

Q3116

Opdrachtgever:

DG Rijkswaterstaat - RIZA

Onderzoek naar effectiviteit van noodoverloopgebieden

Berekeningen met SOBEK-NL model voor Rijntakken

Eindrapport

december 2001

Opdrachtgever:

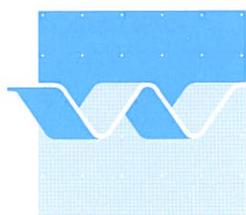
DG Rijkswaterstaat - RIZA

Onderzoek naar effectiviteit van noodoverloopgebieden

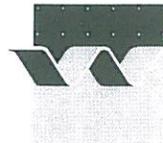
Berekeningen met SOBEK-NL model voor Rijntakken

Eindrapport

december 2001



wl | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER: DG Rijkswaterstaat RIZA

TITEL: Onderzoek naar effectiviteit van noodoverloopgebieden;
berekeningen met SOBEK-NL model voor Rijntakken

SAMENVATTING:

In het najaar van 2000 zijn in het kader van HIS-NL met het SOBEK-Rijntakkenmodel overstromingsberekeningen uitgevoerd om de effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken vast te stellen. In de eerste helft van 2001 is het SOBEK-NL model ontwikkeld waarin zowel de Rijntakken als het noordelijk deltabekken geschematiseerd zijn. De effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken is nogmaals bepaald met dit SOBEK-NL model.

De doelstelling van het onderzoek is de bepaling van de (hydraulische) effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen noodopverloopgebieden:

1. langs en nabij de Boven-Rijn: Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost (deelonderzoek 1)
2. langs de Rijntakken zelf: Land van Maas en Waal, Het Binnenveld, IJsselland en Tielerswaard (deelonderzoek 2)

Ten behoeve van referentie zijn berekeningen uitgevoerd bij piekafvoeren van 15.000 m³/s, 16.000 m³/s, 17.000 m³/s en 18.000 m³/s met een gemiddelde golfvorm.

In deelonderzoek 1 zijn simulaties uitgevoerd met een piekafvoer bij Lobith van 16.000, 17.000 en 18.000 m³/s, een gemiddelde afvoergolf en noodoverloopgebieden Rijnstrangen, Ooij en Millingen en, zo nodig, Betuwe Oost actief.

In deelonderzoek 2 zijn met het SOBEK-NL-model berekeningen uitgevoerd met een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde afvoergolf, waarbij noodoverloopgebieden langs de takken zijn ingeschakeld: Land van Maas en Waal, Het Binnenveld, langs de IJssel (dijkkring IJsselland) en een deel van de Tielerswaard. Voorts zijn er berekeningen uitgevoerd waarbij alle 4 de noodoverloopgebieden gezamenlijk zijn ingezet bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde, en een 75% golfvorm.

REFERENTIES: offerte ZWS3533/Q3116.95/lj gedateerd 20 september 2001
Opdrachtverlening opdrachtbonnummer 39725 / WSH gedateerd 28 september 2001

VER.	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
01	J. Crebas	6 december 2001	definitief	K. Heynert	P.C.G. Glas
PROJECTNUMMER:		Q3116			
TREFWOORDEN:		noodoverloopgebieden, retentie, HIS-NL			
INHOUD:	TEKST	TABELLEN	FIGUREN	APPENDICES	
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG	<input type="checkbox"/> CONCEPT	<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF		

Inhoud

	Samenvatting	1
1	Inleiding	1-1
2	Onderzoeksdoelstelling.....	2-1
3	Uitgangspunten	3-1
3.1	Instrumentarium.....	3-1
3.2	Referentiesituatie	3-1
3.3	SOBEK model	3-1
3.4	Schematisering noodoverloopgebieden	3-2
4	Beschrijving resultaten.....	4-1
4.1	Vorbereiding.....	4-1
4.2	Deelonderzoek 1	4-2
4.2.1	Piekafvoer van 16.000 m ³ /s en gemiddelde golfvorm	4-3
4.2.2	Piekafvoer van 17.000 m ³ /s en gemiddelde golfvorm	4-4
4.2.3	Piekafvoer van 18.000 m ³ /s en gemiddelde golfvorm	4-5
4.2.4	Vulling noodoverloopgebieden en afgevoerde hoeveelheden	4-5
4.3	Deelonderzoek 2	4-5
4.3.1	Noodoverloopgebied Land van Maas en Waal	4-6
4.3.2	Noodoverloopgebied Tielerwaard (deel)	4-7
4.3.3	Noodoverloopgebied Het Binnenveld	4-8
4.3.4	Noodoverloopgebied IJsselland	4-9
4.3.5	Inzet alle noodoverloopgebieden (gemiddelde golfvorm).....	4-10
4.3.6	Inzet alle noodoverloopgebieden (75% kwantiel golfvorm)	4-11
4.3.7	Vulling noodoverloopgebieden en afgevoerde hoeveelheden	4-12
5	Afvoerverdeling splitsingspunten.....	5-1
	Literatuur	Lit.-1

Appendices

A000	Figuren	A-1
B000	Kaarten met resultaten	B-1

Samenvatting

Inleiding

In het najaar van 2000 zijn in het kader van HIS-NL met het SOBEK-Rijntakkenmodel (1996) overstromingsberekeningen uitgevoerd om de effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken vast te stellen (Crebas et al, december 2000). In de eerste helft van 2001 is het SOBEK-NL model (2000) ontwikkeld waarin zowel de Rijntakken als het Noordelijk Deltabekken geschematiseerd zijn. De effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken dient nogmaals bepaald te worden met dit SOBEK-NL model.

De doelstelling van het onderzoek is de bepaling van de (hydraulische) effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen noodoverloopgebieden (zie Figuur 2.1):

1. langs en nabij de Boven-Rijn: Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost (deelonderzoek 1)
2. langs de Rijntakken zelf: Land van Maas en Waal, Het Binnenveld, IJsselland en Tielerwaard (deelonderzoek 2)

Zowel in het Rijntakken model als in het Nationale model wordt de afvoerverdeling over de splitsingspunten niet gecorrigeerd.

Referentieberekeningen

Ten behoeve van referentie zijn berekeningen uitgevoerd bij piekafvoeren te Lobith van 15.000 m³/s, 16.000 m³/s, 17.000 m³/s en 18.000 m³/s met een gemiddelde golfvorm in combinatie met een piekafvoer op de Maas bij Lith van 3.647 m³/s.

Bij een afvoer van 16.000 m³/s wordt de maatgevende waterstand op de Waal met ongeveer 30 cm, op de Neder-Rijn/Lek met ongeveer 20 cm en op de IJssel met ongeveer 30 cm overschreden. Bij een afvoer van 17.000 m³/s liggen de waterstanden op de Waal ongeveer 60 cm, op de Neder-Rijn/Lek ongeveer 40 cm en op de IJssel ongeveer 60 cm boven het gewenste niveau. Bij een afvoer van 18.000 m³/s worden de gewenste waterstanden op de Waal met ongeveer 90 cm, op de Neder-Rijn/Lek met ongeveer 60 cm en op de IJssel met ongeveer 70 cm overschreden.

Deelonderzoek 1

Bij een piekafvoer van 16.000 m³/s (een verschil van 1000 m³/s met de referentie situatie) en een gemiddelde golfvorm kan niet worden volstaan met alleen de Rijnstrangen¹ als noodoverloopgebied. Ook de inzet van het noodoverloopgebied Ooij en Millingen blijkt noodzakelijk. Het verschil tussen de resulterende waterstanden benedenstrooms van de noodoverloopgebieden en het referentieniveau op de Waal is kleiner dan 10 cm. Op de Neder-Rijn/Lek ligt het maximum verschil net boven de 10 cm (rond km 960), op de IJssel ligt het er net onder.

Bij een piekafvoer van 17.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm moet ook het noodoverloopgebied Betuwe-Oost worden ingezet om de waterstand op de Waal op referentieniveau te handhaven. De noodoverloopgebieden langs de Boven-Rijn worden helemaal gevuld en Betuwe Oost wordt voor ongeveer een derde gevuld. In vergelijking met de referentiesituatie liggen de waterstanden benedenstrooms van de Pannerdensche Kop ongeveer 10 cm hoger.

Bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm lopen alle drie de ingezette noodoverloopgebieden vol en treedt een verhoging van de maximale waterstand van circa 15 cm op de IJssel tot 25 cm op de Waal op, ten opzichte van de referentiesituatie.

Deelonderzoek 2

In deelonderzoek 2 zijn met het SOBEK-NL-model berekeningen uitgevoerd waarbij noodoverloopgebieden langs de takken zijn ingeschakeld: Land van Maas en Waal, Het Binnenveld, langs de IJssel (dijkkring IJsselland) en een deel van de Tielerwaard. Met de inzet van elk van de 4 noodoverloopgebieden zijn berekeningen uitgevoerd bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde afvoergolf. Voorts zijn er berekeningen uitgevoerd waarbij alle 4 de noodoverloopgebieden gezamenlijk zijn ingezet bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde, en een 75% golfvorm.

In deelonderzoek 2 zijn de noodoverloopgebieden Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost (deelonderzoek 1) niet ingezet.

Het inzetten van het noodoverloopgebied *Land van Maas en Waal* bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm resulteert op de Waal benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer 20 km van de Pannerdensche Kop) in een afname van de waterstand tot ongeveer 20 cm boven het gewenste niveau.

De inzet van het zuidelijk deel van de *Tielerwaard* resulteert op de Waal benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer 50 km van de Pannerdensche Kop) in een afname tot ruim 10 cm boven het gewenste niveau.

Het noodoverloopgebied *Het Binnenveld* langs de Neder-Rijn/Lek is klein (maximum volume is 66 Mm³) en heeft weinig effect. Benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer

¹ In het onderzoek (WL | Delft Hydraulics, mei 2001) kan wel 1000 m³/s worden geborgen; hierbij is echter de dijk langs het Pannerdensch Kanaal verhoogd.

28 km van de IJsselkop) treedt een maximale een waterstandsafname van ongeveer 10 cm op en het gewenste niveau wordt dan ook bij lange na niet gehaald. Het is overigens mogelijk het gebied twee keer zo groot te maken als is toegepast in de berekeningen.

Het inzetten van het noodoverloopgebied *IJsselland* bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm resulteert op de IJssel benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer 21 km van de IJsselkop) in een waterstand die nog ruim 40 cm boven het gewenste niveau ligt. Hoewel het gebied een oppervlakte heeft van 5.100 ha raakt het door zijn kleine gemiddelde inundatiediepte snel vol (de maximum inhoud is 87 Mm³).

Het inzetten van de 4 *noodoverloopgebieden* (Land van Maas en Waal, Tielerwaard, Het Binnenveld en IJsselland) bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een *gemiddelde golfvorm* resulteert op de Waal benedenstrooms van de inlaat van het zuidelijke deel van de Tielerwaard (op ongeveer 50 km van de Pannerdensche Kop) in een afname tot minder dan 10 cm boven het gewenste niveau. In het geval dat de noodoverloopgebieden Land van Maas en Waal en Tielerwaard samen worden ingezet, hoeft er nog maar weinig water worden afgelaten naar de Tielerwaard om tot het gewenste niveau te komen.

Wanneer de 4 *noodoverloopgebieden* worden ingezet bij een piekafvoer van 18.000 m³/s met een *75% golfvorm*, wordt met een kleine 100 Mm³ meer afvoer naar het Land van Maas en Waal een vrijwel zelfde niveau bereikt als met de piekafvoer met de gemiddelde golfvorm.

Afvoerverdeling

De afvoerverdeling op de splitsingspunten Pannerdense Kop en Westervoort wordt niet gecorrigeerd in de richting van de op dit moment beleidsmatige gewenste afvoerverdeling.

Uit de resultaten blijkt dat over het algemeen de afvoerverdeling die bij de 15.000 m³/s referentieberekening optreedt, wordt gehandhaafd. Verschillen treden op bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en inzet van de noodoverloopgebieden Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost (deelonderzoek 1). De inlaat van Betuwe Oost ligt op ongeveer 1000 m benedenstrooms van de Pannerdensche Kop en trekt maximaal rond het moment van piekafvoer. Ook treedt een lichte verschuiving van 1 tot 1,5 % op in de verhoudingen bij de berekeningen met een piekafvoer van 18.000 m³/s (gemiddelde en 75% golfvorm) uitgevoerd in deelonderzoek 2.

I Inleiding

In het najaar van 2000 zijn in het kader van HIS-NL met het SOBEK-Rijntakken model overstromingsberekeningen uitgevoerd om de effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken vast te stellen (Crebas et al, december 2000). In de eerste helft van 2001 is het SOBEK-NL model ontwikkeld waarin zowel de Rijntakken als het Noordelijk Deltabekken geschematiseerd zijn. De effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken dient op dit moment nogmaals bepaald te worden met dit SOBEK-NL model.

Om aan de bovenstaande wens invulling te kunnen geven heeft RIZA WL gevraagd offerte uit te brengen voor het uitvoeren van aanvullend onderzoek naar de effectiviteit van noodoverloopgebieden met behulp van het SOBEK-NL model.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt de onderzoeksdoelstelling nader toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op de uitgangspunten van het onderzoek. Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten van de uitgevoerde simulaties en in hoofdstuk 5 wordt tenslotte ingegaan op de afvoerverdeling op de splitsingspunten.

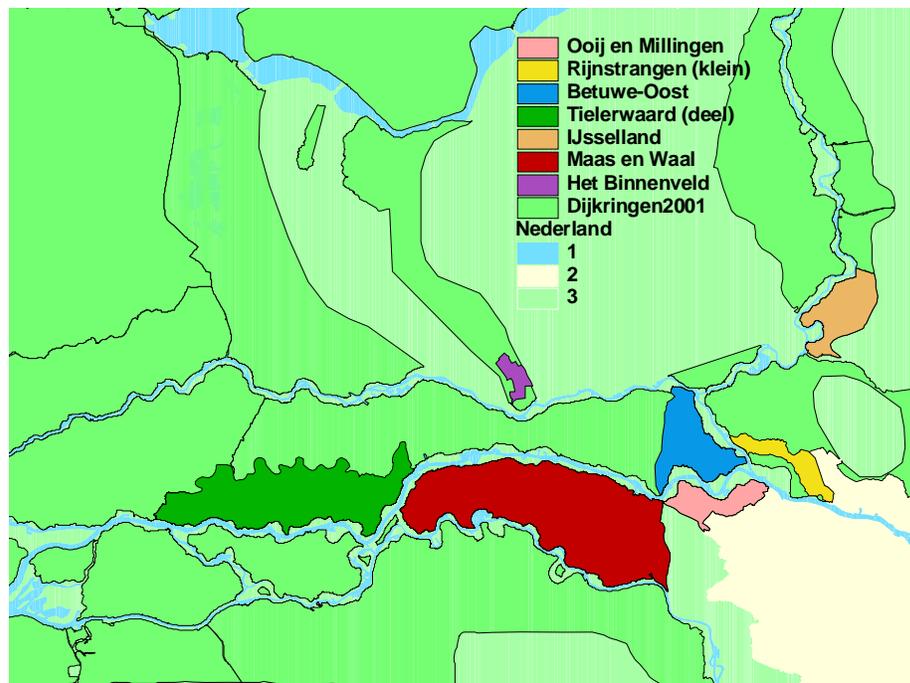
Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van het SOBEK-NL model zoals dit door RIZA beheerd wordt (versie met het Noordelijke Deltabekken en de Rijntakken). De noodoverloopgebieden worden geschematiseerd op dezelfde wijze als in het voorafgaande onderzoek (Crebas et al, december 2000).

2 Onderzoeksdoelstelling

De doelstelling van het onderzoek is de bepaling van de (hydraulische) effectiviteit van noodoverloopgebieden langs de Rijntakken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen noodoverloopgebieden (zie Figuur 2.1):

1. langs en nabij de Boven-Rijn: Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost (deelonderzoek 1)
2. langs de Rijntakken zelf: Land van Maas en Waal, Het Binnenveld, IJsselland en Tielerwaard (deelonderzoek 2)

In deelonderzoek 1 is de effectiviteit van alleen (een combinatie van) de noodoverloopgebieden Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost vastgesteld, in deelonderzoek 2 van alleen (een combinatie van) de noodoverloopgebieden Land van Maas en Waal, Het Binnenveld, IJsselland en Tielerwaard.



Figuur 2.1 Ligging geschematiseerde noodoverloopgebieden

3 Uitgangspunten

De uitgangspunten van het onderzoek worden in het onderstaande kort besproken.

3.1 Instrumentarium

In het onderzoek is gebruik gemaakt van het door de opdrachtgever aangeleverde SOBEK-NL model.

Voor de zijdelingse toestroming van de Oude IJssel en de Twentekanalen is - in lijn met de aanpak in het RVR-project (zie RVR-rapport 99.03) - de maximum afvoer als constante waarde opgelegd, waarmee een “worst case” wordt doorgerekend en voorbij gegaan kan worden aan het al of niet samenvallen van de piekafvoeren in de hoofd- en zijrivieren.

3.2 Referentiesituatie

De noodzaak en effectiviteit van noodoverloopgebieden wordt onderzocht uitgaande van een situatie zoals gemodelleerd in het door de opdrachtgever aangeleverde model. Voor deze situatie zijn referentieberekeningen uitgevoerd met afvoergolven met piekafvoeren van 15.000, 16.000, 17.000 en 18.000 m³/s bij Lobith en een gemiddelde golfvorm.

In het huidige onderzoek zijn de maatregelen die in de komende 3 jaar naar verwachting gerealiseerd zullen zijn (waaronder de aanpassing van de Waalbocht bij Nijmegen) niet meegenomen. In het voorgaande onderzoek (Crebas et al, december 2000) is uitgegaan van een situatie waarin deze maatregelen wel zijn gerealiseerd.

3.3 SOBEK model

Voor het onderzoek wordt gebruik gemaakt van het SOBEK-NL model zoals dit door RIZA beheerd wordt. Het betreft een versie met het Noordelijke Deltabekken (versie Randvoorwaardenboek 2001) en de Rijntakken (versie 3, 2000 gemaakt met Baseline en afgeregeld met WAQUA gegevens); de versie van het Nationale model met de Maas, de Vecht en het IJsselmeer komt naar verwachting eind 2001 gereed. In het voorgaande onderzoek (Crebas et al, december 2000) zijn de overstromingsberekeningen uitgevoerd met het SOBEK-Rijntakken model (1996).

Bovenstroomse randvoorwaarden zijn nodig voor Lobith langs de Boven-Rijn en Lith langs de Maas. Bij Lobith zijn afvoergolven opgelegd met pieken van 16.000 m³/s, 17.000 m³/s en 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm. Voor 18.000 m³/s is ook een bredere golf doorgerekend met een 75% kwantiel golfvorm. De golfvormen zijn met de golfvormgenerator bepaald (HKV, september 1999).

Voor Lith is een bovenrandvoorwaarde aangeleverd door de opdrachtgever met een piekafvoer van $3.647 \text{ m}^3/\text{s}$. Het maximum debiet van de afvoergolven op beide randen vindt op hetzelfde moment plaats. Omdat de noodoverloopgebieden bovenstrooms van het overgangsgebied in de Rijntakken zijn gesitueerd is het effect van de Maasafvoer van ondergeschikt belang zijn.

Voor de benedenstroomse randvoorwaarden geldt het volgende:

1. Nieuwe Waterweg / Maasmond: gemiddeld getij 2006, beschikbaar gesteld door RIZA (Deugd, Geerse, Slomp, 2001)
2. Haringvlietsluizen: randvoorwaarden volgens LPH 1984 geschikt gemaakt voor toepassing in het SOBEK-NL model (Deugd, Geerse, Slomp, 2001)
3. Ketelmeer: een waterstand-afvoerrelatie door RIZA aangeleverd (Geerse, 2000)

Evenals in het Rijntakken model in het voorgaande onderzoek wordt de afvoerverdeling op de splitsingspunten Pannerdense Kop en Westervoort NIET gecorrigeerd in de richting van de op dit moment beleidsmatige gewenste afvoerverdeling.

Er is geen wind opgenomen in het model.

3.4 Schematisering noodoverloopgebieden

De noodoverloopgebieden worden geschematiseerd op dezelfde wijze als in het voorafgaande onderzoek (Crebas et al, december 2000):

- de gebieden zijn in SOBEK geschematiseerd als “retentiebekken” en worden gekarakteriseerd door middel van de maaiveldhoogte en het gebiedsoppervlak. Zij zijn ter plaatse van hun meest bovenstroomse locatie gekoppeld aan de betreffende riviertak in het SOBEK-NL model.
- de inlaat is als “RWS”-kunstwerk geschematiseerd, met een vaste drempel op MHW (ter plaatse van de inlaat) minus 1 meter en een beweegbare schuif. De schuif wordt zolang mogelijk gestuurd op het benedenstrooms gewenste maximale debiet. Deze maximale afvoeren zijn bepaald uitgaande van de capaciteit van de referentiesituatie - een afvoer van $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith - en de afvoerverdeling zoals berekend bij de huidige maatgevende afvoer bij Lobith van $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie RVR-99.05). De stuurwaarden voor regeling van de inlaten zijn in de Boven-Rijn, Waal, Neder-Rijn en IJssel dan respectievelijk 15.000 , 9.598 , 3.050 en $2.285 \text{ m}^3/\text{s}$.
- als het maximum niveau in het gebied is bereikt wordt de schuif tijdafhankelijk gesloten. Het moment van sluiten wordt bepaald op basis van een voorgaande berekening. Dit maximum niveau is het MHW-niveau aan benedenstroomse zijde van een noodoverloopgebied. De breedte van een inlaat varieert van 500 tot 2000 m.
- tijdens het uitvoeren van de berekeningen bleek het van cruciaal belang dat het openen van de schuif van het meer benedenstroomse gebied goed is afgestemd op het sluiten van de schuif meer bovenstrooms. Indien de één wordt geopend op het moment dat de ander

wordt gesloten zal zich een golf door het systeem verplaatsen die tijdelijk hogere waterstanden veroorzaakt dan nodig. Er loopt een translatiegolf door het systeem. In het model is het goed regelen en onderling afstemmen van de inlaten relatief complex.

Uit onderzoek (WL | Delft Hydraulics, november 1998) is gebleken dat, indien alleen interesse bestaat voor de waterstand op de rivier, stroming naar noodoverloopgebieden voldoende nauwkeurig kan worden gesimuleerd met behulp van een SOBEK model. Alleen in het geval het land achter de overlaat relatief hoog ligt of wanneer het water door obstakels niet snel weg kan stromen, zal de boven omschreven schematisatie in SOBEK een grotere fout opleveren dan een meer realistische schematisatie in DELFT-FLS/1D2D.

4 Beschrijving resultaten

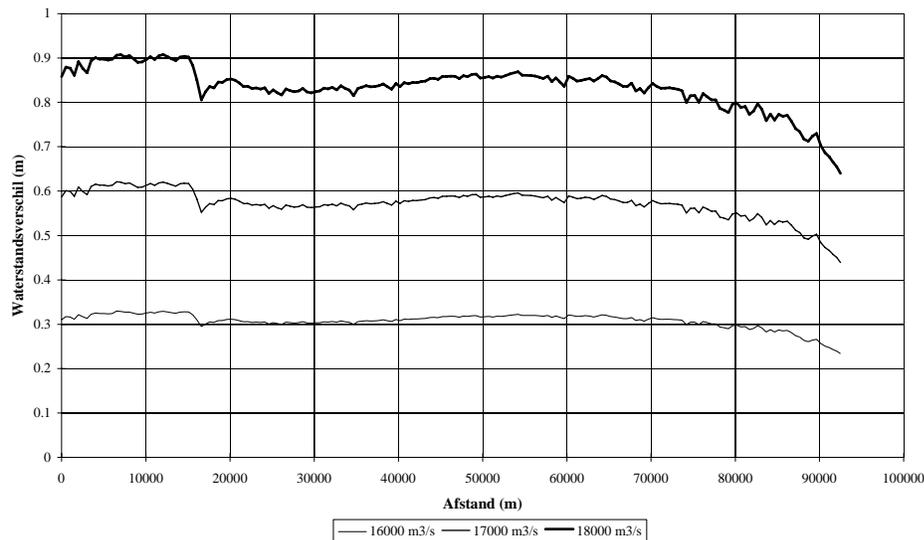
4.1 Voorbereiding

De in het door de opdrachtgever toegeleverde model aanwezige laterale toe- en uitstromingen (situatie 1998) zijn verwijderd. Toegevoegd zijn de maximum toevoeren van de Oude IJssel en de Twentekanal naar de IJssel ($263 \text{ m}^3/\text{s}$) en de maximum toevoer van de Dieze en het afwateringskanaal naar de Maas ($100 \text{ m}^3/\text{s}$).

Met dit SOBEK-NL model is een berekening uitgevoerd met een gemiddelde afvoergolf van $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith op de Rijn en een afvoer van $3.647 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lith op de Maas, waarvan de resultaten als referentie zijn gebruikt.

Om het verschil van de berekende waterstanden met het SOBEK-NL model met de resultaten van het in het voorgaande onderzoek (Crebas et al, december 2000) gebruikte Rijntakken model te bepalen, is een vergelijking gemaakt tussen de waterstandsverschillen resulterend uit berekeningen met een piekafvoer van $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith en de respectievelijke referentieberekeningen. In het SOBEK-NL model zijn geen maatregelen opgenomen terwijl in het Rijntakken model wel de in Hoofdstuk 3.2 genoemde maatregelen zijn gerealiseerd. De waterstandsverschillen zijn in alle gevallen gebaseerd op maximale waterstandsresultaten van niet-stationaire berekeningen. De resultaten laten zien dat de waterstandsverschillen op alle Rijntakken zoals berekend met SOBEK-NL model veel hoger zijn dan uit berekeningen met het 'oude' Rijntakken model volgt (zie Figuren A1 t/m A3 in Bijlage A). Een reden hiervoor is enerzijds de nieuwe benedenstroomse randvoorwaarden: de waterstanden in het Noordelijk Deltabekken lopen veel hoger op dan als uitgangspunt gehanteerd werd (het oude uitgangspunt was gebaseerd op een binnen het interessegebied gelegen rand met een vaste waarde terwijl de nieuwe rand buiten het feitelijke interessegebied ligt en is gebaseerd op de getijkromme en de afvoercapaciteit, hetgeen veel realistischer is). Daarnaast blijkt de afvoercapaciteit van de Rijntakken lager dan voorheen te zijn afgeregeld, wat langs de takken in hogere waterstanden resulteert. Hogere waterstanden in het SOBEK-NL model worden verder veroorzaakt door afwezigheid van maatregelen.

Met het SOBEK-NL model zijn tevens berekeningen uitgevoerd met gemiddelde afvoergolven en piekafvoeren van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $17.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$, waarvan de resultaten zijn gebruikt als referentie voor de resultaten van de berekeningen met noodoverloopgebieden. In Figuur 4.1 is het verschil in maximum waterstand tussen de situaties met een piekafvoer van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $17.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en een gemiddelde golfvorm weergegeven, het verschil dat met bijvoorbeeld noodoverloopgebieden zou moeten worden weggewerkt.



Figuur 4.1 Verskil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de Waal

Uit Figuur 4.1 en de Figuren A.5 en A.6 in de bijlage voor de andere Rijntakken blijkt dat bij een afvoer van 16.000 m³/s op de Waal ongeveer 30 cm, op de Neder-Rijn/Lek ongeveer 20 cm en op de IJssel ongeveer 30 cm waterstandsverhoging optreedt. Bij een afvoer van 17.000 m³/s liggen de waterstanden op de Waal ongeveer 60 cm, op de Neder-Rijn/Lek ongeveer 40 cm en op de IJssel ongeveer 60 cm boven het gewenste niveau. Bij een afvoer van 18.000 m³/s worden de gewenste waterstanden op de Waal met ongeveer 90 cm, op de Neder-Rijn/Lek met ongeveer 60 cm en op de IJssel met ongeveer 70 cm overschreden.

Op de Waal vanaf kilometerraai 935 en de Lek vanaf Hagestein begint de waterstand beïnvloed te worden door een combinatie van het getij en de bovenafvoer. De waterstand is 20 km benedenstrooms van deze locaties een aantal decimeters hoger dan wanneer zij alleen zou zijn veroorzaakt door de rivierafvoer. Er wordt vanuit gegaan dat er op het moment van extreem hoge afvoer geen extra hoge opzet zal optreden (de kans is erg klein). In de Figuren A.7 en A.8 is voor respectievelijk de Oude Maas en het traject Nieuwe Merwede, Hollandsch Diep, Haringvliet het waterstandsverschil ten opzichte van de referentie weergegeven.

4.2 Deelonderzoek I

Voor deelonderzoek 1 zijn de volgende noodoverloopgebieden, waarvan in het onderzoek de effectiviteit is bepaald, geschematiseerd:

- Rijnstrangen,
- Ooij en Millingen en
- Betuwe Oost

en zijn de onderstaande simulaties uitgevoerd:

1. gemiddelde afvoergolf van 16.000 m³/s, noodoverloopgebieden Rijnstrangen en Ooij en Millingen actief
2. gemiddelde afvoergolf van 17.000 m³/s, noodoverloopgebieden Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost actief
3. gemiddelde afvoergolf van 18.000 m³/s, noodoverloopgebieden Rijnstrangen, Ooij en Millingen en Betuwe Oost actief

In Tabel 4.1 zijn de kenmerken van de 3 ingezette noodoverloopgebieden weergegeven.

Tabel 4.1 Ingezette noodoverloopgebieden in deelonderzoek 1

dijkring		opper- vlak (ha)	gemidd. maaiveld- hoogte (m+NAP)	rivier- tak	referentie hoogte ¹		inlaat hoogte (= MHW - 1 m)		gemidd. inundatie diepte (m)	berging (M m ³)
nr	naam				niveau (m+NAP)	op raai (km)	niveau (m+NAP)	op raai (km)		
(48)	<i>Rijnstrangen</i>	3.154	12,80	Boven- Rijn/Pan. Kan	16,6	873	16,6	863	3,80	120
42	Ooij en Millingen	3.375	11,10	Boven- Rijn/ Waal	15,4	882	15,6	867	4,30	145
(43)	<i>Betuwe-Oost</i>	6.500	9,88	Waal	15,4	882	15,3	870	5,52	359

¹ aan benedenstroomse einde van noodoverloopgebied, gebaseerd op de dijkhoogtes van 1995

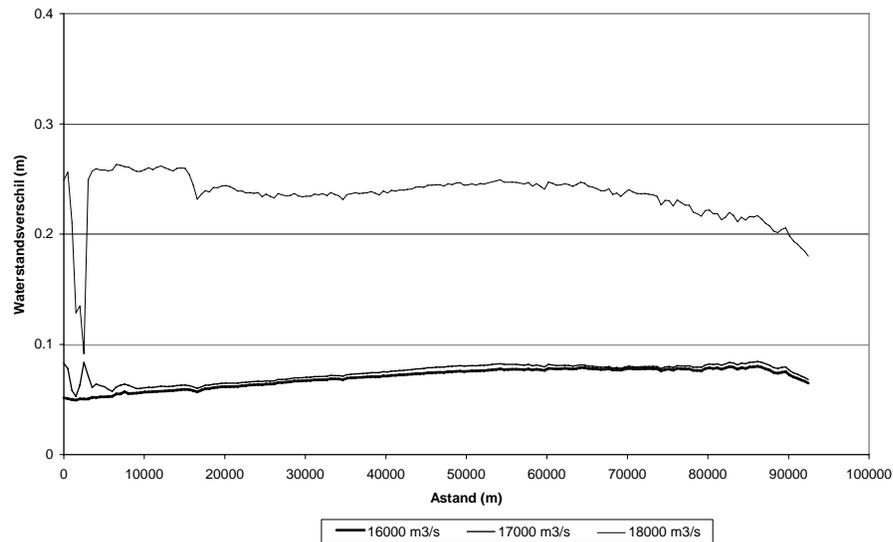
De resultaten zijn gepresenteerd in Bijlage A, Figuren A.9 t/m A.13.

4.2.1 Piekafvoer van 16.000 m³/s en gemiddelde golfvorm

Bij een piekafvoer van 16.000 m³/s (een verschil van 1000 m³/s met de referentie situatie) en een gemiddelde golfvorm kan niet worden volstaan met alleen de Rijnstrangen als noodoverloopgebied. Ook de inzet van het noodoverloopgebied Ooij en Millingen blijkt noodzakelijk. De uiteindelijke gemiddelde waterdiepte in laatstgenoemde gebied is overigens slechts ongeveer 1 m. Ook Rijnstrangen is niet geheel volgelopen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in het model Ooij en Millingen reeds lang voordat Rijnstrangen zou sluiten, open gaat, waardoor beide gebieden voor een deel worden gevuld. De totale hoeveelheid water die is ingelaten (145 Mm³) is uiteindelijk groter dan de maximum inhoud van Rijnstrangen (120 Mm³). Zie voor resultaten met betrekking tot de noodoverloopgebieden Tabel 4.2.

Het verschil tussen de resulterende waterstanden benedenstrooms van de noodoverloopgebieden en het referentieniveau op de Waal is kleiner dan 10 cm. Op de Neder-Rijn/Lek ligt het maximum verschil net boven de 10 cm (rond km 960), op de IJssel ligt het er net onder. Voor de Waal zijn de resultaten weergegeven in Figuur 4.2.

In het benedenrivierengebied neemt het waterstandsverschil af tot minder dan 1 cm op de Oude Maas en tot vrijwel nul op het Hollandsch Diep en het Haringvliet.



Figuur 4.2 Verschil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de Waal met gebruik van noodoverloopgebieden

Met behulp van 120 Mm³ berging van Rijnstrangen en 25 Mm³ berging van Ooij en Millingen (indien gevuld met een optimale regeling) wordt voor de riviertakken benedenstrooms van de Boven-Rijn binnen een marge van ongeveer 10 cm aan het toetsingscriterium voldaan.

4.2.2 Piekafvoer van 17.000 m³/s en gemiddelde golfvorm

Bij een piekafvoer van 17.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm moet ook het noodoverloopgebied Betuwe-Oost worden ingezet om de waterstand op de Waal op referentieniveau te handhaven. De noodoverloopgebieden langs de Boven-Rijn worden helemaal gevuld, de resulterende gemiddelde waterdiepte in Betuwe Oost bedraagt circa 2 m (ongeveer voor een derde gevuld, zie Tabel 4.2). In vergelijking met de referentiesituatie liggen de waterstanden benedenstrooms van de Pannerdensch Kop rond de 10 cm hoger.

Het waterstandsverschil bij een piekafvoer van 17.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm op de Waal is weergegeven in Figuur 4.2.

In het benedenrivierengebied neemt het waterstandsverschil af tot minder dan 1 cm op de Oude Maas en tot vrijwel nul op het Hollandsch Diep en het Haringvliet.

4.2.3 Piekafvoer van 18.000 m³/s en gemiddelde golfvorm

Bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm lopen alle drie de ingezette noodoverloopgebieden vol (zie Tabel 4.2) en treedt een verhoging van de maximale waterstand van circa 15 cm op de IJssel, ongeveer 20 cm op de Neder-Rijn/Lek en ongeveer 25 cm op de Waal op ten opzichte van de referentiesituatie.

Het waterstandsverschil bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm op de Waal is weergegeven in Figuur 4.2. In Figuur B1, Bijlage B, is het waterstandsverschil ten opzichte van de referentiesituatie weergegeven voor het gehele gebied.

In het benedenrivierengebied neemt het waterstandsverschil af tot gemiddeld 3 cm op de Oude Maas en tot minder dan 5 cm op het Hollandsch Diep en het Haringvliet.

4.2.4 Vulling noodoverloopgebieden en afgevoerde hoeveelheden

In Tabel 4.2 zijn behalve de toegepaste overlaatbreedtes, een aantal resultaten met betrekking tot de noodoverloopgebieden weergegeven.

Tabel 4.2 Resultaten van noodoverloopgebieden

Afvoergolf	16000 m ³ /s			17000 m ³ /s			18000 m ³ /s		
Noodoverloop- gebied	breedte inlaat (m)	max. afvoer (m ³ /s)	max. volume (m ³)	breedte inlaat (m)	max. afvoer (m ³ /s)	max. volume (m ³)	breedte inlaat (m)	max. afvoer (m ³ /s)	max. volume (m ³)
Rijnstrangen	1000	511	88	1000	651	121	1000	866	122
Ooij en Millingen	1000	576	57	1500	1486	146	1500	1592	148
Betuwe-Oost	-	-	-	2000	1310	121	2000	1962	366

Om het water sneller af te laten en daarmee een tussentijdse golf te voorkomen, is de overlaatbreedte van Ooij en Millingen voor de piekafvoeren 17000 en 18000 m³/s vergroot tot 1500 m.

4.3 Deelonderzoek 2

In deelonderzoek 2 met het SOBEK-NL model berekeningen uitgevoerd waarbij noodoverloopgebieden langs de takken zijn ingeschakeld: Land van Maas en Waal, Het Binnenveld, langs de IJssel (dijkring IJsselland) en een deel van de Tielervwaard. De noodoverloopgebieden uit deelonderzoek 1 zijn niet ingezet.

Met de inzet van elk van de 4 noodoverloopgebieden zijn berekeningen uitgevoerd bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde afvoergolf. Voorts zijn er berekeningen uitgevoerd waarbij alle 4 de noodoverloopgebieden gezamenlijk zijn ingezet bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde, en een 75% golfvorm.

In Tabel 4.3 zijn de kenmerken van de 4 ingezette noodoverloopgebieden weergegeven.

Tabel 4.3 Ingezette noodoverloopgebieden in deelonderzoek 2

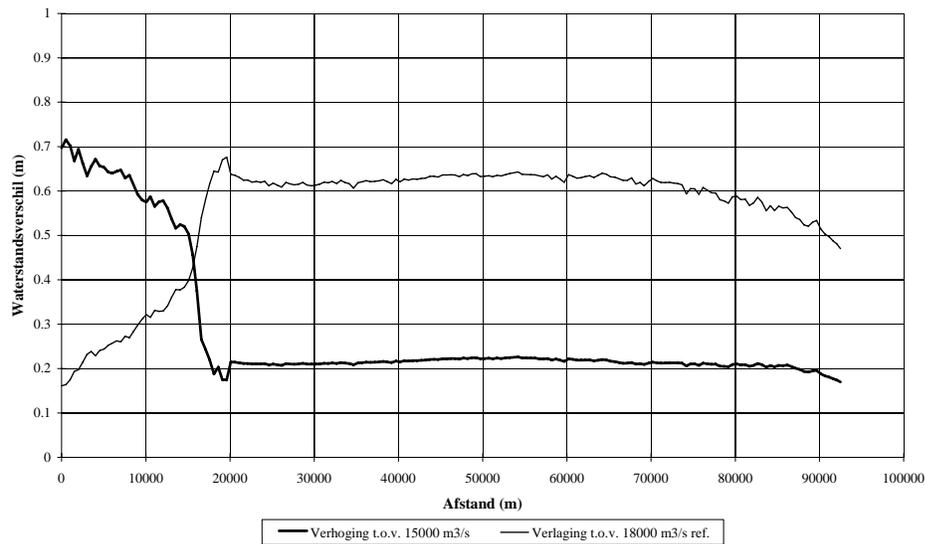
dijkkring		opper- vlak (ha)	gemidd. maaiveld- hoogte (m+NAP)	rivier- tak	referentie hoogte ¹		inlaat hoogte (= MHW - 1 m)		gemidd. inundatie diepte (m)	berging (M m ³)
nr	naam				niveau (m+NAP)	op raai (km)	niveau (m+NAP)	op raai (km)		
41	Land van Maas en Waal	28.750	8,30	Waal	10,6	920	13,5	888	2,30	662
(43)	Tielerwaard (deel)	18.010	2,13	Waal	6,5	953	9,7	918	4,37	787
-	Het Binnenveld	1.127	6,00	Neder- Rijn	11,9	907	10,1	907	5,90	66
49	IJsselland	5.100	8,60	IJssel	10,3	922	9,9	904	1,70	87

¹ aan benedenstroomse einde van noodoverloopgebied

In Bijlage A, Figuren A.14 t/m A.18, is voor de 3 Rijntakken en 2 trajecten in het Benedenrivierengebied het resultaat als gevolg van de inzet van de individuele noodoverloopgebieden en combinaties van die noodoverloopgebieden weergegeven in de vorm van het waterstandsverschil met het gewenste niveau bij 15.000 m³/s referentie.

4.3.1 Noodoverloopgebied Land van Maas en Waal

Het inzetten van het noodoverloopgebied Land van Maas en Waal bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm resulteert op de Waal benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer 20 km van de Pannerdensche Kop) in een afname van de waterstandsverhoging ten opzichte van de referentiesituatie (15.000 m³/s) tot ongeveer 20 cm. Ten opzichte van de 18.000 m³/s piekafvoer referentie neemt de waterstand met ongeveer 60 cm af. Beide lijnen, te weten die van de (nog weg te werken) resulterende verhoging ten opzichte van de 15.000 m³/s referentie en die van de verlaging ten opzichte van de 18.000 m³/s referentie, zijn weergegeven in Figuur 4.3.



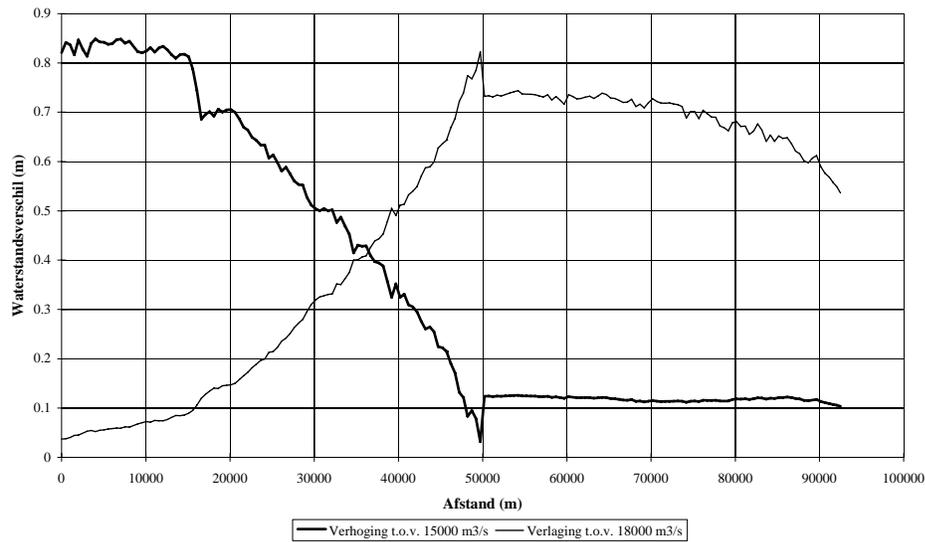
Figuur 4.3 Waterstandsverschil op de Waal als gevolg van inzet noodoverloopgebied Maas en Waal

Uit de resultaten met betrekking tot het noodoverloopgebied (zie Tabel 4.4) blijkt dat de inhoud van het noodoverloopgebied nog niet is benut terwijl de waterstand benedenstrooms van het inlaatpunt nog 20 cm boven het gewenste niveau ligt. Door het vergroten van de overlaatbreedte (nu 2000 m, zie Tabel 4.4) is het mogelijk op betreffende locatie sneller water af te laten en dichterbij het gewenste niveau te komen. Nader onderzoek moet uitwijzen hoe breed zo'n overlaat zou moeten worden of met welke andere maatregelen binnen een bepaalde tijd voldoende water kan worden afgelaten.

In het benedenrivierengebied neemt het waterstandsverschil af tot rond de 4 cm op de Oude Maas en tot bijna nul op het Hollandsch Diep en het Haringvliet.

4.3.2 Noodoverloopgebied Tielerswaard (deel)

Het inzetten van een gedeelte van de Tielerswaard als noodoverloopgebied bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm resulteert op de Waal benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer 50 km van de Pannerdensch Kop) in een afname van de maximale waterstand tot ruim 10 cm boven het gewenste niveau. Ten opzichte van de 18.000 m³/s piekafvoer referentie neemt de waterstand met ongeveer 70 cm af. Beide krommes zijn weergegeven in Figuur 4.4.



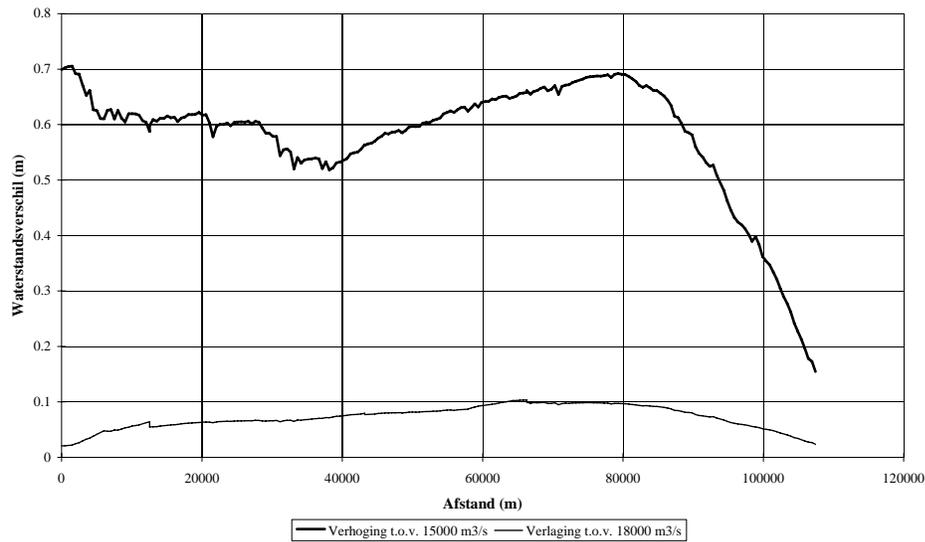
Figuur 4.4 Waterstandsverschil op de Waal als gevolg van inzet noodoverloopgebied Tielerswaard (ged.)

Met een overlaatbreedte van 1.500 m (zie Tabel 4.4) is het hier mogelijk om voldoende water af te voeren, opdat een waterstand benedenstrooms van de inlaat kan worden bereikt die slechts ongeveer 10 cm boven het beoogde niveau ligt.

In het benedenrivierengebied neemt het waterstandsverschil af tot rond de 4 cm op de Oude Maas en tot bijna nul op het Hollandsch Diep en het Haringvliet.

4.3.3 Noodoverloopgebied Het Binnenveld

Het inzetten van het noodoverloopgebied Het Binnenveld bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm resulteert op de Neder-Rijn/Lek benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer 28 km van de IJsselkop) in een waterstandsafname van ongeveer maximaal 10 cm (zie onderste lijn in Figuur 4.5). Het kleine gebied is snel vol (maximum volume is 66 Mm³, zie Tabel 4.3) en de gewenste waterstandsverlaging wordt dan ook bij lange na niet bereikt (zie bovenste lijn in Figuur 4.5).

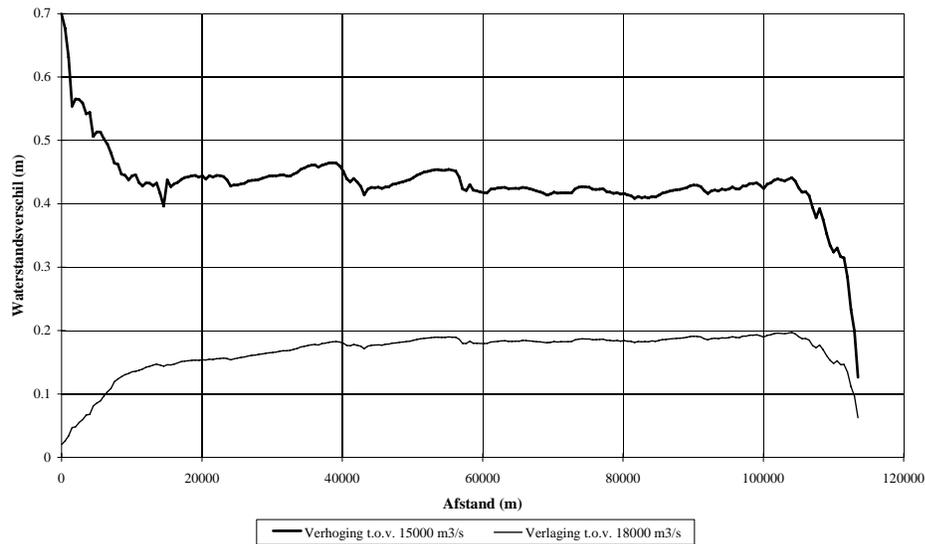


Figuur 4.5 Waterstandsverschil op de Neder-Rijn/Lek als gevolg van inzet noodoverloopgebied Het Binnenveld

Voor de oppervlakte van Het Binnenveld is die van het gebied als retentiebekken genomen (zie Tabel 4.3). Als noodoverloopgebied zou de oppervlakte twee keer zo groot kunnen zijn, wat een waterstandsverlaging van ongeveer 20 cm op zou kunnen leveren.

4.3.4 Noodoverloopgebied IJsselland

Het inzetten van het noodoverloopgebied IJsselland bij een piekafvoer van 18.000 m³/s en een gemiddelde golfvorm resulteert op de IJssel benedenstrooms van de inlaat (op ongeveer 21 km van de IJsselkop) in een afname van de waterstandsverhoging ten opzichte van de referentiesituatie (15.000 m³/s) tot ruim 40 cm. De maximum waterstand neemt ten opzichte van de 18.000 m³/s piekafvoer referentie met bijna 20 cm af (zie Figuur 4.6).

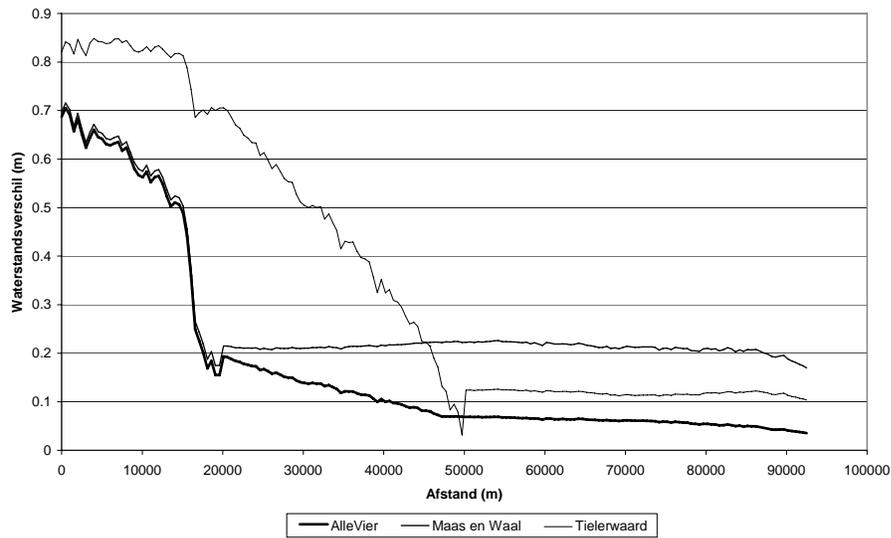


Figuur 4.6 Waterstandsverschil op de IJssel als gevolg van inzet noodoverloopgebied IJsselland

Hoewel het gebied een oppervlakte heeft van 5.100 ha raakt het door zijn kleine gemiddelde maximale inundatiediepte snel vol (de maximum inhoud is 87 Mm^3), met het gevolg dat de resulterende waterstand benedenstrooms van het inlaatpunt slechts met ongeveer 20 cm afneemt tot ruim 40 cm boven het beoogde niveau.

4.3.5 Inzet alle noodoverloopgebieden (gemiddelde golfvorm)

Het inzetten van de 4 noodoverloopgebieden (Land van Maas en Waal, Tielerwaard, Het Binnenveld en IJsselland) bij een piekafvoer van $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en een gemiddelde golfvorm resulteert op de Waal benedenstrooms van de inlaat van Land van Maas en Waal (op ongeveer 20 km van de Pannerdensch Kop) in een afname van de waterstandsverhoging ten opzichte van de referentiesituatie ($15.000 \text{ m}^3/\text{s}$) met circa 50 cm tot ongeveer 15 cm en benedenstrooms van de inlaat van het zuidelijke deel van de Tielerwaard (op ongeveer 50 km van de Pannerdensch Kop) in een afname tot royaal onder 10 cm boven het gewenste niveau (zie Figuur 4.7). In Figuur B2, Bijlage B, is het resterende waterstandsverschil ten opzichte van de referentiesituatie weergegeven voor het gehele gebied.



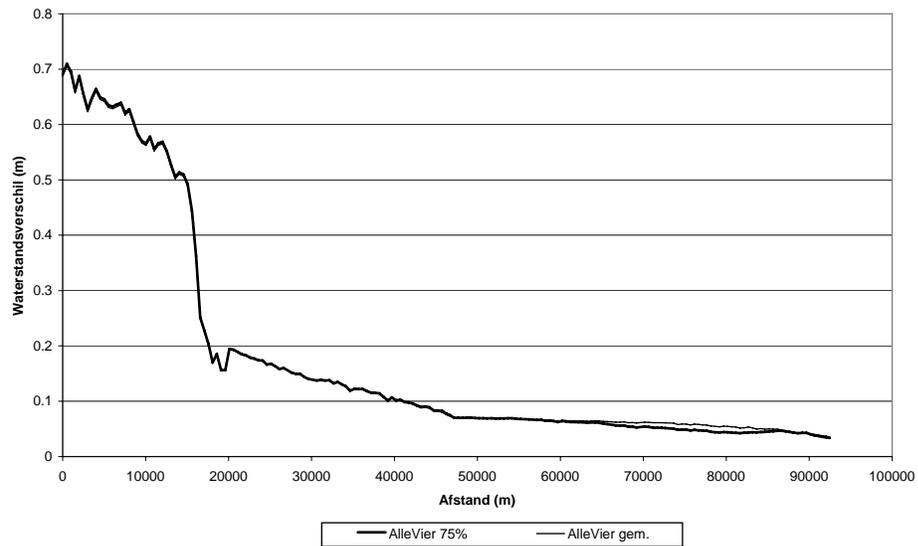
Figuur 4.7 Waterstandsverschil op de Waal als gevolg van inzet aantal noodoverloopgebieden

Zoals uit de Tabellen 4.4 en 4.5 is op te maken hoeft er, in het geval dat noodoverloopgebieden Land van Maas en Waal en Tielerswaard samen worden ingezet, nog maar weinig water worden afgelaten naar de Tielerswaard om tot het gewenste niveau te komen.

In het benedenrivierengebied neemt het waterstandsverschil af tot bijna nul op de Oude Maas en op het Hollandsch Diep en het Haringvliet wordt geen waterstandsverschil meer waargenomen.

4.3.6 Inzet alle noodoverloopgebieden (75% kwantiel golfvorm)

In Figuur 4.8 is het verschil in waterstandsverschil op de Waal weergegeven voor de situaties met een piekafvoer van $18000 \text{ m}^3/\text{s}$ met een gemiddelde en met een 75 % golfvorm. Met een kleine 100 Mm^3 meer afvoer naar het Land van Maas en Waal wordt met de brede 75 % golfvorm een vrijwel zelfde niveau bereikt als met de gemiddelde golfvorm.



Figuur 4.8 Waterstandsverschil op de Waal als gevolg van inzet 4 noodoverloopgebieden voor een gemiddelde en 75 % kwantiel golfvorm (piekafvoer 18000 m³/s)

4.3.7 Vulling noodoverloopgebieden en afgevoerde hoeveelheden

In Tabel 4.4 zijn behalve de toegepaste overlaatbreedtes een aantal resultaten met betrekking tot de inzet van de individuele noodoverloopgebieden een combinatie van de 4 noodoverloopgebieden weergegeven.

Tabel 4.4 Resultaten van noodoverloopgebieden

Afvoergolf	18000 m ³ /s gemiddelde golfvorm, individueel			18000 m ³ /s gemiddelde golfvorm, combinatie			18000 m ³ /s 75% golfvorm, combinatie		
	breedte inlaat (m)	max. afvoer (m ³ /s)	max. volume (Mm ³)	breedte inlaat (m)	max. afvoer (m ³ /s)	max. volume (Mm ³)	breedte inlaat (m)	max. afvoer (m ³ /s)	max. volume (Mm ³)
Maas en Waal	2000	1640	540	2000	1568	512	2000	1573	604
Tielerwaard (ged.)	1500	1634	589	1500	571	215	1500	570	259
Het Binnenveld	500	585	63	500	514	61	500	474	62
IJsselland	500	606	87	500	494	87	500	496	87

5 Afvoerdeling splitsingspunten

In Tabel 5.1 wordt de debietverdeling en het bijbehorende percentage van de afvoer bovenstrooms van de Pannerdensch Kop weergegeven voor de referentieberekeningen en de berekeningen uitgevoerd in deelonderzoek 1.

De waarden zijn afgelezen op het meest bovenstroomse punt van de tak en op het tijdstip dat op de bovenrand de maximum afvoer optrad.

Tabel 5.1 Afvoerdeling over de splitsingspunten referentieberekeningen en berekeningen deelonderzoek 1

Soort	Tak		Waal		Pann. Kan.		Neder-Rijn		IJssel	
	Piekafvoer	Pann.Kop	m ³ /s	%	m ³ /s	%	m ³ /s	%	m ³ /s	%
Referentie	15000	15000	9598	64	5367	36	3056	20	2273	15
	16000	16000	10177	64	5791	36	3290	21	2467	15
	17000	17000	10765	63	6196	36	3500	21	2654	16
	18000	18000	11350	63	6606	37	3714	21	2843	16
Noodoverloopgebieden	16000	14925	9565	64	5360	36	3092	21	2307	14
	17000	14953	9561	64	5392	36	3084	21	2301	15
(deel 1)	18000	17112	11534	67	5578	33	3182	19	2375	14
1996	15000	15000	9530	63,5	5470	36,5	3165	21,1	2305	15,4

Bij een piekafvoer van 16.000 m³/s zijn de noodoverloopgebieden Rijnstrangen en Ooij en Millingen langs de Boven-Rijn actief. Bij een piekafvoer van 17.000 en 18.000 m³/s is tevens noodoverloopgebied Betuwe-Oost op ongeveer 1 km van de Pannerdensch Kop langs de Waal actief.

In Tabel 5.2 wordt de debietverdeling en het bijbehorende percentage van de afvoer bovenstrooms van de Pannerdensch Kop over de beide splitsingspunten weergegeven voor de berekeningen uitgevoerd in deelonderzoek 2.

Tabel 5.2 Afvoerdeling over de splitsingspunten berekeningen deelonderzoek 2 (18.000 m³/s)

Gebied	Waal		Pann. Kan.		Neder-Rijn		IJssel	
	m ³ /s	%	m ³ /s	%	m ³ /s	%	m ³ /s	%
Het Binnenveld	11336	63	6619	37	3747	21	2820	16
IJsselland	11341	63	6615	37	3698	21	2869	16
Maas en Waal	11598	64	6364	35	3590	20	2732	15
Tielerwaard	11408	63	6550	36	3687	20	2817	16
Allemaal	11581	64	6380	35	3610	20	2731	15
Allemaal (75%)	11588	64	6379	35	3599	20	2742	15
1996 (15.000 m ³ /s)	9530	63,5	5470	36,5	3165	21,1	2305	15,4

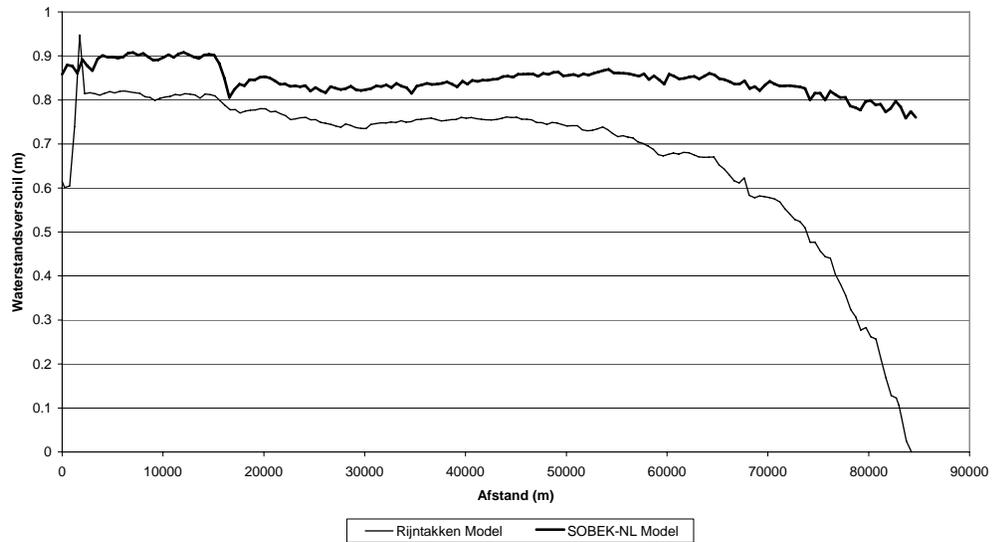
In betreffende berekeningen is steeds een piekafvoer van 18.000 m³/s bij Lobith opgelegd en met in 5 van de 6 gevallen een gemiddelde golfvorm. In het geval 'Allemaal (75%)' is een 75% kwantiel golfvorm toegepast.

Literatuur

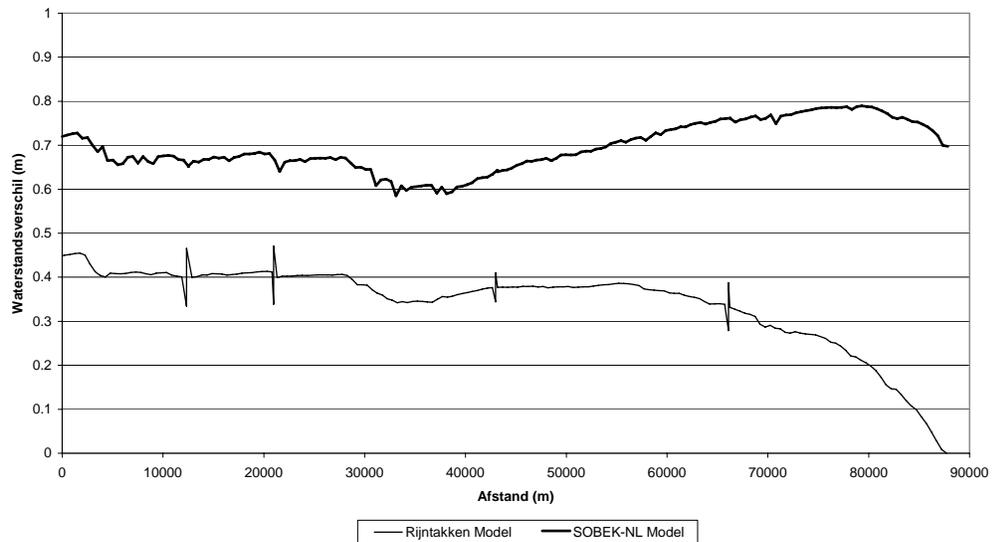
- Crebas, J.I. en K.V. Heynert (WL), W. Silva en R.M. Slomp (RIZA) , december 2000. Nut en Mogelijkheden Noodoverloopgebieden. Vooronderzoek benodigd aantal hectares. DG Rijkswaterstaat RIZA & WL | Delft Hydraulics
- RIZA & WL | Delft Hydraulics, augustus 1999. Structuur onderzoek, Ruimte voor Rijntakken, RVR-rapport 99.03.
- RIZA & WL | Delft Hydraulics, augustus 1999. Samenstelling en hydraulische analyse van inrichtingsalternatieven, Ruimte voor Rijntakken, RVR-rapport 99.05.
- HKV, september 1999. Golfvormgenerator: Applicatie Standaard Afvoergolven Maas en Rijn. PR279.10
- WL | Delft Hydraulics, november 1998. Ruimte voor Rijntakken. Retentie Rijnstrangengebied. WL-rapport R3294.88. In opdracht van DG Rijkswaterstaat RIZA
- WL | Delft Hydraulics, mei 2001. Effectiviteit van retentie langs de Rijntakken. WL-rapport R3294.66. In opdracht van DG Rijkswaterstaat RIZA
- Deugd,Geerse en Slomp, 2001. Hydraulische randvoorwaarden Benedenrivierengebied. RIZA
- Geerse, 2000. Voorlopige afvoerstatistiek IJsseldelta. RIZA

A000 Figuren

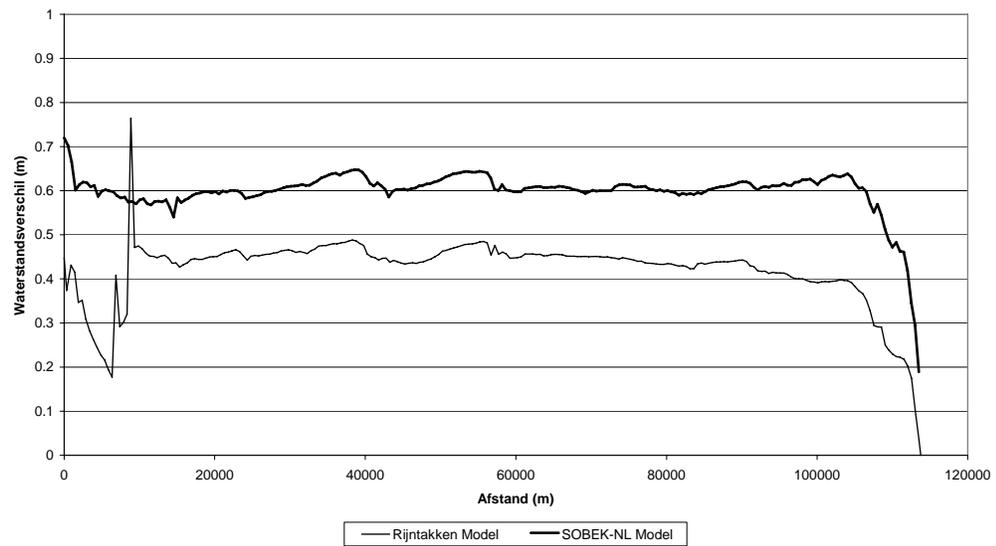
Uitgangssituatie



Figuur A.1 Waterstandsverschil SOBEK-NL vs. Rijntakken model bij 18.000 m³/s t.o.v. respectievelijke referentie, op de Waal

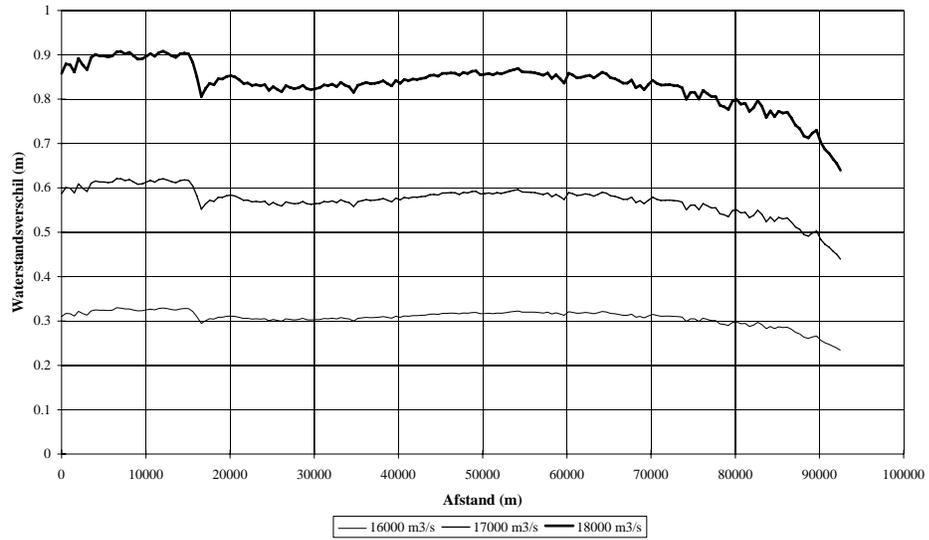


Figuur A.2 Waterstandsverschil SOBEK-NL vs. Rijntakken model bij 18.000 m³/s t.o.v. respectievelijke referentie, op de Neder-Rijn/Lek

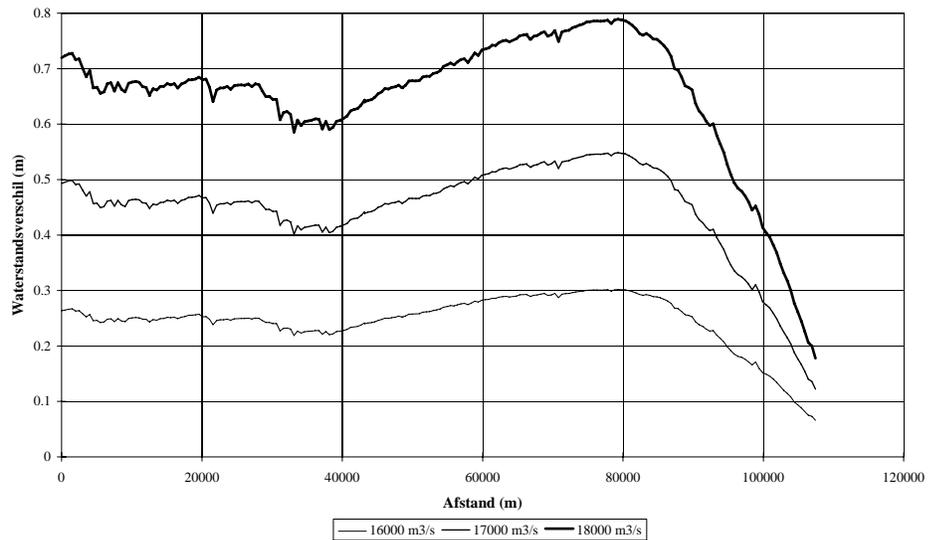


Figuur A.3 Waterstandsverschil SOBEK-NL vs. Rijntakken model bij 18.000 m³/s t.o.v. respectievelijke referentie, op de IJssel

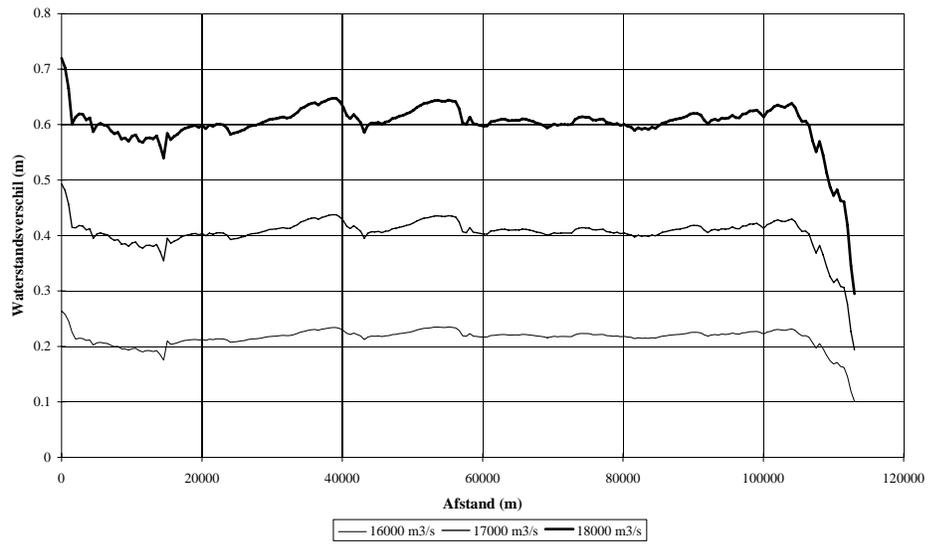
Referentieberekeningen



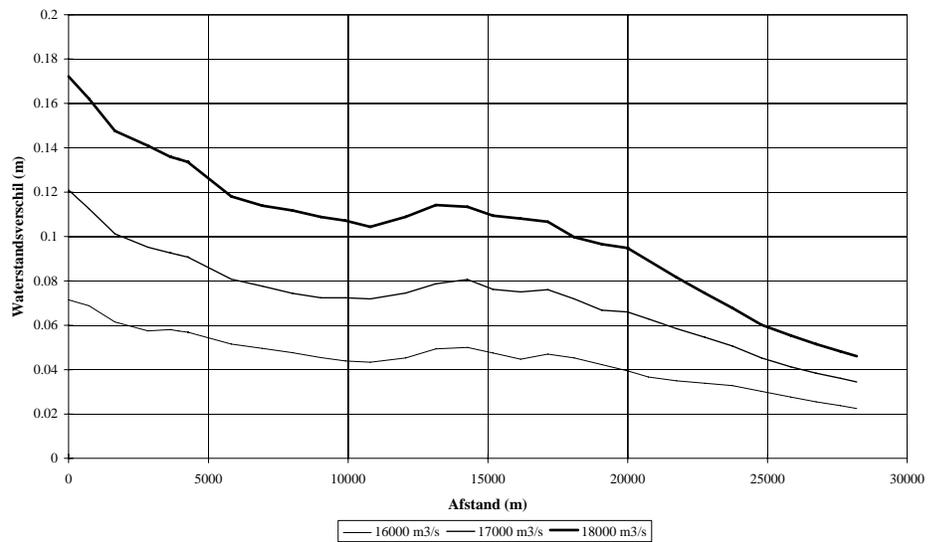
Figuur A.4 Verschil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de Waal



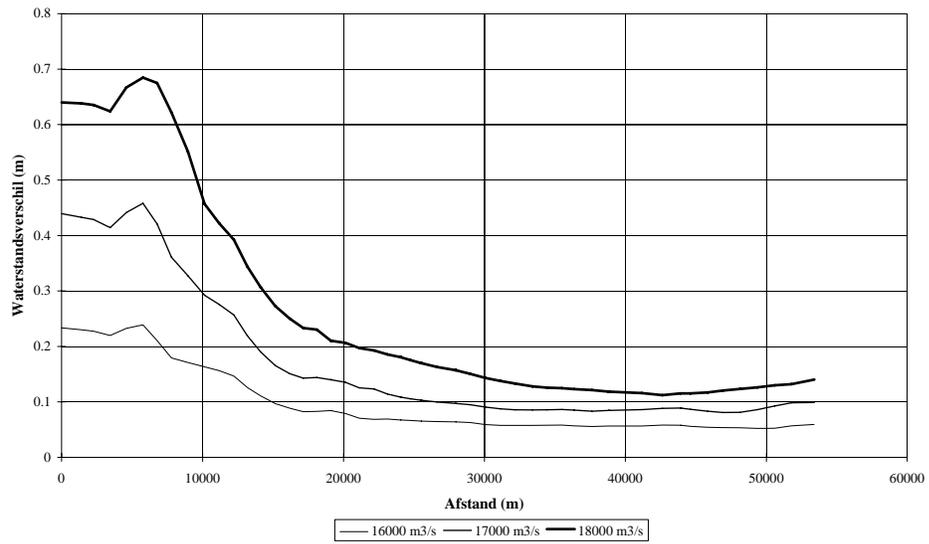
Figuur A.5 Verschil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de Neder-Rijn



Figuur A.6 Verskil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de IJssel

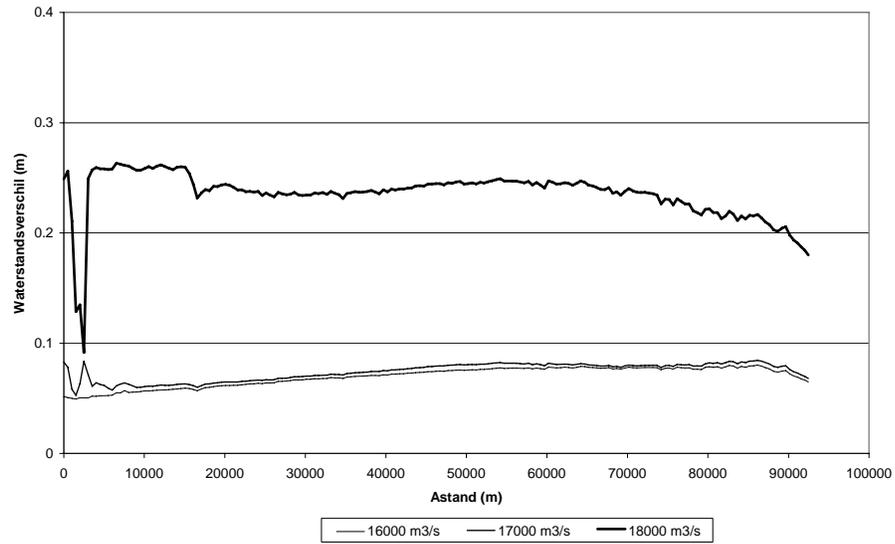


Figuur A.7 Verskil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de Oude Maas

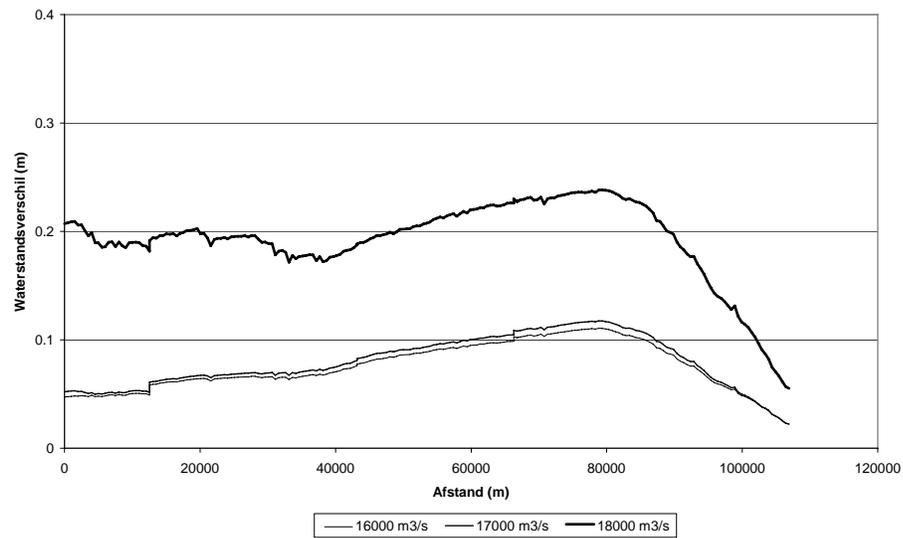


Figuur A.8 Verschil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op het traject Nieuwe Merwede, Hollandsch Diep en Haringvliet

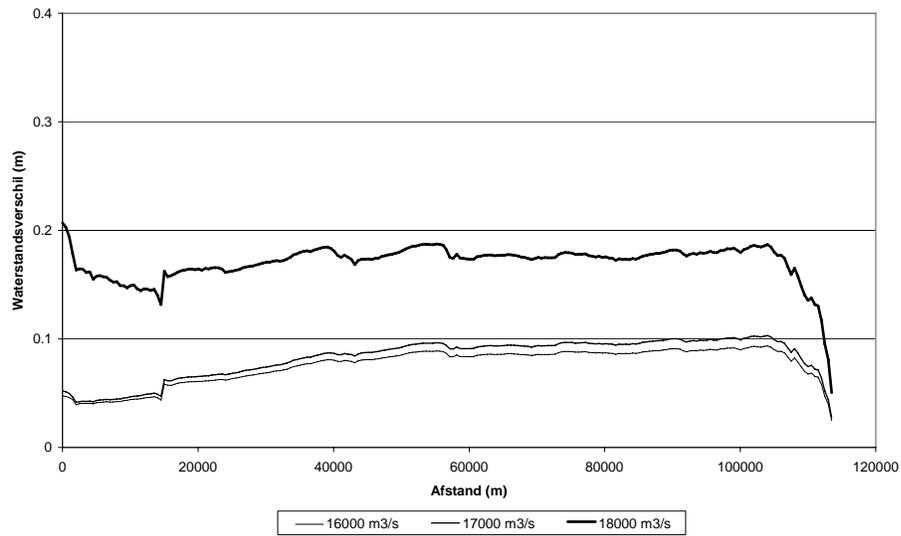
Deelonderzoek I



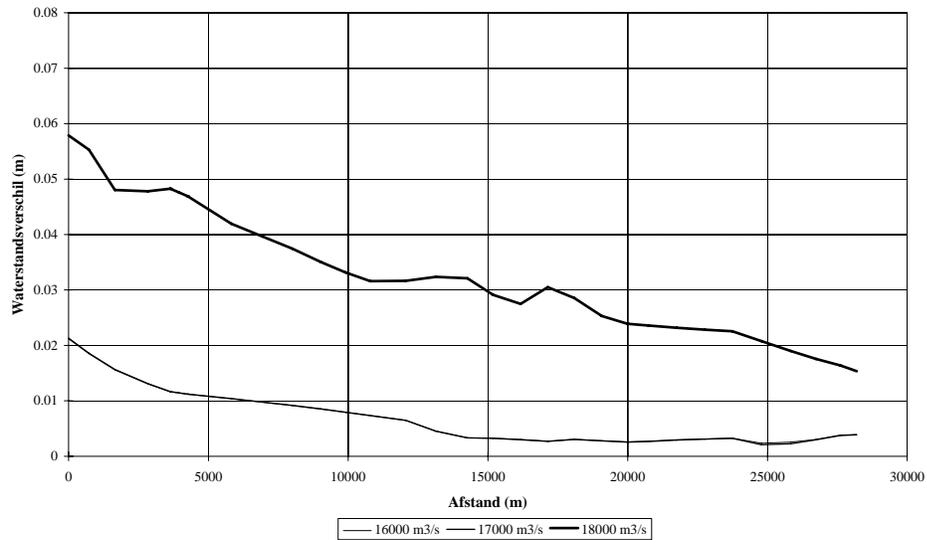
Figuur A.9 Verschil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ op de Waal met inzet van noodoverloopgebieden



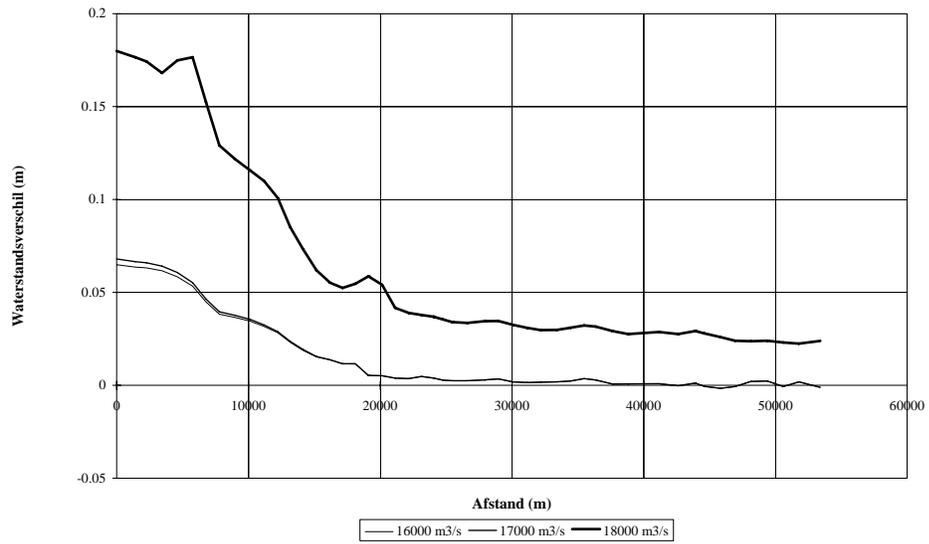
Figuur A.10 Verschil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ op de Neder-Rijn/Lek met inzet van noodoverloopgebieden



Figuur A.11 Verskil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de IJssel met inzet van noodoverloopgebieden

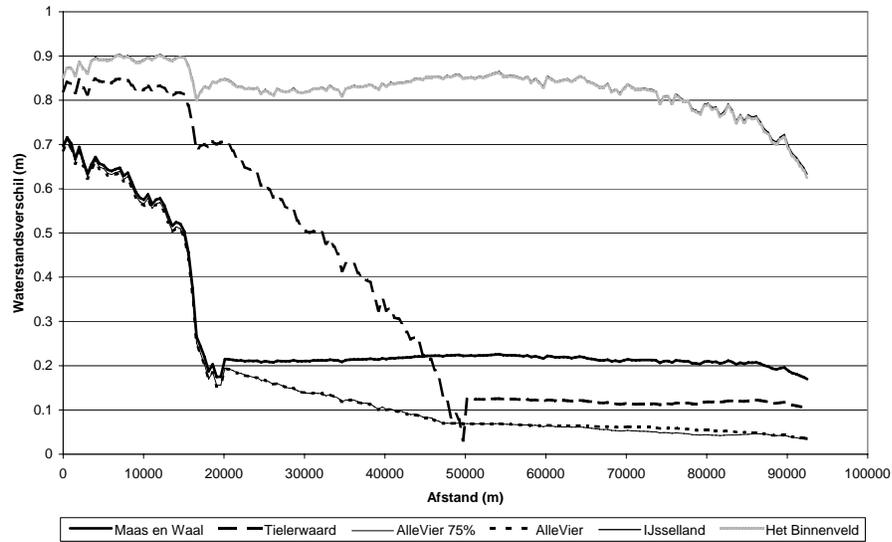


Figuur A.12 Verskil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op de Oude Maas met inzet van noodoverloopgebieden

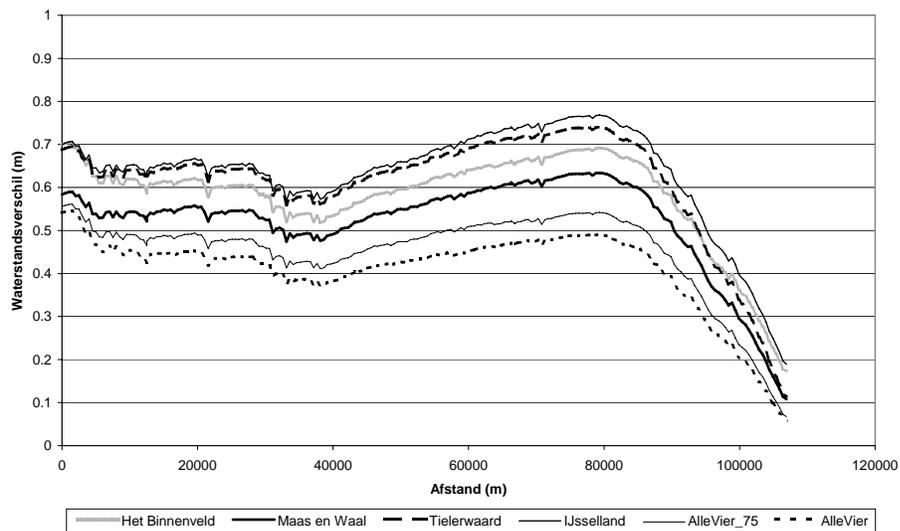


Figuur A.13 Verschil tussen maximum waterstanden bij de 3 piekafvoeren en 15.000 m³/s op het traject Nieuwe Merwede, Hollandsch Diep en Haringvliet met inzet van noodoverloopgebieden

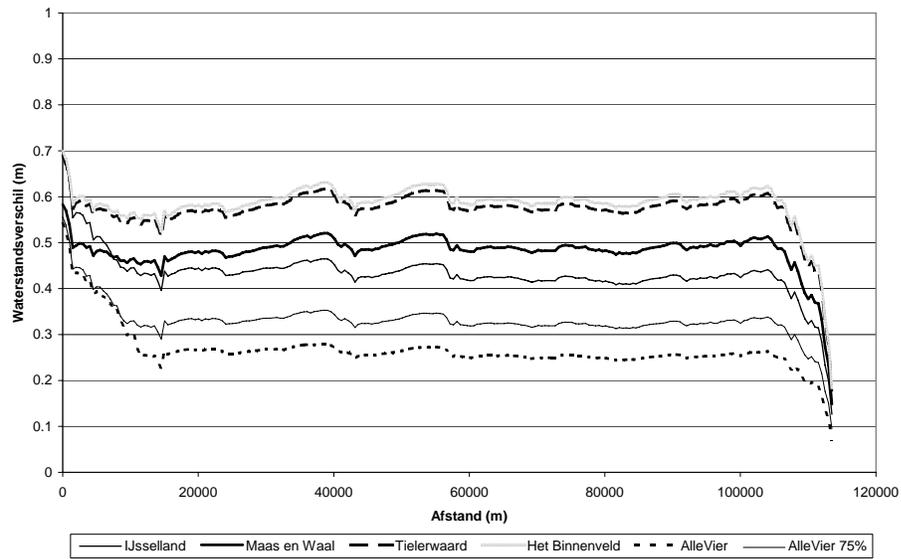
deelonderzoek 2



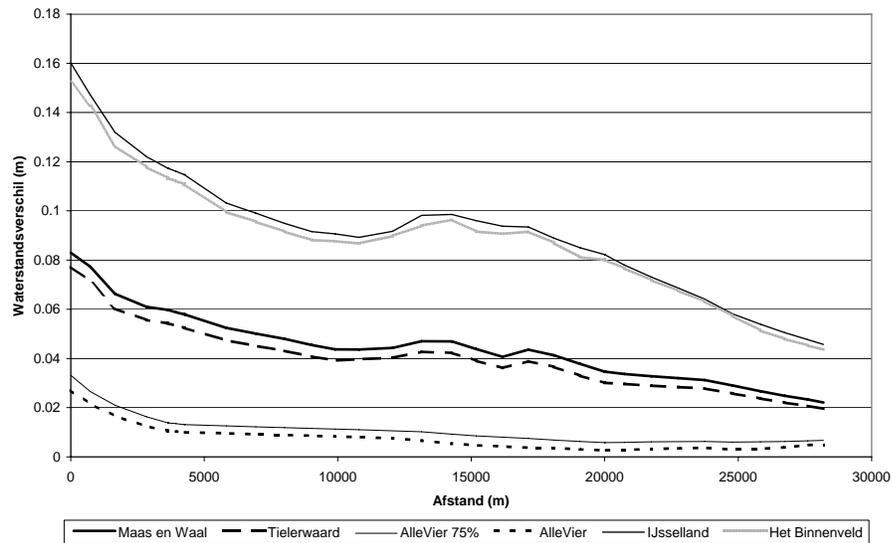
Figuur A.14 Inzet noodoverloopgebieden en combinaties van noodoverloopgebieden bij 18.000 m³/s: waterstandsverschil t.o.v. 15.000 m³/s referentie op de Waal



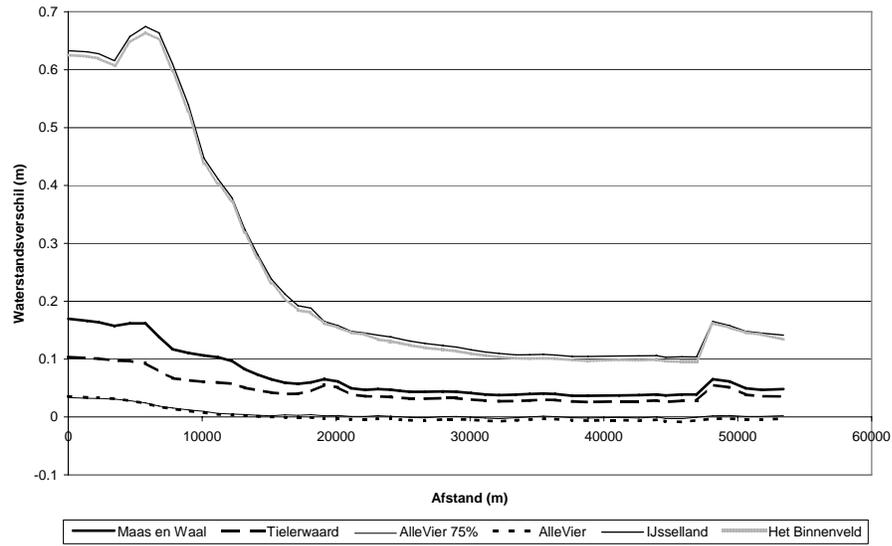
Figuur A.15 Inzet noodoverloopgebieden en combinaties van noodoverloopgebieden bij 18.000 m³/s: waterstandsverschil t.o.v. 15.000 m³/s referentie op de Neder-Rijn/Lek



Figuur A.16 Inzet noodoverloopgebieden en combinaties van noodoverloopgebieden bij 18.000 m³/s: waterstandsverschil t.o.v. 15.000 m³/s referentie op de IJssel

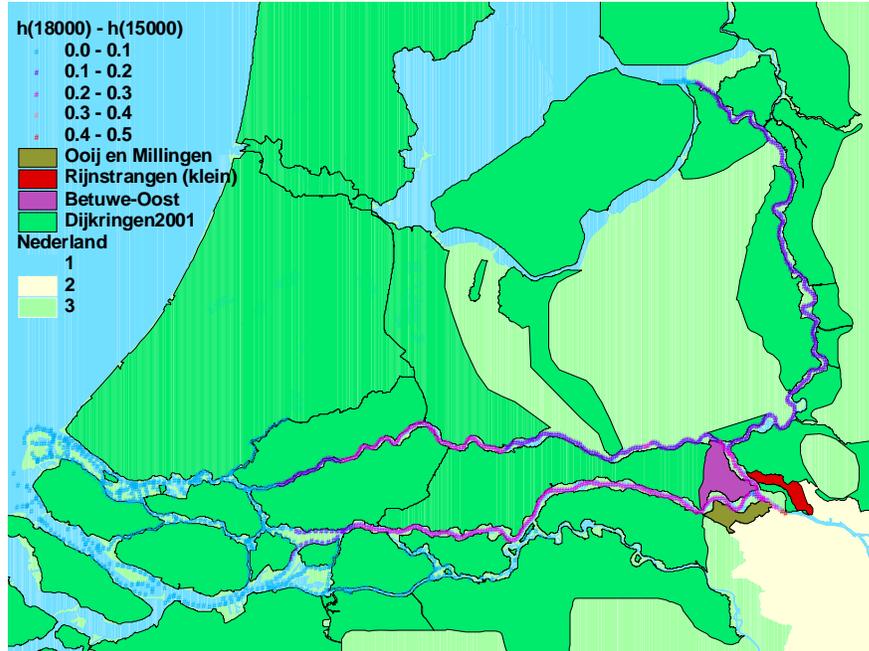


Figuur A.17 Inzet noodoverloopgebieden en combinaties van noodoverloopgebieden bij 18.000 m³/s: waterstandsverschil t.o.v. 15.000 m³/s referentie op de Oude Maas

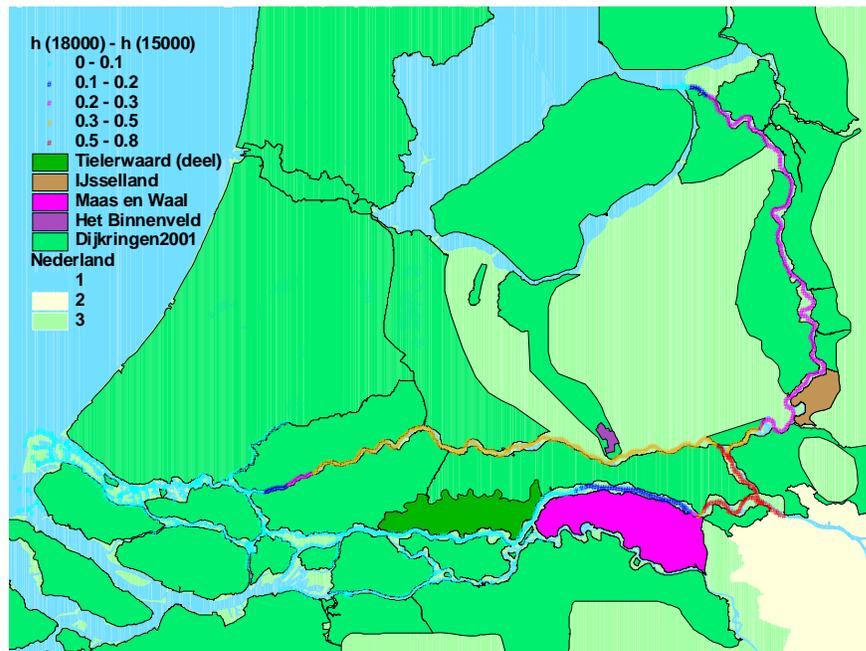


Figuur A.18 Inzet noodoverloopgebieden en combinaties van noodoverloopgebieden bij 18.000 m³/s: waterstandsverschil t.o.v. 15.000 m³/s referentie op het traject Nieuwe Merwede, Hollandsch Diep en Haringvliet

B000 Kaarten met resultaten



Figuur B.1 Waterstandsverschil t.o.v. referentie (15.000 m³/s) bij 18.000 m³/s en inzet van de 3 bovenstroomse noodoverloopgebieden (deelonderzoek 1)



Figuur B.2 Overschrijding maatgevende waterstand bij 18.000 m³/s en inzet van de 4 noodoverloopgebieden (deelonderzoek 2)



WL | Delft Hydraulics

Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

