

Memo

Aan
Gerard van Meurs

Datum
22 februari 2010

Aantal pagina's
17

Van
Nienke Kramer

Doorkiesnummer
(088) 33 58 134

E-mail
nienke.kramer@deltares.nl

Onderwerp
Aanpassing Hydra-VIJ statistiekbestanden voor KNMI klimaatscenario's

Management samenvatting

Binnen het project Lange Termijn Peilbeheer IJsselmeer (LTPIJ) zullen verschillende varianten voor peilbeheer van het IJsselmeer in combinatie met de KNMI klimaatscenario's getoetst worden op veiligheid. Voor het toetsen op veiligheid kan gebruik gemaakt worden van het Hydra-VIJ instrumentarium. Hydra-VIJ berekent op probabilistische wijze waterstanden en hydraulische belastingniveaus voor het IJsselmeer en de Vecht- en IJsseldelta. Voor het doorrekenen van de verschillende varianten en klimaatscenario's zal de statistiek en in de meeste gevallen ook de database van Hydra-VIJ aangepast moeten worden.

Dit memo beschrijft hoe in het kader van de voorverkenning van het LTPIJ project de statistiekbestanden zijn afgeleid om KNMI scenario's¹ door te kunnen rekenen. De database moet enkel aangepast worden in geval van streefpeilverhoging, wijziging in de bodemschematisatie of wijziging in keringbeheer. Aanpassen van de database omvat het maken van een groot aantal waterstand- en golfberekeningen. Dit zal uitgevoerd worden in de volgende fase (verkenningfase) van het project LTPIJ.

Aanpak

In Hydra-VIJ is statistiek opgenomen voor de IJsselafvoer bij Olst, de Vechtafvoer bij Dalfsen, het IJsselmeerpeil, de kans op falen van de Ramspolkering, de windrichting en de windsnelheid.

Om klimaatscenario's door te rekenen zullen enkel de werklijnen² van de IJsselafvoer bij Olst, de Vechtafvoer bij Dalfsen en het IJsselmeerpeil aangepast moeten worden.

Aangenomen wordt dat door klimaatverandering de windstatistiek en faalkans van de Ramspolkering niet veranderden (ENW, 2007). Hieronder wordt per werklijn kort de methode beschreven die is gebruikt bij het aanpassen van de werklijn voor klimaatverandering:

- Werklijn IJsselafvoer bij Olst
Het bepalen van werklijn van IJsselafvoeren bij Olst na klimaatverandering is gedaan door gebruik te maken van de studie van Van Velzen (2010). Van Velzen heeft de werklijn bepaald uit de toename van de Rijnafvoer bij Lobith en de afvoerrelatie tussen

¹ In Hydra-VIJ versie 3.0 is het al mogelijk om WB21-klimaatscenario's door te rekenen (hier zijn enkel de statistiekbestanden aangepast)

² Een werklijn geeft per afvoer/meerpeil de kans op overschrijding. Bij het bepalen van de werklijn wordt gebruik gemaakt van een extreme waarde analyse, waarbij metingen naar het extreme bereik worden geëxtrapolleerd.

Lobith en Olst.

De afvoerrelatie tussen Lobith en Olst is vastgesteld met behulp van een aantal Waqua berekeningen (doordat de rivier de IJssel een afsplitsing is van de Rijn is dit min of meer een vaste relatie). Voor het bepalen van afvoerrelatie tussen Lobith en Olst is gebruik gemaakt van situatie na uitvoering PKB-Ruimte voor de Rivier maatregelen en het ontzien van Nederrijn en Lek; de Nederrijn en Lek worden bij een Rijnafvoer bij Lobith van meer dan 16.000 m³/s namelijk ontzien, er gaat in dit geval meer water naar de IJssel en de Waal.

De resultaten geven aan dat voor het G+2100 en W+2100 scenario de 1/1250 jaar afvoer bij Olst met respectievelijk 30% en 54 % zal toenemen. Een toename van 54% is fors, echter dit wordt ook deels veroorzaakt door het ontzien van de Nederrijn en Lek. Zonder ontzien van de Nederrijn en Lek zou de toename uitkomen op 17% en 31%.

- Werklijn Vechtafvoer bij Dalfsen

Voor het bepalen van werklijn van Vechtafvoeren bij Dalfsen na klimaatverandering wordt gebruik gemaakt van de 10-daagse neerslagsom. Omdat de rivier de Vecht gevoed wordt door regenwater is aangenomen dat de toename van de Vechtafvoer gelijk is aan de toename van de 10-daagse neerslagsom. Voor het G+2100 en W+2100 scenario zal de 1/1250 jaar afvoer bij Dalfsen toenemen met respectievelijk 12% en 24%.

- Werklijn meerpeil IJsselmeer

Het gebruik van een extreme waarde analyse is officieel niet geschikt voor het IJsselmeerpeil omdat het peil deels kunstmatig wordt beheerd. Echter bij gebrek aan een alternatieve methode wordt er net zoals bij de afvoer gebruik gemaakt van een extreme waarde analyse. De resultaten zullen dan ook altijd goed gecontroleerd moeten worden.

Voor het bepalen van de kans op overschrijding van waterstanden in het IJsselmeer na klimaatverandering wordt gebruik gemaakt van gesimuleerde metingen uit het Sobek-Bekken model. Uit eerdere berekeningen (Kramer et al, 2008) is gebleken dat de werklijn voornamelijk afhangt van de stijging van de zeespiegel. Het IJsselmeer peil met een kans op voorkomen van 1/10.000 jaar zal voor het G2100 en W+2100 toenemen met respectievelijk 0,6 en 1,2 meter.

Bij het doorrekenen met Hydra-VIJ van een variant die betrekking heeft op de inrichting of streefpeil van IJsselmeer zal mogelijk ook de statistiek aangepast moeten worden. Echter hier wordt in dit memo niet verder op ingegaan, omdat de aanpassing per variant verschillend is.

Technische beschrijving

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Binnen het project Lange Termijn Peilbeheer IJsselmeer (LTPIJ) zullen verschillende peilscenario's in combinatie met klimaatverandering getoetst moeten worden op de veiligheid. Voor het toetsen op veiligheid kan gebruikt gemaakt worden van het Hydra-VIJ instrumentarium. Hydra-VIJ is het instrument dat op probabilistische wijze waterstanden en hydraulische belastingniveaus berekend voor het IJsselmeer en de Vecht- en IJsseldelta. Voor het doorrekenen van varianten en klimaatverandering zal de statistiek en in de meeste gevallen ook de database van Hydra-VIJ aangepast moeten worden. De database moet enkel aangepast worden in geval van grote peilstijgingen, wijziging in de bodemschematisatie of wijziging in keringbeheer. In dit memo wordt aanpassing van de database niet verder besproken.

In Hydra-VIJ versie 3.0 is het al mogelijk om met de WB21-klimaatscenario's te rekenen (De statistiekbestanden zijn hiervoor aangepast). Echter omdat in deze studie Lange Termijn Peilbeheer IJsselmeer gerekend gaat worden met de KNMI scenario's zal ook voor deze scenario's de bijbehorende statistiek afgeleid moeten worden. In dit inleidende hoofdstuk wordt eerst aangegeven welke statistiekbestanden gewijzigd moeten worden. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van de verschillende statistiekbestanden in Hydra-VIJ. In hoofdstuk 2 t/m 5 worden een omschrijving gegeven methode die is gebruikt bij het aanpassen van statistiekbestanden voor de KNMI scenario's.

1.2 Aanpassen statistiekbestanden in Hydra-VIJ

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de aanwezige statistiek in Hydra-VIJ (voor toelichting zie paragraaf 1.3). In de tabel wordt tevens aangegeven of er aanpassing van de statistiek volgens de KNMI klimaatscenario's noodzakelijk is. Deze tabel komt overeen met ENW (2007).

Tabel 1 statistiekbestanden Hydra-VIJ.

Invoer		aanpassen?
Afvoer	werklijn IJssel bij Olst (= overschrijdingskans piekwaarde van trapezium)	ja
	topduur trapezium IJssel bij Olst	nee
	werklijn Vecht bij Dalfsen (= overschrijdingskans piekwaarde van trapezium)	ja
	topduur trapezium Vecht bij Dalfsen	nee
meerpeil	werklijn IJsselmeerpeil (= overschrijdingskans piekwaarde van trapezium)	ja
	topduur trapezium IJsselmeerpeil	nee
	correlatie piekwaarden afvoer en meerpeil	nee
	faseverschil tussen trapezia en afvoer en meerpeil	nee
windrichting	overschrijdingskans	nee
windsnelheid	kans van voorkomen	nee
beheer Ramspol	faalkans kering	nee

Om met behulp van Hydra-VIJ klimaatscenario's door te rekenen zullen de werklijnen van de IJsselafoer bij Olst, de Vechtafoer bij Dalfsen en het IJsselmeermeerpeil aangepast moeten worden. Volgens ENW (2007) zal door klimaatverandering de topduur van de afvoer- en meerpeiltrapezia, de correlatiecoëfficiënt, het faseverschil, de windstatistiek en de faalkans van de Ramspolkering niet veranderen.

Bij het doorrekenen van een variant waarbij de inrichting of streefpeil van IJsselmeer wordt aangepast zal mogelijk ook de statistiek aangepast moeten worden. Echter hier wordt in dit memo niet verder op ingegaan, omdat de aanpassingen in statistiek afhankelijk zijn van de varianten.

1.3 Beschrijving van Hydra-VIJ

1.3.1 Basis van Hydra-VIJ

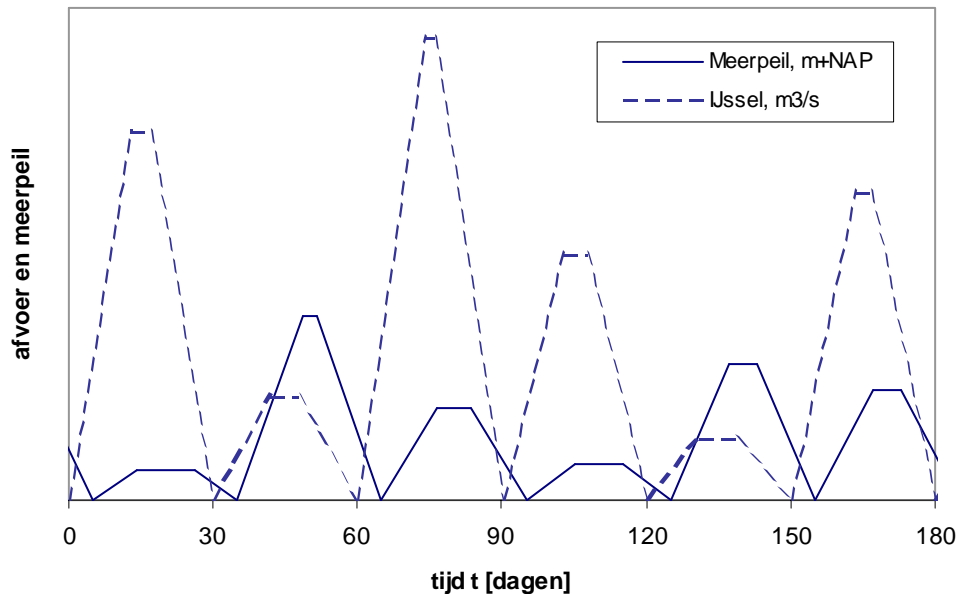
Het doel van het probabilistische model is, om bij een gegeven overschrijdingsfrequentie, het hydraulische belastingniveau te berekenen. In de berekening zijn de windsnelheid, windrichting, meerpeil, afvoer en de situatie van de Ramspolkering (open/gesloten) de stochasten. Bij de Ramspolkering wordt rekening gehouden met de faalkans. In het probabilistische model wordt voorts rekening gehouden met faseverschillen tussen de stochasten en de correlatie tussen afvoer en meerpeil. (Beijk en Geerse, 2007)

1.3.2 Modelleren van afvoer en meerpeil

In het probabilistisch model is het tijdsverloop van de afvoer en van het meerpeil gemodelleerd door middel van trapezia, waarbij de topduur en de basisduur van een trapezium kunnen variëren. In het probabilistisch model wordt een jaar verdeeld in een aantal trapezia, waarbij de afzonderlijke trapezia symmetrisch in de tijd zijn. Ten behoeve van de Thermometer Randvoorwaarden 2006 (TMR2006) berekeningen voor de Vecht- IJsseldelta beslaat een winterhalfjaar 180 dagen. Het winterhalfjaar is dan verdeeld in 6 afvoer- en meerpeiltrapezia met elke een basisduur van 30 dagen. In werkelijkheid vallen afvoer en meerpeilgolven meestal niet exact samen. Om deze reden is het probabilistisch model zodanig opgezet dat er

een faseverschuiving tussen de afvoer en meerpeiltrapezia gehanteerd kan worden (Figuur 1). Voor een exacte beschrijving van de rekenwijze wordt verwezen naar Geerse (2006).

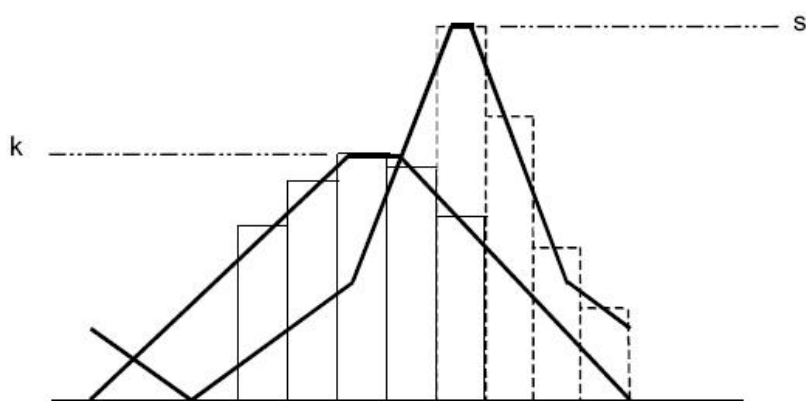
De afvoer- en meerpeilstatistiek bestanden in Hydra-VIJ bestaan uit een overschrijdingskans van piekwaarde (=werklijn) en de topduur van het trapezium.



Figuur 1 : Weergave van faseverschuiving tussen meerpeiltrapezia en afvoertrapezia. (Beijk en Geerse, 2007)

1.3.3 Modelling van de wind

Het tijdsverloop van de wind is verdeeld in stappen van 12 uur. Gedurende deze periode van 12 uur, een windblok genoemd, wordt de windrichting en de windsnelheid constant verondersteld. De in de voorgaande paragraaf beschreven trapezia voor meerpeil en afvoer worden in het probabilistisch model onderverdeeld in een gelijk aantal windblokken (Figuur 2).



Figuur 2 Afvoer en meerpeiltrapezia met respectievelijke piekwaarden van k en s. Beide trapezia zijn verdeeld in windblokken. (Beijk en Geerse, 2007)

De windstatistiek bestanden in Hydra-VIJ bestaan uit twee bestanden:

1. de conditionele overschrijdingskans;
2. de kans van voorkomen per windrichting.

In het bestand met de conditionele overschrijdingskans wordt per windrichting de kans gegeven dat gedurende 1 windblok (12 uur) minimaal 1 uur voorkomt waarvoor een bepaalde windsnelheid wordt overschreden, gegeven dat de windrichting voor elk van de 12 uren gelijk is aan de gegeven richting.

In het probabilistisch model worden ook de correlaties meegenomen tussen windsnelheid en windrichting en tussen de windrichting en het meerpeil.

1.3.4 Modelleren van de balgstuw bij Ramspol

De balgstuw dient om de dijken rond het Zwarte Meer en langs het Zwarte Water te ontlasten. Tijdens stormen uit het westen of noordwesten kan namelijk door opwaaiing vanuit het IJsselmeer de waterstand in het Zwarte Meer opgestuwd worden. Om dit te voorkomen is de balgstuw aangelegd. De balgstuw is in het probabilistisch model opgenomen door middel van de faalkans van de kering. Dit is de kans dat de kering niet sluit als dit volgens de geldende sluitcriteria wel zou moeten, wat wordt gedefinieerd als het falen van de kering. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen niet sluiten, niet tijdig sluiten of constructief falen na sluiten.

1.3.5 Correlatie piekwaarden afvoer en meerpeil

In Hydra-VIJ wordt de correlatie tussen afvoer en meerpeil meegenomen. Dit gebeurt door middel van een gezamenlijke kansdichtheid die wordt berekend met behulp van een correlatiemodel dat is beschreven in (Beijk en Geerse, 2004) en Geerse (2004b). Het correlatiemodel beschrijft door middel van een transformatie de samenhang tussen de gecorreleerde stochasten. De samenhang wordt uitgedrukt in een correlatieparameter die weer als invoer voor het probabilistisch model geldt. De correlatieparameters van meerpeil en Vechtafvoer en van meerpeil en IJsselafvoer zijn bepaald aan de hand van meerpeil en afvoermetingen. Uit de gevoeligheidsanalyses in Beijk en Geerse (2007) blijkt dat het opnemen van de correlatie in Hydra-VIJ van groot belang is voor de uitkomsten. Het blijkt eveneens dat de precieze waarde van de correlatieparameter maar weinig invloed heeft op de uitkomsten van Hydra-VIJ.

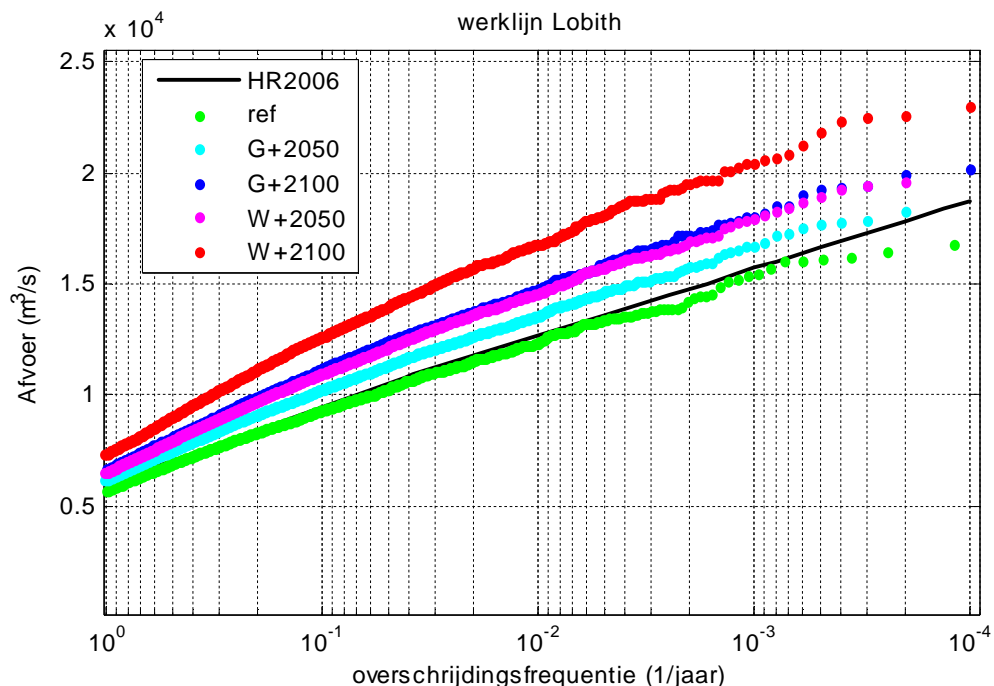
2 Aanpassing werklijn IJssel bij Olst

In deze memo zal voor het aanpassen van de werklijn van IJsselaflow bij Olst voor klimaatveranderingen gebruik worden gemaakt van de afvoertoe name bij Lobith (paragraaf 2.1) en de afvoerrelatie tussen Lobith en Olst (paragraaf 2.2). En in paragraaf 2.3 wordt werklijn vastgesteld. Ook speelt er bij bovenrivierengebied de discussie over fysisch maximale afvoer, dit wordt nader toegelicht in paragraaf 2.4.

2.1 Werklijn Lobith

De werklijn bij Lobith is bepaald voor de verschillende klimaatscenario's met behulp van het Generator Rainfall And Discharge Extremes (GRADE) instrumentarium (Wit en Buishand, 2007). GRADE is een resampling methode om extreme waarden statistiek af te leiden. Met behulp van het GRADE instrument worden 10.000 jaar synthetische neerslag gegenereerd. Vervolgens wordt met behulp van het hydrologische model HBV een 10.000 jaar afvoerreksen bij Lobith bepaald. Door het plotten van de jaarmaxima tegen de bijbehorende herhalingsstijd kan de werklijn worden vastgesteld.

Met behulp van het GRADE instrumentarium zijn voor vier verschillende KNMI scenario's (W+2050, W+2100, G+2050 en G+2100) de werklijnen afgeleid. Als invoer van GRADE is gebruik gemaakt van gemeten neerslag-, verdamping- en temperatuurgegevens van 1961-1995. Voor de klimaatscenario's is de invoer op maandbasis aangepast volgens de KNMI klimaatscenario's 2006. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 3. In de figuur is te zien dat door klimaatverandering de extreme afvoeren sterk zullen toenemen. Verder is te zien dat de referentie werklijn overeenkomt met de werklijn van de Hydraulische Randvoorwaarden (HR2006). Alleen voor het extreme bereik buigt GRADE lijn af van HR2006.



Figuur 3 Werklijn Lobith voor vier verschillende klimaatscenario's. De lijnen zijn gegenereerd met behulp van het GRADE instrumentarium.

2.2 Relatie Lobith - Olst

Voor de relatie tussen Olst en Lobith zijn aanpassingen in het rivierengebied en de afvoerverdeling tussen IJssel-Waal-Lek-Nederrijn van belang. Voor drie mogelijke situaties wordt in deze memo de relatie tussen Lobith en Olst afgeleid:

- Huidige situatie (paragraaf 2.2.1);
- Situatie na uitvoering van PKB-maatregelen (paragraaf 2.2.2);
- Situatie na uitvoering van PKB-maatregelen met ontzien Nederrijn-Lek (paragraaf 2.2.3).

2.2.1 Relatie Lobith - Olst in huidige situatie:

Voor de huidige situatie in het bovenrivierengebied heeft Geerse (2006) de afvoerverdeling tussen Lobith en Olst vastgesteld (Tabel 2). Voor de tussengelegen gedeelten kan gebruik worden gemaakt van lineaire interpolatie. Deze relatie is ook gebruikt in de Hydra-VIJ versie 3.0.

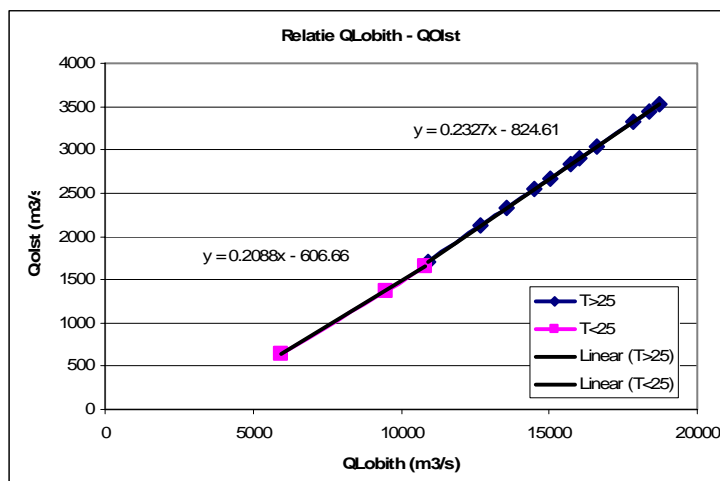
Tabel 2 afvoerverdeling Lobith en Olst volgens Geerse (2006)

Terugkeertijd (jaar)	Lobith (m ³ /s)	Olst (m ³ /s)
1,06	5.990	820
3,8	7.982	1.085
11,0	9.608	1.446
54,3	11.870	1.802
1.250	16.000	2.720
26.293	20.010	3.718

2.2.2 Relatie Lobith en Olst na uitvoering van PKB maatregelen

Van Velzen (2009) heeft met behulp van een aantal Waqua berekeningen de relatie tussen de afvoeren bij Olst en Lobith vastgesteld voor de situatie na uitvoering van PKB maatregelen in 2015. Hierbij heeft hij gebruik van het Waqua-PKB4 model, in dit model zijn alle PKB-Ruimte voor de Rivier maatregelen meegenomen. De relatie kan worden beschreven als:

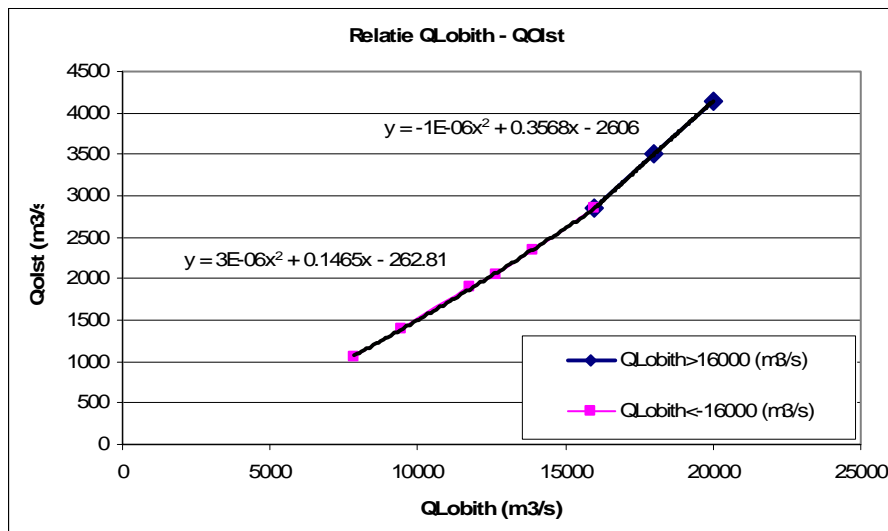
- $T \leq 25$: $Q_{Olst} = 0,2088 * Q_{Lobith} - 606,66$
- $T > 25$: $Q_{Olst} = 0,2327 * Q_{Lobith} - 824,61$



Figuur 4 Relatie afvoer Lobith en Olst in situatie na uitvoering PKB-maatregelen.

2.2.3 Relatie Lobith en Olst na uitvoering van PKB maatregelen en ontzien Nederrijn-Lek
Een van de PKB maatregelen is dat bij een afvoer van 16.000 (m³/s) de Nederrijn en de Lek worden ontzien. De Nederrijn en de Lek hebben onvoldoende mogelijkheden om de toekomstige verhoogde afvoer te verwerken. Daarom zal de afvoercapaciteit van de Nederrijn en de Lek in 2015 worden gestabiliseerd. Afvoeren in Lobith van boven de 16.000 (m³/s) zullen dus door de andere riviertakken (de IJssel en de Waal) moeten worden opgevangen. Van Velzen (2009) heeft uitgezocht dat wanneer de Nederrijn en de Lek worden ontzien boven een afvoer van 16.000 (m³/s), de volgende relatie tussen de afvoer in Olst en Lobith kan worden gebruikt:

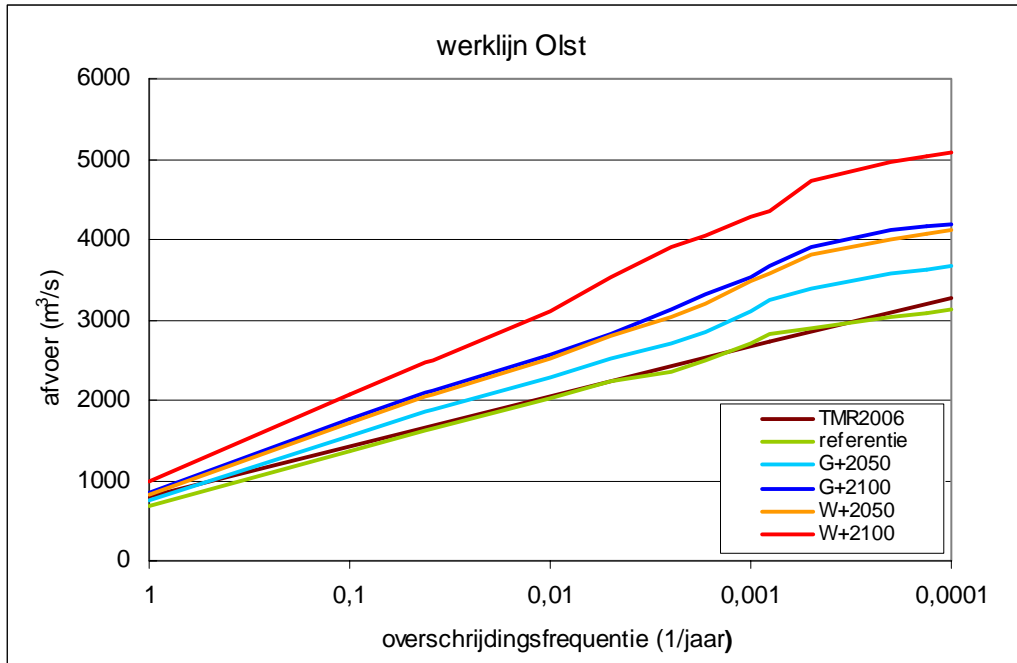
- $Q_{Lobith} \leq 16.000$: $Q_{Olst} = -1 \cdot 10^{-6} \cdot Q_{Lobith}^2 + 0,3588 \cdot Q_{Lobith} - 2.606$
- $Q_{Lobith} > 16.000$: $Q_{Olst} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot Q_{Lobith}^2 + 0,1465 \cdot Q_{Lobith} - 262,81$



Figuur 5 Relatie afvoer Lobith en Olst in situatie na uitvoering PKB-maatregelen en ontzien Nederrijn en Lek.

2.3 Vaststellen werklijn voor de IJssel bij Olst voor verschillende klimaatscenario's

Het bepalen van de werklijn maakt gebruik van de variant na uitvoering van de PKB maatregelen inclusief het ontzien van de Nederrijn-Lek (paragraaf 2.1.2). Met behulp van de werklijn bij Lobith (paragraaf 2.1.1) en de afvoerrelatie Lobith-Olst kan per klimaatscenario de werklijn bij Olst worden bepaald (Figuur 6). In de figuur is te zien dat voor het G+2100 en W+2100 scenario de 1/1.250 jaar afvoer bij Olst toeneemt met respectievelijke 30% en 54%. Een toename van 54% is fors. Dit wordt ook deels veroorzaakt door het ontzien van de Nederrijn en de Lek. Zonder ontzien van de Nederrijn en Lek zou de toename uitkomen op 17% en 31%.



Figuur 6 Werklijn IJssel bij Olst voor verschillende klimaatscenario's

2.4 Fysisch maximum

Voor de Rijn en de Maas wordt ervan uitgegaan dat de rivieren niet onbepert in staat zijn de extreme afvoeren te verwerken. Door bovenstroomse overstromingen geldt er een zogenaamd fysisch maximum. Voor de Rijn bij Lobith is in de Niederrhein studie (Lammersen, 2004) vastgesteld dat het fysisch maximum op dit moment 15.500 m³/s bedraagt. Daarbij is aangegeven dat de onzekerheid ±500 m³/s bedraagt.

Wat de fysische maxima in de toekomst zullen zijn, is moeilijk aan te geven. Het hangt sterk af van de maatregelen die de bovenstrooms gelegen landen zullen nemen om effecten van klimaatverandering op te vangen. Voor PKB Ruimte voor de Rivier en in de studie Integrale Verkenning Maas 2 (IVM2) wordt voor het zichtjaar 2050 een fysisch maximum van 17.000 m³/s gehanteerd en voor het zichtjaar 2100 een fysisch maximum van 18.000 m³/s. Omdat in het officiële Hydra-VIJ model en in Hydra-VIJ versie 3.0 geen gebruik wordt gemaakt van een fysisch maximum wordt in deze studie het fysisch maximum ook niet meegenomen.

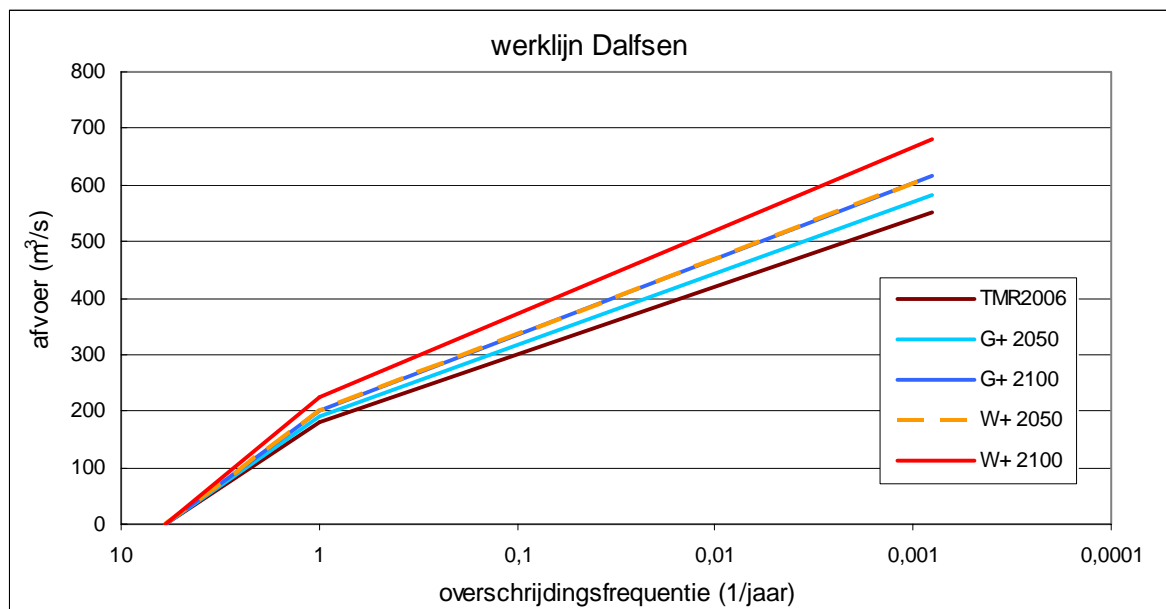
3 Aanpassing werklijn Vecht bij Dalfsen

De afvoer van de rivier de Overijsselse Vecht is voornamelijk afhankelijk van de regenval. Voor het bepalen van de werklijn van de Vecht bij Dalfsen wordt aangenomen dat de procentuele toename in extreme afvoer gelijk is aan de procentuele toename van de 10-daagse neerslagsommen die eenmaal in de tien jaar worden overschreden. In Tabel 3 worden voor de verschillende KNMI klimaatscenario's de toenames van de 10-daagse neerslag weergegeven.

Figuur 7 geeft het effect weer van klimaatveranderingen op de werklijn van de Vecht bij Dalfsen. Als referentie is de werklijn van de Vecht gebruikt, zoals toegepast in de TMR2006 berekeningen voor de Vecht- en IJsseldelta.

Tabel 3 Toename 10-daagse neerslag som volgens KNMI scenario's

	toename 10-daagse-neerslag (%)	
	2050	2100
G	4	8
G+	6	12
W	8	16
W+	12	24



Figuur 7 Werklijn Vecht bij Dalfsen voor verschillende klimaatscenario's

4 Aanpassing werklijn IJsselmeer

Het gebruik van een extreme waarde analyse is officieel niet geschikt voor het IJsselmeerpeil omdat het peil deels kunstmatig wordt beheerd. Echter bij gebrek aan een alternatieve methode wordt er net zoals bij de afvoer gebruik gemaakt van een extreme waarde analyse. De resultaten zullen dan ook altijd goed gecontroleerd moeten worden.

4.1 Werklijn IJsselmeerpeil

De overschrijdingskans als functie van het meerpeil wordt aangeduid als werklijn. In Figuur 8 is de werklijn weergegeven zoals gebruikt in TMR2006 voor de Vecht- en IJsseldelta. De lijn bestaat uit twee afzonderlijke delen, nl. voor het hoogfrequente deel (relatief veel voorkomende meerpeilen) en het laagfrequente deel (extreem hoge meerpeilen). Het hoogfrequente deel wordt bepaald door het turven van gemeten waarden. Het laagfrequente deel wordt gebaseerd op een extreme waarden analyse, waarbij metingen (en ook een deel gesimuleerde peilen) worden geëxtrapoleerd naar het extreme bereik.

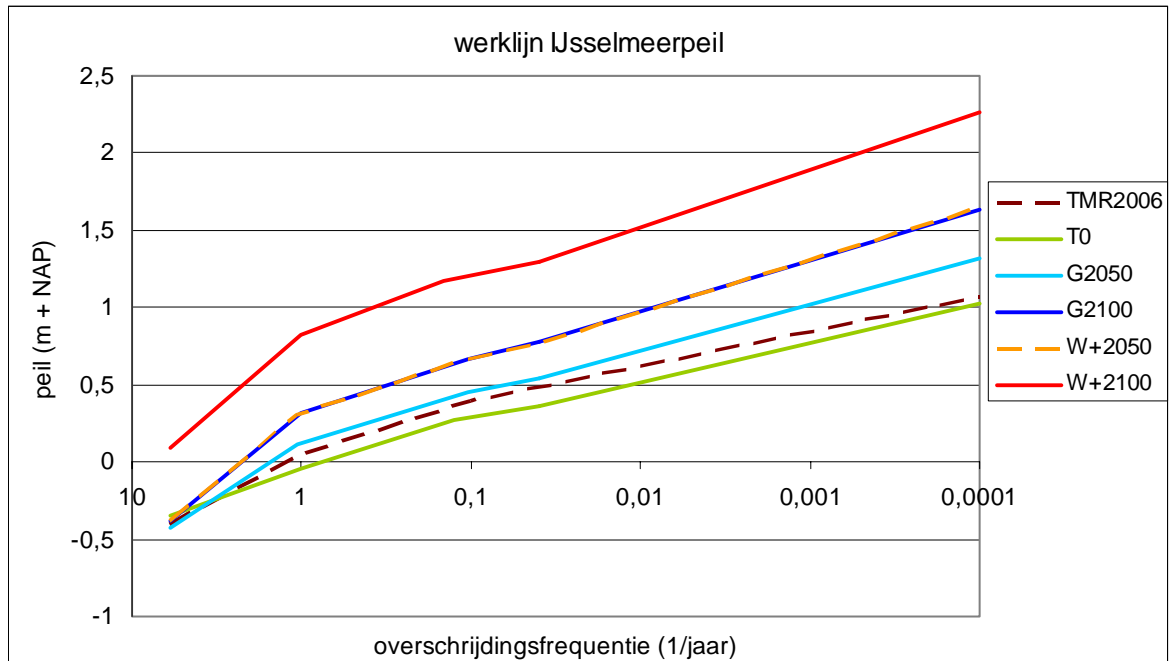
Voor het bepalen van de werklijn bij klimaatveranderingen worden in plaats van metingen enkel gesimuleerde meerpeilwaarden uit het Sobek-Bekken model gebruikt. Dit zijn gemiddelde dagwaarden voor de periode 1951 tot 1998, waarbij de invoer voor klimaatveranderingen is aangepast. Het gaat hier om de toename van de neerslag, de verdamping, de Rijnafvoer en de zeespiegelstijging. De gebruikte toenames zijn afgeleid voor van de KNMI-2006 scenario's en zijn weergegeven in Bijlage I.

Doordat er in dit memo gebruik is gemaakt de Sobek-resultaten uit Kramer et al (2008) is er een inconsistentie ontstaan met de rekenmethode in paragraaf 2.1. De toename van de Rijnafvoer als invoer van Sobek is bepaald met behulp van het Rhineflow instrument (Deursen, 2006), terwijl er in paragraaf 2.1 gebruik is gemaakt van het GRADE instrumentarium. Wel maken beide studies gebruik van de KNMI-2006 scenario's. Om deze inconsistentie op te lossen zouden nieuwe Sobek sommen gedraaid moeten worden. Echter verwacht wordt dat nieuwe sommen de resultaten niet zullen veranderen, dit is gebaseerd op de resultaten uit de studie van Linde (2007)³.

In Figuur 8 is de werklijn voor verschillende KNMI klimaatscenario's gegeven. Uit de resultaten komt naar voren dat de meerpeilstatistiek voornamelijk afhangt van de zeespiegelstijging. Het IJsselmeer peil met een kans op voorkomen van 1/10.000 jaar zal voor het G2100 en W+2100 toenemen met respectievelijk 0,6 en 1,2 meter. De meerpeilen die 6 keer per jaar voorkomen liggen dicht bij elkaar, dit wordt veroorzaakt door het streefpeil van -0.4 m NAP wat in de wintermaanden gehanteerd wordt. Alleen de lijn van het W+2100 ligt hoger, dit komt doordat bij dit scenario waterpeil bijna altijd hoger ligt dan het streefpeil. (Door zeespiegelstijging is er onvoldoende spuicapaciteit, waardoor het streefpeil het gehele winterhalf jaar niet gehaald wordt). Verder is te zien dat de gesimuleerde werklijn voor het middenbereik lager ligt dan de

³ In Linde (2007) zijn de resultaten van GRADE en Rhineflow voor de KNMI-2006 scenario's met elkaar vergeleken. Uit de vergelijking komt naar voren dat de Rhineflow en de GRADE resultaten dezelfde trend vertonen en van dezelfde orde van grootte zijn. Het verschil tussen de resultaten van de modellen voor de meeste scenario's en locaties blijft onder de 10%, het verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door een verschil in timing.

werklijn van de TMR2006. Een mogelijke oorzaak is volgens Geerse (2006) dat het Sobek-Bekken model de meerpeilen in het hoogfrequente deel onderschat.



Figuur 8 werklijn IJsselmeerpeil voor verschillende klimaatscenario's.

Note: in dit hoofdstuk is de werklijn bepaald, hierin wordt per peil de kans per winterhalfjaar gegeven. Als invoer van Hydra-VIJ moet de kans per maand worden gegeven, hiertoe wordt de kans per jaar gedeeld door het aantal maanden. (In dit geval wordt gerekend met 6 maanden per winterhalfjaar.)

5 Windstatistiek

Volgens de KNMI scenario's zal de kans van voorkomen op bepaalde windrichtingen en windsnelheden niet veranderen. In Hydra-VIJ versie 3.0 bestaat wel de mogelijkheid om te rekenen met een verhoging van de windsnelheid met 5% en 10%.

6 Conclusies

In Hydra-VIJ is statistiek opgenomen voor de IJsselafvoer bij Olst, de Vechtafvoer bij Dalfsen, het IJsselmeerpeil, de kans op falen van de Ramspolkering, de windrichting en de windsnelheid. Om klimaatscenario's door te rekenen zullen enkel de werklijnen van de IJsselafvoer bij Olst, de Vechtafvoer bij Dalfsen en het IJsselmeerpeil aangepast moeten worden (ENW, 2007).

De volgende conclusies kunnen getrokken worden:

- De IJsselafvoer bij Olst met een kans van voorkomen van 1/1250 jaar zal voor het G+2100 en W+2100 scenario met respectievelijk 30% en 54 % toenemen. Een toename van 54% voor het G+2100 wordt deels veroorzaakt door het ontzien van de Nederrijn en de Lek boven een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith. Zonder het ontzien van de Nederrijn en de Lek zou de toename uitkomen op 17% en 31%.
- De afvoer bij Dalfsen met een kans van voorkomen van 1/1250 jaar zal voor het G+2100 en W+2100 scenario toenemen met respectievelijk 12% en 24%.
- De werklijn van het IJsselmeerpeil is voornamelijk afhankelijk van de stijging van de zeespiegel. Het IJsselmeer peil met een kans op voorkomen van 1/10.000 jaar zal voor het G2100 en W+2100 toenemen met respectievelijk 0,6 en 1,2 meter.

7 Aanbevelingen

In de verkenningsfase van het project LTPIJ zullen de volgende punten onderzocht moeten worden:

1. Aanpassingen statistiek per variant.
2. Aanpassing database per variant (indien noodzakelijk).
3. KNMI geeft vier verschillende klimaatscenario's (G, G+, W, W+) en twee zichtjaren (2050, 2100). Niet voor alle combinaties is de statistiek in afgeleid. In de voorverkenning zal blijken of het noodzakelijk is om de missende scenario's verder uit te werken.
4. Bij het bepalen van de toename van de Rijnafvoer voor de werklijn van de IJssel is gebruik gemaakt van het GRADE instrumentarium, terwijl het bepalen van de toename van de Rijnafvoer als invoer van Sobek-Bekken het Rhineflow instrumentarium is gebruikt. Volgens Linde (2007) zijn de verschillen klein, wel wordt aanbevolen om bij nieuwe Sobek berekeningen gebruik te maken van de toename van de Rijnafvoer volgens het GRADE instrumentarium.

Naast de punten die in de verkenningsfase uitgevoerd moeten worden wordt aanbevolen om ook de volgende punten nader te onderzoeken:

1. Het gebruik van een extreme waarde analyse is officieel niet geschikt voor het IJsselmeerpeil omdat het peil deels kunstmatig wordt beheerd. Echter bij gebrek aan een alternatieve methode wordt er net zoals bij de afvoer gebruik gemaakt van een extreme waarde analyse. Er wordt aanbevolen om een alternatieve methode te ontwikkelen om de meerpeilstatistiek te bepalen. Daarnaast zou het een meerwaarde

zijn als in deze methode onderscheid gemaakt kan worden tussen zomer- en winterstatistiek.

2. Bij gebrek aan informatie is de toename van de Vechtafvoer gelijk gesteld aan de toename van de 10-daagse neerslagsom volgens de KNMI scenario's. Of deze aanname klopt moet nader onderzocht worden.

8 Referenties

Beijk, V. and Geerse, C., 2007, Achtergrondrapport HR 2006 voor de Vecht- en IJsseldelta, Hydraulische Randvoorwaarden 2006 voor de Vechtdelta en Thermometerrandvoorwaarden 2006 voor de IJsseldelta, RWS RIZA rapport 2007.024

ENW, 2007, Technisch rapport ontwerpbelastingen voor het riviereengebied.

ENW, 2007b. Leidraad Rivieren. Mei 2007.

Deursen, Van, W., 2006. Rapportage Rhineflow / Meuseflow. Nieuwe KNMI scenario's mei 2006, Carthago Consultancy.

Duits, 2008, Uitbreiding Hydra-VIJ voor beleidsonderzoek, ontwerp en toetsing, HKV-Lijn in water.

Geerse, C., 2006, Hydraulische Randvoorwaarden Vecht- en IJsseldelta – Statistiek IJsselmeerpeil, afvoeren, en stormverlopen voor Hydra-VIJ [RIZA-werkdocument 2006.036x]. C.P.M. Geerse. Rijkswaterstaat RIZA. Lelystad, maart 2006.

Kramer, N., Verhoeven, G., en Passchier, R., 2008. Analyse veiligheid en zoetwatervoorzieningen IJsselmeergebied. Deltares Rapport Q4505.

Linde, A., 2007, Effect of climate change on the rivers Rhine and Meuse, Applying the KNMI 2006 scenarios using the HBV model, WL Delft Hydraulics, Q4286

Vrouwenvelder, e.a. 1999, Theoriehandleiding PC-ring; deel B: Statistische modellen (3e concept), TNO-rapport 98-CON-R1431. TNO-Bouw, 31, januari 1999.

Wit, M. de, 2004. Hoeveel (hoog)water kan ons land binnenkomen via de Maas, nu en in de toekomst. RIZA werkdocument 2004.151x.

Wit, M. de, H. Buiteveld en W. van Deursen (Carthago Consultancy), 2007. Klimaatverandering en de afvoeren van Rijn en Maas. RWS RIZA memo WRR/2007-006. Arnhem juni 2007.

Wit, M. en Buishand, T.A., 2007, Generator of Rainfall And Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basin, Report RWS RIZA 2007.027, KNMI-publication 218

Bijlage I Invoer Sobek-Bekken model

Voor het bepalen van de werklijn bij klimaatveranderingen worden in plaats van metingen enkel gesimuleerde meerpeilwaarden uit het Sobek-Bekken model gebruikt. Dit zijn gemiddelde dagwaarden voor de periode 1951 tot 1998, waarbij de invoer voor klimaatveranderingen is aangepast. Het gaat hier om de toename van de:

1. neerslag;
2. verdamping;
3. Rijnafvoer;
4. zeespiegelstijging.

In onderstaande tabellen zijn de gebruikte toenames per maand gedefinieerd. De toename in neerslag en verdamping en zeespiegelstijging zijn afkomstig van KNMI-2006 scenario's. De toename in Rijnafvoer is afkomstig uit Van Deursen (2006). Van Deursen heeft in deze studie gebruik gemaakt van de KNMI-2006 scenario's in combinatie met het Rhine-flow instrumentarium.

Toename in neerslag (%)

maand	2050		2100	
	G	W+	G	W+
januari	3.7	14.7	7.3	29.4
februari	3.7	15.3	7.5	30.6
maart	3.3	14.3	6.6	28.6
april	3	7.8	6	15.7
mei	2.8	-3.8	5.6	-7.7
juni	2.8	-14.6	5.7	-29.1
juli	2.8	-21.2	5.5	-42.4
augustus	2.7	-21.4	5.5	-42.9
september	2.9	-16.3	5.8	-32.6
oktober	2.9	-5.7	5.8	-11.4
november	3	4	6.1	8
december	3.5	12.5	6.9	25.1

Toename in verdamping (%)

maand	2050		2100	
	G	W+	G	W+
januari	0	0	0	0
februari	0.2	0.3	0.4	0.7
maart	1.9	3	3.8	6
april	3.2	6	6.3	12
mei	3.7	9.3	7.4	18.5
juni	3.8	13.8	7.6	27.6
juli	4	15.3	8	30.6
augustus	4	15.8	8.1	31.7
september	2.8	13.2	5.5	26.4
oktober	2	10	4	20
november	1.3	6.6	2.5	13.1
december	0.3	0.4	0.5	0.8

Zeespiegelstijging (cm)

2050		2100	
G	W+	G	W+
15	35	35	85

Toename in Rijnafvoer (%)

maand	2050		2100	
	G	W+	G	W+
januari	7.9	14.3	15.1	26.3
februari	7.4	18.1	14.2	35.1
maart	4.7	16.1	9.6	33.4
april	2.8	11.9	6	25.1
mei	1.2	1.7	2.9	5.1
juni	0.8	-11.8	2	-21.5
juli	0	-24.4	0	-43.2
augustus	-1	-34.3	-1.7	-57
september	-0.1	-37.3	0	-61.9
oktober	1.5	-32.9	3.2	-56.4
november	4	-17.9	8	-32.9
december	6.4	2.5	12.6	4.1