

INHOUD

1	Inleiding	3
2	Waterhuishouding IJssel- en Vechtdelta	5
2.1	Wateroverlast en veiligheid	5
2.2	Toekomstige waterhuishouding	5
3	Mogelijke oplossingsrichtingen	8
3.1	Bergen van water	8
3.1.1	Retentie	8
3.2	Afvoeren van water	9
3.2.1	Zomerbedverdieping	9
3.2.2	Uiterwaardverlaging	9
3.2.3	Groene/blauwe rivier	10
3.2.4	Dijkverlegging	10
4	Ruimtelijke aspecten van de voorgestelde oplossingsrichtingen	12
4.1	Ruimtelijke kwaliteit	13
4.2	Oplossingsrichtingen voor storminvloed vanaf het Ketelmeer	14
4.3	Oplossingsrichtingen in verband met verhoogde IJsselafoer	16
4.4	Oplossingsrichtingen in verband met hoge Vechtafoer	23
4.5	Oplossingsrichtingen i.v.m. extreme regenafvoer vanuit Drenthe	27
5	Effect maatregelen langs de IJssel	31
5.1	Verlaging Koppelerwaard	31
5.2	Zomerbedverdieping	32
5.3	Groene rivier Kampen (150 m)	33
5.4	Groene rivier Kampen (500 m)	34
5.5	Dijkverlegging Westenholte (km 981-985)	34
5.6	Dijkverlegging Zwolse weg (km 992-995)	35
5.7	Combinatie van maatregelen	36
6	Enkele aanvullende vragen	39
6.1	Methodiek	39
6.2	Hoge meerpeilen	43
6.3	Schatting effect groene rivier op waterstand randmeren	44
6.3.1	Uitmonding groene rivier op het Drontermeer	44
6.3.2	Uitmonding groene rivier op het Vossemeer	46
6.4	Maalstop op Kadoelermeer en balgstuw Ramspol	46
6.5	Invloed IJsselafoer op waterstanden in Zwarte Meer, Zwarte Water en Vecht	47
6.6	Relatie tussen IJsselmeerpeil en waterstanden op/afvoer over de IJssel	50
7	Kosten	56
7.1	Kostenberekening van maatregelen	56
8	Literatuur	58

1 Inleiding

In het project Waterhuishouding in het Natte Hart (WIN) is voorgesteld omstreeks het jaar 2050 het IJsselmeerpeil te laten stijgen om overtollig water blijvend te kunnen spuien op de Waddenzee. Dijkversterking is daarbij noodzakelijk om de veiligheid rond het IJsselmeer te kunnen waarborgen. Tegelijkertijd worden als gevolg van de verwachte klimaatverandering de piekafvoeren van de IJssel en de Vecht hoger zoals in het project Ruimte voor Rijntakken (RvR) is onderzocht. In de toekomst leidt de combinatie van een hoger IJsselmeerpeil, storm en hogere rivierafvoer mogelijk tot wateroverlast met dan als direct gevolg problemen voor de veiligheid.

Het gebied van de IJssel- en Vechtdelta heeft een complexe waterhuishouding. Het water uit de stroomgebieden van de IJssel en de Vecht, het IJsselmeergebied en een groot deel van Drenthe komt hier samen. In de toekomst wijzigt zowel de waterhuishouding van het IJsselmeergebied als die van de IJssel en Vecht als gevolg van de klimaatverandering.

In het IJsselmeergebied worden we op de lange termijn geconfronteerd met een stijgende zeespiegel als gevolg van klimaatveranderingen. Door deze zeespiegelstijging zal ook het IJsselmeerpeil omhoog gaan. Voor de IJssel wordt verwacht dat de zeespiegelstijging van 60 cm (centrale klimaat scenario) resulteert in een ongeveer 20 cm hogere maatgevende waterstand bij de uitmonding in het Ketelmeer. Daar komt bij dat de IJssel, Vecht en Drentse beken meer water gaan afvoeren door een toename van de neerslag in de winter. Het is op voorhand niet duidelijk hoe deze wijzigingen op elkaar inwerken. Dit was de aanleiding om het project IJssel- en Vechtdelta te starten.

Problemen met wateroverlast doen zich ook in de huidige situatie voor. In 1998 ontstond wateroverlast na extreme regenval in het gebied rond de Vecht, het Meppelerdiep en in de Wieden en Weerribben in Noordwest-Overijssel. Als in de toekomst door de klimaatwijziging de hoeveelheid en/of intensiteit van de neerslag toeneemt, zullen deze problemen vaker voorkomen. Deze klimaatontwikkelingen hebben ook consequenties voor de waterafvoer vanuit Zuidwest-Drenthe en grote delen van Overijssel.

Het probleem waarmee we in het rivierengebied op korte termijn worden geconfronteerd is dat de maatgevende afvoer ten gevolge van de recente hoogwaters hoger zal uitvallen dan waar de berekeningen van dijkhoogten tot nu toe op waren gebaseerd. De maatgevende afvoer voor de Rijn is een rivierafvoer bij Lobith die een kans van 1/1250 per jaar op voorkomen heeft. Populair gezegd: een maatgevende afvoer treedt eens per 1250 jaar op (in de benedenloop van de IJssel eens per 2000 jaar). Deze maatgevende afvoer bepaalt op zijn beurt de maatgevende hoogwaterstanden waar de hoogte van de dijken van wordt afgeleid. Daarbij wordt nog rekening gehouden met factoren als opwaaiing en golfploop, waarvoor een zekere waakhogte wordt aangehouden. In de IJssel- en Vechtdelta speelt verder de factor wind een belangrijke rol.

De probleemverkenning van de IJssel- en Vechtdelta is reeds beschreven in de rapporten "Probleemverkenning IJssel- en Vechtdelta" (Bomas et al. 2001) en "Verkenning klimaateffecten in de Vechtdelta" (Termes en Klopstra, 2001). De gebiedskenmerken van de IJsseldelta en de Vechtdelta zijn hierin ook weergegeven.

Na overleg met belanghebbenden zijn in het najaar 2001 mogelijke oplossingsrichtingen bedacht. Bij de bespreking van de oplossingsrichtingen is een onderscheid gemaakt in:

- veiligheid (overstroming door dijkdoorbraak) en
- wateroverlast (overstroming door extreme neerslag).

De extreme neerslag in 1998 bracht aan het licht dat de watersystemen een eindige capaciteit hebben en de watertoevoer niet meer kunnen verwerken. Zo was in Meppel het beeld te zien van water op straat en kon het op een na grootste gemaal van ons land (Zedemuden) de grote hoeveelheid water niet verpompen.

In de Spankrachtstudie wordt ingegaan op de vraag hoe de veiligheid in het waterhuishoudkundig hoofdsysteem is te handhaven bij stijging van de maatgevende Rijnaflow tot 18.000 m³/s en een

zeespiegelstijging van 60 cm.

Doel van de Spankrachtstudie is het verkrijgen van inzicht in reële maatregelen waarmee het veiligheidsprobleem wordt opgelost en die tegelijkertijd optimaal bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit. Eén van deze maatregelen is de herverdeling van de Rijnafvoer over de Rijntakken op de lange termijn (50-100 jaar). Op dit moment wordt onderzocht in hoeverre de reserveringen voor de lange termijn en de maatregelen voor de korte termijn in één PKB kunnen worden ondergebracht. Afronding van de studie vindt plaats in 2002.

De Spankrachtstudie loopt parallel aan het project IJVD. Door vanuit de samenhangende problematiek van het IJssel- en Vechtgebied naar de afvoermogelijkheden voor de IJssel te kijken, levert de IJVD-verkenning tevens een bouwsteen op voor de Spankrachtstudie.

In dit rapport wordt ingegaan op welke oplossingsrichtingen er mogelijk zijn. In hoofdstuk twee wordt beknopt de huidige en toekomstige waterhuishouding in de IJssel- en Vechtdelta beschreven. In hoofdstuk drie wordt ingegaan op de werking van de diverse typen van oplossingsrichtingen. Voor de voorgestelde oplossingsrichtingen worden de belangrijkste ruimtelijke aspecten beschreven in hoofdstuk vier. In de bouwstenennota van de Spankrachtstudie worden de mogelijkheden en onmogelijkheden van ruimtelijk gebruik voor de verschillende typen maatregelen uitgebreid beschreven (zie Alberts et al. 2001). Verkenning van de mogelijke oplossingsrichtingen in het stroomgebied van de Vecht is beschreven in het rapport "Klimaat effecten in de Vechtdelta; verkenning mogelijke oplossings richtingen" (Termes, 2001). In hoofdstuk vijf wordt ingegaan op het effect van de oplossingsrichtingen langs de IJssel.

In de loop van het project zijn er een aantal vragen gesteld. De beantwoording van deze vragen komt aan de orde in hoofdstuk zes. Tenslotte wordt in hoofdstuk zeven ingegaan op de kosten van de diverse oplossingsrichtingen.

2 Waterhuishouding IJssel- en Vechtdelta

Het plangebied van de IJssel- en Vechtdelta omvat als belangrijke wateren de IJssel, het Ketelmeer, het Zwarte Meer, het Zwarte Water, het Vollenhovermeer, de Overijsselsche Vecht en het Meppelerdiep.

De IJssel is relatief smal en kent nog veel brede uiterwaarden die redelijk intact zijn: de waterstanden worden bij lage afvoeren beïnvloed door de stuw bij Driel. De IJssel mondt uit in het Ketelmeer en IJsselmeer, van waaruit water via spuisluizen in de Afsluitdijk op de Waddenzee wordt geloosd. Het Ketelmeer staat in zuidelijke richting in open verbinding met het Vossemeer, dat vervolgens door de Roggebotsluis wordt gescheiden van het Veluwemeer. Vanuit het Veluwemeer kan het water richting het Ketelmeer worden afgelaten omdat het peil in het Veluwemeer zo'n 5 tot 10 cm hoger is.

Ten oosten van het Ketelmeer ligt het Zwarte Meer. Op de overgang ligt de Ramspolkering, die bij stormsituaties kan worden gesloten. Bij hoge waterstanden op het Zwarte Meer wordt de Kadoeler keersluis gesloten om wateroverlast op het Vollenhovermeer te voorkomen. Het Zwarte Meer staat in open verbinding met het Zwarte Water. In het Zwarte Water monden de Overijsselsche Vecht en het Meppelerdiep uit.

De Overijsselsche Vecht is een gestuwde rivier die snel reageert op neerslag in het stroomgebied. Daarnaast spelen toevoerende waterlopen als de Regge een belangrijke rol in de hoogte van de afvoer op de Vecht.

Aan het eind van het Meppelerdiep, bij de overgang naar het Zwarte Water, ligt het gemaal Zedemuden en een keersluis. Het gemaal wordt ingezet wanneer de waterstand op het Zwarte Water zo hoog is (vanaf NAP +0.50 m) dat geen natuurlijke lozing meer mogelijk is vanuit het Meppelerdiep.

2.1 Wateroverlast en veiligheid

In de IJssel- en Vechtdelta worden de hoogwaterstanden enerzijds bepaald door langdurige grote hoeveelheden neerslag en een hoge afvoer van de IJssel en Vecht en anderzijds door het peil op het IJsselmeer/Ketelmeer in combinatie met storm. In extreme gevallen kunnen beide situaties afzonderlijk leiden tot wateroverlast en problemen met veiligheid. De kans dat beide situaties gelijktijdig optreden is echter uiterst klein.

Bij een maatgevende noordwester storm (windsnelheid 35 m/s) kan de waterstand van de IJssel bij Kampen tot 3 meter oplopen. Bij een dergelijke storm treden er ook problemen op in de Vechtdelta. Bij Ramspol is daarom een balgstuw gebouwd. Het sluitcriterium van de keersluis Ramspol is vastgesteld op NAP +0.50 m. Dit houdt in dat de keersluis Ramspol bij een stijgend IJsselmeerpeil sluit bij een peil dat hoger is dan de NAP +0.50 m. De WIN studie heeft aangetoond dat bij deze aanname in combinatie met een hoger IJsselmeerpeil aanzienlijke dijkversterkingen en/of ruimtelijke oplossingen in vooral de Vechtdelta nodig zijn om het huidige veiligheidsniveau te waarborgen.

Bij een maatgevende IJsselaflow (2300 m³/s) kan het waterpeil bij Kampen stijgen tot NAP +3.0 m. De huidige kade bij Kampen heeft een hoogte van ongeveer NAP +2.2 m en zal dan overstromen. De hoofdwaterring ligt achter de kade en is aangepast voor dergelijke waterstanden.

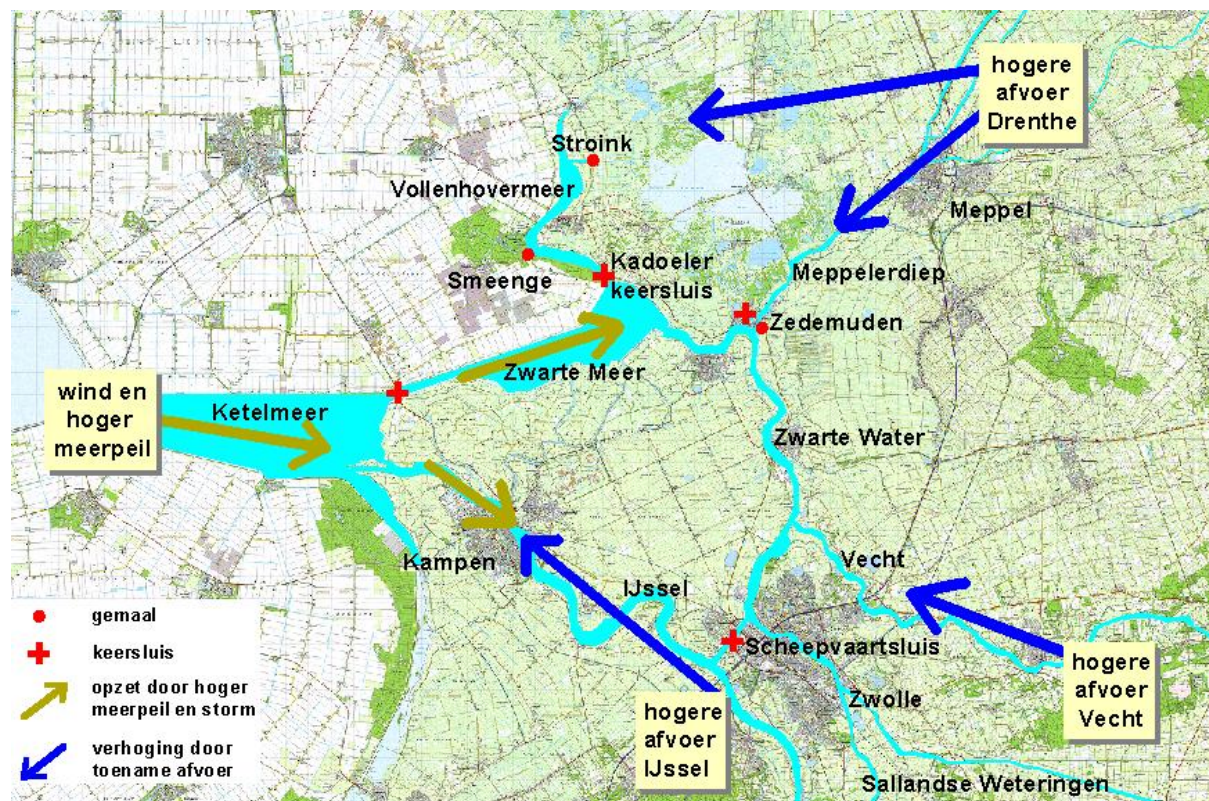
Het jaar 1998 was in Nederland veel natter dan normaal. De hevige neerslag van oktober 1998 stroomde relatief snel af van het Drentse plateau en verzamelde zich in het benedenstroomse waterlopenstelsel. Op een aantal plaatsen ontstond wateroverlast. De waterstand op het Meppelerdiep steeg tot ongeveer NAP +1.0 m, waarbij een deel van de binnenstad van Meppel onder water stond.

2.2 Toekomstige waterhuishouding

In de komende decennia wordt door klimaatverandering een stijging van de temperatuur en de zeespiegel verwacht. Ook andere klimaatvariabelen dan verdamping en neerslag zullen veranderen. Het is nog niet duidelijk hoe het klimaat exact gaat veranderen, met name op regionale schaal. De schattingen van de temperatuur lopen uiteen van 1°C tot 4°C voor 2100; de bijbehorende zeespiegelstijging varieert van 20 tot 110 cm. Het eventuele effect van zeespiegelrijzing wordt nog versterkt doordat Nederland langzaam kantelt, waardoor het westelijk deel daalt. De stijging van de zeespiegel en de bodemdaling betekenen samen een stijging van de relatieve zeespiegel.

In figuur 1 is een schematisch overzicht gegeven van de te verwachten ontwikkelingen/problemen in de waterhuishouding.

Figuur 1 Schematische weergave van de problematiek in de IJssel- en Vechtdelta



Ten gevolge van de klimaatverandering worden voor de Rijn hogere piekafvoeren en een toename van de winterafvoer verwacht. De maatgevende afvoer van de Rijn wordt 18.000 m³/s in 2100. Uitgaande van de huidige verdeling waarbij 15% van de Rijnaflower over de IJssel gestuurd wordt, betekent dit een toename van de IJsselaflower met zo'n 500 m³/s. Als gevolg hiervan zal zowel de waterhuishouding van het IJsselmeergebied als die van de IJssel en de Vecht wijzigen.

In het rapport van de Commissie waterbeheer 21^e eeuw wordt uitgegaan van drie scenario's voor de stijging van de relatieve zeespiegel en toename van de neerslag en rivierafvoeren. Deze scenario's zijn samengevat in tabel 1 (Bomas et al., 2001).

Tabel 1 Scenario's klimaatverandering 2100 (rapport Commissie Waterbeheer 21^e eeuw)

	lage scenario	midden scenario	hoge scenario
temperatuur	+1°C	+2°C	+4°C
zeespiegelstijging in cm	20	60	110
toename winterneerslag in %	6	12	24
maatgevende afvoer Rijn in m ³ /s	16800	17600	18000

Ten aanzien van verwachte ontwikkelingen in de regionale afvoer is aangenomen dat deze toeneemt

overeenkomstig de toename in de hoeveelheid neerslag (met andere woorden als in een zeker klimaatscenario de neerslag met 18% toeneemt dan neemt de regionale afvoer ook met 18% toe).

3 Mogelijke oplossingsrichtingen

3.1 Bergen van water

3.1.1 Retentie

Retentie is het tijdelijk 'parkeren' van water door een laaggelegen gebied tijdelijk te laten vollopen met water. De hoogwaterpiek wordt een 'kopje kleiner gemaakt' (afgetopt) zodat benedenstrooms minder water in een keer hoeft te passeren.

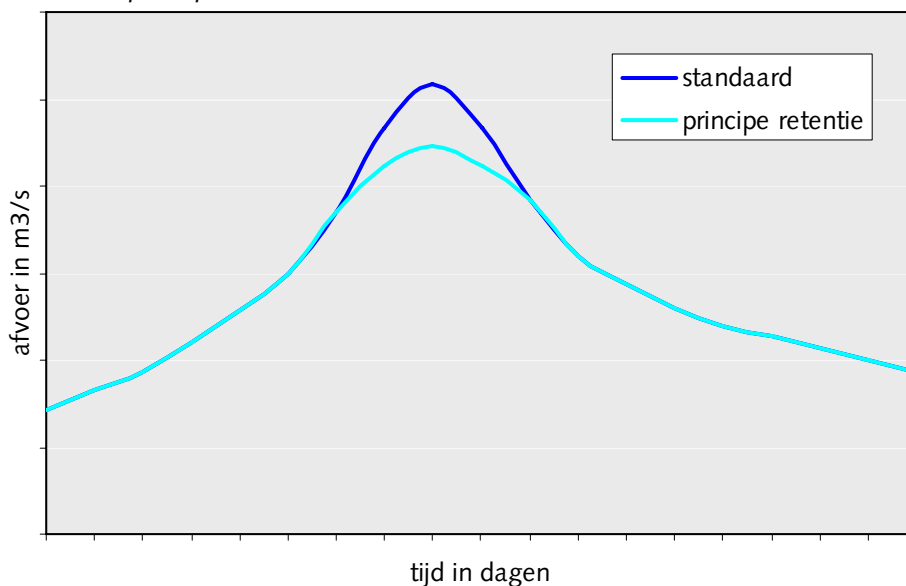
Wat is een retentiegebied?

En retentiegebied is een binnendijs gebied, dat structureel tot het rivierensysteem wordt gerekend en waar tijdelijk water geborgen kan worden in tijd van extreem hoogwater. In het retentiegebied wordt water gecontroleerd ingelaten en vastgehouden. Als het rivierpeil voldoende gedaald is, wordt het water gecontroleerd uitgelaten. Bij een juiste inzet wordt de hoogwaterpiek afgevlakt en dalen de waterstanden op de rivier benedenstrooms van het retentiegebied. Het water stroomt op bepaalde momenten gecontroleerd in en uit de rivier maar niet méé met de rivier. De capaciteit van het retentiebekken wordt bepaald door de (grond)waterstand in het gebied en de hoogwaterstand in de rivier (discussienota Ruimte voor de Rivier, februari 2000). De dimensionering van het inlaatwerk bepaalt, hoe snel het bekken volloopt.

Hoe werkt een retentiegebied?

Een retentiegebied vergroot de bergingscapaciteit van het rivierensysteem bij hoogwater en verlaagt de waterstanden benedenstrooms. Het is dus slim om retentie zoveel mogelijk bovenstrooms in de riviertak te gebruiken. Het volume water dat onttrokken wordt aan de rivier en tijdelijk geborgen wordt in het retentiegebied hoeft immers niet langs het hele riviertraject afgevoerd te worden; de hoogwaterpiek wordt afgetopt (figuur 2). Bovendien werkt het aftoppen van een steile en korte afvoerpiek efficiënter dan bij een langgerekte en flauwe top. Afvoerpieken zijn bovenstrooms steiler en korter, dus dáár werkt retentie goed.

Figuur 2 Het principe van retentie



Wanneer een (extreem) hoge afvoergolf uit Duitsland nadert, wordt op zeker moment het water in de retentiegebieden gelaten via een overlaat of een ander regelbaar kunstwerk. Het totale bergingsvolume van de retentiegebieden moet voldoende zijn om het topje van een afvoergolf af te scheren. Het gaat hier om aanzienlijke oppervlakten. Het inlaatwerk dient ook voldoende groot

gedimensioneerd te zijn en is bepalend voor de snelheid waarmee het water in een retentiegebied gelaten kan worden. Morfologisch gezien vinden de grootste veranderingen plaats ter hoogte van het inlaatwerk.

Een en ander luistert nogal nauw. Het moment van inlaten is cruciaal. Is dit te vroeg dan is het bekken vol voordat de eigenlijke afvoerpiek is gearriveerd. Het retentiegebied kan geen water meer opnemen en de afvoerpiek loopt 'ongehinderd' door. Een zelfde gevaar bestaat er bij een zeer langdurige – als het ware afgeplatte – golf of bij een tweede piek kort achter de eerste, wanneer het retentiegebied nog niet (volledig) is gelegeerd. Ook dan kan het retentiegebied niet meer bijdragen aan een vermindering van de afvoer.

Als de retentiegebieden te laat worden ingezet, is de hoogwaterpiek al gepasseerd. Dit betekent dat de timing van vollopen buitengewoon nauw luistert. In geval van inlaat met een regelwerk betekent dat ook dat we over goede voorspellingen van het afvoerproces moeten kunnen beschikken, hetgeen momenteel voor een periode van 2 dagen vooruit mogelijk is.

Een retentiegebied kun je maar één keer per hoogwater gebruiken en daarin schuilt een zeker risico. Als de hoogwaterpiek(en) voorbij is (zijn), wordt het water uit de omdijkte gebieden gelaten en alsnog vertraagd afgevoerd.

3.2 Afvoeren van water

3.2.1 Zomerbedverdieping

Wat is zomerbedverdieping?

Zomerbedverdieping houdt in dat het zomerbed tot een bepaalde diepte uitgebaggerd wordt, waardoor meer water afgevoerd kan worden, zonder dat de (maatgevende) waterstand stijgt.

Hoe werkt zomerbedverdieping?

In het zomerbed van een rivier ligt de permanent watervoerende hoofdgeul, meestal tussen twee zomerkaden. Deze moet diep genoeg zijn voor de scheepvaart. Door zomerbedverdieping wordt het profiel van de rivier vergroot. En dat gebeurt juist daar waar de stroomsnelheid het hoogst is: in de hoofdgeul.

Zomerbedverdieping heeft vooral zin in het benedenstroomse deel van de riviertrajecten. De bodem van bovenstroomse riviertrajecten komt door erosie op natuurlijke wijze al steeds lager te liggen, terwijl benedenstroomse trajecten juist te maken hebben met aanzanding. Momenteel wordt daar ook geregeld gebaggerd om het zomerbed voldoende diep te houden voor de scheepvaart.

Op de IJssel wordt de 'verlaging' ook opgevuld, maar door de terugschrijdende erosie is de bodemligging langduriger veranderd. Daardoor is op de IJssel ook na 50 jaar de waterstand door de eenmalige zomerbedverdieping nog steeds iets verlaagd.

3.2.2 Uiterwaardverlaging

Wat is uiterwaardverlaging?

Over vrijwel (er mag in ieder geval niet worden gegraven in een zone langs de winterdijk vanwege de stabiliteit van de dijk) de gehele breedte of plaatselijk gericht afgraven en verlagen van de uiterwaarden, zodat meer ruimte ontstaat om water af te voeren (en te bergen), zonder dat de waterstanden omhoog gaan.

Wat gebeurt er bij uiterwaardverlaging?

De uiterwaarden van een rivier maken onderdeel uit van het winterbed. Gedurende een hoog water stromen deze waarden mee als waterafvoer en waterberging. Het water dat bij hoog water de uiterwaard instroomt, heeft tussen de zomerkaden en winterdijk een lagere stroomsnelheid dan in de hoofdstroom. Hierdoor kunnen fijne kleideeltjes neerslaan. Als gevolg van deze geleidelijke opslibbing zijn de uiterwaarden in de loop der jaren steeds hoger komen te liggen. Hiermee heeft de rivier zelf het

doorstroomprofiel van het winterbed verkleind. Door het deels of geheel afgraven van de uiterwaarden neemt de natte doorsnede van dat profiel weer toe.

Het hangt onder meer van de in de toekomst te verwachten vegetatie (feitelijk de hydraulische ruwheid) af, hoever de uiterwaard moet worden afgegraven. Met uiterwaardverlaging zijn matig tot grote waterstandseffecten te bereiken. In RvR is berekend dat bij de meest extreme variant de waterstands verlaging langs de IJssel zo'n 40 tot 60 cm kan bedragen.

3.2.3 Groene/blauwe rivier

Wat is een groene rivier?

Een nieuwe rivierloop buiten het bestaande winterbed, die begrensd is aan weerszijden door een (geleide)dijk en met een bepaalde frequentie deel uitmaakt van het bergende en watervoerende gedeelte van een rivier. Een groot deel van de tijd staat er geen water in de groene rivier en kan daardoor voor andere ruimtelijke functies dan rivierafvoer gebruikt worden. Een groene rivier is boven- en benedenstrooms verbonden met de uiterwaarden door middel van een in- en uitlaatconstructie. De hoogte van deze constructie, of het moment van inzetten van het kunstwerk, bepaalt met welke frequentie en hoeveel water de groene rivier afvoert.

Hoe werkt een groene rivier?

Wanneer er opstuwung en vertraging optreden in de hoogwaterafvoer door toedoen van een vernauwing in het doorstroomprofiel kan het aanleggen van een groene rivier uitkomst bieden. De groene rivier takt van een bestaande rivierloop af en staat door middel van een overlaat (of ander kunstwerk) in verbinding met deze rivier. De hoogte van de eventuele overlaat bepaalt wanneer de groene rivier meestroomt. Als de uiterwaarden van de hoofdstroom zich vullen kan het kritieke moment bereikt worden waarna de overlaat in werking treedt. Bij de overlaat vinden de grootste morfologische veranderingen plaats, als gevolg van de grote stroomsnelheid van het water ter plekke. Het water dat via de groene rivier afgevoerd wordt, stroomt onder vrij verval omdat de omleiding benedenstrooms weer aantakt en afwatert op dezelfde of een andere riviertak (of randmeer). Beide geleidedijken langs de groene rivier zijn dusdanig uitgevoerd dat zij tot de primaire waterkeringen gerekend moeten worden, wat erop neerkomt dat ze een beschermingsniveau van minimaal 1/1250 per jaar hebben.

Het idee van een groene rivier is dat ze normaal droog staan en dus als landbouwgrond of droog natuurgebied kunnen dienen. Alleen in geval van hoog water worden ze als stroom ingezet. Om een groene rivier landschappelijk meer te verankeren kan gekozen worden voor een hogere overstromings frequentie → blauwe rivier. In geval van een blauwe rivier bevat de stroomgeul continu water. Deze hogere frequentie maakt het mogelijk om de ontwikkeling van meerdere functies een kans te bieden (recreatie, landschap en natte natuur). Bij een hogere frequentie kan gedacht worden aan het meestromen van gemiddeld eens per 10 jaar. Hierdoor kan het water onderdeel gaan uitmaken van de ontwikkelingen binnen de regio.

3.2.4 Dijkverlegging

Wat is een dijkverlegging?

Dijkverlegging is het landinwaarts verplaatsen en opnieuw bouwen van de winterdijk. De breedte van het winterbed neemt toe, waardoor het bergend oppervlak en de doorstroomcapaciteit groter worden.

Hoe werkt een dijkverlegging?

Als gevolg van een landinwaartse dijkverlegging neemt het areaal uiterwaard toe. Een uiterwaard heeft een waterbergend vermogen en bevordert de afvoer. De toegenomen breedte van het winterbed en dus een toegenomen natte doorsnede, zorgen voor een minder hoge waterstand bij dezelfde hoeveelheid water. Er kan dus meer water door de rivier afgevoerd worden totdat de waakhogte van de dijken is bereikt.

Het verleggen van een bandijk is vooral effectief bij vernauwingen in het winterbed die opstuwung veroorzaken tot ver bovenstrooms. De gevolgen voor de waterstand werken bij een dijkverlegging relatief ver bovenstrooms door. Bij het verbreden van het winterbed kan het zijn dat zich meer benedenstrooms nieuwe knelpunten voordoen, omdat de nieuw ontstane breedte bepalend wordt

voor de afvoer van de rivier. Dit gegeven is van invloed op de afstand die de dijk landinwaarts gelegd kan worden.

Dijkverleggingen bovenstrooms van een stedelijke vernauwing bieden geen oplossing, omdat als het ware wordt verruimd rond of in een 'stuwmeer', zonder dat de kraan waarmee dit meer gelegeerd wordt opengezet. Maatregelen benedenstrooms van zo'n vernauwing hebben weinig effect op de waterstanden omdat als het ware aan een dichte kraan wordt gezogen. Ook dat helpt niet. Dat betekent dat de stedelijke knelpunten afbreuk doen aan de effectiviteit van die andere maatregelen.

Dijkversterking

Wat is dijkversterking?

Dijkversterking is het hoger maken (en verbreden) van een dijk of door technische ingrepen de dijk versterken om een hogere maatgevende waterstand te kunnen keren.

Hoe werkt dijkversterking?

Een toenemende afvoer bij dezelfde rivierbreedte gaat gepaard met een verhoogde waterstand. Het veilig keren van deze waterhoogten gebeurt door middel van dijken. Om het overstromingsrisico niet te laten toenemen kunnen de dijken hoger gemaakt worden. Door het versterken van de dijken wordt het veiligheidsniveau van de dijkkring afgestemd op de toekomstige (hogere) maatgevende waterstand, het risico van overstrooming zal niet groter worden. In technische zin wordt door ophogen van de dijken de 'bak' van het winterbed groter (de natte doorsnede neemt toe) waardoor een hogere waterstand mogelijk is. De dijken worden bij een versterking echter ook beter berekend op zaken als golfslag, overwaaiing, geometrie en grondstabiliteit.

Een dijk biedt in Nederland een hoog beschermingsniveau. Een overstrooming krijgt een kans van minder dan 1/1250 per jaar om op te treden. Mensen wonen en werken veilig achter de dijk. Achter de dijk wordt duur geïnvesteerd, de potentiële schade bij een overstrooming neemt toe en men zal om een (nog) hoger beschermingsniveau vragen. De vicieuze cirkel kan worden doorbroken door mensen te laten wennen aan situaties waarin gebieden juist een laag beschermingsniveau hebben. Men zal gaan anticiperen op overstroomingen en verwachte overstroomingsschade neemt af.

4 Ruimtelijke aspecten van de voorgestelde oplossingsrichtingen

In algemene zin volgt uit de huidige en te verwachten problematiek, en uit de voorgestelde oplossingsrichtingen, dat in de IJssel- en Vechtdelta in de ruimtelijke planvorming nu al rekening gehouden moet worden met extra opgaven vanuit water. Bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen kan dus niet volstaan worden met een stand-still principe wat betreft het handhaven van de veerkracht van het watersysteem. De ruimtelijke ordening moet anticiperen op de te verwachten veranderingen in de waterhuishouding. Dit zou moeten leiden tot een soort inspanningsverplichting van de betrokken overheden tot een zo maximaal mogelijke bijdrage aan de oplossing van de waterhuishoudkundige knelpunten. Een overeenkomst die dus voor de IJssel- en Vechtdelta verder gaat dan de afspraken volgens de "watertoets". Dit draagt bij aan het verzekeren van de veiligheid, maar helpt ook hoge maatschappelijke schades in de verre toekomst te voorkomen als gevolg van inundatie van gebieden met ongunstig gepositioneerde kwetsbare functies of intensief grondgebruik.

Op termijn zijn er gevolgen voor het ruimtegebruik zoals we dat nu kennen, in de gebieden die een functie gaan vervullen voor de opvang van water als onderdeel van het watersysteem in normale omstandigheden en/of in noodsituaties.

Het benoemen van oplossingsrichtingen kan een impuls geven aan het denken aan en benutten van kansen voor creatieve oplossingen die bijdragen aan de wateropgave en aan een verbetering van de ruimtelijke kwaliteit.

Met de voorgestelde oplossingsrichtingen in dit rapport wil de projectgroep niet nastreven dat in de genoemde gebieden alle ruimtelijke ontwikkelingen onmogelijk worden gemaakt. Echter bij grootschalige ruimtelijk ontwikkelingen c.q. functieveranderingen dient bij een integrale afweging voor het aspect waterhuishouding tevens de mogelijke directe en indirecte effecten voor de verre toekomst te worden betrokken.

Indien bestuurlijk keuzes gemaakt zijn voor bepaalde oplossingsrichtingen dienen deze te worden vastgelegd in streekplan en bestemmingsplannen. Dit kan bijvoorbeeld inhouden een ruimtelijke reservering voor opvang van water, het uitsluiten van bepaalde nieuwe ontwikkelingen of het stellen van randvoorwaarden aan bestaande vormen van grondgebruik. Probleem daarbij is de lange termijn waarover de veranderingen in de waterhuishouding zich zullen voltrekken in relatie tot de normale planperiode in de ruimtelijke ordening, van bijvoorbeeld 10 jaar voor een bestemmingsplan. Een bestuurlijk convenant zoals hiervoor genoemd, zou hiervoor uitkomst kunnen bieden.

Met de korte toelichting op de ruimtelijke effecten van de voorgestelde maatregelen, in combinatie met de berekende effectiviteit vanuit de waterhuishouding, kan een aanbeveling volgen voor een voorlopige voorkeur en haalbaarheid van de oplossingsrichtingen. De wijze waarop de voorkeursmaatregelen (in combinatie met andere functies) kunnen worden uitgevoerd en de daarvoor benodigde ruimte dient nog nader onderzocht te worden. Op basis van die vervolgonderzoeken kunnen bepaalde ruimtelijke reserveringen worden vastgelegd in streekplan en bestemmingsplannen.

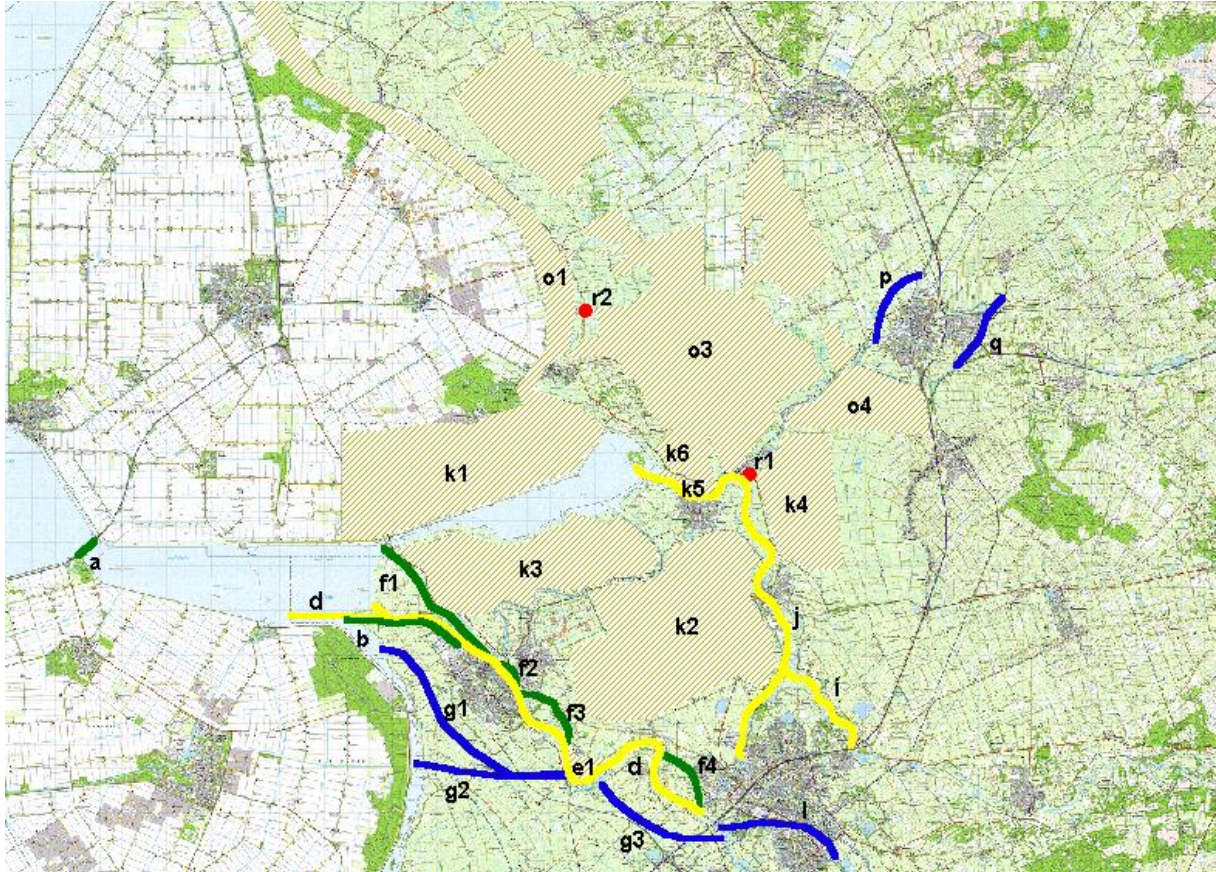
De oplossingen zijn in vier verschillende sets verdeeld al naar gelang de achterliggende problematiek:

1. storm op het Ketelmeer, waarbij opstuwing plaats vindt van de monding van de IJssel tot aan Kampen en tot aan Ramspol (er van uitgaand dat Ramspol dicht blijft gaan bij een peil van NAP +0,50 m). Invloedsgebied dus monding IJssel tot Kampen.
2. een verhoogde IJsselafoer met als invloedsgebied de IJssel vanaf Zwolle tot aan Kampen.
3. een verhoogde Vechtafoer met gevolgen voor Zwarte Water/Zwarte Meer. Gebied dus Vecht/Zwarte Water/Zwarte Meer.
4. overmatige regenwaterafoer uit Drenthe met als invloedsgebied boezem zuidwest Overijssel/ Vollenhovermeer/ Meppelerdiep. In dit gebied treden problemen op door afoer vanuit Drenthe bij overmatige regenval. Deze oplossingen hebben dus alleen effect op de boezem. Hoge waterstanden op het Zwarte Meer leiden tot afoerproblemen uit deze gebieden waarbij

keersluizen gesloten kunnen worden. Oplossingen voor het probleem van de hoge waterstanden op het Zwarte Meer vallen onder set 3.

In figuur 3 staan de mogelijke oplossingsrichtingen weergegeven, zoals deze zijn gepresenteerd op de workshop van 19 september 2001.

Figuur 3 Mogelijke oplossingsrichtingen



4.1 Ruimtelijke kwaliteit

De mogelijke oplossingsrichtingen zullen een verandering van het ruimtegebruik en de inrichting van het gebied betekenen. Welke ruimtelijke consequenties elke oplossingsrichting heeft, hangt voor een belangrijk deel af van de uiteindelijke keuzes en het ontwerp. Het is de uitdaging om de soms ingrijpende maatregelen zodanig in de ruimtelijke context in te passen dat nieuwe mogelijkheden ontstaan voor de verschillende ruimtelijke functies en dat de ruimtelijke kwaliteit ermee wordt verhoogd met behoud van de bestaande waarde. Die ruimtelijke kwaliteit wordt in de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (deel 1) omschreven aan de hand van zeven criteria:

- ruimtelijke diversiteit
- economische en maatschappelijke functionaliteit
- culturele diversiteit
- sociale rechtvaardigheid
- duurzaamheid
- aantrekkelijkheid
- menselijke maat.

Deze criteria - die overigens nog volop ter discussie staan,- kunnen een handvat bieden in het zoeken naar oplossingsrichtingen en het verdere uitwerken van maatregelen tot een passend ontwerp. De wateropgave voor de (verre) toekomst biedt uitgesproken kansen voor de ruimtelijke ontwikkeling van

Nederland. Zo zijn functiecombinaties van bijvoorbeeld wonen, natuur en recreatie mogelijk met nieuwe 'blauw/groene' landschapsstructuren of kan landbouw in nieuwe vormen worden gecombineerd met water, natuur en recreatie door retentiegebieden multifunctioneel in te vullen. In de probleemverkenning IJssel- en Vechtdelta (Bomas et al., 2001) wordt in hoofdstuk 4 een globaal overzicht gegeven van de ruimtelijke kansen die de wateropgave biedt voor vier groepen van ruimtelijke functies:

- wonen, werken en vervoer
- recreatie
- landschap, natuur en cultuurhistorie
- landbouw

Deze vier groepen van ruimtelijke functies zijn in de onderstaande beschrijving van de oplossingsrichtingen gebruikt om de belangrijkste ruimtelijke aspecten te beschrijven. In de bouwstenennota van de spankrachtstudie worden de mogelijkheden en onmogelijkheden van ruimtelijk gebruik voor de verschillende typen maatregelen uitgebreid beschreven (zie Alberts et al. 2001)

4.2 Oplossingsrichtingen voor storminvloed vanaf het Ketelmeer

a. Kering zoals Ramspol bij Ketelbrug

Deze kering ter plaatse van de Ketelbrug tussen de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland moet hoge waterstanden op het Ketelmeer voorkomen als gevolg van opstuwing door noordwesterstorm vanuit het IJsselmeer.



Ketelmeer met op de achtergrond de Ketelbrug

Een waterkering op deze plek zal met name effect hebben op scheepvaart en recreatie. Beroepsvaart en recreatietoerisme zal hinder ondervinden van periodieke sluiting van de kering. Achter een gesloten kering zal het Ketelmeer fungeren als kombergingsgebied voor de IJssel(- en Vecht)aanvoer. Vanwege de beperkte bergingscapaciteit van het Ketelmeer ten opzichte van de IJsselaanvoer, is de maatregel niet bijster effectief. De berging kan worden vergroot door eventueel ook de randmeren te betrekken. Voor een goed functioneren van de kering dient over voldoende bergingscapaciteit te kunnen worden beschikt. Dit kan alleen bereikt worden door grote oppervlakten binnendijs gebied daarvoor in te zetten, wat gevolgen heeft voor het huidige (voornamelijk landbouwkundige) grondgebruik.

Stormklimaat en kering Ketelbrug

Voor de studie naar de bepaling van potentiële noodoverloopgebieden zijn een aantal sommen gemaakt:

1. de huidige situatie (nagerekend met een aangepast model waarin ook kering Ketelbrug is opgenomen)

2. de invloed van 10% zwaardere storm, ruimende wind 30 graden en verlenging stormtop van 2 naar 4 uur (voor- en achterflank is en blijft 9 uur). De storm neemt toe van ca. 125 km/uur naar 140 km/uur
3. effect van een kering Ketelbrug:
 - extra zware storm als in punt 2 gecombineerd met de zware afvoeromstandigheden van hoogwater oktober/november 1998: IJsselafvoer 1600 m³/s en meerpeil NAP +0.5 m;
 - kering sluit indien stroming oostwaarts naar Ketelmeer en verval groter dan 5 cm wordt. Binnen één uur sluiten. Kering opent wanneer westwaarts verval groter is dan 5 cm. De oostwaartse stroming houdt 3.25 uur aan (inclusief sluitproces) en de kering is daarna 10 uur volledig gesloten.

Op basis van deze sommen kan het volgende worden geconcludeerd:

- verandering van stormklimaat heeft grote gevolgen voor de waterstand op de BenedenIJssel: toename circa 0.9 m (Stadsfront Kampen van NAP +3.03 m naar NAP +3.95 m).
- deze gevolgen zijn dermate groot dat deze niet bestreden kunnen worden door een bypass rond Kampen. Een bypass net bovenstrooms van Kampen heeft dan geen enkel effect meer. Het is dan ook mogelijk om zonder bypass meer water via de IJssel te sturen zonder dat de situatie in Kampen daardoor verslechtert t.o.v. de zwaardere storm.
- een kering Ketelbrug compenseert voor Kampen Stadsfront de verandering van stormklimaat bijna geheel (van NAP +3.95 m naar +3.14 m; huidige stand was +3.03 m in som 1). Een bypass rond Kampen heeft dan weer zin om extra water via de IJssel te sturen.
- de MHW IJsselmond daalt door kering Ketelbrug van NAP +2.98 m (huidige situatie) naar NAP +2.17 m (onder de kadehoogte buitenpolders Kampereiland!) ondanks de zwaardere storm.
- nader onderzoek naar een kering Ketelbrug lijkt zinvol om toekomstige schadelijke ontwikkelingen op te vangen.

b. Dijkverhoging IJsselmonding-Kampen

Het betreft hier een dijkverhoging ten noorden van Kampen op de linkeroever van de IJssel. Dijkverhoging betekent in de meeste gevallen ook een dijkverbreding. Dijkverhoging aan de linkeroever van de IJssel ten noorden van Kampen kan een relatief eenvoudige ingreep zijn. Er zijn relatief weinig huizen of gebouwen op dit dijkvak. Alleen nabij kilometerraai 1002-1003 staan de huizen vrij dicht langs de dijk. Het effect is met name landschappelijk. De hogere en zwaardere dijk valt meer op in het landschap.



Het Keteldiep ter hoogte van km 1003

Van de genoemde huizen is er één inmiddels afgebroken ter voorbereiding van het natuurbouwproject Ketelpolder. De andere twee woningen staan nu al buitendijks (t.o.v. de winterdijk van de IJssel). Dijkverhoging garandeert de veiligheid, waardoor het gebied ten noordoosten van de stad Kampen niet bij voorbaat is uitgesloten voor stadsuitbreidingen voor wonen en werken.

4.3 Oplossingsrichtingen in verband met verhoogde IJsselafvoer

c. Retentie polder Mastenbroek

Bij retentie wordt tijdelijk water geparkeerd door een laaggelegen gebied (in dit geval de polder Mastenbroek) vol te laten lopen. De hoogwaterpiek wordt afgetopt zodat benedenstrooms minder water passeert. Probleem is het moment te bepalen van de hoogste hoogwaterpiek wanneer de inzet plaats moet vinden. Bovendien eenmaal vol is een volgende hoogwaterpiek niet ook nog eens te bergen. Dijken om het gebied af te schermen en een pomp om het gebied na gebruik leeg te pompen zijn noodzakelijk. De polder Mastenbroek ligt ten oosten van de IJssel ter hoogte van IJsselmuiden. Kan ook gebruikt worden als retentiegebied voor het Zwarte Water.

De polder ten oosten van IJsselmuiden is uit fysiek oogpunt geschikt voor retentie; de polder is uitgestrekt en is voldoende diep gelegen. De waterdiepte kan meer dan een meter bedragen. Dit betekent dat bestaande huizen moeten worden aangepast. Ze kunnen opgehoogd worden wanneer ze nog niet op terpen staan, of omdijkt worden. Rondom het retentiegebied wordt een dijk aangelegd met een vergelijkbare kruinhoogte als de bestaande IJsseldijk. Een inlaatwerk (bijvoorbeeld nabij kilometerraai 992) zal de instroom verzorgen. Via een uitlaatwerk (dat afwatert op bijvoorbeeld de IJssel, de Goot of Veneriete) kan het water weer worden afgelaten.



Mastenbroek

Belangrijke knelpunten bij de aanleg van een retentiegebied in de Mastenbroekpolder zijn de vele boerderijen waarvan slechts de oude op terpen staan. Verder breidt Zwolle met de Haverlanden uit in noordwestelijke richting de polder in. De spoorlijn Kampen-Zwolle en de N50 en N331 vormen obstakels. Daarnaast ligt ten noordoosten van IJsselmuiden de glastuinbouwlocatie de Koekoek, in het diepste deel van het gebied. Met name de Kamperzeedijk heeft een grote landschappelijke waarde wat de aanleg van een retentiedijk kan bemoeilijken.

De kansen die een retentiegebied oplevert, zijn mogelijke verbeteringen van de infrastructuur waterhuishouding ten behoeve van wonen, werken en vervoer en de landbouw, meeliftend met de ontwikkeling tot retentiegebied. Uit cultuurhistorisch oogpunt kan met een retentiefunctie de huidige hooggewaardeerde openheid worden bewaard, omdat bouwactiviteiten worden beperkt. In de polder kan natuur worden ontwikkeld en als er wordt gekozen voor een meer frequente inundatie, dan ontstaan ook kansen voor riviergebonden natuur.

Enige nuance ten aanzien van de inundatiediepte met een daarbij horende dijkhoogte is wel op z'n plaats. In zijn algemeenheid dient een afweging te worden gemaakt over de inundatiediepte, -frequentie en -duur en de daaruit volgende optimale combinatiemogelijkheden met het huidige of

voorgenomen hoofdgebruik van een retentiegebied. Het streven naar een zo maximaal mogelijke bergingscapaciteit moet niet leiden tot overcapaciteit en onevenredige beperkingen in het ruimtegebruik. Bij een grote inundatiediepte kan het ruimtebeslag wellicht beperkt blijven tot een deel van de polder, maar zullen de gevolgen binnen zo'n gebied ingrijpender zijn. In elk geval zullen er kades aangelegd worden om woonwijken, bedrijventerreinen en het glastuinbouwgebied te vrijwaren van inundatie. Ontwikkelingen binnen het toekomstige retentiegebied zullen moeten voldoen aan randvoorwaarden vanuit de waterhuishouding. Grootschalige ruimtelijke ontwikkelingen die de inrichting van een retentiegebied onmogelijk maken zijn dan niet meer toegestaan.

Overigens is de inzet van het gebied voor calamiteitenopvang (noodoverloopgebied) van een andere orde als voor retentie. Net zoals dijkversterkingen, groene rivieren en uiterwaardverlagingen zijn retentiegebieden onderdeel van de structurele beschermingsmaatregelen die nodig zijn om aan de wettelijke veiligheidsnorm te voldoen. Een noodoverloopgebied wordt pas ingezet als de afvoer zo groot is dat deze structurele maatregelen niet toereikend zijn en de retentiegebieden al vol zijn. De kans dat een retentiegebied moet worden ingezet is dus groter dan de kans dat een noodoverloopgebied moet worden ingezet. Zoals in het bovenstaande al is aangegeven ontstaan hierdoor wel weer andere kansen.

Zwolle breidt uit met Stadshagen II (niet Haverlanden). Ook Hasselt, Zwartsluis en IJsselmuiden breiden in de toekomst uit in het gebied van de Mastenbroekerpolder. De samenwerking tussen Zwolle en Kampen kan ook leiden tot meer ruimtebeslag in de polder voor stedelijke functies.

Deze maatregel is niet met een model doorgerekend. In de spankrachtstudie is wel het retentiegebied Wapenveldse Broek bij Hattem (km 968) doorgerekend. Bij een berging van zo'n 27 miljoen m³ water is het resultaat dat de maximale MHW-verlaging 13 cm bedraagt. Op basis van deze berekening is aangenomen dat polder Mastenbroek een MHW-verlaging tot stand kan brengen van zo'n 10 tot 20 cm.

d. Zomerbedverdieping

Verdieping van het zomerbed betekent uitbaggeren van de hoofdgeul tot een bepaalde diepte, waardoor meer water afgevoerd kan worden. Dit verlaagt de waterstand, echter ook in de zomer wat niet gewenst kan zijn in verband met verdroging. Ook kan dit voor kwelproblemen in het omringende gebied zorgen. Mogelijk is steeds onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk. Een groot deel van het zomerbed noordwaarts van Kampen gaat al verdiept worden.



*Ondergelopen uiterwaard
langs de IJssel ter hoogte
van Spoolder Enk*

Zomerbedverdieping leidt nauwelijks tot ruimtelijke gevolgen. De waterstand zal ook 's zomers iets lager zijn, maar dit is weinig bepalend voor het landschapsbeeld. Zomerbedverdieping moet periodiek herhaald worden. Het is hiermee een vrij duurzame bron van delfstoffen. Het onderwaterleven kan door deze maatregel worden verstoord. Mogelijk kan een indirect hydrologisch effect binnendijs optreden.

Een lagere zomerwaterstand kan beperkingen opleveren voor de beroepsscheepvaart. Effecten op natuurwaarden en landschapselementen zijn niet uit te sluiten. Een deel van de delfstoffen is verontreinigd en kent beperkte gebruiksmogelijkheden, of legt beslag op stortcapaciteit.

e. Uiterwaardvergraving in het gehele studiegebied

Uiterwaardvergraving is het over de volle breedte of lokaal en gericht verlagen van de uiterwaarden. Vaak ontstaan hierbij geulen die de doorstroming van hoogwater goed geleiden. Mogelijk echter is de af te graven grond vervuild.

De uiterwaarden van de IJssel zijn vrij hoog opgeslibt. Uiterwaardvergraving kan langs delen van de IJssel daarom effectief zijn. Omdat de uiterwaarden in het studiegebied nogal smal zijn, liggen er hier echter weinig mogelijkheden. Het is voor het landschap een ingrijpende maatregel. Het landschapsbeeld verandert door de aanleg van geulen en waterpartijen. Er ontstaan mogelijkheden voor recreatie en natuurontwikkeling en voor delfstoffenwinning. Wel moet rekening worden gehouden met mogelijk verontreinigde grond langs de rivieren.

e1. Uiterwaardverlaging Koppelerwaard

De Koppelerwaard ligt ten zuiden van Kampen en ten oosten van de IJssel (ter hoogte van kilometerraai 990). Deze waard is vrij omvangrijk. Voor het dorp Wilsum ontstaan er kansen om recreatie- en natuurwaarden te vergroten.



Koppelerwaard bij Wilsum

Voor de landbouw resten buitendijks weinig gebruiksmogelijkheden. Ook aardkundige en cultuurhistorische waarden gaan door vergraving voorgoed verloren. Het karakter van de natuurwaarden verandert en daarmee ook de belevingswaarde van het buitendijks gebied. Met name is dit het geval als het beheer en de inrichting is gericht op het “tegengaan” van opgaande beplantingen.

f. Dijkverleggingen

Een dijkverlegging is het landinwaarts verplaatsen van de winterdijk om de uiterwaard te verbreden. Hiermee neemt de doorstroomcapaciteit toe.

f1. Dijkverlegging Noorddiep

Door de dijk grootschalig terug te leggen tussen Ramspol en IJsselmuiden is er meer ruimte in de IJsselmond en wordt de IJssel verkort. Hierdoor dalen de waterstanden van de IJsselmonding tot bij Kampen. Echter het opwaaiings effect vanuit het Ketelmeer wordt vermeerderd.

Door de dijk te verleggen wordt een deel van het Kampereiland betrokken bij de IJssel. De meeste woningen liggen hier reeds op terpen, een aantal zal moeten worden aangepast. Verder bestaat het gebied uit vrij hoog gelegen grasland met landbouwkundig gebruik, zodat functieverandering niet

persé noodzakelijk is. De bereikbaarheid van de woningen moet in ogenschouw worden genomen. Op dit moment wordt de afvoerfunctie gefrustreerd door de aanleg van de N50 met een hoog grondlichaam en brug.

Door de dijkverlegging kan het Noorddiep, een oude IJsselarm, weer worden betrokken bij de IJssel en weer een afvoerfunctie krijgen. Er ontstaan goede kansen voor een verdere natuurontwikkeling van de IJsseldelta en uit cultuurhistorisch oogpunt past waterberging bij het karakter van het Kampereiland (terpen, historie).



*Het Raas op het
Kampereiland*

Dit gebied is in het Waterhuishoudingsplan 2000+ van de provincie Overijssel al aangewezen als wateropvanggebied, in relatie tot de keersluis Ramspol.

In de spankrachtstudie is het effect van deze maatregel doorgerekend. Het resultaat is een maximale MHW-verlaging van 26 cm.

f2. Dijkverlegging IJsselmuiden

Op het punt waar in Kampen de rivier op z'n smalst is, bij de Nieuwe Stadsbrug, kan een dijkverlegging worden overwogen. Het is een verlegging in de bebouwde kom van IJsselmuiden. De maatregel komt in zicht wanneer de functie van het huidige station verdwijnt door aanleg van de Hanzelijn en de N50 naar het westen van Kampen verlegd is (de doorgaande weg door IJsselmuiden kan ontlast worden door verlegging van de N50 naar het zuidwesten van Kampen). De maatregel vraagt een grondige aanpassing van het stadsgebied en er zullen enige tientallen gebouwen moeten wijken. Dit maakt het wel mogelijk om het stadsfront van IJsselmuiden te verbeteren.



IJssel bij Kampen

Door het huidige relatief intensieve grondgebruik, de potenties van dit gebied en de aanwezige infrastructuur is dit een relatief dure oplossing. Een ruimtelijke reservering werkt in eerste instantie verpaupering in de hand, maar biedt uiteraard ook kansen voor stadsverbetering en ruimtelijke kwaliteitswinst.

In de spankrachtstudie is het effect van deze maatregel doorgerekend. Het resultaat is een maximale MHW-verlaging van 4 cm.

f3. Dijkverlegging Zwolse Weg

Direct ten zuiden van IJsselmuiden, waar de N50 de IJssel overspant, kan de dijk worden teruggelegd tot aan de Zwolse weg. Enkele huizen en boerderijen komen buitendijks te liggen en zullen moeten worden aangepast. De N50 zal op pijlers moeten worden gelegd. Het grondgebruik zal moeten voldoen aan de randvoorwaarden die de rivierbeheerder oplegt.

Dit heeft consequenties voor de landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van het gebied, maar biedt tevens kansen voor natuurontwikkeling en recreatie.

f4. Dijkverlegging Westenholte

De dijk ten noorden van Zwolle kan worden verlegd richting de Polder Benoorden de Willemsvaart. Globaal geldt hetzelfde als bij de Zwolse Weg.



Vreugderijkerwaard met links de te verleggen dijk

g1. Groene Rivier Kampen-Vossemeer

Een groene rivier is een soort nieuwe uiterwaard tussen twee dijken die het water rondom een knelpunt leidt of afleidt naar een andere rivier (of meer). Een groene rivier wordt vaak of minder vaak gebruikt als extra riviertak. Het nevengebruik van een groene rivier (bv landbouw, natuur) hangt af van deze frequentie (bv 1 maal per jaar).

De aanleg van een groene rivier naar het Vossemeer zal ongeveer een lengte van 9 kilometer krijgen. De breedte is afhankelijk van de benodigde capaciteit, maar zal tussen de 150 en 500 meter bedragen. Hierbij moeten de gezamenlijke breedtes van de dijklichamen nog worden opgeteld. Het gaat daarbij om minimaal 55 meter. De dijken krijgen een hoogte van 3 à 4 m boven maaiveld. De aansluiting van de groene rivier op de IJssel zal globaal liggen bij kilometerraai 990. Vervolgens zal een keer de N50, een keer de weg Kampen-Dronten en twee keer de Hanzelijn moeten worden gekruist. De keuze voor deze oplossing vraagt om aanpassingen van de grote infrastructurele werken die in aanleg zijn of nog in voorbereiding zijn. Het aantal woningen in het gebied is vrij laag en zal weinig problemen opleveren.

Een groene rivier biedt veel kansen voor de ruimtelijke ontwikkeling van een gebied. Dit is met name afhankelijk van de frequentie waarmee de groene rivier meestroomt met de rivier. Voor een goed functionerend overstromingsbestendig ecosysteem is tenminste een overstromingsfrequentie van eens per 3-5 jaar nodig. Bij een dergelijke frequentie kan de groene rivier een 'blauwe' inrichting krijgen. Het is dan mogelijk om binnen de zone van de groene rivier die nodig is voor hoogwater, een permanent meestromende nevengeul te ontwikkelen. Hier gaat dan als het ware een lekstroompje doorheen. Bij een blauwe inrichting komen ook recreatieve mogelijkheden in beeld, zoals een toervaartverbinding, hengelsport, zeilen, gebruik van de nieuwe dijk, wandelen en andere vormen van natuurgerichte recreatie.



De IJssel ter hoogte van km 990 met op voorgrond Koeluchtergat en zicht op Wilsum

Wordt gekozen voor een meer groene variant, met een lage overstromingsfrequentie dan blijven er mogelijkheden voor de landbouw.

Zowel bij een blauwe als een groene inrichting zijn de mate van bosopslag en bebouwing aan de randvoorwaarden gebonden die de rivierbeheerder stelt.

Een blauwe inrichting geeft mogelijkheden voor het integreren van woonfuncties in een landschappelijk aantrekkelijk gebied. De bij de aanleg van de rivier vrijkomende grondspecie kan wellicht nuttig toegepast worden bij de inrichting van de woongebieden.

g2. Groene rivier Kampen-Drontermeer

Deze groene rivier heeft een lengte van ongeveer 6 kilometer. Het tracé kruist tenminste één maal de Hanzelijn (mogelijk twee maal) en een maal de N50. Het water komt in het Drontermeer terecht. Dit leidt tot een waterkwaliteitsvraagstuk omdat de kwaliteit van randmeer en IJssel verschillen. Dit kan gevolgen hebben voor natuurwaarden en zwemwaterkwaliteit. Daarnaast zullen, afhankelijk van de hoeveelheid water dat op het randmeer wordt gebracht, de kades rondom het Drontermeer verhoogd moeten worden.

Deze groene rivier lijkt gemakkelijker in te passen in het bestaande landschap. Voor het overige gelden de genoemde zaken bij de variant naar het Vossemeer.

g3. Groene rivier / dijkverlegging Hattem-Zalk

Het gebied aan de linkeroever van de IJssel tussen Hattem en Zalk kent relatief weinig bebouwing. Vandaar dat binnen de Spankachtstudie hier een combinatie van dijkverlegging met een groene rivier als mogelijke oplossing is meegenomen in de set van mogelijke maatregelen.

Deze groene rivier heeft een lengte van ongeveer 9 kilometer. De aansluiting van de groene rivier op de IJssel zal globaal liggen bij kilometerraai 980 (even ten noorden van Hattem) en takt weer aan op de IJssel bij km 988/989 (even ten oosten van De Zande).

Aan weerszijden van de groene rivier zijn dijken gedacht. Aan de zuidkant grenst de dijk aan de N30 (weg Kampen-Zwolle) en aan de noordkant loopt de dijk ten zuiden van Zalk. Dit houdt tevens in dat Zalk omgeven is door een dijkring.

Het tracé kruist één maal de spoorlijn Zwolle-Amersfoort en een maal de A28. Het aantal woningen in het gebied is vrij laag en zal weinig problemen opleveren. De groene rivier lijkt eveneens gemakkelijk in te passen in het bestaande landschap.



*De Welle tijdens
hoogwater*

In de spankrachtstudie is het effect van deze maatregel doorerekend. Het resultaat is een maximale MHW-verlaging van 74 cm.

h. Dijkversterkingen in het gehele gebied

Kennis over de manier waarop dijken worden versterkt is in de loop der tijd toegenomen. Mede als gevolg van maatschappelijke onrust die bij grootschalige dijkversterkingrondes ontstond, zijn verbeteringen aangebracht in de wijze van dijkontwerp. Tegenwoordig wordt veel meer dan vroeger rekening gehouden met bebouwing, cultuurhistorische, landschappelijke en natuurwaarden. Desondanks zijn dijkversterkingen lokaal ingrijpende maatregelen. Bovendien nemen met steeds hogere dijken ook de overstromingsrisico's voor het achterliggende gebied toe. In het beleid van Ruimte voor de Rivier wordt dijkverhoging daarom als sluitstuk beschouwd.



*Ondergelopen
uiterwaarden bij Zalk*

Bij een afweging van de ruimtelijke en maatschappelijke consequenties van de verschillende oplossingen scoort dijkverhoging redelijk gunstig, zeker als het slechts versterking van de zwakke schakels betreft (als die er nog zijn). Bij een combinatie van maatregelen kan dijkverhoging een beperking van de benodigde oppervlakte voor wateropvanggebieden betekenen.

4.4 Oplossingsrichtingen in verband met hoge Vechtafvoer

De oplossingsrichtingen in het stroomgebied van de Overijsselse Vecht zijn middels modelberekeningen gekwantificeerd door HKV LJN IN WATER. De resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in het rapport "Klimaat effecten in de Vechtdelta; verkenning mogelijke oplossingsrichtingen".



Gennerdijk

i. Verruiming winterbed Vecht

Door verlegging van de dijken en aanpassingen in het winterbed, kan de Vechtafvoer beter verwerkt worden. Er kunnen koppelingen worden gemaakt met natuur en recreatiefuncties.

Deze oplossing heeft bij een maatgevende afvoer alleen effect voor de Vecht zelf: gaat stuwing tegen door het vergroten van de capaciteit. Op de Vecht tot aan de Reggemonde treedt een waterstandsverlaging op van maximaal 20 cm. Op het Zwarte Water verandert er niets (Termes, 2001).

De knelpunten bij de bruggen zijn lastiger oplosbaar en blijven een probleem. De beperkingen in gebruik en bouw mogelijkheden van buitendijks gelegen gronden gaan voor een groter gebied gelden.

j. Uitdiepen Zwarte Water

Door verruiming van het profiel worden de waterstanden bij Zwolle en de Vechtmond verlaagd. Ook hier geldt dat wanneer het zomerbed wordt verdiept, de capaciteit toeneemt. Er zijn weinig ruimtelijke effecten. Het onderwaterleven kan worden verstoord.

Het uitdiepen van het Zwarte Water vanaf de Vechtmond tot aan het Zwarte Meer met 2 m heeft een waterstands daling tot gevolg op het Zwarte Water van zo'n 50 cm. Op de Vecht neemt het effect van de Vechtmond geleidelijk af en bij Dalfsen is er nog een waterstandsverlaging van zo'n 10 cm (Termes, 2001)

Omdat de invloed van deze maatregel op het waterpeil in droge perioden gering is zijn er geen gevolgen voor grondwaterstanden in de omgeving te verwachten. Voor het behoud van de stabiliteit van de oevers van een dieper Zwarte Water is het wellicht nodig plaatselijk een harde oeververdediging toe te passen. Het uitdiepen zal regelmatig herhaald moeten worden, waarbij nuttig toe te passen

grondspectie vrijkomt. Deels zal sprake zijn van verontreinigde specie die ergens geborgen of verwerkt moet worden.



Zwarte Water bij Zwartsluis

k1. Retentie zuidelijk deel Noordoostpolder

Dit deel van de polder grenst aan het Zwarte Meer. Het zou kunnen worden gebruikt als retentiegebied voor het Zwarte Meer bij een gesloten Ramspolkering en hoge Vechtafvoer. Het gebied wordt gekenmerkt door de openheid en relatief weinig bebouwing. Bij gebruik als kombergingsgebied moet er een nieuwe dijk worden aangelegd om de rest van de polder te vrijwaren van wateroverlast. Er is een inlaatwerk en een uitlaatwerk (gemaal) nodig. De huidige landbouwfunctie kan blijven bestaan bij een laagfrequent gebruik. Wordt er vaker water in de polder gelaten, dan liggen vormen van natuurontwikkeling, wonen aan water of recreatie meer voor de hand.

De inzet van het zuidelijk gedeelte van de Noordoostpolder als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Zwarte Water en het Zwarte Meer tot gevolg. Afhankelijk van de drempelhoogte van de overlaat bedraagt de waterstandsverlaging op het Zwarte Meer zo'n 5 tot 10 cm (Termes, 2001).

k2. Retentie polder Mastenbroek

Ook de Vecht kan gebruik maken van de polder Mastenbroek als retentiemogelijkheid. Plaatsen als Hasselt en Genemuiden kunnen hier profijt van hebben. De benodigde capaciteit en de waterstanden zullen kleiner zijn dan bij IJsselretentie. Voor het overige geldt een gelijksoortige ruimtelijke problematiek, zoals reeds is beschreven bij de IJssel.

Gezien de beperkte capaciteit die nodig is voor retentie, ligt een combinatie van deze functie met een toekomstige industriezandwinning voor de hand. In het geldende streekplan is de ruimte voor een zandwinzone reeds gereserveerd. De bij de aanleg van de zandwinlocatie vrijkomende klei kan benut worden voor een kade. Het gebied kan uiteindelijk een recreatieve functie krijgen voor de nabij gelegen woongebieden. Er liggen kansen voor watersport en natuurontwikkeling. Bebouwing is in het gebied nauwelijks aanwezig en vanwege de ruimtelijke reservering ook niet te verwachten.

De inzet van de polder Mastenbroek als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Zwarte Water tot gevolg. Afhankelijk van de drempelhoogte van de overlaat bedraagt de waterstandsverlaging bij de monding van het Zwarte Water zo'n 5 tot 8 cm. Bij de Vechtmond is de waterstandsverlaging circa 15 cm (Termes, 2001).

k3. Retentie Kampereiland

Het Kampereiland fungeert op dit moment reeds als een kombergingsgebied omdat de dijkkring een veiligheidsniveau heeft van 1:500. Het gebied is uit cultuurhistorisch oogpunt zeer geschikt voor

waterberging. De meeste woningen staan op terpen. Een frequentere vorm van berging biedt kansen aan natuurontwikkeling in de vorm van rivierdeltanatuur en tevens blijft de openheid en het cultuurhistorische karakter behouden.

Het huidige landbouwkundige gebruik van het gebied kan gehandhaafd blijven.

De inzet van het Kampereiland als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Zwarte Water en het Zwarte Meer tot gevolg. Afhankelijk van de drempelhoogte van de overlaat bedraagt de waterstandsverlaging op het Zwarte Meer zo'n 5 tot 10 cm (Termes, 2001).



Kampereiland

k4. Retentie in dijkkring 9 (gebied Hasselt-Zwartsluis)

Dit betreft het gebied de Olde Maten. Dit gebied kent een lage bebouwingsgraad en is vrij nat. Voor de retentiefunctie is een omringende kade nodig en een afwateringsmogelijkheid. Woningen en infrastructuur moeten worden aangepast aan periodieke inundatie. De waterdiepte kan beperkt blijven

Er is sprake van verschillen in waterkwaliteit en daarmee mogelijke invloed op de natuurwaarden van het gebied.

De inzet van de polder binnen dijkkring 9 als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Zwarte Water tot gevolg. Afhankelijk van de drempelhoogte van de overlaat bedraagt de waterstandsverlaging bij de monding van het Zwarte Water zo'n 2 tot 3 cm. Tussen Zwartsluis en Hasselt is de waterstandsverlaging zo'n 5 tot 10 cm (Termes, 2001).

k5. Retentie Barsbekerbuitenpolder en polder Noorde

Deze polder ligt ten noorden van het Zwarte Water tussen Zwartsluis en de monding van het Zwarte Meer. De Buitenlanden bestaat uit drie polders: Broekenpolder, Groote en Oostelijke Buitenlanden. De huidige kade heeft thans een veiligheidsniveau van 1:18000. Met een verlaging in de kade kan het gebied als retentiegebied fungeren. Het is nu reeds nat en weids.

In het buitendijs gelegen gebied (Groote en Oostelijk Buitenlanden) ontbreekt bebouwing, het huidige gebruik wordt nauwelijks beïnvloed. Het enige obstakel vormt momenteel de N331. Er zijn goede kansen voor natuurontwikkeling richting de Wieden.

De inzet van de Barsbekerbuitenpolder en polder Noorde als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Zwarte Water tot gevolg. De waterstandsverlaging is maximaal 2 cm (Termes, 2001).

k6. Retentie Barsbekerbinnenpolder

Deze polder ligt ten noorden van het Zwarte Water tussen Zwartsluis en Barsbeek. De nieuwbouwwijk van Zwartsluis in de Barsbekerbinnenpolder is mede bepalend voor de inundatiediepte en de situering van het voor retentie te gebruiken gebied. De invloed op de huidige ornithologische waarden van het gebied is een punt van aandacht.

De nieuwbouwwijk van Zwartsluis in de Barsbekerbinnenpolder is mede bepalend voor de inundatiediepte en de situering van het voor retentie te gebruiken gebied. De invloed op de huidige ornithologische waarden van het gebied is een punt van aandacht.



Barsbekerbinnenpolder

De inzet van de Barsbekerbinnenpolder als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Zwarte Water tot gevolg. Afhankelijk van de drempelhoogte van de overlaat bedraagt de waterstands-verlaging bij de monding van het Zwarte Water zo'n 2 tot 5 cm. Tussen Zwartsluis en Hasselt is de waterstandsverlaging zo'n 5 tot 10 cm (Termes, 2001).

o1. Retentie in een mogelijk randmeer Noordoostpolder

Een mogelijk randmeer kan zich uitstrekken vanaf de Kadoelerkeersluis (aansluiting op het Zwarte Meer) langs het nieuwe land tot aan Lemmer (aansluiting op het IJsselmeer). Bij een functie van waterberging bij extreme regenval, moet wellicht een gemaal worden geplaatst bij Lemmer. Er kunnen goede mogelijkheden ontstaan voor een verbetering van de ruimtelijke kwaliteit met de aanleg van zo'n randmeer. Momenteel verkeert de studie hiernaar nog in een verkennende fase.

Van de aanleg profiteren met name ook recreatie (watersport) en natuur. Herstel van relatie met het water van de zuiderzeestadjes en de nog aanwezige dijken. Bij de aanleg komen grote hoeveelheden grondspecie vrij, er ontstaat een ruimtelijke scheiding tussen oude en nieuwe land. De landbouw moet wijken, rietteelt krijgt een kans.

Afhankelijk van de inrichtingsvariant en het streefpeil is er sprake van een MHW verlaging op het Zwarte Water van maximaal 30 cm (van Manen, 2000).

o2. Retentie in de gehele Noordoostpolder.

Het gaat hierbij om een uitgestrekt en landschappelijk open gebied met vele functies. Een deel van het gebied staat op de UNESCO lijst van werelderfgoed. Een tijdelijke vernatting van het gebied zal tot grote problemen leiden met de huidige gebruiksfuncties. Er kunnen kansen ontstaan in de sfeer van natuur, recreatie, wonen aan water.

Voor de effecten van de waterstandsverlaging op het Zwarte Water en het Zwarte Meer wordt verwezen naar hetgeen is beschreven bij maatregel k1.

I. Blauwe Rivier

Salland (gebied rond Zwolle) watert nu af op de Vecht. Als oplossingsrichting kan worden gedacht om de afwatering geheel of gedeeltelijk te verplaatsen naar de IJssel. Daardoor lagere peilen op het Zwarte

Water/Zwarte Meer. Kan niet werken onder vrij verval. Om de afvoer rond Zwolle op de IJssel te lozen is derhalve een groot gemaal bij Katerveer nodig (ca 80 m³/s). Als gevolg van een verhoogde afvoer op de IJssel is hier sprake van het verplaatsen van het probleem.

Dit vraagt tevens ruimte voor een behoorlijk kanaal of rivier die bij een gunstige situering dienst kan doen als ecologische verbindingszone tussen Sallandse natuurgebieden en de IJssel. Er gaat een barrièrewerking vanuit, maar het schept ook mogelijkheden voor recreatief medegebruik.



Katerveer

Het waterstandsverlagend effect op het Zwarte Water van de omleiding van de afvoer bedraagt maximaal 18 cm. Op de IJssel treedt echter een waterstandsverhogend effect op van zo'n 15 cm (Termes, 2001).

m. Dijkversterkingen in het gehele gebied

Bij dijkverhoging langs het Zwarte Water is mogelijk sprake van stabiliteits problemen.

4.5 Oplossingsrichtingen i.v.m. extreme regenafvoer vanuit Drenthe

n. Waternoodprincipe

Het Waternoodprincipe¹ kan uitgaan van een verbreding van het profiel van waterlopen in combinatie met een verondieping van het profiel. De verbreding van een waterloop wordt uitgevoerd als een plasberm waarop natuurvriendelijk oeverbegroeiing zich kan ontwikkelen. Verder legt men de drainage minder diep onder het maaiveld. De berging in het oppervlaktewater neemt toe door de verbreding. Ondanks de verondieping van de waterloop blijft de afvoercapaciteit ervan behouden. De afvoer via drainage uit het stroomgebied wordt gemiddeld minder.

Vasthouden – bergen – afvoeren (VBA) is voor normaalbeheer heel erg goed. In dreigende extreem natte omstandigheden wordt dit beheer omgedraaid. Eerst wordt zoveel mogelijk water afgevoerd om 'bergingsruimte' te creëren. Als meer afvoeren dan niet kan is er 'ruimte' om water te bergen en vast te houden. Het Waternoodprincipe is bedoeld om problemen in normale situaties tegen te gaan waardoor er gemiddeld over een jaar meer water is geborgen in een gebied door toepassing van dit principe. De veerkracht van het systeem wordt zo vergroot.

De reactietijd van het water dat via het drainagesysteem naar de waterlopen stroomt is minder lang dan de reactietijd van open waterlopen bij plotseling toegenomen afvoer. De begroeiing op de plasberm beperkt deze laatste reactietijd weliswaar, maar toch zal een open waterloop het water sneller afvoeren uit een gebied dan het drainagesysteem.

¹ De term Waternood staat voor WATERSysteemgericht NOmeren, Ontwerpen en Dimensioneren

Doordat het karakter van een gebied zal wijzigen door het toepassen van het Waternoodprincipe verandert de vorm van de afvoergolf uit een gebied. Een gevaar in hoogwatersituaties is dat hoogwaterpieken, in vergelijking tot bestaande situatie, meer gaan samenvallen en daardoor een hogere resulterende afvoergolf veroorzaken.

o1. Retentie in een mogelijk randmeer Noordoostpolder

Bij de aanleg van een eventueel randmeer langs de Noordoostpolder bestaan er mogelijkheden om de extra wateraanvoer vanaf het Drents massief op te vangen. Hoe het verloop van de afvoer vanuit het gebied naar het randmeer eruit ziet, hangt af van de neerslagintensiteit en neerslagverdeling in het gebied, de beschikbare berging en het sturen van de regelwerken in het gebied. Door VROM wordt momenteel een haalbaarheidsstudie uitgevoerd, waar dit aspect nader wordt bekeken.

o3. Retentie in natuurgebieden

In de natte natuurgebieden Wieden en Weerribben kan het peil tijdelijk worden verhoogd. Gedurende perioden met extreme regenval zullen de gebieden echter al goeddeels gevuld zijn.



Retentie in natuurgebied

Een ander peilbeheer zal zeker consequenties hebben voor de huidige natuurwaarden. Nader onderzoek lijkt hier geboden.

Omdat gebiedsvreemd water (tijdelijk) wordt ingelaten is er invloed op waterkwaliteit en daarmee op huidige natuurwaarden.

De inzet van het natuurgebied De Wieden en de Belter- en Beulakerwiede als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Meppelerdiep en de aansluitende kanalen tot gevolg. Bij Meppel treedt een waterstandsverlaging op van zo'n 5 cm (Termes, 2001).

o4. Retentie Staphorsterveld

Dit gebied ligt ten zuidwesten van Meppel en wordt globaal begrensd door het Meppelerdiep, de Hogeveenschevaart, de A28 en de lijn Zwartsluis-Staphorst. Met name het gedeelte rond het Rienkskanaal is weinig bebouwd en biedt ruimte voor waterberging.

Omdat gebiedsvreemd water (tijdelijk) wordt ingelaten is er invloed op waterkwaliteit en daarmee op huidige natuurwaarden.

De inzet van het Staphorsterveld als retentiegebied heeft een waterstandsverlagend effect op het Meppelerdiep en de aansluitende kanalen tot gevolg. Bij Meppel treedt een waterstandsverlaging op van zo'n 7 tot 10 cm (Termes, 2001).

p. Blauwe Rivier Meppel Noord.

Het water van de Drentse Hoofdvaart en de Oude Vaart wordt via een omleidingskanaal westelijk om Meppel heen geleid. De omleiding gaat door weinig bebouwd gebied, maar kruist wel enige regionale

infrastructuur. De blauwe rivier levert kansen op voor de ontwikkeling van de stadsrand van Meppel. Te denken valt aan recreatie, wonen, natuur. De landbouw zal moeten wijken.

De blauwe rivier heeft een waterstandsverlaging tot gevolg bij Meppel van maximaal 7 cm (Termes, 2001).

q. Groene rivier Wold Aa

De Wold Aa bovenstrooms van Meppel afkoppelen en zuidoostelijk om Meppel heen leggen, vervolgens koppelen aan de Hoogeteense Vaart. Ontlast Meppel. Mogelijk 'terugstuwing' op Meppelerdiep.



Wold Aa bij Kraloo

De groene rivier gaat over een hoge rug heen, wat problematisch kan zijn voor het functioneren. Verder wordt een spoorlijn en enige regionale infrastructuur gekruist. Het gebied is redelijk bebouwd.

Ter plaatse van Meppel heeft de omleiding van de Wold Aa nauwelijks effect op de waterstand (Termes, 2001).

r1 en r2. Maalcapaciteit vergroten.

Door de maalcapaciteit van Zedemuden (r1) of Stroink (r2) te vergroten wordt de wateroverlast in de bemalen gebieden beperkt. Voor verder bovenstrooms gebieden die hierop afwateren verandert er weinig tot niets. Er zijn dan ook weinig ruimtelijke gevolgen.



*Interieur van gemaal
Zedemuden*

5 Effect maatregelen langs de IJssel

Vooraf dient te worden opgemerkt dat in dit rapport enkel berekeningen zijn gedaan naar de effecten van maatregelen in het studiegebied. Maatregelen bovenstrooms zijn niet in beschouwing genomen. De berekeningen naar het effect van maatregelen langs de Vecht en in Noordwest Overijssel zijn beschreven in "Klimaat effecten in de Vechtdelta; verkenning mogelijke oplossingsrichtingen" (Termes, 2001).

Met behulp van het model Sobek zijn een aantal berekeningen uitgevoerd naar mogelijke maatregelen in de IJsseldelta. Het gebruikte Sobekmodel is een gestripte versie van het nieuwste Rijntakkenmodel en loopt van de IJsselkop (km 878.59) tot het splitsingspunt Keteldiep/Kattendiep (km 1001.45). De waterstandsrandvoorwaarde ligt dus op km 1001.45 en is gelijkgesteld aan knoop 10 in het Ysselwin model (onderdeel van WINBOS). In Sobek is geen zijdelingse toestroming van Oude IJssel en/of Twenthekanaal. Het zijn stationaire sommen, dus ook topvervlakking zit er niet in. Voorts is windopzet op de IJssel zelf buiten beschouwing gelaten.

De combinaties van afvoer- en waterstandsrandvoorwaarde zijn ontleend aan de volgende belastinggevallen:

- Belastinggeval AFVOER: 9 afvoeren (500 t/m 4500 m³/s in stappen van 500 m³/s) x 7 waterstanden (-0.50 t/m +2.50 m in stappen van 0.50 m);
- Belastinggeval MEERPEIL: 9 afvoeren (500 t/m 4500 m³/s in stappen van 500 m³/s) x 7 waterstanden (-0.50 t/m +2.50 m in stappen van 0.50 m);
- Belastinggeval WIND2 (met een stormtop duur van 2 uur): 4 afvoeren (400 t/m 1600 m³/s in stappen van 400 m³/s) x 6 waterstanden (-0.50, -0.30, 0.00, +0.20, +0.50 en +1.0 m);
- Belastinggeval WIND4 (met een stormtop duur van 4 uur): 4 afvoeren (400 t/m 1600 m³/s in stappen van 400 m³/s) x 6 waterstanden (-0.50, -0.30, 0.00, +0.20, +0.50 en +1.0 m).

In totaal dus 174 combinaties.

Met het Sobekmodel zijn een aantal maatregelen geschematiseerd. In het onderstaande is een beschrijving gegeven van de doorgerekende maatregelen.

Het resultaat van de schematisatie is vervolgens als input gebruikt voor het model Ysselwin om het effect van de maatregel op de MHW's te berekenen. In Ysselwin kan o.a. de maatgevende afvoer van de IJssel worden aangepast.

De randvoorwaarden voor het randvoorwaardenboek 1996 zijn het uitgangspunt voor het vaststellen van de taakstelling; een afvoer van 15.000 m³/s bij Lobith met een herhalingsjijd van 1250 jaar voor het bovenstroomse deel van de IJssel. Omdat voor de IJsseldelta een herhalingsjijd van 2000 jaar moet worden aangehouden is het debiet bij Lobith 15.500 m³/s, ofwel 2380 m³/s op de IJsselkop. In deze notitie is een extra afvoer over de IJssel van 1000 m³/s² in beschouwing genomen (IJsselafoer = 3380 m³/s). In de volgende paragrafen is steeds het verschil weergegeven tussen de huidige maatgevende situatie en de situatie waarbij de IJssel 1000 m³/s extra afvoert (de X-as in de grafieken is dus de huidige maatgevende situatie).

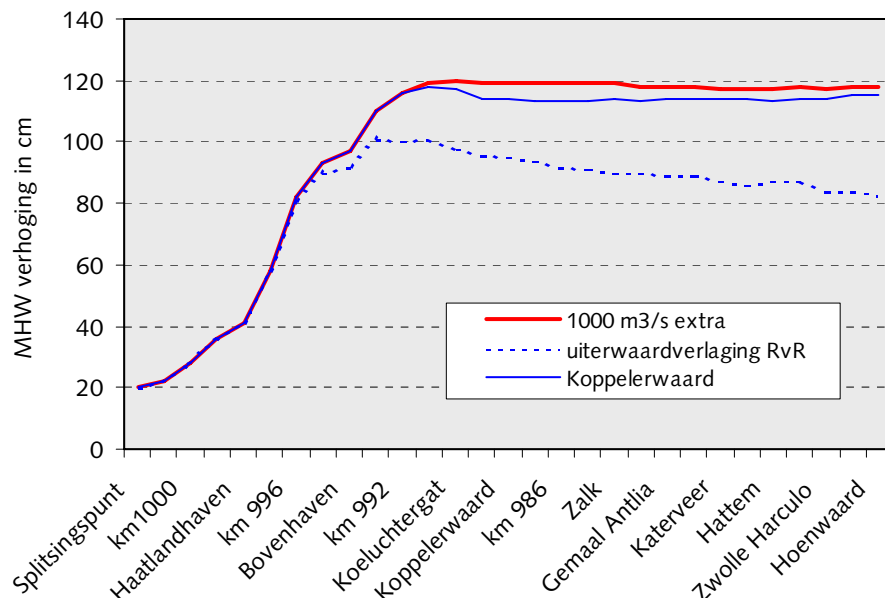
5.1 Verlaging Koppelerwaard

De Koppelerwaard (km 988-991) is verlaagd, gebaseerd op variant 7111-2 uit RvR-rapport 99.04. De gemiddelde verlaging bedraagt zo'n 2.0 m. Totaal volume vergraven is 2.18 miljoen m³. De ruwheid van de uiterwaard is niet aangepast. De berekende MHW verlaging (blauwe lijn) is weergegeven in figuur 4.

² Er zijn ook berekeningen uitgevoerd bij een extra afvoer over de IJssel van 500 m³/s (komt globaal overeen met de toename van 15.000 tot 18.000 m³/s bij de huidige afvoerverdeling). De resultaten hiervan zijn te zien in bijlage 1.

Uit figuur 4 blijkt dat verlagen van de Koppelerwaard een gering effect heeft op de MHW verlaging. Ter plaatse van de Koppelerwaard is de MHW circa 5 tot 6 cm lager. In kader van Ruimte voor Rijntakken is o.a. een alternatief doorgerekend waarbij zoveel mogelijk uiterwaarden langs de IJssel verlaagd worden. In het RvR-rapport 99.05 is de hier weergegeven variant aangeduid met alternatief 7; planvariant 7c2. Het resultaat op de MHW-verlaging is in figuur 3 weergegeven middels de stippellijn. De verlaging van de MHW loopt globaal uiteen van zo'n 5-10 cm bij Kampen oplopend tot zo'n 35 cm bij Zwolle.

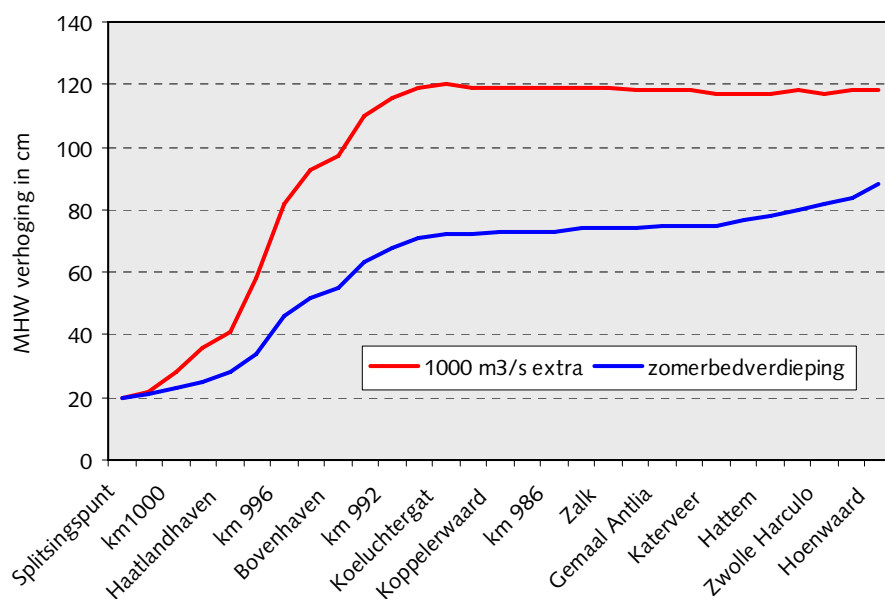
Figuur 4. Berekende MHW-verlaging bij verlagen van de Koppelerwaard



5.2 Zomerbedverdieping

Het betreft een verdieping van het zomerbed van de IJssel tussen km 980 (Zwolle Katerveer) en km 1002 (Splitsingspunt Keteldiep/Kattendiep). Er is uitgegaan van een verdieping met 1 meter. De berekende MHW verlaging is weergegeven in figuur 5.

Figuur 5. Berekende MHW-verlaging bij verdiepen van het zomerbed over zo'n 22 km

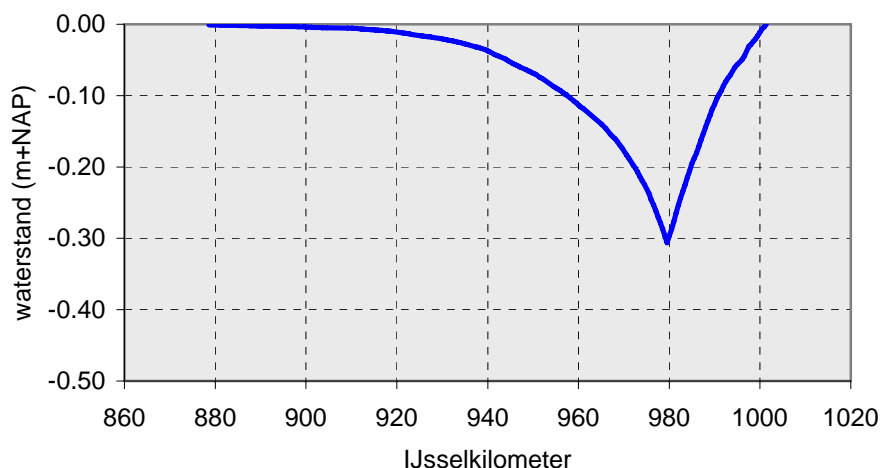


Uit figuur 5 blijkt dat verdiepen van het zomerbed met 1.0 m over een lengte van zo'n 22 km een groot effect heeft op de MHW verlaging. De MHW verlaging bedraagt zo'n 35 tot 45 cm.

Aanvullende opmerking:

Als gevolg van een zomerbedverlaging kan de waterstand in de IJssel lager zijn dan in de huidige situatie bij gelijkzijnde afvoer. Bij een gemiddelde afvoer van 2200 m³/s bij Lobith (circa 335 m³/s via de IJssel) bedraagt de maximale verlaging zo'n 30 cm ter hoogte van km 980 (figuur 6).

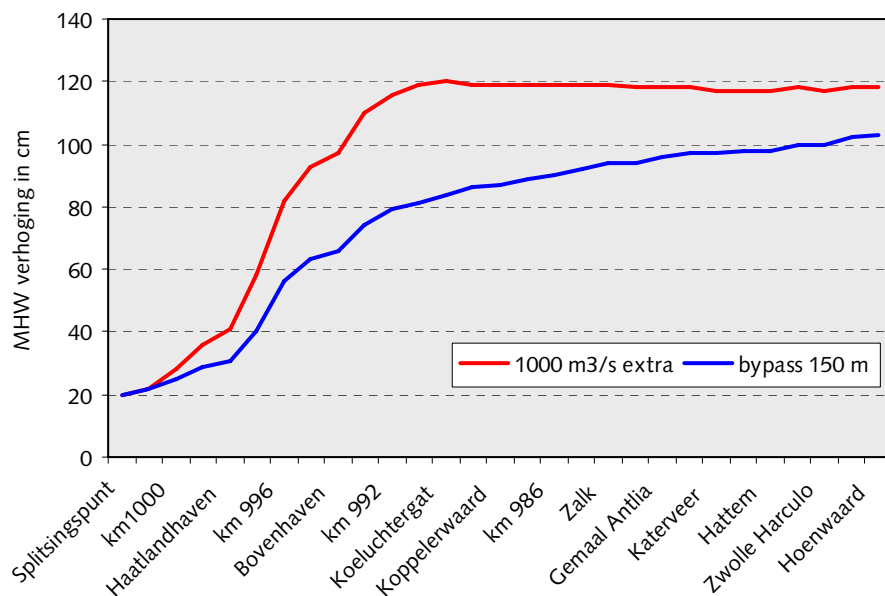
Figuur 6. Effect van een zomerbedverlaging van 1 m op de grondwaterstand



5.3 Groene rivier Kampen (150 m)

Een groene rivier (bypass) op km 992 met een vaste kruinhoogte van NAP +3.0 m en een breedte van 150 m. De groene rivier zelf is niet gedimensioneerd, maar aangenomen is dat de groene rivier groot genoeg is om het water dat over de kruin stroomt ook daadwerkelijk naar het Vossemeer dan wel Drontermeer af te kunnen voeren. De groene rivier werkt niet alleen bij hoge afvoeren, maar ook bij hoge waterstanden als gevolg van opstuwing op het Ketelmeer. De berekende MHW verlaging is weergegeven in figuur 7.

Figuur 7. Berekende MHW-verlaging bij groene rivier om Kampen

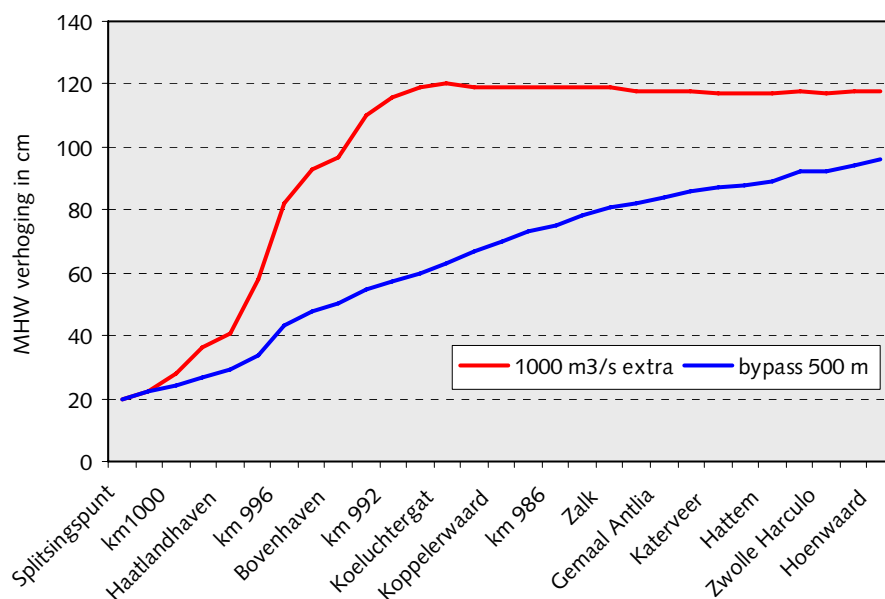


Uit figuur 7 blijkt dat een groene rivier ten zuiden van Kampen een groot effect heeft op de MHW verlaging. De MHW verlaging bedraagt zo'n 40 cm ter plaatse van km 992 (aantakking groene rivier op de IJssel) afnemend tot zo'n 15 cm bij Zwolle en minder dan 5 cm bij industrieterrein Kampen.

5.4 Groene rivier Kampen (500 m)

In plaats van een kruinbreedte van 150 m is hier gekozen voor een breedte van 500 m. Daarnaast is de overstorthoogte op NAP +3.30 m gesteld, 30 cm hoger dan bij de groene rivier van 150 m. De berekende MHW verlaging is weergegeven in figuur 8.

Figuur 8. Berekende MHW-verlaging bij groene rivier om Kampen



Uit figuur 8 blijkt dat een groene rivier met een breedte van 500 m i.p.v. 150 m een groot effect heeft op de MHW verlaging. De MHW verlaging bedraagt zo'n 60 cm ter plaatse van km 992 (aantakking groene rivier op de IJssel) afnemend tot zo'n 20-25 cm bij Zwolle en 5-10 cm bij industrieterrein Kampen.

Opmerking:

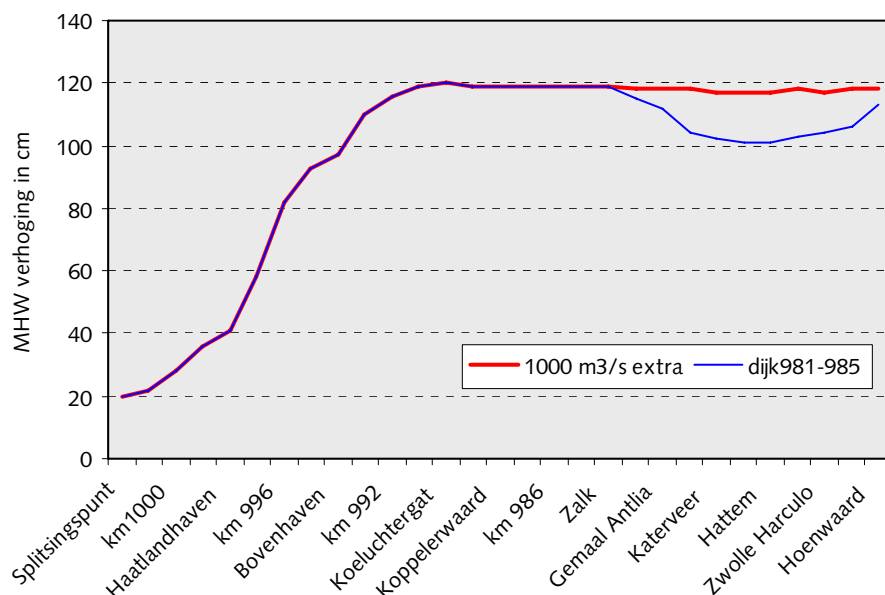
De bergingscapaciteit van de randmeren en/of de afvoercapaciteit van de sluizen stelt grenzen aan het maximaal toelaatbare debiet. In hoofdstuk 5 wordt op dit aspect nader ingegaan.

5.5 Dijkverlegging Westenholte (km 981-985)

Een dijkverlegging ten noorden van Zwolle op de rechteroever van de IJssel ter hoogte van km 981-985, overeenkomend met RvR code 20509. De dijk is over een afstand van 3.2 km verlegd. De berekende MHW verlaging is weergegeven in figuur 9.

Uit figuur 9 blijkt dat een dijkverlegging ter hoogte van km 981-985 een klein effect heeft op de MHW verlaging. De MHW verlaging bedraagt zo'n 15-20 cm ter plaatse van de dijkverlegging. Enkele kilometers bovenstrooms is de MHW verlaging minder dan 5 cm.

Figuur 9. Berekende MHW-verlaging bij dijkverlegging 981-985

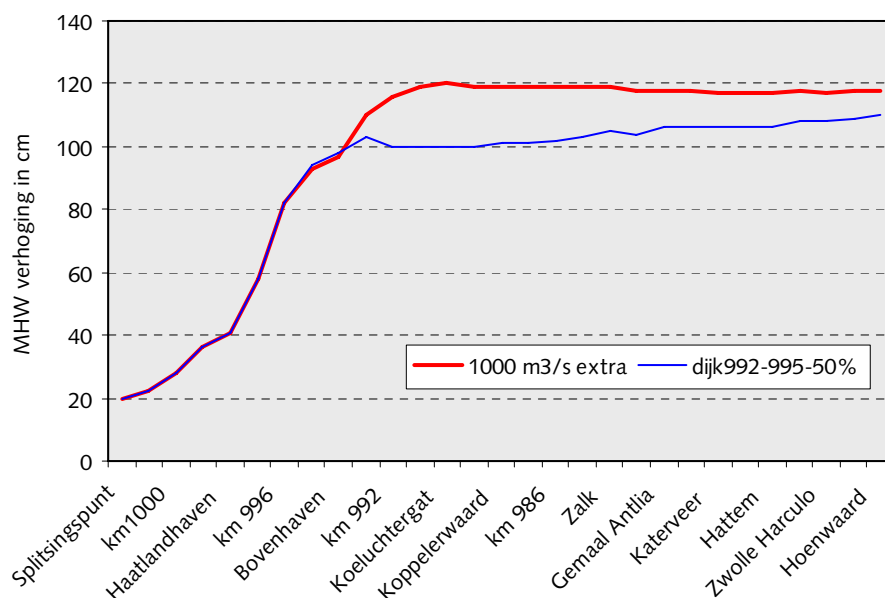


5.6 Dijkverlegging Zwolse weg (km 992-995)

Een dijkverlegging ten zuiden van Kampen op de rechteroever van de IJssel ter hoogte van km 992-995, overeenkomend met RvR code 20510. De dijk is over een afstand van 2.8 km verlegd. Hierbij is er van uitgegaan dat het nieuwe buitendijkse gebied volledig stroomvoerend is. In werkelijkheid zal dit minder zijn. De berekende MHW verlaging is weergegeven in figuur 10.

Uit figuur 10 blijkt dat een dijkverlegging ter hoogte van km 992-995 een matig effect heeft op de MHW verlaging. De MHW verlaging bedraagt zo'n 15-20 cm ter plaatse van de dijkverlegging. Bij Zwolle is de MHW verlaging nog zo'n 10 cm.

Figuur 10. Berekende MHW-verlaging bij dijkverlegging 992-995



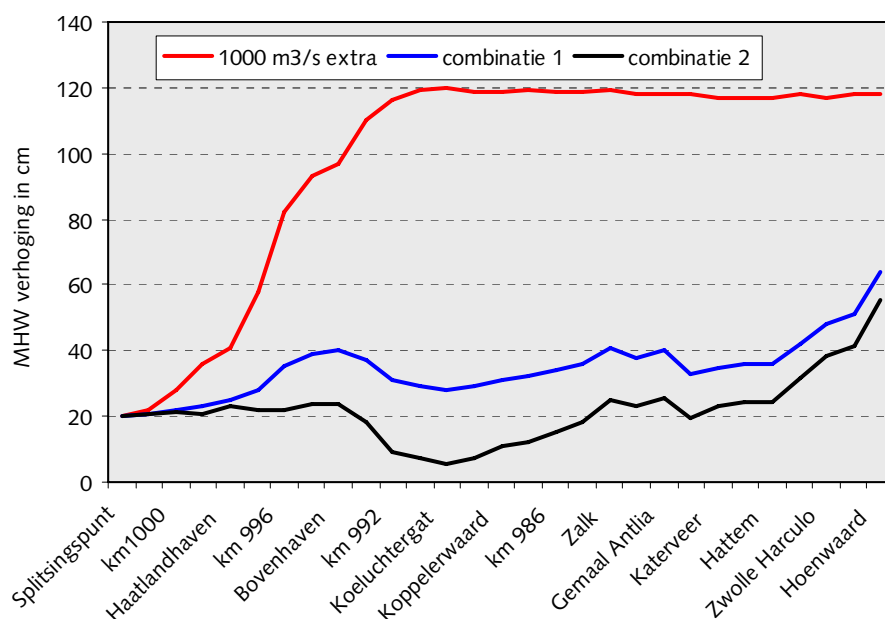
5.7 Combinatie van maatregelen

Een combinatie van bovengenoemde maatregelen kan leiden tot een voldoende MHW-verlaging om over de IJssel een debiet van 1000 m³/s extra af te voeren. In figuur 11 is het effect te zien op de MHW-verlaging indien de volgende maatregelen worden uitgevoerd:

Combinatie 1: zomerbed verlaging, verdieping Koppelerwaard, groene rivier Kampen met een kruinbreedte van 150 m (kruinhoogte op NAP +3,0 m) en dijkverleggingen bij Zwolse weg (km 992-995) en Westenholtse (km 981-985).

Combinatie 2: idem als combinatie 1 met dien verstande dat nu een groene rivier Kampen van 500 m is genomen.

Figuur 11. Berekende MHW-verlaging bij combinatie van maatregelen



Uit figuur 11 blijkt dat beide combinaties van maatregelen niet toereikend zijn om de MHW-verhoging als gevolg van klimaatverandering en andere afvoerverdeling van de Rijntakken ongedaan te maken.

Opmerking:

De combinatie van zomerbed en groene rivier 500 is niet berekend. Er is aangenomen dat het effect ongeveer overeenkomt met de combinatie zomerbed + groene rivier (bypass 150 m).

Bij een autonome ontwikkeling zal in 2100 de maatgevende afvoer van de Rijn bij Lobith 18.000 m³/s zijn. Dit houdt in dat er over de IJssel conform de huidige verdeling over de Rijntakken zo'n 500 m³/s extra wordt afgevoerd onder maatgevende omstandigheden. In de bijlage zijn de maatregelen nog eens weergegeven bij een extra afvoer van 500 m³/s over de IJssel.

Alternatieven

In aanvulling op de bovengenoemde maatregelen zijn aanvullend nog een aantal maatregelen mogelijk. Deze zijn vooralsnog niet doorgerekend (wordt in spankracht meegenomen).

Dijkverlegging Kampen noordzijde

Dit betreft een dijkverlegging ter hoogte van het knelpunt Kampen aan de noordzijde (km 995-996). Het is een dijkverlegging in de bebouwde kom van IJsselmuiden. Een dergelijke maatregel is denkbaar als de Hanzelijn de huidige stationsfunctie overbodig maakt (gebouw kan eventueel wel gespaard worden) en de doorgaande weg door IJsselmuiden naar het noorden wordt ontlast door de verlegging van de N50 naar het zuidwesten van Kampen. Dat levert enkel tientallen meters ruimte die tot honderden kan worden opgerekt door ook achter het station ruimte te schepen. Dat laatste gaat wel ten koste van tientallen huizen, appartementencomplexen en een tiental bedrijven. Een en ander is slechts mogelijk in het kader van een volledige 'renovatie' van dit gebied.

Dijkverlegging Kampereiland

Dit betreft een grootschalige dijkverlegging die onder meer de afvoerfunctie van het Noorddiep herstelt, waardoor het karakter van de IJsseldelta wordt versterkt. Het stuk van Kampereiland dat aldus buitendijks komt te liggen is relatief hooggelegen grasland en vrijwel alle boerderijen staan op terpen. Functieverandering is daardoor op voorhand niet noodzakelijk.

Mogelijk wordt de afvoerfunctie bemoeilijkt door de aanleg van de N50 met een enorm hoge brug en bijbehorende taluds ten noorden van Kampen. Deze taluds lopen aan weerszijden tot aan de rivierdijk.

Dijkverhoging noordzijde Kampen

In de WIN studie is aangegeven dat de voorkeur uitgaat naar een scenario dat omschreven is als meegroeien met de zee. Dit houdt in dat vanaf omstreeks 2050 het IJsselmeer geleidelijk omhoog gaat als gevolg van de verdergaande zeespiegelstijging. Een aantal dijken rond het IJsselmeer zal dan verhoogd moeten worden om aan de veiligheidsnormen te voldoen. Ook voor het gebied aan de noordzijde is er de mogelijkheid om de dijken te verhogen.

CONCLUSIE

Gebaseerd op de resultaten van de berekeningen tot nu toe kan worden afgeleid dat door een combinatie van de doorgerekende maatregelen (zomerbed verlaging, verdieping Koppelerwaard, dijkverlegging km 981-985 en km 992-995 en groene rivier van 500 m breed het (nog) niet mogelijk is om een extra afvoer van 1000 m³/s door de IJssel af te voeren. Als gevolg van een verhoogd IJsselmeerpeil is de MHW verhoging bij Kampen nog zo'n 20-25 cm.

Met de aanvulling van de hierboven genoemde alternatieven is het wellicht mogelijk om een extra afvoer van 1000 m³/s te halen. Maar dan moet wel alles uit de kast worden gehaald.

In het deel waar de wind de meest dominante factor is (het deel van de IJsseldelta tot aan globaal het stadsfront van Kampen), zullen rivierverruimende maatregelen nauwelijks tot geen verlaging van de MHW aanleiding geven.

6 Enkele aanvullende vragen

6.1 Methodiek

In deze paragraaf wordt ingegaan op vragen die betrekking hebben op de gevolgde rekenmethodiek.

vraag 1

Kunnen combinaties van afvoer en wind met een gezamenlijke overschrijdingsfrequentie van 1/2000 keer per jaar hogere waterstanden opleveren?

antwoord vraag 1

Op zich kan het antwoord kort zijn: nee. Op een locatie wordt de waterstand (NAP +m) met een overschrijdingsfrequentie 1/2000 veroorzaakt door oneindig veel combinaties van storm op het IJsselmeer, peil van het IJsselmeer en IJsselafvoer. Niet iedere combinatie van WIND, MEERPEIL en AFVOER is even waarschijnlijk, maar het is wel zo dat iedere combinatie die precies de 1/2000 waterstand oplevert een geschikte c.q. juiste combinatie is en per definitie geen "hogere" waterstanden zal opleveren. De combinatie met de grootste kansdichtheid wordt ook wel "ontwerppunt" genoemd. Er is dus niet 1 combinatie met een gezamenlijke overschrijdingsfrequentie van 1/2000 die tevens de 1/2000 waterstand oplevert. Er is eerder sprake van "oneindig" veel mogelijke verschillende combinaties met verschillende (veel) kleinere frequentiedichtheden die precies de juiste waterstand veroorzaken en die allemaal opgeteld de gezamenlijke vereiste normfrequentie 1/2000 opleveren.

De achtergrond van vraag 1 is wellicht twijfel over de juistheid van de gevolgde belastingsgevallen-methodiek in WINBOS-YSSELWIN (Hebbink en Breukers, 2000) en Probleemverkenning IJssel- en Vechtdelta (Bomas et al, 2001) om de 1/2000 waterstand op een locatie te berekenen. Zijn de berekende waterstanden waaraan een frequentie 1/2000 wordt toegekend misschien niet te laag? Wanneer veel minder zeldzame combinaties stormen, meerpeilen en afvoeren al tot hogere waterstanden zouden leiden dan die zijn berekend, dan zou dat de twijfel aan de juistheid van de methodiek met de 3 belastingsgevallen rechtvaardigen. In het navolgende wordt getracht aannemelijk te maken dat de resultaten van de gehanteerde methodiek voldoende betrouwbaar zijn. Hierbij wordt aangesloten bij de manier waarop vraag 1 is verwoord.

Een zware noordwester storm op het IJsselmeer met een overschrijdingsfrequentie van 1/200 keer per jaar wordt gecombineerd met een IJsselafvoer te Olst met een frequentie van 1/10 keer per jaar met een bijbehorend verhoogd IJsselmeerpeil, d.w.z. bij wijze van spreken een gecombineerde gezamenlijke frequentie 1/2000.

Volgens de zogenaamde werklijn 2001 voor de Rijnafvoer te Lobith is de 1/10 Rijnafvoer bijna 9900 m³/s (in formule: $6830 + 1319 \ln[\text{Terugkeertijd}]$ in m³/s). Bij dergelijke hoge afvoeren gaat 15.4% naar de IJssel, d.w.z. 1525 m³/s op de IJsselkop. Daar komt nog 65 m³/s bij via de Oude IJssel en het Twenthekanaal; totaal bijna 1600 m³/s. Deze afvoer is gelijk aan de maximale IJsselafvoer tijdens de beruchte hoogwaterperiode van oktober/november 1998. De hoogste gemeten waterstand op de BenedenIJssel bij Kampen Bovenhaven was destijds NAP +1.99 m en het maximale IJsselmeerpeil NAP +0.53 m op 6 november 1998. De gemiddelde overschrijdingsfrequentie van dit meerpeil is 1/100 keer per jaar. Dat het IJsselmeerpeil tijdens een hoge IJsselafvoer is verhoogd, is op zich normaal. Vanwege de gestremde lozingsmogelijkheden via de spuisluizen in de Afsluitdijk op de Waddenzee eind oktober was er sprake van een extra verhoging van het IJsselmeerpeil. Tijdens de meerpeiltop zelf was de windsnelheid zwak en ongeveer 7 m/s (Bft.4) uit NOO (70 °N) . Dan is er nauwelijks sprake van op- of afwaaiing op het IJsselmeer.

Deze reeds opgetreden afvoer-meerpeil situatie wordt gecombineerd gedacht met een NW storm die bij een meerpeil van NAP +0.53 m de 1/200 waterstand bij de IJsselmonding/Kattendiep veroorzaakt. Deze waterstand volgt uit het dijkontwerpprogramma HYDRA_M (Blaakman en Lisan, 1999) en is NAP +2.29 m (NB. de 1/2000 waterstand is NAP +2.96 m). Bij het meerpeil van NAP +0.53 m is daarvoor een zware NW storm (Bft.10) met een windsnelheid van 26.8 m/s voor nodig (bijna 97 km/uur) om de vereiste 1.76 m opstuwing bij de IJsselmond te bewerkstelligen.

Het is nu de vraag hoe hoog onder dergelijke omstandigheden de waterstanden op de IJsseldelta zouden zijn geweest en of deze hoger zijn dan de 1/2000 waterstanden volgens de gehanteerde methodiek. De berekeningen zijn uitgevoerd met het WINBOS-model YSSELWIN. De resultaten zijn samengevat in tabel 2.

Tabel 2 Berekende waterstanden (in m t.o.v. NAP) IJsseldelta met WINBOS-YSSELWIN voor de hoogwaterperiode oktober/november 1998 en voor fictieve situatie: combinatie met zware NW storm windkracht 10.

Kmpaal IJssel	Locatie	WINBOS-YSSELWIN			MHW RVWBoek 1996
		HW1998	Bft10	MHW WINBOS	
1002.5	Monding Kattendiep	0.53	2.29	2.98	-
1002	Keteldiep	0.58	2.30	2.97	2.95
1001.8	Splitsingspunt	0.61	2.31	2.97	-
1001	-	0.78	2.35	2.97	2.95
1000	-	1.07	2.43	2.99	2.95
999.8	-	1.14	2.45	2.99	-
999	Kampen Haatlandhaven	1.31	2.50	3.01	3.00
998	-	1.48	2.56	3.03	3.05
997.8	-	1.50	2.57	3.03	-
997	-	1.64	2.63	3.04	3.10
996.15	Kampen Stadsfront	1.77	2.70	3.06	-
996	-	1.79	2.71	3.07	3.15
995	-	1.93	2.79	3.13	3.20
994.495	Kampen Bovenhaven	2.00	2.82	3.17	-
994	-	2.07	2.86	3.23	3.25
993	-	2.22	2.95	3.36	3.35
992	Scherenwelle	2.38	3.05	3.50	3.45
991	-	2.51	3.12	3.61	3.55
990	-	2.62	3.18	3.70	3.65
989	De Zande	2.72	3.24	3.76	3.75
988	-	2.82	3.30	3.85	3.80
987	-	2.92	3.37	3.94	3.85
986	Zalkerbosch	3.01	3.43	4.02	4.00
985	-	3.09	3.49	4.10	4.10
984	Zalk	3.17	3.55	4.18	4.15
983	-	3.27	3.62	4.28	4.25
982	-	3.37	3.70	4.38	4.35
981	-	3.48	3.79	4.50	4.40
980.75	Zwolle-IJsselkanaal	3.51	3.81	4.53	-
980	Katerveer	3.59	3.87	4.61	4.45
979	-	3.69	3.95	4.71	4.60
978	-	3.78	4.03	4.80	4.75
977	Hattem	3.88	4.11	4.89	4.80
976	-	3.97	4.18	4.98	4.85
975.5	-	4.01	4.22	5.02	-
975	Zwolle Harculo	4.05	4.25	5.06	4.90
974	-	4.14	4.33	5.14	4.95

Voor de feitelijke situatie begin november 1998 is de waterstand bij de IJsselmonding Kattendiep gelijk aan het meerpeil NAP +0.53 m (nauwelijks windopzet bij 7 m/s). De berekende waterstand bij Kampen Bovenhaven van NAP +2.00 m komt praktisch overeen met de gemeten waarde van NAP +1.99 m. De

berekende waterstand voor het stadsfront is dan NAP +1.77 m. Door de veronderstelde zware NW storm zou de waterstand bij het stadsfront bijna 1 meter stijgen tot NAP + 2.70 m. Dit is echter altijd nog ruim 0.35 m lager dan de berekende MHW van NAP +3.06 m volgens de gehanteerde rekenmethodiek. De MHW's liggen over de hele linie nog steeds ruim boven de berekende waarden voor de situatie HW1998 gecombineerd met een zware NW storm die achter op het Ketelmeer een waterstand met frequentie 1/200 keer per jaar tot gevolg heeft. Wanneer de achtergrond van de vraag bezorgdheid voor te gemakkelijke overschrijding van de vigerende MHW's is, dan is het antwoord dat combinaties met gezamenlijke frequenties 1/2000 geen hogere waterstanden opleveren.

vraag 2

Hoe lang duurt invloed van hogere IJsselafvoer op meerpeil ?

antwoord vraag 2

Strikt genomen is de invloed van iedere IJsselafvoer op het meerpeil permanent merkbaar. Het water moet worden afgevoerd naar de Waddenzee. Tijdens hoogwater kan er niet worden gespuid en zal het peil oplopen. Bij spuien tijdens laagwater daalt het peil. Per getijperiode wordt besloten om al- dan niet te lozen en met welke inzet van spuikokers.

De vraag wordt als volgt beantwoord. Veronderstel een voor de BenedenIJssel maatgevende afvoergolf op de Rijn van 15500 m³/s met een frequentie 1/2000 keer per jaar (werklijn 1994). De tijdbasis is één maand. De Rijnaflow neemt in 8 dagen geleidelijk toe van 2400 m³/s (gemiddelde) naar 10000 m³/s. De afvoer is 14 dagen hoger dan 10000 m³/s en neemt binnen 7 dagen verder toe naar 15500 m³/s. In de achterflank neemt de Rijnaflow weer geleidelijk af in 8 dagen van 10000 m³/s naar 2400 m³/s. De maximale zijdelingse toevoer op de IJssel is bijna 265 m³/s en de overige afvoer naar het IJsselmeer (o.a. Vechtdelta) is maximaal 500 m³/s. De maximale IJsselafvoer te Olst is dan circa 2650 m³/s.

Voor de situatie op de Waddenzee bij Kornwerderzand en Den Oever wordt uitgegaan van het huidige astronomisch getij (bevat de gemiddelde weersinvloeden inclusief op- en afwaaiing Waddenzee maar geen zeespiegelstijging). Laag water en Hoog water bij Den Oever is respectievelijk NAP -0.76 en NAP + 0.74 m; bij Kornwerderzand NAP -0.88 en NAP + 0.88 m. Rond de periode van de IJsselafvoertop is er sprake van extra windopzet op de Waddenzee t.g.v. een westenwind op de Noordzee/Waddenzee die van gemiddeld (6.5 m/s) in een halve week geleidelijk toeneemt naar Bft 7 (15 m/s) en in de rest van de week weer afneemt naar gemiddeld. Voor de afwaaiing op het IJsselmeer is uitgegaan van een locale NW wind. De maximale extra windopzet op de Waddenzee is dan circa 0.75 m. De afwaaiing op het IJsselmeer is bij Den Oever 0.05 m à 0.25 m en bij Kornwerderzand 0.10 m à 0.45 m. Bij gemiddelde IJsselafvoer zal het meerpeil gemiddeld circa NAP -0.35 m bedragen (5 cm boven het streefpeil van NAP -0.4 m); dit is de uitgangssituatie voor het meerpeil.

In een dergelijke extreme situatie en met huidige spuismiddelen bij Kornwerderzand en Den Oever (breedte spuisluizen resp. 120 m en 180 m) zal het meerpeil binnen 17 à 18 dagen na aanvang (of 2 à 3 dagen na de afvoertop) oplopen naar een maximum van circa NAP +0.8 m. De frequentie is circa 1/1100 keer per jaar; dit concrete voorbeeld kan dus gezien worden als representatief voor extreme meerpeilen. Binnen 42 dagen na aanvang (3.5 weken na de meerpeiltop) zal het meerpeil weer teruglopen naar NAP -0.3 m (nog 5 cm verwijderd van de evenwichtswaarde bij gemiddelde afvoer).

Conclusie: in de huidige situatie met de huidige spuismiddelen geldt dat de invloed van een zeer hoge IJsselafvoer op het meerpeil ongeveer 6 weken duidelijk merkbaar is. Na de meerpeiltop duurt het nog 3.5 weken voordat het meerpeil praktisch is teruggebracht op een niveau iets boven het normale peil.

Wanneer de spuisluizen in 2008 zouden zijn uitgebreid met 225 m extra breedte te Kornwerderzand, dan wordt het maximale meerpeil van NAP +0.55 m na 17 dagen bereikt. Ongeveer 31 à 32 dagen na aanvang (2 weken na de meerpeiltop) is het meerpeil weer terug op 5 cm boven de evenwichtswaarde NAP -0.40 m (streefpeil bij gemiddelde afvoer goed te handhaven).

Conclusie: in de huidige situatie en uitbreiding spuismiddelen geldt dat de invloed van een zeer hoge IJsselafvoer op het meerpeil ongeveer 4.5 weken duidelijk merkbaar is. Na de meerpeiltop duurt het nog 2 weken voordat het meerpeil praktisch is teruggebracht op een niveau iets boven het normale peil.

Wanneer in de toekomst een relatieve zeespiegelstijging van 0.6 m (stijging LW 0.55 m en stijging HW 0.65 m) heeft plaats gevonden, dan wordt het maximale meerpeil ongeveer NAP + 1.10 m (de hele stijging van het LW is dan terug te vinden in het meerpeil) en wordt wederom in circa 17 dagen bereikt. Het evenwichtspeil bij gemiddelde Rijnafoer is dan NAP +0.10 m. Het duurt 34 à 35 dagen na aanvang (2.5 weken na de meerpeiltop) voordat het peil terug is op NAP +0.15 m.

Conclusie: bij zeespiegelstijging en uitbreiding spuinmiddelen geldt dat de invloed van een zeer hoge IJsselafvoer op het meerpeil ongeveer 5 weken duidelijk merkbaar is. Na de meerpeiltop duurt het nog 2.5 weken voordat het meerpeil praktisch is teruggebracht op een niveau iets boven het normale peil.

vraag 3

Wat is de invloed van afwaaiing IJsselmeer op de lozingscapaciteit Afsluitdijk?

antwoord vraag 3

Wanneer de afwaaiing op het IJsselmeer wordt verwaarloosd neemt de lozingscapaciteit uiteraard toe. De uitwerking op het meerpeil is voor de huidige situatie en spuinmiddelen een ruim 0.10 m lager maximum meerpeil.

vraag 4

Waarom kan in afwijking met het Benedenrivierengebied in Zuid-Holland met deze methodiek worden gewerkt i.p.v. de complete kansverdeling van grootheden?

antwoord vraag 4

Oorspronkelijk was het de bedoeling om voor de IJsseldelta voor het Randvoorwaardenboek 2001 de vigerende MHW's van 1996 te handhaven en pas in 2006 nieuwe randvoorwaarden te presenteren. Een nieuwe volledige probabilistische methodiek is inmiddels voor de IJsseldelta wel ontwikkeld door RIZA-WSH, maar is nog niet operationeel. Begin 2001 is plotseling door RWS-HK besloten om toch nieuwe randvoorwaarden te gaan leveren in 2001. RIZA zal daarom de statistische methodiek uit 1996 voor de IJsseldelta handhaven, maar wel nieuwe hydraulische berekeningen uitvoeren. Deze methodiek is destijds al geaccepteerd door de Technische Adviescommissie Waterkeringen.

Voor de studie WINBOS-YSELWIN en de Probleemverkenning is aangesloten bij deze situatie t.a.v. de statistische methodiek.

Daarnaast is het doel van de probleemverkenning om zinnige maatregelen c.q. effecten te beoordelen. Het gaat dan vooral om verschillen en iets minder om absolute getallen. Een wellicht "minder fraaie methodiek" is in dat licht beslist niet verkeerd. Een voordeel van de huidige methodiek met concrete belastinggevallen is mijn inziens de grotere inzichtelijkheid.

vraag 5

Een hoge IJsselafvoer bij een maatgevende afvoer van de Rijn van 15.000 m³/s kan het waterpeil bij een stedelijk knelpunt als Kampen opstuwen tot NAP +3 m. De huidige kade bij Kampen heeft een hoogte van ongeveer 2.2 m NAP en kan het water dus niet keren. Is dat juist?

antwoord vraag 5

De zinsnede is op zich juist. 15.000 m³ (1/2000 per jaar) levert ca. NAP + 3.0 meter bij het Kamper stadsfront op. Inderdaad ligt de (IJssel-)kade op dit moment op NAP + 1.85 tot 2.50 meter. Dit is de straat (IJsselkade en de la Sablonierekade) voorlangs het stadsfront.

Het dijkversterkingsplan gaat uit van twee zaken, te weten:

1. Verbetering van de oude stadsmuur tot primaire waterkering. Hierdoor blijven een 90-tal woningen buitendijks en lopen dus kans op inundatie met een kans veel groter 1/2000 per jaar (ca. 1/100 per jaar tot 1/500 per jaar). Deze kering wordt gebaseerd op MHW 1/2000 per jaar = ca. NAP 3.20 meter. Rekening houdend met locatie, wind, golven en type kering (vast/beweegbaar) varieert de aanleghoogte tussen NAP + 3.8 en 4.5 meter.

2. Aan de buitendijks blijvende panden worden compenserende voorzieningen getroffen zodat de inundatiekans teruggaat naar ca. 1/500 per jaar.

6.2 Hoge meerpeilen

In deze paragraaf wordt ingegaan op vragen die betrekking op het ontstaan van hoge meerpeilen en de relatie met de IJsselafvoer.

vraag 5

Waardoor ontstaan hoge meerpeilen?

antwoord vraag 5

Hoge meerpeilen ontstaan wanneer er sprake is van een hoge IJsselafvoer in combinatie met gestremde spui mogelijkheden bij de Afsluitdijk. In ieder geval: zonder afvoer geen enkele peilstijging; ook niet bij sterke opwaaiing Waddenzee en gelijktijdige afwaaiing op het IJsselmeer.

Zie antwoord 2 van de methodiek laatste voorbeeld: situatie met een relatieve zeespiegelstijging van 0.6 m en uitbreiding van de spuisluizen zal een topafvoer van de IJssel van 2650 m³/s aanleiding geven tot een maximum meerpeil van NAP +1.10 m (beginpeil NAP +0.10 m; dus 1 m peilstijging). Zonder extra windinvloed van Bft 7 op Waddenzee en IJsselmeer zal dit peil dalen tot NAP +0.65 m. Indien zelfs de invloed van de gemiddelde wind wordt weggedacht, dan zakt het peil naar NAP +0.60 m. De volgende opdeling is dan te maken t.o.v. het beginpeil:

Invloed afvoer is 0.50 m peilstijging. Toevoeging gemiddelde wind is 0.05 m. Toevoeging extra windtoename tot Bft7 is 0.45 m peilstijging. Totaal 1 meter peilstijging.

Conclusie: invloed van de topafvoer en van de wind Waddenzee/IJsselmeer is tijdens omstandigheden van extreme meerpeilen ongeveer gelijkwaardig.

vraag 6

Een hoge IJsselafvoer en meerpeil zijn toch niet statistisch onafhankelijk (hoger waterstanden)?

antwoord vraag 6

Dit is waar. Bij de methodiek WINBOS en Probleemverkenning is hier inderdaad rekening mee gehouden. De belastingsgevallen AFVOER en MEERPEIL zijn niet gecombineerd met gemiddelde waarden voor de complementaire factoren meerpeil respectievelijk afvoer maar gecombineerd met de 1/100 waarden. Dat wil zeggen een extreem meerpeil 1/2000 wordt veroorzaakt door een 1/100 afvoer en een extreme afvoer 1/2000 heeft een 1/100 meerpeil tot gevolg.

vraag 7

Is effect hogere neerslag (regionale toestroming) meegenomen?

antwoord vraag 7

Het antwoord is ja. In WINBOS zijn deze toenames onderdeel van de klimaatscenario's.

vraag 8

Wat is het effect van een verandering sluitpeil stormvloedkering Ramspol op de waterstand Ketelmeer en heeft dit effect op de MHW IJssel?

antwoord vraag 8

De invloed van wel of niet sluiten van de kering op de MHW- IJsselmond is circa 0.4 m. Een deel wordt veroorzaakt door het feit dat bij gesloten kering minder water naar Overijssel kan stromen en dus achterblijft op het IJsselmeer. De orde grootte van deze laatste waterschijf is 0.10 m (1 meter water over 100 km² verdelen over 1200 km² IJsselmeer). De overige 0.3 m wordt veroorzaakt door dynamische effecten tijdens het sluiten (een soort waterslag; stromend water moet worden afgeremd). Een verandering van het sluitpeil heeft alleen betrekking op het aandeel van 0.10 m dwz een fractie

van 0.1 m. Hoeveel precies moet met dynamisch model worden uitgerekend. Slechts een deel van deze fractie van 0.10 m is merkbaar in Kampen.
Conclusie: het effect is nihil tot centimeters.

6.3 Schatting effect groene rivier op waterstand randmeren

In deze paragraaf wordt ingegaan op het effect van een groene rivier op de waterstanden in de randmeren.

6.3.1 Uitmonding groene rivier op het Drontermeer

Afvoerscenario en bedrijfstijd groene rivier

Volgens de werklijn 1994 is de 1/2000 topafvoer van de Rijn bij Lobith $15.500 \text{ m}^3/\text{s}$ (in formule: $\text{Rijnaftervoer m}^3/\text{s} = 7900 + 995 \ln[\text{Terugkeertijd}]$). Hiervan gaat circa 15.4% via de IJsselkop: $2380 \text{ m}^3/\text{s}$. Omdat volgens de nieuwe werklijn 2001 de 1/2000 topafvoer is toegenomen tot $16.650 \text{ m}^3/\text{s}$, zal in dit afvoerscenario maximaal $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ via de IJssel extra afstromen (in formule: $\text{Rijnaftervoer m}^3/\text{s} = 7145 + 1249 \ln[\text{Terugkeertijd}]$) om de andere Rijntakken te ontlasten. Vanaf $7900 \text{ m}^3/\text{s}$ Rijnaftervoer stijgt de verdeelsleutel op de IJsselkop vanaf 15.4 % zodanig geleidelijk (lineair), dat tijdens de Rijnaftervoertop er precies $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ extra wordt afgevoerd naar de IJssel. Bij een vaste verdeelsleutel van 15.4% zou $2570 \text{ m}^3/\text{s}$ via de IJsselkop stromen. In de nieuwe situatie wordt dat $3570 \text{ m}^3/\text{s}$. De verdeelsleutel op de IJsselkop is dan te schrijven als functie van de Rijnaftervoer: $\text{Verdeelsleutel} = 15.4\% + 1000 / 16650 \times (\text{Rijnaftervoer} - 7900) / (16650 - 7900) \times 100\%$. Bij Rijnaftervoer $7900 \text{ m}^3/\text{s}$ is de verdeelsleutel 15.4 % en bij $16650 \text{ m}^3/\text{s}$ is de verdeelsleutel 21.4 % geworden (IJsselkop $3570 \text{ m}^3/\text{s}$).

Omdat een groene rivier voor Kampen alleen zoden aan de dijk zet wanneer hierdoor maximaal een substantieel deel van de $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ kan worden afgeleid, is er hier van uitgegaan dat $500 \text{ m}^3/\text{s}$ maximaal via de groene rivier naar het Randmeer stroomt en de overige $3570 - 500 = 3070 \text{ m}^3/\text{s}$ IJsselkop-afvoer via Kampen naar het Ketelmeer stroomt (exclusief de laterale toevoer op de IJssel). Deze afvoer op de IJsselkop vindt plaats wanneer de Rijnaftervoer $12.300 \text{ m}^3/\text{s}$ is geworden (de verdeelsleutel is dan 18.4 %; zie bovenstaande relatie). Vanaf dat moment moet de groene rivier in werking gaan treden en de verdere toename van de IJsselafvoer op de IJsselkop geheel tot zich gaan nemen.

Om het moment te bepalen waarop dit gebeurt en hoe lang de groene rivier bij benadering in werking moet zijn, moet de afvoergolf bekend zijn. De afvoergolf van de Rijn kan goed benaderd worden door een trapeziumvormig verloop in de tijd met als tijdbasis een maand (31 dagen). De voorflank duurt 15 dagen, de topafvoer 1 dag en de achterflank wederom 15 dagen. Een Rijnaftervoer van $12.300 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt bereikt na $12300/16650 \times 15 = 11$ dagen (4 dagen voor de top). De groene rivier is dan ongeveer 9 dagen in werking ($2 \times 4 + 1$) om de IJsselkopafvoer via Kampen tot $3070 \text{ m}^3/\text{s}$ te beperken.

Waterstandsstijging Randmeer zonder lozingscapaciteit naar Markermeer en IJsselmeer

Om een eerste indruk te krijgen van de orde grootte van de maximale snelheid van peilstijging op het Randmeer wordt gekeken naar de 3 dagen rond de afvoertop. Een dag voor- en na de top bedraagt de Rijnaftervoer $14/15 \times 16650 = 15540 \text{ m}^3/\text{s}$. De afvoer op de IJsselkop is dan 20.6 % (5.2 % extra t.o.v. de vaste sleutel van 15.4 %). Dit is $815 \text{ m}^3/\text{s}$ extra (begin van dag 14 en einde dag 16). Op de topdag zelf is de extra IJsselafvoer uiteraard $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Over de periode van 3 dagen is de extra IJsselafvoer gemiddeld $935 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit is praktisch nog steeds de maximale extra IJsselafvoer. Voor een schatting van de peilstijging in 3 dagen op het Randmeer kan dus nog steeds $500 \text{ m}^3/\text{s}$ worden aangehouden.

In WINBOS-BEKKENWIN is de totale bergende oppervlakte van het Drontermeer en Veluwemeer 39.5 km^2 . Het Wolderwijd en Nuldernauw beslaat 25.6 km^2 . Er wordt uitgegaan van één groot Randmeer met een bergende oppervlakte van 65.1 km^2 . De groene rivier is 7 km lang en 0.2 km breed gedacht, d.w.z. 1.4 km^2 . Er wordt uitgegaan van een totale bergende oppervlakte van 66.5 km^2 . Een

afleidingsdebiet van 500 m³/s gedurende 3 dagen is een volume van bijna 130 miljoen m³. Verdeeld over 66.5 km² is dit een waterkolom van bijna 2 meter (1.95 m).

Deze waterkolom komt bovenop het meerpeil van het Randmeer ten tijde van een topafvoer van de Rijn en IJssel. Tijdens een topafvoer van de IJssel is het IJsselmeerpeil relatief hoog. In de WIN-studie is uitgegaan van een frequentie 1/100 keer per jaar om de correlatie tussen meerpeil en afvoer in rekening te brengen. Voor het Markermeer/Eem-Gooimeer wordt nu hetzelfde uitgangspunt gehanteerd).

Voor het klimaatscenario 2 °C zichtjaar 2100 is het 1/100 meerpeil op het Randmeer NAP +0.43 m (identiek aan dat voor het Markermeer). Hierbij is bij de BEKKEN-WIN berekeningen wel uitgegaan van een afvoermogelijkheid bij Nijkerk en Roggebotsluis, terwijl voor de groene rivier is aangenomen dat dit nu even niet meer kan. Dit betekent dat het meerpeil in het Randmeer in 3 dagen gestegen zal zijn tot bijna NAP +2.4 meter. En dit zijn nog maar de 3 topdagen van de in totaal 9 dagen dat de groene rivier zal werken. Tussen Harderwijk en de Sallanddijk aan de oude landzijde ligt het maaiveld op ongeveer NAP +1.30 m. Zonder maatregelen zal dit gebied dus flink inunderen. De inundatie van Kampen wordt als het ware verplaatst/ingeruild tegen inundatie Harderwijk/Elburg – afwentelen.

Waterstandsstijging Randmeer met lozingscapaciteit naar Markermeer en IJsselmeer

Tijdens topafvoer van de IJssel is het 1/100 IJsselmeerpeil NAP +1.02 meter. Bij een harde NW wind Bft 7 (15 m/s) is de waterstand op het Vossemeer bij Roggebotsluis NAP +1.52 m. Voor het Eem-Gooimeer bij Nijkerk is het meerpeil NAP +0.43 m en de wind-opgezette waterstand NAP +0.79 m. De sluis bij Nijkerk is 60 m breed en bij Roggebotsluis slechts 10 m breed. De spuimogelijkheden bij Nijkerk zijn dus vele malen gunstiger. Er wordt vanuit gegaan dat ook na peilstijging in het Randmeer er bij Roggebotsluis niet zal worden geloosd. Bovendien is de peilstijging in het Markermeer door extra aanvoer van maximaal 500 m³/s bij de onderstaande beschouwing genegeerd. Onderstaande conclusies zijn dan ook aan de optimistische kant.

Voor de benedenstroomse waterstand bij Nijkerk wordt aangenomen dat bij lozing van 500 m³/s (in de huidige situatie kan er via de Nijkerkerspuihuizen maximaal zo'n 140 m³/s) naast de windopzet er nog 0.1 meter stromingsopzet zal zijn (nauwe delen Eem-Gooimeer). Voor de bovenstroomse zijde in het Nuldernauw over een lengte van 10 km wordt dit op 0.2 m geschat.

Het benodigde verval in de Nijkerkersluis om een afvoer van 500 m³/s te realiseren (even afgezien van de interne afvoer) is 0.48 meter (breedte 60 m, afvoercoëfficiënt 0.8, drempel NAP -2.5 m, benedenstand NAP +0.9 meter en dus waterdiepte 3.4 m). De waterstand in het Randmeer ter hoogte van het Wolderwijd is dan NAP + 1.6 m (0.9 + 0.5 + 0.2). Dit is een meerpeilstijging van ongeveer 1.15 meter (peil was NAP +0.43 m). Deze peilstijging is ruim binnen de eerder beschouwde 3 dagen bereikt, namelijk 1.8 dag. Daarna kan en behoeft het peil niet meer te stijgen.

Opmerking 1: bij Roggebotsluis is dan nauwelijks verval; de aanname dat hier nauwelijks iets geloosd kan worden is juist

Opmerking 2: de afvoercoëfficiënt in Winbos was 0.6 omdat de sluis beperkt geopend is bij lagere afvoeren. Een extra afvoer van 500 m³/s is natuurlijk iets anders. Daarom is de afvoercoëfficiënt verhoogd tot 0.8.

Door de vernauwing bij Harderwijk zal ook nog enig verval optreden zodat de waterstand ten noorden van Harderwijk iets boven de NAP +1.6 m zal komen. In ieder geval nog steeds meer dan 0.3 m boven het maaiveld van NAP +1.3 m ten noorden van Harderwijk. Er zijn dan nog steeds maatregelen nodig.

De maximale stroomsnelheid beneden Nijkerk is bijna 2.5 m/s (500 m³/s, 60 m breed en 3.4 m diep). Om de snelheid terug te brengen tot 0.25 m/s (factor 10) waarbij geen zandtransport meer optreedt, is een bodemverdediging nodig over ongeveer ruim 2 km.

Meerpeilstijging Markermeer t.g.v. afleiding maximaal 500 m³/s

De groene rivier is 9 dagen in werking. Even heel grof bekeken (geen exacte numerieke integratie van de golf): in 3 dagen lineair van nul naar 500 m³/s, 3 dagen op top en weer in 3 dagen af naar nul. Dit is $1000/3 = 333$ m³/s gemiddeld over 9 dagen. Dit is 260 miljoen m³. Het bergende oppervlak van het Markermeer is 750 km². Als het geloosde volume niet afgevoerd kan worden en dit kan zeker niet naar het IJsselmeer met een peil van NAP +1.02 meter, dan zal het Markermeerpeil 0.35 m stijgen. Of er

veel naar het NZK afgevoerd kan worden is maar de vraag. Voor de zogenaamde meerpeil gedomineerde dijklocaties op het Markermeer zou dit wel eens substantiële gevolgen kunnen hebben. Dit is nu niet verder uitgezocht.

Conclusie:

Afleiding van maximaal 500 m³/s naar het Randmeer is met de huidige spuinmiddelen bij Nijkerk problematisch. Maatregelen in het Randmeer blijven dan nodig. Mogelijk ook in het Markermeer.

Indien als uitgangspunt wordt gehanteerd dat er geen maatregelen in het Randmeer noodzakelijk zijn, d.w.z. dat het peil in de randmeren niet hoger mag komen dan NAP +1.30 m, kan er maximaal zo'n 200 m³/s door de groene rivier.

Opmerking: het is wenselijk om ook na te denken over de juridisch voetangels en klemmen i.v.m. de Wet op de Waterkering. Als meer dan de gemiddelde IJsselafvoer via de Randmeren naar het Markermeer stroomt, is het goed voor te stellen dat er door anderen/belanghebbenden legitieme aanknopingspunten zijn te vinden om het Randmeer ook te gaan zien als een primaire gevaarbron die dan opgenomen moet gaan worden in de Wet (denk aan perikelen rond IJburg). Door een voorgeschreven en wellicht zwaardere normstelling (in WINBOS 1/1000 aangehouden) zijn er ook effecten op de dijken te verwachten.

6.3.2 Uitmonding groene rivier op het Vossemeer

Indien de groene rivier uitmondt in het IJsselmeer krijgen we te maken met windinvloed. Dit houdt o.a. in dat de dijken langs de groene rivier voldoende hoog gemaakt moeten worden om de maatgevende hoogwaterstanden als gevolg van windinvloed te kunnen keren.

Omdat het Vossemeer in open verbinding staat met het IJsselmeer is er in principe geen beperking aan de hoeveelheid water die op het Vossemeer kan worden afgelaten.

6.4 Maalstop op Kadoelermeer en balgstuw Ramspol

Door de bouw van de balgstuw Ramspol nemen de frequenties van hoge waterstanden achter de kering af. De Kadoelerkeersluis wordt in de praktijk gesloten wanneer de waterstand bij Kadoelen boven de NAP +0.8 m komt. Voor het gemaal Smeenge (Noordoostpolder; Kadoelermeer) en Stroinck (Overijssel; Vollehovenmeer) geldt dan een maalstop. Tijdens de hoogwaterperiode van najaar 1998 is een sluitpeil van NAP +1.0 m geaccepteerd om een maalstop te voorkomen. Door de bouw van de balgstuw neemt de sluitfrequentie van de Kadoelerkeersluis af.

Tabel 3 Waterstanden (in m t.o.v. NAP) en overschrijdingsfrequenties (aantal keren per jaar) uit rekenresultaten MER-Ramspol Keersluis: Alternatief D (breedte keersluis 200 m en sluitpeil NAP +0.50 m)

Open situatie		Sluitpeil NAP +0.50 m	
-0.300	9.137e+00	-0.300	9.137e+00
-0.200	9.137e+00	-0.200	9.137e+00
-0.100	9.090e+00	-0.100	9.090e+00
-0.000	8.871e+00	-0.000	8.871e+00
0.100	8.384e+00	0.100	8.376e+00
0.200	5.513e+00	0.200	5.513e+00
0.300	4.211e+00	0.300	3.899e+00
0.400	2.805e+00	0.400	2.795e+00
0.500	2.273e+00	0.500	2.157e+00
0.600	1.289e+00	0.600	1.185e+00
0.700	8.244e-01	0.700	5.177e-01
0.800	5.739e-01	0.800	1.721e-01
0.900	4.013e-01	0.900	3.990e-02
1.000	2.766e-01	1.000	8.323e-03
1.100	1.929e-01	1.100	2.090e-03
1.200	1.276e-01	1.200	5.587e-04

1.300	9.272e-02	1.300	1.792e-04
1.400	5.219e-02	1.400	4.647e-05
1.500	3.755e-02		
1.600	2.210e-02		
1.700	1.324e-02		
1.800	7.011e-03		
1.900	3.504e-03		

In tabel 3 staan de frequentieverdelingen van de waterstanden uit van de MER-Ramspol voor de open situatie (de huidige situatie) en voor de nieuwe situatie met keersluis c.q. balgstuw. Voor de waterstanden c.q. sluitpeilen tussen NAP +0.8 m en NAP +1.0 m zijn de frequenties in tabel 4 nog eens samengevat.

Tabel 4. Sluitfrequentie Kadoelerkeersluis in aantal keren per 10 jaar

Sluitpeil in m t.o.v. NAP	Huidige situatie	Met Balgstuw
+0.8	5.7	1.70
+0.9	4.0	0.40
+1.0	2.8	0.08

Door de verhoging van het sluitpeil van NAP +0.8 m naar NAP +1.0 m neemt de sluitfrequentie van de Kadoelerkeersluis af van bijna 6 keer/10 jaar naar bijna 3 keer/10 jaar. Door de aanleg van de balgstuw wordt de frequentie nog verder verlaagd naar bijna 0.1 keer/10 jaar d.w.z. bijna 1 keer/100 jaar.

Het Waterbeheersplan Reest en Wieden en Zuiderzeeland zouden aan moeten geven wat voor hen een aanvaardbare maalstop-frequentie is m.b.t. de nadelige gevolgen in het achterland.

Conclusie:

Door de 0.2 m verhoging van het sluitpeil en de aanleg van de balgstuw neemt de sluitfrequentie van de Kadoelerkeersluis en daarmee een maalstop voor Smeenge en Stroinck met ongeveer een factor 70 af. De betekenis van een mogelijke bijdrage aan een verdere afname van deze frequentie door een Randmeer Noordoostpolder lijkt dan ook zeer beperkt en wellicht marginaal.

6.5 Invloed IJsselafvoer op waterstanden in Zwarte Meer, Zwarte Water en Vecht

Teneinde een goede inschatting te kunnen maken van de benodigde capaciteit voor de modellering van de Vechtdelta, is in maart 2000 nagegaan of het (bestaande) probabilistische model voor de IJsseldelta "gekopieerd" kan en mag worden naar een probabilistisch model voor de Vechtdelta. Het al dan niet kunnen aanwenden van het probabilistisch model van de IJsseldelta, wordt bepaald door de mate waarin de IJsselafvoer invloed heeft op de watersystemen het Zwarte Meer, het Zwarte Water en de Vecht. Indien deze invloed namelijk significant is, dient de IJsselafvoer als extra stochast in het probabilistisch model van de Vechtdelta te worden opgenomen. In dit geval mag het probabilistisch model van de IJsseldelta niet gebruikt worden voor de Vechtdelta en dient er een nieuw model ontwikkeld te worden.

Om na te gaan in hoeverre de IJsselafvoer de waterstanden van de hierboven genoemde watersystemen beïnvloedt, is m.b.v. een numeriek model een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daartoe is gebruik gemaakt van een één-dimensionaal SOBEK-model van de Vecht. In dit model, dat uitvoerig beschreven is in Klopstra en Vermeer (1996), zijn behalve de Vecht ook het Zwarte Water, het Zwarte Meer, het Ketelmeer, het IJsselmeer en de Sallandse Weteringen geschematiseerd. Hoewel deze watersystemen veelal zeer grof geschematiseerd zijn, is het model voor de uit te voeren gevoeligheidsanalyse voldoende nauwkeurig en betrouwbaar. Kort gezegd komt de gevoeligheidsanalyse neer op het berekenen van verschillen in waterstanden t.g.v. verhoogde IJsselafvoer in geval van een noordwester storm, met ongestuurde en gestuurde Ramspolkering. Tevens is berekend hoeveel langer de Ramspolkering (i.g.v. een storm) gesloten blijft als gevolg van een hogere IJsselafvoer.

Alvorens daadwerkelijk met de gevoeligheidsanalyse is aangevangen, is eerst nagegaan of de huidige model(parameter)instellingen correct³⁾ zijn. Daartoe is getracht de berekeningsresultaten, zoals die staan weergegeven in het rapport van Klopstra en Vermeer (1996), te reproduceren. Hoewel in de reproductieberekeningen de waterstanden ca. 20-30 cm lager waren dan de berekeningsresultaten uit het rapport van Klopstra en Vermeer betreffende het gebied bij Zwolle en de Sallandse Weteringen (van andere locaties zijn geen berekeningsresultaten ter vergelijking beschikbaar), bestaat er voldoende vertrouwen om het model aan te wenden voor het gevoeligheidsonderzoek. Dit vertrouwen wordt versterkt door het feit dat de berekende maximum waterstanden bij verschillende stormen, zoals weergegeven in figuur 3.3 uit het eerdergenoemde rapport, zeer goed gereproduceerd zijn.

Korte beschrijving instellingen modelparameters in de gevoeligheidsanalyse

Bij de berekeningen zijn als bovenrandvoorwaarden een Vechtafvoer van 40 m³/s (1/1 jaar) en een afvoer van 25 m³/s (1/1 jaar) voor de Sallandse Weteringen gekozen. Als benedenrandvoorwaarde is het winterstreefpeil van het IJsselmeer gekozen, te weten NAP -0.40 m. Als beginconditie is gesteld dat overal in het model de waterstand 0.50 m is (overeenkomstig Klopstra en Vermeer, 1996). Verder zijn de afvoeren van alle laterale instromen in het model gelijk gesteld aan nul. Derhalve stroomt er (i.g.v. een open Ramspolkering) 65 m³/s water vanuit het Zwarte Water en het Zwarte Meer het Ketelmeer in. Wat betreft de ruwheden is er niets veranderd t.o.v. de instellingen uit het rapport.

De IJsselaafvoer is als laterale instroom toegevoegd aan het model (in het oorspronkelijke model was deze niet aanwezig). Er zijn berekeningen gemaakt voor een IJsselaafvoer van 0, 750 en 2500 m³/s. In de berekeningen neemt de IJsselaafvoer (lineair) toe van 0 naar zijn maximum waarde (750 of 2500 m³/s) in 3 dagen tijd.

Wat betreft de storm is er gekozen voor een storm uit west-noordwestelijke richting (300°), daar voor die windrichting er ter plaatse van de Ramspolkering de meeste opstuwing vanuit het IJsselmeer (Ketelmeer) plaatsvindt. In de studie van Klopstra en Vermeer is, weliswaar op niet volledig probabilistische wijze, vastgesteld dat 300° de voor de waterstanden maatgevende windrichting is. In de berekeningen met wind neemt de windsnelheid in 12 uur (lineair) toe van 0 tot 27 m/s (1/100 jaar windsnelheid). Deze waarde blijft gedurende 12 uur constant, waarna deze weer afneemt tot 0 in een halve dag tijd. Er is ervoor gekozen om het model eerst te laten inspelen zonder wind (maar met IJsselaafvoer). Pas wanneer het model volledig is ingespeeld, wordt de wind in het model "aangezet". Er zijn sommen gemaakt waarbij de Ramspolkering permanent geopend is. Indien de kering wel wordt bediend, sluit deze bij waterstanden hoger dan NAP +0.5 m.

Beschrijving gevoeligheidsanalyse

In de gevoeligheidsanalyse zijn twee series sommen gemaakt::

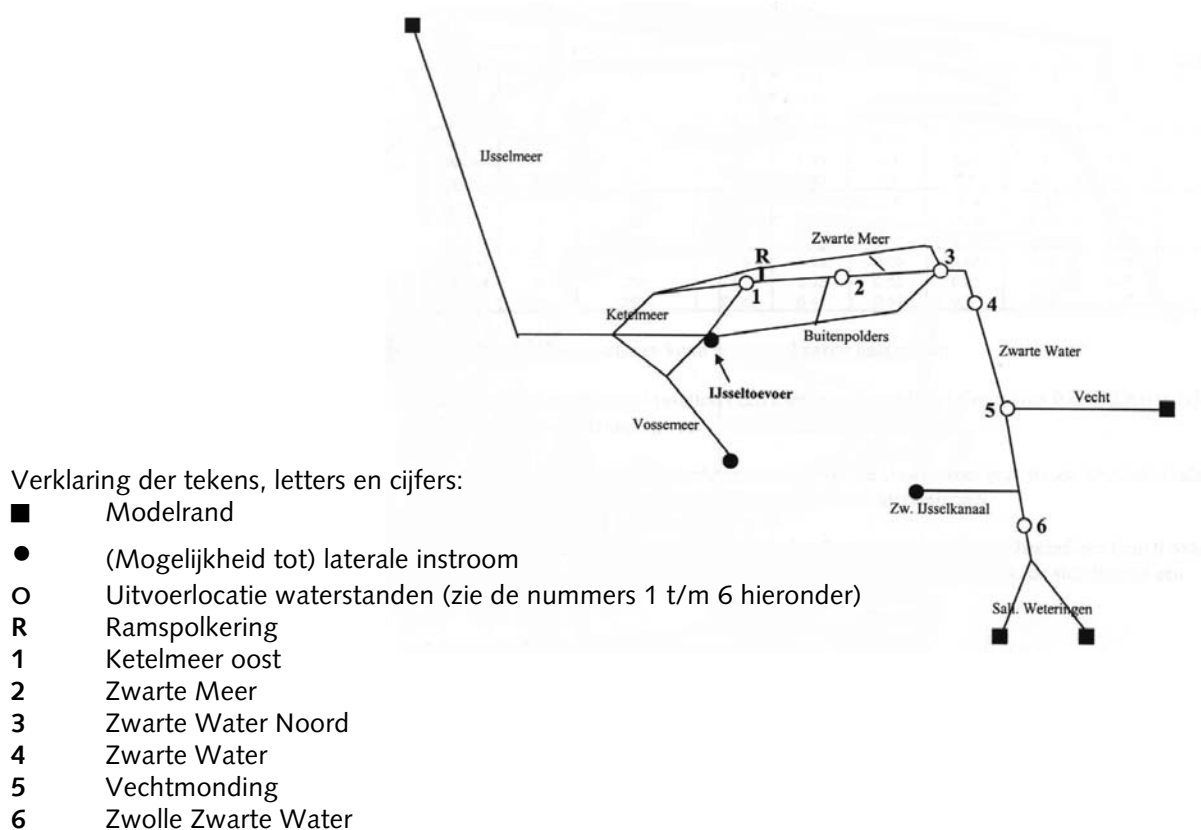
- een serie waarbij de Ramspolkering permanent geopend is en
- een serie waarbij de kering sluit zodra de waterstand nabij de kering de NAP +0.5 m overschrijdt.

Binnen elke serie zijn sommen gemaakt waarbij de IJsselaafvoer achtereenvolgens 0, 750 en 2500 m³/s bedraagt, één keer zonder wind en één keer met wind (noordwesterstorm, windrichting 300°, windsnelheid 27 m/s). Derhalve bedraagt het totaal aantal sommen van de gevoeligheidsanalyse: 2 x 2 x 3 = 12 sommen. Uiteindelijk zijn er 3 sommen minder gemaakt, aangezien de kering zonder wind niet sluit.

In het model zijn zes uitvoerlocaties voor waterstanden gedefinieerd. In figuur 12 staat in hoofdlijnen de modelschematisatie weergegeven. De zes uitvoerlocaties staan erin weergegeven. Vermeld dient te worden dat slechts een aantal takken en knopen zijn weergegeven en dat het model niet op schaal is getekend.

³⁾ In de modelcode kunnen namelijk diverse instellingen gewijzigd zijn. Hoewel in het rapport van Klopstra en Vermeer (1996) de ijking beschreven staat, is niet meer te achterhalen wat nu precies de randvoorwaarden alsmede de (oorspronkelijke) instellingen van de diverse modelparameters geweest zijn.

Figuur 12 Gebruikte modelschematisatie



Berekeningsresultaten gevoeligheidsanalyse

De resultaten van de diverse berekeningen zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Resultaten berekeningen

Kering	$u^{*})$ in m/s	$Q_{(ijssel)}$ in m^3/s	h_1 in m	h_2 in m	h_3 in m	h_4 in m	h_5 in m	h_6 in m	kering gesloten in uur
open	0	0	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.21	-0.11	n.v.t.
open	0	750	-0.31	-0.31	-0.31	-0.26	-0.15	-0.11	n.v.t.
open	0	2500	0.12	0.12	0.12	0.14	0.20	0.23	n.v.t.
open	27	0	1.88	1.93	2.07	2.25	2.45	2.50	n.v.t.
open	27	750	1.92	1.95	2.10	2.27	2.49	2.55	n.v.t.
open	27	2500	1.98	2.03	2.20	2.40	2.60	2.65	n.v.t.
bediend	0	0	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.21	-0.11	0
bediend	0	750	-0.31	-0.31	-0.31	-0.26	-0.15	-0.11	0
bediend	0	2500	0.12	0.12	0.12	0.14	0.20	0.23	0
bediend	27	0	2.06	0.33	0.55	0.63	1.18	1.28	21
bediend	27	750	2.09	0.36	0.55	0.61	1.17	1.27	23
bediend	27	2500	2.16	0.41	0.59	0.74	1.26	1.36	28

^{*)} u = windsnelheid in m/s

Uit de berekeningsresultaten komt een aantal zaken naar voren:

- in de situatie zonder wind resulteert een toename van de IJsselafvoer (van 0 naar 2500 m^3/s) in ca. 50 cm waterstandsverhoging voor de betreffende watersystemen.

- in de situatie met wind resulteert een toename van de IJsselaflow (van 0 naar 2500 m³/s) slechts in ca. 10 cm waterstandsverhoging voor de betreffende watersystemen.
- in de situatie dat de kering bediend wordt, heeft een toename van de IJsselaflow (van 0 naar 2500 m³/s) tot gevolg dat de Ramspolkering 7 uur langer gesloten blijft (t.o.v. de situatie met een IJsselaflow van 0 m³/s).

Discussie berekeningsresultaten

Het 7 uur langer gesloten blijven van de Ramspolkering (i.g.v. IJsselaflow=2500 m³/s) suggereert dat de IJssel een grote invloed heeft op de watersystemen achter de Ramspolkering. Het resultaat van deze berekening is weliswaar bij een stormduur van 12 uur, maar ook in geval van een stormduur van 3 uur blijft de kering bij zeer hoge IJsselaflow ca. 7 uur langer gesloten (te weten 15 uur i.g.v. $Q(IJssel)=0$ en 22 uur i.g.v. $Q(IJssel)=2500$ m³/s). Hierbij dient in gedachten te worden gehouden dat het verschil in sluitingsduur berekend is t.o.v. een IJsselaflow van 0 m³/s, terwijl ca. 300 m³/s de gemiddelde afvoer is.

Wanneer echter gekeken wordt naar het effect op de waterstand t.g.v. een verhoging van de IJsselaflow, kan gesteld worden dat de waterstandsverhoging i.g.v. de stormsituatie gering is.

Slotconclusies

De invloed van de IJsselaflow (i.g.v. zeer grote afvoer) op de waterstanden van het Zwarte Meer, het Zwarte Water en de Vecht (i.g.v. een stormsituatie) is dusdanig klein, dat de IJsselaflow NIET als extra stochast in het probabilistisch model van de Vechtdelta behoeft te worden meegenomen. Oftewel, er kan c.q. mag worden volstaan met kopiëren van het probabilistisch model van de IJsseldelta tot een probabilistisch model voor de Vechtdelta.

6.6 Relatie tussen IJsselmeerpeil en waterstanden op/afvoer over de IJssel

Laten we er eens vanuit gaan dat het peil in het IJsselmeer op een lager niveau zou kunnen worden gebracht. Hoe je dat zou moeten doen laten we in deze rapportage even buiten beschouwing. Maar stel dat dit lukt, dan resten er twee vragen: 1) tot hoever werkt het IJsselmeerpeil bovenstrooms op de IJssel door en 2) kun je met een ander IJsselmeerpeil de afvoerverdeling op de IJsselkop beïnvloeden.

De eerste vraag kunnen we simpelweg beantwoorden door te kijken naar de halveringslengte van het effect van maatregelen (in dit geval het omlaag trekken van het IJsselmeerpeil). Met de halveringslengte gelijk aan de evenwichtsdiepte gedeeld door drie maal het verhang, en met een evenwichtsdiepte van pakweg 8 m en een verhang van 10⁻⁴ komen we grofweg op zo'n 30 km. Met een afstand van de IJsselkop tot de IJsselmonding van zo'n 100 km is er dus niets aan de hand op de IJsselkop.

In de RvR studie en de Spankrachtstudie zijn diverse berekeningen uitgevoerd. De in RvR gehanteerde methode is heel simpel, e.e.a. in lijn met het globale karakter van de RvR-studie. De resultaten van de Spankrachtstudie afgeleid uit WAQUA-berekeningen op basis van het geactualiseerde WAQUA-model. Helaas is een eenduidig plaatje met het effect van de IJsselmeerstanden op de IJssel niet rechtstreeks beschikbaar.

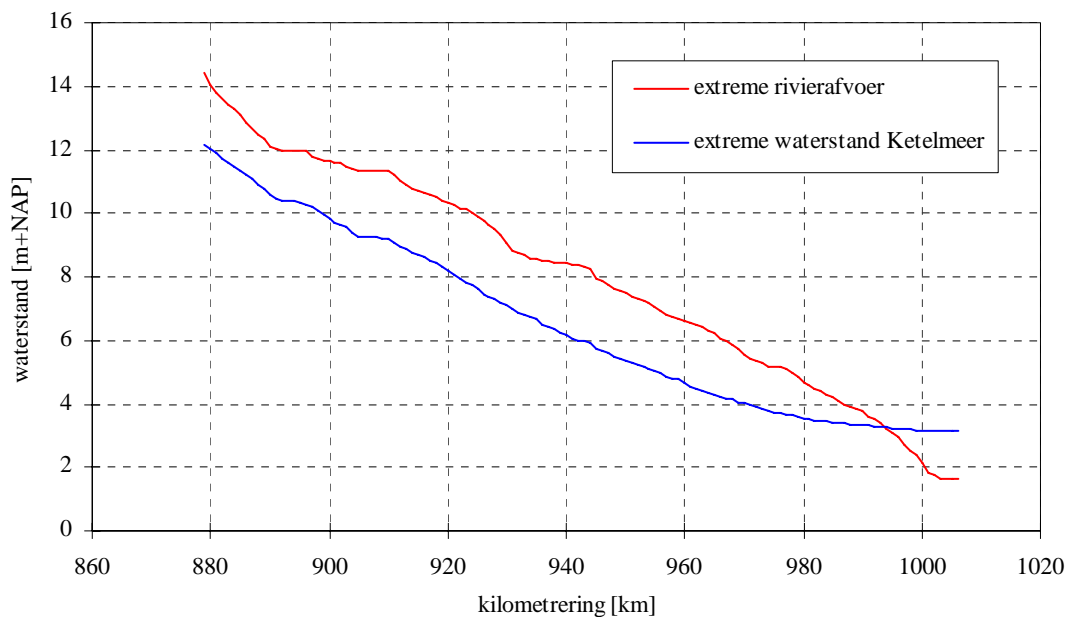
In de Spankrachtstudie is een serie van mogelijke extra afvoeren via de IJssel beschouwd. Deze serie loopt van 0 m³/s extra tot 3.000 m³/s extra via de IJssel. Met het geactualiseerde WAQUA-model zijn voor de IJsseldelta twee typen berekeningen uitgevoerd:

1. belastinggeval Q: een extreme IJsselaflow (1/2000 per jaar) gecombineerd met een normale waterstand op het Ketelmeer (1/1 per jaar); en
2. belastinggeval H: een normale IJsselaflow (1/1 per jaar) gecombineerd met een extreme waterstand op het Ketelmeer (1/2000 per jaar).

Als vergelijkingsbasis zijn de MHW-standen uit het Randvoorwaardenboek 1996 gebruikt.

In figuur 13 zijn de resulterende waterstanden voor de IJssel(delta) gegeven.

Figuur 13 Berekende waterstanden voor de IJsseldelta (Spankrachtstudie)



Uit figuur 13 valt af te leiden dat de hoogte van het IJsselmeerpeil in de benedenstroomse IJsseldelta effect heeft op de waterstanden van de IJssel. Bovenstrooms is echter de afvoer over de IJssel maatgevend.

In het project Waterhuishouding in het Natte Hart (WIN) is o.a. gekeken naar de effecten van een veranderend IJsselmeerpeil op de IJsseldelta en het Zwarte Water. Hiertoe zijn t.b.v. het WINBOS instrumentarium de modellen YSSELWIN en VECHTWIN ontwikkeld.

In het WINBOS instrumentarium is voor de IJsseldelta een zogenaamde belastinggevallen methode toegepast analoog aan de gebruikte methode voor het Randvoorwaardenboek 1996. Voor het randvoorwaardenboek was het voldoende om rekening te houden met 2 belastinggevallen terwijl vanwege zeespiegelrijzing voor WINBOS rekening is gehouden met 3 belastinggevallen, waarbij wind, afvoer en meerpeil ieder een rol spelen. Een belastinggeval bestaat uit één dominante gebeurtenis met een extreem kleine frequentie van optreden, gelijk aan de vereiste veiligheidsnorm (in de benedenloop van de IJssel 1/2000 keer per jaar) in combinatie met twee ondergeschikte minder zeldzame gebeurtenissen. Deze drie belastinggevallen hebben ieder afzonderlijk een frequentie van voorkomen van eens in de 2000 jaar (1/2000).

De drie belastinggevallen zijn:

- WIND
frequentie van 1/2000 overeenkomend met een windsnelheid van 34.5 m/s in combinatie met een IJsselaafvoer die eens per jaar voorkomt en een gemiddeld IJsselmeerpeil in de winter;
- AFVOER
frequentie van 1/2000 overeenkomend met een IJsselaafvoer van 2450 m³/s in combinatie met een t.g.v. extreme afvoer sterk verhoogd IJsselmeerpeil (frequentie van eens in de 100 jaar en een harde wind van 15 m/s;
- MEERPEIL
frequentie van 1/2000, in de huidige situatie overeenkomend met een peil van NAP +0.96 m in combinatie met een sterk verhoogde IJsselaafvoer van 2000 m³/s en een harde wind van 15 m/s.

De kentallen van de drie belastinggevallen zijn samengevat in tabel 6.

Tabel 6 Kentallen dominante belastinggevallen voor de huidige situatie

	Dominant belastinggeval		
	Wind	Afvoer	Meerpeil
Windsnelheid in m/s	34.5	15.0	15.0
IJsselafvoer in m ³ /s	840	2450	2000
Meerpeil in winter in m t.o.v. NAP	-0.28	+0.55	+0.96

Ten behoeve van WIN en de probleemverkenning IJssel- en Vechtdelta zijn diverse klimaatscenario's doorgerekend. Om het effect van het IJsselmeerpeil op de waterstanden van de IJssel aan te kunnen geven wordt hier uitgegaan van een tweetal berekeningen:

Som 1 Huidige situatie met de kentallen van tabel 6

Som 2 Huidige situatie waarbij voor de meerpeilen de situatie van 2050 bij het centrale klimaatscenario zijn gehanteerd. De kentallen voor wind en IJsselafvoer blijven ongewijzigd. Voor de meerpeilen geldt dan:

Meerpeil in winter in m t.o.v. NAP	-0.16	+0.92	+1.47
------------------------------------	-------	-------	-------

In het model worden de waterstanden op de IJssel berekend over het traject van kmraai 974 (Hattem) tot aan de kmraai 1002 (monding Kattendiep). De resultaten van de beide berekeningen staan weergegeven in tabel 7.

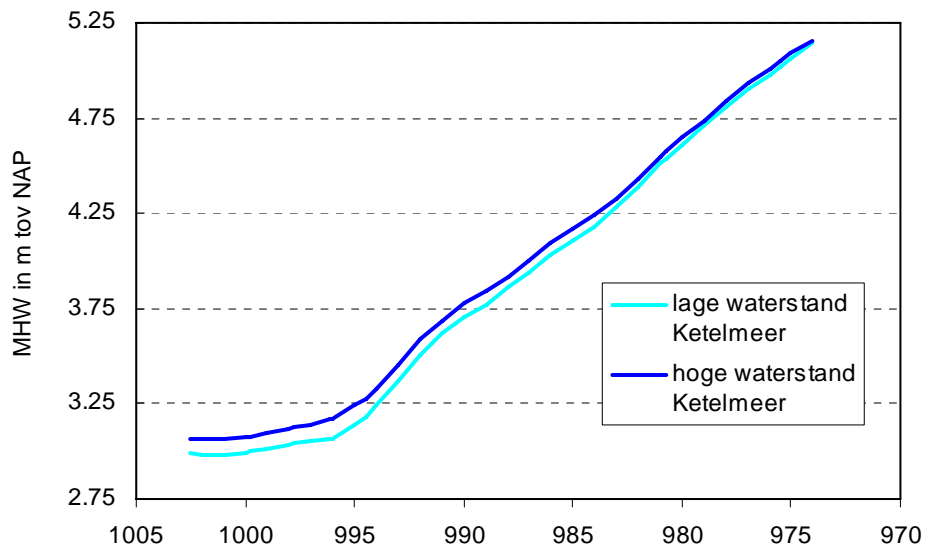
Tabel 7 Resultaten van de berekeningen

Kmpaal IJssel	Locatie	Dominante waterstanden in m t.o.v. NAP som 1			Dominante waterstanden in m t.o.v. NAP som 2		
		WIND	MEERPEIL	AFVOER	WIND	MEERPEIL	AFVOER
1002	Monding Keteldiep	2.98	1.58	1.34	3.06	2.01	1.60
1001	-	2.98	1.72	1.59	3.05	2.10	1.80
1000	-	2.99	1.92	1.93	3.07	2.26	2.09
999	Zuiveringsinstallatie	3.01	2.10	2.20	3.09	2.40	2.32
998	-	3.03	2.24	2.40	3.11	2.51	2.51
997	-	3.04	2.39	2.60	3.11	2.63	2.69
996	Kampen	3.03	2.53	2.79	3.11	2.76	2.88
995	-	3.04	2.66	2.96	3.11	2.87	3.04
994	-	3.06	2.8	3.12	3.12	2.99	3.19
993	-	3.08	2.94	3.29	3.14	3.11	3.35
992	-	3.11	3.08	3.46	3.17	3.24	3.51
991	Wilsum	3.15	3.19	3.58	3.21	3.34	3.63
990	-	3.20	3.28	3.67	3.26	3.41	3.71
989	De Zande	3.27	3.35	3.73	3.33	3.48	3.78
988	-	3.31	3.44	3.82	3.37	3.56	3.87
987	-	3.36	3.52	3.91	3.42	3.63	3.95
986	-	3.41	3.60	4.00	3.46	3.71	4.04
985	-	3.45	3.68	4.08	3.50	3.78	4.12
984	Zalk	3.49	3.75	4.16	3.55	3.85	4.20
983	-	3.55	3.84	4.26	3.6	3.93	4.30
982	-	3.61	3.94	4.37	3.66	4.03	4.40
981	-	3.67	4.05	4.49	3.72	4.13	4.51
980	Zwolle Katerveer	3.74	4.15	4.60	3.79	4.22	4.62
979	-	3.82	4.24	4.70	3.87	4.31	4.72
978	-	3.90	4.34	4.79	3.94	4.40	4.81
977	Hattem	3.98	4.42	4.88	4.03	4.48	4.90
976	-	4.07	4.51	4.97	4.12	4.56	4.99
975	-	4.16	4.60	5.05	4.21	4.64	5.07
974	Hoenwaard	4.26	4.68	5.13	4.31	4.72	5.15

Op basis van deze uitkomsten blijkt dat de waterstand bij de IJsselmonding toeneemt met zo'n 8 cm (wind gedomineerd) tot 43 (meerpeil gedomineerd). In de buurt van Zwolle/Hoenwaard is het effect van de benedenwaterstand aardig uitgedempd; variërend van 2 cm (afvoer gedomineerd) tot 5 cm (wind gedomineerd).

De maatgevende hoogwaterstand in de IJsseldelta is een combinatie van de drie eerder genoemde belastinggevallen. De berekende maatgevende hoogwaterstand voor de beide sommen (lage en hoge waterstand op het Ketelmeer) is gegeven in figuur 14. Rond Kampen is het verschil zo'n 10 cm en bij Zwolle is dit afgenomen tot 2 cm.

Figuur 14 Berekende Maatgevende Hoogwaterstanden voor de IJsseldelta (WIN studie)



Conclusie

Met een verlaging van het IJsselmeerpeil (hoe je dat ook voor elkaar krijgt) trek je niet meer afvoer over de IJssel en is de afvoerverdeling niet te beïnvloeden.

Veiligheidshalve kunnen we zeggen dat rond Wijhe het echt wel ophoudt met de invloed van het IJsselmeerpeil.

7 Kosten

In bijlage 2 zijn de voorgestelde oplossingsrichtingen nog eens kort samengevat in een tabel. In deze tabel is, voor zover bekend, aangegeven welke de maximale MHW winst van een maatregel is, alsmede een schatting van de kosten.

In de Spankrachtstudie worden de kosten geactualiseerd. Kostenposten waar nieuwe informatie voor beschikbaar is of waarvoor de inzichten zijn veranderd zijn daarop aangepast. In deze rapportage zijn de kosten uit de Spankrachtstudie overgenomen, zoals is verwoord in de notitie "**Spankrachtstudie: kosten van maatregelen**" door Paul Baan en wel de versie van september 2001 en de "*Tussenversie Blokkendoos Spankrachtstudie versie 1.02*".

Daar op het moment van schrijven de Spankrachtstudie nog niet is afgerond is het mogelijk dat er nog wijzigingen in de kosten kunnen optreden.

De kosten omvatten de uitgaven van uitvoering en van exploitatie, beheer en onderhoud. Kosten kunnen in verschillende eenheden worden weergegeven: als jaarlijkse kosten of als eenmalige kosten. Daarnaast zijn keuzen mogelijk ten aanzien van het prijspeil, de tijdshorizon, het al dan niet meenemen van inflatie bij de kostenberekeningen en de disconteringsvoet voor het omrekenen van jaarlijkse kosten in contante waarden en omgekeerd. Voor de gehanteerde eenheidsprijzen wordt verwezen naar de eerder genoemde notitie "*Spankrachtstudie: kosten van maatregelen*".

In de Spankrachtstudie zijn de volgende keuzen gemaakt:

- Investeringskosten worden berekend voor het prijspeil medio 2001;
- Jaarlijkse kosten worden uitgedrukt in contante waarden voor het lopende jaar (en kunnen dan bij de investeringskosten worden opgeteld);
- Als tijdshorizon voor het meenemen van de jaarlijkse kosten wordt een periode van 50 jaar aangehouden;
- Voor het omrekenen van jaarlijkse kosten naar een contante waarde wordt een reële disconteringsvoet van 4% gebruikt.

In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de kosten per type maatregel.

7.1 Kostenberekening van maatregelen

Hier wordt kort ingegaan op enkele uitgangspunten die gehanteerd zijn bij de vaststelling van de kosten per type maatregel. Voor meer informatie wordt verwezen naar de notitie: "*Spankrachtstudie: kosten van maatregelen*" door Paul Baan, september 2001.

(Ramspol)kering bij Ketelbrug

In het MER rapport over Ramspol zijn de kosten voor de kering Ramspol geraamd op zo'n 100 miljoen euro. In deze rapportage is aangenomen dat de kosten voor een dergelijke kering bij de Ketelbrug minimaal drie keer zo duur is (zeer ruwe schatting).

Dijkverhoging

In de Spankrachtstudie zijn de kosten voor dijkverhoging onderverdeeld in drie klassen van verhoging, tot 20 cm, van 20 tot 60 cm en van 60 tot 100 cm. Voor de IJssel zijn de kosten geraamd op respectievelijk 0,5, 1,0 en 2,2 miljoen euro per km. Het gaat om gemiddelde cijfers. Voorzichtigheid blijft geboden als het om ramingen voor een enkel dijkvak gaat. Afhankelijk van de lokale situatie kunnen de werkelijke kosten afwijken van deze gemiddelde cijfers (notitie Baan van 28 januari 2002).

Retentiegebieden

Bij de aanleg van een retentiebekken spelen enkele discussiepunten. In hoeverre woningen en bedrijven in het retentiegebied moeten worden opgekocht hangt bijvoorbeeld af van de kans op onder water lopen. Als die kans relatief klein is dan is het economisch gunstiger om de schade bij onder water lopen te vergoeden. Bij de aanleg van een retentiebekken gelden de volgende uitgangspunten:

De kans op onder water lopen is klein. Het gebied behoudt zijn functies. Waardevolle gebieden als dorpskernen worden beschermd door het aanleggen van ringdijken. De woningen binnen

het retentiegebied dalen niet in waarde. De infrastructuur wordt niet aangepast. Economische schade als gevolg van het onder water lopen wordt vergoed.

In de Tussenversie Blokkendoos Spankrachtstudie zijn in de omgeving van Zwolle een drietal retentiegebieden opgenomen. Op basis van deze drie gebieden bedragen de (gemiddelde) kosten per ha zo'n 80.000 euro. Deze eenheidsprijs per ha is ook toegepast in het gebied langs de Vecht, Zwarte Water en Zwarte Meer.

Verlagen zomerbed

Bij het verlagen van het zomerbed in de IJsseldelta gaat het om zo'n 4 miljoen m³. De investeringskosten bedragen globaal 31 miljoen euro. De kosten van onderhoud zijn afhankelijk van de frequentie waarmee gebaggerd moet worden. In de Spankrachtstudie is gerekend met een onderhoudsfrequentie van eens in de tien jaar. De contante waarde van de onderhoudskosten is dan een factor 1.8 keer groter dan de investeringskosten.

Verlagen delen uiterwaard

De kosten van afgraven van uiterwaarden worden in sterke mate bepaald door de dikte van de verontreinigde bovenlaag in de uiterwaarden. In de Tussenversie Blokkendoos Spankrachtstudie wordt voor de IJsseldelta uitgegaan van zo'n 190.000 euro per ha (variant AM1).

Groene rivier

De kostenposten bij het aanleggen van een groene rivier en de discussiepunten daarbij zijn vergelijkbaar met die bij het aanleggen van een retentiebekken. Bij de aanleg van een groene rivier gelden dan ook de volgende uitgangspunten:

De kans op onder water lopen is klein. Het gebied behoudt zijn functies. Langs de groene rivier worden aan weerszijden dijken aangelegd om het achterland te beschermen tegen overstroming. De woningen binnen het stroomgebied van de groene rivier dalen niet in waarde. De infrastructuur wordt niet aangepast. Economische schade door onder water lopen wordt vergoed.

Dijkverlegging

De kosten voor dijkverlegging lopen uiteen van zo'n 10 tot 30 miljoen euro per km dijk. De hoogte van de kosten is o.a afhankelijk van de aanwezigheid van bebouwing.

Voor de kosten van de maatregelen⁴ langs de Vecht, Zwarte Water en Zwarte Meer, voor zover het geen retentie betreft, wordt verwezen naar het rapport "Klimaat effecten in de Vechtdelta; verkenning mogelijke oplossingsrichtingen" (HKV, november 2001).

⁴ Het betreft de maatregelen i (verruiming winterbed Vecht), j (uitdiepen Zwarte Water), l (loskoppelen afvoer Sallandse weteringen naar de IJssel), p en q (omleidingen om Meppel).

8 Literatuur

Alberts, F.W. et al, 2001. Bouwstenen voor Spankracht; een overzicht van beschikbare ruimtelijke en technische maatregelen voor veilige opvang van toekomstige maatgevende Rijnafvoeren. Concept 10 augustus 2001.

Baan, P. Notitie Spankrachtstudie: kosten van maatregelen, september 2001, versie 3

Baan, P. Memo over nieuwe kosten van dijkverhogen, 28 januari 2002.

Blaakman, E.J. en R. Lisman, 1999. Achtergronden hydraulische belastingen dijken IJsselmeergebied; deelrapport 1 Gebruikershandleiding HYDRA_M, RIZA rapport 99.038

Bomas, B., M. Schropp, R. Westphal, A. Kors en A.J. Hebbink. Probleemverkenning IJssel- en Vechtdelta. RIZA werkdocument 2001.084x

Breukers, C.P.M. Probleemverkenning toekomstige waterhuishouding IJssel- en Vechtdelta; Aanzet tot een discussie, september 2001.

Breukers, C.P.M. en A.J. Hebbink, 2000. Eindnota WINBOS; instrumentarium waterhuishouding in 't Natte Hart, RIZA rapport nr. 2000.030

Discussienota Ruimte voor de Rivier, februari 2000.

Klopstra, D., K. Vermeer, J.M. van Noortwijk en H.J. Barneveld, 1996. Maatgevende waterstanden achter de Ramspolkering. HKV LIJN IN WATER PR016 maart 1996

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1999. Samenstelling en hydraulische effecten van inrichtingsalternatieven; RvR-rapport 99.05

Prijsvraaginzending Waterlandschap van de Toekomst. Meervoud, meer dan een randmeer.

Termes, A.P.P en D. Klopstra, 2001. Verkenning klimaateffecten in de Vechtdelta, HKV LIJN IN WATER PR474 september 2001.

Termes, A.P.P, 2001. Klimaateffecten in de Vechtdelta; verkenning mogelijke oplossingsrichtingen, HKV LIJN IN WATER PR506 november 2001.

WL, Delft Hydraulics, RIZA, 1999. Screening van maatregelen, RvR-rapport 99.04.

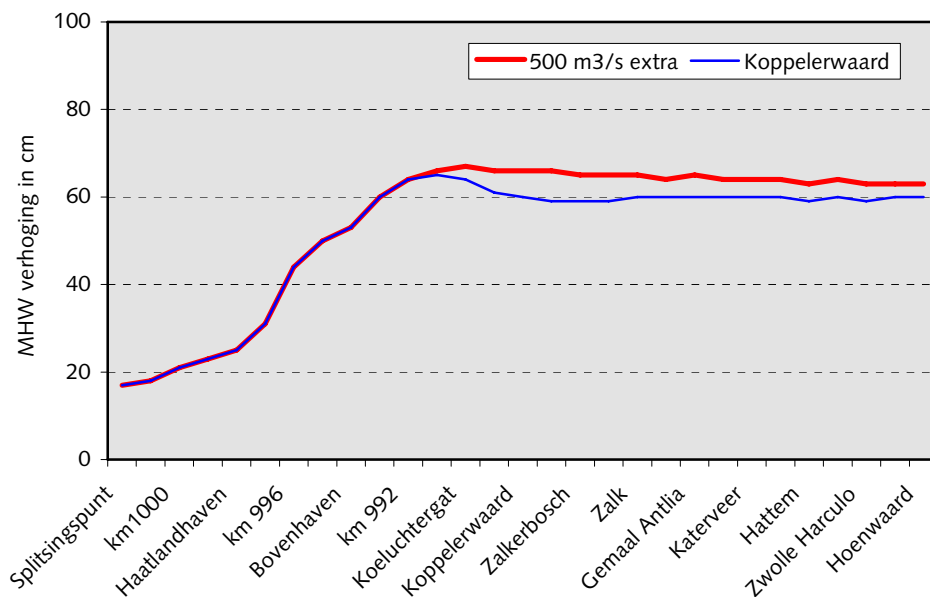
WL, Delft Hydraulics, RIZA, 2001. Tussenversie Blokkendoos Spankrachtstudie versie 1.02, november 2001.

Bijlage 1 Effecten maatregelen bij een extra afvoer over de IJssel van 500 m³/s

Uitgaande van het centrale klimaatscenario, met een toename van de winterneerslag (en regionale afvoer) van 12%, wordt 15% van de Rijnafvoer van 18.000 m³/s over de IJssel afgevoerd. De totale maatgevende afvoer van de IJssel is 2.800 m³/s, dit is 500 m³/s meer dan in de huidige situatie. In deze bijlage zijn de gevolgen voor de MHW's weergegeven.

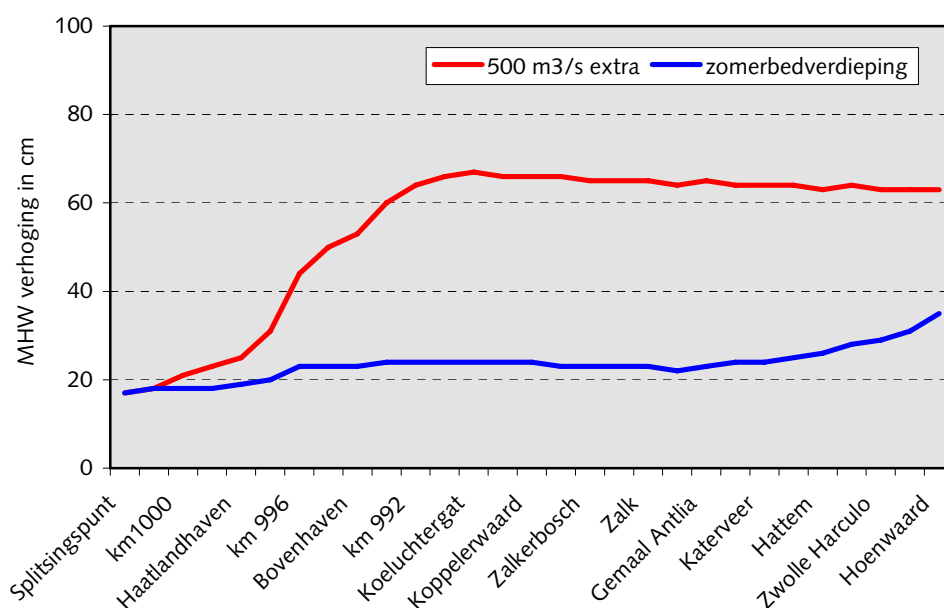
Verlaging Koppelerwaard

De Koppelerwaard (km 988-991) is verlaagd, gebaseerd op variant 7111-2 uit RvR-rapport 99.04. De gemiddelde verlaging bedraagt zo'n 2.0 m. Totaal volume vergraven is 2.18 miljoen m³. De ruwheid van de uiterwaard is niet aangepast. De berekende MHW verlaging (blauwe lijn) is weergegeven in onderstaande figuur.



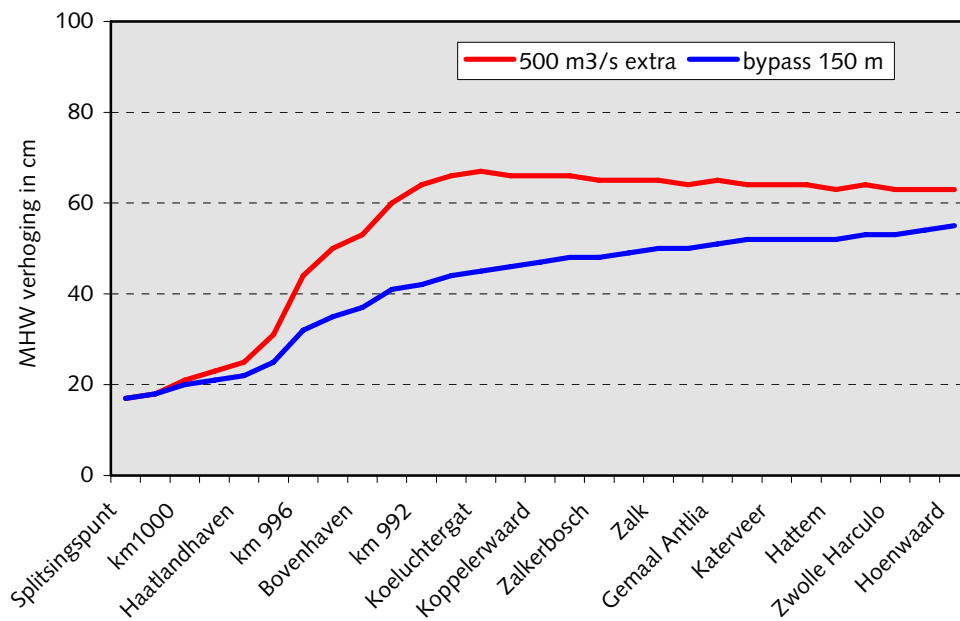
Zomerbedverdieping

Het betreft een verdieping van het zomerbed van de IJssel tussen km 980 (Zwolle Katerveer) en km 1002 (Splitsingspunt Keteldiep/Kattendiep). Er is uitgegaan van een verdieping met 1 meter. De berekende MHW verlaging is weergegeven in onderstaande figuur.



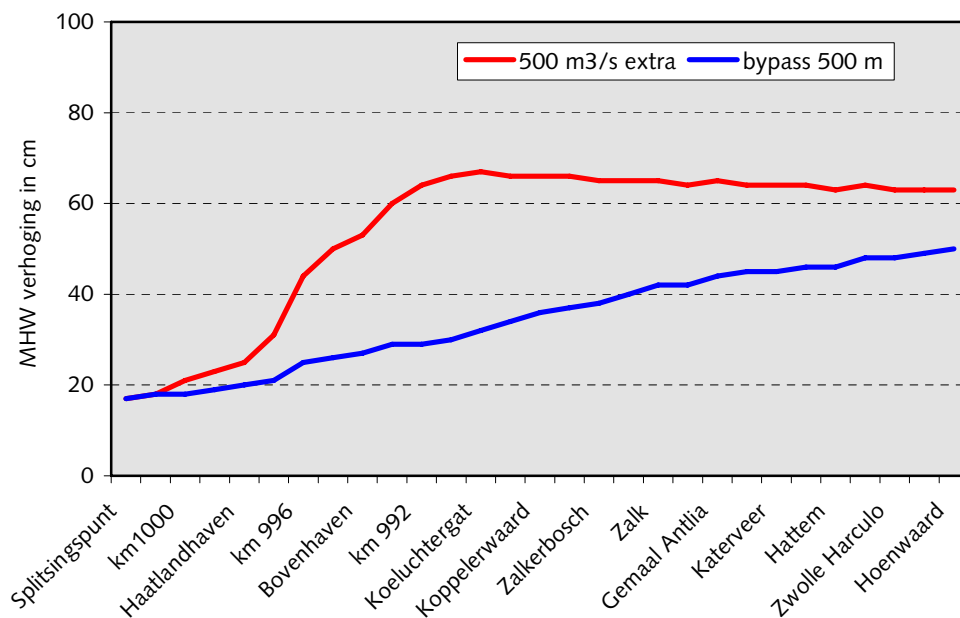
Groene rivier (150 m)

Een groene rivier (bypass) op km 992 met een vaste kruinhoogte van NAP +3.0 m en een breedte van 150 m. De groene rivier zelf is niet gedimensioneerd, maar aangenomen is dat de groene rivier groot genoeg is om het water dat over de kruin stroomt ook daadwerkelijk naar het Vossemeer dan wel Drontermeer af te kunnen voeren. De berekende MHW verlaging is weergegeven in onderstaande figuur.



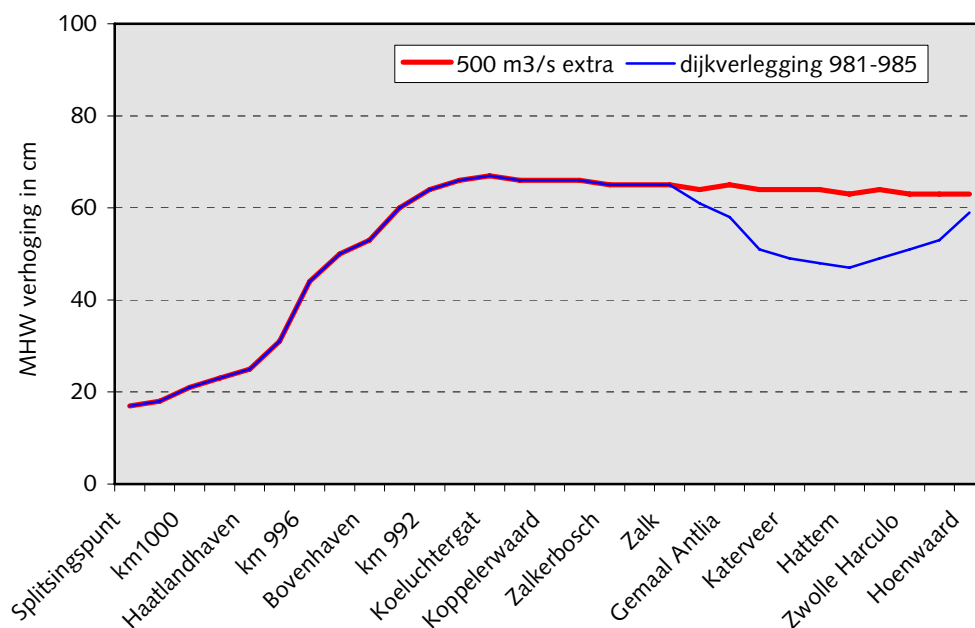
Groene rivier (500 m)

In plaats van een kruinbreedte van 150 m is hier gekozen voor een breedte van 500 m. Daarnaast is de overstorthoogte op NAP +3.30 m gesteld, 30 cm hoger dan bij de groene rivier van 150 m. De berekende MHW verlaging is weergegeven in onderstaande figuur.



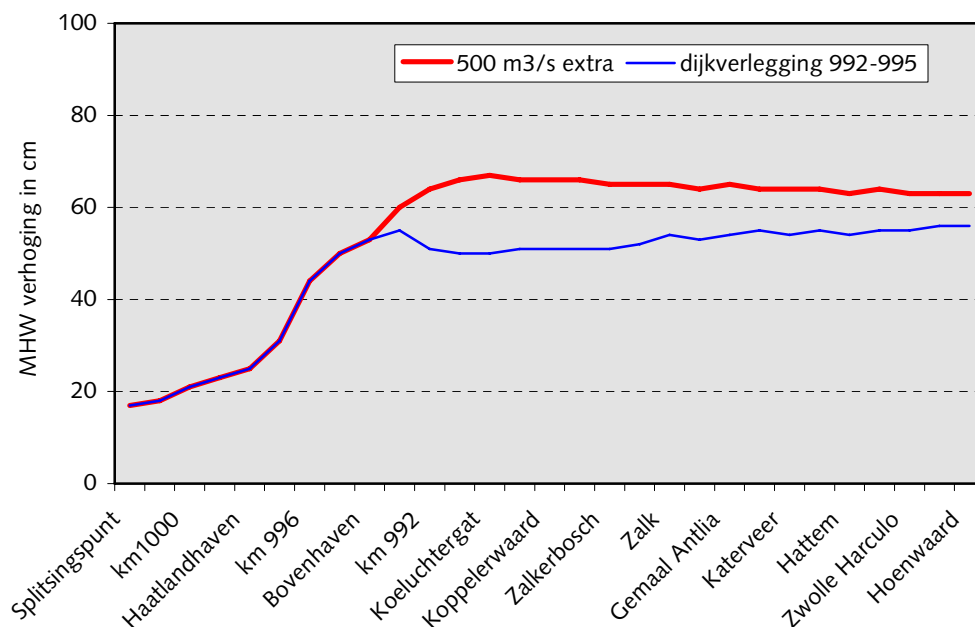
Dijkverlegging 981-985

Een dijkverlegging ten noorden van Zwolle op de rechteroever van de IJssel ter hoogte van km 981-985, overeenkomend met RvR code 20509. De dijk is over een afstand van 3.2 km verlegd. De berekende MHW verlaging is weergegeven in onderstaande figuur.



Dijkverlegging 992-995

Een dijkverlegging ten zuiden van Kampen op de rechteroever van de IJssel ter hoogte van km 992-995, overeenkomend met RvR code 20510. De dijk is over een afstand van 2.8 km verlegd. Hierbij is er van uitgegaan dat het nieuwe buitendijkse gebied volledig stroomvoerend is. In werkelijkheid zal dit minder zijn. De berekende MHW verlaging is weergegeven in onderstaande figuur.



Combinatie van maatregelen

Een combinatie van bovengenoemde maatregelen kan leiden tot een voldoende MHW-verlaging om over de IJssel een debiet van 500 m³/s extra af te voeren. In onderstaande figuur is het effect te zien op de MHW-verlaging indien de volgende maatregelen worden uitgevoerd:

Combinatie 1: zomerbed verlaging, verdieping Koppelerwaard, groene rivier met een kruinbreedte van 150 m (kruinhogte op NAP +3,0 m) en dijkverleggingen bij km 992-995 en km 981-985.

Combinatie 2: idem als combinatie 1 met dien verstande dat nu een groene rivier van 500 m is genomen.

