

Opdrachtgever:

DG Rijkswaterstaat - Dienst Weg- en
Waterbouwkunde

Reductie overstromingsschade door systeemwerking (veiligheidsdiscussie)

Compartimentering van dijkringgebieden in het bovenrivierengebied:
beïnvloeding van systeemwerking en overstromingsschade

Rapport

november 2005

Opdrachtgever:

DG Rijkswaterstaat - Dienst Weg- en
Waterbouwkunde

Reductie overstromingsschade door systeemwerking (veiligheidsdiscussie)

Compartimentering van dijkringgebieden in het bovenriviereengebied:
beïnvloeding van systeemwerking en overstromingsschade

Thieu van Mierlo

Rapport

november 2005

Inhoud

1	Inleiding	1—1
1.1	Achtergrond	1—1
1.2	Omschrijving van de opdrachten	1—1
1.3	Doel van het onderzoek	1—2
1.4	Organisatie van het onderzoek	1—2
1.5	Het begrip Systeemwerking	1—2
1.6	Beknopte beschrijving van DelftFLS	1—2
1.7	Erkenning	1—3
1.8	Leeswijzer	1—3
2	De DelftFLS modellen	2—1
2.1	Omvang van het Rees-Kampen DelftFLS model	2—1
2.2	Bathymetrie en Dijkhoogten in het Rees-Kampen DelftFLS model	2—3
2.3	Calibratie van het Rees-Kampen DelftFLS model	2—3
3	Hydraulische uitgangspunten	3—1
3.1	Hydraulische randvoorwaarden	3—1
3.2	Hydraulische eigenschappen van de Referentie situatie	3—2
3.3	Dijkdoorbraaklocaties, Tijdstip van dijkdoorbraak en Bresgroeisecenario	3—2
4	Overzicht Dijkdoorbraakberekeningen	4—1
5	Resultaten van Dijkdoorbraakberekeningen	5—1
5.1	Scenario L1GC (Lobith, rechter Rijndijk)	5—2
5.2	Scenario L2GC (Kekerdijk, linker Waaldijk)	5—2
5.3	Scenario L3GC (IJzendoorn, rechter Waaldijk)	5—2

5.4	Scenario L4GC (Rijswijk, linker Nederrijndijk)	5—3
5.5	Scenario L5GC (Weurt, linker Waaldijk)	5—3
5.6	Scenario L6GC (Wamel, linker Waaldijk).....	5—3
5.7	Scenario L7GC (Vierakker, rechter IJsseldijk).....	5—4
5.8	Scenario L8GC (Den Nul, rechter IJsseldijk).....	5—4
5.9	Scenario L3C1 (IJzendoorn, rechter Waaldijk, Dijkkring 43 gecompartimenteerd).....	5—4
5.10	Scenario L5C2 (Weurt, linker Waaldijk, Dijkkring 41 gecompartimenteerd).....	5—5
5.11	Dijkdoorbraakscenario L8C3 (Den Nul, rechter IJsseldijk, Dijkkring 53 gecompartimenteerd).....	5—5
6	Hydraulische Systeemwerkingseffecten	6—1
6.1	Methode kwantificering Hydraulische Systeemwerkingseffecten	6—1
6.2	Hydraulische effecten van Systeemwerking	6—2
6.3	Evaluatie Hydraulische Systeemwerkingsaspecten.....	6—5
7	Samenvatting en aandachtspunten	7—1
7.1	Samenvatting.....	7—1
7.2	Conclusies	7—1
7.3	Aandachtspunten.....	7—2
8	Literatuur.....	8—1
A	Overzicht van digitale databestanden	A—1
A.1	Overstromingsfilmpjes	A—1
A.2	Overige digitale data	A—2

I Inleiding

I.1 Achtergrond

Door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van het ministerie van Verkeer en Waterstaat zijn twee (separate) opdrachten aan WL | Delft Hydraulics verstrekt, zijnde:

1. Reductie overstromingsschade door systeemwerking (veiligheidsdiscussie), DWW opdrachtnummer AK 053250,
2. Compartimentering van dijkkringgebieden in het bovenrivierengebied: beïnvloeding van systeemwerking en overstromingsschade, DWW opdrachtnummer AK 31520869.

Gezien het complementaire karakter van beide opdrachten is besloten om de bevindingen van beide opdrachten in een gezamenlijk rapport vast te leggen.

I.2 Omschrijving van de opdrachten

De eerste opdracht betrof het bepalen van de hydraulische gevolgen van een achttal mogelijke dijkdoorbraken langs de Nederlandse Rijntakken. De tweede opdracht betrof eveneens het bepalen van de hydraulische gevolgen van een drietal mogelijke dijkdoorbraken, waarbij één specifieke dijkkring is gecompartmenteerd. De laatstgenoemde berekeningen zijn slechts beeldvormende (eerste verkennende) berekeningen. In deze berekeningen is bijvoorbeeld de inzet van mogelijke overlaten, welke overtollig ingestroomd rivierwater weer terugvoeren naar de rivier, niet meegenomen. Het terugvoeren van overtollig ingestroomd rivierwater kan gewenst zijn om overstroming van aangrenzende dijk(ring)en te voorkomen. Voorzien is dat de wijze van compartimentering van deze dijkkringen in een zogeheten SNIP procedure nader uitgewerkt zal worden. Resumerend zijn in totaal elf dijkdoorbraakscenario's doorgerekend. In alle dijkdoorbraakscenario's is aangenomen dat er slechts één dijkdoorbraak optreedt. In beide opdrachten zijn de hydraulische gevolgen bepaald middels DelftFLS berekeningen. Een DelftFLS berekening resulteert in een enorme hoeveelheid data. In overleg met de opdrachtgever is besloten om in dit rapport slechts de meest significante aspecten van de dijkdoorbraakscenario's te benoemen. Het overgrote deel van bewerkte berekeningresultaten is enkel in digitale vorm (c.q. Excel spreadsheets, GIS rasterkaarten en overstromingsfilmpjes) op een DVD aan de opdrachtgever ter beschikking gesteld. In Appendix A wordt een overzicht gegeven van deze digitale databestanden.

1.3 Doel van het onderzoek

Het doel van beide onderzoeken was het inventariseren en kwantificeren van de hydraulische gevolgen die het bezwijken van een specifiek dijkvak heeft voor veranderingen in de hydraulische belasting langs andere dijk(ring)en. In feite het kwantificeren van de hydraulische effecten van systeemwerking, gegeven de conditionele kans dat er slechts op één locatie langs de Nederlandse Rijntakdijken een dijkdoorbraak optreedt.

1.4 Organisatie van het onderzoek

Beide opdrachten zijn uitgevoerd door Thieu van Mierlo (WL | Delft Hydraulics). Namens Rijkswaterstaat zijn beide opdrachten begeleid door Wim Silva en Emiel van Velzen (RIZA Arnhem) en Marcel van der Doef (DWW).

1.5 Het begrip Systeemwerking

Ten gevolge van een dijkdoorbraak kan in bepaalde gevallen niet alleen de aangrenzende dijkkring overstroomd, maar kunnen als gevolg van cascaderwerking ook andere dijkkringen overstroomd worden. Als gevolg van een dijkdoorbraak zal een deel van het aanstromende rivierwater in de overstroomde dijkkring(en) worden geborgen. Deze berging van rivierwater kan resulteren in een verlaging van waterstanden langs andere dijk(ring)en, waardoor de veiligheid van deze dijk(ring)en toeneemt. Echter indien de overstroomde dijkkring(en) onvoldoende capaciteit hebben om het ingestroomde rivierwater te bergen, dan is het mogelijk dat het ingestroomde rivierwater naar andere riviertakken wegstroomt. Indien zo'n ontvangende riviertak een kleinere afvoercapaciteit heeft dan de riviertak waarvan het water vandaan komt (b.v. Waalwater naar Maas, Waalwater naar Lek, Rijnwater naar IJssel), dan kan dit leiden tot excessief hoge waterstanden op zo'n ontvangende riviertak en derhalve in een verlaging van de veiligheid voor dijk(ring)en gelegen langs zo'n ontvangende riviertak. Voor nadere informatie omtrent het begrip systeemwerking en de effecten van systeemwerking op het overstromingsrisico (product van de kans op overstroming en bijbehorende schade) wordt verwezen naar Van Mierlo et al (2003).

1.6 Beknopte beschrijving van DelftFLS

In DelftFLS worden de twee dimensionale dieptegemiddelde St. Venant vergelijkingen opgelost. DelftFLS is in staat om zowel stationaire als niet stationaire stroming door te rekenen alsmede overgangen van subkritische stroming naar superkritische stroming en visa versa. DelftFLS heeft een robuust rekenschema en kan het inunderen van oorspronkelijk droog land simuleren.

I.7 Erkenning

Door diverse Nederlandse en Duitse overheidsinstanties (onder andere Staatliches Umweltamt Krefeld, Provincie Gelderland, Provincie Utrecht, Provincie Overijssel, Rijkswaterstaat RIZA Arnhem) zijn in het kader van dit project data ter beschikking gesteld. Recente kruinhoogtes in Nederland zijn aangeleverd door de waterschappen.

I.8 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de gebruikte DelftFLS modellen. In hoofdstuk 3 worden de hydraulische uitgangspunten van de DelftFLS berekeningen besproken. In hoofdstuk 4 wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde DelftFLS berekeningen. In hoofdstuk 0 worden de resultaten van de DelftFLS berekeningen besproken. In hoofdstuk 6 worden de hydraulische effecten van systeemwerking gepresenteerd en nader toegelicht.

2 De DelftFLS modellen

Voor het bepalen van de hydraulische effecten van systeemwerking is gebruik gemaakt van twee afzonderlijke DelftFLS modellen:

1. Het zogeheten Rees-Hattum DelftFLS model, en
2. Het zogeheten Rees-Kampen DelftFLS model.

In eerste instantie zijn berekeningen uitgevoerd met het Rees-Hattum DelftFLS model. Het Rees-Kampen DelftFLS model is ontwikkeld om de effecten tengevolge van het compartimenteren van dijkkring 53 (Salland) te kunnen bepalen. Het Rees-Kampen DelftFLS model is het grootste model en omvat het Rees-Hattum DelftFLS model. In dit hoofdstuk wordt enkel het Rees-Kampen DelftFLS model nader beschreven.

2.1 Omvang van het Rees-Kampen DelftFLS model

Het Rees-Kampen DelftFLS model heeft een 100 m rastergrid. Het model ligt grotendeels in Nederland en omvat slechts een klein gedeelte van de Duitse Nederrijn (zie Figuur 2-1).

Het Rees-Kampen DelftFLS model omvat de volgende riviertrajecten:

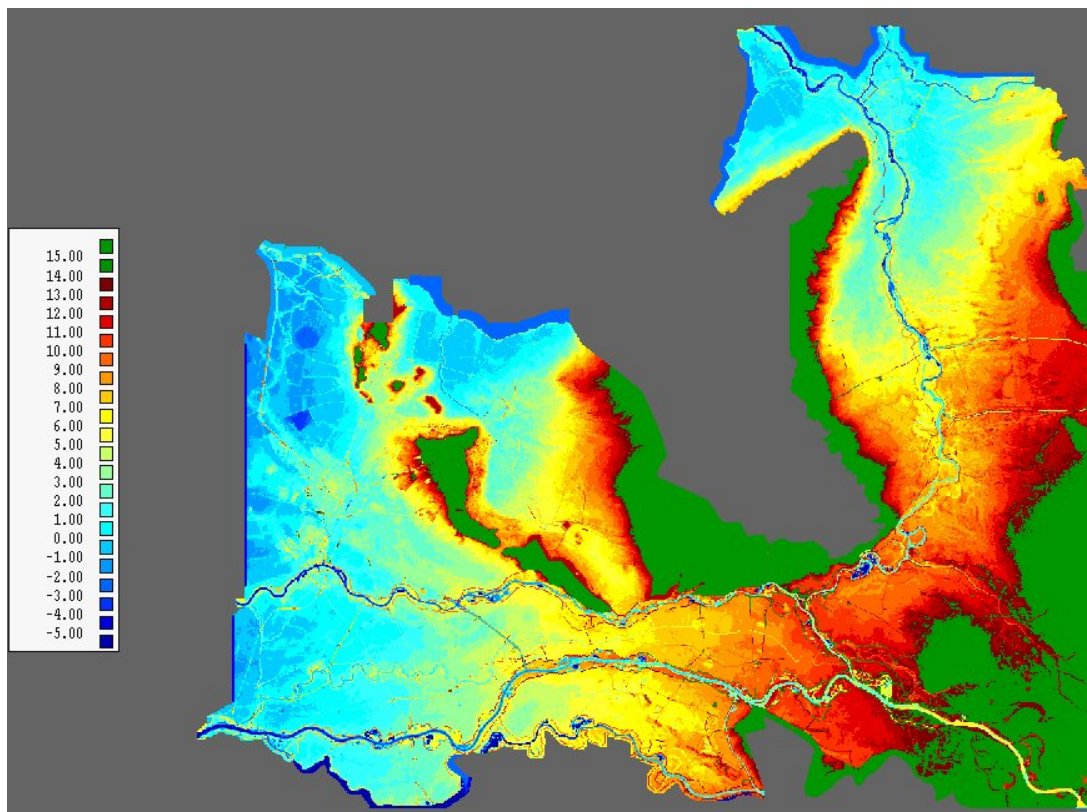
1. Maas van Mook (km 165) tot Sint Andries (km 208),
2. Bovenrijn juist benedenstrooms van Rees (km 841.0) tot aan het splitsingspunt Pannerdensch Kop (km 867.06);
3. Waal van Pannerdensch Kop tot Werkendam (km 960.9);
4. Pannerdensch Kanaal van de Pannerdensch Kop tot aan het splitsingspunt IJsselkop (km 878.59);
5. Nederrijn-Lek van IJsselkop tot Ameide (km 963.2);
6. IJssel van IJsselkop tot Kampen (km 999.46),
7. Het Zwarte Water van Zwolle tot aan Hasselt, en
8. De Overijsselse Vecht vanaf Vilsteren (halverwege Dalfsen en Ommen) tot aan de samenstroming met het Zwarte Water.

In het gemodelleerde stuk van de Nederrijn bevinden zich stuw Driel (km 891.75), stuw Amerongen (km 922.54) en stuw Hagestein (km 947.11), welke niet in DelftFLS zijn gemodelleerd. Tijdens lage afvoeren te Lobith worden deze drie stuwen gebruikt om zowel de afvoer als waterstanden op de Rijntakken te reguleren. Alle drie genoemde stuwen zijn gestreken voor afvoeren te Lobith hoger dan 3.500 m³/s. Aangezien het Rees-Kampen DelftFLS model enkel wordt gebruikt voor hoogwaterberekeningen, is het niet modelleren van deze drie stuwen toegestaan.

Het Rees-Kampen DelftFLS model omvat de volgende 22 primaire dijkringen:

1. Dijkkring 9 (Vollenhove), slechts gedeeltelijk opgenomen,
2. Dijkkring 10 (Mastenbroek), slechts deels opgenomen,
3. Dijkkring 11 (IJsseldelta), in zijn geheel opgenomen,
4. Dijkkring 14 (Zuid-Holland), slechts deels opgenomen,
5. Dijkkring 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard), slechts deels opgenomen,
6. Dijkkring 16 (Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden) slechts deels opgenomen

7. Dijkkring 36 (Land van Heusden / de Maaskant), slechts een kleine strook grenzend aan de Maas tussen Mook (km 165) tot Sint Andries (km 208) is opgenomen,
8. Dijkkring 38 (Bommelerwaard), in zijn geheel opgenomen,
9. Dijkkring 40 (Heerewaarden), in zijn geheel opgenomen,
10. Dijkkring 41 (Land van Maas en Waal), in zijn geheel opgenomen
11. Dijkkring 42 (Ooy en Millingen), in zijn geheel opgenomen inclusief een deel van de Duitse Düffelt polder
12. Dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden), in zijn geheel opgenomen,
13. Dijkkring 44 (Kromme Rijn), tot aan Diemen opgenomen,
14. Dijkkring 45 (Gelderse Vallei), in zijn geheel opgenomen,
15. Dijkkring 46 (Eempolder), in zijn geheel opgenomen,
16. Dijkkring 47 (Arnhem en Velpsebroek), in zijn geheel opgenomen (opm: een deel van deze dijkkring is opgenomen in de rivierschematisatie),
17. Dijkkring 48 (Rijn en IJssel), in zijn geheel opgenomen,
18. Dijkkring 49 (IJsselland), in zijn geheel opgenomen,
19. Dijkkring 50 (Zutphen), in zijn geheel opgenomen,
20. Dijkkring 51 (Gorssel), in zijn geheel opgenomen,
21. Dijkkring 52 (Oost Veluwe), in zijn geheel opgenomen,
22. Dijkkring 53 (Salland), in zijn geheel opgenomen,



Figuur 2-1 Het Rees-Kampen DelftFLS model

Het Rees-Kampen DelftFLS model is zodanig ingericht dat geanticiperde hydraulische effecten van systeemwerking zich kunnen manifesteren en tevens zo goed mogelijk kunnen worden gekwantificeerd. Hiertoe zijn onder andere zogenoemde opvangbakken grenzend aan benedenstroomse dijkringen in de DelftFLS model schematisatie aangebracht.

2.2 Bathymetrie en Dijkhoogten in het Rees-Kampen DelftFLS model

(i) Bathymetrie:

Met uitzondering van het IJssel traject van Hattum naar Kampen komt de bathymetrie van de Rijntakken uit het Rampenbeheersingstrategieën Onderzoek (RBSO) project. Deze RBSO rivier bathymetrie komt overeen met riviersituatie in 2015, zoals voorzien in het project “Ruimte voor de Rivier”(VKA, versie september 2003). De bathymetrie van het IJssel traject van Hattum naar Kampen komt uit het Viking project en komt overeen met de rivier situatie zoals in 2003. De bathymetrie van de Maas komt ook overeen met de rivier situatie zoals in 2003.

(ii) Dijkhoogten:

Alle Nederlandse dijk(ring)en hebben de bij de Provincie Gelderland meest recent bekende dijkhoogte. Langs de Duitse Niederrhein (traject Rees-Lobith) zijn de dijken uitvoorzorg verhoogd teneinde overstromingen voor een permanente afvoer van 17.000 m³/s te voorkomen.

2.3 Calibratie van het Rees-Kampen DelftFLS model

Met uitzondering van het IJssel traject van Hattum naar Kampen zijn de Rijntakken enkel gecalibreerd voor een permanente afvoer van 16.000 m³/s. Hierbij is gebruik gemaakt van de resultaten van een WAQUA berekening, welke door RIZA Arnhem ter beschikking is gesteld. Deze calibratie is uitgevoerd door dhr. Johan Gudden van de Provincie Gelderland. Het IJssel traject van Hattum naar Kampen is ook gecalibreerd door dhr. Johan Gudden van de Provincie Gelderland in het kader van het Viking project (zie Van Mierlo et al, 2005). Het Maas traject van Mook tot Sint Andries is eveneens gecalibreerd door dhr. Johan Gudden van de Provincie Gelderland.

Het Zwarte water en de Overijsselse Vecht zijn niet gecalibreerd en zijn enkel meegenomen om uitstroming uit dijkkring 53 ten noorden van Zwolle mee te kunnen nemen.

3 Hydraulische uitgangspunten

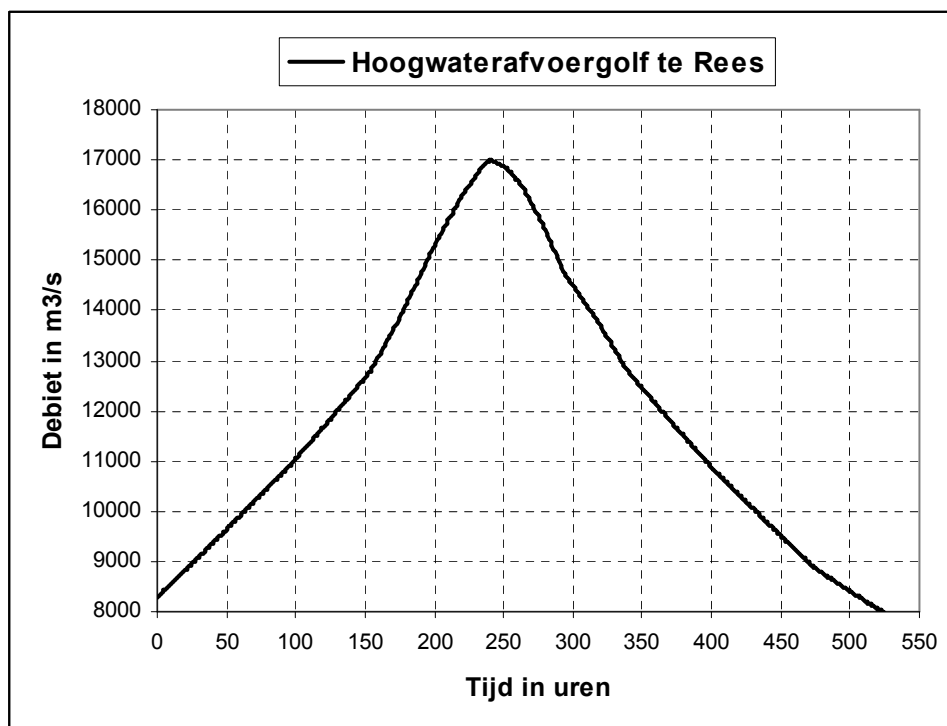
3.1 Hydraulische randvoorwaarden

In alle DelftFLS berekeningen zijn de volgende hydraulische randvoorwaarden gebruikt:

- een hoogwatergolf met een piekafvoer van $17.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie Figuur 3-1) nabij Rees (Bovenrijn_Km841.0). Deze hoogwatergolf is bepaald middels de zogenoemde golfvormgenerator (HKV, 2003). Als gevolg van topvervlakking bedraagt ter hoogte van Lobith de piekafvoer nog $16.935 \text{ m}^3/\text{s}$.
- een permanente afvoer van $3.650 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Mook (Maas_Km165),
- Q-h relaties bij Sint Andries (Maas_Km208), Werkendam (Waal_Km960.9) en Ameide (Lek_Km 963.2),

In het Rees-Hattum DelftFLS model is additioneel een Q-h relatie bij Hattum (IJssel_Km977.6) opgelegd. In het Rees-Kampen DelftFLS model zijn volgende additionele randvoorwaarden gebruikt:

- Een Q-h relaties nabij Kampen (IJssel_Km 999.46),
- Een constante waterstand van NAP + 0.50 m bij Hasselt op het Zwarte Water,
- Een permanente afvoer van $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Vilsteren op de Overijsselsche Vecht.



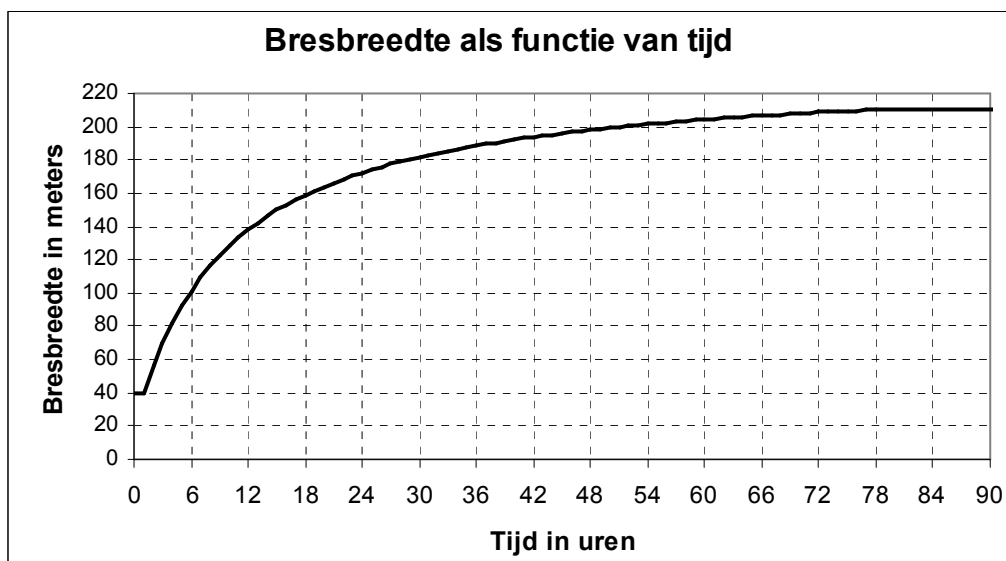
Figuur 3-1 Hoogwaterafvoergolf nabij Rees (Bovenrijn_Km841.0)

3.2 Hydraulische eigenschappen van de Referentie situatie

In de referentie situatie (c.q. géén dijkdoorbraken) kan een permanente Bovenrijnafvoer van 17.000 m³/s en een permanente Maasafvoer van 3.650 m³/s door het riviersysteem worden afgevoerd zonder dat dijkringen met een normfrequentie van 1/1250 jaar of hoger overstromen. Hiervoor is wel de Wilhelminasluis in de Afgedamde Maas verhoogd tot een niveau van NAP + 7.00 m. Verder dient te worden opgemerkt dat dijkkring 40 (Heerewaarden) met een normfrequentie van 1/500 jaar voor Maasafvoeren van 3.650 m³/s volledig is overstroomd. In alle berekeningen is een permanente Maasafvoer van 3.650 m³/s opgelegd, derhalve overstroomt dijkkring 40 (Heerewaarden) in alle referentie- en dijkdoorbraakberekeningen.

3.3 Dijkdoorbraaklocaties, Tijdstip van dijkdoorbraak en Bresgroeiscenario

In totaal zijn acht verschillende dijkdoorbraaklocaties beschouwd. Behalve de locatie Den Nul (rechter IJsseldijk) zijn alle dijkdoorbraaklocaties door RIZA geselecteerd als locaties waar een dijkdoorbraak het meest waarschijnlijk is. Hierbij is gebruik gemaakt van middels Hydra B en Hydra+ berekende overstromingskansen (Stijnen, 2005 en Van den Bosch, 2005). Voor alle dijkdoorbraaklocaties is aangenomen dat de dijk doorbreekt 6 uur voordat de top van de hoogwatergolf wordt bereikt. Verder is voor alle dijkdoorbraaklocaties aangenomen dat het dijkgat zich ontwikkelt conform het bresgroeiscenario zoals dat is gebruikt in Niederrhein project (Lammersen, 2004). In dit bresgroeiscenario wordt in het eerste uur na doorbraak het dijkgat bij een constante breedte van ca. 39 m uitgeschuurd tot maaiveldhoogte (maximum van binnendijkse- en buitendijkse maaiveldhoogte). Daarna groeit het dijkgat enkel nog in de breedte en wordt 78 uur na dijkdoorbraak een maximale dijkgatbreedte van 210 m bereikt (zie Figuur 3-2).



Figuur 3-2 Ontwikkeling van de breedte van een dijkdoorbraak als functie van de tijd na dijkdoorbraak

4 Overzicht Dijkdoorbraakberekeningen

In totaal zijn er 13 DelftFLS berekeningen (zie Tabel 4-1) gemaakt. Referentieberekeningen, waarin géén dijkdoorbraken (GD) optraden, zijn gemaakt met zowel het Rees-Hattum (RH) DelftFLS model als met het Rees-Kampen (RK) DelftFLS model. In totaal zijn er acht potentiële dijkdoorbraaklocaties (L1 t/m L8) beschouwd. In elke dijkdoorbraakberekening is slechts op één van deze acht potentiële dijkdoorbraaklocaties ook daadwerkelijk de dijk doorgebroken. Een onderscheid kan worden gemaakt naar acht dijkdoorbraakberekeningen waarin géén dijkringen zijn gecompartmenteerd (GC) en drie dijkdoorbraakberekeningen waarin slechts één specifieke dijkkring wel is gecompartmenteerd, respectievelijk:

1. C1: Compartimentering van Dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden) middels een verhoging van de oostelijke dijk langs het Amsterdam-Rijn Kanaal tot NAP + 10.5 m,
2. C2, Compartimentering van Dijkkring 41 (Land van Maas en Waal) middels een beoogde dijk ten Zuiden/Oosten van de Oude Wetering, de Broekse Leigraaf, de Rijksche Wetering, en de Grote Wetering. Tevens is de Maasdijk vanaf de Grote Wetering tot aan de Waaldijk alsmede een deel van de Westelijke dijk langs het Maas en Waal Kanaal verhoogd. Kruinhoogten zijn zodanig hoog dat er géén overstroming van deze compartimenteringsdijk kan plaats vinden, en
3. C3: Compartimentering van Dijkkring 53 (Salland) middels een geplande weg/dijk ten Zuiden/Oosten van Zwolle met kruinhoogten van NAP + 6.5 m.

Tabel 4-1 Overzicht van DelftFLS berekeningen

DelftFLS		Rapport Codering en Omschrijving van de DelftFLS berekeningen		
Model	Code	Code	Dijkdoorbraak locatie	Compartimentering
RH	Ref	GD	Géén dijkdoorbraken	Géén Compartimentering
RK	TydHb	GD	Géén dijkdoorbraken	Géén Compartimentering
RH	1_dbr	L1GC	L1: Lobith, Rijn_Km861.4, rechter Bovenrijndijk	Géén Compartimentering
RH	2_dbr	L2GC	L2: Kekerdijk, Waal_Km872.7, linker Waaldijk	Géén Compartimentering
RH	3_dbr	L3GC	L3: IJzendoorn, Waal_Km908.4, rechter Waaldijk	Géén Compartimentering
RH	8_dbr	L3C1	L3: IJzendoorn, Waal_Km908.4, rechter Waaldijk	C1 , Compart. Dijkkring 43
RH	4_dbr	L4GC	L4: Rijswijk, Nederrijn_Km928.5, linker N.R.dijk	Géén Compartimentering
RH	5_dbr	L5GC	L5: Weurt, Waal_Km889.4, linker Waaldijk	Géén Compartimentering
RH	9_dbr	L5C2	L5: Weurt, Waal_Km889.4, linker Waaldijk	C2 , Compart. Dijkkring 41
RH	6_dbr	L6GC	L6: Wamel, Waal_Km911.5 linker Waaldijk	Géén Compartimentering
RH	7_dbr	L7GC	L7: Vierakker, IJssel_Km922.5, rechter IJsseldijk	Géén Compartimentering
RK	10dbr	L8C3	L8: Den Nul, IJssel_Km959.1, rechter IJsseldijk	C3 , Compart. Dijkkring 53
RK	11dbr	L8GC	L8: Den Nul, IJssel_Km959.1, rechter IJsseldijk	Géén Compartimentering

5 Resultaten van Dijkdoorbraakberekeningen

In dit hoofdstuk worden enkel de belangrijkste hydraulische aspecten van de dijkdoorbraakberekeningen besproken (zie §5.1 t/m §5.11). In Tabel 5-1 wordt een beknopt overzicht gegeven. Voor een kwantificering van de effecten van systeemwerking wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

Opgemerkt dient te worden dat de compartimenteringberekeningen (zie §5.9, §5.10 en §5.11) slechts beeldvormende (eerste verkennende) berekeningen zijn. Zo is bijvoorbeeld de inzet van mogelijke overlaten, welke overtollig ingestroomd rivierwater weer terugvoeren naar de rivier, niet meegenomen. Het terugvoeren van overtollig ingestroomd rivierwater kan gewenst zijn om overstroming van aangrenzende dijk(ring)en te voorkomen. Naar verwachting zal de wijze van mogelijke compartimentering van deze dijkringen in een zogeheten SNIP procedure nog nader worden uitgewerkt.

Tabel 5-1 Overzicht van meest belangrijkste hydraulische aspecten van de dijkdoorbraakberekeningen

Dijkdoorbraakberekening Code Dijkdoorbraaklocatie	Comparti- mentering	Overstroomde Dijkringen		Ingestroomd water stroomt (terug) naar
		Primair ¹⁾	Overige	
L1GC: Lobith, rechter Rijndijk	Géén Comp.	48	49 Ellekom	IJssel
L2GC: Kekerdijk, linker Waaldijk	Géén Comp.	42	Geen	n.v.t.
L3GC: IJzendoorn, rechter Waaldijk	Géén Comp.	43	16	Waal
L4GC: Rijswijk, linker Nederrijndijk	Géén Comp.	43	Geen	n.v.t.
L5GC: Weurt, linker Waaldijk	Géén Comp.	41	36 (38) ²⁾	Maas
L6GC: Wamel, linker Waaldijk	Géén Comp.	41	36 (38) ²⁾	Maas
L7GC: Vierakker, rechter IJsseldijk	Géén Comp.	50	Geen	n.v.t.
L8GC: Den Nul, rechter IJsseldijk	Géén Comp.	53	Geen	Zwarte Water , Overijsselsche Vecht
L3C1: IJzendoorn, rechter Waaldijk	Dijkkring 43	43	16	Lek
L5C2: Weurt, linker Waaldijk	Dijkkring 41	41	Geen	Waal
L8C3: Den Nul, rechter IJsseldijk	Dijkkring 53	53	Geen	Overijsselsche Vecht

Opm:

1. Primaire dijkkring is de dijkkring waarin de dijkdoorbraak optreedt,
2. Dijkkring 38 zal naar verwachting ook overstromen.

5.1 Scenario L1GC (Lobith, rechter Rijndijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L1 (Lobith, Rijn_Km861.4, rechter Rijndijk) wordt niet enkel de aangrenzende dijkkring 48 (Rijn en IJssel) overstroomd, maar wordt ook in geringe mate dijkkring 49 (IJsselland) overstroomd. Bovenrijnwater ingestroomd in dijkkring 48 stroomt terug naar de IJssel. Dit gebeurt door het overstromen van de rechter IJsseldijken tussen Km898 (benedenstreams van Giesbeek) en Km901 (bovenstreams van Doesburg). In dit IJsseldijktraject liggen de voormalige Liemerse overlaten. Het overstromen van genoemde rechter IJsseldijken leidt tot een toename in maximale afvoeren op de IJssel van ca. 300 m³/s. Indien genoemde IJsseldijken bezwijken, zal deze toename in maximale IJsselafvoer mogelijk nog hoger zijn. De instroming van Rijnwater op de IJssel resulteert in het overstromen van de rechter IJsseldijk (kruinhoogten tussen NAP + 11.25 en NAP +11.50) ter hoogte IJssel_Km904.5, waardoor de N48 en ook Ellecom wordt overstroomd.

5.2 Scenario L2GC (Kekerdom, linker Waaldijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L2 (Kekerdom, Waal_Km872.7, linker Waaldijk) wordt enkel de aangrenzende dijkkring 42 (Ooy en Millingen) overstroomd. De bestaande Duitse compartimenteringsdijk van Griethuizen naar Kalkar voorkomt dat het gebied ten oosten van deze compartimenteringsdijk wordt overstroomd. De bestaande Querdamm op Duits grondgebied verhindert niet het overstromen van Wercheren, Persingen, Ubbergen en andere dorpen welke ten westen van de Querdamm liggen. Dit komt doordat deze Querdamm niet aansluit op de Kerkdijk, het Wylermeer niet afsluit en bovendien wordt overstroomd. Als gevolg van de afzuiging/verlaging van waterstanden bij Kekerdom stroomt er bij de Pannerdensche Kop aanzienlijk meer debiet naar de Waal. Met andere woorden tengevolge van de dijkdoorbraak bij Kekerdom verandert tijdelijk de debietverdeling op splitsingspunt Pannerdensche Kop over Waal en het Pannerdensche Kanaal.

5.3 Scenario L3GC (IJzendoorn, rechter Waaldijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L3 (IJzendoorn, Waal_Km908.4, rechter Waaldijk) wordt de aangrenzende dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden) grotendeels overstroomd. In dijkkring 43 wordt enkel het gebied ten Oosten van Valburg alsmede de Lede en Oudewaard (gelegen ten Noorden van Leenden en Kesteren) niet overstroomd. Ook wordt de Diefdijk overstroomd, hetgeen resulteert in een overstroming van dijkkring 16 (Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden). Dijkkring 16 is niet in zijn geheel in het DefltFLS model opgenomen. Echter wel is geconstateerd dat een maximum debiet van ca. 1.400 m³/s dijkkring 16 instroomt. In dijkkring 43 ingestroomd Waalwater stroomt ook weer terug naar de Waal over de rechter Waaldijk ter hoogte van Dalem. Op deze locatie bevinden zich in de Waaldijk de zogeheten Dalemse overlaten, welke in geval van overstroming van dijkkring 43 worden ingezet om te voorkomen dat de Diefdijk en derhalve ook dijkkring 16 wordt overstroomd.

5.4 Scenario L4GC (Rijswijk, linker Nederrijndijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L4 (Rijswijk, Nederrijn_Km928.5, linker Nederrijndijk) wordt enkel de aangrenzende dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden) overstroomd. Hoewel dijken langs het Amsterdam-Rijn Kanaal worden overstroomd, wordt een aanzienlijk kleiner deel van dijkkring 43 overstroomd dan in scenario L3GC (zie §5.3). De reden hiervoor is het feit dat maximale afvoeren op de Nederrijn-Lek aanzienlijk lager zijn dan maximale afvoeren op de Waal.

5.5 Scenario L5GC (Weurt, linker Waaldijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L5 (Weurt, Waal_Km889.4, linker Waaldijk) wordt dijkkring 41 (Land van Maas en Waal) vrijwel geheel overstroomd. Waalwater ingestroomd in dijkkring 41 stroomt naar de Maas. Dit gebeurt door het overstromen van de rechter Maasdijken tussen Km196.5 (Nieuwe Schans) tot Km204.5 (aansluiting Maasdijk op Waaldijk). Deze instroming van Waalwater op de Maas resulteert in het overstromen van de aan de linker Maasoever gelegen dijkkring 36 (Land van Heusden/de Maaskant). In werkelijkheid zal mogelijk ook een deel van dijkkring 38 (Bommelerwaard) overstromen. Dit kon echter niet in het DelftFLS model worden geverifieerd omdat het ingestroomde Waalwater reeds bij Sint Andries (Maas_km 208) via een externe Q-h rand het model verlaat. Wel is geconstateerd dat het overstromen van genoemde Maasdijken leidt tot een toename van ca. 2.000 m³/s in maximale Maasafvoer. Deze toename is zeer groot in verhouding tot een Maasafvoer van 3.650 m³/s, welke correspondeert met een overschrijdingsfrequentie van ca. 1/1250 jaar. Indien de overstroomde Maasdijken bezwijken, dan zal deze toename in maximale Maasafvoer mogelijk nog hoger zijn.

5.6 Scenario L6GC (Wamel, linker Waaldijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L6 (Wamel, Waal_Km911.5 linker Waaldijk) wordt de aangrenzende dijkkring 41 (Land van Maas en Waal) vrijwel geheel overstroomd. Evenals in scenario L5GC (zie §5.5) stroomt Waalwater via dijkkring 41 naar de Maas, hetgeen leidt tot overstroming van dijkkring 36 (Land van Heusden/de Maaskant) en naar verwachting ook van dijkkring 38 (Bommelerwaard). De toestroom van Waalwater op de Maas leidt tot een zeer grote toename van ca. 1800 m³/s in maximale Maasafvoer. Deze toename in maximale Maasafvoer is ca 200 m³/s minder dan in doorbraakscenario L5GC. Dit wordt geacht het gevolg te zijn van het feit dat waterstanden op de Waal bij Wamel lager zijn bij Weurt, zodat ook het verhang richting overstroomde Maasdijken bij een dijkdoorbraak bij Wamel geringer is dan bij een dijkdoorbraak bij Weurt.

5.7 Scenario L7GC (Vierakker, rechter IJsseldijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L7 (Vierakker, IJssel_Km922.5, rechter IJsseldijk) wordt enkel de aangrenzende dijkkring 50 (Zutphen) vrijwel geheel overstroomd. Echter elders in het stroomgebied van Rijn en Maas worden geen dijk(ring)en overstroomd.

5.8 Scenario L8GC (Den Nul, rechter IJsseldijk)

Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L8 (Den Nul, IJssel_Km959.1, rechter IJsseldijk) wordt enkel de aangrenzende dijkkring 53 (Salland) overstroomd. Het deel van dijkkring 53 dat is gelegen beneden een niveau van ca NAP + 3.0 m wordt vrijwel volledig overstroomd. Opgemerkt dient te worden dat in de berekening is aangenomen dat tunnels onder rijksweg A28, welke dwars door Zwolle loopt, zijn afgesloten. Tevens dient opgemerkt te worden dat het kanaal “Nieuwe Wetering”, waar het rijksweg A28 kruist (x=203350, y=503450), tot een hoogte van NAP + 2.55 m is afgesloten. In de Nieuwe Wetering bevinden zich ter hoogte van Zwolle twee sluizen, middels welke water uit dijkkring 53 op het Zwarte Water kan worden geloosd. Deze twee sluizen zijn niet in de DelftFLS schematisatie opgenomen. Concreet betekent het bovenstaande dat rijksweg A28 fungeert als een soort compartimenteringsdijk, welke er voor zorgt dat de wijken Holtenbroek, Aa Landen en Brinkhoek, welke ten Noorden van rijksweg A28 liggen, niet worden overstroomd. De woonwijken in Zwolle welke ten Zuiden van rijksweg A28 liggen worden wel overstroomd. Verder dient te worden opgemerkt dat een deel van het IJsselwater dat in dijkkring 53 instroomt via de Nieuwe Wetering en de Overijsselse Vecht naar het Zwarte Water wegstroomt. Dit gebeurt enerzijds door het overstromen van rijksweg A28 ter hoogte van de reeds bovengenoemde kruising met de Nieuw Wetering en anderzijds doordat de linkerdijken van de Overijsselsche Vecht (x=206450,y=504450 tot x=207250,y=504150) worden overstroomd. De maximum toestroming op het Zwarte Water ter hoogte van Hasselt bedraagt ca. 120 m³/s.

5.9 Scenario L3C1 (IJzendoorn, rechter Waaldijk, Dijkkring 43 gecompartmenteerd)

In dijkdoorbraakscenario L3C1 is dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden) gecompartmenteerd middels een verhoging van de oostelijke dijk langs het Amsterdam-Rijn Kanaal tot een niveau van NAP + 10.5 m. Als gevolg van een dijkdoorbraak bij locatie L3 (IJzendoorn, Waal_Km908.4, rechter Waaldijk) wordt de aangrenzende gecompartmenteerde dijkkring 43 ten oosten van het Amsterdam-Rijn Kanaal vrijwel volledig overstroomd. Slechts een kleine strook direct grenzend aan het Pannerdensch Kanaal en het bovenstroomse deel van de Waal wordt niet overstroomd. Waalwater ingestroomd in dijkkring 43 stroomt naar de Lek. Dit gebeurt door het overstromen van de linker Nederrijndijken tussen Km922 (nabij Maurik) en Km928.7 (nabij Rijswijk). Deze instroming van Waalwater op de Nederrijn leidt tot een verhoging van de maximale afvoer op de Lek met ca. 900 m³/s. Indien deze Nederrijndijken bezwijken, zal dit resulteren in nog hogere Lekafvoeren. Als gevolg van deze toename in Lekafvoer overstroomt een deel van het gebied van dijkkring 43 ten westen van het Amsterdam-Rijn Kanaal en ten noorden van

de Lingedijk en de aansluitende Aaldijk. Dit gebied wordt overstroomd doordat de linker Lekdijken tussen Km933 (nabij Beusichem) en Km936 (nabij Culemborg) worden overstroomd. De dijken langs het Amsterdam-Rijn Kanaal worden niet overstroomd. Als gevolg van de genoemde toename in Lekafvoer overstroomt ook een relatief klein deel van dijkkring 16 (Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden) omdat de linker Lekdijken tussen km944 (nabij Everdingen) en km946 (nabij Hagestein) worden overstroomd. Opgemerkt zij dat indien de overstroomde Lekdijken tussen Km933 en Km936 bezwijken, dit zal resulteren in een grotere instroming en derhalve grotere overstroming van dijkkring 43 ten oosten van het Amsterdam-Rijn Kanaal. Indien de laatst genoemde overstroomde Lekdijken bezwijken dan kan dat tot gevolg hebben dat linker Lekdijken tussen Km944 en Km946 niet worden overstroomd met het gevolg dat dijkkring 16 niet wordt overstroomd.

5.10 Scenario L5C2 (Weurt, linker Waaldijk, Dijkkring 41 gecompartmenteerd)

In dijkdoorbraakscenario L5C2 is dijkkring 41 (Land van Maas en Waal) van Oost naar West gecompartmenteerd middels een beoogde dijk ten Zuiden/Oosten van de Oude Wetering, de Broekse Leigraaf, de Rijksche Wetering, en de Grote Wetering. Tevens is de Maasdijk vanaf de Grote Wetering tot aan de Waaldijk alsmede een deel van de Westelijke dijk langs het Maas en Waal Kanaal verhoogd. Kruinhoogten zijn zodanig hoog dat er géén overstroming van deze compartimenteringsdijk kan plaats vinden. In geval van een dijkdoorbraak bij locatie L5 (Weurt, Waal_Km889.4, linker Waaldijk) voorkomt deze compartimenteringsdijk dat er Waalwater naar de Maas stroomt. Derhalve wordt dijkkring 36 (Land van Heusden/de Maaskant) niet overstroomd (zie ook §5.5). Wel worden de waterstanden in het gebied ten noorden en westen van de compartimenteringsdijk enkele meters hoger dan in het scenario zonder compartimentering. Vandaar dat het noodzakelijk is om een deel van de Westelijke dijk langs het Maas en Waal Kanaal te verhogen, teneinde achterloopsheid van de geplande compartimenteringsdijk te voorkomen. Verder dient opgemerkt te worden dat een deel van het ingestroomde Waalwater weer naar de Waal terugstroomt. Dit gebeurt door dat de linker Waaldijken tussen Km914 (nabij Wamel) en Km920 (nabij Dreumel) worden overstroomd.

5.11 Dijkdoorbraakscenario L8C3 (Den Nul, rechter IJsseldijk, Dijkkring 53 gecompartmenteerd)

In dijkdoorbraakscenario L8C3 is dijkkring 53 (Salland) gecompartmenteerd middels een geplande weg/dijk ten Zuiden/Oosten van Zwolle met kruinhoogten van NAP + 6.5 m. In geval van een dijkdoorbraak bij locatie L8 (Den Nul, IJssel_Km959.1, rechter IJsseldijk) wordt enkel de aangrenzende dijkkring 53 (Salland) overstroomd. Echter de genoemde compartimenteringsdijk voorkomt dat Zwolle wordt overstroomd. Opgemerkt dient te worden dat in de berekening het Kanaal “Nieuwe Wetering is dichtgezet ter hoogte van de kruising met genoemde compartimenteringsdijk. Als gevolg hiervan stroomt er géén water vanuit dijkkring 53 via de Nieuwe Wetering naar het Zwarte Water (zie ook §5.8). Wel stroomt er water vanuit dijkkring 53 over de linkerdijken van de Overijsselsche Vecht (x=209050,y=503950 tot x=210450,y=503850) naar het Zwarte Water. De maximum toestroming op het Zwarte Water ter hoogte van Hasselt bedraagt ca. 80 m³/s.

6 Hydraulische Systeemwerkingseffecten

In dit hoofdstuk worden de effecten van systeemwerking enkel gekwantificeerd op basis van verschillen in hydraulische parameters. In §6.1 wordt de gehanteerde methode voor het kwantificeren van de hydraulische effecten van systeemwerking besproken. Vervolgens worden de resultaten in §6.2 gepresenteerd en in §6.3 nader toegelicht.

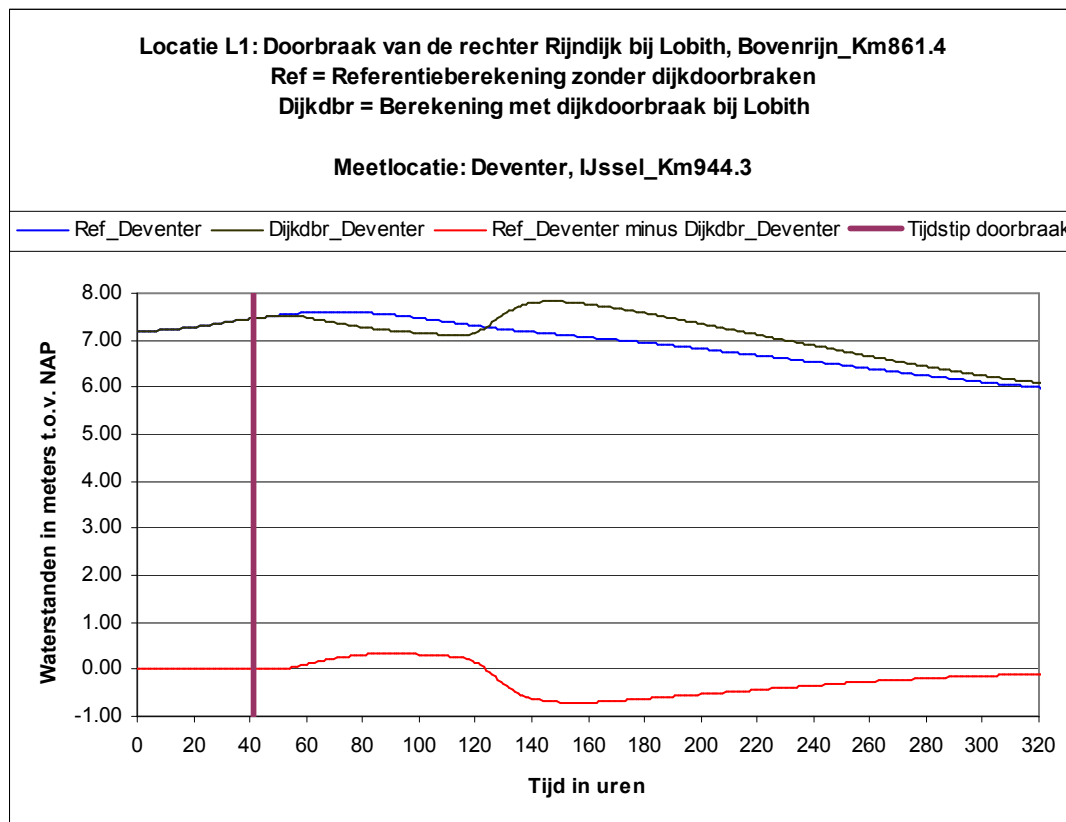
6.1 Methode kwantificering Hydraulische Systeemwerkingseffecten

De hydraulische effecten van systeemwerking gegeven de conditionele kans dat er slechts op één locatie langs de Rijntakken een dijkdoorbraak optreedt, zijn als volgt bepaald.

Per berekening is voor diverse rivierlocaties de hoogst opgetreden waterstand en het hoogst opgetreden debiet bepaald. Vervolgens is per rivierlocatie het *Vershil in de Maximum Waterstand* gedefinieerd als de hoogst opgetreden waterstand in de referentieberekening minus de hoogst opgetreden waterstand in een specifieke dijkdoorbraakberekening. Op gelijke wijze is het *Vershil in het Maximum Debiet* gedefinieerd.

Indien voor een bepaalde rivierlocatie het verschil in de maximum waterstand positief is, dan betekent dit dat de hydraulische effecten van systeemwerking ook positief zijn. Immers in de dijkdoorbraakberekening is de hoogste waterstand lager dan de hoogste waterstand in de referentieberekening zonder dijkdoorbraken. Het zal moge duidelijk zijn dat voor negatieve verschillen in de maximum waterstand geldt dat de hydraulische effecten van systeemwerking lokaal negatief zijn. Het tijdstip waarop in de dijkdoorbraakberekening de hoogste waterstand optreedt, komt meestal niet overeen met het tijdstip waarop in de referentieberekening de hoogste waterstand optreedt. Dit is duidelijk te zien in Figuur 6-1, waar waterstanden te Deventer (IJssel_Km944.3) worden gegeven voor het geval géén dijkdoorbraken optreden en voor het geval een dijkdoorbraak in de rechter Bovenrijndijk te Lobith optreedt. Voor Deventer bedraagt het verschil in de maximum waterstand -0.22 ($=7.60-7.82$) m. Waterstanden te Deventer tengevolge van een dijkdoorbraak te Lobith zijn hoger dan zonder dijkdoorbraken, doordat Rijnwater uit dijkkring 48 de IJssel opstroomt (zie §5.1)

In de methode van kwantificeren van hydraulische effecten van systeemwerking wordt enkel gekeken naar verschillen in maximaal opgetreden waterstanden en debieten. Het lijkt echter ook interessant om per locatie te kijken naar verschillen in de tijdsduur waarover een specifieke waterstand wordt overschreden.



Figuur 6-1 Berekende waterstanden bij Deventer, IJssel_km944.3 voor de referentie situatie zonder dijkdoorbraken en voor de situatie met een dijkdoorbraak bij Lobith, Bovenrijn_Km861.4.

6.2 Hydraulische effecten van Systeemwerking

Conform de methode, beschreven in §6.1, zijn verschillen in de maximum waterstand en de verschillen in het maximum debiet bepaald. In Tabel 6-1 wordt per meetlocatie een overzicht gegeven van het verschil in de maximum waterstand voor diverse combinaties van referentieberekeningen en dijkdoorbraakberekeningen. In Tabel 6-2 wordt per meettraai een overzicht gegeven van het verschil in het maximum debiet. In de koptekst van beide tabellen is de volgende codering aangehouden:

- *Codering dijkdoorbraaklocaties:*
 - L1:** Lobith, Rijn_Km861.4, rechter Bovenrijndijk,
 - L2:** Kekeerd, Waal_Km872.7, linker Waaldijk,
 - L3:** IJzendoorn, Waal_Km908.4, rechter Waaldijk,
 - L4:** Rijswijk, Nederrijn_Km928.5, linker Nederrijndijk,
 - L5:** Weurt, Waal_Km889.4, linker Waaldijk,
 - L6:** Wamel, Waal_Km911.5 linker Waaldijk,
 - L7:** Vierakker, IJssel_Km922.5, rechter IJsseldijk, en
 - L8:** Den Nul, IJssel_Km959.1, rechter IJsseldijk
- *Codering van referentieberekeningen en dijkdoorbraakberekeningen:*
 - GD:** Géén dijkdoorbraken en ook géén compartimentering van dijkringen,
 - LxGC:** Dijkdoorbraak op locatie Lx en géén compartimentering van dijkringen,
 - L3C1:** Dijkdoorbraak op locatie L3 (IJzendoorn) en compartimentering van

dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden) middels een verhoging van de oostelijke dijk langs het Amsterdam-Rijn Kanaal tot NAP + 10.5 m,

L5C2: Dijkdoorbraak op locatie L5 (Weurt) en Compartimentering van dijkkring 41 (Land van Maas en Waal) middels een beoogde dijk ten Zuiden/Oosten van de Oude Wetering, de Broekse Leigraaf, de Rijksche Wetering, en de Grote Wetering. Tevens is de Maasdijk vanaf de Grote Wetering tot aan de Waaldijk alsmede een deel van de Westelijke dijk langs het Maas en Waal Kanaal verhoogt. Kruinhoogten zijn zodanig hoog dat er géén overstroming van deze compartimenteringsdijk kan plaats vinden, en

L8C3: Dijkdoorbraak op locatie L8 (Den Nul) en Compartimentering van dijkkring 53 (Salland) middels een geplande weg/dijk ten Zuiden/Oosten van Zwolle met kruinhoogten van NAP + 6.5 m.

Tabel 6-1 Verschillen in waterstanden als gevolg van dijkdoorbraken

Verschillen in de Maximum Waterstand Referentie berekening <i>minus</i> Dijkdoorbraak berekening														
Dijkdoorbraak locatie	L1	L2	L3			L4	L5			L6	L7	L8		
Referentie berekening	GD	GD	GD	GD	L3GC	GD	GD	GD	L5GC	GD	GD	GD	GD	L8GC
Dijkdoorbraak berekening	L1GC	L2GC	L3GC	L3C1	L3C1	L4GC	L5GC	L5C2	L5C2	L6GC	L7GC	L8GC	L8C3	L8C3
MeetLocatie	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
<i>Bovenrijn</i>														
L1 Lobith, Bovenrijn_Km861.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Waal</i>														
Kekerdom, Waal_Km871.9	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L2 Kekerdom, Waal_Km872.7	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L5 Weurt, Waal_Km889.4	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Andelst, Waal_Km897.3	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L3 IJzendoorn, Waal_Km908.4	0.06	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
L6 Wamel, Waal_Km911.50	0.06	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Dreumel, Waal_Km916.40	0.07	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Gameren, Waal_Km937.10	0.07	0.06	0.03	0.03	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nederrijn-Lek</i>														
Nude, Nederrijn_Km905.10	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L4 Rijswijk, Nederrijn_Km928.5	0.06	0.04	0.00	-0.55	-0.55	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De Heul, Lek_Km938.7	0.03	0.03	0.00	-0.52	-0.52	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>IJssel</i>														
Westervoort, IJssel_Km880.3	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Velperbroek, IJssel_Km882.30	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fraterwaard, IJssel_Km904	-0.25	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L7 Vierakker, IJssel_Km922.5	-0.24	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Zutphen, IJssel_Km925.9	-0.23	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Gorssel, IJssel_Km940.4	-0.22	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Deventer, IJssel_Km944.3	-0.22	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
L8 Den Nul, IJssel_Km959.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00
Wapenveld, IJssel_Km971.7	-0.23	0.10	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.01	0.07	0.02	0.02	0.00

Tabel 6-2 Verschillen in debieten als gevolg van dijkdoorbraken

Verschillen in het Maximum Debiet														
Referentie berekening minus Dijkdoorbraak berekening														
Dijkdoorbraak locatie	L1	L2	L3			L4	L5			L6	L7	L8		
Referentie berekening	GD	GD	GD	GD	L3GC	GD	GD	GD	L5GC	GD	GD	GD	GD	L8GC
Dijkdoorbraak berekening	L1GC	L2GC	L3GC	L3C1	L3C1	L4GC	L5GC	L5C2	L5C2	L6GC	L7GC	L8GC	L8C3	L8C3
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
<i>Bovenrijn</i>														
Rees, Bovenrijn Km837.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1 Lobith, Bovenrijn Km861.19	38	-126	0	0	0	0	-11	-11	0	0	0	0	0	0
<i>Waal</i>														
WaalBegin, Waal Km869.1	23	-735	0	0	0	0	-215	-215	0	0	0	0	0	0
L2 Kekerdom, Waal Km874.0	36	3	0	0	0	0	-261	-261	0	0	0	0	0	0
L5 Weurt, Waal Km889.9	62	28	-113	-113	0	0	9	8	0	-92	0	0	0	0
Andelst, Waal Km897.2	76	34	-193	-193	0	0	16	15	-1	-168	0	0	0	0
L3 IJzendoorn, Waal Km909.6	101	59	7	7	0	0	43	43	-1	-565	0	0	0	0
L6 Wamel, Waal Km910.9	108	66	10	10	0	0	47	46	0	5	0	0	0	0
Dreumel, Waal Km917.9	121	75	18	18	0	0	51	51	0	11	0	0	0	0
Gameren, Waal Km937.20	155	111	41	41	0	0	88	87	-1	35	0	0	0	0
WaalBeneden, Waal Km980.9	178	141	72	72	0	0	123	122	-1	59	0	0	0	0
<i>Pannerdensch Kanaal</i>														
PanKanBegin, PanKan Km870.5	37	10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
PanKanBeneden, PanKan Km878.	48	20	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0
<i>Nederrijn-Lek</i>														
Driel, Nederrijn Km890.97	25	9	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0
Nude, Nederrijn Km905.1	35	23	1	1	0	-6	16	15	0	0	0	0	0	0
L4 Rijswijk, Nederrijn Km928.0	65	42	3	-879	-882	4	24	24	0	2	0	0	0	0
De Heul, Nederrijn Km939.0	74	50	4	-696	-700	12	29	29	0	3	0	0	0	0
LekBeneden, Nederrijn Km963.1	86	59	5	-652	-657	24	31	31	0	4	0	0	0	0
<i>IJssel</i>														
Westervoort, IJssel Km880.0	28	13	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0
Velperbroek, IJssel Km882.3	29	13	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0
Fraterwaard, IJssel Km905.1	-330	41	2	2	0	0	18	16	-3	1	-18	0	0	0
L7 Vierakker, IJssel Km923.1	-309	51	3	3	0	0	24	21	-3	2	7	0	0	0
Zutphen, IJssel Km925.9	-308	52	3	3	0	0	25	22	-3	2	8	0	0	0
Gorssel, IJssel Km940.8	-285	63	5	5	0	0	31	28	-3	3	20	0	0	0
Deventer, IJssel Km944.5	-272	67	5	5	0	0	33	30	-3	3	27	-12	-12	0
L8 Den Nul, IJssel Km960.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Wapenveld, IJssel Km971.0	-230	81	8	8	0	0	37	35	-2	7	57	9	9	0
Zwolle-Zuid, IJssel Km977.6	-228	85	9	9	0	0	38	36	-2	7	64	14	14	0
Zwolle-Oost, IJssel Km982.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	16	0
Kampen-Oost, IJssel Km999.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23	0
<i>Overigen</i>														
Max Instroom door het dijkgat	-2312	-2992	-3106	-3106	0	-1331	-2777	-2780	-3	-3130	-445	-691	-691	0
Max Instroom op Maas Km208-165	0	0	0	0	0	0	-2004	0	2004	-1791	0	0	0	0
Max Uitstroom uit Dijkkring 38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max Instroom op het Zwarte Water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-120	-78	42
Max Instroom in Dijkkring 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Max Instroom in Dijkkring 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Max Uitstroom in Dijkkring 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Max Instroom in Dijkkring 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max Instroom in Dijkkring 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max Instroom in Dijkkring 16	0	0	-1388	0	1388	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max Uitstroom in Dijkkring 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max Uitstroom in Dijkkring 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max Uitstroom in Dijkkring 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.3 Evaluatie Hydraulische Systeemwerkingsaspecten

Allereerst wordt met klem opgemerkt dat de orde grootte van de hydraulische effecten van systeemwerking in Tabel 6-1 en Tabel 6-2 afhankelijk zijn van:

- De gekozen afvoergolf te Rees met een piekafvoer van $17.000 \text{ m}^3/\text{s}$,
- De gekozen locaties van mogelijke dijkdoorbraken,
- De aanname dat een dijkdoorbraak optreedt 6 uur voordat ter plaatse de hoogste waterstand wordt bereikt.
- Het gekozen bresgroeiscenario, waarin 78 uur na dijkdoorbraak een maximale bresbreedte van 210 m wordt bereikt, en
- De aanname dat nergens anders dijkdoorbraken optreden, ook niet indien dijken worden overstroomd.

Afhankelijk van het overheersende systeemwerkingsmechanisme zijn verschillen in de maximale waterstand en verschillen in het maximale debiet lokaal soms positief en soms negatief. Dit geldt zowel voor dijkdoorbraakberekeningen zonder compartimentering als voor dijkdoorbraakberekeningen met compartimenteringsdijken (zie Tabel 6-1 en Tabel 6-2). In het algemeen kan worden gesteld dat de effecten van systeemwerking tengevolge van een specifieke dijkdoorbraak aanzienlijke proporties kunnen aannemen. Behalve overstroming van aangrenzende en overige dijkkringen zijn verlagingen van 0.10 m en verhogingen tot 0.55 m op bepaalde Rijntakken substantieel te noemen. Ook een extra afvoer van ca. $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ op de Maas is zeer substantieel te noemen. Kortom hydraulische effecten van systeemwerking kunnen niet worden verwaarloosd.

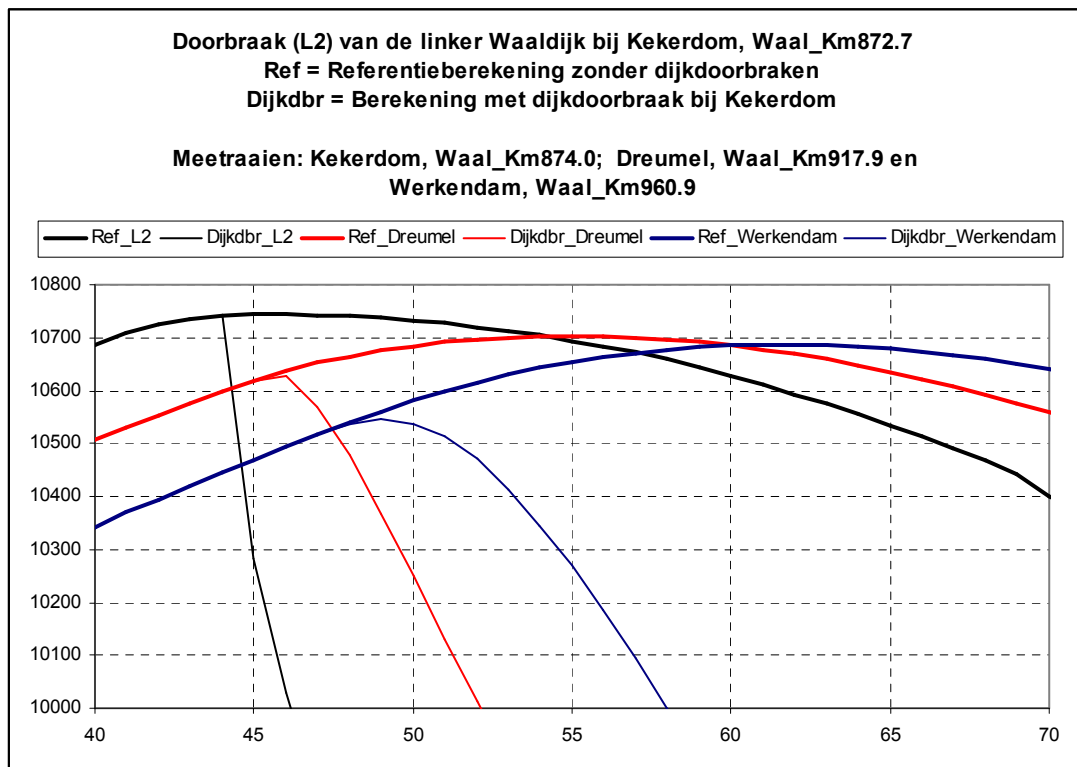
In Tabel 6-1 en Tabel 6-2 kunnen de volgende hydraulische fenomenen worden onderscheiden:

- Direct bovenstrooms van het dijkgat treedt afzuiging op. Hierdoor wordt het bovenstroomse hydraulische verhang richting dijkgat groter. Derhalve kan voor gelijkblijvende bovenstroomse waterstanden een aanzienlijk groter debiet richting dijkdoorbraaklocatie stromen. Dit fenomeen is het meest prominent voor een dijkdoorbraak bij Kekerdom, waar bij het splitsingspunt Pannerdensche Kop een aanzienlijk groter debiet de Waal instroomt. Dit fenomeen treedt in mindere mate ook op voor een dijkdoorbraak bij Weurt (scenario L2GC). Een dijkdoorbraak bij Wamel (scenario L6GC) ligt te ver benedenstrooms om nog de debietverdeling bij de Pannerdensche Kop te beïnvloeden.
- Naarmate een meetlocatie verder benedenstrooms van een dijkdoorbraaklocatie ligt en onder voorwaarde dat er géén terugstroming van bovenstrooms ingestroomd rivierwater plaatsvindt, worden de positieve effecten van systeemwerking groter. Zie bijvoorbeeld de resultaten van scenario L2GC. Ter plaatse van het dijkgat wordt het volume in de hoogwatergolf sterk gereduceerd, hetgeen resulteert in een sterk smallere (afgeknotte) hoogwaterpiek. De topvervlakking van deze afgeknotte hoogwaterpiek is hoger dan die van de oorspronkelijke hoogwatergolf. Hoe verder benedenstrooms hoe meer topvervlakking er optreedt en hoe groter derhalve het verschil wordt tussen het maximale debiet in de referentieberekening en het maximale debiet in de dijkdoorbraakberekening (zie ook Figuur 6-2).

Verschillen in de maximale waterstand en het maximale debiet zijn zeer indicatief voor het vastleggen van hydraulische effecten die verschillende vormen van systeemwerking met zich meebrengen. Echter een afweging of gegeven een specifieke dijkdoorbraak over het gehele stroomgebied gezien de effecten van systeemwerking positief of negatief zijn, kan niet alleen gemaakt worden door het bestuderen van verschillen in maximale waterstanden en debieten. In zo'n afweging moet de opgetreden overstromingsschade tengevolge van de dijkdoorbraak worden gewogen tegen de verandering in de kans en de bijbehorende schade dat elders in het stroomgebied dijk(ring)en wel of niet overstromen als gevolg van deze dijkdoorbraak. Met andere woorden het jaarlijks overstromingsrisico van het dijkdoorbraakscenario (=jaarlijkse kans op dijkdoorbraak maal optredende schade) moet vergeleken worden met het jaarlijks overstromingsrisico voor de conditie dat geen dijkdoorbraak op de beschouwde locatie optreedt.

Voor het bepalen van overstromingsrisico's waarbij effecten van systeemwerking worden meegenomen is een methode ontwikkeld. Deze methode is succesvol toegepast op een sterk geschematiseerde rivierconfiguratie met eenvoudige beschrijvingen van faalmechanismen, een beperkt aantal doorbraaklocaties, en aannamen voor verdelingsfuncties van dijksterkte en bovenstroomse hoogwaterafvoergolven (zie Van Mierlo et al, 2003). In de komende jaren is echter nog veel nader onderzoek nodig om deze methode verder uit te werken, teneinde op een efficiënte en objectieve wijze overstromingsrisico's in Nederland te kunnen bepalen. Voor de acceptatie van deze nieuwe methode is het van belang dat er een vertaalslag wordt gemaakt na de huidige wijze van bepalen van overstromingskansen. Met andere woorden hoe sluiten overstromingskansen volgens de nieuwe methode aan op overstromingskansen volgens de huidige methode. Het bepalen van overstromingskansen is reeds zeer complex vanwege allerlei correlaties. Bijvoorbeeld in dijkdoorbraakscenario L3C1 blijkt dat de kans dat een Lekdijk wordt overstroomd (c.q. bezwijkt) is gecorreleerd aan de kans op een dijkdoorbraak van de rechter Waaldijk bij IJzendoorn onder de conditie dat dijkkring 43 is gecompartmenteerd ter plaatse van het Amsterdam-Rijn kanaal (zie ook §5.9). In de bovengenoemde nieuwe methode worden dit soort statistische correlaties automatisch meegenomen. Dit omdat de interactie tussen rivierafvoeren, het bezwijken van dijken en de daaraan gerelateerde overstromingen integraal worden meegenomen.

De complexiteit van systeemwerking ten spijt, tonen de resultaten in Tabel 6-1 en Tabel 6-2 wel aan dat bepaalde vormen van systeemwerking moeten worden meegenomen teneinde een juiste inschatting te kunnen maken voor overstromingskansen en overstromingsrisico's in Nederland. Derhalve is het gewenst om in de huidige methode van het bepalen van overstromingskansen op zijn minst de hydraulische effecten van sommige vormen van systeemwerking mee te kunnen nemen.



Figuur 6-2 Voortplanting van de hoogwatergolven op de Waal zonder ingeval van géén dijkdoorbraken en een dijkdoorbraak bij Kekerdom op de Waal (locatie L2)

7 Samenvatting en aandachtspunten

7.1 Samenvatting

In totaal zijn elf dijkdoorbraakberekeningen voor acht verschillende dijkdoorbraaklocaties gemaakt met het DelftFLS software pakket, respectievelijk acht berekeningen zonder compartimentering en drie berekeningen waarin één bepaalde dijkkring was gecompartmenteerd. De compartimenteringberekeningen zijn slechts beeldvormende (eerste verkennende) berekeningen. Naar verwachting zal de wijze van de mogelijke compartimentering van deze dijkringen in een zogeheten SNIP procedure nog nader worden uitgewerkt. In elke berekening is slechts op één locatie langs de Nederlandse Rijntakken een dijk doorgebroken. Aangenomen is dat dijken die elders in het riviersysteem worden overstroomd niet bezwijken. Enkel de hydraulische effecten van systeemwerking als gevolg van een lokale dijkdoorbraak zijn gekwantificeerd. Dit is gedaan door het vergelijken van maximale waterstanden (en debieten) in een referentieberekening zonder dijkdoorbraken met maximale waterstanden (en debieten) in een dijkdoorbraakberekening. Op deze wijze konden de hydraulische gevolgen van systeemwerking overzichtelijk in tabellen worden gepresenteerd. In dit rapport is geen overstromingsschade berekend.

7.2 Conclusies

Opgemerkt dient te worden dat de orde grootte van de hydraulische effecten van systeemwerking afhankelijk zijn van de gekozen dijkdoorbraaklocaties en de gekozen hydraulische parameters. Voor de gekozen dijkdoorbraaklocaties geldt dat dit de locaties zijn waar een dijkdoorbraak het meest waarschijnlijk is. Gesteld kan worden dat realistische waarden zijn gekozen voor de gehanteerde hydraulische parameters.

In het merendeel van de berekeningen treden significante vormen van systeemwerking op, welke resulteren in deels verlagingen en deels verhogingen van lokale rivierwaterstanden langs de Maas en de Nederlandse Rijntakken. Uit de berekeningsresultaten blijkt dat positieve hydraulische effecten van systeemwerking marginaal zijn in verhouding tot de negatieve hydraulische effecten van systeemwerking. In de berekeningen is aangenomen dat overstroomde dijken niet bezwijken, hetgeen echter niet uit te sluiten valt. Het bezwijken van overstroomde dijken zal naar verwachting het systeemwerkingsproces in negatieve zin beïnvloeden. Op basis van de thans voorliggende berekeningsresultaten lijkt het verstandig om in eerste instantie te focussen op het meenemen van negatieve vormen van systeemwerking in veiligheidsbeschouwingen en te trachten deze negatieve effecten van systeemwerking te voorkomen dan wel te minimaliseren.

Gesteld kan worden dat de gemaakte dijkdoorbraakberekeningen hebben bijgedragen aan het inzichtelijker maken van de consequenties van systeemwerking voor het Nederlandse bovenrivierensysteem.

7.3 Aandachtpunten

Behalve verschillen in maximale waterstanden (en debieten) is de opgetreden overstromingsschade ook van belang. Aanbevolen wordt om de overstromingsschade als gevolg van de beschouwde lokale dijkdoorbraken te bepalen. Dit is reeds door RIZA voorzien.

De hydraulische effecten van systeemwerking moeten nog worden vertaald naar een verminderd of vermeerderd risico van overstromingen elders in het stroomgebied van de Maas en Nederlandse Rijntakken. Uit de dijkdoorbraakberekeningen is gebleken dat dit een zeer complexe materie is. Het liefst zou men dit moeten doen op basis van overstromingsrisico's (het gesommeerde product van kans op allerlei mogelijke overstromingen met hun bijbehorende schade). Echter hiervoor zal de komende jaren nog het nodige onderzoek moeten worden verricht. Voorlopig lijkt het bepalen van overstromingsrisico's in Nederland waarbij effecten van systeemwerking worden meegenomen nog geen haalbare kaart. Het bepalen van overstromingskansen rekeninghoudend met systeemwerkingseffecten is al zeer complex.

Resumerend verdienen de volgende aandachtspunten nadere uitwerking:

- De door RIZA reeds geplande bepaling van de opgetreden overstromingsschade in elke dijkdoorbraakberekening,
- Het vertalen van de hydraulische effecten van systeemwerking naar een verminderde of vermeerderde overstromingskans van overige dijk(ring)en,
- Het daadwerkelijk laten bezwijken van overstroomde dijken in de gemaakte dijkdoorbraakberekeningen,
- Het analyseren van andere verschillen in hydraulische parameters. Zoals bijvoorbeeld verschillen in de duur dat bepaalde waterstandsniveaus in de referentieberekening en in de dijkdoorbraakberekening worden overschreden.
- Het analyseren van de effecten als een dijk eerder dan 6 uur voor het bereiken van de hoogste waterstand doorbreekt

8 Literatuur

- Aanpassingen golfvormgenerator in opdracht van RWS/RIZA, Lelystad, HKV Lijn in Water, sept 2004.
- Lammersen, R., Grensoverschrijdende effecten van extreem hoogwater op de Niederrhein, Eindrapport, juli 2004, ISBN 9036956390.
- Stijnen, J.W. Gemaakte berekeningen voor rampenbeheersing (RBSO), HKV Lijn in Water, 2005.
- Van den Bosch, P., Bepaling aantal met noodmaatregelen te versterken dijken in 2015, Verslag projectuitvoering, A1475, Alkyon.
- Van Mierlo, M.C.L.M., Vrouwenvelder, A.C.W.M.; Calle, E.O.F., Vrijling, J.K.; Jonkman, S.N., De Bruijn, K.M.; Weerts, A.H. (2003), Effects of River System Behaviour on Flood Risk, Delft Cluster Project nr. DC 02.01.01. (<http://www.library.tudelft.nl/delftcluster> *Risk due to flooding*).
- Van Mierlo, M.C.L.M., Gudden, J.J., Overmars, J.M.S., DelftFLS modellen: Krefeld-Kampen en Wesel-Gorcum, WL rapport Q3859, maart 2005.

A Overzicht van digitale databestanden

In deze Appendix wordt een overzicht gegeven van de digitale data, welke op een DVD aan RIZA ter beschikking is gesteld. Hieronder is een onderscheid gemaakt tussen overstromingsfilmpjes en overige digitale data:

A.1 Overstromingsfilmpjes

De overstromingsfilmpjes van de diverse dijkdoorbraakberekeningen zijn opgenomen in de HIS Scenario Viewer. In de HIS Scenario Viewer zijn de overstromingsfilmpjes gecodeerd zoals aangegeven Tabel A-1.

Tabel A-1 Codering van overstromingsfilmpjes in de HIS Scenario Viewer

Code HIS Viewer	Rapport Codering en Omschrijving van de DelftFLS berekeningen		
	Code	Dijkdoorbraak locatie	Compartmentering
1_dbr	L1GC	L1: Lobith, Rijn_Km861.4, rechter Bovenrijndijk	Géén Compartmentering
2_dbr	L2GC	L2: Keerderom, Waal_Km872.7, linker Waaldijk	Géén Compartmentering
3_dbr	L3GC	L3: IJzendoorn, Waal_Km908.4, rechter Waaldijk	Géén Compartmentering
8_dbr	L3C1	L3: IJzendoorn, Waal_Km908.4, rechter Waaldijk	<i>C1¹⁾</i> , Compart. Dijkkring 43
4_dbr	L4GC	L4: Rijswijk, Nederrijn_Km928.5, linker N.R.dijk	Géén Compartmentering
5_dbr	L5GC	L5: Weurt, Waal_Km889.4, linker Waaldijk	Géén Compartmentering
9_dbr	L5C2	L5: Weurt, Waal_Km889.4, linker Waaldijk	<i>C2²⁾</i> , Compart. Dijkkring 41
6_dbr	L6GC	L6: Wamel, Waal_Km911.5 linker Waaldijk	Géén Compartmentering
7_dbr	L7GC	L7: Vierakker, IJssel_Km922.5, rechter IJsseldijk	Géén Compartmentering
10dbr	L8C3	L8: Den Nul, IJssel_Km959.1, rechter IJsseldijk	<i>C3³⁾</i> , Compart. Dijkkring 53
11dbr	L8GC	L8: Den Nul, IJssel_Km959.1, rechter IJsseldijk	Géén Compartmentering

Opmerkingen:

1. C1: Compartmentering van Dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden) middels een verhoging van de oostelijke dijk langs het Amsterdam-Rijn Kanaal tot NAP + 10.5 m,
2. C2, Compartmentering van Dijkkring 41 (Land van Maas en Waal) middels een beoogde dijk ten Zuiden/Oosten van de Oude Wetering, de Broekse Leigraaf, de Rijksche Wetering, en de Grote Wetering. Tevens is de Maasdijk vanaf de Grote Wetering tot aan de Waaldijk alsmede een deel van de Westelijke dijk langs het Maas en Waal Kanaal verhoogd. Kruinhoogten zijn zodanig hoog dat er géén overstroming van deze compartimenteringsdijk kan plaats vinden, en
3. C3: Compartmentering van Dijkkring 53 (Salland) middels een geplande weg/dijk ten Zuiden/Oosten van Zwolle met kruinhoogten van NAP + 6.5 m.

A.2 Overige digitale data

De overige digitale data zijn aangeleverd in 14 separate folders, zijnde:

1. GD-L1GC Lobith(Rijn)_Ring48
2. GD-L2GC Kekerdome(Waal)_Ring42
3. GD-L3C1 IJzendoorn(Waal)_Ring43
4. GD-L3GC IJzendoorn(Waal)_Ring43
5. GD-L4GC Rijswijk(Lek)_Ring43
6. GD-L5C2 Weurt(Waal)_Ring41
7. GD-L5GC Weurt(Waal)_Ring41
8. GD-L6GC Wamel(Waal)_Ring41
9. GD-L7GC Vierakker(IJssel)_Ring50
10. GD-L8C3 DenNul(IJssel)_Ring53
11. GD-L8GC DenNul(IJssel)_Ring53
12. L3GC-L3C1 IJzendoorn(Waal)_Ring43
13. L5GC-L5C2 Weurt(Waal)_Ring53
14. L8GC-L8C3 DenNul(IJssel)_Ring53

In de titel “XXXX-YYYY {tekst1}_{tekst2} van bovenstaande folders is de volgende conventie aangehouden:

- XXXX = code van de referentieberekening (zie Tabel A-1)
- YYYY = code van de dijkdoorbraakberekening (zie Tabel A-1)
- {tekst1} = Omschrijving dijkdoorbraaklocatie, en
- {tekst2} = Aangrenzende (primaire) overstroomde dijkkring

Opmerking: GD betreft berekening zonder dijkdoorbraken en zonder compartimentering

Elke folder omvat zes of zeven verschillende digitale files. In de file namen is de volgende conventie aangehouden:

- REF = code van de referentie berekening,
- DBR = code van de dijkdoorbraakberekening,
- Fls(Omschrijving) = In de omschrijving tussen de haakjes worden de bijbehorende codes van de DelftFLS berekeningen gegeven (zie ook Tabel 4-1).

Per filetype is de volgende data beschikbaar:

1. *DBR_Fls(Fls_DbrCode).acx:*

Deze GIS rasterkaart bevat voor elke 2D gridcel van de dijkdoorbraakberekening (DBR) de maximaal opgetreden resulterende stroomsnelheid $C = \sqrt{U^2 + V^2}$ in m/s.

2. *DBR_Fls(Fls code).ahx:*

Deze GIS rasterkaart bevat voor elke 2D gridcel van de dijkdoorbraakberekening (DBR) de maximaal opgetreden waterdiepte in m.

3. *DBR_Fls(Fls code).azx:*

Deze GIS rasterkaart bevat voor elke 2D gridcel van de dijkdoorbraakberekening (DBR) de maximaal opgetreden waterstand in m.

4. *REF-DBR_Fls(Fls_RefCode-Fls_DbrCode) Verschillen.xls:*

Deze spreadsheet bevat voor meetlocaties en meetraaien de maximale opgetreden waterstanden en debieten in de referentie situatie (REF) en in de dijkdoorbraakberekening (DBR). Deze spreadsheet bevat tevens voor meetlocaties figuren met daarin het waterstandsverloop in de referentieberekening en de dijkdoorbraakberekening alsmede het verschil in waterstanden tussen de referentieberekening en de dijkdoorbraakberekening voor meetlocaties en meetraaien. Idem voor het debietverloop op meetraaien.

5. *REF-DBR_Fls(Fls_RefCode-Fls_DbrCode) azx=ahx.asc:*

Deze GIS rasterkaart bevat voor elke 2D gridcel het verschil tussen de maximaal opgetreden waterstand in de referentieberekening (REF) en de maximaal opgetreden waterstand in de dijkdoorbraakberekening (DBR). Voor dijkdoorbraakscenario's zonder compartimentering zijn de bodemhoogten in de referentieberekening gelijk aan de bodemhoogten in de dijkdoorbraakberekening. Derhalve bevat deze GIS rasterkaart tevens de verschillen in maximaal opgetreden waterdiepten. In geval van een dijkdoorbraakscenario met compartimentering wijken de bodemhoogten enkel ter plaatse van de compartimenteringsdijk af van de bodemhoogten in de referentieberekeningen zonder compartimentering. Echter voor het overige deel van het 2D grid geldt dat verschillen in maximale waterstanden gelijk zijn aan verschillen in maximale waterdiepten.

6. *REF=DBR_Fls(Fls_RefCode=Fls_DbrCode).aht*

Deze GIS rasterkaart bevat de bodemliggingen t.o.v. NAP voor zowel de referentieberekening als voor de dijkdoorbraakberekening.

7. *REF_Fls(Fls_RefCode).aht (enkel indien item no. 6 niet aanwezig is):*

Deze GIS rasterkaart bevat de bodemliggingen t.o.v. NAP voor de referentieberekening.

8. *DBR_Fls(Fls_DBRcode).aht (enkel indien item no. 6 niet aanwezig is).*

Deze GIS rasterkaart bevat de bodemliggingen t.o.v. NAP voor de dijkdoorbraakberekening