

Groene rivieren: mogelijkheden voor toepassing

een handreiking

Frans Klijn, Rob Maaten, Rolf van Buren

m.m.v.

Johan Crebas, Simone van Schijndel en Chris Stolker

Inhoud

1 Inleiding	1-1
1.1 Begripsbepaling	1-1
1.2 Rol in het verleden; rol in de toekomst?	1-1
1.3 Voorkomen in verleden en heden.....	1-2
1.4 Positionering ten opzichte van andere rivierverruimende maatregelen	1-7
1.5 Voor- en nadelen (in principe)	1-8
2 Inrichtings- en uitvoeringsaspecten.....	2-1
2.1 Binnen- of buitendijks	2-1
2.2 Dimensies.....	2-1
2.3 Dwarsprofielen en geleidedijken	2-2
2.4 In- en uitlaat(werken).....	2-4
3 Mogelijke locaties voor groene rivieren	3-1
3.1 Inleiding, klein- of grootschalig.....	3-1
3.1.1 Enkele ‘principes’ bij locatiekeuze	3-1
3.1.2 Nota bene	3-2
3.2 Locaties.....	3-2
3.2.1 ‘Kleinschalige’ groene rivieren.....	3-3
3.2.2 Grootschalige groene rivieren/ ‘bergende stroming’	3-16
4 Hydraulische effectiviteit.....	4-1
4.1 Enkele principes.....	4-1
4.1.1 Factoren die de effectiviteit bepalen	4-2
4.2 Samenvatting resultaten hydraulische berekeningen	4-1
4.2.1 Resultaten ‘Stedelijke knelpunten’	4-1
4.2.2 Resultaten WAQUA-analyses	4-3
4.2.3 Hydraulisch effect van onttrekking/toevoer.....	4-3
4.3 Conclusies voor toepassingsmogelijkheden	4-4

5 Overige aspecten.....	5-1
5.1 Implicaties voor landschap en ruimtegebruik.....	5-1
5.1.1 Mogelijkheden voor medegebruik.....	5-3
5.1.2 Natuurontwikkelingsmogelijkheden	5-4
5.2 Kosten.....	5-5
5.2.1 Uitgangspunten kostenschatting.....	5-7
5.2.2 Eenheidskostprijzen	5-7
5.2.3 Resultaten	5-8
5.3 Risico's voor nieuw ontstane dijkringen	5-9
6 Verantwoording	6-1
6.1 Achtergrond van het onderzoek.....	6-1
6.1.1 Inhoudelijke achtergrond.....	6-1
6.2 Doelstelling	6-1
6.2.1 Doelgroep	6-1
6.3 Vraagstelling.....	6-2
6.4 Werkwijze.....	6-2
6.5 Uitvoering.....	6-3
7 Geraadpleegde literatuur.....	7-1

I Inleiding

I.1 Begripsbepaling

Groene rivieren worden de laatste tijd vaak genoemd als mogelijke rivierverruimende maatregel. Een groene rivier is een – meestal binnendijkse – maatregel die de afvoercapaciteit van de rivier vergroot. In essentie is een groene rivier een ‘stuk uiterwaard’ tussen twee dijken die alleen bij hoogwater meestroomt. Een groene rivier is dus een meestentijds droogstaand winterbed, en in onze streken betekent dat dan vrijwel automatisch ook begroeid en dus groen. Groene rivieren komen vooral in aanmerking als een structurele verruiming van het winterbed wordt nagestreefd in gevallen waar dijkverlegging niet goed mogelijk is, bijvoorbeeld door intensieve bebouwing of om andere redenen. Dan is ‘achterom’ soms een goed alternatief, reden om ook wel te spreken van een by-pass.

Als ‘uiterwaard tussen twee dijken’ voert een groene rivier maar een enkele keer per jaar water, of als water wordt buitengehouden met een overlaat zelfs maar eens in de zoveel jaren. Dat betekent dat de ruimte slechts zo nu en dan te leen wordt gegeven aan het water, maar meestentijds voor andere doeleinden kan worden gebruikt. Groene rivieren kunnen voor landbouwdoelen worden gebruikt of worden ingericht als natuur- en/of recreatiegebied: dan zijn ze geheel ‘groen’. Er kan ook bijvoorbeeld voor de recreatie een geul of plas in worden gegraven: dan zijn ze ‘blauwgroen’. Een geul kan ook nuttig zijn om de afvoercapaciteit extra te vergroten, of om redenen van perceptie gewenst zijn – namelijk opdat men zich bewust blijft van de ‘hydraulische functie’.

Strikt genomen zijn blauwgroene omleidingen – die ook wel *bypass* worden genoemd – geen ‘echte’ groene rivier. Normaal gesproken staat er immers water in, alleen stroomt het niet. Er ligt vanzelfsprekend een grijs gebied tussen de vrijwel altijd droogliggende ‘echte’ groene rivier en de blauw-groene *bypasses* met daarin een oude rivierarm of gegraven geul. Dit rapport gaat over beide.

I.2 Rol in het verleden; rol in de toekomst?

Voorals in de 19e eeuw werd veel gebruik gemaakt van ‘overlaatsystemen’, die soms tot doel hadden water binnendijks te bergen en soms om het binnendijks af te voeren tot een punt verder benedenstrooms, waar het rivierbed weer groot genoeg was om zelf de afvoer veilig te verwerken (zie Havinga *et al.* (1991) voor een bespreking van overlaatsystemen). In die laatste gevallen – waarbij dus vergroting van de afvoercapaciteit voorop stond – werd soms gesproken van een ‘groene rivier’. Dat was bijvoorbeeld ook het geval bij het systeem van de Beerse overlaten of ‘Beerse Traverse’ in Noord-Brabant, waar de spoorlijn over een forse lengte op pijlers was geplaatst om het water ongehinderd via de ‘Beerse Maas’ te kunnen laten passeren.

Tegenwoordig worden groene rivieren weer geopperd als een relatief kosten-effectieve maatregel in het streven rivieren weer meer ruimte (terug) te geven, in plaats van de dijken

stelselmatig te blijven verhogen. In het onderzoek Ruimte voor Rijntakken (Silva *et al.*, 2000) zijn groene rivieren qua kosten-effectiviteit ongeveer gelijk beoordeeld aan dijkverlegging, kribverlaging en zomerbedverdieping, en gunstiger dan het verwijderen van hydraulische knelpunten of uiterwaardverlaging. Nu zijn groene rivieren ook nogal ingrijpend, hetgeen mede aanleiding is geweest tot het schrijven van dit rapport.

1.3 Voorkomen in verleden en heden

Groene rivieren in het verleden

Hieronder worden slechts *enkele voorbeelden* uit heden en verleden gegeven, omdat het bieden van een volledig overzicht van historische en bestaande groene rivieren geen doel is van dit rapport. De voorbeelden zijn ontleend aan Havinga *et al.* (1991, die overlaatsystemen in Nederland hebben geïnventariseerd, aan Ploeger (1992), aan Van de Ven (1993) en aan de recente inventarisaties van ‘vroegere ruimte voor Rijn en Maas’ (Klijn & Stone, 2000; Asselman & Klijn, 2001). Buitenlandse voorbeelden worden slechts ter illustratie gegeven voorzover daar toevallig informatie over beschikbaar was.

In Nederland is de meest bekende groene rivier uit het verleden het stelsel van de Beerse Maas (Havinga *et al.*, 1991; Ploeger, 1992; Asselman & Klijn, 2001). Voor een deel betrof het een kombergingsgebied, maar bij voldoende hoge afvoeren op de Maas ging de ‘Beerse Maas’ meestromen. Deze was niet of nauwelijks door geleidedijken in omvang beperkt, zodat in het uiterste geval een gebied van zo’n 250 km² onderliep.

Een tweede bekend voorbeeld van forse omvang uit het verleden is het Rijnstrangengebied bij Lobith. Oorspronkelijk was dit een gewone Rijntak, maar na de aanleg van het Pannerdensch Kanaal in 1707 werd het een ‘blauw-groene *bypass*’ en is de inlaat stapsgewijs afgesloten. Vanaf 1923 was er sprake van een overlaat aan de inlaatzijde: de Spijkse overlaat. Bij Kandia stroomde het water de Neder-Rijn weer in. De Spijkse overlaat is geleidelijk opgehoogd (in 1923 eerst met 4 meter; bij het hoogwater van 1926 was de overstorthoogte nog 2 m), maar pas in 1959 definitief gesloten.

Hiermee samenhangend kan nog het stelsel worden genoemd van de Lijmerse overlaat (inlaat) in combinatie met de Bingerdense overlaat (bedoeld als uitlaat) (Havinga *et al.*, 1991; Ploeger, 1992; Klijn & Stone, 2000). Dit stelsel – bedoeld om water van het Rijnstrangengebied naar de IJssel te geleiden en aldus de Lekdijken benedenstrooms te ontzien – heeft slechts zelden naar behoren gefunctioneerd (vermoedelijk bij gebrek aan voldoende hoge afvoeren in z’n korte bestaan van 1810 tot 1853). Ook hier ontbraken geleidedijken langs de ‘groene rivier’ tussen Zevenaar en Duiven, hetgeen tot veel protesten uit de streek leidde.

Tegenover Zutphen lag vroeger een overlaat in de Kanonsdijk (westoever), waarover water via de Oude IJssel kon worden afgevoerd. Deze onbedijkte groene rivier is gemakkelijk weer in ere te herstellen; er wordt later op terug gekomen.

Langs de onbedijkte Maas bestonden verschillende overlaatsystemen. In de meeste gevallen betrof het hoger gelegen oude rivierbeddingen of ‘hoogwatergeulen’. De omvangrijkste hoorde bij de Heugemse Overlaat bij Maastricht. De vernauwing van het winterbed bij Maastricht had tot gevolg dat bij hoge waterstanden een gedeelte van het water ten oosten van Maastricht langs stroomde (Asselman & Klijn, 2001). Na de aanleg van het Julianakanaal (in gebruik genomen in 1935) was deze route onmogelijk geworden.

Uit deze voorbeelden uit het verleden blijkt dat het bij de 19e eeuwse overlaatsystemen vaak ging om grote gebieden die konden onderlopen en niet zozeer om ruimtelijk beperkte ‘uiterwaarden tussen dijken’, zoals ze in de inleiding zijn gekarakteriseerd.

Bestaande groene rivieren

‘Moderne’ varianten op het thema van de groene rivier langs de Rijn en Maas zijn het andere uiterste in het spectrum van grootschalig tot ruimtelijk beperkt, zoals bijvoorbeeld:

- Groene rivier bij de Pannerdensche overlaat
- Groene rivier in Arnhem (van John Frostbrug naar Meinerswijk)
- Groene rivier ‘Griethauser Altrhein’ bij Schenkenschanz net over de Duitse grens ten westen van Millingen (Ooijpolder/ Duffelt).

De groene rivier bij Pannerdensche Kop ligt niet achter een kleine dijkkring of een hoogwatervrij eiland van enige omvang, maar slechts achter een losliggend stuk bandijk met bebouwing erop. De groene rivier van Arnhem is daarmee enigszins vergelijkbaar, zij het dat een ‘formeel buitendijks’ eiland volledig hoogwatervrij ligt.

De Griethauser Altrhein is te beschouwen als een ‘buitendijkse’ groene rivier, die bij waterstanden die de uiterwaarden doen vollopen via een opude loop van de Rijn gaat afvoeren achter de omdijkte zomerpolder van Salmorth langs.



Foto 1.1: Groene rivier bij Pannerden ter vergroting van de afvoercapaciteit van het Pannerdensch Kanaal (Foto: Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst)

Foto 1.2: Groene rivier Arnhem - Meinerswijk (Foto: Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst)



Foto 1.3: Inlaat van de Griethauser Altrhein tegenover Hoch Elten/ Montferland (Foto: Frans Klijn)

Buitenlandse voorbeelden

In het buitenland kan met het trefwoord ‘green river’ geen rivierkundig werk worden getraceerd. Dat lukt wel met de zoektermen *bypass*, *floodway*, *spillway*, *Umflutkanal*, *zones inondables*, etc. Hier worden slechts voorbeelden van twee rivieren gegeven, namelijk van de Elbe (van internet) en de Loire (mondelinge mededeling Nicolas-Gerard Camp’huis).

Langs de Elbe ligt bij Maagdenburg een zogenaamd *Umflutkanal* langs de Elbe, dat gebruik maakt van een oude rivierarm: de *Alte Elbe*. Bij laagwater zorgt een stuw – de Pretziener Wehr – voor voldoende hoge waterstanden in de hoofdstroom, omdat de oude loop korter is en anders alle water naar zich toe zou trekken. Bij hoogwater wordt de stuw geopend en een maximaal debiet van 1800 m³/s via het *Umflutkanal* afgevoerd; dat is 1/3 van de totale Elbe-afvoer ter plaatse. De stuw dateert uit 1875 en heeft sedertdien 50 maal gefunctioneerd bij hoogwater in de winter (de laatste maal in 1999) en 7 maal bij een zomerhoogwater.

Hierna is in een tekstkader enige informatie van de betreffende web-site geplaatst. Ook de figuren en foto’s zijn daarvan afkomstig. Voor meer informatie en foto’s van het gebied wordt naar die website verwezen.



Figuur 1.1: *Umflutkanal* langs de Elbe bij Maagdenburg: een blauwgroene *bypass* via een oude rivierarm om de stedelijke knelpunten Schönebeck en Magdeburg bij hoogwater te kunnen ontlasten.

Wann wird das Pretziener Wehr gezogen?

Auf Beschluß der Bezirksregierung nach Empfehlung des Staatlichen Amtes für Umweltschutz Magdeburg. Im allgemeinen, wenn 5,92 m am Barbyer Pegel erreicht und mit Gewißheit überschritten werden.

Bei Hochwasser wird zunächst das Land oberhalb des Wehres, die Pretziener Nachtweide und die Dornburger Niederung überflutet. Auf diese Niederung können 6-8 Millionen Kubikmeter zurückgehalten werden. Bei einem Wasserstand von 5,00 m (Wehroberpegel) überströmt das Wasser den Dornburger Sommerdeich. Erst wenn die Wassermassen nicht mehr aufgenommen werden und der Pegelstand am Wehr weiter ansteigt, wird das Pretziener Wehr geöffnet. In dem Fall muß in Barby der Richtpegel 5,92 m erreicht und mit Sicherheit überschritten werden.

Nach der Öffnung durchströmen die Wassermassen den Umflutkanal und fließen hinter Magdeburg dann wieder in die Stromelbe. Durch den Umflutkanal werden ca. 35% der Wassermassen abgeleitet, und so können die Städte Schönebeck, Magdeburg vor Überschwemmungen gerettet werden. (bei 6,00m Wasserstand am Pegel Barby fließen ca. 600 m³/sec durch die 9 Joche) Nach dem Abfließen der Wassermassen und erreichen eines Wasserstandes von 4,50 m am Wehroberpegel (= 5,25 m am Pegel Barby) wird das Pretziener Wehr wieder geschlossen. Die 6-8 Mio m³ Wasser in der Dornburger Niederung werden anschließend durch das kontrollierte Öffnen des Dornburger Sieles in den Umflutkanal abgegeben.

Eine zuverlässige Wasserstandsvorhersage erfolgt mit Hilfe eines rechnergestützten Elbmodells, so dass die Wehroffnung und vorbereitende Maßnahmen rechtzeitig getroffen werden können.

Die Folgen der Ziehung

Bei der Ziehung des Wehres kommt es zur Sperrung der B246a zwischen Schönebeck/Elbe und der Ortschaft Plötzky, sowie zur Sperrung der Landstraße zwischen Elbenau - Plötzky und Pretzien - Ranies. Diese Sperrung erfolgt aufgrund der Lage im Umflutkanal.

© Copyright 2000 www.pretziener-wehr.de



Foto 1.4: In de blauwgroene *bypass* bij Maagdenburg achter de Pretziener Wehr

Langs de *Loire* bevinden zich 8 bypasses, in enkel gevallen bij stedelijke knelpunten zoals bij Orléans. Sommige bypasses gaan meestromen als een overlaat in de dijk overloopt – in een aantal gevallen voorzien van een ‘zekering’ van klei die wegspoelt bij hoogwater – en andere als de natuurlijke reliëfhoogte wordt overschreden. Daar ontbreekt simpelweg de dijk over een bepaalde lengte. Soms is nauwelijks te zien dat er een overlaat aanwezig is, omdat

de weg gewoon op maaiveld doorloopt en er in één geval zelfs een rotonde middenin de overlaat ligt.

Achter een aantal overlaten liggen woonwijken, die daar soms uit onwetendheid zijn ontstaan. Dit wordt ongewenst geacht als de huizen vlak achter de overlaat staan waar een hoge stroomsnelheid te verwachten is, of als ze een stroombelemmering vormen. In andere gevallen wordt bebouwing niet als probleem ervaren, maar wordt via de ruimtelijke ordeningswetgeving wel een grens gesteld aan het te bebouwen percentage van elk perceel. In het gheval van Orleans wonen zo'n 40.000 tot 50.000 mensen in de groene rivier achter deze stad langs, bij een overstromingsfrequentie van 1/150. Er zijn geen plannen hier verandering in aan te brengen en de bewoners schijnen hier met plezier te wonen (NB: dit is vergelijkbaar met de situatie op veel plaatsen langs de onbedijkte Maas).

1.4 Positionering ten opzichte van andere rivierverruimende maatregelen

Groene rivieren komen vooral in aanmerking voor rivierverruiming op plaatsen waar het winterbed erg smal is, bijvoorbeeld bij natuurlijke engten (Maas), bij schaar dijken (Waal en bedijkte Maas) en bij stedelijke knelpunten. Dat blijkt ook uit toepassingen in het verleden en in het buitenland (Orléans, Maagdenburg). Vooral op plaatsen waar een vernauwing leidt tot forse opstuwing bovenstrooms kunnen groene rivieren 'in één klap' zeer veel effect sorteren. Daarop wordt teruggekomen in het hoofdstuk over hydraulische effectiviteit.



Foto 1.5: Overlaat langs de Loire

Bij een smal of ontbrekend winterbed zijn buitendijkse maatregelen vaak niet goed mogelijk of onvoldoende kosten-effectief. Als bebouwing vlak achter de dijk dijkverlegging ook zeer kostbaar maakt, kunnen groene rivieren een kosten-effectiever alternatief vormen. Doordat groene rivieren als het ware winterbed toevoegen aan het dwarsprofiel, zijn ze hydraulisch goed met dijkverlegging te vergelijken.

Tenslotte zijn zowel dijkverleggingen als groene rivieren maatregelen met een zekere toekomstwaarde, omdat ze (1) ruimte toevoegen aan het winterbed, (2) aldus voorkomen dat deze ruimte wordt volgebouwd met woon- of bedrijfsgebouwen, en (3) latere buitendijkse maatregelen makkelijker maken omdat er dan genoeg (lees: meer dan nu) buitendijks terrein is (toekomstwaarde).

1.5 Voor- en nadelen (in principe)

Groene rivieren hebben ten opzichte van ander rivierverruimende maatregelen een aantal voor en nadelen. Een onvolledige lijst omvat in ieder geval:

- ze leiden tot extra oppervlak uiterwaard, dat voor een aantal (aangepaste) economische gebruiksfuncties en/of natuurontwikkeling *kan* worden gebruikt (mogelijkheid van meervoudig ruimtegebruik);
- hun hydraulische effectiviteit is soms erg groot, zeker in vergelijking met de te maken kosten;
- ze zijn erg ingrijpend en daarom aan de bevolking ‘lastig te verkopen’; daar staat tegenover dat met een groene rivier echt blijk wordt gegeven van het feit dat ‘Ruimte voor de Rivieren’ serieus wordt aangepakt en dat wordt door een groot deel van de bevolking blijkens onderzoek juist op prijs gesteld;
- ze grijpen in in het landschapsbeeld en kunnen daarop negatieve gevolgen hebben maar ook positief bijdragen aan ruimtelijke kwaliteit (uitdaging voor ontwerpers van landschapsarchitectonische of stedenbouwkundige huize);
- het zal nodig zijn het oppervlak te vrijwaren van hydraulische obstakels en/of bebouwing, zodat ‘meekoppeling’ met het rode en groene contourenbeleid van de 5e Nota Ruimtelijke Ordening denkbaar is;
- voor de natuur kunen ze een verbetering van de ecologische verbinding tussen boven- en benedenstrooms (EHS) betekenen;
- tussen de groene rivier en de hoofdstroom kan een kleine dijkkring ontstaan, waarvan de beheersing van het overstromingsrisico extra aandacht vraagt.

Op deze aspecten wordt in latere hoofdstukken nader ingegaan, maar nu vast wordt opgemerkt dat niet alles op een en dezelfde plaats kan worden gerealiseerd. Afhankelijk van de context moet naar een juiste mix van blauw met groen (natuur), blauw met geel (landbouw) of blauw met rood (stedebouw) worden gezocht.

2 Inrichtings- en uitvoeringsaspecten

2.1 Binnen- of buitendijks

De genoemde nog in Nederland bestaande groene rivieren bij Pannerdensche Kop en Arnhem liggen *buitendijks*. Bij Pannerden ligt alleen een stuk dijk tussen het kanaal en de groene rivier, bij Arnhem is het een hoogwatervrij eiland met een bruggenhoofd. Ook de Griethauser Altrhein ligt geheel buitendijks achter een zomerpolder langs.

Het ligt niet in de rede om nieuwe groene rivieren in *bestaand buitendijks* gebied te situeren, omdat er dan geen ruimte voor de rivier bij komt, maar er eerder wat af gaat. Aangezien er de laatste 150 jaar toch al heel wat areaal aan de rivier is onttrokken en tegen het licht van stijgende maatgevende rivierafvoeren ligt het zoekgebied eerder binnendijks.

In een aantal gevallen kan *binnendijks* worden gezocht op plaatsen waar de ruimte nog niet zo lang geleden van de rivier is afgesnoept (Rijnstrangen 1958, IJsseldal 1960, onbedijkte Maas; zie Klijn & Stone, 2000; Asselman & Klijn, 2001). Aanknopingspunten kunnen worden gevonden in het natuurlijk relief (door bestaande laagtes) en in het horizontale verloop van de rivier. Zo kan worden gedacht aan oude rivierarmen, afgesneden meanders, of juist ‘doorsnijdingen’ van meanders (bedijkte Maas) of vernauwingen met een bocht (Nijmegen, Varik-Heesselt).

Overigens kan een *binnendijkse zoeklocatie* nog wel leiden tot een *buitendijks resultaat*, namelijk indien een dijkverlegging een goede/acceptabele oplossing zou blijken te zijn, waarbij een ‘vrijwel hoogwatervrij’ eiland ontstaat. Date levert dan een ‘soort groene rivier’. Iets dergelijks zal zich kunnen voordoen langs de onbedijkte Maas en op plaatsen langs de IJssel waar het natuurlijk reliëf daar de mogelijkheid toe biedt (zie bij de bespreking van mogelijke locaties biovoorbeeld Steenderen, Wapenveld, en Zalk). De resulterende ‘eilanden’ kunnen dan misschien onbedijkt blijven, maar toch slechts zelden overstroomd raken (veiligheidsniveaus in de orde van 1/100 tot 1/500, afhankelijk van de snelheid van klimaatverandering en alleen met hydraulische modellen vast te stellen).

2.2 Dimensies

De dimensies van een nieuw aan te leggen groene rivier zullen moeten afhangen van de hydraulische taakstelling. Die bepaalt immers hoeveel water er door de groene rivier moet stromen. Verder is het een kwestie van uit de breedte of uit de diepte. En de lengte doet er ook nog toe, namelijk in relatie tot de hoofdstroom, omdat die bepalend is voor het *verhang* over de *bypass*. Als de bypass een veel langere weg volgt dan de hoofdstroom (zie bijvoorbeeld Zutphen), dan is het verhang gering en blijft de stroomsnelheid ook gering.

Ten aanzien van diepte en breedte geldt:

- de diepte in de groene rivier hangt vooral af van het natuurlijk reliëf, want maaiveldverlaging maakt aanleg erg (te) duur en is uit een oogpunt van natuur- en cultuurlandschapswaarden vaak ook ongewenst. Er is echter vaak wel enige grond nodig voor de geleidedijken en des te meer naarmate de dijken hoger moeten zijn;
- in een stedelijke omgeving is de gronddruk vaak groot en wordt tevens belang gehecht aan herkenbaarheid en dus 'zichtbaar water'. Daaraan kan tegemoet worden gekomen door de breedte kliner te kiezen en wel waterpartijen te graven voor recreatiedoeleinden (zwemplas, visplas, watersportgebied). Een te smal trace tussen hoge dijken levert overigens een minder aantrekkelijk 'kanaalachtig' landschapsbeeld;
- in het algemeen zullen groene rivieren langs de Bovenrijn, de Waal, de bedijkte Maas en benedenstrooms van Deventer relatief diep zijn (> 2 m), terwijl ze langs de onbedijkte Maas en de bovenloop van de IJssel ondiep zullen zijn (< 2 m);
- hoe dieper het water, des te minder zal de hydraulische weerstand die wordt uitgeoefend door de begroeiing, de stroomsnelheid beïnvloeden;
- des te ruwer de begroeiing, des te groter moet de dwarsdoorsnede zijn om genoeg debiet door de groene rivier te trekken. Een inrichtingsvoorkeur vereist dus compensatie door extra breedte;
- om een debiet van $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ af te voeren kan worden gedacht aan de volgende richtgetallen: een stroomsnelheid van $0,5$ tot 1 m/s over *grasland* bij een dwarsdoorsnede van 1000 m^2 (2 m diep, ong. 500 m breed; of slechts 1 m diep en $> 1000 \text{ m}$ breed). Om enige natuur- en landschapsontwikkeling in het trace te kunnen tolereren kan worden overwogen zoveel mogelijk te 'overdimensioneren' zolang het ruimtegebruik zulks nog mogelijk maakt.

2.3 Dwarsprofielen en geleidedijken

Behalve wanneer de inlaat wordt 'afgeknepen' met een inlaatwerk zal de waterstand in een groene rivier bij hoogwater grofweg gelijk zijn aan die in de hoofdstroom. Als richtlijn voor geleidedijken kan dan ook worden uitgegaan van de dijkhoogten langs de rivier zelf, ofwel van de maatgevende waterstanden aldaar. Dat betekent dat langs groene rivieren langs de Waal moet worden gedacht aan dijken van zo'n 6 m boven maaiveld, langs de bedijkte Maas en de beneden-IJssel aan zo'n $3\text{-}5 \text{ m}$ hoge dijken, en langs de boven-IJssel aan zo'n $1\text{-}2 \text{ m}$ hoge kades.

De dwarsprofielen die daarbij tussen de dijken ontstaan hangen sterk af van de lokale situatie. In *veel gevallen* zal het lokaal aanwezige *natuurlijke reliëf* bepalend zijn voor het dwarsprofiel, omdat het uit kostenoverwegingen en landschapsbehoudsoverwegingen de voorkeur verdient daar zoveel mogelijk bij aan te sluiten. Een later uitgebreider te bespreken voorbeeld waarbij het bestaande reliëf tot een aantrekkelijk resultaat kan leiden is bijv. de Oude IJssel tegenover Zutphen. Daar ligt een oude meanderbocht met een kronkelwaardstelsel in de binnenbocht en een steile 'stootoever' in de buitenbocht. Dat levert een typisch rivierlandschap op zonder enig noodzakelijk graafwerk.

In *andere gevallen* zal echter grond nodig zijn om de dijklichamen uit op te trekken, hetgeen aanleiding kan zijn om te graven in het trace. Net als bij de meest recente dijkverzwaring in het kader van het Deltaplan Grote Rivieren kan die grond immers het goedkoopst lokaal worden gewonnen waarbij tegelijkertijd het dwarsprofiel wordt verruimd zodat minder oppervlak nodig is. Ook kunnen er aanvullende redenen zijn om bijvoorbeeld waterpartijen

in het dwarsprofiel op te nemen. Daarmee komen we geleidelijk op het onderwerp van de inrichting van het gebied, maar met repercussies voor de dwarsprofielen.

Zo kan de ruimtelijke context van het omringende landschap extra aanleiding geven tot vergraving, bijvoorbeeld bij Haaften (hoge dijken nodig), waar een complex kleiputten in de uiterwaarden ligt en een ecologische verbinding tot stand kan worden gebracht via een groene rivier. Ook kan de behoefte aan uitloopgebied bij een stad, bijvoorbeeld in het geval van Nijmegen, aanleiding zijn om waterrecreatiemogelijkheden te bieden in de vorm van zwem- of surfplassen, of een jachthaventje met verbinding met de rivier. Daarbij wordt tevens een voor de stedelijke context aantrekkelijk landschapsbeeld gecreeerd en benadrukt dat hier watergebonden gebruiksfuncties thuishoren. Tenslotte kan de functie van een bepaalde plaats in een grotere ruimtelijk context worden versterkt door bepaalde dwarsprofielen te kiezen. Zo kan bijvoorbeeld in het geval van Kampen de identiteit van IJsseldelta worden uitgebuit met extra vaarverbindingen naar Randmeren en/of Ketelmeer. Dat vereist wel de aanleg van bevaarbare geulen, die dan tevens bijdragen aan de afvoercapaciteit. Dat kan hier hydraulisch relevant zijn omdat bij het bestaande reliëf niet vanzelf grote waterdieptes te verwachten zijn.



Foto's 2.1: Stedelijk knelpunt Zaltbommel-Haaften met de huidige situatie en een mogelijke (vooral nog hypothetische) situatie met een groene rivier. Gezien de materiaalbehoefte voor de vrij hoge geleidedijken ligt kleiwinning in het trace voor de hand, waardoor een natuur-recreatiegebied kan ontstaan.

2.4 In- en uitlaat(werken)

Een groene rivier heeft een inlaatpunt en een uitlaatpunt. Om hydraulisch de minste weerstand te veroorzaken zal de *uitlaat* bij voorkeur open moeten zijn: een opening in de oorspronkelijke dijk met een zo groot mogelijke breedte. Hoe groter, hoe sterker een eventueel Venturi-effect, zodat het water als het ware uit de groene rivier wordt gezogen. Dat betekent ook dat een groene rivier vanaf de benedenstroomse zijde bij hoogwater altijd vol kan lopen. Een korte groene rivier zal dan bij het vollopen van de uiterwaarden al snel geheel vol staan, een lange alleen aan de benedenstroomse zijde. Als het maaiveld van het benedenstroomse deel van de groene rivier lager ligt dan het waterpeil bij de uitgang zal er altijd water in (blijven) staan. Er ontstaan dan moerassen, ‘nieuwe strangen’ of kreken. Zoiets kan zich voordoen bij groene rivieren ten westen van Kampen waar veenweidegebieden zijn ingeklonken, tussen Deventer en Zwolle, en nabij de Biesbosch (zie hoofdstuk 3).

Voor de *inlaat* zijn er verschillende mogelijkheden:

- geheel *open* (inlaat op uiterwaardniveau);
- met een vaste *overlaat* (lage tot hoge drempel, mits er voldoende debiet overheen kan bij hoogwater);
- een overlaat met erodeerbare kruin;
- een inlaatwerk met bijvoorbeeld schuiven.

En geheel *open* inlaat betekent in de praktijk een inlaat op maaiveldhoogte, en wel de maaiveldhoogte van de uiterwaard ter plaatse. Dat betekent dat de groene rivier gaat meestromen als de uiterwaarden vollopen. Vanuit een oogpunt van natuurontwikkeling is dat de meest gewenste situatie, omdat aldus een natuurlijke hydro- en morfodynamiek ontstaat die de beste voorwaarde vormt voor de ontwikkeling van ‘echte’ riviernatuur. In bepaalde situaties – vooral als de groene rivier een veel kortere weg volgt dan de hoofdstroom – kan dan echter een te sterke instroming ontstaan met sterke erosie in de bypass. Ook betekent een (te) fors debiet door de groene rivier dat er aanzanding kan optreden in de hoofdgeul, hetgeen voor de scheepvaart problemen kan opleveren als het water weer daalt. Dat vergt extra onderhoudsbaggerwerk.

Met een vaste overlaat kan van te voren worden vastgesteld bij welke afvoer of waterstand de groene rivier gaat meestromen, waarmee ongewenste morfologische ontwikkelingen kunnen worden voorkomen. Met de overlaathoogte is bij gegeven dimensies van de groene rivier het maximale debiet door de bypass precies te regelen, hetgeen gewenst kan zijn om te sterke aanzanding in de hoofdstroom te voorkomen. Voordeel van een vaste overlaat is dat die simpel is en altijd werkt. Wanneer hij gaat overlopen is al in het ontwerp vastgelegd: als de kruinhoogte wordt overschreden. Iedereen kan zien wanneer het punt van overstromen bereikt is, hetgeen de ‘beleving van hoogwater’ bij de bevolking bevordert.

De kruin en het binnendijkse talud van een vaste overlaat moeten zodanig zijn beschermd met steenzetting of asfalt dat de stabiliteit tijdens overstromen is gewaarborgd. Een zeer lage overlaat die nauwelijks boven het maaiveld uitkomt en met onopvallende natuursteenbescherming vinden we bij de Griethauser Altrhein (foto). Een minder fraaie oplossing is te zien bij de Pannerdense Overlaat, die uit een stalen damwand in een asfalttalud bestaat (foto).

Een overlaat kan als weg dienst doen bij lage waterstanden of er kan een weg op lage pijlers bovenop worden geplaatst, waarmee de bereikbaarheid van het hoogwatereiland op elk moment is gewaarborgd.

Er is één probleem bij een vaste overlaat, namelijk dat het debiet wordt beperkt door de breedte en hoogte. Als – om wat voor reden ook – de overlaat niet te snel mag gaan overstromen en dus heel hoog moet worden gemaakt en ook niet al te breed kan zijn, komt de hydraulische effectiviteit in het gedrang. In zo'n situatie kan worden gekozen voor een dijk met een *erodeerbare kruin*, bijvoorbeeld met een toplaag van zand bovenop een verdedigde, maar verstopte overlaat eronder. De kruin gaat eroderen tot dat stabiele niveau is bereikt. Om de erosie snel op gang te brengen zal vaak een beginnetje worden gemaakt door met een shovel een of meerdere initiële gaten te maken. Daarna zal de bres in dijk vanzelf verder groeien, zowel in de diepte als de lengte, totdat het met stevig materiaal verdedigde stabiele niveau is bereikt. Na afloop van de hoogwatergolf zal de kruin weer hersteld dienen te worden.

Een dergelijke oplossing is voorgesteld in het onderzoek naar oplossingen voor knelpunt Nijmegen. Een erodeerbare dijk is in de praktijk ook toegepast langs de Loire, maar dan van klei. Men spreekt daar van een 'zekering' (*'fuse'*) en twijfelt op het ogenblik aan de erodeerbaarheid; de dijk kon inmiddels weleens zo hard als beton zijn geworden (mondelinge mededeling Camp'huis). Een erodeerbare kruin heeft als voordeel dat de weg over de dijk tot vlak voor inwerkingstelling bruikbaar blijft, maar als nadeel dat de overlaat niet onmiddellijk wordt herkend. Zo weten ook slechts enkelen, wanneer ze op de dijk tussen Gorinchem en Vuren rijden, dat ze over een reeks 'Dalemse overlaten' rijden.

De laatste mogelijkheid voor een inlaatwerk is een constructie met schuiven. Die schuiven moeten volgens vastgelegde voorschriften worden bediend. Een constructie met schuiven is relatief duur, zeker tegen de achtergrond van het vermoedelijk weinig frequente gebruik. Ze komen vooral in aanmerking voor hele grootschalige groene rivieren (stromende kommen), waarin vormen van economisch grondgebruik (bijv. landbouw) prevaleren. Alleen dan zijn er in de wens het water lang en in ieder geval 's zomers buiten te houden voldoende argumenten voor een duur inlaatwerk.

3 Mogelijke locaties voor groene rivieren

3.1 Inleiding, klein- of grootschalig

De vraag waar groene rivieren een zinvolle bijdrage kunnen leveren aan het vergroten van de afvoercapaciteit kan niet los worden gezien van:

- de vraag of andere maatregelen niet (beter) mogelijk zijn, bijvoorbeeld een dijkverlegging of het verwijderen van hydraulische knelpunten;
- de vraag of alleen een hydraulisch doel nagestreefd wordt (of ook een ecologisch, waarbij overdimensionering gewenst is ter compensatie van de opstuwende werking van begroeiing);
- en de vraag hoe omvangrijk de hydraulische doelstelling is (bijv. in relatie tot een wijziging van de afvoerverdeling bij hoge afvoeren naar slechts een of twee Rijntakken of een overheveling van Waalwater naar de Maas).

Tegen deze achtergrond wordt onderscheid gemaakt in:

- groene rivieren “uit noodzaak”, dat wil zeggen waar dijkverlegging door het bestaande ruimtegebruik op problemen stuit, zoals
 - bij steden
 - bij lintbebouwing
 - bij intensief bebouwde oeverwallen
 - e.d.
- groene rivieren “uit wens”, bijvoorbeeld waar omwille van grootschalige natuurontwikkeling, landschapontwikkeling of om opties voor de (verre) toekomst open te houden een groot oppervlaktebeslag eerder als kans dan als beperking voor (evt. meervoudig) ruimtegebruik wordt beschouwd.

Het eerste type zal over het algemeen relatief klein zijn, dat wil zeggen smal en niet langer dan strikt nodig. (vergelijk RvR-rapport ‘Stedelijke knelpunten’). Het tweede type zal juist zeer omvangrijk zijn en in veel gevallen optimaal aansluiten bij het natuurlijk reliëf en de abiotische omstandigheden in het algemeen en onderdeel vormen van de ecologische hoofdstructuur of daar een verbindende schakel voor vormen (zie Van Rooij *et al.*, 2000).

3.1.1 Enkele ‘principes’ bij locatiekeuze

Groene rivieren kunnen worden beschouwd als alternatief voor uiterwaardverlaging en ander grootschalig grondverzet, indien ze optimaal gebruik maken van het natuurlijk reliëf. Dat betekent dat er bij voorkeur niet wordt gegraven. Alleen dan steken ze qua kosten gunstig af bij uiterwaardverlaging. Vanzelfsprekend is de groene rivier vaak wel de eerst aangewezen plek voor het winnen van grond voor de geleidedijken. Ook kan het noodzakelijk zijn de instroomopening en/of uitstroomopening enigszins te ‘modelleren’.

Voor de locatiekeuze betekent aansluiten bij het natuurlijk reliëf:

- dat het zeer onwaarschijnlijk is dat in *onbedijkt* gebied groene rivieren een geschikte maatregel zullen vormen: → ‘niet’ in onbedijkt gebied
- dat het niet voor de hand ligt groene rivieren in/naar zeer laagliggende polders te situeren, bijvoorbeeld in de meest benedenstroomse trajecten of onder NAP (bijv. Alblasserwaard, Krimpenerwaard, e.d.) → ‘niet’ beneden NAP

Ondanks deze ‘principiële beperkingen zullen nog enkele locaties langs de Zandmaas worden besproken. Ook zijn *bypasses* in binnendelta’s zoals de Biesbosch en IJsseldelta denkbaar, die dan echter meer het karakter van ‘blauwe *bypasses*’ of extra riviertakken krijgen. Enige verdieping ten behoeve van de recreatievaart ligt op die plaatsen voor de hand.

Groene rivieren kunnen worden beschouwd als alternatief voor dijkverleggingen, voorzover ze minder ingrijpen in het bestaande ruimtegebruik. In feite is dit het belangrijkste argument om überhaupt naar groene rivieren te kijken, hetgeen kan worden geïnterpreteerd als:

- niet/ zo min mogelijk in bebouwd gebied;
- zo min mogelijk door intensief gebruikt gebied;
- zo min mogelijk droge infrastructuur kruisend.

3.1.2 Nota bene

De op kaarten aangegeven mogelijke locaties en omvang zijn slecht indicatief. Er is *niet* gevraagd of groene rivieren hier beter zijn dan andere maatregelen, noch hoe groot ze moesten worden, noch om ze precies te begrenzen. Ook is van de meeste *niet* onderzocht wat de hydraulische effectiviteit is, hoe de afzonderlijke groene rivieren elkaar beïnvloeden, hoeveel er dan nodig zijn, of wat aanleg zou kosten. De aangegeven locaties zijn dus slechts *suggesties* voor nader onderzoek in het geval van de kleinschalige groene rivieren en *zoekgebieden* voor eventuele grootschalige groene rivieren.

3.2 Locaties

Hieronder worden successievelijk mogelijke locaties voor korte, relatief *kleinschalige groene rivieren* besproken langs Maas, Waal, Nederrijn/Lek en IJssel (tabel 3.1).

Daarna wordt ingegaan op *grootschalige groene rivieren*, die een geleidelijke overgang naar noodoverloopgebieden vormen en nauwelijks meer aan één riviertak te koppelen zijn. Ze worden dan ook besproken per (dijkkring)gebied. Vaak gaat het om grootschalige overstromingsvlaktes in komgebieden, die een significant effect kunnen hebben op de hoogte en gepiektheid van de afvoergolf (topvervlakking). Deze groene rivieren worden soms aangeduid met de termen ‘stromende kommen’, bergende stroming of stromende berging. Soms hebben ze grote invloed op de afvoerverdeling.

Voor een deel komen de locaties van zowel kleinschalige als grootschalige groene rivier overeen met voorstellen die zijn gedaan bij de Spankrachtstudie. Sommige grootschalige

lijken ook op voorstellen die zijn gedaan in het IRMA-SPONGE project ‘Living with floods’ van NCR.

Mogelijk ten overvloede wordt opgemerkt dat de groene rivieren van het eerste type maatschappelijk haalbaarder lijken als de rivierkundige invalshoek het zwaarst weegt. Het tweede type is slechts kansrijk als een zeer groot belang wordt gehecht aan toekomstruimte voor natuur en/of landschap.

3.2.1 ‘Kleinschalige’ groene rivieren

Rivier(tak)	Code	Oever	Locatie	Kmr	Type
Maas	M1	LO	Lateraalkanaal	68 - 85	Pannerdens Kanaal
	M2	LO	Broekhuizervorst-Wanssum	124 - 133	meander/ beekdal
	M3	RO	Aijen -Bergen	135 - 142	buitendijks
	M4	LO	Cuijk	163.7 - 172	standaard
	M5	RO	Heumen-Wijchen	169 - 179.5	standaard
	M6	RO	Niftrik (tov Ravestein)	180 - 183.5	standaard
	M7	LO	Ravestein-Megen	183 - 188	standaard
	M8	LO	Megen	190 - 192	standaard
	M9	RO	Maasbommel	192.3 - 196	standaard
	M10	LO	Oijen	194.5 - 199.5	standaard
	M11	RO	Drongelen	233.5 - 242.8	standaard
Bovenrijn	R1	RO	Rijnstrangen	859 - 874	standaard
Waal	W1	LO	Ooij-Tiengeboden	877.8 - 882.2	standaard
	W2buiten	RO	Nijmegen	882 - 884	buitendijks
	W2kort			880.5 - 887.2	standaard
	W2lang			880.5 - 893	standaard
	W3	RO	Varik	921 - 929	standaard
	W4	LO	Zaltbommel	930 - 937.5	standaard
	W5	RO	Haften	936 - 938	standaard
IJssel	IJ1	RO	Steenderen	903 - 916.5	buitendijks
	IJ2	LO	Zutphen	926.2 - 935.1	meander/ beekdal
	IJ3	LO	Deventer	942.7 - 947.5	standaard
	IJ4	LO	Oene	946 - 961.7	standaard
	IJ5	LO	Wapenveld	960.7 - 972.1	standaard/buitendijks
	IJ6	LO	Hattem - Zalk	978 - 989.2	standaard/buitendijks
	IJ7	RO	Wilsum	986 - 991.7	standaard
	IJ8kort IJ8lang	LO	Kampen	990 - 991 990 - 1001.4	standaard standaard

Tabel 3.1: ‘Kleinschalige’ groene rivieren voor locale vergroting van de afvoercapaciteit.

Onbedijkte Maas

Langs de onbedijkte Maas zijn groene rivieren geen voor de hand liggende maatregel. Zolang het volledige rivierdal beschikbaar is voor de afvoer en/of berging van water is het omleiden van water achter bebouwing of mini-polders langs niet nodig en mogelijk zelfs ongewenst. Noch in het Grensmaasproject noch in het Zandmaasproject zijn groene rivieren dan ook als maatregel in beschouwing genomen. Wel is gekeken naar ‘hoogwatergeulen’ die wel een gelijkenis vertonen met ‘buitendijkse groene rivieren’, zoals de Griethauser Altenrhein. In dergelijke gevallen stroomt het water achter een zomerpolder of bekaad

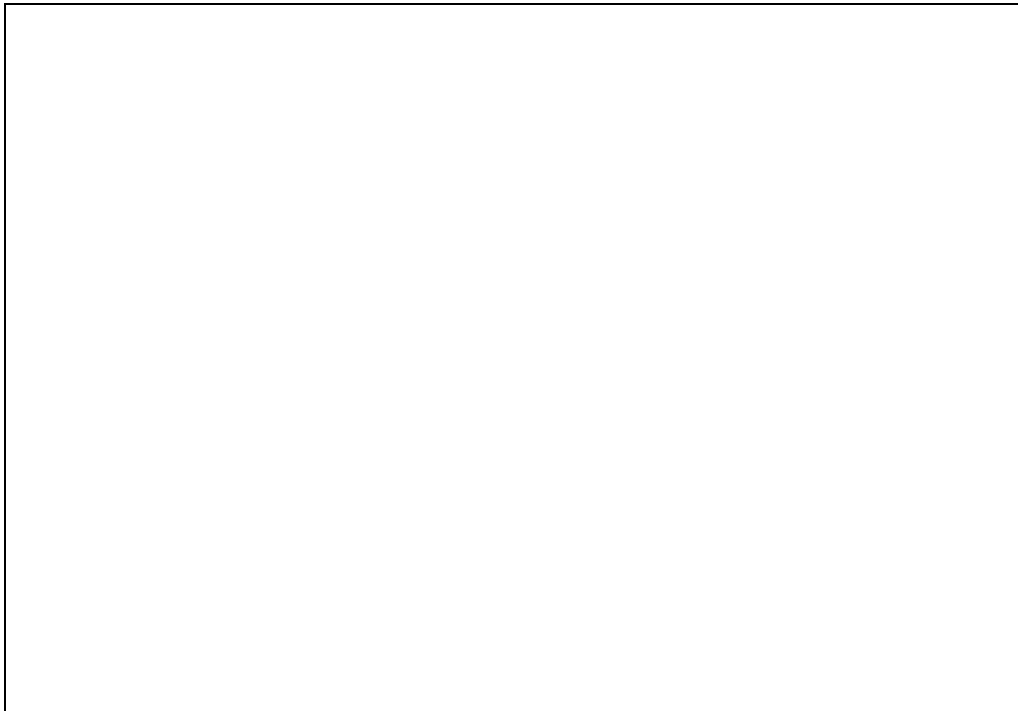
gedeelte langs. In het geval van de Griethauser Altenrhein is dat achter een landbouwpolder en het met een hoogwatermuur beschermde dorp Schenkenschanz (zie foto 1.3).

M1

In het Maasplassengebied vormt het **Lateraalkanaal** een begrenzing van het overstroombare deel van het Maasdal tussen Heel en Buggenum. Door Maaswerken is onderzocht of het afgezonderde deel van het Maasdal als retentiegebied zou kunnen functioneren. Hetzelfde gebied zou ook aan de rivier kunnen worden ‘teruggegeven’. Hydraulisch gezien is dat minder effectief voor zeer hoge (maatgevende) afvoeren, want er kan geen peak-shaving worden gerealiseerd. Wel kan een zekere topvervlakking worden verwacht. Net als bij het Pannerdensch Kanaal (vandaar de aanduiding ‘type PK’ in de tabel) kan aan de bovenzijde een overlaat het moment van instroom en het instroomdebiet regelen, terwijl de benedenstroomse zijde geheel open is. Dat geeft een natuurlijker karakter aan het gebied, met een meerwaarde voor natuur en landschap.

M2

Waar de Zandmaas door de Peelhorst snijdt is het dal erg smal. Op de westoever zijn wel oude meanderbochten herkenbaar, maar die liggen grotendeels op een geologisch ouder Maasterras (bijv. bij Baarlo-Dubbroek op 20 m + NAP en bij Lottum het Schuitenwater op ong. 18 m + NAP). Daardoor liggen ze enige meters boven de hoogste Maaspeilen, waardoor ze geen rol meer kunnen spelen in het vergroten van de afvoercapaciteit.



Figuur 3.1: Mogelijke locaties voor kleinschalige ‘groene rivieren’ langs de onbedijkte Maas.

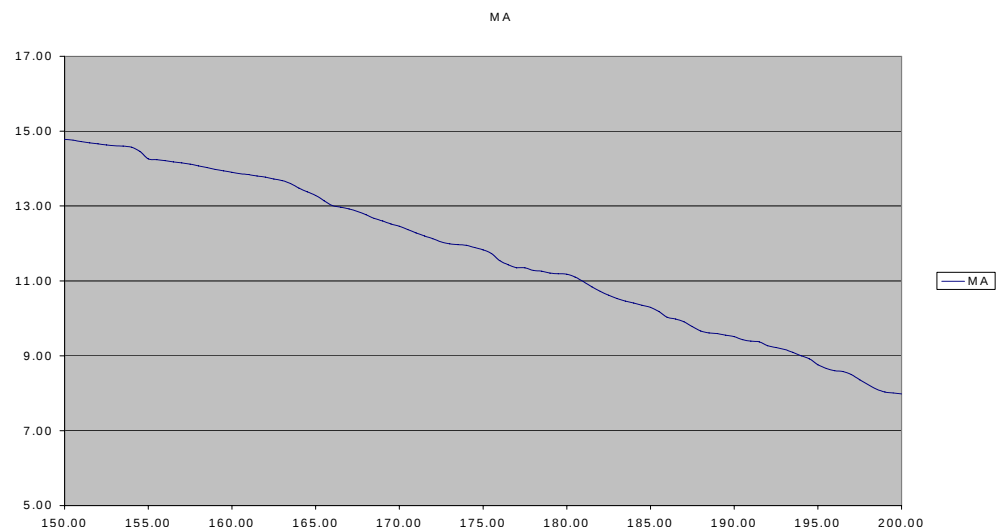
Alleen bij **Broekhuizervorst** is een oude loop aanwezig die qua hoogte aansluit bij de huidige dalbodem. Deze kan als ‘onbedijkte’ groene rivier dienst doen door de kade bij de inlaat te verwijderen (NB: Op dit moment stroomt de lokale afwatering naar het zuidoosten, dus tegengesteld). Het rivierwater stroomt dan echter ook een aantal beekdalen in en moet het gebied weer verlaten door de sluis binnen de bebouwde kom van Wanssum. Dat betekent dat de capaciteit van de geul niet groot kan zijn dat het hydraulisch effect vermoedelijk zeer gering is in relatie tot de kosten.

M3

Bij **Aijen-Bergen** is door Maaswerken een ‘hoogwatergeul’ onderzocht. Door de hogere delen waarop de dorpen liggen met lage kades te beschermen ontstaat iets wat lijkt op een buitendijkse groene rivier van het model ‘Schenkenschanz’, zij het dat deze aan de landzijde niet door dijken wordt begrensd. Deze oplossing kan beter met de bestaande term hoogwaterbed/ hoogwatergeul worden aangeduid.

Bedijkte Maas

Langs de bedijkte Maas kunnen kleinschalige groene rivieren een zinvolle rivierverruimende maatregel zijn, temeer daar het winterbed van de bedijkte Maas tussen Grave en Heusden zeer veel variatie in breedte vertoont. Dit is het gevolg van het feit dat de Maas in dit traject sterk heeft gemeanderd, waarbij de dijken vaak buiten de meanderbocht liggen terwijl het zomerbed later is rechtgetrokken. Door de bedijkingsgeschiedenis zijn er relatief veel schaarheidsituaties, waarbij de dijken van beide oevers naar elkaar toe knippen (zie kaart 3.3). Bij dergelijke schaarheden ligt vaak een dorp dicht tegen de rivier aan, terwijl de wijde meanderbochten maken dat slechts een korte groene rivier nodig is om het winterbed achterlangs te verbinden. De meest voor de hand liggende locaties zijn Megen, Maasbommel en Oijen (M7, M8 en M9), maar ook Niftrik (M6).



Figuur 3.2: Verhanglijn van de bedijkte Maas tussen Boxmeer en Den Bosch bij een afvoer van 3950 m³/s (MA). Duidelijke knikken zijn aanwezig bij de brug bij Gennip, bij stedelijk knelpunt Cuijk (km 165), bij de stuw van Grave (km 176), bij Ravestijn (km 182) en bij Oijen (km 195).

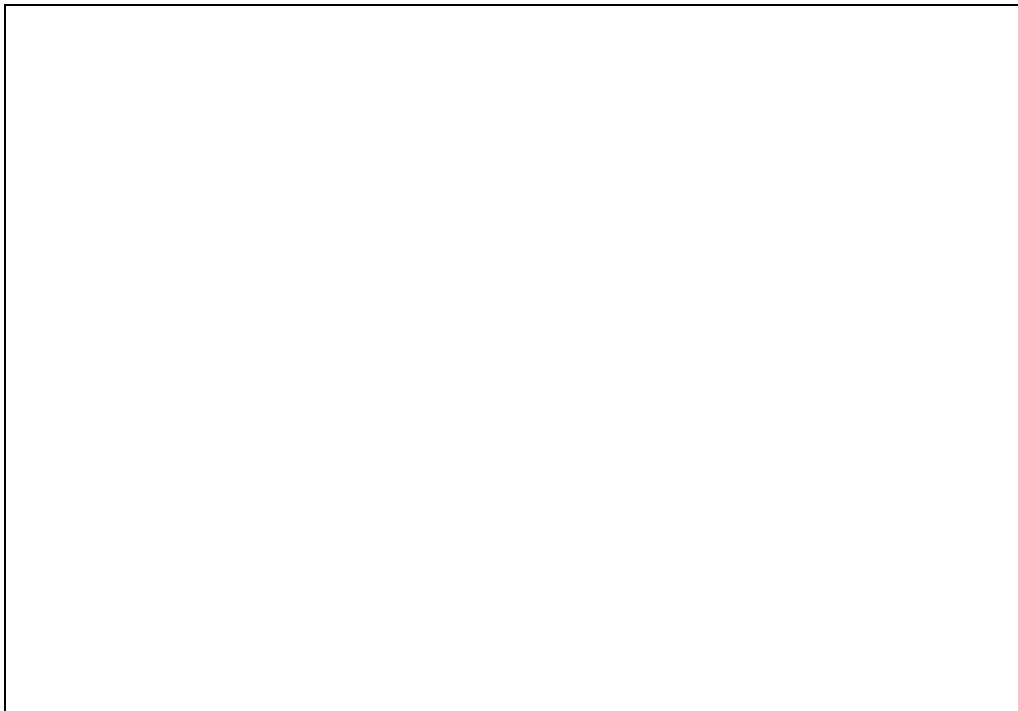
M4

Analyse van de verhanglijn van de Maas wijst uit dat het meest nijpende hydraulische knelpunt in de Maas tussen **Cuijk** en Mook (pal ter zuiden van Nijmegen) ligt. Juist daar kunnen kleinschalige dijkverleggingen en/of groene rivieren moeilijk worden ingepast. Hier is door de intensieve bebouwing een dijkverlegging of een groene rivier moeilijk inpasbaar. De situatie lijkt qua bebouwingsdichtheid enigszins op die bij Nijmegen.

Hier zou van Cuijk/ Katwijk naar Gassel een korte groene rivier, gevolgd door een forse dijkverlegging, een oplossing kunnen vormen. Het dorp Linden, al dan niet inclusief de haven van Cuijk met de vele bedrijfsgebouwen, zou dan op een bedijkt eiland komen (figuur 3.3).

M5

Tussen **Heumen en Wijchen** kan een groene rivier achter Overasselt en Nederasselt langs water langs knelpunt Grave leiden. De geomorfologie geeft hier goede aanknopingspunten voor een groene rivier door een broekgebied dat aan de noordzijde door een dekzandgebied wordt begrensd, terwijl de dorpen langs de rivier op oeverwallen liggen. Het gaat wel om een vrij lang tracé, omdat de rivier hier nog weinig bochten vertoont, en er zijn veel kruisingen met droge infrastructuur nodig. Bij Wijchen komt het tracé terug in een meanderbocht aan de noordzijde, waarna het water verder via M6 achter Niftrik langs geleid kan worden.



Figuur 3.3: Mogelijke locaties voor kleinschalige groene rivieren langs de bedijkte Maas tussen Cuijk en 's Hertogenbosch

M6

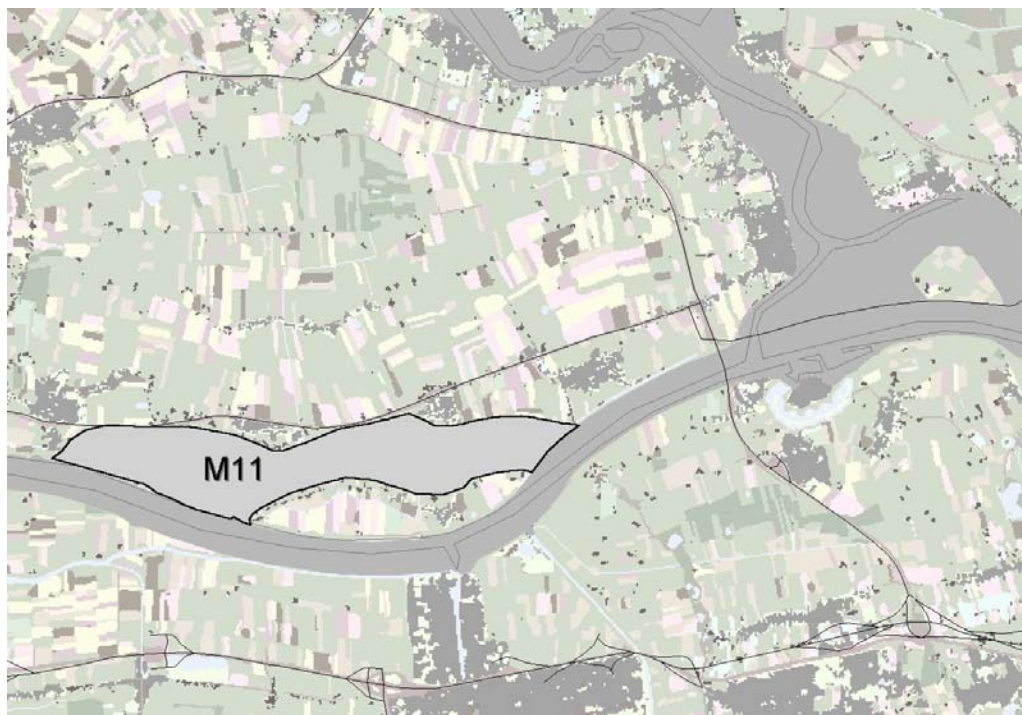
Om knelpunt Ravestein te verlichten kan ten noorden van *Niftrik* een korte groene rivier naar Lienden worden aangelegd. Van daar af is een oplossing aan de linkeroever gemakkelijker inpasbaar (zie M7). Als enige binnendijkse alternatief voor het oplossen van knelpunt Ravestein kan (een deel van) de Beerse Traverse dienst doen. Die wordt later besproken bij de (zeer) grootschalige oplossingen, omdat die veel meer implicaties heeft en een groter oppervlak beslaat.

M7

Voorbij knelpunt Ravestein is het winterbed van de Maas als geheel aan de krappe kant. Van **Ravestein naar Megen**, achter Deden en Dieden langs zou een groene rivier een goede oplossing bieden om die twee bebouwingskernen te sparen.

M8, M9 en M10

Vervolgens kunnen korte groene rivieren worden gerealiseerd achter de kernen van **Megen**, **Maasbommel** en **Oijen** langs. Zo worden oude meanderbochten weer verbonden en het hydraulisch knellende effect van de schaar dijken alhier verlicht. Er ontstaat als het ware een 'eilandenrijk, met de oude kernen in kleine dijkkringen. Landschappelijk kan dit een aantrekkelijk rivierengebied opleveren, maar vanuit veiligheidsoogpunt zijn er kanttekeningen bij te maken. Hiervoor wordt verwezen naar de daarop betrekking hebbende paragrafen.



Figuur 3.4: Mogelijke locatie voor een kleinschalige groene rivier langs de Bergsche Maas

Tussen Heerewaarden en Heusden, waar de Bergsche Maas begint, zijn kleinschalige groene rivier moeilijk inpasbaar. Door de nieuwbouw van 's Hertogenbosch, die inmiddels tot de zuidelijke Maasdijk reikt, is hier een significant knelpunt ontstaan. Inpassing van een groene rivier is echter lastig doordat de bebouwing al/net gereed is. Met kleinschalige oplossingen kan pas langs de Bergsche Maas weer iets worden bereikt. Mogelijk ten overvloede wordt opgemerkt dat langs de Afgedamde Maas niet naar mogelijke locaties is gespeurd, omdat deze rivier vrijwel geen afvoerfunctie meer heeft.

M11

Bij **Drongelen** is een dijkverlegging langs de Bergsche Maas moeilijk inpasbaar, omdat de bebouwing van dit dorp tegen de dijk aanligt. Hier kan een groene rivier ruimte bieden. Elders langs de Bergsche Maas lijkt dijkverlegging een goed/ beter alternatief.

Bovenrijn

R1

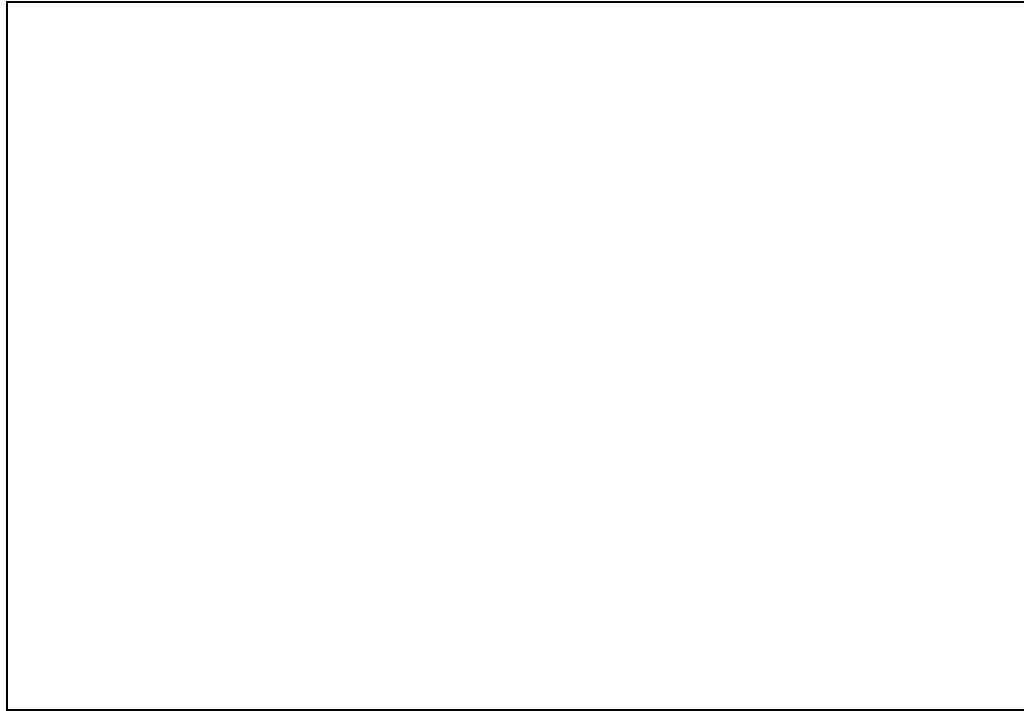
Een groene rivier langs de Bovenrijn kan maar op 1 locatie, namelijk door reanimatie van het **Rijnstrangengebied**. Probleem bij zo'n tracé is dat het onmiddellijk invloed heeft op de afvoerverdeling tussen Waal en Pannerdensch Kanaal. Die invloed zal ook nog eens afhankelijk zijn van de grootte van de Bovenrijnafvoer, hetgeen betekent dat een inlaatwerk voor een groene rivier op deze plaats zeer nauwkeurig moet worden gedimensioneerd, en alleen in relatie tot maatregelen elders langs de Rijntakken en een van te voren vast te stellen afvoerverdeling kan worden ontworpen. Ook moet de verdeling bij het splitsingspunt IJsselkop bij de afweging worden betrokken.

Kortom: R1 is een mogelijke locatie voor een groene rivier, maar die is heel moeilijk te beheersen behalve dan door niet naar het Pannerdensch Kanaal af te laten maar rechtstreeks naar de IJssel (zie Rijn op Termijn, WL, 1998).

Waal/ Merwedes

Langs de Waal liggen twee stedelijke knelpunten bij Nijmegen en Zaltbommel/Haaften. Meer benedenstrooms langs de Merwede vormen Gorinchem/Sleeuwijk en Hardinxveld/Werkendam versmallingen die tot maatregelen nopen. Bij de laatste zijn kleinschalige oplossingen haast niet meer mogelijk, omdat hier het overgangsgebied begint waar de afvoercapaciteit minder bepalend wordt en (ook) bergingsruimte nodig is.

Langs de Waal liggen de dijken vrijwel over de hele lengte op oeverwallen, waarop ook de bebouwing is geconcentreerd. Dat maakt dijkverlegging lastig en duur. Daar staat tegenover dat ook kleinschalige groene rivieren hierdoor niet makkelijk inpasbaar zijn.



Figuur 3.5: Mogelijke locaties voor een omvangrijke groene rivier in het Rijnstrangengebied (met 'grootschalige doorsteek' door de Lijmers, zie verderop) en voor 'kleinschalige groene rivieren' langs bovenstroomse trajecten van de Waal

Bij de Waal zijn de dijken over het algemeen hoog, waardoor ook de groene rivieren van hoge dijken moeten worden voorzien. De groene rivier zullen dan ook vaak mee kunnen stromen en relatief diep water kennen, ook als ze bovenstrooms van een overlaat zijn voorzien. Door de grote waterdiepte kan de hydraulische effectiviteit groot zijn. Een inrichting als een uiterwaard, met bijbehorend grondgebruik ligt voor de hand. Het handhaven van bestaande bebouwing zal bij kleinschalige groene rivieren langs de Waal zelden (nooit) mogelijk zijn.

W1

Bij **Ooij-Tiengeboden** is in RvR een dijkverlegging voorgesteld. Ook is onderzoek verricht naar retentie in de gehele Ooijpolder. In plaats van een dijkverlegging zou een korte groene rivier van de Bisonbaai naar Tiengeboden mogelijk zijn. Het tracé loopt dan door een bestaand binnendijks natuurgebied. Vanuit hydraulisch oogpunt zijn er weinig argumenten voor een dergelijke oplossing. Vanuit natuur en landschap zijn er voors en tegens.

W2

Nijmegen vormt het echte hydraulische knelpunt voor de Waal (zie RvR-rapport 99.11). Voor deze locatie zijn inmiddels drie verschillende oplossingen uitgebreid op hun hydraulische consequenties geanalyseerd, waaronder één buitendijkse en twee 'echte' groene rivieren. De binnendijkse oplossingen grijpen in op de nieuwbouwplannen in de Waalsprong van Nijmegen. Er wordt verwezen naar de rapportage daarover (Rijkswaterstaat en Gemeente Nijmegen, 2000; WL, 2000).

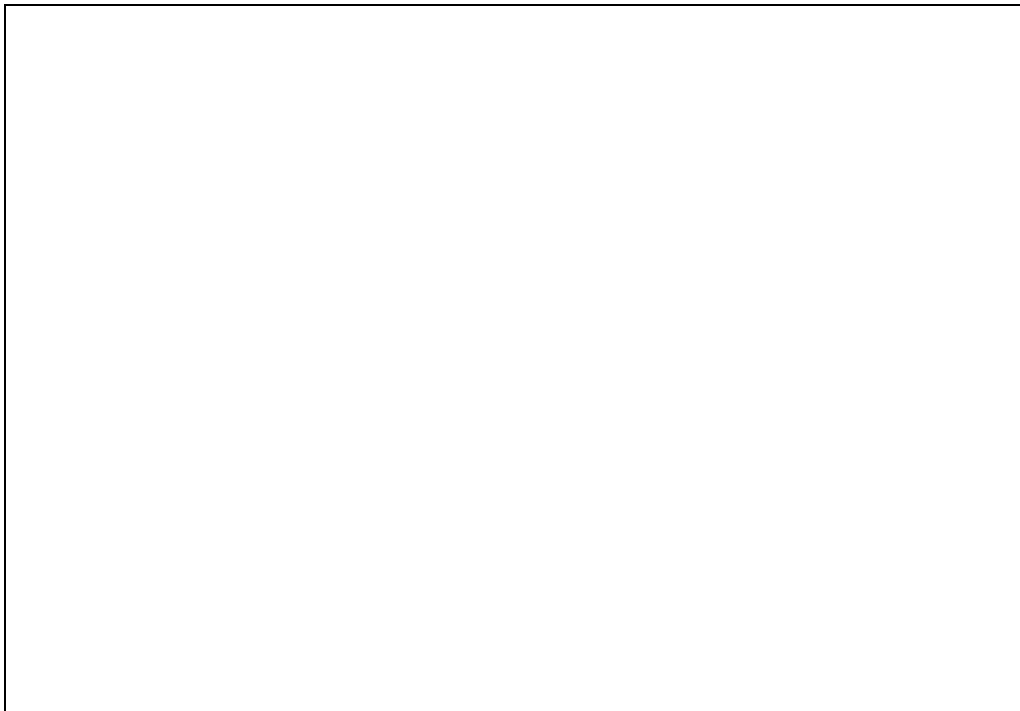
W3

Een groene rivier bij **Varik** is al voorgesteld in Plan Ooievaar (De Bruin *et al.*, 1987). Hier is niet direct sprake van een hydraulisch knelpunt, maar er zit wel een scherpe bocht in de rivier, waardoor de plek zich goed leent voor een gedeeltelijke afvoer via een 'groene bochtafsnijding'. In hoeverre de afvoercapaciteit hiermee wezenlijk wordt vergroot vraagt nadere analyse. Een evidente meerwaarde zit in de ecologische verbinding die hier zou kunnen worden gerealiseerd, indien de groene rivier een natuurfunctie zou krijgen (met onder meer plassen en stukjes ooibos).

W4

Bij **Zaltbommel** zit weer een duidelijk hydraulisch knelpunt, waarvoor een oplossing gewenst is (zie RvR rapport Stedelijke knelpunten). Omdat aan beide zijden de bebouwing zeer intensief is, en er hier –in tegenstelling tot Nijmegen –geen ingrijpende 'vernieuwingen' te wachten staan, is inpassing van een tracé buitengewoon lastig. Een tracé onder Zaltbommel langs, langs de nieuwe ringweg, lijkt het makkelijkst en ontlast het gehele knelpunt. Maar het gaat om een lang tracé met een fors ruimtebeslag.

Met name het terugvoeren van het water naar de Waal is erg lastig. Daarom is het te overwegen het water via de kommen naar het westen te geleiden, tot aan het Munnikenland. een dergelijke oplossing wordt bij de grootschalige oplossingen verderop besproken.



Figuur 3.6: Mogelijke locaties voor relatief kleinschalige groene rivieren langs de Waal bij Varik en Zaltbommel

W5

In plaats van een groene rivier ten zuiden langs Zaltbommel, kan ook worden gekozen voor een reeks maatregelen op verschillende plaatsen, waaronder een groene rivier ten noorden van het dorp **Haaften** langs. Het tracé kan kort worden gehouden, vlak achter de aaneengesloten bebouwing van Haaften langs. De hoogte van de Waaldijken en de behoefte aan grond om de dijken te construeren maken het voor de hand liggend dat er een geultje door het gebied wordt gegraven.

IJssel

Het zuidelijk deel van het IJsseldal is pas bedijkt in 1960. De dijken zijn laag (< 2 m) en lijken vrijwel overbodig omdat vrijwel alle oudere bebouwing hoogwatervrij is en nieuwe bebouwing vrijwel ontbreekt. Dat betekent dat het verwijderen of naar achteren verleggen van dijken verhoudingsgewijs makkelijk lijkt. Voor groene rivieren is deze situatie minder geschikt, omdat geen grote waterdiepten worden bereikt, waardoor de afvoercapaciteit maar weinig toeneemt. Maatregelen in het zuidelijk deel van de IJssel moeten dan ook zo goed mogelijk aansluiten bij het bestaande reliëf; in sommige gevallen kan dat een tussenvorm tussen een dijkverlegging en een groene rivier betekenen (zie IJ1: Steenderen).

Wel zijn er twee forse stedelijke knelpunten, bij Zutphen en Deventer, die om oplossing vragen. Daar liggen groene rivieren voor de hand indien dijkverlegging met sloop van gehele stadsdelen (2x De Hoven) als ongewenst wordt beschouwd.

Het IJsseldal tussen Deventer en Zwolle wordt gekenmerkt door een langgerekt oeverwallencomplex aan de westzijde, waarachter een langgerekt laaggelegen komgebied. Dat vormt een logische plek voor een vergroting van de afvoer, maar dit wordt bemoeilijkt doordat het water eerst over de oeverwallen moet worden geleid en bovendien grijpt het sterk in op de regionale waterhuishoudingsinfrastructuur.

Bij Zwolle en Kampen liggen tenslotte nog enige stedelijke knelpunten die met groene rivieren kunnen worden opgelost.

IJ1

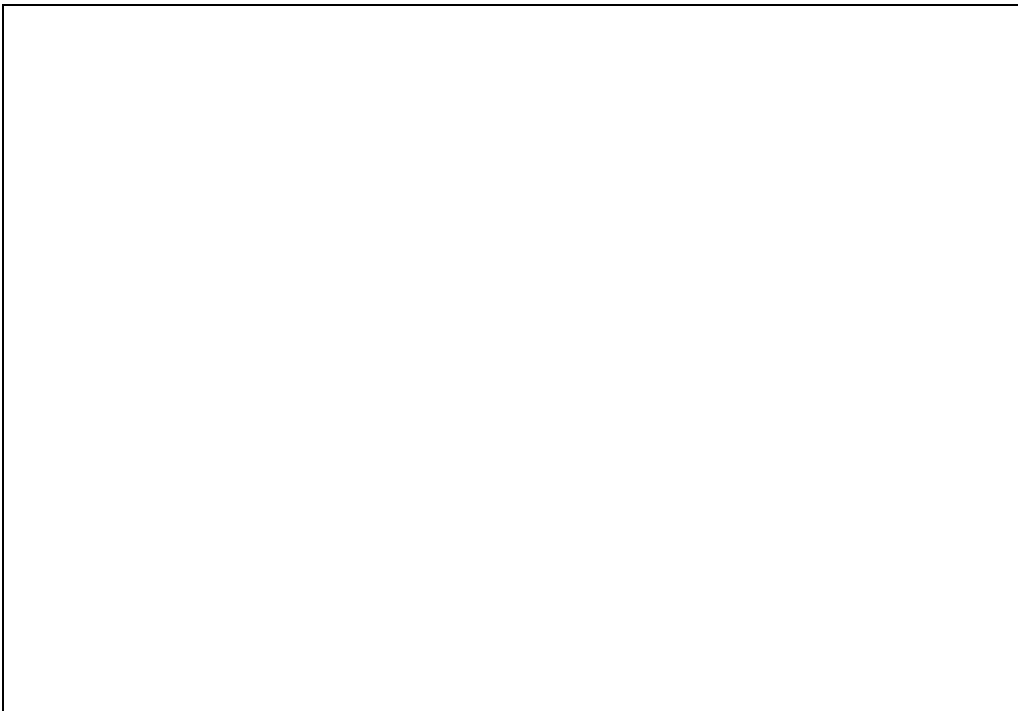
Bij **Steenderen** ligt dijkteruglegging voor de hand. Dit deel van de IJssel is pas rond 1960 bedijkt. Om te voorkomen dat beekdalen tot ver bovenstrooms vollopen is het volledig verwijderen van de dijk misschien wat erg vergaand.

Doordat de dorpen Olburgen en Rha op natuurlijke hoogten liggen ontstaat een soort 'hoogwatergeul' achter deze dorpen langs, waarna het water bij Bronkhorst weer in de hoofdstroom terugstroomt. Indien berekeningen van de waterhoogten zouden uitwijzen dat enige bescherming tegen hoogwater hier toch gewenst is kan met lage kades een groene rivier van het type Schenkenschanz worden overwogen, d.w.z. met een kade/dijk (a). Vrijwel alle boerderijen liggen op terpen, zodat het grondgebruik niet gewijzigd hoeft te worden.

IJ2

Ook bij *Zutphen* zijn de dijken langs de rivier nog relatief laag en ligt veel bebouwing op natuurlijk verhogingen of terpen. Een logisch tracé volgt dat de natuurlijke laagte die resteert van een oude meander. Deze werd tussen 1850 en 1863 nog ‘gevuld’ door middel van een overlaat in de Kanonsdijk. De IJsseldijk is hier pas in 1960 volledig op hoogte gebracht; voorheen ontbrak de noodzaak omdat het gebied relatief goed is aangepast aan hoogwater.

Er is gebruik gemaakt van de bestaande spoordijk als oostgrens. De hydraulische effectiviteit van deze groene rivier blijkt sterk af te hangen van de ruimte die benedenstrooms van de meanderbocht voor de rivier wordt gecreëerd door ook de dijken van de Voorster Klei terug te leggen, dan wel geheel te verwijderen.



Figuur 3.7: Mogelijke locaties voor relatief kleinschalige groene rivieren langs de bovenloop van de IJssel.

IJ3

Bij **Deventer** zijn de IJsseldijken al 3-4 meter hoog en is een dijkverlegging of groene rivier door de intensieve bebouwing veel moeilijker in te passen dan in de zuidelijk IJsseldal. Hier is ook niet te vermijden dat huizen moeten wijken en het landgebruik kan evenmin gehandhaafd worden.

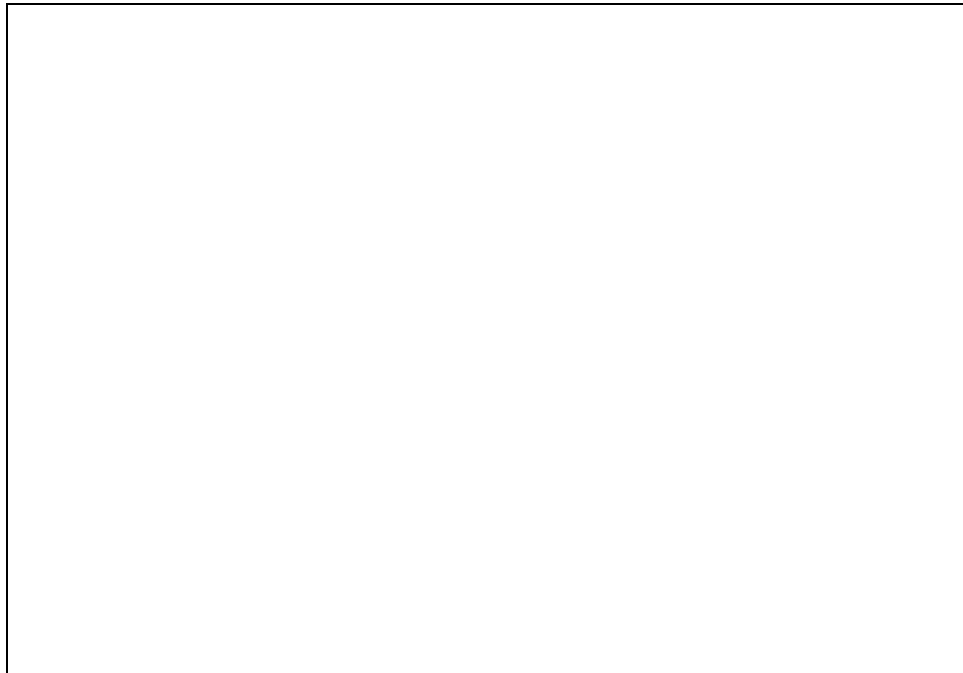
Voor een tracé is ten eerste uitgegaan van gebruik van het volledig lege Stadsland, dat kort geleden is binnengedijkt. Bovenstrooms hiervan liggen De Hoven en Steenkamer. De oude bandijk ligt deels onder de N344 die tussen de beide wijken doorloopt. Een tracé achter deze stadswijken langs is lastig inpasbaar door de vele lintbebouwing langs verscheidene wegen,

de druk gebruikte N344 en de spoorlijn en de waardevolle oude bandijk aan de westzijde van het Stadsland.

IJ4

Met de aanduiding **Oene** wordt een zeer langgerekte groene rivier tussen Deventer en Fortmond bedoeld. De IJssel is hier over de hele lengte aan de krappe kant, maar zonder duidelijk aanwijsbare hydraulische knelpunten. Het gebied tussen het Veluwemassief en de IJssel is een laagveen-komkleigebied, wat door klink inmiddels ongeveer 1 meter lager ligt dan de uiterwaarden en 1-2 meter lager dan de oeverwal waarop dorpen als Terwolde e.d. liggen.

Omdat een groene rivier de gehele lengte moet ontlasten en omdat met name de overlaat van IJssel naar groene rivier lastig in te passen is, is een lang trace geschetst, dat bijna als grootschalige maatregel kan worden beschouwd. Het geleiden van het water van de rivier naar de kom wordt bemoeilijkt doordat dit over de oeverwal moet gebeuren; juist op die oeverwal is de bebouwing nogal intensief evenals het landgebruik.



Figuur 3.8: Mogelijke locaties voor groene rivieren langs de IJssel tussen Deventer en Zwolle.

Het teruggeleiden van het water naar de rivier ter hoogte van Fortmond is juist gemakkelijk, omdat de rivier daar in een buitenbocht aan de komgronden raakt. De breedte van het winterbed blijft echter ook verder benedenstrooms beperkend, zodat het verlengen van het tracé met IJ5 voor de hand ligt.

IJ5

Ook tussen Veessen en **Wapenveld** is de IJssel als geheel aan de krappe kant, zonder dat duidelijk hydraulische knelpunten aan te wijzen zijn. Ook dit deel behoort tot het al genoemde laagveen-komkleigebied, wat door klink inmiddels ongeveer 1 meter lager ligt

dan de uiterwaarden en 1-2 meter lager dan de dekzandresten met oeverwallen waarop Veessen en Vorchten liggen. Gezien de topografie zou – bij afwezigheid van dijken – een ‘natuurlijke riviervverlegging’ als gevolg van morfologische aanpassingen hier zeer waarschijnlijk zijn.

Door dit komgebied is een groene rivier geschetst door de laagste delen: Veesser Broek, Vorchter Broek en Wapenveldsche Broek. Het is niet onmogelijk dat het reliëf en de relatief hoge situering van de bebouwing een westelijke kade geheel onnodig maakt. Dat kan alleen door hydraulische berekeningen worden vastgesteld.

IJ6

Vanaf **Hattem-Zwolle** kan het IJsseldal ook niet veel extra afvoer verwerken. Hier geeft het bestaande reliëf echter minder houvast voor een groene rivier, omdat het Veluwemassief hier geen natuurlijke begrenzing meer vormt. Hier liggen laagveengebieden tussen Hattem en de voormalige Zuiderzeekust, die inmiddels door klink tot onder NAP zijn gedaald. Dijkteruglegging of een groene rivier vereist hier dan ook goed gefundeerde dijken.

Landgebruik en topografie maken een dijkverlegging van Hattem tot Zalk goed mogelijk, waarbij het reliëf kan zorgen dat **Zalk** droog blijft. Bescherming van (een deel van de bebouwing) aan de noord-oostzijde kan van deze dijkverlegging een groene rivier-variant maken. In hoeverre dat nodig/gewenst is hangt weer af van de waterstanden die worden bereikt.

IJ7

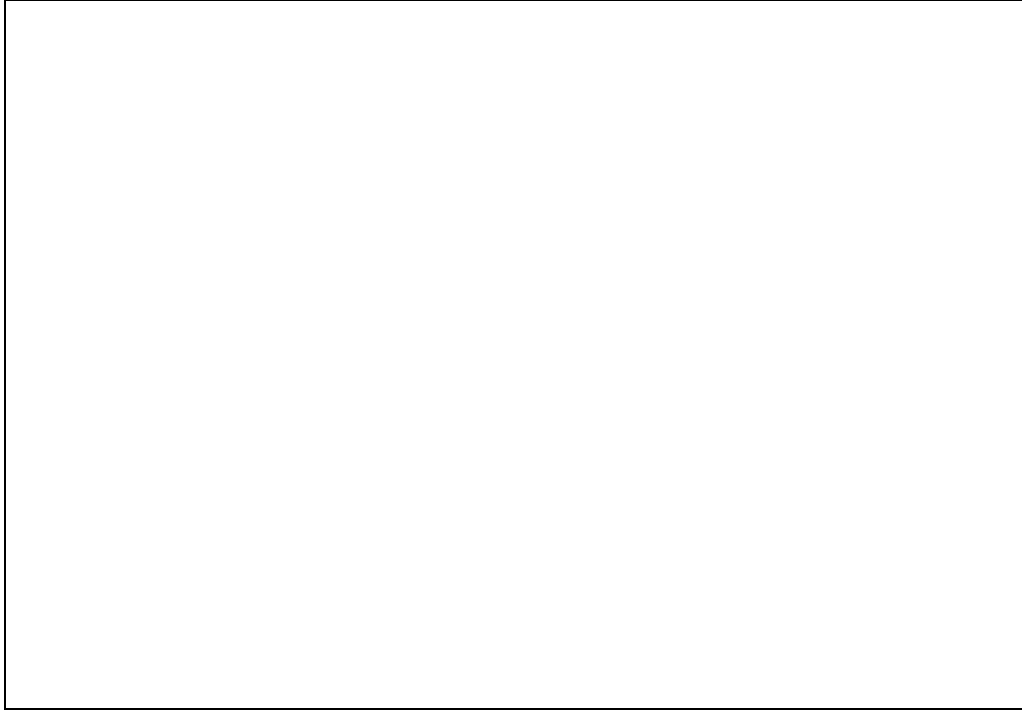
Een korte groene rivier is nog mogelijk achter het dorp **Wilsum** om, omdat dijkverlegging daar lastig is terwijl de rivier wel een bocht maakt die door een groene rivier kan worden ‘afgesneden’. De hydraulische noodzaak van deze maatregel is sterk afhankelijk van wat ter hoogte van IJ6 en IJ8 wordt voorgenomen: die beide –nogal forse – maatregelen maken deze korte groene rivier waarschijnlijk overbodig. In een meer ‘afgemeten’ alternatief kan deze locatie wel een functie vervullen.

IJ8

Bij **Kampen** zijn diverse tracés voor groene rivieren voorgesteld ter ontlasting van het zeer knellende stedelijke knelpunt Kampen. Zo zijn tracés mogelijk aan de oostzijde door polder Mastenbroek, maar die brengen het water naar het Zwarte Meer waar het slechts weg kan. Tracés langs de westkant kunnen water afvoeren naar de – grotere – randmeren of direct naar het Ketelmeer/IJsselmeer:

- a: Een groene rivier naar de Randmeren heeft als voordeel dat de geleidedijken relatief laag kunnen blijven, omdat de Randmeren geen buitenwater zijn. De bergingscapaciteit van de randmeren en/of de afvoercapaciteit van de sluizen stelt echter grenzen aan het maximaal toelaatbare debiet. Het is meer een vorm van komberging.
- b: Een alternatief tracé is naar het Vossemeer, dat in verbinding staat met het Ketelmeer/IJsselmeer. Dit is wel buitenwater, met als nadeel dat de geleidedijken hoger moeten zijn, maar als voordeel dat er geen debietbeperking is door de bergingscapaciteit van (een van) de Randmeren. De inpassing in cultuurhistorische landschapspatronen van dit laatste tracé lijkt ‘soepeler’, maar leidt wel tot nog een extra kruising, nl. met de N307 (Dronten-Kampen), naast die met de N50 (tracé a).

Voor beide tracés geldt dat door de lage ligging van de veengronden functieverandering in de rede ligt (grootste deel van het jaar plasdras), en ook een (deels) blauwe rivier is goed denkbaar ter versterking van het IJsseldeltakarakter.



Figuur 3.9: Mogelijke locaties voor groene rivieren langs de IJssel benedenstrooms van Zwolle.

3.2.2 Grootschalige groene rivieren/ 'bergende stroming'

Locatie	Code	Rivier	Specificatie locatie	Kmr	Type
Beerse traverse	BOa	Maas	inlaat tussen Oeffelt en Cuijck	156 - 213	loopveld
	BOb	Maas	inlaat bij Beers	168 - 213	loopveld
	BOc	Maas	inlaat boven Ravestein	178 - 213	kommen
	BOd	Maas	inlaat beneden Macharen	194 - 213	kommen
	BOe	Maas	inlaat bij Lithoijen	200 - 213	kommen
Maas en Waal	LvM&W	Maas	inlaat bij Wijchen	180 - 203	kommen
		Maas	inlaat boven Maasbommel	191 - 203	kommen
		Waal	inlaat bij Ewijk	892 - 203	kommen
Bommelerwaard	BWa	Maas	inlaat beneden Kerkdriel	215 - 227	kommen
	BWb	Waal	inlaat boven Zaltbommel, naar Heusden	930 - 227	kommen
	BWc	Waal	inlaat boven Zaltbommel, naar Brakel	930 - 949	kommen
Tielerwaard	TW	Waal	inlaat beneden Tiel, uitlaat bij Dalem	917 - 952	kommen/ berging
Land van Altena	LvAa	Waal	Woudrichem tot Biesbosch	952 - 963	kommen
	LvAb	Waal/ Maas	Woudrichem met uitbreiding Biesbosch	952 - 960	kommen/ berging
Overbetuwe	OB1	Rijn	van Doornenburg naar Wageningen	871 - 902	kommen
	OB2	Waal	van Doornenburg naar Dodewaard	871 - 899	kommen
Lijmers (Rijnstrangen)	L	Bovenrijn/ IJssel	van Spijk via Rijnstrangen naar Giesbeek/Bingerden	859 - 898	strangen/ kommen
IJsseldal	IJ	IJssel	van Twello tot Hattem	943 - 972	kommen

Tabel 3.2: 'Grootschalige' groene rivieren/ stromende kommen voor riviernatuur en -landschap.

Beerse Traverse

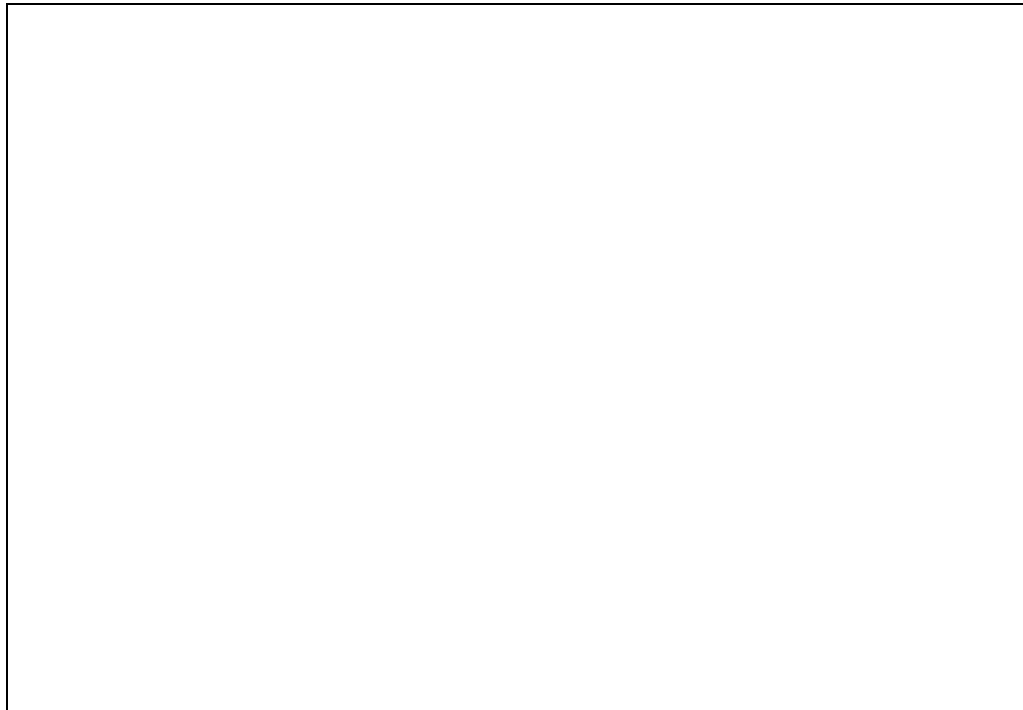
Langs de Maas is in het verleden een stelsel van overlaten actief geweest, waardoor een groot gebied onder liep. Door dat gebied stroomde Maaswater langzaam af in westelijke richting, via Den Bosch naar de Biesbosch. We spreken over de tijd dat er nog geen Bergsche Maas was. Omdat al voor het hoogwater op de Maas een groot deel van het gebeid door neerslagoverschotten blank stond en er ook water uit de Brabantse beken (Dommel e.d.) toestroomde kon wel een gebied van zo'n 250 km² onder water staan Havinga *et al.*, 1990). Deze Beerse Traverse had aldus een grote bergingsfunctie en voegde slechts een relatief geringe afvoercapaciteit toe.

Voor een eventuele rehabilitatie van dit stelsel kan wordt gesproken van een 'loopveld', een overstromingsgebied dat slechts met lage kades begrensd hoeft te worden. De omvang van de Beerse Traverse zal beperkt moeten worden ten opzichte van de historische situatie vanwege de stadsuitbreidingen van Oss en Den Bosch. Uit hydraulische overwegingen lijkt een zo enorme oppervlakte ook niet nodig. De Beerse Traverse is in eerste instantie alleen van nut voor de hoogwaterproblemen op de Maas. Alleen bij hernieuwde ingebruikname

van de Heerewaardense overlaat zou ook hoogwater op de Waal kunnen worden verlaagd (vooral door berging; vergelijk rapport Historische dijkverleggingen RvR).

Op bijgaande kaart zijn vijf mogelijke *inlaatpunten* aangegeven, die successievelijk ontlasting van een kleiner deel van de bedijkte Maas tot gevolg hebben. Hoe verder benedenstrooms de inlaat wordt gekozen, des te makkelijker is de ruimtelijke inpasbaarheid. Daar staat tegenover dat er bovenstrooms dan wel andere maatregelen moeten worden genomen om het water naar de inlaat te geleiden. De *uitlaatlocatie* is in alle gevallen net bovenstrooms van Den Bosch gedacht, omdat de stedelijke uitbreiding daar beperkingen oplegt.

In hoeverre de Beerse Traverse topvervlakking van de Maasafvoer kan opleveren kan alleen met hydraulische berekeningen worden vastgesteld. Dergelijke kennis is relevant voor de vraag hoeveel maatregelen vervolgens benedenstrooms van Den Bosch nog nodig zijn.



Figuur 3.10: Nieuwe invulling van de Beerse Traverse met vijf mogelijke inlaten die verschillende delen van de Maas ontlasten, en met alternatieve laterale begrenzingen in het benedenstroomse deel.

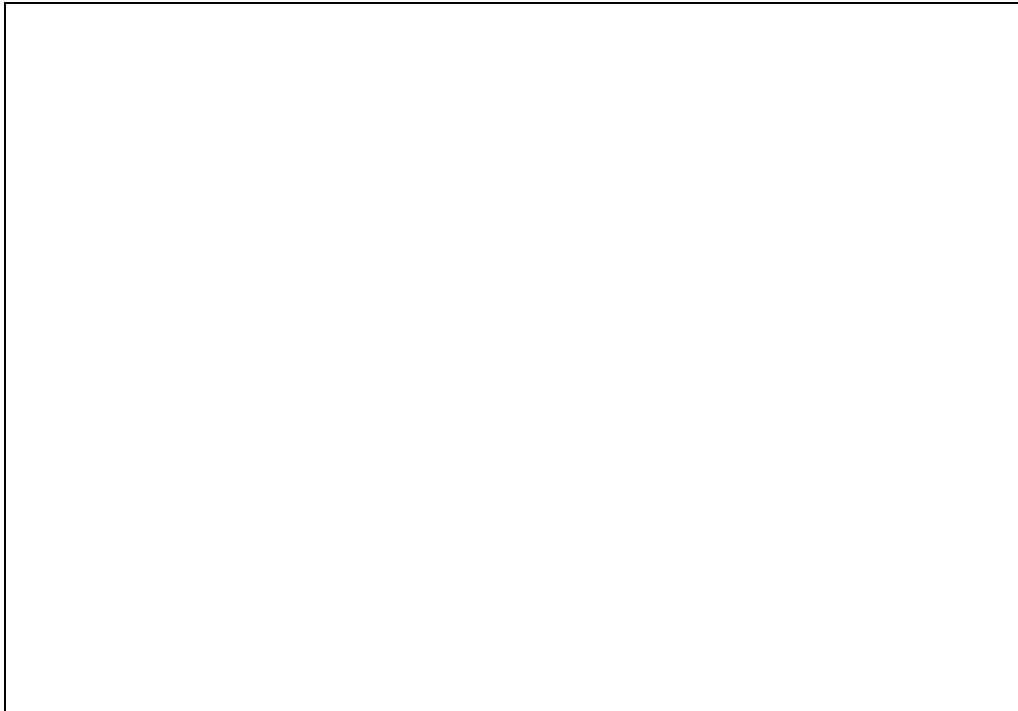
LvH: Land van Heusden en langs de Bergsche Maas

Het Land van Heusden is nog niet zo lang aan de Maas onttrokken. Oorspronkelijk functioneerde hier de Bokhovense overlaat, die nu eens landinwaarts stroomde en dan weer water uit de omgeving van Den Bosch afvoerde waar het soms via de Beerse Traverse terecht was gekomen. Na het graven van de Bergsche Maas en het sluiten van de Beerse Overlaat was de functie van de Bokhovense Overlaat ook onduidelijk. Successievelijk is de zuidelijke Maasdijk toen watervrij gemaakt tussen Den Bosch en Raamsdonksveer. Dit

gebied is echter nog steeds relatief dun bebouwd, op een paar nieuwe industrieterreinen na die van de 'Langstraat' (reeks dorpen op de overgang van de zandgronden naar de rivierklei met Waalwijk ongeveer in het midden) naar de Bersche Maas vingeren.

In deze strook kan relatief makkelijk bergende stroming en/of berging worden gecreëerd. Dit begint al onder Bokhoven en/of Hedikhuizen, loopt dan onder de vestingstad Heusden door en kan zich uitstrekken langs de A59 tot Raamsdonksveer-Hank. Daar bevindt zich vervolgens een 'stedelijk knelpunt' waar hier geen oplossing voor wordt aangedragen (ten zuiden van Raamsdonksveer via de Donge is wel zeer ingrijpend; maar zie ook de suggestie bij LvA: Land van Altena). Mogelijk is het topvervlakkend effect al zo groot dat het knelpunt minder nijpend wordt. In de Integrale Verkenning Benedenrivierengebied is een deel van dit gebied ook al als bergingsgebied aangewezen, namelijk de Overdiepse Polder (in het westelijk deel), eventueel uit te breiden tot de A59.

Meer benedenstrooms langs de Bergsche Maas/ Amer is bergende stroming niet meer effectief, omdat het verhang al vrijwel nihil is; daar is alleen komberging nog nuttig.



Figuur 3.11: Zoekgebied voor grootschalige bergende stroming langs de Maas in het Land van Heusden en ten noorden van de Langstraat.

LvM&W: Land van Maas en Waal

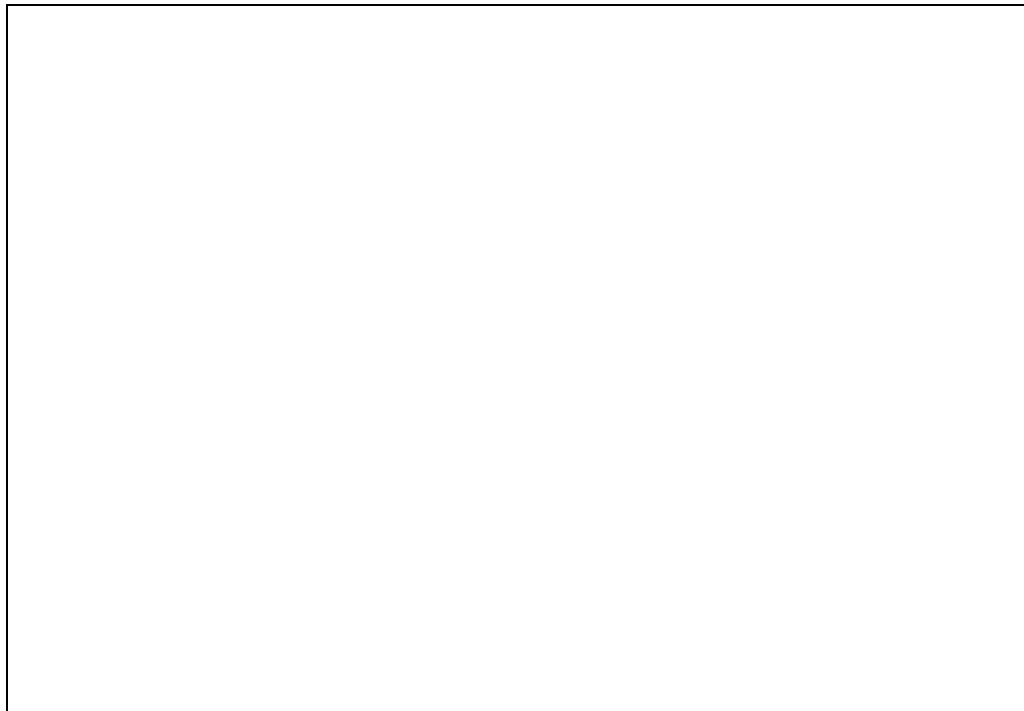
Het Land van Maas en Waal is een dijkkring die voor een klein deel uit Pleistocene zandgronden met dekzandruggen, landduinen en vennen bestaat (Wijchen - Bergharen), maar grotendeels een hellend gebied is met rivierafzettingen. In het centrale westelijke deel ligt een kom die wordt begrensd door oeverwalcomplexen aan de noordkant langs de Waal en aan de zuidkant langs de Maas.

Door deze geomorfologische situatie kan het gebied onder vrij verval afwateren, behalve bij hoge waterstanden op de rivieren. De dijkkring bevindt zich tussen de twee rivieren en daardoor kan een grootschalige groene rivier door het Land van Maas en Waal beide rivieren ontlasten, afhankelijk van de inlaatpunten. Op bijgaande kaart zijn *inlaten* gesuggereerd langs de Maas op *twee* plaatsen (a en b) en op *één* plaats langs de Waal (c.). Dat hier slechts een inlaat is aangegeven hangt samen met het feit dat de oeverwal aan de Waalzijde over vrijwel de gehele lengte intensief bebouwd is en er veel kassen en hoogwaardige tuinbouw wordt bedreven, waardoor een inlaatwerk zeer ingrijpend is. De Maaskant is iets vaker onderbroken, waardoor er meer geschikte locaties zijn voor een inlaat.

Een tracékeuze wordt in alle gevallen bemoeilijkt door de dichtheid aan infrastructuur van zowel wegen als afwatering. Een voordeel is het bestaande reliëf, waarbij de kommen al voor een goede natuurlijke geleiding van het water in westelijke richting zorgen en de zandgronden ‘vanzelf’ droog blijven.

Voor een *uitlaat* zijn twee locaties denkbaar: bij Wamel naar de Waal (d), waarbij de morfologische situatie niet optimaal wordt benut, of bij Heerewaarden naar de Maas (c via de Grote Wetering, die de kommen ontwatert).

Een groene rivier in het Land van Maas en Waal vereist dat ook boven- en benedenstrooms van een dergelijke maatregel grootschalige oplossingen worden ontworpen: Waalwater moet immers eerst Nijmegen voorbij en Maaswater Cuijk en Grave. Zie hiervoor onder meer Overbetuwe en Beerse Traverse, respectievelijk Bommelerwaard en Tielerwaard.



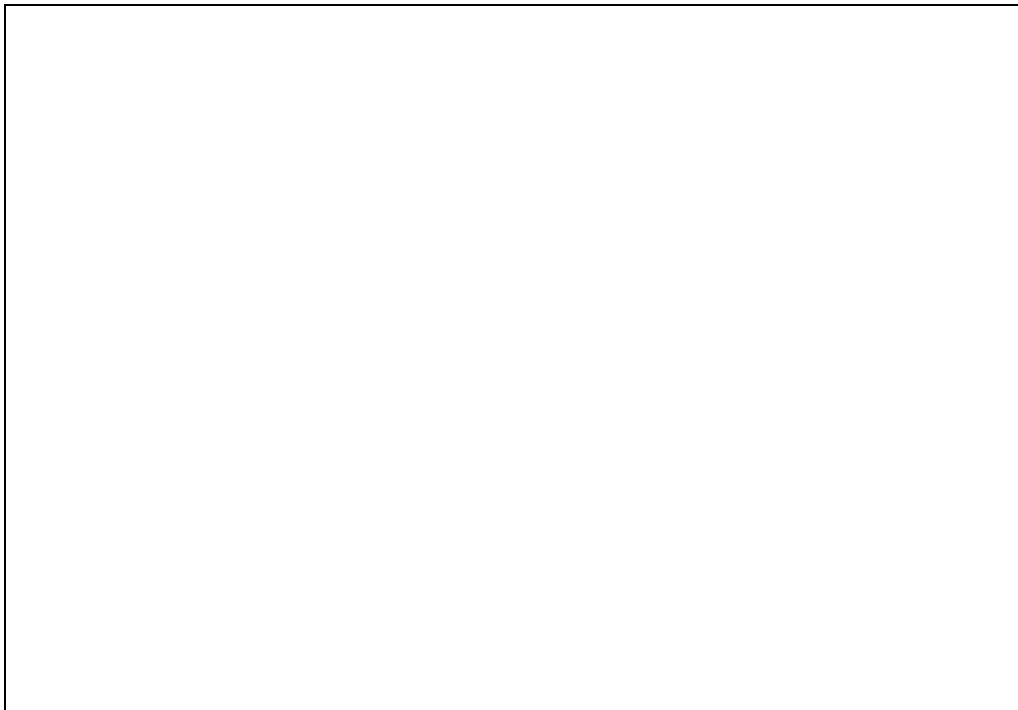
Figuur 3.12: Zoekgebied voor grootschalige bergende stroming in het land van Maas en Waal. Met verschillende inlaatpunten kunnen Maas en/of Waal worden ontlast.

BW: Bommelerwaard

De Bommelerwaard is ook een dijkkring tussen de Maas en de Waal met typische riviergeomorfologie; dat wil zeggen oeverwallen en komgronden. De geomorfologie vertoont echter een wat gecompliceerder patroon, omdat er door natuurlijke riviervleggingen in het verleden veel oeverwallen en stroomruggen dwars door de dijkkring heen lopen. Er is geen sprake van een duidelijke aaneengesloten kom.

De Bommelerwaard kan bijdragen aan ontlasting van Maas of Waal of beide. Daartoe zijn inlaatpunten geschetst voor de Maas bij Kerkdriel (BWa) en voor de Waal net bovenstrooms van Zaltbommel bij de Hurwenense uiterwaard (BWb en BWc). De eerste locatie sluit aan bij een 'uitlaat' van de Beerse Traverse en ontlast stedelijk knelpunt Den Bosch, de laatste locatie is het meest geschikt om stedelijk knelpunt Zaltbommel te ontlasten.

Voor het tracé vormen met name de A2 en de spoorlijn Utrecht- Den Bosch problemen. Hier zullen kostbare kruisingen nodig zijn. De *uitlaat* van een grootschalige groene rivier kan aan de Maaszijde worden gerealiseerd, ter hoogte van Heusden, óf aan de Waalzijde bij Brakel (BWc). In het eerste geval moet langs de Bergsche Maas aansluitend ruimte worden gezocht, in het laatste geval langs de Waal/ Merwede.



Figuur 3.13: Zoekgebied voor grootschalige bergende stroming in de Tielerwaard respectievelijk door de Bommelerwaard.

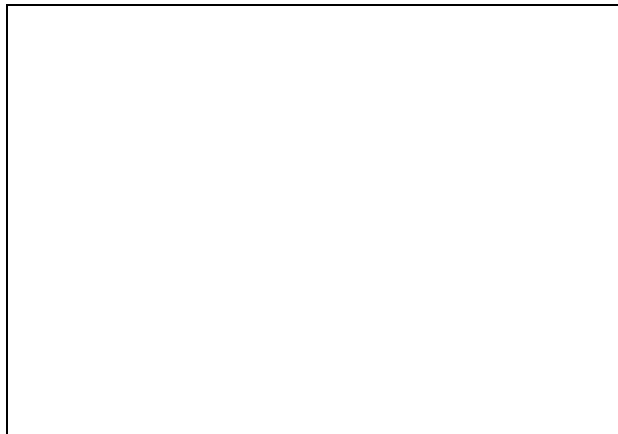
TW: Tielervaard

De Tielervaard is een deel van dijkring Betuwe. De dijken hier behoren tot de hoogste in het rivierengebied. Tussen Tiel en de A2 meer naar het westen is geen sprake van een duidelijk kom, maar van een complexe geomorfologie en een kleinschalig cultuurlandschap met intensieve akkerbouw en veel fruitteelt. Dat biedt weinig aanknopingspunten voor een tracé. Ten westen van de A2 tot Gorinchem is er sprake van een langgerekte kom, waar de A15 en Betuwelijn precies in de lengte midden door zijn gelegd. Dat maakt zeer lange en hoge dijken nodig, die een forse aantasting van het landschap zullen betekenen.

Een logische inlaat zou, uit hydraulische overwegingen, net benedenstrooms van Tiel moeten liggen, in het verlengde van een maatregel in het Land van Maas en Waal. Een logische uitlaatlocatie zou bij Vuren/ Dalem kunnen liggen, waar resten van de Hollandse waterlinie liggen die men overweegt te rehabiliteren. Dat sluit ook het best aan bij een eventuele groene rivier door het Land van Altena.

LvA: Land van Altena

Voor het land van Altena zijn in het kader van IVB (Rijkswaterstaat-DZH, 2000) al verscheidene voorstellen voor groene rivieren gedaan. Daarbij ging het steeds om relatief smalle groene rivieren. Hier wordt een breed tracé gesuggereerd, dat meer aansluit bij het idee van stromende kommen. De geomorfologische setting is weer leidend geweest voor de tracékeuze, maar een complicatie wordt gevormd door het feit dat het westelijk deel van het Land van Altena relatief hoog ligt ten opzichte van de kom. Dat is het gevolg van de sedimentatie die hier heeft kunnen plaatsvinden vanaf de Elisabethsvloed (14..) tot de 'definitieve' inpoldering van grote delen van de Biesbosch. Hierdoor zal water de kom niet volledig onder vrij verval kunnen verlaten.



Figuur 3.14: Een grootschalige groene rivier door het Land van Altena kan worden gekoppeld aan een uitbreiding van de Biesbosch, waarbij de bergingscapaciteit van het benedenrivierengebied wordt vergroot en knelpunt Hank- Raamsdonksveer aan de Bergsche Maas wordt 'opgelost'.

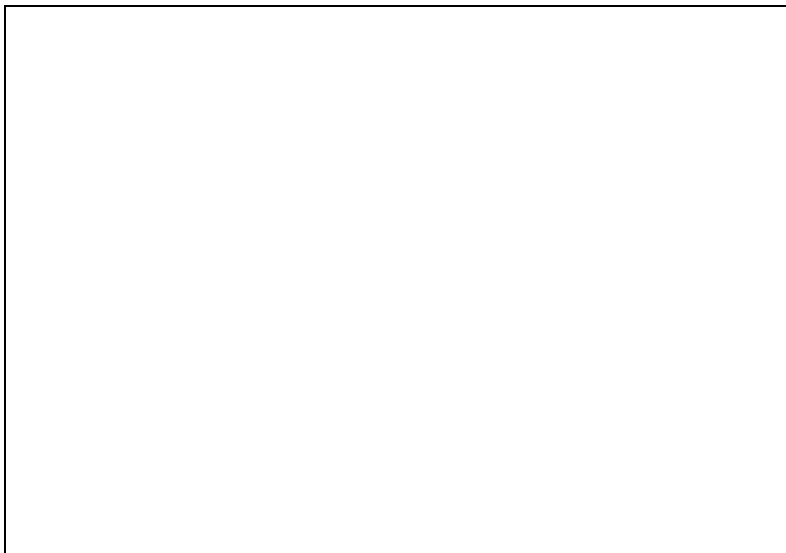
Bij een substantieel hogere zeespiegel betekent dit dat een groene rivier door het Land van Altena bij ieder getij vol zal lopen. Omdat dat voor grootschalige natuurontwikkeling kansen biedt terwijl andere vormen van ruimtegebruik juist gehinderd worden, is ook een variant geschetst met een forse uitbreiding van de Biesbosch in oostelijke richting (LvAb).

OB: Overbetuwe

De Overbetuwe leent zich door de zeer intensieve bebouwing en infrastructuur in het Knooppunt Arnhem- Nijmegen (KAN-gebied) slecht voor een grootschalige groene rivier. Daar staat tegenover dat juist hier stedelijke knelpunten de capaciteit van zowel de Waal (Nijmegen) als de Nederrijn (Arnhem) beperken. Juist hier is vergroting van de capaciteit uit hydraulisch oogpunt zeer gewenst.

Een tracékeuze wordt ten eerste bemoeilijkt door de bestaande en geplande bebouwing, ten tweede door de vele kruisende infrastructuur (A15, A50, A325, een oost-west- en een noord-zuidspoorlijn), en ten derde door het feit dat de Overbetuwe relatief smal is, vooral ter hoogte van Ochten- Kesteren. Dat, en de kruising met het Amsterdam-Rijnkanaal, betekent dat een groene rivier-tracé de Betuwe moet verlaten om aan een overzijde of meer benedenstrooms te worden voortgezet.

Een eerste mogelijk tracé is van Doornenburg – bij Pannerdensche Kop – naar Wageningen, maar dat vereist dat het water over de Nederrijn/ Lek wordt afgevoerd of door de GelderseVallei. Het eerste vraagt een aanzienlijke inperking van het debiet, omdat daar haast geen ruimte kan worden gevonden. Afvoer door de Gelderse Vallei stuit op allerlei bezwaren, waaronder een ongeschikte geomorfologie (met dekzanden en Veenendaal en Amersfoort in het laagste deel van de vallei). Met dit tracé kan feitelijk alleen maar het knellende traject rond Arnhem worden verlicht, maar de totale afvoercapaciteit in westelijke richting kan nauwelijks worden vergroot.



Figuur 3.15: Zoekgebied voor grootschalige bergende stroming in de Overbetuwe, waar de stedelijke uitbreidingen van Arnhem en Nijmegen en een dicht infrastructuurnetwerk een (geomorfo)'logisch' verloop bemoeilijken.

Een tweede mogelijk tracé biedt meer kansen voor een combinatie met maatregelen meer benedenstrooms (en aldus een ‘totaaloplossing’), namelijk van Doornenburg naar Dodewaard. Inpassing van een dergelijk tracé wordt vooral bemoeilijkt door de vele kruisingen met droge infrastructuur: heen én terug over de A15 en Betuwelijn.

Voor de Overbetuwe kan dus worden samengevat: zeer *gewenst* vanwege de stedelijke knelpunten, zeer *moeilijk* inpasbaar door stedelijke ontwikkeling in KAN-gebied en droge infrastructuur, *moeilijk* aan te sluiten op een ‘logisch vervolg’ benedenstrooms.

L: Lijmers (-Rijnstrangen)

(Zie figuur Bovenrijn en Waal 1 t/m 3, blz. 3-9). Bij de mogelijkheden voor ‘kleinschalige’ groene rivieren is het Rijnstrangengebied al genoemd. Eén van de daarbij gesignaleerde problemen betreft de invloed van een overlaat bij Spijk op de afvoerverdeling; de Rijnstrangen monden immers uit in het Pannerdensch Kanaal. Medio 19e eeuw bestond daarom een tweede overlaat, waarmee water uit het Rijnstrangengebied via de Lijmers naar Giesbeek/Bingerden kon worden afgeleid. Dit systeem heeft nooit als overlaat gefunctioneerd, waarschijnlijk omdat er in de korte periode van het bestaan geen (voldoende) hoogwater is geweest.

Via de Lijmers kan water uit het Rijnstrangengebied tussen Zevenaar en Duiven door rechtstreeks naar de IJssel worden afgeleid. Aldus kan de afvoerverdeling enigszins worden beïnvloed, eventueel zo dat de Nederrijn/Lek niet wordt overbelast. In het verleden was het gehele gebied van de Lijmers als overstromingsgebied aangewezen, zonder geleidedijken (zie Driessen *et al.*, 2000; WL, 2000). Dat is een van de redenen geweest van de grote weerstand van de plaatselijke bevolking tegen deze oplossing. In de bijgaande schets is de groene rivier wel lateraal begrensd, ongeveer zoals voorgesteld in Rijn op Termijn (WL, 1998), waarbij verlaging van het maaiveld net niet nodig is maar wel de maximaal beschikbare breedte aan resterende landbouwgronden tussen de bebouwingskernen Zevenaar en Duiven wordt gebruikt. Hydraulisch betekent dit vermoedelijk dat wel een zekere topvervlakking optreedt, maar dat toch veel minder berging optreedt dan bij de vroegere grootschalige overstroming van de Lijmers, die zich tot bovenstrooms van Doetinchem uitstrekte.

Samengevat kan worden gesteld dat de geschetste grootschalige locatie vooral (alleen?) betekenis heeft indien een forse wijziging van de afvoerverdeling bij hoge afvoeren in de richting van de IJssel wordt overwogen (zie hierna).

IJ: IJsseldal

Door het natuurlijk reliëf van het IJsseldal, grotendeels een – mede door landijs gevormd – natuurlijk rivierdal, zijn groene rivieren over forse lengten hier geen voor de hand liggende maatregel: de rivier loopt door de laagste delen, uitschuring overheerst over afzetting en er is dus geen geomorfologische structuur met oeverwallen en lager gelegen kommen. Pas ten noorden van Twello-Deventer vinden we oeverwallen met daarop dijken van enige importantie evenals een laaggelegen komgebied aan de westzijde van de IJssel.

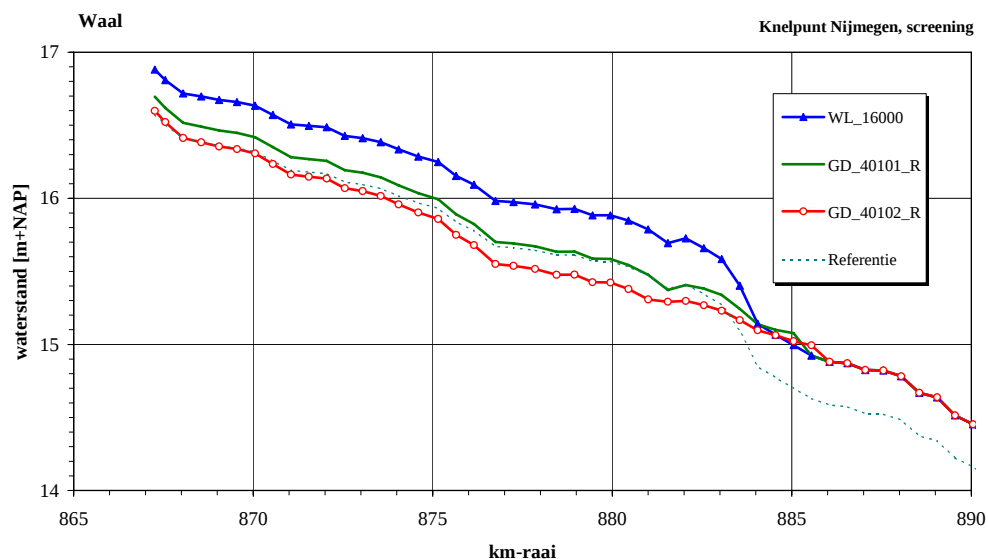
In dit kommengebied zijn eerder al mogelijke locaties voor kleinschalige groene rivieren voorgesteld. Als alternatief – vooral voor hogere afvoeren, maar ook met meer mogelijkheden voor natuurontwikkeling en met een sterkere topvervlakking als gevolg – kan hier ook worden gestreefd naar ‘stromende kommen’ tussen Twello en Hattem. Het reliëf begrenst het overstromingsgebied op natuurlijke wijze afwisselend ter hoogte van de A50 en/of het Apeldoorns Kanaal. Aan de westzijde zullen grote delen vrijwel steeds droog blijven doordat hier de helling naar het Veluwemassief al begint, aan de oostzijde is het oeverwallencomplex vrij omvangrijk en relatief hoog. Door dit reliëf kan worden gekozen voor hetzij een zeer omvangrijke dijkeruglegging (cf. Rijn op Termijn), hetzij een aan beide zijden met lage dijken begrensde groene rivier van forse omvang. Deze is niet op kaart aangegeven, maar lijkt op een sterk verbrede versie van de eerder besproken kleinschalige groene rivieren IJ4-IJ5.

4 Hydraulische effectiviteit

4.1 Enkele principes

Groene rivieren vergroten de afvoercapaciteit door het vergroten van het doorstroomprofiel, enigszins vergelijkbaar met dijkeruglegging. Net als andere rivierverruimende maatregelen leiden ze *hoofdzakelijk* tot een daling van de waterstanden *bovenstrooms* van de maatregel, in dit geval de inlaat.

Rivierverruimende maatregelen zijn het meest effectief als ze worden uitgevoerd ter plaatse van een hydraulisch knelpunt. In de studie Ruimte voor Rijntakken, maar ook voor de Maas, zijn die hydraulische knelpunten afgeleid uit de verhanglijnen. Waar die een sterke knik vertonen vindt opstuwung plaats. Dat is vaak ter hoogte van een vernauwing in het winterbed. Op die plaatsen zijn groene rivieren het meest effectief. Dit wordt goed geïllustreerd in de berekeningen die indertijd met het 1-D hydraulisch model SOBEK zijn gedaan voor het stedelijk knelpunt Nijmegen (zie figuur).



Figuur 4.1 : Absolute waterstand (verhanglijn) bij referentie, bij 16.000 m³/s Bovenrijn-afvoer zonder maatregel en met respectievelijk dijkverlegging Lent en groene rivier Bemmelse-Oosterhout.

De berekende verhanglijnen laten zien dat de flessenhals bij Nijmegen door respectievelijk een forse dijkverlegging (GD_40101R) en een groene rivier (GD_40102_R) zo goed als geheel verdwijnt. Na het wegnemen van de vernauwing kunnen de waterstanden net benedenstrooms van de vernauwing (net 'achter de kraan') weleens iets hoger worden, doordat het water er makkelijker langs stroomt. Ook dat is te zien in de getoonde figuur.

Specifiek voor groene rivieren is dat ze ook over hun *volledige lengte* tot een daling van de waterstand in de hoofdstroom leiden, omdat ze het debiet in de hoofdstroom verkleinen. Bij het uitlaatpunt worden beide ‘deeldebieten’ weer samengevoegd. Dat betekent dat de lengte van een groene rivier mede-bepalend is voor de rivierlengte waarover een waterstands daling wordt gerealiseerd. Lange groene rivieren hebben dus over een grote lengte effect, korte over een kortere. Lange groene rivieren zijn natuurlijk ook fors duurder, omdat ze veel oppervlak en lange geleidedijken vergen.

4.1.1 Factoren die de effectiviteit bepalen

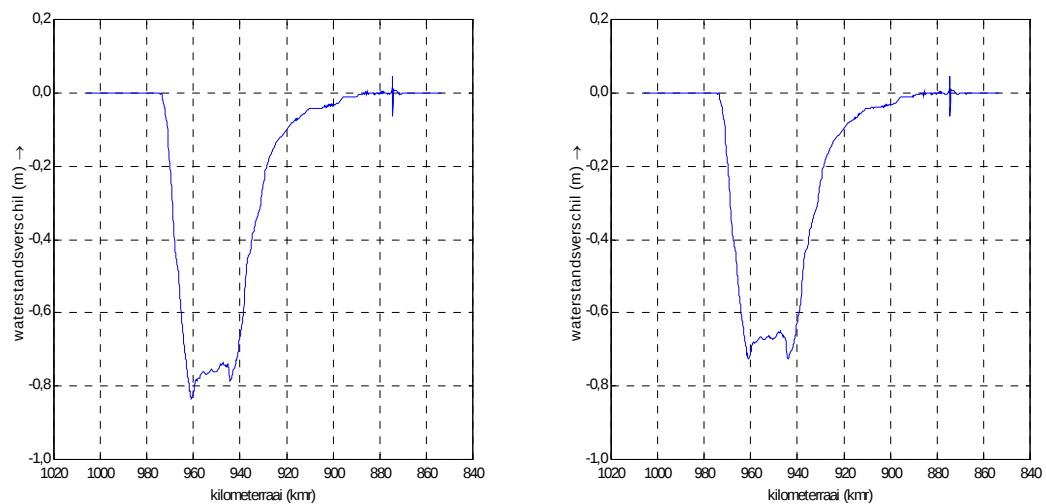
Gegeven het verhang van de rivier op een bepaalde plaats wordt de effectiviteit van een groene rivier hoofdzakelijk bepaald door:

1. het verhang tussen in- en uitlaatpunt;
2. het dwarsprofiel als de inlaat niet wordt ‘afgeknepen’ door een inlaatwerk;
3. de natte doorsnede van een inlaatwerk of boven een overlaat;
4. de ruwheid in het tracé.

Het *verhang* tussen in- en uitlaatpunt hangt af van het tracé, in die zin dat een bochtafsnijding vaak een verkorting en dus een groot verhang oplevert (bijv. Nijmegen en veel locaties langs de bedijkte Maas tussen Cuijk en Den Bosch), terwijl een oude meanderbocht vaak een lange omweg betekent en weinig verhang oplevert (bijv. Zutphen).

Over het *dwarsprofiel* van de groene rivier en de *natte doorsnee* van de inlaat is al het nodige gesteld in een eerdere hoofdstukken. Heel bepalend voor de hydraulische effectiviteit bovenstrooms van de inlaat is dat het water gemakkelijk de groene rivier instroomt. Bij afwezigheid van een overlaat is voor korte groene rivieren daarvoor het dwarsprofiel over de hele lengte bepalend – en niet te vergeten een ruime uitlaat –, bij langere is vooral het eerste gedeelte na de inlaat belangrijk. Dat moet ruim zijn en vrij van obstakels, zodat geen opstuwing kan ontstaan.

Ten aanzien van de *hydraulische ruwheid* in het trace geldt dat deze bepalend is voor de stroomsnelheid en aldus het verhang van de waterspiegel in de groene rivier. Hiervoor geldt ook weer dat vooral nabij het inlaatpunt de ruwheid geen aanleiding moet geven tot opstuwing, want dan zal er slecht een gering debiet door de groene rivier stromen. Voor de in het vorige hoofdstuk geschetste mogelijke groene rivier van Deventer naar Wapenveld (IJ3 + IJ4 + IJ5) is met het 2-D hydraulisch model WAQUA berekend welke waterstandsverlaging optrad bij handhaving van het huidige landgebruik, met name grasland, versus de ontwikkeling van (half)open riviernatuur. Daarbij is gerekend met ruwheidswaarden van respectievelijk $k = 0.5$ en $k = 1.5$. Dat kan worden geïnterpreteerd als grasland met hier en daar een sloot, een heg of een groepje bomen, respectievelijk natuurlijke ruigte (2.0) met hier en daar een bosje (10.0), maar ook ‘compenserende’ graslanden (0.3) en waterpartijen (0.1). De berekeningen wezen uit dat de waterstand daalde met respectievelijk maximaal 84 cm en maximaal 73 cm: een verschil dus van bijna 15 % (figuur 4.2.)



Figuur 4.2 a en b: Het hydraulisch effect van een lange groene rivier van Deventer naar Wapenveld met respectievelijk het huidige landgebruik ($k = 0.5$) en de ontwikkeling van open/halfopen riviernatuur ($k = 1.5$)

4.2 Samenvatting resultaten hydraulische berekeningen

In verschillende eerdere onderzoeken zijn berekeningen uitgevoerd van de hydraulische effecten van groene rivieren. Daarbij zijn 3 verschillende berekeningswijzen gebruikt. Zo is gerekend met:

- het IVR-model, waarin het 1-D model SOBEK wordt gebruikt; gebruikt voor het onderzoek 'Stedelijke knelpunten', waarbij groene rivieren als dijkverlegging zijn geschematiseerd;
- het 2-D WAQUA model, hetgeen uitbreiding van het kromlijnijs rekenrooster noodzakelijk maakte en erg bewerkelijk is; onder meer gebruikt in het onderzoek Quick Scan Nijmegen en voor een aantal groene rivieren voor de Spankrachtstudie;
- onttrekkingen en toevoer van een vooraf opgegeven debiet; gebruikt voor een aantal lange groene rivieren in de Spankrachtstudie uitgaande van (1) huidig landgebruik en (2) met een 'omrekenfactor' gecorrigeerd voor een variant met natuurontwikkeling.

We zullen hier niet ingaan op de verschillende voor- en nadelen van deze drie methoden, maar wel de resultaten samenvatten.

4.2.1 Resultaten 'Stedelijke knelpunten'

In de verkenning van mogelijke maatregelen bij stedelijke knelpunten (WL & RIZA, 1999) zijn de hydraulische effecten van dijkverleggingen, buitendijkse geulen en/of groene

rivieren onderzocht met behulp van SOBEK. Groene rivieren zijn daarbij voorgesteld bij Nijmegen, Zaltbommel, Haften, Zutphen, Deventer en Kampen.

Het hydraulisch effect op de waterstanden is berekend door de groene rivieren als dijkverleggingen te schematiseren. Er is gekeken naar de verlaging van de waterstand bij 16.000 m³/s ten opzichte van de waterstand bij diezelfde afvoer zonder de betreffende maatregel. Dat geeft een indruk van de mate van waterstandsverlaging (in mm), de rivierlengte waarover deze bovenstrooms doorwerkt en het totaaleffect, uitgedrukt als oppervlak (de integraal onder de referentielijn in m²). Overigens is uit aanpalend onderzoek gebleken dat het waterstandsverlagend effect bij een enkele duizenden m³/s lagere of hogere afvoer van vergelijkbare grootte is.

De resultaten van die screening zijn weergegeven in onderstaande tabel. Daarbij zijn de groene rivieren gecodeerd overeenkomstig het voorgaande hoofdstuk, alhoewel de indertijd onderzochte traces hiervan soms iets afwaken (iets smaller, bijv. Zutphen; of juist breder, bijv. Nijmegen).

Tabel 4.1: Overzicht van hydraulische effecten van 'kleinschalige' groene rivieren zoals indertijd voorgesteld in RvR-rapport 99.11 (WL & RIZA, 1999), berekend met SOBEK

Code	Naam	MHW-effect (m)	MHW-effect (m ²)
W2 a	Nijmegen	0.48	6087*
W4	Zaltbommel	0.32	5905
W5	Haften	0.23	3598
IJ2	Zutphen	0.58	4911
IJ3	Deventer	0.30	4129
IJ8 a	Kampen	0.15	3227
IJ8 b	Kampen	0.35	6768

* alleen Waal; 0.28 m peilverlaging bij Panterdense Kop

Uit de resultaten komt naar voren dat met groene rivieren enige decimeters waterstandsverlaging is te bereiken, afhankelijk van:

- het verhang (weinig effect bij Kampen),
- de ernst van een knelpunt (veel effect bij Nijmegen),
- de boven- en benedenstroomse context (weinig effect bij Haften; Zaltbommel zit er nog 'boven'; idem bij Deventer), en
- de omvang van de maatregel (veel effect bij Zutphen omdat ook de Voorster Klei wordt buitengedijkt).

Ten aanzien van de invloed van de context kan nog worden vermeld dat een gevoeligheidsanalyse uitwees dat alléén het 'trace Oude IJssel' bij Zutphen (terugstroom bij kmr 930) slechts 37 cm waterstandsverlaging opleverde, tegen 58 cm als meteen de benedenstrooms gelegen Voorster Klei wordt buitengedijkt (terugstroom bij kmr 934).

4.2.2 Resultaten WAQUA-analyses

In een tweetal onderzoeken is het hydraulisch effect van een aantal groene rivieren berekend met behulp van het 2-D model WAQUA, namelijk in de Quickscan voor knelpunt Nijmegen (ref.) en in het kader van de Spankrachtstudie.

In onderstaande tabel worden weer de resultaten samengevat, ditmaal voor verschillende ‘inrichtingsvarianten’ (aangegeven in de tabel).

Tabel 4.2: Hydraulische effecten van enkele (varianten van) ‘kleinschalige’ groene rivieren zoals berekend met WAQUA

Code	Naam	Variant	MHW-effect (m)	MHW-effect (m ²)
W2 a	Nijmegen - landschapszone	300 m breed, vergraven	0.61	
W2 a	Nijmegen - landschapszone	500 m breed, niet vergraven	0.48	
W2 b	Nijmegen - Noord	300 m breed, vergraven	0.65	
W2 b	Nijmegen - Noord	500 m breed, niet vergraven	0.51	
W4	Zaltbommel	huidig gebruik	0.30	6970
W5	Haaften	huidig gebruik	0.19	4010
W5	Haaften	natuur	0.15	3840
IJ2	Zutphen	huidig gebruik	0.62	8850
IJ2	Zutphen	natuur	0.52	7380
IJ5	Veessen-Wapenveld	huidig gebruik	0.77	14110
IJ5	Veessen-Wapenveld	natuur	0.72	13080
IJ3+IJ4+IJ5	Deventer- Wapenveld	huidig gebruik	0.84	28190
IJ3+IJ4+IJ5	Deventer- Wapenveld	natuur	0.73	25610
IJ6	Hatter-Zalk	huidig gebruik	0.75	10620
IJ6	Hatter-Zalk	natuur	0.70	9820
IJ8 a	Kampen	huidig gebruik	0.22	5070
IJ8 b	Kampen	huidig gebruik	0.65	12120
IJ8 b	Kampen	natuur	0.53	9840

Ook uit deze berekeningen blijkt dat groene rivieren een verlaging van enkele decimeters kunnen opleveren. De verschillen met de berekeningen met SOBEK zijn gering en deels verklaarbaar door de iets afwijkende traces (Nijmegen langer trace), dwarsdoorsneden (Kampen ruimer bemeten; Nijmegen smaller maar in enkele gevallen vergraven) en een eventuele overlaat bij het inlaatpunt (Haaften) waar mee gerekend is.

4.2.3 Hydraulisch effect van onttrekking/toevoer

Voor enkele langere groene rivieren langs de Waal is in het kader van de Spankrachtstudie nagegaan wat het effect is als wordt uitgegaan van een onttrekking. Dit is een toelaatbare benadering indien er geen twijfel bestaat over de vraag of een onttrekking van de veronderstelde omvang mogelijk is, gegeven de breedte en dwarsdoorsnede van het beoogde trace. Deze berekeningswijze gaf de resultaten die in onderstaand egrafiek zijn weergegeven. Opgemerkt wordt dat is uitgegaan van een vast debiet voor ‘huidig landgebruik’ en een correctie voor debiet en waterstandsaling bij ‘natuur’ op basis van een verband dat daartussen is afgeleid uit de WAQUA-analyses van Deventer-Wapenveld.

Tabel 4.3: Hydraulische effecten van enkele (varianten van) ‘kleinschalige’ en ‘grootschalige’ groene rivieren zoals berekend op basis van een onttrekking

Code	Naam	Variant	Onttrekking (m ³ /s)	MHW- effect (m)	MHW- effect (m ²)
LvM&W c-d	Land van Maas en Waal	huidig landgebruik	2000	0.80	22117
LvM&W c-d	Land van Maas en Waal	natuur	1838	0.77	21281
W3	Varik	huidig landgebruik	1000	0.14	3269
W3	Varik	natuur	919	0.08	1837
TW a/b	Tielerwaard	huidig landgebruik	1000	0.48	19770
TW a/b	Tielerwaard	natuur	919	0.42	17245
BW c	Bommelerwaard	huidig landgebruik	1000	0.38	11689
BW c	Bommelerwaard	natuur	919	0.32	9849
BW b	Bommelerwaard	naar Afgedamde Maas, huidig landgebruik	1000	0.45	438

4.3 Conclusies voor toepassingsmogelijkheden

Op grond van hun hydraulisch effectiviteit kan worden gesteld dat groene rivieren een te overwegen maatregel vormen:

- bij vernauwingen,
- mits ze voldoende ruim kunnen worden bemeten,
- als er benedenstrooms geen nieuwe vernauwing optreedt (context),
- en het verhang over de groene rivier – en vooral net na de inlaat – voldoende is (als functie van lengte en ruwheid).

5 Overige aspecten

5.1 Implicaties voor landschap en ruimtegebruik

In de bespreking van mogelijke toepassingen van groene rivieren in hoofdstuk 3 is al aangegeven dat ze zeer ingrijpend kunnen zijn. Ten eerste moet het trace in de meeste gevallen met geleidedijken worden begrensd, die in sommige gevallen beeldbepalend kunnen worden, en ten tweede zullen in het trace zelf ‘uiterwaardachtige’ omstandigheden kunnen gaan heersen, met consequenties voor het (mogelijke) ruimtegebruik. Daarbij kan, zoals al eerder vermeld, onderscheid worden gemaakt tussen een variant die is gericht op het zoveel mogelijk handhaven van het huidige landgebruik en een variant met herinrichting gericht op natuurontwikkeling. Op die beide mogelijkheden wordt hieronder wat verder ingegaan, maar eerst nog wat algemenere zaken. In tabel 5.1 wordt – bij wijze van voorbeeld – voor een aantal in hoofdstuk 3 gegeven traces aangegeven welke lengten aan geleidedijken nodig zijn en welk oppervlak de groene rivier beslaat.

Tabel 5.1: Kengetallen van enkele groene rivieren, zowel relatief kleinschalige (boven de streep) als grootschalige.

code		oppervlak (ha)	lengte geleidedijken (km)	lengte brugg(ehoofd)en (m)
R1	Rijnstrangen	2890	37	niet bepaald
W3	Varik	0	7	0
W4	Zaltbommel	527	17	1600
W5	Haaften	83	5	0
IJ1	Steenderen	760	5	0
IJ2	Zuthpen	1026	22	1560
IJ3	Deventer	117	3	1480
IJ3 + IJ4 + IJ5	Deventer - Wapenveld	2133	56	380
IJ5	Veessen-Wapenveld	747	18	0
IJ6	Hattem - Zalk	1028	17	1000
IJ8 a	Kampen, naar Randmeer	517	15	0
IJ8 b	Kampen, naar IJsselmeer	677	21	0
R1 + L	Rijnstrangen + Duivense Broek	5480	71	niet bepaald
LvM&W c-d	Land van Maas en Waal	5376	61	0
TW	Tielerwaard	4490	63	4500
BW c	Bommelerwaard	1661	44	1600
BW b	Bommelerwaard (naar Maas)	141	16	2500

Geleidedijken kunnen in sommige landschappen goed aansluiten bij het stelsel van dijken, zoals dat in de loop van vele eeuwen in het rivierengebied is ontstaan. Meestal gaat het echter toch om nieuwe dijken, die soms in tot-nu-toe open landschappen, zoals de komgebieden, zullen komen te liggen. Het is een opgave aan ontwerpers/landschapsarchitecten om een goede landschappelijke inpassing te realiseren die aansluit bij het cultuurhistorisch erfgoed. Daarbij kan worden gedacht aan de Hollandse Waterlinie of de IJssellinie (Beekmans & Schilt, 1997). Ook wordt er door landschapsarchitecten vaak op aangedrongen enerzijds de functionaliteit van de dijken te benadrukken, door ze als functionele elementen een herkenbare plaats in het landschap te geven, en anderzijds te

zorgen dat ze kunnen bijdragen aan de beleving van het landschapsbeeld, bijvoorbeeld door er een fiets- of wandelroute op te leggen. Trefwoorden bij een ontwerp-opdracht kunnen zijn: samenhang, aansluiten bij de omgeving, contrast, aansluiten bij de menselijke schaal, e.d.

Groene rivieren kunnen – net als uiterwaarden – een rol spelen in de zonering van het ruimtegebruik, zoals verwoord in de 5e Nota Ruimtelijke ordening. Daarin is contourenbeleid voorgesteld, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen *rode* (stedelijke) en *groene* (natuur) landschappen, met daartussen een categorie waarin beide kunnen worden gemengd. Het ligt voor de hand dat groene rivieren hetzij samenvallen met een groene contour en dan bijvoorbeeld worden opgenomen in de EHS (*blauw-groene corridors*), hetzij in de tussencategorie vallen met meervoudig ruimtegebruik: hydraulische functies gecombineerd met economische gebruiksfuncties en ‘groene’ functies (*blauw-gele corridors*). *Blauw-rode* functiecombinatie is wel denkbaar, maar zal in veel gevallen op praktische bezwaren stuiten, omdat in groene rivieren toch relatief hoge stroomsnelheden en soms grote waterdieptes te verwachten zijn. Dat is een groot verschil met zoeklocaties voor waterberging voor regionale wateroverlastproblemen! Dat neemt niet weg dat langs de zijkanten van groene rivieren stedelijke (*blauw-rode*) ontwikkelingen zeer wel denkbaar zijn, bijvoorbeeld:

- bebouwing op de dijken,
- bebouwing net buiten de dijk, maar zo dat deze geen stroombelemmering veroorzaakt,
- terrasgewijze ontwikkeling aan de binnendijkse kant, zodanig dat waterkering en bebouwing een geheel worden (flauw binnentalud),
- e.d.



Foto 5.1: Buitendijkse bebouwing – dus ook in een groene rivier – is mogelijk waar deze geen stroombelemmering veroorzaakt en indien ‘hoogwatervrij/ watervast’. Hier in de stroomluwte bij Haften.

Dergelijke oplossingen passen goed bij stedelijke knelpunten, zoals Nijmegen, Arnhem, Zutphen, Deventer of Kampen. Ze sluiten ook goed aan bij de huidige wens om wonen aan het water opnieuw vorm en inhoud te geven.

Bijzondere aandacht bij aanleg behoeven verder:

- aanpassing van het ontwaterings- en afwateringsstelsel (incl. eventuele extra gemalen).
- aanpassing van het stelsel van doorgaande wegen;
- bruggen voor de ontsluiting van resterende dijkringen.

5.1.1 Mogelijkheden voor medegebruik

Voor het landgebruik geldt dat in een inrichtingsvariant gericht op handhaving van het huidige gebruik vaak met een overlaat zal worden gewerkt om de overstromingsfrequentie te beperken. Alle grond, met uitzondering van de dijken, kan dan eigendom blijven van de huidige grondgebruikers. Ten aanzien van investeringen zal gelden dat niet-watervaste opstellen in het trace ongewenst zijn, maar het betekent zeker geen volledige stop op investeringen.



Foto 5.2: Waar niet hoeft te worden gegraven en de hoogteligging al te frequente en langdurige overstroming uitsluit kan een bestaande landbouwfunctie worden gehandhaafd, zeker indien het weidebouw betreft. Voorbeeld Veessen.

In gebieden die nu vooral agrarisch worden gebruikt geldt dat ook een toekomstige landbouwfunctie goed denkbaar is (zie foto 5.2). De frequentie van overstromen is daarbij vooral bepalend voor de gewaskeuze. Als een overlaat wordt toegepast is overstroming in het groeiseizoen zeer onwaarschijnlijk en is een ruime keuze van gewassen mogelijk (voorzover passend bij bodem en ontwateringstoestand). Als geen overlaat wordt toegepast zal de groene rivier meer het karakter van een uiterwaard krijgen en vaker meestromen. Dan hangt het af van de hoogteligging ten opzichte van de rivierpeilen; bij een hoge ligging is grasland en/of akkerbouw mogelijk, bij lagere ligging alleen grasland en bij heel lage ligging kan aan – voor de meeste agriërs relatief onbekende – alternatieve gewassen worden gedacht. Bij dat laatste kan men denken aan energieteelt, bijvoorbeeld in de vorm

van populier (met een omlooptijd van 15-20 jaar, zoals in de Po-vlakte) of wilg (jaarlijks te maaien om te voorkomen dat de hydraulische ruwheid te hoog oploopt). Dergelijke gewassen kunnen economisch vooral aantrekkelijk zijn als contracten over vaste afzet kunnen worden gesloten met electriciteitscentrales.

Als de landbouwbestemming kan worden gehandhaafd, kan dat het maatschappelijk draagvlak voor rivierversuiming door groene rivieren in de agrarische sector vergroten. De boeren worden immers niet geconfronteerd met volledige onteigening en de dreiging om onder uitbreidingen van stadswijken en/of industrie te worden vermorzeld neemt af.

Nabij steden (Nijmegen, Arnhem) en in zeer laaggelegen gebieden (bijv. bij Haften) waar de huidige functies moeilijk kunnen worden gehandhaafd, is functieverandering vaak juist gewenst. Het gaat vaak om gebieden nabij steden die lijden onder verrommeling. Aanleg van een groene rivier kan dan een 'aanleiding' vormen voor een meer-omvattende herinrichting, waarbij typische standsrand-functies een plaats kunnen krijgen in de groene rivier, en tevens een blauw-groene corridor naast of tussen de stedelijke ontwikkelingen kan worden versterkt.' Daarbij kan men denken aan:

- stadspark;
- zwem- en surfplas;
- overige waterrecreatie (jachthaven, viswateren) (bij veel verhang een 'wildwaterkanobaan')
- manege, golfterrein;
- 'natuur'-camping (alleen zomer)
- e.d.

In dat geval zal de grond meestal volledig worden aangekocht om te worden ingericht voor collectieve doeleinden of door private partijen kunnen worden geëxploiteerd onder strenge voorwaarden (in de geest van de Beleidslijn Ruimte voor de Rivier).

5.1.2 Natuurontwikkelingsmogelijkheden

Een alternatieve inrichtingsvariant zou gericht kunnen zijn op natuurontwikkeling. Dat ligt vooral voor de hand als (1) het huidige grondgebruik door de lage ligging niet kan worden gehandhaafd en (2) de ecologische hoofdstructuur ter plaatse node versterking behoeft. Ten aanzien van dat laatste is interessant dat hydraulische knelpunten in de rivier vaak juist daar liggen waar de ecologische hoofdstructuur – die immers een groot deel van de uiterwaarden omvat – ook aan de smalle kant is. Een *bypass* voor de rivier kan meteen een habitat-corridor vormen voor een groot aantal diersoorten. Groene rivieren dragen aldus bij aan het functioneren van habitatnetwerken, ofwel aan de 'ecologische connectiviteit'. Dat komt de natuur in het rivierengebied als geheel ten goede, terwijl tevens de landschappelijke samenhang wordt versterkt.

Vanzelfsprekend behoeft natuurontwikkeling enig medegebruik niet uit te sluiten. Zo kan allereerst worden gedacht aan kleiwinning (bijv. Haften; zie foto 2.1) en/of aan extensieve recreatie zoals sportvisserij, buitenbad, maar vooral 'natuurbeleving'. Met name de laatste functie heeft zich bijvoorbeeld in het geval van de Millingerwaard bewezen als van meer dan lokaal belang: dit gebied trekt veel belangstellenden van ver uit de omtrek.

Natuurontwikkeling kan het goedkoopst plaatsvinden als zoveel mogelijk van het bestaande reliëf gebruik wordt gemaakt. Vergraving maakt inrichting duur. Het ligt dan ook in de rede vergraving te beperken tot het hoogst noodzakelijke voor de winning van grond voor de dijken of enige commerciële kleiwinning waar een concessie de inrichtingskosten kan drukken.

Met name waar de abiotische natuur grote waarde heeft, hetzij in de vorm van ‘aardkundige waarden’ hetzij omdat het landschap er z’n identiteit aan ontleent (bijv. bij de meander van de Oude IJssel bij Zutphen; zie foto), dient vergraving zoveel mogelijk te worden vermeden. Het natuurlijk reliëf biedt daar vaak voldoende aanknopingspunten voor een meer ‘natuurlijke’ ontwikkeling van riviernatuur, vooral als het reliëf als-vanzelf veel milieugradienten laat ontstaan. In dergelijke situaties dient echter altijd de – immer moeilijke – afweging te worden gemaakt tussen ‘ongestoorde en ongestuurde’ natuurontwikkeling versus behoud van het bestaande cultuurlandschap.



Foto 5.3: De restanten van de Oude IJssel tegenover Zutphen zijn zeer bepalend voor het aanzien van het landschap.

5.2 Kosten

De belangrijkste kostenposten bij aanleg van groene rivieren komen voort uit de civieltechnische werken: de *geleidedijken*, eventuele *inlaatwerken* en *bruggen* om de doorstroming door de groene rivier te garanderen, en tegelijkertijd de bereikbaarheid van eventuele ‘dijkring-eilanden’. Waar tevens *kruisingen* met het rijksverkeerswegennet of het

spoorwegennet noodzakelijk zijn, zijn vaak zeer dure bruggen nodig, ook al kunnen ze laag blijven omdat er geen scheepvaart onderdoor hoeft.

De noodzaak tot bruggen – en niet te vergeten het aantal benodigde bruggen – heeft ook te maken met de wijze van uitvoering van een groene rivier en met name de frequentie waarmee deze zal meestromen. Is dat jaarlijks, dan is een goede maar dure ontsluiting met een of meer bruggen absoluut noodzakelijk. Gaat het om weinig frequente overstroming omdat van een inlaatwerk of zelfs een erodeerbare overlaat ($< 1/500$ jaar) gebruik wordt gemaakt, dan kan slechts bij zeer hoge uitzondering geen gebruik worden gemaakt van wegen op het maaiveld. Een brug is dan economisch niet meer rendabel en zal ook nauwelijks worden gemist. Ook kan het maatschappelijk acceptabel worden geacht dat eens in de vele jaren ($< 1/100$) een snelweg of spoorlijn gedurende enkele dagen niet gebruikt kan worden (zoals onlangs in Frankrijk nog het geval was); er is dan immers sprake van uitzonderlijke omstandigheden.

Bij frequent meestromende groene rivieren met ‘uiterwaardkarakter’ is het nodig in ieder geval alle niet watervaste opstallen aan te kopen en/of aan te passen. Dat is een forse kostenpost. Bij zeer frequent functioneren ligt ook een volledige functiewijziging voor de hand, hetgeen aankoop van de grond betekent. Schadevergoeding voor relatief zeldzame inundatie is daarentegen een relatief kleine kostenpost.

Hiermee zijn de grootste kostenposten benoemd. Een – vanzelfsprekend niet volledig – overzicht is dan:

- Geleidedijken
- Aanpassingen doorgaande infrastructuur (rijkswegen, spoorlijnen): indien nodig
- Overlaat: indien nodig
- Uitlaat: indien nodig
- Bruggen en andere toegangswerken tot de resterende ‘dijkkring’
- Aankoop grond: afhankelijk ‘variant’
- Afbraak gebouwen e.d.: afhankelijk ‘variant’
- Vergraving (meestal niet nodig)
- Eventuele opslag vervuilde grond
- Schadevergoeding voor gederfde inkomsten (meestal gewasschade).

Hieronder wordt het resultaat van de kostenschatting van een aantal groene rivieren weergegeven, zoals die voor de Spankrachtstudie is uitgevoerd. Doel van die kostenschattingen was om te komen tot een vergelijkingsbasis voor alle verschillende vormen van rivierverruimende maatregelen. Daarom is gekozen voor een ‘standaard-aanpak’. Ten aanzien van de absolute kosten bestaat er dus een forse onzekerheid, maar door consequent van dezelfde aannames uit te gaan is in ieder geval een verantwoorde vergelijking mogelijk met andere rivierverruimende maatregelen.

Alvorens de resultaten van de kostenschattingen te presenteren, wordt kort de essentie van die aanpak geschetst (voor details wordt verwezen naar de rapportage in het kader van de Spankrachtstudie).

5.2.1 Uitgangspunten kostenschatting

Er is ervoor gekozen de kosten te bepalen op basis van de uitgaven (*cash flow* benadering). De kosten bestaan dan uit de volgende posten:

- uitgaven voor aankoop van grond en gebouwen en/of eventueel schadeloosstelling;
- uitgaven voor uitvoering van werken (voorbereiding, uitvoering, toezicht, overhead, winst, BTW, e.d.);
- (toekomstige) uitgaven voor exploitatie, onderhoud en beheer.

Investeringskosten zijn berekend voor het *prijspeil van het lopende jaar* (2001). In de praktijk vinden de investeringen gespreid over een aantal jaren (de uitvoeringsperiode) plaats. Dit is bij de kostenberekening ondervangen door te werken met contante waarden en een constant prijspeil.

Voor de kostenschattingen zijn van (bijna) elke groene rivier *twee varianten* beschouwd, hoofdzakelijk om een beeld te krijgen van de 'bandbreedte' waartussen de kosten zouden kunnen liggen. De kostenschattingen zijn dus nadrukkelijk indicatief, en slechts bedoeld voor onderlinge vergelijking met andere rivierverruimende maatregelen (uiterwaardverlaging, dijkverlegging, kribverlaging, etc.) die volgens dezelfde systematiek zijn begroot. De beschouwde varianten zijn:

1. *huidig landgebruik*, waarbij de betreffende gronden (behalve de onder de voetafdruk van de nieuw aan te leggen dijken) *niet* worden aangekocht, géén functieomslag plaatsvindt en schade bij daadwerkelijk gebruik wordt vergoed; en
2. *natuur*, waarbij alle gronden en opstallen worden aangekocht en het gebied wordt ingericht als natuurgebied.

Voor de variant met *huidig landgebruik* is daarbij uitgegaan van een erodeerbare overlaat, die net zo hoog is als de huidige banddijk. Daarvoor zijn geen kosten in rekening gebracht. De overstromingsschade is berekend uitgaande van laagfrequent gebruik (1/500) met toepassing van het Schademodel van RWS-DWW. Dat betekent een lage 'gemiddelde jaarlijkse' schadevergoeding..

Voor de variant met *natuur* is er juist van uitgegaan dat het gebied relatief frequent onder water zal staan en het karakter van een uiterwaard krijgt. Daartoe is tevens verondersteld dat er zowel een inlaat als een uitlaat moeten worden aangelegd, waarvan de kosten dan ook zijn meebegroot. Aldus komt de 'bovengrens' van de kosten in beeld.

5.2.2 Eenheidskostprijzen

Er is gebruik gemaakt van eenheidsprijzen, bijvoorbeeld voor dijken (verschillende hoogten), verkeersbruggen of het verwijderen van grond. In deze eenheidsprijzen zijn veel bijkomende kosten (bijv. voor herinrichting, aankleding, e.d.) verdisconteerd.

Voor de aan te kopen grond is onderscheid gemaakt tussen diverse typen, elk met een eigen grondprijs. En ook voor de aan te kopen opstallen is onderscheid gemaakt naar diverse typen, elk met een specifieke kostenpost voor aankoop en voor sloop. In een aantal gevallen

– namelijk waar tellingen van opstallen beschikbaar waren – is voor de aankoop uitgegaan van een eenheidsprijs voor alle typen opstallen. In een aantal andere gevallen – met name de meer omvangrijke groene rivieren – is uitgegaan van GIS-bestanden en is voor de woonhuizen uitgegaan van de gemiddelde WOZ-waarde volgens bestanden van het CBS. Deze WOZ-waarde is vermenigvuldigd met een factor 3,1 om een realistische schatting van de onteigeningskosten te bekomen.

Tabel 5.2.: Aangenomen aankoopkosten per type grondgebruik

omschrijving	aankoop (f/m ²)
landbouwgrond	12,5
natuurgebied	2,5
open water	1,5
woonbouwgebied	350

Tabel 5.3: Dijkverleggingen: kosten voor aankoop en sloop van verschillende typen opstallen

omschrijving	aankoop (f miljoen)	sloop (kaal) (f duizend)
kleine woning, rijtjeshuis	0,3	20
vrijstaand woonhuis	0,6	35
villa, woonboerderij	1,0	65
bedrijf fruitteelt, glastuinbouw	2,0	90
overig bedrijf	1,5	180

5.2.3 Resultaten

De resultaten van de kostenschattingen uit de Spankrachtstudie zijn hieronder voor een aantal in dit rapport behandelde groene rivieren weergegeven. Daarbij wordt opgemerkt dat er:

- dus geen schattingen zijn voor alle in dit rapport behandelde mogelijke groene rivieren;
- de gegeven waarden slechts een indicatie geven van de kosten;
- ongeveer de bandbreedte weergegeven tussen ‘goedkoop’ bij weinig frequent gebruik en schadevergoeding respectievelijk ‘duur’ met aankoop en inrichting van alle gronden.

Tabel 5.4: Indicatie van kosten ('bandbreedte') van enkele groene rivieren bij handhaving huidig landgebruik (schadevergoeding) en bij aankoop voor natuurontwikkeling (cf. Spankrachtstudie). 'Relatief kleinschalige' boven de streep, grootschalige eronder.

code		totale kosten bij huidig landgebruik (ME)	totale kosten bij natuurontwikkeling (ME)
R1	Rijnstrangen	375	895
W3	Varik	70	342
W4	Zaltbommel	298	757
W5	Haaften	44	338
IJ1	Steenderen	niet bepaald	112
IJ2	Zuthpen	242	700
IJ3	Deventer	niet bepaald	176
IJ3 + IJ4 + IJ5	Deventer - Wapenveld	291	1560
IJ5	Veessen-Wapenveld	83	325
IJ6	Hatter - Zalk	171	671
IJ8 a	Kampen, naar Randmeer	68	252
IJ8 b	Kampen, naar IJsselmeer	95	296
R1 + L	Rijnstrangen + Duivense Broek	733	2105
LvM&W c-d	Land van Maas en Waal	571	3061
TW	Tielerwaard	1022	2772
BW c	Bommelerwaard	549	1114
BW b	Bommelerwaard (naar Maas)	382	779

Uit de tabel komt naar voren dat aankoop en inrichting de kosten met een factor 2 tot ruim 6 doet oplopen ten opzichte van 'handhaving landgebruik'. In geval van handhaving landgebruik zijn de belangrijkste kostenposten de geleidedijken en andere civieltechnische werken. Deze vormen steeds ruim meer dan de helft, tot meer dan 80 % van de kosten. In geval van aankoop zijn de kosten voor grondaankoop en onteigening van opstallen veruit de grootste kostenposten: zo'n 50 - 80%.

5.3 Risico's voor nieuw ontstane dijkringen

Tussen de groene rivier en de hoofdstroom ontstaat een dijkkring-eiland, dat overigens het grootste deel van het jaar niet als eiland herkenbaar is omdat de groene rivier droog ligt. Dit 'eiland' zal vaak de vorm hebben van een zeer kleine dijkkring.

Bij hoogwater is een dergelijke dijkkring omringd door water en over het algemeen moeilijk tot geheel niet bereikbaar. Dat is afhankelijk van hoe groot de overstromingsrisico's van het ingesloten gebied zijn. Misschien is de groene rivier in vrij vlak gebied aangelegd, en niet of nauwelijks ingegraven. Het omliggende terrein zal dan door de geleidedijken van de groene rivier worden beschermd.

6 Verantwoording

6.1 Achtergrond van het onderzoek

Deze rapportage is opgesteld in opdracht van RIZA-WSR te Arnhem. Het is de verslaglegging van een onderzoek dat is uitgevoerd naar aanleiding van RIZA-memo RIJN*20001-02(I).

6.1.1 Inhoudelijke achtergrond

De belangstelling voor groene rivieren en andersoortige *bypasses* neemt bij zowel Rijkswaterstaat als regionale waterbeheerders toe. De ervaringen in Ruimte voor Rijntakken (RvR; onder meer rond de stedelijke knelpunten), in de Integrale Verkenning Benenderivieren (IVB; waar van meet af aan veel groene rivieren zijn voorgesteld) en discussies over toe te voegen maatregelen aan de diverse ‘gereedschapskisten’ in het kader van de Spankrachtstudie gaven aanleiding tot een nadere verkenning van de mogelijkheden en beperkingen van dergelijke maatregelen.

Groene rivieren leken in sommige verkenningen (Nijmegen) een relatief grote waterstandsaling per geïnvesteerde miljoen gulden te hebben; ook vormen groene rivieren soms een uitdaging voor stedenbouwers of planvormers van landelijk gebied/natuurontwikkeling.

Om voor eventuele toekomstige discussies gesteld te staan, was er behoefte aan een overzicht van voors en tegens, van mogelijkheden en beperkingen, van geschikte locaties, van eisen ten aanzien van dimensies, van (mede)gebruiksmogelijkheden, e.d.

6.2 Doelstelling

Doel van de studie was het opstellen van een ‘Achtergronddocument/handreiking Groene rivieren’ voor beheerders/planvormers, zowel binnen als buiten Rijkswaterstaat, met zoveel mogelijk vuistregels en praktische overwegingen.

Dit achtergronddocument diende te worden gebaseerd op een overzicht van ervaringen (uit binnen- en zo mogelijk buitenland) en een samenvatting van relevante onderzoeksbevindingen.

6.2.1 Doelgroep

Het achtergronddocument diende gericht zijn op beheerders van Rijkswaterstaat (regionale directies), provincies en waterschappen in het gebied van de grote rivieren (boven- en beneden-), alsmede de bedijkte Maas.

6.3 Vraagstelling

De opstelling van het achtergronddocument werd geleid door de volgende reeks vragen:

- Wat zijn groene rivieren/ welke rol speelden ze in het verleden/ waar dienen ze voor? Positionering ten opzichte van andere maatregelen. Vergelijking met dijkverlegging, aantakking/verdieping (oude) Maasmeanders, e.d. (voor en nadelen).
- Hoe kunnen ze eruit zien (onderscheid buitendijkse/ binnendijkse): diverse dwarsprofielen (met of zonder maaiveldverlaging/ water) afhankelijk van de situatie.
- Hoe groot moeten ze zijn en wat levert een bepaalde omvang aan waterstandsverlaging (in relatie tot positie e.d.): dimensionering en hydraulische effectiviteit (resultaten verkenningen en universitair onderzoek samenvatten).
- Waar zijn ze toepasbaar/ waar het meest voordelig: locatie van groene rivieren, met onderscheid tussen bedijkt gebied en evt. ook onbedijkt (Zandmaas), tussen boven- en benedenstrooms, etc.
- Welke civiel-technische structuren zijn nodig (o.a. geleidedijken (hoe hoog), uitlaat en inlaat (overlaten)).
- Welke gebruiksmogelijkheden hebben groene rivieren (landbouw, natuur, in afhankelijkheid van inrichtingvarianten)?
- Wat is de eventuele meerwaarde voor natuur (ecologische verbinding?) en landschap (omgevingskwaliteit)?
- Wat zijn globaal de kosten van groene rivieren: wat is de grootste kostenpost, orde van grootte van verschillende kostenposten; hoe verhoudt zich dit tot andere maatregelen?
- Hoe groot zijn de overstromingsrisico's voor 'resterende dijkringen/ eilanden', en zijn die te verkleinen?

6.4 Werkwijze

Het onderzoek bestond uit de volgende stappen, die in 4 samenhangende fasen zijn gegroepeerd:

Fase 1: Generieke aspecten

- Literatuuronderzoek (beperkt), mede in beschouwing nemende recent verschenen studentenrapporten, aangevuld met enkele interviews met deskundigen op het gebied van de waterstaatshistorie.
- Interviews: verkenning van opvattingen en percepties bij afdelingen van het RIZA (WST, IHP en WSR) en de drie rivierdirecties van RWS (DON, Limburg, DZH).
- Beknopte screening van buitenlandse ervaringen (per e-mail en/of telefoon).

Fase 2: Locatiespecifieke aspecten

- Identificatie van veelbelovende locaties voor groene rivieren langs de grote rivieren op basis van de verhanglijn onder maatgevende omstandigheden, (toekomstig) ruimtegebruik, mogelijkheden voor andere rivierverruimende maatregelen, e.d.
- Veldbezoek van enkele locaties (foto's/ kaartanalyse).

Fase 3: Representatieve voorbeeldberekeningen en overstromingsrisico-beschouwing

- Analyse van waterstandseffecten van groene rivieren voor enkele representatieve locaties (boven- versus benedenstrooms, bedijkt versus bekaad/ onbedijkt) in afhankelijkheid van dimensies, het gebruik van een overlaat (in- en/of uitlaat), en vegetatieruwheid. Hiertoe zijn voor enkele locaties WAQUA en/of SOBEK-berekeningen uitgevoerd aansluitend op de Spankrachtstudie.
- Kwalitatieve analyse (bespreking) van de overstromingsrisico's in de ruimte/dijkkring tussen de groene rivier en de hoofdstroom in verschillende representatieve situaties (in overleg met DWW).

Fase 4: Verslaglegging

6.5 Uitvoering

Het onderzoek is uitgevoerd door dr. F. Klijn en ir. Rob Maaten, ondersteund door Rolf van Buren (GIS) en ing. Johan Crebas, ir. Simone van Schijndel en ir. Chris Stolker (hydraulische berekeningen). De kwaliteitsborging berustte bij ir. Jos Dijkman. Van opdrachtgeverszijde is het onderzoek begeleid door ir. Wim Silva.

7 Geraadpleegde literatuur

- Baan, P. & F. Klijn, 1998. *De Rijn op Termijn. Een veerkrachtstrategie*. WL | Delft Hydraulics.
- Driessen, A.M.A.J., 1994. *Watersnood tussen Maas en Waal. Overstromingsrampen in het rivierengebied tussen 1780 en 1810*. Walburg Pers, Zutphen.
- Driessen, A.M.A.J., G.P. van de Ven & H.J. Wasser, 2000. *Gij beken eeuwigvloeiend, water in de Streek van Rijn en IJssel*. Uitgeverij Matrijs, Utrecht.
- Haan, I., 2000. *Bypass Kampen. Een verkennende studie naar de mogelijkheid van aanleg*. Rijksuniversiteit Groningen/ RIZA, Lelystad.
- Haskoning, 1997. *Inventarisatie van inundatiegebieden Rijntakken rond 1890*. Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland,.
- Havinga, R., V. Loeffen & W. van der Slikke, 1991. *Van rechte dijk naar groene rivier. Het overlaatsysteem als milieuvriendelijk alternatief voor dijkverzwaring*. Studentenrapport Centrum voor Milieukunde, Leiden.
- Havinga, R., Loeffen, V., Klijn, F. & W. van der Slikke, 1992. *Overlaten en groene rivieren: geschiedenis of toekomst?* H2O (25) 1992, nr 10, blz. 248-254.
- Ploeger, B., 1992. *Bouwen aan de Rijn. Menselijke ingrepen op de Rijn en zijn takken*. Rijkswaterstaat, Arnhem.
- Van de Ven, G.P. (red.), 1993. *Leefbaar laagland. Geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland*. Uitgeverij Matrijs, Utrecht.
- Klijn, F. & K. Stone, 2000. *Vroegere ruimte voor Rijntakken*. WL-rapport Q..., WL, Delft.
- Knaapen, J.P., Rademakers, J.G.M., 1990. *Rivierdynamiek en vegetatieontwikkeling*. Rapport 82, Staringcentrum.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, 1992, *Nota Landschap, Regeringsbeslissing Visie Landschap*.
- Peters, M. & D. van Rens, 2000. *Wat water overlaat. Historisch geografisch onderzoek van overlaten in Nederland*. Stagerapport, RIZA Lelystad.
- RIZA, Alterra, LEI, 2000. *Weiden van water; een verkenning van de mogelijkheden voor de landbouw in nieuwe strategieën voor het bestrijden van wateroverlast*.
- Staatsbosbeheer & Wereldnatuurfonds, sept 1999. *Natuurlijke veiligheid. Visie op de Rijntakken in het perspectief van stromende berging*.
- Staringcentrum & Grontmij, 1994. *Toekomst voor de natuur in de Gelderse Poort*. Rapport 298.1.
- Van Wetten, C., 1991. *Weerstand tegen het veerkrachtmodel? Een bestuurskundig onderzoek naar de institutionele belemmeringen bij de flexibele beheersing van hoogwaterstanden*. Scriptie Rijksuniversiteit Leiden.
- WL & RIZA, 1999. *Stedelijke knelpunten*. RvR-rapport 99.11, RWS-DON, Arnhem.
- Beekmans, J.R. & C. Schilt (red.), 1997. *Drijvende stuwen voor de landsverdediging. Een geschiedenis van de IJsselinie*. Walburg Pers & Stichting Menno van Coehoorn