

Urban Flood Management

Van: Joost Beckers

Voor: Karin Stone, Nathalie Asselman

Achtergrond

Locatie: Eiland Dordrecht, het splitsingspunt van de Beneden Merwede Rkm 976.
RD = (105832, 426058)

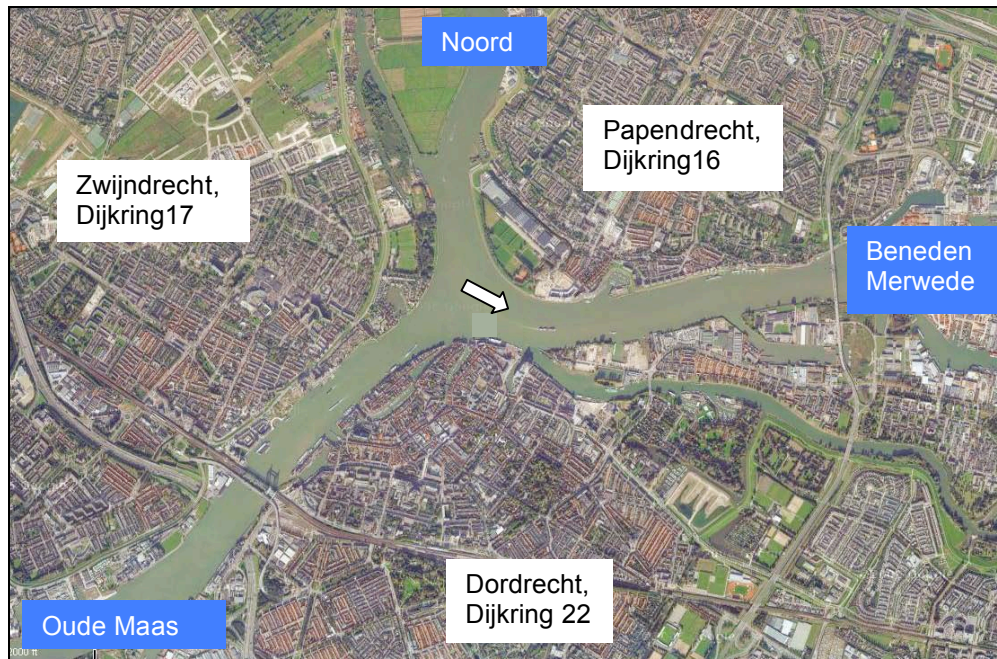


Figure 1: Locatie van het toetspunt bij Dordrecht.

De MHW bij Dordrecht (normfrequentie 1/2000) is op dit moment 3.01 m + NAP. In het licht van gebiedsontwikkeling is de gemeente geïnteresseerd in frequenties van minder extreme waterstanden. Met andere woorden: welke hoogste waterstanden kunnen we gemiddeld jaarlijks of elke 10 of 100 jaar verwachten?

Daarnaast wordt gevraagd hoe lang een dergelijk hoogwater aanhoudt en onder welke omstandigheden deze waterstanden tot stand komen (debiet bij Lobith, Lith, waterstanden Maasmond, windsnelheid en richting).

Tenslotte wil men graag inzicht in de invloed van klimaatveranderingen op de overschrijdingsfrequenties van de waterstand. De tijdshorizon hierbij is 2050 tot 2100.

Hydra-B

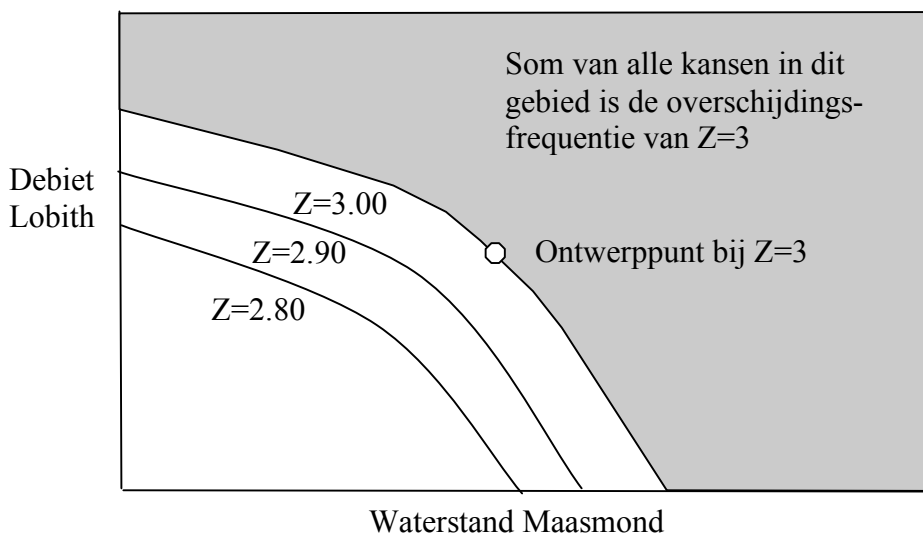
Het programma Hydra-B kan verschillende zaken berekenen. We kijken in deze studie alleen naar het toetspeil, de overschrijdingsfrequenties van waterstanden op een bepaalde uitvoerlocatie (in de rivier). Dit is een maximale waterstand die met een vooraf bepaalde normfrequentie overschreden wordt. De normfrequentie hangt af van de locatie. Voor de locaties rond Dordrecht ligt deze normfrequentie op 1/2000 jaar (dijkkringgebieden 22 en 16) en 1/4000 jaar (dijkkringgebied 17).

De statistiek van waterstanden en debieten bij Dordrecht wordt bepaald met behulp van Hydra-B. Hydra-B berekent de verdeling van vijf invoervariabelen en hun onderlinge correlaties:

- Debiet van de Rijn (bij Lobith)
- Debiet van de Maas (bij Lith)
- Waterstand op zee (bij de Maasmond)
- Windsnelheid (bij Schiphol)
- Windrichting (bij Schiphol)
- De beheerssituatie van de Maeslant- en Hartelkering (open of dicht)
- De voorspelling van de zeewaterstand in Hoek van Holland.

Elke combinatie van waarden van deze variabelen heeft een bepaalde kans (frequentie) van voorkomen. Dat is niet gewoon het product van de individuele kansen want de variabelen zijn onderling gecorreleerd.

Elke combinatie van waarden leidt tot een maximale waterstand bij Dordrecht. De combinaties die leiden tot dezelfde waterstand noemen we de toestandsfunctie Z . De som van de kansen op alle combinaties die leiden tot een hogere waterstand is de overschrijdingskans, of overschrijdingsfrequentie van Z .



Sommige combinaties hebben een verwaarloosbare kans van optreden, bijvoorbeeld de kans op een waterstand bij de Maasmond van 6 m bij oostenwind. Deze

combinaties worden dan ook niet in beschouwing genomen. Andere combinaties zijn wel waarschijnlijker en dragen bij aan de totale overschrijdingskans. De combinaties voor Dordrecht worden gehaald uit een RAND2001 database: Benedenrivieren Rijnd juli29u.

Het illustratiepunt (ook wel ontwerppunt) is het punt op de functie Z, met de grootste kans van optreden. De kans dat *exact* deze combinatie optreedt is nog steeds erg klein (veel kleiner dan de normfrequentie), maar het punt is *representatief* voor alle punten die gezamenlijk zorgen voor een overschrijdingsfrequentie. We kunnen dit punt beschouwen als een voorbeeld-scenario voor alle mogelijk scenario's die leiden tot dezelfde waterstand. Hieronder wordt in een voorbeeld van Hydra-B uitvoer een aantal illustratiepunten gegeven.

Illustratiepunten inclusief Rosenblatt-transformatie:

Locatie = Beneden Merwede km 976 (105832,426058)
 Faalmechanisme = Waterstand
 Waterstand = 3.01 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 2000 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 5.00E-04 (per jaar)

Beide keringen geopend

r	m MM m+NAP	q Rijn m ³ /s	q Maas m ³ /s	u m/s	waterst m+NAP
N	2.86	10600	2236	15.0	3.01
NNO	--	--	--	--	--
NO	--	--	--	--	--
ONO	--	--	--	--	--
O	--	--	--	--	--
OZO	--	--	--	--	--
ZO	--	--	--	--	--
ZZO	--	--	--	--	--
Z	--	--	--	--	--
ZZW	--	--	--	--	--
ZW	3.99	2400	311	39.4	3.01
WZW	2.64	10200	2142	25.0	3.01
W	2.71	10000	2095	22.0	3.01
WNW	2.78	10000	2095	19.0	3.01
NW	2.79	10200	2142	18.0	3.01
NNW	2.87	10000	2095	18.0	3.01

Beide keringen gesloten

r	m MM m+NAP	q Rijn m ³ /s	q Maas m ³ /s	u m/s	waterst m+NAP
N	3.56	8800	1814	19.0	3.01
NNO	--	--	--	--	--
NO	--	--	--	--	--
ONO	--	--	--	--	--
O	--	--	--	--	--
OZO	--	--	--	--	--
ZO	--	--	--	--	--
ZZO	--	--	--	--	--
Z	--	--	--	--	--
ZZW	--	--	--	--	--
ZW	3.04	10000	2095	31.8	3.01
WZW	3.00	9903	2072	27.0	3.01
W	3.25	8400	1720	25.0	3.01
WNW	3.31	8200	1673	24.0	3.01
NW	3.47	8000	1626	22.0	3.01
NNW	3.57	8000	1626	22.0	3.01

De combinaties waarbij de Europoortkering (Maeslantkering en Hartelkering) open staan hebben meestal een relatief lage zeewaterstand bij Maasmond, waardoor de keringen terecht niet gesloten zijn. De hoge waterstand in Dordrecht wordt in zulke gevallen vooral veroorzaakt door extreem hoge rivierafvoeren.

In één geval, de geel gemarkeerde combinatie, is de zeewaterstand wel zeer hoog. Het gaat hier om een situatie waarbij de kering faalt. De kans hierop is momenteel (in Hydra-B) gesteld op 1/1000 per sluitvraag, maar recente inzichten van Rijkswaterstaat geven aanleiding om dit bij te stellen naar 1/100 per sluitvraag. De gemiddelde frequentie dat de keringen moeten sluiten vanwege verhoogde zeewaterstand wordt geschat op 1/12 jaar.

Er zijn dus drie situaties:

1. De keringen zijn gesloten vanwege een hoge waterstand op zee (niet falen). De hoge waterstand in Dordrecht wordt veroorzaakt door de extreme stormvloed in combinatie met een tamelijk hoge rivierafvoer.
2. De keringen staan open omdat de waterstand op zee niet extreem hoog is (niet falen). De hoge waterstand in Dordrecht wordt veroorzaakt door de extreme rivierafvoer in combinatie met een tamelijk hoge vloed.
3. De keringen zijn open maar zouden dicht moeten zijn (falen). De hoge waterstand in Dordrecht wordt bepaald door het doordringen van de stormvloed door de falende kering.

Bij de combinaties met gesloten keringen zien we dat de zeewaterstand bij Maasmond altijd boven de 3.00 m is. Het sluitpeil van de Europoortkering is 3.00 m + NAP bij Rotterdam.

In onderstaande tabel zijn de relatieve kansen van voorkomen voor de verschillende illustratiepunten weergegeven. Het resultaat is een benadering omdat de correlatie tussen de stochasten is geschat, maar dit zal weinig invloed hebben op de meest waarschijnlijke illustratiepunten (de waarden in geel). De rood gemarkeerde waarden zijn situaties waarbij de Europoortkering faalt. De kans hierop is uiterst klein.

1/2000 keringen open						keringen dicht					
wind-R	u(m/s)	h_MM	QRijn	QMaas	relatieve kans	wind-R	u(m/s)	h_MM	QRijn	QMaas	relatieve kans
N	15	2.86	10600	2236	0.01	N	19	3.56	8800	1814	0.00
ZW	39.4	3.99	2400	311	0.00	ZW	31.8	3.04	10000	2095	0.00
WZW	25	2.64	10200	2142	0.03	WZW	27	3.00	9903	2072	0.00
W	22	2.71	10000	2095	0.19	W	25	3.25	8400	1720	0.04
WNNW	19	2.78	10000	2095	0.29	WNNW	24	3.31	8200	1673	0.08
NW	18	2.79	10200	2142	0.27	NW	22	3.47	8000	1626	0.00
NNW	18	2.87	10000	2095	0.07	NNW	22	3.57	8000	1626	0.00

1/4000 keringen open						keringen dicht					
wind-R	u(m/s)	h_MM	QRijn	QMaas	relatieve kans	wind-R	u(m/s)	h_MM	QRijn	QMaas	relatieve kans
N	25	4.71	2200	264	0.00	N	19	3.57	9600	2001	0.00
ZW	40	4.14	2373	305	0.00	ZW	33.2	3.16	10000	2095	0.00
WZW	36.6	4.18	1200	124	0.00	WZW	28	3.10	10000	2095	0.01
W	23	2.79	10000	2095	0.44	W	26	3.27	9000	1861	0.09
WNNW	19.1	2.87	10200	2142	0.01	WNNW	25	3.43	8400	1720	0.17
NW	18.7	2.93	10000	2095	0.02	NW	23	3.58	8200	1673	0.20
NNW	18.2	2.93	10400	2189	0.01	NNW	23	3.74	8000	1626	0.06

Duur van het hoogwater

Dordrecht ligt in een overgangsgebied tussen zee-gedomineerde waterstanden en riviergedomineerde waterstanden. Zowel zee als rivierafvoer hebben invloed op de hydraulische randvoorwaarden. In de Hydra-B berekeningen wordt onderscheid gemaakt tussen extreme waterstanden *voornamelijk* veroorzaakt door zeer hoge rivierafvoer enerzijds en zeer hoge zeewaterstand anderzijds. De debieten van Rijn en Maas worden daartoe onderverdeeld in een hoog en een laag bereik. De debieten in het lage bereik worden gecombineerd met de statistiek van extreem hoge waterstanden op zee. De extreem hoge rivierafvoeren worden gecombineerd met de normale getijstatistiek. De kans op tegelijkertijd een extreem hoge waterstand op zee en een extreem hoge rivierafvoer wordt dus verwaarloosd.

De totale frequentie $F(H)$ van een overschrijding van een waterstand H is dan:

$$F(H) = F_{\text{hoog}}(H) + F_{\text{laag}}(H)$$

De duur van een hoogwater kan op dezelfde manier benaderd worden. Voor een waterstand die *voornamelijk* wordt veroorzaakt door hoge rivierafvoer wordt de duur van het hoogwater bepaald door de hoogwatergolf. Voor een waterstand die *voornamelijk* wordt veroorzaakt door hoge zeewaterstand wordt de duur van het hoogwater bepaald door de duur van de stormvloed.

De duur van een piek van het waterstandsverloop is uiteraard zeer kort. De maximale waterstand van 3.01 m (normfrequentie 1/2000) blijft hooguit een half uur constant, waarna het water weer zakt. Om de duur van een hoogwater te bepalen is het nodig een peil te definiëren

De duur van een stormvloed (verhoogde zeewaterstand) ligt rond de 30 uur. Er wordt een standaard (maatgevend) verloop aangenomen van een trapeziumvormige opzet met een maximum dat 4.5 uur verschoven is ten opzichte van een normaal hoogwater (astronomisch getij).

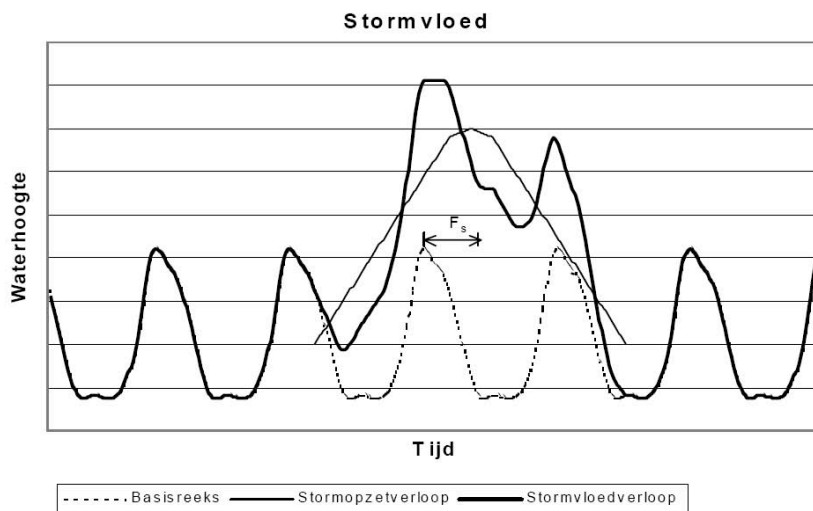


Figure 2: Verloop van een stormvloed.

De duur van een hoogwatergolf in de Rijn/Maas is gemiddeld ongeveer 7 getijperioden, dat wil zeggen 3 tot 4 dagen. Ook hier wordt een standaardverloop van de afvoer aangenomen. Alleen de piekwaarden bij Lith en Lobith verschillen.

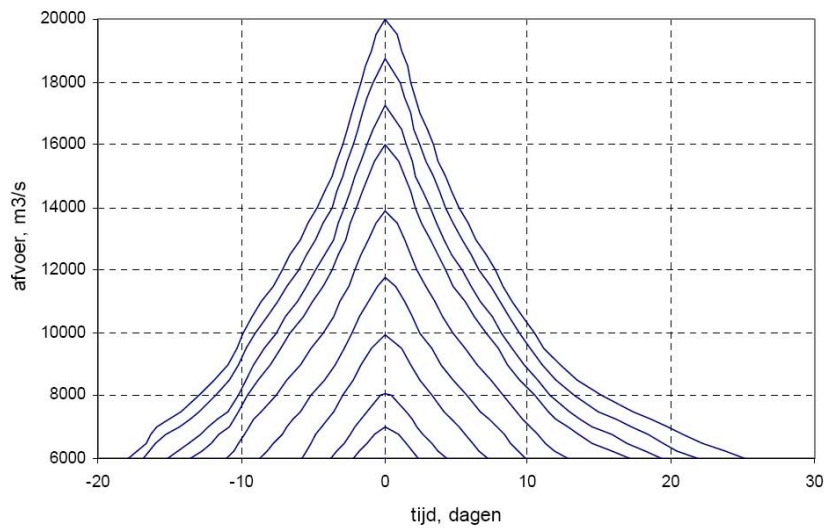


Figure 3: Afvoergolven bij Lobith.

Klimaatscenario's

De verandering in klimaat worden verdisconteerd in de hydraulische randvoorwaarden. Echter, de hydraulische randvoorwaarden zijn bedoeld voor de toetsing, een actuele momentopname. Er worden daarom slechts kleine correcties gemaakt voor verwachte veranderingen in zeespiegel en rivierafvoer over de periode waarvoor de randvoorwaarden worden afgegeven. Deze periode is vijf jaar. Veranderingen op langere termijn worden niet meegenomen.

Zeewaterstand

De landelijke beleidsscenario's (derde kustnota) gaan uit van de volgende verhoging van de gemiddelde zeespiegel ten opzichte van 2000:

scenario	2050	2100
gemiddeld	30 cm	60 cm
hoog	45 cm	85 cm

Het gemiddelde scenario is bedoeld voor beslissingen met een langere ontwerpduur (orde 50-100 jaar) bij grote investering en weinig flexibiliteit (dijken en stormvloedkeringen). Bij reservering van ruimte (tijdshorizon van 200 jaar) kan het hoge scenario gebruikt worden.

Het KNMI heeft in 2006 een viertal klimaatscenario's gepubliceerd. Deze scenario's worden alle vier voor even waarschijnlijk gehouden. De gemiddelde stijging van de zeespiegel in deze scenario's ten opzichte van 2000¹ is:

scenario	2050	2100
G/G+	12-22 cm	32-57 cm
W/W+	17-32 cm	37-82 cm

De verwachte stijging van de zeespiegel in de KNMI scenario's lijkt iets lager dan in de landelijke beleidsscenario's. Vooralsnog worden echter de beleidsscenario's niet aangepast.

De nota Waterbeleid voor de 21ste eeuw (WB21) geeft de volgende verwachting:

scenario	2050	2100
minimum	10 cm	20 cm
gemiddeld	25 cm	60 cm
maximum	45 cm	110 cm

Het middenscenario van WB21 is nagenoeg gelijk aan het beleidsscenario. Het minimum is extreem laag, het maximum extreem hoog, ten opzichte van de andere scenario's.

¹ De KNMI scenario's hebben als referentie 1990. Om te kunnen vergelijking met de andere scenario's is hier gecorrigeerd voor 3 cm stijging tussen 1990 en 2000.

Voor gebiedsontwikkeling wordt geadviseerd om het gemiddelde scenario uit de landelijke beleidsscenario's te gebruiken. Dus 30 cm in 2050 en 60 cm in 2100.

Naast de gemiddelde zeespiegel kan ook de stormfrequentie en de hevigheid van stormen toenemen. Dit is echter zeer moeilijk te voorspellen (zie WB21). Daarom wordt bij vrijwel alle huidige studies alleen met een gemiddelde zeespiegelstijging rekening gehouden.

Rivierafvoer

Een maatgevende afvoer is de maximale hoeveelheid water die de rivier moet kunnen afvoeren zonder dat het achterland overstroomt. In 2001 is de maatgevende afvoer voor de Rijn bij Lobith gesteld op 16.000 m³/sec. Voor de Maas bij Borgharen is dit 3.800 m³/sec.

In de KNMI scenario's stijgt de hoogste 10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden met 4 tot 12% in 2050. In 2100 wordt een verhoging van 8 tot 24% verwacht. Toename van de (winter)neerslag zal resulteren in een verdere toename van de piekafvoer van rivieren. Bovendien zal in berggebieden meer neerslag vallen in de vorm van regen in plaats van sneeuw. De verwachting is daarom dat de maatgevende afvoeren de komende eeuw hoger zullen worden.

In de nota WB21 worden de volgende maatgevende afvoeren voorgesteld:

scenario	Rijn (Lobith)		Maas (Borgharen)	
	2050	2100	2050	2100
minimum	16.400	16.800	4.000	4.180
gemiddeld	16.800	17.600	4.200	4.600
maximum	17.600	19.200	4.550	5.320

In de meest pessimistische scenario's voor 2100 wordt gesproken over een Rijnaafvoer van meer dan 19.000 m³/s. Echter, bij deze extreme afvoeren zullen in Duitsland en België dijken gaan overstroomen. Voor de Rijn is een fysisch maximum gesteld op 18.000 m³/s. Een afvoergolf met een piekwaarde groter dan 18.000 m³/s wordt 'afgetopt'. Dat betekent dat de afvoer niet boven de 18.000 m³/s uitkomt, maar dat de afvoergolf wel langer zal duren. Met name de duur van de verhoogde waterstand zal hierdoor langer worden. Voor Dordrecht betekent dit bovendien dat de kans op een stormvloed tijdens de verhoogde rivierafvoer groter wordt. De kans op extreme waterstanden in Dordrecht kan hierdoor ook groter worden.

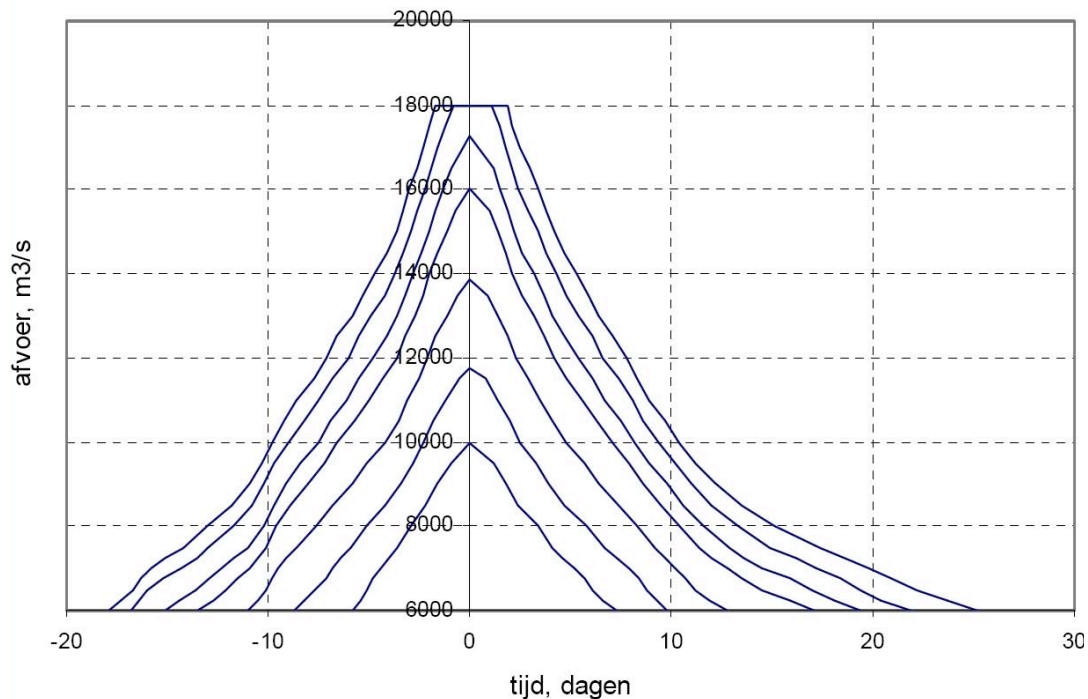


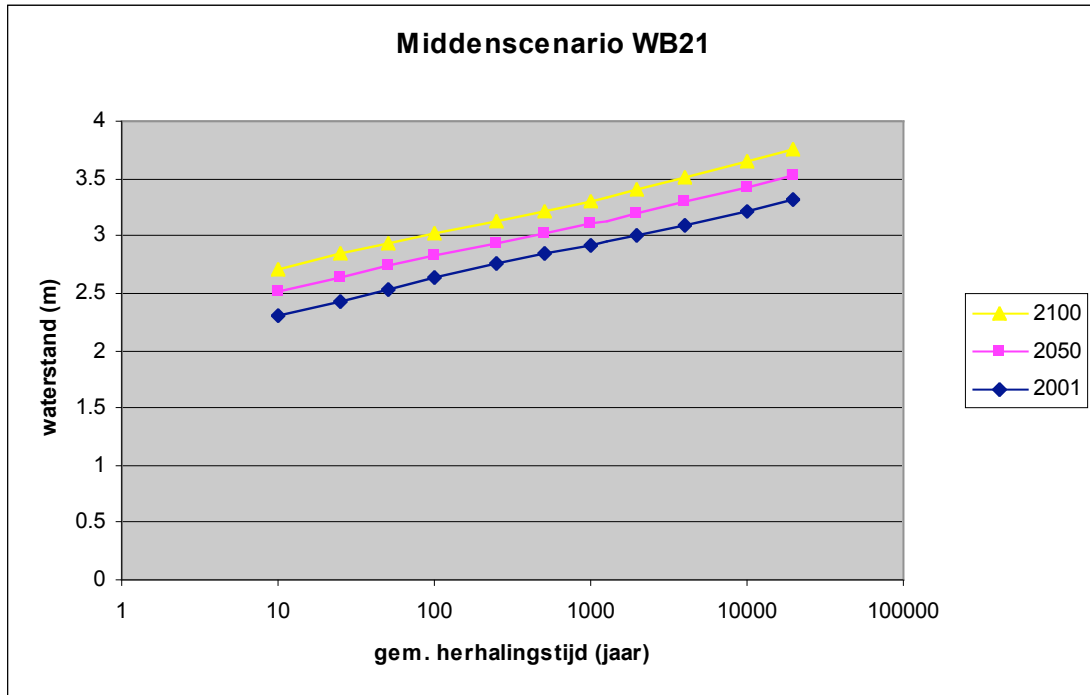
Figure 4: Afgetopte afvoeren bij Lobith.

In de PKB 'Ruimte voor de Rivier' is gerekend met een maximum Rijnafvoer van 18.000 m³/s en een Maasafvoer van 4.600 m³/s voor 2100. Zowel 'Ruimte voor de Rivier' als WB21 gaan uit van de huidige afvoerverdeling voor de Rijn, dus: 65% over de Waal, 20% over de Nederrijn/Lek en 15% over de IJssel. Bij het berekenen van de HR2001 is opgemerkt dat er een correctie op de afvoerverdeling gemaakt dient te worden, vanwege hooggelegen uiterwaarden langs de IJssel die bij deze extreme afvoeren zullen overstromen. De correctie bedraagt +150 m³/s voor de IJssel, -100 m³/s voor de Waal en -50 m³/s voor de Lek.

De maatgevende afvoer is de afvoer met een overschrijdingskans van 1/1250 jaar. In Hydra-B worden vele andere mogelijke afvoeren beschouwd met diverse overschrijdingskansen. De maatgevende afvoer kan hierbij gebruikt worden als referentie voor de overige afvoeren. Een stijging van de maatgevende afvoer betekent in feite dat de overschrijdingskans voor alle afvoeren in Hydra-B omhoog gaan.

Uitgaande van het midden scenario is de kans op een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith 1/1250 per jaar in 2000, 1/700 in 2050 en 1/400 in 2100. Gemiddeld betekent dit een jaarlijkse toename van de overschrijdingskans van ruim 1 %. Voor de Maas is de kans op een afvoer van 3800 m³/s bij Borgharen 1/1250 per jaar in 2000, 1/400 in 2050 en ruim 1/200 in 2100. Gemiddeld betekent dit een jaarlijkse toename van de overschrijdingskans van ruim 2 %.

De verhoogde afvoeren leiden uiteraard tot hogere waterstanden. Voor Dordrecht wordt bij het middenscenario in 2050 een verhoging van de MHW van 25 tot 50 cm verwacht. Voor 2100 wordt momenteel een taakstelling (maatgevende waterstand) van 40 tot 60 cm aangehouden.



middenscenario WB21

2001 2050 2100

10	2.302	2.507	2.714
25	2.435	2.643	2.847
50	2.533	2.741	2.935
100	2.629	2.832	3.017
250	2.752	2.943	3.125
500	2.839	3.024	3.213
1000	2.923	3.106	3.309
1250	2.95	3.135	3.342
2000	3.006	3.196	3.411
4000	3.092	3.294	3.514
10000	3.215	3.429	3.648
20000	3.316	3.533	3.747

Appendix: Uitvoer Hydra-B voor Beneden Merwede bij Dordrecht

HYDRA-B Versie: 2.0.0 november 2004
Naam gebruiker = beckers
Datum berekening = 05-04-2007 16:15:54

Rand2001-database = benedenrivieren rijnd juli 29u.mdb
Voor de afvoerstatistiek is gebruik gemaakt van de RIJN-statistiek

Locatie = Beneden Merwede km 976
X-coördinaat = 105832 (m)
Y-coördinaat = 426058 (m)

Faalmechanisme = Waterstand

Frequentie: Waterstand:
1/1000 2.928 (m+NAP)
1/1250 2.955 (m+NAP)
1/2000 3.011 (m+NAP)
1/4000 3.096 (m+NAP)
1/10000 3.221 (m+NAP)

U heeft een waterstand, hydraulisch belastingniveau of een benodigde kruinhoogte berekend. Voor de toetsing kunnen nog toeslagen van toepassing zijn. Zie hiervoor het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) en het Randvoorwaardenboek 2001.

Illustratiepunten:

Illustratiepunten inclusief Rosenblatt-transformatie:

Locatie = Beneden Merwede km 976 (105832,426058)
Faalmechanisme = Waterstand
Waterstand = 2.93 (m+NAP)
Terugkeertijd = 1000 (jaar)
Overschrijdingsfrequentie = 1.00E-03 (per jaar)

Beide keringen geopend

r	m MM	q Rijn	q Maas	u	waterst
	m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP
N	2.78	10400	2189	14.0	2.93
NNO	--	--	--	--	--
NO	--	--	--	--	--
ONO	--	--	--	--	--
O	--	--	--	--	--
OZO	--	--	--	--	--
ZO	--	--	--	--	--
ZZO	--	--	--	--	--
Z	--	--	--	--	--
ZZW	--	--	--	--	--
ZW	3.86	2400	311	38.5	2.93
WZW	2.55	10000	2095	25.0	2.93
W	2.68	10000	2095	19.0	2.93
WNW	2.68	10000	2095	18.0	2.93
NW	2.72	10000	2095	17.0	2.93
NNW	2.76	10000	2095	17.0	2.93

Beide keringen gesloten

r	m MM	q Rijn	q Maas	u	waterst
	m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP

	r	MM	q Rijn	q Maas	u	waterst
	m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP	
N	3.55	8000	1626	19.0	2.93	
NNO	--	--	--	--	--	
NO	--	--	--	--	--	
ONO	--	--	--	--	--	
O	--	--	--	--	--	
OZO	--	--	--	--	--	
ZO	--	--	--	--	--	
ZZO	--	--	--	--	--	
Z	--	--	--	--	--	
ZZW	--	--	--	--	--	
ZW	2.94	10000	2095	30.0	2.93	
WZW	3.00	9000	1861	27.1	2.93	
W	3.18	8000	1626	24.5	2.93	
WNW	3.20	8000	1626	23.2	2.93	
NW	3.38	7800	1579	22.0	2.93	
NNW	3.42	8000	1626	21.0	2.93	

Illustratiepunten inclusief Rosenblatt-transformatie:

Locatie = Beneden Merwede km 976 (105832,426058)
 Faalmechanisme = Waterstand
 Waterstand = 2.95 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 1250 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 8.00E-04 (per jaar)

Beide keringen geopend

	r	MM	q Rijn	q Maas	u	waterst
	m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP	
N	2.79	10600	2236	14.0	2.95	
NNO	--	--	--	--	--	
NO	--	--	--	--	--	
ONO	--	--	--	--	--	
O	--	--	--	--	--	
OZO	--	--	--	--	--	
ZO	--	--	--	--	--	
ZZO	--	--	--	--	--	
Z	--	--	--	--	--	
ZZW	--	--	--	--	--	
ZW	3.90	2400	311	39.0	2.95	
WZW	2.62	10000	2095	24.0	2.95	
W	2.63	10000	2095	22.0	2.95	
WNW	2.72	10000	2095	18.0	2.95	
NW	2.76	10000	2095	17.0	2.95	
NNW	2.80	10000	2095	17.0	2.95	

Beide keringen gesloten

	r	MM	q Rijn	q Maas	u	waterst
	m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP	
N	3.56	8200	1673	19.0	2.95	
NNO	--	--	--	--	--	
NO	--	--	--	--	--	
ONO	--	--	--	--	--	
O	--	--	--	--	--	
OZO	--	--	--	--	--	
ZO	--	--	--	--	--	
ZZO	--	--	--	--	--	
Z	--	--	--	--	--	
ZZW	--	--	--	--	--	
ZW	2.95	10000	2095	31.2	2.95	
WZW	3.00	9306	1932	27.0	2.95	
W	3.21	8000	1626	25.0	2.95	
WNW	3.23	8000	1626	23.7	2.95	

NW | 3.35 | 8000 | 1626 | 22.0 | 2.95
 NNW | 3.47 | 8000 | 1626 | 21.0 | 2.95

Illustratiepunten inclusief Rosenblatt-transformatie:

Locatie = Beneden Merwede km 976 (105832,426058)
 Faalmechanisme = Waterstand
 Waterstand = 3.01 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 2000 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 5.00E-04 (per jaar)

Beide keringen geopend

r	m MM m+NAP	q Rijn m³/s	q Maas m³/s	u m/s	waterst m+NAP
N	2.86	10600	2236	15.0	3.01
NNO	--	--	--	--	--
NO	--	--	--	--	--
ONO	--	--	--	--	--
O	--	--	--	--	--
OZO	--	--	--	--	--
ZO	--	--	--	--	--
ZZO	--	--	--	--	--
Z	--	--	--	--	--
ZZW	--	--	--	--	--
ZW	3.99	2400	311	39.4	3.01
WZW	2.64	10200	2142	25.0	3.01
W	2.71	10000	2095	22.0	3.01
WNW	2.78	10000	2095	19.0	3.01
NW	2.79	10200	2142	18.0	3.01
NNW	2.87	10000	2095	18.0	3.01

Beide keringen gesloten

r	m MM m+NAP	q Rijn m³/s	q Maas m³/s	u m/s	waterst m+NAP
N	3.56	8800	1814	19.0	3.01
NNO	--	--	--	--	--
NO	--	--	--	--	--
ONO	--	--	--	--	--
O	--	--	--	--	--
OZO	--	--	--	--	--
ZO	--	--	--	--	--
ZZO	--	--	--	--	--
Z	--	--	--	--	--
ZZW	--	--	--	--	--
ZW	3.04	10000	2095	31.8	3.01
WZW	3.00	9903	2072	27.0	3.01
W	3.25	8400	1720	25.0	3.01
WNW	3.31	8200	1673	24.0	3.01
NW	3.47	8000	1626	22.0	3.01
NNW	3.57	8000	1626	22.0	3.01

Illustratiepunten inclusief Rosenblatt-transformatie:

Locatie = Beneden Merwede km 976 (105832,426058)
 Faalmechanisme = Waterstand
 Waterstand = 3.10 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 4000 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 2.50E-04 (per jaar)

Beide keringen geopend

r	m MM m+NAP	q Rijn m³/s	q Maas m³/s	u m/s	waterst m+NAP
---	----------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------

N		4.71		2200		264		25.0		3.10
NNO		--		--		--		--		--
NO		--		--		--		--		--
ONO		--		--		--		--		--
O		--		--		--		--		--
OZO		--		--		--		--		--
ZO		--		--		--		--		--
ZZO		--		--		--		--		--
Z		--		--		--		--		--
ZZW		--		--		--		--		--
ZW		4.14		2373		305		40.0		3.10
WZW		4.18		1200		124		36.6		3.10
W		2.79		10000		2095		23.0		3.10
WNW		2.87		10200		2142		19.1		3.10
NW		2.93		10000		2095		18.7		3.10
NNW		2.93		10400		2189		18.2		3.10

Beide keringen gesloten

r	m MM	q Rijn	q Maas	u	waterst					
	m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP					
N		3.57		9600		2001		19.0		3.10
NNO		--		--		--		--		--
NO		--		--		--		--		--
ONO		--		--		--		--		--
O		--		--		--		--		--
OZO		--		--		--		--		--
ZO		--		--		--		--		--
ZZO		--		--		--		--		--
Z		--		--		--		--		--
ZZW		--		--		--		--		--
ZW		3.16		10000		2095		33.2		3.10
WZW		3.10		10000		2095		28.0		3.10
W		3.27		9000		1861		26.0		3.10
WNW		3.43		8400		1720		25.0		3.10
NW		3.58		8200		1673		23.0		3.10
NNW		3.74		8000		1626		23.0		3.10

Illustratiepunten inclusief Rosenblatt-transformatie:

Locatie = Beneden Merwede km 976 (105832,426058)
 Faalmechanisme = Waterstand
 Waterstand = 3.22 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 10000 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 1.00E-04 (per jaar)

Beide keringen geopend

r	m MM	q Rijn	q Maas	u	waterst					
	m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP					
N		4.97		2200		264		26.3		3.22
NNO		--		--		--		--		--
NO		--		--		--		--		--
ONO		--		--		--		--		--
O		--		--		--		--		--
OZO		--		--		--		--		--
ZO		--		--		--		--		--
ZZO		--		--		--		--		--
Z		--		--		--		--		--
ZZW		--		--		--		--		--
ZW		4.35		2400		311		40.8		3.22
WZW		4.30		1200		124		38.4		3.22
W		4.42		1400		148		33.5		3.22
WNW		4.27		2800		405		30.9		3.22
NW		4.35		3200		499		28.0		3.22
NNW		4.29		4000		687		25.7		3.22

Beide keringen gesloten

r	m MM	q Rijn	q Maas	u	waterst
m+NAP	m ³ /s	m ³ /s	m/s	m+NAP	
N	3.71	10000	2095	20.0	3.22
NNO	--	--	--	--	--
NO	--	--	--	--	--
ONO	--	--	--	--	--
O	--	--	--	--	--
OZO	--	--	--	--	--
ZO	--	--	--	--	--
ZZO	--	--	--	--	--
Z	--	--	--	--	--
ZZW	--	--	--	--	--
ZW	3.32	10400	2189	34.8	3.22
WZW	3.29	10000	2095	30.0	3.22
W	3.31	10000	2095	26.0	3.22
WNW	3.40	9600	2001	25.0	3.22
NW	3.72	8600	1767	24.0	3.22
NNW	3.80	8800	1814	23.0	3.22

Betekenis van de gegevens:

- r = De windrichting
- m MM = De zeewaterstand bij Maasmond in m+NAP
- q rijen = De afvoer op de Rijn bij Lobith in m³/s
- q maas = De afvoer op de Maas bij Lith in m³/s
- u = De potentiële windsnelheid bij Hoek van Holland in m/s
- waterst = De waterstand op de beschouwde locatie in m+NAP

