Rijkswaterstaat
*Ministerie van Verkeer en Waterstaat*

# Toekomstvastheid van de hoogwatergeul in de IJsseldelta

rapportnummer 2009.005

# Toekomstvastheid van de hoogwatergeul in de IJsseldelta

Quick scan naar de consequenties van het advies van de Deltacommissie voor de hoogwatergeul bij Kampen

Datum 8 april 2009
Status Definitief

# Toekomstvastheid van de hoogwatergeul in de IJsseldelta

Quick scan naar de consequenties van het advies van de Deltacommissie voor de hoogwatergeul bij Kampen

Datum 8 april 2009
Status Definitief

# Colofon


| | |
|---|---|
| Uitgegeven door | Rijkswaterstaat Waterdienst |
| Informatie | info.waterdienst@rws.nl |
| Telefoon | 0320 – 298411 |
| Fax | 0320 - 249218 |
| Uitgevoerd door | Lukas Meursing, Maarten Borgdorff, Frans Claessen (Deltares), Hans Gerritsen en Renske Gillissen. Verbeelding oplossingsrichtingen: H+N+S Landschapsarchitecten (Jasper Hugtenburg, Lodewijk van Nieuwenhuijze) |
| Opmaak | Rijkswaterstaat Waterdienst, Thieme Deventer |
| Foto omslag | PANDION in opdracht van Rijkswaterstaat, 2002 |
| Datum | 8 april 2009 |
| Status | Definitief |
| Versienummer | 3 |

# Inhoud

**1 Inleiding 7**

**2 Hoogwaterbescherming in de IJsseldelta 11**
2.1 Gebiedsbeschrijving 11
2.2 Hoogwaterbescherming 12
2.3 Stand van zaken hoogwaterbescherming 14

**3 Anticiperen op klimaatverandering: de Deltacommissie 17**
3.1 De Deltacommissie en kabinetsreactie in ontwerp Nationaal Waterplan 17
3.2 IJsseldelta bij hogere IJsselmeerpeilen 18
3.3 Maatgevende waterstanden langs de IJssel bij hoger meerpeil 20

**4 Effectiviteit van de hoogwatergeul bij hogere meerpeilen 23**

**5 Inpasbaarheid van de hoogwatergeul in toekomstige oplossingsrichtingen voor hoogwaterbescherming 27**

**6 Gevoeligheidsanalyse 31**

**7 Conclusies en aanbevelingen 33**

**Bijlage A Oplossingsrichtingen hoogwaterbescherming IJsseldelta en Vechtmonding op lange termijn 37**
A.1 1 -Stormkering Ketelbrug (strategie afsluiten) 39
A.2 2 –Vechtboezem (strategie afsluiten) 43
A.3 3 –Compartimenteringsdam (strategie afsluiten) 47
A.4 4 –Nieuwe deltadijken (strategie versterken) 51
A.5 5 -Huidige dijkringen (strategie versterken) 55
A.6 6 -Verdiepen IJsselmeer (strategie compenseren stormopzet) 59

**Bijlage B Begrippenlijst 62**

**Bijlage C Betrokken partijen 64**

**Bijlage D Geraadpleegde literatuur 65**

# 1 Inleiding

In december 2006 is de PKB Ruimte voor de Rivier vastgesteld. Daarin is een Basispakket maatregelen opgenomen dat in 2015 moet zijn uitgevoerd. Het vereiste veiligheidsniveau in het rivierengebied moet dan in overeenstemming zijn gebracht met de maatgevende afvoer van 16.000 $m^3$/s in de Rijn bij Lobith. Daarnaast is in de PKB een aantal binnendijkse gebieden gereserveerd die niet in het Basispakket voor de korte termijn (2015) zijn opgenomen, maar die op lange termijn wel nodig kunnen zijn voor het afvoeren van 18.000 $m^3$/s bij Lobith. Als hoogwatermaatregel bij Kampen is in de PKB voor de korte termijn een zomerbedverdieping van de IJssel opgenomen en een ruimtelijke reservering voor een toekomstige hoogwatergeul.

Verschillende ontwikkelingen in de IJsseldelta, waaronder de maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, een woningbouwopgave en de aanleg van de Hanzelijn, waren voor initiatiefnemers in de regio aanleiding om de hoogwatergeul al op korte termijn te willen realiseren in een integrale gebiedsontwikkeling. Daarom heeft de regio in samenwerking met VROM, VenW en LNV een Masterplan vastgesteld (2006) en is een intentieovereenkomst ondertekend (2007) op grond waarvan alle partijen zich inspannen om nu al te komen tot een concreet begrensde hoogwatergeul als oplossing voor de hoogwaterafvoer.
In de PKB is aangegeven dat er onder voorwaarden een zogenaamd Omwisselbesluit kan worden genomen, waarbij de hoogwatergeul in plaats van de zomerbedverdieping in het Basispakket voor de korte termijn wordt opgenomen. Voorwaarden voor het Omwisselbesluit zijn dat de plannen voor de hoogwatergeul technisch-inhoudelijk en financieel haalbaar zijn en dat realisatie vóór eind 2015 mogelijk is.

In september 2008 zijn de eerste documenten voor de hoogwatergeul Kampen door de Programmadirectie Ruimte voor de Rivier getoetst aan de criteria voor een (Omwissel)besluit (SNIP2A). Belangrijkste punten die in de toetsing naar voren kwamen zijn dat een voorstel voor de financiering nog ontbreekt en dat de hoogwatergeul Kampen niet de waterstandsdaling haalt van de maatregel waarmee omgewisseld wordt (zomerbedverdieping).

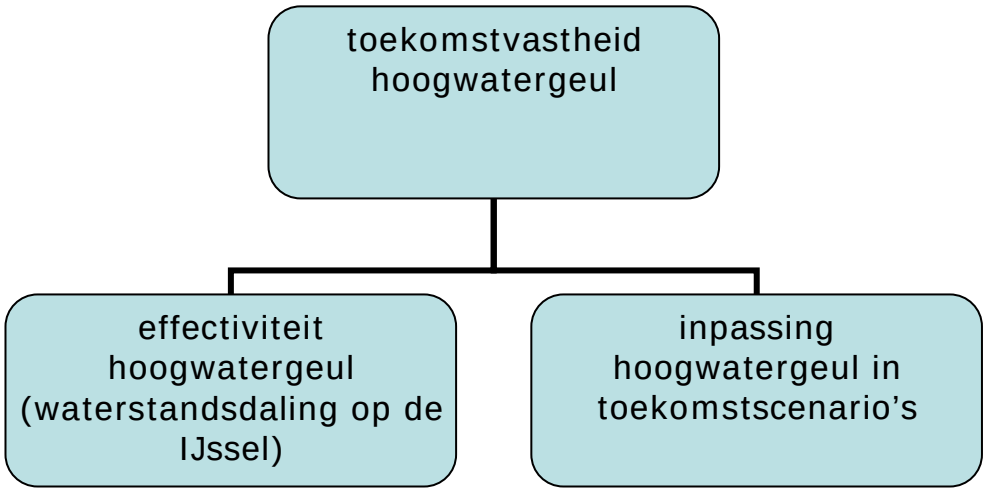
Er is nog een complicerende factor bij een besluit over de hoogwatergeul Kampen. In september 2008 adviseerde de Deltacommissie, ook wel bekend als de commissie Veerman, het IJsselmeerpeil met maximaal 1,5 meter te verhogen, tot +1,1 meter NAP (uitgaande van een winterpeil van -0,40 meter ten opzichte van NAP). Het ontwerp Nationaal Waterplan kiest ook deze 1,5 meter peilstijging als uitgangspunt. In de PKB is echter uitgegaan van een maximale zeespiegelstijging aan het eind van de eeuw van 0,6 meter tot +0,2 meter NAP. Bij de geplande vergroting van de spuicapaciteit in de Afsluitdijk kan de feitelijke verhoging van het IJsselmeerpeil bij 0,6 meter zeespiegelstijging beperkt blijven tot circa 20 centimeter. Het effect van een peilverhoging van het IJsselmeer van 1,5 meter op de hoogwatergeul Kampen was onduidelijk.

In november 2008 is bij een werkbezoek van staatssecretaris Huizinga aan de IJsseldelta afgesproken dat een Omwisselbesluit wordt uitgesteld van 1 januari 2009 tot uiterlijk april 2009. Daarbij is afgesproken dat vóór die tijd de mogelijkheden

voor de financiering worden onderzocht en dat er een quick scan wordt uitgevoerd naar de toekomstvastheid van de hoogwatergeul Kampen in relatie tot het advies van de Deltacommissie.

Het doel van de quick scan is het verkennen van de toekomstvastheid van de hoogwatergeul bij Kampen bij toekomstige hogere rivierafvoeren (18.000 $m^3/s$ op de lange termijn) en hogere IJsselmeerpeilen (verhoging van maximaal 1,5 meter in 2100).
Het begrip toekomstvastheid valt in deze quick scan uiteen in twee aspecten: de effectiviteit van de hoogwatergeul in het bereiken van een (substantiële) waterstandsdaling in de IJssel bij Zwolle en inpassing van de hoogwatergeul in toekomstscenario's voor de IJsseldelta en Vechtmonding.
Schematisch kan dit als volgt worden weergegeven:

**Figuur 1.1**
De in deze quick scan gehanteerde definitie van toekomstvastheid




De hoogwatergeul beschouwen we als effectief als deze ook bij hoge afvoer van de IJssel (18.000 $m^3/s$ bij Lobith) en een verhoging van het IJsselmeerpeil met maximaal 1,5 meter een significante bijdrage kan blijven leveren aan de waterstandsdaling op de IJssel bij Zwolle. Om de effectiviteit te bepalen wordt gekeken naar de hoogwatergeul in maatgevende situaties na 2035. Tot 2035 zal het peil van het IJsselmeer niet substantieel verhoogd worden, daarna is een verhoging tot maximaal 1,5 meter mogelijk.

Daarnaast wordt gekeken naar de toekomstvastheid van de hoogwatergeul binnen mogelijke oplossingsrichtingen voor hoogwaterbescherming in de hele IJsseldelta en Vechtmonding voor verhoging van het IJsselmeerpeil op de lange termijn. Hierbij geldt dat de hoogwatergeul toekomstvast is als deze ruimtelijk past in en niet strijdig is met oplossingsrichtingen voor toekomstige hoogwaterbescherming voor het genoemde gebied. De hoogwatergeul is dan een 'geen spijt' maatregel.
Het gaat hier om toekomstvastheid op een hoger ruimtelijk schaalniveau dan bij de bepaling van de toekomstvastheid aan de hand van effectiviteit. Een substantiële verhoging van het IJsselmeerpeil zal grote gevolgen hebben voor de hoogwaterbescherming en inrichting van het gebied, en vereist wellicht zelfs een gebiedsoverstijgende aanpak.

Parallel aan deze quick scan is in opdracht van de Programmadirectie Ruimte voor de Rivier een hydraulische studie uitgevoerd naar de gevolgen van meerpeilverhoging en verhoogde afvoer voor de effecten van maatregelen en de resulterende waterstanden in de IJsseldelta. Daarin is het effect van deze maatregelen berekend bij verschillende IJsselmeerpeilen (tot maximaal 1,5 meter verhoging) in combinatie met een kortetermijnafvoer van 16.000 $m^3/s$ en een langetermijnafvoer van 18.000 $m^3/s$. De uitkomsten van deze berekeningen zijn in de quick scan gebruikt bij de bepaling van de effectiviteit van de hoogwatergeul (De gevolgen van de IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta, Rijkswaterstaat Waterdienst, april 2009).

De quick scan is uitgevoerd in de periode december 2008 – maart 2009, door een projectteam van Rijkswaterstaat Waterdienst met ondersteuning van Deltares en H+N+S Landschapsarchitecten. Uitgebreide analyses en berekeningen (anders dan in de eerder genoemde hydraulische studie) waren in dit korte tijdsbestek niet mogelijk. Deze quick scan is daarom gebaseerd op reeds beschikbare informatie en deels op expert judgement.

In verschillende expertsessies zijn de huidige en mogelijke toekomstige waterhuishoudkundige situaties van het gebied in kaart gebracht. In een workshop met ongeveer vijftig experts en betrokkenen zijn eind januari verschillende oplossingsrichtingen voor een toekomstvaste IJsseldelta en de rol van de hoogwatergeul hierin verkend. Tussentijds is er daarnaast veel contact geweest met verschillende deskundigen om informatie te vergaren en deelresultaten te toetsen. Na het gereedkomen van het conceptrapport half februari zijn de resultaten ter commentaar voorgelegd aan een brede kring van betrokkenen en deskundigen. De betrokken organisaties zijn opgenomen in bijlage C. Deltares heeft een review uitgevoerd waarvan de bevindingen zijn verwerkt in deze rapportage.

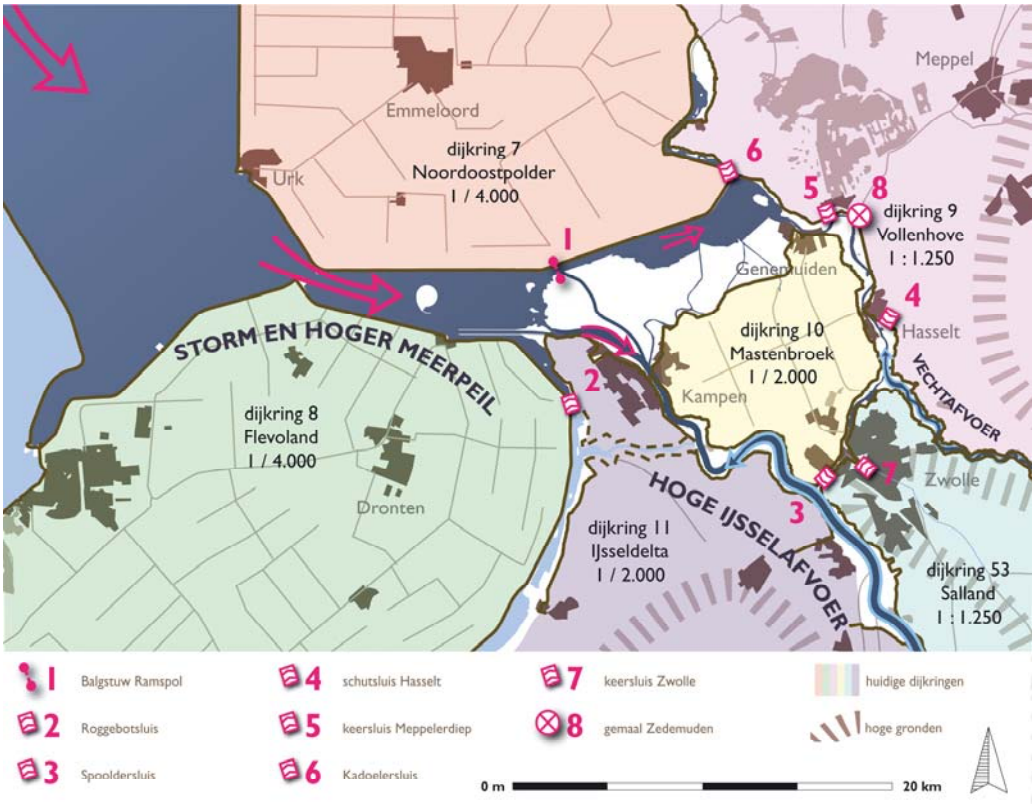
# 2 Hoogwaterbescherming in de IJsseldelta

## 2.1 Gebiedsbeschrijving

De IJsseldelta ontstond tussen 1100 – 1600 na Christus door de afzetting van zand en klei aangevoerd door de IJssel. Op de hogere delen vestigden zich aan het eind van de elfde eeuw de eerste mensen. De plaatsen Kampen, IJsselmuiden en Wilsum zijn op deze manier ontstaan. Het landschap van het studiegebied wordt gekenmerkt door openheid en heeft een grote cultuurhistorische waarde, met oude verkavelingspatronen en boerderijen op terpen. Op veel plaatsen in het gebied zijn nog oude dijken te vinden die zijn aangelegd om de toenmalige Zuiderzee buiten te houden. Kampereiland en de polder Mastenbroek vormen samen het Nationaal Landschap IJsseldelta.

Het waterhuishoudkundig systeem waar de hoogwatergeul bij Kampen onderdeel van uitmaakt beslaat het IJsselmeer, het Ketelmeer, Vossemeer en Zwarte Meer, de IJssel, de Vecht en het Zwarte Water. De waterhuishouding van de IJsseldelta en nabije omgeving wordt bepaald door de afvoer van de IJssel en het Zwarte Water als benedenloop van diverse wateren waaronder de Vecht. De stroomgebieden van de IJssel en Vecht zijn geheel van elkaar gescheiden en stromen samen via het Ketelmeer uit in het IJsselmeer.

**Figuur 2.1**
Studiegebied en problematiek hoogwaterbescherming in de IJsseldelta en Vechtmonding



In het benedendeel van de stroomgebieden liggen diverse dijkringen die door beide rivieren of het IJsselmeer bedreigd kunnen worden. Dijkring 9 (Vollenhove), dijkring 10 (Mastenbroek), dijkring 11 (IJsseldelta) en dijkring 53 (Salland) grenzen aan de IJssel en Vecht. De dijkringen 7 (Noordoostpolder) en 8 (Flevoland) kunnen indirect invloed ondervinden van deze wateren omdat deze uitmonden in het Zwarte Meer, Ketelmeer en Vossemeer. Het Kampereiland ligt buiten de Kamperzeedijk (dijkring 10 Mastenbroek) en daarmee buiten de primaire waterkering.

De Vecht stroomt in het studiegebied als bedijkte benedenloop via het Zwarte Water naar het Zwarte Meer en het Ketelmeer. De Vecht is benedenstrooms vanaf Dalfsen grotendeels bedijkt. De binnenstad van Zwolle ligt aan het Zwarte Water en staat daarmee (via een keersluis) in verbinding met het Ketelmeer en het IJsselmeer. De hoge gronden van Drenthe wateren via het Meppelerdiep af op het Zwarte Water. Zie figuur 2.1 voor een kaart van het studiegebied met dijkringen en kunstwerken.

## 2.2 Hoogwaterbescherming

Hoogwater wordt in de benedenloop van de IJssel en Vecht bepaald door twee factoren: hoge rivierafvoeren en hoge waterstanden in het IJsselmeer. Hoge waterstanden in het IJsselmeer werken door in het Ketelmeer en het Zwarte Meer (tenzij de balgstuw Ramspol sluit).
Hoge waterstanden worden veroorzaakt door (een combinatie van) een hoog peil en noordwesterstorm. Een hoog IJsselmeerpeil komt voor bij grote afvoer van water en langdurige beperkte afvoermogelijkheden via de spuisluizen in de Afsluitdijk. Noordwesterstorm op het IJsselmeer zorgt door de grote strijklengte over het gehele IJsselmeer voor aanzienlijke stormopzet in en om de IJsseldelta. De waterstanden op het Ketelmeer, in de IJsseldelta en in de Vechtmonding kunnen door zware storm meer dan 3 meter opgestuwd worden. Bij langdurige (maar niet extreme) noordwestenwind is de waterstand bij de Afsluitdijk aan de kant van de Waddenzee vaak hoog en aan de IJsselmeerkant laag. Daardoor kan in die situatie ook in de dagen voorafgaand aan een zeer zware (noordwester)storm vaak weinig of geen water uit het IJsselmeer worden gespuid op de Waddenzee waardoor het peil op het IJsselmeer oploopt.

De windkracht en windrichting spelen dus een sleutelrol in de veiligheidssituatie in zowel de IJsseldelta als de benedenloop van de Vecht en het Zwarte Water.
De balgstuw Ramspol is in 2002 in gebruik genomen om bij stormopzet in het Ketelmeer de ingang van het Zwarte Meer af te sluiten en zo het achterliggende gebied van het Zwarte Water tot aan Zwolle te beschermen. Met de bouw van de balgstuw is een grootschalige dijkverzwaring in het achterland voorkomen. Voor de IJsseldelta en de Vecht/Zwarte Water is dus sprake van een gemeenschappelijke dreiging, namelijk hoge waterstanden op het IJsselmeer en Ketelmeer, inclusief stormopzet.
Extreme waterstanden door hoge rivierafvoeren dienen zich meestal een aantal dagen van tevoren aan. Extreme waterstanden op het IJsselmeer kunnen pas enkele uren tot een halve dag tevoren goed voorspeld worden. De waterstanden op het IJsselmeer en Ketelmeer lopen in het studiegebied bij een noordwesterstorm binnen enkele uren hoog op.

*Maatgevende omstandigheden*
De primaire waterkeringen langs de benedenloop van de IJssel zijn onderdeel van de dijkringen Mastenbroek (dijkring 10) en IJsseldelta (dijkring 11). Deze dijkringen hebben een beschermingsniveau van 1/2000 per jaar. Dat betekent dat de waterkering geschikt moet zijn om alle combinaties van waterstanden en golven te weerstaan, die samen een kans van voorkomen hebben van 1/2000 per jaar. Daarnaast zijn dijkring 7 (Noordoostpolder) en 8 (Flevoland) relevant met overschrijdingskans van 1/4000 per jaar. Dijkring 9 (Vollenhove) aan het Zwarte Meer/Zwarte Water en dijkring 53 (Salland) langs de IJssel hebben een overschrijdingskans van 1/1250 per jaar.
De Ramspolkering, bestaande uit een keersluis en de dijk Ramspol–IJsselmuiden, is een verbindende waterkering die dijkring 7, Noordoostpolder, verbindt met dijkring 10, Mastenbroek. Ten aanzien van sterkte is de kering ontworpen op een beschermingsniveau van 1/2000 per jaar en is ten aanzien van hoogte (voor een bepaald gedeelte) overstroombaar gemaakt met een beschermingsniveau van 1/500 per jaar. Daarmee heeft het buitendijks gelegen Kampereiland, dat wel beschermd wordt door een kade, een beperkt beschermingsniveau van 1/500 per jaar.

De omstandigheden waarbij de waterkeringen moeten voldoen worden de maatgevende omstandigheden genoemd. Deze zijn maatgevend voor het ontwerp van dijken en kunstwerken en worden per dijkvak bepaald en vastgelegd bij ministeriële regeling in de zogenaamde hydraulische randvoorwaarden. In deze studie wordt steeds naar maatgevende omstandigheden en de veranderingen daarin gekeken, omdat deze bepalend zijn voor die maximale situaties die passen bij het gekozen beschermingsniveau in het gebied (overschrijdingskans 1/2000 per jaar).

De maatgevende omstandigheden langs de benedenloop van de IJssel worden vanaf de IJsselmonding (kilometer 1002) tot ongeveer bij Kampen (kilometer 996) vrijwel volledig bepaald door een hoge IJsselmeerwaterstand. De rivierafvoer in dit gebied kan weliswaar tot verhoogde waterstanden leiden maar deze liggen ver onder de maatgevende waterstanden als gevolg van een maatgevende storm. Zie ook figuur 2.2, waarin de roze lijn de waterstanden weergeeft bij maatgevende stormopzet met kans van voorkomen van 1/2000 per jaar in combinatie met een maximale rivierafvoer die gemiddeld 1 keer per jaar optreedt.

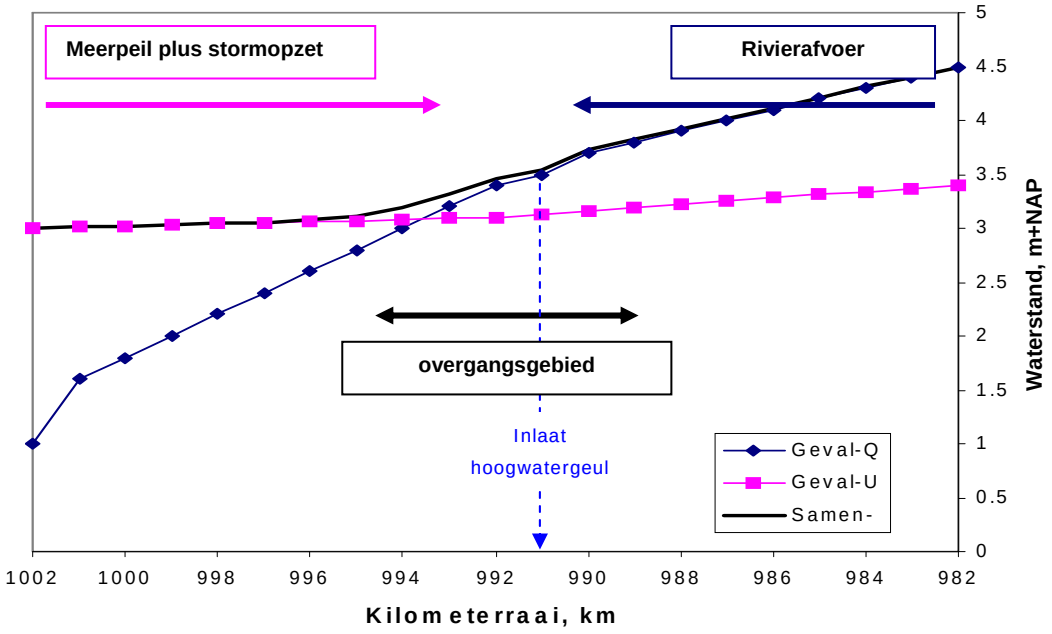
De maatgevende omstandigheden langs de IJssel worden vanaf een aantal kilometers bovenstrooms van Kampen (ongeveer vanaf kilometer 986) vrijwel volledig door de rivierafvoer bepaald. Het IJsselmeerpeil beïnvloedt altijd in meer of mindere mate de waterstand op de rivier omdat deze wordt opgestuwd, maar de maatgevende waterstanden worden hier bepaald door de rivierafvoer. Zie ook figuur 2.2, waarin de blauwe lijn de waterstanden weergeeft bij een maatgevende rivierafvoer met een kans van voorkomen van 1/2000 per jaar in combinatie met een maximaal IJsselmeerpeil dat gemiddeld 1 keer per jaar optreedt.

Van ongeveer kilometer 989 tot kilometer 996 is sprake van een overgangsgebied, waarin beide factoren gecombineerd de maatgevende waterstand (behorend bij een overschrijdingskans van 1/2000 per jaar) bepalen[1]. De zwarte lijn geeft uiteindelijk de resulterende maatgevende waterstand aan, welke links wordt bepaald door de

[1] De maatgevende waterstand in het overgangsgebied is hier met een eenvoudig methode geïnterpoleerd (semi-probabilistische methode) zoals ook bij het vaststellen van de hydraulische randvoorwaarden HR2001 is gebeurd

maatgevende meerstand (roze lijn), rechts door de maatgevende rivierafvoer (blauwe lijn) en in het overgangsgebied door een combinatie van beide (zie figuur 2.2).
De ligging van het overgangsgebied is afhankelijk van het verhang op de IJssel tijdens een periode met maatgevende IJsselafvoer (16.000 of 18.000 $m^3/s$) en een maatgevende waterstand op het Ketelmeer (inclusief stormopzet en eventuele peilverhogingen). Het verhang is behalve van de afvoer ook afhankelijk van geometrie en verhang van het winterbed in het beschouwde traject, inclusief rivierverruimende maatregelen.

**Figuur 2.2.**
Maatgevende waterstand langs de IJssel (Hydraulische Randvoorwaarden 2001)




Het inlaatpunt van de hoogwatergeul (kilometer 991) bevindt zich in de huidige situatie (Hydraulische Randvoorwaarden 2001) aan de bovenstroomse rand van het overgangsgebied. De hoogwatergeul komt via het Vossemeer uit in het Ketelmeer. Daarmee ligt de hoogwatergeul in het overgangsgebied.
Bij een verhoging van het IJsselmeerpeil zal, bij een gelijkblijvende maatgevende rivierafvoer, het overgangsgebied in principe verder stroomopwaarts verschuiven. In hoofdstuk 4 wordt hier op ingegaan.

## 2.3 Stand van zaken hoogwaterbescherming

De vijfjaarlijkse toetsing van alle primaire waterkeringen op basis van de Wet op de waterkeringen (vanaf 2009: Waterwet) geeft inzicht in de mate waarin de hoogwaterbescherming nu op orde is en of er sprake is van overhoogte of oversterkte. In dat laatste geval zouden niet altijd bij het overschrijden van de maatgevende waterstanden direct maatregelen noodzakelijk hoeven zijn.
Voorafgaand aan iedere toetsronde worden de hydraulische randvoorwaarden vastgesteld aan de hand van de dan vigerende technische inzichten. Dit zijn de maatgevende omstandigheden die nog veilig gekeerd moeten kunnen worden. Zoals aangegeven in paragraaf 2.1 gaat het hier om zes dijkringen.

In de tweede toetsronde (uitgevoerd in de periode 2001-2006 en gebaseerd op de Hydraulische Randvoorwaarden 2001) is gebleken dat niet alle keringen in het studiegebied op alle onderdelen voldoen en dat diverse trajecten van dijkring 10 en 11 de status “onbekend” hebben gekregen. Een aantal kunstwerken van dijkring 7 en 9 die zijn afgekeurd zijn reeds opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Het gaat om Kadoelersluis, schutsluis Hasselt en keersluis Meppelerdiep.

In de Hydraulische Randvoorwaarden 2006, voor de derde toetsronde die plaats vindt van 2006-2011, is de extreme hoogwatersituatie met hoge Vechtafvoeren van 1998 verwerkt. De maatgevende afvoer van de Vecht is daardoor omhoog bijgesteld van 470 naar 550 $m^3/s$ Daarbij is voor de Vecht gerekend met de volledig probabilistische methode. Door deze beide veranderingen zijn de maatgevende waterstanden 0,3 tot 0,4 meter hoger berekend, met name voor de Kamperzeedijk, het oostelijk deel van het Zwarte Meer en langs het Zwarte Water (dijkring 9 en 10). Omdat de betreffende keringen nu niet veel overhoogte of oversterkte hebben mag verwacht worden dat bij de derde toetsronde een aantal keringen van dijkring 9 en 10 niet zal voldoen.
Met de uitvoering van de programma’s Ruimte voor de Rivier en het Hoogwaterbeschermingsprogramma zal naar verwachting de situatie langs de IJssel in 2015 volledig op orde zijn.

Op de dijken langs de Noordoostpolder en Flevoland na, hebben de meeste keringen in het studiegebied weinig overhoogte of oversterkte. Alleen de relatief nieuwe dijken langs de Noordoostpolder en Flevoland hebben enige overhoogte (orde van grootte 20 tot 30 centimeter). Voor alle andere keringen geldt dat bij overschrijding van de maatgevende waterstand vrijwel direct maatregelen noodzakelijk zullen zijn.

Kortom, de waterveiligheid in het studiegebied is in de huidige situatie nog niet volledig op orde en is er weinig ruimte om zonder aanvullende maatregelen nog hogere waterstanden op te vangen. Los van de gevolgen van het advies van de Deltacommissie zal er het nodige moeten gebeuren om de waterveiligheid in het studiegebied op orde te brengen.

# 3 Anticiperen op klimaatverandering: de Deltacommissie

## 3.1 De Deltacommissie en kabinetsreactie in ontwerp Nationaal Waterplan

In september 2008 heeft de Deltacommissie advies aan de regering uitgebracht hoe Nederland bij klimaatverandering op lange termijn leefbaar en veilig kan blijven. Het advies bevat 12 aanbevelingen voor een klimaatbestendig Nederland op lange termijn. Drie aanbevelingen hebben een directe relatie met de hoogwatergeul in de IJsseldelta.

- Aanbeveling 11: Het peil van het IJsselmeer moet geleidelijk met maximaal 1,5 meter worden verhoogd om onder vrij verval te kunnen blijven spuien en Nederland van zoet water te voorzien. Het peil van het Markermeer wordt hierbij niet verhoogd.
- Aanbeveling 9: Ruimte voor de Rivier moet worden uitgevoerd. In overleg met de buurlanden moet uiteindelijk worden geanticipeerd op een hogere maatgevende afvoer voor de Rijn, namelijk 18.000 $m^3/s$.
- Aanbeveling 1: De veiligheidsniveaus van alle dijkringen moeten met een factor 10 worden verbeterd. De deltadijk is een veelbelovend concept voor een robuuste dijk.

In het ontwerp Nationaal Waterplan en de bijbehorende ontwerp Beleidsnota IJsselmeergebied is door het kabinet aangegeven hoe de aanbevelingen van de Deltacommissie worden overgenomen in het beleid en verder zullen worden uitgewerkt.

*IJsselmeerpeil*
Wat het IJsselmeer betreft kiest het kabinet ervoor om de huidige manier van waterafvoer naar de Waddenzee, onder vrij verval via spuisluizen, zo lang mogelijk in stand te houden en om de strategische zoetwaterfunctie van het IJsselmeergebied te versterken. Dit betekent dat het peil in het IJsselmeer op termijn verhoogd moet worden.
Het kabinet kiest hiervoor om de volgende redenen:

1. Meestijgen is een robuuste oplossing voor zowel het veiligheidsprobleem als ook voor de zoetwatervoorziening. Zo zijn de twee grote uitdagingen in het gebied met één oplossing gediend.
2. Meebewegen met de natuur, dat wil zeggen onder vrij verval blijven afvoeren, heeft de voorkeur boven technische oplossingen, zoals het plaatsen van gemalen. Meebewegen met de zeespiegelstijging kent echter zijn grenzen. Op een gegeven moment, waarschijnlijk ver in de volgende eeuw, zal het wellicht tóch noodzakelijk worden om gemalen te plaatsen op de Afsluitdijk.

Om het spuien onder vrij verval voort te zetten volstaat het om voor de middellange termijn (tot ongeveer 2035) de spuicapaciteit op de Afsluitdijk uit te breiden. De staatssecretaris van VenW zal hierover in 2011 een definitief projectbesluit nemen. Deze extra spuicapaciteit zal uiterlijk in 2016 gereed zijn. Om ook op lange termijn (na 2035) het water onder vrij verval te kunnen blijven afvoeren naar de Waddenzee, moet het peil in het IJsselmeer meestijgen met de stijgende zeespiegel. Het kabinet neemt in 2015 een besluit over de peilverhoging en over de manier waarop deze verhoging in de loop van deze eeuw zal worden doorgevoerd: ineens of in stappen. Tot het besluit in 2015 zal men daarom in het IJsselmeer

rekening moeten houden met een peilverhoging van maximaal 1,5 meter tot 2100.
Het kabinet zal onderzoeken welke gevolgen de mogelijke peilverhoging op het IJsselmeer zal hebben voor de veiligheid in de IJsseldelta. Het onderzoek zal de noodzakelijke maatregelen om de veiligheid op peil te houden in beeld brengen.

*Rivierengebied*
De door de Deltacommissie verwachte piekafvoer van de Rijn op korte en lange termijn komt overeen met die van de PKB Ruimte voor de Rivier. Het kabinet kiest er voor om de PKB voortvarend uit te blijven voeren zodat in 2015 de Rijn een maximale piekafvoer van 16.000 $m^3$/s kan verwerken. Waar dit nu reeds mogelijk en kosteneffectief is, kunnen maatregelen genomen worden voor afvoeren tot maximaal 18.000 $m^3$/s voor de Rijntakken. Dit kan bijvoorbeeld door een koppeling te maken tussen de wateropgave en ruimtelijke ontwikkelingen. De benodigde buitendijkse en (eventuele) binnendijkse gronden dienen ruimtelijk te worden gereserveerd en deze gronden worden zo nodig aangekocht om te kunnen anticiperen op de veiligheidsopgave na 2015. Na 2050 dienen de maatregelen te worden voltooid, zodat de Rijntakken piekafvoeren tot maximaal 18.000 $m^3$/s kunnen verwerken.

*Verhogen veiligheidsniveau*
In 2011 worden nieuwe normen voor de overstromingskans per dijkringgebied gedefinieerd (principebesluit). In de periode tot 2010 wordt hiervoor een volwaardige kosten-batenanalyse uitgevoerd en wordt er een intensief onderzoekstraject ingezet op het slachtofferpotentieel bij overstromingen en de mogelijkheden die er zijn om dit te vertalen in het normenstelsel. Tegelijkertijd worden de gevolgen in beeld gebracht van de door de Deltacommissie voorgestelde verhoging met een factor 10 van de veiligheidsnormen van alle dijkringen in de periode tot 2050. Deltadijken kunnen worden ingezet om aan strengere normen te kunnen voldoen. Ook zal na het definiëren van de nieuwe normering in beeld worden gebracht of dit ruimtelijke consequenties heeft voor versterking van primaire waterkeringen en rivierverruiming en zullen de normhoogtes indien nodig herijkt worden. Hierbij zullen ook de nieuwe klimaatscenario's van het KNMI, die in 2012 zullen worden gepubliceerd, betrokken worden.

## 3.2 IJsseldelta bij hogere IJsselmeerpeilen

*Scenario's voor deze quick scan*
Zoals ook in de inleiding al is aangegeven zijn met name de gevolgen van verhoging van het IJsselmeerpeil voor de hoogwatergeul onbekend. Daarnaast is de piekafvoer van de Rijn op de korte en lange termijn van belang. Van het verhogen van het veiligheidsniveau ("factor 10") is niet zonder meer duidelijk wat dit zal gaan betekenen voor de IJsseldelta. De benadering van normen gebaseerd op de overstromingskans per dijkringgebied is niet zonder meer vergelijkbaar met de huidige benadering die is gebaseerd op overschrijdingskansen. Pas na uitvoerig onderzoek zal moeten blijken of dit ook leidt tot een daadwerkelijke noodzaak tot het versterken van waterkeringen in de IJsseldelta. Daarom wordt in deze verkenning deze factor niet meegenomen bij het uitwerken van scenario's. Wel

wordt in hoofdstuk 6 in de vorm van een gevoeligheidsanalyse bekeken wat de gevolgen van deze aanbeveling zouden kunnen zijn voor de conclusies van deze quick scan.

Aangezien nog onbekend is hoe en wanneer het peil in het IJsselmeer verhoogd gaat worden gaat deze verkenning uit van een aantal scenario's tot maximaal 1,5 meter. In combinatie met rivierafvoer levert dit een tiental scenario's op die in tabel 3.1 zijn weergegeven.

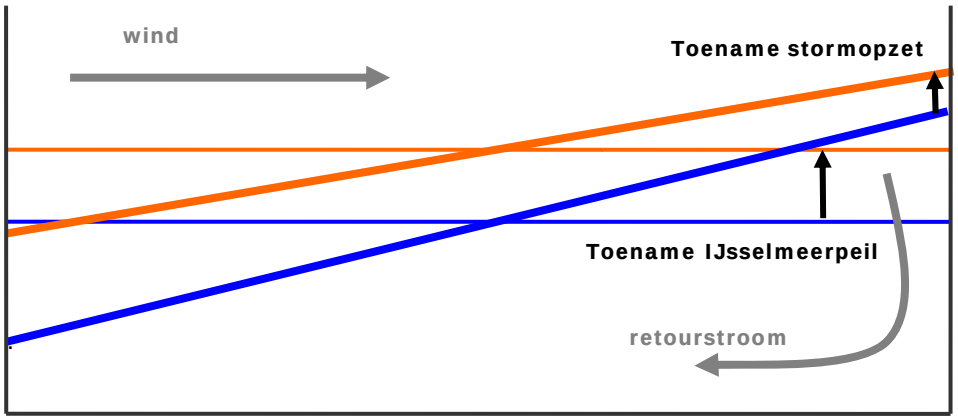
**Tabel 3.1**
Scenario's voor combinaties van IJsselmeerpeil en rivierafvoer

| | | Rivierafvoer | |
|---|---|---|---|
| IJsselmeerpeil | | 16.000 $m^3/s$ | 18.000 $m^3/s$ |
| Verhoging (in winter) | Absoluut | Scenario's | |
| **+0 m** | -0,4 m NAP | **1** | **6** |
| **+0,2 m** | -0,2 m NAP | **2** | **7** |
| **+0,5 m** | +0,1 m NAP | **3** | **8** |
| **+1 m** | +0,6 m NAP | **4** | **9** |
| **+1,5 m** | +1,1 m NAP | **5** | **10** |

Verhoging van het IJsselmeerpeil werkt op twee manieren door in de IJsseldelta. Allereerst werkt bij dagelijkse omstandigheden een 1,5 meter hoger IJsselmeerpeil door op het peil in het Ketelmeer en bij de IJsselmond (km 1002), waardoor ook daar de dagelijkse waterstanden ongeveer 1,5 meter hoger worden, dat wil zeggen +1,1 meter NAP in plaats van -0,4 meter NAP. De dijken rond het Ketelmeer en langs de IJssel zijn berekend op veel hogere waterstanden die optreden bij sterke stormopzet, waardoor er onder gemiddelde omstandigheden en ook bij matige stormopzet geen direct veiligheidsrisico is.

Ten tweede komt bij noordwesterstorm de stormopzet nog eens bovenop het verhoogde peil. De waterdiepte van het IJsselmeer neemt toe van gemiddeld 4,5 meter naar 6 meter. De stormopzet neemt relatief minder toe naarmate de waterdiepte van het meer toeneemt (zie figuur 3.1). Bij dieper water kan er namelijk een grotere retourstroom ontstaan waardoor de stormopzet wordt tegengegaan. Daar staat overigens tegenover dat de golfhoogte en daarmee de golfbelasting op waterkeringen toeneemt met de waterdiepte.

**Figuur 3.1**
IJsselmeerpeil en stormopzet nu en met peilverhoging. Waterstand bij stormopzet neemt minder toe dan IJsselmeerpeil.



Modelberekeningen laten zien dat uitgaande van een extreem zware noordwesterstorm (34 m/s, overschrijdingskans 1/2000 per jaar) in de huidige situatie de stormopzet 3,13 meter aan het eind van het Ketelmeer bij de IJsseldelta is, terwijl dat bij een 1,5 meter hoger gemiddeld meerpeil nog maar 2,47 meter is. In tabel 3.2 staat de stormopzet met de bijbehorende maatgevende waterstand ten opzichte van NAP bij verschillende IJsselmeerpeilen.

**Tabel 3.2**
Stormopzet en resulterende maatgevende waterstand in het Ketelmeer bij verschillende IJsselmeerpeilen (storm 1/2000 per jaar, 34 m/s richting noordwest).
Bron: TMR2006 database

| IJsselmeerpeil (winterstreefpeil) | | Stormopzet IJsseldelta (km 1002) | Maatgevende waterstand bij de IJsseldelta (km 1002) | |
|---|---|---|---|---|
| Verhoging (in winter) | Absoluut | | Toename | Absoluut |
| **+0 m** | -0,4 NAP | 3,13 m | **+0** | +2,73 m NAP |
| **+0,2 m** | -0,2 m NAP | 3,04 m | **+0,11** | +2,84 m NAP |
| **+0,5 m** | +0,1 m NAP | 2,93 m | **+0,3** | +3,03 m NAP |
| **+1 m** | +0,6 m NAP | 2,68 m | **+0,55** | +3,28 m NAP |
| **+1,5 m** | +1,1 m NAP | 2,47 m | **+0,84** | +3,57 m NAP |

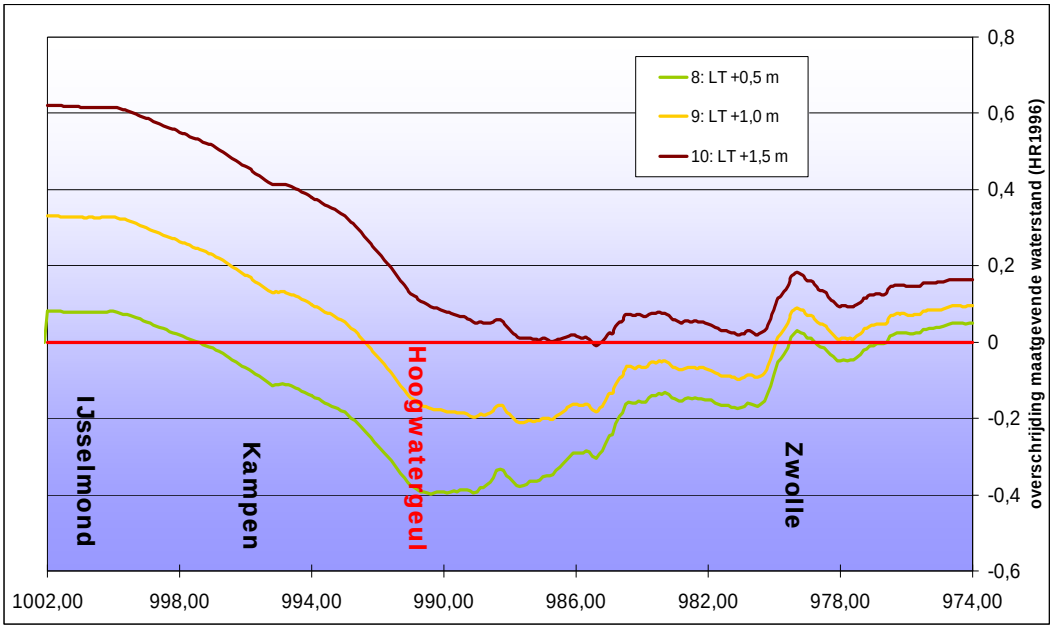
## 3.3 Maatgevende waterstanden langs de IJssel bij hoger meerpeil

Nu kan de invloed van de combinatie van stormopzet bij hogere meerpeilen en hoge rivierafvoer op de IJssel worden bekeken. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor de meest extreme scenario's: bij verschillende meerpeilen met een hoge rivierafvoer van 18.000 $m^3/s$ bij Lobith, waarbij alle PKB-maatregelen voor de lange termijn, inclusief de hoogwatergeul zijn uitgevoerd. In figuur 3.2 is de resulterende overschrijding van de maatgevende hoogwaterstand uitgezet. Dan ontstaat het volgende beeld.

- Scenario 8 (peilverhoging van 0,5 meter): vanaf de IJsselmond (kilometer 1002) wordt de maatgevende hoogwaterstand overschreden met circa 8 centimeter, richting bovenstrooms aflopend tot geen overschrijding vanaf Kampen haven (kilometer 998). Rond Zwolle (kilometer 979) treedt dan opnieuw een lichte overschrijding op van circa 2 centimeter, oplopend tot maximaal circa 5 centimeter bovenstrooms van Zwolle.
- Scenario 9 (peilverhoging van 1,0 meter): overschrijding benedenstrooms wordt groter (circa 33 centimeter bij kilometer 1002) en werkt verder door stroomopwaarts tot vlak boven Kampen (kilometer 992).
- Scenario 10 (peilverhoging van 1,5 meter): de overschrijding benedenstrooms wordt circa 62 centimeter. Deze neemt bovenstrooms af, maar vrijwel overal wordt de huidige maatgevende waterstand overschreden.

Overschrijding van de maatgevende waterstand betekent dat maatregelen moeten worden genomen om het huidige beschermingsniveau te handhaven. Op lange termijn zullen, na uitvoering van alle maatregelen uit de PKB Ruimte voor de Rivier voor de korte en lange termijn, bij verhoging van het IJsselmeerpeil met 0,5 tot 1,5 meter extra aanvullende maatregelen nodig zijn, met name rond de stad Kampen. Welke maatregelen dit zouden kunnen zijn wordt besproken in hoofdstuk 5.

**Figuur 3.2**
Overschrijding van de maatgevende hoogwaterstand (Hydraulische Randvoorwaarden 1996) bij uitvoering van PKB-maatregelen voor de lange termijn (inclusief de hoogwatergeul), rivierafvoer 18.000 $m^3/s$ bij Lobith en verschillende meerpeilen. Bron: De gevolgen van de IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta, RWS Waterdienst, 2009 (in voorbereiding)



# 4 Effectiviteit van de hoogwatergeul bij hogere meerpeilen

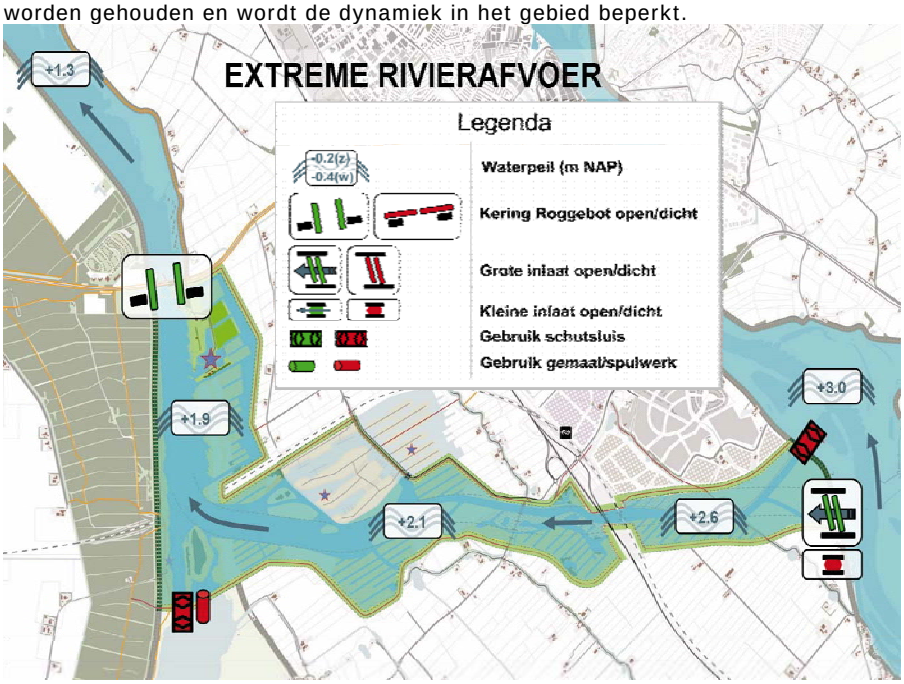
De hoogwatergeul in de IJsseldelta is een maatregel die bedoeld is om de waterstanden bij maatgevende hoge IJsselafvoer bovenstrooms van Kampen te verlagen. Het voorkeursalternatief van de hoogwatergeul is ontworpen om een afvoer van maximaal 700 $m^3/s$ af te leiden ("Systeemanalyse Bypass IJsseldelta-Zuid", in concept, DHV, december 2008). Daarmee kan volgens bij het ontwerp uitgevoerde berekeningen een waterstandsdaling van circa 29 centimeter bij Zwolle (kilometer 979-980) worden gerealiseerd. Dat is bij een maatgevende afvoer van de Rijn bij Lobith van 16.000 $m^3/s$. Bij lage afvoeren is de hoogwatergeul niet nodig. In de stormgedomineerde situatie kan de hoogwatergeul in het huidige ontwerp zowel beneden- als bovenstrooms worden afgesloten (zie box).

Voor de beoordeling of de hoogwatergeul nog water afvoert en substantiële waterstandsdaling biedt bij hogere meerpeilen is alleen de afvoergedomineerde situatie van belang (afvoer IJssel met een kans van 1/2000 per jaar gecombineerd met stormopzet met een kans van 1/1 per jaar) omdat alleen in deze situatie de hoogwatergeul de maatgevende waterstanden hoeft te verlagen.

**Box. Werking van het ontwerp voor de hoogwatergeul in het kort.**

De hoogwatergeul in de IJsseldelta is bedoeld om de waterstand tot aan Zwolle (kilometer 979-980) bij (maatgevend) hoogwater te verlagen. De inlaat staat bij normale omstandigheden dicht en de uitlaat open, recreatievaart is mogelijk door een scheepvaartsluis. De inlaat wordt volledig geopend bij een waterstand met een overschrijdingskans van 1/500 per jaar (de afvoer van de IJssel bedraagt dan circa 2400 m3/s). De geul voert maximaal 600-700 m3/s af. Bij stormopzet zijn inlaat en benedenstroomse kering Roggebot gesloten (vanaf een peil van +2 meter NAP). Hierdoor kunnen de dijken langs de hoogwatergeul relatief laag worden gehouden en wordt de dynamiek in het gebied beperkt.

**Figuur 4.1**
Werking van de hoogwatergeul




Bron: Systeemanalyse bypass IJsseldelta-Zuid, DHV, 2008

*Afvoer hoogwatergeul bij hogere meerpeilen*
Bij een verhoging van het IJsselmeerpeil tot maximaal 1,5 meter kan de hoogwatergeul substantieel water blijven afvoeren. De afvoer neemt zelfs toe bij hogere meerpeilen. Dit blijkt uit de berekende afvoer van de hoogwatergeul bij verschillende meerpeilen en verschillende maatgevende rivierafvoeren van 16.000m$^3$/s en 18.000 m$^3$/s bij Lobith in tabel 4.1 (scenario's 1 t/m 10). Daarin is te zien dat het verval over de hoogwatergeul (verschil in waterstand tussen inlaat en uitstroompunt) afneemt bij hogere meerpeilen. Maar, omdat dan de waterstand bij de inlaat van de hoogwatergeul hoger ligt, kan de afvoer zelfs toenemen bij hogere meerpeilen. (Overigens kan in deze berekeningen de afvoer door de hoogwatergeul toenemen tot meer dan 700 m$^3$/s, waarbij er geen rekening mee is gehouden of dat ook mogelijk is bij het huidige ontwerp).

**Tabel 4.1**
Afvoer door de hoogwatergeul bij maatgevende IJsselafvoer (meerpeil 1/1 waarbij peilverhoging is meegenomen).
Gebaseerd op: De gevolgen van IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta, RWS Waterdienst, 2009

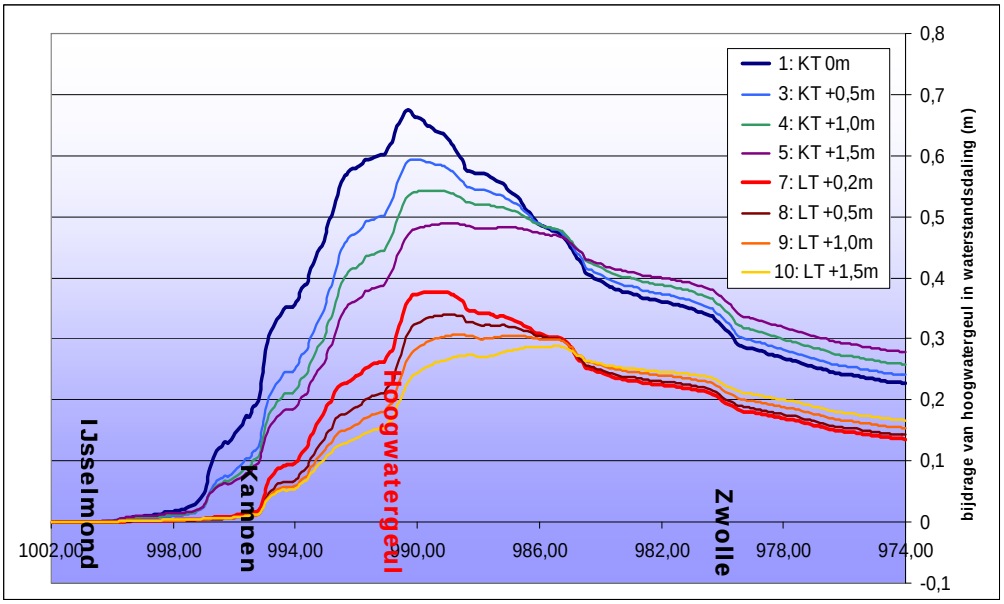
| **Streefpeil IJsselmeer** | | **Rivierafvoer** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Korte termijn**<br>Rijn: 16.000 m$^3$/s bij Lobith<br>IJsselkop: 2556 m$^3$/s<br>zijdelingse instroom: 312 m$^3$/s<br>Maatregelen IJsseldelta: hoogwatergeul | **Lange termijn**<br>Rijn: 18.000 m$^3$/s bij Lobith<br>IJsselkop: 2876 m$^3$/s<br>Zijdelingse instroom: 312 m$^3$/s<br>Maatregelen IJsseldelta: hoogwatergeul, zomerbedverlaging, dijkverlegging Noorddiep | |
| *Ver-hoging* | *Peil (NAP)* | | | |
| 0 m<br>**1** | -0,4 m | afvoer = **700** m$^3$/s<br>verval = **1,92** m<br>waterstand in = **3,13** m<br>waterstand uit = **1,21** m | Geen informatie | **6** |
| +0,2 m<br>**2** | -0,2 m | Geen informatie | afvoer = **580** m$^3$/s<br>verval = **1,66** m<br>waterstand in = **2,93** m<br>waterstand uit = **1,31** m | **7** |
| +0,5 m<br>**3** | 0,1 m | afvoer = **736** m$^3$/s<br>verval = **1,64** m<br>waterstand in = **3,23** m<br>waterstand uit = **1,59** m | afvoer = **606** m$^3$/s<br>verval = **1,44** m<br>waterstand in = **3,02** m<br>waterstand uit = **1,58** m | **8** |
| +1,0 m<br>**4** | 0,6 m | afvoer = **786** m$^3$/s<br>verval = **1,34** m<br>waterstand in = **3,38** m<br>waterstand uit = **2,04** m | afvoer = **662** m$^3$/s<br>verval = **1,17** m<br>waterstand in = **3,20** m<br>waterstand uit = **2,03** m | **9** |
| +1,5 m<br>**5** | 1,1 m | afvoer = **840** m$^3$/s<br>verval = **1,08** m<br>waterstand in = **3,60** m<br>waterstand uit = **2,52** m | afvoer = **772** m$^3$/s<br>verval = **0,93**m<br>waterstand in = **3,45** m<br>waterstand uit = **2,52** m | **10** |

Verder valt op dat bij de rivierafvoer op lange termijn (18.000 $m^3/s$ bij Lobith) de afvoer door de hoogwatergeul (bij een gelijk meerpeil) lager is dan bij de rivierafvoer op korte termijn. Dit is het gevolg van het maatregelenpakket van Ruimte voor de Rivier dat is meegenomen in de berekeningen voor de lange termijn. Dit zijn voor de IJsseldelta ook maatregelen die de waterstanden in de IJssel bij de inlaat van de hoogwatergeul verlagen (Noorddiep en zomerbedverdieping). De afvoer door de hoogwatergeul neemt in deze berekeningen dus vooral af door onderlinge interactie tussen maatregelen, niet door hogere meerpeilen. Bij een hoger meerpeil neemt de afvoer door de hoogwatergeul juist toe.

De hoogwatergeul kan dus ook bij tot 1,5 meter hogere meerpeilen bij hoge rivierafvoer ten minste 700 $m^3/s$, ruwweg een kwart van de IJsselafvoer, blijven afvoeren. De werking van de hoogwatergeul wordt niet teniet gedaan, maar blijft substantieel bij een peilverhoging in het IJsselmeer.

*Waterstandsdaling langs de IJssel bij hoger meerpeil*
De hierboven genoemde afvoer door de hoogwatergeul heeft tot doel om een (substantiële) daling van de maatgevende waterstand op de IJssel van Kampen tot Zwolle te bewerkstelligen. De waterstandsdaling die door de hoogwatergeul wordt bereikt is bepaald door de verschillende scenario's met en zonder de hoogwatergeul door te rekenen (zie figuur 4.2).

**Figuur 4.2**
Daling van de maatgevende hoogwaterstand als gevolg van de hoogwatergeul. Bron: De gevolgen van de IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta, RWS Waterdienst, 2009




Allereerst is te zien dat in het kortetermijnscenario zonder peilverhoging (1) de maximale waterstandsdaling als gevolg van de hoogwatergeul, enkele kilometers bovenstrooms van Kampen, bijna 70 centimeter bedraagt. Bij Zwolle is dat circa 30 centimeter (28 centimeter bij kilometer 979, 32 centimeter bij kilometer 980).
Bij hogere meerpeilen neemt in de kortetermijnscenario's (3, 4 en 5) de bijdrage van de hoogwatergeul in de maximale daling van de maatgevende waterstand in de IJssel enkele kilometers bovenstrooms van Kampen af. Bovenstrooms van een

omslagpunt bij kilometer 985 neemt deze bijdrage in de daling van de maatgevende waterstand bij hoger IJsselmeerpeil juist toe. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de waterstand bij de inlaat van de hoogwatergeul die toeneemt bij een hoger IJsselmeerpeil (zie tabel 4.1).

Bij de langetermijnscenario's (7 t/m 10) is de bijdrage van de hoogwatergeul in de daling van de maatgevende waterstand lager dan in de kortetermijnscenario's. Dit is echter, zoals ook in de vorige paragraaf over de afvoer door de hoogwatergeul is beschreven, niet een gevolg van de peilverhoging, maar vooral van de effecten van de overige maatregelen in het langetermijnpakket (Noorddiep en zomerbedverdieping). Deze zorgen voor een daling van de maatgevende waterstand bij de inlaat van de hoogwatergeul (zie tabel 4.1) waardoor de afvoer door de hoogwatergeul afneemt en daarmee ook de bijdrage van de geul in de waterstandsdaling afneemt. Door optimalisatie van de combinatie van maatregelen voor de lange termijn zal het ook bij de scenario's 7 t/m 9 mogelijk zijn om 700$m^3$/s via de hoogwatergeul af te voeren.
Ook in de langetermijnscenario's neemt de maximale daling van de maatgevende waterstand af tot een omslagpunt bij kilometer 985 en neemt deze bovenstrooms daarvan weer toe.

Bij Zwolle is de daling van de maatgevende waterstand als gevolg van de hoogwatergeul circa 28-32 centimeter bij het kortetermijnscenario zonder meerpeilverhoging (1), bij een meerpeilverhoging van 1,5 meter (5) neemt deze waterstandsdaling toe tot circa 33-37 centimeter. Als onderdeel van het pakket maatregelen dat in de berekeningen is meegenomen is bij de langetermijnscenario's de daling van de maatgevende waterstand door de hoogwatergeul bij Zwolle circa 19-20 centimeter met een beperkte meerpeilverhoging (7) en circa 21-23 centimeter bij een meerpeilverhoging van 1,5 meter (10).
Geconcludeerd kan worden dat de hoogwatergeul ook bij hogere meerpeilen een substantiële bijdrage aan de daling van de maatgevende waterstand bij Zwolle kan blijven leveren.

De conclusies in dit hoofdstuk hebben betrekking op het ontwerp voor de hoogwatergeul zoals nu is uitgewerkt in de gebiedsontwikkeling. Volledigheidshalve moet worden opgemerkt dat in deze plannen de inlaat van de hoogwatergeul dicht bij Kampen is gesitueerd terwijl de ruimtelijke reservering in de PKB Ruimte voor de Rivier ook rekening houdt met een inlaat verder stroomopwaarts. In het gebiedsproces is gebleken dat een hoogwatergeul met inlaat dicht bij Kampen ruimtelijk optimaal is in te passen (onder andere in relatie tot het tracé van de Hanzelijn) en de minste maatschappelijke bezwaren heeft.
De hoogwatergeul zou met een inlaat die verder stroomopwaarts is gelegen een grotere waterstandsdaling bij Zwolle kunnen opleveren. Het verhang over de hoogwatergeul is dan groter en de invloed van het meerpeil en andere maatregelen rond Kampen op de waterstand bij de inlaat zijn kleiner.

# 5 Inpasbaarheid van de hoogwatergeul in toekomstige oplossingsrichtingen voor hoogwaterbescherming

*Methode*
Om na te kunnen gaan of de hoogwatergeul bij Kampen een belemmering zou kunnen vormen voor toekomstige oplossingsrichtingen voor de hoogwaterbescherming van de IJsseldelta en de Vechtmonding is in het kader van deze quick scan een verkenning uitgevoerd. Daarin zijn zes verschillende oplossingsrichtingen geïdentificeerd. Deze vertegenwoordigen het palet aan denkbare oplossingen voor de waterveiligheid van het gebied voor de lange termijn. Ze zijn zo goed mogelijk onderscheidend gekozen. De oplossingsrichtingen zijn geënt op de volgende drie strategieën: afsluiten, versterken en compenseren stormopzet.
De oplossingsrichtingen verschillen vooral in de omgang met de dreiging vanuit IJsselmeer en Ketelmeer (hoger meerpeil plus stormopzet).

Voor deze quick scan is het niet van belang welke oplossingsrichtingen meer of minder waarschijnlijk of wenselijk zijn. Ze dienen louter en alleen om na te gaan of de hoogwatergeul past in deze oplossingsrichtingen. Wel is het van belang dat ze tot op zekere hoogte realistisch zijn; de toekomstvastheid van de hoogwatergeul wordt er immers aan afgemeten. Met behulp van inschattingen van experts is nagegaan of de oplossingsrichtingen inderdaad een oplossing zouden kunnen bieden. Daarbij is vooral gekeken of de oplossing waterhuishoudkundig “kan werken”. In werkelijkheid zal meer naar integrale planvorming worden gestreefd, hier is alleen naar hoogwaterbescherming gekeken.
Oplossingsrichtingen die vanwege hun omvang of gevolgen minder kansrijk lijken, maar wel kunnen werken, zijn gehandhaafd. Mocht er over een eeuw inderdaad sprake zijn van een sterk gestegen IJsselmeerpeil en veel hogere afvoeren, dan komen oplossingsrichtingen die nu niet realistisch lijken, misschien in een heel ander daglicht te staan.

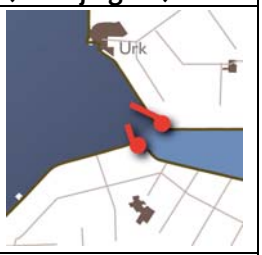
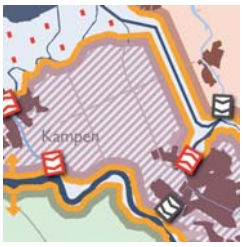
*Resultaat*
De geïdentificeerde oplossingsrichtingen zijn globaal beschreven en vertaald in kaartbeelden. Deze zijn opgenomen in bijlage A. De te nemen maatregelen zijn benoemd en er is een globale kostenraming opgesteld. Verder is aangegeven hoe ze in de tijd passen, wat de belangrijkste gevolgen voor de ruimtelijke kwaliteit en gebruiksfuncties zijn en hoe effectief de oplossing is. In tabel 5.1 zijn de geïdentificeerde oplossingsrichtingen op een rij gezet.

In vijf van de zes oplossingsrichtingen is een hoogwatergeul bij Kampen noodzakelijk, voor één oplossingsrichting (Huidige dijkringen) vormt hij geen belemmering maar is hij niet noodzakelijk. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat de hoogwatergeul bij Kampen geen belemmering vormt voor de keuzemogelijkheden voor toekomstige hoogwaterbescherming van het gebied.

De inrichting van het huidige ontwerp voor de voorkeursvariant van de hoogwatergeul is op onderdelen niet voor alle oplossingsrichtingen zonder kans op spijt

- In drie oplossingsrichtingen, waarbij de stormopzet buiten het gebied wordt gehouden of wordt gecompenseerd (Stormkering Ketelbrug, Compartimenteringsdam, Verdiepen IJsselmeer), is een stormkering bij Roggebot niet (meer) nodig.
- In twee oplossingsrichtingen (Vechtboezem, Nieuwe deltadijken) loopt de hoofdgeul van de IJssel via het tracé van de hoogwatergeul. Het huidige ontwerp is berekend op het afvoeren van 600 tot 700 $m^3/s$, dat wordt dan ruwweg het viervoudige (circa 2800-2900 $m^3/s$). Daarvoor zijn aanzienlijke aanpassingen aan het ontwerp van de hoogwatergeul nodig. Met name moet gedacht worden aan:
  - vergroten doorstroomprofiel (verbreden en/of verdiepen van de geul)
  - meer vloeiend tracé (inlaat van IJssel naar geul en aansluiting van geul op Vossemeer)
  - aanpassen van het profiel van het Vossemeer (verdiepen)
  - verbreden kruising met Hanzelijn en wegen
  - tunneldak van Hanzelijn versterken
  - verhogen en versterken van dijken langs de geul en ter plaatse langs de Flevopolder
  - aanpassen of verwijderen van keringen en sluizen (ook stormkering benedenstrooms)
  - bescherming buitendijkse bebouwing (tenzij deze meteen al robuust wordt aangelegd)

**Tabel 5.1**
Oplossingsrichtingen voor lange termijn hoogwaterbescherming in de IJsseldelta en de Vechtmonding

| Oplossingsrichting en strategie | Beschrijving (een uitgebreide beschrijving is opgenomen in bijlage A) | Inpasbaarheid van de hoogwatergeul (toekomstvastheid) | Fragment van kaartbeeld (zie bijlage A) |
|---|---|---|---|
| 1. Stormkering Ketelbrug (afsluiten) | Stormkering bij Ketelbrug, waarmee de hele IJsseldelta en Vechtmonding bij noordwesterstorm kunnen worden afgesloten van het IJsselmeer. | De hoogwatergeul is complementair aan een stormkering en blijft effectief want stormopzet werkt niet door in de IJsseldelta. |   |
| 2. Vechtboezem (afsluiten) | Permanente kering met schutsluis bij het depot IJsseloog, waardoor de Vechtboezem geheel wordt afgesloten. Vechtwater wordt via het randmeer Noordoostpolder omgeleid, het tracé van de hoogwatergeul wordt de hoofdgeul voor de IJssel. | De hoogwatergeul wordt de hoofdgeul van de IJssel via het tracé van de hoogwatergeul, waardoor Kampen wordt afgesloten voor stormopzet. | |
| 3. Compartimen-teringsdam (afsluiten) | Dam van Houtribdijk naar Noordoostpolder met stormkering. Bij storm wordt de stormkering richting IJsselmeer gesloten zodat de delta beschermd is tegen stormopzet. Afvoer IJssel en Vecht kan tijdelijk via Houtribsluizen worden afgevoerd naar Markermeer. | De hoogwatergeul is complementair aan compartimentering van het IJsselmeer en blijft effectief want de stormopzet werkt niet door in de IJsseldelta. | |
| 4. Nieuwe deltadijken (versterken) | Kampen/Zwolle en Vechtsteden worden beschermd door deltadijken. Hoofdstroom van de IJssel via het tracé van de hoogwatergeul, Vecht omleiden door de polder Mastenbroek. | De hoogwatergeul wordt de hoofdgeul van de IJssel, waardoor Kampen beschermd is tegen stormopzet en hoge afvoeren. |   |
| 5. Huidige dijkringen (versterken) | Bestaande dijken en kunstwerken versterken zodat achterland wordt beschermd bij zowel stormgedomineerde als rivierafvoergedomineerde maatgevende omstandigheden. | De hoogwatergeul is niet noodzakelijk, maar vormt ook geen belemmering | |
| 6. Verdiepen IJsselmeer (compenseren stormopzet) | Meerbodem tot 2100 gefaseerd verdiepen, zodat stormopzet ondanks peilverhoging geheel wordt gecompenseerd. Aanleg van vooroevers om de extra golfbelasting door de grotere meerdiepte te reduceren. | De hoogwatergeul is complementair aan het verdiepen van het IJsselmeer. | |

# 6 Gevoeligheidsanalyse

Dit hoofdstuk beschrijft de gevoeligheid van de conclusies over de toekomstvastheid van de hoogwatergeul bij Kampen voor verhoging van het veiligheidsniveau, verandering in afvoerverdeling over de Rijntakken, overschrijding van het streefpeil en windgevoeligheid van stormopzet.

*Verhoging veiligheidsniveau*
De Deltacommissie stelt in haar advies dat het veiligheidsniveau met een factor 10 dient te worden verhoogd (aanbeveling 1). Dit advies leidt tot een nieuwe normering voor de waterveiligheid in 2011 en deze resulteert mogelijk in een hoger beschermingsniveau voor de IJsseldelta waardoor dan nieuwe maatregelen noodzakelijk worden. In dat geval blijven de oplossingsrichtingen uit dit rapport voor dit studiegebied hetzelfde, althans als het gaat om het voorkomen van overstromingen. Deze zijn immers juist gebaseerd op het wegnemen van de grootste bedreigingen van dit gebied (stormopzet vanuit het IJsselmeer en een piekafvoer van de IJssel).

Een verhoging van het veiligheidsniveau leidt niet tot andere inzichten wat betreft de conclusies over de effectiviteit en inpasbaarheid van de hoogwatergeul. Wel kan dit leiden tot hogere eisen aan de hoogwatergeul, waardoor een zwaardere dimensionering van de dijken noodzakelijk kan worden. Wanneer meer waterstandsverlaging op de IJssel vereist is vanwege een hoger veiligheidsniveau, kan aanpassing van het ontwerp van de hoogwatergeul gewenst zijn om de bijdrage van de geul in de afvoer van de IJssel te kunnen vergroten. Dit is mede afhankelijk van de mogelijkheden om andere maatregelen te nemen.

*Afvoerverdeling Rijntakken*
In deze quick scan is uitgegaan van de afvoerverdeling over de Rijntakken zoals deze ook is gehanteerd in de PKB Ruimte voor de Rivier (voor de IJssel is dit voor de lange termijn 2876 $m^3/s$). Een andere waterverdeling leidt tot een hogere of lagere maatgevende afvoer, waarbij een bandbreedte van 500 $m^3/s$ het uitgangspunt is. Een dergelijke verandering van de maatgevende afvoer van de IJssel leidt niet tot andere conclusies wat betreft de effectiviteit en inpasbaarheid van de hoogwatergeul. Dit blijkt uit de berekeningen die parallel aan deze quick scan zijn uitgevoerd (De gevolgen van de IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta, 2009, RWS Waterdienst).
Wel vervalt de noodzaak van de hoogwatergeul wanneer de maatgevende afvoer over de IJssel meer dan 500 $m^3/s$ afneemt, omdat in dat geval het maatregelenpakket voor de korte termijn zoals opgenomen in de PKB Ruimte voor de Rivier volstaat. Bij een toename van de maatgevende IJsselafvoer van meer dan 500 $m^3/s$ ontstaat een grotere opgave voor de IJssel waarop de dimensionering van de hoogwatergeul dient te worden aangepast. Ook dan blijft de hoogwatergeul een effectieve maatregel omdat deze een significante bijdrage levert aan de waterstandsdaling op de IJssel tussen Kampen en Zwolle.

*Overschrijding streefpeil*
De huidige streefpeilen van het IJsselmeer, -0,20 meter NAP in de zomer en - 0,40 meter NAP in de winter, worden regelmatig overschreden (het gemiddelde winterpeil is -0,25 meter NAP).
Deze overschrijdingen van het (winter)streefpeil hebben meerdere oorzaken. Allereerst speelt de toegestane bandbreedte rondom het streefpeil een rol: het IJsselmeerpeil mag niet onder het winterstreefpeil komen in verband met de vereiste vaardiepte bij sluizen. Daarnaast is de huidige spuicapaciteit in de Afsluitdijk af en toe onvoldoende om in periodes met hoge waterstanden op de Waddenzee en hoge IJsselafvoeren het streefpeil te kunnen handhaven. Het winterstreefpeil zal bij aanhoudende zeespiegelstijging en nattere winters waarschijnlijk vaker en meer worden overschreden. Het IJsselmeer vervult dan zijn waterbergende functie.

De gevolgen van deze overschrijdingen van het winterstreefpeil zijn beperkt. De bouw van extra spuicapaciteit in de Afsluitdijk (gereed in 2016) ondervangt een groot deel van het geschetste probleem. Na 2035 zal het streefpeil met de zeespiegel meebewegen zodat voldoende spuicapaciteit behouden wordt. Toch kan ook dan het IJsselmeerpeil in bijzonder natte periodes enkele decimeters hoger zijn dan het streefpeil. In verhouding tot de voorgenomen peilverhoging van 0,0 tot 1,5 meter is deze overschrijding van het streefpeil relatief klein en valt dit binnen de bandbreedtes van de uitgevoerde scenarioberekeningen. Daarom is er geen reden om aan te nemen dat deze relatief geringe overschrijdingen van het streefpeil de effectiviteit van de hoogwatergeul substantieel beïnvloeden. Het feit dat de streefpeilen op het IJsselmeer in de praktijk regelmatig niet worden gehaald heeft daarom geen gevolgen voor de conclusies over de toekomstvastheid van de hoogwatergeul.

*Windgevoeligheid*
De IJsseldelta is zeer gevoelig voor wind. Onzekerheden gekoppeld aan deze factor kunnen daarom de effectiviteit en inpasbaarheid van de hoogwatergeul beïnvloeden. Op basis van het rapport van de Deltacommissie het KNMI-rapport ‘Staat van het Klimaat 2007’ is er op dit moment geen reden om aan te nemen dat er zeer ingrijpende veranderingen optreden in de windcondities, die de effectiviteit van hoogwatergeul teniet zouden kunnen doen.

Kleine veranderingen in de windkarakteristieken (snelheid, richting en duur) kunnen leiden tot grote veranderingen in de waterstanden als gevolg van (extra) stormopzet. Om deze reden is in deze studie rekening gehouden met zeer zware storm uit het noordwesten, namelijk met een kans van voorkomen van 1/2000 per jaar. Combinaties van nog zwaardere stormen en hogere afvoeren van de IJssel dan 1/1 per jaar hebben nog (veel) kleinere kansen van voorkomen en daar hoeft dan ook geen rekening mee gehouden te worden.

# 7 Conclusies en aanbevelingen

Deze quick scan verkent de toekomstvastheid van de hoogwatergeul bij Kampen in het licht van de aanbevelingen van de Deltacommissie om Nederland voor de lange termijn te beschermen tegen de gevolgen van klimaatverandering. Daarbij is van belang of peilverhoging in het IJsselmeer met maximaal 1,5 meter de werking van de hoogwatergeul vermindert (effectiviteit). Daarnaast is gekeken of de hoogwatergeul past in oplossingsrichtingen op de lange termijn voor hoogwaterbescherming voor de IJsseldelta en omgeving en daar in elk geval geen belemmering voor vormt (inpasbaarheid).

*Conclusies effectiviteit hoogwatergeul*

Het blijkt dat ook bij een hoger IJsselmeerpeil tot maximaal 1,5 meter de hoogwatergeul een substantiële bijdrage kan leveren aan daling van de maatgevende waterstand in de IJssel van Kampen tot zeker bovenstrooms van Zwolle. De hoogwatergeul neemt in dat geval ongeveer ¼ van de maatgevende afvoer van de IJssel voor zijn rekening (circa 700 $m^3/s$). Dit is het geval bij hoge (maatgevende) rivierafvoer van de IJssel. Bij lage afvoer van de IJssel is de hoogwatergeul niet nodig.

De daling van de maatgevende waterstand bij Zwolle die door de hoogwatergeul kan worden bereikt bij verschillende peilen in het IJsselmeer is bepaald voor scenario's voor de korte termijn (maatregelen Ruimte voor de Rivier tot 2015 zijn uitgevoerd en maatgevende afvoer van de Rijn bij Lobith van 16.000 $m^3/s$) en voor scenario's voor de lange termijn (alle maatregelen voor de lange termijn zoals genoemd in de PKB Ruimte voor de Rivier zijn uitgevoerd en maatgevende afvoer van de Rijn bij Lobith van 18.000 $m^3/s$).
Bij de scenario's voor de korte termijn bedraagt de daling van de maatgevende waterstand bij Zwolle circa 30 centimeter zonder peilverhoging en circa 35 centimeter bij een 1,5 meter hoger IJsselmeerpeil. Bij de scenario's voor de lange termijn bedraagt de daling van de maatgevende waterstand bij Zwolle circa 20 centimeter met een beperkte meerpeilverhoging van 0,2 meter, en circa 22 centimeter bij een 1,5 meter hoger IJsselmeerpeil.
De waterstandsdaling bij Zwolle is bij de scenario's voor de lange termijn dus lager dan bij de scenario's voor de korte termijn. Dit is niet het gevolg van een hoger IJsselmeerpeil maar van de combinatie van de waterstandsverlagende maatregelen rond Kampen voor de lange termijn. Deze maatregelen, onder andere dijkverlegging Noorddiep en zomerbedverdieping, verlagen de waterstand bij de inlaat van de hoogwatergeul waardoor de afvoer door de hoogwatergeul afneemt.

*Conclusies inpasbaarheid hoogwatergeul*

Aanleg van een hoogwatergeul vormt, los van de vraag hoe deze er precies uitziet, geen belemmering voor de keuzemogelijkheden voor toekomstige hoogwaterbescherming van de IJsseldelta en omgeving.
De inrichting en ruimtelijke inpassing van het huidige ontwerp van de voorkeursvariant van de hoogwatergeul is niet voor alle lange-termijn oplossingsrichtingen toekomstvast.

Deze conclusie is gebaseerd op een binnen deze quick scan uitgevoerde verkenning van mogelijke oplossingsrichtingen voor hoogwaterbescherming voor de IJsseldelta en omgeving. Daarmee is nagegaan of de hoogwatergeul past in die oplossingsrichtingen en daar in elk geval geen belemmering voor vormt.
Er zijn zes oplossingsrichtingen voor de lange termijn geïdentificeerd:

- Stormkering Ketelbrug (strategie: afsluiten)
- Vechtboezem (strategie: afsluiten)
- Compartimenteringsdam (strategie: afsluiten)
- Nieuwe deltadijken (strategie: versterking)
- Huidige dijkringen (strategie: versterking)
- Verdiepen IJsselmeer (strategie: compenseren stormopzet)

In vijf van de zes oplossingsrichtingen voor de lange termijn is een hoogwatergeul bij Kampen noodzakelijk bij hoge rivierafvoer. Voor de zesde (Huidige dijkringen) is de hoogwatergeul niet noodzakelijk, maar vormt hij ook geen belemmering.

Het huidige ontwerp voor de hoogwatergeul is niet robuust voor de volgende gevallen:

- In twee oplossingsrichtingen voor de lange termijn (Vechtboezem, Nieuwe deltadijken) loopt de hoofdgeul van de IJssel via het tracé van de hoogwatergeul. In dat geval zijn grote aanpassingen aan de hoogwatergeul nodig (vier keer zo grote maximale afvoer door de hoogwatergeul).
- In drie oplossingsrichtingen voor de lange termijn, waarbij de stormopzet op het IJsselmeer buiten het gebied wordt gehouden of wordt gecompenseerd (Stormkering Ketelbrug, Compartimenteringsdam, Verdiepen IJsselmeer), is een stormkering bij Roggebot niet nodig.

Daarbij is wel van belang op welke termijn peilverhoging en daarmee samenhangend realisatie van een lange-termijnoplossingsrichting voor de hele regio aan de orde zal zijn. Conform het ontwerp Nationaal Waterplan is dat op zijn vroegst na 2035.

*Overige conclusies*

In deze quick scan is het beeld bevestigd dat een klimaatbestendige en veilige IJsseldelta een grote en gecompliceerde opgave vormt.

Zonder meerpeilverhoging zal naar verwachting na uitvoering van het Hoogwaterbeschermingsprogramma en Ruimte voor de Rivier de hoogwaterbescherming langs de IJssel tussen Kampen en Zwolle in 2015 op orde zijn. In de rest van het studiegebied is de waterveiligheid nog niet volledig op orde en zullen naar verwachting na de derde toetsronde (in 2011) verscheidene waterkeringen moeten worden versterkt.

Bij verhoging van het IJsselmeerpeil met in ieder geval 0,5 meter of meer zijn in de IJsseldelta (met name bij Kampen) en in de Vechtmonding drastische maatregelen nodig, met name voor de hoogwaterbescherming onder stormgedomineerde omstandigheden. Daarbij kan gedacht worden aan één van de in deze studie geïdentificeerde oplossingsrichtingen.

De kosten voor deze maatregelen liggen in de orde van 0,5 tot 2,2 miljard euro (als de oplossingsrichting Verdiepen van het IJsselmeer, vanwege de hoge kosten van 45-70 miljard euro, buiten beschouwing wordt gelaten).

*Aanbevelingen*

De verschillende waterstandsverlagende maatregelen voor de lange termijn die in de berekeningen zijn meegenomen (hoogwatergeul, zomerbedverdieping, dijkverlegging Noorddiep) blijken elkaar te beïnvloeden, waardoor de effectiviteit van de hoogwatergeul wordt verminderd. Aanbevolen wordt om verder studie te doen naar de optimale dimensionering van de combinatie van deze maatregelen.

In het ontwerp Nationaal Waterplan en de ontwerp Beleidsnota IJsselmeergebied wordt onderzoek aangekondigd naar de maatregelen die nodig zijn om de inrichting van het IJsselmeer (o.a. Ketelmeer, het Zwarte Water, benedenloop van de IJssel) aan te passen aan een eventuele peilverhoging (scenario- en effectstudies en maatschappelijke kostenbatenstudies). Het verdient aanbeveling om hierbij de strategie voor hoogwaterbescherming voor het gebied op de korte termijn (derde toetsronde) en middellange termijn (nieuwe normstelling) te betrekken.

De studie waar deze quick scan op is gebaseerd hanteert een zogenaamde semi-probabilistische methode (bepalen uitersten aan meerzijde en aan rivierzijde en daartussen interpoleren, zie paragraaf 2.2). Deze methode geeft voldoende betrouwbare informatie over het verloop van de waterstanden om de effectiviteit van de hoogwatergeul te kunnen beoordelen. Om de precieze maatgevende waterstanden in het studiegebied te kunnen bepalen zijn zogenaamde volledig probabilistische berekeningen nodig (alle verschillende combinaties van stormopzet en rivierafvoer die samen een kans van voorkomen van 1/2000 per jaar hebben). Aanbevolen wordt om deze berekeningen met hogere IJsselmeerpeilen en met het sluitregime van alle relevante kunstwerken uit te voeren ten behoeve van het definitieve ontwerp van de hoogwatergeul.

# Bijlage A Oplossingsrichtingen hoogwaterbescherming IJsseldelta en Vechtmonding op lange termijn

# stormkering Ketelbrug
## strategie: afsluiten

water peilverhoging en stormopzet

water peilverhoging zónder stormopzet

water geen peilverhoging

omleiding IJsselafvoer tijdens storm

stad en dorp

bestaande dijk

dijkversterking voortkomend uit alleen peilverhoging

nieuwe stormkering

nieuw inlaatwerk

nieuwe sluis

aanpassing sluitregime Ramspol

aanpassing sluis

impuls regionale ontwikkelingen

hoge gronden

0 m — 20 km

## A.1 1 -Stormkering Ketelbrug (strategie afsluiten)

*Systeembeschrijving*
Door het Ketelmeer bij storm met een stormkering af te sluiten van het IJsselmeer, wordt voorkomen dat stormopzet bij noordwesterstorm leidt tot hoge waterstanden in het Ketelmeer, Vossemeer, Zwarte Meer, Zwarte Water en de benedenloop van de IJssel. Deze stormkering staat onder dagelijkse omstandigheden open, zodat een peilverhoging van het IJsselmeer van 1,5 meter zich direct vertaalt in een peilverhoging in genoemde wateren. Bij een verwachte grote stormopzet (combinatie van stormverwachting en gemiddeld meerpeil) sluit de stormkering. Naar verwachting zullen dat situaties zijn met een kans van voorkomen van maximaal 1/10 per jaar. De sluitingsduur zal in de orde van maximaal twee dagen liggen. Als de stormkering gesloten is kan de afvoer van de IJssel, de Vecht en vanuit het Meppelerdiep niet naar het IJsselmeer stromen.

Er zijn twee verschillende richtingen waarlangs de IJssel- en Vechtafvoer voor de duur van sluiting van de stormkering bij de Ketelbrug kan worden gerealiseerd:
A. Afvoer omleiden via een nieuw aan te leggen randmeer Noordoostpolder (Vollenhove – Blokzijl – Lemmer). Via deze route kan water worden afgevoerd naar het IJsselmeer en bij Lemmer worden uitgeslagen. Wanneer de stormkering dicht gaat, zal het IJsselmeerpeil bij Lemmer naar verwachting lager zijn dan in het Ketelmeer. Het is echter niet met zekerheid te zeggen of bij deze condities (IJssel- èn Vechtafvoer èn noordwesterstorm) er voldoende verhang is tussen Zwarte Meer en Lemmer om deze waterhoeveelheid in twee dagen af te voeren. Berekeningen zullen dat moeten uitwijzen.
B. Afvoer omleiden via Veluwerandmeren naar Markermeer. Het Markermeer kan het water bergen tot een bepaald niveau, waarvoor een tijdelijke peilstijging van naar schatting maximaal 20 tot 30 cm volstaat. Afvoer naar het Markermeer kan via de bestaande kunstwerken, maar daarvoor zijn wel aanpassingen nodig.
Daarnaast is ook gekeken of afvoer mogelijk is via de poldersystemen en gemalen van de Flevopolder en de Noordoostpolder. Door de beperkte capaciteit daarvan is dit laatste alternatief niet aannemelijk.

*Maatregelen en kosten*
Aanleg van een stormkering bij de Ketelbrug is afhankelijk van de breedte van het kunstwerk (de lengte van de Ketelbrug is 800 meter) en zou ongeveer 300 tot 500 miljoen euro bedragen (huidige prijspeil, nat profiel 4000 a 5000 $m^2$). Bij een forse peilverhoging op het IJsselmeer zijn waarschijnlijk toch dijkversterkingen noodzakelijk in het gebied waar de Vecht uitmondt, maar om dat vast te stellen zijn probabilistische berekeningen nodig. Vooralsnog wordt er in de kostenraming van uitgegaan dat er géén dijkversterkingen nodig zijn achter de stormkering. Wel is de aanleg van een randmeer bij de Noordoostpolder opgenomen en een aanpassing van de Kadoelersluis qua breedte (optie A). Voor het geschikt maken van de Veluwerandmeren voor de doorvoer richting Markermeer (optie B) is rekening gehouden met een aanpassing van de Nijkerkersluis, Aquaduct en stadsrand Harderwijk en verhogen en versterken van de dijken langs de randmeren. De stormkering bij Roggebotsluis voor de hoogwatergeul is naar verwachting niet meer nodig.
Een globale schatting van de kosten bedraagt 0,6 – 2,0 miljard euro met optie 1A en 0,4 – 1,2 miljard euro voor optie 1B.

*Fasering*
Kiezen voor een stormkering bij de Ketelbrug is pas zinvol als een onderbouwde oplossing gevonden is voor bergen en omleiden via de opties A en B. Daarvoor moet fysisch/probabilistisch naar de diverse inrichtingsvarianten gekeken worden. Vervolgens is het dan ook mogelijk een fasering in de werken aan te geven.

*Ruimtelijke kwaliteit en gebruiksfuncties*
Het randmeer Noordoostpolder kan een belangrijke impuls geven aan natuur en recreatie en daaraan verbonden bedrijvigheid. Het LEI[2] heeft in 2001 becijferd dat aanleg van een randmeer Noordoostpolder een positieve impuls geeft aan de regionale economie.

*Effectiviteit oplossingsrichting, voor- en nadelen*
Afsluiten van het Ketelmeer van het IJsselmeer bij storm is een effectieve oplossing voor het voorkomen van stormopzet in de IJsseldelta en de Vecht, Zwarte Water en benedenloop van de IJssel. Voorwaarde is dat er een werkende oplossing bestaat voor bergen en/of afvoeren van de rivierafvoer via optie A en optie B.

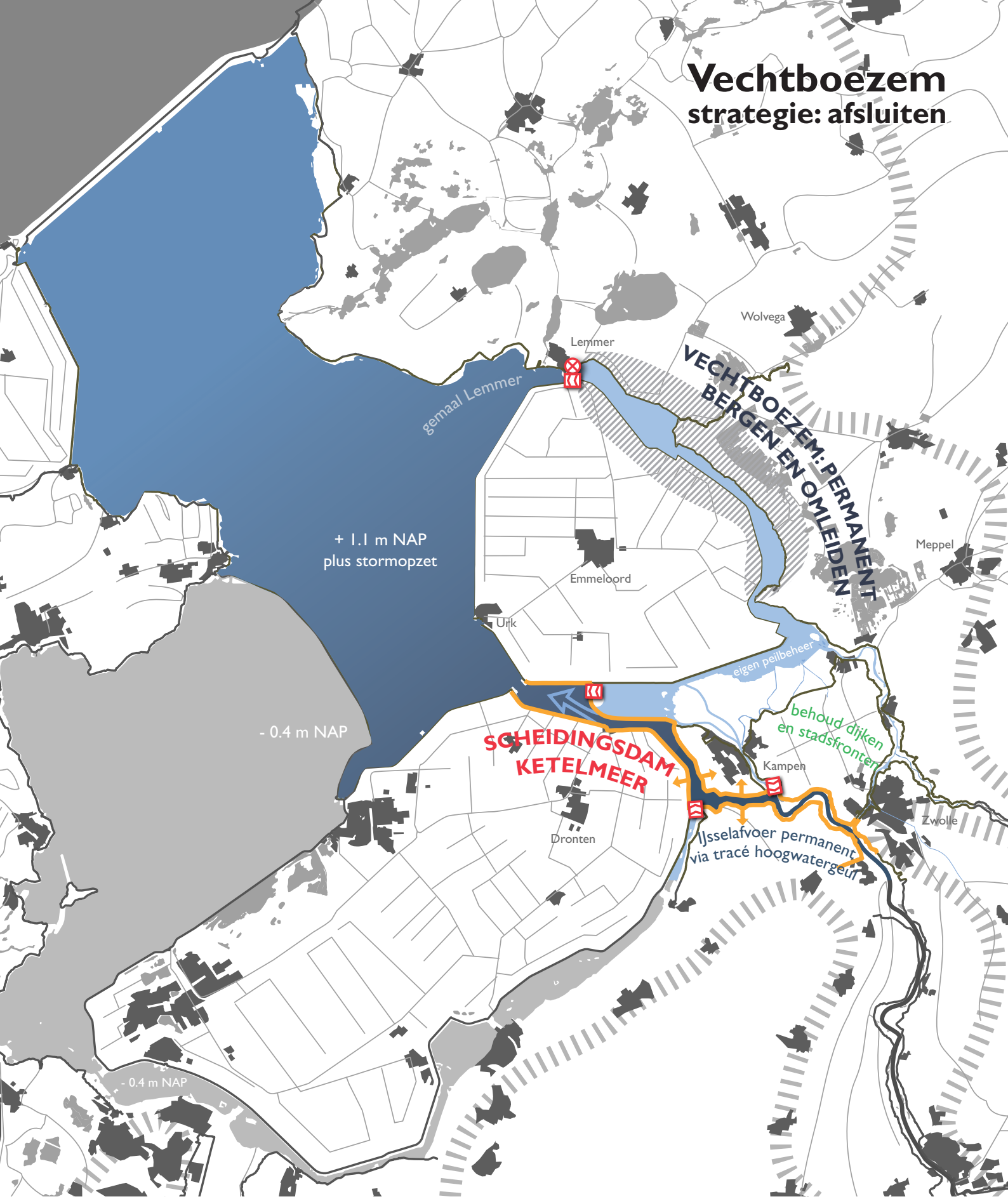
Optie A : Het randmeer Noordoostpolder kan een effectieve oplossing vormen voor tijdelijke berging en/of omleiding van de IJssel- en Vechtafvoer als de stormkering gesloten is. Bij noordwesterstorm vindt er echter niet alleen stormopzet plaats in het IJsselmeer, maar ook in het randmeer Noordoostpolder. Er is nader onderzoek voor nodig om te bepalen of deze oplossing onder de gegeven condities van IJssel- en Vechtafvoer en noordwesterstorm zal werken.

Optie B : De noordelijke randmeren tot Nijkerk kunnen in eerste instantie de afvoer bergen, maar hierdoor zal het peil relatief snel oplopen (circa 1,30 à 1,70 meter in twee dagen respectievelijk met en zonder bergen op het Kampereiland). Het Kampereiland, dat van oudsher is ingesteld op overstroming door bebouwing op terpen, kan hierbij ook als bergingsgebied functioneren. Als ook waterberging op het Markermeer (afvoer via de Nijkerkersluis) en zuidelijke randmeren mogelijk is, stijgt het waterniveau slechts circa 0,25 meter. Bij deze aanvullende berging moet rekening gehouden worden met aanpassing van het Aquaduct Harderwijk, de Nijkerkersluis en het ophogen/versterken van dijken langs de randmeren in Gelderland. Een ander nadeel van deze optie is dat het relatief sterk vervuilde en voedselrijke IJsselwater via de Veluwerandmeren wordt afgevoerd waardoor de waterkwaliteit in deze meren (tijdelijk) ernstig kan verminderen. De waterkwaliteit van de IJssel, de Rijn en de Vecht zal, gezien de doelstelling van de Kaderrichtlijn Water, na 2027 goed moeten zijn. Daarbij moet worden bedacht dat deze situatie van storm gemiddeld eens in de tien jaar gedurende enkele dagen zal optreden.

*Robuustheid van de hoogwatergeul*
De hoogwatergeul levert een substantiële bijdrage aan het verlagen van waterstanden bij hoge rivierafvoer, waarbij de stormkering bij Ketelbrug zorgt voor het afvangen van de stormopzet op het IJsselmeer. Voorwaarde is wel dat er een werkende oplossing bestaat voor het bergen en/of afvoeren van de rivierafvoer.

[2] Landbouw Economisch Instituut, onderdeel van Wageningen Universiteit

# Vechtboezem
## strategie: afsluiten




water peilverhoging en stormopzet

water beperkte peilverhoging

IJsselafvoer permanent via tracé hoogwatergeul

stad en dorp

bestaande dijk

dijkversterking voortkomend uit peilverhoging en stormopzet

verruiming hoogwatergeul

nieuw gemaal

nieuwe sluis

impuls regionale ontwikkelingen

hoge gronden

0 m — 20 km

## A.2 2 –Vechtboezem (strategie afsluiten)

*Systeembeschrijving*
De stad Kampen en het Zwarte Meer, Zwarte Water en de Vecht inclusief het achterliggende gebied worden permanent afgesloten van het IJsselmeer en het Ketelmeer door een dam met een schutsluis voor de scheepvaart. Deze dam kan tussen het IJsseloog en de Noordoostpolderdijk worden geplaatst, daarnaast wordt een dam aangelegd van het IJsseloog naar de zuidzijde van het Keteldiep. Er blijft in ieder geval een mogelijkheid voor de beroepsvaart naar slibdepot IJsseloog. Als alternatief zou voor plaatsing van de schutsluis bij de Ketelbrug kunnen worden gekozen, wat betekent dat een langere dam nodig is.
Bij deze maatregel wordt de Vecht permanent afgevoerd via het randmeer Noordoostpolder naar Lemmer. Bij Lemmer kan overwogen worden om naast een sluis een gemaal te plaatsen dat bij extreem waterbezwaar (1/10 per jaar) de Vechtboezem ontlast. De Vechtboezem krijgt een eigen peilbeheer om zo extreem waterbezwaar bij hoge Vechtafvoeren en veel neerslag in Drenthe te voorkomen.
De IJssel stroomt geheel via het tracé van de hoogwatergeul. De stad Kampen wordt daarbij bovenstrooms met een keersluis afgesloten van de IJssel.

Omdat sprake is van een permanente dam met sluis, kan de Vecht niet meer naar het IJsselmeer stromen en zal daarom haar water afvoeren via een nieuw aan te leggen randmeer Noordoostpolder naar het IJsselmeer bij Lemmer (via Vollenhove – Blokzijl). Bij een zeer hoge afvoer kunnen het Zwarte Meer, Kadoelermeer en het oostelijk deel van het Ketelmeer in eerste instantie een hoge afvoer bergen, maar daardoor loopt het peil snel op (bij een 1/1 per jaar Vechtafvoer ongeveer 0,5 meter tot 0,7 meter in twee dagen). Bij zeldzamere situaties met twee keer zoveel waterbezwaar loopt de boezem 1,0 meter tot 1,4 meter (met berging op Kampereiland) op in twee dagen. Het Kampereiland functioneert dan als bergingsgebied, en is daar van oudsher al op ingesteld.
Het is echter niet met zekerheid te zeggen of er in alle condities (Vechtafvoer en wind) voldoende verhang is tussen het Zwarte Meer en Lemmer om voldoende af te voeren. Berekeningen zullen dat moeten uitwijzen.

Daarnaast is gekeken naar het uitslaan van water naar het IJsselmeer met een gemaal bij de kering IJsseloog. Deze oplossing ligt niet zo voor de hand omdat het om een zeer fors gemaal gaat dat sporadisch moet worden ingezet.

*Maatregelen en kosten*
De aanleg van twee dammen tussen IJsseloog naar Noordoostpolderdijk en IJsseloog naar Keteldiep. Bovenstrooms van Kampen moet een nieuwe keersluis in de IJssel worden aangelegd. De IJssel loopt via het tracé van de hoogwatergeul, waarbij een vier keer grotere afvoer mogelijk moet zijn (van 700 $m^3/s$ naar 2800 tot 2900 $m^3/s$). Daarvoor zal het tracé moeten worden verbreed, verdiept en verlegd (vloeiender loop zonder haakse bochten), moeten kunstwerken worden aangepast (kruising met Hanzelijn, tunneldak Hanzelijn) en moeten dijken langs de nieuwe IJsselloop ten zuiden van Kampen en de IJssel tot Zwolle fors worden verhoogd vanwege de open verbinding met het IJsselmeer. De stormopzet vanuit het IJsselmeer werkt dan op de IJssel door, in ieder geval tot aan Kampen en afhankelijk van de afvoer en stormcondities ook tot Zwolle. De dijken langs de IJssel moeten daarvoor op sterkte worden gebracht. Bij het afsluiten van de Vechtboezem

zijn ook zonder stormsituatie waarschijnlijk toch dijkverzwaringen nodig in de IJsseldelta rond Kampen en de Vecht. Dit zou uit volledig probabilistische berekeningen moeten blijken. Vooralsnog wordt er in de kostenraming van uitgegaan dat er géén dijkversterkingen plaats zullen vinden. Indien de route via het randmeer Noordoostpolder effectief blijkt te zijn, is ook de aanleg van een randmeer nodig, waarbij de voorkeur uit zou moeten gaan naar de brede variant met een bergingsoppervlakte van 30 vierkante kilometer. In de kostenraming is uitgegaan van aanleg van een randmeer Noordoostpolder en aanpassing van de breedte van de Kadoelersluis.
Een globale schatting van de kosten bedraagt 0,7 – 1,5 miljard euro.

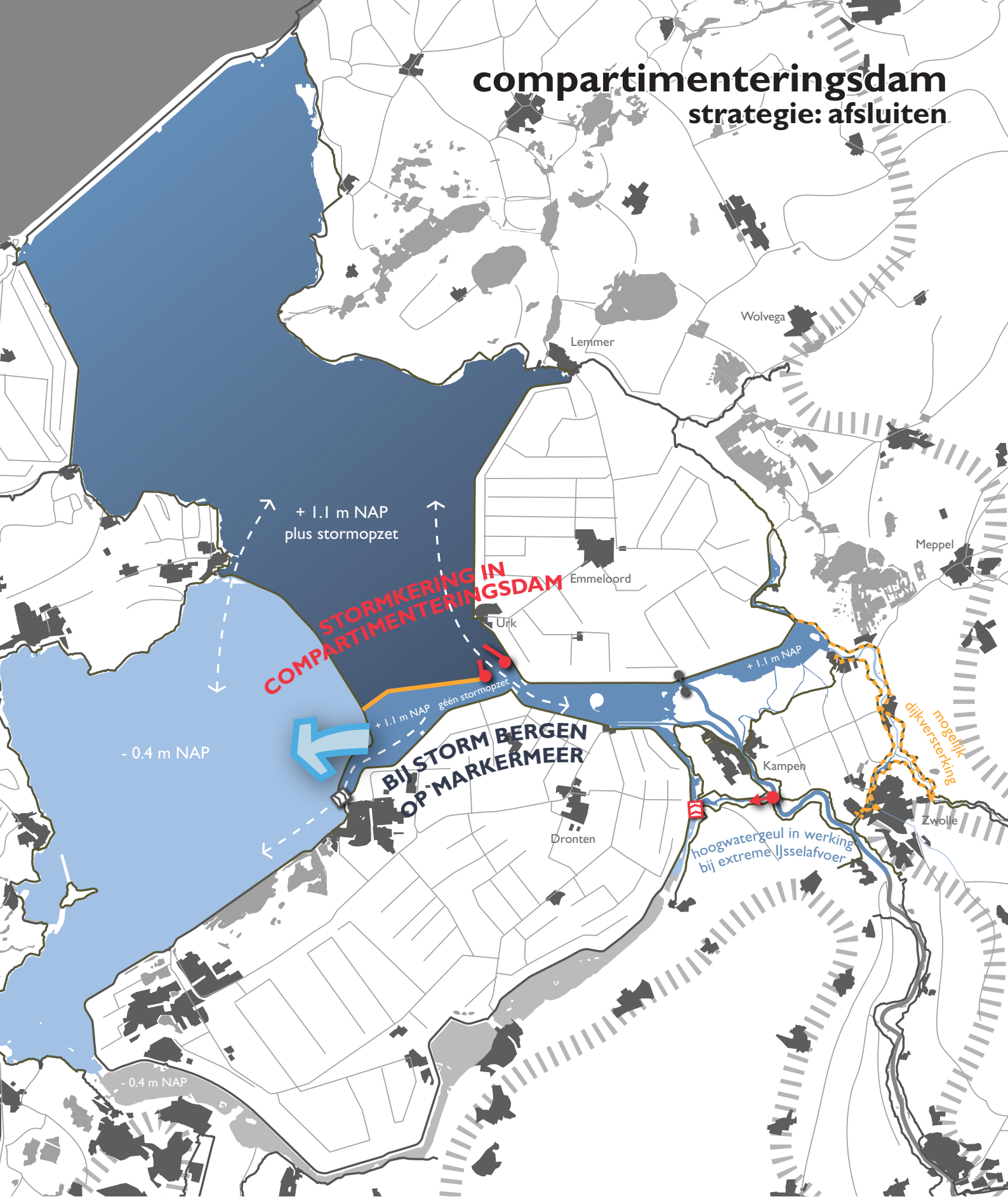
*Fasering*
Afsluiten van de Vechtboezem en omleiden van de Vecht is pas zinvol als de oplossing voor bergen en afvoeren van de Vecht mogelijk blijkt. Daarvoor moet fysisch/probabilistisch naar diverse inrichtingsvarianten gekeken worden. Vervolgens is het dan ook mogelijk een fasering in de werken aan te geven.

*Ruimtelijke kwaliteit en gebruiksfuncties*
Het randmeer Noordoostpolder kan een belangrijke impuls geven aan natuur en recreatie en daaraan verbonden bedrijvigheid. Het LEI heeft in 2001 becijferd dat aanleg van een randmeer Noordoostpolder een positieve impuls kan geven aan de regionale economie. Het stadsfront van Kampen ligt nog wel aan de IJssel, maar de dynamiek van een natuurlijk fluctuerende rivier is verdwenen.

*Effectiviteit oplossingsrichting, voor- en nadelen*
Afsluiten van de benedenloop van de IJssel, Zwarte Meer en het achterland bij storm is een effectieve oplossing voor het voorkomen van stormopzet in de stad Kampen, de Vecht en het Zwarte Water, maar biedt geen oplossing voor de stormopzet op de IJssel tot aan Zwolle. Dit kan effectiviteitsverlies betekenen van de hoogwatergeul en zomerbedverdieping. Voorwaarde voor gedeeltelijk afsluiten is dat er een oplossing bestaat voor bergen en/of afvoeren van de Vecht. De effectiviteit van de omleidingsroute via het randmeer Noordoostpolder is nog niet onderzocht. Nadere berekeningen zijn nodig voor maatgevende hoogwaterstanden tot aan Zwolle.

*Robuustheid van de hoogwatergeul*
De hoogwatergeul wordt de hoofdgeul van de IJssel en wordt daarmee bepalend voor de waterstandsdaling op de IJssel voor het traject van Kampen tot Zwolle (en verder). De dimensionering van het huidige ontwerp voldoet niet op de lange termijn om de volledige afvoer van de IJssel te accommoderen, en er is een aanpassing nodig van de hoogwatergeul. Voorwaarde is dat er een werkende oplossing komt voor de omleidingsroute via het randmeer Noordoostpolder.

# compartimenteringsdam
## strategie: afsluiten




water peilverhoging en stormopzet

water peilverhoging zónder storm

water geen peilverhoging

bergen IJsselafvoer tijdens storm op Markermeer

stad en dorp

bestaande dijk

nieuwe compartimenteringsdam

dijkversterking voortkomend uit alleen peilverhoging

nieuwe stormkering

nieuw inlaatwerk

nieuwe sluis

aanpassing sluitregime Ramspol

aanpassing sluis

scheepvaartroutes

hoge gronden

0 m — 20 km

## A.3 3 –Compartimenteringsdam (strategie afsluiten)

*Systeembeschrijving*
De aanleg van een dam in de richting zuidwest-noordoost, deelt het IJsselmeer op in twee delen. Deze compartimentering beperkt de stormopzet aan de zuidoostzijde van het Ketelmeer door het verkleinen van de strijklengte (van 65 kilometer naar 17 kilometer bij Kampen; aan de noordwestzijde van de dam 48 kilometer). Als gevolg van deze verkorting reduceert de stormopzet in het Ketelmeer bij Kampen, in de 1/2000 per jaar situatie maximaal circa 3,14 meter, met ongeveer 60 procent tot circa 1,26 meter.
Deze maatregel voorkomt dat bij Flevoland en Ketelmeer/Zwarte Meer extra dijkverhogingen nodig zijn. De maatgevende hoogwaterwaterstanden, die op deze locatie door storm gedomineerd worden, dalen namelijk aanzienlijk door de genoemde reductie. De golfbelasting vermindert niet of nauwelijks door deze compartimentering.
Vanuit de gedachte van de peilverhoging in het IJsselmeer is het wenselijk in de twee compartimenten in het IJsselmeer min of meer gelijke peilen te hanteren. Dit betekent dat de dam voorzien moet zijn van stroomsluizen of een stormkering die gesloten kunnen worden bij zware storm. De aanleg van een schutsluis is niet nodig omdat de zware stormsituatie een kleine kans van voorkomen heeft en de sluiting van de dam maximaal 48 uur duurt. Er wordt uitgegaan van sluiting bij stormen met een kans van voorkomen van kleiner of gelijk aan 1/10 per jaar.
Berging op het compartiment (4500 hectare) tussen de aan te leggen dam en de Ketelbrug, het Ketelmeer, het Zwarte Meer, het Vossemeer en Kampereiland resulteert in een peilverhoging van 4 centimeter per uur, 96 centimeter per dag, en 192 centimeter in twee dagen (=sluitingstijd kering). Om deze forse verhogingen te voorkomen kunnen de Houtribsluizen worden gebruikt om gedurende zware storm de afvoeren van de IJssel en de Vecht te kunnen afleiden en bergen richting het Markermeer. Op deze manier kan de tijdelijke waterstandsverhoging in het compartiment beperkt worden tot enkele decimeters of – indien nodig – volledig worden voorkomen, afhankelijk van het sluisbeheer.
Tijdelijke peilverhoging in het Markermeer is niet strijdig met het advies van de Deltacommissie, mits het gaat om calamiteitenberging (maximale verhoging van circa 0,25 meter, minimaal 1/10 per jaar).

*Maatregelen en kosten*
De aanleg van een 12,5 kilometer lange verbindende compartimenteringsdam tussen 2 kilometer zuidelijk van Urk en de Houtribdijk (aan de zuidoostzijde). In deze dam dient één grote stormkering of stroomsluis te worden gebouwd op een nauwkeurig gekozen locatie, die toereikend is voor de verschillende vaargeulen in de huidige situatie. Er kan gebruik gemaakt worden van de bestaande spuicomplexen van de Houtribsluizen bij Lelystad, die zullen in dat geval moeten worden aangepast.
Een globale schatting van de kosten bedraagt 0,5 – 1,4 miljard euro.

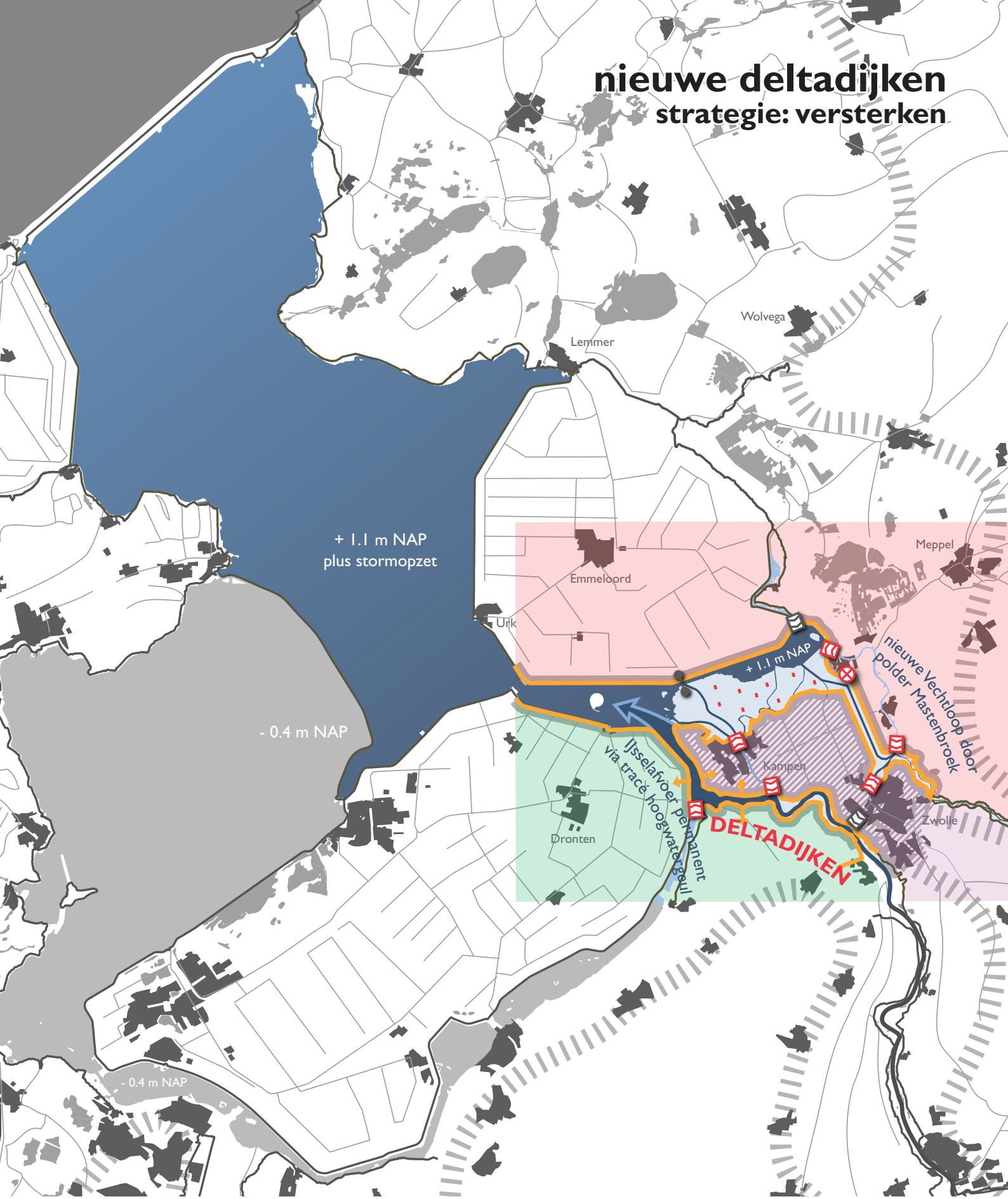
*Fasering*
De dam Houtribdijk-Noordoostpolder kan gefaseerd worden aangelegd, alle maatregelen moeten gereed zijn op het moment dat de peilverhoging een bepaalde waarde overschrijdt (naar verwachting tussen 0,5 en 1,0 meter).

*Ruimtelijke kwaliteit en gebruiksfuncties*
De openheid van het IJsselmeergebied wordt verminderd als gevolg van de doorsnijding door de dam. Dit is zowel vanuit landschappelijk als natuurlijk oogpunt een negatieve ontwikkeling. Het compartiment tussen de Afsluitdijk en de nieuwe dam blijft groot waardoor circulatie en openheid grotendeels behouden blijft. Voor het zuidelijke compartiment tussen de nieuwe dam en het Ketelmeer gaat een deel van de dynamiek verloren, hoewel circulatie binnen dit compartiment blijft bestaan door wind en de afvoeren van de Vecht en IJssel. Door de compartimentering ontstaat een zouter compartiment (noord) en een minder zout compartiment (zuid). Op het noordelijke compartiment zit namelijk een niet te verwaarlozen zoutbelasting. Waarschijnlijk vormt de zoutbelasting geen probleem omdat de verdunning door de afvoeren van de IJssel en Vecht gelijk blijft. De drinkwaterinname bij Andijk voor circa 1,5 miljoen mensen zal bij de voorgestelde zuidelijke ligging van de compartimenteringsdam geen problemen ondervinden.
De ecologische/morfologische gevolgen voor het zuidelijke compartiment door de nieuwe dam zijn aanzienlijk maar hoeven niet negatief uit te pakken als de dam natuurvriendelijk wordt aangelegd en ingericht (zandlichaam met ondiepe oevers). De verblijftijd van het water in het kleine compartiment wordt veel korter waardoor de kans op algengroei afneemt. Voor het grote compartiment zullen de veranderingen beperkt blijven en hoeven deze ook niet negatief uit te pakken als de dam natuurvriendelijke (voor)oevers krijgt.
De scheepvaart ondervindt nauwelijks hinder van de maatregel in een stormsituatie, omdat er bij storm niet wordt gevaren op het IJsselmeer. In de dagelijkse situatie blijft een open verbinding bestaan voor de scheepvaart, maar ondervindt de scheepvaart enige hinder omdat er in de nieuwe situatie slechts één vaargeul door de dam voert in plaats van de bestaande drie vaargeulen.

*Effectiviteit oplossingsrichting, voor- en nadelen*
De stormopzet bij noordwesterstorm wordt verminderd door het verkleinen van de strijklengte waardoor de maatgevende hoogwaterstand aan de zuidoostzijde van het Ketelmeer aanzienlijk wordt gereduceerd (meer dan gehalveerd). Zoals eerder genoemd kan globaal een reductie van de stormopzet van 60 procent bereikt worden. Voor de peilverhoging biedt de compartimentering uiteraard geen oplossing, tenzij (sterk) verschillende peilen in de compartimenten worden toegelaten. In dat geval zijn schutsluizen nodig. De golfbelasting wordt niet of nauwelijks verkleind door de compartimentering. Het doel van deze maatregel is het voorkomen van extra dijkverhogingen in het IJsseldeltagebied bij een verhoogd IJsselmeerpeil. Of dat inderdaad het geval zal zijn moet nog nader worden onderzocht.

*Robuustheid van de hoogwatergeul*
De hoogwatergeul past uitstekend in deze oplossingsrichting, en is complementair met de compartimenteringsdam (inclusief stormkering). Maatgevende hoogwaterstanden bij Ramspol/Kampen/Zwolle nemen niet verder toe bij een hoger IJsselmeerpeil. Waarschijnlijker is zelfs dat deze afnemen door de sterke reductie van de stormopzet door deze maatregel.

# nieuwe deltadijken
## strategie: versterken




water peilverhoging en stormopzet

boerderijen Kampereiland op aangepaste terpen

deltadijken voortkomend uit peilverhoging en stormopzet

verruiming hoogwatergeul

stad en dorp

bestaande dijk

IJsselafvoer permanent via tracé hoogwatergeul

dijkringen opnieuw gedefinieerd

nieuwe sluis

aanpassing sluis

aanpassing sluitregime Ramspol

nieuw gemaal

hoge gronden

impuls regionale ontwikkelingen

0 m — 20 km

## A.4 4 –Nieuwe deltadijken (strategie versterken)

*Systeembeschrijving*
In deze variant werken stormopzet en peilverhoging door in de IJsseldelta en de Vechtmonding evenals hogere rivierafvoeren van Vecht en IJssel. Er worden geen nieuwe kunstwerken aangelegd om het gebied af te sluiten in geval van storm. Om de vijf steden (Kampen, Zwolle, Hasselt, Genemuiden en Zwartsluis) te beschermen worden deltadijken aangelegd. Op sommige locaties gaat het daarbij om het aanleggen van nieuwe dijken, op andere locaties worden bestaande dijken aangepast tot deltadijk. De Vecht wordt omgeleid via de polder Mastenbroek waardoor Genemuiden, Zwartsluis en Hasselt binnen een deltadijk kunnen worden gebracht met behoud van de stadsfronten.
Rondom Kampen en Zwolle, inclusief het tussenliggende gebied, wordt een nieuwe dijkring gecreëerd die eindigt bij de hoge gronden bij Zwolle. Binnen de nieuwe dijkring ontstaat op deze manier ruimte die in de toekomst gebruikt kan worden voor uitbreiding van Zwolle en van Kampen. Boven- en benedenstrooms van Kampen worden in de huidige IJsselloop keersluizen aangelegd, zodat scheep- en recreatievaart door Kampen naar het Vossemeer mogelijk blijft. Omdat de hoofdstroom van de IJssel permanent wordt omgeleid via het tracé van de hoogwatergeul naar het Vossemeer, zal het tracé sterk verbreed/verdiept moeten worden en kunstwerken zullen moeten worden aangepast of vervangen.
Net zoals bij Kampen kan de voormalige hoofdstroom van de Vecht worden afgesloten door middel van keersluizen voor de scheepvaart. Voor het afvoeren van water vanuit Drenthe via het Meppelerdiep naar het Zwarte Meer zal nieuwbouw van de keersluis Meppelerdiep en het gemaal Zedemuden in de nieuwe deltadijkring nodig zijn. Dat geldt ook voor de schutsluis Hasselt op de rand van deze nieuwe deltadijkring.
Kampereiland valt niet binnen de grenzen van de deltadijken en wordt daardoor een frequent overstroombaar gebied. Er ontstaat zo differentiatie in beschermingsniveaus, waarbij de bedijkte gebieden met daarin de bebouwingskernen een hoog beschermingsniveau krijgen (eventueel een factor 10 hoger dan nu in het verlengde van het advies van de Deltacommissie) en het Kampereiland een lager beschermingsniveau. Voor Kampereiland geldt dat ‘overstromingsplannen’ moeten worden gemaakt, waarbij valt te denken aan vluchteilanden, veilige vluchtroutes, evacuatieplannen en bewustwording bij bewoners en gebruikers van het gebied.

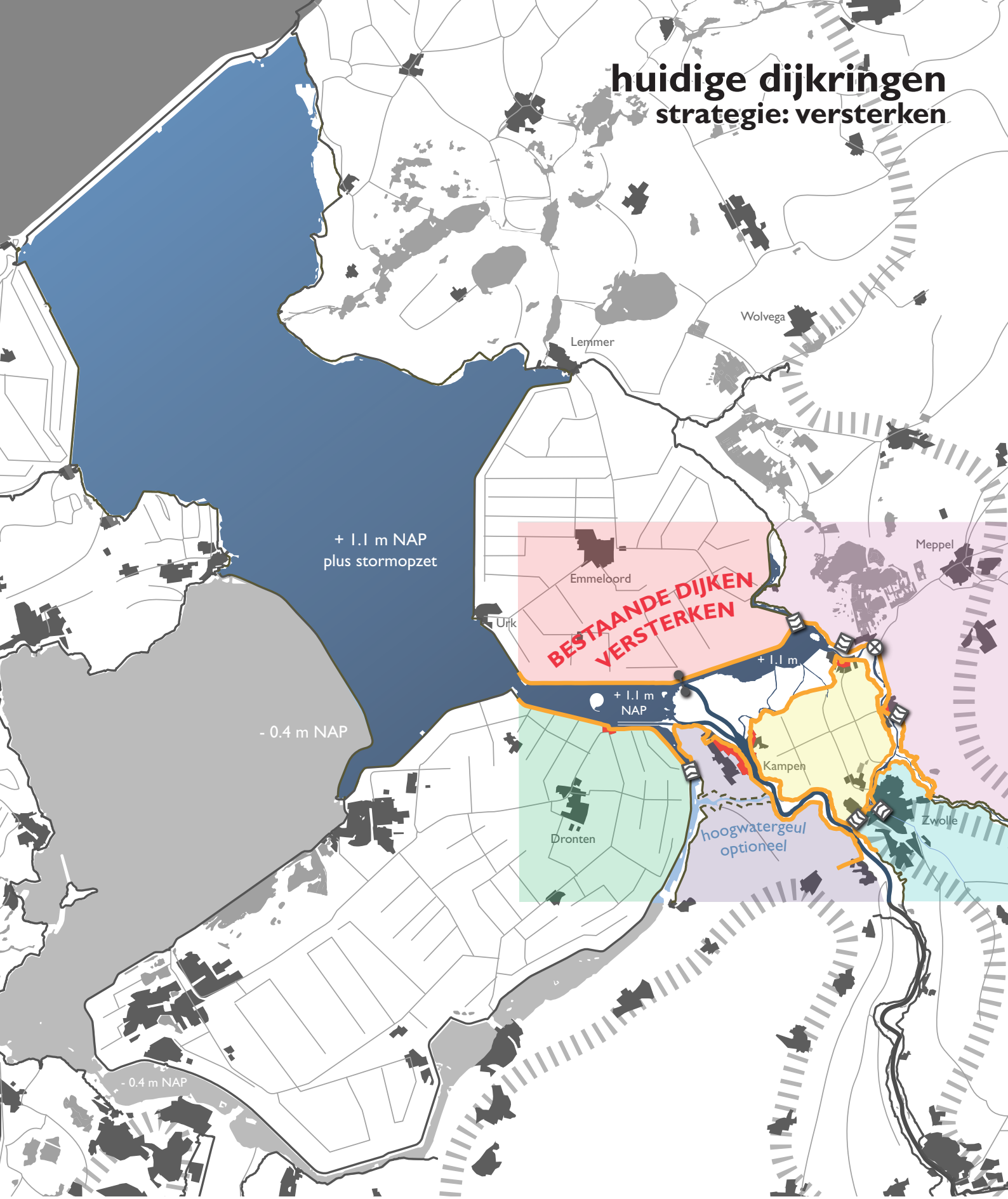
*Maatregelen en kosten*
Aanleg van deltadijken (deels nieuwe dijken, deels aanpassing van bestaande dijken), aanleg van een sterk verbreed/verdiept hoogwatergeultracé (ten opzichte van het huidige voorstel met een vier keer grotere afvoercapaciteit), keersluizen om boven- en benedenstrooms van Kampen de voormalige hoofdstroom van de IJssel af te sluiten, keersluizen om de voormalige hoofdstroom van de Vecht af te sluiten, nieuwbouw gemaal Zedemuden, keersluis Meppelerdiep en schutsluis Hasselt, oplossen knelpunt Hanzelijntunnel, verplaatsing en aanpassing Roggebotsluis, herdimensionering Ramspol.
Een globale schatting van de kosten bedraagt 1,2 – 2,2 miljard euro.

*Fasering*
Van een substantieel hoger peil in het IJsselmeer is tot in elk geval 2035 geen sprake. Er kan daarom geleidelijk naar de nieuwe situatie worden toegewerkt door geleidelijk bestaande dijken om te vormen tot deltadijken, bijvoorbeeld wanneer ze toch versterkt moeten worden of onderhoud moet worden gepleegd. Wel worden al op korte termijn gebieden gereserveerd voor de op lange termijn te bouwen deltadijken. De hoogwatergeul kan op korte of middellange termijn worden gerealiseerd. Wel is het van belang dat rekening wordt gehouden met het ombouwen van de hoogwatergeul naar een hoofdstroomverlegging.

*Ruimtelijke kwaliteit en gebruiksfuncties*
De aan te leggen deltadijken hebben mogelijk grote invloed op het uiterlijk van het gebied waarbij er zowel gevolgen zijn voor beleving van het landschap (verandering vergezichten) als voor het gebruik (doorsnijding huidige auto- en fietsroutes en natuurgebieden, onaangepaste bebouwing Kampereiland alleen mogelijk op terpen). Waterrecreatie in Zwolle en Kampen blijft wel mogelijk maar ook hiervoor geldt dat de beleving van het landschap verandert als gevolg van de aanleg van de deltadijken (maar dat hoeft niet negatief uit te pakken als ruimtelijke kwaliteit een aandachtspunt is bij het ontwerp, daarbij is inbreng van bewoners en stakeholders nodig).
Binnen de nieuwe dijkring Zwolle/Kampen ontstaan nieuwe mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkelingen. Deltadijken kunnen de ruimtelijke kwaliteit in het stedelijke gebied verminderen, maar de maatregel verhoogt in de bebouwde gebieden wel sterk de veiligheid tegen overstromingen en daarmee de toekomstwaarde. Ook zijn op en rond deltadijken nieuwe mogelijkheden voor diverse functies denkbaar.

*Robuustheid van de hoogwatergeul*
De hoogwatergeul past in deze oplossingsrichting en vormt voor de korte termijn de hoofdmaatregel. Op lange termijn wordt in deze variant het tracé van de hoogwatergeul de hoofdstroom van de IJssel, waarvoor grote aanpassingen nodig zullen zijn.

# huidige dijkringen
## strategie: versterken




- water peilverhoging en stormopzet
- water geen peilverhoging
- dijkversterking voortkomend uit peilverhoging en stormopzet
- stad en dorp
- bestaande dijk
- versterken keringen en rivierverruiming bij stadsfronten
- aanpassing sluitregime Ramspol
- aanpassing sluis
- aanpassing gemaal
- huidige dijkringen
- hoge gronden

0 m — 20 km

## A.5 5 -Huidige dijkringen (strategie versterken)

*Systeembeschrijving*
In deze oplossingsrichting voor de lange termijn met verhoging van het IJsselmeerpeil met 1,5 meter worden de bestaande dijken in het gebied van de IJsseldelta en Vechtmonding zodanig versterkt dat het achterland beschermd wordt tegen de gevolgen van hogere rivierafvoeren, stormopzet en verhoging van het peil in het IJsselmeer (en dus in het Ketelmeer en Vossemeer). Daarbij zullen vanwege de stormgedomineerde maatgevende waterstanden de dijken en keringen langs de IJssel fors moeten worden verhoogd en versterkt, van de IJsselmonding tot in ieder geval enkele kilometers bovenstrooms van Kampen. Deze maatregelen kunnen dan zo worden uitgevoerd dat ze ook afvoergedomineerde maatgevende waterstanden kunnen keren. De hoogwatergeul is in dat geval niet noodzakelijk. Dat betekent wel dat met name rond Kampen voldoende doorstroming moet worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door ruimte voor de rivier te creëren ter hoogte van de brug in Kampen, voor waterstandsdaling tot aan Zwolle. Anders worden de dijken verder stroomopwaarts tot ten minste Zwolle worden verhoogd en versterkt. In combinatie met de hoogwatergeul kan verbreding van de IJssel bij Kampen worden voorkomen of beperkt. Ook zijn dan mogelijk minder of minder rigoureuze dijkversterkingen langs de IJssel tussen Kampen en Zwolle nodig.
Er worden geen nieuwe kunstwerken aangelegd om de IJsseldelta en Vechtmonding af te sluiten bij storm, maar de bestaande kunstwerken worden wel aangepast om in toekomstige situaties te voldoen. Om de binnenstad van Kampen te beschermen wordt in deze variant de vloedplankenkering in de stad versterkt en verhoogd of wordt een alternatief voor deze kering ontwikkeld.

*Maatregelen en kosten*
Verhoging van de dijken in dijkring 7 (Flevoland), 8 (Noordoostpolder), 9 (Vollenhove), 10 (Mastenbroek) en, 11 (IJsseldelta) en 53 (Salland); aanpassing en eventueel verplaatsing van de Roggebotsluis, herdimensionering van Ramspol (treedt in de huidige situatie in werking bij een verwachte stormopzet met een waterstand hoger dan +0,5 meter NAP én oostwaarts gerichte stroming; zolang de stroming westwaarts gericht is heeft afsluiten namelijk een contraproductief effect). Verder aanpassing van Kadoelersluis, keersluis Zwolle, keersluis Meppelerdiep, schutsluis Hasselt en Spooldersluis, gemaal Zedemuden en gemalen in het gebied; versterking kering stadsfront binnenstad Kampen, aanpakken flessenhals Kampen aan de kant van IJsselmuiden.
Een globale schatting van de kosten bedraagt 0,9 – 1,8 miljard euro.

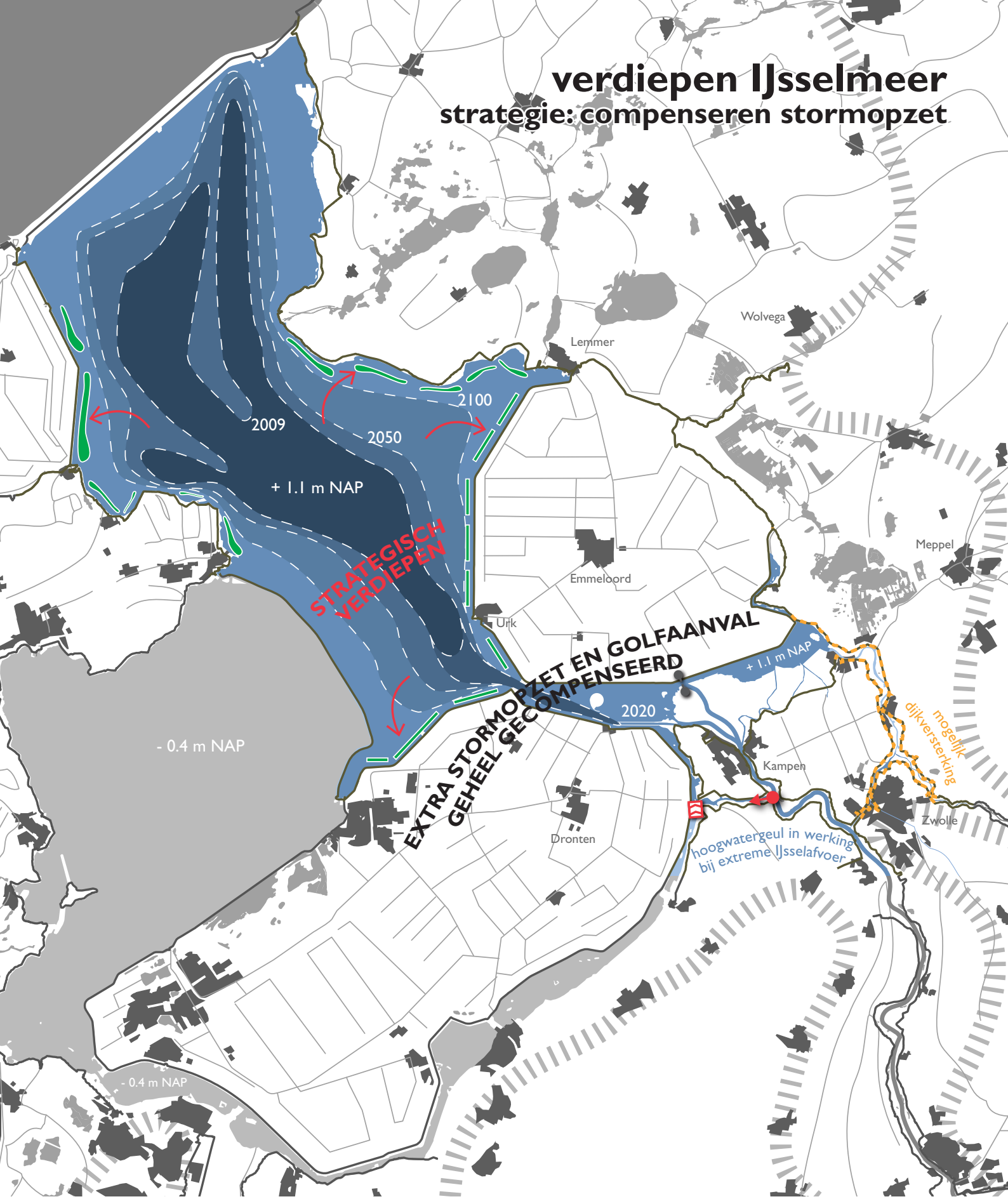
*Fasering*
Wanneer de zomerbedverdieping voor 2015 wordt gerealiseerd, is bescherming op de korte termijn gegarandeerd. Voor de lange termijn ligt er de grote opgave om alle dijken en kunstwerken aan te passen, evenals een dijkverlegging bij Noorddiep, zomerbedverdieping en het aanpassen van de flessenhals bij Kampen. Dit kan gefaseerd door steeds bepaalde delen aan te pakken, bij voorkeur afgestemd op de toetsrondes en onderhoudsplanning.

*Ruimtelijke kwaliteit en gebruiksfuncties*
Versterking van bestaande dijken, aanpassing van bestaande kunstwerken en dijkverlegging in Kampen heeft grote invloed op de ruimtelijke kwaliteit in het gebied. Dijkversterkingen kunnen bijvoorbeeld leiden tot afbraak of verplaatsing van dijkbebouwing en het verdwijnen van wielen. Bij verdieping van het zomerbed stromen uiterwaarden minder vaak over, wat tot ecologisch verlies en teruggang van landschappelijk schoon leidt en ook tot vermindering van cultuurhistorische waarden. Echter, als de IJssel- en Vechtafvoeren door klimaatveranderingen gaan toenemen en het IJsselmeerpeil stijgt neemt de inundatiefrequentie van de uiterwaarden weer toe.
De dijkversterkingen zullen enige extra ruimte vergen, maar relatief minder dan deltadijken of dijkverlegging/teruglegging.

*Effectiviteit oplossingsrichting, voor- en nadelen*
Het voorgestelde maatregelenpakket betreft een kostbare grootschalige ingreep. Deze ingreep brengt het beschermingsniveau wel op het vereiste niveau.
Voordeel is dat er geen nieuwe kunstwerken en dijken hoeven worden aangelegd er geen extra ruimtelijke reserveringen hoeven te worden gemaakt voor waterberging.

*Robuustheid van de hoogwatergeul*
De hoogwatergeul is, zowel voor de korte als voor de lange termijn, niet noodzakelijk in deze oplossingsrichting, maar vormt ook geen belemmering. De hoogwatergeul kan wel een bijdrage leveren aan de waterstandsdaling tussen Kampen en Zwolle en zo (deels) een alternatief bieden voor andere te nemen maatregelen.

# verdiepen IJsselmeer
## strategie: compenseren stormopzet




verdieping IJsselmeer in de tijd

water peilverhoging zónder storm

eilanden en vooroevers ter vermindering van golfaanval

stad en dorp

bestaande dijk

dijkversterking voortkomend uit alleen peilverhoging

nieuwe sluis

nieuw inlaatwerk

aanpassing sluitregime Ramspol

toepassen vrijkomend zand

hoge gronden

0 m — 20 km

## A.6 6 -Verdiepen IJsselmeer (strategie compenseren stormopzet)

*Systeembeschrijving*
De oplossingrichting betreft een strategische verdieping met maximaal 3 meter van het hele IJsselmeer, zodat de stormopzet bij de IJsselmond niet hoger komt dan in de huidige situatie (maatgevende waterstand van +2,73 meter NAP). De extra stormopzet door peilverhoging wordt dan overal op het meer geheel gecompenseerd. Om de toename van de golfbelasting door het dieper wordende water ook geheel te compenseren moet de bij de verdieping vrijgekomen specie deels benut worden voor verondieping van de sterk aangevallen vooroevers. Er is ook gekeken naar het graven van een retourgeul die dan centraal in de lengterichting van het meer wordt aangelegd. Berekeningen door RIZA (Westphal en Roosjen, WINN project Verdieping IJsselmeer) hebben aangetoond dat de retourgeul bij lange na niet tot gehele compensatie leidt (afname van ordegrootte 1 decimeter). Om die reden is deze oplossing afgevallen. Andere varianten met aanleg van eilandjes voor de Ketelbrug of elders leveren lokaal wel verminderde golfbelasting (en zijn dus gunstig voor de dijken in Flevoland en de dijken in de Noordoostpolder langs de zuidoostrand van het meer), maar vormen geen oplossing voor stormopzet bij een verhoogd IJsselmeerpeil.

*Maatregelen en kosten*
Deze oplossingsrichting resulteert dus in een gehele compensatie van de extra stormopzet en toename van golfbelasting ten opzichte van de huidige situatie, ondanks 1,5 meter meerpeilverhoging en hogere golven.
De hoeveelheid zand die voor deze 3 meter verdieping nodig is bedraagt circa 4,5 miljard kubieke meter. Over 50 tot 100 jaar verspreid betekent dat 45 miljoen kubieke meter per jaar.
Na een korte, globale inventarisatie van de zandbehoefte IJsselmeer en omgeving in de komende eeuw (exclusief Markermeer ) blijkt die niet verder te komen dan maximaal 20 procent van het gevraagde volume voor de verdieping, netto 0,60 meter bodemverlaging. Als we uitgaan van 10 euro per kubieke meter kost verdieping circa 45 miljard euro. Uitgespreid over 50 tot 100 jaar uitvoering wordt dat dus ordegrootte 500 miljoen tot 900 miljoen euro per jaar.
Als de zeespiegelstijging werkelijk veel sneller gaat, zoals in het ongunstigste scenario van de Deltacommissie, dan zou afweging over verdieping van het IJsselmeer mogelijk over 50 jaar in een ander daglicht komen te staan dan vanuit het huidige perspectief.
Een globale schatting van de kosten bedraagt 45 – 70 miljard euro.

*Fasering*
De maatregel is geleidelijk over 50 à 100 jaar of langer uit te voeren, de winning kan gelijke tred houden met de zeespiegelstijging. Na 2035 is in ieder geval behoefte aan een werkzame verdieping omdat vanaf dat jaar het peil in het IJsselmeer verhoogd kan worden (er is dus een aanlooptijd circa 30 jaar).

*Ruimtelijke kwaliteit en gebruiksfuncties*
De verondieping van de oeverzones en eventuele aanleg van eilandjes kan de toename van de golfbelasting beperken en positief zijn voor de ecologie. De verdieping heeft voor de recreatievaart geen negatieve gevolgen anders dan dat er

hogere golven kunnen ontstaan en het meer het huidige typische golfritme (korte felle golfklappen) zal verliezen. Voor de ecologie verandert er veel: door vooroeveraanleg wordt het areaal met een 'ondiep water habitat' vergroot, in het verdiepte deel (tot 9 meter gemiddeld) hebben duikeenden meer problemen met foerageren op de bodemfauna en vissen. Voor de waterkwaliteit kan de verdieping positief zijn omdat algengroei wordt beperkt. De kans op langdurige thermische en chemische stratificatie neemt toe door de klimaatverandering (warmer en minder wind) en wordt door verdieping nog iets groter.
Om het IJsselmeer te verdiepen zijn ontgrondingsvergunningen nodig. De verdieping heeft, anders dan veel maatregelen met een ruimtelijk karakter, slechts een beperkt ruimtebeslag.

*Effectiviteit oplossingsrichting, voor- en nadelen*
Door de verdieping worden extra stormopzet, golfbelasting en 1,5 meter meerpeilverhoging volledig gecompenseerd. Wat niet wordt gecompenseerd is de IJsselmeerpeilverhoging van 1,5 meter voor de IJsseldelta en de Vechtmonding. Het hogere peil gecombineerd met een minder zware noordwesterstorm geeft voor de dijken en kunstwerken wel vaker hogere peilen dan nu op het Zwarte Meer, Ketelmeer en Vossemeer.
De oplossing zorgt ervoor dat de maatgevende hoogwaterstand vanuit de meerpeil/stormsituatie niet hoger wordt dan nu, wel worden de waterstanden voor de oevers van de delta en in de benedenlopen van IJssel en Vecht gemiddeld hoger. Dit geldt als verdieping en vooroeveraanleg gecombineerd worden.
Een probleem is de bestemming voor de grondspecie en de kosten voor de enorme grondspecievoorraad. Wel is winning te faseren ten opzichte van zeespiegelstijging (over 50 tot 100 jaar). Indien de zeespiegel inderdaad sterkt blijkt te stijgen moeten er wellicht om alle steden in laag Nederland brede deltadijken worden gelegd en vraagt de Waddenzee miljoenen kubieke meter zand om niet te 'verdrinken'. Die zouden vanuit IJsselmeer met een pijpleiding kunnen worden getransporteerd. Niet duidelijk is de toekomstige zandbehoefte op langere termijn (50 tot 100 jaar)

*Robuustheid van de hoogwatergeul*
De hoogwatergeul heeft baat bij deze oplossing voor tussenzware omstandigheden: de stormopzet is gelijk of minder dan nu, dus de meerpeilinvloed via stormopzet is geringer in de gevallen dat de hoogwatergeul open staat. De hoogwatergeul en verdieping zijn geheel complementair in werking voor waterstandsverlaging.

# Bijlage B Begrippenlijst

**Afvoer**: hoeveelheid water die per tijdseenheid (in $m^3/s$) door een waterloop (kanaal of rivier) stroomt.

**Afvoercapaciteit**: de maximale afvoer die onder bepaalde omstandigheden een waterloop of kunstwerk kan passeren.

**Afvoerverdeling**: vastgestelde verdeling van de rivierafvoer over de verschillende riviertakken.

**Berging**: tijdelijk opslaan van water binnen het hoofdwatersysteem.

**Boezem**: stelsel van grote wateren en kanalen waarop het water van omliggende polders wordt opgevangen en afgevoerd naar het buitenwater (o.a. IJsselmeer).

**Compartimentering**: het opdelen van een grote dijkring in (een aantal) kleinere compartimenten, om de gevolgen van een overstroming te beperken tot een kleiner gebied.

**Dijkring**: een gebied omsloten door een stelsel van waterkeringen of hoge gronden, dat zo is beveiligd tegen overstromingen.

**Dijkverlegging**: het landinwaarts verplaatsen van een dijk om het rivierbed te verbreden. Hiermee neemt de afvoercapaciteit toe.

**Golfbelasting:** is de belastende druk die golfcondities (golfhoogte en golflengte) op waterkeringen uitoefenen.

**Hoge gronden**: de natuurlijke hoge delen van Nederland, die niet bedreigd worden door hoge waterstanden. Deze zijn in de Wet op de waterkering vastgelegd.

**Hoogwatergolf**: tijdelijk verhoogde waterstanden in een rivier (met een golfvorm) door een vergrote rivierafvoer. De hoogwatergolf kan enkele uren tot meerdere dagen aanblijven.

**Inundatie**: het al of niet gecontroleerd onder water lopen van land (overstroming)

**Kunstwerk**: een constructie of installatie die in het waterbeheer één of meer functies vervult. Voorbeelden zijn sluizen en gemalen, met als functie waterkeren, waterbeheren en/of begeleiden van scheepvaart.

**Maatgevende afvoer**: de rivierafvoer die bepalend is voor de maatgevende hoogwaterstanden

**Maatgevende omstandigheden**: de omstandigheden (zoals rivierafvoeren, wind en golven) die maatgevend zijn voor de hoogte en sterkte van de waterkeringen)

**Maatgevende waterstand**: de waterstand die maatgevend is voor het bepalen van de lokaal vereiste hoogte van de waterkering

**Overhoogte**: extra hoogte van een waterkering boven de maatgevende hoogwaterstand, waardoor het beschermingsniveau hoger is dan de norm

**Overschrijdingskans**: de kans dat de maatgevende hoogwaterstand wordt overschreden

**Overstromingskans**: de kans dat een dijk doorbreekt en de dijkring onder water loopt.

**Overstromingsrisico**: de kans op een overstroming vermenigvuldigd met de gevolgen. Het overstromingsrisico neemt toe als de kans, de gevolgen, of beide groter worden.

**Stormopzet**: tijdelijke verhoging van de waterstand (scheefstand) door opwaaiing als gevolg van storm

**Peil**: waterstand (in rust) in meters ten opzichte van NAP, bijvoorbeeld streefpeil

**Peilverhoging** : verhoging van het streefpeil, bijvoorbeeld 1,5 meter op het IJsselmeer (zie advies Deltacommissie)

**Streefpeil**: het in een peilbesluit of op andere wijze vastgesteld waterpeil dat door de waterbeheerder wordt nagestreefd.

**Spuien**: het lozen van water via een kunstwerk (bv. sluis) onder vrij verval

**Verhang**: het hoogteverschil van de waterspiegel tussen twee punten langs een waterloop (kanaal of rivier).

**Waterstand**: Kortstondig gemiddelde van de hoogteligging van de waterspiegel t.o.v. een referentievlak, zoals NAP

Bronnen:
Waterveiligheid, begrippen begrijpen', DGW 2007
Verkenning toekomstige waterhuishouding IJssel- en Vechtdelta', stuurgroep IJssel- en Vechtdelta 2002

# Bijlage C Betrokken partijen

De volgende organisaties zijn in meer of mindere mate betrokken geweest bij de totstandkoming van deze quick scan.

Gemeenten
Gemeente Kampen
Gemeente Zwolle
Gemeente Oldebroek
Gemeente Dronten

Ministeries
Ministerie van VROM
Ministerie van V&W, DG Water
Ministerie van LNV

Rijkswaterstaat
RWS Programmadirectie Ruimte voor de Rivier
RWS Oost-Nederland
RWS IJsselmeergebied
RWS Dienst Infrastructuur
RWS Waterdienst

Terreinbeheerders
Staatsbosbeheer

Kennisinstituut/non-profit organisatie
Deltares

Marktpartijen
Arcadis
DHV
H + N + S Landschapsarchitecten
HKV Lijn in Water

Provincies
Provincie Gelderland
Provincie Overijssel
provincie Flevoland

Waterschappen
Waterschap Groot Salland
Waterschap Zuiderzeeland
Waterschap Reest en Wieden
Waterschap Veluwe

# Bijlage D Geraadpleegde literatuur

Beleidsnota IJsselmeergebied (ontwerp), december 2008, Rijksoverheid.

De gevolgen van de IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta, Inzicht in de waterstanden en het effect van maatregelen, april 2009, RWS Waterdienst.

De spankracht van ons rivierenland, Eindrapport Spankracht, december 2002, Ministeries V&W,VROM en LNV, provincies Utrecht, Gelderland, Overijssel, Zuid-Holland en Noord-Brabant, Vereniging Nederlandse Riviergemeenten, Unie van Waterschappen.

Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen voor de tweede toetsronde 2001-2006, december 2001, Ministerie VenW.

Hydraulische Randvoorwaarden 2006 voor het toetsen van primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011, september 2007, Ministerie VenW.

Nationaal Waterplan (ontwerp), december 2008, Rijksoverheid.

Primaire waterkeringen getoetst, Landelijke Rapportage Toetsing 2006, september 2006, Inspectie Verkeer en Waterstaat en RWS Dienst Weg- en Waterbouw.

Randmeer langs de Noordoostpolder, Achtergrondrapportage ten behoeve van de Integrale Visie IJsselmeergebied. RIZA werkdocument 2000.008X, januari 2000.

Samen werken met water, Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008, september 2008.

Systeemanalyse Bypass IJsseldelta-Zuid (concept), december 2008, DHV.

Verkenning toekomstige waterhuishouding IJssel- en Vechtdelta, Eindnota Stuurgroep IJssel- en Vechtdelta (IJVD), maart 2002, redactie HKV Lijn in Water.

Waterhuishouding in het Natte Hart, WIN-strategie als leidraad voor toekomstig waterkwantiteitsbeheer van het Natte Hart, Eindnota, RWS IJsselmeergebied, RWS Noord-Holland, RWS Utrecht en RWS RIZA, mei 2000.

Waterhuishoudkundige effecten randmeer Noordoostpolder, een verkenning, RIZA werkdocument 2000.133 X, september 2000

WD0409TD003

Dit rapport is een uitgave van **Rijkswaterstaat**
Meer informatie?
Kijk op www.rijkswaterstaat.nl of bel 0800 8002 *(gratis)*