



Van Lobith naar zee

**Verkenning van een andere afvoerverdeling over de Rijntakken
op de lange termijn**

Waarom deze notitie?

Momenteel wordt het standpunt 'Ruimte voor de rivier' van het kabinet voorbereid dat eind 2000 aan de Tweede Kamer wordt voorgelegd. Met dit standpunt wordt de verkenningsfase, waarin de Integrale Verkenning Benedenrivieren (IVB) en Ruimte voor Rijntakken (RvR) zijn uitgevoerd, afgesloten en wordt een kader voor het vervolg, de planstudiefase, neergezet. Een belangrijk uitgangspunt voor de planstudie is dat deze vanuit een samenhangende visie op het hoofdsysteem wordt uitgevoerd. In die zin is de afvoerverdeling over de Rijntakken of beter gezegd een eventuele verandering van die afvoerverdeling een relevant onderwerp. Immers, meer water via de deelsystemen Waal, Neder-Rijn of IJssel kan alleen als de ontvangende deelsystemen, de benedenrivieren en het IJsselmeer, dit extra water veilig kunnen verwerken. Een ander belangrijk uitgangspunt voor de planstudie is dat het resultaat moet passen in het perspectief van de lange termijn met nog hogere rivierafvoeren en meer zeespiegelstijging.

De samenhang binnen het hoofdsysteem en tussen de problematiek op de korte en lange termijn is ook door de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw in haar advies nadrukkelijk naar voren gebracht. Voor het kabinet is dit de aanleiding om zo spoedig mogelijk, parallel aan de planstudiefase, een studie (de 'spankrachtstudie') te starten waarin deze samenhang centraal staat. Het gaat daarbij om Rijnafoeren groter dan 16.000 m³/s bij Lobith. De resultaten hiervan moeten eind 2001 beschikbaar zijn zodat ze nog tijdig in de planstudie en in de 5^e Nota Ruimtelijke Ordening kunnen worden meegenomen.

Echter, nu is ook al behoefte aan inzicht in de perspectieven die een andere afvoerverdeling over de Rijntakken biedt. Enerzijds om aan te kunnen geven welke deelsystemen met prioriteit in de planstudiefase onderzocht moeten gaan worden. Een belangrijke vraag is dan welke route van Lobith naar zee altijd, op korte én lange termijn, en in hoofdzaak deel zal uitmaken van de strategie om hogere Rijnafoeren veilig te verwerken ('geen spijt afvoerroute'). Anderzijds om kansen die zich nu aanbieden om rivierverruimende maatregelen te treffen te kunnen aangrijpen op basis van een samenhangende landelijke strategie ('geen spijt afvoermaatregel').

Deze notitie is, op basis van beschikbare informatie, opgesteld in opdracht van het Hoofdkantoor van Rijkswaterstaat en kan ook als vertrekpunt worden gezien voor de binnenkort te starten spankrachtstudie.

Uitgangspunten

- We richten ons op een toekomstige situatie met een Rijnafoer van 18.000 m³/s bij Lobith en een relatieve zeespiegelstijging van circa 50 cm. Het jaartal dat hierbij hoort is afhankelijk van het (onzekere) tempo waarin het klimaat (zeker) verandert: rond 2050 en 2100 uitgaande van respectievelijk het maximum- en midden-scenario van klimaatverandering. Hogere afvoeren dan 18.000 m³/s worden overigens voorlopig uitgesloten omdat retentiemaatregelen en/of overstromingen in Duitsland deze voorkomen; dit uitgangspunt vraagt om een regelmatig terugkerende toets in het kader van het Actieplan Hoogwater voor de Rijn. De hoogwaterstanden in het benedenrivierengebied worden ook beïnvloed door de afvoer van de Maas: rekening wordt gehouden met een toename tot 4500 m³/s bij Borgharen.
- Geen rekening wordt gehouden met de ruimte die mogelijk momenteel nog in het hoofdsysteem aanwezig is om extra afvoer veilig op te vangen. Dit speelt vooral langs de IJssel bovenstrooms van Wijhe waar de dijken voor een hogere maatgevende Rijnafoer dan de huidige 15.000 m³/s zijn ontworpen en langs de Boven-Rijn en Waal waar in het verleden ruimte door uitschuring van het zomerbed is ontstaan die niet in de vaststelling van de huidige maatgevende hoogwaterstanden is verdisconteerd (Boertien-ruimte).
- Toekomstige morfologische ontwikkelingen in het hoofdsysteem en de gevolgen hiervan voor het doorstroomprofiel worden buiten beschouwing gelaten: deze zijn onafhankelijk van de afvoerverdeling over de Rijntakken. Het algemeen beeld is dat in de meest bovenstroomse trajecten van de Rijntakken de uitschuring van het zomerbed overheerst, terwijl in het benedenrivierengebied de sedimentatie van zand en slib de overhand heeft. Overigens zijn er op dit moment afspraken met Duitsland om de daling van het zomerbed, gezien de nadelige effecten voor onder meer scheepvaart, zo spoedig mogelijk tot staan te brengen. Voor het benedenrivierengebied betekent dit uitgangspunt dat het doorstroomprofiel door onderhoudsbaggerwerk op peil wordt gehouden.
- Volgens nieuwe inzichten is de golfvorm van de maatgevende afvoer wat stomper dan die waarvan in het verleden werd uitgegaan. Dit leidt op de IJssel tot een lichte stijging van de hoogwaterstanden. Een verdere stijging (tot ongeveer 10 cm) treedt op als ook rekening gehouden wordt met het feit dat de zijdelingse toestroming langs de IJssel wel eens hoger zou kunnen uitvallen dan tot voor kort werd aangenomen. Met beide fenomenen wordt hier geen rekening gehouden. De zijdelingse toestroming naar de Rijntakken in het algemeen en de IJssel in het bijzonder kan overigens mogelijk verminderd worden door, conform het Actieplan Hoogwater voor de Rijn en het advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, water in de regio tijdelijk vast te houden.

Afvoercapaciteit van het benedenrivierengebied

Maatgevende hoogwaterstanden

In het benedenrivierengebied wonen veel mensen in vaak diepe polders. Een overstroming zou een groot aantal slachtoffers kunnen betekenen. Vooral daarom is in de Wet op de Waterkeringen een hoog veiligheidsniveau voor het benedenrivierengebied vastgelegd. In het oostelijk deel van het benedenrivierengebied moeten de dijken bestand zijn tegen waterstanden die met een frequentie van 1/1250 jaar voorkomen. In het westelijk deel van het gebied moeten de dijken bestand zijn tegen waterstanden die zich slechts 1/10000 jaar voordoen. In het tussenliggende gebied zijn de veiligheidsniveaus 1/2000 jaar en 1/4000 jaar. De hoogwaterstand die bij die frequentie hoort, dus de waterstand waarop de hoogte van dijken gebaseerd wordt, is de maatgevende hoogwaterstand.

De invloed van rivieren en zee

De maatgevende hoogwaterstanden in het benedenrivierengebied worden bepaald door een combinatie van (hoge) rivierafvoeren en stormen op zee. Om de gevaren van stormen op zee te beteugelen zijn stormvloedkeringen gebouwd; de jongste in de Nieuwe Waterweg. Ook de zeer kleine kans dat deze keringen niet goed functioneren heeft invloed op de maatgevende hoogwaterstanden.

In het oostelijk deel van het benedenrivierengebied, op de rivieren Lek, Boven Merwede en Bergsche Maas doen de maatgevende hoogwaterstanden zich voor bij grote rivierafvoeren. In het westelijk deel van het gebied, op bijvoorbeeld het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg is het vooral de invloed van zee, in combinatie met de kleine kans op het falen van de stormvloedkeringen die de maatgevende hoogwaterstand bepaalt. In het midden van het gebied, bijvoorbeeld het gebied rondom Dordrecht, zijn het zowel situaties met stormen op zee als situaties met hoge rivierafvoeren die de maatgevende hoogwaterstand bepalen. Een omstandigheid met een storm op zee en een matige rivierafvoer kan eenzelfde waterstand opleveren als een situatie met een matige wind op zee en een zeer hoge rivierafvoer. De kans op deze waterstand is de optelsom van de kans van elk van de genoemde combinaties. Een combinatie van een zware storm op zee én een zeer hoge rivierafvoer zou een nog veel hogere waterstand opleveren. Gelukkig is de kans dat deze situatie zich voordoet extreem klein; veel kleiner dan het in de Wet op de Waterkeringen vastgelegde veiligheidsniveau voor dit gebied.

De afvoercapaciteit van de (beneden)rivieren

Om de maximale afvoercapaciteit van de rivieren in het Benedenrivierengebied te bepalen is de invloed van hogere rivierafvoeren op de maatgevende hoogwaterstand vastgesteld. In de Integrale Verkenning Benedenrivieren is gekeken naar mogelijke maatregelen om een toename van de hoogwaterstanden door meer rivierwater en zeespiegelrijzing te voorkomen. De belangrijkste maatregelen zijn het geven van ruimte aan de rivieren voor de afvoer van water en het aanwijzen van gebieden voor het tijdelijk bergen van water. Van elk van de maatregelen is het waterstandsverlagend effect bekend. Met die gegevens kan dus worden bepaald welke extra hoeveelheid water via de verschillende riviertakken kan worden afgevoerd zonder dat de maatgevende hoogwaterstanden toenemen, als er rivierverruimende maatregelen worden getroffen. Deze cijfers worden in deze notitie gepresenteerd als de maximale afvoercapaciteit van de rivieren in het benedenrivierengebied.

- We gaan uit van de huidige benadering van de veiligheid aan de hand van overschrijdingskansen van waterstanden. Deze kans is langs de Rijntakken praktisch overal gelijk: 1/1250 per jaar afnemend tot 1/10000 in het benedenrivierengebied.
- De hoogwaterstanden worden op de gebruikelijke manier uit berekeningen afgeleid. Bijvoorbeeld voor de Rijntakken uit één berekening bij maatgevende Rijnafoer, voor de benedenrivieren uit 54 berekeningen voor verschillende combinaties van Rijnafoer en storm op zee. Op het IJsselmeer is bij veel dijkvakken storm de dominante factor voor de hoogte van de hydraulische belasting van dijken. Daarnaast zijn er nog dijkvakken waar het meerpeil maatgevend is.
- Maatregelen om de toename van de maatgevende afvoer van 15.000 naar 18.000 m³/s via het hoofdsysteem naar zee veilig, zonder overschrijding van de huidige maatgevende hoogwaterstanden, te verwerken liggen, in lijn met het advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, zo veel mogelijk in de sfeer van het tijdelijk bergen (in retentiegebieden) dan wel afvoeren van het water (door bijvoorbeeld uiterwaardverlaging, dijkverlegging en het verwijderen van hydraulische knelpunten zoals hoogwatervrije terreinen). Het verdiepen van het zomerbed is alleen in de overgangsgebieden van de Rijntakken naar de benedenrivieren en het IJsselmeer toegestaan, niet op de Rijntakken zelf in verband met de ongunstige neveneffecten. Dijkverhoging is het laatste redmiddel.
- Bij de bepaling van de potentiële afvoer- en/of bergingscapaciteit van het hoofdsysteem wordt uitgegaan van de rivierverruimende maatregelen die in het kader van RvR en IVB zijn geïnventariseerd. Maatregelen zoals in Rijn op Termijn van het Waterloopkundig Laboratorium (WL) blijven dus buiten beschouwing. Een belangrijke reden is dat deze studie zich richt op een maatgevende Rijnafoer van 20.000 m³/s bij Lobith (in plaats van 18.000 m³/s in deze verkenning) en dat voor de afvoer van het extra water (5000 m³/s) uitsluitend de IJssel in aanmerking is genomen. Dit leidt onherroepelijk tot verdergaande binnendijkse maatregelen dan die in de genoemde projecten waarin 18.000 m³/s als bovengrens is gehanteerd. In Rijn op Termijn wordt het winterbed van de IJssel grootschalig verbreed door dijken te verleggen en te verwijderen en wordt, om het smalle en moeilijk te verruimen IJsseltraject tussen IJsselkop en Doesburg te omzeilen, een groene rivier tussen het Rijnstrangengebied en Doesburg aangelegd. Het betrekken van maatregelen uit Rijn op Termijn zou tot een onevenwichtige analyse en mogelijk ook conclusie kunnen leiden omdat vergelijkbare ingrijpende maatregelen langs de andere Rijntakken niet in beschouwing worden genomen. Tot slot dient nog opgemerkt te worden dat in de WL-studie de gevolgen voor de IJsseldelta en het IJsselmeer slechts summier zijn belicht.

Aanpak

De mogelijkheden om een extra afvoer van 3000 m³/s anders te verdelen over de Rijntakken dan volgens de huidige verhouding wordt beoordeeld aan de hand van de extra afvoer- en/of bergingscapaciteit in en langs de Rijntakken en ontvangende watersystemen. Deze capaciteit is afhankelijk van het beschikbare pakket aan maatregelen. Bij het bereiken van de extra afvoer- en bergingscapaciteit blijven de maatgevende hoogwaterstanden nog juist op het huidige niveau.

Hierbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de informatie die de studies RvR, IVB en WIN hebben opgeleverd. Wel bedacht moet worden dat het hier om verkenningen gaat op basis van globale berekeningen en op het niveau van riviertrajecten met een lengte van 20 à 30 km. Tot slot kan de analyse natuurlijk niet los worden gezien van ontwikkelingen die op dit moment in het rivierengebied al spelen. Hierbij kan onder meer gedacht worden aan de RIA-projecten zoals Spoorbrug Oosterbeek en Hondsbroekse Pleij en aan de oplossing van het stedelijke knelpunt Nijmegen/Lent.

Afvoer- en bergingscapaciteit in en langs de Rijntakken

Algemeen

In de huidige situatie verdeelt het Rijnwater zich onder maatgevende omstandigheden over de Waal, Neder-Rijn/Lek en IJssel ongeveer volgens de verhouding 65%:20%:15%. De Waal krijgt dus het meeste water te verwerken. Dit gegeven betekent dat de Waal in termen van waterstandsverandering minder gevoelig reageert op een afvoertoeename dan bijvoorbeeld de IJssel. Een voorbeeld. Een extra afvoer van 1000 m³/s op de Waal is net 10% meer dan de huidige maatgevende afvoer over die tak en geeft zo'n 45 cm hogere waterstanden. Op de IJssel gaat 1000 m³/s extra gepaard met een afvoertoeename van ongeveer 40% en een stijging van de waterstanden met 100 cm. Ook in de benodigde rivierverruiming om een extra afvoer te faciliteren komt het verschil tussen de 'grote' Waal en 'kleine' IJssel tot uiting. Wederom een voorbeeld. Verlaging van alle

uiterwaarden met 100 cm geeft op de Waal en IJssel een waterstandsaling van respectievelijk ongeveer 20 en 30 cm. Op de Waal biedt deze verlaging de mogelijkheid orde 450 m³/s extra afvoeren zonder dat de huidige maatgevende waterstanden worden overschreden. Op de IJssel is dat bij ongeveer 250 m³/s het geval. In zijn algemeenheid is het dus 'gemakkelijker' om extra water via de Waal dan de IJssel (en Neder-Rijn/Lek) af te voeren.

In en langs de Boven-Rijn

De mogelijkheden om buitendijks (dus tussen de dijken) ruimte te vinden voor extra afvoer van grote hoeveelheden water zijn beperkt. De variatie in uiterwaardbreedte is relatief groot: van praktisch 0 m ter hoogte van Lobith tot ongeveer 2 km bij de Bijland. Bovendien wordt een belangrijk deel van het uiterwaardenoppervlak ingenomen door open water. Extra afvoercapaciteit moet hier vooral worden gevonden door benedenstrooms rivierverruimende maatregelen te treffen. Essentiële ingrepen zijn, naast het verlagen van uiterwaarden en het verwijderen van hydraulische knelpunten in het Pannerdensch Kanaal en de Waalbochten, de dijkverleggingen rondom het splitsingspunt IJsselkop en de dijkverlegging bij Nijmegen/Lent.

De mogelijkheid om extra water tijdelijk te bergen doet zich voor in het Rijnstrangengebied. Na inrichting van dit gebied als retentiebekken en bij optimaal gebruik kan hier bij passage van een afvoergolf van enkele dagen ongeveer 1000 m³/s opgevangen worden. In de praktijk is de inzet en dus ook de effectiviteit van retentie met nogal wat onzekerheden omgeven. Voorlopig gaan we uit van een af te toppen hoeveelheid van 500 m³/s alhoewel eerste resultaten van onderzoek op dit vlak lijken uit te wijzen dat een grotere effectiviteit te halen valt.

In en langs de Waal

Om met de bergingsmogelijkheden te beginnen: de Ooijpolder biedt goede mogelijkheden om als retentiegebied te functioneren. Ook hier gaan we voorlopig uit van de helft van het maximale debiet dat tijdelijk kan worden opgeslagen: ruim 200 m³/s met plaatsing van dezelfde kanteekening als bij het Rijnstrangengebied.

Voor de afvoercapaciteit geldt dat deze door alle beschikbare buitendijkse maatregelen in te zetten kan worden vergroot met maximaal ongeveer 1000 m³/s. Maatregelen zijn uiterwaardverlaging, verwijderen van hydraulische knelpunten, kleinschalige dijkverleggingen, kribverlaging en zomerbedverdieping in het benedenstroomse traject. Belangrijke voorwaarde is natuurlijk dat deze extra afvoer ook in het benedenrivierengebied kan worden verwerkt: daar wordt later op teruggekomen.

Bij het verlagen van de uiterwaarden is verondersteld dat deze ingreep wordt gecombineerd met natuurontwikkeling: de vergraving is behoorlijk fors (gemiddeld ongeveer 2 m) waarbij relatief veel 'natte natuur' en open water ontstaan. De extra afvoercapaciteit neemt met zo'n 250 m³/s af als de uiterwaarden worden verlaagd met behoud van (de voornamelijk landbouwkundige) functie. Langs de Waal bevinden zich in enkele uiterwaarden met een hoge landschappelijke en/of cultuurhistorische waarde (LC-waarde). Wanneer deze uiterwaarden volledig worden ontzien bij rivierverruiming, wordt de extra afvoercapaciteit met ongeveer 100 m³/s gereduceerd. In de praktijk kan deze reductie kleiner zijn omdat de hoge LC-waarde vaak maar op een deel van de uiterwaard betrekking heeft.

De afvoercapaciteit van de Waal kan uitsluitend verder vergroot worden door binnendijks maatregelen te treffen. Een globale inventarisatie in RvR leert dat mogelijk ongeveer acht lokaties langs de Waal in aanmerking komen voor een grootschalige dijkverlegging. Wanneer we deze maatregelen combineren met rivierverruiming ter plekke van de stedelijke knelpunten Nijmegen/Lent en Zaltbommel/Haften neemt de afvoercapaciteit toe tot maximaal 2000 m³/s. Mogelijk is enige aanvullende zomerbedverdieping in het benedenstroomse deel van de Waal noodzakelijk. Het volledig ontzien van uiterwaarden met een hoge LC-waarde doet in dit geval de afvoercapaciteit met ongeveer 200 m³/s afnemen.

In en langs het Pannerdensch Kanaal

Vergroting van de afvoercapaciteit op dit rivierdeel moet vooral worden gerealiseerd door uiterwaardverlaging en door dijkverleggingen rondom het splitsingspunt IJsselkop. In RvR zijn ook nog twee mogelijke dijkverleggingen geïdentificeerd. Het ziet er naar uit dat deze niet nodig zijn om een substantiële vergroting van de afvoercapaciteit mogelijk te maken. Potentiële retentiegebieden zijn hier niet aan de orde. Een aandachtspunt is de aan te leggen tunnel voor de Betuwelijn: de verruimingsmogelijkheden van het Pannerdensch Kanaal worden hierdoor waarschijnlijk beperkt.

In en langs de Neder-Rijn/Lek (tot Schoonhoven)

Met maatregelen als uiterwaardverlaging, het verlagen van kribben, het verwijderen van hydraulische knelpunten en enkele kleinschalige dijkverleggingen kunnen we afvoer via de Neder-Rijn/Lek (tot

Schoonhoven) met afgerond 250 m³/s laten toenemen zonder dat hierbij de huidige maatgevende waterstanden worden overschreden. Beperkend is het traject tussen Hagestein en Schoonhoven waar de uiterwaarden relatief smal zijn en dus moeilijk ruimte voor de extra afvoer van water is te vinden. Binnen de bandijken kan uitsluitend zomerbedverdieping voor enige verlichting zorgen: de extra afvoercapaciteit kan hiermee maximaal op zo'n 500 m³/s worden gebracht. Ook hier geldt natuurlijk dat dit water benedenstrooms, in het benedenrivierengebied, afgevoerd moet kunnen worden. Uiterwaarden met een hoge LC-waarde worden vooral benedenstrooms Hagestein aangetroffen. Als deze bij rivierverruiming worden ontzien, valt de afvoercapaciteit terug naar 250 m³/s.

Verdere vergroting van de afvoercapaciteit is in principe mogelijk door op enkele locaties de dijken grootschalig te verleggen. Helaas doet deze mogelijkheid zich door de relatief dichte bebouwing niet voor op het traject tussen Hagestein en Schoonhoven waardoor dit rivierdeel beperkend blijft voor de afvoercapaciteit.

Wat betreft de mogelijkheden van de tijdelijke opvang van afvoerpieken langs de Neder-Rijn en Lek zijn uit een vluchtige inventarisatie in het kader van RvR drie potentiële gebieden naar voren gekomen. We gaan (voorlopig) uit van een gezamenlijke bergingscapaciteit van 200 m³/s waarbij wederom voorzichtigheidshalve een reductiefactor van 50% op de maximale effectiviteit is gehanteerd.

In en langs de IJssel

De afvoercapaciteit van de IJssel tot aan Zwolle, dus met uitzondering van de IJsseldelta, kan met ongeveer 500 m³/s worden vergroot door een combinatie van uiterwaardverlaging, natuurontwikkeling, verwijderen van hydraulische knelpunten inclusief enkele kleinschalige dijkverleggingen en kribverlaging. Door de omvangrijke vergravingen ondergaan de uiterwaarden een behoorlijke gedaanteverwisseling: veel open water en 'natte' natuur. Minder vergravingen met behoud van de huidige gebruiksfunctie doet de extra afvoercapaciteit met zo'n 200 m³/s afnemen. Een vergelijkbaar effect treedt op als we het relatief grote aantal uiterwaarden met een hoge LC-waarde uitsluiten van vergravingen.

De extra afvoercapaciteit kan een maximale waarde van rond 1000 m³/s bereiken als aan het hierboven genoemde maatregelenpakket de volgende ingrepen worden toegevoegd: grootschalige dijkverlegging op ongeveer 10 locaties, opheffen van de stedelijke knelpunten Zutphen en Deventer met groene rivieren en zomerbedverdieping in de IJsseldelta. Problematisch in deze situatie is mogelijk het traject tussen de IJsselkop en Rheden waar de uiterwaarden zeer smal zijn en ruimte voor dijkverleggingen ontbreekt. Als uiterwaarden met een hoge LC-waarde volledig worden ontzien bij rivierverruiming blijft de extra afvoercapaciteit op ongeveer 600 m³/s steken. De kanttekening past hierbij dat in de praktijk een wat hogere afvoercapaciteit mogelijk lijkt omdat meestal niet de hele uiterwaard door hoge LC-waarden wordt gekenmerkt.

Verdere vergroting van de afvoercapaciteit is uitsluitend mogelijk door nog extra ruimte in het binnendijkse gebied bij de IJssel te betrekken. In het RvR-project is deze mogelijkheid niet onderzocht. Duidelijk is echter dat omvangrijke dijkverleggingen langs praktisch de gehele IJssel noodzakelijk zullen zijn: minimaal enkele km's landinwaarts om een extra afvoercapaciteit van bijvoorbeeld 1000 m³/s te bereiken. (De vraag is dan overigens of het traject tussen de IJsselkop en Rheden en mogelijk ook het Pannerdensch Kanaal geen beperkingen opleggen. Alhoewel van een grotere Rijnafvoer wordt uitgegaan, was dit in onder meer de studie Rijn op Termijn de reden om een directe verbinding tussen de Boven-Rijn en de IJssel bij Doesburg te leggen, via het Rijnstrangengebied en een groene rivier.)

In de IJsseldelta treedt opstuwing op van de waterstanden vanuit het IJsselmeer. Naast hoge IJsselafoeren vormen stormen op het IJsselmeer een serieuze gevaarbron. Bij Zwolle wordt de maatgevende waterstand volledig door de IJsselafoer bepaald, maar benedenstrooms van Kampen door de maatgevende storm op het IJsselmeer. Op het tussenliggende traject zijn combinaties van IJsselafoer en meerpeil bepalend. Op de lange termijn moet volgens de studie 'Waterhuishouding in het Natte Hart' (WIN) als gevolg van zeespiegelstijging met hogere winterpeilen en maatgevende waterstanden op het IJsselmeer rekening worden gehouden. Dit heeft ook gevolgen voor de IJsseldelta. Bij en benedenstrooms Kampen valt waarschijnlijk aan dijkverhoging niet te ontkomen: rivierverruiming kan dit probleem niet verhelpen.

De uiterwaarden in de IJsseldelta zijn relatief smal waardoor deze maar een geringe bijdrage aan vergroting van de afvoercapaciteit kunnen leveren. Verdieping van het zomerbed lijkt meer perspectieven te bieden. In de IJsseldelta kan hierdoor ongeveer 250 m³/s extra water veilig worden afgevoerd. Verder zijn binnendijkse maatregelen denkbaar: groene rivieren om Kampen heen richting randmeren of Ketelmeer. Ingeschat wordt dat hiermee de maximaal haalbare afvoercapaciteit van de IJsseldelta op orde 500 m³/s komt te liggen. Een gedetailleerd onderzoek voor dit complexe riviertraject is nodig. Inmiddels is afgesproken dat Rijkswaterstaat,

provincie en waterschappen gezamenlijk op korte termijn een verkenning IJssel- en Vechtdelta uitvoeren. Deze zal informatie opleveren die voor de spankrachtstudie van belang is.

Voor wat betreft de mogelijkheden om rivierwater tijdelijk op te vangen zijn in het kader van het RvR-project 6 relatief kleine gebieden, verspreid langs de IJssel, geïnventariseerd. De totale bergingscapaciteit bedraagt ruim 200 m³/s, met inachtneming van de hiervoor ook toegepaste reductie van 50% op de maximale effectiviteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit in en langs de benedenrivieren

Uit analyses in het kader van IVB komt naar voren dat grote hoeveelheden extra water via het Hollands Diep en Haringvliet geborgen en naar zee afgevoerd kunnen worden. Zo blijkt zelfs bij een extra toestroming van 2500 m³/s naar dit gebied de hoogwaterstand bij Moerdijk slechts met 10 cm toe te nemen. Dit effect is klein ten opzichte van het effect van zeespiegelstijging en is waarschijnlijk goed te compenseren door (meer) water via de Volkeraksluizen af te voeren. Dit betekent dat we ons kunnen concentreren op de Lek en Merwede's om antwoord te kunnen geven op de vraag in hoeverre extra afvoer via Waal en Neder-Rijn veilig naar zee kan worden afgevoerd. De afvoermogelijkheden via de Volkeraksluizen moeten in de spankrachtstudie nader worden onderzocht waarbij ook de effecten voor de Zeeuwse wateren worden betrokken.

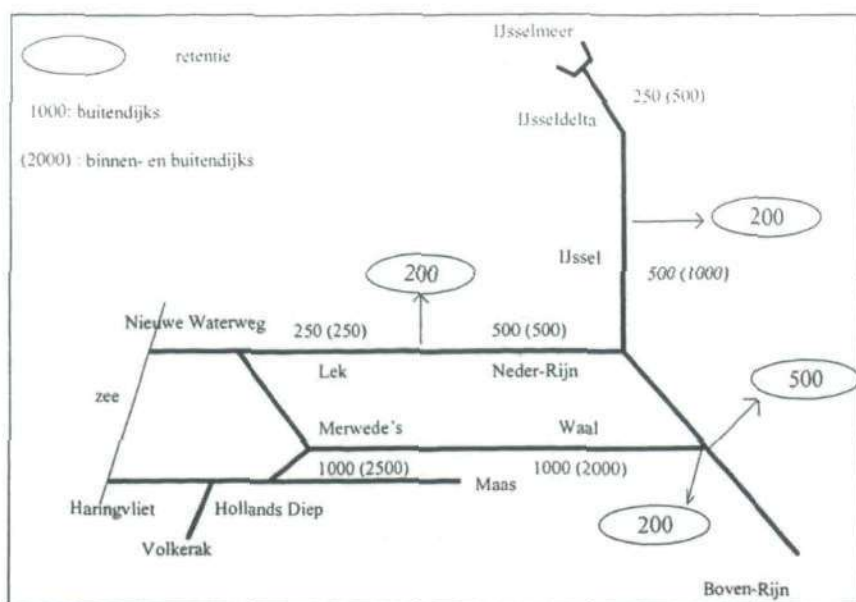
De Lek (benedenstrooms Schoonhoven) heeft smalle uiterwaarden terwijl op of achter de dijk lintbebouwing voorkomt. Het verdiepen van het zomerbed is praktisch de enige mogelijkheid om onder maatgevende omstandigheden meer water te kunnen afvoeren. Onderhoudsbaggerwerk is nodig om het zomerbed op diepte te houden. Het resultaat is een afvoercapaciteit die ongeveer 250 m³/s boven het huidige niveau ligt. Deze extra hoeveelheid water kan ruim via de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas naar zee worden afgevoerd. Door verdieping van het zomerbed neemt mogelijk de zoutindringing via de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas toe wat nadelige gevolgen voor de landbouw- en drinkwatervoorziening kan hebben. Nader onderzoek, in het kader van de spankrachtstudie, moet dit uitwijzen. Hierbij kunnen dan ook de mogelijkheden worden bestudeerd om het eventuele probleem te ondervangen, bijvoorbeeld door in een laagwaterperiode, ten koste van de IJssel, meer water via de Neder-Rijn/Lek te sturen: aanpassing van het beheer van de stuwen op de Neder-Rijn/Lek is hiervoor noodzakelijk. Een alternatief voor zomerbedverdieping is mogelijk retentie langs de Neder-Rijn waarmee de Lek onder maatgevende omstandigheden tijdelijk kan worden ontlast.

Langs de Merwede's leidt het verlagen van de uiterwaarden tot een vergroting van de afvoercapaciteit met ongeveer 500 m³/s. Door het zomerbed te verdiepen kan hieraan nog eens 500 m³/s worden toegevoegd. Een verdere toename van de afvoermogelijkheden kan uitsluitend in het binnendijkse gebied gevonden worden. Mogelijk maatregelen zijn dijkverleggingen langs de Nieuwe Merwede en de aanleg van groene rivieren in het land van Altena en de Biesbosch. Totaal kan dan maximaal 2500 m³/s extra water via de zuidrand van het benedenrivierengebied naar zee worden afgeleid.

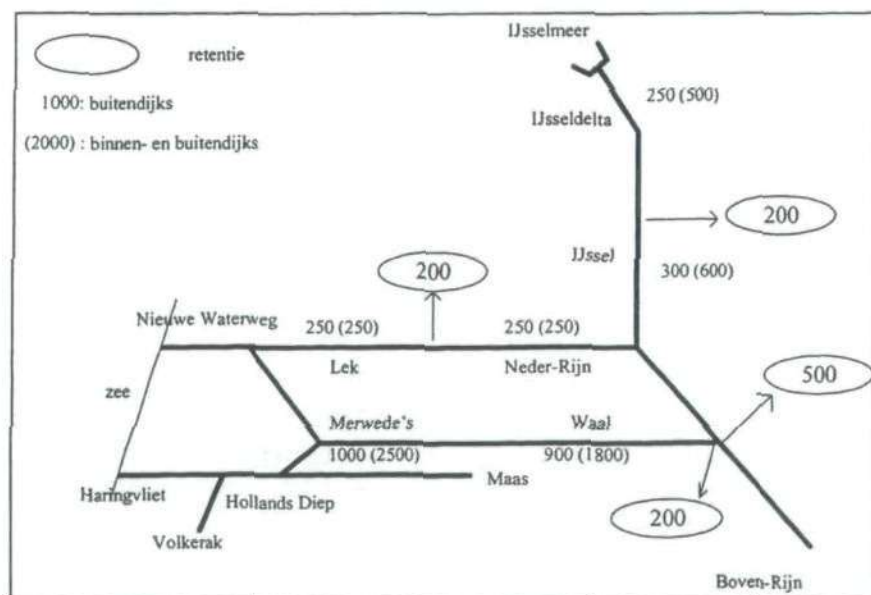
Afvoer- en bergingscapaciteit in het IJsselmeer

Het algemene probleem waarmee het IJsselmeergebied in de toekomst wordt geconfronteerd is de stijging van de zeespiegel. Uitbreiding van de spuicapaciteit via de Afsluitdijk en het op termijn laten stijgen van de meerpeilen heeft voorlopig de voorkeur als hoofdoplossing voor het toekomstig waterbeheer van het IJsselmeergebied. Dit is als voorkeursstrategie 'Meegroeien met de zee' uit de WIN-studie naar voren gekomen. Deze strategie komt er samengevat op neer dat op de korte termijn (rond 2025) handhaving van de maatgevende waterstanden door uitbreiding van de spuicapaciteit via de Afsluitdijk mogelijk is. Hierbij wordt een seizoensgebonden peil overwogen. Op de lange termijn, bij een zeespiegelstijging van ongeveer 50 cm en grotere wateraanvoer door meer neerslag via IJssel (bij de huidige verdeling over de Rijntakken) en vanuit de regio, zullen de meerpeilen en maatgevende waterstanden echter hoger komen te liggen. De dijken in het gebied zullen dan moeten worden versterkt.

Uit verkennende berekeningen in de WIN-studie komt naar voren dat vergroting van de topafvoeren van de IJssel, door verandering van de afvoerdeling over de Rijntakken, nauwelijks van invloed is op de maatgevende waterstanden op het IJsselmeer. De kans dat een extreme IJsselafvoer samenvalt met een extreme storm is namelijk zeer klein, in ieder geval kleiner dan het beschermingsniveau waarvan nu wordt uitgegaan.



Figuur 1 Maximale afvoer- en bergingscapaciteit (bovenop 15.000 m³/s bij Lobith) van het hoofdsysteem (indicatief)



Figuur 2 Maximale afvoer- en bergingscapaciteit (bovenop 15.000 m³/s bij Lobith) van het hoofdsysteem waarbij uiterwaarden met een hoge LC-waarde bij rivierverruiming worden ontzien (indicatief)

Andere afvoerverdeling?

De analyseresultaten zijn samengevat in de Figuren 1 en 2. Daarin is onderscheid gemaakt tussen de extra afvoer- en bergingscapaciteit (bovenop 15.000 m³/s) die in het buitendijkse en binnendijkse gebied door rivierverruimende maatregelen kan worden gerealiseerd. Verder is het debiet aangegeven dat bij de passage van een afvoergolf tijdelijk in retentiegebieden kan worden geborgen. In tegenstelling tot in Figuur 1 worden in Figuur 2 de uiterwaarden met een hoge LC-waarde bij rivierverruiming volledig ontzien. Nogmaals benadrukt wordt dat de resultaten gebaseerd zijn op een globale verkenning en dus alleen een indicatieve waarde hebben.

Uit de figuren komt naar voren dat een extra afvoer van 1000 m³/s bij Lobith - dit is de opgave voor de korte termijn - goed volgens de huidige verdeling over de Rijntakken naar zee te verwerken valt: 650 m³/s via de Waal, 200 m³/s via de Neder-Rijn/Lek en 150 m³/s via de IJssel. Maatregelen kunnen beperkt blijven tot het buitendijkse gebied met uitzondering van de kleinschalige dijkverleggingen. Veel speling is er op sommige trajecten echter niet: praktisch alle beschikbare buitendijkse maatregelen zullen dan in stelling moeten worden gebracht. Dit geldt des te meer als volledige uiterwaarden met een hoge LC-waarde bij rivierverruiming worden ontzien en een meer gevarieerde vorm van natuurontwikkeling op prijs wordt gesteld. De gepresenteerde afvoercapaciteiten gaan immers gepaard met forse vergravingen waarbij relatief veel open water en 'natte' natuur ontstaat. Problematisch wordt misschien de situatie langs de IJssel waar relatief veel uiterwaarden met een hoge LC-waarde voorkomen. Uitwijken naar binnendijkse maatregelen (grootschalige dijkverlegging, opheffen van stedelijke knelpunten danwel retentie) is dan nog de enige remedie. Opgemerkt moet echter worden dat, zoals ook aangegeven in de notitie 'Stand van zaken Ruimte voor Rijntakken' (april 1999), er mogelijkheden zijn om door uitgekiend ontwerpen het te vergraven oppervlak te beperken. Met maatwerk zijn waarschijnlijk ook vergravingen binnen een uiterwaard uit te voeren zonder dat daarbij de LC-waarde wordt aangetast.

Bij een extra afvoer van 3000 m³/s bij Lobith - dit is de opgave voor de lange termijn - zijn de mogelijkheden van een andere afvoerverdeling beperkt. De afvoerroute via de Neder-Rijn en Lek naar zee biedt geen perspectieven, misschien wel de route via de Neder-Rijn naar retentiegebied(en). Dit hangt samen met de geringe extra afvoercapaciteit van de Lek. De IJssel kan tot op zekere hoogte bij de afvoer van het extra water worden betrokken. Vooral de IJsseldelta lijkt hier roet in het eten te gooien: ten opzichte van de huidige situatie kan hier door rivierverruiming 500 m³/s meer worden afgevoerd. De mogelijkheden langs de IJssel bovenstrooms Zwolle zijn groter. Zeker als de uiterwaarden met een hoge LC-waarde bij rivierverruiming worden ontzien en meer 'ruimte' aan gevarieerde natuur wordt gegeven zijn binnendijkse maatregelen echter hard nodig. De bovengrens van de extra afvoercapaciteit via de Waal ligt bij ongeveer 2000 m³/s: het benedenrivierengebied legt aan deze afvoer geen beperkingen op. Maar dan moeten wel alle beschikbare maatregelen worden ingezet: omvangrijke vergravingen in de uiterwaarden, grootschalige dijkverleggingen, opheffen van stedelijke knelpunten door dijkverlegging en/of groene rivieren, enz. Ook hier geldt dat de extra afvoercapaciteit lager uitvalt als natuurontwikkeling een meer volwaardige plek wordt gegeven of uiterwaarden met een hoge LC-waarde worden ontzien.

De totale maximale extra afvoercapaciteit van de Rijntakken bedraagt 2750 m³/s (2000, 250, 500 m³/s via respectievelijk Waal, Neder-Rijn/Lek en IJssel). Als uiterwaarden met een hoge landschappelijke of cultuurhistorische waarde volledig worden ontzien en, met het oog op de te bereiken natuurwaarden, niet alle uiterwaarden maximaal verdiept worden, is de maximale extra afvoercapaciteit beduidend lager: circa 2000 m³/s volgens een globale schatting. Dit maakt duidelijk dat retentie van Rijnwater nodig is om een afvoer bij Lobith van 18.000 m³/s veilig te kunnen verwerken.

	Maximale extra afvoer- of bergingscapaciteit (m ³ /s)	Benodigde extra capaciteit voor afvoer 16.000 m ³ /s	Resterende capaciteit voor afvoer 18.000 m ³ /s
Waal	2000	650	1350
Neder-Rijn/Lek	250	200	50
IJssel	500	150	350
Retentie	1100	-	1100
Totaal	3850	1000	2850

Uit het bovenstaande wordt duidelijk dat er nog keuzemogelijkheden zijn voor de verdeling van een Rijnafvoer van 18.000 m³/s over de Rijntakken. De keuzemogelijkheden zijn echter beperkt. In lijn met het advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw wordt voor een afvoer van 16.000 m³/s uitgegaan van het handhaven van de

huidige verdeling over de Rijntakken. Voor de opvang van nog hogere Rijnafoeren biedt de Neder-Rijn/Lek weinig perspectieven. De route via de IJssel en het IJsselmeer naar zee is aan een maximum van 350 m³/s extra gebonden. Duidelijk is dus dat het zwaartepunt op de Waal en de zuidrand van het benedenrivierengebied zal komen te liggen. De mate waarin is sterk afhankelijk van de insteek die bij het veilig verwerken van hoge rivierafvoeren wordt gekozen. De hier gepresenteerde gegevens bieden vervolgens voldoende aanknopingspunten om over de te preferen afvoerdeling van gedachten te wisselen. Twee voorbeelden. Als we in lijn met het advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw de drietrapsstrategie 'vasthouden, tijdelijk bergen en tot slot afvoeren' hanteren, dan resteert van de 2000 m³/s - dit is het verschil tussen 18.000 en 16.000 m³/s - na aftrek van de totale retentiecapaciteit langs de Rijntakken nog 900 m³/s die via de Waal en IJssel afgevoerd moet worden. Deze hoeveelheid kan de Waal in principe volledig verwerken, maar kan ook naar de huidige verhouding over Waal en IJssel verdeeld worden. Als we als insteek kiezen 'minimalisatie van het binnendijkse ruimtebeslag' en we houden rekening met de onder alle omstandigheden benodigde retentie langs bijvoorbeeld Boven-Rijn en Waal, dan komt de Waal uit de bus als favoriete afvoerroute. Maar dan zal wel het hele scala van rivierverruimende maatregelen uit de kast moeten worden gehaald: verlaging van alle uiterwaarden met als resultaat 'natte' natuur en veel open water, verwijdering van hydraulische knelpunten, kleinschalige en grootschalige dijkverleggingen, kribverlaging, zomerbedverdieping in het benedenstroomse traject van de Waal en de Merwede's, opheffen van de stedelijke knelpunten Nijmegen en Zaltbommel/Haften door dijkverlegging en/of groene rivieren én geulen in het land van Altena en de Biesbosch. Een wegvallende schakel uit deze keten van maatregelen betekent ogenblikkelijk dat een andere route (meer) bij de afvoer van het Rijnwater moet worden betrokken.

In bovenstaande analyse is steeds in stappen, door het toevoegen van een bepaald type maatregel, de afvoer- en bergingscapaciteit van het hoofdsysteem vergroot om hogere Rijnafoeren veilig op te kunnen vangen. Daarbij is begonnen met buitendijkse maatregelen. De laatste stap betreft het toevoegen van binnendijkse maatregelen. In de praktijk hoeft dit natuurlijk niet altijd de strategie te zijn. Maatregelen zijn zowel in de tijd (korte en lange termijn) als in de ruimte (buiten- of binnendijks) tot op zekere hoogte uitwisselbaar.

Andere afvoerdeling: met welke ruimteclaim, effecten voor maatschappelijke belangen en kosten?

In het bovenstaande is geen keuze voor een andere afvoerdeling over de Rijntakken op de lange termijn, bij 18.000 m³/s, gemaakt. Wel tekent zich een bepaalde richting af. De binnenkort te starten spankrachtstudie zal uitsluitsel moeten geven. Bij voorbaat is duidelijk dat naast de fysieke mogelijkheden om, gegeven het beschikbare pakket van rivierverruimende maatregelen, extra water via de Rijntakken en de ontvangende wateren naar zee af te voeren, aspecten als binnendijks ruimtebeslag, effecten voor maatschappelijke belangen en kosten een belangrijke rol in de besluitvorming zullen spelen. Hieronder wordt kort en in globale zin, zo veel mogelijk aan de hand van kentallen, op deze aspecten ingegaan.

Bij de bepaling van de maximale extra afvoer- en bergingscapaciteit in het buitendijkse gebied zijn behalve maatregelen als uiterwaardverlaging en het verwijderen van hydraulische knelpunten ook kleinschalige dijkverleggingen in beschouwing genomen. Voor de Waal, Neder-Rijn en IJssel wordt met deze maatregel respectievelijk ongeveer 200, 250 en 350 ha *binnendijks gebied* bij het rivierbed getrokken. Als verdere vergroting van de capaciteit plaatsvindt met grootschalige dijkverleggingen, wordt een extra beroep op binnendijks gebied gedaan: respectievelijk ongeveer 1400, 800 en 1300 ha. De ruimte die gemoeid gaat met het opheffen van stedelijke knelpunten is sterk afhankelijk van het type maatregel (dijkverlegging en/of groene rivier) en de vormgeving. Per knelpunt is een variatie tussen orde 50 en 500 ha mogelijk.

Behalve met dijkverleggingen en groene rivieren wordt in het bovenrivierengebied ook met de aanleg van retentiebekkens een beroep op het binnendijkse gebied gedaan. Met de Rijnstrangen en de Ooijpolder correspondeert een oppervlak van respectievelijk ongeveer 3000 en 1500 ha. Langs de IJssel wordt ruim 1000 ha binnendijks onttrokken als de in RvR geïnventariseerde retentiegebieden daadwerkelijk worden gerealiseerd. Langs de Neder-Rijn/Lek bedraagt dit oppervlak ruwweg 1500 ha.

In het benedenrivierengebied bedraagt de ruimteclaim op het binnendijkse gebied ongeveer 1500 ha als de afvoer- en bergingscapaciteit met zo'n 2000 m³/s moet worden vergroot. Dit oppervlak komt vooral op het conto van te graven groene rivieren en geulen in het land van Altena en de Biesbosch.

Het doel van en de beschikbare tijd voor deze verkennende studie maken dat aan de gevolgen voor de *maatschappelijke belangen* niet of nauwelijks aandacht wordt besteed. In de spankrachtstudie zullen deze

uitgebreid aan bod komen. In deze notitie is globaal, in termen van reductie van de afvoercapaciteit, aangegeven wat de gevolgen zijn als uiterwaarden met een hoge LC-waarde bij rivierverruiming geheel worden ontzien. Verder zijn, bij de bepaling van de maximale afvoercapaciteit, forse vergravingen van alle uiterwaarden verondersteld waarbij relatief veel 'natte' natuur en open water ontstaan. Voor de landbouw is in deze benadering vanzelfsprekend geen plaats meer. In het geval van uiterwaardverlaging met behoud van de nu veelal aanwezige landbouwkundige functie zullen de vergravingen minder diep zijn: de extra afvoercapaciteit zal navenant op een lager niveau komen te liggen.

Als het gaat om de scheepvaart, vraagt vooral de herinrichting van de Waal de nodige aandacht. Zoals ook al in de notitie 'Stand van zaken Ruimte voor Rijntakken' aangegeven, behoeft rivierverruiming, mits met zorg uitgevoerd, niet of nauwelijks nadelige gevolgen voor deze sector op te leveren. Een belangrijke rol hierbij spelen de stroomgeleidende kaden die, als ze intact worden gelaten, voorkomen dat het stromingsbeeld en daardoor de bodemligging in het rivierbed te veel verandert.

De constatering hiervoor dat het in zijn algemeenheid 'gemakkelijker' is om extra water via de Waal af te voeren dan via IJssel (en Neder-Rijn/Lek) vertaalt zich ook in de *kosten* die met rivierverruiming gepaard gaan. In grote lijnen kan, op basis van analyses in RvR, worden gesteld dat de kosten van rivierverruimende maatregelen op de IJssel ongeveer een factor 2 hoger liggen dan die op de Waal. Zo komt vergroting van de afvoercapaciteit op de Waal met 1000 m³/s neer op een bedrag van zo'n 3 miljard gulden, terwijl een vergelijkbaar bedrag moet worden uitgetrokken om de afvoercapaciteit van de IJssel (met uitzondering van de IJsseldelta) op rond 500 m³/s te brengen. Het genoemde bedrag is gebaseerd op een globale raming waarbij is verondersteld dat verontreinigde grond kan worden omgeput.

De investeringskosten voor de inrichting van retentiegebieden worden geschat op f 12,50 per m², de kosten van beheer en onderhoud, inclusief schadevergoeding bij inundatie, op 1,5% van de investering (Centraal Planbureau, Ruimte voor water). Uitgaande van een potentieel retentieoppervlak van totaal 7000 ha in het bovenrivierengebied komen we op een investeringsbedrag van ongeveer 1 miljard gulden. Totaal ruim 1000 m³/s water kan hiermee tijdelijk worden geborgen.

De kosten van het verdiepen van de Lek worden begroot op ongeveer 100 miljoen gulden, die van de inrichting van de zuidrand van het benedenrivierengebied om 2000 m³/s extra te kunnen afvoeren op rond 2 miljard gulden.

Met welke onzekerheden?

De hier uitgevoerde analyse is met de nodige onzekerheden omgeven. Deze onzekerheden vloeien deels voort uit de gevolgde aanpak met behulp van relatief eenvoudige rivierkundige modellen. In de spankrachtstudie en zeker planstudies zal van gedetailleerdere modellen gebruik worden gemaakt, waarbij dan ook zaken als Boertienruimte en overhoogte van dijken in beschouwing kunnen worden genomen. Andere onzekerheden betreffen de bepaling van de maatgevende afvoer(golf), de morfologische ontwikkeling van ons rivierenstelsel en uiteindelijk de berekening van de maatgevende hoogwaterstanden waarop de hoogte van de dijken en dus onze veiligheid is gebaseerd. In dit verband is de onzekerheid rond de afvoerverdeling op de splitsingspunten van belang. De afvoerverdeling waar vanuit wordt gegaan berust op berekeningen waarbij de geometrie van het rivierbed en de hydraulische ruwheid van het zomerbed en de uiterwaarden belangrijke factoren zijn. Verder wordt van een bepaalde (maatgevende) golfvorm uitgegaan en wordt verondersteld dat de bodemligging van het zomerbed rondom de splitsingspunten niet sterk verandert tijdens maatgevende omstandigheden. Verificatie van de berekeningen is (gelukkig) nog niet mogelijk geweest. Wel is duidelijk dat een relatief kleine afwijking in afvoerverdeling tot relatief grote afwijkingen in hoogwaterstanden op de Rijntakken kan leiden. In het RvR-rapport 'Wat het onderzoek ons heeft geleerd' wordt uitgebreid op deze en andere onzekerheden ingegaan; ook wordt de wijze toegelicht waarop hiermee kan worden omgegaan.

Conclusies

- Een extra afvoer van 1000 m³/s bij Lobith - dit is de opgave voor de korte termijn - is goed volgens de huidige verdeling over de Rijntakken naar zee te verwerken: 650 m³/s via de Waal, 200 m³/s via de Neder-Rijn/Lek en 150 m³/s via de IJssel. Maatregelen kunnen beperkt blijven tot het buitendijkse gebied met uitzondering van kleinschalige dijkverleggingen. Veel speling is er echter op sommige trajecten niet: praktisch alle beschikbare maatregelen zullen daar in stelling moeten worden gebracht. Dit geldt des te meer als uiterwaarden met een hoge LC-waarde bij rivierverruiming worden ontzien en een meer gevarieerde vorm van natuurontwikkeling op prijs wordt gesteld. Binnendijkse maatregelen kunnen daarvoor plaatselijk nodig zijn. In benedenstroomse delen van de Rijntakken is verdieping van het zomerbed noodzakelijk.

- Om een extra afvoer van 3000 m³/s bij Lobith - dit is de opgave voor de lange termijn - veilig via het hoofdsysteem te kunnen verwerken is het tijdelijk bergen van water in retentiegebieden een voorwaarde. Voor de hand liggen in ieder geval het Rijnstrangengebied en de Ooijpolder: de drie Rijntakken én de ontvangende wateren profiteren hiervan.
- In aanvulling hierop is een aanpassing van de afvoerverdeling over de Rijntakken noodzakelijk. Op de Lek is verdere vergroting van de afvoercapaciteit niet mogelijk. De IJsseldelta legt beperkingen op aan de extra afvoer via de IJssel naar het IJsselmeer. De Waal en de zuidrand van het benedenrivierengebied zullen in die situatie het grootste deel voor hun rekening moeten nemen.
- De hier gepresenteerde resultaten zijn gebaseerd op een globale verkenning. In de uit te voeren spankrachtstudie zullen de noodzaak en de mogelijkheden van een andere afvoerverdeling op de lange termijn verder moeten worden aangescherpt. De kosten, gevolgen voor de maatschappelijke belangen en ruimtelijke consequenties zullen daarbij op een consistente wijze inzichtelijk moeten worden gemaakt. Verder zijn in deze notitie enkele kennisleemtes gesignaleerd die in de spankrachtstudie speciale aandacht vragen.