

Q4505

**Analyse veiligheid en  
zoetwatervoorzieningen  
IJsselmeergebied**





## Analyse veiligheid en zoetwatervoorzieningen IJsselmeergebied

Nienke Kramer Govert Verhoeven Ron Passchier

	h2/10/10/04 postbus 177-2100 MH Dordrecht waterkundig laboratorium/WL
<b>BB</b>	
<b>WL</b>	
<b>EXPL</b>	

<b>Opdrachtgever</b>	Rijkswaterstaat - RIZA				
<b>Titel</b>	Analyse veiligheid en zoetwatervoorzieningen IJsselmeergebied				
<b>Samenvatting</b>					
<p>Het project 'Analyse veiligheid en zoetwatervoorziening IJsselmeerontwikkeling' is verricht in opdracht van de RWS Waterdienst in Lelystad. Aanleiding tot de studie is de verwachting dat er als gevolg van klimaatsveranderingen veel zal veranderen in het waterbeheer van het IJsselmeer en het Markermeer. In deze studie is gekeken naar de mogelijke effecten van verschillende scenario's van klimaatsveranderingen op de veiligheid van het IJsselmeer en Markermeer. Tevens is in deze studie gekeken naar de mogelijkheden om in de zomer het streefpeil te verhogen met als meest belangrijke voordeel een grote toename in het bergingsvolume. Deze verhoging mag echter geen belangrijke verslechtering van de veiligheid voor overstromingen opleveren.</p> <p>De meerpeilen zijn berekend met het SOBEK-BEKKEN model met historische invoerdata over de periode 1951 - 1998. De uitkomsten van deze modellering zijn geëxtrapoleerd naar hogere herhalingstijden op basis van extreme-waarden analyse die de grondslag vormen voor het berekenen van de toetspeilen voor een aantal locaties op het IJsselmeer en Markermeer met het Hydra-VIJ model.</p> <p>Het toepassen van deze methode is goed mogelijk voor de verwachte resultaten van de (KNMI) klimaatscenario's, maar bij de studie naar het effect van verhoogde zomer streefpeilen treden problemen op bij het toepassen van de extreme-waarden analyse. Om die reden is voor dit tweede onderdeel van de studie niet mogelijk absolute getallen te produceren en is vooralsnog alleen een expert judgement gegeven van de verwachte mogelijkheden voor verhoging van het zomer streefpeil.</p> <p>Uit de studie blijkt dat de bijdrage van de zomerperiode aan de hoogte van het toetspeil en het belastingniveau vrijwel nihil is, hetgeen kon worden verwacht voor de zomerperiode. De studie naar de klimaatscenario's tonen o.a. aan dat voor het IJsselmeer de keuze voor een gekoppeld systeem de grootse veiligheid oplevert, terwijl dit voor het Markermeer juist optreedt bij de ontkoppelde of noodoverloop gebied variant.</p> <p>Op basis van een expert judgement voor de peilstrategieën is er vooralsnog geen aanleiding om aan te nemen dat bij een verhoogd zomerstreefpeil met circa 0.60 m een onveiligere situatie zal optreden dan bij het huidige streefpeil.</p>					
<b>Referenties</b>			<begin hier>		
Ver	Auteur	Datum	Opmerk.	Review	Goedkeuring
	Nienke Kramer			Ferdinand Diermanse	Toon Segeren
<b>Projectnummer</b>		Q4505			
<b>Trefwoorden</b>					
<b>Aantal bladzijden</b>		2			
<b>Classificatie</b>		Geen			
<b>Status</b>		Definitief			

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
1.1	Opdrachtschrijving.....	1
1.2	Opdrachtverlening.....	1
1.3	Definities.....	2
1.4	Leeswijzer.....	3
<b>2</b>	<b>Het gebied en de toegepaste methode</b> .....	<b>4</b>
2.1	Beschrijving van het gebied.....	4
2.2	Methode.....	5
2.3	Systeemvarianten.....	5
2.4	Klimaatscenario's.....	6
2.5	Cases.....	7
<b>3</b>	<b>Modelsystemen</b> .....	<b>9</b>
3.1	SOBEK Bekken.....	9
3.1.1	Modelbeschrijving.....	9
3.1.2	Invoergegevens.....	10
3.2	Hydra-VIJ.....	11
3.2.1	Modelbeschrijving.....	11
3.2.2	Meerpeil statistiek.....	11
<b>4</b>	<b>Overschrijdingskans</b> .....	<b>12</b>
4.1	Frequentielijn hoogfrequente deel.....	12
4.2	Extreme waarde analyse laagfrequente deel.....	13
4.3	Werklijn.....	14
4.4	Overschrijdingskans.....	15
4.5	Windstatistiek.....	16
4.5.1	Methode.....	16
4.5.2	Resultaten.....	17
<b>5</b>	<b>Verschillen met HR2001 en HR2006</b> .....	<b>19</b>
5.1	Verschillen Hydra-M en Hydra-VIJ.....	19
5.2	Bepalen statistiek.....	21
<b>6</b>	<b>Referentieberekening</b> .....	<b>23</b>
6.1	SOBEK-BEKKEN.....	23
6.2	Meerpeil statistiek.....	24
6.3	Resultaten Hydra-VIJ.....	25

---

<b>7</b>	<b>Klimaatscenario's.....</b>	<b>29</b>
7.1	Definitie gebruikte klimaatscenario's .....	29
7.2	SOBEK-BEKKEN.....	31
7.2.1	Modelaanpassingen .....	31
7.2.2	Sobek resultaten .....	32
7.3	Meerpeil statistiek.....	37
7.4	Resultaten Hydra-VIJ.....	39
<b>8</b>	<b>Peilstrategieën.....</b>	<b>47</b>
8.1	Peilstrategieën .....	47
8.2	SOBEK-BEKKEN.....	47
8.2.1	Modelaanpassingen .....	47
8.2.2	Sobek resultaten .....	48
8.3	Evaluatie alternatieve methode bepaling meerpeilstatistiek .....	53
8.3.1	Halfjaarlijkse statistiek-hoog frequente deel .....	54
8.3.2	Halfjaarlijkse statistiek-laag frequente deel .....	55
8.3.3	Maandelijkse statistiek – extremen waarden analyse .....	58
8.3.4	Gevoeligheidsanalyse .....	61
8.4	Expert judgement.....	63
<b>9</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>65</b>
9.1	Modelresultaten .....	65
9.2	Resultaten onderzoek.....	66
9.2.1	Effect klimaatscenario's .....	66
9.2.2	Effect peilstrategieën.....	66
<b>10</b>	<b>Aanbevelingen.....</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>Literatuur.....</b>	<b>69</b>
<b>Appendices</b>		
<b>A</b>	<b>Bijlage 1 - Wind statistiek.....</b>	<b>70</b>
<b>B</b>	<b>Bijlage 2 - Resultaten klimaatscenario's .....</b>	<b>73</b>
<b>C</b>	<b>Bijlage 3 - Sturingsinstellingen verbindingen Markermeer en IJsselmeer.....</b>	<b>76</b>
<b>D</b>	<b>Bijlage 4 – Instellingen Hydra-VIJ .....</b>	<b>77</b>
<b>E</b>	<b>Bijlage 5 – Resultaten Hydra-VIJ peilstrategieën .....</b>	<b>78</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Opdrachtomschrijving

In juni 2007 heeft RWS-RIZA (sinds 2008: Waterdienst) een offertezoek ingediend voor een studie naar de veiligheid tegen overstromingen van het IJsselmeer. Hiervoor moeten een aantal deelonderzoeken worden uitgevoerd. Voor zowel Markermeer als het IJsselmeer moet het volgende in beeld worden gebracht:

- 1 De verwachte peilstijgingen in de verschillende klimaatscenario's (KNMI) in 2050 en 2100, in 3 situaties: ontkoppeld, gekoppeld en Markermeer als noodoverloop;
- 2 De marges in het peilbeheer in het zomerhalfjaar;
- 3 De effecten van een dichte dam tussen Almere Pampushaven en Durgerdam op de opwaaiing.
- 4 De effecten van 1, 5 en 10% afname van het bergend oppervlak op de extreme (hoge) peilen van zowel Markermeer als IJsselmeer

Er is offerte uitgebracht op de eerste twee onderdelen, terwijl onderdeel 3 niet in de offerte is opgenomen. Het vierde deelonderzoek betreft werd op dat moment al afgerond bij WL | Delft Hydraulics en is daarom ook niet in de opdracht meegenomen.

Samengevat is het doel van dit project antwoord te geven op de volgende vragen:

- 1 Wat is het effect van de verschillende klimaatscenario's op de maatgevende hoogwaterstand?
- 2 Wat is het effect van de verschillende peilstrategieën op de maatgevende hoogwaterstand?

Voor de klimaatscenario's is in overleg met de opdrachtgever gekozen voor 4 varianten. In totaal 4 peilstrategieën zijn in deze studie doorgerekend die zijn vastgesteld door de opdrachtgever na aanvang van de studie.

## 1.2 Opdrachtverlening

Het project 'Analyse veiligheid en zoetwatervoorziening IJsselmeerontwikkeling' (RI-4827/45001011475) is midden oktober 2007 van start gegaan. De werkzaamheden zoals beschreven in dit rapport zijn uitgevoerd volgens de methode die is beschreven in het memo "**Inhoud offertezoek analyse veiligheid en zoetwatervoorziening IJsselmeerontwikkelingen**" dat als onderdeel van de offerteaanvraag op 27 juni 2007 is ontvangen. In dit memo worden de volgende hoofdkeuzes genoemd omtrent het watersysteem IJsselmeer – Markermeer:

- 1 Ontkoppeling van het Markermeer van het IJsselmeer na 2050? (Markermeer niet mee stijgen met de zee, IJsselmeer wel, Markermeer als 'noodoverloop' voor het IJsselmeer)

- 2 Optimalisatie peilbeheer tot 2050 voor droogte en natuurdoeleinden in zowel Markermeer als IJsselmeer, binnen het bestaande systeem (dus geen grootschalige dijkversterking tot die tijd)
- 3 Wel of geen compartimentering IJmeer/Markermeer
- 4 Toelaatbare ontwikkelingen (stedelijk, natuur) in het water (afname wateroppervlak)

In overleg met de opdrachtgever is besloten het Hydra-M model te vervangen door het Hydra-VIJ model. Naast de wijziging in het gebruik van het type model zijn er nog enkele wijzigingen afgesproken die in alle gevallen per email ter bevestiging zijn vastgelegd. Deze wijzigingen zijn:

- Consequentie van de keuze van een ander model is dat het niet mogelijk zal zijn om de toetspeilen zoals door Hydra M berekend te reproduceren. Dit is het gevolg van:
  - Verschillen in meerpeilstatistiek (Hydra-VIJ neemt ook jaren na 1995 mee in de berekening)
  - Wijziging in de richtingen. Bij Hydra-VIJ wordt gebruik gemaakt van intervallen van 22.5 graden, terwijl dit bij Hydra-M 30 graden was.
- De periode die zal worden doorgerekend is 1951 – 1998 (i.p.v. 1932-1995).

Op 29 november 2007 is een Tussenrapportage verzonden naar de opdrachtgever. Tevens is op verzoek van de opdrachtgever drie maal een tussentijds memo opgesteld. Dit betrof:

- 7 januari 2008: Memo resultaten berekening eerste peilstrategie
- 31 januari 2008: Memo met resultaten van de berekeningen met 3 peilstrategieën
- 11 februari 2008: Memo met resultaten van de berekeningen voor de klimaatscenario's.

Op 20 februari 2008 is het eerste draft van het eindrapport met de opdrachtgever besproken. Op basis van de uitkomst van dit overleg zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd en is de tekst van het rapport herzien. De nu voorliggende tekst vormt het eindrapport conform de contractovereenkomst.

### 1.3 Definities

In dit rapport worden een aantal begrippen gebruikt die mogelijk tot verwarring kunnen leiden:

#### **Strategie**

Een Strategie is een gekozen instelling van een watersysteem. In dit rapport is met name sprake van verschillende peilstrategieën die het mogelijk vastgestelde verloop van het IJsselmeerpeil over een kalenderjaar definiëren.

## **Scenario**

Een scenario is een extern opgelegde situatie die niet door de mens kan worden beïnvloed. In deze studie wordt in dit verband gebruik gemaakt van klimaatscenario's, d.w.z. mogelijke klimaatsveranderingen zoals gedefinieerd door het KNMI. Details over de verschillende klimaatscenario's zijn gegeven in Hoofdstuk 7.

## **(Systeem)variant**

Een (systeem)variant is een instelling van de koppeling van de verschillende watersystemen. In dit project zijn er 3 systeemvarianten die betrekking hebben op de mate en hoedanigheid van controle van uitwisseling van water tussen het IJsselmeer en het Markermeer: 'ontkoppeld', 'gekoppeld' en 'Markermeer als noodoverstroomgebied'. Details over de verschillende systeemvarianten zijn gegeven in Hoofdstuk 2.3.

## **Case**

Een case is een combinatie van meerdere opties in termen van strategie, (systeem)variant en scenario. In totaal zijn er in deze studie 19 cases doorgerkend. Details over de verschillende cases zijn gegeven in Hoofdstuk 2.5.

### **1.4 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving gegeven van het gebied en de gevolgde methode met de verschillende systeemvarianten en klimaatscenario's die gezamenlijk het aantal door te rekenen cases bepalen. In de verschillende hoofdstukken wordt voor de nummering van de in totaal 19 cases naar Tabel 1 in Hoofdstuk 2 verwezen.

In hoofdstuk 3 zijn de toegepaste modelsystemen beschreven (SOBEK-BEKKEN en Hydra-VIJ).

In hoofdstuk 4 is de samenstelling van de overschrijdingskans van peilniveaus beschreven bestaande uit de frequentielijn voor hoogfrequente gebeurtenissen (d.w.z. met een lage herhalingstijd) en de werklijn voor laagfrequente gebeurtenissen (d.w.z. met een hoge herhalingstijd). Tevens is in dit hoofdstuk de toegepaste windstatistiek beschreven.

In hoofdstuk 5 worden de verschillen besproken die zijn gevonden tussen de toepassing van het Hydra-M model en het voor dit project gekozen Hydra-VIJ model.

In hoofdstuk 6 wordt de uitkomst van de referentieberekening voor de huidige situatie besproken.

In hoofdstuk 7 worden de resultaten van de simulaties met de gekozen methode beschreven voor de gekozen klimaatscenario's van het KNMI.

In hoofdstuk 8 wordt de toepassing van 4 alternatieve peilstrategieën beschreven en de problemen die momenteel bij de voor handen zijnde methodiek optreedt. Tevens is hier een expert judgement gegeven van de verwachte effecten van eventuele verhoging van het zomer streefpeil op de twee meren.

In hoofdstuk 9 worden de conclusies van de studie weergegeven.

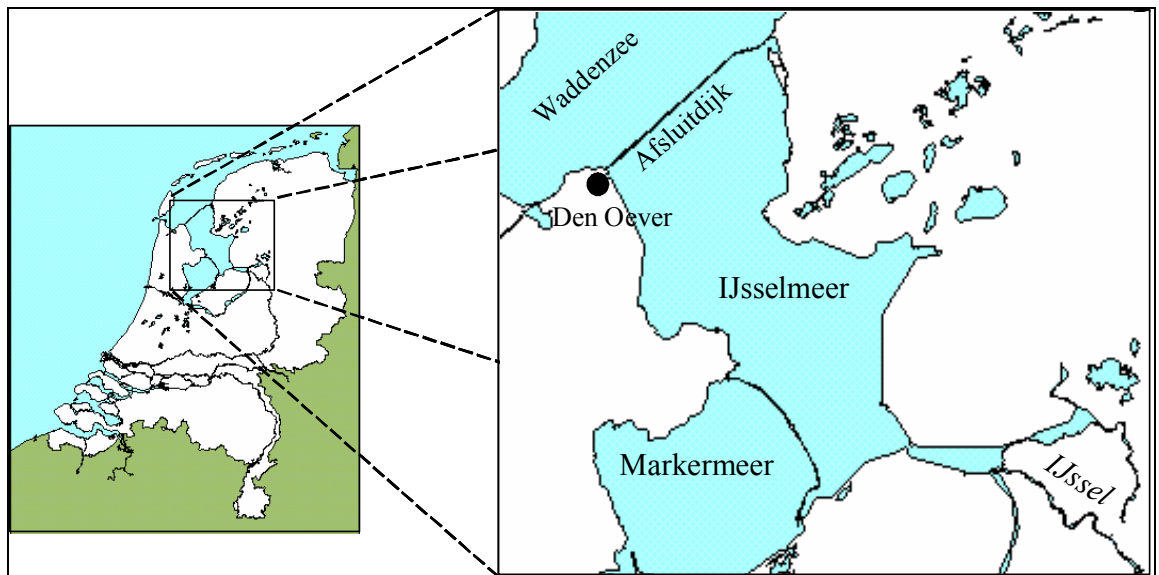
In hoofdstuk 10 worden suggesties gedaan voor aanvullende werkzaamheden die tot een verbetering kunnen leiden van de huidige resultaten.



## 2 Het gebied en de toegepaste methode

### 2.1 Beschrijving van het gebied <sup>1</sup>

Het IJsselmeer is het grootste meer in Nederland, met een totaal oppervlak van 1,182 km<sup>2</sup> (Figuur 2.1). In het zuidoosten komt de rivier de IJssel uit in het meer, met een gemiddelde afvoer van ongeveer 400 m<sup>3</sup>/s. Daarnaast voert een aantal kleinere ('regionale') rivieren en kanalen af op het meer, met een gemiddelde cumulatieve afvoer van ongeveer 165 m<sup>3</sup>/s. In het noorden wordt het meer gescheiden van de zee door de Afsluitdijk. De Afsluitdijk is uitgerust met sluisen, die de afvoer van overtollig water uit het meer in de Waddenzee mogelijk maken. Het volume water dat door de sluisen wordt afgevoerd hangt af van het sluisbeheer, het meerpeil en het zeewaterpeil. Het sluisbeheer is erop gericht het meerpeil gemiddeld te handhaven op -0.40 m +NAP in de winter en -0.20 m +NAP in de zomer. Het hoogste meerpeil gemeten in het IJsselmeer is 0.50 m +NAP, in oktober 1998.



Figuur 2.1 Het IJsselmeer en Markermeer

Hoge meerpeilen in het IJsselmeer zijn het resultaat van een periode van 1 tot 3 weken waarin de toevoer (vanuit de IJssel, de Vecht en de regionale toevoer) groter is dan de afvoer naar zee (via de sluisen in de Afsluitdijk). Maximale meerpeilen worden gewoonlijk een paar dagen na de maximale IJsselafvoer gemeten. Hoge meerpeilen in het IJsselmeer komen vrijwel uitsluitend in het winterhalfjaar voor, omdat in die periode de hoogste afvoeren in zowel de IJssel als de regionale rivieren en kanalen voorkomen. Naast de watertoevoer hebben ook de wind (zowel de richting als de snelheid) en het zeeniveau een significante invloed op de (maximale) meerpeilen, omdat deze factoren de afvoer van overtollig water uit het meer naar de zee beïnvloeden.

1. Analyse gevoeligheid IJsselmeer-gebied voor afname waterbergend vermogen, F.L.M. Diermanse en G.F. Prinsen, WL | Delft Hydraulics, Oktober 2007

Het Markermeer en de randmeren (Veluwemeer en Wolderwijd) hebben geen vergelijkbaar grote toevoer van rivierwater als het IJsselmeer. De meest relevante toevoer is de Eemafvoer (via het Eemmeer). Verder zijn het relatief kleinere boezem- en poldersystemen die lozen op het Markermeer. Overtollig water op het Markermeer wordt geloosd via het IJsselmeer naar de Waddenzee. De uitwisseling met het IJsselmeer is in de regel gering.

## 2.2 Methode

Voor elk scenario worden de volgende activiteiten uitgevoerd:

- 1 Met het SOBEK-BEKKEN model wordt het dagelijkse meerpeil voor de periode 1951 tot 1998 gesimuleerd
- 2 Uit de gesimuleerde meerpeilreeks (daggemiddelden) wordt de meerpeilstatistiek opgesteld
- 3 Door de meerpeilstatistiek als invoer te gebruiken voor Hydra-VIJ kan het toetspeil en het belastingniveau berekend worden.

Naar aanleiding van het rapport Alkyon (2007) is de keuze gemaakt om de berekeningen te maken met Hydra-VIJ in plaats van Hydra-M. Bij hogere meerpeilen is de betrouwbaarheid van Hydra-VIJ beter dan bij Hydra-M, wat van belang is voor het doorrekenen van klimaat scenario's.

Activiteit 1 levert een referentie op, waarmee de effecten van de scenario's en strategieën zullen worden vergeleken.

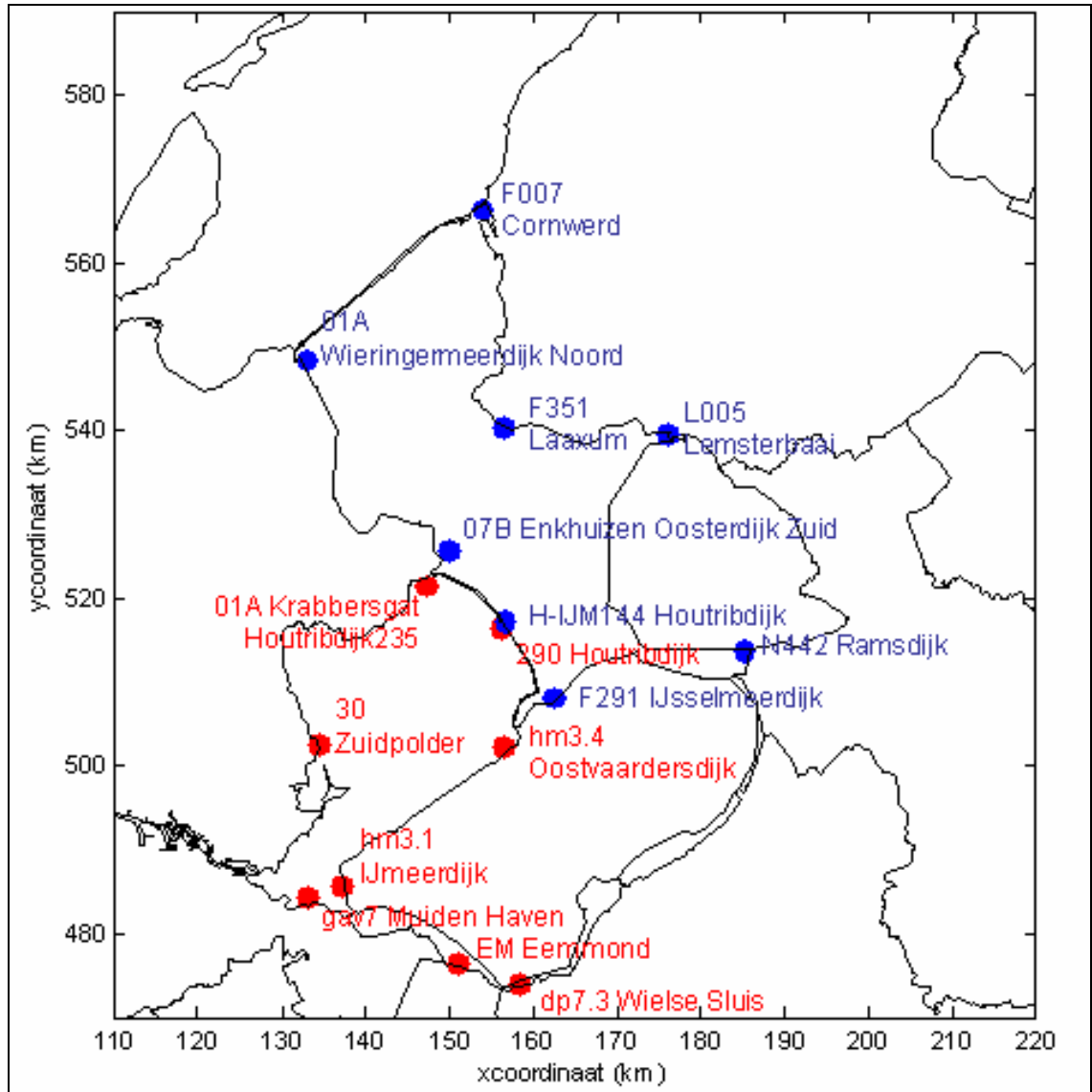
In activiteit 2 worden de klimaatscenario's doorgerekend voor 3 systeemvarianten: ontkoppeld, gekoppeld en Markermeer als noodoverloop. Door de resultaten te vergelijken met de referentie run kunnen uitspraken gedaan worden over de effecten van de klimaatscenario's en varianten.

In activiteit 3 wordt het streefpeil in de zomer aangepast. In deze activiteit zal het effect van het 3 verschillende peil strategieën bepaald worden.

De uitvoer locaties van Hydra-VIJ zijn gekozen in overleg met de opdrachtgever. De betreffende locaties zijn te vinden in Figuur 2-1.

## 2.3 Systeemvarianten

Er zijn drie systeemvarianten doorgerekend: ontkoppeld, gekoppeld en noodoverloop. Onder een ontkoppeld systeem wordt de uitwisseling van water tussen het Markermeer en IJsselmeer geregeld volgens de standaard sturing, zoals staat opgenomen in **Bijlage 3 - Sturingsinstellingen** verbindingen Markermeer en IJsselmeer. Dit komt overeen met de huidige situatie. Bij de gekoppelde systeemvariant, staan de sluisen tussen het Markermeer en het IJsselmeer continu open en wordt onder vrij verval water uitgewisseld. De derde systeemvariant gaat uit van het ontkoppelde systeem met als aanvulling dat bij extreem hoogwater op het IJsselmeer het Markermeer als noodoverloop fungeert voor het overtollige water van het IJsselmeer.



Figuur 2-1 Locaties resultaten berekeningen met Hydra-VIJ

## 2.4 Klimaatscenario's

De drie varianten zijn voor twee klimaatscenario's doorgerekend, waarbij zowel voor het zichtjaar 2050 als voor het zichtjaar 2100 een berekening is gemaakt. De twee doorgerekende klimaatscenario's zijn het G scenario en het W+ scenario (KNMI'06 klimaatscenario's).

De klimaatscenario's hebben betrekking op de verwachte meteorologische veranderingen en de daarbij horende toename van de zeespiegelstijging en rivierafvoeren.

Voor de analyse van de meerpeilen zijn de veranderingen van de volgende vier klimaatsafhankelijke factoren meegenomen:

- 1 neerslag;
- 2 verdamping;
- 3 rijnafvoer;
- 4 zeespiegelstijging;
- 5 laterale in- en uitstroom.

Meer details over de klimaatscenario's zijn weergegeven in Hoofdstuk 7.

## 2.5 Cases

In totaal zijn 19 verschillende cases doorgerekend. De 19 cases kunnen onderverdeeld worden in drie systeemvarianten, namelijk:

1. *ontkoppeld systeem (huidige situatie)*: de sluizen bij Houtrib en Krabbersgat vormen een afscheiding tussen het Markermeer en het IJsselmeer, op basis van de huidige sturingsregels vindt er uitwisseling plaats van water tussen de beide meren. (In de zomer gaat er dus wel water van het IJsselmeer naar het Markermeer).
2. *gekoppeld systeem*: de sluizen bij Houtrib en Krabbersgat staan continu open, er vindt dus onder vrij verval uitwisseling plaats van water tussen het Markermeer en het IJsselmeer.
3. *systeem Markermeer als noodoverloop*: net als systeemvariant 1 (ontkoppeld systeem) met als aanvulling dat bij hoogwater op het IJsselmeer (peil boven +0.4 m. N.A.P.) en bij voldoende bergingsmogelijkheden op het Markermeer (peil niet hoger dan +0.1 m. N.A.P.) het Markermeer als noodoverloop fungeert voor het overtollige water van het IJsselmeer.

Binnen de drie systeemvarianten wordt gekeken naar het effect van klimaatverandering. Hierbij is uitgegaan van de door het KNMI in mei 2006 uitgebrachte klimaatscenario's, de KNMI'06 scenario's. Elke systeemvariant wordt doorgerekend voor 5 klimaatscenario's:

- T0: huidige klimaat (geen aanpassingen aan de invoergegevens)
- TG2050: klimaatscenario G voor het zichtjaar 2050
- TG2100: klimaatscenario G voor het zichtjaar 2100
- TW+2050: klimaatscenario W+ voor het zichtjaar 2050
- TW+2100: klimaatscenario W+ voor het zichtjaar 2100

Als laatste onderscheid binnen de cases is uitsluitend voor het huidige klimaatscenario (T0) gerekend met alternatieve peilstrategieën voor het Markermeer en het IJsselmeer. In totaal zijn er drie alternatieve peilstrategieën doorgerekend. Eén van deze peilstrategieën is tevens doorgerekend met de verhoogde spuicapaciteit van de Lorentzsluis in de Afsluitdijk, die naar verwachting in 2013/2014 beschikbaar komt.

Tabel 1 geeft het overzicht van de 19 cases. In de volgende hoofdstukken wordt voor de nummering van de cases naar deze tabel verwezen.

Tabel 1 Overzicht van de cases

Nr.	stelsysteemvariant	klimaatscenario	alternatieve peilstrategie
1	<i>ontkoppeld</i>	T0	
2	" "	TG2050	
3	" "	TG2100	
4	" "	TW+2050	
5	" "	TW+2100	
6	<i>gekoppeld</i>	T0	
7	" "	TG2050	
8	" "	TG2100	
9	" "	TW+2050	
10	" "	TW+2100	
11	<i>Markermeer als noodoverloop</i>	T0	
12	" "	TG2050	
13	" "	TG2100	
14	" "	TW+2050	
15	" "	TW+2100	
16	ontkoppeld	T0	peilstrategie 1
17	" "	T0	peilstrategie 2
18	" "	T0	peilstrategie 3
19	ontkoppeld met verhoogde spuicapaciteit Lorentzsluis	T0	peilstrategie 4

## 3 Modelsystemen

### 3.1 SOBEK Bekken

#### 3.1.1 Modelbeschrijving

De verkenning van de gevoeligheid van de deelsystemen van het IJsselmeergebied voor waterberging geschiedt met het WINBOS waterbalansmodel. Het WINBOS (Waterhuishouding in het Natte Hart – Beslissings Ondersteunend Systeem) is een beslissingsondersteunend systeem voor het IJsselmeer, Markermeer, de randmeren, Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal. WINBOS is in opdracht van RWS ontwikkeld met als doel verschillende waterbeheerstrategieën onder verschillende klimaatscenario's te kunnen beoordelen. Het WINBOS bestaat uit een serie rekenmodellen. De centrale modellen zijn modellen voor de waterbeweging veiligheid en een ecologisch model. WINBOS bevat verder modules om (financiële en overige) effecten in beeld te brengen voor de recreatievaart, beroepsscheepvaart, beroepsvisserij, drinkwater, (binnendijkse) landbouw, en buitendijks grondgebruik (landbouw, wonen, verblijfsrecreatie, werken).

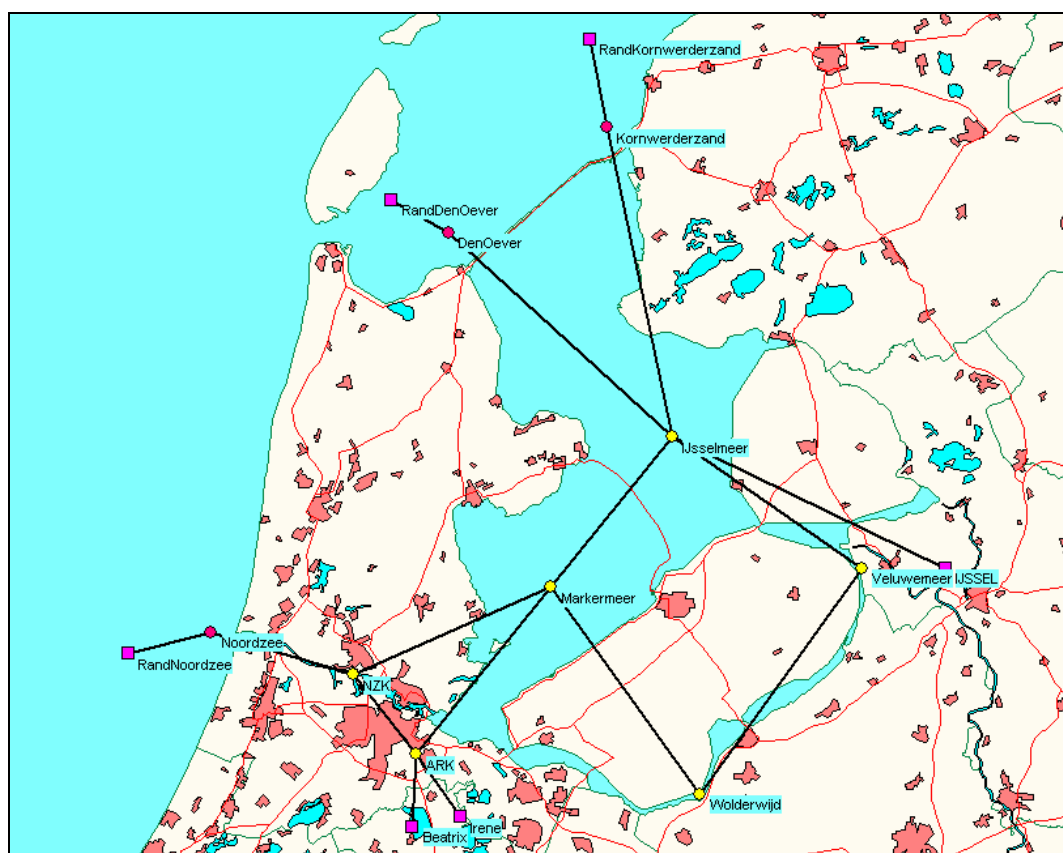
In de huidige studie gebruiken we het waterbewegingsmodel uit WINBOS in de bestaande configuratie. Dit is het zogenaamde SOBEK-BEKKEN model. Dit model bevat een relatief eenvoudige SOBEK-schematisatie van het merengebied waarin elk meer is weergegeven door één knoop (zie Figuur 3.1). Verder zijn alle kunstwerken tussen de meren in de schematisatie opgenomen. De randen van het model bestaan uit:

- de IJssel nabij het Ketelmeer;
- de inlaat bij de Beatrixsluizen op het Amsterdam-Rijnkanaal;
- de inlaat van de Irenesluizen op het Amsterdam-Rijnkanaal;
- buitenwaterstanden bij Kornwerderzand, Den Oever (Waddenzee);
- de buitenwaterstand op de Noordzee bij IJmuiden.

De afvoer van de Vecht wordt samen met enkele andere regionale wateren als één cumulatieve laterale toevoer gemodelleerd. In de SOBEK-BEKKEN schematisatie is het volume van de meren volledig geconcentreerd in de knopen. De meren zijn gemodelleerd als rechte bakken met een constant oppervlak. Het debiet over de takken wordt bepaald met behulp van een speciale formulering bij kunstwerken. De windopzet aan weerszijden van een kunstwerk wordt bepaald met behulp van een reprofunctie van de vorm  $dh = c \cdot u_{wind}^a / h_0^b$ , waarin:

- a,b,c = reprocoëfficiënten (per windrichting, per kunstwerk op te geven);
- $h_0$  = lokale waterdiepte;
- u = windsnelheid (m/s);

In SOBEK-BEKKEN wordt vervolgens met behulp van het opgegeven windveld (windrichting en windsnelheid) bepaald wat de waterstanden aan weerszijden van het kunstwerk zijn, en wat het debiet over het kunstwerk is.



Figuur 3.1 WINBOS schematisatie

Het WINBOS berekent meerpeilen per half uur. In [WL, 1997] is aangetoond dat de met WINBOS berekende waterstanden een voldoende goede fit vertonen met de gemeten waterstanden.

Voor het huidige project is een iets gewijzigde modellering toegepast waarin de optimale afvoercoëfficiënt is aangepast (Vlag, e.a, 2005).

### 3.1.2 Invoergegevens

De berekening met het SOBEK-BEKKEN model zijn uitgevoerd voor de periode van 1951 tot en met 1998. De benodigde invoergegevens voor het model zijn gebaseerd op meetdata voor die periode. Het betreft hier de rivierdebieten van de modelranden, het laterale debiet van de Vecht, neerslag en verdamping, zeewaterstanden en windgegevens. Bij klimaatscenario's worden deze datareeksen aangepast overeenkomstig het betreffende klimaatscenario.

---

## 3.2 Hydra-VIJ

### 3.2.1 Modelbeschrijving

Het programma Hydra-VIJ is een belangrijk hulpmiddel voor de toetsing van het ontwerp van waterkeringen in het merengebied.

Het doel van het probabilistische model Hydra-VIJ is om bij gegeven terugkeertijd het toetspeil en hydraulische belastingniveau te bepalen voor een dijkvak gelegen in de Vecht- en of de IJsseldelta. In deze studie wordt de invoer gevormd door de meerpeilstatistiek en windstatistiek aan te passen.

Voor het bepalen van de veiligheid zijn in de huidige situatie meerpeil en wind in het winterhalfjaar (oktober t/m maart) bepalend. Wanneer de streefpeilen voor de zomer verhoogd worden, kan ook de zomer bepalend zijn voor de veiligheid. In deze studie zal dus zowel meerpeil statistiek voor de winter als voor de individuele zomermaanden bepaald worden.

De overige statistiek bestanden zijn overgenomen uit de studie van Alkyon (Bosch, 2005). De instellingen van Hydra-VIJ zijn weergegeven in Bijlage D.

### 3.2.2 Meerpeil statistiek

Voor het bepalen van de meerpeilstatistiek worden gesimuleerde meerpeilwaarden (gemiddelde dagwaarden) uit het SOBEK-BEKKEN model gebruikt. De methode is vergelijkbaar met de manier zoals beschreven in Blaakman, 1997. De statistiek van Blaakman [1997] is toegepast in het rekenmodel Hydra-M. Daar de benodigde statistiek van het Hydra-VIJ model afwijkt van Hydra-M, wordt de gebruikte methode hieronder nader beschreven.

Allereerst moet een aantal begrippen worden gedefinieerd:

- Een *meerpeilgolf* ofwel een *verhoging* is een aaneengesloten rij meerpeilen die uitkomen boven een bepaald peil. Het hoogste peil heet de *top*.
- De *frequentielijn* geeft voor elk peil het aantal toppen per jaar dat boven dit peil ligt.

De in dit rapport gebruikte methode voor het bepalen van de overschrijdingskans wordt in de volgende hoofdstukken besproken. De getoonde getallenvoorbeelden hebben betrekking op het winterhalfjaar. In tegenstelling tot Hydra-M is het in Hydra-VIJ niet nodig momentane overschrijdingskansen te bepalen.

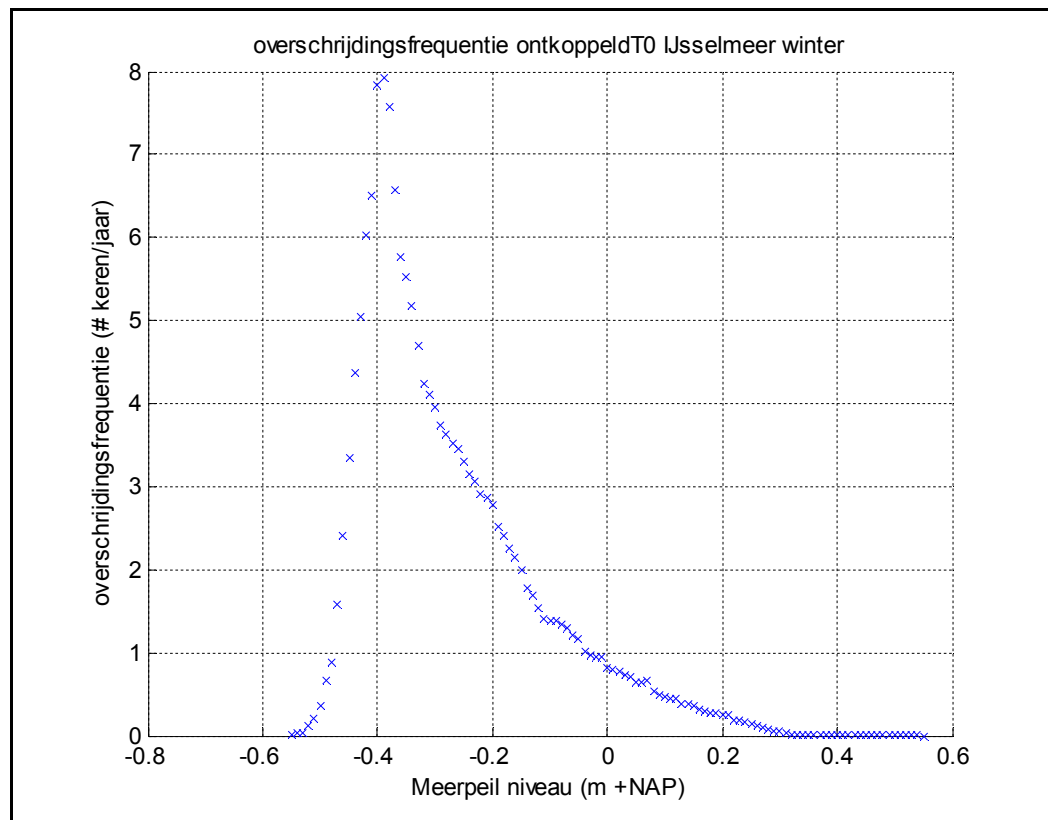


## 4 Overschrijdingskans

De overschrijdingskans als functie van het meerpeil wordt aangeduid als werklijn. Deze bestaat uit twee afzonderlijke delen, nl. voor het hoogfrequente deel (relatief veel voorkomende meerpeilen) en het laagfrequente deel (extreme hoog meerpeilen). Voor het hoogfrequente deel spreken we van een 'frequentielijn'. Voor het laagfrequente deel wordt de werklijn gebaseerd op een extreme waarden analyse. De standaardversie van Hydra-VIJ maakt gebruik van een werklijn die is afgeleid voor het winterhalfjaar (1 oktober – 31 maart). In de onderhavige studie zal echter ook gerekend worden met een werklijn die juist voor het zomerhalfjaar is afgeleid.

### 4.1 Frequentielijn hoogfrequente deel

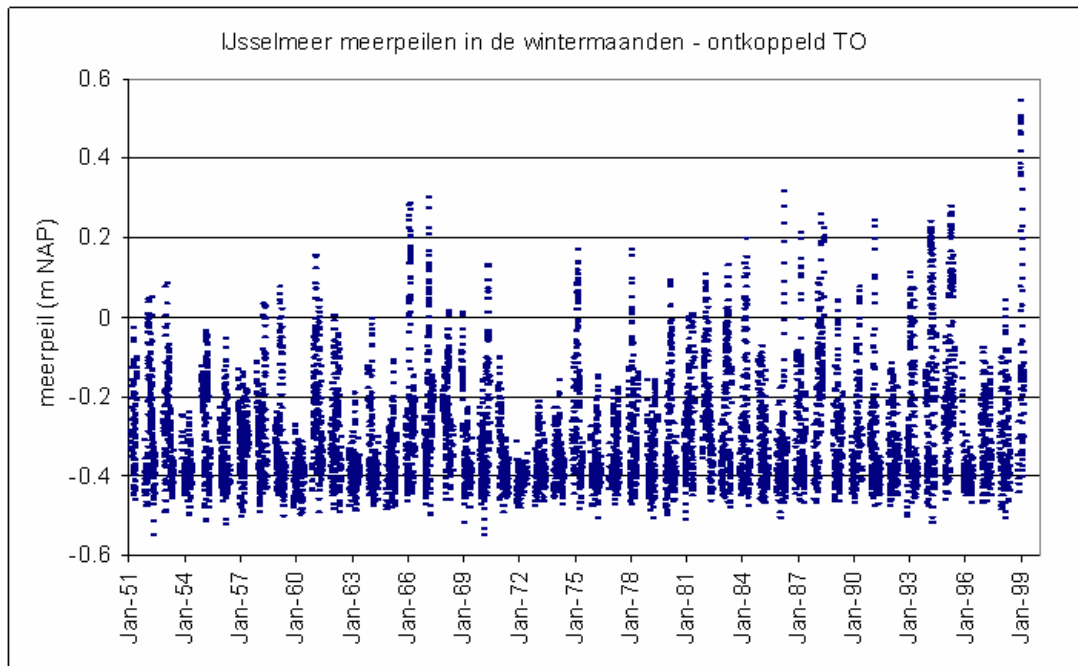
De frequentielijn is bepaald door het tellen (per drempelwaarde) van het aantal toppen dat boven deze drempel uitkomt. Het resultaat is weergegeven in Figuur 4-1. Er is hier een zichtduur toegepast van 15 dagen. De zichtduur van 15 dagen conform Hydra-VIJ betekent dat 2 pieken minstens 15 dagen uit elkaar moeten liggen. Is dit niet het geval, dan wordt het als 1 piek geteld. Zichtduur wordt gebruikt om kleine schommelingen van het meerpeil uit de series te filteren. Tevens is er vanuit gegaan dat in het geval dat het peil op 31 maart en 1 oktober hoger ligt dan de drempel waarde, het peil in de zomer periode minstens 1 keer onder de drempelwaarde komt. Er wordt een extra top bij het aantal toppen voor die drempelwaarde opgeteld. Dit geldt alleen voor meerpeilen hoger dan het streefpeil.



Figuur 4-1 Overschrijdingsfrequentie Referentierun IJsselmeer (winter)

Voor een meerpeil kleiner dan -0.4 m NAP neemt de overschrijdingsfrequentie af. Dit is te verklaren doordat het meerpeil niveau in de meeste jaren het gehele jaar boven -0.4 m NAP ligt. De meerpeil lijn doorkruist de drempelwaarde alleen na een laagwaterperiode, waardoor de overschrijdingsfrequentie dus laag blijft.

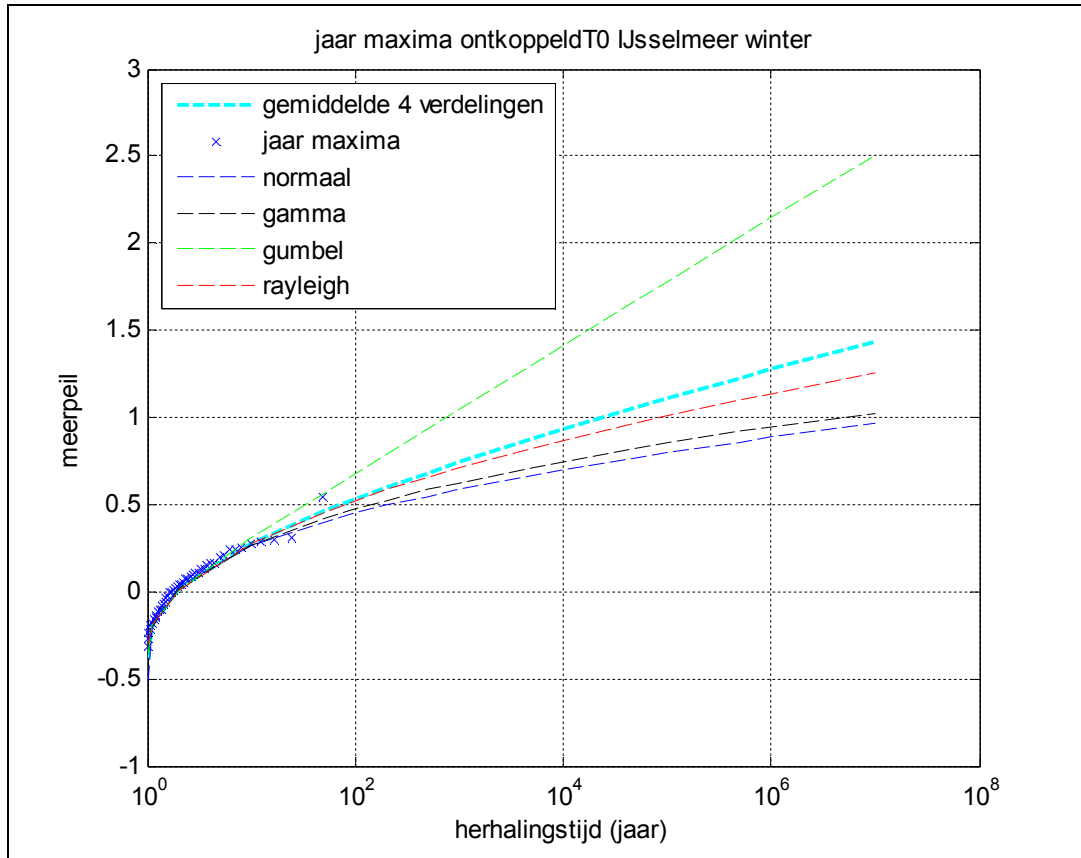
In Figuur 4-1 ligt de piek bij een meerpeil van -0.4 m NAP. Dit komt overeen met Figuur 4-2, waarin is te zien dat in de winter de meeste meerpeilen rond het peil van -0.4 m NAP liggen.



Figuur 4-2: Meerpeilen van alle winterdagen van 1951 tot 1998.

#### 4.2 Extreme waarde analyse laagfrequente deel

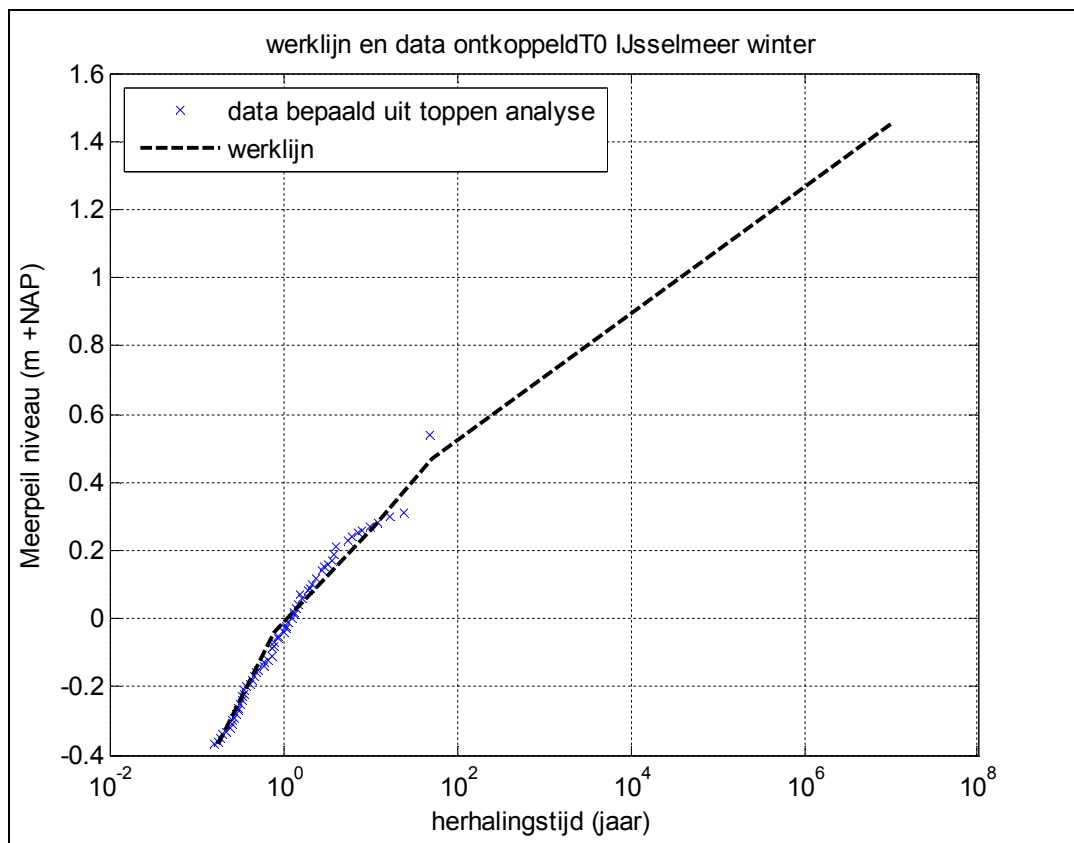
De extrapolatie van de frequentielijn is gebaseerd op de berekende jaarmaxima, waarop vier kansverdelingen zijn gefit: de normale verdeling, de Rayleigh verdeling, de Gamma verdeling en de Gumbel verdeling. Het gemiddelde van de vier fits geeft de werklijn voor het laagfrequente bereik (zie Figuur 4-3). Het gemiddelde is bepaald door per herhalingsjijd de verschillende meerpeilen te middelen. De jaarmaxima zijn bepaald op basis van hydrologische jaren (1 april tot 31 maart).



Figuur 4-3 Resultaten frequentie-analyse IJsselmeer (winter) voor 4 verdelingen

### 4.3 Werklijn

De twee delen worden samengesteld tot een werklijn. De overgang tussen de twee is gekozen bij een herhalingstijd van 10 jaar (zie Figuur 4-4).



Figuur 4-4 Samengestelde lijn op basis extreme-waarden analyse en frequentielijn

#### 4.4 Overschrijdingskans

De werklijn wordt vertaald naar een kansdichtheid (overschrijdingskans) van de piekwaarden voor de basisduur B. Hydra-VIJ werkt met trapezia met een basisduur van 30 dagen. Daar het (afgeronde) winterhalfjaar bestaat uit 180 dagen, kent het winterhalfjaar 6 opeenvolgende basisduren (Geerse, 2006). Voor een berekening van het winterhalfjaar moet de overschrijdingsfrequentie van piekwaarden, zoals die volgt uit de werklijn, daarom door 6 worden gedeeld, zoals is aangetoond door Geerse (2002).

In het statistiekbestand "ovkans\_ijsselmeer\_piekmeerpeil.txt" worden de overschrijdingskansen weggeschreven. Het statistiek bestand in Hydra-VIJ moet beginnen met een lage drempelwaarde,  $D_{min}$ , die een overschrijdingskans heeft die gelijk is aan 1. De overschrijdingskans van 1 impliceert dat het meerpeil binnen elke periode van 30 dagen minstens 1 keer boven  $D_{min}$  uitkomt. De waarde van  $D_{min}$  wordt met de frequentielijn voor het laagfrequente deel niet altijd correct bepaald. Dat komt doordat de frequentielijn wordt afgeleid door individuele dagen op te tellen, zonder daarbij rekening te houden met perioden van 30 aaneengesloten dagen. Om deze waarde toch goed te kunnen bepalen is daarom een additionele analyse uitgevoerd waarbij per drempelwaarde het maximale aantal aaneengesloten dagen geteld wordt waarin het meerpeil onder deze drempelwaarde komt. Voor drempelwaarden waarbij dit maximum kleiner is dan 30 dagen geldt dat de eerder genoemde overschrijdingskans gelijk is aan 1. De hoogste drempelwaarde die aan deze eigenschap voldoet wordt gekozen als  $D_{min}$ .

## 4.5 Windstatistiek

In alle voorgaande studies wordt alleen naar het winterhalfjaar gekeken. Bij het bepalen van het toetspeil per normfrequentie wordt er van uitgegaan dat de bijdrage van de zomer verwaarloosbaar is. Echter in deze studie gaan we met variabele streefpeilen in de zomer werken, waardoor de bijdrage in de zomer groter wordt, waardoor we de zomer ook mee moeten nemen in de berekeningen. In Hydra-VIJ is alleen windstatistiek voor de wintermaanden beschikbaar. Omdat het in de winter harder waait dan in de zomer moet de windstatistiek aangepast worden voor de zomermaanden. De toegepaste methode wordt in dit hoofdstuk beschreven.

### 4.5.1 Methode

Het huidige windbestand, geldig voor de wintermaanden, geeft voor de windsnelheden van 0 tot 42 m/s en voor 16 windrichtingen de conditionele overschrijdingskans. Dit is de kans dat in een aaneengesloten periode van 12 uur minimaal 1 uur voorkomt waarvoor de windsnelheid groter is dan  $u$ , gegeven dat de windrichting voor elk van de 12 uren gelijk is aan  $w$ . (zie **Bijlage 1 - Wind statistiek**)

De tabel is gebaseerd op overschrijdingskansen op basis van KNMI data voor lage windsnelheden en het Rijkcoort-Weibull model voor hoge windsnelheden. Echter deze methode is erg arbeidsintensief. Op advies van Chris Geerse (HKV) is besloten om de windstatistiek voor de zomer te bepalen, gebruik makend van de methode zoals beschreven in SPIJ (Seizoensgebonden Peilbeheer IJsselmeer).

De methode kent de volgende stappen:

- 1 Om de zomerstatistiek te bepalen is gebruik gemaakt van gegevens van de KNMI website (referentie). Hier staan de windsnelheden voor 12 windrichtingen en 14 herhalingstijden. De KNMI statistiek bestanden van jan-feb en mei-juni zijn weergegeven in **Bijlage 1 - Wind statistiek**.
- 2 De KNMI windstatistiek is een uur-tabel, terwijl de Hydra-VIJ windstatistiek een 12 uurs tabel is. Uit het rapport van Geerse, et al. (2002) blijkt dat de snelheden van de 12-uurstabel zo'n 20% tot maximaal 35% hoger ligt dan de uurstabel. Om een goede vergelijking te maken tussen de Hydra-VIJ en KNMI statistiek worden de KNMI windsnelheden met 25% verhoogd.
- 3 In de derde stap is de verhouding bepaald tussen de windsnelheden in de maanden jan-feb en mei-juni. De verhouding geeft het percentage waarmee het huidige Hydra-VIJ statistiek moet worden gereduceerd om de zomer statistiek te verkrijgen. In dit rapport is januari-februari gebruikt als referentie voor de winter en mei-juni als referentie voor de zomer. Het zou logischer zijn om de verhouding te bepalen tussen de zomer en de winter statistiek. Echter door het ontbreken van de KNMI zomer statistiek was dit niet mogelijk.

---

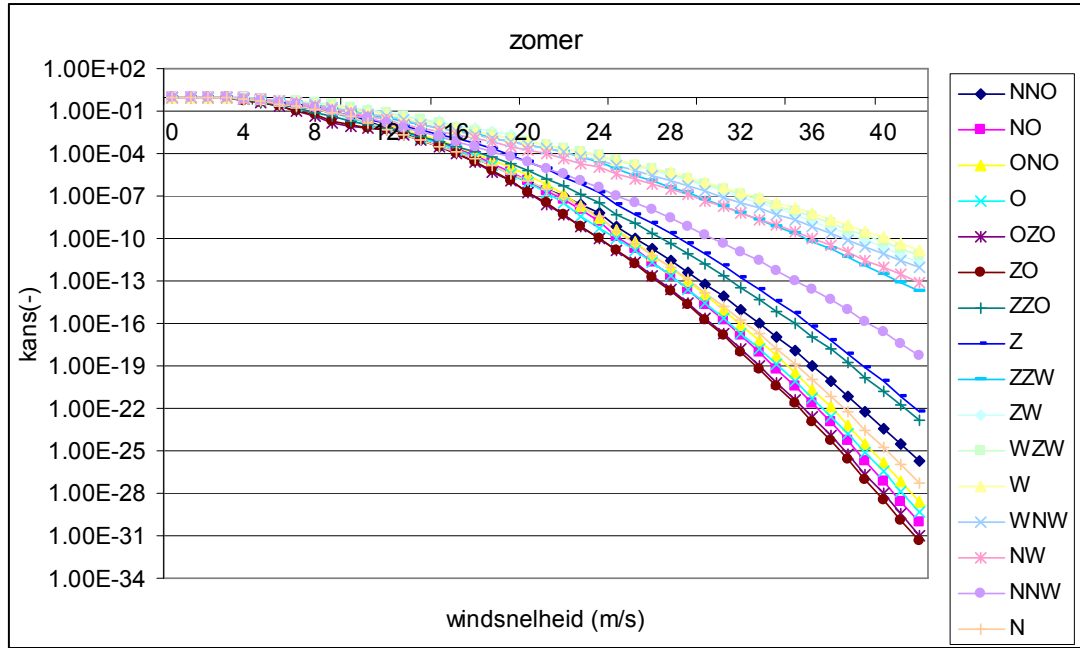
De reductie percentages zijn afhankelijk van de herhalingstijd en de windrichting. Om de berekende percentages te kunnen vermenigvuldigen met de Hydra-VIJ windsnelheden moet eerst een aantal stappen gemaakt worden:

4. De reductie percentages zijn omgezet van 12 naar 16 windrichtingen, gebruikmakend van een lineaire interpolatie methode.
5. De herhalingstijden van de KNMI statistiek worden omgerekend naar overschrijdingskansen met de volgende formule:  
 $kans = 1 - \exp(-(\text{frequentie}))$   
 $frequentie = 1 / \text{herhalingstijd}$
6. De kansen van Hydra-VIJ zijn vergeleken met de berekende KNMI kansen. Vervolgens is voor elke windsnelheid en windrichting het bijbehorende reductie percentage gezocht.
7. Voor alle 16 windrichtingen en 43 windsnelheden is de windsnelheid vermenigvuldigd met het berekende percentage.
8. Om uiteindelijk weer voor de windsnelheid 1 t/m 42 een overschrijdingskans te verkrijgen is een lineaire interpolatie toegepast. Voor de kansen is hier gebruik gemaakt van een logaritmische verdeling.

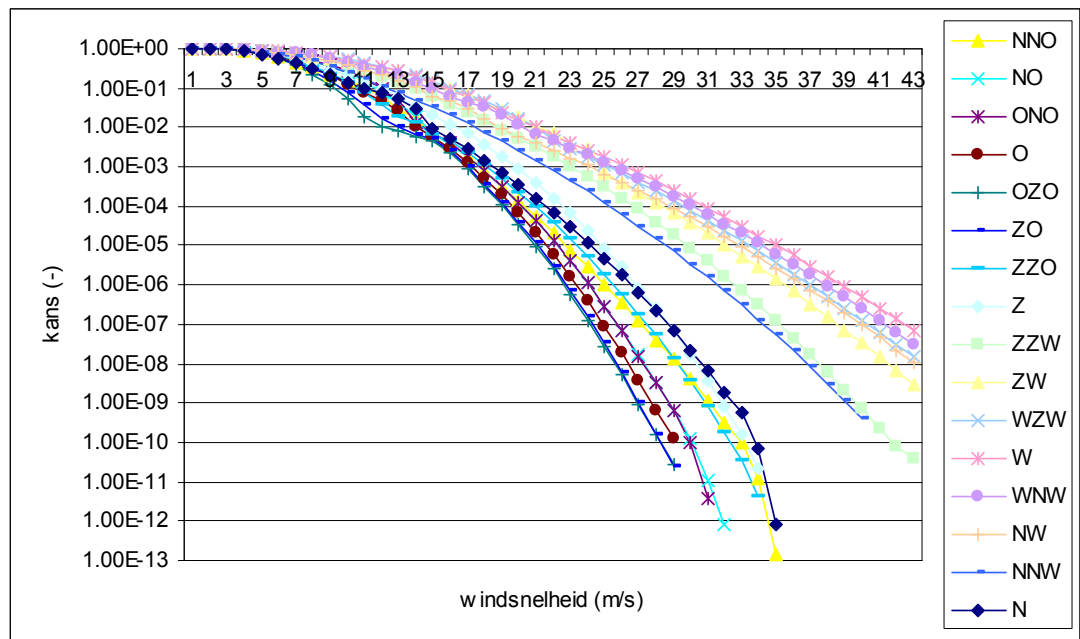
Door gebrek aan maandelijksse windstatistiek gegevens nemen we aan dat de windsnelheden in de zomer homogeen verdeeld zijn over de zomermaanden. Omdat Hydra-VIJ gebruik maakt van 12-uur maxima, kan voor elke maand dezelfde statistiek gebruikt worden.

#### 4.5.2 Resultaten

De Hydra-VIJ statistiek voor de zomermaanden is weergegeven in Figuur 4-5 en **Bijlage 1 - Wind statistiek**. Ter vergelijking toont Figuur 4-6 de statistiek voor de wintermaanden.



Figuur 4-5 Berekend Hydra-VIJ windbestand voor de zomer: conditionele kans op overschrijding van windsnelheid  $r$  voor 12 uur-maxima te Schiphol.



Figuur 4-6 Oorspronkelijke Hydra-VIJ windbestand voor de wintermaanden: conditionele kans op overschrijding van windsnelheid  $r$  voor 12 uur-maxima te Schiphol.

## 5 Verschillen met HR2001 en HR2006

De in deze studie toegepaste methode voor het afleiden van meerpeilstatistiek wijkt af van de methode die in het kader van het Hydraulische Randvoorwaardenboek (HR2001 en HR2006, RWS-RIZA 2001 en 2007) is toegepast. De voornaamste redenen voor deze afwijking zijn:

- 1 We beschikken niet meer over alle meetgegevens die aan de basis lagen van HR2001 en HR2006.
- 2 In deze studie wordt statistiek voor enkele scenario's van peilbeheer en klimaat bepaald. De reeksen van meerpeilen waarop deze statistiek wordt gebaseerd zijn (uiteraard) afkomstig uit modelsimulaties. In HR2001/2006 is de statistiek voor een belangrijk deel gebaseerd op gemeten meerpeilen. De simulaties kunnen enigszins afwijken van de metingen. In het SOBEK-BEKKEN model is het spuimechanisme optimaal afgeregeld. Dit zal in werkelijkheid niet het geval zijn. Hierdoor zullen de berekende meerpeilen afwijken van de gemeten meerpeilen.
- 3 Voor het bepalen van de winterstatistiek wordt gebruik gemaakt van meerpeilen van 1951 tot 1998. Dit is in tegenstelling tot de gebruikte gegevens voor het vaststellen van de toetspeilen in HR2001/HR2006, waarin gekeken is naar de periode 1931 tot 1995. 1998 was een jaar met extreem hoge meerpeilen. Omdat dit jaar niet in de oude methode is meegenomen zullen er verschillen ontstaan in de gebruikte statistiek.
- 4 De toetspeilen uit HR2001/2006 zijn bepaald met Hydra-M. In deze studie is Hydra-VIJ gebruikt.
- 5 Verschillen tussen de statistiek van HR2001/2006 en de huidige studie

In dit hoofdstuk worden de laatste 2 punten nader toegelicht. Daarbij kijken we met name naar de berekende toetspeilen.

### 5.1 Verschillen Hydra-M en Hydra-VIJ

De toetspeilen uit HR2001 en HR2006 zijn bepaald met Hydra-M, terwijl in deze studie Hydra-VIJ gebruikt is. In Bosch (2005) zijn resultaten van de modellen Hydra-M en Hydra-VIJ met elkaar vergeleken. Voor verschillende locaties zijn de resultaten weergegeven in Tabel 5-1 en Tabel 5-2. De verschillen tussen de twee Hydra modellen zijn klein.



Tabel 5-1: Waterstand berekeningen locaties IJsselmeer (Bosch, 2005).

dijkring	locatie RVW-Boek HR 2001	toetspeil m+NAP	Dijk- normaal	Hydra_M	Hydra_VI J	Vershil in meters
8	F 235 IJsselmeerdijk	1.8	327.62	1.772	1.814	-0.042
6	F 329 Roode Klif	1.0	230.47	0.968	0.997	-0.029
6	F 280 Stavoren Noord	1.0	324.60	0.971	1.016	-0.045
12	02A Zeughoek Noord	1.0	64.96	0.966	1.010	-0.044
7	N 134 Westermeerdijk	1.3	271.32	1.318	1.363	-0.045
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1.1	45.00	1.088	1.133	-0.045
8	F090 Ketelmeerdijk	2.7	14.68	2.646	2.639	0.007
7	N 420 Ramsdijk	2.9	180.27	2.900	2.885	0.015

Tabel 5-2: Waterstand berekening locatie Markermeer (Bosch, 2005).

dijkring	locatie RVW-Boek HR 2001	toetspeil m+NAP	Dijk- normaal	Hydra_M	Hydra_VI J	Vershil in meters
13	05B De Weed Midden	0.9	118.10	0.892	0.900	-0.008
13	15B Hoorn Willemsweg	0.7	163.93	0.716	0.741	-0.025
13	30 Zuidpolder	0.7	69.59	0.675	0.683	-0.008
13	55 Barnegat Zuid	0.7	159.68	0.692	0.724	-0.032
8	hm 5.0 IJmeerdijk	0.7	258.82	0.721	0.738	-0.017
8	hm 3.4 Oostvaardersdijk	1.2	325.72	1.150	1.113	0.037
8	hm 21.3 Eemmeerdijk W	1.4	223.99	1.374	1.355	0.019
8	hm 29.3 Nijkerkerdijk	1.8	163.44	1.810	1.798	0.012

Wanneer de instellingen en statistiek bestanden over genomen worden uit Bosch (2005) is het voor het IJsselmeer mogelijk gebleken de resultaten uit Bosch (2005) (Tabel 5-1) te reproduceren. Echter volgens Chris Geerse (HKV) is het in tegenstelling tot Hydra-M wordt bij HR berekeningen in Hydra-VIJ de momentane kans niet gebruikt. In de HR berekeningen wordt de momentane kans alleen gebruikt als hulpmiddel om de trapeziumparameters te bepalen. Als die trapeziumparameters eenmaal bekend zijn, is het verder niet meer nodig in Hydra-VIJ de momentane kans als invoerparameter te gebruiken.

Wanneer we de momentane kans niet meenemen worden de resultaten uit Tabel 5-3 verkregen. De verschillen tussen Hydra-VIJ en Hydra-M zijn vergelijkbaar met de verschillen in Tabel 5-1. Op basis van deze gegevens is besloten om de momentane kans niet mee te nemen. Er is weinig verschil in de resultaten.

Tabel 5-3: Berekende waterstanden IJsselmeer

	locatie RVW-Boek HR2006	Hydra-M	Hydra-VIJ (nieuw) m +NAP	verschil m
8	F235 IJsselmeerdijk	1.772	1.782	-0.01
6	F329 Roode Klif	0.968	0.995	-0.027
6	F280 Stavoren Noord	0.971	1.020	-0.049
12	02A Zeughoek Noord	0.966	1.043	-0.077
7	N134 Westermeerdijk	1.318	1.333	-0.015
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1.088	1.136	-0.048
8	F090 Ketelmeerdijk	2.646	2.609	0.037
7	N420 Ramsdijk	2.9	2.857	0.043

Voor het Markermeer is het echter niet mogelijk de resultaten uit Bosch (2005) te reproduceren (zie Tabel 5-4). Uit deze tabel blijkt dat de verschillen met Hydra-M voor een aantal locaties groot zijn. Door verschillen in toetspeil tussen de Hydra-VIJ en Hydra-M berekening zal ook het referentie toetspeil afwijken van het toetspeil in HR2001.

Tabel 5-4: Berekende waterstanden Markermeer

dijkkring	locatie RVW-Boek HR2001	Hydra-M m +NAP	Hydra-VIJ (nieuw) m +NAP	verschil m
13	05B De Weed Midden	0.892	0.905	-0.013
13	15B Hoorn Willemsweg	0.716	0.867	-0.151
13	30 Zuidpolder	0.675	0.911	-0.236
13	55 Barneгат Zuid	0.692	0.863	-0.171
8	hm 5.0 IJmeerdijk	0.721	0.763	-0.042
8	hm 3.4 Oostvaardersdijk	1.15	1.113	0.037
8	hm 21.3 Eemmeerdijk	1.374	1.355	0.019
8	hm 29.3 Nijkerkerdijk	1.81	1.798	0.012

## 5.2 Bepalen statistiek

De statistiek, gebruikt voor het bepalen van de toetspeilen in het randvoorwaardenboek, is gebaseerd op Blaakman (1999). Hydra-VIJ vereist echter andere uitvoerbestanden. Voor het bepalen van de nieuwe statistiek is gebruik gemaakt van Blaakman (1999) en Geerse (2006). De door hen gebruikte methoden zijn niet altijd duidelijk toegelicht, er kunnen hierdoor verschillen in de statistiek ontstaan tussen genoemde twee studies en de huidige studie:

1. In dit onderzoek is het gemiddelde van de 4 verdelingsfuncties bepaald door de meerpeilen te middelen. Het was niet duidelijk hoe Blaakman (1999) de functies heeft gemiddeld (middeling over meerpeilen, middeling over de herhalingsstijd of een middeling over de log van de herhalingsstijd).
2. In deze studie zijn de jaar maxima bepaald voor een hydrologisch jaar (1 april - 31 maart). Het is niet duidelijk of Blaakman een kalender of hydrologisch jaar heeft gebruikt.

Andere verschillen die genoemd kunnen worden zijn:

3. In de nieuwe statistiek is een zichtduur gebruikt van 15 dagen. Deze 15 dagen zichtduur is niet meegenomen door Blaakman (1999).
4. In Blaakman (1999) wordt Pearson-type III (gamma verdeling) gebruikt. In de onderliggende studie is enkel gebruik gemaakt van de Gammaverdeling, omdat in Matlab de Pearson-type III niet beschikbaar is.

## 6 Referentieberekening

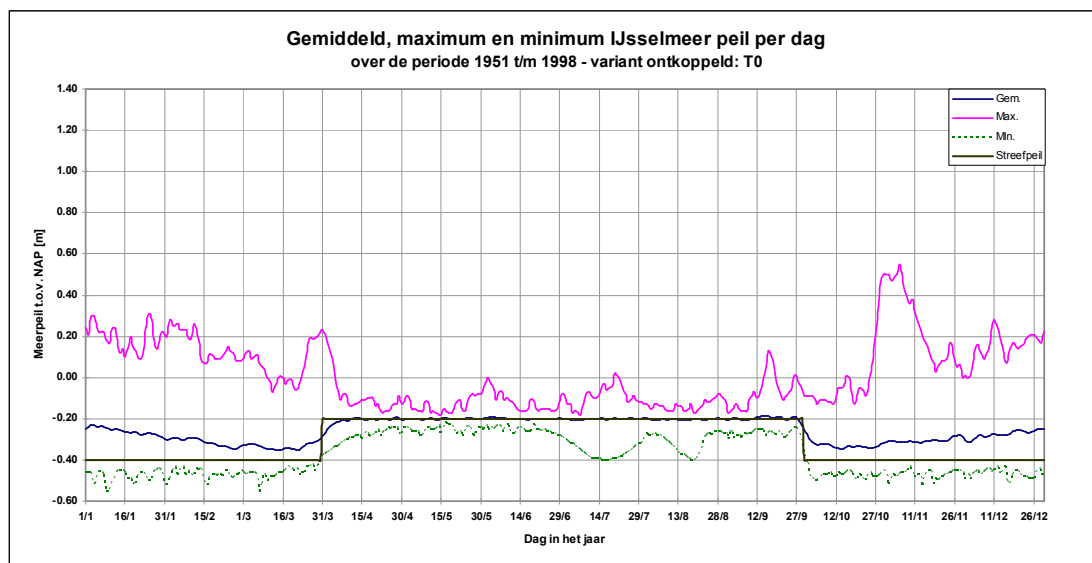
In de referentieberekening (case 1) wordt gebruik gemaakt van de meerpeilstatistiek voor het winterhalfjaar in de huidige toestand. Deze activiteit levert een referentie op, waarmee de effecten van de scenario's en strategieën zullen worden vergeleken. In alle voorgaande studies naar meerpeilstatistiek is alleen naar het winterhalf jaar gekeken. Bij het bepalen van het toetspeil per normfrequentie wordt er van uit gegaan dat de bijdrage van de zomer verwaarloosbaar is. Echter in activiteit 3 wordt met variabele streefpeilen in de zomer gewerkt, waardoor de bijdrage in de zomer groter wordt. Om die reden worden ook voor de zomer een referentie berekening gemaakt voor de huidige toestand.

In de referentie berekening is gerekend met de systeemvariant *ontkoppeld* systeem. Dit betekent dat de uitwisseling tussen Markermeer en IJsselmeer geregeld wordt met een controller in het SOBEK-BEKKEN model. Dit komt zoveel mogelijk overeen met de werkelijke uitwisseling tussen IJsselmeer en Markermeer.

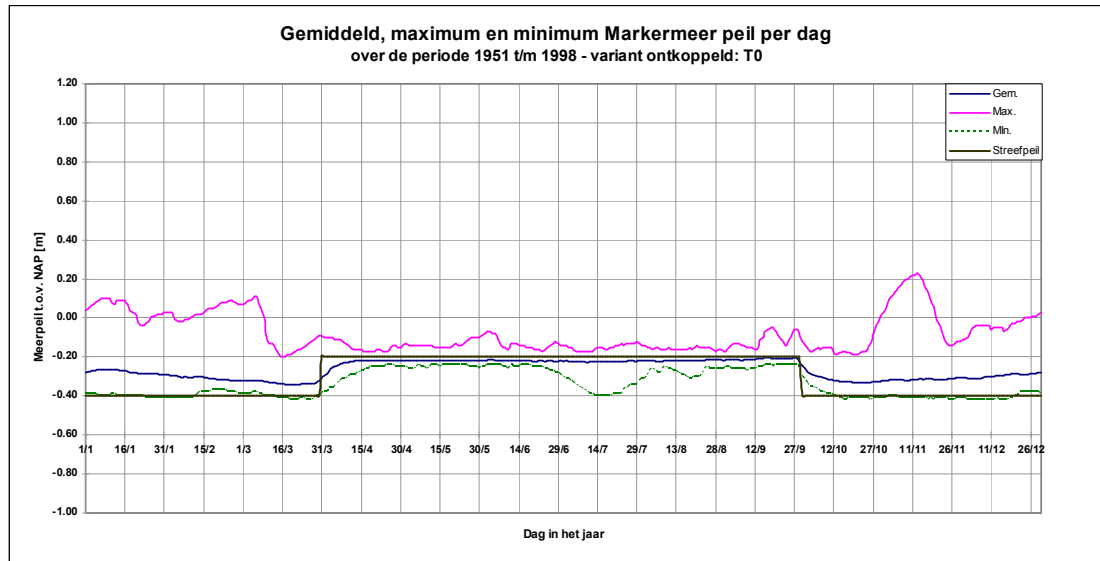
### 6.1 SOBEK-BEKKEN

In de referentieberekening (case 1) zijn de standaard instellingen gehanteerd van het SOBEK-BEKKEN model, zoals dit ook is gebruikt bij eerdere studies (WL 2007, Gevoeligheid IJsselmeerpeil). Deze standaard sturingsinstellingen voor de kunstwerken tussen alle verbinding van en naar het Markermeer en IJsselmeer zijn opgenomen in **Bijlage 3 - Sturingsinstellingen verbindingen Markermeer en IJsselmeer**.

De uitkomsten van de berekeningen met SOBEK-BEKKEN van de meerpeilen van zowel het IJsselmeer als het Markermeer zijn weergegeven in de figuren 6.1 en 6.2. In deze figuren staan voor alle dagen van het jaar de gemiddelde, maximum en minimum waarde weergegeven, over de gesimuleerde periode (1951 t/m 1998).



Figuur 6.1: Sobek resultaten voor de Referentieberekening, IJsselmeer.



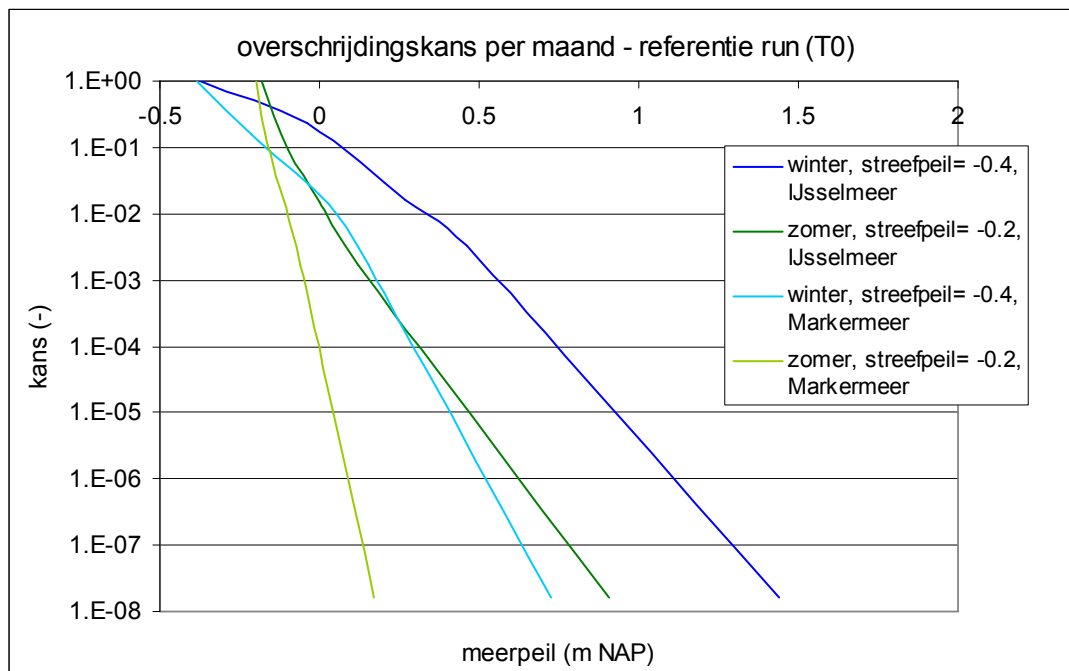
Figuur 6.2: Sobek resultaten voor de Referentieberekening, Markermeer.

## 6.2 Meerpeil statistiek

Met behulp van de berekende dagmeerpeilen wordt de overschrijdingskans bepaald, zoals beschreven staat in Hoofdstuk 3.2.2. Bij de lage meerpeilen is de overschrijdingskans van het meerpeil voor het IJsselmeer in de zomer hoger dan in de winter. Dit is het gevolg van het gekozen streefpeil. In de zomer is het streefpeil -0.2 m NAP en in de winter is het streefpeil -0.4 m NAP, waardoor ook de bijbehorende overschrijdingskans hoger is.

Voor de volledigheid: de referentieberekening maakt alleen gebruik van de statistiek van het winterhalfjaar.

De resultaten zijn weergegeven in Figuur 6-1. De lijnen van de winter lopen schuiner dan die van de zomer. Dit wordt verklaard doordat in de winter hogere rivier afvoeren en hardere wind voorkomen, waardoor ook de kans op overschrijding van een bepaald meerpeil in de winter groter is.



Figuur 6-1 Meerpeilstatistiek referentieberekening IJsselmeer en Markermeer

### 6.3 Resultaten Hydra-VIJ

In de eerste activiteit zijn er 3 berekeningen gemaakt met Hydra-VIJ om het toetspeil en belastingniveau te berekenen:

1. De berekening voor het winterhalfjaar, waarbij gebruik is gemaakt van de winter wind en meerpeil statistiek;
2. Berekening voor het zomerhalfjaar, gebruik makend van zomer meerpeil en wind statistiek;
3. Berekening voor het hele jaar. In Hydra-VIJ is het mogelijk een aparte statistiek voor de zomer en de winter op te geven. Hydra-VIJ telt automatisch de overschrijdingsfrequentie van de zomer en winter bij elkaar op.

Hydra-VIJ werkt met gegevensblokken van één maand. Wanneer er alleen naar de winter wordt gekeken (= periode van 6 maanden) wordt het gegevensblok met winter statistiek bestanden 6 keer uitgevoerd. Wanneer er alleen naar de zomer wordt gekeken wordt het gegevensblok met zomerstatistiek 6 keer uitgevoerd. Bij de 'hele jaar' berekening wordt zowel het gegevensblok met winter statistiek als het gegevensblok van de zomer statistiek 6 keer meegenomen. In totaal zijn er dus 12 gegevensblokken. Hydra-VIJ telt per toetspeil de frequenties van de verschillende gegevensblokken bij elkaar op.

De resultaten zijn te vinden in Tabel 6-1 t/m Tabel 6-4. Bij de berekening van het belastingniveau is uitgevoerd met een faalcriterium van golfoverslag met een overslagdebiet van 1 l/s/m.

Tabel 6-1: Resultaten Hydra-VIJ IJsselmeer, toetspeilen

Dijk ring	Locatie	Norm frequentie	Toetspeil (m +NAP) ontkoppeld				verschil (m)	
			Rand vwd boek 2006	zomer half jaar	winter half jaar	hele jaar	RVW-winter	hele jaar-winter
12	01A Wieringermeerdijk Noord	1/4000	1	0.63	0.97	0.97	<b>0.03</b>	<b>0</b>
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1/10000	1.1	0.32	0.94	0.94	<b>0.16</b>	<b>0</b>
6	F007 Cornwerd	1/4000	1.7	1.29	1.74	1.75	<b>-0.04</b>	<b>0.01</b>
6	F351 Laaxum	1/4000	1	0.41	0.86	0.86	<b>0.14</b>	<b>0</b>
6	L005 Lemsterbaai	1/4000	2	1.21	1.98	1.99	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>
7	N442 Ramsdijk	1/4000	3.1	1.85	3.03	3.03	<b>0.08</b>	<b>0</b>
8	F291 IJsselmeerdijk	1/4000	1.7	0.89	1.68	1.68	<b>0.02</b>	<b>0</b>
8	H-IJM144 Houtribdijk	1/4000	1.2	0.53	1.12	1.12	<b>0.08</b>	<b>0</b>

Tabel 6-2: Resultaten Hydra-VIJ IJsselmeer, belastingniveaus

Dijk ring	Locatie	Norm frequentie	Belasting niveau (m +NAP)			verschillen (m)
			zomer half jaar	winter half jaar	hele jaar	hele jaar-winter
12	01A Wieringermeerdijk Noord	1/4000	3.01	3.53	3.53	<b>0</b>
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1/10000	0.98	1.95	1.95	<b>0</b>
6	F007 Cornwerd	1/4000	2.67	3.53	3.53	<b>0</b>
6	F351 Laaxum	1/4000	0.34	0.83	0.84	<b>0.01</b>
6	L005 Lemsterbaai	1/4000	2.62	3.65	3.66	<b>0.01</b>
7	N442 Ramsdijk	1/4000	2.47	3.90	3.90	<b>0</b>
8	F291 IJsselmeerdijk	1/4000	3.17	5.11	5.12	<b>0.01</b>
8	H-IJM144 Houtribdijk	1/4000	1.70	2.64	2.64	<b>0</b>

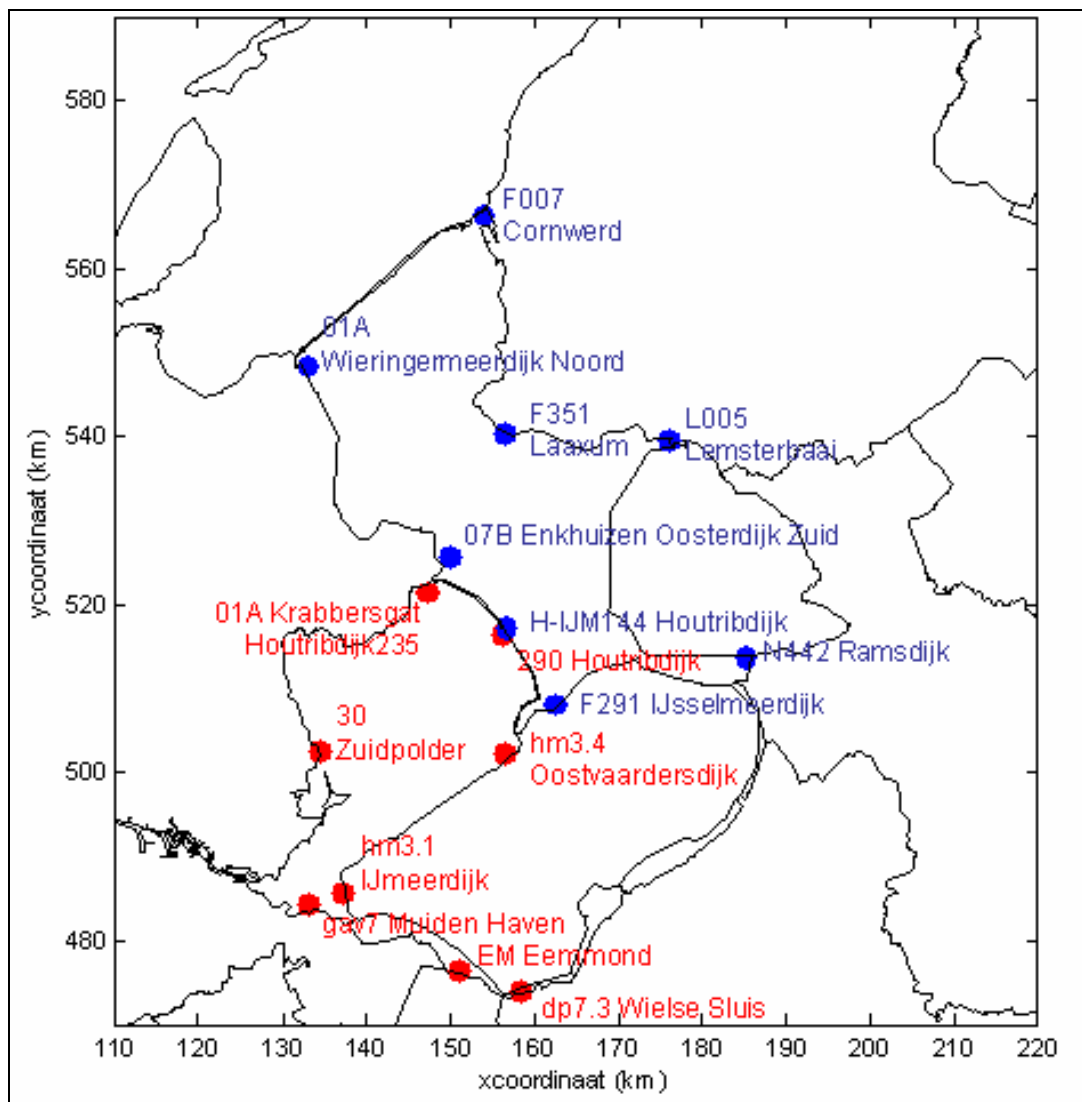
Tabel 6-3: Resultaten Hydra-VIJ Markermeer, toetspeilen

Dijk ring	Locatie	Norm frequentie	Toetspeil (m +NAP) ontkoppeld				verschillen (m)	
			Randvwd boek 2006	zomer half jaar	winter half jaar	hele jaar	RVW-winter	hele jaar-winter
13	01A Krabbersgat Houtribdijk235	1/10000	1.2	0.90	1.23	1.24	<b>-0.03</b>	<b>0.01</b>
13	30 Zuidpolder	1/10000	0.7	0.29	0.54	0.55	<b>0.16</b>	<b>0.01</b>
44	gav7 Muiden Haven	1/1250	0.6	0.22	0.43	0.44	<b>0.17</b>	<b>0.01</b>
45	EM Eemmond	1/1250	1.2	0.62	1.19	1.19	<b>0.01</b>	<b>0</b>
45	dp7.3 Wielse Sluis	1/1250	1.6	0.82	1.56	1.56	<b>0.04</b>	<b>0</b>
8	290 Houtribdijk	1/10000	1.6	1.05	1.53	1.54	<b>0.07</b>	<b>0.01</b>
8	hm3.1 IJmeerdijk	1/4000	0.7	0.23	0.58	0.58	<b>0.12</b>	<b>0</b>
8	hm3.4 Oostvaardersdijk	1/4000	1.2	0.63	1.12	1.12	<b>0.08</b>	<b>0</b>

Tabel 6-4: Resultaten Hydra-VIJ Markermeer, belastingniveaus

Dijk ring	Locatie	Norm frequentie	Belasting niveau (m +NAP)			verschillen (m)
			zomer half jaar	winter half jaar	hele jaar	hele jaar-winter
13	01A Krabbersgat Houtribdijk235	1/10000	0.89	1.24	1.25	<b>0.01</b>
13	30 Zuidpolder	1/10000	1.97	2.24	2.24	<b>0.00</b>
44	gav7 Muiden Haven	1/1250	1.77	2.36	2.37	<b>0.00</b>
45	EM Eemmond	1/1250	1.66	2.84	2.84	<b>0.00</b>
45	dp7.3 Wielse Sluis	1/1250	1.36	2.44	2.44	<b>0.00</b>
8	290 Houtribdijk	1/10000	3.44	4.12	4.13	<b>0.01</b>
8	hm3.1 IJmeerdijk	1/4000	1.95	2.56	2.57	<b>0.01</b>
8	hm3.4 Oostvaardersdijk	1/4000	4.42	6.03	6.04	<b>0.01</b>





Figuur 6-2: IJsselmeer en Markermeer locaties (uit de tabellen 6-1 t/m 6-4)

De toetspeilen van de referentieberekening (ontkoppeld winter half jaar) zouden idealiter gelijk moeten zijn aan de toetspeilen uit het Randvoorwaardenboek 2006. Dit is echter niet het geval en is nader toegelicht in hoofdstuk 5.

De bijdrage van de zomer aan de hoogte van het toetspeil en het belastingniveau is nihil. Dit blijkt uit de laatste kolom van zowel Tabel 6 als Tabel 8. Bij de 'hele jaar' berekening worden per toetspeil de frequenties van de zomer en winter gegevensblokken bij elkaar opgeteld. Voor alle locaties geldt dus dat de frequentie van de zomer verwaarloosbaar is ten opzichte van de winter frequentie.

Dit is ook naar verwachting en bevestigt de keuze bij eerdere HR berekeningen om de bijdrage van de zomerperiode als verwaarloosbaar te beschouwen.

---

## 7 Klimaatscenario's

Als tweede activiteit is het effect van klimaatveranderingen op de toetspeilen in Markermeer en IJsselmeer ingeschat. Hiervoor is de tijdreeks van afvoer, zeewaterstand, neerslag en verdamping aangepast op basis van het G en W+ klimaatscenario (KNMI) voor de twee zichtjaren 2050 en 2100. Deze scenario's zijn doorgerekend in SOBEK-BEKKEN voor de drie systeemvarianten.

### 7.1 Definitie gebruikte klimaatscenario's

De klimaatscenario's hebben betrekking op de verwachte meteorologische veranderingen en de daarbij horende toename van de zeespiegelstijging en rivierafvoeren. Voor de analyse van de meerpeilen zijn de veranderingen van de volgende vier klimaatsafhankelijke factoren meegenomen:

- 1 neerslag;
- 2 verdamping;
- 3 Rijnafvoer;
- 4 zeespiegelstijging;
- 5 laterale in- en uitstroom.

Voor de neerslag, de verdamping en de Rijnafvoer is voor elke maand in het jaar een procentuele verandering toegepast, behorende bij een bepaald klimaatscenario. De veranderingen staan weergegeven in de tabellen 7.1 t/m 7.3 en zijn toegepast op de simulatieperiode van 1951-1998. Voor de zeespiegelstijging is gebruik gemaakt van de absolute stijging per klimaatsscenario. Deze zijn weergegeven in tabel 7.4. Voor alle klimaatscenario's zijn Sobek model simulaties uitgevoerd met de aangepaste meetreeksen. Op basis van de gesimuleerde reeks meerpeilen is telkens statistiek afgeleid, op dezelfde wijze als beschreven in hoofdstuk 3.2.2. Deze statistiek dient vervolgens weer als invoer van Hydra-VIJ om toetspeilen te kunnen bepalen.

Tabel 7.1: Toename [%] 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	3.0	7.8	6.0	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	3.0	4.0	6.1	8.0
december	3.5	12.5	6.9	25.1

Tabel 7.2: Toename [%] verdamping

maand	2050		2100	
	G	W+	G	W+
januari	0.0	0.0	0.0	0.0
februari	0.2	0.3	0.4	0.7
maart	1.9	3.0	3.8	6.0
april	3.2	6.0	6.3	12.0
mei	3.7	9.3	7.4	18.5
juni	3.8	13.8	7.6	27.6
juli	4.0	15.3	8.0	30.6
augustus	4.0	15.8	8.1	31.7
september	2.8	13.2	5.5	26.4
oktober	2.0	10.0	4.0	20.0
november	1.3	6.6	2.5	13.1
december	0.3	0.4	0.5	0.8

Tabel 7.3: Toename [%] 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	6.0	25.1
mei	1.2	1.7	2.9	5.1
juni	0.8	-11.8	2.0	-21.5
juli	0.0	-24.4	0.0	-43.2
augustus	-1.0	-34.3	-1.7	-57.0
september	-0.1	-37.3	0.0	-61.9
oktober	1.5	-32.9	3.2	-56.4
november	4.0	-17.9	8.0	-32.9
december	6.4	2.5	12.6	4.1

Tabel 7.4: Zeespiegelstijging [ cm]

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

Er zijn in totaal 15 SOBEK berekeningen uitgevoerd, namelijk voor elk van de 3 varianten een referentieberekening (T0), twee berekeningen met het klimaatscenario W+ (TW+2050 en TW+2100) en twee berekeningen met klimaatscenario G (TG2050 en TG2100). Dit zijn de cases 1 – 15 in Tabel 1). Vervolgens is de meerpeil statistiek afgeleid en als laatste zijn de toetspeilen berekend met Hydra-VIJ.

## 7.2 SOBEK-BEKKEN

### 7.2.1 Modelaanpassingen

Om de verschillende systeemvarianten en klimaatscenario's door te kunnen rekenen zijn er aanpassingen verricht aan het SOBEK-BEKKEN model.

Voor de systeemvariant 'gekoppeld' zijn de sluisdeuren bij Houtrib en Krabbersgat continu open gezet. In het model worden de debieten tussen de beide meren uitsluitend berekend op basis van de waterstanden aan weerszijde van de sluisen, rekening houdend met de windopzet ter plekke. Opgemerkt moet worden dat in de praktijk de debieten handmatig worden gelimiteerd tot circa 800 m<sup>3</sup>/s bij Houtrib en 200 m<sup>3</sup>/s bij Krabbersgat om schade aan het benedenstroomse talud te vermijden. Deze opties zijn niet opgenomen in het standaard SOBEK-BEKKEN instrumentarium en derhalve niet in deze studie meegenomen. Tevens wordt gerekend met de huidige spuicapaciteit.

Voor de systeemvariant 'Markermeer als noodoverloop' is er in het SOBEK-BEKKEN model een aanpassing gemaakt binnen de schematisatie. Er is een extra koppeling aangebracht tussen het Markermeer en het IJsselmeer waarbij onder extreme omstandigheden water uit het IJsselmeer kan 'overlopen' naar het Markermeer. Aan deze noodoverloop is de volgende sturingsregel toegekend: het IJsselmeer voert af naar het Markermeer als het IJsselmeerpeil hoger is dan +0.4 m. N.A.P. én als het Markermeerpeil niet hoger is dan +0.1 m. N.A.P. Opgemerkt moet worden dat om bij deze systeemvariant de overloop sturing goed in het WINBOS model in te bouwen gebruik gemaakt zou moeten worden van de RTC (Real Time Control) module, omdat de sturing wordt gebaseerd op twee parameters. Toepassen van de RTC-module is in WINBOS echter niet mogelijk. Nu is het in het model gesimuleerd met een stuw die als het Markermeerpeil onder de 0.1 m. N.A.P. staat de kruinhoogte van de stuw op 0.4 m N.A.P. staat, zodat er overtollig water van het IJsselmeer naar het Markermeer kan lopen. Als het Markermeerpeil hoger dan 0.1 m N.A.P. staat de stuw zo hoog dat er geen uitwisseling mogelijk is. Het is duidelijk dat deze instelling niet correct de gewenste situatie weergeeft, omdat nu het uiteindelijke uitwisselingsdebiet te laag zal zijn, maar een andere optie die dichterbij de gewenste situatie komt is met het huidige instrumentarium niet mogelijk.

Het is mogelijk een handmatige berekening te maken op basis van een berekend debiet (of zelfs een debietreeks als functie van de waterstanden in de twee meren), maar de uitkomst van een dergelijke berekening is vooraf duidelijk. In de situatie van 1998 zal de uitwisseling leiden tot een verlaagde waterstand op het IJsselmeer (bijv. 10 cm) en een verhoogde waterstand in het Markermeer (bijv. 20 cm) mits de situatie voldoende lang duurt om tot een evenwichtssituatie te komen. Daar er echter maar één historische situatie is opgetreden in de meetreeks waar het Markermeer als overloopgebied zou functioneren, is het niet mogelijk

uitspraken te doen over bijv. herhalingstijden van een dergelijke situatie op basis van statistiek. Het is belangrijk te realiseren dat ook bij een juiste modelmatige analyse van het scenario van het Markermeer als noodoverloopgebied er dus geen algemene uitspraak mogelijk is op basis van statistiek van extreme waarden.

Voor de verschillende klimaatscenario's zijn de invoerbestanden van het SOBEK-BEKKEN model behorende bij de neerslag, de verdamping, de Rijnafvoer en de zeespiegelstijging aangepast op basis van de tabellen 7.1 t/m 7.4.

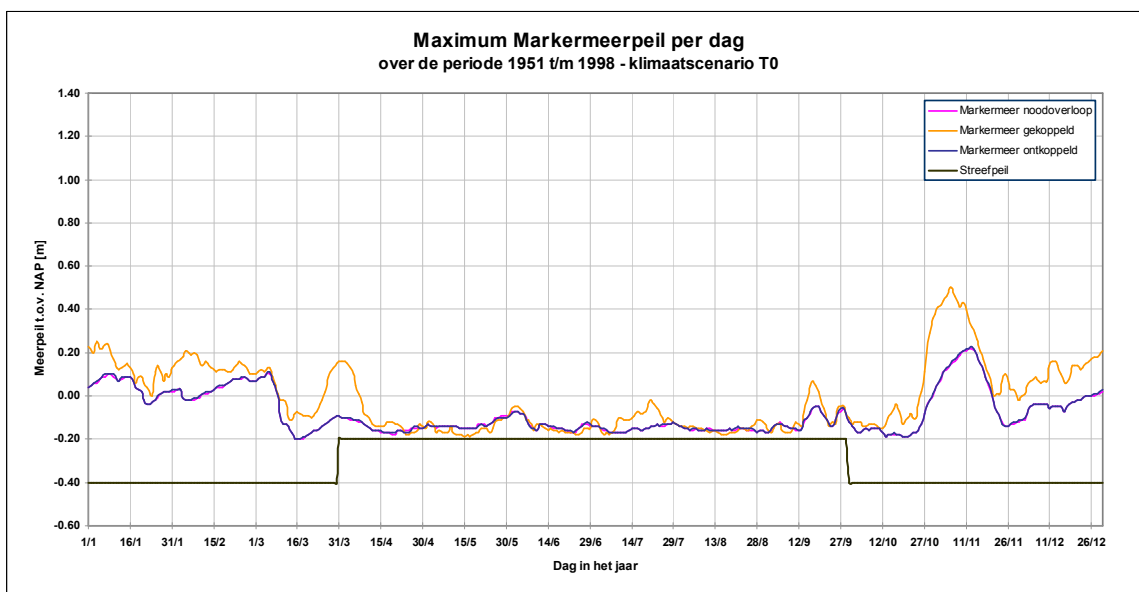
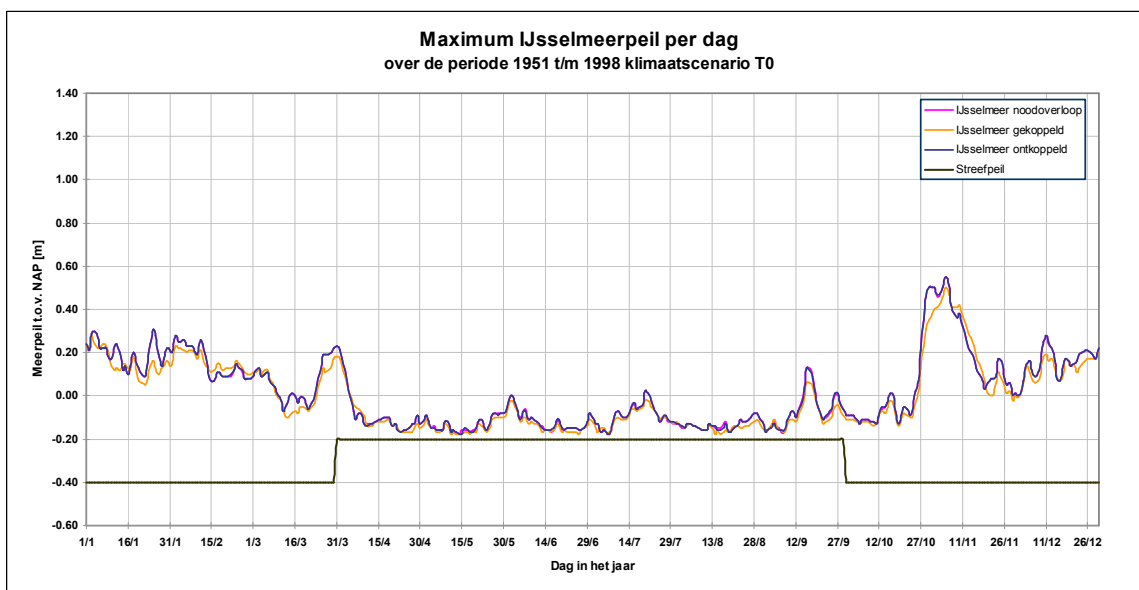
## 7.2.2 Sobek resultaten

De Sobek-modeluitkomsten van de doorgerekende varianten en klimaatscenario's verschillen duidelijk van elkaar. Figuur 7-1 geeft de resultaten weer van de drie varianten voor het klimaatscenario T0 voor zowel het Markermeer als het IJsselmeer (Cases 1, 6 en 11). In deze Figuur staan voor alle dagen van het jaar de maximum waarde weergegeven, gezien over de gesimuleerd periode (1951 t/m 1998).

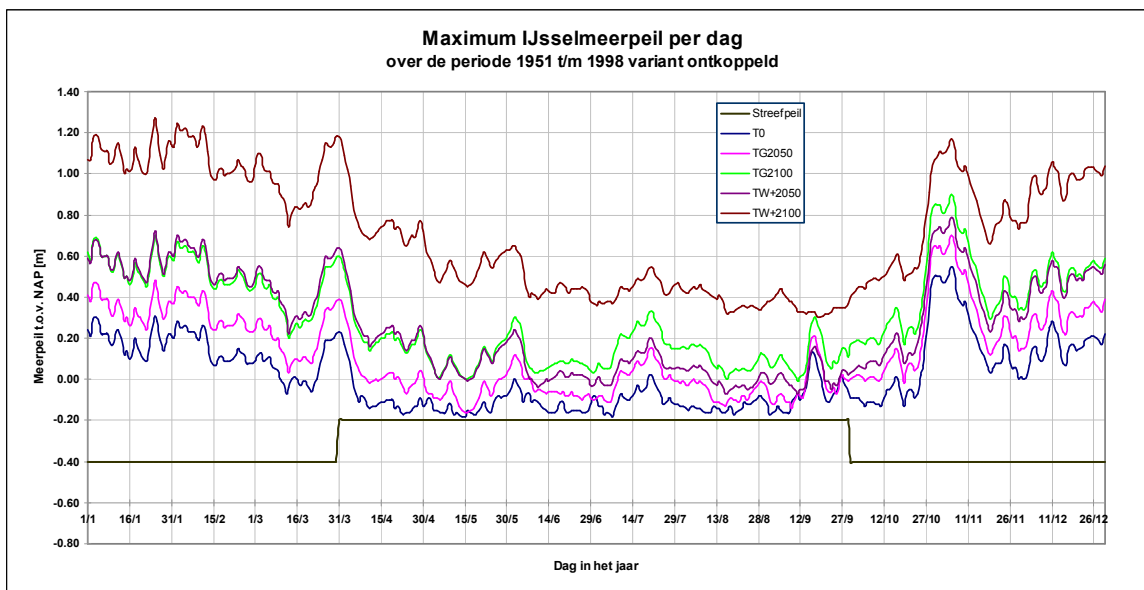
Bij de systeemvariant '*gekoppeld*' (cases 7 – 10) blijkt dat bij alle klimaatscenario's de meerpeilen van het Markermeer en het IJsselmeer vrijwel identiek zijn, zoals kan worden verwacht bij vrije uitwisseling.

De systeemvariant '*Markermeer als noodoverloop*' (cases 12 – 15) geeft op het eerste gezicht weinig verschil in de Sobek resultaten in vergelijking met de variant '*ontkoppeld*'. De maximum waarden verschillen bij deze variant weinig. Dit heeft te maken met het feit dat tijdens situaties waarbij het IJsselmeerpeil boven de +0.4 m. N.A.P. komt, het Markermeerpeil ook vaak boven de +0.1 m. N.A.P., waardoor er dan conform de sturingsregel geen uitwisseling plaatsvindt. Daarnaast speelt de keuze van de ligging van de drempel van de overlaat op +0.4 m N.A.P. ook een rol.

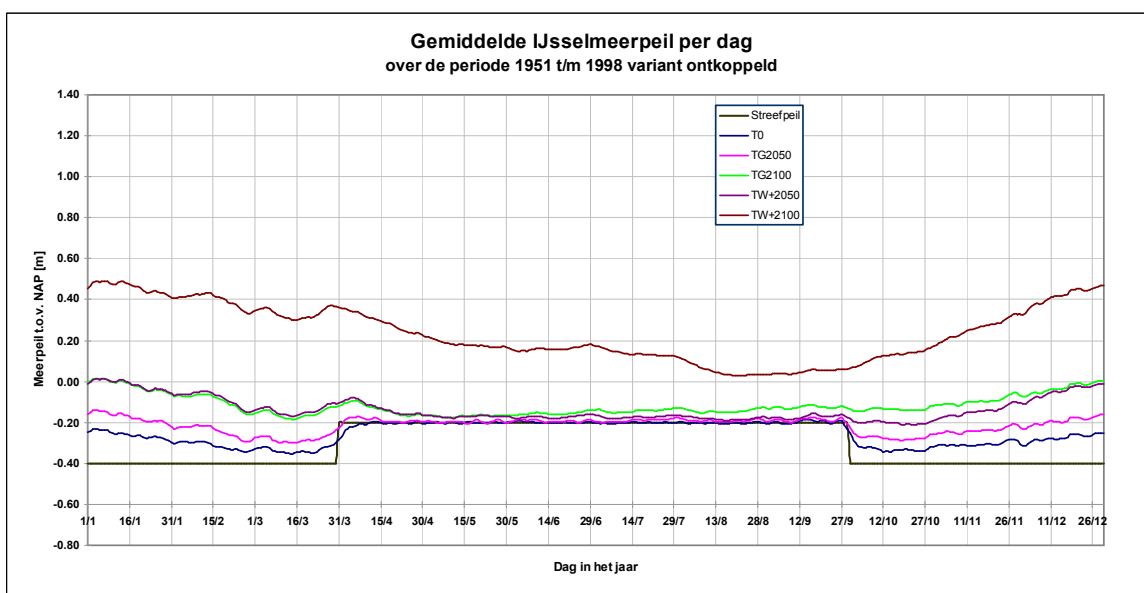
De klimaatscenario's hebben duidelijk effect op de meerpeilen, voor alle systeemvarianten. Figuur 7.2 - Figuur 7-4 geeft voor het IJsselmeer voor de systeemvariant '*ontkoppeld*' de maximale, gemiddelde en minimale peilen voor de verschillende klimaatscenario's (cases 2 – 5). Door de klimaatscenario's stijgen zowel voor het Markermeer als het IJsselmeer de gemiddelde peilen in de winter, waardoor er ondanks de gerichte sturing op zomer- en winterpeil nauwelijks meer een verschil in zomer- en winterpeil waarneembaar is. Het klimaatscenario TW+2100 springt er duidelijk uit als meest extreme klimaatscenario. In figuur 7.2 - Figuur 7-4 is te zien dat bij dit klimaatscenario gemiddeld gezien het maximale peil met ca. 60 cm toeneemt ten opzichte van T0. Ook de gemiddelde waarden van het IJsselmeerpeil nemen in de winter met ca. 60 cm toe, in de zomer is deze toename minder, ca. 40 cm. Echter naast het stijgen van de maximale en gemiddelde peilen dalen ook de minimale peilen bij dit meest extreme klimaatscenario in de periode juni tot november. De grootste peildaling is hier ca. 40 cm. Buiten deze periode (d.w.z. van begin november tot eind juni) nemen de minimale IJsselmeerpeilen juist weer toe. Verder valt op dat voor het klimaatscenario TG2100 en TW+2050 de maximale en gemiddelde waarden van het IJsselmeerpeil dicht bij elkaar liggen. De resultaten voor het Markermeer staan weergegeven in de figuur 7.5 tot figuur 7.8.



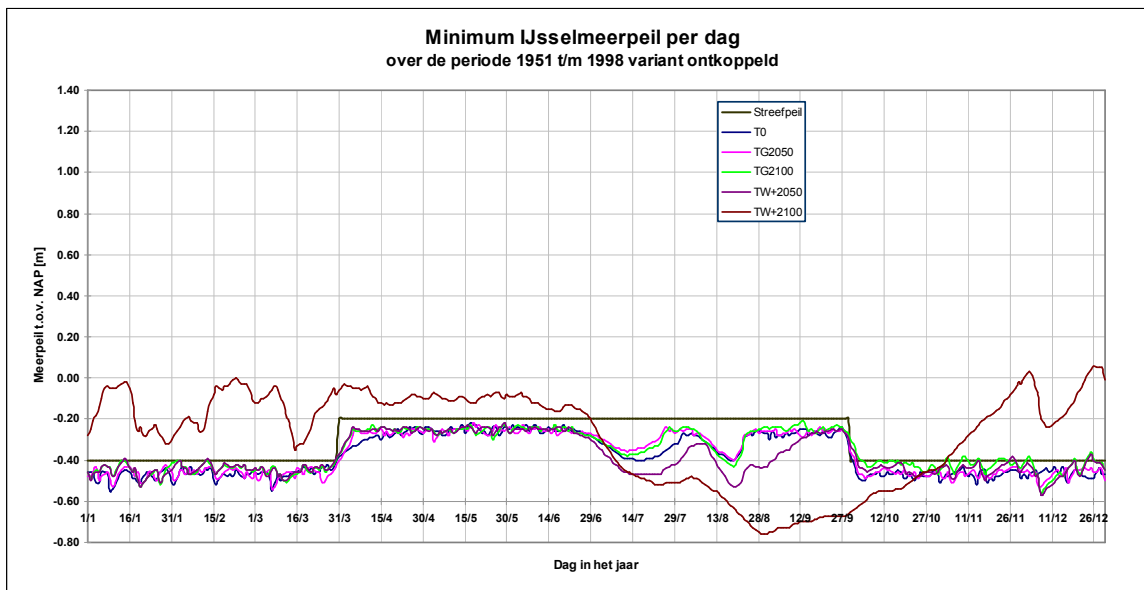
Figuur 7-1 Sobek resultaten van de maximale meerpeilen voor de drie systeemvarianten met klimaatscenario T0, zowel van IJsselmeer (boven) als het Markermeer (beneden) (Cases 1, 6 & 11)



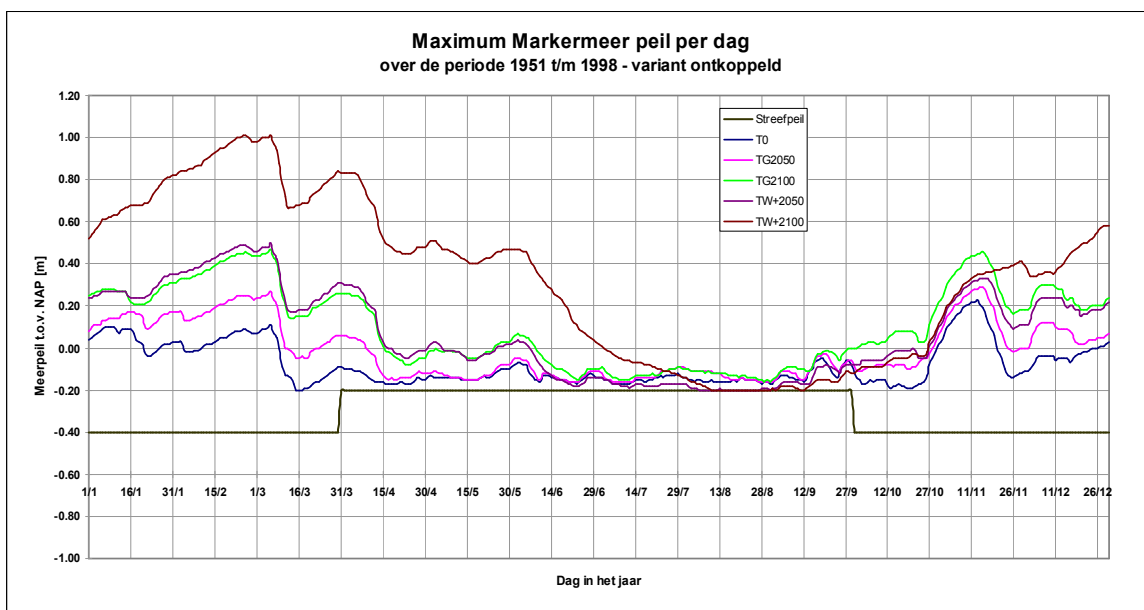
Figuur 7-2 Sobek resultaten van het IJsselmeer met de systeemvariant 'ontkoppeld' voor verschillende klimaatscenario's met de maximale waarden (cases 1 – 5)



Figuur 7-3 Sobek resultaten van het IJsselmeer met de systeemvariant 'ontkoppeld' voor verschillende klimaatscenario's met gemiddelde waarde (cases 1 – 5)

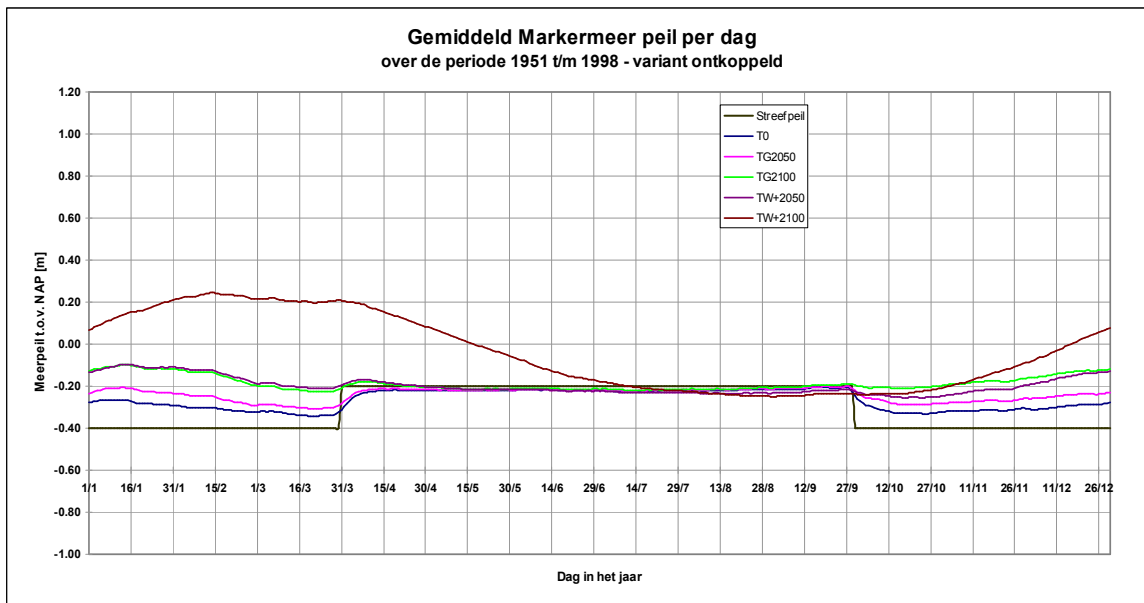


Figuur 7-4 Sobek resultaten van het IJsselmeer met de systeemvariant 'ontkoppeld' voor verschillende klimaatscenario's met minimale waarden (cases 1 – 5)

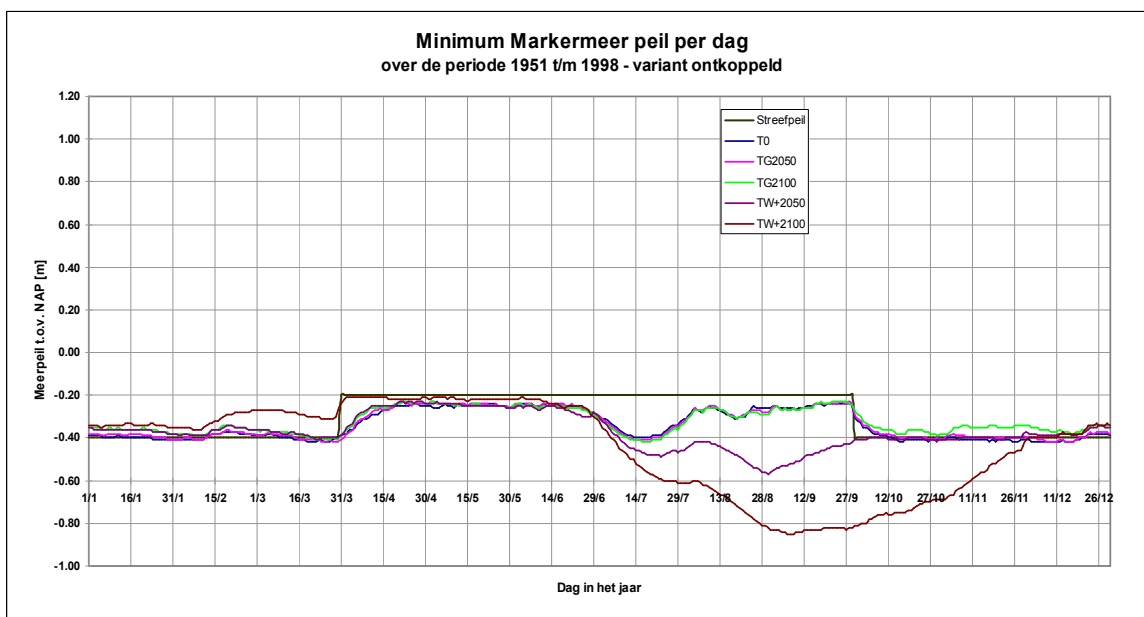


Figuur 7-5 Sobek resultaten van het Markermeer met de systeemvariant 'ontkoppeld' voor verschillende klimaatscenario's met maximale waarden (cases 1 – 5)





Figuur 7-6 Sobek resultaten van het Markermeer met de systeemvariant 'ontkoppeld' voor verschillende klimaatscenario's met gemiddelde waarden (cases 1 – 5)

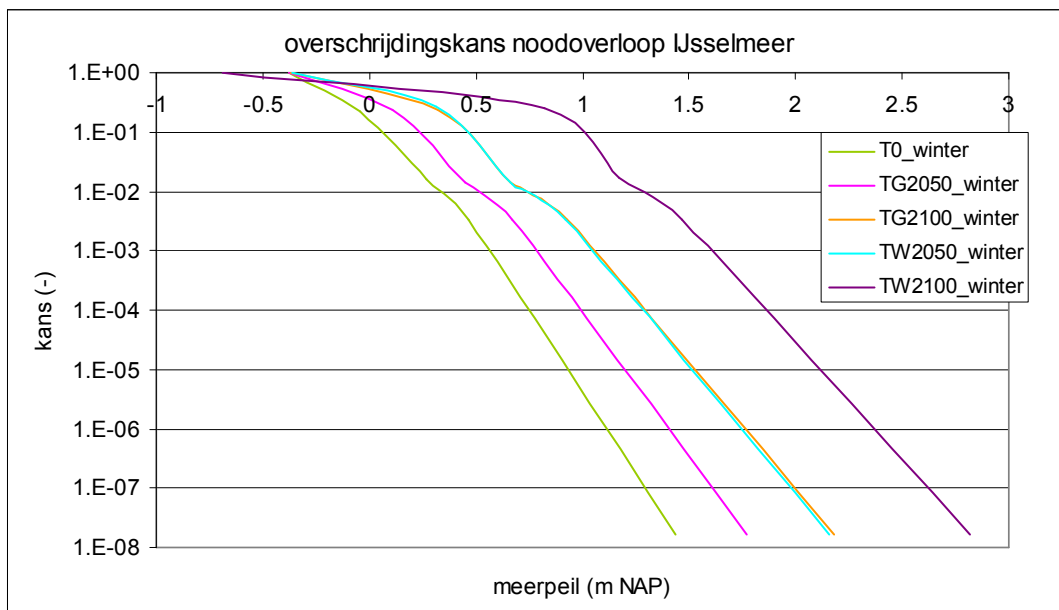


Figuur 7-7 Sobek resultaten van het Markermeer met de systeemvariant 'ontkoppeld' voor verschillende klimaatscenario's met minimale waarden (cases 1 – 5)

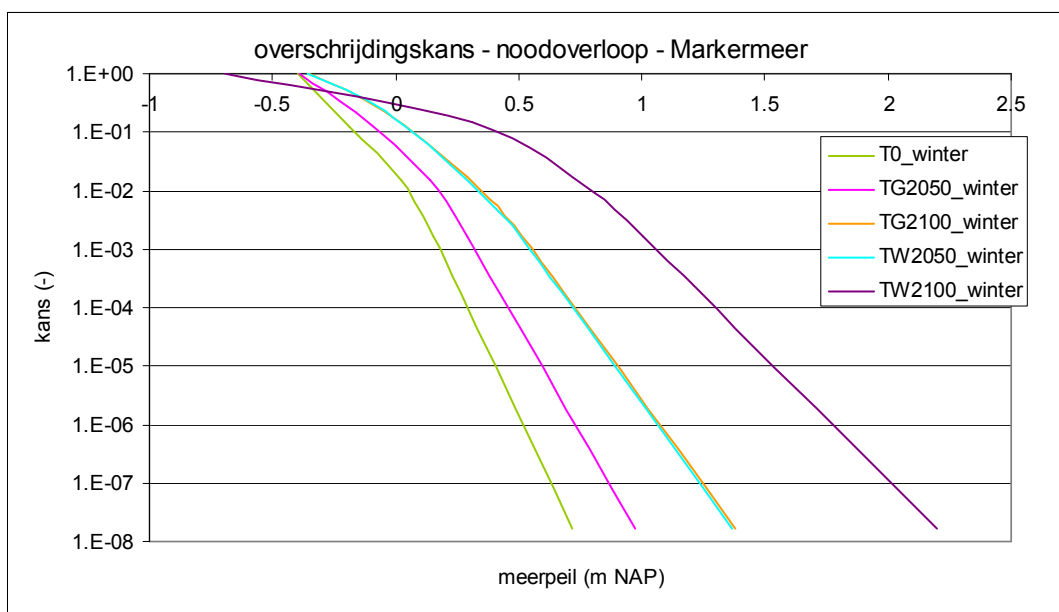
### 7.3 Meerpeil statistiek

Op basis van de Sobek resultaten is de overschrijdingskans bepaald voor het IJsselmeer en Markermeer. In Figuur 7-5 en Figuur 7-6 worden de meerpeil statistieken van het noodoverloopsysteem getoond (variant 3). Het betreft de cases 11 tot en met 15. De resultaten van de overige 2 varianten zijn vergelijkbaar.

Opvallend is dat bij alle varianten de overschrijdingskans lijn van de TG2100 en TW2050 scenario over elkaar heen liggen (blauwe en oranje lijn). Deze twee scenario's hebben dezelfde zeespiegel stijging randvoorwaarden. Dit wijst erop dat dit de bepalende factor is voor het meerpeil.

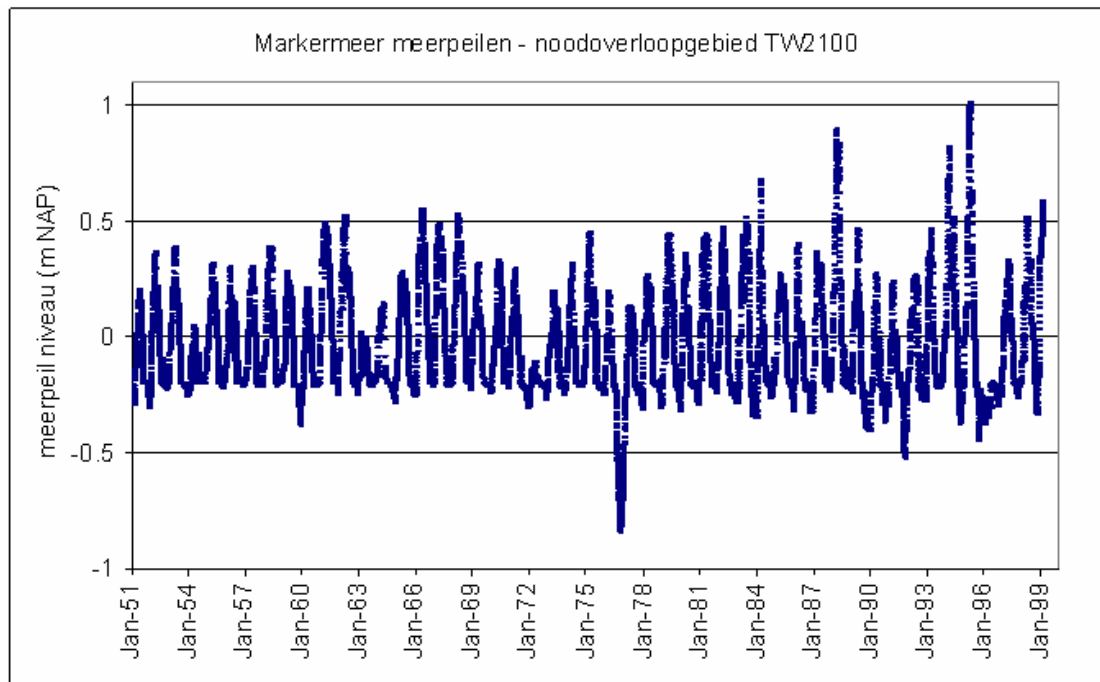


Figuur 7-5: Overschrijdingskans (per maand) voor het IJsselmeer, scenario noodoverloop (cases 11 – 15)



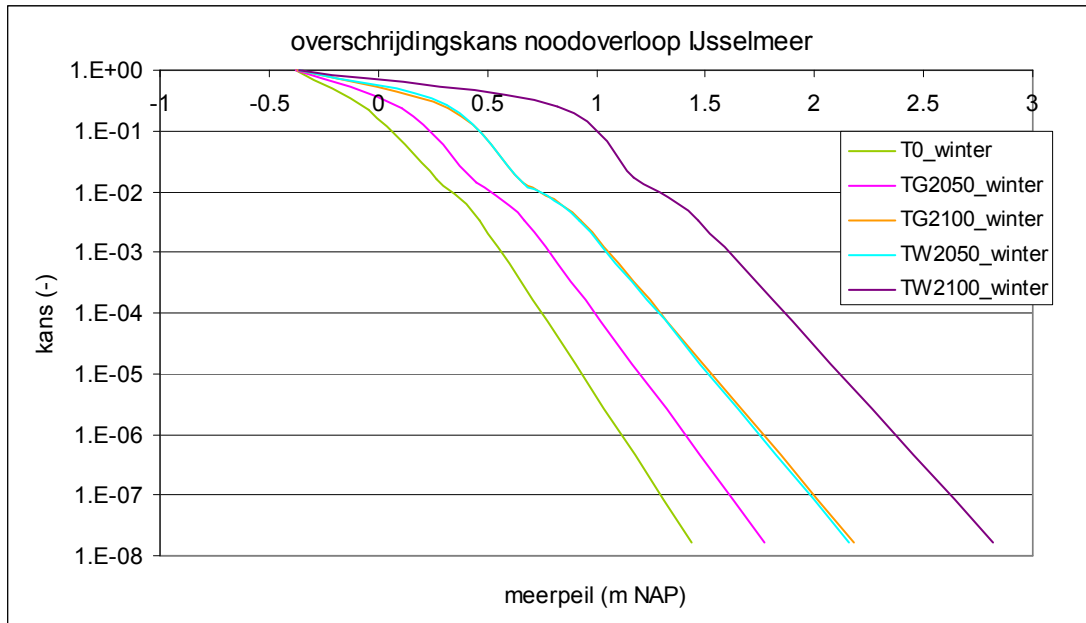
Figuur 7-6: Overschrijdingskans (per maand) voor het Markermeer, scenario noodoverloop (cases 11 – 15)

Men zou verwachten dat bij meer extreme scenario's de kansen van overschrijden van een bepaald meerpeil groter zouden zijn. Dit is ook het geval, met uitzondering van het TW2100 scenario (paarse lijn). In het hoogfrequente bereik doorkruist deze de overige lijnen. De doorkruising van deze lijn wordt veroorzaakt door een enorme dalperiode in de zomer van 1976 in de gesimuleerde meerpeilen. Het jaar 1976 staat bekend als een extreem droog jaar. In het TW klimaat scenario (case 15) is de verdamping ook nog eens extra toegenomen en de neerslag gereduceerd, waardoor het gesimuleerde meerpeil in 1976 meer dan 150 dagen (waarvan 70 winterdagen) onder het streefpeil ligt (zie Figuur 7-7) Dit is niet realistisch en o.i. komt het klimaatscenario TW2100 in deze uitzonderingssituatie buiten haar geldigheidsbereik.

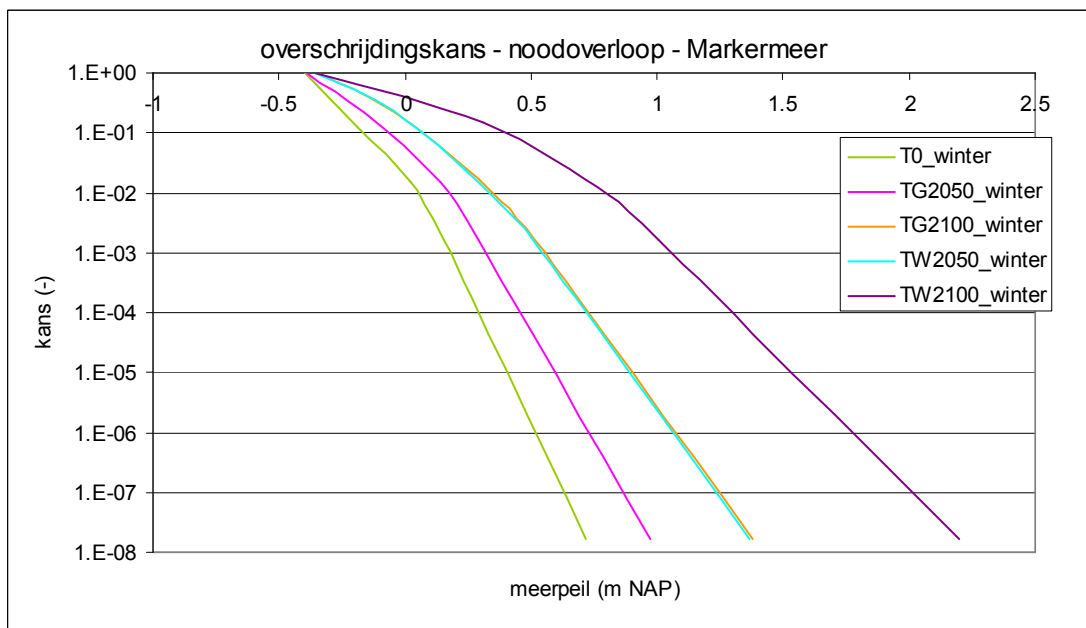


Figuur 7-7: Meerpeil gegevens TW+2100 scenario

Deze dalperiode heeft gevolgen voor de overschrijdingskans. Een overschrijdingskans van 1 voor een gegeven drempelwaarde impliceert dat gedurende elke periode van 30 dagen (lengte trapezia in Hydra-VIJ) het meerpeil minstens 1 keer boven deze drempelwaarde uitkomt. Als gevolg van de extreem lage peilen in de simulatieperiode 1976 geldt deze overschrijdingskans van 1 alleen voor meerpeilen onder NAP-0.66 m. Daar deze dalperiode niet erg realistisch is zijn de overschrijdingskansen aangepast. De nieuwe overschrijdingskans lijnen zijn te zien in Figuur 7-8 en Figuur 7-9. Door deze aanpassing wordt het toetspeil zoals Hydra-VIJ dat berekend met enige centimeters verhoogd.



Figuur 7-8: Overschrijdingskans (per maand) voor het IJsselmeer, scenario noodoverloop, gecorrigeerd.



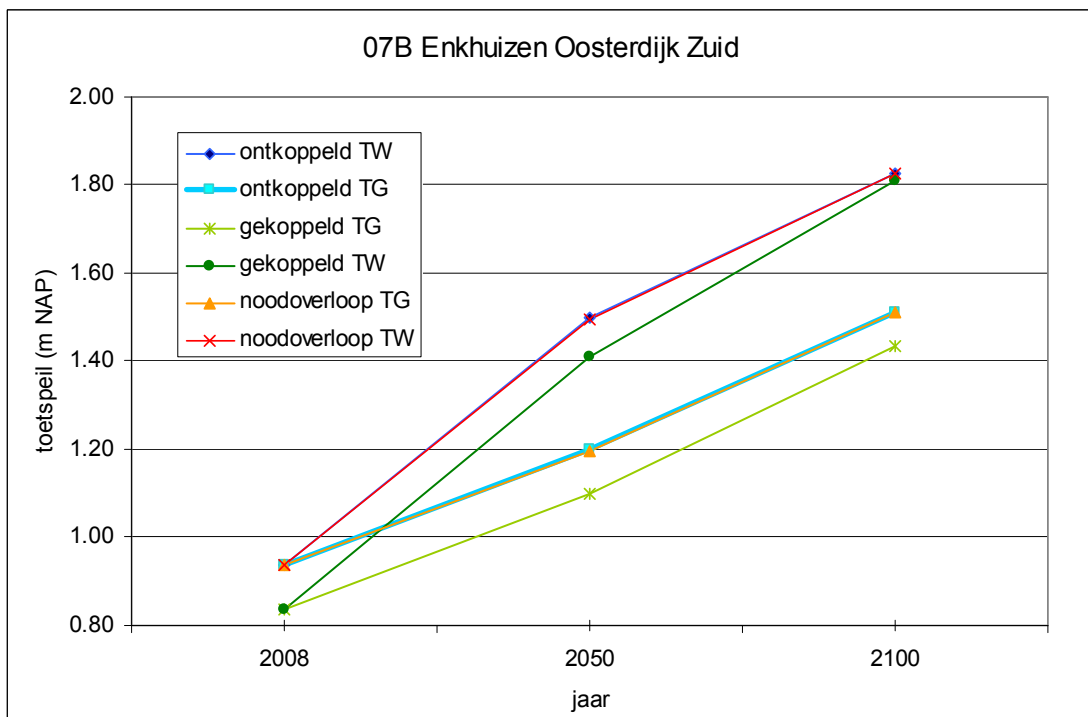
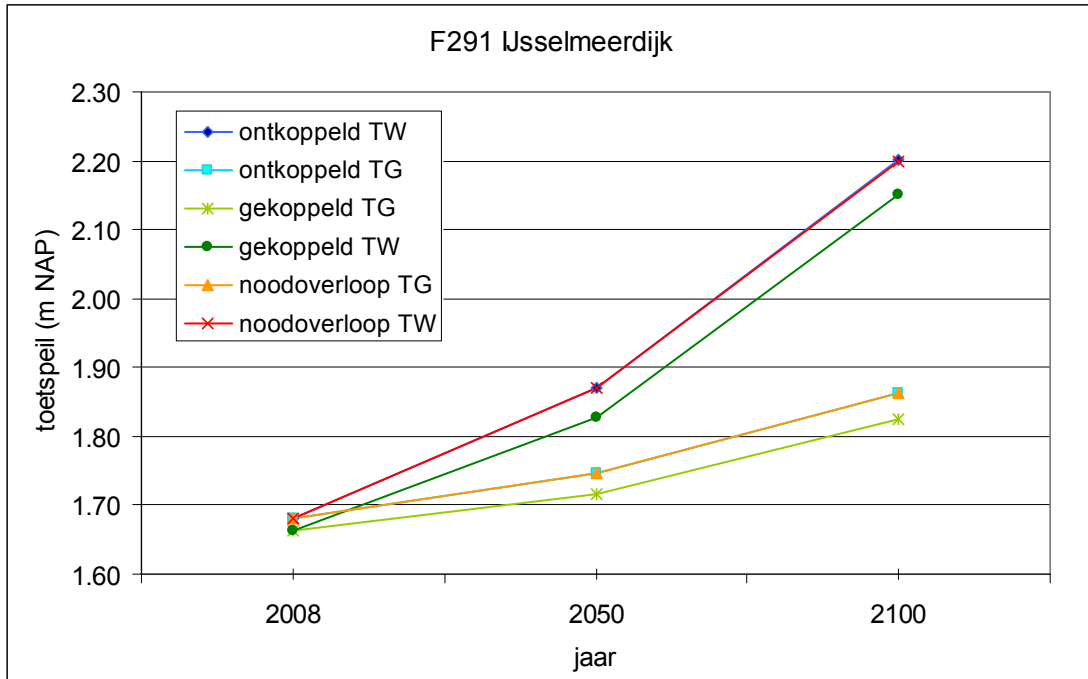
Figuur 7-9: Overschrijdingskans (per maand) voor het Markermeer, scenario noodoverloop, gecorrigeerd.

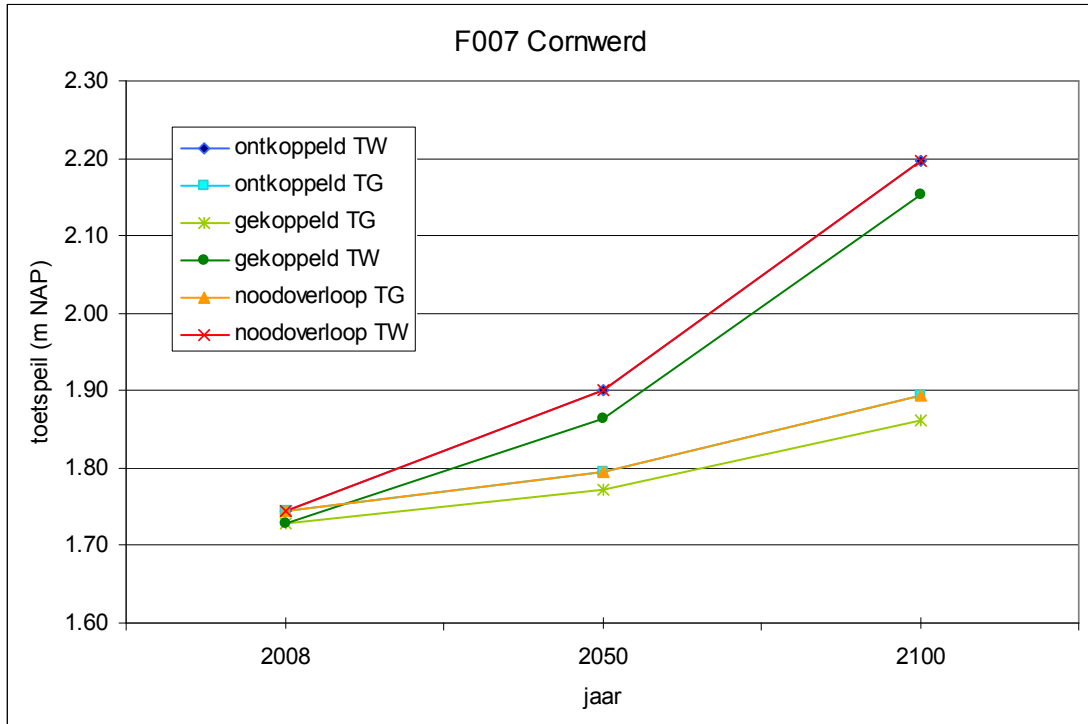
#### 7.4 Resultaten Hydra-VIJ

Hydra-VIJ berekeningen zijn gemaakt met de berekenende winterhalfjaar statistiek voor de verschillende scenario's en de windstatistiek voor de winter. Een tabel met de berekende toetspeilen en belastingniveaus is te vinden in **Bijlage 2 - Resultaten klimaatscenario's**.

Langs het IJsselmeer hebben de meeste locaties het patroon als volgt uit Figuur 7-10. In deze Figuur staan 6 lijnen afgebeeld, die combinaties representeren van 3 varianten ('ontkoppeld', 'gekoppeld' en 'noodoverloop' systeem) en 2 klimaatscenario's (TW en TG). Het betreft de cases 2 – 5 (ontkoppeld), 7 – 10 (gekoppeld) & 12 – 15 (noodoverloopgebied).

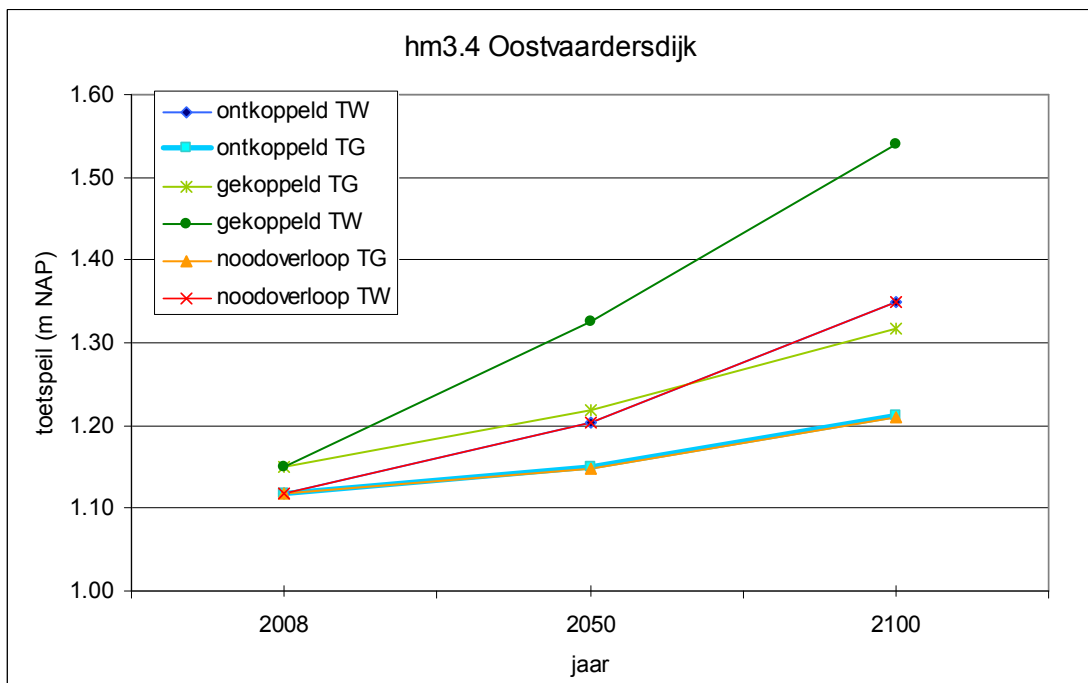
Voor zowel het IJsselmeer en Markermeer zijn alle toetspeilen en belasting niveaus voor het ontkoppelde systeem gelijk aan het noodoverloop gebied systeem. Ten aanzien van het risico op overstromen langs het IJsselmeer is het gekoppelde systeem de beste optie, daar blijven de toetspeilen het laagst.

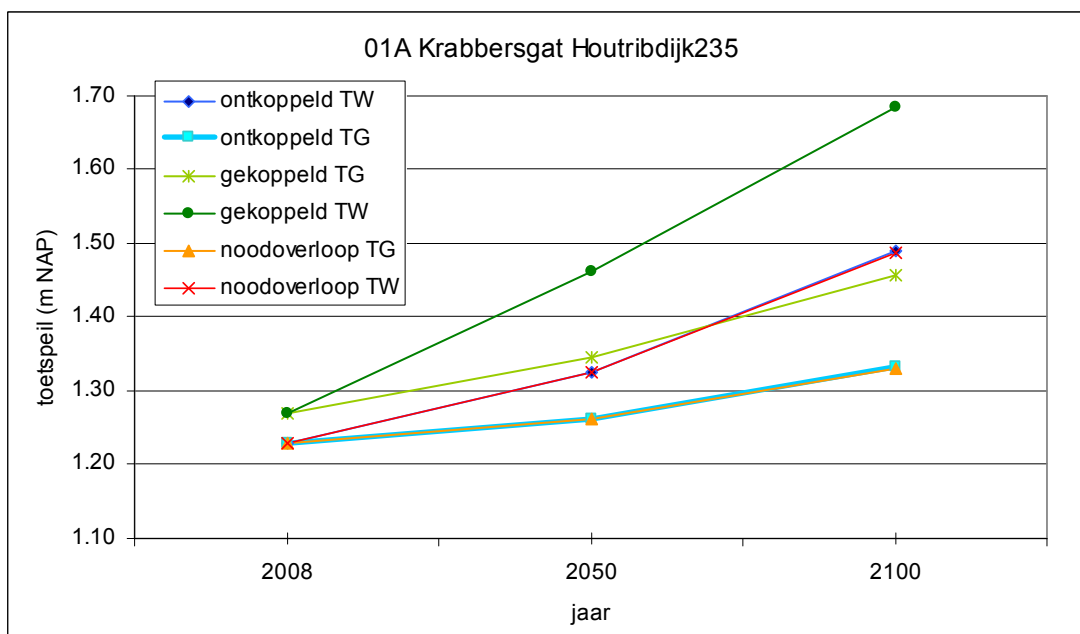
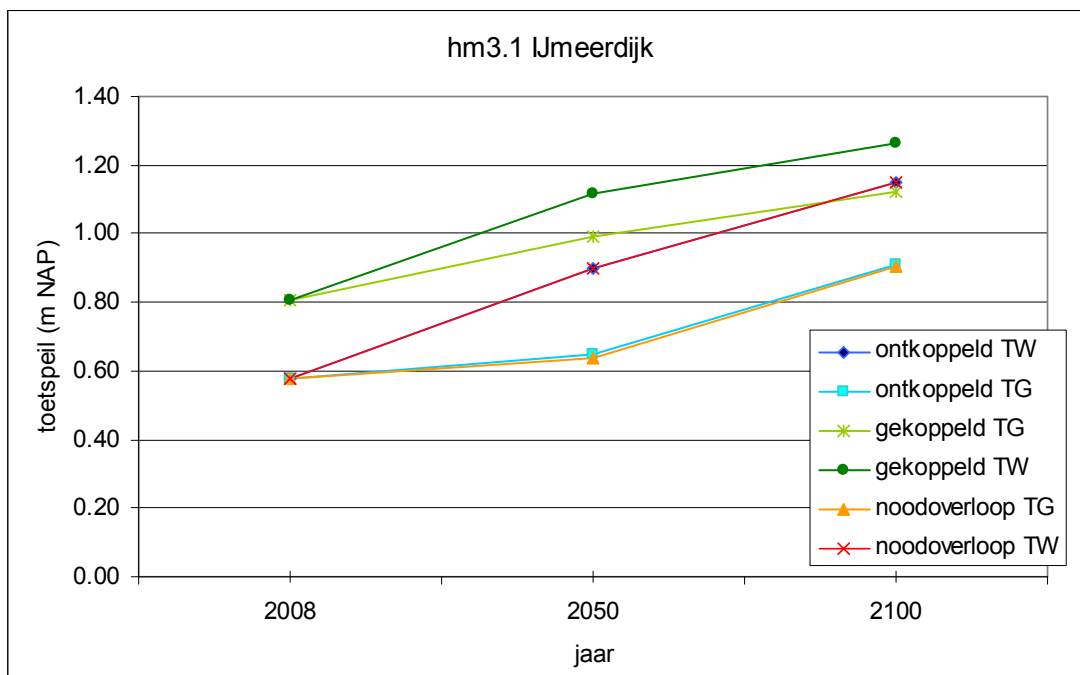


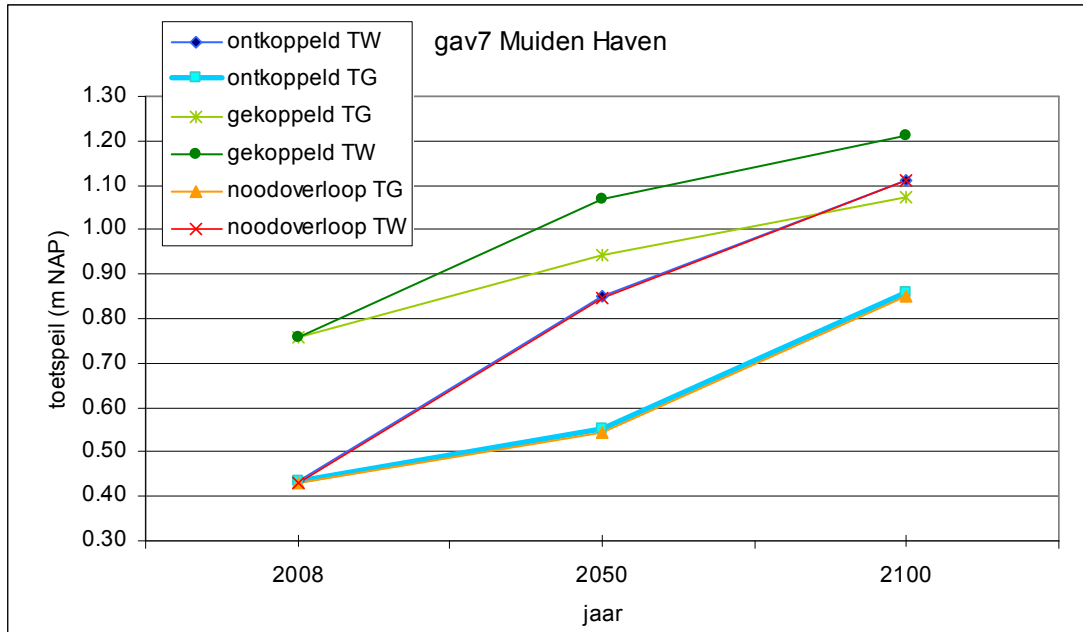


Figuur 7-10: Toetspeilen voor de verschillende klimaatscenario's voor verschillende IJsselmeer locaties.

Voor het Markermeer is de situatie echter omgekeerd. In het gekoppelde systeem nemen de toetspeilen langs het Markermeer juist toe (Figuur 7-11).





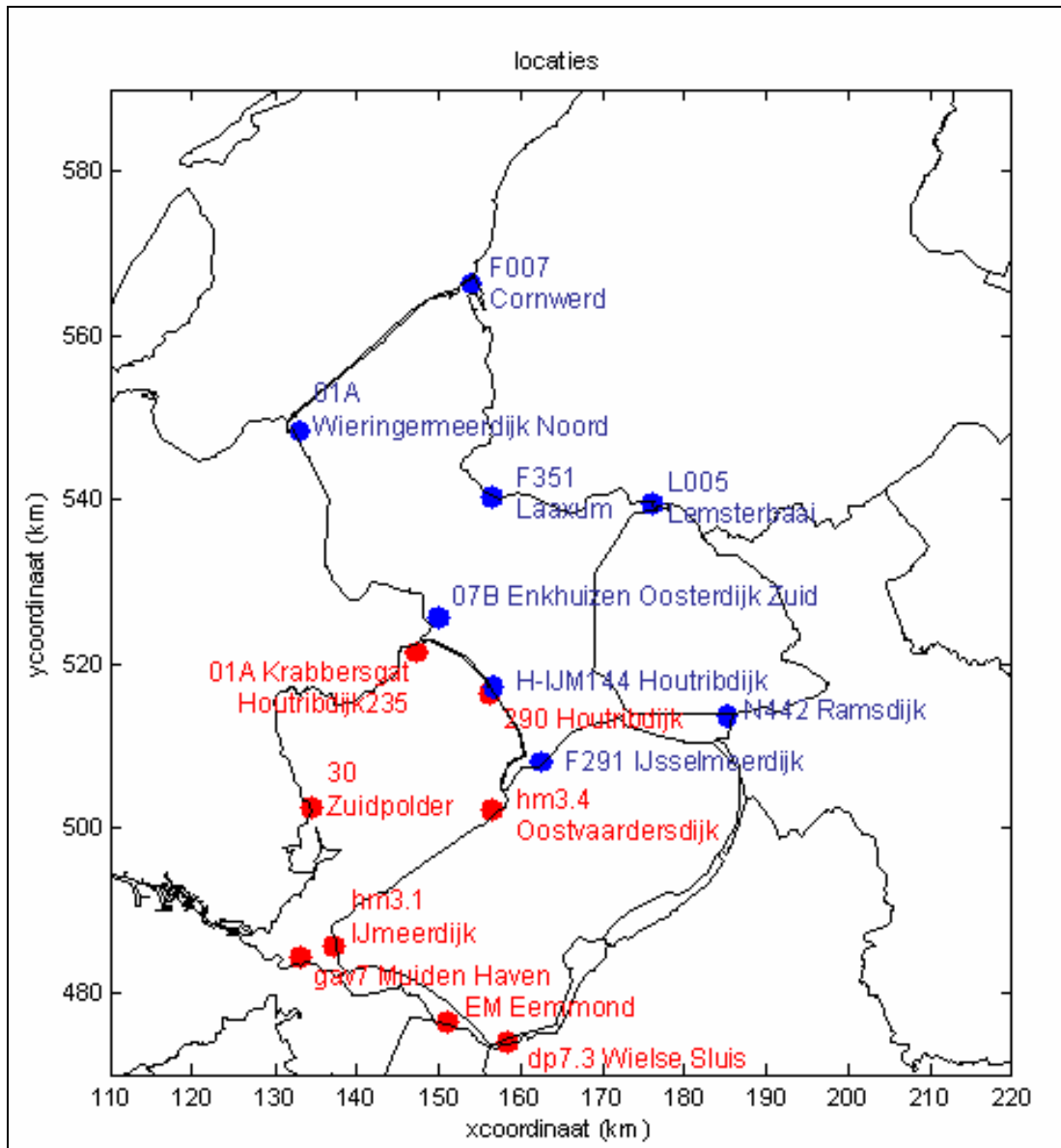


Figuur 7-11 Toetspeilen voor de verschillende klimaat scenario's voor verschillende Markermeer locaties

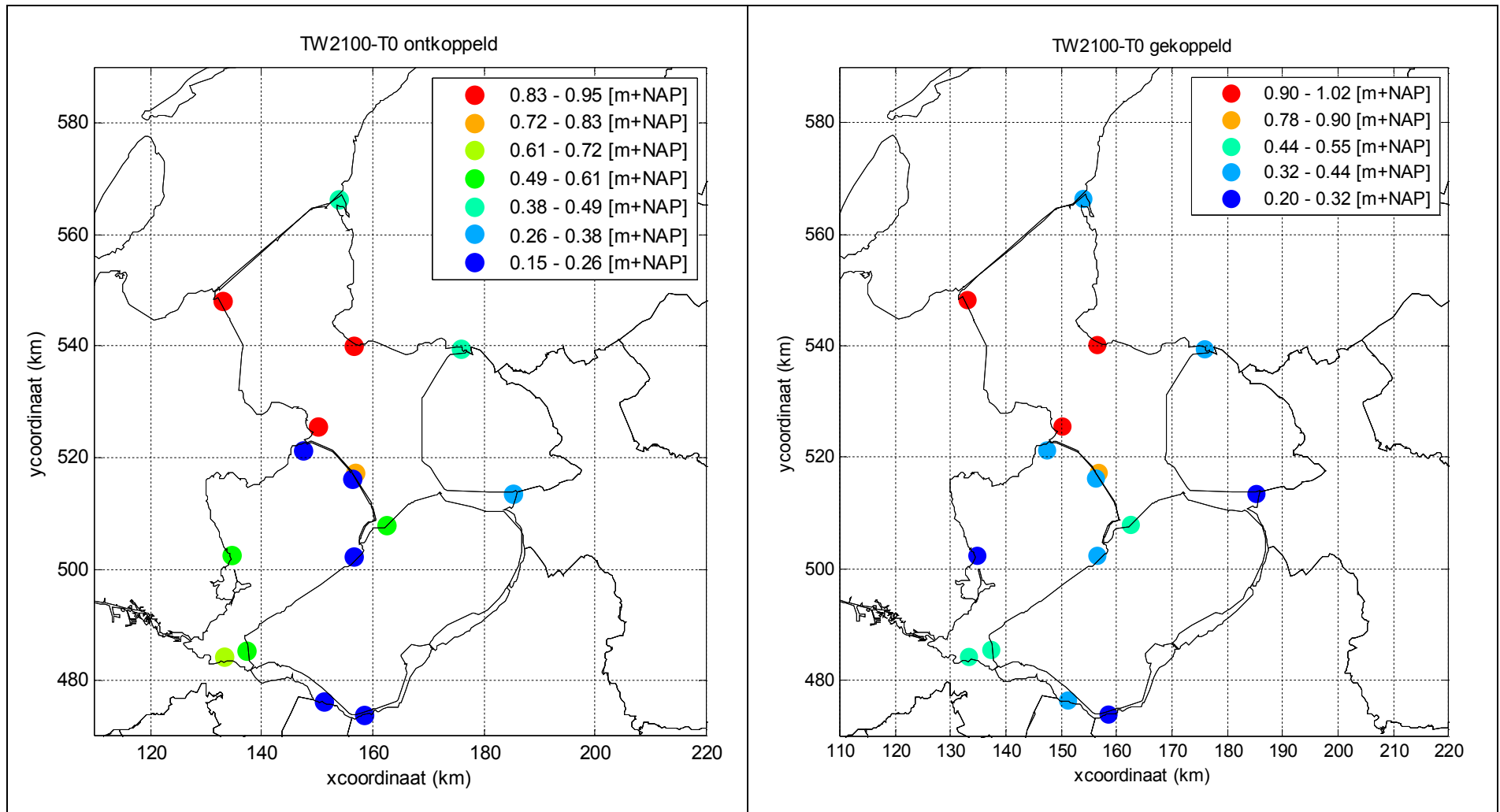
In Figuur 7-13 is een topografische weergave gegeven van de verschillen tussen het TW2100 en T0 scenario voor de ontkoppelde en gekoppelde variant. Zoals te zien is in de kaart hebben de klimaat scenario's het meeste effect bij het IJsselmeer.

Bij de rode locaties in het IJsselmeer en de groene locaties in het Markermeer zijn de verschillen in toetspeil het grootst. Het is niet eenvoudig hier een verklaring voor te vinden, omdat de methode waarmee de peilen bepaald worden erg complex is en om dit te verklaren zou gekeken moeten worden naar de precieze werking van Hydra-VIJ. Wel is het zo dat hoe lager het toetspeil in de referentie situatie is (zie Figuur 7-14) hoe groter de verschillen zijn.

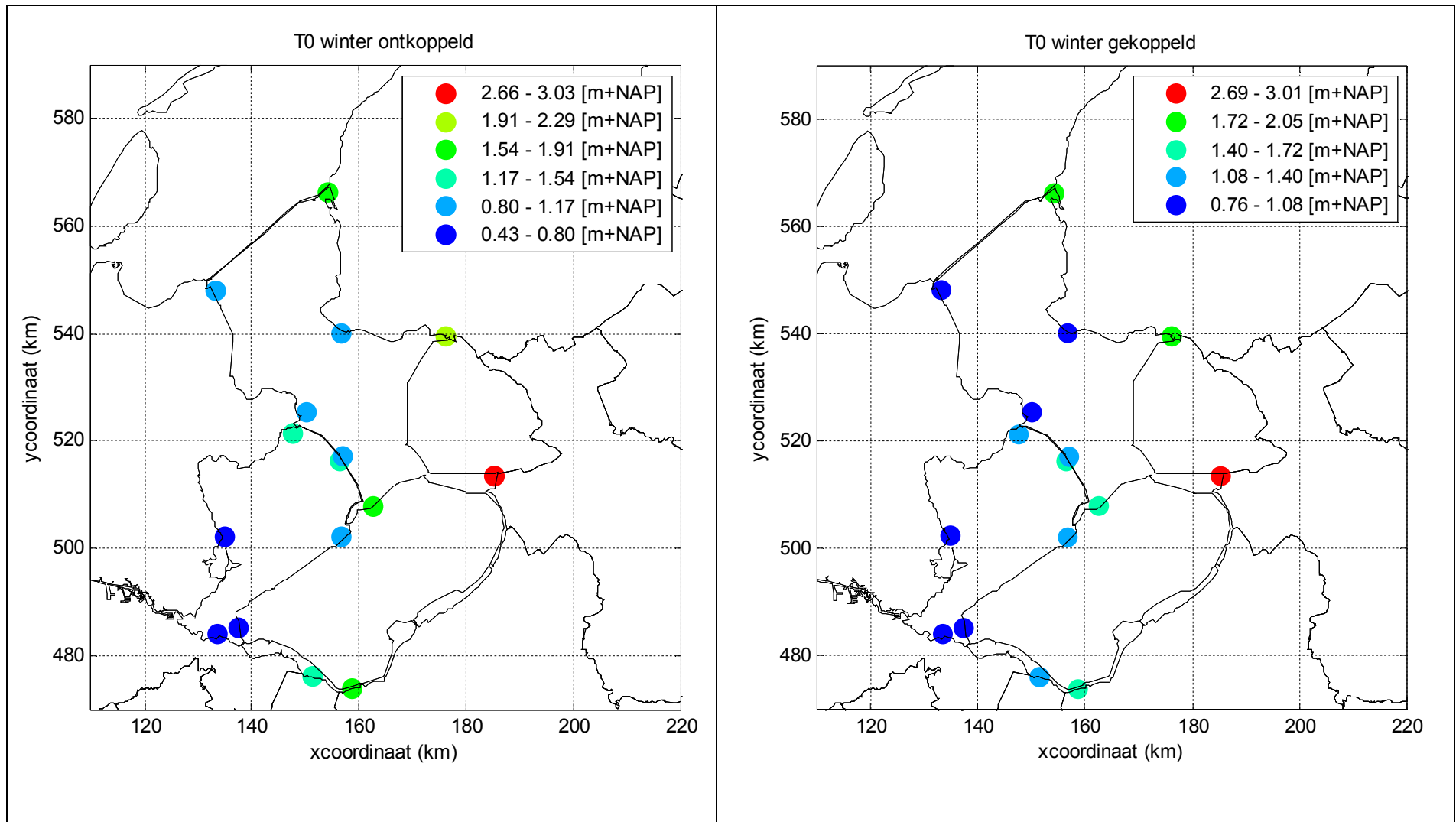




Figuur 7-12 Uitvoer locaties Hydra-VIJ



Figuur 7-13: Verschillen in toetspeilen tussen TW2100 en T0 scenario voor het ontkoppelde en gekoppelde systeem.



Figuur 7-14: Toetspeil voor het T0 scenario voor het ontkoppelde en gekoppelde systeem.

## 8 Peilstrategieën

De laatste activiteit betreft het in beeld brengen van de mate waarin het risico op overstromingen toeneemt als gevolg van een aangepast peilbeheer in de zomer. Door het peil van het IJsselmeer en Markermeer in de zomer te verhogen wordt een buffer gecreëerd voor droge perioden. Daarnaast kan deze optie leiden tot een verbeterde ecologische kwaliteit van het gebied. Verhoging van het peil mag echter niet ten koste gaan van de veiligheid.

Bij dit onderdeel van de studie is in principe dezelfde methode gebruikt als voor de andere onderdelen, maar met uitzondering van de modelberekeningen met SOBEK-BEKKEN zijn hierbij een aantal problemen naar voren gekomen die de methode voor dit onderdeel niet toepasbaar maakt. Dit wordt verder toegelicht hoofdstuk 8.3.

### 8.1 Peilstrategieën

In deze studie zijn 4 peilstrategieën (cases 16-19) doorgerekend die zijn vastgesteld door de opdrachtgever. De streefpeilen per maand staan in Tabel 8-1. Voor peilstrategie 4 zijn dezelfde instellingen gebruikt als voor peilstrategie 2, maar is uitgegaan van de uitgebreide spuicapaciteit.

Tabel 8-1: Streefpeilen voor het IJsselmeer en Markermeer (m+NAP)

	Peilstrategie 1		Peilstrategie 2 / 4		Peilstrategie 3	
	IJsselmeer	Markermeer	IJsselmeer	Markermeer	IJsselmeer	Markermeer
jan	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
feb	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
mrt	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4
april	-0.1	-0.1	0.1	-0.2	-0.1	-0.1
mei	0.1	0.1	0.4	-0.2	0.1	0.1
juni	0.3	0.2	0.6	-0.2	0.3	0.2
juli	0.3	0.2	0.6	-0.2	0.3	0.2
aug	0.3	0.2	0.3	-0.2	0.3	0.2
sept	0.1	0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
okt	-0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
nov	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
dec	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4

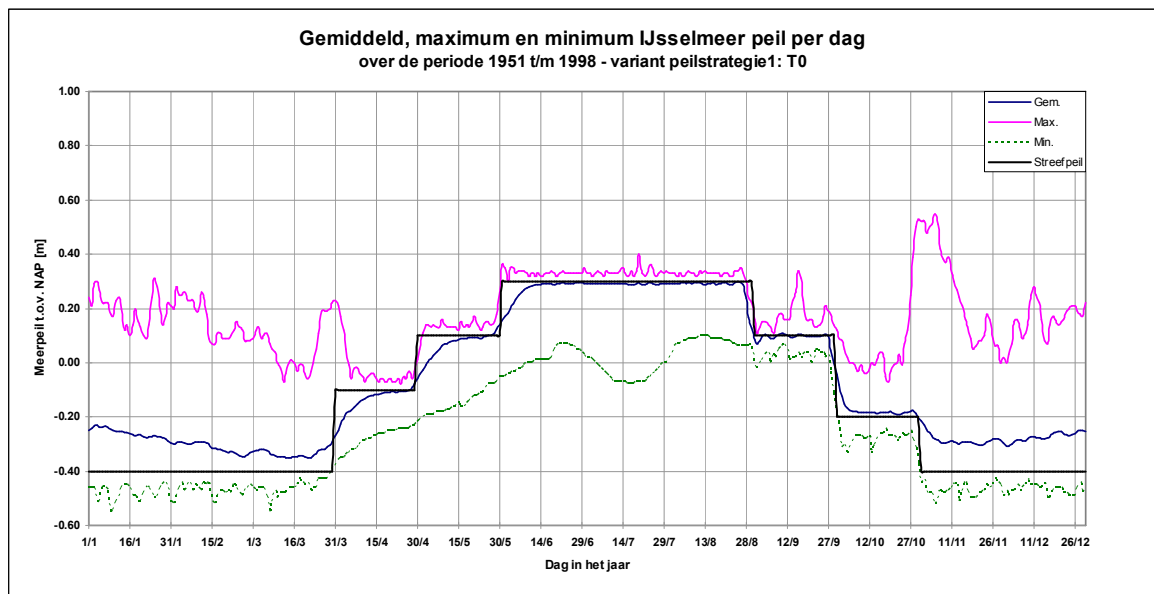
### 8.2 SOBEK-BEKKEN

#### 8.2.1 Modelaanpassingen

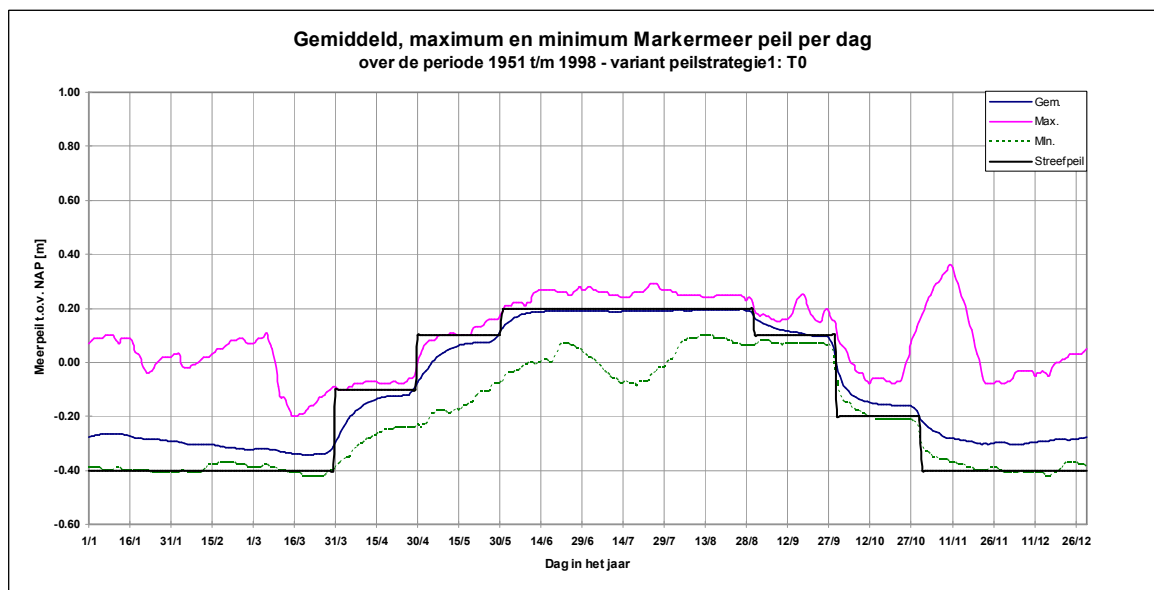
Voor het doorrekenen van alternatieve peilstrategieën zijn de sturingsregels van een aantal kunstwerken in het Sobek Bekken model aangepast. Dit zijn alle kunstwerken waar de sturingsregels zijn gebaseerd op het Markermeerpeil of het IJsselmeerpeil. In Bijlage C staat een overzicht van de sturingsinstellingen van alle verbindingen van en naar het Markermeer en van en naar het IJsselmeer voor de referentiesituatie. Voor al deze kunstwerken zijn op basis van Tabel 8.1 nieuwe controlreeksen aangemaakt voor het SOBEK-BEKKEN model (i.e. aanpassingen aangebracht binnen het 'control.def' bestand).

### 8.2.2 Sobek resultaten

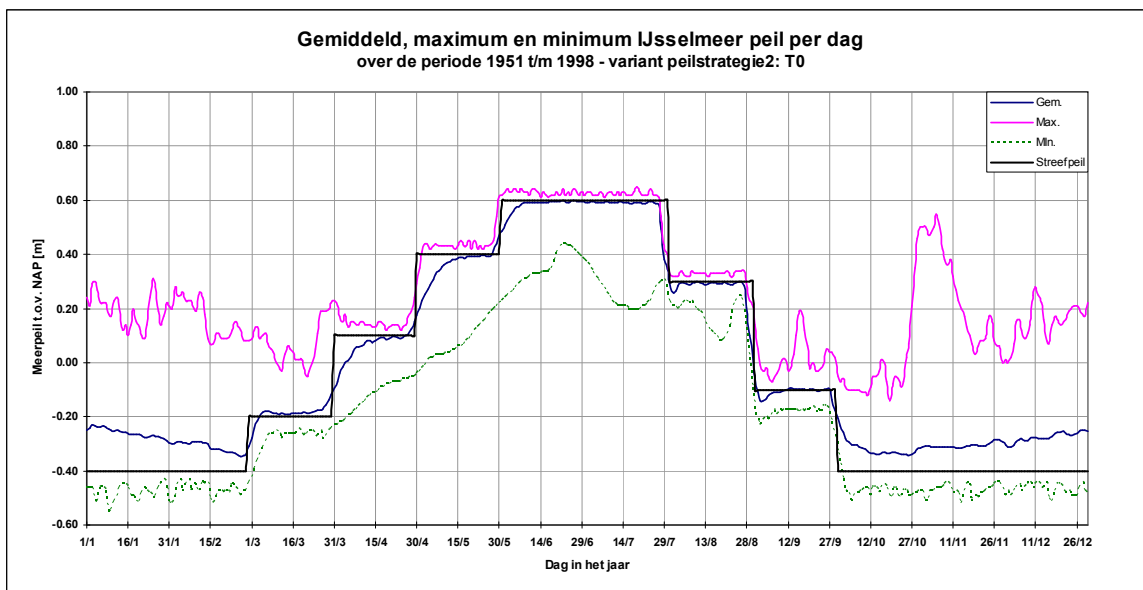
In Figuur 8-1 - Figuur 8-6 worden de resultaten van de SOBEK-BEKKEN berekeningen weergegeven. Het betreft de cases 16 – 19. Duidelijk is in de figuren te zien dat het gemiddelde streefpeil zowel voor het Markermeer als IJsselmeer de nieuwe peilstrategieën volgt. Verder blijkt dat in zomerperioden, wanneer het peil extra verhoogd is, de maximale waterstanden niet of nauwelijks boven het nieuwe streefpeil uitkomen. Uit de figuren 8.6 - 8.10 blijkt dat het vergroten van de spuicapaciteit van de Lorentzsluis (peilstrategie 4, case 19) een duidelijk effect heeft op de maximale waterstanden van het IJssel- en Markermeer. In de winterperioden nemen hierdoor de maximale peilverhogingen t.o.v. het streefpeil gemiddeld af met circa 20 cm.



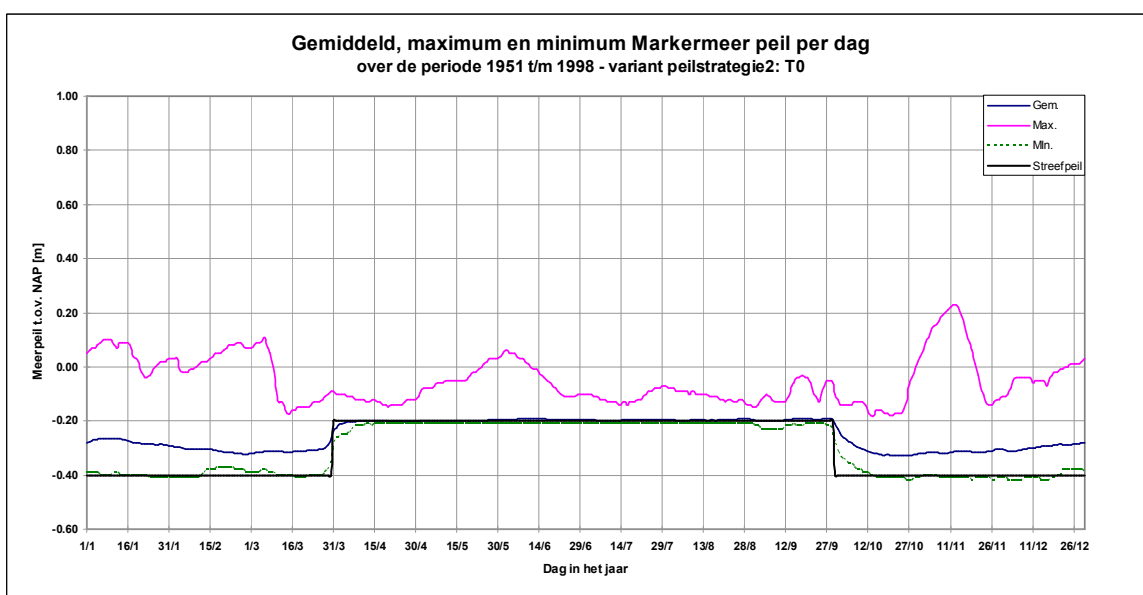
Figuur 8-1 Sobek BEKKEN resultaten voor peilstrategie 1, IJsselmeer (case 16)



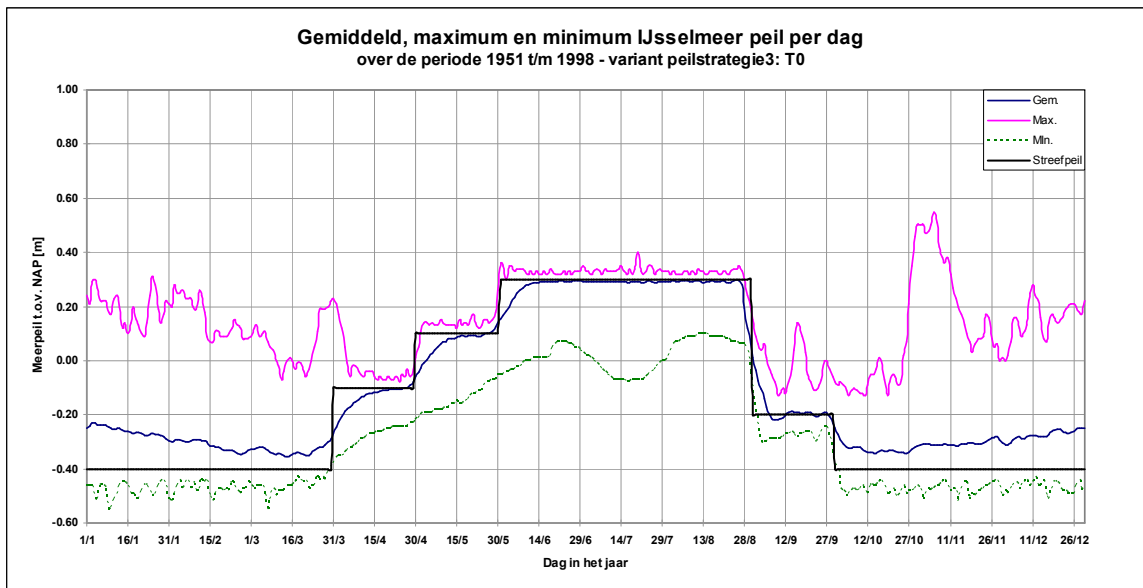
Figuur 8-2 Sobek BEKKEN resultaten voor peilstrategie 1, Markermeer (case 16)



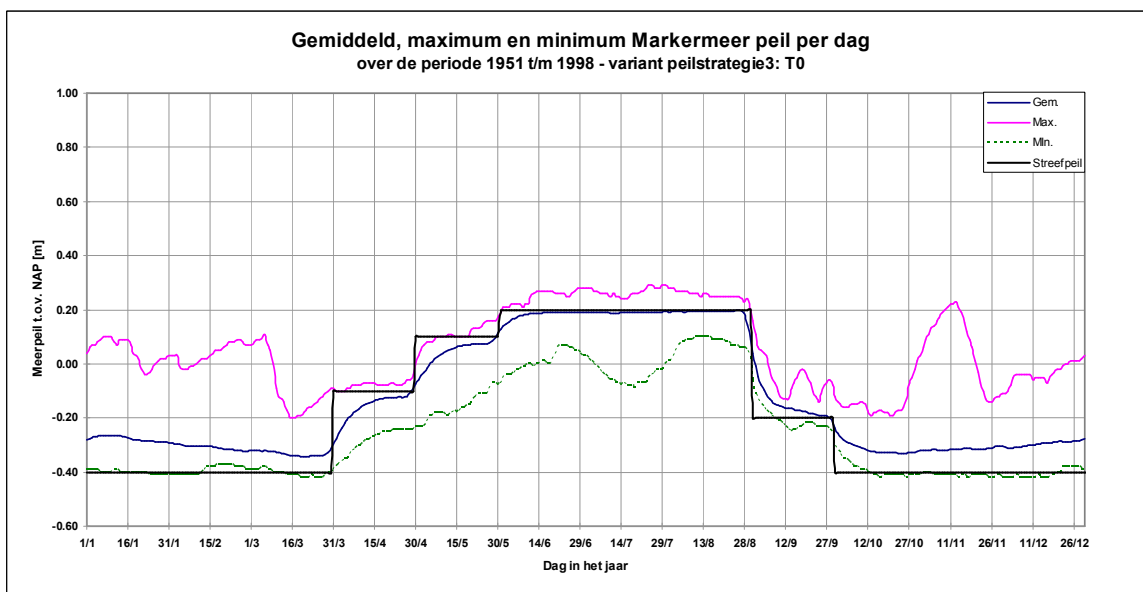
Figuur 8-3 Sobek BEKKEN resultaten voor peilstrategie 2, IJsselmeer (case 17)



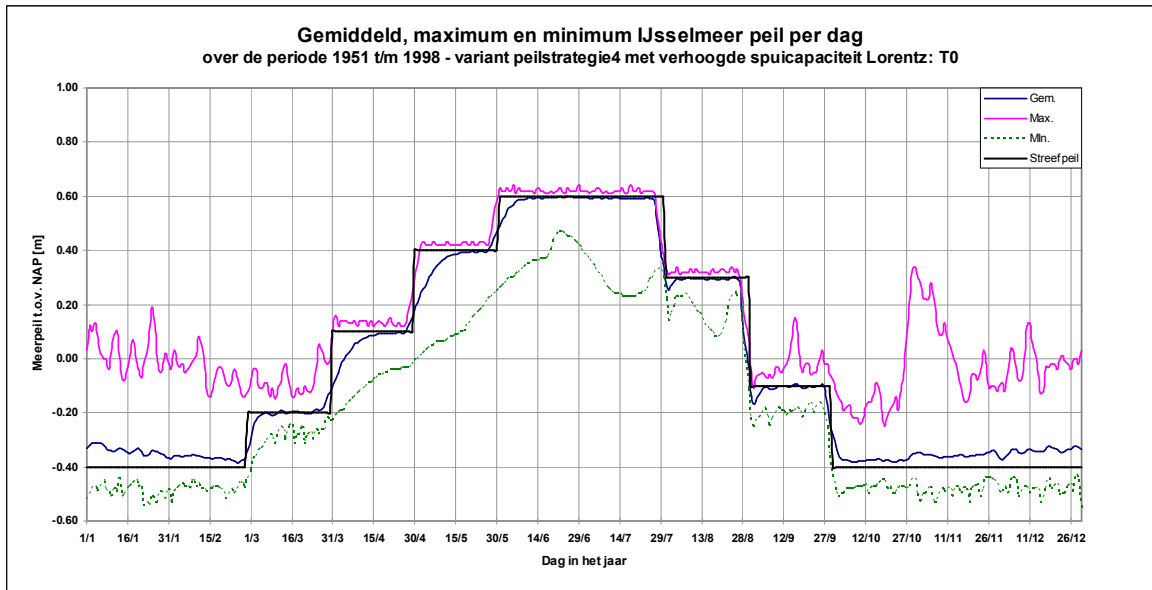
Figuur 8-4 Sobek BEKKEN resultaten voor peilstrategie 2, Markermeer (case 17)



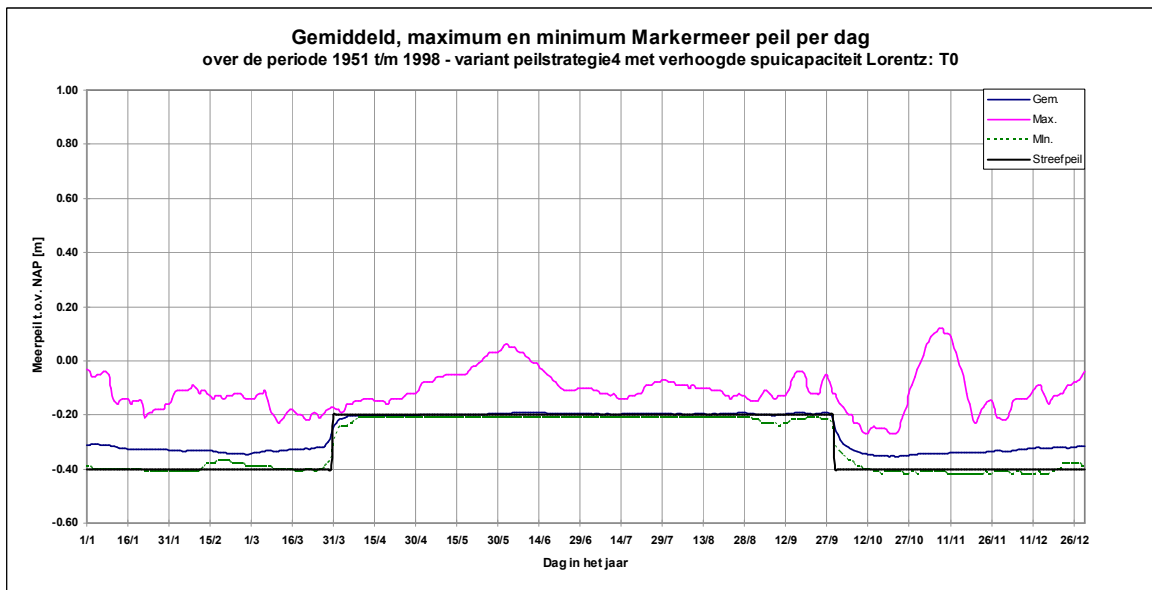
Figuur 8-5 Sobek BEKKEN resultaten voor peilstrategie 3, IJsselmeer (case 18)



Figuur 8-6 Sobek BEKKEN resultaten voor peilstrategie 3, Markermeer (case 18)

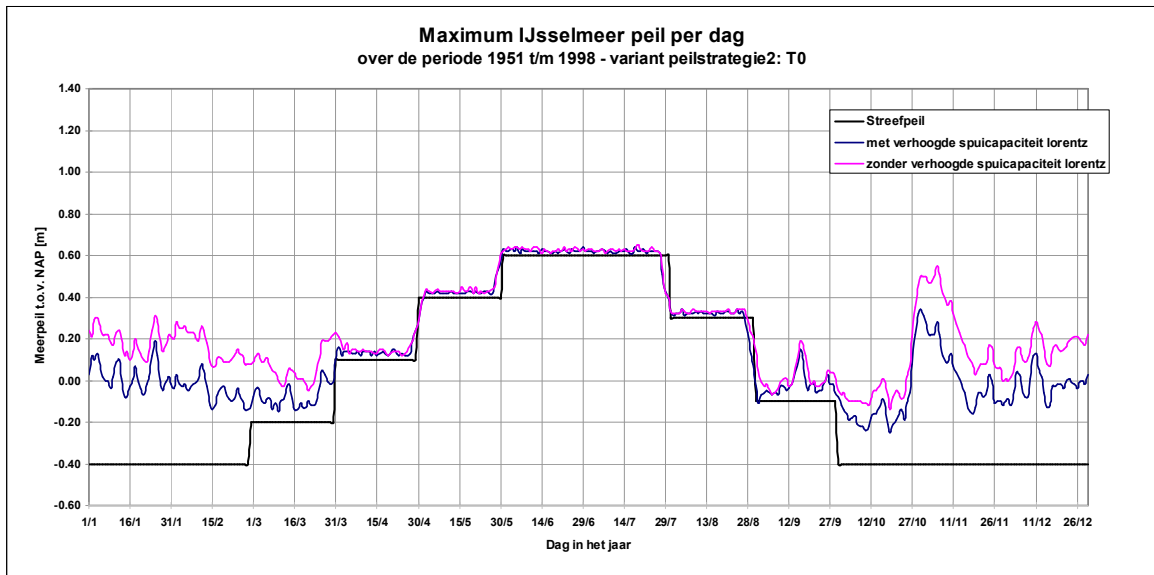


Figuur 8-7 Sobek resultaten voor de peilstrategie 4 met de verhoogde spuicapaciteit van de Lorentzsluis, IJsselmeer (case 19)

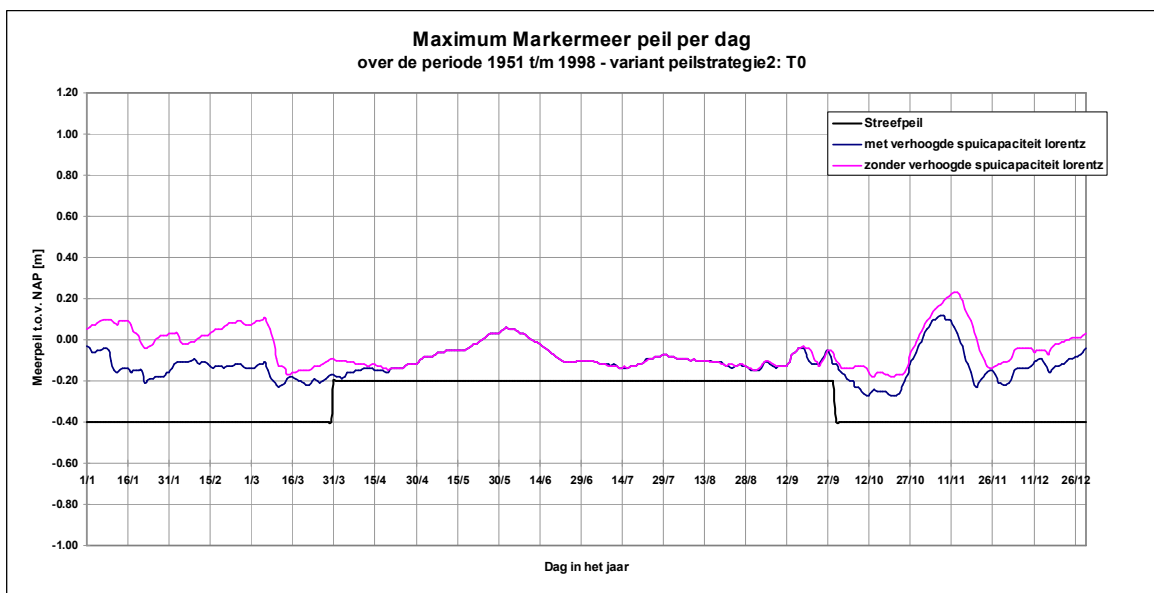


Figuur 8-8 Sobek resultaten voor de peilstrategie 4 met de verhoogde spuicapaciteit van de Lorentzsluis, Markermeer (case 19)





Figuur 8-9 Vergelijking van de Sobek resultaten voor de maximale IJsselmeerpeilen bij peilstrategie 2, mét en zonder de verhoogde spuicapaciteit van de Lorentzsluis (=peilstrategie 4 – peilstrategie 2) (case 19 versus case 17)



Figuur 8-10 Vergelijking van de Sobek resultaten voor de maximale Markermeerpeilen bij peilstrategie 2, mét en zonder de verhoogde spuicapaciteit van de Lorentzsluis (=peilstrategie 4 – peilstrategie 2) (case 19 versus case 17)

### 8.3 Evaluatie alternatieve methode bepaling meerpeilstatistiek

Bij het bepalen van de meerpeilstatistiek voor de peilstrategieën is ervan uitgegaan dat gebruik kon worden gemaakt van de bestaande methode. Bij de uitvoering zijn echter een aantal problemen naar voren gekomen die de toepassing van deze methode niet mogelijk maakt.

In het SPIJ rapport wordt de volgende methode beschreven om een variabel streefpeil mee te nemen:

- 1 Reken per streefpeil de gehele periode door met het SOBEK BEKKEN model. Het streefpeil is voor de gehele winter gelijk.
- 2 Bepaal per streefpeil de statistiek
- 3 Bepaal met Hydra-M de frequentie per toetspeil. Doe dit voor elk streefpeil.
- 4 De berekende frequenties worden gewogen opgeteld.

Een groot nadeel van deze methode is dat de invloed van een hoog peilbeheer in voorgaande maanden niet wordt meegenomen. Er wordt vanuit gegaan dat over het gehele jaar hetzelfde streefpeil gehanteerd wordt. Tevens worden de zomermaanden in deze methode niet meegenomen. Om die reden is in deze studie de SPIJ methode niet toegepast. Er is gekozen om de statistiek voor zowel de zomer- als wintermaanden te bepalen uit de SOBEK-BEKKEN meerpeilreeksen met variabel streefpeil, die op zich weer als invoer dienen van het Hydra-VIJ model. Daarbij moet een keuze gemaakt worden tussen maandelijkse of halfjaarlijkse statistiek.

Het gebruik van halfjaarlijkse statistiek leidt tot de volgende problemen:

- 1 hoog frequente deel; de meerpeilen behorende bij een kans van 0.1 tot 1 worden bepaald uit de waarnemingen. Wanneer er verschillende streefpeil niveaus voorkomen is het vrijwel onmogelijk hier een frequentielijn door heen te fitten. (paragraaf 8.3.1)
- 2 laag frequente deel. Bij de peilstrategie scenario's komen er in de zomer nauwelijks extremen voor, waardoor het niet legitiem is om een extreme-waarden analyse uit te voeren. (paragraaf 8.3.2).

Het gebruik van maandelijkse statistiek ligt op zich voor de hand, maar het is zeer twijfelachtig of een extreme waarden analyse bij het gebruik van maandelijkse waarden toegepast mag worden (zie paragraaf 8.3.3). Maandelijkse statistiek wordt ook zelden toegepast en er is weinig bekend over de nauwkeurigheid van de resultaten.

Opgemerkt moet ook nog worden dat het Hydra-VIJ model normaal gesproken alleen gebruikt wordt voor het berekenen van toetspeilen, gebaseerd op meerpeilgegevens van de wintermaanden. Bij de peilstrategieën hebben we echter te maken met:

- meerpeilen in de zomer maanden
- variabel peilbeheer

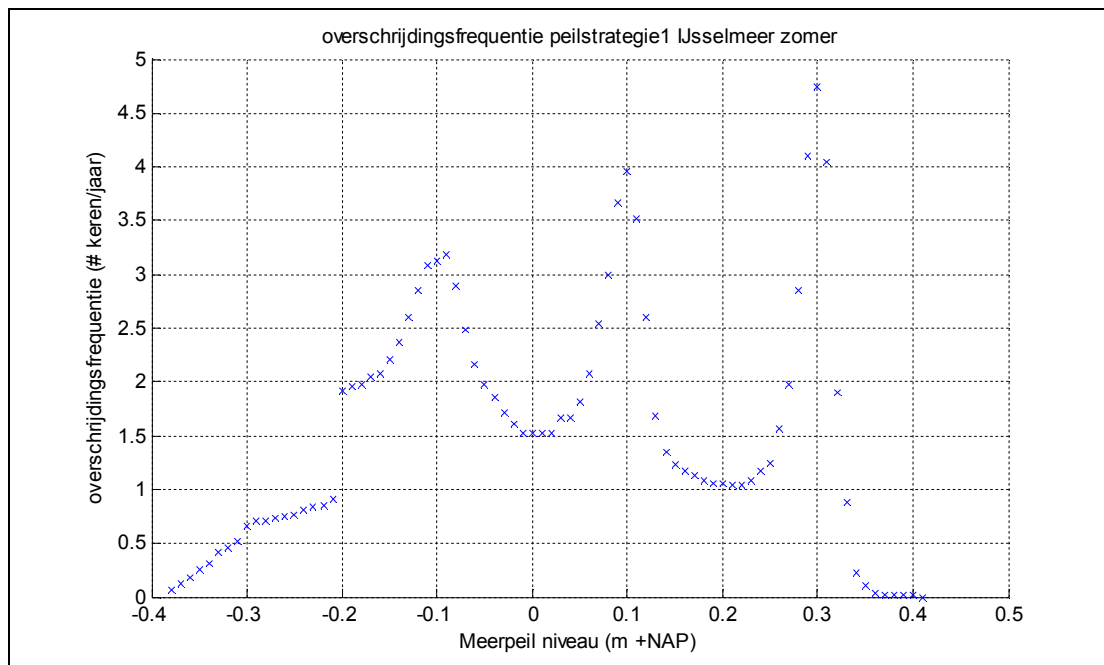
Door deze problemen kan er geen gefundeerde uitspraak gedaan worden over de betrouwbaarheid van de resultaten. In paragraaf 8.3.4 is gekeken naar de gevoeligheidsanalyse tussen de overschrijdingsfrequentie en het toetspeil. De gevoeligheidsanalyse verschaft inzicht in het veranderen van het toetspeil, maar helpt verder niet om de betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten.

In de volgende paragrafen worden de problemen bij het toepassen van de nu beschikbare methode nader toegelicht. Daar de uitkomsten vooralsnog als onbetrouwbaar worden beschouwd, zijn deze niet opgenomen in de hoofdtekst van dit rapport, maar weergegeven in Bijlage E.

Als voorlopig alternatief voor een benadering op basis van modelberekening en statistiek wordt in hoofdstuk 8.4 op basis van expert judgement een uitspraak gedaan over de mogelijke effecten van de nieuwe zomer peilstrategieën.

### 8.3.1 Halfjaarlijkse statistiek-hoog frequente deel

Bij het gebruik van halfjaarlijkse statistiek is het lastig de frequentielijn voor het hoogfrequente deel te bepalen. De frequentielijn wordt bepaald door het tellen (per drempelwaarde) van het aantal toppen dat boven deze drempel uitkomt. Figuur 8-11 geeft de overschrijdingsfrequentie voor peilstrategie 1 (case 16). Er zijn 3 pieken te zien, omdat alle 3 de streefpeilen vaak voorkomen ( -0.1, 0.1 en 0.3 m N.A.P.). Hierdoor doet zich in de eerste plaats het probleem voor dat het niet goed mogelijk is een frequentielijn te trekken die goed aansluit bij de data.

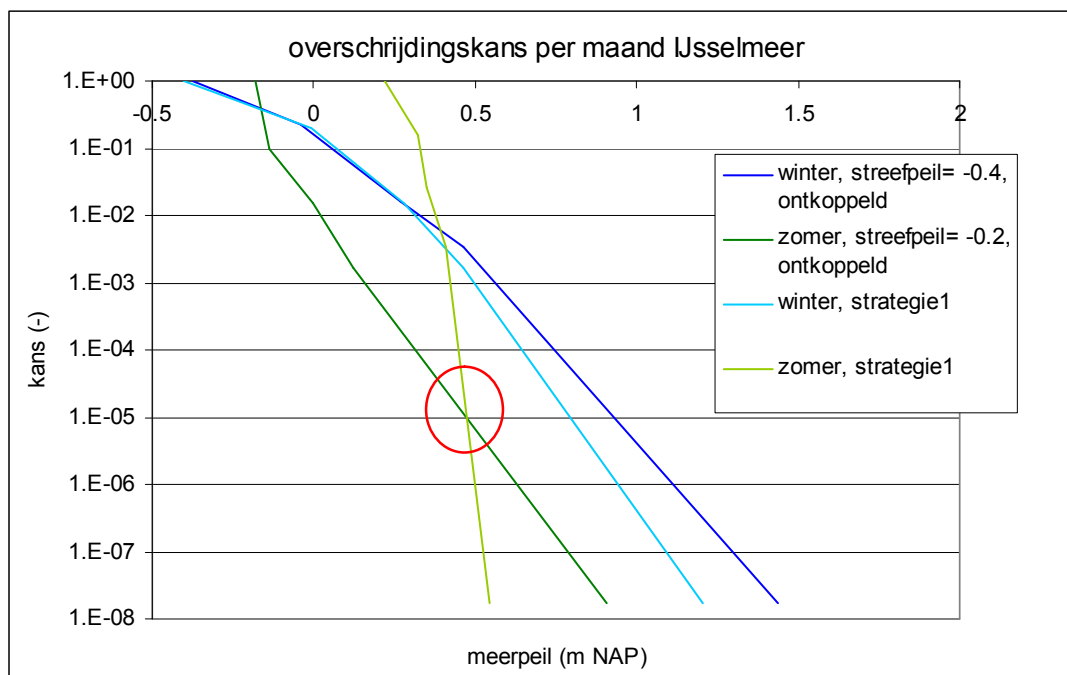


Figuur 8-11: Overschrijdingsfrequentie peilstrategie 1 (zomer halfjaar) (case 16)

### 8.3.2 Halfjaarlijkse statistiek-laag frequente deel

Ook bij de statistiek voor het laag-frequente deel voor halfjaarlijkse waarden treden problemen op, omdat het in dit geval niet legitiem is om een extreme-waarden analyse uit te voeren. De reden wordt hieronder verder toegelicht.

In Figuur 8-12 is te zien dat de overschrijdingfrequentielijn van de referentie zomer schuiner loopt dan die van peilstrategie 1. De scheefheid van de lijn in het laagfrequente deel wordt bepaald door een extreme waarde analyse van jaarmaxima.



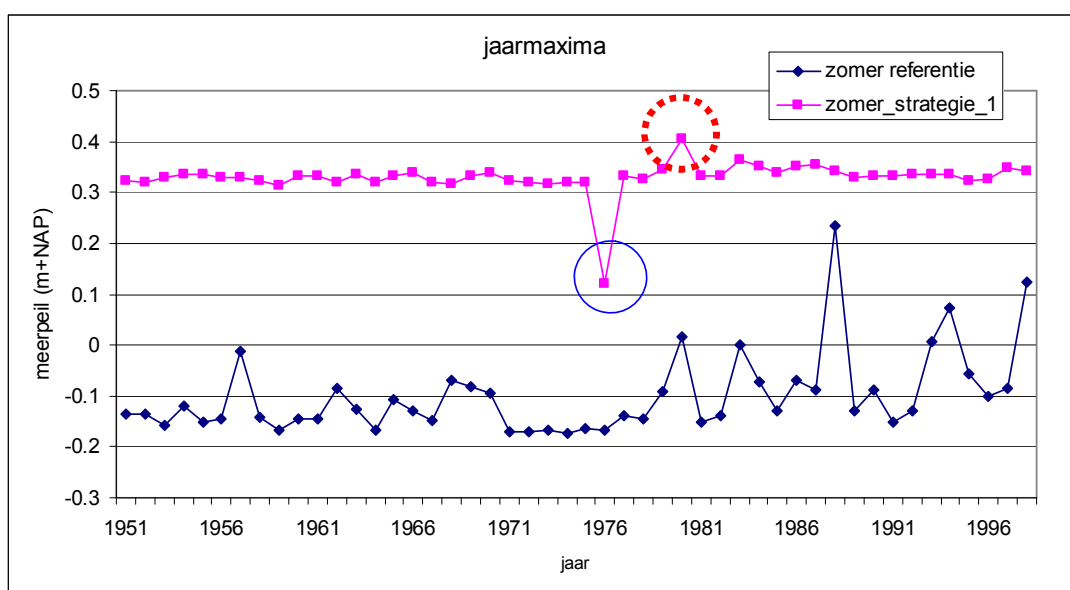
Figuur 8-12: Overschrijdingskans IJsselmeer voor de referentie (=ontkoppeld) en peilstrategie 1 scenario's (cases 1 en 16)

Figuur 8-13 geeft de serie maxima voor de zomer maanden. Hierin is te zien dat de jaarmaxima van peilstrategie 1 (roze lijn) dicht bij elkaar liggen en dat er relatief weinig extremen voorkomen. In de reeks jaarmaxima van de referentieberekening (donkerblauwe lijn) zit veel meer variatie. Het gevolg is dat de overschrijdingslijn van de referentie-situatie een schuiner verloop heeft dan de situatie van peilstrategie 1. Dit leidt tot een situatie waarbij ondanks de verhoging van het streefpeil in de zomer uit de analyse blijkt dat de overschrijdingskans van extreme meerpeilen juist *lager* is dan in de referentie-situatie. Die overgang vindt plaats bij een bepaald peilniveau dat is aangegeven met een rode cirkel in Figuur 8-13. Dit is het gevolg van het extrapoleren van statistiek naar extreme overschrijdingsfrequenties en geeft aan dat de extreme waarde analyse niet voldoet voor deze situatie. Dat is als volgt uit te leggen: de hoogste meerpeilen van het zomerseizoen in de referentie-situatie (blauwe lijn in Figuur 8-13) liggen allen onder het beoogde peil van peilstrategie 1 (+0.3m NAP). Daardoor kent de reeks zomermaxima van peilstrategie 1 (roze lijn) geen enkele grote uitschieter naar boven. Feitelijk kent de lijn maar twee kleine afwijkingen van de algemene lijn: één lagere waarde (blauwe cirkel in Figuur 8-13) en één iets hogere waarde (gestippelde rode cirkel in Figuur 8-13).

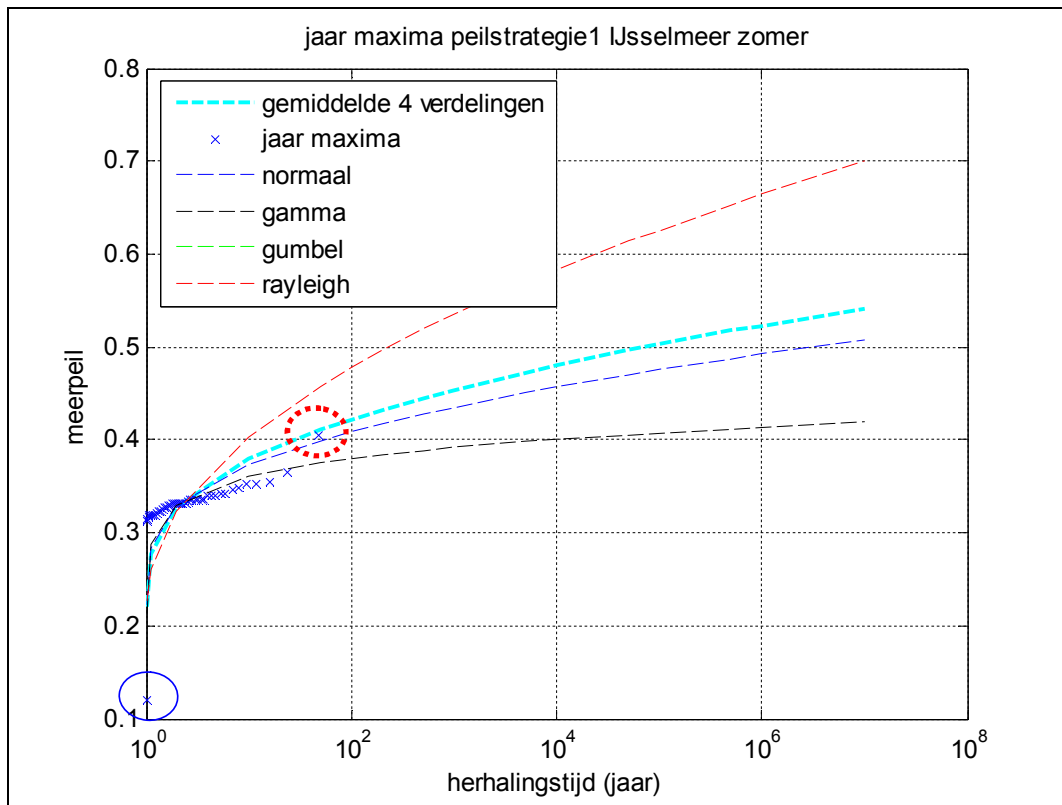
Dit gebrek aan variatie komt bij de extreme waarde analyse tot uiting in het feit dat significante overschrijdingen van +0.3m NAP nauwelijks mogelijk worden geacht, want er zijn immers geen 'extreme waarden'. Dit is zichtbaar in Figuur 8-14, waar de extreme-waarden analyse is weergegeven voor peilstrategie 1, met de indicatie van de ligging van de twee licht afwijkende waarden met dezelfde indicatie (met cirkels) als in Figuur 8-13. Het zal duidelijk zijn dat hier geen goede fit wordt verkregen aan de data. Ter vergelijking is de uitkomst van de extreme-waarden analyse voor de referentie-situatie opgenomen (Figuur 8-15).

De consequentie van het gebruik van de data van peilstrategie 1 voor extreme-waarde analyse is dat de relatief vlakke trend wordt geëxtrapoleerd. Extrapolatie van de referentie-situatie laat echter zien dat extremen van +0.4m NAP of meer wel degelijk mogelijk zijn, zij het met een kleine kans. Als een dergelijk gebeurtenis in de referentie-situatie optreedt, zal deze gebeurtenis bij peilstrategie 1 tot minstens even hoge peilen leiden. Resultaten van de extreme waarden analyse, met name voor extreme meerpeilen, zijn om deze reden niet geldig en mogen niet worden gebruikt als basis voor verdere analyse.

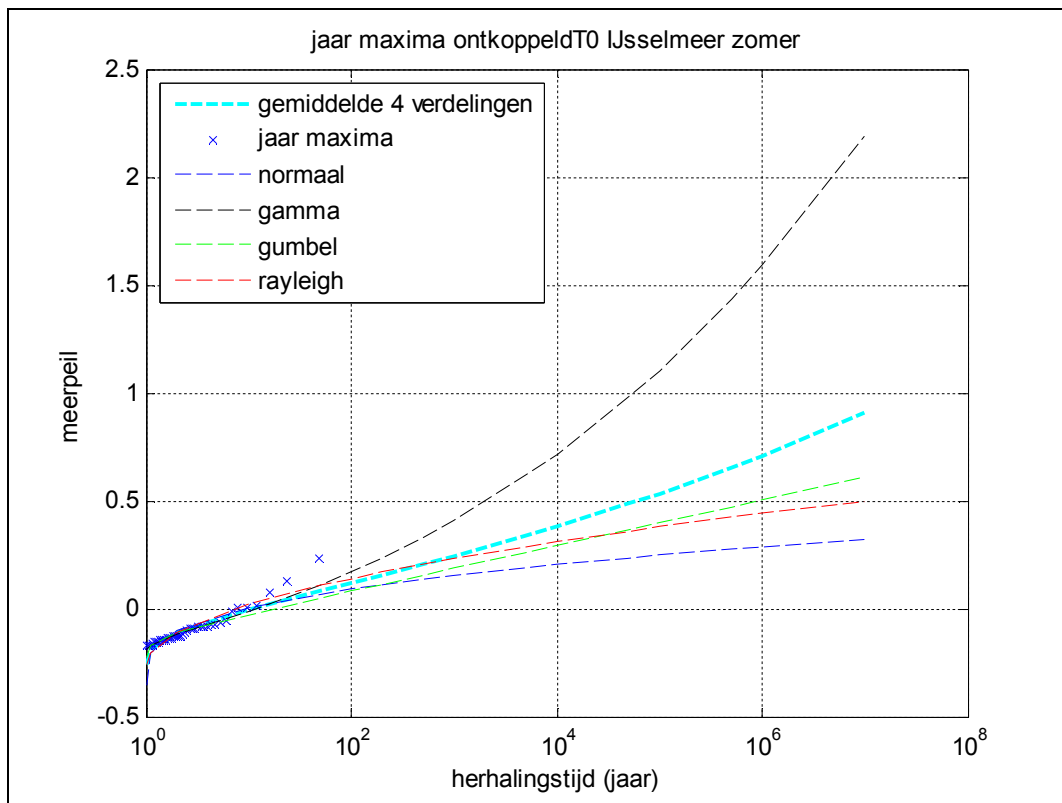
Deze constatering heeft tot gevolg dat verdere analyse met het Hydra-VIJ model op basis van de meerpeilstatistiek niet tot de gewenste resultaten kan leiden.



Figuur 8-13: Jaarmaxima voor de zomerhalfjaren van 1951 tot 1998 voor de referentie en peilstrategie 1 scenario's (cases 1 en 16)



Figuur 8-14: Plot van de extreme-waarden analyse van peilstrategie 1 (case 16)



Figuur 8-15: Plot van de extreme-waarden analyse voor het referentie scenario (case 1)

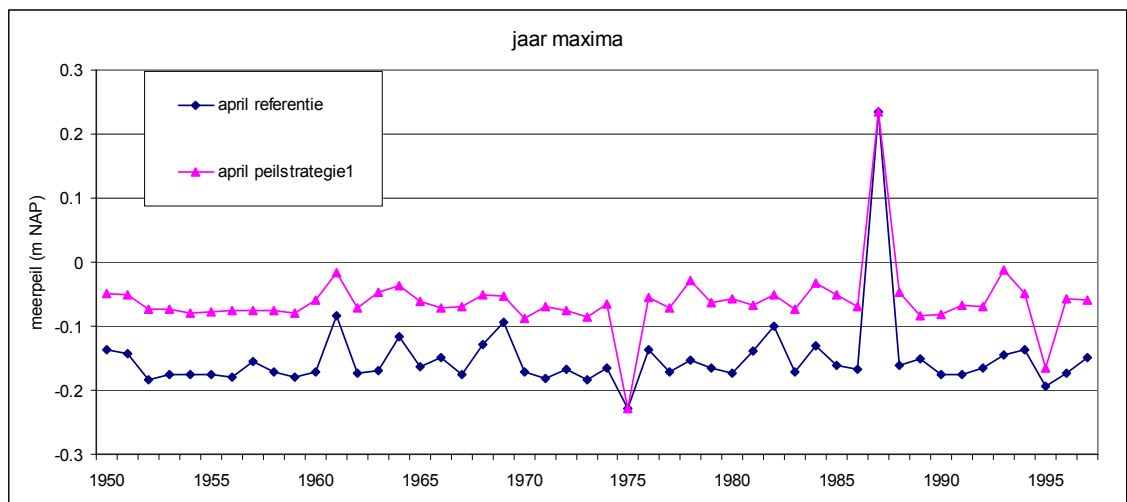
### 8.3.3 Maandelijks statistiek – extremen waarden analyse

Het is zeer twijfelachtig of je bij het gebruik van maandelijks statistiek een extreme waarden analyse toe kan passen. De methode van de extremen waarden analyse is gebaseerd op waarden die op zichzelf een maximum zijn van een lange reeks. Bij de individuele zomer maanden is dit echter niet het geval, er is weinig variatie tussen de maxima van het IJsselmeer te zien (zie figuren 8.16 t/m 8.21). Er is te weinig informatie over interessante gebeurtenissen beschikbaar, het gaat in dit geval niet meer om extremen.

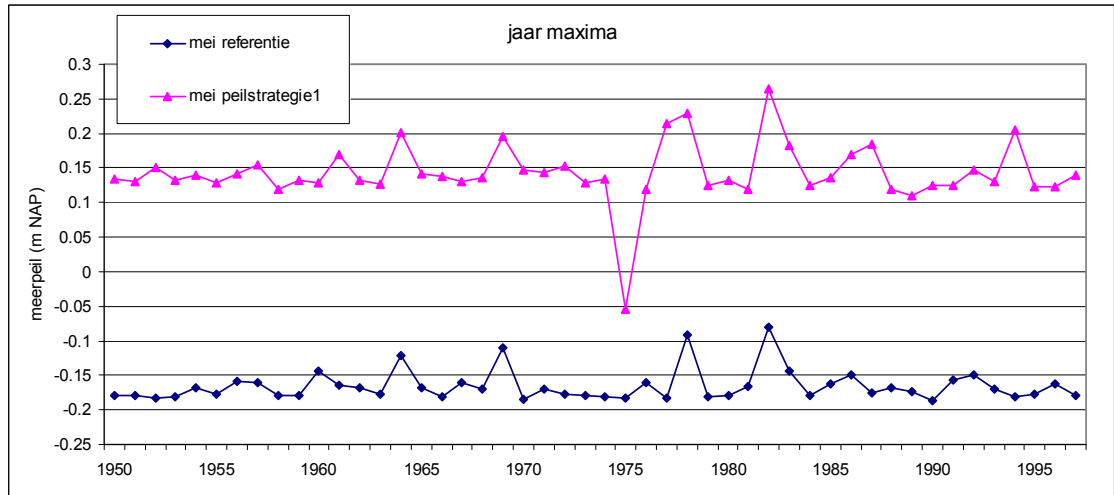
De wintermaanden (oktober en november-maart) vertonen wel enige variatie (zie Figuur 8-20 en Figuur 8-21), maar bij de alternatieve peilstrategieën gaat de interesse met name uit naar de zomermaanden.

In het geval dat een extreme-waarden analyse toch wordt toegepast worden de overschrijdingskansen uit Figuur 8-22 verkregen.

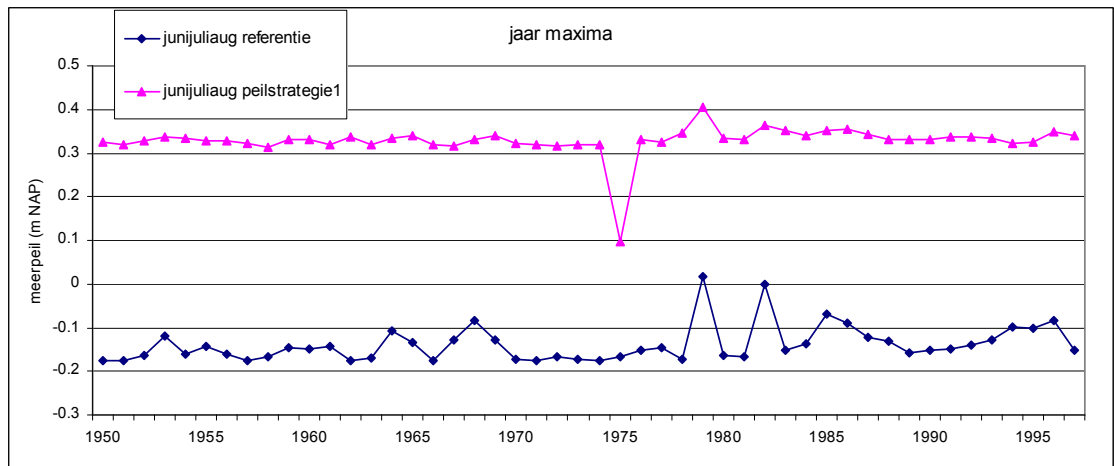
Gezien de onzekerheid rond de uitkomsten van de combinatie meerpeilstatistiek – berekening Hydra-VIJ zijn de resultaten voor alle vier de peilstrategieën weergegeven in Bijlage E.



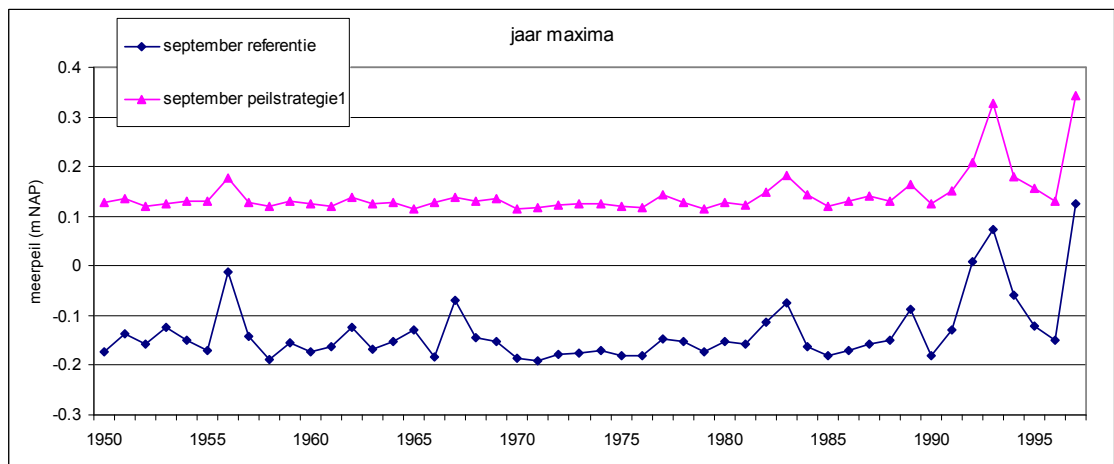
Figuur 8-16: Maxima in de maand april voor 1951 tot 1998 voor het referentie en peilstrategie 1 scenario



Figuur 8-17: Maxima in de maand mei voor 1951 tot 1998 voor het referentie en peilstrategie 1 scenario

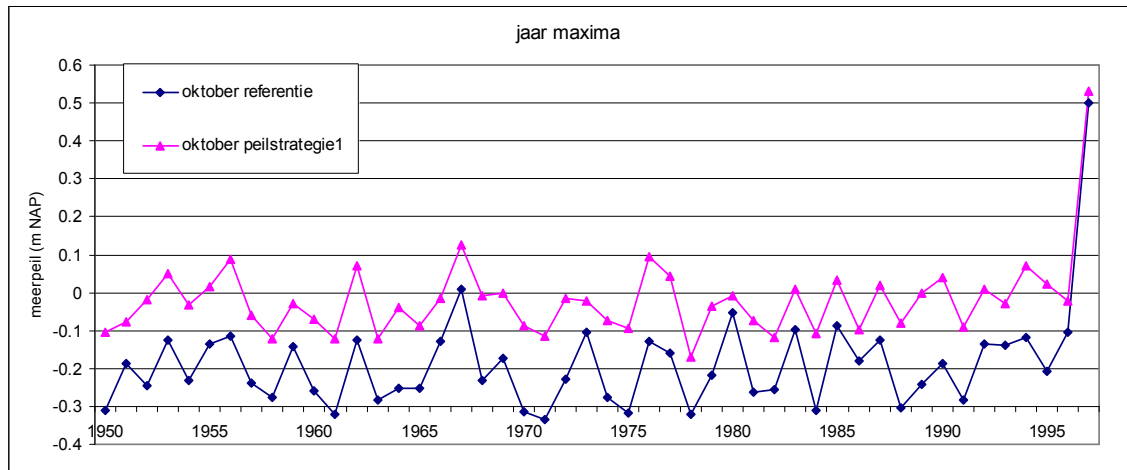


Figuur 8-18: Maxima in de maanden juni, juli en augustus voor 1951 tot 1998 voor het referentie en peilstrategie 1 scenario.

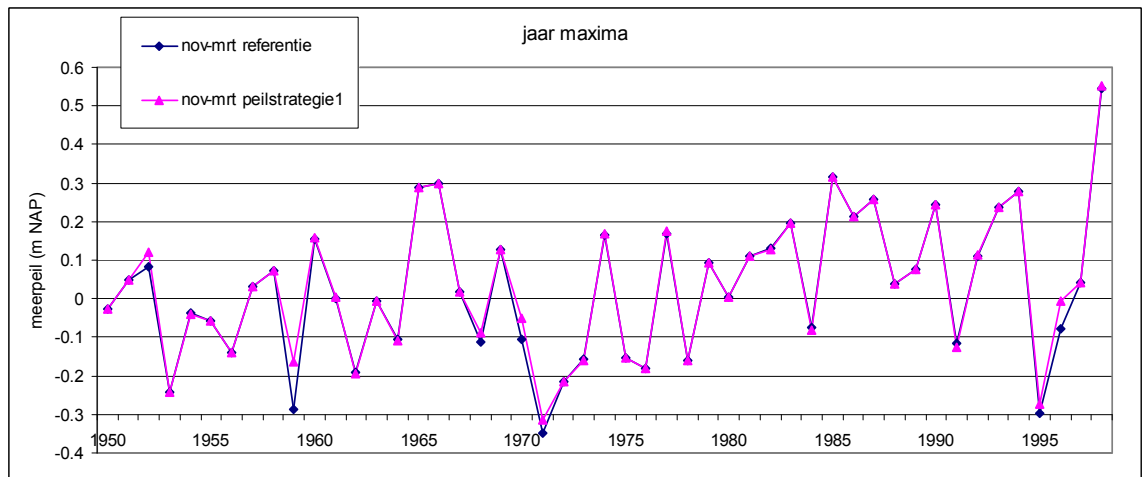


Figuur 8-19: Maxima in de maand september voor 1951 tot 1998 voor het referentie en peilstrategie 1 scenario.

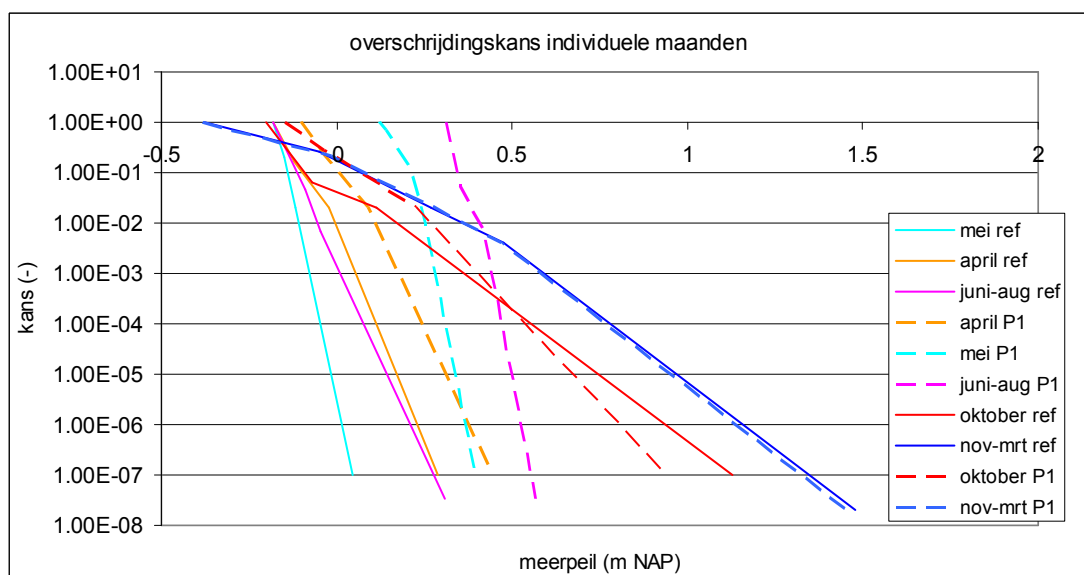




Figuur 8-20: Maxima in de maand oktober voor 1951 tot 1998 voor het referentie en peilstrategie 1 scenario.



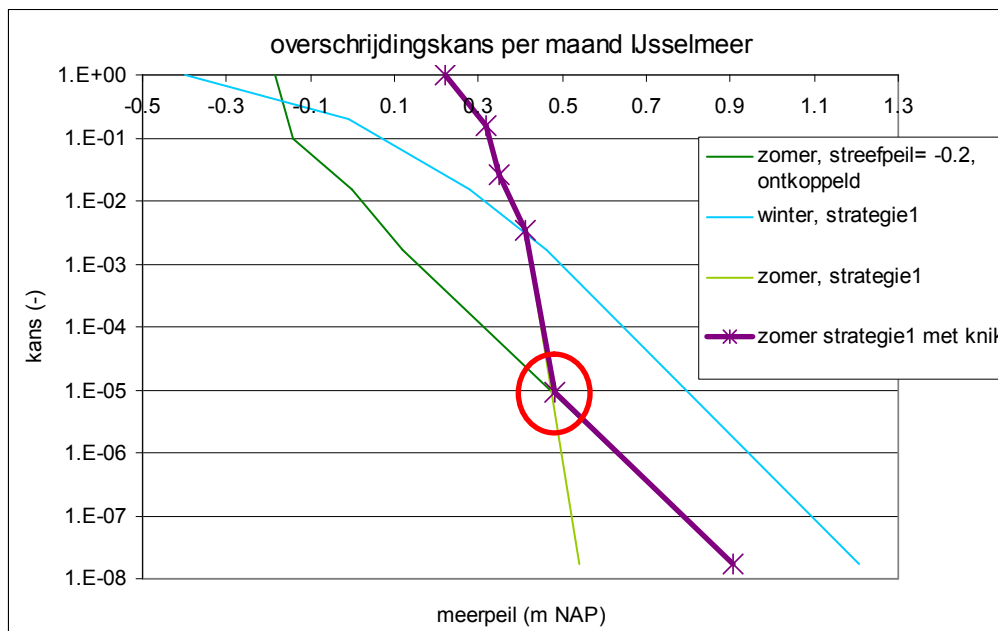
Figuur 8-21: Maxima in de maand november voor 1951 tot 1998 voor het referentie en peilstrategie 1 scenario.



Figuur 8-22: Overschrijdingskans individuele maanden voor het referentie en peilstrategie 1.

### 8.3.4 Gevoeligheidsanalyse

Als extra activiteit is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de relatie tussen de overschrijdingskans en het toetspeil. Ten eerste is gekeken of het vergroten van de kans bij hogere meerpeilen effect heeft op de toetspeilen. Hierbij is peilstrategie 1 (case 16) als referentie gebruikt. Voor het “P1 knik scenario” is de overschrijdingskans in de zomer aangepast (zie Figuur 8-23). Wanneer het P1 knik scenario wordt vergeleken met het Peilstrategie 1 scenario zien we weinig verschil (zie resultaten in Tabel 8-2). Wel is te verwachten dat hoe hoger de positie van de knik (d.w.z. bij lagere herhalingsijden), hoe groter de invloed zal zijn op het toetspeil.

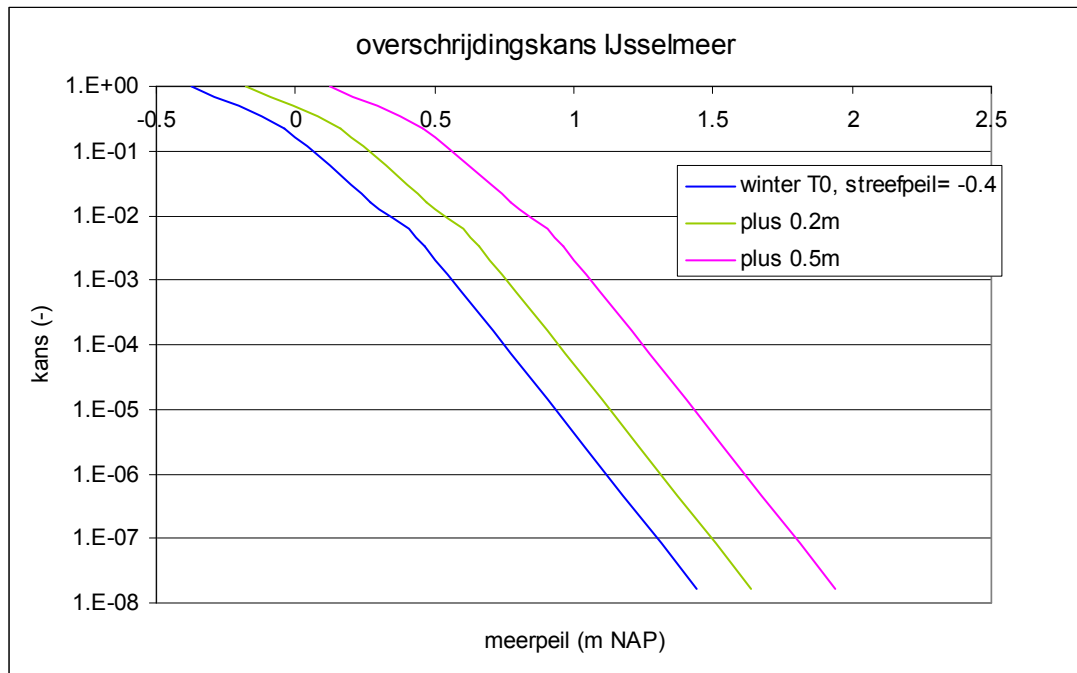


Figuur 8-23 Overschrijdingskans per maand voor het IJsselmeer.

Tabel 8-2 Berekende toetspeilen voor 8 IJsselmeerlocaties.

dijk ring	locatie	Toetspeil (m +NAP)		verschil (m)
		P1	P1 knik	P1knik-P1
12	01A Wieringermeerdijk Noord	0.88	0.90	<b>0.02</b>
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	0.82	0.82	<b>0.00</b>
6	F007 Cornwerd	1.74	1.76	<b>0.02</b>
6	F351 Laaxum	0.76	0.76	<b>0.00</b>
6	L005 Lemsterbaai	1.98	1.98	<b>0.01</b>
7	N442 Ramsdijk	3.02	3.02	<b>0.00</b>
8	F291 IJsselmeerdijk	1.67	1.68	<b>0.00</b>
8	H-IJM144 Houtribdijk	1.10	1.11	<b>0.01</b>

In de tweede plaats is gekeken naar de invloed van een verschuiving (translatie) van de gehele overschrijdingskanslijn. Hierbij wordt het ontkoppelde scenario als referentie gebruikt (alleen de winter maanden worden meegenomen). In de scenario berekening wordt per overschrijdingskans het meerpeil verhoogd met respectievelijk 0.2 en 0.5 meter. De nieuwe overschrijdingskans lijnen zijn weergegeven in Figuur 8-24. In Tabel 8-3 is te zien dat een verhoging van het peil per overschrijdingskans resulteert in een iets kleinere verhoging van het toetspeil.



Figuur 8-24 Overschrijdingskans per maand voor het IJsselmeer

Tabel 8-3 Berekende toetspeilen voor 8 IJsselmeer locaties.

Dijk ring	Locatie	Toetspeil (m +NAP)			Verschil (m)	
		ref	ref plus 0.2	ref plus 0.5	ref plus 0.2 - ref	ref plus 0.5 - ref
12	01A Wieringermeerdijk Noord	0.97	1.16	1.45	<b>0.19</b>	<b>0.48</b>
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	0.94	1.14	1.43	<b>0.20</b>	<b>0.49</b>
6	F007 Cornwerd	1.75	1.86	2.05	<b>0.11</b>	<b>0.30</b>
6	F351 Laaxum	0.86	1.06	1.35	<b>0.20</b>	<b>0.49</b>
6	L005 Lemsterbaai	1.99	2.12	2.34	<b>0.13</b>	<b>0.35</b>
7	N442 Ramsdijk	3.03	3.14	3.34	<b>0.11</b>	<b>0.31</b>
8	F291 IJsselmeerdijk	1.68	1.83	2.06	<b>0.15</b>	<b>0.38</b>
8	H-IJM144 Houtribdijk	1.12	1.29	1.56	<b>0.17</b>	<b>0.44</b>

## 8.4 Expert judgement

Zoals hierboven uitgelegd is het momenteel met de ter beschikking staande methode gebaseerd op een combinatie van hydraulische berekeningen en daarop voortbouwende extreme-waarden statistiek niet mogelijk een gefundeerde uitspraak te doen over de mogelijkheid om het meerpeil in de zomer op het IJsselmeer te verhogen zonder ingrijpende consequenties voor de veiligheid tegen overstromingen. Het gaat daarbij om een verhoging tot bijv. +0.60 m N.A.P.

Op verzoek van de opdrachtgever om een 'expert judgement' te geven over de mogelijkheid tot verhoging van het zomerpeil is door het projectteam een kwalitatieve analyse gemaakt van de verschillende factoren en de mogelijke invloed die deze zullen hebben op de veiligheid tegen overstromingen in een dergelijke situatie.

Op basis van die evaluatie zijn wij van mening dat er geen aanwijzingen zijn dat een verhoging van het meerpeil op het IJsselmeer tot +0,60 m N.A.P. (in de zomermaanden) tot belangrijke verslechtering zal leiden van de veiligheidssituatie.

Hieronder worden onze overwegingen en kanttekeningen weergegeven:

- De resultaten van de uitkomsten van de hydraulische berekeningen met het SOBEK-BEKKEN model met verhoogd meerpeil (zie figuren 8.5 – 8.8) laten zien dat in de zomerperiode het gemiddelde peil grotendeels samenvalt met het verhoogde streefpeil en het maximale peil in alle gevallen slechts enkele centimeters boven het streefpeil uitkomt.
- In de zomerperiode zal windopzet een veel geringere rol spelen als risicofactor dan in de winterperiode;
- Hoge afvoeren vanuit de IJssel komen in de zomerperiode relatief weinig voor; de meeste hoogwaters op de Rijn zijn immers beperkt tot de winterperiode;
- Er is een evidente toename in het bergingsvolume van het IJsselmeer waardoor bij een aanvangspeil onder het streefpeil een eventueel hogere instroming (van welke aard ook) makkelijker geborgen kan worden;
- Een verhoogd meerpeil heeft als consequentie een verhoogd verval over de spuisluisen en dus een verhoogde spuicapaciteit. Daarbij is de kans op verhoogd zeepeil op de Waddenzee, dat tot een beperking van de spuicapaciteit kan leiden, in de zomer ook minder dan in de winterperiode. Opgemerkt moet worden dat er momenteel uitbreiding van de spuicapaciteit plaatsvindt, waardoor er vanaf circa 2013 al een verhoogde capaciteit zal zijn dan waarmee in de huidige SOBEK-BEKKEN modelsimulaties rekening is gehouden;
- De kans op frontale neerslag, d.w.z. neerslag over een grote oppervlakte is veel groter in de winter dan in de zomer, wanneer neerslag veelal het karakter heeft van lokale (convectieve) buien.

Zoals al eerder is opgemerkt is het momenteel niet mogelijk kwantitatieve uitspraken te doen over de werkelijke verandering in kans van overstroming bij verhoogd meerpeil en is daarmee ook geen uitspraak te doen hoe die kans zou veranderen bij verschillende

waarden van het verhoogde (zomer) streefpeil. Hiervoor moet eerst onderzoek worden gedaan naar een nieuwe betrouwbare methode voor bepaling van deze kans.

Het verdient wel aanbeveling om naast dit onderzoek (meer) aandacht te gaan besteden aan voorspelling van externe situaties die tot overstromingen kunnen leiden, daar een (sterk) verhoogd streefpeil een kleinere marge oplevert tussen dijkhoogte en maximale waterstand.

Daarbij moet worden gedacht aan de volgende factoren:

- Voorspelling van de verwachte instroming vanuit de IJssel op basis van hoogwatervoorspelling op de Rijn (tijdshorizon in de orde van 2 – 5 dagen, afhankelijk van de herkomst van het hoogwater in het stroomgebied);
- Voorspelling van extreme frontale neerslag, momenteel relatief nauwkeurig voorspelbaar met een tijdshorizon van meerdere dagen;
- Voorspelling van eventuele verhoogde waterstand op de Waddenzee en/of Noordzee, een situatie die vaak in combinatie optreedt met extreme weersomstandigheden.

Gezien de genoemde tijdshorizon van de voorspelling van dergelijke extreme situaties, vaak in de orde van meerdere dagen, kan preventief het peil verlaagd worden door spuien in het geval het meerpeil op of dichtbij het verhoogde streefpeil ligt.

Grootschalige convectieve neerslag in de gebieden die direct afwateren op het IJsselmeer zijn niet goed te voorspellen met voldoende tijdshorizon om preventieve maatregelen te nemen, maar zoals eerder opgemerkt zijn dergelijke situaties relatief zeldzaam in de zomer die meer gekenmerkt wordt door lokale neerslag.

---

## 9 Conclusies

De conclusies zijn opgedeeld in twee delen:

- 1 conclusies van de modelsimulaties;
- 2 conclusies als antwoord op de onderzoeksvragen.

### 9.1 Modelresultaten

De conclusies van de modelresultaten zijn opgedeeld naar de 3 gedefinieerde activiteiten in het project:

Activiteit 1: referentie berekening

- De bijdrage van de zomerperiode (huidige situatie) aan de hoogte van het toetspeil en het belastingniveau is nihil. Dit is ook naar verwachting en bevestigd de juistheid van de keuze deze bijdrage in eerdere Hydraulische Randvoorwaardenboek (HR) berekeningen te verwaarlozen.
- Het toetspeil van de referentie run wijkt af van het toetspeil in HR2001/HR2006. De getallen uit de referentieberekening kunnen niet gebruikt worden voor veiligheidsvraagstukken.

Activiteit 2: klimaatscenario's

- De meerpeil statistiek voor de TG2100 en TW2050 scenario's zijn vrijwel identiek.
- De resultaten van het ontkoppelde systeem zijn vergelijkbaar met die van het noodoverloop systeem.

Activiteit 3: peilstrategieën

- Op basis van een evaluatie van de resultaten van de SOBEK-BEKKEN simulaties moet worden geconcludeerd dat het vervolgtraject van de methode, gebaseerd op meerpeilstatistiek van de zomermaanden en berekening met het Hydra-VIJ model, niet verantwoord is. Een belangrijk onderdeel van de analyse, de extreme waarden statistiek, leidt namelijk tot resultaten die in tegenspraak zijn met de logica. Naar o.i. leidt het toepassen van een extreme-waarden analyse op maxima van een individuele maand evenmin tot de gewenste resultaten.

## 9.2 Resultaten onderzoek

In het onderzoek moest antwoord gegeven worden op twee vragen:

- 1 Wat is het effect van de verschillende klimaatscenario's op de maatgevende hoogwaterstand?
- 2 Wat is het effect van de verschillende peilstrategieën op de maatgevende hoogwaterstand?

### 9.2.1 Effect klimaatscenario's

- De klimaatscenario's hebben duidelijk effect op de meerpeilen, voor alle systeemvarianten. Door de klimaatscenario's stijgen zowel voor het Markermeer als het IJsselmeer de gemiddelde peilen in de winter, waardoor er ondanks de gerichte sturing op zomer- en winterpeil nauwelijks meer een verschil in zomer- en winterpeil waarneembaar is. Het klimaatscenario TW+2100 springt er duidelijk uit als meest extreme klimaatscenario. Bij dit klimaatscenario neemt de gemiddelde waarde van het IJsselmeerpeil in de winter met ca. 60 cm toe ten opzichte van T0, in de zomer is deze toename minder, ca. 40 cm. Dit resulteert in hogere maatgevende waterstanden. Bij het TW+2100 stijgen de toetspeilen gemiddeld gezien over de 8 gekozen IJsselmeer- en 8 Markermeerlocaties respectievelijk met 66 en 35 cm.
- De klimaatsveranderingen lijken dus het meeste effect te hebben op het IJsselmeer
- Voor het IJsselmeer komt de veiligheid ten goede als gekozen wordt voor de gekoppelde variant. Echter voor het Markermeer geldt het omgekeerde. Bij het Markermeer kan qua veiligheid het beste gekozen worden voor de ontkoppelde of de noodoverloop gebied variant.

### 9.2.2 Effect peilstrategieën

- Op grond van expert judgement kan worden gezegd dat er geen aanwijzingen zijn om te veronderstellen dat een verhoogd zomer streefpeil (tot 0.6 m N.A.P.) zal leiden tot drastische verslechtering van de veiligheid tegen overstroming op het IJsselmeer. Deze uitspraak kan echter alleen worden gedaan op basis van de berekeningen met het SOBEK-BEKKEN model en aannames rond de te verwachte weersomstandigheden en lokale in- en uitstroming van de meren in de zomerperiode.

## 10 Aanbevelingen

Op basis van de project uitvoering worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. De windstatistiek voor de individuele zomer maanden zou aangemaakt moeten worden. In dit rapport is aangenomen dat de wind in januari-februari representatief is voor de gehele winter periode en de statistiek voor de maanden mei-juni als referentie kunnen gelden voor de zomer. De verhouding tussen de verschillende maanden is echter per windrichting erg verschillend.
2. De resultaten van de referentie run wijken voor sommige locaties af van het toetspeil uit het HR2006. Er zou gekeken moeten worden hoe dit beter bij elkaar gebracht kan worden.
3. Het is noodzakelijk vast te stellen welke verdelingsfunctie het beste gebruikt kan worden bij de extreme-waarden analyse. In voorgaande rapporten (zie literatuurlijst) staat onvoldoende informatie hoe dit aspect is meegenomen.
4. In Geerse (2006) wordt de overschrijdingskans uitgerekend door de overschrijdingsfrequentie te delen door 6. De factor 6 komt voort uit het feit dat een winterhalfjaar bestaat uit 6 trapezia met een basisduur van 30 dagen. Deze methode is in deze studie ook toegepast. Het zou echter nauwkeuriger zijn om deze functie exponentieel te benaderen volgens:  
$$\text{kans per maand} = 1 - \exp(-(\text{frequentie per maand}))$$

Deze methode zorgt er direct voor dat de kans groter dan 1 niet voor kan komen.
5. Voor het correct inbouwen van het beslissingscriteria voor de beoordeling van de variant '*Markermeer als noodoverloopgebied*' is het noodzakelijk de 'RTC' module toe te passen. Dit is echter niet mogelijk in het huidige WINBOS waarop SOBEK-BEKKEN is gebaseerd. Het WINBOS model zou omgezet moeten worden naar een nieuwe SOBEK schematisatie om de mogelijkheden uit te breiden.
6. Het Hydra-VIJ model vertoont inconsequente uitkomsten bij locatie 30 Zuidpolder en bij gebruik van aparte winter- en zomerstatistiek bestanden. Dit zou nader onderzocht moeten worden.
7. Momenteel is het niet mogelijk de consequenties van alternatieve (zomer) peilstrategieën door te rekenen met de combinatie 'meerpeilstatistiek en daarop gebaseerde berekeningen met Hydra-VIJ'. Het is noodzakelijk om een nieuwe methode hiervoor te ontwikkelen.



8. Een belangrijk struikelblok bij de toepassing van de huidige methode voor (zomer)peilstrategieën is de geldigheid van extreme-waarden analyse. Hier moet als onderdeel van de ontwikkeling van een nieuwe methode aandacht aan worden besteed.
  
9. Eventuele verhoging van het zomer streefpeil zal waarschijnlijk een grotere druk leggen op de juiste voorspelling van de instroming / invoer naar het IJsselmeer en Markermeer met voldoende waarschuwingstijd om bij dreigend gevaarlijke situaties preventieve maatregelen te kunnen nemen. Dit aspect moet meegenomen worden bij een verdere studie naar de mogelijkheid tot het verhoging van het zomerstreefpeil.

---

## 11 Literatuur

- Blaakman, E.J, 1997: Achtergrond Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied, Deelrapport 2 Meerpeilstatistiek, RIZA
- Blaakman, E.J.(1999): Achtergrond Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied, Deelrapport 2 Meerpeilstatistiek, RIZA
- Bosch, van den. P. (2005): Aanpassen HYDRA Tools VulDatabase – Verslag modelbouw, Alkyon
- Geerse, C.P.M. (2002):De grenswaarde in Hydra-B in relatie tot FBC-modelling. RIZA werkdocument 2002.053x. RIZA, Lelystad, 20 februari 2002
- Geerse, C.P.M. (2006): Hydraulische randvoorwaarden 2006, Vecht en IJsseldelta, statistiek IJsselmeerpeil, afvoeren en stormlopen voor Hydra-VIJ, RIZA
- Geerse, C.P.M., et al. (2002): Wind-waterstandstatistiek Hoek van Holland, RIZA, HKV
- RWS-RIZA (2001): Hydraulische Randvoorwaardenboek 2006, voor het toetsen van waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2001
- RWS-RIZA (2007): Hydraulische Randvoorwaardenboek 2006, voor het toetsen van waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007
- Vlag, D., e.a. (2005): Seizoensgebonden Peilbeheer IJsselmeergebied Veiligheid, werkdocument 2005.090X. RIZA.
- WL, 1997. Onafhankelijk onderzoek Markermeer, Rapport H3211, WL | Delft Hydraulics in opdracht van DWW, december 1997.

<http://www.knmi.nl/samenw/hydra/cgi-bin/phase14.cgi>, jan 2008

# A Bijlage 1 - Wind statistiek

## A. Huidige Hydra-VIJ bestand: ovkans\_schiphol.txt

\* De conditionele kans op overschrijding van windsnelheid u gegeven de windrichting r.  
 \* voor 12-uursmaxima te Schiphol.

\* Onderstaande tabel is afkomstig uit bijlage G van:  
 \* Wind-waterstandstatistiek Hoek van Holland. C.P.M. Geerse (RIZA), M.T. Duits (HKV),  
 \* H.J. Kalk (HKV), I.B.M. Lammers, (HKV). RIZA/HKV rapport, Lelystad, juli 2002.

\* De tabel is gebaseerd op overschrijdingskansen op basis van KNMI data voor lage  
 \* windsnelheden en Rijkooit Weibull voor hoge windsnelheden

\* De overgang tussen KNMI-uur data bij lage windsnelheden en Rijkooit Weibull verdelingen  
 \* voor hoge windsnelheden is aangebracht bij een terugkeertijd van ongeveer eens in de 10  
 \* jaar en is in Excel gedaan. De overgangen zijn geleidelijk!

*u	NNO	NO	ONO	O	OZO	ZO	ZZO	Z	ZZW	ZW	WZW	W	WNW	NW	NNW	N
0	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
1	9.96E-01	9.97E-01	1.00E+00	1.00E+00	9.99E-01	9.99E-01	9.99E-01	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	9.98E-01	9.98E-01	1.00E+00	9.99E-01	9.97E-01	9.66E-01
2	9.79E-01	9.85E-01	9.95E-01	9.87E-01	9.84E-01	9.85E-01	9.89E-01	9.87E-01	9.94E-01	9.95E-01	9.90E-01	9.93E-01	9.92E-01	9.88E-01	9.81E-01	9.49E-01
3	9.16E-01	9.49E-01	9.65E-01	9.30E-01	9.04E-01	9.34E-01	9.44E-01	9.47E-01	9.71E-01	9.73E-01	9.66E-01	9.71E-01	9.56E-01	9.53E-01	9.31E-01	8.56E-01
4	7.78E-01	8.71E-01	8.88E-01	8.17E-01	7.53E-01	7.79E-01	8.35E-01	8.58E-01	9.24E-01	9.22E-01	9.17E-01	9.26E-01	9.06E-01	8.80E-01	8.27E-01	6.94E-01
5	6.33E-01	7.58E-01	7.68E-01	6.60E-01	5.56E-01	5.91E-01	6.65E-01	7.17E-01	8.21E-01	8.42E-01	8.64E-01	8.69E-01	8.28E-01	7.86E-01	7.03E-01	5.54E-01
6	4.67E-01	6.20E-01	6.41E-01	5.14E-01	3.82E-01	4.15E-01	5.14E-01	5.79E-01	7.16E-01	7.59E-01	7.92E-01	7.85E-01	7.55E-01	6.98E-01	5.99E-01	4.21E-01
7	3.37E-01	4.78E-01	5.12E-01	3.60E-01	2.29E-01	2.69E-01	3.64E-01	4.20E-01	6.02E-01	6.63E-01	7.02E-01	7.04E-01	6.67E-01	5.79E-01	4.78E-01	3.13E-01
8	2.17E-01	3.45E-01	3.81E-01	2.25E-01	1.15E-01	1.50E-01	2.40E-01	2.91E-01	4.82E-01	5.79E-01	6.21E-01	6.01E-01	5.60E-01	4.70E-01	3.59E-01	2.15E-01
9	1.50E-01	2.35E-01	2.72E-01	1.29E-01	5.35E-02	8.07E-02	1.43E-01	2.11E-01	3.73E-01	4.87E-01	5.27E-01	4.96E-01	4.62E-01	3.76E-01	2.36E-01	1.42E-01
10	1.04E-01	1.52E-01	1.79E-01	7.71E-02	1.96E-02	3.89E-02	7.65E-02	1.38E-01	2.87E-01	4.10E-01	4.50E-01	4.16E-01	3.64E-01	2.90E-01	1.71E-01	1.01E-01
11	5.95E-02	8.06E-02	9.85E-02	4.72E-02	1.10E-02	1.65E-02	3.91E-02	9.12E-02	1.96E-01	3.28E-01	3.55E-01	3.37E-01	2.87E-01	2.17E-01	1.08E-01	7.49E-02
12	3.17E-02	4.47E-02	4.81E-02	2.52E-02	8.70E-03	1.04E-02	1.86E-02	5.81E-02	1.33E-01	2.61E-01	2.86E-01	2.70E-01	2.17E-01	1.52E-01	7.41E-02	5.12E-02
13	1.69E-02	1.80E-02	1.35E-02	1.09E-02	6.00E-03	6.92E-03	1.30E-02	3.28E-02	9.49E-02	1.84E-01	2.12E-01	1.99E-01	1.43E-01	1.04E-01	4.57E-02	2.88E-02
14	7.42E-03	7.44E-03	7.59E-03	6.80E-03	4.50E-03	5.40E-03	6.50E-03	1.99E-02	5.91E-02	1.36E-01	1.47E-01	1.33E-01	9.35E-02	5.99E-02	3.41E-02	9.58E-03
15	3.71E-03	3.77E-03	3.91E-03	2.84E-03	2.20E-03	2.45E-03	4.39E-03	1.22E-02	3.96E-02	1.02E-01	9.93E-02	8.59E-02	6.19E-02	4.61E-02	2.23E-02	5.29E-03
16	1.74E-03	1.77E-03	1.86E-03	1.28E-03	9.88E-04	9.97E-04	2.24E-03	6.96E-03	2.37E-02	6.51E-02	6.73E-02	6.01E-02	4.33E-02	2.86E-02	1.26E-02	2.80E-03
17	7.77E-04	7.71E-04	8.18E-04	5.26E-04	3.32E-04	3.69E-04	1.09E-03	3.71E-03	1.43E-02	4.40E-02	4.74E-02	4.03E-02	3.41E-02	1.72E-02	7.32E-03	1.43E-03
18	3.30E-04	3.11E-04	3.32E-04	1.98E-04	1.12E-04	1.26E-04	5.03E-04	1.86E-03	8.18E-03	2.80E-02	2.83E-02	2.47E-02	2.05E-02	9.20E-03	4.47E-03	7.03E-04
19	1.35E-04	1.17E-04	1.24E-04	6.81E-05	3.45E-05	3.95E-05	2.23E-04	8.78E-04	5.18E-03	1.80E-02	1.71E-02	1.44E-02	1.19E-02	6.17E-03	2.62E-03	3.35E-04
20	5.36E-05	4.08E-05	4.32E-05	2.15E-05	9.69E-06	1.13E-05	9.43E-05	3.92E-04	3.16E-03	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02	6.74E-03	4.07E-03	1.50E-03	1.54E-04
21	2.06E-05	1.33E-05	1.39E-05	6.20E-06	2.50E-06	2.99E-06	3.80E-05	1.64E-04	1.86E-03	7.20E-03	4.57E-03	6.18E-03	4.56E-03	2.64E-03	8.28E-04	6.82E-05
22	7.73E-06	4.03E-06	4.16E-06	1.64E-06	5.95E-07	7.23E-07	1.46E-05	6.48E-05	1.06E-03	3.82E-03	2.95E-03	4.13E-03	3.02E-03	1.69E-03	4.50E-04	2.90E-05
23	2.83E-06	1.13E-06	1.15E-06	4.01E-07	1.31E-07	1.61E-07	5.32E-06	2.41E-05	5.84E-04	2.74E-03	1.85E-03	2.70E-03	1.97E-03	1.07E-03	2.38E-04	1.18E-05
24	1.01E-06	2.97E-07	2.96E-07	9.03E-08	2.70E-08	3.31E-08	1.83E-06	8.41E-06	3.13E-04	6.89E-04	1.14E-03	1.73E-03	1.26E-03	6.68E-04	1.24E-04	4.63E-06
25	3.54E-07	7.25E-08	7.05E-08	1.88E-08	5.21E-09	6.24E-09	5.96E-07	2.76E-06	1.62E-04	3.98E-04	6.93E-04	1.10E-03	7.96E-04	4.13E-04	6.34E-05	1.74E-06
26	1.21E-07	1.63E-08	1.55E-08	3.62E-09	9.28E-10	1.07E-09	1.82E-07	8.49E-07	8.18E-05	2.26E-04	4.12E-04	6.82E-04	4.94E-04	2.52E-04	3.16E-05	6.25E-07
27	3.99E-08	3.43E-09	3.19E-09	6.52E-10	1.60E-10	1.65E-10	5.22E-08	2.44E-07	4.00E-05	1.27E-04	2.41E-04	4.20E-04	3.01E-04	1.51E-04	1.55E-05	2.15E-07
28	1.28E-08	6.71E-10	6.13E-10	1.22E-10	2.83E-11	2.43E-11	1.40E-08	6.55E-08	1.91E-05	6.95E-05	1.39E-04	2.55E-04	1.81E-04	8.93E-05	7.39E-06	7.08E-08
29	3.97E-09	1.20E-10	1.04E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.52E-09	1.65E-08	8.81E-06	3.76E-05	7.88E-05	1.53E-04	1.07E-04	5.21E-05	3.45E-06	2.23E-08
30	1.19E-09	1.05E-11	3.84E-12	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.26E-10	3.87E-09	3.96E-06	2.01E-05	4.41E-05	9.11E-05	6.27E-05	2.99E-05	1.57E-06	6.73E-09
31	3.37E-10	7.82E-13	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-10	8.46E-10	1.72E-06	1.05E-05	2.42E-05	5.32E-05	3.60E-05	1.69E-05	6.97E-07	1.93E-09
32	9.56E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.55E-11	1.66E-10	7.27E-07	5.41E-06	1.31E-05	3.10E-05	2.03E-05	9.36E-06	3.02E-07	5.51E-10
33	1.17E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.41E-12	2.07E-11	2.99E-07	2.76E-06	7.02E-06	1.77E-05	1.13E-05	5.12E-06	1.27E-07	6.73E-11
34	1.47E-13	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.19E-07	1.38E-06	3.70E-06	1.00E-05	6.21E-06	2.75E-06	5.23E-08	8.44E-13
35	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.58E-08	6.78E-07	1.93E-06	5.62E-06	3.36E-06	1.46E-06	2.10E-08	0.00E+00
36	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.71E-08	3.29E-07	9.92E-07	3.09E-06	1.79E-06	7.57E-07	8.18E-09	0.00E+00
37	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.19E-09	1.56E-07	5.04E-07	1.70E-06	9.40E-07	3.87E-07	3.11E-09	0.00E+00
38	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.18E-09	7.32E-08	2.54E-07	9.15E-07	4.87E-07	1.95E-07	1.13E-09	0.00E+00
39	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.31E-10	3.36E-08	1.26E-07	4.86E-07	2.49E-07	9.67E-08	4.09E-10	0.00E+00
40	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.37E-10	1.52E-08	6.20E-08	2.55E-07	1.25E-07	4.70E-08	0.00E+00	0.00E+00
41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.93E-11	6.71E-09	3.01E-08	1.32E-07	6.22E-08	2.25E-08	0.00E+00	0.00E+00
42	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.05E-11	2.92E-09	1.45E-08	6.73E-08	3.05E-08	1.07E-08	0.00E+00	0.00E+00

**B. berekend Hydra-VIJ bestand: ovkans\_schiphol\_zomer.txt**

zomer_VY	NNO	NO	ONO	O	OZO	ZO	ZZO	Z	ZZW	ZW	WZW	W	WNW	NW	NNW	N
0	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
1	9.96E-01	9.97E-01	1.00E+00	9.99E-01	9.97E-01	9.96E-01	9.96E-01	9.95E-01	9.98E-01	9.98E-01	9.95E-01	9.96E-01	9.97E-01	9.97E-01	9.97E-01	9.69E-01
2	9.81E-01	9.86E-01	9.95E-01	9.79E-01	9.63E-01	9.61E-01	9.58E-01	9.55E-01	9.76E-01	9.78E-01	9.72E-01	9.76E-01	9.68E-01	9.76E-01	9.79E-01	9.52E-01
3	9.27E-01	9.52E-01	9.63E-01	9.02E-01	8.35E-01	8.21E-01	8.41E-01	8.53E-01	9.07E-01	9.12E-01	9.11E-01	9.17E-01	9.07E-01	9.15E-01	9.18E-01	8.30E-01
4	7.66E-01	8.81E-01	8.84E-01	7.48E-01	6.08E-01	5.99E-01	6.32E-01	6.69E-01	7.70E-01	7.98E-01	8.27E-01	8.27E-01	8.05E-01	7.86E-01	7.52E-01	6.51E-01
5	6.09E-01	7.38E-01	7.36E-01	5.70E-01	3.93E-01	3.87E-01	4.55E-01	4.78E-01	6.31E-01	6.71E-01	7.11E-01	7.18E-01	6.98E-01	6.59E-01	5.92E-01	4.72E-01
6	3.94E-01	5.63E-01	5.88E-01	3.82E-01	2.15E-01	2.25E-01	2.86E-01	3.16E-01	4.77E-01	5.62E-01	5.93E-01	5.68E-01	5.46E-01	4.96E-01	4.37E-01	3.19E-01
7	2.46E-01	4.01E-01	4.18E-01	2.24E-01	9.68E-02	1.14E-01	1.63E-01	2.07E-01	3.51E-01	4.45E-01	4.74E-01	4.40E-01	4.06E-01	3.53E-01	2.70E-01	2.04E-01
8	1.47E-01	2.63E-01	2.88E-01	1.22E-01	3.90E-02	5.51E-02	8.28E-02	1.30E-01	2.36E-01	3.46E-01	3.63E-01	3.34E-01	2.87E-01	2.47E-01	1.60E-01	1.22E-01
9	9.32E-02	1.52E-01	1.77E-01	6.82E-02	1.42E-02	2.13E-02	3.91E-02	7.90E-02	1.50E-01	2.54E-01	2.66E-01	2.40E-01	1.89E-01	1.50E-01	8.94E-02	7.98E-02
10	4.34E-02	7.05E-02	9.03E-02	3.56E-02	9.38E-03	1.05E-02	1.81E-02	4.51E-02	1.01E-01	1.67E-01	1.77E-01	1.48E-01	1.07E-01	8.50E-02	4.48E-02	4.99E-02
11	1.89E-02	3.24E-02	3.44E-02	1.64E-02	6.46E-03	6.85E-03	1.12E-02	2.43E-02	5.76E-02	1.18E-01	1.08E-01	8.47E-02	6.03E-02	4.77E-02	2.96E-02	1.57E-02
12	6.68E-03	1.06E-02	1.02E-02	7.20E-03	4.58E-03	4.79E-03	5.73E-03	1.39E-02	3.67E-02	7.50E-02	6.65E-02	5.29E-02	3.95E-02	2.58E-02	1.56E-02	5.29E-03
13	2.82E-03	4.16E-03	5.00E-03	3.32E-03	2.08E-03	2.09E-03	3.45E-03	7.76E-03	2.03E-02	4.77E-02	4.39E-02	3.04E-02	2.34E-02	1.24E-02	7.02E-03	2.31E-03
14	1.04E-03	1.69E-03	2.20E-03	1.32E-03	8.29E-04	8.44E-04	1.62E-03	4.31E-03	1.20E-02	2.73E-02	2.37E-02	1.63E-02	1.13E-02	6.29E-03	3.64E-03	9.98E-04
15	3.29E-04	6.48E-04	8.58E-04	5.17E-04	2.97E-04	3.02E-04	7.54E-04	2.24E-03	6.74E-03	1.71E-02	1.29E-02	9.57E-03	5.91E-03	3.67E-03	1.70E-03	3.18E-04
16	1.18E-04	2.33E-04	3.38E-04	1.90E-04	8.84E-05	9.53E-05	3.40E-04	1.10E-03	4.01E-03	9.10E-03	6.55E-03	5.55E-03	3.51E-03	2.04E-03	7.60E-04	1.22E-04
17	4.03E-05	7.46E-05	1.13E-04	5.91E-05	2.34E-05	2.54E-05	1.51E-04	5.27E-04	2.46E-03	6.02E-03	3.32E-03	3.40E-03	2.08E-03	1.08E-03	3.45E-04	4.30E-05
18	1.28E-05	2.14E-05	3.56E-05	1.66E-05	5.42E-06	5.91E-06	5.95E-05	2.35E-04	1.38E-03	3.36E-03	2.03E-03	2.05E-03	1.17E-03	6.18E-04	1.45E-04	1.32E-05
19	3.79E-06	5.35E-06	1.02E-05	4.14E-06	1.10E-06	1.19E-06	2.01E-05	8.66E-05	7.68E-04	1.91E-03	1.12E-03	1.17E-03	7.12E-04	3.43E-04	5.89E-05	4.08E-06
20	1.01E-06	1.12E-06	2.62E-06	9.21E-07	1.86E-07	1.93E-07	6.16E-06	2.71E-05	4.45E-04	6.33E-04	6.82E-04	6.99E-04	4.12E-04	1.84E-04	2.41E-05	1.22E-06
21	3.07E-07	2.61E-07	6.07E-07	1.81E-07	2.64E-08	3.07E-08	1.76E-06	8.00E-06	2.51E-04	3.82E-04	4.32E-04	4.49E-04	2.32E-04	9.15E-05	9.11E-06	3.23E-07
22	8.83E-08	5.52E-08	1.24E-07	3.03E-08	4.48E-09	5.01E-09	5.13E-07	2.34E-06	1.30E-04	2.05E-04	2.31E-04	2.45E-04	1.24E-04	4.55E-05	3.24E-06	7.03E-08
23	2.35E-08	1.04E-08	2.17E-08	4.11E-09	6.87E-10	7.22E-10	1.37E-07	6.28E-07	5.85E-05	1.21E-04	1.42E-04	1.48E-04	6.08E-05	2.17E-05	1.19E-06	1.79E-08
24	5.70E-09	1.75E-09	3.16E-09	6.01E-10	9.97E-11	9.02E-11	3.34E-08	1.53E-07	2.51E-05	6.06E-05	7.29E-05	7.82E-05	3.00E-05	9.67E-06	3.98E-07	4.06E-09
25	6.12E-10	1.27E-10	3.68E-10	1.09E-10	1.55E-11	1.39E-11	4.90E-09	2.28E-08	7.33E-06	3.15E-05	3.42E-05	3.64E-05	1.28E-05	4.08E-06	1.14E-07	2.90E-10
26	1.10E-10	1.66E-11	5.29E-11	1.53E-11	1.97E-12	1.70E-12	1.08E-09	5.15E-09	2.98E-06	1.47E-05	1.65E-05	1.82E-05	5.89E-06	1.75E-06	3.46E-08	4.68E-11
27	1.86E-11	1.99E-12	7.02E-12	1.96E-12	2.30E-13	1.91E-13	2.24E-10	1.09E-09	1.17E-06	6.65E-06	7.79E-06	8.86E-06	2.64E-06	7.33E-07	1.00E-08	7.03E-12
28	2.93E-12	2.19E-13	8.57E-13	2.33E-13	2.48E-14	1.97E-14	4.41E-11	2.19E-10	4.48E-07	2.94E-06	3.59E-06	4.24E-06	1.15E-06	3.00E-07	2.79E-09	9.81E-13
29	4.33E-13	2.20E-14	9.63E-14	2.55E-14	2.45E-15	1.87E-15	8.17E-12	4.11E-11	1.65E-07	1.27E-06	1.62E-06	1.99E-06	4.94E-07	1.19E-07	7.45E-10	1.27E-13
30	6.00E-14	2.03E-15	9.96E-15	2.58E-15	2.23E-16	1.63E-16	1.43E-12	7.26E-12	5.90E-08	5.32E-07	7.12E-07	9.12E-07	2.06E-07	4.64E-08	1.91E-10	1.54E-14
31	7.77E-15	1.71E-16	9.49E-16	2.40E-16	1.87E-17	1.30E-17	2.36E-13	1.21E-12	2.04E-08	2.18E-07	3.07E-07	4.10E-07	8.41E-08	1.76E-08	4.69E-11	1.72E-15
32	9.43E-16	1.33E-17	8.32E-17	2.06E-17	1.44E-18	9.57E-19	3.69E-14	1.89E-13	6.82E-09	8.68E-08	1.29E-07	1.81E-07	3.35E-08	6.51E-09	1.11E-11	1.80E-16
33	1.07E-16	9.44E-19	6.72E-18	1.63E-18	1.03E-19	6.45E-20	5.43E-15	2.78E-14	2.21E-09	3.37E-08	5.31E-08	7.80E-08	1.30E-08	2.35E-09	2.50E-12	1.74E-17
34	1.14E-17	6.15E-20	5.00E-19	1.19E-19	6.71E-21	3.99E-21	7.55E-16	3.85E-15	6.93E-10	1.28E-08	2.13E-08	3.30E-08	4.95E-09	8.26E-10	5.43E-13	1.57E-18
35	1.14E-18	3.67E-21	3.42E-20	8.01E-21	4.03E-22	2.27E-22	9.92E-17	5.01E-16	2.10E-10	4.72E-09	8.38E-09	1.37E-08	1.84E-09	2.84E-10	1.13E-13	1.32E-19
36	1.06E-19	2.01E-22	2.16E-21	4.97E-22	2.23E-23	1.18E-23	1.23E-17	6.13E-17	6.18E-11	1.70E-09	3.22E-09	5.55E-09	6.65E-10	9.50E-11	2.26E-14	1.03E-20
37	9.26E-21	1.01E-23	1.25E-22	2.84E-23	1.14E-24	5.68E-25	1.44E-18	7.06E-18	1.76E-11	5.95E-10	1.21E-09	2.21E-09	2.35E-10	3.10E-11	4.33E-15	7.46E-22
38	7.57E-22	4.64E-25	6.68E-24	1.50E-24	5.34E-26	2.50E-26	1.59E-19	7.65E-19	4.84E-12	2.03E-10	4.43E-10	8.60E-10	8.14E-11	9.89E-12	7.96E-16	5.03E-23
39	5.80E-23	1.96E-26	3.29E-25	7.28E-26	2.31E-27	1.01E-27	1.66E-20	7.80E-20	1.29E-12	6.77E-11	1.59E-10	3.28E-10	2.75E-11	3.07E-12	1.40E-16	3.15E-24
40	4.16E-24	7.57E-28	1.49E-26	3.27E-27	9.17E-29	3.74E-29	1.63E-21	7.47E-21	3.33E-13	2.20E-11	5.56E-11	1.23E-10	9.06E-12	9.32E-13	2.37E-17	1.84E-25
41	2.79E-25	2.68E-29	6.20E-28	1.35E-28	3.35E-30	1.27E-30	1.51E-22	6.73E-22	8.31E-14	6.95E-12	1.91E-11	4.50E-11	2.92E-12	2.75E-13	3.85E-18	9.95E-27
42	1.76E-26	8.72E-31	2.38E-29	5.14E-30	1.13E-31	3.96E-32	1.33E-23	5.71E-23	2.01E-14	2.14E-12	6.38E-12	1.62E-11	9.18E-13	7.95E-14	6.00E-19	5.01E-28

**C. Gebruikte gegevens KNMI website.**

Location: 240 Schiphol, Season: January - February

Return level (m/s)  
Wind direction (x 10 degrees)

T(year)	20-40	50-70	80-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	350-10	omni
0.5	6.0	6.2	5.8	5.8	6.8	8.6	10.3	11.0	9.9	7.8	6.1	5.6	12.4
1	7.6	7.8	7.5	7.3	8.0	10.0	12.1	13.1	12.0	10.0	8.0	7.3	14.3
2	8.8	9.0	8.6	8.3	9.0	11.0	13.6	14.9	14.0	11.6	9.6	8.7	15.9
5	10.1	10.2	9.9	9.5	10.1	12.3	15.2	16.9	16.3	13.9	11.3	10.2	17.8
10	10.9	11.0	10.6	10.2	10.8	13.1	16.2	18.2	17.8	15.4	12.6	11.1	19.0
20	11.7	11.8	11.4	10.9	11.4	13.8	17.1	19.3	19.2	16.8	13.9	12.1	20.2
50	12.6	12.6	12.3	11.8	12.2	14.6	18.1	20.7	20.8	18.6	15.5	13.3	21.6
100	13.3	13.3	12.9	12.4	12.8	15.2	18.8	21.6	21.9	19.9	16.6	14.1	22.5
200	13.9	13.8	13.6	13.0	13.4	15.7	19.5	22.4	22.9	21.0	17.7	14.9	23.5
500	14.6	14.4	14.3	13.8	14.1	16.3	20.2	23.4	24.1	22.4	19.1	15.9	24.6
1000	15.1	14.9	14.8	14.4	14.5	16.7	20.8	24.1	25.0	23.4	20.1	16.7	25.4
2000	15.5	15.3	15.3	14.9	15.0	17.1	21.3	24.8	25.8	24.4	21.1	17.4	26.1
5000	16.1	15.8	16.0	15.6	15.6	17.6	21.9	25.7	26.8	25.5	22.3	18.3	27.1
10000	16.4	16.1	16.4	16.1	16.1	18.0	22.3	26.3	27.5	26.4	23.1	18.9	27.8

Location: 240 Schiphol, Season: May - June

Return level (m/s)  
Wind direction (x 10 degrees)

T(year)	20-40	50-70	80-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	350-10	omni
0.5	7.9	7.9	6.9	5.9	6.3	7.5	9.3	10.7	9.8	8.7	8.4	8.1	12.3
1	9.6	9.3	8.2	7.2	7.3	9	11	12.2	11.8	10.4	9.5	9.4	13.7
2	10.7	10.3	9.2	8.2	8.4	10.1	12.4	13.6	13.2	11.8	10.7	10.5	15
5	12	11.6	10.4	9.4	9.6	11.5	13.9	15.4	15	13.4	12.2	11.9	16.5
10	12.8	12.4	11.3	10.2	10.5	12.4	15	16.6	16.2	14.6	13.2	12.8	17.6
20	13.6	13.2	12.1	11.1	11.4	13.3	16	17.7	17.4	15.8	14.2	13.7	18.6
50	14.7	14.2	13.1	12.2	12.5	14.5	17.2	19	18.8	17.2	15.5	14.8	19.9
100	15.4	15	13.9	12.9	13.3	15.3	18.1	20	19.9	18.2	16.5	15.6	20.9
200	16.1	15.6	14.6	13.8	14.1	16.1	19	20.9	20.9	19.2	17.4	16.4	21.8
500	17	16.5	15.6	14.8	15.2	17.2	20	22.1	22.2	20.5	18.6	17.4	23.1
1000	17.7	17.2	16.3	15.6	16	18	20.9	23	23.2	21.5	19.4	18.2	24
2000	18.3	17.8	17	16.4	16.8	18.8	21.7	23.9	24.2	22.5	20.3	18.9	25
5000	19.1	18.7	18	17.4	17.8	19.8	22.7	25.1	25.5	23.8	21.4	19.8	26.2
10000	19.7	19.3	18.6	18.1	18.6	20.5	23.5	26	26.5	24.8	22.3	20.5	27.2

## B Bijlage 2 - Resultaten klimaatscenario's

### IJsselmeer

Toetspeil (m +NAP)																			
Dijk ring	locatie	norm	RVW	ontkoppeld					gekoppeld					noodoverloopgebied					
		frequentie	boek 2006	T0 winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	T0 winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	T0 winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	
12	01A Wieringermeerdijk Noord	1/4000	1.0	0.97	1.20	1.50	1.49	1.89	0.88	1.11	1.42	1.40	1.86	0.97	1.20	1.50	1.48	1.89	
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1/10000	1.1	0.94	1.20	1.51	1.50	1.83	0.84	1.10	1.43	1.41	1.81	0.94	1.20	1.51	1.50	1.83	
6	F007 Cornwerd	1/4000	1.7	1.74	1.80	1.89	1.90	2.20	1.73	1.77	1.86	1.86	2.15	1.74	1.80	1.89	1.90	2.20	
6	F351 Laaxum	1/4000	1.0	0.86	1.10	1.42	1.40	1.81	0.77	1.01	1.34	1.32	1.78	0.86	1.10	1.42	1.40	1.80	
6	L005 Lemsterbaai	1/4000	2.0	1.98	2.04	2.13	2.14	2.43	1.97	2.01	2.10	2.10	2.38	1.98	2.04	2.13	2.14	2.43	
7	N442 Ramsdijk	1/4000	3.1	3.03	3.06	3.13	3.14	3.33	3.01	3.05	3.11	3.11	3.29	3.03	3.06	3.13	3.14	3.33	
8	F291 IJsselmeerdijk	1/4000	1.7	1.68	1.75	1.86	1.87	2.20	1.66	1.72	1.82	1.83	2.15	1.68	1.75	1.86	1.87	2.20	
8	H-IJM144 Houtribdijk	1/4000	1.2	1.12	1.27	1.52	1.51	1.91	1.09	1.21	1.45	1.44	1.87	1.12	1.27	1.52	1.51	1.91	
belastingniveau (m+NAP)																			
Dijk ring	locatie	norm	aanwezigheid	ontkoppeld					gekoppeld					noodoverloopgebied					
		frequentie	dijk hoogte	T0 winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	T0 winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	T0 winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	
12	01A Wieringermeerdijk Noord	1/4000	4.38	3.53	3.80	4.16	4.16	4.89	3.45	3.70	4.06	4.05	4.80	3.53	3.80	4.16	4.15	4.89	
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1/10000	4.47	1.95	2.46	3.04	3.02	4.01	1.75	2.28	2.88	2.84	3.90	1.95	2.45	3.04	3.01	4.01	
6	F007 Cornwerd	1/4000	4.52	3.53	3.62	3.78	3.79	4.28	3.50	3.58	3.72	3.73	4.20	3.53	3.62	3.77	3.79	4.28	
6	F351 Laaxum	1/4000	3.9	0.83	1.13	1.58	1.56	2.25	0.73	1.01	1.46	1.43	2.19	0.83	1.13	1.58	1.56	2.25	
6	L005 Lemsterbaai	1/4000	5.75	3.65	3.69	3.76	3.76	3.96	3.64	3.68	3.73	3.74	3.92	3.65	3.69	3.76	3.76	3.96	
7	N442 Ramsdijk	1/4000	4.18	3.90	3.95	4.03	4.04	4.28	3.89	3.93	4.00	4.01	4.23	3.90	3.95	4.03	4.04	4.28	
8	F291 IJsselmeerdijk	1/4000	5.26	5.11	5.19	5.32	5.34	5.75	5.09	5.15	5.27	5.28	5.66	5.11	5.19	5.32	5.34	5.74	
8	H-IJM144 Houtribdijk	1/4000	5.75	2.64	2.81	3.09	3.09	3.74	2.60	2.74	3.01	3.00	3.66	2.64	2.81	3.09	3.09	3.74	

## Markermeer

Toetspeil (m +NAP)																		
Dijk ring	locatie	norm frequentie	RVW boek 2006	ontkoppeld					gekoppeld					noodoverloopgebied				
				TD winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	TD winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	TD winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter
13	01A Krabbersgat Houtribdijk235	1/10000	1.2	1.23	1.26	1.33	1.33	1.49	1.27	1.35	1.46	1.46	1.69	1.23	1.26	1.33	1.33	1.49
13	30 Zuidpolder	1/10000	0.7	0.54	0.84	0.95	0.95	1.06	0.92	0.98	1.05	1.04	1.12	0.54	0.83	0.95	0.94	1.06
44	gav7 Muiden Haven	1/1250	0.6	0.43	0.55	0.86	0.85	1.11	0.76	0.94	1.07	1.07	1.21	0.43	0.54	0.85	0.85	1.11
45	EM Eemmond	1/1250	1.2	1.19	1.21	1.28	1.27	1.41	1.21	1.28	1.38	1.38	1.58	1.19	1.21	1.27	1.27	1.41
45	dp7.3 Wielse Sluis	1/1250	1.6	1.56	1.58	1.63	1.62	1.71	1.57	1.62	1.69	1.70	1.85	1.56	1.58	1.63	1.62	1.71
8	290 Houtribdijk	1/10000	1.6	1.53	1.56	1.62	1.61	1.72	1.56	1.61	1.70	1.71	1.90	1.53	1.56	1.62	1.61	1.72
8	hm3.1 IJmeerdijk	1/4000	0.7	0.58	0.65	0.91	0.90	1.15	0.81	0.99	1.12	1.12	1.26	0.58	0.64	0.90	0.90	1.15
8	hm3.4 Oostvaardersdijk	1/4000	1.2	1.12	1.15	1.21	1.20	1.35	1.15	1.22	1.32	1.33	1.54	1.12	1.15	1.21	1.20	1.35
belastingniveau (m+NAP)																		
Dijk ring	locatie	norm frequentie	aanwezigheid dijk hoogte	ontkoppeld					gekoppeld					noodoverloopgebied				
				TD winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	TD winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter	TD winter	TG2050 winter	TG2100 winter	TW2050 winter	TW2100 winter
13	01A Krabbersgat Houtribdijk235	1/10000	3.55	1.24	1.28	1.38	1.37	1.65	1.29	1.41	1.58	1.59	1.96	1.24	1.28	1.37	1.37	1.65
13	30 Zuidpolder	1/10000	3.9	2.24	2.44	2.68	2.67	3.19	2.57	2.79	3.07	3.06	3.52	2.23	2.44	2.68	2.67	3.19
44	gav7 Muiden Haven	1/1250	3.67	2.36	2.41	2.49	2.48	2.66	2.41	2.49	2.62	2.64	2.92	2.36	2.41	2.49	2.48	2.65
45	EM Eemmond	1/1250	2.7	2.84	2.86	2.92	2.91	3.01	2.85	2.91	2.99	3.01	3.15	2.83	2.86	2.92	2.91	3.00
45	dp7.3 Wielse Sluis	1/1250	3.19	2.44	2.46	2.52	2.51	2.59	2.45	2.50	2.57	2.59	2.72	2.44	2.46	2.52	2.51	2.58
8	290 Houtribdijk	1/10000	7.25	4.12	4.18	4.29	4.27	4.48	4.17	4.28	4.44	4.47	4.82	4.12	4.17	4.28	4.27	4.48
8	hm3.1 IJmeerdijk	1/4000	2.66	2.56	2.61	2.71	2.70	2.93	2.62	2.73	2.88	2.90	3.25	2.56	2.61	2.71	2.70	2.93
8	hm3.4 Oostvaardersdijk	1/4000	3	6.03	6.10	6.24	6.22	6.49	6.09	6.23	6.44	6.47	6.95	6.03	6.10	6.24	6.22	6.48

## Verschil in toetspeilen

## IJsselmeer

Dijk ring	locatie	norm frequentie	ontkoppeld				gekoppeld				noodoverloopgebied			
			TG2050 -TO	TG2100 -TO	TW205 0	TW210 -TO	TG2050 -TO	TG2100 -TO	TW205 0	TW210 -TO	TG2050 -TO	TG2100 -TO	TW2050 -TO	TW2100 -TO
12	01A Wieringermeerdijk Noord	1/4000	0.23	0.53	0.52	0.93	0.23	0.54	0.52	0.98	0.23	0.53	0.52	0.92
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1/10000	0.26	0.57	0.56	0.89	0.26	0.60	0.57	0.97	0.26	0.57	0.56	0.89
6	F007 Cornwerd	1/4000	0.05	0.15	0.16	0.45	0.04	0.13	0.14	0.42	0.05	0.15	0.16	0.45
6	F351 Laaxum	1/4000	0.25	0.56	0.55	0.95	0.25	0.57	0.55	1.02	0.25	0.56	0.54	0.95
6	L005 Lemsterbaai	1/4000	0.05	0.15	0.16	0.45	0.04	0.13	0.13	0.41	0.05	0.15	0.16	0.45
7	N442 Ramsdijk	1/4000	0.04	0.10	0.11	0.30	0.03	0.09	0.10	0.28	0.04	0.10	0.11	0.30
8	F291 IJsselmeerdijk	1/4000	0.06	0.18	0.19	0.52	0.06	0.16	0.17	0.49	0.06	0.18	0.19	0.52
8	H-IJM144 Houtribdijk	1/4000	0.15	0.40	0.39	0.78	0.12	0.37	0.36	0.79	0.15	0.40	0.39	0.78

## Markermeer

Dijk ring	locatie	norm frequentie	ontkoppeld				gekoppeld				noodoverloopgebied			
			TG2050 -TO	TG2100 -TO	TW205 0	TW210 -TO	TG2050 -TO	TG2100 -TO	TW2050 -TO	TW210 -TO	TG2050 -TO	TG2100 -TO	TW2050 -TO	TW2100 -TO
13	01A Krabbersgat Houtribdijk235	1/10000	0.03	0.10	0.10	0.26	0.08	0.19	0.19	0.42	0.03	0.10	0.10	0.26
13	30 Zuidpolder	1/10000	0.30	0.41	0.40	0.52	0.07	0.13	0.13	0.21	0.29	0.41	0.41	0.52
44	gav7 Muiden Haven	1/1250	0.12	0.42	0.42	0.68	0.18	0.32	0.31	0.46	0.11	0.42	0.41	0.68
45	EM Eemmond	1/1250	0.03	0.09	0.08	0.22	0.07	0.17	0.17	0.37	0.03	0.09	0.08	0.22
45	dp7.3 Wielse Sluis	1/1250	0.02	0.07	0.06	0.15	0.05	0.12	0.13	0.28	0.02	0.07	0.07	0.15
8	290 Houtribdijk	1/10000	0.03	0.09	0.08	0.19	0.06	0.14	0.15	0.34	0.03	0.09	0.08	0.19
8	hm3.1 IJmeerdijk	1/4000	0.07	0.33	0.33	0.58	0.19	0.31	0.31	0.46	0.06	0.33	0.32	0.58
8	hm3.4 Oostvaardersdijk	1/4000	0.03	0.09	0.09	0.23	0.07	0.17	0.18	0.39	0.03	0.09	0.09	0.23



## C Bijlage 3 - Sturingsinstellingen verbindingen Markermeer en IJsselmeer

### IJSSELMEER

#### Aanvoer

vanuit:	verbindingskunstwerk	naam kunstwerk	stroomrichting	controller type	set point winter	set point zomer	meetpunt	naam meetpunt
1IJssel	weir	debietijssel	beide richtingen	nee				
2Veluwemeer	orifice	roggebot	positief	interval	-0.3	-0.1	meet7	meetpunt wolderwijd
3Veluwemeer	gemaal	gemaalroggebot	positief	interval	-0.3	-0.1	meet1	meetpunt ijsselmeer
4Markermeer	stuw	krabbersgat2	positief	PID	-0.35	-0.15	meet2	meetpunt markermeer
5Markermeer	stuw	houtrib2	positief	PID	-0.35	-0.15	meet2	meetpunt markermeer

#### Afvoer

naar:	verbindingskunstwerk	naam kunstwerk	stroomrichting	controller type	set point winter	set point zomer	meetpunt	naam meetpunt
1kornwerderzand	gemaal	gemaalkornwerderzand	positief	interval	-0.4	-0.2	meet1	meetpunt ijsselmeer
2kornwerderzand	orifice	lorentz	positief	PID	-0.4	-0.2	meet1	meetpunt ijsselmeer
3denoever	gemaal	gemaaldenoever	positief	interval	-0.4	-0.2	meet1	meetpunt ijsselmeer
4denoever	orifice	stevin	positief	PID	-0.4	-0.2	meet1	meetpunt ijsselmeer
5Markermeer	orifice	krabbersgat1	positief	PID	-0.4	-0.2	meet2	meetpunt markermeer
6Markermeer	orifice	houtrib1	positief	PID	-0.4	-0.2	meet2	meetpunt markermeer

### MARKERMEER

#### Aanvoer

vanuit:	verbindingskunstwerk	naam kunstwerk	stroomrichting	controller type	set point winter	set point zomer	meetpunt	naam meetpunt
1Wolderwijd	gemaal	gemaalnijkerk	positief	interval	-0.3	-0.1	meet1	meetpunt ijsselmeer
2Wolderwijd	orifice	nijkerk	positief	interval	-0.3	-0.1	meet7	meetpunt wolderwijd
3Ark	orifice	diemerdam	positief	hydraulic	-0.3	-0.3	meet5	meetpunt ark
4Noordzeekanaal	orifice	oranje	positief	PID	-0.15	-0.15	meet3	meetpunt spui IJmuiden
5Noordzeekanaal	gemaal	gemaalzeeburg	positief	interval	-0.4	-0.4	meet1	meetpunt ijsselmeer
6IJsselmeer	orifice	krabbersgat1	positief	PID	-0.4	-0.2	meet2	meetpunt markermeer
7IJsselmeer	orifice	houtrib1	positief	PID	-0.4	-0.2	meet2	meetpunt markermeer

#### Afvoer

naar:	verbindingskunstwerk	naam kunstwerk	stroomrichting	controller type	set point winter	set point zomer	meetpunt	naam meetpunt
1IJsselmeer	stuw	krabbersgat2	positief	PID	-0.35	-0.15	meet2	meetpunt markermeer
2IJsselmeer	stuw	houtrib2	positief	PID	-0.35	-0.15	meet2	meetpunt markermeer
3Noordzeekanaal	gemaal	amsterdam	positief	hydraulic	-0.35	-0.35	meet3	meetpunt spui IJmuiden
4Noordzeekanaal	gemaal	maalgangen	positief	hydraulic	-0.3	-0.3	meet3	meetpunt spui IJmuiden

## D Bijlage 4 – Instellingen Hydra-VIJ

Parameter	IJsselmeer	Markermeer	
Instellingen overeenkomstig met:	instellingen studie A1460	instellingen studie A1460	
Dominante rivier (IJsselsom of Vechtsom)	IJsselsom	IJsselsom	-
Laagste piekwaarde afvoertrapezia	150	150	m <sup>3</sup> /s
Hoogste piekwaarde afvoertrapezia	4000	4000	m <sup>3</sup> /s
Stapgrootte piekwaarde afvoertrapezia	50	50	m <sup>3</sup> /s
Aftoppen afvoertrapezia	nee	nee	
Laagste piekwaarde meerpeiltapezia	-0.45	-0.4	m+NAP
Hoogste piekwaarde meerpeiltapezia	1.8	1	m+NAP
Stapgrootte piekwaarde meerpeiltapezia	0.05	0.05	m+NAP
Aftoppen meerpeiltapezia	nee	nee	
Discretisatiestap afvoer- en meerpeiltapezia	12	12	uur
Bovengrens windsnelheid	46	46	m/s
Faalkans Ramspolkering	0.0035	0.0035	per keer
Hulpdijkhoogtebestand	hulpdijkenSU.txt <i>van 1,0m t/m 6,0m dh=0,1m</i>	hulpdijkenSU+.txt <i>van 0,0m t/m 6,0m dh=0,1m</i>	
Golfoploop/overslagmodule	Hydra-M Fortran module (RIZA)	Hydra-M Fortran module (RIZA)	
Aantalgegevensblokken	1	1	
Aantal keer dit gegevensblok	6	6	
Bestand met overschrijdingskansen afvoer	Ovkans_IJssel_piekafvoer.txt ovkans_ijsselmeer_piekmeerpe	Ovkans_IJssel_piekafvoer.txt ovkans_markermeer_	
Bestand met overschrijdingskansen meerpeil	il.txt	piekmeerpeil.txt	
Meerpeil gecorreleerd met de hoofdsectoren	nee	nee	
Bestand met ovkansen meerpeil gecor. met hoofdsector	-	-	
Bestand met overschrijdingskansen windsnelheid	ovkans_schiphol.txt	ovkans_schiphol.txt	
Bestand met momentane kansen van de windrichting	kansrichting.txt	kansrichting.txt	
Bestand met kansen op de stormduren	kansstormduur P48_1.txt	kansstormduur P48_1.txt	
Parametrische weergave van (geknikte) afvoer- en meerpeiltapezia	ja	ja	
Tabel met topduren van de afvoertapezia	Topduur_IJssel.txt	Topduur_IJssel.txt	
Tabel met topduren van de meerpeiltapezia	Topduur_IJsselmeer.txt	Topduur_Markermeer.txt	
Basisduur trapezium	30	30	dagen
Blokduur wind	12	12	uur
Insnoeringsfactor hoogte afvoertapezia	100	100	%
Insnoeringsfactor horizontale breedte afvoertapezia	100	100	%
Insnoeringsfactor hoogte meerpeiltapezia	100	50	%
Insnoeringsfactor horizontale breedte meerpeiltapez.	100	50	%
Tijdsduur verschuiving meerpeil- t.o.v. afvoertapez.	48	48	uur
Standdev normale verdeling in getransformeerde ruimte	10	10	-

## E Bijlage 5 – Resultaten Hydra-VIJ peilstrategieën

Als invoer van HYDRA-VY is de meerpeilstatistiek gebruikt voor de winter en individuele zomermaanden. Voor de maanden oktober t/m maart is de wind statistiek voor de winter gebruikt en voor de overige maanden de zomer wind statistiek. De referentieberekening is het ontkoppelde systeem, waarbij het hele jaar doorgerekend is met zowel de winter als zomer statistiek. De uitkomsten van de Hydra-VIJ berekening staan weergegeven in de Tabel E1 t/m Tabel E4 en in figuur E1 en E2.

Tabel E1: Toetspeilen Hydra-VIJ IJsselmeer voor referentie en peilstrategie 1, 2, 3 en 4 (cases 1 & 16 – 19)

dijk rin g	locatie	Toetspeil (m +NAP)					verschil (m)			
		ref	P1	P2	P3	P4	P1 - ref	P2 - ref	P3 - ref	P4 - ref
12	01A Wieringermeerdijk Noord	0.97	0.98	1.1	0.97	1.08	<b>0.01</b>	<b>0.13</b>	<b>0</b>	<b>0.11</b>
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	0.94	0.95	0.91	0.94	0.87	<b>0.01</b>	<b>-0.03</b>	<b>0</b>	<b>-0.07</b>
6	F007 Cornwerd	1.75	1.77	1.8	1.76	1.78	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>
6	F351 Laaxum	0.86	0.86	0.83	0.86	0.83	<b>0</b>	<b>-0.03</b>	<b>0</b>	<b>-0.03</b>
6	L005 Lemsterbaai	1.99	2.01	2.01	1.99	1.99	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>
7	N442 Ramsdijk	3.03	3.04	3.05	3.03	3.03	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>
8	F291 IJsselmeerdijk	1.68	1.7	1.71	1.69	1.69	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
8	H-IJM144 Houtribdijk	1.12	1.15	1.18	1.13	1.15	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>

Tabel E2: Belastingniveaus Hydra-VIJ IJsselmeer voor peilstrategie 1, 2, 3 en 4

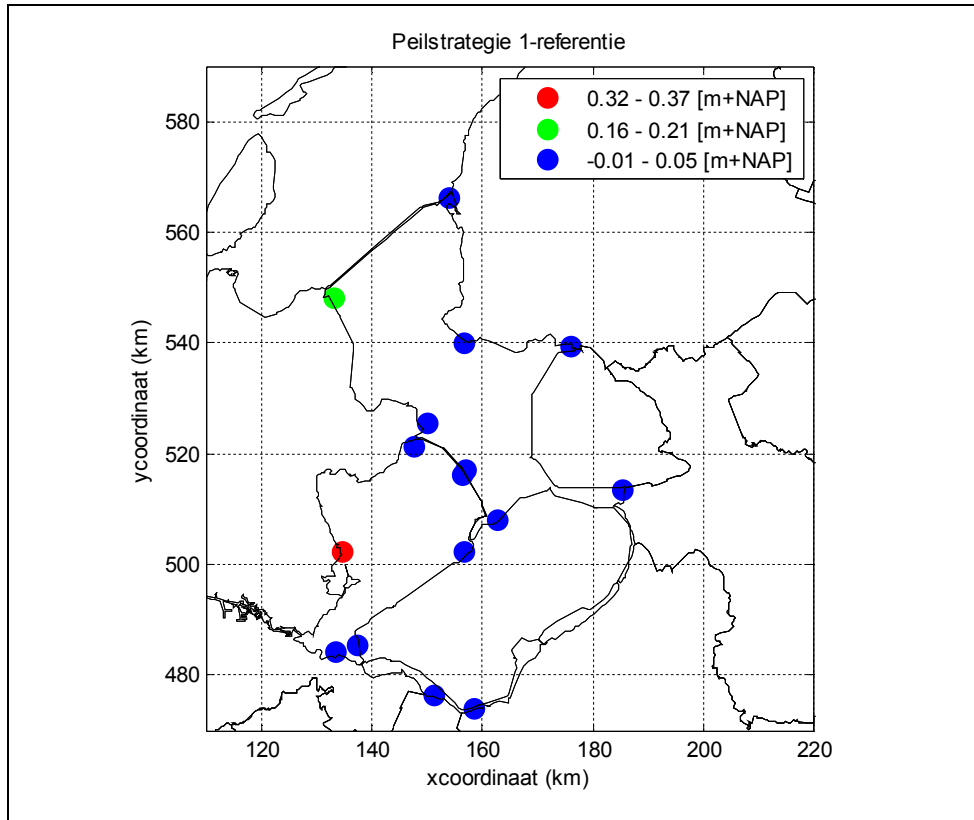
dijk rin g	locatie	belasting niveaus (m +NAP)					verschil (m)			
		ref	P1	P2	P3	P4	P1 - ref	P2 - ref	P3 - ref	P4 - ref
12	01A Wieringermeerdijk Noord	3.53	3.69	4.03	3.69	3.99	<b>0.16</b>	<b>0.50</b>	<b>0.16</b>	<b>0.45</b>
13	07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid	1.95	1.97	2.2	1.95	2.17	<b>0.02</b>	<b>0.25</b>	<b>0</b>	<b>0.22</b>
6	F007 Cornwerd	3.53	3.58	3.62	3.55	3.59	<b>0.05</b>	<b>0.09</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>
6	F351 Laaxum	0.84	0.83	0.8	0.84	0.83	<b>-0.01</b>	<b>-0.04</b>	<b>0</b>	<b>-0.01</b>
6	L005 Lemsterbaai	3.66	3.67	3.68	3.66	3.66	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>
7	N442 Ramsdijk	3.9	3.93	3.93	3.91	3.91	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
8	F291 IJsselmeerdijk	5.12	5.15	5.15	5.12	5.12	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>
8	H-IJM144 Houtribdijk	2.64	2.67	2.75	2.65	2.70	<b>0.03</b>	<b>0.11</b>	<b>0.01</b>	<b>0.06</b>

Tabel E3: Toetspeilen Hydra-VIJ Markermeer voor referentie en peilstrategie 1, 2, 3 en 4 (cases 1 & 16 – 19)

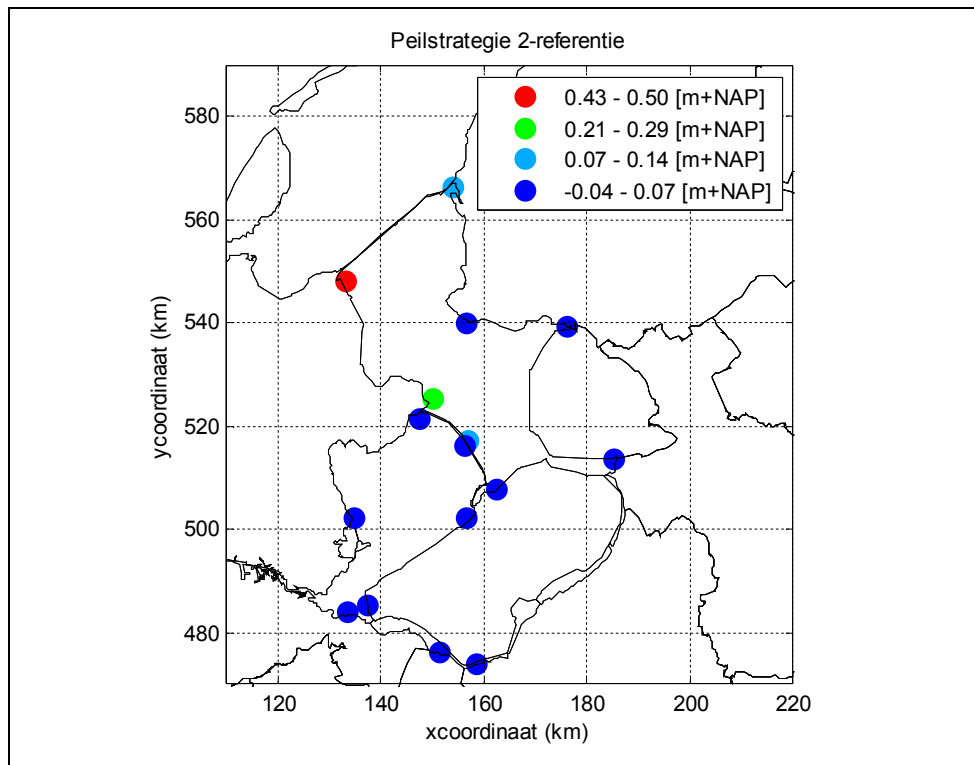
dijk rin g	locatie	Toetspeil (m +NAP)					verschil (m)			
		ref	P1	P2	P3	P4	P1 - ref	P2 - ref	P3 - ref	P4 - ref
13	01A Krabbersgat Houtribdijk235	1.24	1.27	1.23	1.26	1.22	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.02</b>
13	30 Zuidpolder	0.55	0.60	0.60	0.54	0.64	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>-0.01</b>	<b>0.09</b>
44	gav7 Muiden Haven	0.44	0.50	0.44	0.47	0.40	<b>0.06</b>	<b>0</b>	<b>0.03</b>	<b>-0.04</b>
45	EM Eemmond	1.19	1.20	1.19	1.19	1.17	<b>0.01</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-0.02</b>
45	dp7.3 Wielse Sluis	1.56	1.57	1.56	1.56	1.55	<b>0.01</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-0.01</b>
8	290 Houtribdijk	1.54	1.55	1.53	1.54	1.52	<b>0.01</b>	<b>-0.01</b>	<b>0</b>	<b>-0.02</b>
8	hm3.1 IJmeerdijk	0.58	0.60	0.58	0.59	0.56	<b>0.02</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.02</b>
8	hm3.4 Oostvaardersdijk	1.12	1.14	1.12	1.13	1.11	<b>0.02</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.02</b>

Tabel E4: Belastingniveaus Hydra-VIJ Markermeer voor referentie en peilstrategie 1, 2, 3 en 4 (cases 1 & 16 – 19)

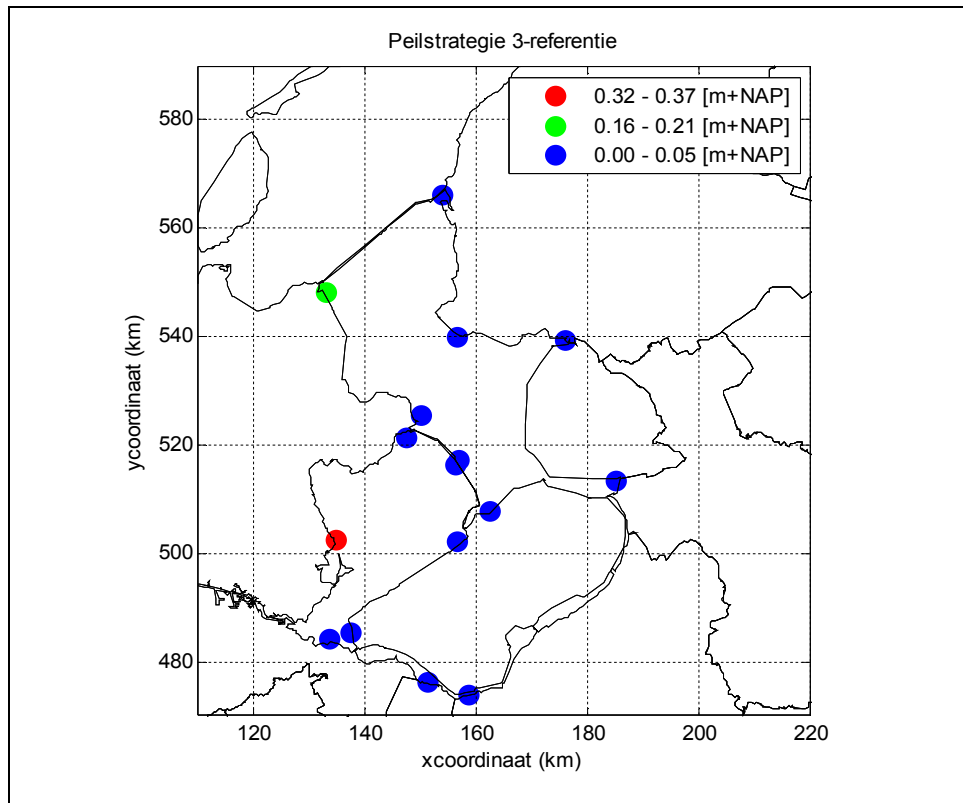
dijk rin g	locatie	belasting niveaus (m +NAP)					verschil (m)			
		ref	P1	P2	P3	P4	P1 - ref	P2 - ref	P3 - ref	P4 - ref
13	01A Krabbersgat Houtribdijk235	1.25	1.29	1.25	1.27	1.23	<b>0.04</b>	<b>0</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.02</b>
13	30 Zuidpolder	2.24	2.61	2.25	2.61	2.06	<b>0.37</b>	<b>0.01</b>	<b>0.37</b>	<b>-0.18</b>
44	gav7 Muiden Haven	2.37	2.40	2.37	2.38	2.34	<b>0.03</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.03</b>
45	EM Eemmond	2.84	2.85	2.84	2.84	2.82	<b>0.01</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-0.02</b>
45	dp7.3 Wielse Sluis	2.44	2.45	2.44	2.44	2.43	<b>0.01</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-0.02</b>
8	290 Houtribdijk	4.13	4.17	4.13	4.15	4.10	<b>0.04</b>	<b>0</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.03</b>
8	hm3.1 IJmeerdijk	2.57	2.59	2.57	2.57	2.54	<b>0.02</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-0.03</b>
8	hm3.4 Oostvaardersdijk	6.04	6.06	6.04	6.04	6.00	<b>0.02</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-0.04</b>



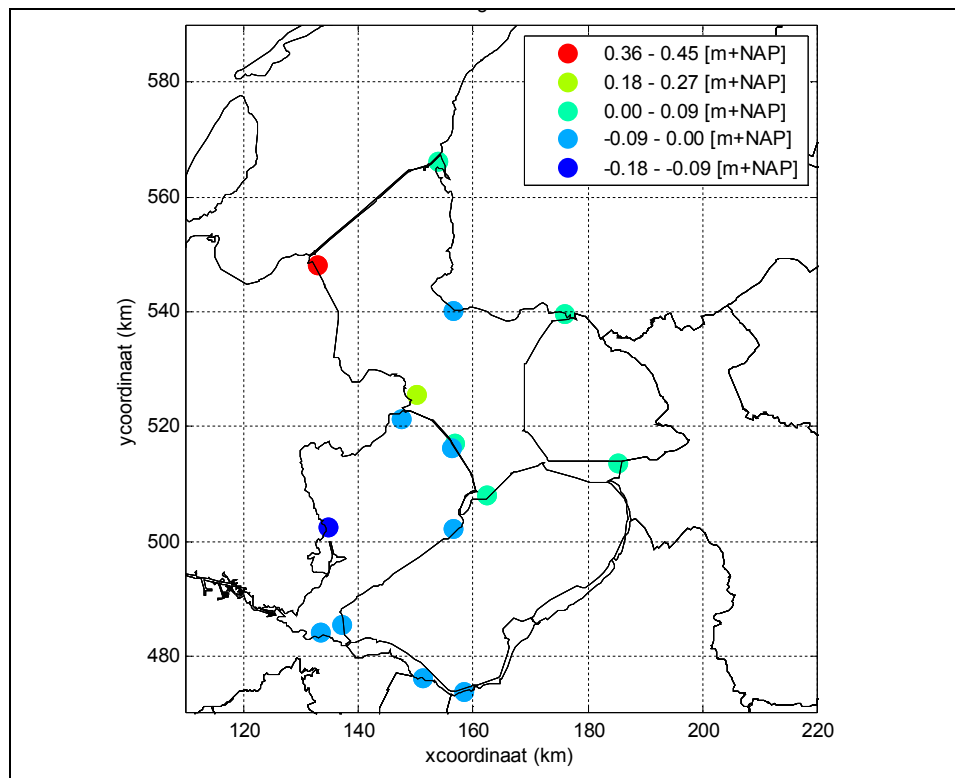
Figuur E1: Resultaten Hydra-VIJ; verschil peilstrategie 1 – referentie situatie voor het belastingniveau (case 16 versus case 1)



Figuur E2: Resultaten Hydra-VIJ; verschil peilstrategie 2 – referentie situatie voor het belastingniveau (case 17 versus case 1)



Figuur E3: Resultaten Hydra-VIJ; verschil peilstrategie 3 – referentie situatie voor het belastingniveau (case 18 versus case 1)

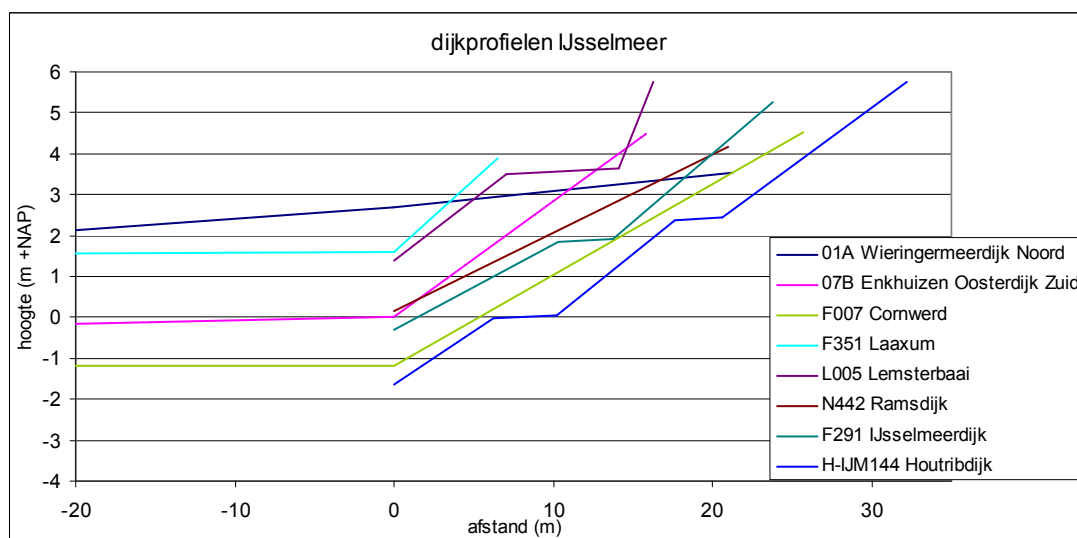


Figuur E4: Resultaten Hydra-VIJ; verschil peilstrategie 4 – referentie situatie voor het belastingniveau (case 19 versus case 1)

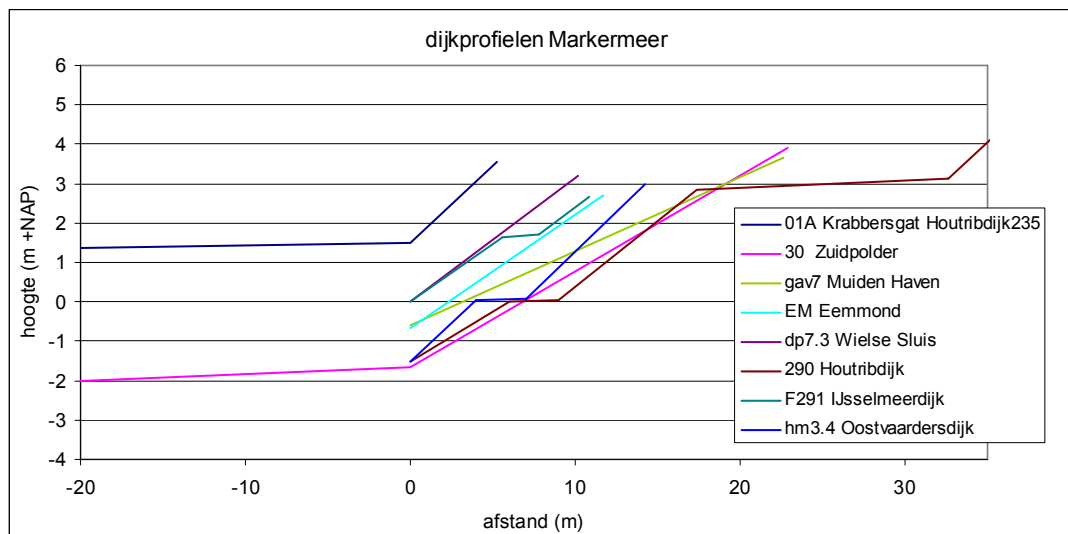
Als we naar de toetspeilen van het IJsselmeer kijken zien we dat peilstrategie 2 (case 17) de grootste verhogingen veroorzaakt. Lokatie 01A Wieringermeerdijk Noord is het meest gevoelig voor het nieuwe peil beheersing. Ditzelfde geldt voor de belasting niveaus. Extreme uitschieters zijn te vinden voor de lokaties 01A Wieringermeerdijk Noord en 07B Enkhuizen Oosterdijk Zuid. De berekening van het belasting niveau is uitgevoerd met een faalcriterium van golfoverslag met een overslagdebiet van 1 l/s/m. Verhoging in het belasting niveau kunnen veroorzaakt worden door een grote strijklengte, grote diepte voor de dijk of door de vorm van het dijkprofiel.

Bij het Markermeer komen de grootste verschillen voor in peilstrategie 1 (case 16). Het streefpeil van peilstrategie 2 komt overeen met de referentie run. Dat het streefpeil op het IJsselmeer voor dit scenario wel verhoogd is, heeft weinig effect op het Markermeer. De locatie 30 Zuidpolder laat voor peilstrategie 1 en 3 (cases 16 en 18) een grote stijging zien in het belastingniveau.

In de Figuur E5 en Figuur E6 worden de dijkprofielen van de gekozen locaties getoond. Als de locatie 01A Wieringermeerdijk Noord nog eens wordt doorgerekend met peilstrategie 1 met een ander profiel krijgen we de volgende belasting niveaus (zie Tabel E5). Wanneer we naar de resultaten kijken kan geconcludeerd worden dat het profiel erg bepalend is voor de hoogte van het belasting niveau.



Figuur E5 Dijkprofiel van de geselecteerde IJsselmeer locaties



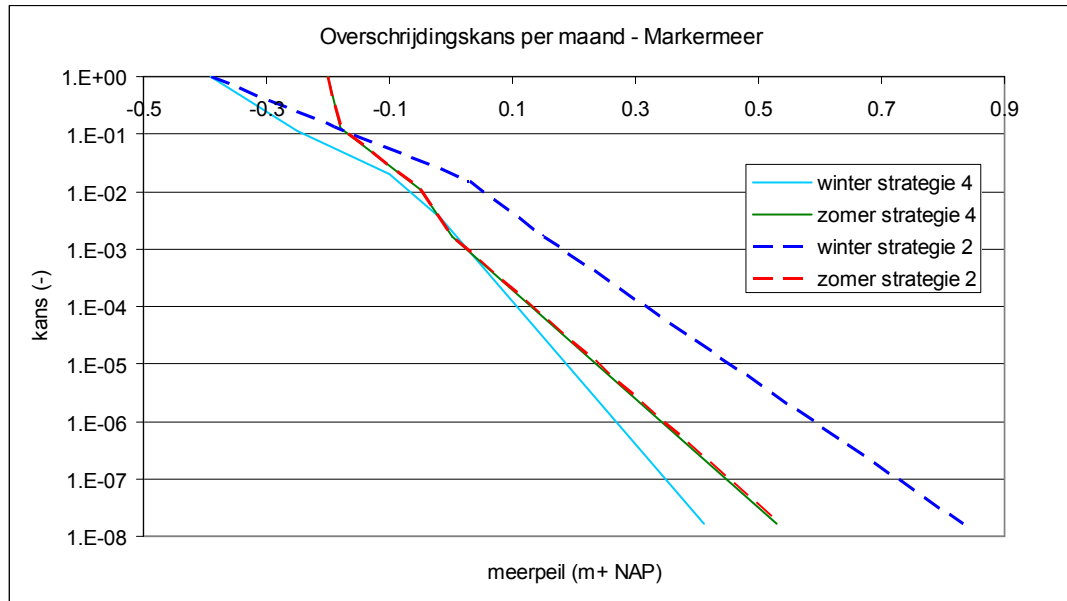
Figuur E6 Dijkprofiel van de geselecteerde Markermeer locaties.

Tabel E5 Belastingniveaus voor locaties met verschillend profiel.

Locatie	Dijkprofiel	Belasting niveau (m+NAP)	
		Referentie	Peilstrategie 1
01A Wieringermeerdijk Noord	01A Wieringermeerdijk Noord	3.53	3.69
01A Wieringermeerdijk Noord	L005 Lemsterbaai		3.48
30 Zuidpolder	30 Zuidpolder	2.24	2.61
30 Zuidpolder	dp7.3 Wielse Sluis		3.44
30 Zuidpolder	hm3.4 Oostvaardersdijk		3.00

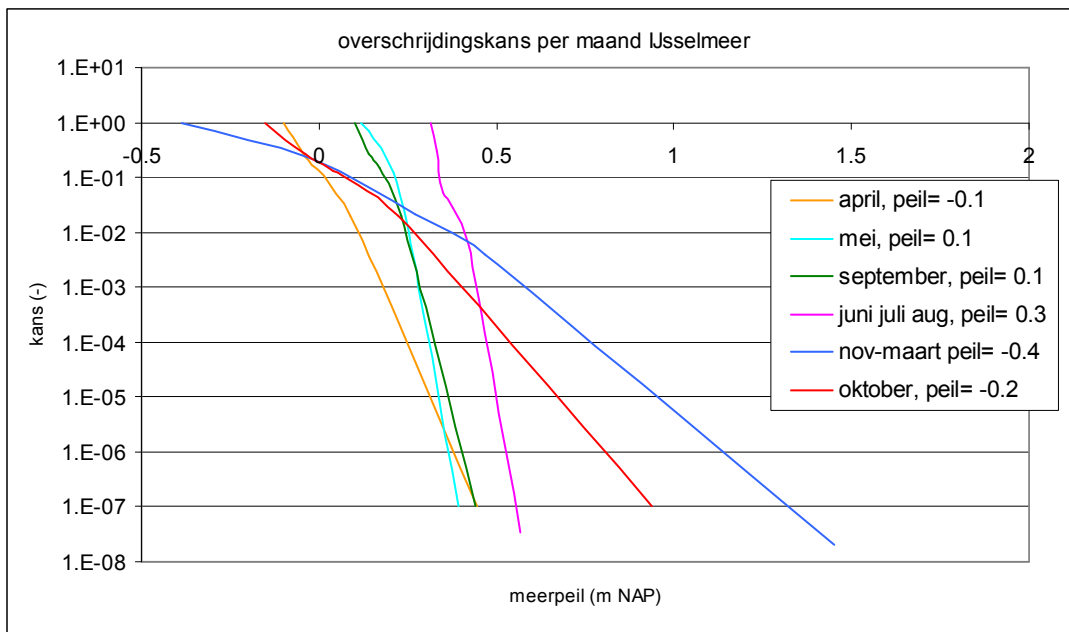
Bij de Markermeer locatie 30 Zuidpolder ligt het toetspeil bij peilstrategie 4 (case 19) hoger dan bij peilstrategie 2 (case 17), hetgeen niet logisch is. Zoals is te zien in figuur E7 zijn de overschrijdingskansen voor de zomer van peilstrategie 2 en 4 aan elkaar gelijk. Voor de wintermaanden is de overschrijdingskans voor peilstrategie 2 groter dan die van peilstrategie 4. Op basis hiervan zou men verwachten dat de toetspeilen voor peilstrategie 2 hoger liggen dan bij strategie 4. Bij locatie 30 Zuidpolder is dit echter niet het geval. Mogelijk ligt hier een interne fout in Hydra-VIJ aan ten grondslag. Dit zou nader onderzocht moeten worden.



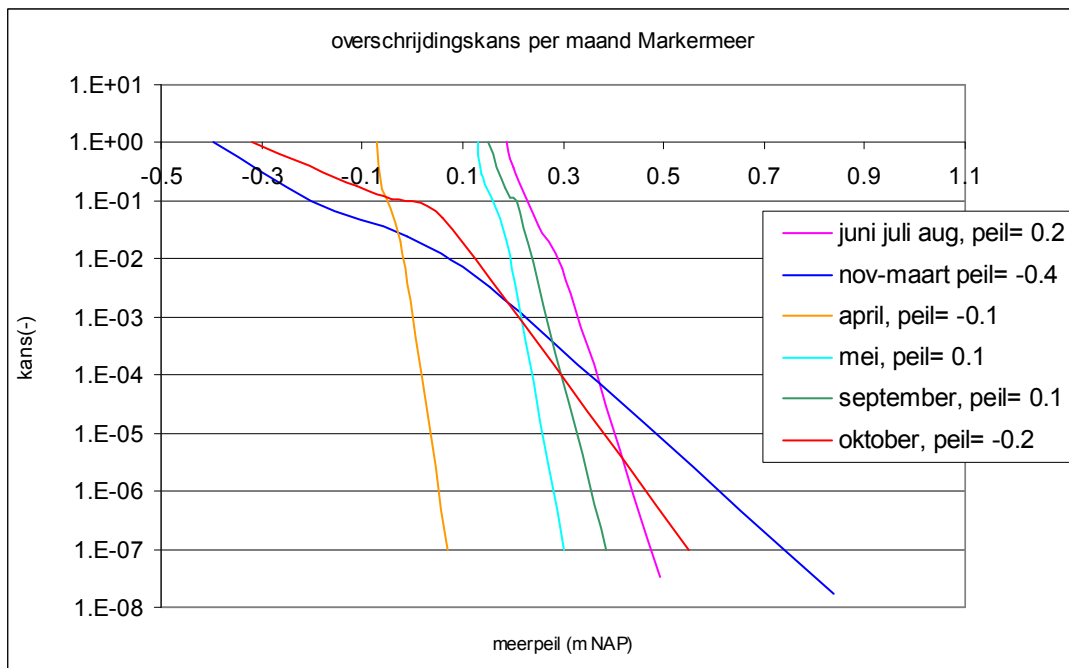


Figuur E7 Overschrijdingskans per maand voor peilstrategie 2 en 4.

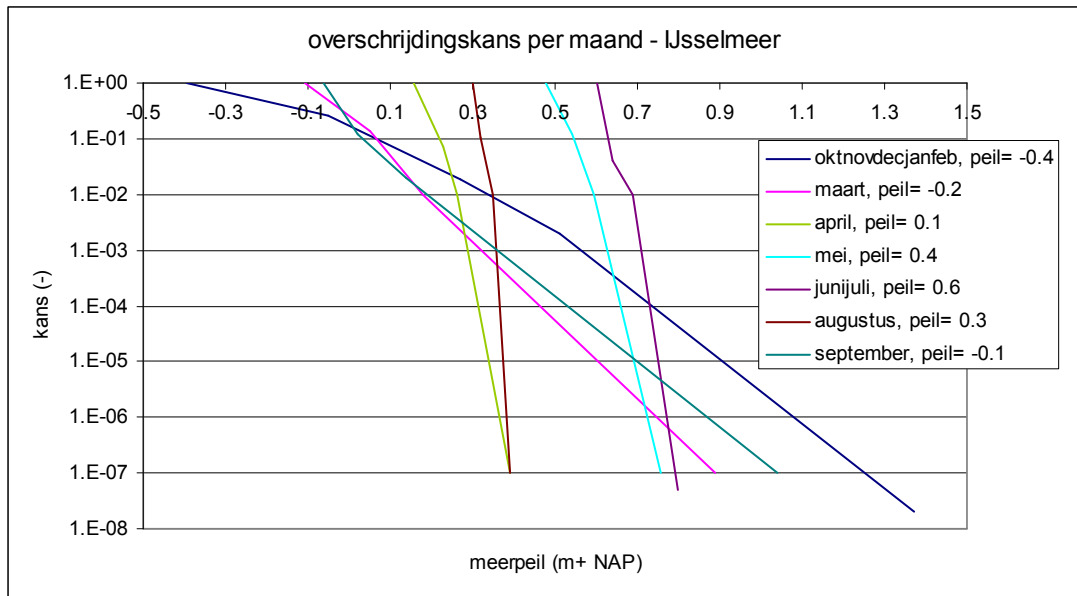
Peilstrategie 1, IJsselmeer



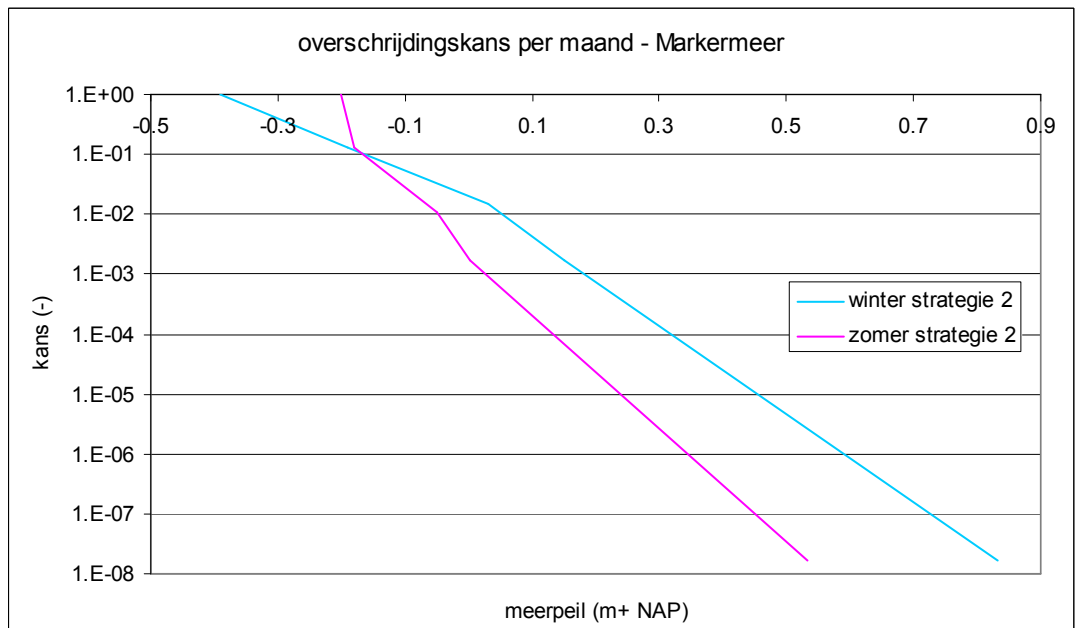
Peilstrategie 1, Markermeer



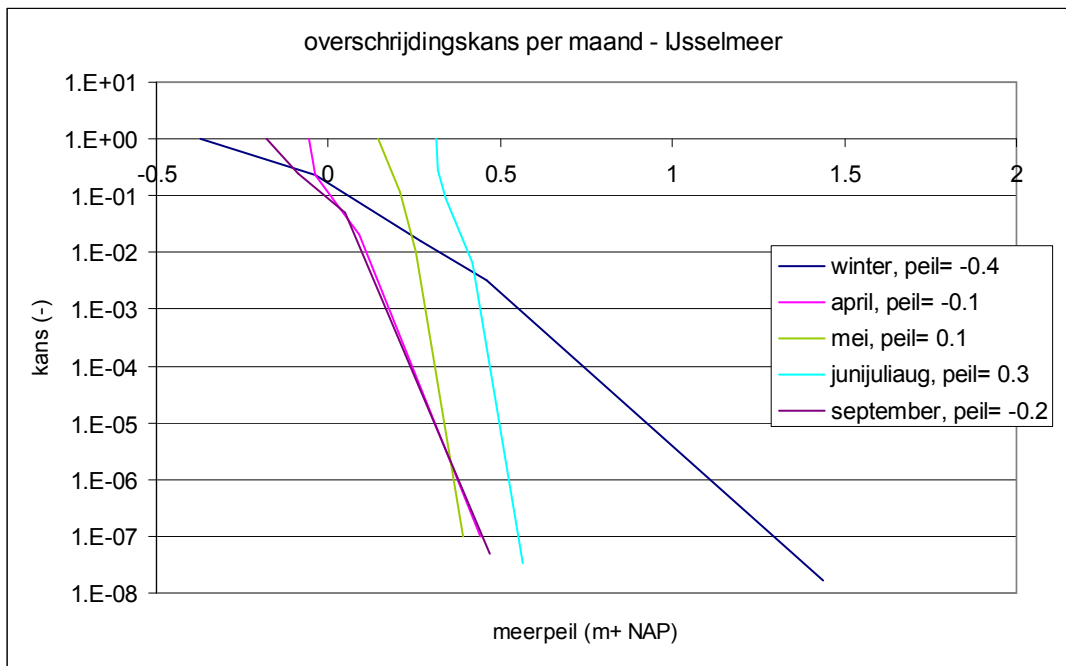
### Peilstrategie 2, IJsselmeer



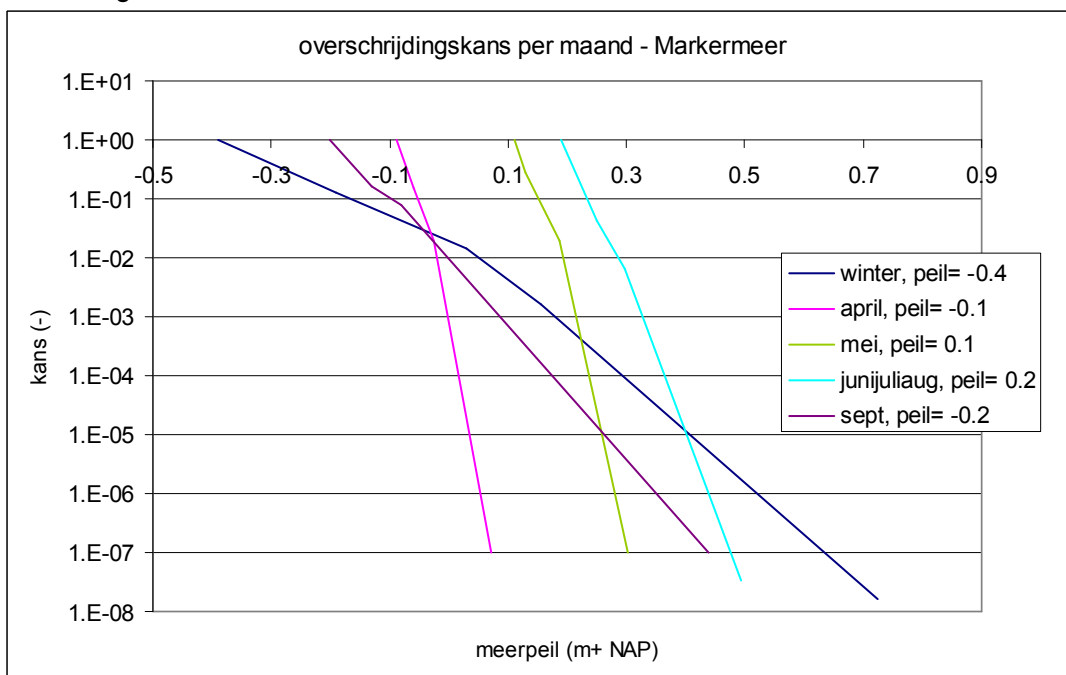
### Peilstrategie 2, Markermeer



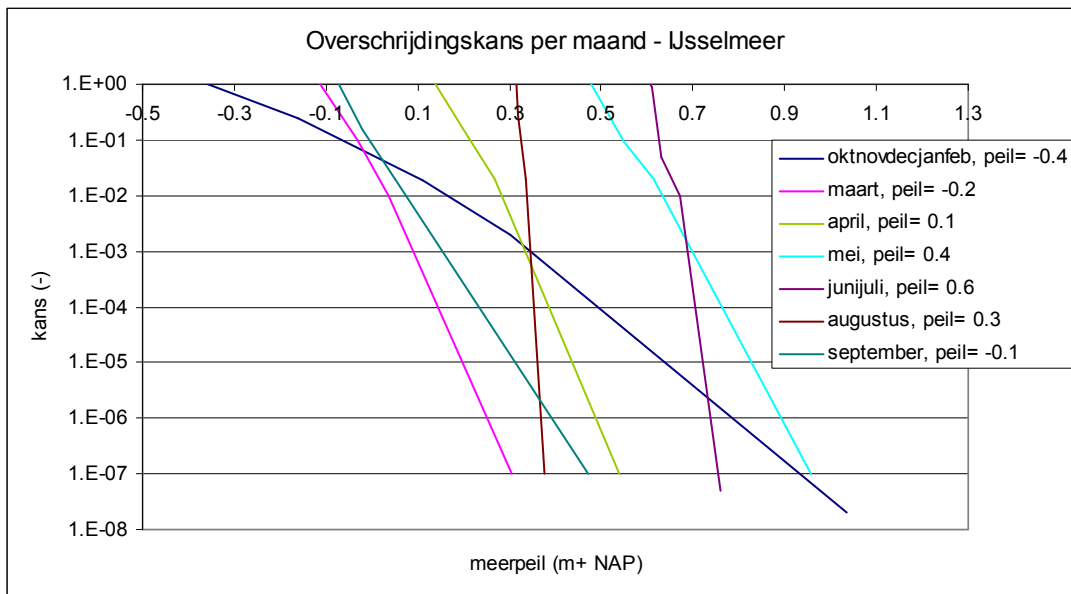
### Peilstrategie 3, IJsselmeer



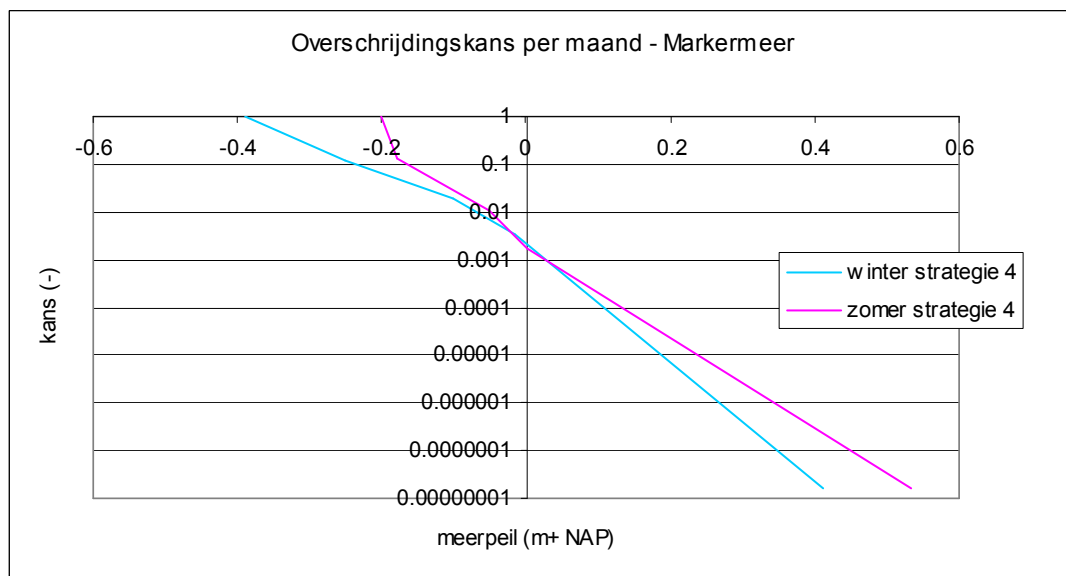
### Peilstrategie 3, Markermeer



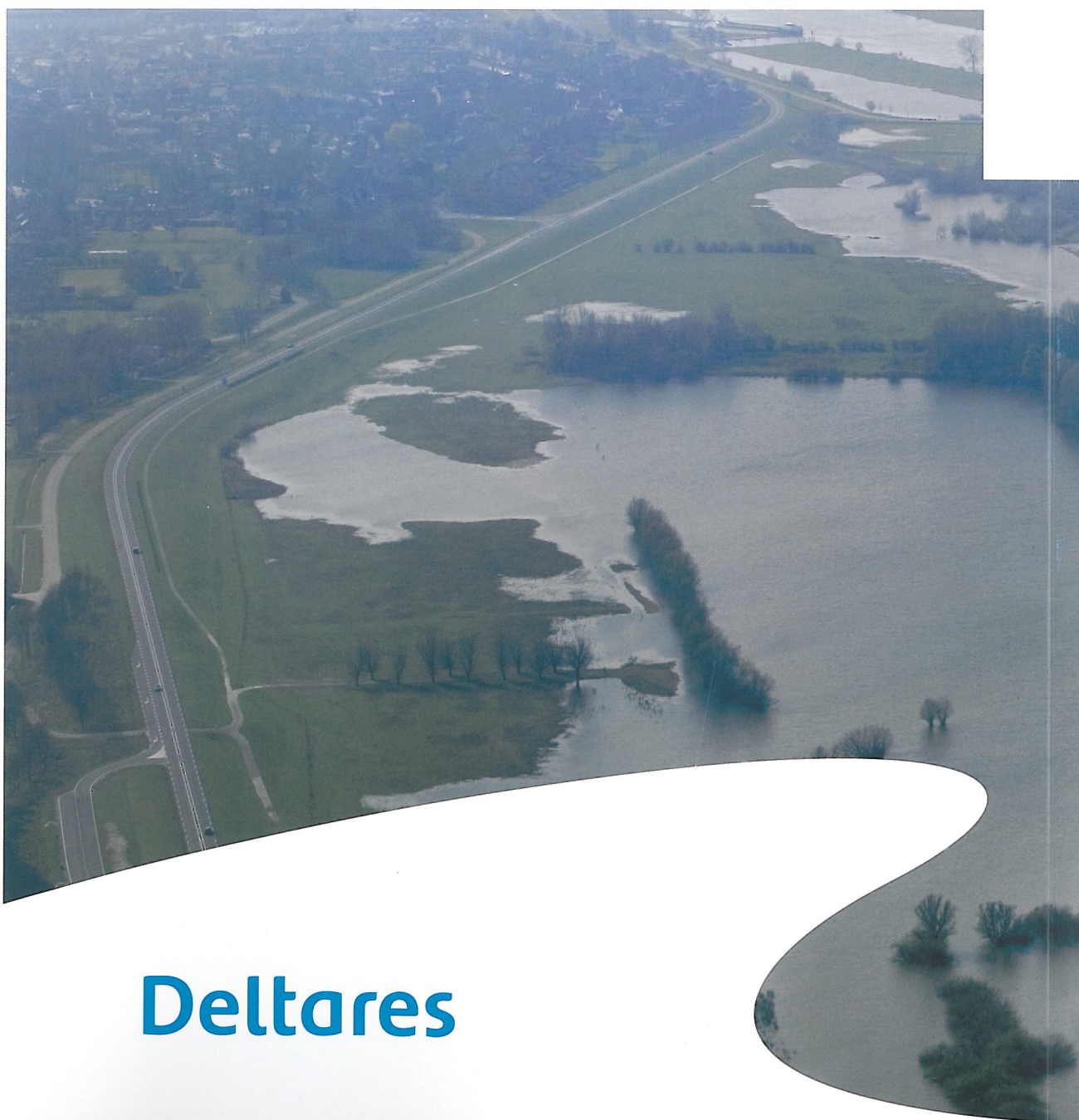
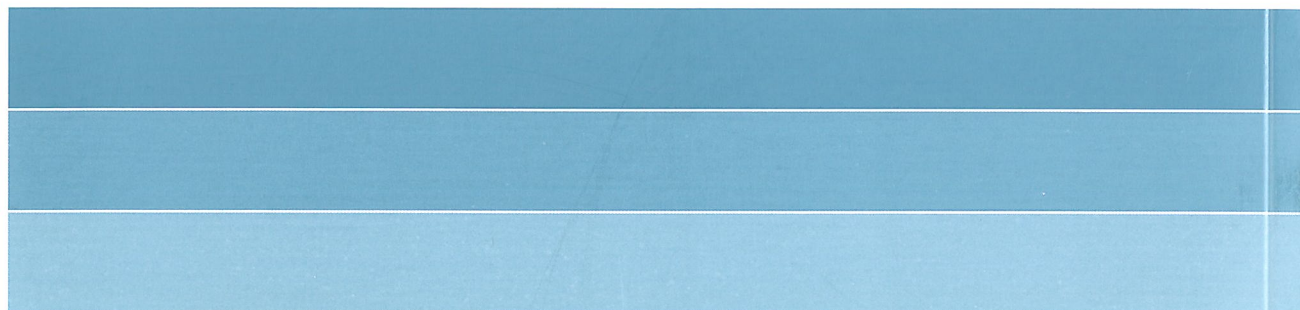
Peilstrategie 4, IJsselmeer



Peilstrategie 4, Markermeer



[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)



**Deltares**