zal het weer mogelijk extremer worden. Zo verwacht men gemiddeld meer neerslag in de winter, een frequenter optreden van korte doch hevige regenbuien, meer smeltwater dat via de rivieren ons land binnenkomt en een versnelde stijging van de zeespiegel. Tevens verwacht men het vaker optreden van warme en droge zomers, wat speciale eisen zal stellen aan de beschikbaarheid van zoetwater. Ook autonome ontwikkelingen in Nederland zoals de toenemende druk op de ruimte en de effecten van ons traditionele waterbeheer gericht op 'droge voeten' maakt ons meer kwetsbaar voor wateroverlast. Zo zijn er vele gebieden met open water ingepolderd en thans ingericht met bebouwing. Sterke ontwatering en drooglegging dragen bij aan bodemdaling waardoor we te maken krijgen met een relatieve zeespiegelstijging bovenop de bestaande versnelde zeespiegelstijging.

Door de commissie Tielrooy is in het jaar 2000 een advies opgesteld, genaamd "Waterbeleid voor de 21^e eeuw" (commissie WB21, 2000a/2000b). In het advies staat aangegeven hoe het Nederlandse waterbeheer dient te anticiperen op de verwachte gevolgen van klimaatverandering. De kerngedachte van de commissie is dat water meer ruimte nodig heeft en dat ieder watersysteem (zoals het afwateringsgebied van een beek of een poldersysteem) zijn problemen zo veel mogelijk zelf moet oplossen. Daarbij wordt voorgesteld om dit te doen volgens de trits *vasthouden, bergen, afvoeren*. In tijden van overvloedige neerslag kan vasthouden van water ("bergen aan de bron") de druk op het afwateringsstelsel verminderen. Voor situaties waarin vasthouden geen optie meer is en het afwateringsstelsel de hoeveelheid af te voeren water niet aan kan, kan gekozen worden voor een gecontroleerde overstroming in daartoe aangewezen gebieden. Dit heet waterberging. Wanneer de mogelijkheden voor waterberging ook zijn grenzen bereikt zal het water alsnog versneld moeten worden afgevoerd naar de grote rivieren en/of de zee. Het Kabinet heeft het advies in hoofdlijnen overgenomen onder de noemer "Anders omgaan met water". Het nieuwe waterbeleid wordt ook wel getypeerd met de korte zin "meer ruimte voor water".

In 2003 zijn door de betrokken overheden¹ over dit nieuwe waterbeleid bestuurlijke afspraken gemaakt in het zogenaamde Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). In dat akkoord is aangegeven dat men in eerste instantie verwacht dat circa 26.000 hectare waterbergingsgebied nodig is om in 2015 het watersysteem op orde te krijgen en een additionele 69.000 hectare om het watersysteem tot 2050 op orde te houden.

¹ Het Rijk vertegenwoordigd door de staatssecretaris van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, het Samenwerkingsverband Interprovinciaal Overleg (IPO), de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en de Unie van Waterschappen

Begrippen

Waterberging wordt hier gedefinieerd als 'een situatie waarbij van elders aangevoerd oppervlaktewater tijdelijk wordt geborgen met als doel om benedenstrooms gelegen gebieden te vrijwaren van wateroverlast'.

Water vasthouden wordt gedefinieerd als 'lokaal gevallen regenwater zo lang mogelijk vasthouden in een gebied om benedenstrooms gelegen gebieden te vrijwaren van wateroverlast'.

Ook bij vasthouden zullen vaak delen van een gebied onder water komen te staan. Een belangrijk verschil is echter dat het bij vasthouden van water geen aanvoer van nutriënten of andere stoffen plaats vindt. Dergelijke berging wordt ook wel als calamiteitenberging aangeduid.

In het advies van de commissie Tielrooy is een kaart opgenomen waar zoekgebieden zijn aangegeven voor waterconservering en waterberging. De zoekgebieden zijn daarbij getypeerd als gebieden met een relatief lage ligging en met een beperkte economische waarde. Vooral in het westelijke lage deel van Nederland is veel zoekruimte aangegeven. Daarnaast is zoekruimte aangegeven in veel beekdalen op de hogere zandgronden (pleistoceen Nederland). In het advies wordt ook melding gemaakt van het begrip "multifunctioneel ruimtegebruik". Nederland is immers een tamelijk klein en vol land en ruimte is schaars. Voor wat betreft waterberging zal het nieuwe waterbeleid- en beheer moeten "meekoppelen" met ander beleid om toch de verschillende functies naast elkaar te kunnen laten bestaan. In eerste instantie was de verwachting dat waterberging en natuur qua functies ruimtelijk goed zijn te combineren. Nederland wordt tenslotte door zijn geografische positie en klimaat gekenmerkt door het voorkomen van vele verschillende typen natte -en vochtige ecosystemen en uit het verleden is bekend dat waterberging te combineren is met landschappelijk fraaie, maar ook soortenrijke natuur. Zo hadden boezemlanden en zomerpolders te maken met inundatie in de winter waarna vervolgens een rijke weidevogelpopulatie aanwezig was. In de beekdalen was sprake van een regelmatige overstroming met basenrijk oppervlaktewater wat een gunstige uitwerking had op de vegetatie. Het natuurbeleid wenst een uitbreiding en versterking van de waterrijke c.q. natte natuur binnen Nederland zodat deze functiecombinatie kansrijk lijkt (LNV, 2000).

1.2 Probleemstelling

Ten opzichte van vroeger zijn er echter minder mogelijkheden om natuur met waterberging te combineren. Het oppervlaktewater is vaak belast met te hoge concentraties nutriënten en met chemische verontreinigingen, onder andere afkomstig vanuit de landbouw. Daarnaast staat bestaande natuur tegenwoordig veelal onder druk (onder andere door versnippering), waardoor deze niet robuust genoeg is om effecten van waterberging te verdragen. Dat waterberging niet zonder meer met alle mogelijke vormen van natuur te combineren valt is ook beschreven door de Raad voor het Landelijk gebied (RLG, 2001). Ten aanzien van de combinatie waterberging en natuur wordt aangegeven dat:

- vochtige of natte natuur niet zonder meer gebaat is bij waterberging en/of -buffering, ook niet als deze met verdrogingsproblemen kampt. De ecohydrologische relaties zijn vaak complex en kwetsbaar, de betekenis als waterbuffer wordt door de éígen waterbehoefte gereduceerd en de eisen die de natuurwaarden stellen aan de waterkwaliteit beperken de geschiktheid voor opvang van waterbezwaar van elders;
- het op natuurgebieden afwentelen van een verontreinigd of vermest waterbezwaar uit stedelijk of landbouwgebied kan leiden tot belangrijke kapitaalvernietiging (biodiversiteit, beheerkosten) en tot hoge kosten gedurende vele jaren, als herstel al mogelijk is;

- de aanleg van extra natte natuur ten dienste van waterberging genereert veelal óók een extra watervraag in perioden van waterschaarste. Deze water'balans' kan negatief uitvallen.

Ondanks de bovengenoemde zorgpunten die zeker ook leven bij diverse organisaties gericht op natuurbescherming wordt de functiecombinatie waterberging en natuur nadrukkelijk ook als kans gezien. Dit is onder andere op te maken uit het manifest "Natuurlijke klimaatbuffers" opgesteld door de Vereniging Natuurmonumenten, Vogelbescherming Nederland, Staatsbos-beheer, ARK Natuurontwikkeling en de Waddenvereniging (Buro Stroming, 2006). Dit manifest pleit er voor om samen met andere sectoren te werken aan de aanleg en ontwikkeling van gebieden die in staat zijn om de grootste problemen gerelateerd aan het klimaatprobleem, zoals wateroverlast, overstromingen, droogte, en stormen op te vangen. Daarbij gaat het niet alleen om een ruimteclaim, maar ook om het reactiveren of revitaliseren van natuurlijke processen zoals opslibbing, zandtransport, veengroei en duinvorming die ons land meer robuust kunnen maken tegen de op handen zijnde klimaatverandering.

Eenzijds is er dus behoefte om de functie waterberging en natuur met elkaar te kunnen combineren, anderzijds is er weerstand omdat men beseft dat waterberging niet altijd goed valt te combineren met natuur. Juist voor bestaande natuurgebieden met soortenrijke voedselarme natuur vormt de introductie met vervuild oppervlaktewater van elders een bedreiging. Daarbij moet ook worden opgemerkt dat de dynamiek in waterpeilen al sinds decennia wordt gedempt omwille van andere functies waardoor veel natuur niet meer gewend is aan grote peilveranderingen. Willen we deze dynamische, voor waterberging robuuste natuur terugkrijgen dan moeten we deze natuur de kans geven zich weer in te stellen op de nieuwe situatie. Het dilemma ten aanzien van de functiecombinatie waterberging en natuur is ook globaal geïnventariseerd in een landelijke studie. Daarbij is de suggestie gedaan om uit te gaan van het adagium "ja, mits" voor de functiecombinatie waterberging en ontwikkeling van nieuwe natuur, en het adagium "nee, tenzij" voor waterberging in bestaande natuurgebieden (Platteeuw & Iedema, 2001).

Hoewel in globale zin is aan te geven dat er zowel kansen als zorgen zijn ten aanzien van de mogelijkheden voor de combinatie waterberging en natuur/natuurontwikkeling, is het voor zowel waterbeheerders als natuurbeheerders van belang nader te weten waar die kansen en risico's precies liggen. Er blijken vele vragen te bestaan ten aanzien van inrichting en effecten, maar er kan maar beperkt antwoord worden gegeven op deze vragen. Hoewel er veel plannen in voorbereiding of zelfs al in uitvoering zijn, worden effecten niet of nauwelijks systematisch gevolgd (bijvoorbeeld via een gestructureerd monitoringsprogramma). Om meer inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden en onmogelijkheden van de functiecombinatie waterberging en natuur is het Pilotprogramma Waterberging-Natuur ingesteld.

1.3 Doelstelling

In 2002 is het "Pilotprogramma Waterberging-Natuur" gestart. Aan het programma is deelgenomen door V&W (RWS RIZA - thans Waterdienst - in opdracht van DGW), LNV (Directie Natuurbeheer, Directie Kennis), Unie van Waterschappen, Natuurmonumenten en Staatsbos-beheer.

Het hoofddoel van het pilotprogramma was waterbeheerders, terreinbeherende instanties en provincies te ondersteunen in het koppelen van de functies waterberging en natuur. Daarbij is het pilotprogramma primair gericht geweest op het opdoen en verspreiden van ervaringskennis.

Het opdoen en verspreiden van ervaringskennis is via verschillende wegen nagestreefd. Gedurende het pilotprogramma zijn verschillende themadagen georganiseerd waarbij kennis en ervaring is uitgewisseld ten aanzien van de diverse aspecten van waterberging en natuur. Op de website www.waterberging-natuur.nl zijn actuele informatie en producten bijeen gebracht. Er is daar onder meer een kennisoverzicht van STOWA te vinden over waterberging en natuur waar

het pilotprogramma aan heeft meegewerkt. Verder is in de beginfase een landelijke inventarisatie gedaan naar waterbergingsprojecten in natuur(ontwikkelings)gebieden. Hieruit zijn vijf pilots geselecteerd². Deze pilots vormden de hoofdactiviteit van het pilotprogramma. Elke pilot kende een meetprogramma, dat van 2004 tot en met 2007 heeft gelopen. De uitvoering van de pilots is een samenwerking geweest van waterschappen, terreinbeheerders en kennisinstituten.

Dit rapport geeft een overzicht van de belangrijkste resultaten van het pilotprogramma waterberging-natuur. Naast dit hoofdrapport is er per pilot een achtergrondrapport beschikbaar waar in meer detail wordt ingegaan op aanpak van de monitoring en de resultaten (Pilotprogramma Waterberging-Natuur, 2008a, b, c, d³)⁴.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de beleidskaders vanuit het waterbeheer en het natuurbeheer toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 verwezen naar eerdere studies gericht op kennisvragen in relatie tot waterberging en natuur, en worden de belangrijkste onderzoeksvragen van het pilotprogramma gepresenteerd. Hoofdstuk 4, de kern van het rapport, omvat de voornaamste resultaten van het meetprogramma van de vijf pilotgebieden. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op ervaringen van water- en natuurbeheerders binnen andere projecten (vernomen tijdens themadagen van het pilotprogramma). Een samenvatting en aanbevelingen staan tenslotte in hoofdstuk 6.

2 *Afbakening: Het gaat om hoog frequente (vaker dan eens per vijf jaar) waterberging (of vasthouden) in het regionale watersysteem.*
3 *Het achtergrondrapport van de pilot Hunze wordt door Waterschap Hunze en Aa's uitgebracht en is naar verwachting tweede helft 2008 gereed.*
4 *De producten zijn te vinden op www.waterberging-natuur.nl en www.natuurkwaliteit.nl*

2 Beleidskader

2.1 Waterbeheer in de 21^e Eeuw

De staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat en de voorzitter van de Unie van Waterschappen hebben in het voorjaar van 1999 de Commissie Waterbeheer 21^e Eeuw ingesteld. Als taak kreeg de commissie 'te adviseren over de wenselijke aanpassingen in de waterhuishoudkundige inrichting van ons land, met aandacht voor de gevolgen van klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling'.

De Commissie geeft in haar advies 'Waterbeleid in de 21^e Eeuw' (augustus 2000) een helder beeld: het watersysteem is nu en voor de toekomst niet op orde. Zonder verdere inspanning neemt onder invloed van klimaatverandering en bodemdaling de veiligheid af en de wateroverlast toe. Tegelijkertijd groeit het aantal inwoners dat beschermd moet worden en neemt de economische waarde van het te beschermen goed toe. Het veiligheidsrisico (= kans x gevolg) neemt in feite toe. De Commissie constateert ook dat burgers en politiek te weinig aandacht hebben voor deze problematiek. Volgens de Commissie moet het waterbeleid anticiperen op toekomstige ontwikkelingen rond klimaat, bodem, bevolking en economische waarde, in plaats van te reageren op incidenten.

Een aantal belangrijke kernpunten van de Commissie WB21 zijn:

- 1. Het huidig watersysteem is niet op orde** voor de 21^e eeuw waarin klimaatverandering in toenemende mate voor wateroverlast en schade kan leiden. Het waterbeleid en -beheer moet georganiseerd worden volgens 3 principes: a. Vasthouden van water en tijdelijk bergen⁵, b. Ruimte voor water, en c. Benutten van de kansen voor meervoudig ruimtegebruik. Het is daarbij van belang dat problemen niet worden afgewenteld in het watersysteem zelf, en ook niet qua bestuurlijke verantwoordelijkheden en kosten.
- 2. Water als bondgenoot:** Zonder draagvlak geen ander waterbeleid. Politiek en burger dienen veel beter geïnformeerd te worden over bedreigingen en kansen van water en meer direct betrokken te worden bij een andere aanpak van het waterbeleid. Dit is nodig om te voorkomen dat water niet alleen als vijand wordt beschouwd maar ook als bondgenoot.
- 3. Ruimte voor tijdelijke waterberging.** In PKB's en streek- en bestemmingsplannen wordt ruimte gereserveerd voor tijdelijke waterberging en primair bestemd voor 'waterbeheer'. Aankoop dan wel privaatrechtelijke overeenkomsten zorgen ervoor dat deze ruimte op het cruciale moment beschikbaar is.
- 4. Stroomgebiedbenadering.** Het water beleid wordt gebaseerd op de stroomgebiedbenadering. Internationale en regionale stroomgebieden worden aangewezen en stroomgebiedprogramma's worden ontwikkeld. Gebiedsallianties en regionale platforms zijn dragers voor de besluitvorming.

5

Verplichte drietrapsstrategie: vasthouden, bergen, afvoeren

5. Regie. De regie rol van de coördinerend minister van Verkeer en Waterstaat op internationaal en nationaal niveau wordt versterkt en gebaseerd op een politieke beleidskeuze in een nieuwe Nota Waterbeleid. De coördinatie betreft het kwantitatieve en kwalitatieve waterbeleid, inclusief de doorwerking naar andere overheden. Voor de regionale stroomgebieden krijgt de provincie de regie rol toegewezen bij de ontwikkeling en uitvoering van de stroomgebiedprogramma's. Ze voert die regie in samenwerking met de andere overheden en maatschappelijke organisaties.

Het kabinet heeft zich in hoofdlijnen achter het advies van de Commissie (zie kader) geschaard. De veiligheid moet gewaarborgd blijven, de kans op overstromingen mag niet toenemen. Vanuit het toenmalige kabinet is aangegeven dat er een omslag in denken nodig is die erop neer komt dat Nederland zich meer naar het water zal moeten schikken. Aan het water moet ruimte worden gegeven in plaats van ontnomen om de kans op calamiteiten door overstromingen niet verder te laten oplopen, om wateroverlast te beperken en om water te kunnen sparen voor de verwachte droge perioden. Als we nalaten het water tijdig meer ruimte te geven ter voorkoming van wateroverlast, dan bestaat de kans dat het water zelf die ruimte zal nemen (op plaatsen waar we het niet willen) hetgeen miljarden kan kosten en grote maatschappelijke onrust zal geven.

Volgens het IPO rapport "Provincies maken ruimte voor water" van de Commissie Leemhuis (IPO, 2000) wordt aanbevolen dat er een bestuursovereenkomst wordt gesloten tussen het ministerie van V&W en de provincies, ten einde vaart te zetten achter de uitvoering van het nieuwe waterbeleid. In dit rapport wordt ook aangegeven dat in geval van calamiteiten (dreigende overstroming) gebieden worden opgesomd die in aanmerking komen voor tijdelijke opvang van afvoerpieken. De keuze voor deze waterbergingsgebieden dient te zijn gemaakt in het streekplan en het waterhuishoudingsplan. De uiteindelijke beslissing om deze gebieden tijdelijk onder water te zetten bij calamiteiten ligt bij het provinciaal bestuur (i.c. de commissaris van de koningin). Daarnaast geeft het IPO aan dat waterberging niet kan in een aantal gebieden in Nederland zonder verdere inrichtingsmaatregelen, en dat ter compensatie van mogelijke verliezen/kosten door het daadwerkelijk gebruik van die ruimte voor waterberging het afsluiten van beheerovereenkomsten voor een periode van bijvoorbeeld tien jaar een optie is.

In navolging op het verzoek van het IPO om een bestuursovereenkomst op te stellen is in februari 2001 door Rijk, Interprovinciaal Overleg, Unie van Waterschappen en Vereniging van Nederlandse Gemeenten de Startovereenkomst Waterbeleid 21^e eeuw ondertekend. Daarmee is een eerste stap gezet in het tot stand brengen van de noodzakelijke gemeenschappelijke aanpak. Vervolgens is er door provincies, waterschappen en gemeenten hard gewerkt om de WB21 wateropgave nader te bepalen. Dit heeft geresulteerd in 16 deelstroomgebiedsvisies. In deze visies is een beeld geschetst van de maatregelen die nodig zijn voor 2015 en 2050 om de watersystemen op orde te krijgen en te houden. Het best uitgewerkt zijn de maatregelen voor veiligheid en wateroverlast voor het landelijke gebied. Waterbeheer in stedelijk gebied en waterbeheer voor verdrogingsbestrijding en watertekorten is veelal niet uitgewerkt. In veel gevallen zijn de maatregelen nodig voor WB21 in het landelijk gebied ook ruimtelijk uitgewerkt. Door het Milieu- en Natuurplanbureau is in 2005 (Van Gaalen *et al.*, 2005) een evaluatie uitgevoerd van deze deelstroomgebiedsvisies waaruit blijkt dat:

- De deelstroomgebiedsvisies zeer divers zijn in aanpak, beschrijving, detaillering en concreetheid.
- Er sprake is van een grote diversiteit en complexiteit van de verschillende visiekaarten. In totaal zijn er wel 131 verschillende legenda-eenheden geteld.

- Vooral voor water vasthouden een aanzienlijke ruimtelijke claim wordt vastgelegd (> 1.200.000 ha). Voor waterbergen is de ruimteclaim meer dan 400.000 ha (tabel 2.1). Daarbij moet wel worden opgemerkt dat voor 90% van de aangegeven arealen sprake is van zoekgebieden en dat slechts 4-7% van het oppervlak op de kaart zowel maatregelen als ruimtelijke claim hard is (geen zoekgebied).
- Een groot deel van de maatregelen in de deelstroomgebiedsvisies nog niet of nauwelijks is uitgewerkt.

Tabel 2.1 Ruimteclaim (zoekgebieden) voor water vasthouden en water bergen in de deelstroomgebiedsvisies uit 2002

DSGV	Vasthouden [ha]	Bergen [ha]	Opm
Groningen / Noord- en Oost-Drente	246224	155652	
Friesland		3500	1
Vecht-Zwarte water	9300	10000	1,2
Achterhoek-Liemers	113011	21940	
Veluwe	115433	16528	
Rivierengebied	40898	2488	
Gelderse Vallei	26368	2286	
Flevoland	73962	1	
Noorderkwartier	104721	20785	
Midden-Holland	149766	9159	
Amstelland	95595	0	
Zuid-Holland Zuid	62199	27179	
Zeeland	1050	20	1
Brabant West	24880	69469	
Brabant Oost	61378	53175	
Limburg	167793	29370	
Totaal zoekgebied	1292578	421552	

1 = Geen Kaart

2 = Weinig betekenis voor WB21

Door LNV (Kok, 2004) is ook een inventarisatie (quick scan) uitgevoerd naar het mogelijke ruimtebeslag voor waterberging in 2015 en 2050. Daarbij zijn medewerkers van de provincie telefonisch benaderd. Volgens deze inventarisatie zou 38.731 ha nodig zijn voor waterberging in 2015 en 93.678 ha in 2050.

2.2 Het Nationaal Bestuursakkoord Water

Twee jaar na de Startovereenkomst zijn de resultaten verwerkt tot een Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). Het Nationaal Bestuursakkoord Water is 2 juli 2003 ondertekend door vertegenwoordigers van het rijk⁶ en de regionale overheden⁷. Hoofddoel van het NBW is het op orde krijgen en het op orde houden van het watersysteem in respectievelijk 2015 en 2050. Zeer veel elementen uit het advies van de Commissie Tielrooy zijn overgenomen in het NBW. Het NBW richt zich echter op de brede wateropgave waarbij de problematiek van veiligheid en het voorkomen van wateroverlast op een integrale wijze wordt opgepakt samen met de aanpak van watertekorten, het tegengaan van verdroging en de verdere verbetering van de waterkwaliteit. Daarnaast wordt erop gewezen dat de aanpak ook rekening moet houden met de beschikbare financiële middelen en dat de uitvoering moet worden gecombineerd met plannen op andere

6 De minister president en de staatsecretaris voor Verkeer en Waterstaat.

7 De voorzitters van het Interprovinciaal overleg (IPO), Unie van Waterschappen (UvW) en Vereniging van Nederlandse Gemeente (VNG)

beleidsterreinen- zoals de reconstructie van het landelijk gebied, de aanleg van de ecologische hoofdstructuur, winning van oppervlaktedelfstoffen, landinrichting en overige gebiedsgerichte projecten. Het NBW geeft ook duidelijkheid ten aanzien van de diverse verantwoordelijkheden van overheden. In essentie komt het er op neer dat het waterschap verantwoordelijk is voor de uitwerking van de regionale wateropgave in het landelijk gebied en andere overheden over eventuele ruimtelijke claims op de hoogte stelt (provincie en gemeenten). De provincie is verantwoordelijk voor de integrale afweging van de ruimtebehoefte.

In bijlage 3 van het NBW is de WB21 wateropgave weergegeven in termen van ruimtelijke -en financiële opgave voor middellange (2015) en lange termijn (2050). Daarbij is wel aangegeven dat de informatie nog onzekerheden bevat en dat voor bepaalde gebieden nog geen onderscheid is gemaakt tussen bergen en vasthouden (tabel 2.2).

Tabel 2.2 Wateropgave, ruimtelijke opgave en financiële opgave voor WB21 volgens het NBW

	Wateropgave								
	[Mill. m ³]	Vasthouden [ha]		Bergen [ha]		Afvoeren [ha]		Investerings [Mill. €]	
	2050	2015	2050	2015	2050	2015	2050	2015	2050
Eems	27	2850	2850	2850	2850	275	275	95	95
Rijn	284	39000	144000	12000	39000	260	260	4391	9754
Maas	91	343000	468000	11000	27000			3285	5669
Schelde	23	900	1050	180	180			176	205
Totaal	425	385750	615900	26030	69030	535	535	7947	15723

In totaal is een ruimteclaim van 26.030 ha neergelegd voor waterberging in 2015 en 69.030 ha voor in 2050. Opvallend is dat de ruimtelijke opgave aanmerkelijk kleiner is dan eerder opgegeven in de deelstroomgebiedsvisionen. Kennelijk is in de voorbereiding voor het opstellen van het NBW sprake geweest van een aanmerkelijke aanscherping ten opzichte van de eerder opgegeven zoekruimte zodat een meer reële inschatting kon worden gemaakt van de ruimtelijke opgave. De getallen weergegeven in de bovenstaande tabel zijn echter ook weer een tussenresultaat die op basis van voortschrijdend inzicht zullen worden aangepast.

Vanuit de behoefte om voortvarend aan de slag te gaan met de WB21 wateropgave is in het NBW ook aangegeven dat er voor de korte termijn (2003-2007) al te ondernemen acties voor het regionale systeem zijn uitgewerkt in het maatregelenprogramma. Voor dit korte termijn maatregelenprogramma is een investeringsopgave begroot van circa 1,3 miljard euro. De belangrijkste bijdrage (680 miljoen) dient te komen van de waterschappen die een eigen heffingstelsel hebben voor het regionale waterbeheer (conform afspraken IBO bekostiging waterbeheer). Daarnaast is ook uitgegaan van 520 miljoen "meekoppelgelden". Dit zijn budgetten gekoppeld aan andere beleidsopgaven van het rijk, EU regelingen, provincies, gemeenten en eventuele derden die mede kunnen bijdragen aan de regionale wateropgave. Tevens heeft het Ministerie van Verkeer en Waterstaat een subsidieregeling van circa 100 miljoen⁸ ingesteld, waarmee de eerste lijst aan projecten kon worden aangepakt: de zogenaamde koploperprojecten. Dit zijn 310 projecten waarvan circa 40 gericht op waterberging in het landelijk gebied. De belangstelling voor de 100 miljoen regeling was groot. De aanvragen van de eerste dag bleken al 115 miljoen euro aan subsidiabele kosten te bevatten.

In het NBW is ook een artikel gewijd aan kennis (art 15). Daarin staat aangekondigd dat de partijen op zowel de korte als de langere termijn de beschikbare kennis met elkaar delen en tezamen kennisontwikkeling te bevorderen, en dat de partijen gezamenlijk invulling geven aan het ICES-KIS3 thema 'Leven met water' en middelen inzetten voor de co-financiering van dit programma met proefprojecten. Specifiek staat aangegeven dat de kennisontwikkeling zoveel mogelijk wordt gekoppeld aan de uitvoering van concrete pilotprojecten en dat deze proefprojecten zó worden op- en ingezet dat praktijkkennis wordt vergaard. De praktijkgerichte innovatie dient zich met name te richten op functiecombinaties met water.

2.3 Evaluatie NBW

In het NBW is besloten dat in het jaar 2006 een evaluatie zou worden uitgevoerd. Zo zouden de waterschappen onder regie van de Unie van Waterschappen de regionale watersystemen toetsen aan de werknormen, om aan te kunnen geven welke technische en ruimtelijke maatregelen en financiële inspanningen nodig zijn om de regionale watersystemen uiterlijk in 2015 aan de werknormen te kunnen laten voldoen. De resultaten zijn in 2006 vastgelegd in het rapport "Resultaten iteratief proces toetsing werknormen 2003-2005" (UvW, 2006). In dit rapport staan de gebieden aangegeven waarvan de waterschappen verwachten dat er een grote kans op wateroverlast zal zijn, maar men geeft daarmee nog geen oordeel of er daadwerkelijk sprake is van een onaanvaardbare wateroverlast. Alle waterschappen zijn bij de toetsing van de werknormen uitgegaan van tenminste het middenscenario 2050 conform het NBW. Een aantal waterschappen heeft zelfs het maximum scenario als uitgangspunt genomen en ten opzichte van de werknormen strengere uitgangspunten gehanteerd.

Men schat dat voor 95% van het beheersgebied van de waterschappen de kans op wateroverlast aanvaardbaar is. In het westen van het land blijkt een relatief grote opgave te liggen door de ligging (laag gelegen, hoge grondwaterstanden) en de mate van verharding. In een aantal gebieden is de bodemdaling van doorslaggevende betekenis; veengebieden, Flevoland, gaswinning Groningen. Verder concentreert de wateroverlast zich in de beekdalen. Op een aantal plaatsen, zoals bij Meppel en Den Bosch, treedt overlast op door geremde afvoer naar het hoofdsysteem.

Uit de inventarisatie onder de waterschappen blijkt dat diverse grootschalige waterbergingsprojecten in uitvoering zijn of al gerealiseerd via het NBW maatregelenpakket 2003-2007. Het aantal grootschalige waterbergingsprojecten na 2008 is tamelijk beperkt. Er is qua maatregelen sprake van een tendens om de nog te programmeren WB21 opgave meer via fijschalige oplossingen te realiseren. Men zoekt de oplossingen via waterberging in de beekdalen, kleine uitbreiding van het boezemsysteem en vergroting van het open wateroppervlak in polder-systemen. De wateropgave blijkt adequaat te combineren met de integrale gebiedsontwikkeling, maar het proces om dit ook ruimtelijk te kunnen realiseren blijft lastig en van de betrokkenen een grote inspanning vragen. Belangrijke reden voor de tendens naar meer fijschalige ruimtelijke inpassing is de afweging tussen kosten en baten. Het is regelmatig goedkoper om beperkte schade door wateroverlast in financiële zin te regelen in plaats van ingrijpende wijzigingen in het ruimtegebruik door te voeren. Vanuit het gezichtspunt van grootschaliger ruimtelijke afwegingsprocessen voor de wateropgave lijkt de directe ruimteclaim verminderd (33.805 ha volgens tabel 5.1 in het rapport) ten opzichte van eerdere verwachtingen bij onder-tekening van het NBW in 2003 (69.030 ha). De uitgangspunten gehanteerd door de waterschappen om de ruimtelijke opgave voor waterberging te schatten blijken echter onderling sterk te verschillen waardoor een directe vergelijking met de opgave in NBW 2003 niet mogelijk is. Qua financiële opgave schat de Unie van Waterschappen in dat vanaf 2008 een investeringsbehoefte bestaat van 2,5 miljard euro om onaanvaardbare regionale wateroverlast volgens het middenscenario 2050 te voorkomen. Dit bedrag is niet een op een te vergelijken met de 8 miljard uit het NBW aangezien de NBW schatting betrekking heeft op de integrale WB21 opgave

in het landelijk en stedelijk gebied. Het bedrag van 2,5 miljard heeft betrekking op het voorkomen van regionale wateroverlast exclusief de investeringsbehoefte voor afkoppeling, riolering, verdroging, regulier beheer (GGOR), grondwater en KRW. De bovenstaande analyse moet als een tussenresultaat worden gezien.



2.4 Natuurbeleid in relatie tot waterbergen en -vasthouden

In de nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (Nota natuur, bos en landschap in de 21^e eeuw, LNV 2000) wordt de aanpak van het natuurbeleid voor de komende tien jaar geschetst, inclusief een doorkijk naar 2020. Een belangrijk onderdeel van het natuurbeleid is het concept van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) wat in 1991 zijn intrede deed. De EHS richt zich op het vergroten en verbinden van de thans versnipperde natuurgebieden in Nederland tot een samenhangend ecologisch netwerk (circa 750.000 ha). De volledige realisering van de EHS is voorzien in 2018. Een vergelijkbaar beleid wordt ook beoogd op Europees niveau via het Natura 2000 traject. Naast de realisatie van de EHS wil men ook een verbetering in de milieukwaliteit realiseren voor deze gebieden. De nota gaat er vanuit dat in 2020 de milieukwaliteit zodanig is dat deze geen belemmering vormt voor het bereiken van de kwaliteitsdoelen binnen de EHS. Belangrijk aspect in relatie tot de biodiversiteit is de verdroging van natte, grondwaterafhankelijke natuurgebieden. De bestrijding van verdroging blijft een belangrijk onderdeel van het natuurbeleid om de gewenste milieukwaliteit in de natuurgebieden te kunnen realiseren.

Er is sprake van overlap tussen de zoekgebieden voor waterberging en de Ecologische Hoofdstructuur (Massop *et al.*, 2003). Dit is met name het geval in laag Nederland. De overlap is 29.000 hectare bij de grote rivieren en ruim 80.000 hectare bij de regionale wateren. In totaal is dit circa 15% van de EHS. De nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' ziet de WB21 wateropgave als een kans voor de natuur. Zo wordt gesteld dat de oplossing van veel problemen rond het water heel goed combineerbaar lijken te zijn met een verbetering van de kwaliteit van natuur en landschap. Daarnaast geeft men aan dat omgekeerd natuur ook kan bijdragen aan het realiseren van waterdoelen, zoals verbetering van de zoetwaterkwaliteit door natuurlijke zuivering. Men wil nadrukkelijk het beleidsveld natuur integreren met het beleidsveld water ('meegroeien met het water'). Zo wordt gepleit voor een extra impuls voor de natte natuur via het perspectief "Nederland Nat-Natuurlijk". Binnen dit traject wordt de realisatie van de Natte As nagestreefd, een zone met natte gebieden die de Biesbosch met het Lauwersmeer verbindt. Deze zone omvat de rijkswateren, maar richt zich ook op het landelijk gebied (veenweidegebieden) in verband met grootschalige ontwikkeling van moerasgebied. Voor hoog Nederland staat aangegeven dat de karakteristieke beekdalen veel natuurlijker dienen te worden. De beken moeten weer kunnen meanderen en water langer vast kunnen houden waardoor afvoerpieken

worden afgevlakt. In brede zin gaat men er vanuit dat toepassing van de watersysteembenadering en het principe 'ruimte voor water' kansen biedt voor combinaties met de ontwikkeling van natte natuur, het aanleggen van natte verbindingzones, het terugdringen van de verdroging en het vergroten van de natuurlijkheid van natte ecosystemen. Binnen het perspectief "Nederland Landelijk Natuurlijk" staat verder aangegeven dat men ook een investering in de kwaliteit van het landelijk gebied 'tussen' natuurgebieden wil door stevig in te zetten op het 'groen- blauw dooraderen'⁹ van cultuurlandschap (circa 40.000 ha).

Bij natuurbeschermingsorganisaties bestaan duidelijke reserves ten aanzien van waterberging vanwege de slechte waterkwaliteit. Volgens deze organisaties wordt er in de trits vasthouden-bergen-afvoeren teveel nadruk gelegd op bergen en te weinig aandacht besteed aan mogelijkheden voor water vasthouden. De wens is nadrukkelijk dat er ook meer aandacht moet worden besteed aan het ecohydrologisch functioneren van gebieden (systeembenadering), waarbij specifiek wordt bekeken welke bijdrage vasthouden kan leveren aan het verminderen van afvoerpieken, de bijdrage die het kan leveren aan verdrogingbestrijding en de bijdrage die het kan leveren aan vergroting van de basisafvoer van beken. Kortom, eerst vasthouden goed uitwerken, dan pas kijken naar bergen.

2.5 Andere relevante ontwikkelingen

Het NBW gaat uit van de zogenaamde WB21 klimaatscenario's van het KNMI uit 2000 (Können, 2001). Inmiddels is het KNMI met nieuwe klimaatscenario's gekomen gebaseerd op de laatste inzichten (KNMI, 2006). Er is sprake van een aantal wijzigingen ten opzichte van de WB21 scenario's. Zo is in de WB21 scenario's de temperatuurstijging in Nederland gelijk aan de wereldwijde temperatuurstijging. In de KNMI'06 scenario's is dit niet het geval. Hier is de temperatuurstijging in Nederland groter dan de wereldwijde temperatuurstijging. De hevige neerslag in de winter neemt in de KNMI'06 scenario's minder toe dan in de WB21 scenario's. Dit laatste zou gunstig kunnen zijn vanuit de optiek van wateroverlast. De meeste deelstroomgebiedsvizies zijn nog niet aangepast aan de laatste inzichten ten aanzien van klimaatverandering.

Ten aanzien van de uitvoering van het beleid is per 1 januari 2007 het Investeringsbudget Landelijk Gebied (ILG) van start gegaan. Belangrijk doel van het ILG is een meer efficiënte en doelmatige uitvoering van het beleid ten behoeve van een vitaler landelijk gebied. Daartoe heeft men besloten de verschillende subsidieregelingen te bundelen en te vereenvoudigen tot één integrale regeling, en de provincies de regierol te geven bij het organiseren van het integrale gebiedsproces. Dit betekent onder andere dat een aanzienlijk deel van het rijksbudget ter beschikking wordt gesteld aan de provincies ten behoeve van het realiseren van de verschillende beleidsdoelen. Per provincie is een ILG overeenkomst opgesteld, ondertekend door rijk en provincie, waarin de doelen staan omschreven die gehaald dienen te worden in de komende 7 jaar. Binnen het ILG worden 8 thema's onderscheiden, waaronder water en natuur. De NBW doelstellingen zijn nauwelijks concreet aangegeven in deze convenanten aangezien de uitwerking van de integrale wateropgave (KRW én WB21) nog gaande is. Wel gaat het ILG uit van een midterm review in 2010 waarbij doelen en middelen nog eens tegen het licht worden gehouden.

Door het kabinet is recentelijk een Watervisie vastgesteld (V&W, 2007) als start voor het proces dat toewerkt naar het eerste Nationale Waterplan, zoals de Waterwet voorschrijft. Dit plan is de opvolger van de 4e Nota Waterhuishouding dat op dit moment het formele kader vormt voor alle facetten van het waterbeheer. Het is een integraal, landsdekkend raamwerk voor toekomstig waterbeleid.

9

Een vlechtwerk van landschapselementen, watergangen met oevers, moerasjes en poelen

Het bevat drie hoofdelementen (a) een streefbeeld voor de zeer lange termijn, dat richting geeft aan ontwikkelingen die op korte en middellange termijn in gang worden gezet, (b) een structuurvisie voor Nederland, waarin de op dat moment gewenste doorwerking van water op de ruimtelijke inrichting van ons land is verankerd, en (c) een uitvoeringsagenda voor de zesjarige werkingstermijn van het waterplan (2009-2015). De bestrijding van verdroging en het reserveren van ruimte voor water vormen belangrijke onderdelen in de watervisie. Voor het Groene hart en laag Holland staat aangegeven dat ingrijpende maatregelen nodig zijn als antwoord op de voortgaande bodemdaling, versnippering van het watersysteem en verzilting. Men spreekt ook wel van een nieuwe beleidsfilosofie: functie volgt peil. Het kabinet wil meer ruimte voor natuurlijke processen (water, bodem). Ten aanzien van maatregelen voor wateroverlast en droogte blijft het kabinet van mening dat partijen zoveel mogelijk moeten combineren met maatregelen op andere terreinen zoals natuurbeheer, plattelandsontwikkeling en stedelijke vernieuwing. Gebiedsontwikkeling geeft hierbij mogelijkheden voor een integrale en tevens kosteneffectieve aanpak, waarin maatwerk en betrokkenheid van lokale partijen centraal staan. In het NBW van 2003 staat aangegeven dat in 2007 de afspraken worden geactualiseerd op basis van een evaluatie van het lopende actieprogramma en de meest recente kennis. Dit geactualiseerde akkoord laat onder meer zien hoe de meest recente klimaatscenario's gebruikt zullen worden om de wateropgaven en de bijbehorende maatregelen beter in beeld te krijgen. Ook afspraken op het gebied van waterkwaliteit (Kaderrichtlijn Water) krijgen in dit 2007-akkoord nadrukkelijker een plaats dan in het 2003-akkoord. Door onenigheid rond de financiering van het waterbeheer is het nieuwe NBW akkoord niet in 2007 gereed gekomen.

3 Kennis- en onderzoeksvragen

3.1 Kennisvragen

Diverse factoren kunnen in de praktijk van belang zijn bij het realiseren van een 'waterberging-natuurproject'. In veel gevallen spelen er technisch-inhoudelijke vragen ten aanzien van de effecten van waterberging op natuur- en milieudoelen. Zo is, uitgaande van een bestaand natuurgebied, een centrale vraag onder welke randvoorwaarden een gebied kan worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water. Andersom is het de vraag wat de mogelijkheden voor natuur(ontwikkeling) zijn in gebieden die worden gereserveerd voor waterberging of -vasthouden.

Niet alleen vanuit het natuurdoel, maar ook vanuit de waterproblematiek liggen er inhoudelijke kennisvragen. Daarnaast spelen bij de inrichting van een gebied procedurele vragen. Een waterberging-natuurproject kan kostbaar zijn (grondaankoop) en kan ook tot weerstand leiden in de omgeving (weinig draagvlak onder bijvoorbeeld agrariërs en omwonenden). Vragen van de waterbeheerder zijn er mede op gericht hoe hiermee om te gaan en hoe zorgen weggenomen kunnen worden.

Vanuit verschillende kaders is aandacht besteed aan vragen gerelateerd aan waterberging en natuur. In de beginfase van het pilotprogramma Waterberging-Natuur is in opdracht van STOWA het rapport "Waterberging en Natuur: Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders" opgesteld (Runhaar *et al.*, 2004). Het rapport geeft een waardevol overzicht van bestaande kennis maar is voor een belangrijk deel ook gebaseerd op deskundigenoordeel. Runhaar *et al.* (2004) geven zelf dan ook aan dat er over veel processen geen kwantitatieve empirische kennis beschikbaar is waardoor het lastig is aan te geven wat de te verwachten effecten zijn. Er wordt gepleit voor vergelijkend en experimenteel wetenschappelijk onderzoek zodat hierover meer inzicht kan ontstaan. Daarnaast wordt nadrukkelijk gewezen op het verzamelen van praktijkervaring. Vanaf de tweede helft van de vorige eeuw hebben er nauwelijks nog overstromingen plaatsvonden in natuurgebieden en er is vanaf die tijd in Nederland bijna geen onderzoek meer gedaan naar de effecten van overstromingen op ecosystemen. Door goede monitoring en evaluatie van in de praktijk uitgevoerde waterbergingsprojecten kan op termijn een meer solide kennisbasis ontstaan over de effecten van waterberging op natuur. Daarvoor is het van belang dat de uitgangssituatie goed wordt beschreven, alsook de ingreep en het veranderend hydrologische regime en de effecten daarvan op het ecosysteem. De lijst met (inhoudelijke) kennisvragen richt zich met name op de aanvoer van nutriënten in relatie tot eutrofiëring, zoals de vraag: "Wat is de relatieve bijdrage van de met sediment aangevoerde voedingsstoffen?". Wat betreft de fauna is er behoefte aan meer kennis over de lange termijn effecten van inundaties op soortensamenstelling en populatiegrootte. Waar het gaat om waterberging in combinatie met natuurontwikkeling is er vooral behoefte aan experimenten om na te gaan of bepaalde vormen van natuurontwikkeling inderdaad te combineren zijn met waterberging. Daarbij kan gedacht worden aan de ontwikkeling van productieve rietmoerassen en broekbossen: welke eisen stellen dergelijke systemen aan waterberging, welke bijdrage leveren deze aan biodiversiteit en aan andere functies (veenvorming, koolstofvastlegging)? Daarnaast is veel behoefte aan inzicht in de veerkracht van ecosystemen om te kunnen voorspellen wat de effecten zullen zijn van onregelmatige en diepe overstromingen zoals die kunnen plaatsvinden bij waterberging.

In paragraaf 2.2 is al verwezen naar het NBW artikel 15. Dit artikel verwijst naar de gezamenlijke kennisontwikkeling waarbij zoveel mogelijk de koppeling dient te worden gezocht met de

uitvoering van concrete pilotprojecten en het verzamelen van praktijkkennis (zie www.levenmetwater.nl). Het project "Optimalisatie van vraagarticulatie en kennisuitwisseling over de effecten van inundatie en waterberging" maakt hier onderdeel van uit. Doel van dit project was om via een participatief proces de relevante vragen te identificeren die in de praktijk spelen bij waterberging en deze te confronteren met specialistische kennis over bodem, water, landbouw, natuur. De focus was dus niet speciaal gericht op natuur.

Het project heeft geresulteerd in een vraag-antwoord database (zie www.waterbergingsvragen.nl). De vragen zijn gerubriceerd naar een zevental thema's, te weten: bodemprocessen, flora en fauna (natuur), kosten - baten, procedures en doelstellingen, ruimtegebruik, sociale processen en voedselketen. Er waren meer vragen voor hoog Nederland (136) dan voor laag Nederland (57). In tabel 3.1 zijn ter illustratie een aantal vragen weergegeven gericht op flora en fauna.

Tabel 3.1 Vragen over waterberging en natuur van www.waterbergingsvragen.nl

Hoog Nederland

- Moeten natuurdoelen bijgesteld worden door meer waterberging t.g.v. klimaatsverandering en welke opgave dan voor terreinbeheer?
- Welke nieuwe natuur kan ik realiseren bij welk waterbergingsregime (+waterkwaliteit)?
- Waterberging in natuurgebieden kan bepaalde gevoelige natuurdoeltypen schaden. Welke maatregelen kun je nog nemen zodat mogelijkheden voor een goed samengaan verbeteren?
- Welke bergingsfrequentie is het meest geschikt voor natuurontwikkeling?
- Wat zijn de effecten van zink en cadmium op schraallanden in beekdalen waar waterberging plaats vindt?
- Grootschalige waterzuivering met helofytenfilters is interessante manier van bergen. Water later bruikbaar voor natuur. Uitbreiding toepassing mogelijk?
- Welke effecten heeft waterberging qua timing en frequentie op levenscyclus van fauna?
- Hoe schadelijk zijn zomerinundaties op schraallanden in beekdalen (als je daarna niet meer kunt maaien en afvoeren)?
- Worden natuurterreinen minder gevoelig voor overstroming met vuil water als de kweldruk verhoogd kan worden?
- Bij de bepaling van de ecologische gevolgen van waterberging is vaak niet de waterkwaliteit maar de slibafzet het probleem. Is deze laatste te voorspellen?
- Er is veel aandacht voor sliblast; zijn er andere effecten op de flora die nu buiten beeld blijven (anaerobie, bodemleven, zaadbank. etc)?

Laag Nederland

- Hoe snel herstelt de bodemfauna (bijvoorbeeld wormen) zich na een periodieke inundatie?
 - Hoe groot is de zelfredzaamheid voor de fauna bij het onder water zetten van de gronden?
 - Wat voor invloed heeft tijdelijke onderwaterzetting op het bodemleven?
 - Wat zijn de effecten van tijdelijke berging op bodemleven en daarmee op bijvoorbeeld weidevogels? Wat is het omslagpunt?
 - Hoeveel water kan natte natuur bergen met behoud van natuurwaarden?
 - Kan overstroming/waterberging helpen om verzuring van natuurgebieden te bestrijden?
 - Hoe verschilt de impact van waterberging op verdroogde natuurgebieden van die op niet-verdroogde natuurgebieden (bijvoorbeeld Binnenveld)?
 - Stel dat de frequentie van inundatie verandert met de klimaatsverandering, wat zijn de effecten op natuur of natuurdoel-typen?
-

Naast deze vooral technisch inhoudelijke vragen waren er ook veel vragen die te maken hebben met procedures, vergoedingen en rechtszekerheid. De Leven met water studie leverde een groot aantal (soms tamelijk algemeen gestelde) vragen op. Door de aanwezigen in de workshop is getracht zoveel mogelijk vragen van een antwoord te voorzien, maar dat bleek voor een groot deel van de vragen niet mogelijk vanwege een gebrek aan kennis c.q. praktijkervaring.

Uit zowel het STOWA kennisoverzicht als de Leven met water studie komt naar voren dat er nog maar weinig bekend is over de effecten van waterberging op natuur en dat het van belang is dat er voldoende wordt gemonitord en geëvalueerd bij dit soort projecten. Centrale vragen daarbij richten zich onder meer op hoeveel nutriënten en zware metalen worden aangevoerd met waterberging, hoe vaak en wanneer waterberging optreedt en wat de effecten op flora en fauna zijn. Met de vergaarde kennis kan de inrichting en het beheer van gebieden worden bijgestuurd. Beantwoording van de kennisvragen door middel van monitoring en onderzoek moeten ook de kansen en bedreigingen voor besluitvorming door bestuurders en beheerders in beeld brengen. Projecten waar waterberging en natuur goed samengaan kunnen daarbij als etalage dienen ter vergroting van bestuurlijk en maatschappelijk draagvlak.

3.2 Onderzoeksvragen Pilotprogramma Waterberging-Natuur

De onderzoeksvragen waar het pilotprogramma Waterberging-Natuur zich op richtte waren vooral inhoudelijk van aard. De pilots waren representatief voor verschillende situaties (landschap, problematiek) en waren verschillend van opzet. Hierdoor had iedere pilot zijn eigen specifieke onderzoeksvragen. De belangrijkste waren:

- Wat zijn effecten van waterberging op natuur? (met nadruk op de vegetatie)
- Hoe verloopt waterberging: functioneert het gebied en komt de inzet overeen met de verwachting?
- Hoe verandert de waterkwaliteit van het beekwater bij hoogwater?
- Verbetert de waterkwaliteit na passering van het retentiegebied?
- Hoeveel slib blijft achter na hoogwater, en van welke kwaliteit is dit?
- In hoeverre kunnen overstromingsmoerassen bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit? Welke eisen zijn er aan het beheer?
- In hoeverre spelen inundatieperiode en -duur een rol?
- Kan jong kleibos worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water? En biedt dit ook kansen voor de natuur?
- Wat is nodig om in landbouwgebied een waterberging-natuurproject te realiseren? In hoeverre is er sprake van ontwikkeling van ongewenste soorten of wildschade?

In het volgende hoofdstuk worden de opzet en resultaten van de pilots gepresenteerd, waarbij nader wordt ingegaan op de onderzoeksvragen.

4 De pilots

4.1 Algemeen

Eén van de hoofddoelen van het pilotprogramma (paragraaf 1.3) is het opdoen en verspreiden van ervaringskennis rondom waterberging en natuur. Hiertoe is een aantal verschillende pilotgebieden gevolgd. Voorafgaand aan de selectie is een landelijke inventarisatie uitgevoerd naar waterberging-natuurprojecten. Dit heeft plaatsgevonden in 2002 en heeft meer dan 100 projecten opgeleverd. Uit deze projecten zijn vijf pilotgebieden geselecteerd (zie figuur 4.1). Bij de selectie is gelet op voldoende verscheidenheid in geografische verspreiding, gebiedstypen en problematiek en kans op inundatie¹⁰.



Figuur 4.1 Overzichtskartaal van de geïnventariseerde waterberging-natuurprojecten (kleine blauwe punten) en de pilotgebieden (grote blauwe punten).

De geselecteerde pilots waren gerealiseerde projecten verspreid over Nederland. Twee pilots waren experimenteel van aard; hier zijn kunstmatige inundaties toegepast. De drie overige pilots waren afhankelijk van (het al dan niet optreden van) natuurlijke inundaties. Het gaat om de volgende pilot gebieden:

- **Beerze:** representatief voor (Brabantse) beekdalen;
- **Harderbos:** experiment in een jong kleibos, met aandacht voor de effecten van inundatie-tijdstip en -duur;
- **Hunze:** experiment in een laaglandbeekdal, gericht op effecten van inundatie met geëutrofeerd beekwater en de effectiviteit van zuiveringsmoerassen;
- **Woolde:** de enige pilot waar stedelijk water wordt opgevangen;
- **Woudmeer-Speketer:** één van de eerste gerealiseerde waterberging-natuurprojecten in west-Nederland.

¹⁰ Het was niet mogelijk een pilot op veengrond te vinden en in laag (west) Nederland was slechts één project dat in aanmerking kwam. Uit de inventarisatie bleek dat er destijds relatief weinig projecten waren gerealiseerd in laag Nederland, hetgeen verrassend lijkt aangezien juist hier eerder vrij veel zoekruimte was aangegeven.

De aard van de problematiek, opzet van het onderzoek en de onderzoeksvragen verschillen per pilot. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van de pilots samengevat. Voor een volledige beschrijving van de opzet en de resultaten van het onderzoek per pilot gebied wordt verwezen naar de bij dit hoofdrapport behorende achtergrondrapporten. Getracht is om in dit rapport de resultaten ook in een breder kader te plaatsen door ook te kijken naar andere praktijkexperimenten c.q. onderzoeken gericht op de functiecombinatie waterberging en natuur.

4.2 Waterbergen in beekdalen

4.2.1 Algemeen

In Nederland wordt onderscheid gemaakt in heuvellandbeken en laaglandbeken. In Zuid Limburg komen heuvellandbeken voor die vooral gekenmerkt worden door een snelle stroming (0.3-1 m/s) en smalle dalen wat samenhangt met het sterk geaccidenteerde gebied waarbinnen deze beken voorkomen. Dergelijke gebieden lenen zich minder goed voor waterberging en waterberging is hier ook minder noodzakelijk vanwege de goede afvoer. Laaglandbeken vinden we vooral op de Pleistocene zandgronden. Doordat hier sprake is van minder hellend gebied is de stroomsnelheid lager (minder dan 0.5 m/s). Door de eroderende werking van het stromende water laten de beken uiteindelijk een laagte achter in het landschap. Dergelijke laagten vormen een logische locatie voor waterberging op de hogere zandgronden. In het noorden van Nederland hebben de beekdalen veelal een venige bodem terwijl in het oosten en zuiden van het land de bodem in de beekdalen veelal lemig van aard is.

In het verleden kwamen overstromingen in de beekdalen op de arme zandgronden veelvuldig voor (Massop en Knol, 2005). Voorafgaand aan de komst van kunstmest was het bevoeien van weiden met beekwater een methode om deze gebieden van meer voedingsstoffen te voorzien. Met het water werd ook sediment meegevoerd wat de hooi productie (voedselbron voor het vee) in deze overstromingsgebieden verhoogde. De vele watermolens op de hogere zandgronden hebben ook bijgedragen aan het plaats vinden van overstromingen. De stuwing van het beekwater werd in het pre-industriële tijdperk door de molens gebruikt als energiebron, maar zorgde ook voor een verhoogd overstromingsrisico in de gebieden bovenstrooms van de watermolens. Overstromingen kwamen vooral voor in de winter wanneer er sprake was van overvloedige neerslag, maar ook in de zomer waren overstromingen mogelijk. Met de komst van de kunstmest eind negentiende eeuw verdween de noodzaak om weiden te bevoeien. Daarnaast zorgde het verdwijnen van de watermolens en met name de komst van de grote landinrichtingsprojecten na de tweede wereldoorlog voor een enorme afname in het voorkomen van het aantal overstromingen.

In een intact beekdalsysteem is een duidelijke samenhang te ontdekken tussen het hydrologisch regime, de bodemopbouw en de samenstelling van de vegetatie. Daarbij speelt naast het oppervlaktewater ook het grondwater een belangrijke rol. In de bovenlopen en brongebieden van de beek is het grondwater vaak van lokale herkomst en daardoor relatief voedselarm en slechts licht gebufferd. Het geïnfilterde regenwater komt hier na een korte verblijftijd uit in de bodem en waterloop. Kenmerkend voor deze situaties zijn bijvoorbeeld veldrushooilanden en elzenbroekbossen met bronsoorten als Goudveil en Bittere veldkers. In de middenloop van een beekdalsysteem is vaak sprake van een regionale kwelstroom die meer gebufferd water naar het maaiveld kan brengen. In deze zone kunnen ook overstromingen plaatsvinden. Op plekken waar regelmatig overstroming plaatsvindt komen relatief productieve vegetaties als dotterbloemhooilanden en grote zeggevegetaties voor. In de middenloop kan ook sprake zijn van een vegetatiezonering vanaf de beek tot aan de rand van het beeksysteem. Dichtbij de beek vindt de meeste aanrijking met voedingsstoffen plaats. Met name waar inundaties diep zijn komen grote zeggevegetaties voor. Verder van de beek af is de inundatiediepte minder groot waardoor hier dotterbloemhooilanden en kleine zeggevegetaties kunnen voorkomen. Op plekken waar weinig of geen overstromingen plaatsvinden en waar kwel met basenrijk water optreedt komen tenslotte

soortenrijke blauwgraslanden voor, rijk aan allerlei zeggene- en orchideeënsoorten. In de benedenlopen van beekdalen is vaak sprake van een verbreding van het dal en kunnen overstromingen vaker voorkomen. Door de veelvuldige aanrijking van de bodem met voedingsstoffen door sedimentatie komen hier meer voedselrijke vegetaties voor zoals dotterbloem- en grote vossenstaartgraslanden. Het hydrologisch regime komt hier ook tot uiting in de bodemopbouw waarbij bijvoorbeeld in benedenlopen vaak sprake is van bodems met een kleidek.

Tegenwoordig is de morfologie van de meeste beken sterk aangetast door vergraving en door kunstwerken in verband met 'normalisatie'. Dit ging meestal gepaard met een verlaging van het waterpeil. Ook de bovenstroomse gebieden zijn tegenwoordig sterk ontwaterd, wat in combinatie met een intensievere grondwaterwinning zorgt voor een daling van de stijghoogte. Dit proces heeft in zijn geheel geleid tot verdroging van de vegetatie in beekdalsystemen. Door de sterke verandering van het afvoerregime is ook de dynamiek van het bodemvormende proces in de beek, de uitsortering van fijnkorrelige bodems en grove grindbanken, aanzienlijk veranderd. Tegenwoordig zijn nog versnipperd natuurgebieden aanwezig in beekdalen, maar deze zijn kwetsbaar door versnippering, verdroging en eutrofiëring (zie www.natuurkwaliteit.nl).

Projecten gericht op waterberging en hermeandering bieden kansen in beekdalsystemen voor meer natuurlijke processen, zoals sedimentatie en erosie. Zorgpunt is wel de huidige kwetsbaarheid van bestaande natuurgebieden en de slechte waterkwaliteit van veel beken.

4.2.2 Pilot Beerze

4.2.2.1 Achtergrond

Eén van de geselecteerde pilots ligt langs de Beerze. De Beerze is een laaglandbeek die deel uitmaakt van het stroomgebied van de Dommel (totaallengte circa 50 km). De Beerze ontspringt in het Belgische Kempens Hoog Plateau en heeft een brongebied dat bestaat uit landbouwgebieden waardoor dit bronwater vermestende effecten kan hebben op de gebieden benedenstrooms. In het beekdal van de Beerze zijn in het verleden langdurige inundaties opgetreden, waarbij veel beekleem is afgezet. De pilot Beerze ligt in het traject Logtse Baan-Logtse Velden-Smalbroeken (figuur 4.2). De Logtse Velden en de Smalbroeken, beide beheerd door Vereniging Natuurmonumenten, liggen binnen de begrenzing van het VHR gebied "Kampina en Oisterwijkse bossen en vennen" waarmee deze gebieden een Europese beschermingsstatus hebben via Natura 2000.

De deelgebieden kunnen als volgt omschreven worden:

Het gebied de Logtse Baan ligt tussen Viermannekesbrug en de Logtse Baan en is in de winter van 1999/2000 ingericht als een retentiebekken van circa 55 ha dat voor een groot deel van het jaar gedeeltelijk onder water staat. Het gebied was voor de inrichting in gebruik als landbouwgebied. Het bovenste deel van de bodem, de bouwvoor, is afgegraven (30-35 cm in westelijk deel en 15 cm in oostelijk deel). Het gebied is bedijkt en men heeft de Beerze laten hermeanderen. Bij hoge afvoeren van de Beerze inundeert het gebied nagenoeg volledig. Dit gebied wordt gekenmerkt als natuurontwikkelingsgebied (natuurdoeltype structuurrijk grasland).

De Logtse Velden zijn gelegen tussen de Logtse Baan en Brinksdijk. De Logtse Velden vormen een natuurgebied van circa 80 ha, dat als tweede overstromingsgebied fungeert (sinds 1989/1990). Het gebied is specifiek ingericht als retentiebekken. De voorheen schrale vegetaties zijn in de laatste decennia verruigd. Beoogde natuurdoeltypen zijn structuurrijk grasland en broekbos.

Smalbroeken is een natuurgebied gelegen vanaf Brinksdijk tot de vistrap op ongeveer een km voor de brug bij Lennisheuvel. In dit natuurgebied (aan de oostkant) komen nog enkele hectaren blauwgraslanden voor. Om de voedselarme vegetaties te beschermen tegen het eutrofe beekwater zijn begin jaren '90 kades opgeworpen en wordt in tijden van piekbelasting de stuw bij de Brinksdijk (dus bovenstrooms) omhoog gezet. Inundatie met beekwater van Smalbroeken wordt voorkomen door inzet van de Logtse Baan en de Logtse Velden voor waterberging, en door een omleiding van het water via de Heiloo.



De Beerze



Logtse Baan



Logtse Velden



Smalbroeken

4.2.2.2 Doelstelling pilot

Zowel de waterbeheerder als de terreinbeheerder ondervinden knelpunten in de huidige situatie. De waterbeheerder (Waterschap De Dommel) moet in tijden van piekafvoeren water kunnen bergen, maar vindt geen mogelijkheden hiertoe vanwege schaarse ruimte en bezwaren van andere beheerders/eigenaren ten aanzien van de slechte waterkwaliteit. De terreinbeheerder (Vereniging Natuurmonumenten) ervaart dat het eutrofe beekwater leidt tot verruiging, maar wil aan de andere kant streven naar een natuurlijker systeem waar ook overstromingen bij horen. Bij zowel water- als terreinbeheerders leven er vragen rond (de effecten van) waterberging. Het waterschap wil weten hoe het retentiegebied Logtse Baan functioneert en of een dergelijke overstromingsvlakte invloed heeft op de waterkwaliteit. De terreinbeheerder wil vooral weten wat de invloed is van waterberging in het benedenstrooms gelegen natuurgebied de Logtse Velden.

Specifieke onderzoeksvragen zijn:

- Hoe verloopt waterberging in het retentiegebied en in het benedenstrooms gelegen natuurgebied?
- Hoe is de waterkwaliteit van de beek, en hoe verandert deze bij hoogwater?
- Verbetert de waterkwaliteit na passering van het retentiegebied?
- Hoeveel sediment blijft achter na hoogwater, en van welke kwaliteit is dit?
- Wat zijn effecten van waterberging op vegetatie?

4.2.2.3 Werkwijze

Vanaf eind 2003 tot medio 2007 is in het gebied gemeten aan waterberging en de effecten op natuur door RWS RIZA (nu Waterdienst), Alterra WUR, Waterschap De Dommel, Universiteit Wageningen WUR en UU/TNO.

Figuur 4.2 geeft een overzicht van de locaties waar metingen zijn verricht aan hydrologie, bodem, sediment en vegetatie. (Aan bodem en sediment zijn naast de puntlocaties LB-2 en LB-3 in de Logtse Baan ook transectmetingen gedaan (winter 2003/2004).) In het achtergrondrapport van de pilot Beerze (Pilotprogramma Waterberging-Natuur 2008a) is de werkwijze van het onderzoek in detail besproken.



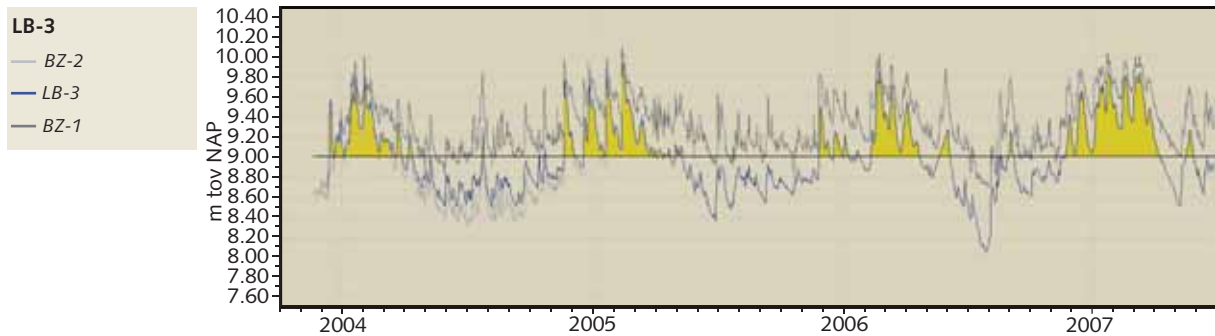
Figuur 4.2 Locaties van metingen aan hydrologie, sediment, bodem en vegetatie.

4.2.2.4 Resultaten

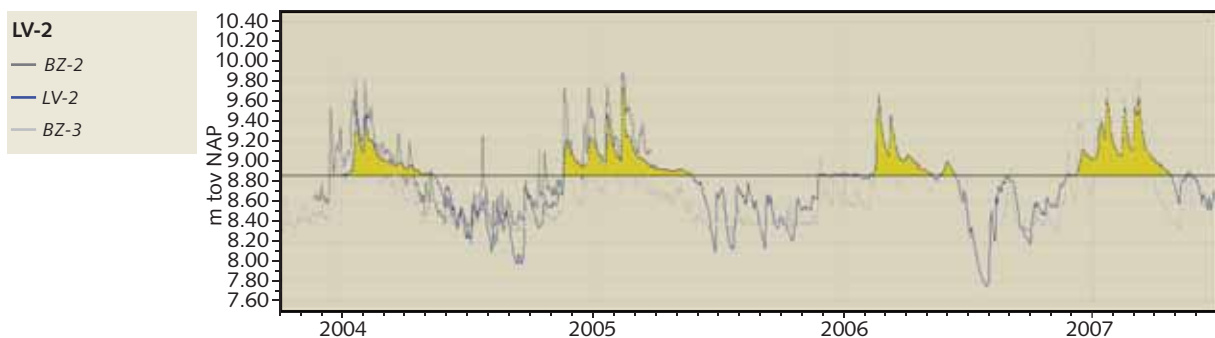
In het achtergronddocument over de pilot Beerze wordt uitgebreid gerapporteerd over de resultaten van het onderzoek. Hieronder volgt een doorsnede van de resultaten.

Oppervlaktewater- en grondwaterstanden

Het peilverloop wordt gestuurd door de waterafvoer van het stroomgebied. De snelheid en het moment van afvoer is afhankelijk van neerslag in combinatie met berging in de grond.



Figuur 4.3 Verloop grondwaterstand en open waterpeil in m t.o.v. NAP, maaiveldhoogte en inundatiemomenten (in geel) van LB-3.



Figuur 4.4 Verloop grondwaterstand en open waterpeil in m t.o.v. NAP, maaiveldhoogte en inundatiemomenten (in geel) van LV-2.

In de onderzoekperiode is elke winter één of enkele keren 'hoogwater' opgetreden. Over het algemeen staat het water bij de locaties in zowel de Logtse Baan als de Logtse Velden in de winterperiode lange tijd boven het maaiveld, wat voortduurt tot laat in het voorjaar (figuren 4.3 en 4.4). Het peilverloop van het grondwater en inundatiewater in de Logtse Baan en Logtse Velden is globaal vergelijkbaar. Verschillend is dat de waterstanden in de Logtse Baan sterker fluctueren (hogere en kortere pieken) dan in de Logtse Velden. Hoewel de dynamiek van de Beerze in de Logtse Velden groter is dan in de Logtse Baan, is de dynamiek van de inundaties/ (grond)waterstanden in de Logtse Velden juist laag: het water blijft lang nadat het Beerzepeil gezakt is, op het maaiveld staan (lagere delen zelfs tot mei/juni). Dit water bestaat vooral uit Beerzewater, en deels uit neerslag.

De grondwaterstand in Smalbroeken vertoont hetzelfde verloop als in de Logtse Baan en Logtse Velden. Ondanks dat hier maatregelen genomen zijn om overstroming te voorkomen, zijn de blauwgraslanden minstens twee maal kort overstroomd in de onderzoekperiode (begin 2004 en deels begin 2007).



Begin van een inundatie van de Logtse Baan



Inundatie van Logtse Velden bij locatie LV-6



Logtse Velden nabij de Logtse Brug

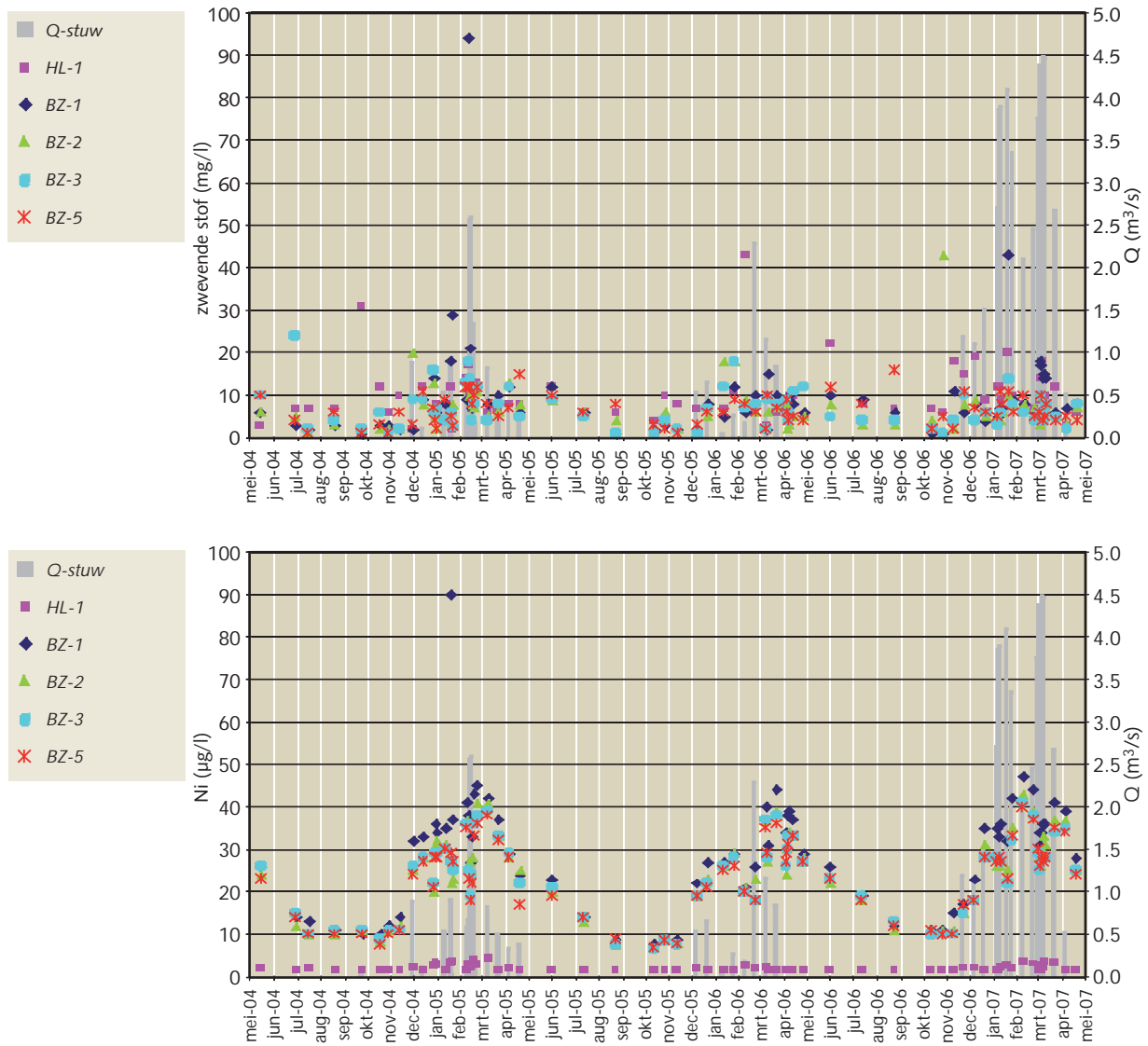


Inundatie van een blauwgrasland in Smalbroeken (SB-2, 23 januari 2007)

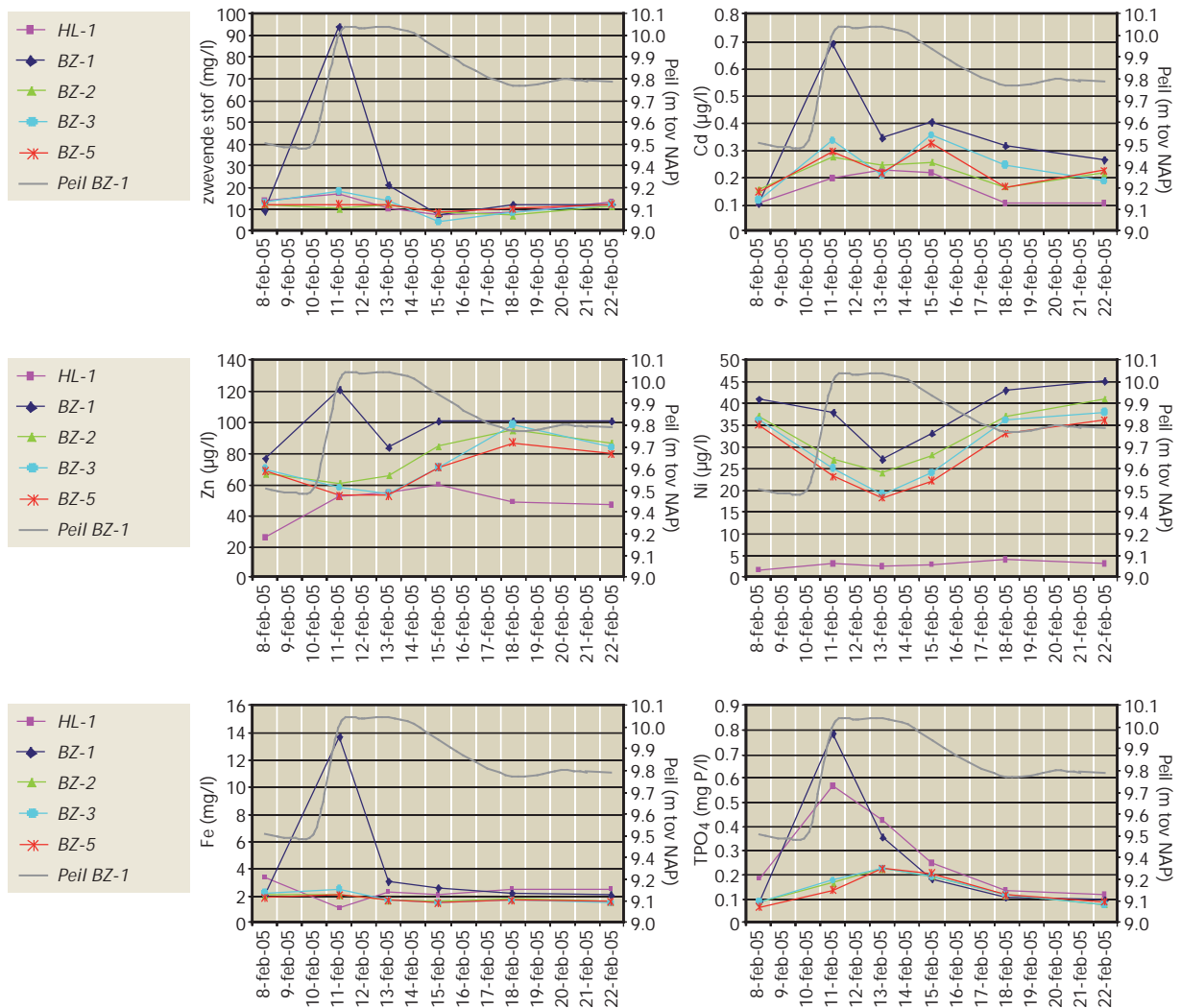
Oppervlaktewaterkwaliteit

De samenstelling van het Beerzewater varieert in de loop van de tijd. Over het geheel genomen lijkt de waterkwaliteit vooral variabel wanneer de waterafvoer hoog is, namelijk in de winter en het voorjaar. Daarbij is de concentratie van de meeste stoffen hoger bij een hogere waterafvoer (figuur 4.5). Over de zomerperiode verschillen de meetwaarden weinig en concentraties zijn over het algemeen laag.

In februari 2005 trad hoogwater op. Metingen in deze periode geven een duidelijk beeld van veranderingen in de waterkwaliteit tijdens de start en het verloop van een overstroming in de Logtse Baan en Logtse Velden (figuur 4.6). Opvallend was onder meer dat de hoogste concentratie(stijgingen) in de Beerze werden gemeten bij het inlaatpunt in het retentiegebied de Logtse Baan (BZ-1). Alleen hier stijgt het zwevend stofgehalte sterk bij aanvang van de hoogwaterpiek. Deze piek valt samen met hoge waarden aan stoffen die aan het zwevend stof gebonden zijn zoals koper, zink, ijzer en gebonden fosfaat. Er worden echter ook juist lagere concentraties gemeten tijdens hoogwater, zoals nikkel (in tegenstelling tot de andere metalen).



Figuur 4.5 Concentratie van zwevend stof (mg/L) en nikkel (µg/L) in het beekwater. Q = waterafvoer bovenstreams Brinksdijk. In de Beerze ligt de nikkelconcentratie vrijwel de gehele onderzoeksperiode boven de MTR norm (6.3 µg/L).



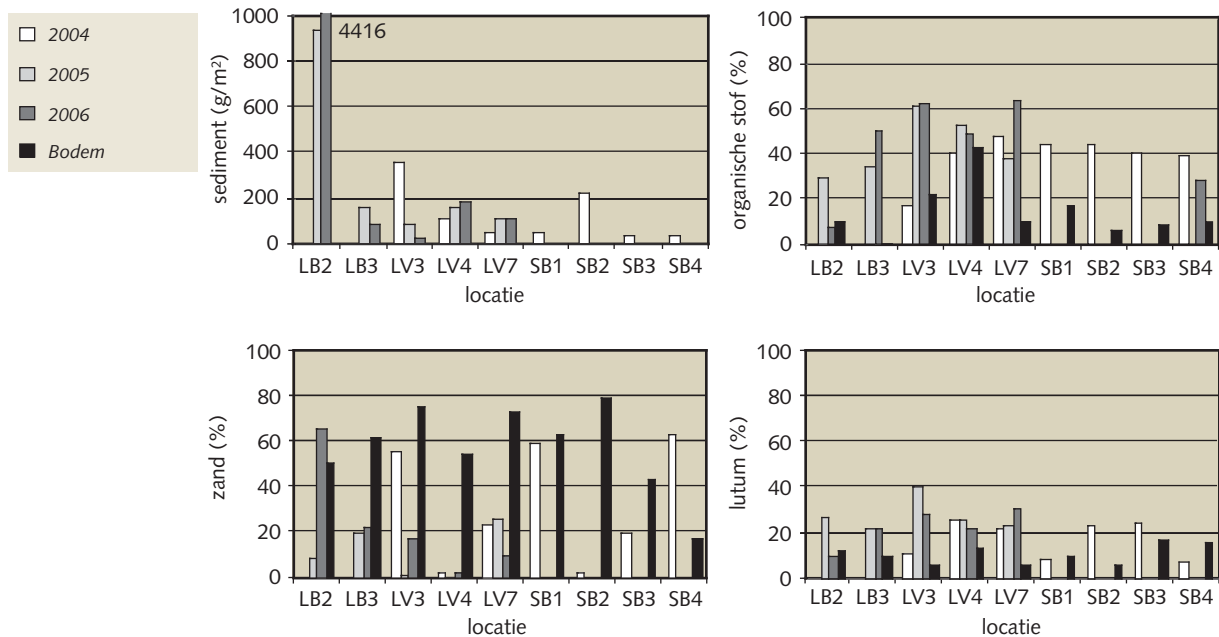
Figuur 4.6 Concentratieverloop van zwevend stof, cadmium, zink, nikkel, ijzer en totaal fosfaat gedurende hoogwater, februari 2005.

Bodem en sediment

Uit de analyse van de bodem is het effect van afgraven in de Logtse Baan zichtbaar. Op de locatie waar 30 cm is afgegraven (bijvoorbeeld LB-3) bevat de bodem nauwelijks organische stof (1%), in tegenstelling tot bodems waar slechts 15 cm is afgegraven (10%). Zoals verwacht bevatten de (niet afgegraven) bodems in de beemden van de Logtse Velden de hoogste gehalten aan organische stof (> 20%).

De hoeveelheden voedingsstoffen (stikstof, fosfor, kalium) in de bodem zijn zeer hoog in de Logtse Velden, wat samenhangt met de grote hoeveelheden organische stof die hier zijn aangetroffen. In de blauwgraslanden van Smalbroeken (SB-2 en SB-3) zijn lage nutriëntgehalten gemeten. Met name de totale hoeveelheden fosfor zijn laag, vergelijkbaar met de hoeveelheid in het diepst afgegraven deel van de Logtse Baan (LB-3).

Sedimentatie vond in de meetperiode voornamelijk plaats in de Logtse Baan en (in mindere mate) in de Logtse Velden (figuur 4.7). In de Smalbroeken is alleen in 2004 sediment aangetroffen op enkele locaties. Dit laatste kwam door technische problemen met de stuw bij Brinksdijk die normaliter het water omleidt naar de Heilooop bij hoogwater.

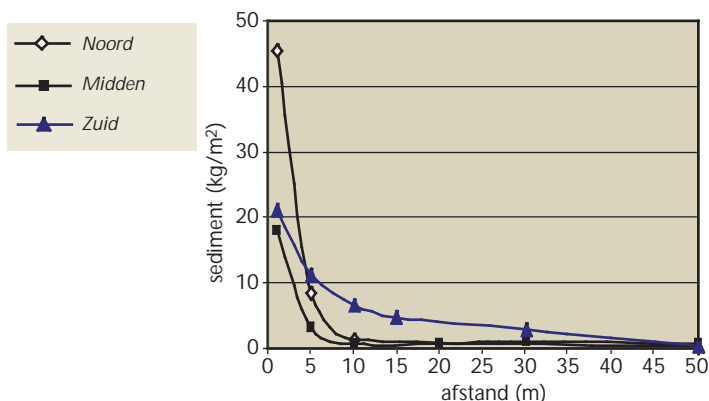


Figuur 4.7 De totale hoeveelheid sediment en het percentage zand, organische stof, lutum van het sediment in 2004, 2005 en 2006 (winterperiode) en in de 0-15 cm bodemlaag.

In zowel Logtse Baan als Logtse Velden sedimenteert - niet onverwacht - het meeste sediment dichtbij de beek en op de laagst gelegen locaties (dit blijkt ook uit de transectmetingen, zie figuur 4.8).

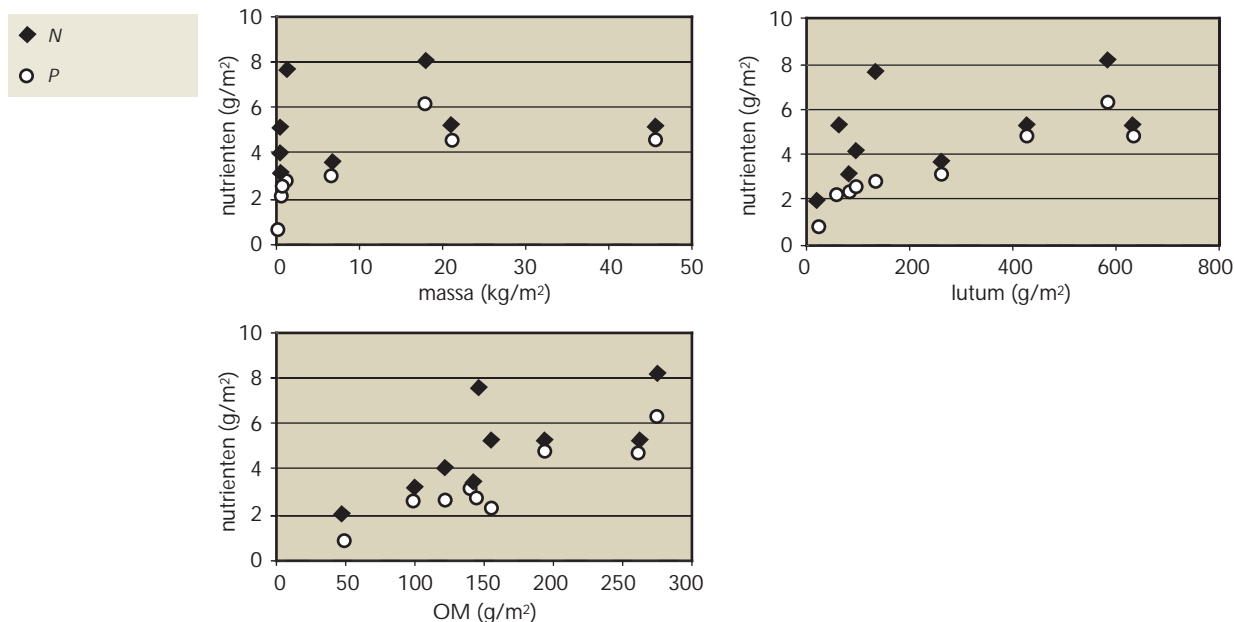
De hoeveelheid en samenstelling van het sediment wisselt jaarlijks sterk (figuur 4.7). Met name het aandeel zand en organische stof is zeer variabel. Hoewel het organisch stofgehalte per locatie verschilt, worden de hoogste gehalten in de Logtse Velden aangetroffen. Dit is zorgelijk omdat aan de organische stof de nutriënten gebonden zijn en zo aangevoerd worden. Anderzijds is de absolute hoeveelheid organische stof in de Logtse Velden lager dan in de Logtse Baan omdat daar veel meer sedimenteert.

In de Logtse Baan wordt vooral de eerste paar meter naast de beek veel zand afgezet (90% van het sediment is zand). Met grotere afstand van de beek loopt dit percentage snel terug, terwijl het aandeel organische stof toeneemt (relatief, niet absoluut). Het percentage zand in de bodem is vaak vele malen hoger dan in het sediment, terwijl het organisch stofgehalte in het sediment hoger is dan in de bodem (figuur 4.7).



Figuur 4.8 Transectmetingen: totale hoeveelheid sediment in 2004 in de Logtse Baan in relatie tot de afstand tot de beek.

Naarmate de afstand van de beek groter wordt neemt de hoeveelheid fosfor (P), en in mindere mate ook stikstof (N), af. Sedimentatie van nutriënten hangt samen met sedimentatie van organische stof (P en N) en lutum (P) (zie figuur 4.9). Dergelijke correlaties zijn ook in andere studies gevonden (Steiger en Gurnell, 2002; Sival *et al.*, 2005). In de Logtse Baan is dichtbij de beek de grootste hoeveelheid aan fosfor gemeten: ca. 60 kg P/ha.



Figuur 4.9 Stikstof (N) en fosfor (P) in het sediment ten opzichte van de hoeveelheid sediment, de hoeveelheid lutum en het organische stof in g/m².

In het sediment worden de normen volgens het Besluit Bodemkwaliteit (achtergrondwaarden) en het MTR (voor bodem) voor cadmium, koper, zink en nikkel op bijna alle locaties overschreden. Metaalgehalten in het sediment zijn over het algemeen veel hoger dan in de bodem: er vindt dus aanrijking plaats. Uit de sediment analyse van de transect metingen blijkt dat het gehalte aan zware metalen in het sediment in alle gevallen duidelijk (relatief!) toeneemt op grotere afstand van de beek. Net als met nutriënten is er een sterke correlatie met organische stof en lutum.

Vegetatie

Overstroming met sediment heeft gevolgen voor de vegetatie. De vegetatie reageert op een toename van nutriënten met een verhoogde droge stof productie en verhoogde opname van stikstof, fosfor en kalium. De droge stof productie van graslanden kan als maat gebruikt worden voor de voedselrijkdom van de standplaats. De productiviteit was laag in de blauwgraslanden en in het diep afgegraven deel van de Logtse Baan (<400 g/m²). De productiviteit was veel hoger in het ondiep afgegraven deel.

Alle graslanden lijken stikstof- of kalium gelimiteerd te zijn, met uitzondering van de blauwgraslanden (SB-2 en SB-3), die waarschijnlijk fosfor gelimiteerd zijn. Hierdoor zijn met name de blauwgraslanden gevoelig voor extra fosfor input vanuit de Beerze.

De soortensamenstelling is een goede indicator om effecten van overstroming met sedimentatie te bepalen. De soortensamenstelling is echter ook een resultante van andere factoren, waarvan de voorgeschiedenis en het gevoerde beheer (zoals begrazing en maaien en afvoeren) de belangrijkste zijn. Uit de vegetatiekundige analyse van de 28 permanente proefvlakken blijkt dat er een duidelijk verschil in soortensamenstelling is tussen de begraasde terreinen en de hooilanden. Verder is opvallend dat elk gebied zijn eigen specifieke soortensamenstelling heeft,

met in de meeste gevallen ook een aantal - althans binnen de proefvlakken - unieke soorten, en dat de hoogte van de vegetatie over de meetperiode is toegenomen.

In het retentiegebied de Logtse Baan gaan de ontwikkelingen snel in het ondiep gegraven deel. Hier verdwijnen pioniersoorten als Greppelrus (*Juncus bufonius*) en ook veel andere laagblijvende grasland- en moerassoorten gaan sterk achteruit of verdwijnen. Het aandeel soorten van ruig rietland en andere soorten grote zeggen (met name Blaaszegge) is sterk toegenomen. Ook Schietwilg is duidelijk toegenomen en het lijkt twijfelachtig of het vee er in zal slagen de ontwikkeling richting wilgenstruweel en -bos tegen te gaan. In het dieper afgegraven deel is een positieve ontwikkeling zichtbaar: het soortenaantal stijgt en de botanische kwaliteit van dit terrein is duidelijk hoger. Hier verdwijnen weliswaar ook zeldzame pioniers, maar dit wordt gecompenseerd door de vestiging van twee bijzondere soorten: Waterlepelkje (*Ludwigia palustris*) en Rijstgras (*Leersia oryzoides*).



Waterlepelkje (*Ludwigia palustris*) in de Logtse Baan

De hooilanden in de Logtse Velden bestaan grotendeels uit Grote zegge-vegetatie. De ecologische kwaliteit van de terreinen is gedurende de onderzoeksperiode toegenomen. Toch is er reden tot zorg. De gemiddelde hoogte van de vegetatie is gestaag toegenomen en de bedekking van Hennegrass lijkt ook toe te nemen. Deze negatieve ontwikkelingen kunnen waarschijnlijk deels verklaard worden door achterstallig beheer. Het aanwezige pakket dood plantenmateriaal suggereert dat deze terreinen niet consequent jaarlijks gemaaid worden. Eutrofiëring door slibafzetting speelt echter waarschijnlijk ook een rol. Elders in de Logtse Velden (LV-7) is de vegetatie aanzienlijk ruiger. De vegetatie wordt afwisselend gedomineerd door Fioringras, Liesgras en Hennegrass. In de hele soortensamenstelling lijkt een verandering waarneembaar van ruig grasland naar een vegetatie behorend tot de Riet-klasse.

Ook hier geldt echter dat de ontwikkelingen van het laatste jaar reden tot zorg geven, vermoedelijk als gevolg van achterstallig beheer.

De blauwgraslanden van Smalbroeken bestaan uit een mozaïek van soortenrijke rompgemeenschappen van het Junco-Molinion en de associatie Cirsio-Molinietum. De biomassa lijkt toe te nemen en de ontwikkeling van de soortensamenstelling duidt op een zekere verrijking.

Van verarming en verzuring lijkt hoe dan ook geen sprake te zijn. Hoewel het aandeel van de kenmerkende Blauwgrasland-soorten enigszins fluctueert, zijn de botanische waarden in de periode 2004-2007 niet achteruitgegaan.

4.2.2.5 Discussie en conclusies

De resultaten (en de hieruit te trekken conclusies) worden aan de hand van de oorspronkelijke onderzoeksvragen doorgenomen.

Hoe verloopt waterberging in het retentiegebied en in het benedenstrooms gelegen natuurgebied?

Het retentiegebied Logtse Baan is aangelegd om water te kunnen bergen in tijden van wateroverschot. Duidelijk is dat de Logtse Baan technisch gezien goed functioneert als retentiegebied. In het voormalige landbouwgebied kan ongeveer 80 cm op maaiveld worden geborgen. Het gebied reageert snel wanneer het beekpeil stijgt. Met name in de winterperiode, wanneer grondwaterstanden hoog zijn en weinig berging in de bodem mogelijk is, stroomt het gebied snel vol met Beerzewater. In elke winter binnen de onderzoeksperiode hebben zich inundaties voorgedaan. Voor de aanleg is een inundatieduur van ongeveer 100 dagen per jaar ingeschat. In de praktijk blijkt echter dat meer dan de helft van het gebied veel langer onder water staat.

Onverwacht was dat (beperkte) zomer-inundaties regelmatig optreden. Inundaties in de zomer treden minder snel op doordat de grondwaterstanden dan vaak dieper zijn en er meer berging van water in de onverzadigde zone mogelijk is. Toch bleken de zomerbuien zodanig extreem en langdurig dat zich in 2004 en 2006 korte inundaties manifesteerden. Overstroming in de zomerperiode wordt als minder gunstig gezien aangezien dit de biologisch actieve periode is waardoor (eventuele negatieve) effecten van overstroming naar verwachting sterker zullen zijn (zie o.a. Runhaar *et al.* 2004). Anderzijds passen bij de gekozen beheersvorm geen hoge botanische ambities (natuur heeft dan ook een nevenfunctie in de Logtse Baan). De inundaties hebben wel bijgedragen aan nattere standplaatscondities voor de vegetatie. De hele onderzoeksperiode was gemiddeld over alle locaties in de Logtse Baan en in de Logtse Velden het grondwaterniveau bijna 200 dagen hoger dan 20 cm onder maaiveld (wortelzone). Locaties waar het inundatiewater lang bleef staan bleken ook langer hogere grondwaterstanden te hebben en zijn daarmee beter gebufferd tegen droogte tijdens langdurige warme perioden in de zomer.

Ten aanzien van de inrichting en wijze van waterberging in de Logtse Baan en met name het stroomafwaarts gelegen natuurgebied Logtse Velden zijn wel zorgpunten te melden. De inundatieduur in beide gebieden is erg lang. In de Logtse Velden is dit onwenselijk, zeker als de lange duur gepaard gaat met een gestage eutrofiëring. De lange inundatieduur in de Logtse Baan hangt onder meer samen met het stuwven van het water door de debietreductie bij de Brinksdijk. In de Logtse Velden hangt de lange inundatieduur tevens samen met de weerstand tegen het wegstromen. Uitgangspunt voor de Logtse Velden is geweest dat, door de aanwezigheid van kaden langs de Beerze, de inundaties beperkt zouden zijn. Dat is echter niet het geval. De hoogten van de kaden variëren tussen 9,20 m en 9,80 m +NAP, maar de inundaties manifesteren zich al bij lagere beekpeilen: vanaf het moment dat het Beerzepeil boven het maaiveld (van de beemden) uitkomt. De kaden blijken niet voldoende waterkerend. Er zijn vele kortsluitingen die een beperkte weerstand hebben zodat er ook in de Logtse Velden al snel inundaties plaatsvinden. Nadat het Beerzepeil gezakt is kan het overstromingswater niet rechtstreeks terugstromen naar de Beerze. Dit verlengt de inundatieduur zodanig dat deze in de Logtse Velden langer is dan in de Logtse Baan¹¹. Het uitgangspunt voor de inundatieduur was juist het omgekeerde. Deze verlenging voltrekt zich in het groeiseizoen.

11 In de Logtse Baan (ter hoogte van LB-2 en LB-3) is de gemiddelde inundatieduur 143 dagen en in de beemden van de Logtse Velden 173 dagen (bij de meetlocaties m.u.v. LV-1).

Daarnaast zijn de inundaties tamelijk diep. Hoewel de gemiddelde waarden voor inundatiediepte in de Logtse Baan en Logtse Velden enkele decimeters was, is uit de metingen op te maken dat de inundatiediepte regelmatig is opgelopen tot 80 cm. Dit is ongunstig voor kleine of immobiele fauna en voor sommige (laagblijvende) planten. Hiervoor is het wenselijker dat de inundatie zich beperkt tot een maximale inundatiediepte van 20 cm (bijvoorbeeld door het gebied wat ruimer te dimensioneren of minder te stuwen). Anderzijds kan een grote inundatiediepte gunstig zijn voor de ontwikkeling van Grote zeggenvegetatie. Het hangt er dus van af welk doel men voor ogen heeft.

Het beheer is gericht op het tegengaan van inundaties in Smalbroeken (de oostkant van de Beerze¹²; hier zijn de blauwgraslanden gelegen). De verwachting was dat Smalbroeken 1 maal per 5 à 10 jaar zou inunderen. Ook in Smalbroeken zijn kaden aanwezig langs de Beerze die moeten voorkomen dat inundatie gemakkelijk optreedt. Tevens is het stuwbeheer hierop afgestemd¹³. Desondanks zijn gedeelten of zelfs gehele beemden enkele keren geïnundeerd (één keer zijn deze te herleiden naar technische problemen met de stuw). Uit het slib- en waterkwaliteitsonderzoek bleek dat het inundatiewater op de blauwgraslanden dan soms ook deels uit beekwater bestaat (2004, 2006). Net zoals in de Logtse Velden gaat ook in Smalbroeken het peil in de beemden nagenoeg gelijk op met het peil van de Beerze doordat de kaden onvoldoende functioneren als waterkering. Het lijkt er overigens op dat de (over)stromingspatronen in beide deelgebieden wisselend zijn. Indien het beheer erop gericht blijft om overstromingen vanuit de Beerze in de Smalbroeken (oostkant) tegen te gaan, dan is het zinvol de afvoer over de stuw in de Brinksdijk verder te beperken, bijvoorbeeld tot een maximum peil van 8,80 m +NAP.

Hoe is de waterkwaliteit van de beek, en hoe verandert deze bij hoogwater?

De waterkwaliteitsnormen (MTR: Maximaal Toelaatbaar Risico) van een aantal stoffen worden regelmatig overschreden: van nikkel vrijwel altijd, en van koper, zink en sulfaat bij hogere waterafvoeren. Dergelijke resultaten zijn consistent met bevindingen uit het STROMON project (Rozemeijer *et al.*, 2005).

Er zijn te weinig metingen aan het grondwater verricht om hieruit conclusies over de invloed van waterberging op grondwaterkwaliteit te kunnen trekken. Wel is gesignaleerd dat de norm (MTR) voor fosfaat (totaal), nikkel, cadmium en zink op vrijwel alle meetpunten is overschreden.

Uit de waterkwaliteitsanalyses in de beek bleek dat meetwaarden van stoffen over de zomerperiode weinig verschillen. In perioden van hoge afvoeren (met name in de winter en het voorjaar) nemen daarentegen de concentraties van de meeste stoffen toe. Dan stijgen het zwevend stofgehalte en het gehalte aan hieraan gebonden stoffen, zoals een aantal metalen en gebonden fosfaat. Dit kan waarschijnlijk voor een belangrijk deel verklaard worden door afspoeling en hogere stroomsnelheden in de beek. Ook komt dan een groter aandeel ondiep, en relatief (ten opzichte van het diepere grondwater) vervuild grondwater in de beek terecht. Stoffen die vooral vanuit het grondwater worden aangevoerd, zijn nikkel, sulfaat en chloride. Er zijn ook ruimtelijke verschillen gesignaleerd. Voor veel stoffen blijken bij hoge en - in mindere mate - lage afvoeren concentraties bij de instroom van het retentiegebied iets hoger te zijn dan bij uitstroom.

Gemiddeld genomen nemen stofconcentraties dus toe als de waterafvoer hoger is. Maar wat gebeurt er als er in deze periode een plotselinge peilstijging plaatsvindt? Bemonsteringen ten tijde van hoogwater (februari 2005) wijzen uit dat er dan iets verandert.

¹² Aan de westkant ligt juist overstromingsgrasland.

¹³ Bij een benedenstroomspeil bij de stuw in de Brinksdijk van 9,05 m +NAP wordt het water omgeleid. Alleen bij extreme afvoeren wordt water doorgelaten en zullen er inundaties plaats kunnen vinden. Dit heeft zich in de onderzoeksperiode niet voorgedaan.

Sommige stofconcentraties stijgen sterk, terwijl andere juist tijdelijk afnemen. Ook zijn de ruimtelijke verschillen groter dan anders. Alleen bij het instroompunt van het retentiegebied Logtse Baan (BZ-1) vindt een zeer sterke stijging van het zwevend stofgehalte en hieraan gebonden stoffen (zoals koper, zink, ijzer en gebonden fosfaat) plaats. Als de Beerze de Logtse Baan verlaat zijn concentraties weer gedaald. Doordat de stroomsnelheid van meegevoerd water in de Logtse Baan afneemt kan meegevoerd zand en slib bezinken. Stoffen gebonden aan dit zwevend stof bezinken daarmee ook in de Logtse Baan. Van stoffen die vooral uit het grondwater (nikkel, sulfaat, chloride) komen is juist een tijdelijke afname in concentratie te zien (dit terwijl gemiddeld gezien ook deze stofgehalten stijgen bij hogere afvoer, zie boven), vermoedelijk als gevolg van verdunning.

Verbeterd de waterkwaliteit na passering van het retentiegebied?

Het retentiegebied Logtse Baan fungeert als "sink" voor zand, silt, lutum en organische stof en hieraan gebonden stoffen. Met het achterblijven van stoffen in retentiegebied de Logtse Baan verbetert de waterkwaliteit van de Beerze stroomafwaarts. Uit het onderzoek is niet gebleken dat deze verbetering wordt gevolgd door een verslechtering. De stoffen blijven daadwerkelijk achter in het gebied. Met het huidige onderzoek is verdere kwantificering van het rendement van retentie in de Logtse Baan echter niet goed mogelijk (hiervoor dienen de debieten bij in- en uitstroompunt bekend te zijn).

In de zomerperiode lijkt het er op dat de Logtse Baan door (water)plantengroei in en langs de beek voor een waterkwaliteitsverbetering zorgt. De opneembare nutriënten nemen in deze perioden iets af. Het gaat absoluut gezien echter om kleine verschillen.

Keerzijde van de waterkwaliteitsverbetering stroomafwaarts van het retentiegebied is dat sediment en aangehechte stoffen ter plekke achterblijven.

Hoeveel sediment blijft achter na hoogwater, en van welke kwaliteit is dit?

In het retentiegebied Logtse Baan blijft de grootste hoeveelheid sediment achter. Eenmalig (2004) was dit (op één locatie nabij de beek) zelfs 45 kg/m². In andere jaren worden dichtbij de beek hoeveelheden van ca. 4.7 kg/m² aangetroffen. Er kunnen meerdere verklaringen zijn voor de variatie tussen de jaren: grote ruimtelijke variatie in het sedimentatiepatroon nabij de beek, verschil in aantal en intensiteit van de overstromingen tussen de seizoenen, activiteiten bovenstrooms en/of stabiliteit van de beekbodem in het gebied zelf (in het seizoen 2003-2004 was de morfologie van de beek nog volop in beweging). Ondanks de variabiliteit is duidelijk dat er consequent meer sedimenteert in de Logtse Baan dan in de andere deelgebieden. Dit gebied functioneert in feite als zand- en slibvang.

Stroomafwaarts, in het natuurgebied de Logtse Velden, sedimenteert er zoals gezegd minder. Anderzijds bezinkt hier relatief meer organische stof. Hier hechten relatief meer nutriënten en metalen aan. In Smalbroeken is eenmalig sediment aangetroffen in één van de blauwgraslanden, als gevolg van een technische storing aan de stuw Brinksdijk.

Zowel in de Logtse Baan als de Logtse Velden sedimenteert het meeste materiaal dicht bij de beek en op de laagst gelegen locaties. Relatief gezien neemt het organisch stofgehalte en hieraan gebonden stoffen (nutriënten, metalen) toe met de afstand tot de beek. Echter, doordat de totale gesedimenteerde massa dan afneemt is de totale sedimentatie van deze gebonden stoffen nog steeds het hoogst dichtbij de beek.

Hoe verhoudt de samenstelling van het sediment zich ten opzichte van de bodem? In overstromingsvlakten die regelmatig overstromen en in evenwicht zijn, is de textuursamenstelling van het sediment veelal gelijk aan de textuursamenstelling van de bodem. Dat is duidelijk niet het geval in het onderzoeksgebied de Logtse Baan. Het organisch stofgehalte in het sediment is veel hoger dan in de bodem. Dit betekent dat met de aanvoer van het sediment de bodem voedselrijker wordt.

Ook concentraties koper en zink in het sediment zijn veel hoger dan die in de bodem. De bodem zal zich dus langzaam 'opladen' met deze metalen. Het is niet bekend hoe snel dit proces zal verlopen of in hoeverre dit toxische effecten zal hebben. Wel kan vastgesteld worden dat de normen (Besluit Bodemkwaliteit en MTR) voor zink, koper, nikkel en cadmium op bijna alle meetlocaties en meetjaren overschreden worden.

Niet alleen de hoeveelheid metalen in bodem en sediment is relevant, ook de hoeveelheid die in de vegetatie (gras) terecht komt. Een deel van het gebied wordt begraasd en het vlees wordt voor consumptie gebruikt. Schattingen wijzen uit dat de metaaltoxiciteit in de huidige situatie waarschijnlijk niet van grote betekenis is. Mogelijk kan dit in de toekomst veranderen wanneer de bodem verzuurt en de sedimentaanvoer hoog blijft.

Wat zijn effecten van waterberging op vegetatie?

In de huidige - niet experimentele - opzet is het strikt genomen niet mogelijk om de effecten van waterberging op vegetatie precies te bepalen. Wel is vastgesteld hoe de vegetatie zich ontwikkelt onder de huidige omstandigheden, waarbij waterberging en beheer beide een sleutelrol spelen. Effecten van waterberging zijn een combinatie van effecten van inundatieduur, -diepte, -tijdstip, -frequentie en waterkwaliteit (incl. sediment).

Ten opzichte van de oorspronkelijk agrarische functie zijn de natuurwaarden vooruit gegaan met de aanleg van het natuurontwikkelingsproject de Logtse Baan. In een relatief korte periode nam de biodiversiteit fors toe. Deze toename is grotendeels toe te schrijven aan een uitgangssituatie met lage natuurwaarden en aan het creëren van kaal substraat waardoor pioniersoorten (tijdelijk) worden bevoordeeld. De vegetatie is tamelijk voedselrijk en bevat veel algemene moerassoorten als Pitrus (*Juncus effusus*). De soms aanzienlijke toename in hoogte duidt op een gestage toename van de biomassaproductie. In de Logtse Baan lijkt sprake te zijn van successie van lage moerasvegetatie naar wilgenbos en -struweel, met name op de ondiep afgegraven meetlocatie, waar veel sedimenteert en de inundatieduur lang is. Hier neemt de productiviteit duidelijk toe en vindt zelfs met beheer (afvoer van nutriënten) aanrijking met fosfor en soms stikstof door overstroming plaats. De snelle successie gaat ten koste van zowel pioniersoorten als laagblijvende grasland- en moerassoorten.

Er zijn echter ook rode lijst soorten waargenomen: Waterlepelkje (*Ludwigia palustre*) en Rijstgras (*Leersia oryzoides*), soorten die gedijen onder zeer natte (en dynamische) omstandigheden.

De Logtse velden, sinds 1989 ingericht als overstromingsgebied, zijn sinds de jaarlijkse overstromingen veranderd van laag productieve graslanden naar hoog productieve graslanden en Grote zegge-vegetatie (met name de zeldzame Associatie van Blaaszegge; *Caricetum vesicariae*). Deze zijn deels goed ontwikkeld en deels gedomineerd door Hennegras (*Calamagrostis canescens*). Sinds de start van de pilot in 2004 is het soortenaantal duidelijk toegenomen. Nieuwkomers als Wateraardbei (*Potentilla palustris*) en afname van Hennegras geven aan dat de botanische kwaliteit is toegenomen. Toch is er reden tot zorg. De gemiddelde hoogte van de vegetatie is in de meetperiode 2004-2007 gestaag toegenomen, en de productiviteit is op sommige plekken hoog. Deze negatieve ontwikkelingen kunnen waarschijnlijk niet alleen verklaard worden door aanvoer van nutriënten en vochtige groeiomstandigheden, maar ook door achterstallig beheer. Indien er gemaaid en afgevoerd wordt wijst een schatting uit dat er geen externe eutrofiëring plaats zal vinden.

De blauwgraslanden in Smalbroeken zijn goed ontwikkeld. De ontwikkeling van de soorten-samenstelling duidt wel op een zekere verrijking. Mogelijk is er een relatie met overstroming van beekwater (2004, 2006), maar dit is onzeker. Van verzuring of verarming van botanische waarden lijkt hoe dan ook geen sprake te zijn.

Samenvattend: In de huidige situatie gaat waterberging in het retentiebekken Logtse Baan en het natuurgebied Logtse Velden in grote delen gepaard met lange inundatieduur en -diepte, en de aanvoer van eutroof beekwater. In combinatie met onvoldoende beheer (niet consequent maaien en afvoeren, te extensief begrazen) leidt deze vorm van waterberging tot verruiging en (in zeer extensief begraasde terreinen) zelfs tot snelle bosvorming. In hooilanden is het risico van verruiging het grootst op de plekken die het langst onder water staan. Als beheer echter consequent en voldoende intensief uitgevoerd wordt cq. kan worden, kan waterberging samengaan met ontwikkeling van botanisch hoogwaardige vegetatie (gezien de ontwikkeling in de Logtse Velden). Het is hierbij wel van belang uit te gaan van realistische doelen. Een terugkeer naar de situatie van decennia geleden (blauwgraslanden in de Logtse Velden) lijkt nauwelijks meer haalbaar en is zeker niet te verenigen met het gebruik als bergingsgebied met periodieke inundaties. De kansen voor natuurontwikkeling in de Logtse Velden liggen nu veeleer in de verdere ontwikkeling van de aanwezige Grote zeggen-vegetatie.

4.2.3 Ervaringen andere projecten

In het kader van beekherstel dan wel het realiseren van waterberging, zijn een groot aantal waterbergingsprojecten in uitvoering of inmiddels gereed. Veel van deze plannen zijn in uitvoering gekomen naar aanleiding van de reconstructiewet. Daarnaast zijn veel projecten gestart aan de startfase van het Nationaal Bestuursakkoord Water (de 100 miljoen regeling).

Praktijkonderzoek waarbij via langjarige monitoring de daadwerkelijke inundaties worden gekwantificeerd, inclusief de daarbij optredende effecten op waterkwaliteit, bodem en flora en fauna, vindt nog nauwelijks plaats. Wel zijn er diverse voorbeelden waarbij op basis van veldwaarnemingen en vergelijkend literatuuronderzoek een analyse is gemaakt van de effecten van inundatie. Zo is door Runhaar en Jansen (2004) een vergelijkende studie uitgevoerd naar het effect van inundaties in vijf verschillende beekdalen. De studie richtte zich op de vraag of er een relatie is tussen overstroming en productiviteit van beekdalvegetaties, en wat daarbij de verklarende factoren zijn. Runhaar en Jansen vonden vooral correlaties met het Zn-gehaltes van de bodem, wat een indicatie is voor de afzetting van sediment, en niet zozeer met de hoeveelheid in het water opgeloste voedingsstoffen. Hun conclusie is dan ook dat de aanvoer van sediment met daaraan gebonden voedingsstoffen veel belangrijker zijn voor de productiviteit dan vegetatie dan de waterkwaliteit. Hiermee bevestigen zij eerder onderzoek in verschillende beekdalgraslanden door Olde Venterink (2000). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat kwel juist de productiviteit van de vegetatie kan verminderen en daardoor van belang kan zijn bij het versterken van matige voedselrijke en voedselarme vegetatietypen.

Door Beumer *et al.* (2007) is onderzoek verricht naar het effect van waterberging op de waterkwaliteit in de bodem. Daarbij is een vergelijking gemaakt tussen een beekdal met kwel (Beerze, Logtse Baan) en een beekdal (Snoeyinksbeek, zijloop van de Dinkel) wat sterk ontwaterd is en vooral onder invloed van regenwater staat. Uit deze studie werd geconcludeerd dat in beide gevallen het inundatiewater nauwelijks kon indringen in de bodem. De reden hiervoor is dat de bodemmatrix vaak al verzadigd is met grondwater of regenwater voordat de inundatie plaatsvindt. In tegenstelling tot Beerze is er wel een verandering in waterkwaliteit aangetroffen in de beekdalbodem (toename pH en ammonium) van de Snoeyinksbeek. Dit wordt geweten aan de lagere redox potentiaal. De productiviteit van de vegetatie lijkt (in deze kortlopende studie) toe te nemen.

4.3 Waterbergen en vasthouden in bossen

4.3.1 Algemeen

Tegenwoordig zijn natte bossen schaars terwijl deze vroeger typisch waren voor ons lage en natte land. Net zoals veel natte natuur hebben ook de natte bossen te lijden gehad van de waterhuishoudkundige aanpassingen in het verleden. Het opnieuw ontwikkelen van dergelijke bostypen zou kunnen bijdragen aan de natuurwaarden van Nederland, vanuit natuurhistorisch oogpunt, maar ook om de waarde van flora en fauna die zich hier kunnen vestigen. Natte bossen behoren tot de soortenrijkste bossen van Nederland.

Vanuit waterbeheer maar ook bosbeheer zijn grote ruimteclaims neergelegd voor de komende decennia. Recente verkenningen geven aan dat het goed mogelijk is om water en bos ruimtelijk te combineren, waarbij een meerwaarde kan ontstaan voor zowel waterbeheer, natuurwaarde als recreatie / beleving. De mogelijkheden voor koppeling van waterberging en bos is echter voor een belangrijk deel afhankelijk van het type bos. In het pilotprogramma is onderzoek gedaan in jong kleibos, een bostype dat naar verwachting goede kansen biedt voor combinatie met waterberging.

4.3.2 Pilot Harderbos

4.3.2.1 Achtergrond

Eén van de geselecteerde pilots richtte zich op de combinatie waterberging en bos. De pilot ligt in het Harderbos, een gebied nabij Biddinghuizen in Oostelijk Flevoland. Het gebied wordt beheerd door Vereniging Natuurmonumenten en beslaat 564 ha.

De pilot had een experimenteel karakter en is uitgevoerd in jong, voedselrijk, soortenarm bos (vrijwel zonder echte bossoorten). De proef in het Harderbos wordt daarmee gezien als representatief voor de meeste bosgebieden op zee- en rivierkleigronden, alsmede bosgebieden op andere bodemtypen die recent uit landbouwkundig gebruik zijn gekomen. Het Harderbos staat model voor de aanpak die door de deelstroomgebiedsvisie Flevoland wordt gehanteerd. Daarin is gekozen voor de inzet van natuurgebieden om water vast te houden ten tijde van een neerslagoverschot. Er wordt dus geen gebiedsvreemd water geborgen.

In 2003 zijn partners gezocht en is de opzet van de pilot uitgewerkt. De volgende partijen werkten mee aan de pilot: Vereniging Natuurmonumenten, Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland, RWS-RIZA (nu Waterdienst) en Alterra WUR.

RWS-RIZA was trekker van de pilot, in opdracht van DG Water. Alterra werkte als partner mee aan deze proef in het kader van het project 'Bos in Water, Water in Bos'. Dit project is onderdeel van het Beleidsondersteunend programma Vitaal Platteland, thema water, dat wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van LNV.

4.3.2.2 Doelstelling pilot

Doelstelling van de pilot is enerzijds inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden die bossen bieden voor het bergen en tijdelijk vasthouden van water in natte perioden. Daarnaast wordt met deze pilot beoogd inzicht te krijgen in de randvoorwaarden die de verschillende typen bosgebieden stellen aan tijdelijke inundaties.

De pilot had een experimenteel karakter. Dit houdt in dat er in het onderzoeksgebied een hoogwaterpiek (inundatie) gesimuleerd is. Daartoe is het gebied opgedeeld in verschillende compartimenten, die elk een verschillende behandeling hebben gekregen. Zo zijn onder semi-gecontroleerde omstandigheden de effecten van inundatietijdstip en -duur onderzocht op bodem, vegetatie en bodemfauna.

Het onderzoek was erop gericht meer inzicht te bieden in de volgende vragen:

- Wat zijn effecten van inundatie op natuur (jong kleibos), en in hoeverre spelen periode en duur een rol?
- Kan dit type bossen worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water? En biedt dit ook kansen voor de natuur?
- Wat zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuw bos in gebieden die worden gereserveerd voor waterberging of -vasthouden?
- Wat zijn gevolgen van een waterberging-natuurgebied op de omgeving?

4.3.2.3 Werkwijze

De onderzoeksperiode liep van september 2004 tot en met juni 2007. De pilot omvat een klein deel van het Harderbos: circa 1,3 ha van het Harderbos is ingericht voor de proef.



Inrichting van de compartimenten door de aanleg van kleikades.

Er is gekozen voor twee proefvakken met verschillende boomsoorten. De verwachting was dat boomsoorten verschillend reageren op inundatie. Op papier is de inundatiebestendigheid van Es beter dan die van Eik. Daarnaast zijn er ook flinke verschillen in verteerbaarheid van het blad, zodat er ook verschillen te verwachten zijn voor de spontane vegetatie (kruid- en moslaag).

In 2004 is de uitgangssituatie vóór inundatie bepaald. In 2005 zijn beide proefvakken aangelegd (zie foto's). Elk proefvak bestond uit vijf compartimenten, waarvan een deel kunstmatig is geïnundeerd met oppervlaktewater (uit de Strandgapertocht). Er is een inundatiediepte van 20 cm nagestreefd.



Wateraanvoer naar één van de compartimenten.

De volgende regimes en codes zijn aangehouden:

Regime	Code essenvak	Code eikenvak
Referentie (geen inundatie)	Es-Ref	Eik-Ref
Korte inundatie in Winter (januari, 7 dagen)	Es-WK	Eik-WK
Lange inundatie in Winter (januari, 21 dagen)	Es-WL	Eik-WL
Korte inundatie in Voorjaar (april, 7 dagen)	Es-VK	Eik-VK
Lange inundatie in Voorjaar (april, 21 dagen)	Es-VL	Eik-VL

Bij de eerste inundaties (in de winter) bleek dat de zijdelingse wegstroming groter was dan verwacht. Met technische ingrepen werd dit effect zoveel mogelijk gecompenseerd. Er is wel één van de compartimenten (vanwege teveel 'lekkage') komen te vervallen: Eik-WK. Vóór de tweede behandeling is folie in de kaden aangebracht om dit effect bij de voorjaarsinundaties verder te verminderen.

Tijdens de inundaties zijn de inundatiediepte, hoeveelheid suppletie, grondwaterstanden en waterkwaliteit gemeten. Gedurende de onderzoeksperiode, van 2004 tot en met 2007, zijn ontwikkelingen van bodem, grondwater, vegetatie en bodemfauna (regenwormen) gevolgd. In het achtergrondrapport van de pilot Harderbos (Pilotprogramma Waterberging-Natuur 2008b) zijn de gebruikte methoden in detail besproken.



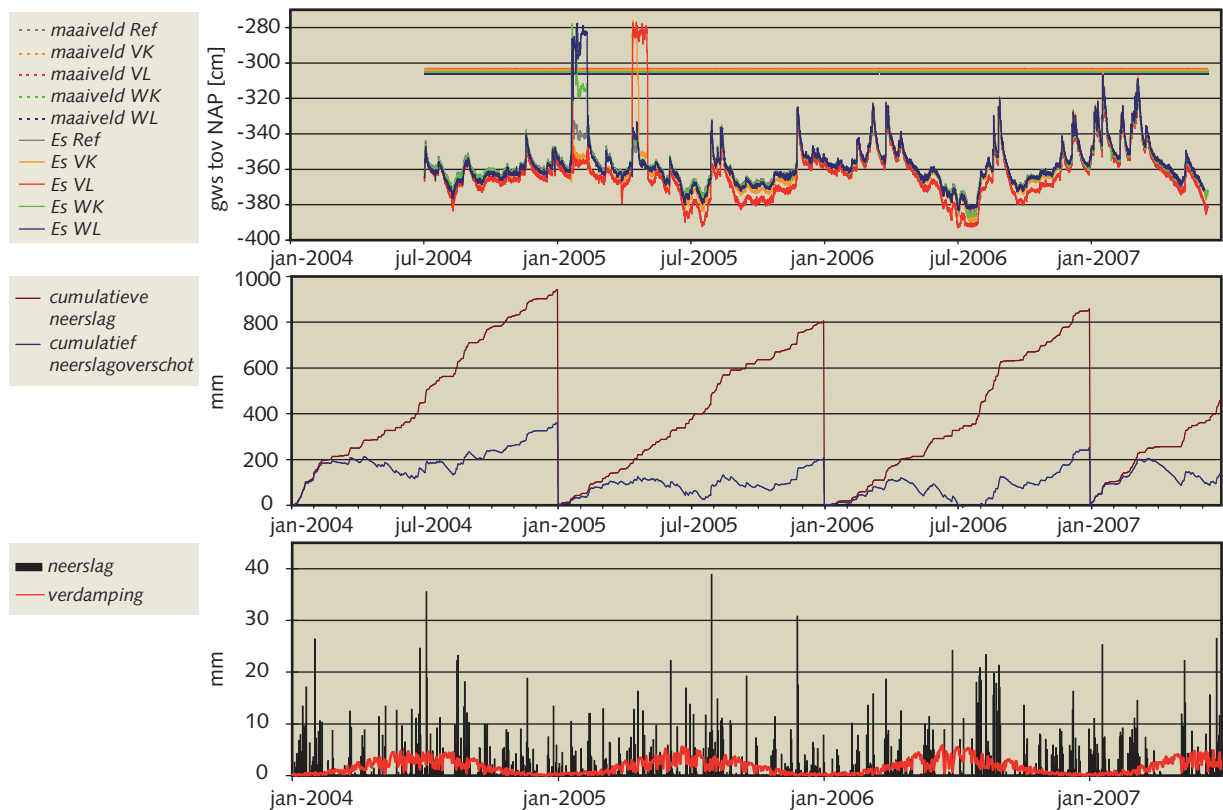
Aanleg van foliekaden in het Eikenvak (links) en verwijdering van folie na beëindiging van de proef (rechts).

4.3.2.4 Resultaten

In het achtergrondrapport over de pilot Harderbos (Pilotprogramma Waterberging-Natuur 2008b) wordt uitgebreid gerapporteerd over de resultaten van het onderzoek. Hieronder volgt een doorsnede van de resultaten.

Grondwaterstanden

Over de gehele meetperiode werden grondwaterstanden duidelijk beïnvloed door de weersinvloeden. Met name de droge tijdvakken in april en mei 2004, de droge zomer van 2005, de zeer natte maand augustus 2006 en de natte winter en het droge voorjaar van 2007 goed terug te vinden in de hoogte van de grondwaterstanden (figuur 4.10). Daarbij steeg de grondwaterstand in de natte perioden enkele keren sterk in beide proefpercelen tot binnen 5 cm beneden het maaiveld.



Figuur 4.10 Grondwaterstanden, en meteorologische gegevens (KNMI): neerslag (Harderwijk) en verdamping (Lelystad), in het essenvak tijdens de gehele meetperiode 2004-2007.



Figuur 4.11 Peilverloop inundatie Es-VK en Es-VL, aangevuld met peilverloop in het naastgelegen compartiment van Es-VK: Es-WL.

De (grond)waterstanden waren - niet verrassend - veel hoger tijdens de kunstmatige inundaties in 2005 (figuur 4.10 en 4.11). Ondanks dat er als gevolg van technische ongemakken en storingen van het aanvoersysteem fluctuaties zijn opgetreden in de waterdieptes in de verschillende compartimenten, bedroeg de gemiddelde inundatiediepte, conform het uitgangspunt, circa 0,20 m. Een uitzondering vormde het compartiment Es-WK, waar de gemiddelde diepte 0,09 m bedroeg.

Waterkwaliteit

De oppervlaktewaterkwaliteit wordt gevoed door neerslag en kwel vanuit het Veluwe massief. De waterkwaliteit (inundatiewater) is als goed te karakteriseren.

In de vakken Eik en Es is de samenstelling van het grondwater bepaald. De resultaten wijzen op kalkrijk en hard (basenrijk) water. Dit is conform de verwachting op dit bodemtype (kalkhoudende zeeklei).

Er zijn slechts kleine verschillen gevonden in de waterkwaliteit van het aangevoerde water en het inundatiewater in de loop van de tijd. Zo was het opgelost organisch koolstofgehalte in het inundatiewater in de compartimenten hoger dan in het aangevoerde water uit de Strandgapertocht. Mogelijk komt dit uit de humuslaag.

Bodem en Humus

In het late voorjaar van elk meetjaar zijn per proefvlak humusprofielen bemonsterd. De bodem is eenmalig (2004) onderzocht.

De inundatie heeft de stikstofhuishouding duidelijk beïnvloed. Het gaat hier niet zozeer om de makkelijk beschikbare stikstof (N) verbindingen (nitraat, ammonium), maar vooral om de totale stikstofvoorraad en de mineralisatie van het organisch gebonden stikstof (C/N ratio). Na inundatie neemt het gehalte N-totaal af en het C/N-getal toe, wat een afname van de beschikbaarheid van stikstof betekent. Deze veranderingen kunnen verband houden met resp. het in oplossing of suspensie gaan van organisch materiaal tijdens de inundatie en de afvoer daarvan via de overlopen (totaal stikstof) en de anaërobe omstandigheden tijdens de inundatie en de daarmee samenhangende lage activiteit van de bodemorganismen, die de mineralisatie van organische stof vertraagt (C/N ratio). Toch zal de jaarlijkse variatie ten aanzien van de stikstofhuishouding waarschijnlijk groter zijn dan het inundatie effect. Bovendien blijft in dit gebied het stikstofaanbod zo hoog dat de effecten niet groot zullen zijn. Bij andere parameters zoals de fosforhuishouding en pH zijn de veranderingen na inundatie klein en waarschijnlijk van (nog) minder betekenis. Ook hiervoor geldt dat jaarlijkse variatie een grotere rol speelt dan inundatie-effecten.

Uiterlijk is er (nog) geen verandering in het humusprofiel waar te nemen (behalve bij de dunne F-laag in het compartiment Eik-WL). Naar verwachting zullen de effecten van inundatie ook op langere termijn niet of nauwelijks zichtbaar worden en van weinig ecologische betekenis zijn.

Afgezien van de verschillen tussen de compartimenten onder verschillende inundatieregimes, zijn er ook verschillen tussen de proefpercelen van eik en es. De slechtere verteerbaarheid van het eikenstrooisel leidt tot de vorming van dunne strooisellagen op de bodem. De geringe activiteit van wormen onder eik zorgt ook voor minder menging van de organische stof met de ondergrond en een slechtere mineralisatie van de organische stof. De geringere menging door wormen zorgt voor een minder kruimige structuur van de Ah-horizont onder eik en een wat scherpere overgang van bovengrond naar ondergrond. Het organische stofgehalte onder eik in de bovenste 15 cm is daardoor wat hoger dan onder es. Onder es wordt de organische stof over een grotere diepte vermengd. Verder zijn er nog kleine verschillen, bijvoorbeeld in fosforbeschikbaarheid (hoger onder es).

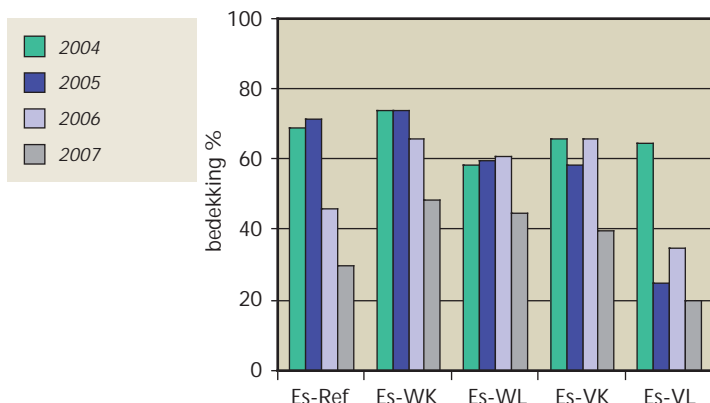
Vegetatie: kruidlaag

Er zijn grote verschillen in vegetatieontwikkeling en reactie op de inundaties tussen het essenperceel enerzijds en het eikenperceel anderzijds waargenomen. Er zijn externe factoren die deze ontwikkelingen (mede) gestuurd hebben. De belangrijkste zijn de uitrastering van de proefvakken en de jaarlijkse fluctuaties in temperatuur en neerslag. Ook waren er enige verschillen in de uitgangssituatie. Rekening houdend met deze factoren kan er toch een aantal conclusies worden getrokken ten aanzien van inundatie-effecten.

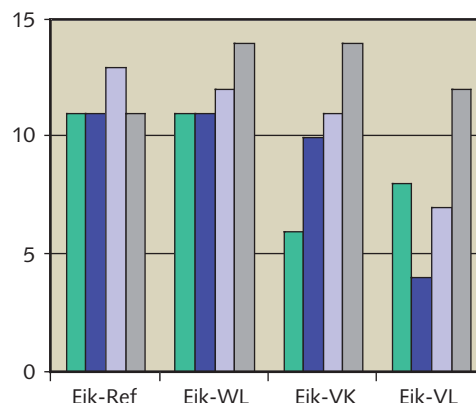
Veranderingen in vegetatiestructuur en soortenaantal na lange inundatie in het voorjaar waren onmiskenbaar voor een belangrijk deel te wijten aan de inundatie (figuren 4.12 en 4.13).

Deze effecten waren zowel onder es als onder eik veel sterker dan na de kortere inundaties of die in de winter (afname van soortenaantal, bedekking kruidlaag, hoogte kruidlaag en aandeel

brandnetels). In het compartiment Es-VL is in 2007 nog geen volledig herstel opgetreden. De situatie in 2007 is sterk beïnvloed door externe factoren maar het lijkt erop dat ook de invloed van de inundatie voortduurt. Onder eik lijkt de situatie dan met name bepaald te worden door externe factoren. De veranderingen in de overige regimes waren (ook al in 2005) waarschijnlijk slechts zeer ten dele het gevolg van de inundaties.



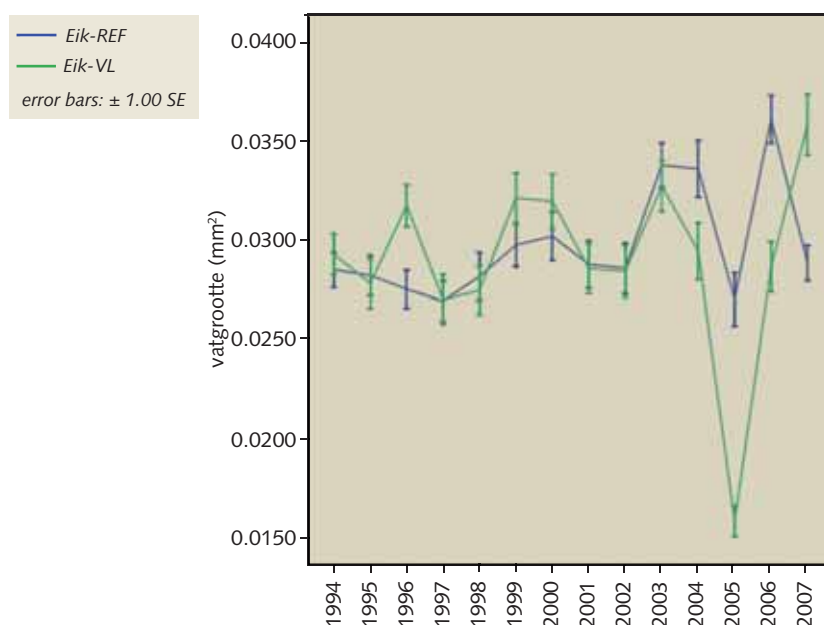
Figuur 4.12 Essenvak: gemiddelde bedekking kruidlaag (%).



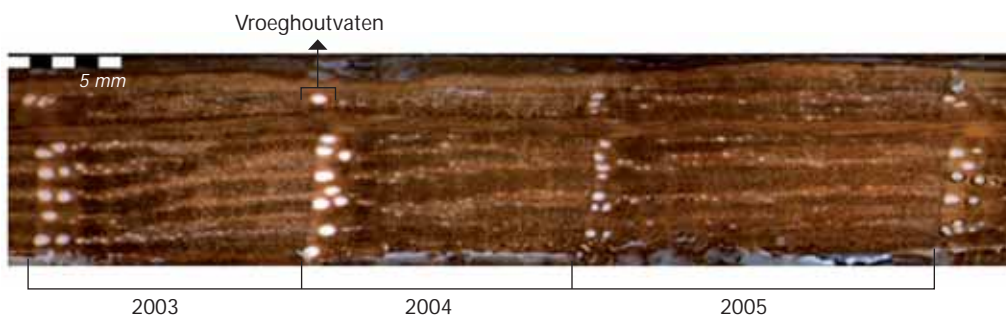
Figuur 4.13 Eikenvak: totaal soortenaantal.

Bomen

Van de bomen is de vitaliteit in 2005 en 2006 bepaald. Bij een grote transpiratievraag is er eerder vitaliteitsachteruitgang te verwachten als er wortels zouden zijn beschadigd. Zowel in 2005 als in 2006 was sprake van een grote transpiratievraag, waardoor wortelbeschadigingen snel zouden opvallen. Deze droogteschade-effecten zijn niet opgetreden en er zijn geen verschillen gevonden in de vitaliteit van de bomen in de verschillende compartimenten (met of zonder inundatie). Ook uit een jaarringenonderzoek blijkt dat de lange periode van inundatie in het voorjaar geen aantoonbaar effect heeft gehad op de radiale groei van eik en es.



Figuur 4.14 Gemiddelde grootte van de vroeghoutvaten van eik voor de compartimenten Eik-Ref en Eik-VL.

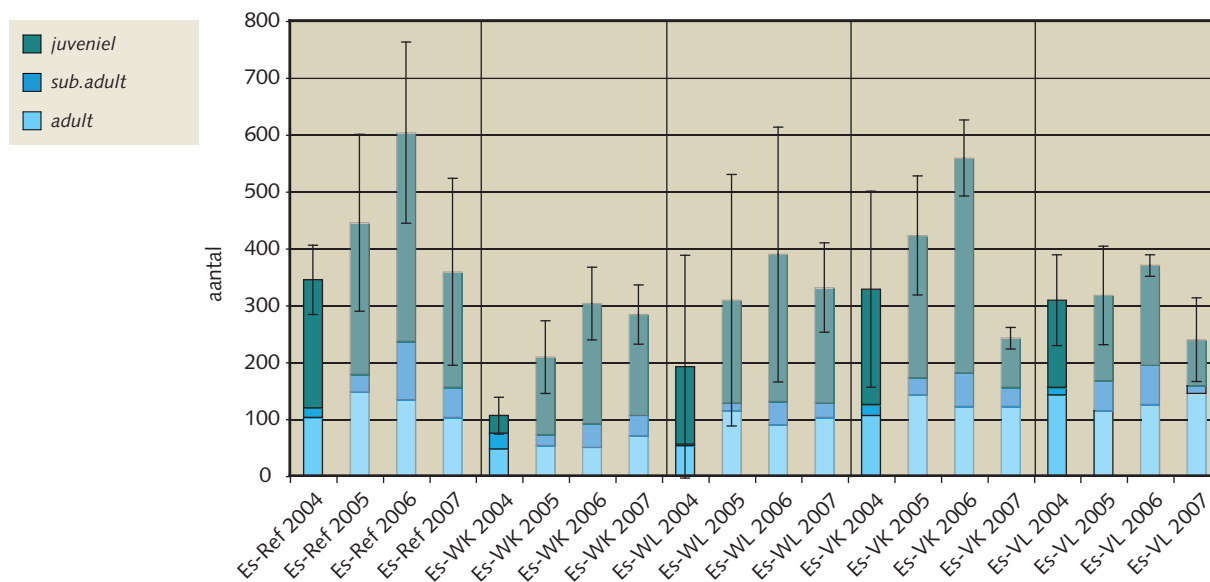


Figuur 4.15 Geprepareerd oppervlak van een eik uit het behandelingsvak VL met erop de jaarring gevormd in de periode van 2003 tot 2005. De vroeghoutvaten in de jaarring 2005 zijn duidelijk kleiner dan in de jaren daarvoor en daarna.

Uit nadere analyse kwam wél naar voren dat eik in het overstromde compartiment (Eik-VL) duidelijk kleinere vroeghoutvaten heeft gevormd in 2005, het jaar van inundatie (figuur 4.14 en 4.15). In de jaren na de overstroming keert dit effect niet meer terug en zijn de bomen dus hersteld. Via de vroeghoutvaten verloopt het watertransport van de boom. Aangezien bij ringporige boomsoorten zoals eik en es een jaarring slechts 1 jaar wordt gebruikt voor watertransport hebben de kleinere vaten geen voortdurend effect op de groei.

Bodemfauna: regenwormen

In de onderzoeksperiode zijn duidelijke verschuivingen in dichtheden, populatieopbouw en biomassa van de wormengemeenschap opgetreden in alle compartimenten. Geen van deze veranderingen is echter statistisch gezien afwijkend van de verschuivingen die in de referentie ook plaatsvinden. Het is daarom strikt genomen niet mogelijk deze verschuivingen in verband te brengen met de twee onderzochte variabelen: duur van inundatie (één of drie weken) en inundatieperiode (winter of voorjaar). Anderzijds kunnen de resultaten ook trendmatig worden beschouwd.



Figuur 4.16 Gemiddeld aantal wormen per m² (met standaard deviatie) in de compartimenten van het essenvak vóór inundatie in 2004 (donker gekleurd) en ná inundatie in 2005, 2006 en 2007 (licht gekleurd). Binnen de kolommen is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levensstadia.

In het essenvak lijkt de wormenpopulatie een effect te ondervinden bij lange voorjaarsinundatie. Dichtheden (figuur 4.16) en biomassa nemen in veel mindere mate toe dan in de overige compartimenten. Dit wordt vooral veroorzaakt door een afname van het aantal adulte wormen

in dit compartiment. Bij de tweede bemonstering na inundatie (2006) neemt de dichtheid van de wormen weliswaar meer toe dan in 2005, maar weer in veel mindere mate dan de andere compartimenten. Tegelijkertijd neemt de biomassa in dit compartiment sterk toe, wat duidt op een groter aandeel adulte wormen, een gezonde basis voor herstel. Bij de laatste bemonstering (2007) lijkt de populatie hersteld. Ook de soortensamenstelling ondergaat een grote verandering na inundatie die alleen in het VL- compartiment optreedt (grote afname van de *Octolasion/Aporrectodea*-groep). In 2005 gaat deze afname gepaard met een toename van de vochtminnende soort *Eiseniella tetraeda* en de *Allolobophora*-groep.

In het eikenvak zijn twee compartimenten die afwijkend zijn ten opzichte van de referentie. Terwijl de dichtheid en biomassa in de referentie toenamen, gebeurde dit niet of nauwelijks in de inundatiecompartimenten. De biomassa van wormen in de compartimenten Eik-WL en Eik-VL namen zelfs af bij de eerste bemonstering in 2005.

De soortensamenstelling verandert het meest in Eik-VL (grootste relatieve afname van de *Allolobophora*-groep). Dit duidt op een effect van vooral lange inundatie. Na 2005 wordt het beeld echter onduidelijk en zijn de verschuivingen niet eenvoudig meer te koppelen aan inundatieduur of inundatieperiode.

Overige fauna

Tijdens en na inundatie is tevens het gedrag van verschillende kleine diersoorten binnen de proefvakken waargenomen.

Bij het opzetten van het water vertoonden diverse diersoorten vluchtgedrag. Waargenomen werd dat enkele muizen hoger gelegen plekken opzochten. Diverse soorten loopkevers, snuitkevers, haantjes, kortschildkevers maar ook spinnen en wantsen klommen tegen de stammen omhoog, soms tot 4-5 meter boven de waterspiegel. Daarbij is waargenomen dat diverse exemplaren gericht naar stammen zwommen. Ook wormen, naaktslakken en huisjesslakken zochten hoger gelegen plekken op. Deze verbleven net boven de waterspiegel en verscholen zich veelal in het daar groeiende mos. Enkele dagen na het opzetten van het water werden daar ook de meeste kevers aangetroffen. Na droogval van de proefvakken werd met de vondst van vele lege slakkenhuisjes zichtbaar dat een deel van de fauna verdronken is als gevolg van de inundatie.



Vluchtende insecten, slakken en muizen tijdens inundatie van de proefvlakken

4.3.2.5 Samenvattend

Wat is het effect van inundatie op bodemchemie en humusprofiel?

Tussen de compartimenten werden duidelijke verschillen in bodemchemie geconstateerd. Gebleken is dat factoren die niet met de inundatie samenhangen grote invloed hierop hebben gehad. Jaarlijkse verschillen in weersomstandigheden en, hieraan gerelateerd, de grondwaterpeilen lijken de invloed van de inundaties te maskeren of overtreffen. Ook lijkt de grote ruimtelijk variabiliteit (van organische stofgehalten en nitraatgehalten) in de bovengrond van invloed. Toch zijn er wel inundatie-effecten gesignaleerd. Het meest duidelijk was een tijdelijke afname van de beschikbaarheid van stikstof.

Ondanks de extreme omstandigheden die de inundaties met zich meebrengen, zijn er niet of hooguit geringe tijdelijke inundatie-effecten geconstateerd op de bodem en humuslaag. De herkomst van het inundatiewater in deze proef was van oppervlaktewater van goede kwaliteit (hoewel er door technische tekortkomingen erg veel, inclusief meegevoerde stoffen, van is aangevoerd). Effecten kunnen anders zijn als inundatiewater voornamelijk bestaat uit regen of uit vervuild oppervlaktewater. De verwachting is echter dat ook dan inundatie-effecten in (voedselrijke) kleibossen weg zullen vallen tegen andere sleutelfactoren als weersinvloeden en de nutriëntenvoorraad in de bodem. Wat betreft de effecten van inundatietijdstip mag verwacht worden dat in het begin van het groeiseizoen nog de meeste effecten zijn te verwachten zijn. Bij een substantieel langere duur van inundatie en/of een grotere frequentie mag verwacht worden dat de effecten op nutriënten- en zuurhuishouding waarschijnlijk groter zullen zijn. Hoe groot deze veranderingen zullen zijn en of deze veranderingen zich in dezelfde richting voltrekken (als hierboven geschetst) zal dan in zekere mate afhangen van de kwaliteit van het inundatiewater. Het blijft twijfelachtig, of realistische veranderingen van het tijdstip en vergroting van de duur en de frequentie, tot al te grote en ecologisch relevante gevolgen zal leiden in het verloop van de bodemprocessen in deze kalk- en kleirijke omgeving. Pas bij overstromingsregimes vergelijkbaar met die van zachthoutoibossen (zie Wolf *et al.* 2001) zullen de veranderingen van grote invloed zijn.

Wat is het effect van inundatie op de vegetatie (ondergroei)?

De vegetatie (kruidlaag) ondervond duidelijk gevolgen na lange voorjaarsinundatie (afname van soortenaantal, bedekking kruidlaag, hoogte kruidlaag en aandeel brandnetels). Waarschijnlijk heeft de combinatie van lange duur en tijdstip (voorjaar) geleid tot een direct effect op wortelstokken en zaden en indirect via vertraagde omzetting van organische stof onder zuurstofarme omstandigheden. Bij korte of winterinundatie zijn geen (relevante) effecten op de ondergroei geconstateerd.

Zonder herhaling van inundatie is de verwachting dat de vegetatie weer geheel hersteld is na 5 jaar. Bij een langere inundatieduur dan drie weken is het zeer waarschijnlijk dat effecten veel groter zijn, vooral in het groeiseizoen. Het is moeilijk te zeggen wat de effecten van zomerinundatie zouden zijn; één en ander hangt niet alleen af van inundatieduur maar ook van de inundatiediepte (steekt de plant boven water uit of niet). Verder is deze veldproef uitgevoerd met relatief schoon oppervlaktewater. Met water van een slechte kwaliteit zal ook bij een lage frequentie het lange termijn doel (weg uit de brandnetelfase, vestiging van bosplanten, zie onder) waarschijnlijk niet gehaald worden.

De effecten van de inundaties in het Harderbos zijn min of meer volgens verwachting. Anderzijds bleken externe factoren belangrijker dan verwacht en viel de schade aan eiken en eikenstrooisel mee.

De totale beoordeling van de effecten van inundatie op natuurwaarden in bossen is sterk afhankelijk van de ouderdom van het bos en het substraat. Voor de bossen waarvoor de proef representatief is (jong, voedsel- en kalkrijk, soortenarm) zijn de effecten op korte termijn (tot 10 jaar) overwegend positief: de ruigtevegetatie wordt opengebrouwen zodat, met name onder es, ruimte ontstaat voor meer soorten. Op middellange termijn (10 tot 100 jaar) zijn de effecten neutraal, doordat deze snel zijn uitgedoofd en op lange termijn negatief, in de zin dat de op zich reeds zeer trage ontwikkeling naar een compleet en waardevol ecosysteem verder vertraagd wordt¹⁴. De effecten bij bos met es zijn op korte termijn duidelijker dan bij bossen van eik, doordat bij eik sprake is van een veel opener vegetatiestructuur, waardoor concurrentie binnen de kruidlaag een geringere rol speelt.

In andere bostypen kunnen effecten van inundatie anders zijn dan in het Harderbos. Omdat deze niet onderzocht zijn kan hierover hooguit gespeculeerd worden dat inundaties (conform het regime in Harderbos) in beekbegeleidende bossystemen (zoals elzenbroek en vogelkers-essenbos), zachthoutoibossen, hardhoutoibossen ook tot weinig (blijvende) schade zal leiden en soms zelfs gunstig zullen zijn. In berkenbroekbossen en vooral bossen op voedselarme droge bodem zullen inundaties tot zeer dramatische effecten leiden (hoe ouder de bosbodem des te groter de kans op schade).

Wat is het effect van inundatie op de bomen?

Omdat de inundaties van korte duur en geringe diepte waren werd er geen effect verwacht op de (dikte)groei en de houtanatomie van eik en es. Bij es is er inderdaad geen significant effect van de inundaties op de houtvorming gevonden. Bij eik is echter een duidelijke verandering geconstateerd in het vak met de lange voorjaarsinundatie. De vroeghoutvaten in het jaar van inundatie (2005) zijn significant kleiner dan in andere jaren en dan de eiken in het referentievak. Dit betekent dat de capaciteit om water te transporteren in het jaar van inundatie verminderd was. Dat kan negatieve gevolgen hebben voor de aanvoer van water naar de bladeren tijdens drogere periodes in de zomer met als gevolg het sluiten van de huidmondjes en het stoppen van de fotosynthese en daarmee de productie van bouwstoffen voor de groei van de boom. Er is echter geen aanwijzing voor een gereduceerde groei in 2005 en de jaren na de inundatie. Het is niet bekend of een herhaling van inundatie wel tot blijvende gevolgen van de vitaliteit zou kunnen leiden. Het is waarschijnlijk dat de vorming van kleine vaten in het vroeghout direct in verband staat met het tijdstip van inundatie. Eind april, de periode van de inundatie, is het tijdstip waar de vroeghoutvaten bij eik worden gevormd. Inundatie voor het begin van de houtvorming (in de winter) heeft daarom geen direct effect op de houtvorming. Over het effect van inundatie later in het groeiseizoen kan op basis van dit onderzoek geen uitspraak worden gedaan, maar verwacht mag worden dat effecten van zomerinundatie op de vitaliteit (van eik) dan sterker zullen zijn.

Wat is het effect van inundatie op de fauna?

Tijdens inundatie is vluchtgedrag waargenomen van insecten, slakken en muizen naar hoger gelegen plekken. Een deel van de aanwezige fauna is tijdens het experiment verdronken. Ondanks dat er veel verschuivingen zijn waargenomen in de wormengemeenschap, zijn er statistisch geen significante effecten van inundaties op aantallen, biomassa of soortensamenstelling van regenwormpopulaties aangetoond, noch in het essenvak, noch in het eikenvak.

14 Dit geldt vooral bij herhaalde overstrooming (ca. eens in de 10 à 20 jaar). Op een periode van 100 à 200 jaar is een vertraging van de ontwikkeling met enkele jaren natuurlijk verwaarloosbaar.

Het is daarom strikt genomen niet mogelijk deze verschuivingen in verband te brengen met de twee onderzochte variabelen inundatieduur en -periode. Toch lijken veranderingen na lange inundatie in het voorjaar een gevolg te zijn van de inundatie (met name in het essenvak). Deze veranderingen zijn echter tijdelijk van aard (herstel binnen twee jaar na inundatie).

Los gezien van de precieze oorzaak, lijken de verschuivingen in de wormengemeenschap in de proefpercelen niet erg groot of permanent van aard. Daarom zou geconcludeerd kunnen worden dat het mogelijk is om bospercelen tijdelijk onder water te zetten zonder dat dramatische en onomkeerbare effecten op de bodemfauna optreden. Toch zijn er verschillende factoren, waaronder natuurlijke variatie en proefopzet, die effecten van inundatie (schade én snelheid herstel) deels gemaskeerd kunnen hebben. Daarnaast kunnen effecten heel anders zijn in een andere situatie met betrekking tot inundatie (langere duur, andere periode, herhaling binnen de herstelperiode) en/of systeem (ander type bos, andere vlucht- of herkolonisatiemogelijkheden, andere wormengemeenschap). Ook bestaat de bodemfauna uiteraard nog uit andere diersoorten dan wormen. Het is hier niet onderzocht in hoeverre deze reageren op inundatie. Anderzijds mag worden aangenomen dat de bodemfaunagemeenschap in een jong kleibos over het algemeen bestaat uit algemene soorten die zich bij eventuele verstoringen (als inundatie) weer vrij gemakkelijk herstellen (of hervestigen). (De bodemfauna moet vervolgens wel de tijd krijgen om weer te herstellen.)

Alles overwegende mag verondersteld worden dat inundaties van maximaal drie weken, voor wat betreft de wormengemeenschap, toelaatbaar zijn in jonge kleibossen, mits deze niet vaker dan eens per vier jaar plaats vinden.

4.3.2.6 Conclusies

Aan de hand van de oorspronkelijke onderzoeksvragen, kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Wat zijn effecten van inundatie op natuur (jong kleibos), en in hoeverre spelen periode en duur een rol?

In jonge kleibossen lijken plotselinge inundaties geen grote en onomkeerbare effecten te hebben op bodem, vegetatie of bodemfauna (wormen). Er zijn echter wel inundatie-effecten geweest. Met deze proef is onderzocht in hoeverre het uitmaakt hoe lang en in welke periode een bos (jong kleibos) als waterbergingsgebied wordt ingezet. Daarbij blijkt alleen de combinatie van langere duur (drie weken) in een 'actieve' periode (voorjaar) duidelijk effect te sorteren. In deze proef is gekozen voor 'realistische' inundatiescenario's (1 en 3 weken en winter en voorjaar): noodzaak tot waterberging is meestal niet langer dan enkele weken, en zomerinundaties treden zeldzaam op. In de loop van het project is echter gebleken dat water soms veel langer blijft staan (vergelijk bijvoorbeeld pilot Beerze), en dat (met de klimaatverandering) zomerinundaties vaker optreden dan verwacht. Omdat in deze proef toch al effecten zijn gesignaleerd na drie weken inundatie in het voorjaar, mag daarom verwacht worden dat bij een langere duur effecten versterkt en de herstelperiode verlengd zullen worden. Dit geldt des te meer indien inundaties in de zomer plaats zullen vinden (al is het aannemelijk dat de effecten op hoog-opgroeïende (ruigte)kruiden in de zomer - bij relatief korte inundatieduur - minder groot kunnen zijn dan in het voorjaar).

Uiteraard kan ook de kwaliteit van het inundatiewater een sturende factor zijn. In de huidige proefopzet bestond deze uit vrij schoon oppervlaktewater; dit is wat anders dan regenwater of vervuild oppervlaktewater. Hoewel voedselrijke jonge kleibossen als het Harderbos minder kwetsbaar zijn dan oudere, voedselarmere bossen, zullen ook hier lange termijn doelen niet gehaald worden bij herhaalde inundatie met water van een 'slechte' waterkwaliteit.

**Kan dit type bossen worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water?
En biedt dit ook kansen voor de natuur?**

Het Harderbos, een jong voedsel- en kalkrijk soortenarm bos, is representatief voor de meeste bosgebieden op zee- en rivierkleigronden, alsmede - zij het in mindere mate - voor bosgebieden op andere bodemtypen die recent uit landbouwkundig gebruik zijn gekomen.

Zoals hierboven beschreven zal het opvangen van water in dit type bossen weinig onomkeerbare schade aanrichten. Belangrijk is dat het bos dan wel de kans krijgt zich te herstellen tot een volgende inundatie. Deze hersteltijd is onder meer afhankelijk van de inundatieperiode en -duur en van de waterkwaliteit. Onder de omstandigheden van het experiment in het Harderbos bleek deze periode enkele jaren te zijn.

Vanuit natuuroogpunt is het dus mogelijk dit type bossen in te zetten voor de opvang van water. Maar biedt dit ook kansen voor de natuur? De ontwikkeling van het bos naar een bos met een hogere natuurwaarde zal bij inundatie tijdelijk stop- of teruggezet worden tot de herstelperiode verstreken is. Dan is er dus geen sprake van winst, maar een tijdelijk verlies. Een andere situatie is het als een dergelijk bos zeer regelmatig (jaarlijks) onder water wordt gezet. Dan zal de natuur zich aanpassen en kan er, dankzij de inundaties, een ander bostype ontstaan. Dit betekent dat het beter is te kiezen voor hetzij infrequente inundaties (zodat herstel mogelijk is), hetzij zeer frequente (jaarlijkse) inundaties (zodat de natuur zich aanpast), dan voor een tussenliggende frequentie waarbij noch herstel, noch aanpassing mogelijk is voor de natuur. Deze benodigde hersteltijd zal zeer verschillend zijn tussen verschillende natuurgebieden (zie ook Runhaar *et al.* 2004). Juist in jonge kleibossen als het Harderbos zal de hersteltijd relatief kort zijn, wat dit type natuurgebieden beter geschikt maakt als waterbergingsgebied dan voedselarmere systemen met hogere natuurwaarde.

Wat zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuw bos in gebieden die worden gereserveerd voor waterberging of -vasthouden?

Het potentiële bosareaal van het essen-iepenbos is in ons land een veelvoud van het huidige areaal. De verwachting is dat in de nabije toekomst aanzienlijke oppervlakten landbouwgrond in kleigebieden een andere bestemming zullen krijgen, waaronder (natuur)bos, al dan niet in combinatie met waterberging. Ook voor de ontwikkelingen in deze nieuwe bossen kan het onderzoek in het Harderbos een referentie zijn.

Bij aanleg van nieuw bos is het wel aan te bevelen in de eerste jaren van ontwikkeling de aanplant te vrijwaren van inundaties. Mogelijk dat aanleg van bos op deze plekken ook een rol kan spelen in het kader van de CO₂-vastlegging. Gezien de bestaande onzekerheden omtrent ontwikkelingen wordt aanbevolen om dan langjarig te monitoren (eventueel met lage frequentie). Het gaat immers over bossystemen die zich zeer traag ontwikkelen (niet ondanks maar juist vanwege de overmaat aan voedingsstoffen), en prille ontwikkelingen waarin externe factoren veel ruis kunnen veroorzaken.

Wat zijn gevolgen van een waterberging-natuurgebied voor de omgeving?

De fysieke effecten van waterberging op de omgeving zijn sterk afhankelijk van de inrichting van het project en het hydrologisch systeem. In poldergebieden, zoals het Harderbos is door de aanleg van ontwateringsmiddelen de uitstraling naar de omgeving grotendeels te beperken. Waargenomen effecten namen snel af met de afstand tot het geïnundeerde compartiment. (Eventueel kan een extensieve bufferzone gecreëerd worden met de functies recreatie en natuur

of beweiding om de invloed op de omgeving te verzwakken.) Wanneer door inundatie de grondwaterstand stijgt tot boven de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket zal een deel van het water door inzijing naar het grondwater stromen en kan het inundatiewater de kwaliteit van het ondiepe grondwater beïnvloeden. Dit is in deze studie niet onderzocht. Een geheel ander gevolg voor de omgeving betreft de recreatieve waarde. Naar verwachting zal de combinatie van waterberging en bos de recreatieve waarde van met name de kleiland-schappen verhogen (zie ook Hommel *et al.* 2005).

4.3.3 Ervaringen andere projecten

Over de effecten van inundatie en bosontwikkeling langs de grote rivieren zijn diverse publicaties beschikbaar (Siebel, 1998; Van Splunder, 1998; Van Eck, 2004). Er zijn echter weinig rapportages over dit onderwerp in binnendijkse regionale watersystemen te vinden. Een gebied waar wel wordt gemonitord maar nog geen publicaties van beschikbaar zijn is het Hulkesteinse Bos (Flevoland). Dit bos is sinds 2000 zodanig ingericht dat water wordt vastgehouden. Dit houdt in dat 450 ha bos een groot deel van het jaar onder water staat. Er wordt gesignaleerd dat varens, mossen, en soorten als boskers en veldkers toenemen. Ook profiteren oeverplanten als oeverzegge, riet, lisdodde en liesgras in de diepere delen. In deze delen sterven beuk en sparrensoorten massaal, en ook populierenopstanden waaien gemakkelijk om. Het bos ontwikkelt zich snel richting moerasbos (pers. med. E. van Wijhe, Staatsbosbeheer).

Door Alterra en RWS RIZA is binnen het project 'Bos in water, water in bos' een verkenning gemaakt naar de mogelijkheden om de functies water en bos (inclusief waterberging) met elkaar te combineren (Jans *et al.*, 2001). Daarbij is grofweg een onderscheid gemaakt in Zachthout- en Hardhoutooibos (rivierengebied) en binnendijkse bostypen zoals Elzenbroekbos, Elzen-Essenbos (moerassen) en Berkenbroekbos (hoogveen). Uit belevingswaarde-onderzoek blijkt dat mensen zowel voor hun woonomgeving als ook voor hun recreatie een sterke voorkeur hebben voor gebieden met veel bos of met veel water. De verwachting was dat de combinatie van water met bos ook een hoge belevingswaarde heeft (Jans *et al.*, 2001). Door Alterra (Goossen & Hommel, 2004) is dit bevestigd, waarbij bleek dat met name Hardhoutooibos hoog scoorde voor wat betreft wandelplezier, maar dat het minder gewaardeerde bostype, Elzenbroekbos, vooral door een relatief grote groep hoog werd gewaardeerd vanwege de associatie met 'wildernis-natuur'.

Volgens een recente studie van Alterra (Hommel *et al.*, 2006) zijn de kansen om de genoemde natte bostypen weer te ontwikkelen vooral kansrijk in beekdalen en beekoverstromingsvlakten in Pleistoceen Nederland, delen van de Friese en Groningse kleigebieden, voormalige strandvlakten langs de Hollandse kust en in het rivierengebied van Midden-Nederland (m.n. ooibos). Het bostype dat veruit het meeste bijdraagt aan de ecologische en recreatieve waarde is het Vogelkersen-Essenbos, een subtype van het Elzen-Essenbos. De resultaten uit deze studie zijn generiek beschikbaar gemaakt in een beslissingsondersteunende brochure, bedoeld voor water- en natuurbeheerders bij de inrichting van waterbergings- of conserveringsgebieden (van Rooij *et al.*, 2007).

In het project Lankheet (www.waterparkhetlankheet.nl) wordt een Vogelkers-Essenbos ingezet om het water door de voeren nadat het een zuivering heeft ondergaan. Hiermee hoopt men een extra zuivering te krijgen van het water dat afkomstig is uit de middenloop van de Buurserbeek en de verdroging tegen te gaan in de broekbossen (3 ha). Dit onderzoek loopt van 2006 t/m 2009.

Ervaringen met het vernatten van verdroogde broekbossen hebben laten zien dat peilopzet negatieve gevolgen kan hebben. Zo is in Koelbroek en het Kaldenbroek (afgesloten maas-meanders) het peil opgezet in gebieden die in de winterperiode kwel ontvangen (Boxman *et al.*, 2003). Met de kwel wordt ijzer aangevoerd waarmee fosfaat kan worden gebonden. Dit is gunstig voor het verkrijgen van een lagere voedselrijkdom (en vaak hogere biodiversiteit). Door de landbouwactiviteiten wordt tegenwoordig met dit kwelwater ook sulfaat meegevoerd.

Wanneer gedurende de zomer het waterpeil nog steeds hoog staat wordt de kweldruk verminderd (en daarmee de aanvoer van ijzer), en worden onder invloed van bacteriën het sulfaat omgezet in sulfide. Dit is zeer ongunstig aangezien het sulfide sterk met het ijzer bindt waardoor het fosfaat vrij komt en eutrofiering veroorzaakt. Daarnaast is sulfide in hoge concentraties giftig. Als gevolg van dit proces stierven er bomen waardoor extra veel licht op de bosbodem kon komen met als gevolg dat de ondergroei nog verder verslechterde (sterke groei, afname biodiversiteit). Bij het versterken van waterberging in (verdroogde) broekbossen moet men alert zijn op dergelijke risico's.

4.4 Water vasthouden en waterkwaliteitsverbetering

4.4.1 Pilot Hunze

4.4.1.1 Achtergrond

Aan het begin van de twintigste eeuw was het Zuidlaardermeer helder en rijk aan ondergedoken waterplanten (Havinga 1919, Clason 1928). Tegenwoordig is het meer geëutrofeerd met als gevolg dat het water troebel is, dat ondergedoken waterplanten afwezig zijn en dat de visstand wordt gedomineerd door Brasem. Ook komt regelmatig bloei van blauwalgen voor, hetgeen meerdere malen heeft geleid tot een zwemverbod (Klinge *et al.* 2000).

De oorzaak van de voedselrijkdom in het Zuidlaardermeer is een hoge aanvoer van fosfor en stikstof vanuit de Hunze. Tegelijkertijd is de kenmerkende moerasvegetatie langs de Hunze zo goed als verdwenen door intensivering van de landbouw. Recentelijk zijn ideeën geopperd om deze ontwikkelingen tegen te gaan door onder andere het aanleggen van 'nieuwe natuur' op voormalige landbouwgronden langs de Hunze, en deze gebieden tegelijk te gebruiken om nutriënten uit het beekwater te verwijderen. Dit zou de mogelijkheid geven om water in het systeem langer vast te houden (WB21) én de waterkwaliteit van Hunze en Zuidlaardermeer te verbeteren (KRW). De nieuw aan te leggen overstromingsmoerassen zullen in het gebied meerdere functies vervullen: (1) zuivering van het oppervlaktewater voor een helder Zuidlaardermeer; het meer is één van de waterlichamen in het Hunze-gebied waarvoor vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) wordt gestreefd naar een goed ecologisch potentieel, (2) voorzuivering ten behoeve van drinkwaterwinning en (3) natuurontwikkeling inclusief vergroting recreatieve beleving van het gebied.

Uit een literatuurstudie bleek dat moerassen ook in het Hunze-gebied in principe zouden kunnen bijdragen aan een substantiële vermindering van de nutriëntenbelasting benedenstrooms maar tegelijkertijd dat er in de verschillende studies grote verschillen bestaan in de mate van reductie die op verschillende locaties kunnen worden gehaald. Bovendien zijn er ook gevallen bekend waarin vernatting juist tot nalevering van fosfaat leidt. Besloten is op basis van de literatuurstudie om een proeflocatie van 1,6 ha langs de benedenloop van de Hunze aan te leggen en in de praktijk te meten in hoeverre nutriënten uit het water worden verwijderd (Olde Venterink *et al.*, 2002). Vanaf 2005 zijn op deze locatie experimentele inundaties uitgevoerd (Mouissie, 2006).

4.4.1.2 Doelstelling pilot

De pilot Hunze richt zich in hoofdzaak op waterkwaliteitseffecten van het vasthouden van water op veengronden dan wel vernatting van gebieden in het stroomdal van de Hunze. De resultaten van de pilot worden gebruikt om te beoordelen in welke mate moerasontwikkeling bijdraagt aan de KRW-doelstelling voor het Zuidlaardermeer en om na te gaan hoe vanuit het oogpunt van natuur en waterkwaliteit het gebied Tusschenwater (een nieuw aan te leggen moerasgebied ten zuiden van het Zuidlaardermeer) het best kan worden ingericht. Deze pilot heeft, evenals het Harderbos, een experimenteel karakter.

De onderzoeksvragen zijn:

1. In welke mate dragen overstromingsmoerassen in de Hunze bij aan nutriëntenverwijdering uit Hunze-water?
2. In welke mate gaan nutriëntenverwijdering en natuurontwikkeling in overstromingsmoerassen samen?
 - a) Zijn er verschillen in effectiviteit in nutriëntenverwijdering tussen dotterbloemhooilanden en rietlanden?
 - b) Zijn er verschillen in effectiviteit in nutriëntenverwijdering tussen soortenrijke en soortenarme varianten van hetzelfde vegetatietype?

De volgende partijen werkten mee aan de pilot: Waterschap Hunze en Aa's, RU Groningen, Grontmij en Provincie Drenthe. Waterschap Hunze en Aa's was trekker en heeft het project als pilot binnen het Pilotprogramma Waterberging-Natuur gebracht.

De proef maakt onderdeel uit van een breder opgezet proefproject (Interreg-project Water4all/ Water Cost) waarin onder de vlag van de provincie Drenthe tevens is gekeken naar mogelijkheden van infiltratie van Hunze-water en ondiepe winning.

4.4.1.3 Werkwijze

De proeflocatie van ongeveer 1,6 ha is gelegen langs de benedenloop van de Hunze nabij de Groeve. De proeflocatie is omkaderd met dijken, waarbinnen vier compartimenten zijn aangelegd, gescheiden door tussenkades. In twee lager gelegen compartimenten zijn rietstekken uitgezet en in de twee andere compartimenten ontwikkelt zich een hooilandvegetatie. In één van de compartimenten met hooiland en één van de compartimenten met riet zijn extra soorten ingezaaid en uitgeplant om meer soortenrijke vegetaties te laten ontstaan.

In de proef is een overstromingsperiode gesimuleerd, waarbij water in korte tijd als golf binnenkomt en dan langzaam weer afstroomt en uitzakt. Water wordt onder vrij verval binnengelaten via een duiker door de kade langs de Hunze, en via een spleetstuw uitgelaten. De waterdoorvoer kan zowel bij de inlaat als de uitlaat gereguleerd worden.

Zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit werden gemonitord. In het achtergrondrapport (Mouissie & van Diggelen, 2008) zijn de methoden in detail beschreven.



Inlaat van water in het proefgebied.



Volgelopen compartiment met Riet-vegetatie

4.4.1.4 Resultaten

De hier gepresenteerde resultaten zijn voorlopig. In het bijbehorende achtergrondrapport zullen de definitieve resultaten staan, die ook meer in detail zullen worden beschreven.

Verwijdering van nutriënten

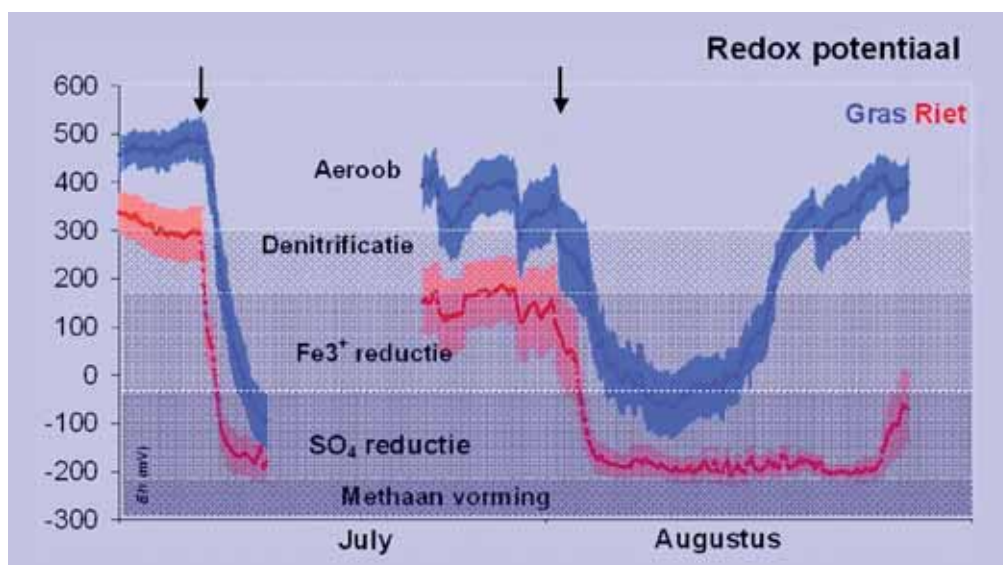
In tabel 4.1 is de nutriëntenbalans per element en per type begroeiing aangegeven, gebaseerd op vier inundaties in het zomerhalfjaar van ca. 10 dagen elk. Er bleken geen duidelijke verschillen te zijn tussen de verwijderingsefficiëntie van soortenrijke en soortenarme varianten (alhoewel nadere statistische analyse nog nodig is) en de getallen zijn derhalve gemiddelde waarden van beide varianten.

Tabel 4.1 Nutriëntenbalans van stikstof en fosfor (kg/ha) in de hooilandcompartimenten en de rietcompartimenten. Positieve waarden geven een toename in nutriënten aan, negatieve waarden betekenen dat nutriënten zijn vastgelegd cq. verwijderd.

	Stikstof		Fosfor	
	Gras	Riet	Gras	Riet
Aanvoer Hunze 4 inundaties	9.9 +	13.9 +	0.83 +	1.26 +
Depositie	10.0 +	10.0 +		
Afvoer	6.0 -	8.4 -	0.17 -	0.26 -
Inzijing	4.0 -	5.6 -	0.48 -	0.74 -
Denitrificatie	31.7 -	27.4 -		
Afvoer via maaien	103.6 -	(115.0) -	16.10 -	(19.78) -
Accumulatie in systeem	125.4 -	(132.5) -	15.92 -	(19.52) -

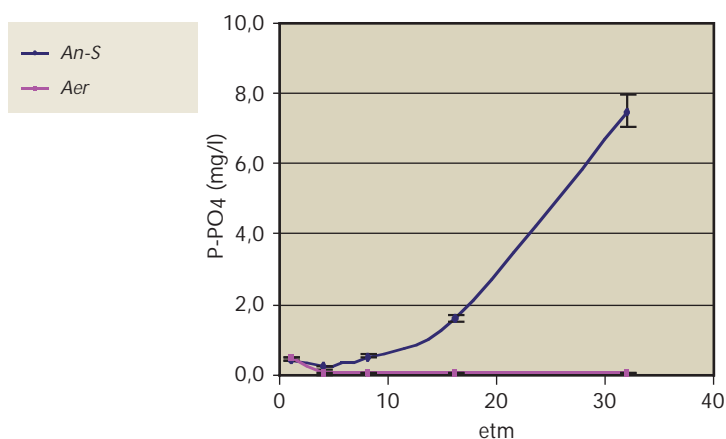
Zowel in de hooiland- als rietcompartimenten blijken stikstof en fosfor af te nemen. Dit betekent dus dat er inderdaad nutriënten verwijderd of vastgelegd worden. Verontrustend is echter dat dit geheel voor rekening komt van het gevoerde maai-beheer. Wanneer dit zou ontbreken dan zouden de systemen fosfor accumuleren. Er zou wel nog steeds een beperkte hoeveelheid stikstof verdwijnen.

Meting van de redoxpotentialen laat zien dat de redoxpotentialen in riet over het algemeen lager, én langer laag zijn dan die onder hooiland (in figuur 4.17 als 'gras' aangeduid). In de laatste zakken de redoxpotentialen nauwelijks diep genoeg voor sulfaatreductie. Te verwachten is dan ook dat in de rietcompartimenten meer fosfaat vrijkomt maar dit wordt niet bevestigd door de metingen. De absolute waarden liggen weliswaar iets hoger onder riet dan onder hooiland maar uitgedrukt als fractie van de input reageren beide compartimenten gelijk.



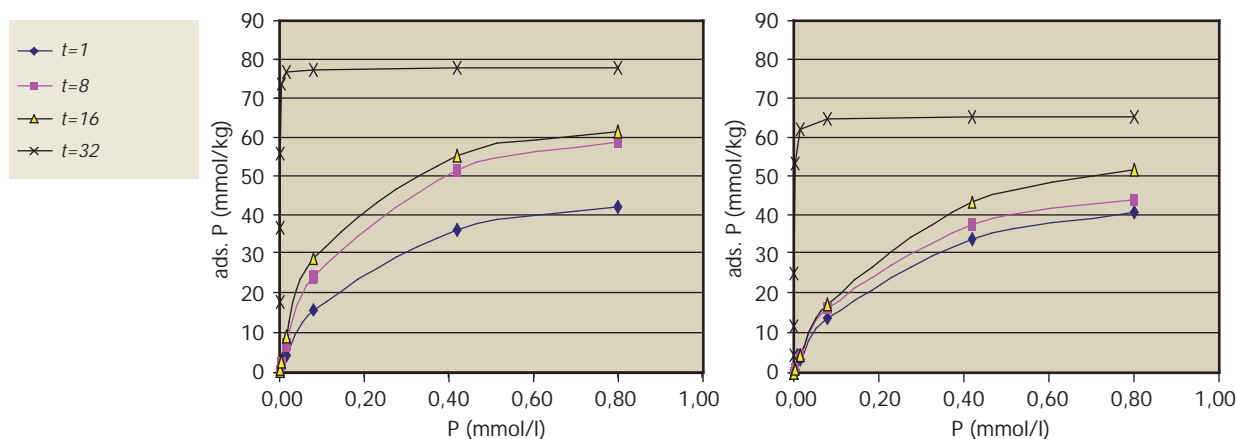
Figuur 4.17 Verloop van de redoxpotentiala in het hooiland (gras) en riet-compartiment. De pijlen geven het moment van overstroming aan. SO_4 : sulfaat, Fe^{3+} : ijzer.

Uit de metingen blijkt dat het grootste deel van de afgevoerde nutriënten uit het systeem zelf komen, namelijk uit de bodem. Wanneer alleen naar input en output wordt gekeken dan presteert het systeem betrekkelijk matig. Met betrekking tot stikstof zijn de aan- en afvoer via het water identiek onder beide landgebruiksvormen, zij het dat ca. 40% naar de waterwinning infiltreert. Zo gezien levert de waterwinning een grotere bijdrage aan de verwijdering van stikstof uit het systeem dan het zuiveringsmoeras! Voor fosfor zijn deze verschillen nog groter, zij het dat hier wel sprake is van netto afname van fosfor wanneer input en output wordt vergeleken.



Figuur 4.18 Adsorptie/desorptiegedrag van fosfor bij inundatie op ijzerhoudende veenbodem uitgezet tegen de inundatietijd. Na ruim 10 dagen treedt serieuze desorptie op. Bron: Kemmers, 2007 (etm: etmaal).

Een laboratoriumstudie van het adsorptie- en desorptiegedrag van fosfor (vermogen tot binden dan wel vrijkomen van fosfor) aan de ijzerhoudende veenbodems liet zien dat fosfaatdesorptie (vrijkomen) optreedt vanaf een week inundatie, waardoor de orthofosfaat concentratie in het bodemvocht oploopt (figuur 4.18) (Kemmers 2007). Maximale concentraties orthofosfaat traden op na een maand inundatie. Tegelijk bleek de adsorptiecapaciteit en de bindingssterkte sterk toe te nemen naarmate de grond aan een langere inundatieduur heeft blootgestaan (figuur 4.19). Hierdoor wordt een deel van het vrijgekomen fosfaat weer gebonden. Dit suggereert dat langdurige inundatie onder stagnerende omstandigheden op ijzerhoudende (!) veenbodems, gevolgd door een droge periode tot op zekere hoogte leidt tot netto fosfaatvastlegging. Nader onderzoek op dit punt is noodzakelijk.



Figuur 4.19 Readsorptie van fosfaat onder aerobe en anaerobe omstandigheden. Bij oplopende P-concentratie neemt het vermogen P te readsorberen toe (Kemmers, 2007).

4.4.1.5 Discussie

Nutriëntenverwijdering

Fosfaat werd in de eerste inundaties van 2005 verwijderd, maar in 2006 werd op een aantal momenten een hogere fosforconcentratie (zowel opgelost als onopgelost) gemeten in de compartimenten in vergelijking tot het ingelaten water. In absolute zin was de afgifte van fosfaat gering. De redoxmetingen laten zien dat in alle compartimenten de redoxpotential zover daalt dat ijzerreductie mogelijk is. Het verschil tussen de compartimenten moet daarom verklaard worden uit de verschillen in fosfor-beschikbaarheid. De bodem is in het niet-soortenrijke grasland niet afgeplagd, waardoor alle fosfaat uit de bouwvoor nog aanwezig is. In alle andere compartimenten is tenminste een deel van de bouwvoor afgeplagd.

De opgeloste stikstofverbindingen (nitraat, nitriet, ammonium) bleken substantieel verwijderd te worden uit het oppervlaktewater (verwijderingsefficiëntie tot 100%). Organisch gebonden stikstof werd tijdens de inundaties echter meestal geleverd, vooral in het grasland. Het is niet uitgesloten dat deze levering komt door de proefopzet en in de praktijk niet zal optreden. Ten eerste stroomt het water met een grotere snelheid het proefvlak binnen (vanwege de relatief kleine diameter van de buis) dan bij een natuurlijke overstroming. Hierdoor wordt bij het binnenstromen bodemmateriaal meegevoerd. Ten tweede is bemonstering van onopgeloste bestanddelen in wetlands een bekend probleem. Tijdens de bemonstering kan gemakkelijk organisch stikstof worden opgewerveld.

De resultaten van de laatste metingen in 2007 (Mouissie & van Diggelen, 2008) wijzen erop dat er wellicht sprake is van enige netto P-afgifte in plaats van lichte netto P-vastlegging. Dit zou betekenen dat in de loop van de jaren de P-afgifte toeneemt. Bij inrichting van het systeem met

gerichte maatregelen en bij een goed beheer (verwijderen voedselrijke bovenlaag op plekken met hoogste P-gehalten, gunstige waterregime, consequent Rietlandbeheer met afvoeren van biomassa) is de verwachting vooralsnog dat de netto P-afgifte op een laag niveau kan worden gehouden.

Verschillen tussen rietlanden of dotterbloemhooilanden

Zowel in relatieve zin als in absolute zin functioneerden de rietcompartimenten beter dan de grascompartimenten. In rietland was de verwijderingsefficiëntie van de fosfor hoger dan in grasland en er werd minder fosfaat en organisch stikstof geleverd. Bovendien was de totale verwijderde massa (in kg N/ha) ammonium, nitraat en nitriet in rietland hoger dan in grasland, omdat een groter volume water per ha werd aangevoerd. De afgifte van fosfaat was hoger in de niet-soortenrijke grasvegetatie dan in het soortenrijke grasland/dotterbloemhooiland. Dit komt waarschijnlijk niet door de lagere soortenrijkdom maar eerder door de hogere fosfaatbeschikbaarheid. Alleen in het soortenrijke grasland is namelijk een deel van de bouwvoor (tot 15 cm) verwijderd.

4.4.1.6 Conclusies

De pilot had als centrale onderzoeksvraag: In welke mate dragen overstromingsmoerassen in de Hunze bij aan nutriëntenverwijdering uit Hunze-water? Daarnaast was de vraag in welke mate nutriëntenverwijdering en natuurontwikkeling in overstromingsmoerassen samen gaan? Daarbij is aanvullend de vraag gesteld: zijn er verschillen in effectiviteit in nutriëntenverwijdering tussen dotterbloemhooilanden en rietlanden, en zijn er verschillen in effectiviteit in nutriëntenverwijdering tussen soortenrijke en soortenarme varianten van hetzelfde vegetatietype?



Voorlopige conclusies zijn:

- Er is in alle behandelingen sprake van een netto-verwijdering van stikstof en fosfaat in de vier compartimenten;
- Verreweg de grootste verwijderingspost is het gevoerde maaibeheer;
- Zonder maaibeheer vindt er accumulatie van fosfor in het systeem plaats; stikstof zou nog steeds (beperkt) afnemen;
- Er is slechts een klein verschil in effectiviteit in nutriëntenverwijdering tussen dotterbloemhooilanden en rietlanden, en géén verschil tussen soortenrijke en soortenarme varianten van hetzelfde vegetatietype;

- De adsorptiecapaciteit (het bindend vermogen) van de ijzerhoudende gronden neemt netto toe na vernatting, alhoewel aanvankelijk enige fosfor-afgifte optreedt;
- Hierdoor kan additioneel fosfaat worden gebonden. Dit proces is echter eindig vanwege de ijzerbeschikbaarheid die uiteindelijk afneemt. De duur van de ijzerbeschikbaarheid is feitelijk niet goed bekend, maar ligt vermoedelijk in de ordegrootte van (tientallen) jaren.

Wat betekenen deze resultaten voor de toekomstige inrichting en waterkwaliteit van het Zuidlaardermeer? De voorlopige conclusies laten zien dat moerassen aan de zuidzijde tot op zekere hoogte kunnen bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit van Hunze en Zuidlaardermeer. Op deze manier meegenomen in de totale KRW-analyse voor Hunze en Zuidlaardermeer kunnen (samen met andere maatregelen) nieuwe moerassen bijdragen in het halen van de waterkwaliteitsdoelstellingen. Aan de hand van de gegevens uit 2007 (Mouissie & van Diggelen, 2008) moet worden nagegaan of deze conclusie kan standhouden. In ieder geval lijkt de vrees voor substantiële en permanente fosfaatnalevering vanuit nieuwe natuurgebieden bij een juiste inrichting en goed beheer ongegrond. Enkele randvoorwaarden:

1. het in te stellen waterregime in gebied Tusschenwater: in geval van langdurige winterinundatie en droogvallen in de zomerperioden, feitelijk een situatie die refereert aan de waterhuishoudkundige omstandigheden van voor de ruilverkavelingen in het gebied, werkt het systeem goed.
2. beheer van het gebied: rietland en hooilandbeheer is van belang om fosfaat ook daadwerkelijk uit het systeem te verwijderen.

4.4.2 Ervaringen andere projecten

Er bestaan in Nederland diverse voorbeelden van helofytenfilters ofwel zuiveringsmoerassen. Er zijn een drietal hoofdtypen te onderscheiden:

- Vloevelden
- Horizontaal doorstroomde helofytenfilters
- Vertikaal doorstroomde helofytenfilters

Met name de vertikaal doorstroomde helofytenfilters worden in Nederland nogal eens toegepast als schakel tussen een RWZI en het oppervlaktewater. Een veel gebruikte helofyt is Riet, maar ook Lisdodde, Mattenbies en Gele lis. Het ruimtebeslag varieert van minder dan 1 tot circa 7 ha. Deze systemen kunnen een hoog verwijderingsrendement bereiken voor stikstof (25-94%) en fosfor (60-97%) (Royal Haskoning, 2003). Volgens Meuleman (1999) zijn dergelijke moerassen zeer geschikt om organische stof en ziekteverwekkende micro-organismen uit afvalwater te verwijderen, maar het rendement om stikstof en fosfor te verwijderen is vaak te laag. In de praktijk blijkt het rendement sterk te kunnen variëren.

Bij vloevelden stroomt het verontreinigde water over de bodem van een moeras, tussen de planten door. Dit past alleen maar bij matig verontreinigd water. Ook deze systemen worden ingezet als zuiveringsstap gekoppeld aan een RWZI (bijv. Evertsekoog, Land van Cuijk). Op www.waterharmonica.nl zijn diverse praktijkvoorbeelden nader omschreven (Schomaker *et al.*, 2005). Het zuiveringsrendement van nutriënten is tamelijk laag (10-15%). Met name fosfaat is moeilijk te verwijderen.

Momenteel loopt een groot proefproject (www.waterparkhetlankheet.nl) nabij Haaksbergen waarmee men via helofytenfilters de waterkwaliteit van de Buuserbeek wil gaan verbeteren. Via een rietveldensysteem wordt jaarlijks 1,7 tot 2,5 miljoen m³ oppervlaktewater gezuiverd. De biomassa van het riet wordt gebruikt als bron voor bio-energie. Tevens wordt met dit project invulling gegeven aan 30 ha waterberging, verdrogingsbestrijding in 3 ha broekbos, recreatie en herstel van cultuurhistorische waarden. Men verwacht een zuiveringsrendement van 250 kg fosfaat en 2500 kg stikstof per jaar, waardoor het fosfaatgehalte afneemt in de Buuserbeek van 0,20 milligram tot 0,05-0,10 milligram.

Bij de aanleg van de Blauwe stad is rekening gehouden met een functiecombinatie van waterberging met waterzuivering via een zuiveringsmoeras met riet en ondergedoken waterplanten. Er wordt vanuit gegaan dat waterberging met eutroof boezemwater eens per 30 jaar nodig zal zijn. Verder ontvangt de Blauwe stad relatief schoon water uit het peilgebied de Hongerige Wolf. Door de overheersende windrichting (uit het zuidwesten) wordt het water in de Blauwe stad naar het noordoosten gestuwd. Het water kan hier terugvloeien naar het zuidwesten, maar dat kan alleen via passage van het zuiveringsmoeras. Het verwijderingsrendement voor N en P is nog niet bekend.

4.5 Bergen van stedelijk water

4.5.1 Pilot Woolde

Eén van de geselecteerde pilots ligt langs de Woolderbinnenbeek in de provincie Overijssel. Het retentiegebied (en natuurontwikkelingsgebied) Woolde maakt deel uit van een een groter geheel waarbij water uit de stad Hengelo en omgeving tijdelijk wordt opgevangen in drie bergingsvijvers (waterpark 't Genseler). Het Woolde is in 2003 in het kader van de 100 miljoen regeling van het Nationaal Bestuursakkoord Water ingericht ten behoeve van retentie van water, natuurontwikkeling en recreatie. Daartoe is het gebied deels afgegraven. Het terrein beslaat ca. 40 ha en ligt op het grondgebied van de gemeente Hengelo, in het beheergebied van Waterschap Regge en Dinkel en is eigendom van Stichting Twickel (figuur 4.20). Pilot Woolde is het enige gebied in het pilotprogramma Waterberging en natuur waarbij sprake is van berging van water afkomstig uit stedelijk gebied.

Waterschap Regge en Dinkel was trekker van de pilot. RWS RIZA (nu RWS Waterdienst) heeft als trekker van het pilotprogramma Waterberging-Natuur een coördinerende en redigerende rol gehad.



Figuur 4.20 Overzichtkaart met ligging van pilotgebied Woolde (rood omlijnd) ingeklemd tussen de urbane gebieden Hengelo, Borne en Delden. Dwars door het pilotgebied loopt de Woolderbinnenbeek (van ZW naar NO).

4.5.1.1 Doelstelling pilot

Retentiegebied Woolde is aangelegd om piekafvoeren uit stedelijk gebied te bergen. Retentie van stedelijk water kent een andere problematiek dan retentie van landbouwwater. Zowel de waterbergingsdynamiek als de waterkwaliteit kunnen anders zijn. Water vanuit de stad voert een complex van stoffen af, afkomstig van o.a. verkeer. Hoewel de waterkwaliteit van stedelijk water in de afgelopen jaren is verbeterd, kan deze nog steeds problematisch zijn indien toxische stoffen in natuur(ontwikkelings)gebieden terecht komen. Het is onbekend in hoeverre de waterkwaliteit beperkend is voor natuurontwikkeling. Daarnaast is onbekend in hoeverre ten tijde van hoogwater de waterkwaliteit verandert, en depositie van slib en stoffen de aanwezige natuurwaarden beïnvloedt.

Onderzoeksvragen waren:

- Hoe functioneert Woolde als waterbergingsgebied?
 - Komt de benodigde inzet overeen met de verwachting? (ca. eens per jaar)
 - Hoe verloopt de waterbergingsdynamiek?
- Hoe is de waterkwaliteit en hoe verandert deze bij hoogwater?
- Hoeveel slib blijft er achter, en van welke kwaliteit is dit slib?
- Wat is het effect van waterberging op de bodemkwaliteit in het retentiegebied?
- Wat is het effect van waterberging op de ontwikkeling van vegetatie en fauna?

4.5.1.2 Werkwijze

De onderzoeksperiode besloeg medio 2004 tot medio 2007. In het gebied is informatie verzameld over de neerslag en verdamping, oppervlaktewater- en grondwaterpeil, oppervlaktewater- en grondwaterkwaliteit, bodem, vegetatie en fauna. De metingen met slibmatten zijn helaas niet gelukt.

In het achtergrondrapport van de pilot Woolde (Pilotprogramma Waterberging-Natuur 2008c) zijn de gebruikte methoden in detail besproken.

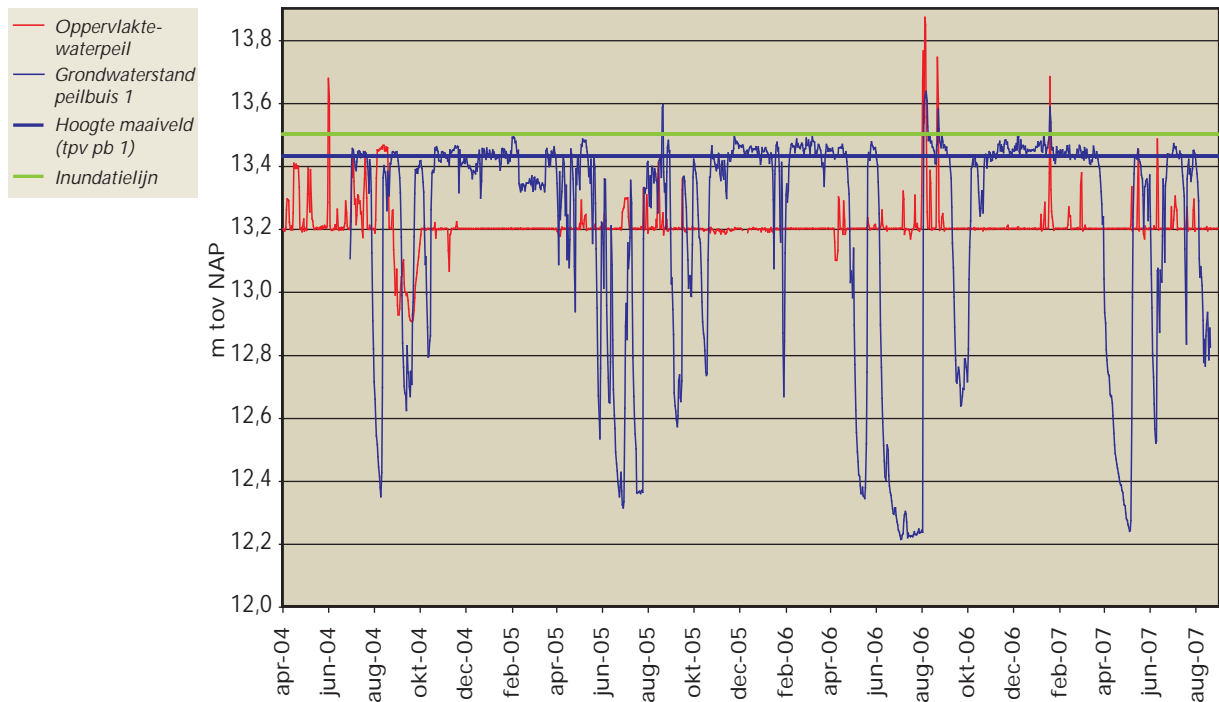
4.5.1.3 Resultaten

In het achtergronddocument over de pilot Woolde wordt uitgebreid gerapporteerd over de resultaten van het onderzoek. Hieronder volgt een doorsnede van de resultaten.

Waterkwaliteit

Het streefpeil van het retentiegebied is 13.20 m +NAP. Het maximale toelaatbare waterpeil is 14.00 m +NAP (er staat dan gemiddeld een halve meter water op het maaiveld). Het streefpeil wordt door de geautomatiseerde stuw vooral in 2005, 2006 en 2007 meestal heel constant aangehouden (figuur 4.21). Tot augustus 2006 was nauwelijks sprake van waterberging in pilot Woolde. Alleen in 2004 (door onderhoudswerkzaamheden) en in de natte zomer van 2005 is sprake geweest van enkele korte en kleine inundaties. In de zeer natte maand augustus van 2006 overstroomde het retentiegebied echter drie maal achtereenvolgend. In 2007 (t/m augustus) is het gebied éénmaal geïnundeerd.

In figuur 4.21 is de relatie tussen de grondwaterstand en de oppervlaktewaterstand (van de Woolderbinnenbeek) weergegeven. De grondwaterstand is meestal hoger dan het peil van het oppervlaktewater. In een normale afvoersituatie heeft het oppervlaktewater nauwelijks invloed op het grondwater.

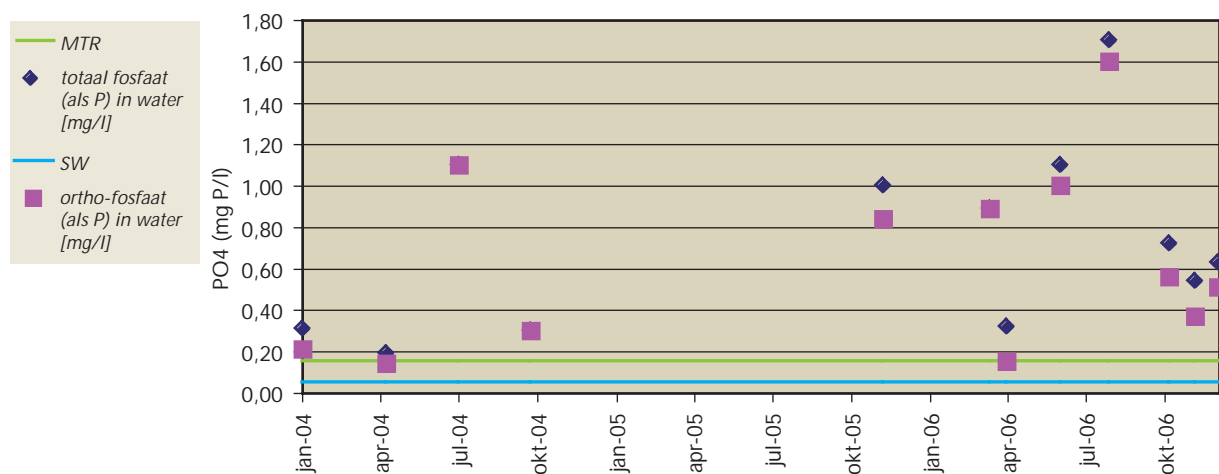


Figuur 4.21 Waterstanden grondwater en oppervlaktewater in Woolde vanaf juni 2004 tot september 2007.

Waterkwaliteit

Het water in de Woolderbinnenbeek bestaat in de normale afvoersituatie grotendeels uit effluent van de zuivering Enschede. Bij hoogwater lozen diverse overstorten van het gemengde riolerings-systeem van Hengelo op de Woolderbinnenbeek. De waterkwaliteit heeft daardoor een stedelijk karakter.

In alle meetjaren zijn de fosfaat-gehalten hoog en sterk normoverschrijdend. Het totaal fosfaat-gehalte bestaat voor het grootste deel uit ortho-fosfaat, wat betekent dat het vooral gaat om opgelost ("mobiel") fosfaat (figuur 4.22). Het stikstofgehalte overschrijdt in bijna alle metingen de MTR-norm. Van de geanalyseerde metalen overschrijden concentraties koper en zink af en toe de MTR norm, en nikkel in alle gevallen.



Figuur 4.22 Concentratie totaal-fosfaat en ortho-fosfaat (mg P/l) in het oppervlaktewater in de Woolderbinnenbeek.

Zowel PAK als diverse bestrijdingsmiddelen zijn aangetoond, maar niet in normoverschrijdende concentraties. Van de geanalyseerde bestrijdingsmiddelen is 'Round-up', dat in het stedelijk groenbeheer wordt toegepast, terug te vinden in de componenten AMPA en Glyfosaat.

In 2006 zijn aanvullend geneesmiddelen geanalyseerd in het oppervlaktewater van de Woolderbinnenbeek. Er is weinig bekend over welke geneesmiddelen het meest worden gebruikt, en ook over de ecotoxicologische effecten is nog weinig bekend. Vooralnog ontbreekt een norm voor geneesmiddelen en hormonen. Vanuit de EU wordt echter een drempelwaarde van 0.01 µg/l aanbevolen. Alle aangetoonde stoffen (o.a. pijnstillers, antibiotica, bètablokkers en hormonen; zie achtergrondrapport Woolde) overschrijden deze waarde. Voor de niet aangetoonde stoffen is in bijna alle gevallen de detectiegrens hoger dan deze waarde waardoor eventuele overschrijdingen mogelijk niet gesignaleerd worden.

Ten tijde van hoogwater lijken zwevend stof, fosfaatgehalten en veel andere stoffen niet duidelijk te verschillen van concentraties bij normale afvoeren. Van sommige stoffen werden iets lagere concentraties gemeten (stikstof, nikkel, zink, chloride). De bemonsteringen waren beperkt tot één meting, wat het trekken van harde conclusies moeilijk maakt. Hoe de waterkwaliteit in de beekloop ruimtelijk verandert tussen instroom en uitstroom van het retentiegebied is niet onderzocht.

De analyses van het grondwater wijzen op schoon grondwater wat gering is belast met meststoffen en metalen. De grondwaterkwaliteit blijft gedurende de onderzoeksperiode ongeveer gelijk. Wel blijkt het fosfaatgehalte in 2006 en 2007 hoger te zijn dan in 2004 en 2005. Ook concentraties van koper, natrium en kalium zijn hoger in 2006. Mogelijk zijn deze hogere stofconcentraties een gevolg van de overstromingen in deze periode.

Bodem

Zowel in 2004 als in 2007 is de kwaliteit van de bodem bepaald. Uit de C/N en C/P verhoudingen kan afgeleid worden dat stikstof en fosfor beschikbaar komt. De gehalten aan totaal stikstof en fosfor zijn echter relatief laag; de bodem is voedselarm. De bodem is laag belast met metalen en chemische verontreinigingen. De bodemkwaliteit lijkt niet duidelijk te zijn beïnvloed door de inundaties.



Luchtfoto van het retentiegebied Woolde tijdens hoogwater 18 en 19 januari 2007 (Bron: Aerofoto Brouwer, Brummen).

Flora en Fauna

In het gehele terrein zijn de ruigtesoorten sterk afgenomen. De produktiegraslanden zijn schraler en soortenrijker geworden. De geplagde terreinen hebben zich ontwikkeld van een pioniersvegetatie tot schraal grasland waarin nog steeds veel onbegroeide grond is. Verruiging is uitgebleven. Zeldzame soorten zijn bijna allemaal toegenomen. De trage ontwikkeling van de vegetatie is een gunstig teken voor de toekomst. Het duidt erop dat de bodem schraal is en weinig meststoffen bevat. Er is op een aantal plaatsen wel meer opslag van diverse wilgensoorten en zwarte els, waardoor de vegetatie plaatselijk begint te verbossen. Voor wat betreft het open water kan in algemene zin worden gezegd dat dit meer is dichtgegroeid met riet en grote en kleine lisdodde. Ook in het water komt veel opslag van diverse wilgensoorten voor.

Al snel na aanleg bleek dat het gebied Woolde een grote aantrekkingskracht had op vele vogelsoorten. In 2007 zijn in inundatiegebied Woolde ongeveer evenveel broedvogels waargenomen als in 2004 (55). Een aantal rode lijst soorten zijn in 2007 niet meer waargenomen die wel aanwezig waren in 2004, maar daar staat tegenover dat er enkele nieuwe rode lijstsoorten zijn verschenen.

4.5.1.4 Conclusies

Aan de hand van de oorspronkelijke onderzoeksvragen, kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Hoe functioneert het Woolde als bergingsgebied; komt de inzet overeen met de verwachting? En hoe verloopt de waterbergingsdynamiek?

Het retentiegebied voldoet aan de verwachting die het waterschap bij inrichting voor ogen had. Afvoerpieken worden afgevlakt door begrenzing van de stuw. De inzet was volgens verwachting gemiddeld circa eens per jaar, hoewel overstromingen nogal ongelijk verspreid waren. In de gehele periode van onderzoek hebben in het retentiegebied vijf maal inundaties plaatsgevonden. Drie daarvan vonden plaats in de zomer van 2006. Dit was dan ook, meer dan de andere onderzoeksjaren, een jaar met extreme temperaturen en neerslaghoeveelheden. Opvallend is dat de grootste inundatie 's zomers was. In gebieden waar water uit landelijk gebied komt is berging dan meestal niet nodig vanwege voldoende mogelijkheden tot inzijging (en verdamping). De bergingsdynamiek van stedelijk water heeft een ander karakter. Deze wordt gekenmerkt door een extra hoge afvoerdynamiek doordat veel neerslag direct wordt afgevoerd via de rioleringsstelsels en weinig gelegenheid krijgt om de bodem in te zijgen. Daarom is de kans groot dat ook 's zomers berging nodig kan zijn.

In het retentiegebied zelf hangt de mate van inundatie niet alleen af van de afvoerpiek maar ook van de situatie als gevolg van de periode ervoor. In het Woolde bleken grondwaterstanden sterk te dalen of juist te stijgen als gevolg van de extreme weerswisselingen (veel/weinig neerslag, verdamping). Dit heeft een direct gevolg op de bergingscapaciteit van het gebied als zich weer een afvoerpiek aandient, zoals in augustus 2006. Anderzijds zal dit verschil in verhouding tot het totale stroomgebied relatief beperkt zijn.

Hoe is de waterkwaliteit en hoe verandert deze bij hoogwater?

Het water in de Woolderbinnenbeek bestaat in de normale afvoersituatie grotendeels uit effluent van de zuivering Enschede. De waterkwaliteit heeft een stedelijk karakter. PAK en diverse bestrijdingsmiddelen zijn wel aangetoond, maar niet normoverschrijdend. Concentraties aan verschillende geneesmiddelen overschrijden de door de EU aanbevolen drempelwaarde. De MTR normen voor stikstof, fosfaat, zink en nikkel worden meestal overschreden. Het meest opvallende is de hoge concentratie aan opgelost fosfaat.

Het grondwater is van betere kwaliteit dan het oppervlaktewater. In een reguliere situatie wordt het grondwater waarschijnlijk niet beïnvloed door het beekwater. Tijdens inundaties is dit anders. Mogelijk is de geconstateerde (lichte) tijdelijke toename van metaal- en nutriëntenconcentraties in het grondwater een gevolg van de overstromingen.

Het is één maal gelukt om ook tijdens hoogwater watermonsters te analyseren (dus resultaten dienen met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden). Ten opzichte van de 'reguliere' situatie blijken bij hoogwater gehalten aan zwevend stof, fosfaat en veel andere stoffen niet duidelijk te verschillen. Wel zijn lagere stikstofconcentraties gemeten, en ook het chloridegehalte nam af. Hetzelfde geldt voor nikkel, zink en sommige PAK. De waargenomen verschillen lijken dus eerder te wijzen op een verbeterde kwaliteit dan een verslechtering. Dit is opmerkelijk aangezien meestal het tegenovergestelde wordt waargenomen: hoge concentraties van bijvoorbeeld nutriënten en zware metalen doordat bij afvoerpieken meer water afkomstig is van afspoeling en uitspoeling uit de bovenste (veelal meer vervuilde) bodemlaag en doordat door overstroming juist veel zwevend stof wordt meegevoerd waaraan dergelijke stoffen gebonden kunnen zitten. Ook riooloverstorten kunnen tot tijdelijke verhogingen van concentraties van bepaalde stoffen in het oppervlaktewater leiden (bijvoorbeeld fosfaat). In geval van het gebied Woolde ligt een verklaring voor de lage waarden waarschijnlijk in het stroomopwaarts bezinken van het meeste sediment en de hieraan gebonden stoffen (zie onder). Daarnaast kan ook een langdurige regenperiode, zoals in augustus 2006, uiteindelijk leiden tot lagere concentraties in verband met verdunning.

Hoeveel slib blijft er achter, en van welke kwaliteit is dit slib?

In de huidige opzet was het sedimentatieonderzoek zeer beperkt mogelijk gebleken. Het was echter één keer mogelijk te constateren dat er zeer weinig sediment was afgezet op de slibmat. Bij andere overstromingen is in het veld ook waargenomen dat er geen duidelijke sliblaag achterblijft na inundatie. Ook gezien de waterkwaliteitsbemonstering tijdens hoogwater lijkt het er op dat slibafzet geen probleem vormt. Recent onderzoek van het waterschap¹⁵ wijst uit dat een belangrijk deel van het sediment bezinkt in de stroomopwaarts gelegen retentievijvers van het gebied Genseler. De vijvers werken dus in feite als slibvang, en zorgen ervoor dat het natuurontwikkelingsgebied Woolde niet of in geringe mate belast wordt met slib en aangehechte stoffen. (Hierdoor zal periodieke verwijdering van het slib in de vijvers wel nodig zijn.)

Wat is het effect van waterberging op de bodemkwaliteit in het retentiegebied?

De bodem is voedselarm en laag belast met nutriënten en toxicanten. Ook aan het einde van de onderzoeksperiode was dit zo, hoewel nutriëntgehalten iets hoger waren ten opzichte van 2004. De inundaties lijken geen negatieve gevolgen te hebben gehad voor de bodem. De inundaties waren beperkt van aantal en van korte duur. Bovendien lijkt zich weinig slib (met hieraan gebonden stoffen) af te zetten, waardoor de bodem ook niet belast wordt. Eventuele veranderingen zullen zich langzaam voltrekken.

15 Na de onderzoeksperiode van de pilot; niet opgenomen in het eerder verschenen achtergrondrapport Woolde

Wat is het effect van waterberging op de ontwikkeling van vegetatie en fauna?

Zoals hiervoor is aangegeven is de kans dat waterberging ook 's zomers nodig is vrij groot als het water uit stedelijk gebied komt. Vanuit diverse studies (o.a. Runhaar *et al.* 2004) is bekend dat effecten van inundatie in het zomerhalfjaar op de natuur veel sterker kunnen zijn dan in het winterhalfjaar. In die zin kan waterberging uit stedelijk gebied dus grote gevolgen hebben voor de natuur. Anderzijds wordt deze 'stedelijke bergingsdynamiek' ook gekenmerkt door een korte duur. Dat zorgt er weer voor dat gevolgen beperkt worden. Hoe de balans tussen deze (en andere) factoren precies uitpakt zal op de lange termijn, na meer inundaties, steeds inzichtelijker worden. Met het onderzoek in Woolde zijn alvast enkele inzichten ontstaan over 'korte termijn' gevolgen voor een jong natuurontwikkelingsgebied.

De inundaties lijken vooralsnog geen negatieve effecten te hebben gehad op de ontwikkeling van de vegetatie. In grote lijnen is juist een positieve ontwikkeling in vegetatieverandering merkbaar. De trage ontwikkeling van de vegetatie duidt erop dat de bodem weinig meststoffen bevat dan wel van een limiterend nutriënt. Vermoedelijk is er sprake van enige kwel in het gebied wat voor ijzer aanrijking kan zorgen waarmee fosfaat wordt gebonden. Toch blijft de mogelijkheid bestaan dat door opeenvolgende inundaties op de lange termijn accumulatie van voedingsstoffen plaatsvindt waardoor uiteindelijk alsnog verzuuring gaat optreden. De concentratie opgelost fosfaat was erg hoog in het inundatiewater, maar dat hoeft niet bepalend te zijn voor eutrofiëring van de vegetatie. In andere studies wordt de eutrofiëring na inundatie geweten aan voedselrijk slib dat in de terreinen sedimenteert (Runhaar & Jansen, 2004), maar het lijkt erop dat de rol van sedimentatie in retentiegebied Woolde niet groot is (zie boven).

Vrij snel na inrichting van Woolde bleek het gebied van grote waarde voor vogels. Niet zozeer als gevolg van waterberging, maar wel vanwege de functie die het gebied heeft met de hierbij gekozen inrichting. Er is enige verandering merkbaar in de soortensamenstelling. Deze hangt niet zozeer samen met zeldzaamheid of algemeenheid van soorten, maar eerder met de ontwikkeling van het gebied. De ontwikkeling in vegetatie gaat van kaal land richting een meer begroeid, soms moerasachtige vegetatie. De soorten broedvogels die in het gebied voorkomen veranderen ook hiermee.



Samenvattend

In Woolde bleek waterberging in beperkte mate nodig te zijn. In tegenstelling tot wat verwacht was kwamen de inundaties niet strikt in de winterperiode voor maar meer in het zomerhalfjaar. Meestal wordt dit voor de ecologie als minder gunstig gezien, maar daar lijkt in dit geval geen sprake van te zijn. De ontwikkelingen in de vegetatie zien er gunstig is (toename schrale, zeldzame soorten) en de vogelpopulatie is redelijk constant. Weliswaar bleek de Woolderbinnenbeek veel fosfaat te bevatten, maar voor het merendeel gaat het om opgelost fosfaat.

Eutrofiëring van de vegetatie blijft waarschijnlijk uit, doordat er weinig fosfaat achterblijft in het gebied: sedimentatie speelt waarschijnlijk een kleine rol. Daarnaast kan de kwel een belangrijke factor zijn die voor gunstige abiotische omstandigheden zorgt waarmee schrale vegetaties betere overlevingskansen hebben.

Het ziet er dus naar uit dat de effecten van inundaties niet negatief zijn. Er ontstaat een aantrekkelijk moerasgebied waarbinnen de soortenrijkdom aan het toenemen is.

Zoals hierboven is geconstateerd is het aantal metingen in deze studie echter beperkt en zijn er nog overgebleven kennisvragen. Belangrijk is dat vooral onbekend is wat de lange termijn effecten zijn op bodem en vegetatie.

4.5.2 Ervaringen andere projecten

De groene ruimte naast stedelijke gebieden is een interessante zoekruimte voor berging en vasthouden van water waarmee wateroverlast in het stedelijk gebied voorkomen kan worden. Dit idee wordt als planningsconcept ook wel aangeduid als 'Blauwe contouren' (Gerritsen, 2005). Er bestaan veel plannen en projecten in uitvoering waarbij invulling wordt gegeven aan het concept van Blauwe contouren. Daarbij vindt vaak ook een (voor)onderzoek plaats naar de waterhuishoudkundige en ecologische aspecten ten behoeve het inrichtingsplan. Projecten waarbij daadwerkelijk ook de effecten van waterberging op waterkwaliteit, bodem en ecologie gedurende enige jaren worden onderzocht zijn echter op dit moment bij de auteurs nog niet bekend.

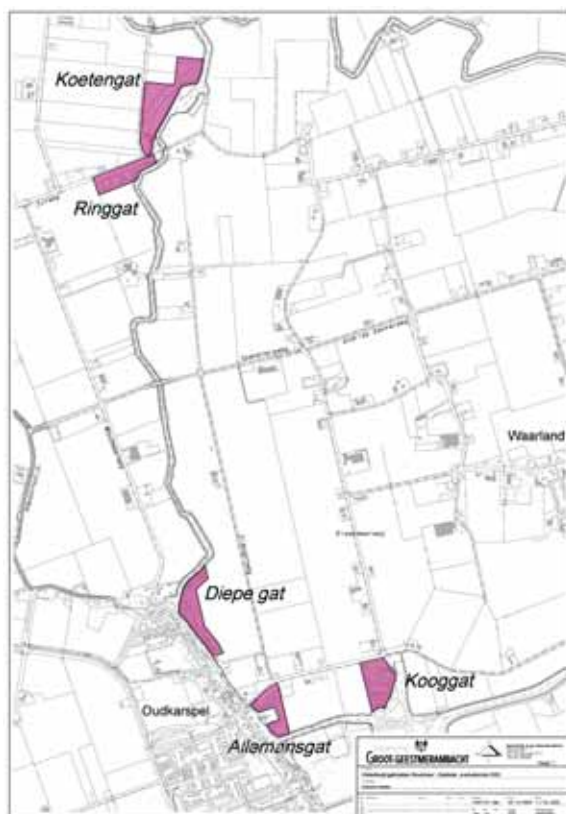
4.6 Waterbergen in polders

4.6.1 Pilot Woudmeer-Speketer

Eén van de vijf geselecteerde pilots ligt in de Woudmeer- en Speketerspolder. Deze polders liggen in de gemeente Harenkarspel tussen Dirkshorn en Waarland, en in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Het project Woudmeer-Speketer bestaat uit vijf waterbergingslocaties, variërend van 1 tot 5 ha (gezaamenlijk 13 ha) in oppervlakte (figuur 4.23). Aanleiding voor de aanleg van waterberging was een grote hoeveelheid neerslag die in september 1994 in het noordelijk deel van Noord Holland is gevallen en tot wateroverlast heeft geleid.

Het peil in de waterbergingsgebieden staat in de normale situatie in open verbinding met de rest van de polder. De gebieden zijn natuurvriendelijk ingericht met voornamelijk plas-dras zones, maar ook open water en drogere graslanden. Binnen de gebieden zijn enkele poelen aanwezig, die geïsoleerd liggen en ca. 1 m diep zijn. De hoogste droge gedeelten liggen ca. 30 cm boven het normale polderpeil. De toegestane bandbreedte voor fluctuatie in de gehele polder is 10 cm boven en onder het vastgestelde peil. In een neerslagsituatie treden de gemalen in werking waardoor het polderwater uit de normale poldersloten op de boezem gemalen wordt om het peil te handhaven. Bij een extreme situatie kunnen de waterbergingsgebieden worden afgesloten met een schuif, zodat het water in deze gebieden wordt vastgehouden.

Met de realisatie in 2001 hebben deze gebieden een functieverandering ondergaan, van landbouw naar water. Bij de inrichting van de gebieden is rekening gehouden met natuur en recreatie. Er zijn geen expliciete natuurdoelen geformuleerd in de vorm van natuurdoeltypen. Wel zijn indicatorsoorten benoemd. Globaal heeft men hoogdynamische, voedselrijke natuur



Figuur 4.23 Overzichtkaart waterbergingslocaties Woudmeer - Speketer. De gebieden van 1 - 5 ha liggen ten noorden van Oudkarspel.

voor ogen. In het gebied zijn zachte overgangen gecreëerd. Hoewel bijzondere en kwetsbare natuur niet is te verwachten¹⁶, moeten deze gebieden wel een versterking vormen van de provinciale ecologische hoofdstructuur (PEHS). Door hun ligging nabij een PEHS verbindingzone kunnen ze namelijk als 'stepping stones' fungeren voor diverse natuurwaarden. De inrichting van de gebieden is gebaseerd op de streefbeeld van de PEHS (Type C: moerasverbinding met kleine en grote moerasjes, al dan niet met een grasstrook).

4.6.1.1 Doelstelling pilot

Het project Woudmeer-Speketer is representatief voor polders in West-Nederland, waar regelmatig waterbergingsprojecten moeilijk van de grond komen. Knelpunten liggen hier niet zozeer op het gebied van bezwaren voor natuur. In de kleipolders wordt namelijk natuurontwikkeling vanuit het natuurbelang vaak positief gewaardeerd¹⁷. In de polders in West-Nederland spelen veelal andere factoren zoals:

- Tegenstrijdige belangen: veel voor waterberging 'geschikte' natuur(ontwikkelings)gebieden worden omgeven door landbouwgebied. Mogelijke risico factoren voor de landbouw zijn: wildschade, ontwikkeling van ongewenste soorten (met name Akkerdistel) en mogelijke hinder van (toekomstige) richtlijnen ten behoeve van nabij gelegen natuur (bijvoorbeeld ganzen);
- Invulling ruimtegebruik: het westen van het land is dicht bevolkt, ruimte is schaars;
- Onzekerheid: maatschappelijk draagvlak kan klein zijn doordat men onvoldoende inzicht heeft in hoeverre waterberging risico's dan wel baten met zich meebrengt;
- Ingewikkelde subsidieregelingen.

¹⁶ De gebiedjes zijn klein, liggen in (vrij intensief) agrarisch gebied en gaan voedselrijk water bergen

¹⁷ Er zijn weinig risico's dat zeldzame, voedselarme natuur wordt geschaad (komt weinig voor op de voedselrijke kleigrond).

Het project Woudmeer/Speketer is ook op een andere manier ingezet dan de overige pilots uit het pilotprogramma waarin vooral inhoudelijke kennisvragen centraal staan. In deze pilot ligt bij de vragen meer nadruk op het proces bij inpassing van waterberging en natuur. Een belangrijk doel van het pilotprogramma is om de koppeling waterberging-natuur te stimuleren. Concreet richt de pilot zich op de onderstaande vragen:

- Wat is nodig om in landbouwgebied een waterberging-natuurproject te realiseren?
- Komen plannen m.b.t. inzet van het bergingsgebied overeen met de praktijk?
- Draagt een ecologische inrichting bij aan verbetering van de waterkwaliteit?
- Welke natuur ontwikkelt zich, kunnen deze stapstenen daadwerkelijk een bijdrage leveren aan versterking van de PEHS?
- In hoeverre is er sprake van ontwikkeling van ongewenste soorten?
- In hoeverre is er in de praktijk sprake van wildschade?

RWS RIZA (per 1 oktober 2007 Waterdienst) was trekker van het pilotprogramma en fungeerde als 'klankbord' tijdens de uitvoering van de pilot. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier was trekker van de pilot Woudmeer-Speketer, en heeft Grontmij | AquaSense opdracht gegeven het grootste deel van het onderzoek uit te voeren en te rapporteren.

4.6.1.2 Werkwijze

Er zijn geen waterkwantiteitsmetingen uitgevoerd. Wel zijn beschrijvingen gemaakt van de inundaties. Van medio 2005 tot medio 2007 is de waterkwaliteit gemonitord (fysisch-chemische kenmerken en diatomeeën). Daarnaast is ook vegetatie en fauna gemonitord in 2005 en 2007. Zo zijn van de gebieden vlakdekkende vegetatiekaarten gemaakt en zijn er vogeltellingen uitgevoerd. De volgende gebiedjes zijn onderdeel van polder de Woudmeer: Koetengat en het Ringgat. Deze gebiedjes zijn onderdeel van de Speketerspolder: Allemansgat, Diepe gat en Kooggat. In het achtergrondrapport van de pilot Woudmeer/Speketer (Pilotprogramma Waterberging-Natuur 2008d) zijn de gebruikte methoden in detail besproken.

De niet-inhoudelijke 'procesmatige' vragen (zie 4.6.1.1) komen terug in de Discussie en Conclusies (4.6.1.4) en zijn uitgewerkt aan de hand van ondermeer praktijkervaringen van medewerkers van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

4.6.1.3 Resultaten

In het achtergrondrapport over de pilot Woudmeer/Speketer wordt uitgebreid gerapporteerd over de resultaten van het onderzoek. Hieronder volgt een doorsnede van de resultaten.

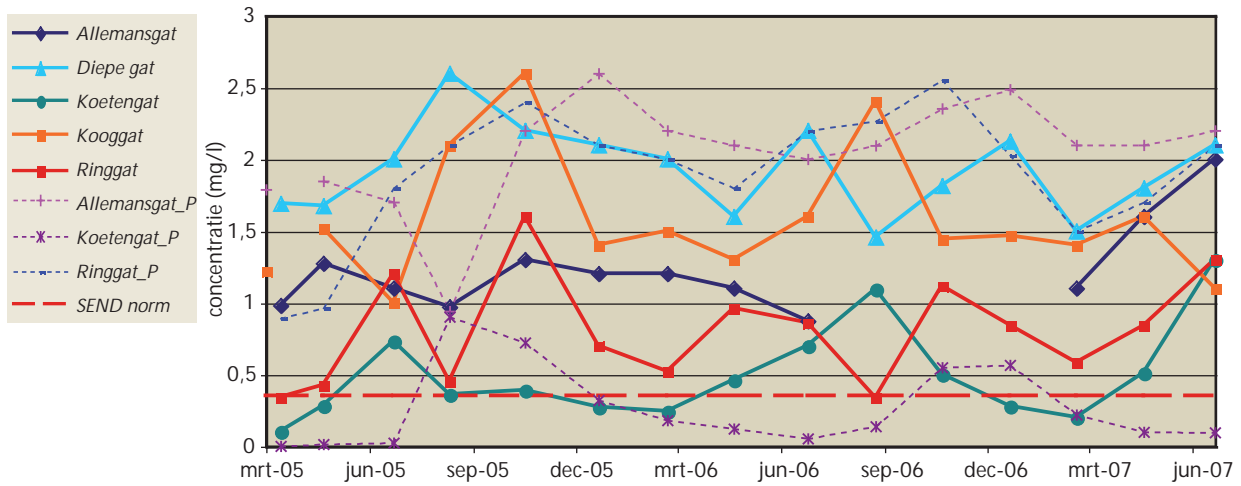
Waterberging

In de meetperiode was waterberging drie keer nodig: tweemaal in 2005 en één keer in 2007. De waterbergingssituatie in maart 2005 was het gevolg van het smelten van sneeuw (alleen in Speketerspolder; duur: 1 dag; temperatuur: 4 °C). De tweede keer was in november 2005 (duur: tot 4 dagen; temperatuur: 2 °C) en was het gevolg van hevige neerslag. In het Kooggat was de peilstijging +77 cm, in het Koetengat was dit +67 cm. Bij deze inundatie zijn ook slibafzettingen geconstateerd op geïnundeerde vlakke delen (in het Allemansgat, Ringgat en Koetengat). Pas in januari 2007 heeft zich weer een waterbergingssituatie voorgedaan (duur: tot 1.5 dag; temperatuur: 10 °C). Alleen in de Speketerspolder is werkelijk gebruik gemaakt van de afsluitende kleppen.

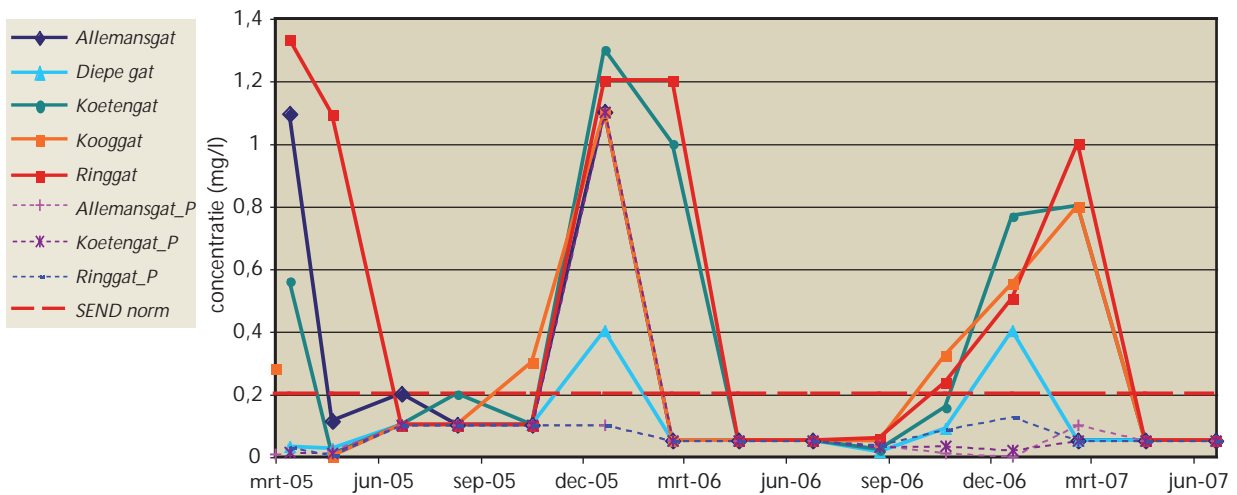
Waterkwaliteit

Met de huidige onderzoeksresultaten is niet hard te concluderen of en in welke mate waterberging effect heeft gehad op bodemprocessen. Wel blijken concentraties van nutriënten in het oppervlaktewater hoger te zijn bij locaties waar sprake was van inundatie (Speketerspolder in 2005, en een stijging bij Woudmeer na inundatie in 2007). In figuren 4.24 en 4.25 zijn de ontwikkelingen in de waterkwaliteit van orthofosfaat en nitraat weergegeven ten opzichte van de SEND norm¹⁸.

18 SEND = Stelsel van Ecologische Normdoelstellingen, een specifiek door provincie Noord-Holland ontwikkeld normstelsel voor de waterkwaliteit.



Figuur 4.24 Orthofosfaatconcentraties in de waterbergingslocaties versus SEND norm. De code _P geeft aan dat het gaat om de poelen.



Figuur 4.25 Nitraatconcentraties in de waterbergingslocaties versus SEND norm. De code _P geeft aan dat het gaat om de poelen.

De vrij beschikbare fosfaatconcentraties liggen regelmatig boven de SEND norm, waarbij de concentraties in de Speketerspolder wat hoger zijn dan in polder de Woudmeer. In polder de Woudmeer lijken de fosfaatconcentraties langzaam toe te nemen. De nitraatconcentraties zijn juist vrij laag; de zomergemiddelden liggen ruim onder de SEND norm. De chlorofyl-a concentraties zijn niet erg hoog. De concentraties lagen veelal beneden het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR), uitgezonderd Allemansgat. Grootschalige algenbloei is niet opgetreden, ondanks de warme zomerperioden. Mogelijke verklaring hiervoor is dat het systeem stikstof gelimiteerd is. De waterkwaliteit is ook afgeleid van de soortensamenstelling aan diatomeeën. De analyses laten een consistent beeld zien met de chemische analyse van de waterkwaliteit: Polder de Woudmeer scoort beter (zo is hier een voor Noord-Holland zeldzame soort aangetroffen van het geslacht *Epithemia*) dan de Speketerspolder, maar de situatie bij Woudmeer lijkt iets te verslechteren. Het ziet er dus naar uit dat de locaties qua waterkwaliteit meer op elkaar gaan lijken.

Vegetatie

De resultaten van de vegetatieopnamen zijn geclusterd per ecotoop (watervegetatie, plasbermen en rietland en nat hooiland). De situatie in 2005 is vergeleken met 2007.

De poelen verschillen sterk van elkaar qua watervegetatie. Er zijn poelen die vol staan met fonteinkruiden of puntkroos, maar er zijn ook poelen waar alleen riet en lisdodden te vinden zijn.

In 2007 zijn er in het open water meer positieve indicatoren (soorten die horen bij helder water, zoals Zannichellia en Grof hoornblad) aangetroffen dan in 2005. In het Kooggat en in het Diepe gat komen ook negatieve indicatoren zoals darmwier en flab voor in luwe delen of langs de oostelijke oever. Flab wordt vaak als indicator voor voedselrijke omstandigheden beschouwd, maar waarschijnlijk is de relatie met watertemperatuur sterker.



Links het Koetengat. Riet en in het water zeer veel punkroos. Rechts het Diepe Gat. Darmwier (drijvend) en Zannichellia (onder water) (2007).

In de plasbermen en het rietland is in vrijwel alle gebieden het aantal positieve indicatorsoorten toegenomen. Nieuwe soorten zijn onder andere Watermunt, Moeras-vergeet-mij-nietje en Rietorchis. In het Kooggat is ook Vleeskleurige orchis eenmaal aangetroffen. In het Diepe gat is Grote ratelaar talrijk. Riet blijft qua abundantie beide jaren vrijwel overal dominant. In nat hooiland is het aantal positieve indicatoren toegenomen of gelijk gebleven. De vegetatie bestaat naast Riet uit soorten als Watermunt, Kruipe boterbloem en Rode klaver. Hier en daar staat een Rietorchis. In het Koetengat en Ringgat staat verder veel Waterpunge. Van deze plant is bekend dat deze winterinundaties verdraagt. Negatieve indicatoren voor verzuivering en verstruweling zijn nauwelijks aangetroffen in de hooilanden.



Links het Ringgat en rechts een hooilandje in het Koetengat (2007).

Fauna

Alle vijf de bergingsgebieden zijn waardevol voor vogels, maar met name het Kooggat is opvallend rijk aan watervogels. Hier broedt Dodaars, Fuut, Kuifeend, Krakeend en Stormmeeuw. In het Koetengat komen waarschijnlijk broedparen van het Baardmannetje voor (rode lijst). Naast broedvogels hebben de gebieden ook veel waarde voor fouragerende vogels zoals Visdief, Aalscholver en allerlei ganzen (Brandgans, Canadese gans, Nijlgans en Sneeuwvangs).

4.6.1.4 Discussie en conclusies

In deze pilot stond een aantal vragen centraal, waarop hieronder wordt ingegaan.

Wat is nodig om in landbouwgebied een waterberging-natuurproject te realiseren?

Een belangrijke ervaring is dat de kans op realisatie van waterberging-natuurprojecten groter is als er met alle betrokken partijen, in een vroeg stadium, afstemming wordt gezocht. De noodzaak om meer ruimte voor waterberging te creëren in de Woudmeer- en Speketerspolder was evident na de wateroverlast in 1994. Dat deze waterberging zou worden gecombineerd met natuurontwikkeling stuitte toch op bewaren van met name de agrariërs. Dit vanwege zorgen dat zij strenger gecontroleerd zullen worden op waterkwaliteitsdoelstellingen en doordat vogels, die worden aangetrokken door het gebied, wildschade kunnen veroorzaken. Om deze mogelijke problemen het hoofd te bieden, heeft het gebied de primaire functie water gekregen. Met de natuur wordt zoveel mogelijk rekening gehouden, maar er wordt niets opgelegd. Tevens was compensatie voor wildschade een belangrijke randvoorwaarde, wilde het project doorgang vinden. Hiertoe is een commissie wildschade ingesteld.

Het Woudmeer-Speketer project is nog vóór het WB21-beleid in gang gezet. Bij de voorbereiding bestond nog geen subsidie voor dergelijke inrichtingen. Er is gebruik gemaakt van de toen bestaande regelingen (GEBEVE (verdrogingsbestrijding), A2-EHS en POP (PlattelandsOntwikkelingsProgramma) (Europese subsidie)). Voor het verkrijgen van subsidie bleek meekoppeling met natuur en recreatie een belangrijke voorwaarde. De pilot Woudmeer-Speketer laat zien dat de waterbergingsgebieden aantrekkingskracht uitoefenen op recreanten in de omgeving. De laatste jaren waren er vele regelingen, waardoor het lastig was om door de bomen nog het bos te zien. Inmiddels zijn zeer veel regelingen gebundeld via het Investeringsbudget Landelijk Gebied (ILG). Met het ILG (zie www.ilg.nu) hoopt de overheid de financiering van plannen voor het landelijk gebied te vereenvoudigen en de uitvoering van de plannen te stimuleren. Dit vanuit het besef dat de problemen van een gebied vaak integraal moeten worden aangepakt, en niet vanuit één specifiek probleem, én dat de vele regelingen en ingewikkelde regels stremmend werken op de uitvoering.

In het ILG zijn weinig financiële middelen opgenomen voor waterberging, er vanuit gaande dat de waterschappen zelf over financiële middelen beschikken via de waterschapsheffing. Deels is dit ook zo, hoewel dit niet voor alle waterschappen toereikend zal zijn. Daarnaast vraagt de ILG regeling om zoveel mogelijk het 'meekoppelen van financiële middelen' te benutten bij de realisatie van integrale gebiedsplannen. De ILG regeling bevat bijvoorbeeld wel geld voor natuur en met dat geld én het geld van de waterschappen kan een waterbergingsproject worden bekostigd. Ook zijn Europese subsidie middelen (bijvoorbeeld POP) opgenomen in het ILG en financiële middelen voor recreatie.

Komen plannen m.b.t. inzet van het bergingsgebied overeen met de praktijk?

De gebieden zijn gebruikt voor waterberging in 2005 en 2007. De inundaties duurden relatief kort, één tot 4 dagen. In de onderzoeksperiode zijn de gebieden gemiddeld één keer per jaar volledig benut (peil hoger dan 30 cm boven polderpeil), zoals ook was ingeschat voor aanleg van de gebiedjes. Bij de aanleg zijn de gebieden afgegraven op variabele hoogte en het kan voorkomen dat de gebieden ook gedeeltelijk inunderen. Daar is in deze pilot echter niet op gemonitord.

De waterbergingsgebieden dragen daadwerkelijk bij aan het verminderen van wateroverlast. De beheerder merkte een duidelijk verschil tussen de situatie voor en na de aanleg van de waterbergingslocaties (minder snelle peilstijging; geen noodmaatregelen nodig).

Draagt een ecologische inrichting bij aan verbetering van de waterkwaliteit?

De waterkwaliteit in de waterbergingslocaties is redelijk goed en verschilt niet sterk van de omgeving. Het water is weliswaar erg voedselrijk, maar de zuurstofconcentraties en het doorzicht zijn over het algemeen goed, en er treedt geen algenbloei op. In twee van de drie poelen is in het najaar wel sprake van een slechte waterkwaliteit.

In enkele waterbergingslocaties zijn de fosfaatgehalten aanzienlijk hoger dan in de omliggende wateren (met name de gebieden in Speketerspolder). Het is niet met zekerheid te zeggen of de waterberging dit effect heeft veroorzaakt, of dat het een gevolg is van lokale verschillen in de hydrologie of bodemsamenstelling. Analyse van de bodemprofielen gaven geen duidelijke aanwijzing dat de verhoogde fosfaatconcentratie aangetroffen in Allemansgat, Kooggat en Diepe gat te wijten zijn aan de aanwezigheid van venige lagen. Ondanks de hoge fosfaatgehalten zijn er niet veel algen en is het water relatief helder. De meest waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat het systeem stikstof gelimiteerd is.

Samenvattend mag worden gesteld dat de waterkwaliteit in de bergingsgebieden niet substantieel verbetert of verslechtert (geen algenbloei). Daarbij moet rekening worden gehouden dat het open water in verbinding staat met de rest van de polder, waardoor mogelijke effecten van deze kleine gebiedjes 'weg kunnen vallen'.

Welke natuur ontwikkelt zich, kunnen deze stapstenen daadwerkelijk een bijdrage leveren aan versterking van de Provinciale Ecologische Hoofdstructuur (PEHS)?

De verwachting van natuurwaarden was bij aanvang van het project niet erg hoog. Toch is, gezien het aantal gevonden doelsoorten, de natuurwaarde van de gebiedjes hoog vergeleken met de omgeving. Het water is relatief helder, er groeien waterplanten en veel riet. Met name de (broed)vogels geven een meerwaarde voor de Provinciale Ecologische Hoofdstructuur (Dodaars, Baardmannetje). Er is wel regelmatig beheer nodig om verruiging tegen te gaan (zie onder).



Kuifeenden en Scholeksters in het noordelijk deel van het Diepe Gat. 1 juli 2007.

In hoeverre is er sprake van ontwikkeling van ongewenste soorten?

Er komen nauwelijks ongewenste soorten als Brandnetels en Wilgen voor. Dit betekent dat het gevoerde beheer toereikend is om ongewenste ontwikkelingen zoals verruiging en verstruweling tegen te gaan. Er is wel een tendens in alle locaties naar verruiging (toename van ruigte soorten)

en verstruweling (opslag met Wilg en Els). Verruiging komt voor het grootste deel voor rekening van Harig wilgeroosje. Beide ontwikkelingen zijn ongewenst, en moeten door middel van consequent beheer (om de 2-3 jaar maaien en jaarlijks verwijderen van boomvormers) worden tegengegaan.

In hoeverre is er in de praktijk sprake van wildschade?

Zorg bij de boeren van tevoren was dat de waterbergingsgebieden ganzen zouden aantrekken die voor schade op de percelen van de boeren kunnen zorgen. In de praktijk is sinds 2004 in het Kooggat een toename van (broedende) ganzen geconstateerd. Omdat de eilandjes in de waterberging een te hoge begroeiing hadden zaten de ganzen, in plaats van op die eilandjes, op de aangrenzende percelen. Dit veroorzaakte overlast bij de aanliggende eigenaren (agrarisch grasland en particuliere tuin). Door de Wildbeheerseenheid (WBE) zijn daarom in 2005, 2006 en 2007 hier de ganzen verjaagd. In 2007 heeft de aangrenzende agrariër bij het Diepe Gat kanonnen neergezet om waterwild (meerkoeten vooral) af te schrikken. Door herhaaldelijk af te schrikken blijven de dieren wel weg. Alleen in 2007 is een melding van schade door ganzen bij het Kooggat binnengekomen bij het hoogheemraadschap. Door het laag houden van de vegetatie in de waterbergingsgebieden (eilanden en oevers) blijven de ganzen meer in de locaties zelf en zullen ze naar verwachting niet of minder op aangrenzende percelen gaan zitten. Hiermee kan bij het onderhoud rekening worden gehouden.

4.6.2 Ervaringen andere projecten

In de periode 2000 tot en met 2003 is de eerste praktijkproef in laag Nederland gehouden met waterberging in een natuurgebied. Gedurende die periode heeft in de Kop fan'e Blokslaetpolder, gelegen nabij het Sneekermeer, driemaal inundatie plaatsgevonden door water in te laten vanuit de boezem (De Leeuw & Wymenga, 2004). Dit heeft tweemaal plaatsgevonden in het voorjaar en eenmaal in het najaar. Bij elke inundatie heeft er gedurende 2 à 3 weken 20 cm water gestaan op het maaiveld. In deze praktijkproef is onderzoek gedaan naar de effecten van inundatie op de waterkwaliteit, de sedimentatie, en de flora en fauna. De polder heeft een lage botanische natuurwaarde.

Er heeft zich geen duidelijke ontwikkeling voorgedaan in de waterkwaliteit. Tijdens de eerste, tweede en derde inundatie is circa 20, 4 en 6 gram slib per m² afgezet, waarbij sprake was van een grote ruimtelijke variatie. Interventiewaarden voor zware metalen of andere milieuvreemde stoffen werden niet overschreden, maar het is niet duidelijk of herhaling op de lange termijn toch zal leiden tot (teveel) accumulatie. Het onderzoek aan de bodemfauna heeft laten zien dat de Kop fan'e Blokslaetpolder een lage biomassa heeft ten aanzien van bodemfauna (zure bodem). Het gaat met name om regenwormen. Na de eerste inundatie was nog geen achteruitgang zichtbaar, maar na de twee inundaties in oktober was er sprake van een sterke achteruitgang. Geconcludeerd werd dat in goede weidevogelgebieden, met een hogere biomassa van de bodemfauna, voorzichtig moet worden omgegaan met winterinundaties.

De inundaties bleken een grote aantrekkingskracht uit te oefenen op ganzen, eenden en (in geringere mate) steltlopers. In de vegetatie (o.a. Rietgras) zijn geen grote veranderingen aangetroffen. In deze studie is er wel op gewezen dat het hier om een polder met lage botanische natuurwaarden gaat. Voor polders met hoge botanische natuurwaarden, bijvoorbeeld in de vorm van schraallanden, verwacht men een verarming als gevolg van inlaat van voedselrijk boezemwater. Daarnaast wijst men ook op het gevaar van inlaat van sulfaatrijk water, vanwege risico op interne eutrofiëring.

In andere gebieden bestaan er plannen dan wel plannen in uitvoering om het systeem van zomerpolders in ere te herstellen, moerasgebieden met open water aan te leggen of een grotere peildynamiek toe te laten. Helaas worden bij deze projecten nog weinig initiatieven ontplooid om ook de verschillende effecten op lange termijn te volgen.

5 Andere praktijkervaringen

Belangrijk onderdeel van het pilotprogramma was het uitwisselen van kennis en ervaringen tussen onderzoekers, water- en natuurbeheerders en beleidsmakers. Gedurende de looptijd van het pilotprogramma zijn er vijf landelijke thema(mid)dagen georganiseerd waarin niet alleen aandacht was voor de vijf pilots, maar ook voor andere projecten en praktijkervaringen.

Van voornemen tot realisatie

Het pilotprogramma heeft bij aanvang in 2002 een landelijke inventarisatie gedaan naar waterberging-natuurprojecten. Er zijn toen circa 100 projecten aangemeld. Bij de eerste themamiddag (18 juni 2003) werden ervaringen gedeeld ten aanzien van het realisatieproces van dit type projecten. Tussen voornemen en uitvoering zijn het vaak niet zozeer inhoudelijke, als wel procedurele aspecten die de (voortgang van) realisatie bepalen. Een integrale aanpak op watersysteemniveau wordt vaak bemoeilijkt door vastgelegde andere functies die moeilijk samengaan met waterberging en natuur (bijvoorbeeld landbouw, stedelijke uitbreiding). Het verkrijgen van voldoende draagvlak is een sleutelfactor voor het welslagen van een project. Uit ervaring van vele projecten blijkt dat vroege betrekking van alle belanghebbende partijen (inclusief omwonenden) de kans op succes (realisatie) vergroot.

Type waterberging

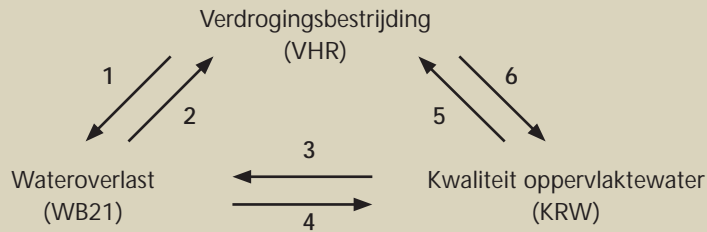
Een 'waterberging en natuur' project kan op verschillende manieren ingevuld worden. Voor welk type berging wordt gekozen? De WB21 gedachte is eerst water vasthouden, dan bergen en dan afvoeren. In de praktijk lijkt dit principe vaak andersom te worden uitgevoerd. Er komen regelmatig signalen naar voren dat voor het bestrijden van wateroverlast te weinig aandacht wordt besteed aan het vasthouden van water, terwijl daar mogelijk de beste kansen voor de natuur liggen. Vragen die een rol spelen, gaan onder andere over problemen om wateroverlast en watertekorten geïntegreerd aan te pakken en mogelijk strijdige belangen bijvoorbeeld tussen natuur en landbouw. Niet altijd lijkt duidelijk te zijn hoe de bestrijding van wateroverlast en het verminderen van watertekorten voor natuur en landbouw zich tot elkaar verhouden. Daarbij ontstaat ook regelmatig verwarring tussen partijen over wat zij onder water vasthouden bedoelen (zie de verklarende woordenlijst voor de verschillende begrippen).

Tijdens de themadag van 11 november 2004 werd vanuit het IPO onderkend dat er nog veel onbekendheid lijkt te bestaan over de bijdrage die water vasthouden aan het verminderen van de wateroverlast kan leveren. Er worden nog te weinig praktijkgerichte proefprojecten opgezet. Vanuit Staatsbosbeheer werd aangegeven dat met name in laag Nederland er nog veel valt te winnen met het vasthouden van water. Het cultuurhistorische waterbeheer hield veelal waterconservering in en kwam zeer ten goede aan de natuur. De terreinbeheerder ziet dit beheersregime graag terugkomen in het huidige waterbeheer. Een belangrijke belemmering voor water vasthouden in laag-Nederland (in het westen) wordt gevormd door de discussie over de ontwikkeling van de veenweidegebieden. Wanneer voor grote aaneengesloten gebieden kan worden gekozen voor peilverhoging, ontstaan nieuwe mogelijkheden. In de discussie werd benadrukt dat in water vasthouden meer muziek zit dan in water bergen. Met slimme oplossingen kunnen bestrijden van wateroverlast en het verminderen van watertekorten worden gecombineerd.

Uitvoering van WB21 en andere wateropgaven

Bij het bergend van water wordt nadrukkelijk gedacht aan de functiecombinatie met natuur(ontwikkeling). De opgave voor water en natuur in het landelijk gebied is echter breder dan dat. Verdroging in bestaande natuurgebieden is vooral voor veel terreinbeheerders een probleem. Via GGOR (Gewenst Grondwater en Oppervlaktewater Regime) en de Natuurbeschermingswet (Nb-wet) worden de doelen in relatie tot verdrogingsbestrijding steeds meer concreet. Daarnaast dient met de komst van de EU Kaderrichtlijn Water ook een nadere invulling te worden gegeven aan de ecologische toestand van oppervlaktewaterlichamen. Vanuit de wateropgaven gekoppeld aan WB21, KRW en Nb-wet wordt hard gewerkt aan het formuleren en (deels al) uitvoeren van maatregelen. In 2015 dient het watersysteem op orde te zijn. Uit bestaande onderzoeken kun je echter opmaken dat maatregelen gericht op WB21, KRW en Nb-wet zich elkaar zowel kunnen versterken als tegenwerken. Tijdens de themamiddag van 9 november 2006 bleek dat veel beheerders nog niet goed weten hoe deze wisselwerking is. Het (kwalitatieve) gepresenteerde schema door R. van Ek (zie onderstaand kader) werd als bruikbaar gezien om de wisselwerking tussen WB21-Verdrogingsbestrijding/GGOR en KRW inzichtelijk te maken. Het schema zou bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden om de wisselwerking watersysteem-specifiek nader in te vullen. Hiermee kan het ambtelijk kader ook beter de mogelijke keuzes inzichtelijk maken, want niet alles kan overal. Meer (kwantitatief) inzicht in de wisselwerking tussen maatregelen op de verschillende wateropgaven wordt als wenselijk gezien. Dit hoeft niet altijd te betekenen dat uitgebreid onderzoek nodig is. Wel is het wenselijk dat projecten worden geëvalueerd op hun effecten en de wijze waarop dit gebeurt vereist daarbij enig nadenken (bijv. goed vastleggen van de uitgangssituatie).

Wisselwerking WB21 - KRW - VHR



(kans = +, bedreiging = -)

1. VHR/verdroging -> WB21

- + Een meer natuurlijk peilverloop waarbij bovenstrooms water wordt vastgehouden in natuurgebieden (bijv. door berging op maaiveld) heeft een afvallend effect op piekafvoer.
- Een structurele verhoging van de ontwateringsbasis (vernatten) leidt tot een afname van de bergingscapaciteit van de onverzadigde zone en een verhoging van piekafvoer en wateroverlast.

2. WB21 -> VHR/verdroging

- + Het aanleggen van natte bufferzones (waterberginggebieden) rondom natuurgebieden of bovenstrooms van natte natuur. Ook het stremmen van de detaillafwatering kan gunstig zijn voor verdrogingsbestrijding (verhoging grondwateraanvulling).
- Piekberging in natuurgebieden kan leiden tot verdrinking, eutrofiëring en vervuiling van natuurwaarden.

3. KRW -> WB21

- + Wanneer de waterkwaliteit verbetert als gevolg van KRW-maatregelen vergroot dit de mogelijkheden voor de functiecombinatie waterberging en natuur (natuurwinst).
- Niet van toepassing.

4. WB21 -> KRW

- + Zuiveringsmoerassen (helofytenfilters) met een functie voor waterberging kan een waterkwaliteitsverbetering opleveren. Een zandvang in beekdalen kan verontreinigd slib (zware metalen) verzamelen wat gunstig kan zijn voor de oppervlaktewaterkwaliteit.
- Tijdelijk vasthouden van water in gebieden met een sterk verontreinigde bouwvoor kan leiden tot een verontreiniging van het oppervlaktewater. Fosfaat en zware metalen worden bij vernatting mobiel.

5. KRW -> VHR/verdroging

- + Een verbetering van de waterkwaliteit is gunstig voor verdrogingsbestrijding. Vooral in laag Nederland is de kwaliteit van ecosystemen sterk afhankelijk van de waterkwaliteit van het beschikbare oppervlaktewater.
- Niet van toepassing.

6. VHR/verdroging -> KRW

- + Verdrogingsbestrijding en verbetering waterkwaliteit zijn in veel gebieden synoniem, met name in kwelgebieden. Versterking van natte natuur betekent meestal meer denitrificatie. Tevens geen bemesting. Dit is gunstig voor de chemische toestand van grondwaterlichamen.
- Structurele verhoging van de grondwaterstand leidt tot een verhoging van de laterale afstroming en mobilisatie van P en zware metalen en vaak een (tijdelijke) verslechtering van de waterkwaliteit van het oppervlaktewater.

6 Samenvatting en aanbevelingen

De klimaatverandering dwingt ons om het huidige waterbeheer te herzien. Meer ruimte voor water is nodig om het watersysteem meer robuust te maken zodat beter kan worden omgegaan met extremen in de neerslag. Dit biedt ook kansen voor natuur, landschap en recreatie. Waterberging combineren met de functie natuur wordt door veel partijen gezien als een kansrijke combinatie, maar er zijn ook reserves. Hoewel vroeger regelmatig inundaties voorkwamen in beekdalen en boezemlanden, en daarbij tevens hoge natuurwaarden mogelijk waren, is dit tegenwoordig niet vanzelfsprekend. Door het huidige waterbeheer zijn overstromingen al decennia lang uitgebannen en is de natuur niet meer gewend aan een dergelijke dynamiek in het watersysteem. Tevens is de waterkwaliteit veranderd door de jarenlange intensieve landbouw. Veel regionale watersystemen hebben hoge concentraties aan stikstof en fosfaat en diverse bodems zijn opgeladen met fosfaat. Naast nutriënten is er ook sprake van verhoogde concentraties aan zware metalen.

Belangrijk knelpunt bij het willen combineren van waterberging met natuur is dat we weinig kennis hebben over de effecten. Deze onzekerheid kan tot weerstand leiden bij de uitvoering van waterbergingsprojecten, met name bij de natuurbeschermingsorganisaties (“geen landbouwwater in onze natuurgebieden...”). Met dit pilotprogramma is een aanzet gemaakt om hier wat aan te doen. Dit is onder andere vormgegeven door een vijftal pilots een aantal jaren intensief te volgen.

Belangrijke kennisvragen die binnen dit pilotprogramma zijn opgepakt waren:

- Wat zijn effecten van waterberging op natuur? (met nadruk op de vegetatie)
- Hoe verloopt waterberging: functioneert het gebied en komt de inzet overeen met de verwachting?
- Hoe verandert de waterkwaliteit van het beekwater bij hoogwater?
- Verbetert de waterkwaliteit na passering van het retentiegebied?
- Hoeveel slib blijft achter na hoogwater, en van welke kwaliteit is dit?
- In hoeverre kunnen overstromingsmoerassen bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit? Welke eisen zijn er aan het beheer?
- In hoeverre spelen inundatieperiode en -duur een rol?
- Kan jong kleibos worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water? En biedt dit ook kansen voor de natuur?
- Wat is nodig om in landbouwgebied een waterberging-natuurproject te realiseren? In hoeverre is er sprake van ontwikkeling van ongewenste soorten of wildschade?

Belangrijkste conclusies

De resultaten van de vijf pilots bieden beheerders en planmakers extra onderbouwing bij het maken van keuzes rond waterberging en natuur. De onderzoeksresultaten geven niet alleen gebiedsspecifieke antwoorden, maar ook inzicht in meer generieke vragen rond waterberging en natuur. Hoewel er nog belangrijke 'puzzelstukjes' missen (zie onder), kan een aantal conclusies worden getrokken. Sommige hiervan bevestigen eerdere ideeën en voegen een nuancering of kwantificering hieraan toe. Ook zijn we praktische aspecten ten aanzien van inrichting en beheer tegengekomen die achteraf anders hadden gekund.

- Mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, kan waterberging goed worden gecombineerd met bepaalde typen bestaande natuur: met name in voedselrijke gebieden (bijvoorbeeld jong kleibos als Harderbos). In voedselarme(re) natuurgebieden valt voor de natuur meestal geen winst te verwachten. Indirect kan waterberging wel winst opleveren voor meer voedselarme of verdroogde natuur, bijvoorbeeld wanneer een natuurontwikkelingsgebied met een waterbergingsfunctie wordt ingericht als bufferzone rondom een bestaand natuurgebied. Waterberging in combinatie met natuurontwikkeling levert veelal natuurwinst op aangezien hiermee extra ruimte wordt gecreëerd voor (dynamische) waternatuur (bijvoorbeeld Woudmeer/Speketer, Woolde).
- De inzet van waterbergingsgebieden verloopt niet altijd zoals verwacht. Inundaties treden bijvoorbeeld minder vaak op dan voorzien, of in andere perioden ('s zomers). Ook kan het water langer blijven staan dan verwacht en/of dieper staan (Beerze). Dit heeft een belangrijk sturend effect op de natuur. Indirect wordt dit effect versterkt omdat mogelijkheden voor beheer (maaien en afvoeren / begrazing) beperkt zijn onder natte omstandigheden. Het is daarom belangrijk om realistische natuurdoelen te stellen als waterberging de hoofdfunctie is. Omgekeerd dient uiteraard het toestaan van waterberging zorgvuldig te worden overwogen in gebieden met hoge natuurwaarde en/of gebieden die een belangrijke ecologische verbinding vormen (EHS).
- De inrichting van het gebied bepaalt in belangrijke mate het 'karakter', en dientengevolge het effect, van de waterberging. Zo kunnen weerstanden in het gebied de inundatieduur sterk verlengen (Logtse Velden). Verder blijkt bij een plotselinge hoogwatergolf het grootste deel van het sediment (met hieraan aangehechte nutriënten en verontreinigingen) te bezinken bij de eerste mogelijkheid. In de Beerze-pilot is dit het retentiegebied Logtse Baan, bij Woolde de stroomopwaarts gelegen vijvers van Genseler. Er kan dus rekening worden gehouden met dit proces bij de inrichting van een waterbergingsgebied, door een locatie te kiezen waar het sediment bovenstrooms 'mag' bezinken. Hierdoor worden meer waardevolle gebieden stroomafwaarts minder belast.
- Berging van stedelijk water kenmerkt zich door een korte duur en er is een grote kans op zomerinundatie (dit houdt verband met het verharde oppervlak in steden).
- Met inundatie in een helofytenfilter kan de waterkwaliteit verbeterd worden, maar er worden grote verschillen in de verwijderingsefficiëntie van nutriënten gevonden. In de Hunze-pilot bleek de verwijderingsefficiëntie niet of nauwelijks af te hangen van het vegetatietype (soortenarm of soortenrijk dotterbloemhoiland, of rietland). Substantiële nutriëntenverwijdering vond alleen plaats door beheer (maaien en afvoeren). Daarnaast bleek de duur van de inundatie erg relevant voor de mobilisatie van fosfaten uit de bodem. Kortdurende inundaties zijn daarbij relatief gunstig.
- De invloed van het watersysteem (bijvoorbeeld beek) op de terrestrische natuur is vooral beperkt tot perioden met hoge waterafvoeren. De waterkwaliteit blijkt (ten opzichte van perioden met lage afvoeren) dan variabel te zijn en stofconcentraties zijn over het algemeen relatief hoog. Bij hoogwater verandert de waterkwaliteit sterk. Concentraties van stoffen die door afspoeling aan zwevend stof worden meegevoerd stijgen sterk, terwijl sommige stoffen afkomstig uit het grondwater kunnen dalen als gevolg van verdunning (beekdal Beerze).
- Het meeste sediment slaat neer dichtbij de beek en op laag gelegen locaties. Dit bestaat vooral uit zand. Relatief gezien neemt het organische stofgehalte (juist aan deze fractie hechten vooral nutriënten en metalen) toe met de afstand tot de beek. In relatie hiermee: een slibvang is waarschijnlijk wel zinvol, ondanks dat het deel van het sediment dat niet neerslaat waarschijnlijk vooral bestaat uit organische stof (met nutriënten en metalen).

Overgebleven kennisvragen

Effecten van waterberging op natuur zijn vier jaar gemonitord. In hoofdstuk 4 zijn de onderzoeksvragen op basis van de resultaten zo goed mogelijk beantwoord. Daarbij moet wel rekening worden gehouden met het gegeven dat de vijf pilots weliswaar representatief zijn voor veel gebieden, maar zeker niet alle. Vaak gaat het juist om maatwerk; elk gebied heeft zijn specifieke kenmerken. Daarnaast blijven er nog andere belangrijke kennisvragen bestaan. Deze hebben vooral betrekking op:

- lange termijn effecten: Hoe snel verloopt 'oplading' van een gebied met nutriënten en toxische stoffen zoals metalen bij regelmatige inundaties? Hoe ontwikkelen vegetatie en fauna zich op de lange termijn afhankelijk van het inundatieregime? Met name over de kleinere fauna is weinig bekend.
- onderliggende processen: Wat zijn de belangrijkste sturende factoren die effecten op het ecosysteem bepalen? Wat is de 'veerkracht' van het ecosysteem; is er een bepaald 'omslagpunt', en zo ja, waar ligt dit? Aan welke kwaliteitseisen moet het water voldoen?

Via de themamiddagen en de pilots is duidelijk geworden dat er vooral behoefte is aan praktijk-gerichte proefprojecten waarbij de effecten op de lange termijn worden geëvalueerd. Momenteel zijn er wel veel projecten in planning of uitvoering, maar een systematische monitoring of evaluatie ontbreekt vaak. Wat dat betreft is het een goede zaak dat recentelijk extra geld is vrijgemaakt door het kabinet voor de aanleg van "natuurlijke klimaatbuffers", inclusief monitoring gedurende 3 jaar (Kamerbrief VROM, kenmerk 2008/011550). Overigens hoeft monitoring in veel gevallen niet noodzakelijkerwijs heel uitgebreid te worden geïmplementeerd zoals gehanteerd binnen het pilotprogramma. Wel is er een meer systematische aanpak gewenst ten aanzien van het vastleggen van een uitgangssituatie en het bijhouden van de waterhuishoudkundige veranderingen. Voor het beantwoorden van specifieke onderzoeksvragen over onderliggende processen kan het juist wenselijk zijn om voor een meer experimentele opzet te kiezen, waarbij de inundatie onder gecontroleerde omstandigheden kan worden uitgevoerd.

Integrale aanpak

Gedurende het pilotprogramma is een ontwikkeling merkbaar waarbij in toenemende mate het belang wordt onderkend dat op een meer integrale wijze naar de problematiek moet worden gekeken. Het gaat niet alleen om waterberging. De WB21 opgave kan ook in belangrijke mate worden gerealiseerd via water vasthouden. Daarnaast wordt aangegeven dat ook meer rekening moet worden gehouden met mogelijkheden voor herstel van hydrologische randvoorwaarden voor natuur via verdrogingsbestrijding (GGOR). Tevens dient rekening te worden gehouden met de andere wateropgaven in het landelijk gebied (KRW) en worden er kansen gezien voor synergie. Waar het kan moet een integrale systeemgerichte aanpak worden gehanteerd. Het kader in hoofdstuk 5 biedt hier een handvat voor.

Hoe verder? Vuistregels en aanbevelingen in de planfase

Op grond van de huidige kennis en tools kunnen inschattingen worden gemaakt over de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren (zie onder andere de resultaten van de pilots, het kennisoverzicht van Runhaar *et al.* (2004) en de beslissingsondersteunende brochure van Van Rooij *et al.*, 2007). Toch zijn er nog veel onzekerheden. Dit heeft als risico tot gevolg dat een te optimistische inschatting schade kan opleveren voor de natuur. Een te pessimistische inschatting is echter een gemiste kans om een koppeling te maken.

Aanbevelingen en vuistregels zijn:

- Over het algemeen: wees voorzichtig met bestaande natuur (nee tenzij); er kan veel meer als het gaat om natuurontwikkeling (ja mits). Zijn de natuurdoelen verenigbaar (realistisch) met de gekozen vorm van waterberging? Er zijn meer mogelijkheden voor koppeling van waterberging met natuur als het inundatiewater van goede kwaliteit is.
- In relatie hiermee: houdt rekening met de ligging van het gebied. Het is niet aan te raden een gebied in de EHS aan te wijzen als waterbergingsgebied indien er grote risico's voor de natuur bestaan. Het kan wel een goede optie zijn om water te bergen in een natuur - liefst ontwikkelings - gebied als buffer tussen EHS en bijvoorbeeld stedelijk of landbouwgebied, of als 'stapsteen' tussen natuurgebieden.
- Hanteer een integrale systeemgerichte aanpak waar dat kan, zoek naar synergie met andere wateropgaven (zie ook hoofdstuk 5).
- Vroege betrokkenheid van alle belanghebbenden vergroot de kans op succes (zo goed mogelijke inpassing van belangen/wensen van alle partijen, vergroting draagvlak). Soms is er weerstand tegen het toekennen van een natuurfunctie vanwege mogelijke verscherping van regelgeving. Indien men niet per se hoogwaardige natuur voor ogen heeft, kan weerstand worden weggenomen door het gebied als hoofdfunctie waterberging en/of recreatie toe te kennen (zie Woudmeer/Speketer).
- Het is voor de natuur beter het waterbergingsgebied ruim te dimensioneren (met flauwe taluds en hier en daar hoogwatervluchtplaatsen) dan om een 'diepe bak' te graven. Plaats stroomopwaarts eventueel een slibvang om het neerslaan van sediment (inclusief aangehechte nutriënten en verontreinigingen) in het natuur(ontwikkelings)gebied te beperken. Als men laag productieve natuur wil ontwikkelen in een voormalig landbouwgebied, is het belangrijk de bouwvoor voldoende diep af te graven. Voorkom weerstanden die leiden tot een ongewenst lange inundatieduur.
- In sommige natuurgebieden is waterberging in de winter geen probleem, maar in het groei-seizoen desastreus. Mogelijk kunnen afspraken gemaakt worden om berging in een dergelijk natuurgebied toe te staan in de winter, en in voorjaar en zomer uit te wijken naar een andere oplossing. Houd er rekening mee dat de kans op waterberging in de zomer groot is in geval van stedelijk water (weinig inzijging vanwege het verharde oppervlak in steden).
- Kies voor óf zeer regelmatige inundatie óf zeer infrequente inundatie. Bij een tussenliggende frequentie waarbij de natuur zich niet kan aanpassen én niet de kans krijgt te herstellen kan beter koppeling worden gezocht met een andere functie (bijvoorbeeld met landbouw). De hersteltijd zal verschillen tussen natuurtypen. Over het algemeen zal de hersteltijd van voedselrijke systemen (bijvoorbeeld jong kleibos) veel korter zijn dan voedselarmere natuurgebieden.
- Waterberging (het tijdelijk 'parkeren' van water) is géén oplossing om verdroging tegen te gaan. Wel kunnen bepaalde vormen van waterberging positief bijdragen aan verdrogingsbestrijding, bijvoorbeeld via bufferzones en verstrekte grondwateraanvulling.
- Een goed vooronderzoek is altijd nodig voor de spade de grond ingaat. Zo kunnen onbedoelde (averechtse) effecten voorkomen worden (bijvoorbeeld eutrofiëring door fosfaatnalevering).

Om de dialoog tussen waterbeheerder en natuurbeheerder om de functiecombinatie waterberging en natuur optimaal vorm te kunnen geven, heeft de werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant (2007) een gemeenschappelijke visie uitgebracht (zie kader).

Bij de natuurbeheerders binnen deze werkgroep bestaat de overtuiging dat beekherstel niet per definitie moet wachten op sterke verbeteringen in de waterkwaliteit. Door de werkgroep is een concreet stappenplan opgesteld bedoeld voor toepassing in gebiedsgerichte uitwerkingen zodat kan worden nagegaan of voldaan wordt aan alle vereisten voor een goede combinatie van overstroming en natuur. Het kan voor andere provincies of regio's erg zinvol zijn wanneer wordt nagegaan of die benadering ook voor hun gebied toepasbaar is of dat deze verder ontwikkeld kan worden.

Door de Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant (2007) is een gemeenschappelijke visie op waterberging en natuur ontwikkeld. Door ecologen is aangegeven hoe de waterberging bij voorkeur vorm zou moeten krijgen, namelijk in de vorm van natuurlijke overstromingen. Daarbij zijn een aantal voorwaarden genoemd:

- Het oppervlaktewater is niet vervuild en niet sterk geëutrofeerd (m.n. door slib);
- Er is ruimte voor een natuurlijk functionerend beekdalsysteem waarbij natuurlijke gradiënten onder invloed van grondwater, beekwater en regenwater kunnen ontstaan;
- Er zijn voldoende mogelijkheden voor de - aan de natuurlijke hydrologie aangepaste - fauna om tijdens overstromingen uit te wijken naar hogere delen binnen het dal of de beekdalflanken of om het overstroomde gebied opnieuw te koloniseren;
- De lokalisering en invulling van de natuurdoeltypen wordt afgestemd op de natuurlijke gradiënten waarin ook overstroming een rol speelt;
- Het overstromingsregime qua tijdstip, duur en herhalingsstijd overeenstemt met datgene wat van nature verwacht mag worden.

Nu is in veel gevallen sprake van 'gestuurde berging', waarbij onvoldoende rekening wordt gehouden met de bovenstaande voorwaarden, terwijl voor natuur de voorkeur wordt gegeven aan 'meestromende berging' in combinatie met waterkwaliteitsverbeteringen (inclusief herstel van kwel naar het beekdal).

Aanbevelingen na realisatie van een waterberging-natuurproject

- Naast de inrichting van het bergingsgebied is het beheer en onderhoud in belangrijke mate bepalend voor het succes van koppeling van waterberging met natuur: zowel om verruiging tegen te gaan (pilots Hunze, Beerze) als om bijvoorbeeld wildschade te voorkomen (Woudmeer/Speketer).
- Monitoring is vaak een sluitpost, zeker als het project eenmaal is gerealiseerd. Aanbevolen wordt om juist wel langjarig te (blijven) monitoren, omdat juist kennis over lange termijn effecten ontbreekt. In principe hoeft dit geen intensief onderzoek te zijn. Denk bijvoorbeeld aan vegetatiekartering (1 keer per 5 jaar: welke vegetatie ontwikkelt zich, is beheer optimaal?), bodemonderzoek (1 keer per 10 jaar: in hoeverre wordt de bodem opgeladen met nutriënten/verontreinigingen?) en automatische waterstandsregistratie middels divers (hoe vaak staat het gebied daadwerkelijk onder water, wanneer en hoe lang?). Uiteraard zal een dergelijk meetprogramma afhankelijk zijn van de situatie (type gebied en waterberging).

Tot slot

Voor beheerders en plannenmakers is er met de pilots meer inzicht gekomen in effecten van waterberging op natuur. Over wat de mogelijkheden voor deze combinatie zijn en waar rekening mee gehouden moet worden bij aanleg van een project. Het is daarbij belangrijk om te evalueren wat de effecten van de ingreep zijn. Zo is in meerdere pilots gebleken dat sommige ingrepen niet altijd de beoogde effecten hebben of soms zelfs averechts werken. Zonder metingen blijven deze effecten (lange tijd) onopgemerkt.

Hoewel er meer inzicht is gekomen, zijn er nog steeds belangrijke kennisvragen. Kennisvragen liggen vooral op het vlak van lange termijn effecten, identificatie van de belangrijkste onderliggende processen en effecten op fauna. Zowel voor de evaluatie van projecten als het invullen van kennisvragen is een rol voor beheerders weggelegd. Dit laatste geldt met name voor het monitoren of 'vinger aan de pols houden' om lange termijn effecten op bodem en vegetatie vast te kunnen stellen. Vooralsnog kan echter geconstateerd worden dat er steeds meer waterberging-natuurprojecten gerealiseerd worden, maar dat deze niet of nauwelijks gemonitord worden. Ook ontbreekt het aan sturing om meetprogramma's op een goede manier op te zetten en geboekte resultaten beschikbaar te maken.

Om beheerders hierin te ondersteunen en om overgebleven kennisvragen te (laten) prioriteren en beantwoorden, wil het Pilotprogramma Waterberging-Natuur voor de instelling van een landelijk platform pleiten. Hierin zouden water- en natuurbelangen evenredig vertegenwoordigd moeten zijn. Eventueel kan daarvoor een bestaande structuur worden ingezet, zoals de deskundigenteams van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN).

7 Verklarende woordenlijst

Winterpolder	een polder met bemaling, zodat deze het hele jaar droog blijft,
Zomerpolder	een polder zonder bemaling, deze staat hierdoor alleen in de zomer goed droog en kan in de winter onderlopen, Dit is te vergelijken met een <i>bergingsboezem</i> (Habiforum, 2002; Boeren met water). Men laat er vaak het vee grazen.
Retentiepolder	Een retentiepolder is een bergingsgebied met een relatief hoge frequentie van instroming van water, vaker dan één maal per 100 jaar (beheers-situatie). Behoren tot het watersysteem.
Calamiteitenpolder	Bij een calamiteitenpolder is de frequentie van instroming van water lager dan een retentiepolder (minder dan één maal per 100 jaar). Calamiteitenpolders behoren niet direct tot het watersysteem.
Inlaatpolder	Ook wel overlooppolder. Een omdijkt deel van een grotere landbouw-polder grenzend aan de boezem in een droogmakerij of veenweidegebied bestemd voor piekberging (Eens in de 1 à 100 jaar enkele dagen tot weken inundatie).
Seizoensberging	Gebiedseigen water wordt opgeslagen ten tijde van overvloed (winter), zodat minder gebiedsvreemd water in het gebied zelf hoeft te worden ingelaten in drogere periodes. Hierbij wordt gestreefd naar een natuurlijk regime.
Voorraadberging	Het lokaal vasthouden van de neerslag (enkele dagen tot weken), met name van zomerse buien om het inlaten van (gebiedsvreemd) water zo lang mogelijk uit te stellen.
Piekberging	Lokale kortdurende (enkele dagen) berging van gebiedseigen of ook wel gebiedsvreemd water ter voorkoming van wateroverlast elders. De frequentie van voorkomen van zulke hoogwaterpieken (als gevolg van bijvoorbeeld zeer zware neerslag) wordt geschat op maximaal 1 tot 2 keer per jaar.
Noodberging	(of calamiteitenberging). Berging bij extreem hoge waterstanden met een frequentie van minder dan 1 keer per 100 jaar (maximaal). Dit om calamiteiten te voorkomen.
Vasthouden (1)	In de WB21-betekenis is dit water tijdelijk vasthouden (conserveren) bij de bron om zodoende de piekafvoer in waterlopen te verminderen. Dit kan door ontwatering van bovenstrooms gebied (diepe onverzadigde zone kan meer water bergen) en/of aanpassing van de bovenstroomse detailafwatering waardoor de afwatering wordt gestremd (bijv. door een stuw met duiker of toepassing accolade profiel). Het kan zelfs bergen van water op maaiveld inhouden, wat in de winter niet bezwaarlijk hoeft te zijn. Het gaat hierbij nadrukkelijk in alle gevallen om <i>tijdelijk</i> vasthouden.

Vasthouden (2)	Voor verdrogingsbestrijding is het vaak wenselijk de ontwateringsbasis <i>structureel</i> te verhogen. Dit leidt echter tot een afname van de bergingscapaciteit van de onverzadigde zone en een toename op het risico van wateroverlast (piekafvoer).
Conserveren	Tijdelijk of structureel vasthouden van gebiedseigen water ter voorkoming van watertekort in periode van waterschaarste. Het kan gaan om regenwater in landbouwgebied, maar ook om relatief schoon oppervlaktewater (bijv. door voeding via schoon grondwater) in natuurgebieden (“hydrologisch scheiden”).
Inundatie	Onder water staan. Dit kan zijn als gevolg van overstroming (toevoer van water uit bijvoorbeeld een beek), verzamelen van neerslag of grondwater of een combinatie hiervan.

8 Referenties

- Beumer, V., G. van Wirdum, B. Beltman, J. Griffioen & J.T.A. Verhoeven, 2007. Biogeochemical consequences of winter flooding in brook valleys. *Biogeochemistry* 86:105-121.
- Boxman, A.W., H.H. Bartelink, Ph. Bossenbroek, R.H. Kemmers & A.H.F. Stortelder, 2003. Uitvoering van vernattingsmaatregelen op praktijkschaal 1997-2003: Referentie project Koelbroek, Rapport EC-LNV nr. 2003/245-O, OBN Broekbossen.
- Buro Stroming, 2006. Natuurlijke klimaatbuffers: Adaptatie aan klimaatverandering Wetlands als waarborg, manifest opgesteld namens Vereniging Natuurmonumenten, Vogelbescherming Nederland, Staatsbosbeheer, ARK Natuurontwikkeling en de Waddenvereniging
- Clason, E.W., 1928. Over de plantengroei in het Zuidlaardermeer en omgeving. *De Levende Natuur* 1.
- Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000a. Waterbeleid voor de 21^e eeuw, geef water ruimte en de aandacht die het verdient. Advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw.
- Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000b. Basisrapport bij het advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw.
- Eck, W. van, 2004. Flooding tolerance and distribution along flooding gradients, Ph.D. Thesis University of Nijmegen.
- Galen, F.W. van, F.J. Kragt & A. Keuren, 2005. Toelichting op de landsdekkende maatregelkaart deelstroomgebiedsvision. Evaluatie deelstroomgebiedsvision, deelrapport 1 MNP rapport 500023001/2005
- Gerritsen, A.L., 2005. Waterberging in stedelijke randzones; Succes- en faalfactoren voor het in de praktijk realiseren van het planningsconcept 'Blauwe Contouren', Alterra rapport 1059, Wageningen.
- Goossen, C.M. & P.W.F.M. Hommel, 2004. Bos in water, Water in bos. Beleving van bossen in en aan water, Alterra rapport 886, Wageningen.
- Havinga, B., 1919. Studiën over flora en fauna van het Zuidlaarder Meer. Bijdrage tot de kennis van de biologie der Nederlandsche meren. Proefschrift RU Groningen. 188 pp.
- Hommel, P.W.F.M., S.A.M. van Rooij, R.W. de Waal, F. de Vries & C.M. Goossen, 2005. Bos in water, Water in bos. Kansenkaarten voor multifunctionele natte bossen met meerwaarde voor waterbeheer, natuur en recreatie. Alterra-Rapport 1267, Wageningen.
- Hommel, P.W.F.M., S.A.M. van Rooij, R.W. de Waal, F. de Vries & C.M. Goossen, 2006. Bos in water, Water in bos; Kansenkaarten voor multifunctionele natte bossen met meerwaarde voor waterbeheer, natuur en recreatie, Alterra rapport 1267, Wageningen.
- IPO, 2000. Provincies maken ruimte voor water: Advies van de ad hoc commissie Water van het Interprovinciaal Overleg, augustus 2000.

Jans, L., R. van Ek, C.M. Goossen, P.W.F.M. Hommel, J. Kalkhoven, S.A.M. van Rooij & M. van Soestbergen, 2001. Water in bos, bos in water. Een verkenning van de kansen voor een ruimtelijke integratie van water en bos. RIZA werkdocument 2001.191X, Lelystad

Kemmers, R.H., 2007. Desorptie en adsorptie van fosfaat na vernatting van veengrond uit het Hunzedal. Alterra-rapport 1575, Wageningen.

Klinge, M., Lorenz, C.M. & Wanningen (2000). Ecologisch herstel Zuidlaardermeer; resultaten met het compartiment (1996 t/m 1999) en evaluatie ten behoeve van toekomstig beheer. Rapport Waterschap Hunze en Aa's en Witteveen en Bos.

KNMI, 2006. KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01

Kok, T., 2004. Waterberging en natuur; Quick scan naar de combinatie waterberging en natuur in de 17 deelstroomgebieden van Nederland. Rapport EC-LNV nr. 2004/335, Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Können, G.P., 2001. Climate scenarios for impact studies in the Netherlands. Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, Netherlands

Leeuw, C.C. de & E. Wymenga, 2004. Waterberging in de Kop fan 'e Blokslaetpolder. Verslag van een praktijkproef in een natuurgebied. Eindrapportage 2000-2003. A&W rapport 439, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek.

LNV, 2000. Natuur voor mensen, mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap voor de 21^e eeuw, Den Haag.

Massop, H.Th.L., P.C. Jansen & C. Kwakernaak, 2003. Natuur en waterberging; Indicatie voor overlappend ruimtegebruik. Alterra rapport 766, Wageningen.

Massop, H.Th.L. & W.C. Knol, 2005. Historisch waterbeheer; een kwantitatieve benadering van historische watersystemen, Alterra rapport 1145, Wageningen.

Meuleman, A.F.M., 1999. Performance of treatment wetlands. Ph.D. Thesis University Utrecht.

Mouissie, M., 2006. Nutriëntenreductie in moerassen langs de Hunze. Rapportage over de meetresultaten van februari tot november 2006. Grontmij i.s.m. RU Groningen in opdracht van Waterschap Hunze & Aa's. Veendam,

Mouissie, M. & R. van Diggelen, 2008. Nutriëntenreductie in moerassen langs de Hunze. Eindrapportage. Grontmij i.s.m. RU Groningen, in opdracht van waterschap Hunze & Aa's. Veendam.

Olde Venterink, H.G.M., 2000. Nitrogen, phosphorus and potassium flows controlling plan productivity and species richness. Proefschrift Universiteit Utrecht.

Olde Venterink, H.G.M., R. van Diggelen, J. van den Burg & J.T.A. Verhoeven, 2002. Moerassen langs de Hunze voor een helder Zuidlaardermeer. Een studie naar mogelijkheden van natuurlijke waterzuivering. Universiteit Utrecht en Rijksuniversiteit Groningen in opdracht van Waterschap Hunze & Aa's.

Pilotprogramma Waterberging-Natuur, 2008a. Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een beekdal. Achtergrondrapport Beerze. S. Stuijtzand (red), R. van Ek (red), J. Klein (red), F. Sival, H. van Manen, E. Eigenhuijsen, P. Hommel, M. Riksen, L. Verbeek, V. Beumer, T. Pelsma, J. Daling, L. de Bruijn, S. Stuijtzand. RWS Waterdienst rapport nr. 2007.014, Alterra rapport nr. 1631, ISBN 978-90-369-1419-2.

Pilotprogramma Waterberging-Natuur, 2008b. Onderzoek aan waterberging en natuur in een jong kleibos. Achtergrondrapport Harderbos. S. Stuijtzand (red), R. van Ek (red), H. van Manen, P. Hommel, R. de Waal, J. van der Pol, J. Daling, T. Pelsma, E. Belien, A. Olsthoorn, U. Sass-Klaassen, J. den Ouden, M. Kuijper, S. van Rooij, S. Stuijtzand. RWS Waterdienst rapport nr. 2007.015, Alterra rapport nr. 1630, ISBN 978-90-369-1420-8.

Pilotprogramma Waterberging-Natuur, 2008c. Praktijkervaringen met berging van stedelijk water in een natuurontwikkelingsgebied. Achtergrondrapport Woolde. R. van Ek (red), S. Stuijtzand (red), J. Klein (red), J. Medenblik, A. Grotenboer, A. Kist, T. Croese, H. de Jong, L. ten Voorde, L. Kruit, S. de Goeij. RWS Waterdienst rapport nr. 2007.012, ISBN 978-90-369-1417-8.

Pilotprogramma Waterberging-Natuur, 2008d. Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een polder. Achtergrondrapport Woudmeer-Speketer. R. van Ek (red), S. Stuijtzand (red), J. Klein (red), Y. Wessels, S. Zierfuss. RWS Waterdienst rapport nr. 2007.013, ISBN 978-90-369-1418-5.

Platteeuw, M. & W. Iedema, 2001. Biedt ruimte voor water ook ruimte voor natuur? Kansen voor natuurontwikkeling bij ruimtelijke oplossingen voor waterbeheer. RIZA Werkdocument 2001.065X, Lelystad.

Raad voor het Landelijk Gebied, 2001. Bergen met beleid: signaaladvies over de implementatie van waterberging en waterbuffering in beleid en uitvoeringsplannen, Publicatie RLG 01/4

Rooij, S.A.M. van, P.W.F.M. Hommel, R.H. Kemmers, A.F.M. Olsthoorn, E.P. Querner en R. de Waal, 2007. Bergen in het bos. Nieuwe bossen voor waterbeheer, natuur en recreatie. Wat kan waar en wat levert het op? Brochure. Alterra, Wageningen UR.

Royal Haskoning, 2003. Voorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomd helofytenfilter, taakgroep watersysteem Leidsche Rijn. Definitieve eindrapportage.

Rozemeijer, J., H.P. Broers, H. Passier & B. van der Grift 2005, Een quickscan inventarisatie van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant Deelrapport I van het Aquaterra/STROMON project. Rapport NITG 05-186-A (concept)

Runhaar, J., G. Arts, W. Knol, B. Makaske & N. van den Brink, 2004. Waterberging en Natuur: kennisoverzicht ten behoeve van de regionale waterbeheerders, STOWA rapport 2004-16, ISBN 90-5773-252-1

Runhaar J. & P.C. Jansen, 2004. Overstroming en vegetatie; Vergelijkend onderzoek in vijf beekdallocalties, Alterra rapport 1079, Wageningen.

Schomaker, A.H.H.M., A.J. Otte, J.J. Blom, T. Claassen & R. Kampf, 2005. Waterharmonica: de natuurlijke schakel tussen waterketen en watersysteem. STOWA rapportnummer 2005-18

Siebel H.N., 1998. Floodplain forest restoration. Tree seedling establishment and tall herb interference in relation to flooding and shading. Ph.D. Thesis University of Nijmegen.

- Sival, F.P., B. Makaske, G.J. Maas & J. Runhaar, 2005. Floodplain sedimentation regulating vegetation productivity on small rivers? NCR-publication 26-2005. Wageningen.
- Sival, F.P., M.J.P.M. Riksen, L. Verbeek & E. van der Lippe, 2008. Hermeandering, waterberging en natuurontwikkeling in het Beerzedal: case de Logtse Baan. Alterra rapport 1576, Wageningen.
- Splunder, I. van, 1998. Floodplain forest recovery: softwood forest development in relation to hydrology, riverbank morphology and management. Ph.D. Thesis University of Nijmegen.
- Steiger, J. & A. M. Gurnell, 2002. Spatial hydrogeomorphological influences on sediment and nutrient deposition in riparian zones: observations from the Garonne River, France. *Geomorphology* 49: 1-23.
- UvW, 2005. Resultaten iteratief proces toetsing werknormen 2003-2005. Unie van Waterschappen, Den Haag.
- V&W, 2007. Brochure Watervisie, Den Haag.
- Vogelzang, T.A., B. Enserink, M.A.H.J. van Bavel, W.M. Dicke, D.P. Kamps & L.F. Puister, 2004. Geld als water: Een onderzoek naar de strategische beleidsruimte van het Ministerie van LNV voor het combineren van natuur- en waterinvesteringen, LEI rapport 3.04.04 i.s.m. TUD.
- VROM, 2008. Kamerbrief Uitvoering pilots Natuurlijke Klimaatbuffers 2007, kenmerk 2008/011550, Den Haag.
- Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant, 2007. Overstroming en Natuur: een natuurlijk samengaan? Rapport KWR 07.004, Kiwa Water Research, Nieuwegein, onder redactie van J. Runhaar en M.H. Jalink.
- Wolf, R.J.A.M., A.H.F. Stortelder & R.W. de Waal, 2001. Ooibossen. Boscosecosystemen van Nederland 2. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

