



# Hoogwaterberging Volkerak-Zoommeer

Verdiepingsslag voor Ruimte voor de Rivier

Auteur: N.Slootjes (RWS RIZA)

Rotterdam, juli 2005

---

## Colofon

**Uitgegeven door:** Projectorganisatie Ruimte voor de Rivier  
Postbus 20903  
2500 EX Den Haag

**Informatie:** Rijkswaterstaat RIZA  
Mevr. drs. N. Slootjes  
Postbus 21140  
3001 AC Rotterdam

Telefoon: 010 402 6682

E-mail: [N.Slootjes@riza.rws.minvenw.nl](mailto:N.Slootjes@riza.rws.minvenw.nl)

**Uitgevoerd door:** Rijkswaterstaat RIZA

**Datum:** Juli 2005

**Referentie** L1586def

**Status:** Definitief

### Samenvatting 7

#### 1. Inleiding 11

- 1.1 Algemeen 11
- 1.2 Integrale Verkenning Benedenrivieren en Spankrachtstudie 12
- 1.3 Doel en onderzoeksvragen 13
- 1.4 Leeswijzer 14

#### 2. Gebiedsbeschrijving 17

- 2.1 Gevolgen deltawerken 17
- 2.2 Gebiedsbeschrijving 17
  - 2.2.1. Volkerak-Zoommeer 17
  - 2.2.2. Grevelingenmeer 19
  - 2.2.3. Oosterschelde 20

#### 3. Uitgangspunten en randvoorwaarden 21

- 3.1 Inleiding 21
- 3.2 Beschrijving maatregel Volkerak-Zoommeer 22
- 3.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden 24
  - 3.3.1. Inleiding 24
  - 3.3.2. Variant 1: "huidige doorlaatwerken" 24
  - 3.3.3. Variant 2: "aanpassing doorlaatwerken" 27
- 3.4 Scenario's modelberekeningen 31
  - 3.4.1. Inleiding 31
  - 3.4.2. Rivieraafvoer en zeespiegelstijging 31
  - 3.4.3. Scenario's variant 1: "huidige doorlaatwerken" (HD) 31
  - 3.4.4. Scenario's variant 2: "aanpassing doorlaatwerken" (AD) 32

#### 4. Modelberekeningen: methode 35

- 4.1 Inleiding 35
- 4.2 Uitbreiden modelschematisatie 35
- 4.3 Kwantitatieve analyse MHW-effecten 36
- 4.4 Frequentie inzet maatregel 38
  - 4.4.1. Inleiding 38
  - 4.4.2. Voorspelling waterstand Hoek van Holland 38
  - 4.4.3. Frequentiebepaling 39
- 4.5 Overschrijdingsfrequentie waterstanden Volkerak-Zoommeer 39
  - 4.5.1. Inleiding 39
  - 4.5.2. Methode 40

#### 5. Resultaten van de modelberekeningen 41

- 5.1 Analyse MHW-berekeningen 41
  - 5.1.1. MHW-effect variant 1: "huidige doorlaatwerken" 41
  - 5.1.2. Realisatie taakstelling variant 1 44
  - 5.1.3. MHW-effect variant 2: "aanpassing doorlaatwerken" 45

- 
- 5.1.4. Realisatie taakstelling variant 2 48
  - 5.2 Waterstanden Volkerak-Zoommeer 50
  - 5.2.1. Waterstanden variant 1 50
  - 5.2.2. Waterstanden variant 2 50
  - 5.3 Frequentie inzet maatregel 52
  - 5.4 Overschrijdingsfrequentie waterstanden Volkerak-Zoommeer 54

**6. Gevolgen maatregel Volkerak-Zoommeer 57**

- 6.1 Gevolgen regionale waterhuishouding 57
- 6.1.1. Gevolgen maalcapaciteit 57
- 6.1.2. Gevolgen West-Brabant 57
- 6.2 Ecologische gevolgen 59
- 6.2.1. Inleiding 59
- 6.2.2. Korte termijn 59
- 6.2.3. Lange termijn 60
- 6.3 Veiligheid waterkeringen Volkerak-Zoommeer 61
- 6.3.1. Waterkeringen 61
- 6.3.2. Beoordeling veiligheid waterkeringen 61
- 6.4 Buitendijkse bebouwing Tholen 64

**7. Lopende projecten Zeeuwse Delta 67**

- 7.1 Inleiding 67
- 7.2 Planstudie Volkerak-Zoommeer 67
- 7.3 De Delta in Zicht 69

**8. Maatregel Volkerak-Zoommeer vs. dijkversterking 71**

- 8.1 Inleiding 71
- 8.2 Dijkhoogten 71

**9. Conclusies 73**

- 9.1 Korte termijn (tot 2015) 73
- 9.2 Lange termijn (tot 2050/2100) 75

**10. Aanbevelingen 77**

**Referenties 79**

**Bijlage A Waterakkoord Volkerak-Zoommeer 81**

**Bijlage A Waterakkoord Volkerak-Zoommeer (vervolg) 82**

**Bijlage B Wettelijke kader waterakkoord 83**

**Bijlage C Overschrijdingsfrequentielijnen Volkerak-Zoommeer 85**

**Bijlage D MHW-verlaging korte-termijnvariant 1 89**

**Bijlage E MHW-verlaging lange termijn variant 1 en variant 2 91**

**Bijlage E MHW-verlaging lange-termijnvariant 1 en 2 (vervolg) 92**

**Bijlage F Locatie buitendijkse bebouwing Tholen 93**

---

**Bijlage G    Memo "Dijkversterking en Ruimte voor de Rivier-  
maatregelen" 95**

**Bijlage H    Leden klankbordgroep 98**



### **Inleiding**

In het kader van de PKB Ruimte voor de Rivier wordt een groot aantal maatregelen onderzocht op hun waterstandsverlagend effect in het Nederlandse rivierengebied. De PKB "Ruimte voor de Rivier" richt zich met name op de periode tot 2015 (korte termijn), maar maakt ook een doorkijk naar de periode tot 2050/2100 (lange termijn). Eén van de maatregelen, die in de PKB Ruimte voor de Rivier is gedefinieerd, is het inzetten van het Volkerak-Zoommeer om overtollig water vanuit het Noordelijk Deltabekken te bergen en/of verder af te voeren naar de Zeeuwse Delta.

Het doel van het onderzoek naar hoogwaterberging op het Volkerak-Zoommeer is om de waterstandsverlagende effecten van deze maatregel voor het Noordelijk Deltabekken in beeld te brengen, en tevens de gevolgen van de maatregel voor de Zeeuwse Delta te onderzoeken. Voor de periode tot 2015 zijn de randvoorwaarden aangenomen van het Randvoorwaardenboek 2001. De periode na 2015 kenmerkt zich door een stijging van de zeespiegel en toename van de rivierafvoer.

### **Maatregel Volkerak-Zoommeer**

De maatregel Volkerak-Zoommeer wordt ingezet wanneer de Maeslantkering en Hartelkering zijn gesloten en de waterstand van NAP +2,60 m bij de Volkeraksluizen (Rak-Noord) is voorspeld. Er zijn twee hoofdvarianten van de maatregel in onderzocht:

1. een variant waarbij gebruik wordt gemaakt van de huidige doorlaatwerken (met eventueel minimale aanpassing). Het betreft hier de Volkerakspuisluizen, Krammersluizen en Bathse Spuisluis;
2. een variant waarbij de doorlaatwerken worden aangepast. Er worden twee grote doorlaatwerken gemaakt richting de Oosterschelde en Grevelingen. In verband met de grote infrastructurele aanpassingen is variant 2 alleen mogelijk voor de periode na 2015.

Per variant zijn verschillende scenario's gedefinieerd. Voor beide varianten is gekeken naar het effect van een anders sluitcriterium van de Maeslant- en Hartelkering en van een andere sluitstrategie van de Oosterscheldekering. Variant twee varieert in het inzetten van de verschillende Deltawateren: alleen Oosterschelde, alleen Grevelingen of de Oosterschelde en Grevelingen samen.

### **Maatgevende hoogwaterstand**

De maatgevende hoogwaterstand (MHW) is bepaald uit verschillende combinaties van zeewaterstanden en rivierafvoer. De methode die is gebruikt is gelijk aan de methode waarmee de overige maatregelen in het benedenrivierengebied zijn bepaald. De maatregel realiseert op de

---

korte termijn de taakstelling op het traject Hollandsch Diep – Haringvliet.

Op de Maas wordt de taakstelling tot aan Drimmelen gerealiseerd en op het traject Merwede – Oude Maas wordt de taakstelling opgelost van Dordrecht tot Puttershoek. Op de lange termijn wordt de taakstelling nergens helemaal opgelost. Het is afhankelijk van het scenario of de maatregel meer of minder effectief is. De scenario's waarbij de Oosterschelde en/of Grevelingen ingezet wordt, variëren nauwelijks in effectiviteit. *Hydraulisch* gezien is de doorvoer richting de Grevelingen het meest effectief.

### **Frequentie**

De maatregel heeft een kans van voorkomen in de periode tot 2015 van 1/1430 jaar en neemt op de lange termijn (tot 2050/2100) fors toe bij ongewijzigd beleid.

### **Gevolgen**

Het bergen van water op het Volkerak-Zoommeer brengt gevolgen met zich mee voor de regionale waterhuishouding rondom de Deltawateren en met name rondom het Volkerak-Zoommeer zelf. De waterstanden op het Volkerak-Zoommeer zullen namelijk gedurende een periode van twee of acht dagen (afhankelijk van of er wel of niet wordt teruggespuid richting het Hollandsch Diep) verhoogd zijn. Gemalen kunnen tijdelijk uitvallen en de afvoer vanuit de West-Brabantse rivieren zal tijdelijk gestremd zijn. Tijdens de situatie waarop waterberging op het Volkerak-Zoommeer plaatsvindt bestaat een grote kans (50 -60 %) op een bovengemiddelde winterafvoer van de Mark en de Vliet. Dit betekent voor in ieder geval het boezemgebied van de Mark en de Vliet dat het kan leiden tot wateroverlast en schade. Verder kan het er toe leiden dat de bemaling van aangrenzende polders beperkt of gestremd wordt, hetgeen zonder aanvullende maatregelen tot wateroverlast in die gebieden kan leiden.

De gevolgen voor de ecologie zijn op de korte termijn klein, omdat de terugkeertijd van de maatregel zo laag is dat het systeem voldoende tijd heeft om zich te herstellen. Voor de lange termijn heeft de maatregel wel gevolgen, omdat het systeem vaker belast wordt. Er zal een grotere slibbelasting optreden op het Volkerak-Zoommeer en vaker zoet water naar de Oosterschelde en/of Grevelingen afgevoerd worden, waardoor o.a. bepaalde soorten zullen afsterven.

De gevolgen voor de veiligheid van de waterkeringen is zeer globaal onderzocht als gevolg van de summiere informatie die beschikbaar is over de waterkeringen. Het blijkt dat alle dijken voldoen op hoogte. Niet alle dijken voldoen echter op piping, binnen- en buitenwaartse macrostabiliteit. Wat betreft de waterkerende verbindingsdammen (Oesterdam, Philipsdam, Grevelingendam en Hellegatsdam) is waarschijnlijk alleen verbetering nodig voor de steenzetting op de Grevelingendam. Behalve de Mandersluis te Dintelsas, voldoen de kunstwerken op hoogte en zijn voldoende sterk om de waterstanden te keren.



---

Net buitendijks bij Tholen wordt het nieuwbouwproject “Waterfront Tholen” gerealiseerd bestaande uit 95 woningen. Als gevolg van de verhoging van de waterstand op het Volkerak-Zoommeer, kan een deel van deze woningen wateroverlast ondervinden.

### **Relatie andere studies in Zeeuwse Delta**

Momenteel worden ook andere sporen uitgewerkt om de Zeeuwse Delta in te richten. Twee belangrijke projecten hierin zijn de ‘Planstudie Volkerak-Zoommeer’ en ‘Delta InZicht’. De planstudie Volkerak-Zoommeer richt zich op de aanpak van de slechte waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer op de termijn tot 2015. De alternatieven die hierin verder worden uitgewerkt kunnen goed worden gecombineerd met de maatregel Volkerak-Zoommeer vanuit veiligheid.

Op de lange termijn hangen de oplossingen voor het Volkerak-Zoommeer mede af van de besluitvorming rond PKB Ruimte voor de Rivier. In geval van aanleg van doorlaatmiddelen, kan voor zowel de natuur als de veiligheid een ‘win-win’ situatie ontstaan.

### **Maatregel Volkerak-Zoommeer versus dijkversterking**

De maatregel Volkerak-Zoommeer moet worden afgewogen ten opzichte van dijkversterking op het Haringvliet, Hollandsch Diep, Spui, Oude Maas, Noord, Dordtsche Kil en Amer. De effectiviteit van de maatregel wordt uitgedrukt in effect op het toetspeil. De dijkhoogten worden echter niet direct uit het toetspeil berekend. Hierdoor ontstaat het gevaar dat er toch nog dijkversterkingen nodig zijn, terwijl aan de taakstelling is voldaan, omdat per traject de maatgevende belasting kan variëren en niet perse de maatgevende hoogwaterstand met geringe golfbelasting maatgevend is boven een lagere hoogwaterstand met een grotere golfbelasting; dijkinstabiliteit niet altijd verband heeft met (een stijging van) de maatgevende hoogwaterstand. Ook wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer niet ingezet zal worden zijn er strekkingen langs de dijken die versterkt moeten worden, omdat deze al zijn afgekeurd op bijvoorbeeld macrostabiliteit binnenwaarts.

### **Conclusies**

De belangrijkste conclusies zijn:

- De maatregel zorgt er op de korte termijn voor dat de taakstelling op het Haringvliet - Hollandsch Diep en rondom Dordrecht wordt gehaald. Op de lange termijn kan bij doorvoer richting de Oosterschelde en/of Grevelingen 60 % van de taakstelling worden gerealiseerd op het Hollandsch Diep – Haringvliet.
- De kans dat de maatregel ingezet wordt is 1/1430 jaar in de periode tot 2015 met een forse toename tot 2050/2100 bij ongewijzigd beleid.
- Wanneer de maatregel ingezet wordt heeft dit gevolgen voor de regionale waterhuishouding rondom het Volkerak-Zoommeer, met name voor West-Brabant.
- Op de korte termijn zijn geen ecologische gevolgen te verwachten, omdat de hersteltijd groot is. Op de lange termijn brengt de maatregel meer ecologische schade met zich mee.

- 
- Als gevolg van de verhoging van de waterstand op het Volkerak-Zoommeer, zullen een aantal woningen die buitendijks zijn gebouwd wateroverlast ondervinden.
  - Door de lage frequentie van de maatregel worden geen onoverkomelijke problemen verwacht ten opzichte van de alternatieven van de Planstudie Volkerak-Zoommeer voor de periode tot 2015.
  - Realisatie van de taakstelling houdt niet automatisch in dat er geen dijkversterking nodig is.

---

# 1. Inleiding

.....

## 1.1 Algemeen

De PKB 'Ruimte voor de Rivier' heeft tot doel het beschermingsniveau langs de bedijkte Rijntakken en het benedenstroomse deel van de bedijkte Maas uiterlijk in 2015 in overeenstemming te brengen met de wettelijk vereiste norm. Hierbij moet rekening worden gehouden met een maatgevende Rijnafvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith en een maatgevende Maasafvoer van 3.800 m<sup>3</sup>/s bij Borgharen. De maatregelenpakketten die hiervoor samengesteld worden, moeten tevens een bijdrage leveren aan de tweede doelstelling van de PKB. Deze doelstelling betreft het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit in het rivierengebied.

Over de plannen die in de studie ontwikkeld worden zal een PKB-procedure worden doorlopen. In de PKB wordt met een visie op de lange termijn een doorkijk gegeven naar de verdere toekomst, waarin vervolgstappen worden gezet om nog meer water veilig af te kunnen voeren zonder de dijken te moeten verhogen. Voor de lange termijn (tot 2050/2100) wordt, als gevolg van klimaatveranderingen, verwacht dat de maatgevende afvoer van de Rijn bij Lobith mogelijk tot 18.000 m<sup>3</sup>/s kan toenemen. Ook voor de Maas wordt rekening gehouden met een verhoging, mogelijk tot 4.600 m<sup>3</sup>/s bij Borgharen. Tegelijkertijd wordt ook rekening gehouden met een stijging van de zeespiegel van circa 60 cm [1].

Het afleiden van water vanuit het Noordelijk Deltabekken via de Volkeraksluizen in de richting van de Zeeuwse Delta is een van de maatregelen die in het kader van de PKB Ruimte voor de Rivier wordt bekeken. Eerder, in de Integrale Verkenning Benedenrivieren (IVB) [2] en de Spankrachtstudie [3], zijn verschillende varianten van de optie afvoer via het Volkerak-Zoommeer doorgerekend. Uit deze studies is gebleken dat bij gestremde rivierafvoeren van de Rijn en de Maas als gevolg van gesloten Maeslantkering en Hartelkering, het afvoeren van water richting de Zeeuwse Delta een belangrijke bijdrage kan leveren aan de veiligheid in het benedenrivierengebied. Ook is dit geconstateerd in het onderzoek "Balanceren tussen zoet en zout: ruimte voor veerkracht en veiligheid in de Delta" [4] waarbij onder andere herstel van rivierafvoer via het Volkerak-Zoommeer naar de zuidelijke Delta is bestudeerd. Vanuit de PKB Ruimte voor de Rivier is het verzoek gekomen om een verdiepingsslag uit te voeren naar deze maatregel.

---

Naast het veiligheidsaspect worden momenteel ook andere sporen uitgewerkt om de Zeeuwse Delta in te richten. Een voorbeeld hiervan is de recent door de provincies Zuid-Holland, Noord-Brabant en Zeeland vastgestelde Integrale Visie “Delta InZicht” waarin voorgesteld wordt de huidige compartimentering van de Delta op te heffen en het estuariene karakter te herstellen met het oog op de veiligheid, de ecologie en diverse gebruiksfuncties.

Tevens wordt momenteel gestart met de “Planstudie Volkerak-Zoommeer”, waarin verschillende alternatieven voor de aanpak van de slechte waterkwaliteit op het Volkerak-Zoommeer worden uitgewerkt.

## **1.2 Integrale Verkenning Benedenrivieren en Spankrachtstudie**

Uit de Integrale Verkenning Benedenrivieren zijn twee belangrijke conclusies getrokken [2]:

- De bergingsvariant waarbij het Volkerak-Zoommeer wordt ingezet als bergingsgebied alleen biedt weinig perspectief: De waterstanden op het Volkerak-Zoommeer worden te hoog;
- De doorvoervariant waarbij water richting de Oosterschelde wordt doorgevoerd is effectief, mits de doorvoer plaatsvindt als de stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg en in het Hartelkanaal gesloten zijn. Onder die condities is het Noordelijk Deltabekken een geheel gesloten bak. Om het effect te optimaliseren is in de IVB de sluitstrategie van de stormvloedkeringen aangepast: het zogenaamde sluitcriterium in Rotterdam en Dordrecht zijn van respectievelijk NAP + 3,00 m en NAP + 2,90 m beide naar een niveau van NAP + 2,50 m gebracht. Dit nieuwe sluitcriterium is overigens arbitrair gekozen.

In de IVB is met een aantal aspecten bewust geen rekening gehouden:

- De effecten van de compartimentering van het Volkerak-Zoommeer, de Oosterschelde en de Grevelingen zijn niet beschouwd: de genoemde deelsystemen staan in open verbinding met elkaar.
- Er is geen rekening gehouden met de overige lozingen op het Volkerak-Zoommeer en met het lekdebiet van de gesloten Oosterscheldekering.

In de Spankrachtstudie [3] is verder onderzoek gedaan naar de mogelijkheid of doorvoer via de Volkeraksluizen en de berging in de Zeeuwse Delta een mogelijkheid is om de waterstanden in het benedenrivieren te verlagen. Hierbij zijn onder andere de aspecten die niet meegenomen zijn in IVB, zoals hierboven beschreven, wel meegenomen. Uit de Spankrachtstudie is ook gebleken dat de maatregel Volkerak-Zoommeer doelmatig is. De maatregel moet dan echter wel aan de volgende eisen voldoen:

- Grotere doorvoercapaciteit dan de huidige Volkeraksluizen en voldoende stuurbaar.
- Er zal een groot doorlaatwerk moeten worden geconstrueerd in de Philipsdam.

---

In zowel de IVB als de Spankrachtstudie is geen onderzoek gedaan naar gewijzigd beheer van de Oosterscheldekering.

### 1.3 Doel en onderzoeksvragen

In de voorgaande studies heeft de nadruk steeds gelegen op het inzetten van (delen van) de Zeeuwse Delta om de veiligheid tegen overstromen in het benedenrivierengebied te kunnen waarborgen. Hierbij is niet in beeld gebracht wat de gevolgen zullen zijn voor de omliggende Zeeuwse en Brabantse gebieden. Het doel van dit onderzoek is enerzijds het verder onderzoeken van de waterstandsverlagende effecten voor het benedenrivierengebied als gevolg van het aflaten van water richting de Zeeuwse Delta, en anderzijds het in kaart brengen van de gevolgen voor het omliggende gebied van de Zeeuwse Delta. De PKB "Ruimte voor de Rivier" richt zich met name op de periode tot 2015 (korte termijn), maar maakt ook een doorkijk naar de termijn tot 2050/2100 (lange termijn). De periode na 2015 kenmerkt zich door een verdere stijging van de zeespiegel en de rivierafvoer. Deze twee perioden worden ook in dit onderzoek van elkaar onderscheiden.

Er zijn twee hoofdvarianten onderzocht, waarbij hoofdvariant 2 alleen mogelijk wordt geacht op de lange termijn als gevolg van grote infrastructurele aanpassingen:

1. een variant waarbij uit wordt gegaan van de huidige doorlaatwerken (met eventueel minimale aanpassing);
2. een variant waarbij de doorlaatwerken worden aangepast.  
Het betreft hier aanpassing van de volgende doorlaatwerken:
  - a. de Volkeraksluizen;
  - b. een doorlaatwerk in de Philipsdam;
  - c. een doorlaatwerk in de Grevelingendam.

Tevens wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds inzet van de Delta-wateren met huidig beheer van de stormvloedkeringen (Maeslantkering, Hartelkering en Oosterscheldekering) en anderzijds inzet met gewijzigd beheer van deze stormvloedkeringen. De gedachte achter een lager sluitcriterium van de stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal is dat uit de Integrale Verkenning Benedenrivieren is gebleken dat de combinatie van de maatregel Volkerak-Zoommeer en een lager sluitcriterium van de Maeslantkering en Hartelkering meer waterstandsdalend effect oplevert dan het effect van de afzonderlijke maatregelen opgeteld. Een gewijzigd beheer van de Oosterscheldekering levert mogelijk een lagere waterstand op de Oosterschelde, waardoor hier meer water geborgen kan worden.

---

De volgende onderzoeksvragen zijn gedefinieerd:

- Wat is het waterstandsverlagende effect in het benedenrivierengebied als onder hoogwatersituaties aldaar, water via de Volkerak-sluizen afgeleid wordt richting de Zeeuwse Delta?
- Met welke frequentie zou dit afleiden van water richting de Zeeuwse Delta plaatsvinden?
- Hoe hoog wordt de waterstand op het Volkerak-Zoommeer wanneer het water vanuit het benedenrivierengebied hierheen wordt afgeleid?
- Wat is de duur dat de verhoogde waterstand op het Volkerak-Zoommeer optreedt zowel tijdens als na de hoogwatersituatie?
- Zijn de huidige afmetingen van de doorlaatwerken groot genoeg om de doorvoer mogelijk te maken? Wat zijn de kosten voor eventuele aanpassing?
- Wat zijn de effecten op de ecologie wanneer doorvoer richting de Zeeuwse Delta plaats zou vinden?
- Is er sprake van een verband tussen de afvoeren van West-Brabantse rivieren de Mark en de Vliet en het inzetten van de maatregel Volkerak-Zoommeer?
- Wat is de omvang van het afwateringsprobleem van West-Brabant?

Om de consequenties en mogelijke oplossingen goed in beeld te kunnen brengen is dit onderzoek begeleid door een klankbordgroep waar verschillende partijen vanuit de regio zitting in hebben genomen (bijlage H).

## **1.4 Leeswijzer**

In dit werkdocument zijn de uitgangspunten, randvoorwaarden en resultaten van de hydraulische modelberekeningen vastgelegd. Daarnaast beschrijft dit werkdocument wat de gevolgen zijn voor de Deltawateren, wanneer grote hoeveelheden water uit het benedenrivierengebied richting de Zeeuwse Delta wordt afgevoerd.

Hoofdstuk 2 bevat een gebiedsbeschrijving gegeven van de Zeeuwse Delta. Dit hoofdstuk behandelt kort de compartimentering van de Delta als gevolg van de Deltawerken. Daarnaast worden enkele (fysische) kenmerken en gebruiksfunctie beschreven van de Oosterschelde, de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer.

Hoofdstuk 3 behandelt op welke manier in deze studie de Zeeuwse Delta ingezet wordt. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de uitgangspunten en randvoorwaarden die zijn gehanteerd bij de hydraulische modelberekeningen.

Het daarop volgende hoofdstuk 4 beschrijft de methode die gebruikt is om de maatgevende hoogwaterstanden te bepalen. Ook wordt beschreven op welke manier is bepaald met welke frequentie water zou worden afgeleid richting het Volkerak-Zoommeer en welke waterstanden hierdoor zouden ontstaan op het Volkerak-Zoommeer.

---

Hoofdstuk 5 bevat de resultaten en analyse van de hydraulische berekeningen die uitgevoerd zijn. Het betreft hier de berekeningen van de maatgevende hoogwaterstanden in het benedenrivierengebied, de frequentie van inzet van de maatregel en de overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer.

Het inlaten van water vanuit het benedenrivierengebied in de Zeeuwse Delta heeft gevolgen voor de verschillende gebruiksfuncties van het Volkerak-Zoommeer. Hoofdstuk 6 gaat in op gevolgen voor de regionale waterhuishouding en geeft een kwalitatieve inschatting van de gevolgen voor de ecologie. Daarnaast worden de resultaten besproken van de globale toetsing van de dijken langs het Volkerak-Zoommeer. Tevens wordt kort ingegaan op de gevolgen voor de buitendijkse bebouwing bij Tholen.

Naast deze verdiepingsslag lopen er nog een aantal andere integrale projecten in de Zeeuwse Delta. Hoofdstuk 7 beschrijft de planstudie Volkerak-Zoommeer en “Delta InZicht” en de kansen en beperkingen ten opzichte van het doorvoeren van water vanuit Ruimte voor de Rivier.

Hoofdstuk 8 gaat in op de afweging die gemaakt zal moeten worden tussen enerzijds dijkversterking op een aantal locaties in het benedenrivierengebied en anderzijds de maatregel Volkerak-Zoommeer.

Hoofdstuk 9 behandelt de conclusies van deze verdiepingsslag puntsgewijs. Hoofdstuk 10 geeft aanbevelingen.





---

## 2. Gebiedsbeschrijving

---

### 2.1 Gevolgen deltawerken

De Deltawerken waren voltooid, nadat in 1987 het Krammer-Volkerak en de Oosterschelde werden gescheiden door de Philipsdam (figuur 2.1). De Deltawerken hebben tot een grote verandering geleid in de waterhuishouding van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta. De Zeeuwse Delta werd afgesloten door middel van verschillende dammen, waardoor twee meren ontstonden, de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer, en een zeearm met getijdewerking, de Oosterschelde. Volgens het oorspronkelijke Deltaplan zou ook de Oosterschelde door een dam van de zee worden afgesloten. Het idee was om een groot zoetwatermeer te laten ontstaan: het Zeeuwse Meer. Uit milieuoverwegingen werd echter in de zeventiger jaren besloten tot de aanleg van een stormvloedkering in de Oosterschelde, waardoor de getijbeweging bleef bestaan. Echter was al in de zestiger jaren met België afgesproken dat Nederland zou zorgen voor een getijvrije scheepvaartverbinding tussen Antwerpen en Rotterdam. Mede om die reden is de Zeeuwse Delta gecompartmenteerd door middel van dammen. Als gevolg van de compartimentering was het mogelijk het Volkerak-Zoommeer getijvrij te maken [5].

De aanleg van de compartimenteringsdammen zou echter zorgen voor een belemmering van de scheepvaart. Om scheepvaart mogelijk te houden, zijn daarom in de meeste dammen scheepvaartsluizen aangelegd (zie ook figuur 2.1):

- De Volkeraksluizen in het noorden verbinden het Volkerak-Zoommeer met het Hollandsch Diep;
- De Krammersluizen in het midden van de delta verbinden het Krammer-Volkerak met de Oosterschelde;
- De Bergse Diepsluis verbindt het Zoommeer met de Oosterschelde;
- De Kreekraksluizen in het zuiden leggen de verbinding richting de Antwerpse havens.

### 2.2 Gebiedsbeschrijving

#### 2.2.1. Volkerak-Zoommeer

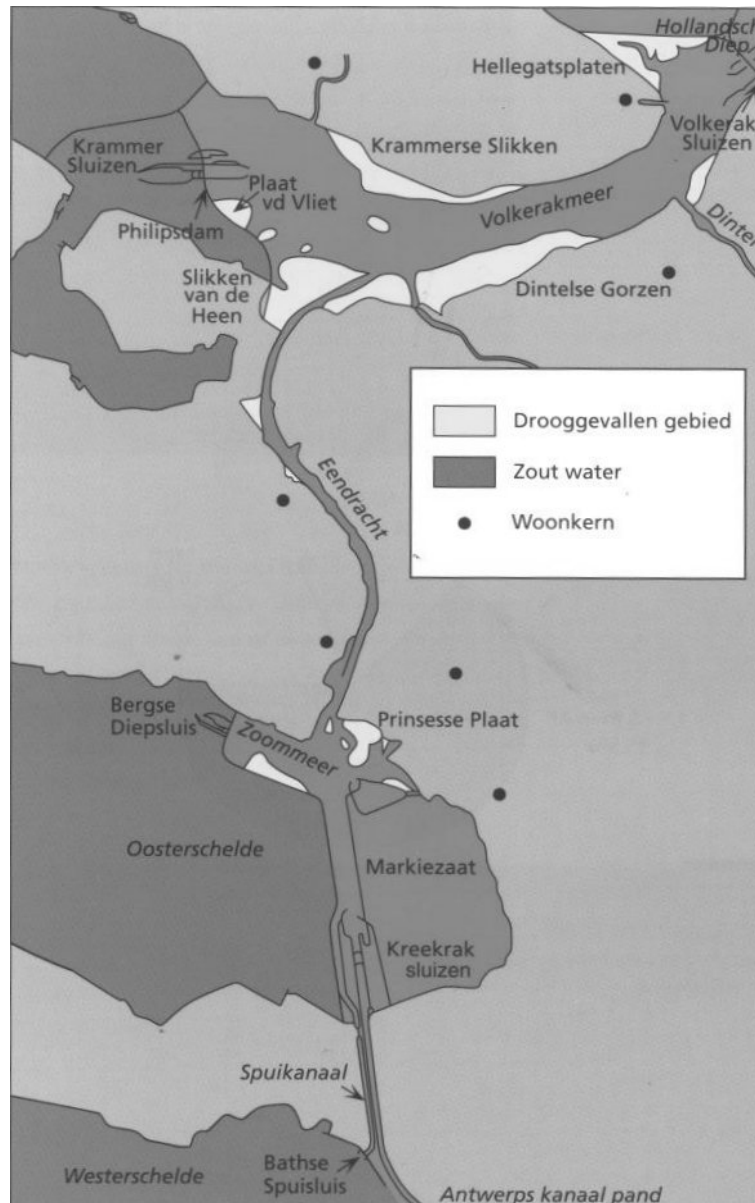
Het Volkerak staat via de Eendracht in verbinding met het Zoommeer (figuur 2.1). De totale oppervlakte bedraagt 8.300 ha, waarvan ongeveer een kwart drooggevallen gebied is. De gemiddelde diepte van het meer is 5,2 m met een maximale diepte van 24 m. De drooggevallen gebieden zijn voormalige schorren en slikken.

Dat deze gebieden drooggefallen zijn komt door het min of meer constante peilbeheer van het Volkerak-Zoommeer. Het huidige waterpeil varieert tussen NAP -0,10 m en NAP +0,15 m en is vastgelegd in het Waterakkoord Volkerak-Zoommeer (Bijlage A en B) [6]. Dit peil wordt gehandhaafd door overtollig water af te voeren via de Bathse spuisluis naar de Westerschelde.

De Brabantse rivieren Mark, Dintel, Steenbergse en Roosendaalse Vliet en Zoom monden uit in het Volkerak-Zoommeer. Het stroomgebied van deze rivieren is circa 141.500 ha, voornamelijk landbouwgebied.

**Figuur 2.1**

Het Volkerak-Zoommeer.



---

Nadat besloten was het Volkerak-Zoommeer af te sluiten, zodat een getijdenvrije doorgang voor de scheepvaart kon worden gegarandeerd, was tevens besloten om van het Volkerak-Zoommeer een zoetwatermeer te maken. Hierdoor kunnen de omringende landbouwgebieden van West-Brabant, Zeeland en Zuid-Holland worden voorzien van voldoende zoet water. Hiermee is het Volkerak-Zoommeer het derde grootste zoetwatermeer van Nederland geworden.

Na de afsluiting in 1987 werd het meer doorgespoeld met water uit het Hollandsch Diep en na een jaar was het Volkerak-Zoommeer zoet. De eerste jaren was het water uitzonderlijk helder, maar vanaf 1992 werd het doorzicht steeds minder door de toename van blauwalgen. De laatste jaren zijn drijfslagen van blauwalgen een terugkerend en steeds erger wordend verschijnsel.

Bij het doorspoelen van het Volkerak-Zoommeer werd gebruik gemaakt van de Volkerakspuisluizen, die zijn aangelegd toen de Zeeuwse Delta nog een meer zou worden. Door middel van deze spuisluizen zou het meer van voldoende water kunnen worden voorzien. Tegenwoordig worden ze ingezet wanneer de afvoer van de West-Brabantse rivieren en poldergemalen laag is en de minimale waterstand niet kan worden gehandhaafd of wanneer het chloridegehalte de toegestane waarde overschrijdt.

Om het Volkerak-Zoommeer zoet te houden, bevatten de Krammersluizen een zoet-zout waterscheidingsstelsel dat voorkomt dat zout water het zoete meer instroomt en vice versa. De Kreekraksluizen bevatten een soort gelijk stelsel.

De hoofdfunctie van het diepe watergedeelte in het Volkerak-Zoommeer is scheepvaart (beroepsvaart en doorgaande recreatievaart). Daarnaast is het waterbeheer belangrijk, omdat het een onderdeel van de waterhuishoudkundige hoofdstructuur is. Voor de drooggevallen gronden en ondiepwatergeulen wordt de natuurfunctie als hoofdfunctie aangemerkt. Tenslotte kent het meer nog een hoeveelheid aan 'overige' functies, zoals recreatie, beroepsvisserij, boezem- en afwateringsfunctie voor o.a. landbouw [7].

#### **2.2.2. Grevelingenmeer**

De totale oppervlakte van de Grevelingen is 14.000 ha, waarvan ongeveer eenderde drooggevallen gebied is. De gemiddelde diepte van het meer is 5,4 m met een maximale diepte van 48 m. Het waterpeil op de Grevelingen wordt gehandhaafd op NAP -0,20 m, met een peilafwijking van maximaal 0,10 m. Dit is vastgelegd in het Waterbeheersplan Grevelingenmeer [8].

Het meer is ontstaan door de aanleg van de Grevelingendam (1965) en de Brouwersdam (1971). De Grevelingen is een voor Nederland uniek stagnant zoutwatermeer dat gedurende het hele jaar wordt verversd met water uit de voordelta.

---

Natuur en recreatie zijn aangemerkt als hoofdfunctie van de Grevelingen, beroepsvisserij is een belangrijke nevenfunctie. Voor de hoofdfuncties natuur en recreatie is een zonering aangebracht: in het middengebied en de 'Slikken van Flakkee' wordt zoveel mogelijk ruimte gegeven aan de natuur, in de rest van het meer komt recreatie naast natuur voor [7].

### **2.2.3. Oosterschelde**

De Oosterschelde heeft een totale oppervlakte van ruim 35.000 ha met een oppervlakte aan platen en slikken van ruim 11.000 ha. De gemiddelde diepte is 9,0 m en het gemiddelde getijverschil bij Yerseke is 3,25 m.

De Oosterschelde is een zeearm die van de Noordzee kan worden afgesloten door de stormvloedkering te sluiten. Het is een grootschalig getijdenlandschap met een grote mate van natuurlijkheid. Het schone water, de schorren en de intergetijdengebieden vormen het leefmilieu voor een rijke flora en fauna. Sinds de deltawerken zijn er een aantal ongewenste veranderingen opgetreden in de Oosterschelde. De oude geulen zijn te ruim in verhouding tot het afgenomen getijvolume. Er is 400-600 miljoen m<sup>3</sup> zand nodig om een nieuw evenwicht te bereiken (zandhonger). Het zandtransport uit de Voordelta wordt belemmerd door de stormvloedkering. Het zand dat tijdens stormen door golven op de platen en slikken erodeert, komt niet meer zoals vroeger tijdens springtij terug op deze ondiepe gebieden. De erosie is dus groter dan de sedimentatie: het areaal droogvallende platen en slikken zal sterk afnemen.

Voor de gebruiksfuncties van het gebied, is in het beleidsplan Oosterschelde een hiërarchie vastgelegd van de functies naar aflopend belang:

1. Ecologie en waterkwaliteit;
2. Beroepsvisserij;
3. Recreatievaart;
4. Oeverrecreatie;
5. Sportvisserij;
6. Beroepsvaart.

---

## 3. Uitgangspunten en randvoorwaarden

---

### 3.1 Inleiding

Het doel van de PKB 'Ruimte voor de Rivier' is om de taakstelling in het rivierengebied, die gelijk is aan het verschil tussen het Hydraulisch Randvoorwaardenboek 1996 en 2001 [9,10], voor 2015 op te lossen. Iedere vijf jaar wordt opnieuw vastgesteld wat de toetspeilen zijn bij een bepaalde normfrequentie op verschillende locaties in het rivierengebied (figuur 3.1). In 2001 is het laatste Hydraulische Randvoorwaardenboek opgeleverd [10] en momenteel wordt er gewerkt aan het Hydraulische Randvoorwaardenboek 2006.

---

**Figuur 3.1**

Veiligheidsnormen  
benedenrivierengebied.



Om het effect van mogelijke maatregelen voor Ruimte voor de Rivier in beeld te brengen, wordt per maatregel bepaald wat de waterstands-daling van die maatregel is onder maatgevende omstandigheden. De maatgevende omstandigheden zijn die omstandigheden, qua rivierafvoer en waterstand op zee, waarbij de waterstand optreedt behorende bij de normfrequentie op die locatie. Deze waterstand wordt de maatgevende hoogwaterstand genoemd, afgekort tot MHW. Per maatregel wordt de MHW-verlaging in beeld gebracht om te bepalen hoeveel effect een maatregel heeft op de taakstelling, zo ook voor de maatregel Volkerak-Zoommeer. Hierbij wordt opgemerkt dat de MHW bij de geldende norm gelijk is aan het toetspeil. In dit document wordt echter niet gesproken over toetspeil, omdat de berekende MHW's niet wettelijk zijn vastgesteld in tegenstelling tot toetspeilen.

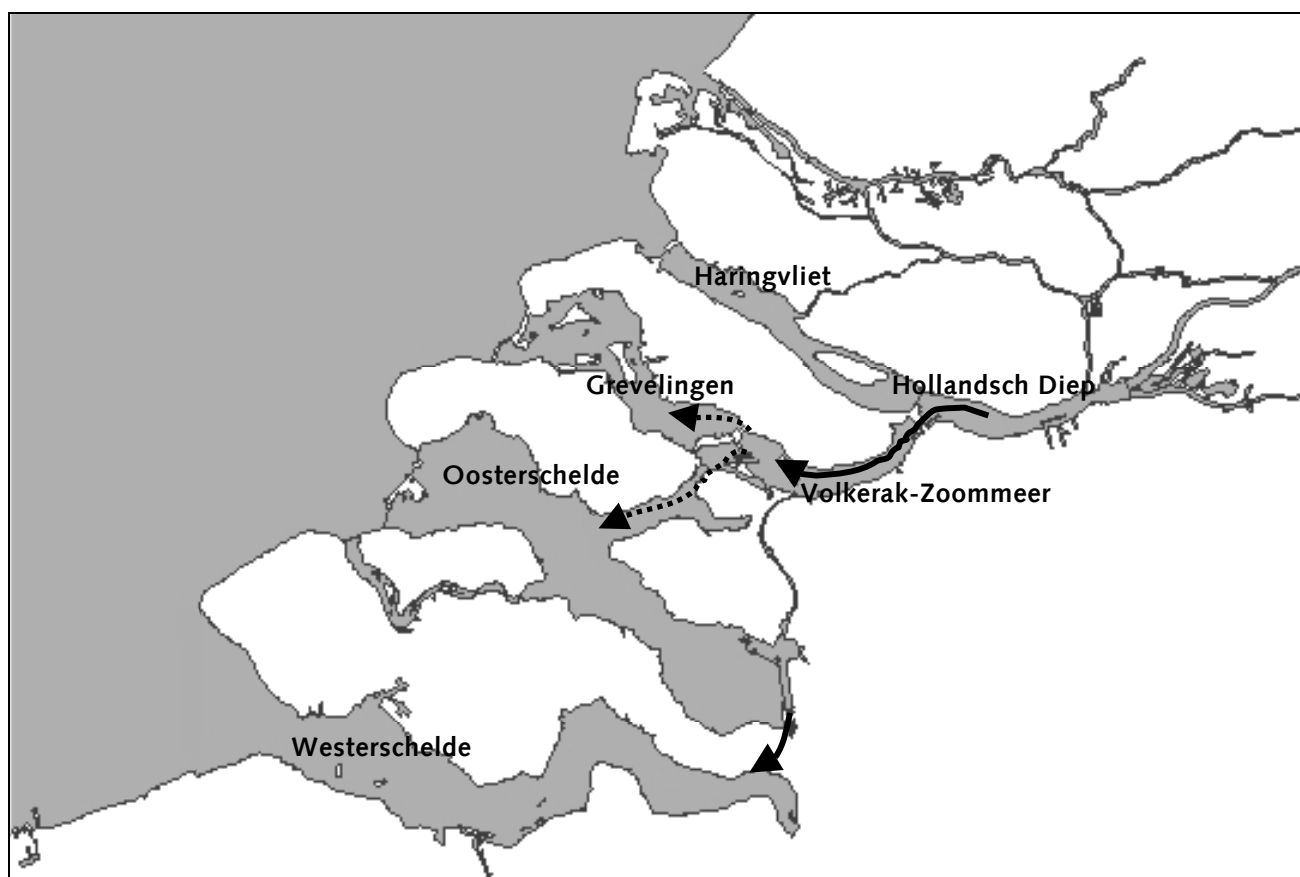
### 3.2 Beschrijving maatregel Volkerak-Zoommeer

De maatregel Volkerak-Zoommeer houdt in dat water vanuit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen naar de Zeeuwse Delta wordt geleid.

Vanaf het Volkerak-Zoommeer wordt het water gespuid in de richting van de Westerschelde via de Bathse spuisluis, richting de Oosterschelde via de Krammersluizen of in de toekomst een ander doorlaatwerk in de Philipsdam. Mogelijk wordt op de lange termijn ook in de richting van de Grevelingen via een nog aan te leggen doorlaatwerk gespuid (figuur 3.2).

**Figuur 3.2**

Maatregel Volkerak-Zoommeer:  
doorvoer water vanuit het Hollandsch  
Diep richting de Zeeuwse Delta.



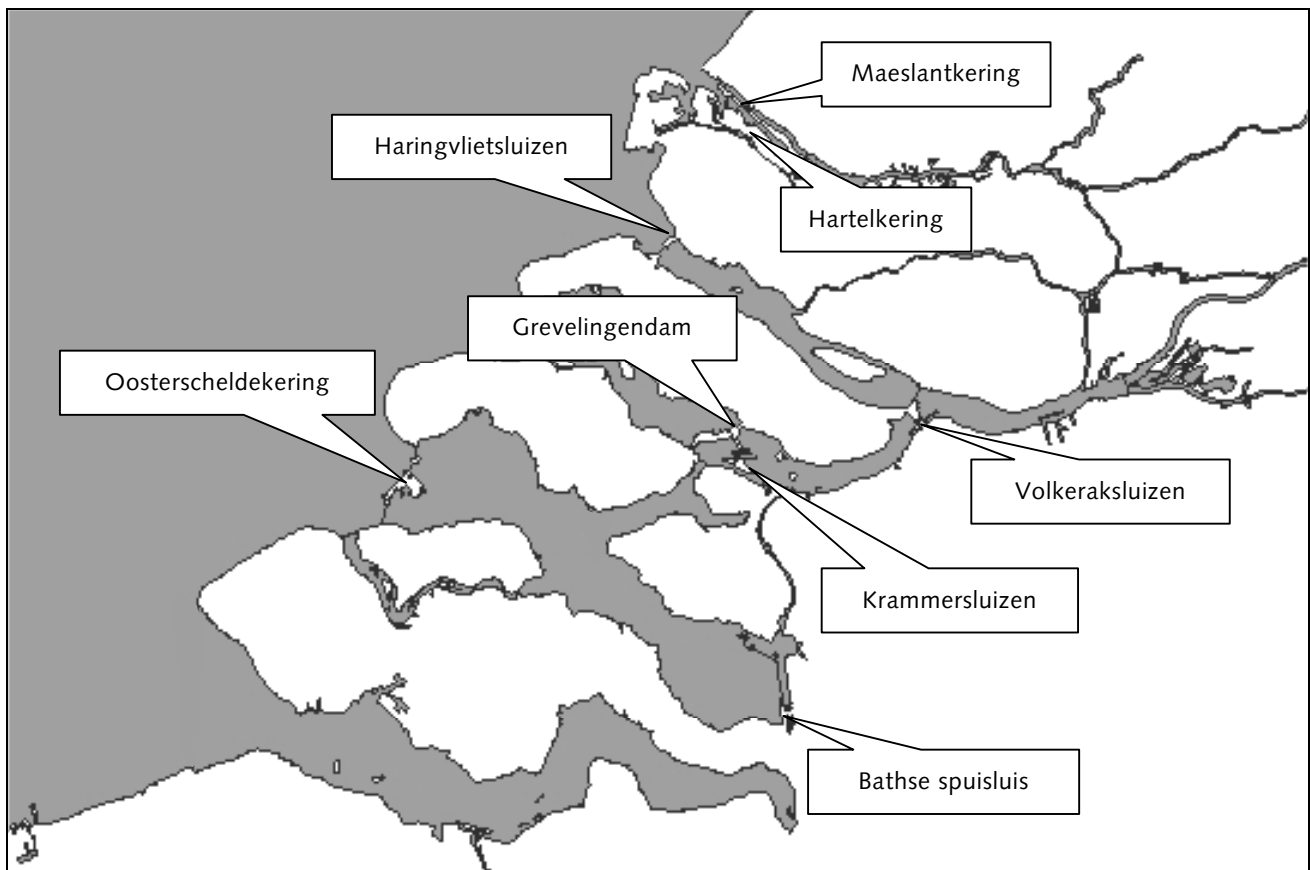
Eventueel kan het water ook weer richting het Hollandsch Diep worden teruggespuid als het in het Hollandsch Diep weer laag water is. Het lozen richting het Hollandsch Diep wordt als scenario meegenomen in deze verdiepingsslag en niet als vaste randvoorwaarde. Reden hiervoor is de onzekerheid of de hefschuiven van de Volkerakspuisluizen bestand zijn tegen het spuien richting het Hollandsch Diep.

De maatregel wordt ingezet wanneer de volgende omstandigheden in het benedenrivierengebied optreden:

- de stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg (Maeslantkering) en in het Hartelkanaal (Hartelkering) zijn gesloten (figuur 3.3);
- het toetspeil bij Rak-Noord (Volkeraksluizen) van NAP +2,60 m is voorspeld. Het toetspeil van NAP +2,60 m is gebaseerd op het Randvoorwaardenboek van 1996, omdat de maatregel de toename van het toetspeil tussen het Randvoorwaardenboek tussen 1996 en 2001 moet compenseren.

**Figuur 3.3**

Locaties doorlaatwerken/ stormvloedkeringen.



Dit betekent dat wanneer NAP +2,60 m bij Rak-Noord is *voorspeld*, de Volkerakspuisluizen worden geopend, zodra de Maeslantkering en de Hartelkering gesloten zijn. De waterstand bij Rak-Noord heeft op dat moment NAP +2,60 m dus nog niet bereikt! Het is belangrijk dat de stormvloedkeringen gesloten zijn zodra de maatregel ingezet wordt, omdat het benedenrivierengebied dan afgesloten is. Door het openzetten van de Volkerakspuisluizen, wordt het volume van het afgesloten benedenrivierengebied vergroot. De reden dat de maatregel ingezet wordt op een voorspelde waterstand en niet op de absolute

---

waterstand van NAP +2,60 m is dat het vergroten van het kombergingsgebied in het laatste geval te laat is. Het benedenrivierengebied is te vergelijken met een grote bak water die op het punt staat te overstromen en die wel nog steeds wordt aangevuld. Als op het punt dat het water over de rand gaat stromen, een klein gaatje in de bak wordt geprikt waaruit water weg kan lopen heeft dit nauwelijks nog effect. Door het gaatje al eerder in de bak te prikken, kan voortijdig water wegstromen en is de waterstand in de grote bak al lager. Er kan dan meer water instromen voordat de bak overstroomt.

### 3.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

#### 3.3.1. Inleiding

In deze verdiepingsslag is uitgegaan van twee varianten:

1. een variant waarbij uit wordt gegaan van de huidige doorlaatwerken (met eventueel minimale aanpassing);
2. een variant waarbij de doorlaatwerken worden aangepast.  
Het betreft hier aanpassing van de volgende doorlaatwerken:
  - a. de Volkeraksluizen;
  - b. een doorlaatwerk in de Philipsdam;
  - c. een doorlaatwerk in de Grevelingendam.

De volgende paragrafen beschrijven de uitgangspunten en randvoorwaarden die gehanteerd zijn in de berekeningen voor variant 1 en variant 2.

#### 3.3.2. Variant 1: "huidige doorlaatwerken"

Variant 1, "huidige doorlaatwerken", heeft als uitgangspunt de doorlaatwerken zoveel mogelijk te handhaven. Het betreft de Volkeraksluizen, de Krammersluizen en de Bathse spuisluis. De afmetingen die gehanteerd zijn in het model voor deze sluizen zijn:

##### 1. Volkerakspuisluisen:

De volgende afmetingen van de Volkerakspuisluisen (figuur 3.3 en 3.4) zijn in het model zijn gehanteerd:

- a) Drempelhoogte: NAP -4,25 m;
- b) De Volkerakspuisluisen bestaan uit vier spuikokers<sup>1</sup> met een totale breedte van 120 m;
- c) Beperking doorstroomhoogte. De slaglengte van de regelschuiwen is 5,75 m. Dat betekent dat de onderkant van de schuif op maximaal NAP +1,50 m ligt. Alleen als de waterstand in het Hollandsch Diep daaronder ligt is er sprake van een vrij verval.

---

<sup>1</sup> In de huidige situatie zijn twee van de vier spuikokers niet meer in gebruik. Het bewegingsmechanisme van deze twee sluizen is niet meer aanwezig. Er wordt aangenomen dat het weer in gebruik nemen van deze spuikokers een ingreep is die voor de korte termijn te realiseren valt.



**Figuur 3.4**

Volkerakspuisluizen.



## 2. *Krammersluizen:*

De Krammersluizen (figuur 3.3) bestaan uit 2 duwvaartsluizen (afmeting van 24 m breed bij 280 m lang en een drempelhoogte van NAP -6,25 m) en twee jachtensluizen. De jachtensluizen bieden slechts beperkte spui mogelijkheden. Er zijn theoretisch twee mogelijkheden om te spuien richting de Oosterschelde: via de wandmoten of met de volledig geopende schutkolken van de duwvaartsluizen. Wanneer gespuid wordt via de wandmoten, worden de schuiven in de wanden van de duwvaartsluizen (wandmoten) open gezet. Vanuit het omliggende bassin (Volkerak-Zoommeer) rondom de sluizen stroomt het water via de wandmoten de duwvaartsluis in. De deuren van de duwvaartsluis staan aan de Oosterschelde-zijde open en het water kan worden afgevoerd. Wanneer het peil op het Volkerak-Zoommeer NAP + 0,50 cm dreigt te overschrijden wordt momenteel al gebruik gemaakt van deze methode. Een andere mogelijkheid om water af te voeren richting de Oosterschelde is de deuren van de duwvaartsluizen open te zetten. Rijkswaterstaat Bouwdienst heeft onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om te spuien via de duwvaartsluizen [Jörissen, 2003]. Het is gebleken dat bij het spuien op deze manier, de deuren van de duwvaartsluizen zullen worden ontworpen, omdat ze slechts onder een zeer beperkt verval kunnen worden gesloten. Er is daarom gekozen om in de berekeningen alleen te spuien via de wandmoten. Uit het onderzoek is tevens gebleken wat het maximale debiet door de Krammersluizen mag zijn om het complex intact te houden. De stortebedden zullen dan wel moeten worden verstevigd [Jörissen, 2002]. Om niet meer dan het maximale debiet door de Krammersluizen te spuien worden niet alle wandmoten ingezet, maar eenderde van het totaal. Dit heeft echter wel tot gevolg dat niet altijd optimaal gebruikgemaakt wordt van het spui middel. Wanneer namelijk het waterstandsverschil tussen het Volkerak-Zoommeer en Oosterschelde klein is (en daarmee ook het debiet), zouden meerdere wandmoten geopend kunnen worden, zonder dat het maximum toelaatbare debiet optreedt. Momenteel is dit modeltechnisch echter niet mogelijk.

De Krammersluizen (figuur 3.5) zijn als volgt in het model gedimensioneerd, waarbij gespuid wordt via de wandmoten:

- a) Drempelhoogte: NAP -1,50 m.
- b) Totale breedte wandmoten: 230 m (dit is circa 1/3 van het totaal aantal wandmoten).
- c) Maximale hefhoogte schuiven: NAP -0,50 m.

**Figuur 3.5**

Overzicht Krammercomplex.



### 3. *Bathsespuisluis:*

De Bathsespuisluis is als volgt in het model gedimensioneerd:

- a) Drempelhoogte: NAP  $-5,00$  m;
- b) Breedte doorlaatmiddel: maximaal 6 kokers à  $2,85$  breed;  
totaal:  $17,10$  m;
- c) Maximale hefhoogte schuiven: NAP  $+ 0,50$  m.

Naast de randvoorwaarden van de sluizen, zijn ook een aantal andere randvoorwaarden gedefinieerd die van belang zijn in de modelberekeningen.

### Waterstanden en lozingen

- Het huidige peil van het Volkerak-Zoommeer varieert tussen NAP  $-0,10$  m en NAP  $+ 0,15$  m (winterpeil). Dit is vastgelegd in het Waterakkoord Volkerak-Zoommeer [6] (Bijlage A en B). Bij de berekeningen wordt uitgegaan van NAP  $+ 0,15$  m;
- Het Volkerak-Zoommeer wordt in natte perioden met naar schatting  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  belast door afwatering uit o.a. West-Brabant. Deze waarde wordt in de berekeningen ook aangehouden. Zodra echter niet meer onder vrij verval geloosd kan worden op het Volkerak-Zoommeer, gaan de keersluizen in de Mark en Dintel en de Steenbergse Vliet dicht en komt er geen water vanuit West-Brabant meer op het Volkerak-Zoommeer. Deze afvoer die voor de Brabantse rivieren is gehanteerd, is overigens wel een piekafvoer;
- De Oosterscheldekering is op een dusdanige manier geconstrueerd dat deze in gesloten situatie nog steeds water doorlaat richting de Oosterschelde. De Oosterscheldekering bestaat uit drie compartimenten met een totaal van 69 schuiven. De zogenaamde lek vindt plaats langs deze schuiven. De totale lekopening die ontstaat langs deze schuiven heeft een oppervlakte van  $1.250 \text{ m}^2$ . In de berekeningen wordt het lekdebiet bepaald aan de hand van het waterstandverschil aan beide zijden van de stormvloedkering;

- 
- De polderlozingen op de Oosterschelde worden op 50 m<sup>3</sup>/s gesteld. Deze waarde is niet zo belangrijk, gezien de veel grotere waarde van het lekdebiet.

#### **Stormvloedkeringen**

- De stormvloedkeringen in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal, sluiten tegelijk. Dit vindt plaats bij een verwachte waterstand in Rotterdam van NAP + 3,00 m en/of in Dordrecht van NAP + 2,90 m. Wanneer aangepast beheer van de stormvloedkeringen wordt gehanteerd, wordt gesloten op een verwachte waterstand bij Rotterdam en/of bij Dordrecht van NAP + 2,50 m. Het sluitcriterium van het aangepast beheer is een aanname overgenomen uit de Spankrachtstudie [3];
- De Oosterscheldekering sluit op laag water vóór de storm (rond NAP). In het scenario waarbij gewijzigd beheer van de Oosterscheldekering wordt gehanteerd wordt gesloten op laag water één getijde voor de storm;
- De Haringvlietsluizen (figuur 3.6) sluiten volgens huidig beheer, waarbij de sluizen worden gesloten zodra de waterstand op zee hoger wordt dan op het Haringvliet.

.....

**Figuur 3.6**

Haringvlietsluizen.



#### **3.3.3. Variant 2: “aanpassing doorlaatwerken”**

Bij de variant “aanpassing doorlaatwerken” worden de Volkeraksluizen en de Krammersluizen vergroot en een doorlaatmiddel aangelegd in de Grevelingendam. Door het vergroten van de Volkeraksluizen kan er meer water vanuit het benedenrivierengebied richting de Zeeuwse Delta worden geleid. Door het vergroten van de Krammersluizen en het aanleggen van een doorlaatwerk in de Grevelingendam, kan ook gebruikgemaakt worden van de bergingscapaciteit van de Oosterschelde en de Grevelingen. Aangezien deze variant grote infrastructurele aanpassingen vereist, wordt verwacht dat deze niet voor 2015 uitgevoerd kunnen worden. Met deze variant worden daarom alleen lange termijn

---

berekeningen uitgevoerd. Tevens is geen onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van het vergroten of aanleggen van deze doorlaatwerken. De afmetingen van deze doorlaatwerken zoals die gehanteerd zijn in het model zijn:

*1. Volkeraksluizen:*

De afmetingen van de doorlaatwerken zijn gebaseerd op de afmetingen zoals die in de Spankrachtstudie [3] zijn gebruikt.

De Volkerakspuisluizen worden vergroot, door naast de spuisluizen ook de schutsluizen in te zetten. De Volkeraksluizen zijn in het model als volgt gedimensioneerd:

- a) Drempelhoogte: NAP –4,25 m.
- b) De totale breedte van de sluizen is 200 m (dit zijn vier spuikokers met een totale breedte van 120 m en drie scheepvaartsluizen met een totale breedte van 80 m).
- c) Geen beperking van de doorstroomhoogte. Dit betekent dat een aanpassing van de spuisluizen noodzakelijk is.

*2. Doorlaatmiddel Philipsdam*

Op de locatie van de Krammersluizen komt een nieuw doorlaatmiddel. Uit de Spankrachtstudie [3] is gebleken dat onderstaande afmeting van het nieuwe doorlaatwerk groot genoeg is om het inkomende water op het Volkerak-Zoommeer direct af te kunnen voeren. Het is niet onderzocht of deze afmeting optimaal is. Het doorlaatwerk is als volgt in het model gedimensioneerd:

- a) Drempelhoogte: NAP –4,00 m.
- b) Breedte doorlaatmiddel: 500 m.
- c) Geen beperking van de doorstroomhoogte.

*3. Doorlaatmiddel Grevelingendam*

In de Grevelingendam komt tussen het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen een doorlaatwerk. Ook hier zijn dezelfde afmetingen aangehouden zoals die in de Spankrachtstudie [3] zijn gehanteerd. Ook hierbij is geen optimalisatieslag uitgevoerd naar de afmeting van het doorlaatwerk. Het doorlaat middel in de Grevelingendam is als volgt in het model gedimensioneerd:

- a) Drempelhoogte: NAP –4.00 m.
- b) Breedte doorlaatmiddel: 300 m. Deze afmeting is gebaseerd op de breedte van de doorlaatwerken richting Oosterschelde (500 m) en de oppervlakte verhouding Grevelingen: Oosterschelde = 2:3 [3].
- c) Geen beperking van de doorstroomhoogte.

Naast de randvoorwaarden van de doorlaatwerken, zijn ook een aantal andere randvoorwaarden gedefinieerd die van belang zijn in de berekeningen.

**Waterstanden en lozingen**

- Het beginpeil van het Volkerak-Zoommeer voor de korte termijn is NAP + 0,15 m. Voor de lange termijn wordt gerekend met de maximaal toelaatbare waterstand van NAP +0,50 m die op het Volkerak-Zoommeer mag optreden volgens het Traktaat met België [11].

- 
- Het Volkerak-Zoommeer wordt in natte perioden naar schatting belast met een piekafvoer van 200 m<sup>3</sup>/s door afwatering uit o.a. West-Brabant. Deze waarde wordt in de berekeningen ook aangehouden. Het model is zo afgesteld dat wanneer niet meer onder vrij verval geloosd kan worden op het Volkerak-Zoommeer, de keersluizen in de Mark en Dintel dicht gaan en er geen water vanuit West-Brabant meer in het Volkerak-Zoommeer kan stromen.
  - Het beheerspeil op de Grevelingen is NAP –0,20 m [8]. Het peil varieert in werkelijkheid als gevolg van het getij tussen NAP – 0,10 m en NAP – 0,30 m. Dit peil is ook onder stormomstandigheden haalbaar. Voor de lange termijn wordt een hoger beginpeil genomen, omdat de Grevelingen in gedeeltelijk open verbinding staat met de zee en beïnvloed zal worden door de zeespiegelstijging. Bij een zeespiegelstijging van 0,60 m wordt als beginpeil van de Grevelingen NAP + 0,45 m gehanteerd. Deze aanname geldt bij huidig beheer. Door aangepast beheer van de spuwmiddelen in de Brouwersdam zou het mogelijk zijn een lager peil op de Grevelingen te realiseren. Dit is niet verder onderzocht in deze verdiepingsslag.
  - De polderlozingen op de Oosterschelde worden op 50 m<sup>3</sup>/s gesteld. Deze waarde is niet zo belangrijk, gezien de veel grotere waarde van het lekdebet.
  - Voor het totale lozingsdebet uit poldergemalen op de Grevelingen wordt 11 m<sup>3</sup>/s aangehouden.

### **Stormvloedkeringen**

De randvoorwaarden voor de stormvloedkering voor variant 2 zijn gelijk aan variant 1.

Tabel 3.1 geeft een kort overzicht van de randvoorwaarden zoals die zijn gehanteerd voor variant 1 en 2.

**Tabel 3.1**

Overzicht randvoorwaarden berekeningen.

Randvoorwaarden	Variant huidige doorlaatwerken	Variant aanpassing doorlaatwerken
Breedte Volkerak-sluizen	120 m (spuisluizen)	200 m (totale breedte)
Krammersluizen	Krammersluizen, wandmoten: 230 m breed	Nieuw doorlaatmiddel: 500 m breed
Doorlaat Grevelingendam	Geen doorlaatwerk	300 m breed
Waterpeil Volkerak-Zoommeer	NAP + 0,15 m	NAP + 0,50 m
Zijdelingse toevoer Volkerak-Zoommeer	200 m <sup>3</sup> /s	200 m <sup>3</sup> /s
Polderlozingen op Oosterschelde	50 m <sup>3</sup> /s	50 m <sup>3</sup> /s
Lekdebiet Oosterscheldekering	Wordt berekend a.h.v. waterstandsverschil binnen en buiten de Oosterscheldekering	
Waterpeil Grevelingen	NAP - 0,20 m	NAP + 0,45 m
Polderlozingen Grevelingen	n.v.t.	11 m <sup>3</sup> /s
Sluiting Nieuwe Waterweg	1. Sluitcriterium R'dam: NAP + 3,00 m Dordt: NAP + 2,90 m 2. Sluitcriterium R'dam en Dordt: NAP +2,50 m	
Sluiten Oosterscheldekering	1. sluiten op laag water vóór de storm (NAP) 2. op laag water 1 getij voor de storm	
Sluiten Haringvlietsluizen	Huidig beheer	

## 3.4 Scenario's modelberekeningen

### 3.4.1. Inleiding

Op basis van de uitgangspunten en randvoorwaarden zijn verschillende scenario's van de maatregel Volkerak-Zoommeer gedefinieerd waarvoor de MHW wordt berekend. De scenario's zijn onderverdeeld naar de twee varianten, verschillende hydraulische randvoorwaarden (zeespiegel en rivierafvoer) en verschillende sluitstrategieën van de stormvloedkeringen.

### 3.4.2. Rivierafvoer en zeespiegelstijging

De berekeningen worden uitgevoerd voor de korte termijn (tot 2015) en de lange termijn (na 2015). De lange termijn geeft de verwachting weer tot 2050/2100. Het is echter mogelijk dat dit eerder zou kunnen optreden naarmate het klimaat zich ongunstig ontwikkelt of juist later wanneer het klimaat zich minder snel ontwikkelt. Tabel 3.2 geeft aan van welke maatgevende afvoeren en zeespiegelstijging wordt uitgegaan in de berekeningen. De afvoeren voor de Rijn en Maas zijn de afvoeren met een afvoerstatistiek van 1/1.250 jaar. In de berekeningen wordt gebruikgemaakt van de bijbehorende afvoerstatistiek.

**Tabel 3.2**

Randvoorwaarden hydraulische berekeningen.

	Rijn (Lobith)	Maas (Borgharen)	Zeespiegelstijging
Korte termijn	16.000 m <sup>3</sup> /s	3.800 m <sup>3</sup> /s	+ 5 cm
Lange termijn	18.000 m <sup>3</sup> /s	4.600 m <sup>3</sup> /s	+ 60 cm

### 3.4.3. Scenario's variant 1: "huidige doorlaatwerken" (HD)

In tabel 3.3 staat weergegeven welke scenario's zijn doorgerekend met behoud van de huidige doorlaatwerken in de Zeeuwse Delta. Scenario's HDK-1 (korte termijn) en HDL-1 (lange termijn) bevatten de randvoorwaarden zoals die in tabel 3.1 staan weergegeven voor de variant huidige doorlaatwerken. Voor HDK-1 geldt dat uitgegaan wordt van de korte termijn randvoorwaarden wat betreft rivierafvoer voor de Rijn en Maas en zeespiegelstijging (tabel 3.2). Voor HDL-1 worden hiervoor de randvoorwaarden voor de lange termijn gehanteerd. Voor beide scenario's worden de Maeslantkering en Hartelkering gesloten op kentering bij een voorspelde waterstand van NAP +3,00 m bij Rotterdam en/of NAP +2,90 m bij Dordrecht. De Oosterscheldekering wordt gesloten op NAP bij een verwachte waterstand van NAP +3,00 m bij Roombot Buiten.

Scenario's HDK-2,3 en 4 hebben als basis scenario HDK-1, maar hierbij is steeds één randvoorwaarde aangepast. Bij scenario HDK-2 is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om water terug te spuien richting het Hollandsch Diep. Uit een korte verkenning [12] is gebleken dat de hefschuiven van de Volkerakspuisluizen eventueel aangepast moeten wor-

den, voordat terugspuien naar het Hollandsch Diep mogelijk is. De vormgeving van de schuiven is namelijk ontworpen dat tijdens de reguliere functie van de inlaatsluis trillingsproblemen worden voorkomen. Voor het terugspuien is de vormgeving daardoor juist ongunstig en kunnen de schuiven gaan trillen. Het trillingsrisico speelt alleen een rol gedurende de eerste tijdsperiode van het terugspuien, wanneer de schuiven in het water hangen (maximale hefhoogte van de schuif is NAP +1,5 m). Een mogelijk gevolg van het in resonantie raken van een schuif is het falen van het bewegingswerk, waardoor het bewegingswerk en de schuif beschadigd kunnen raken. Het is nog onduidelijk of het trillen nog verdere gevolgen heeft, zoals het bezwijken van de civiele onderdelen van het kunstwerk of het losbreken van de schuif. Hiervoor is een nadere analyse met schaalmodellen noodzakelijk. Tenslotte wordt opgemerkt dat het falen van een schuif niet tot een onbeheersbare situatie hoeft te leiden. Allereerst omdat de spuisluizen zijn uitgevoerd met een dubbele set schuiven, waardoor de kans klein is dat beide schuiven falen. Ten tweede omdat de peilbeheersing zoals in de huidige situatie kan worden uitgevoerd met twee operationele sets schuiven.

Door de onzekerheid die kleef aan de trillingsrisico's, is daarom het terugspuien naar het Hollandsch Diep als apart scenario meegenomen in deze verdiepingsslag.

Bij HDK-3 is gekozen voor een ander sluitcriterium van de Maeslantkering en Hartelkering, te weten NAP +2,50 m bij Rotterdam en Dordrecht (in plaats van NAP +3,00 m bij Rotterdam en/of NAP +2,90 m Dordrecht). Bij HDK-4 is de Oosterscheldekering één getij eerder gesloten op laag water. De randvoorwaarden die veranderd zijn staan ook aangeduid in tabel 3.3.

**Tabel 3.3**

Scenario's variant 1: "huidige doorlaatwerken".

**Variant 1 huidige doorlaatwerken (HD):**

Code	Scenario
HDK-1	<i>Randvoorwaarden variant huidige doorlaatwerken (tabel 3.1), met korte termijn randvoorwaarden (tabel 3.2)</i>
HDK-2	<i>HDK-1, maar terugspuien via de Volkerakspuisluizen</i>
HDK-3	<i>HDK-1, maar ander sluitcriterium Maeslantkering en Hartelkering: sluiten op voorspelde waterstand van NAP +2,50 m Rotterdam en Dordrecht</i>
HDK-4	<i>HDK-1, maar ander beheer Oosterscheldekering: 1 getij voor de storm op laag water sluiten</i>
HDL-1	<i>Randvoorwaarden variant huidige doorlaatwerken (zie tabel 3.1), met lange termijn randvoorwaarden (tabel 3.2)</i>

**3.4.4. Scenario's variant 2: "aanpassing doorlaatwerken" (AD)**

Zoals reeds in § 3.3 is genoemd, wordt aangenomen dat grote infrastructuurle aanpassingen niet haalbaar zijn voor de korte termijn (tot 2015). Bij de variant aanpassing doorlaatwerken wordt daarom alleen gerekend met de lange termijn randvoorwaarden voor rivierafvoer en zeespiegelstijging (tabel 3.2).

Voor deze variant zijn de scenario's in te delen in drie hoofdgroepen:



- Doorvoer alleen richting de Oosterschelde;
- Doorvoer alleen richting de Grevelingen;
- Doorvoer zowel richting de Grevelingen als Oosterschelde.

Voor het scenario waarbij alleen richting de Oosterschelde water wordt doorgevoerd zijn ook nog twee randvoorwaarden veranderd. ADL1-a is doorvoer richting de Oosterschelde bij huidig beheer van de Maeslantkering en Hartelkering. Bij ADL-1b is gekozen voor een ander sluitcriterium van de Maeslantkering en Hartelkering, te weten NAP + 2,50 m bij Rotterdam en Dordrecht (in plaats van NAP + 3,00 m bij Rotterdam en/of NAP + 2,90 Dordrecht.). Bij ADL-1c is de Oosterscheldekering één getij eerder gesloten op laag water. Tabel 3.4 geeft de scenario's weer.

**Tabel 3.4**

Scenario's variant 2: "aanpassing doorlaatwerken".

**Variant 2 aanpassing doorlaatwerken (randvoorwaarden tabel 3.1)**

ADL-1a	<i>Doorvoer richting Oosterschelde</i>
ADL-1b	<i>ADL-1a, maar ander sluitcriterium Maeslantkering en Hartelkering: sluiten op voorspelde waterstand van NAP +2,50 m Rotterdam en Dordrecht</i>
ADL-1c	<i>ADL-1a, maar ander beheer Oosterscheldekering: 1 getij voor de storm op laag water sluiten</i>
ADL -2	<i>Doorvoer alleen richting Grevelingen</i>
ADL -3	<i>Doorvoer richting Grevelingen en Oosterschelde</i>



---

## 4. Modelberekeningen: methode

---

### 4.1 Inleiding

De MHW-berekeningen zijn uitgevoerd met het 1D 'PKB-model', dat is gebaseerd op het SOBEK-“Koppenmodel”. Het model loopt vanaf de IJsselkop respectievelijk de Pannerdensch Kop en vanaf Lith tot aan de uitstroming van de Nieuwe Waterweg en het Zeegat van Goeree achter de Haringvlietsluizen. Met behulp van dit model wordt voor Ruimte voor de Rivier van alle maatregelen in de PKB de MHW-daling berekend.

### 4.2 Uitbreiden modelschematisatie

Het PKB-model bevat nog geen schematisatie van de Zeeuwse Delta. Deze is toegevoegd door de bestaande ZWENDL-schematisatie van de Zeeuwse Delta [13] om te zetten naar een SOBEK-schematisatie. Dit heeft geleid tot een SOBEK-Delta-model.

Aan het PKB-model zijn de volgende elementen toegevoegd:

- een kunstwerk ter plaatse van de Volkeraksluizen;
- een tak die het Volkerak-Zoommeer voorstelt, met de karakteristieken afgeleid uit de ZWENDL-schematisatie;
- een tak die de Oosterschelde en een tak die Grevelingen voorstelt, met de karakteristieken afgeleid uit de ZWENDL-schematisatie;
- een kunstwerk in de Philipsdam (tussen het Volkerak en de Oosterschelde);
- een kunstwerk in de Grevelingendam;
- een kunstwerk tussen het Schelde-Rijnkanaal en de Westerschelde (de Bathse spuisluis);
- laterale debieten voor de instroming vanuit Brabant, de lozingen op de Oosterschelde en Grevelingen vanuit de polders en het lekdebiet door de Oosterscheldekering.

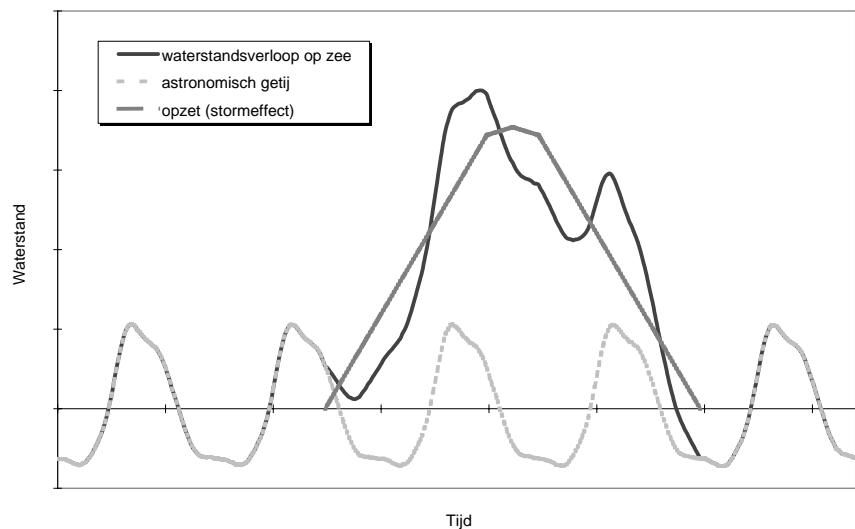
Figuur 3.3 geeft de locaties weer van de verschillende kunstwerken.

### 4.3 Kwantitatieve analyse MHW-effecten

De maatgevende hoogwaterstanden (MHW) in het benedenrivierengebied wordt bepaald uit een combinatie van zeestanden en rivierafvoeren. Voor de rivierafvoeren wordt uitgegaan van constante afvoerniveaus variërend van 600 m<sup>3</sup>/s tot circa 20.000 m<sup>3</sup>/s. De stormvloed wordt bepaald door drie parameters: maximale stormopzet (Hs), duur van de stormopzet (Ts) en het tijdsverschil of faseverschil (Fs) tussen het astronomisch hoogwater en de maximale stormopzet. Voor de stormduur wordt 29 uur gebruikt, waarbinnen de waterstand eerst stijgt, daarna ongeveer constant blijft om vervolgens weer te dalen. Het verloop is trapeziumvormig, zie figuur 4.1. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de waarden die voor de stormvloedparameters zijn gehanteerd. Voor alle scenario's zijn deze gelijk gehouden. De opzetten zijn zo gekozen dat deze leiden tot waterstanden bij Maasmond variërend van circa 1 tot 6 m boven NAP [2].

**Figuur 4.1**

Resulterende waterstand op zee (Maasmond) is een combinatie van het effect van storm(opzet) bovenop het standaard getijverloop [2].



**Tabel 4.1**

Overzicht waarden stormvloedparameters.

Parameter	
Hs: maximale stormopzet (m)	0,00 1,29 2,47 3,54 4,57 5,59
Fs: fase astronomisch HW en maximale opzet (h)	-4,50
Ts: stormopzetduur (h)	29

In de berekeningen worden in totaal 9 situaties voor de afvoer van Rijn en Maas gecombineerd met de 6 verschillende stormen zoals in tabel 4.2 is aangegeven. Deze waarden gelden voor het jaar 2000. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de zeespiegelstijging en/of verhoogde rivierafvoer. Deze worden uiteraard wel aangepast als voor de lange termijn wordt gerekend.

**Tabel 4.2**

Hoogte 6 verschillende stormen bij Maasmond en 9 verschillende afvoerniveaus bij Lobith.

Waterstanden Maasmond (m + NAP)	Afvoer Rijn (Lobith) (m <sup>3</sup> /s)
1,07	600
2,00	2000
3,00	4000
4,00	6000
5,00	8000
6,00	10.000
	13.000
	16.500
	19.700

De frequentielijnen van de zeewaterstanden zijn lineair opgeschaald vanuit de referentiesituatie in 2000. Voor de modelberekeningen betekent dit dat bij een zeespiegelstijging van 60 cm voor de lange termijn, de frequentie van een zeewaterstand van NAP +1,60 m in 2100 gelijk is aan de frequentie van de zeewaterstand van NAP +1,00 m in 2000.

Naast de combinaties tussen zeestand en rivierafvoer worden ook twee verschillende situaties voor de Maeslantkering en Hartelkering meegenomen in de berekeningen, namelijk sluiten en niet sluiten. In de situatie waarbij stormvloedkeringen moeten functioneren om waterstanden in het achterliggende gebied te beheersen, zijn namelijk faalbronnen aanwezig die de veiligheid in het benedenrivierengebied kunnen bedreigen. Bij het bepalen van het MWH wordt rekening gehouden met de kans dat deze stormvloedkeringen falen. De kans die hiervoor wordt gehanteerd is 1/1.000 per gebeurtenis.

In totaal worden er 108 berekeningen uitgevoerd: 6 zeestanden, 9 rivierafvoeren en 2 situaties voor de Maeslantkering en Hartelkering. Uit de resultaten van deze berekeningen volgt via een probabilistische methode [14] de MWH op van tevoren gedefinieerde locaties in het benedenrivierengebied. Daarbij wordt rekening gehouden met de kans van optreden van de omstandigheden in elk van de 108 berekeningen, afhankelijk van de frequentieverdeling van de rivierafvoer, de frequentieverdeling van de zeestand, de sluitstrategie en de faalkans van de Maeslantkering en de Hartelkering [2].

---

Voor de korte termijnberekeningen zijn de frequentielijnen van de negen afvoerniveaus gebruikt die voor het Hydraulisch Randvoorwaardenboek 2001 zijn opgesteld [10]. Voor de lange termijnberekeningen zijn de frequentielijnen gebruikt, zoals die in de Spankrachtstudie zijn opgesteld.

## **4.4 Frequentie inzet maatregel**

### **4.4.1. Inleiding**

De maatregel zal ingezet worden als de Maeslantkering en Hartelkering zijn gesloten en bij Rak-Noord (Volkeraksluizen) de waterstand van NAP +2,60 m voorspeld wordt. Deze waterstand is het toetspeil bij Rak-Noord met een normfrequentie van 1/2000 jaar volgens het Hydraulische Randvoorwaardenboek 1996 [9]. De maatregel wordt echter ingezet op een *voorspelde* waterstand, wat betekent dat de onnauwkeurigheid van de voorspelling ook meegenomen moet worden in de frequentiebepaling. In deze fase van het onderzoek is geen beheersstrategie uitgewerkt voor de inzet van de volkerakspuisluizen. Om de gevolgen van een voorspelde waterstand in beeld te brengen is daarom naar het beheer van de Maeslantkering en Hartelkering gekeken, die ook op een voorspelde waterstand worden bestuurd.

### **4.4.2. Voorspelling waterstand Hoek van Holland**

Zoals eerder gezegd, worden de Maeslantkering en Hartelkering gesloten wanneer de waterstand bij Rotterdam van NAP +3,00 m of bij Dordrecht van NAP +2,90 m is voorspeld. Deze waterstanden worden voorspeld op basis van de waterstandsvoorspelling bij Hoek van Holland. De kans dat de keringen moeten sluiten wordt bepaald door de trefzekerheid van de voorspelling te simuleren door middel van een normale verdeling (zie ook figuur C.1, bijlage C). De gemiddelde afwijking tussen de voorspelde en opgetreden waterstand voor Hoek van Holland is 0,09 m. Voor deze waarde wordt daarom gecorrigeerd. Aangenomen wordt dat de onzekerheid in de waterstandsvoorspelling bij Rak-Noord alleen wordt bepaald door de onzekerheid in de waterstandsvoorspelling bij Hoek van Holland en niet door de onzekerheid in de rivierafvoer. Immers, de afvoer van de Rijn en de Maas worden bovenstrooms daadwerkelijk gemeten. Bij het voorspellen van de waterstanden voor de Maeslantkering en Hartelkering wordt deze aanname ook gedaan.

De waterstandsverandering bij Hoek van Holland werkt niet één op één door op de waterstand bij Rak-Noord. Een waterstandsverhoging van 1,0 m bij Hoek van Holland, levert een gemiddelde waterstandsverhoging bij Rak-Noord van ongeveer 0,50 m. Hierbij is uitgegaan van de situatie waarbij de Maeslantkering en Hartelkering al zijn gesloten, omdat in die omstandigheid de maatregel ingezet zal worden. Een gemiddelde afwijking in waterstandsvoorspelling voor Hoek van Holland van 0,09 m, resulteert in een afwijking in de waterstandsvoorspelling bij Rak-Noord van ongeveer 0,05 m. Om deze

---

systematische overschatting van de waterstand mee te nemen bij het bepalen van de overschrijdingsfrequentie van de waterstand bij Rak-Noord, wordt een waterstand van NAP +2,55 m aangehouden in plaats van NAP +2,60 m.

#### **4.4.3. Frequentiebepaling**

De toetspeilen in het HR 2001 zijn berekend met het statistische programma Hydra-B [15]. Dit programma berekent op vooraf gedefinieerde locaties met welke frequentie bepaalde waterstanden worden overschreden. Hieruit zijn zogenaamde overschrijdingsfrequentielijnen berekend, waaruit de frequentie waarmee bepaalde waterstanden worden overschreden (of omgekeerd) kan worden afgelezen. Met behulp van deze lijn kan worden bepaald hoe vaak de waterstand van NAP +2,55 m zal worden overschreden en daarmee hoe vaak de maatregel Volkerak-Zoommeer ingezet zal moeten worden.

Met Hydra-B [15] is het nog niet mogelijk om voor de lange termijn de overschrijdingsfrequentielijnen te bepalen. Deze lijnen zijn al wel eerder berekend in de Integrale Verkenning Benedenrivieren (IVB) [2]. De frequentielijn uit IVB wordt daarom gebruikt om voor de lange termijn de overschrijdingsfrequentie te bepalen. De methode die in IVB gebruikt werd, is de Deltamethode. Het blijkt dat op de tak Waal – Nieuwe Merwede – Haringvlietsluizen de Deltamethode voor toetspeilberekeningen goede resultaten geeft benedenstrooms van Hollandsch Diep kmr 980 [16]. De locatie waarop de overschrijdingsfrequentielijnen worden berekend in deze verdiepingsslag (Rak-Noord) valt in dit gebied.

### **4.5 Overschrijdingsfrequentie waterstanden Volkerak-Zoommeer**

#### **4.5.1. Inleiding**

Wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer wordt ingezet, heeft dit gevolgen voor de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer. Met name op het Volkerak-Zoommeer is het belangrijk om te weten wat de gevolgen zijn van het vaker optreden van hoge waterstanden. De West-Brabantse rivieren zijn namelijk ingericht op een bepaalde kans van optreden van verhoogde waterstanden. Wanneer de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer hoger worden als gevolg van de maatregel, zouden er ook maatregelen getroffen moeten worden in het systeem van de West-Brabantse rivieren om daar het beschermingsniveau te handhaven. Een veranderend waterpeil op het Volkerak-Zoommeer heeft overigens ook gevolgen voor de gemalen van de omliggende polders. Deze zouden mogelijk niet meer over voldoende capaciteit beschikken om nog te kunnen lozen op het Volkerak-Zoommeer. Om te bepalen hoe vaak de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer op zullen treden, kunnen overschrijdingsfrequentielijnen worden ge-

---

maakt. Momenteel is het nog niet mogelijk om deze overschrijdingsfrequentielijn met Hydra-B te vervaardigen, zoals voor het HR 2001 is gedaan. Dit komt omdat de juiste statistische verwerkingsmethode nog niet beschikbaar is. Bij het bepalen van kans van optreden van waterstanden op het Volkerak-Zoommeer als gevolg van de maatregel, moet aan de statistische verwerkingsmethode extra variabelen worden toegevoegd, namelijk het wel of niet falen van de Volkeraksluizen en de nauwkeurigheid van de waterstandsvoorspelling van NAP +2,60 m. Om de nieuwe overschrijdingsfrequenties op het Volkerak-Zoommeer te bepalen is daarom een andere methode gebruikt dan Hydra-B. Deze wordt hieronder verder besproken.

#### **4.5.2. Methode**

Om de overschrijdingsfrequenties van waterstanden te bepalen op het Volkerak-Zoommeer wordt gebruik gemaakt van de methode om maatgevend hoogwaterstanden te bepalen in het benedenrivierengebied toen de Maeslantkering en Hartelkering nog apart aangestuurd werden. Sinds 1998 wordt de Maeslantkering en Hartelkering op dezelfde manier aangestuurd. Doordat de Maeslantkering en Hartelkering nu één besturingssysteem hebben, is het mogelijk om in de oude methode de Maeslantkering en Hartelkering samen te voegen en de Volkeraksluizen als kering toe te voegen. Op deze manier worden bij het bepalen van de overschrijdingsfrequenties van waterstanden op het Volkerak-Zoommeer zowel de faalkans van deze stormvloedkeringen en die van de Volkeraksluizen meegenomen als de nauwkeurigheid van de waterstandsvoorspellingen. De grootte van de faalkans is bekend voor de Maeslantkering en Hartelkering. De faalkans wordt voornamelijk bepaald door de nauwkeurigheid in de waterstandsvoorspelling.

Aangezien de methode voor de waterstandsvoorspelling voor de Volkeraksluizen gelijk gesteld wordt aan die van de Maeslantkering en Hartelkering, wordt voor de faalkans van de Volkeraksluizen ook 1/1.000 per gebeurtenis gehanteerd. Een uitgebreidere beschrijving van de methode wordt gegeven in bijlage C.



## 5.Resultaten van de modelberekeningen

### 5.1 Analyse MHW-berekeningen

#### 5.1.1. MHW-effect variant 1: "huidige doorlaatwerken"

Voor de variant huidige doorlaatwerken is in tabel 5.1 de MHW-verlaging weergegeven voor de verschillende scenario's op een aantal locaties in het benedenrivierengebied. Dit zijn Rotterdam, Dordrecht, Middelharnis, Gorinchem en Geertruidenberg (figuur 5.1). In bijlage D wordt een overzicht gegeven van de MHW-daling van meerdere locaties in het benedenrivierengebied.

**Tabel 5.1**

MHW-verlaging variant 1: "huidige doorlaatwerken".

		Taakstelling [m] (negatief is geen taakstelling)	HDK-1&2 Invloed op MHW [m]	HDK-3 Invloed op MHW [m]	HDK-4 Invloed op MHW [m]	HDL-1 Invloed op MHW [m]
Nieuwe Maas	Rotterdam	- 0,12	- 0,01	- 0,34	- 0,01	- 0,04
Oude Maas	Dordrecht	0,02	- 0,04	- 0,21	- 0,04	- 0,12
Hollandsch Diep	Middelharnis	0,10	- 0,17	- 0,19	- 0,19	- 0,23
Nieuwe Merwede	Gorinchem	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Maas	Geertruidenberg	0,18	- 0,10	- 0,13	- 0,10	- 0,13

HDK-1: Randvoorwaarden variant huidige doorlaatwerken (tabel 3.1), met korte termijn randvoorwaarden (tabel 3.2).

HDK-2: HDK-1 en terugspuien via de Volkerakspuisluizen.

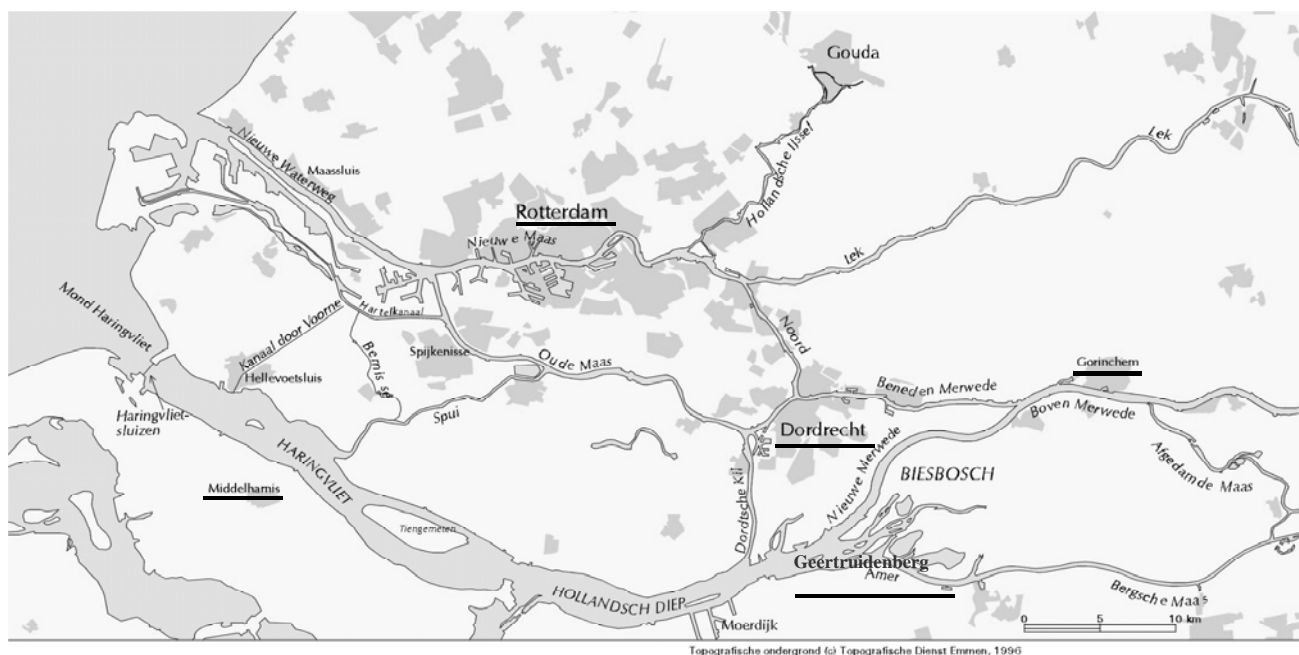
HDK-3: HDK-1 en ander sluitcriterium Maeslantkering en Hartelkering: sluiten op voorspelde waterstand van NAP +2,50 m.

HDK-4: HDK-1 en ander beheer Oosterscheldekering: 1 getij voor de storm op laag water sluiten.

HDL-1: Randvoorwaarden variant huidige doorlaatwerken (zie tabel 3.1), met lange termijn randvoorwaarden (tabel 3.2).

### Figuur 5.1

Overzichtskaart benedenrivierengebied waarin de locaties zijn onderstreept van tabel 5.1 en 5.2.



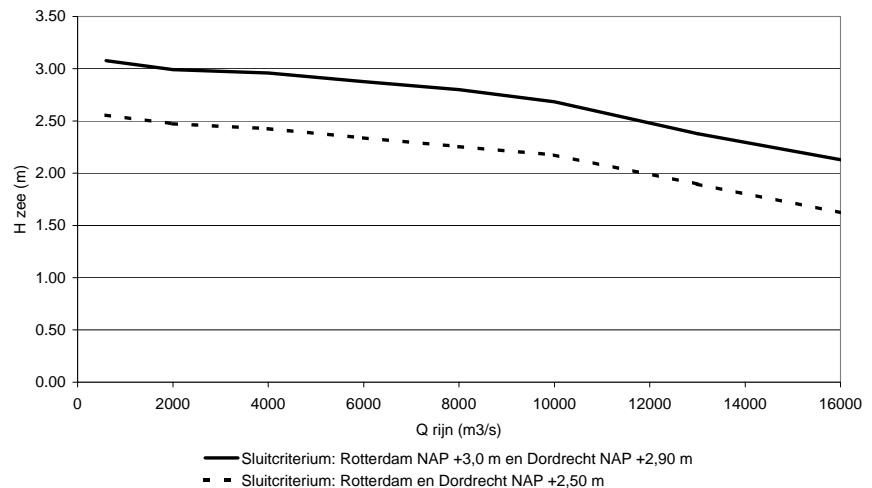
De scenario's HDK-1 en 2 hebben dezelfde MHW-verlaging. Dit komt omdat het verschil tussen beide scenario's alleen gevolgen heeft op de duur van het leegspuien van het Volkerak-Zoommeer, dat ná het hoogwater plaatsvindt. Dit heeft daarom geen invloed op de MHW, maar is wel belangrijk voor de waterhuishouding rondom het Volkerak-Zoommeer, met name voor de afwatering van West-Brabant.

Het gewijzigd beheer van de Maeslantkering en de Hartelkering naar het sluitcriterium van NAP +2,50 m heeft een sterk effect op de MHW. Doordat de stormvloedkeringen als gevolg van een lager sluitcriterium vaker sluiten, zijn de waterstanden in het benedenrivierengebied ook vaker lager, waardoor de MHW omlaag gaat. Het betekent overigens niet dat de keringen ook eerder in de tijd sluiten. Wanneer de Bovenrijnafvoer hoger is dan 6.000 m<sup>3</sup>/s en het sluitcriterium wordt bereikt, sluiten de stormvloedkeringen op kentering.

Uit de combinatiesommen van rivierafvoeren (9) en zeestanden (6) kan een sluitlijn worden afgeleid, voor welke combinaties van rivierafvoer en zeestand de Maeslantkering en Hartelkering gesloten worden. Figuur 5.2 geeft deze lijnen voor het sluitcriterium van NAP +3,00 m bij Rotterdam en NAP +2,90 bij Dordrecht en voor het sluitcriterium van NAP +2,50 m bij Rotterdam en Dordrecht.

**Figuur 5.2**

Sluitlijnen Maeslantkering en Hartelkering voor verschillende sluitcriteria met korte termijn randvoorwaarden.

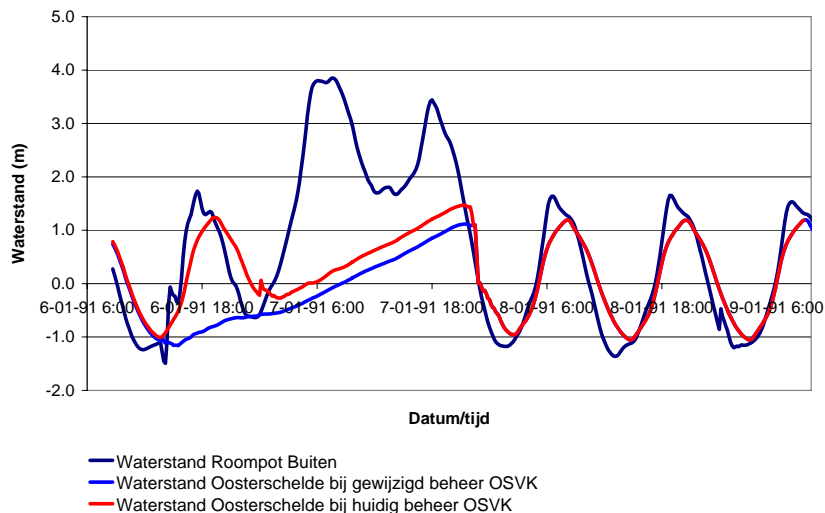


De sluitlijn voor het criterium van NAP +2,50 m ligt lager dan de lijn voor het huidige sluitcriterium. De combinaties waarvoor bij het huidige sluitcriterium niet gesloten wordt, wordt nu wel gesloten. Voor deze combinaties treedt nu dus een lagere maximale waterstand op doordat de stormvloedkeringen gesloten zijn. Wanneer deze combinaties een grote bijdrage hebben aan de MHW (en dat hebben ze voor de meeste locaties in het benedenrivierengebied) wordt de MHW lager. Het blijkt dat de maatregel Volkerak-Zoommeer in combinatie met het verlagen van het sluitcriterium van de Maeslantkering en Hartelkering op sommige locaties in het benedenrivierengebied meer MHW-daling realiseert dan de som van de afzonderlijke maatregelen. Dit is een statistische kwestie.

Het eerder sluiten van de Oosterscheldekering (scenario HDK-4) heeft nauwelijks meer effect dan wanneer gesloten wordt op NAP voor de storm. Alleen op het Haringvliet wordt enige extra waterstandsdeling gerealiseerd. Figuur 5.3 laat zien dat de waterstand op de Oosterschelde orde grootte 20 cm lager is wanneer een getij eerder wordt gesloten. Dat dit in de MHW-verlaging nauwelijks merkbaar is, komt doordat de Krammersluizen de beperkende factor vormen. Het maximum spuidebiet van deze sluizen wordt al bereikt bij het sluiten van de Oosterscheldekering volgens huidig beheer. Het zal alleen mogelijk zijn langer te spuien, waardoor een geringe MWH-daling behaald kan worden.

**Figuur 5.3**

Waterstandsverloop op de Oosterschelde voor en achter de Oosterscheldekering (OSVK) bij een storm-opzet van 4 m.

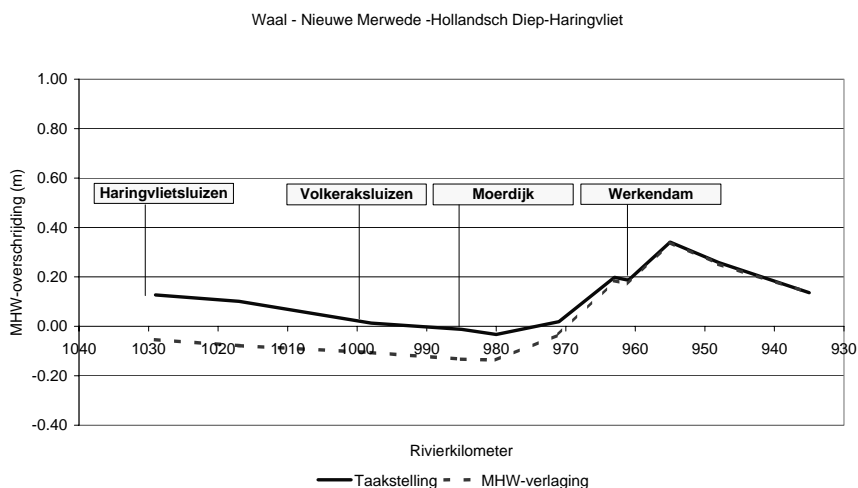


### 5.1.2. Realisatie taakstelling variant 1

Het effect van het inzetten van het Volkerak-Zoommeer voor de korte termijn wordt toegelicht aan de hand van variant HDK-1. Figuur 5.4 toont de taakstelling zoals die op het traject Waal tot Haringvliet geldt voor de korte termijn. De rode stippellijn geeft de (resterende) MHW-overschrijding weer met het inzetten van de maatregel Volkerak-Zoommeer. Wanneer deze lijn onder de nullijn komt betekent dit dat de taakstelling is gehaald. Variant 1 zorgt ervoor dat een groot deel van de taakstelling wordt gerealiseerd op het Hollandsch Diep-Haringvliet (stroomafwaarts van km-raai 970).

**Figuur 5.4**

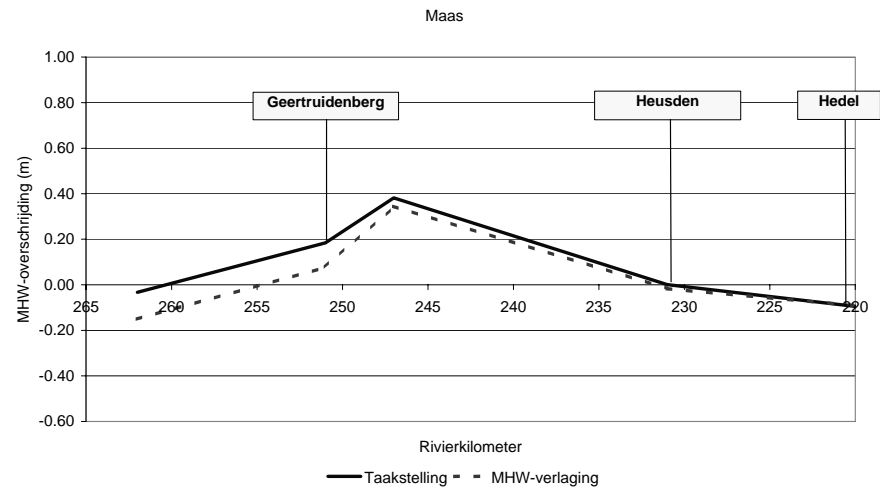
MHW-verlaging scenario HDK-1 op de Waal tot Haringvliet.



Op het traject van de Maas wordt de taakstelling tot aan Drimmelen (kmr 255) opgelost. Dit blijkt uit figuur 5.5. Op het traject Merwede-Oude Maas wordt de taakstelling opgelost van Dordrecht tot Puttershoek (figuur 5.6).

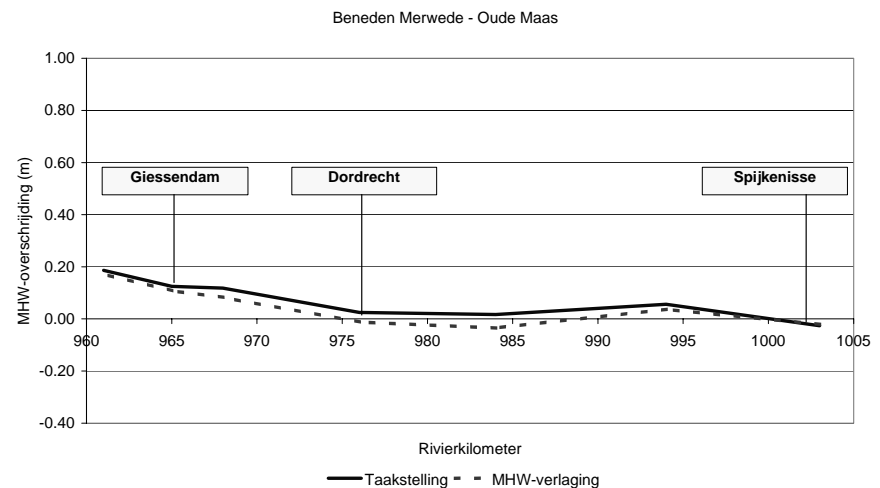
**Figuur 5.5**

MHW-verlaging scenario HDK-1 op de Maas.



**Figuur 5.6**

MHW-verlaging scenario HDK-1 op de Beneden-Merwede en Oude Maas.



### 5.1.3. MHW-effect variant 2: "aanpassing doorlaatwerken"

Voor de variant aanpassing doorlaatwerken is in tabel 5.2 de MHW-verlaging weergegeven voor de verschillende scenario's op dezelfde locaties in het benedenrivierengebied als in tabel 5.1 en figuur 5.1. In bijlage E wordt een overzicht gegeven van de MHW-daling van meerdere locaties in het benedenrivierengebied.

**Tabel 5.2**

Berekeningsresultaten lange termijn voor hoofdvariant inzet bij NAP 2,58 m voorspeld (zie bijlage E voor uitgebreide tabel).

		Taak- stelling	ADL-1a	ADL-1b	ADL-1c	ADL-2	ADL-3
			Invloed op MHW [m]	Invloed op MHW [m]	Invloed op MHW [m]	Invloed op MHW [m]	Invloed op MHW [m]
Nieuwe Maas	Rotterdam	0,18	-0,05	-0,10	-0,05	-0,05	-0,05
Oude Maas	Dordrecht	0,53	-0,18	-0,17	-0,19	-0,19	-0,19
Hollandsch Diep	Middelharnis	0,66	-0,34	-0,34	-0,39	-0,40	-0,42
Nieuwe Merwede	Gorinchem	1,15	-0,01	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01
Maas	Geertruidenberg	0,91	-0,20	-0,14	-0,21	-0,20	-0,21

ADL-1a: Randvoorwaarden variant 2 aanpassing doorlaatwerken (tabel 3.1) en doorvoer richting Oosterschelde.

ADL-1b: ADL-1a, maar ander sluitcriterium Maeslantkering en Hartelkering: sluiten op voorspelde waterstand van NAP +2,50 m.

ADL-1c: ADL-1a, maar ander beheer Oosterscheldekering: 1 getij voor de storm op laag water sluiten.

ADL-2: ADL-1a, maar doorvoer alleen richting Grevelingen.

ADL-3: ADL-1a, maar doorvoer richting Grevelingen en Oosterschelde.

De scenario's van variant 2 verschillen onderling niet veel van elkaar. Verwacht zou worden dat het scenario doorvoer naar Oosterschelde (ADL-1a) effectiever zou zijn dan het scenario doorvoer naar de Grevelingen (ADL-2). De oppervlakte van de Oosterschelde is immers anderhalf keer zo groot als de Grevelingen, waardoor meer water geborgen zou kunnen worden. Dat scenario ADL-1a niet zo effectief is, wordt veroorzaakt door de lekopening van de Oosterscheldekering. Het gevolg van deze lek is dat waterstanden op de Oosterschelde tijdens storm op zee nog steeds snel oplopen. Uit de berekeningen blijkt dat op de lange termijn het lekdebiet tussen de 5.000 en 10.000 m<sup>3</sup>/s ligt (afhankelijk van de stormopzet). Aangenomen wordt dat als gevolg van de zeespiegelstijging op de lange termijn het verval over de keringen groter is dan op de korte termijn, waardoor de debieten ook groter zijn op de lange termijn. Door de verhoogde waterstanden op de Oosterschelde kan minder water worden geborgen.

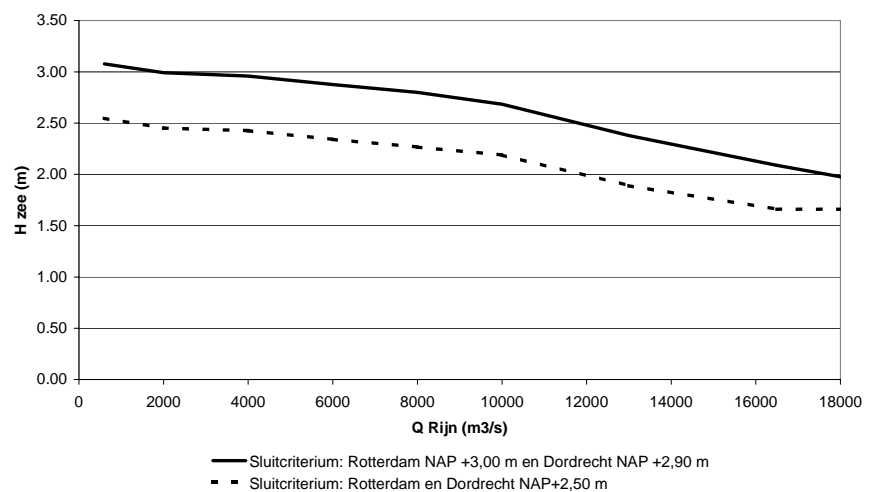
Ondanks dat bij scenario ADL-3 de Oosterschelde én de Grevelingen als bergingsgebied worden gebruikt, geeft dit een minimale hoeveelheid extra MHW-daling ten opzichte van scenario ADL-2. Dit wordt veroorzaakt doordat de waterstand op het Volkerak-Zoommeer, als gevolg van doorvoer richting de Grevelingen, bijna altijd lager is dan de waterstand op de Oosterschelde. Er kan in die situatie dus nauwelijks water doorgevoerd worden richting de Oosterschelde.

Het verlagen van het sluitcriterium van de Maeslantkering en Hartelkering naar NAP + 2,50 m bij Rotterdam en Dordrecht in combinatie met het Volkerak-Zoommeer (ADL-1b) heeft minder effect dan op de korte termijn. Figuur 5.7 geeft de sluitlijnen weer voor het huidige beheer van de stormvloedkeringen en voor gewijzigd beheer op de lange termijn. De sluitlijnen komen vrijwel overeen met de lijnen op de korte termijn. Alleen bij een rivierafvoer hoger dan 16.000 sluiten de keringen altijd, omdat als gevolg van de zeespiegelstijging de zee niet meer lager wordt van NAP + 1,60 m.

Uit IVB [2] is echter gebleken dat een lager sluitcriterium in combinatie met de maatregel Volkerak-Zoommeer juist een extra waterstanddalend effect oplevert. Het is niet mogelijk geweest dit in deze studie nader te onderzoeken, maar verdient de aanbeveling dit in vervolgonderzoek zeker te doen.

**Figuur 5.7**

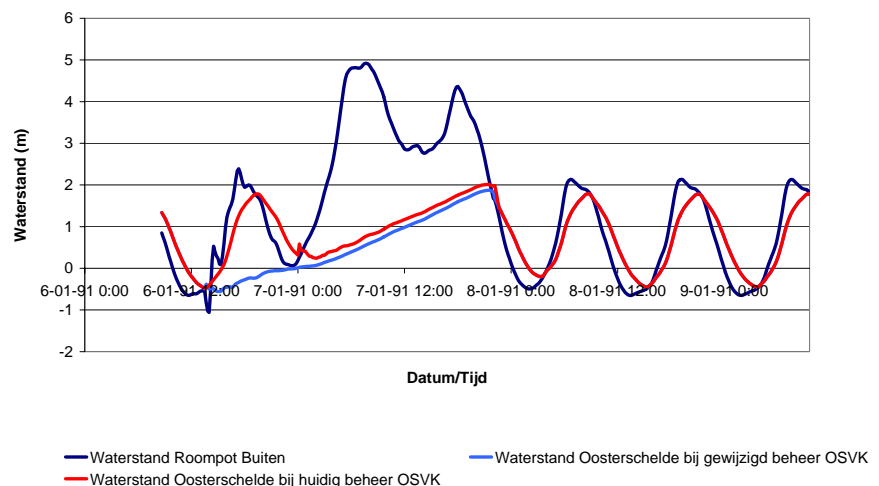
Sluitlijnen Maeslantkering en Hartelkering voor verschillende sluitcriteria met lange termijn randvoorwaarden.



Het eerder sluiten van de Oosterscheldekering (ADL-1c) zorgt voor slechts enkele centimeters meer MHW-daling op het Haringvliet. Het lekdebiet op de lange termijn is zo groot, dat de waterstand op de Oosterschelde op het moment dat de maatregel ingezet wordt net zo hoog is als wanneer op NAP in de storm wordt gesloten (zie figuur 5.8)

**Figuur 5.8**

Waterstandsverloop op de Oosterschelde voor en achter de Oosterscheldekering (OSVK) bij een stormopzet van 4 m.



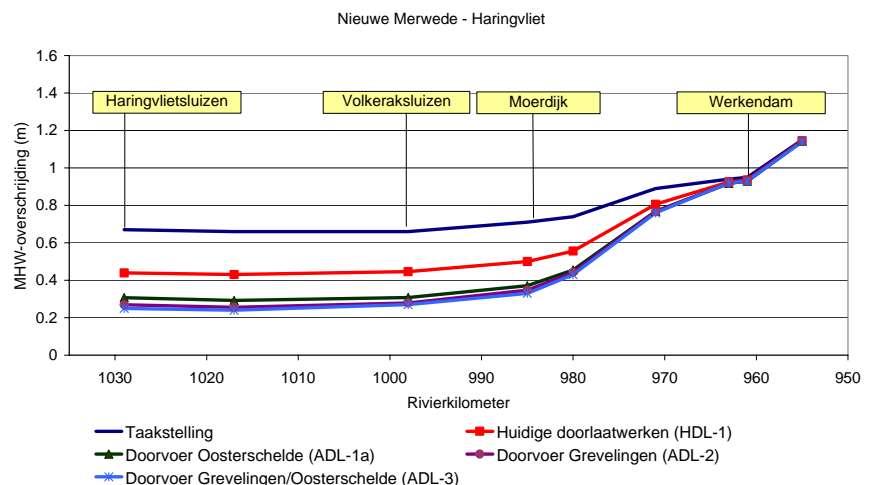
#### 5.1.4. Realisatie taakstelling variant 2

De taakstelling op de lange termijn is niet gelijk aan die voor de korte termijn. Dit heeft te maken met een stijging van de zeespiegel en toename van de rivierafvoer. Hierdoor zijn de waterstanden in het benedenrivierengebied hoger ten opzichte van de referentiesituatie in 1996. Deze paragraaf geeft voor drie trajecten weer wat de MHW-daling is die de maatregel Volkerak-Zoommeer realiseert op de lange termijn voor de verschillende scenario's. Hierbij is ook scenario HDL-1 (variant 1) meegenomen, zodat dit scenario met de lange termijn scenario's van variant 2 kan worden vergeleken.

De trajecten die worden beschouwd zijn de Nieuwe Merwede tot het Haringvliet, een gedeelte van de Maas en het traject Beneden-Merwede tot de Oude Maas. In de figuren 5.9, 5.10 en 5.11 wordt de taakstelling weergegeven en de (resterende) MHW-overschrijding die de scenario's HDL-1 en ADL-1 t/m 3 realiseren. Dit zijn de scenario's waarbij alleen de huidige doorlaatwerken worden ingezet (HDL-1), waarbij doorgevoerd wordt richting de Oosterschelde (ADL-1a), waarbij doorgevoerd wordt richting de Grevelingen (ADL-2) en doorvoer richting zowel de Oosterschelde als Grevelingen (ADL-3).

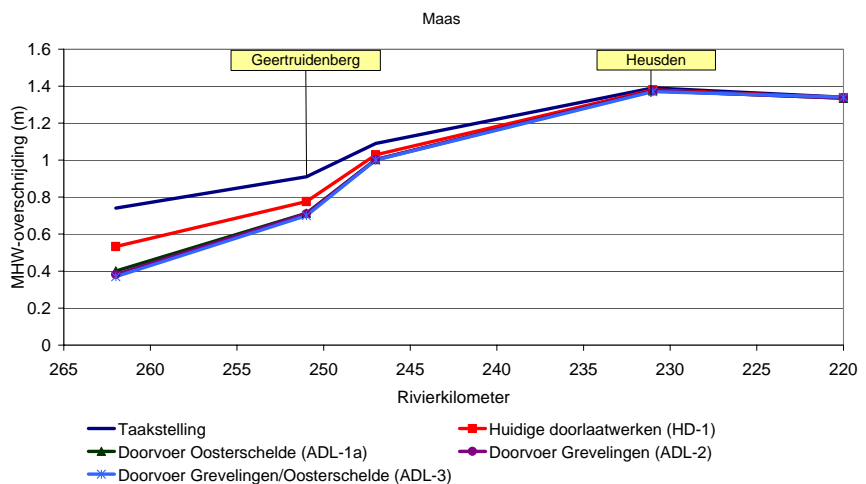
**Figuur 5.9**

MHW-verlaging maatregel Volkerak-Zoommeer op de Nieuwe Merwede-Haringvliet voor verschillende scenario's.



**Figuur 5.10**

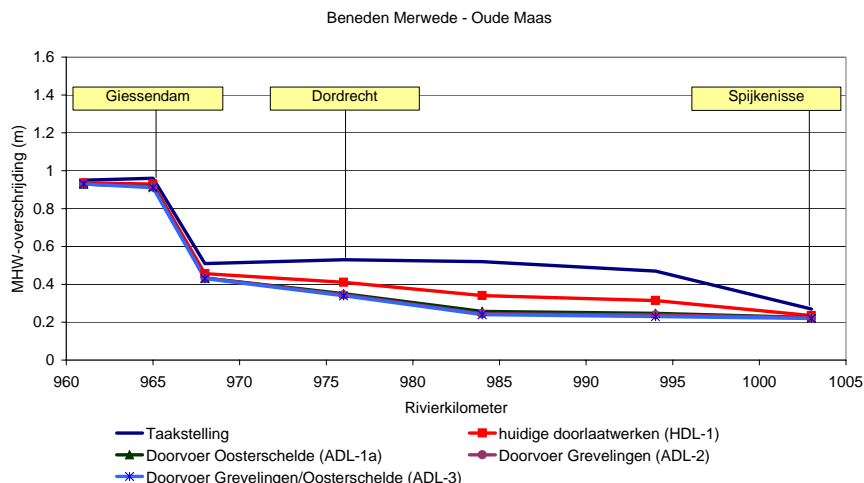
MHW-verlaging maatregel Volkerak-Zoommeer op de Maas voor verschillende scenario's.





**Figuur 5.11**

MHW-verlaging maatregel Volkerak-Zoommeer op de Beneden-Merwede-Oude Maas voor verschillende scenario's.



De lange termijn taakstelling wordt door de maatregel Volkerak-Zoommeer op geen van de trajecten helemaal opgelost. De scenario's van variant 2 verschillen in effectiviteit onderling nauwelijks van elkaar. Scenario HDL-1 (variant 1) is het minst effectief op alle trajecten. Dit scenario lost op het Haringvliet 30 % van de taakstelling op. De scenario's van variant 2 lossen op het Haringvliet allen ongeveer 60 % van de taakstelling op; het scenario met alleen doorvoer naar de Oosterschelde net iets minder (55%), het scenario's met doorvoer naar zowel de Oosterschelde als de Grevelingen net iets meer (65%). Op het traject van de Maas wordt door alle scenario's van variant 2 tussen Lage Zwaluwe (kmr 262, figuur 5.10) en Geertruidenberg (kmr 250) ongeveer 35 % van de taakstelling opgelost. Variant 1 lost hier ongeveer 20% van de taakstelling op. Verder stroomopwaarts van Geertruidenberg heeft de maatregel nauwelijks meer effect. De maatregel heeft op het traject Beneden-Merwede – Oude Maas voornamelijk effect net stroomopwaarts van Spijkenisse (kmr 994, figuur 5.11) en Dordrecht (kmr 976). Variant 1 lost hier 30 % van de taakstelling op, alle scenario's van variant 2 lossen hier rond de 50% op. Het scenario ADL-3 is dus het meest effectief. Echter zijn voor dit scenario twee grote doorlaatwerken nodig. Scenario ADL-2 is iets minder effectief, maar hierbij is maar één doorlaatwerk nodig.

## 5.2 Waterstanden Volkerak-Zoommeer

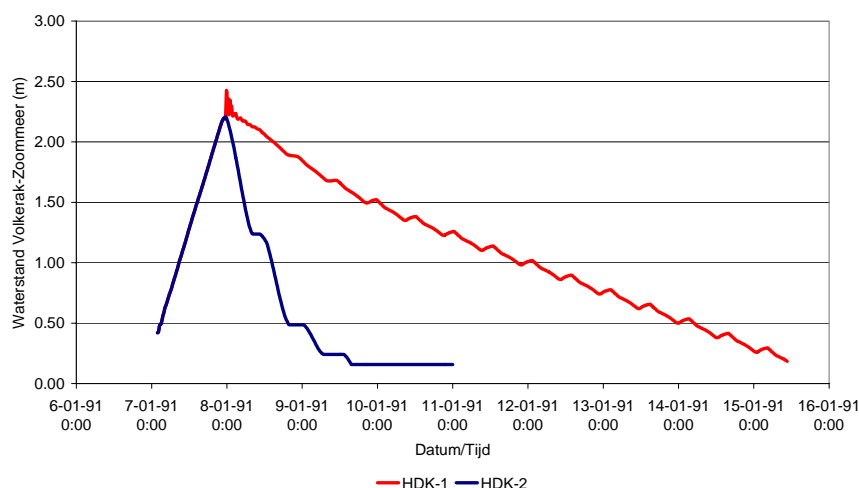
### 5.2.1. Waterstanden variant 1

Figuur 5.12 toont het waterstandsverloop op het Volkerak-Zoommeer voor het scenario HDK-1 (zonder terugspuien Hollandsch Diep) en HDK-2 (met terugspuien Hollandsch Diep) voor één van de 54 combinaties van rivierafvoer en zeewaterstand. Het betreft de combinatie Rijnaafvoer van 8.000 m<sup>3</sup>/s en een zeewaterstand van bij Hoek van Holland van 4 m. Deze combinatie heeft een grote bijdrage aan de MHW. De waterstanden die hier gepresenteerd worden zijn dus niet dé waterstanden op het Volkerak-Zoommeer, maar een voorbeeld uit één van de 54 combinaties waarmee gerekend wordt.

Er bestaat een duidelijk verschil in duur van de verhoogde waterstand op het Volkerak-Zoommeer tussen beide scenario's. Bij scenario HDK-1 is de waterstand op het Volkerak-Zoommeer gedurende een periode van circa acht dagen hoger dan het winterpeil van NAP + 0,15 m. Wanneer gebruik wordt gemaakt van terugspuien naar het Hollandsch Diep (scenario HDK-2) is de waterstand gedurende circa twee dagen hoger dan het winterpeil.

**Figuur 5.12**

Waterstanden op het Volkerak-Zoommeer voor scenario HDK-1 en HDK-2 (zonder en met terugspuien richting het Hollandsch Diep). Afvoer Rijn (Lobith): 8000 m<sup>3</sup>/s; zeewaterstand (Hoek van Holland): 4 m.



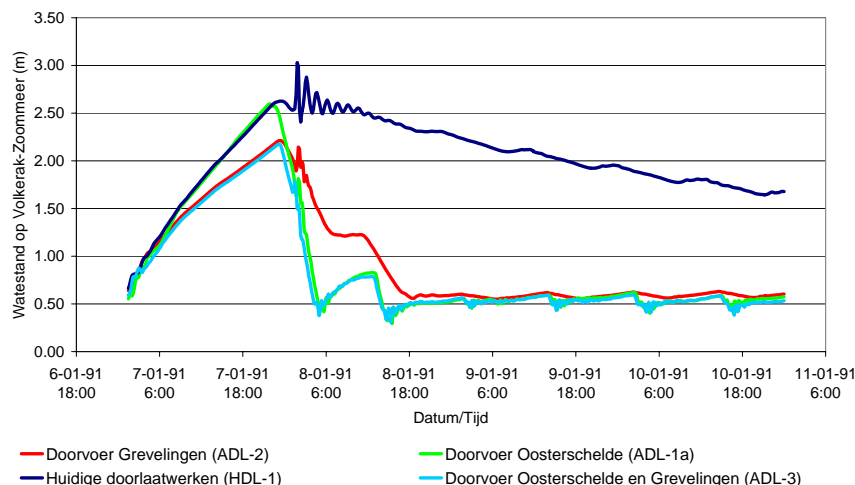
### 5.2.2. Waterstanden variant 2

Figuur 5.13 en figuur 5.14 tonen het waterstandsverloop op respectievelijk het Volkerak-Zoommeer en Grevelingen voor één van de 54 combinaties van rivierafvoer en zeewaterstand. Het betreft hier de combinatie met een Rijnaafvoer van 8.000 m<sup>3</sup>/s en een zeewaterstand bij Hoek van Holland van 4 m. De waterstanden die hier gepresenteerd worden zijn dus niet dé waterstanden op het Volkerak-Zoommeer en Grevelingen, maar een voorbeeld uit een van de 54 combinaties waarmee gerekend wordt.

Het blijkt dat de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer bij deze combinatie tot een maximum kunnen oplopen variërend tussen NAP + 2,40 m en NAP + 3,00 m, afhankelijk van het scenario. De varianten waarbij de Grevelingen ingezet wordt, leiden tot de laagste hoogwaterstanden op het Volkerak-Zoommeer en is voor beide scenario's waarbij de Grevelingen wordt ingezet (ADL-2 en ADL-3) vrijwel gelijk. Wanneer de Oosterscheldekering en doorlaatsluis in de Brouwersdam weer open zijn, is het mogelijk om het overtollige water van het Volkerak-Zoommeer af te voeren.

**Figuur 5.13**

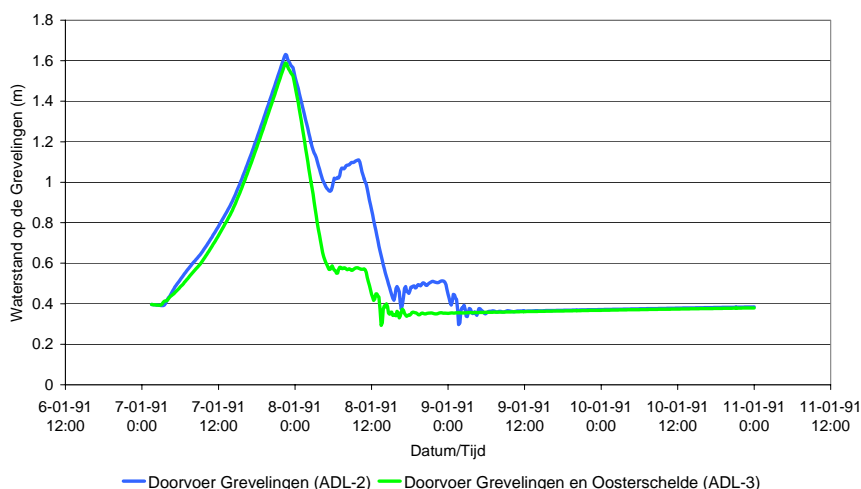
Waterstandsverloop op het Volkerak-Zoommeer voor verschillende varianten voor de lange termijn. Afvoer Rijn (Lobith): 8000 m<sup>3</sup>/s; zeewaterstand (Hoek van Holland): 4 m.



Figuur 5.13 laat zien dat de duur van de hoogwaterstanden op het Volkerak-Zoommeer per scenario verschilt. Dit is afhankelijk van de grootte van de doorlaatwerken. Bij variant 1 (HDL-1) is de periode dat de waterstand weer terug is op initieel niveau het langst (dit is overigens zonder terugspuien). Bij de scenario's waarin een groot doorlaatwerk in de Philipsdam is aangelegd (ADL-1a en ADL-2), bereikt de waterstand op het Volkerak-Zoommeer al bij het eerste laag water op de Oosterschelde de uitgangssituatie. De waterstand op het Volkerak-Zoommeer is dan al na anderhalve dag op een niveau van NAP +0,50 m.

**Figuur 5.14**

Waterstandsverloop op de Grevelingen voor verschillende varianten. Afvoer Rijn (Lobith): 8000 m<sup>3</sup>/s; zeewaterstand (Hoek van Holland): 4 m.



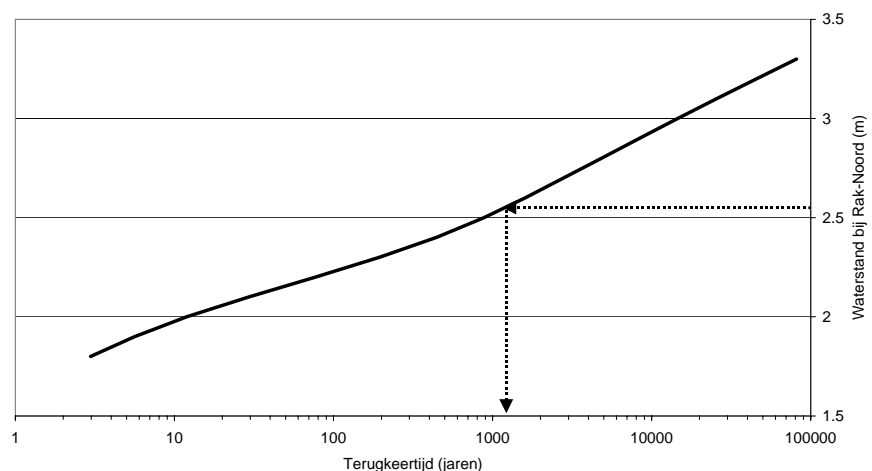
De tijdsduur voordat de waterstand op de Grevelingen de uitgangssituatie weer heeft bereikt, verschilt voor beide scenario's waarbij de Grevelingen wordt ingezet (figuur 5.14). Voor het scenario waarbij alleen de Grevelingen wordt ingezet (ADL-2), duurt dit twee dagen. In de variant waarbij ook de Oosterschelde wordt ingezet (ADL-3), duurt het anderhalve dag als gevolg van het grote doorlaatwerk in de Philipsdam (er wordt dus vanuit de Grevelingen via het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde gespuid).

### 5.3 Frequentie inzet maatregel

Zoals reeds in het vorige hoofdstuk is besproken, wordt de frequentie van inzet bepaald aan de hand van overschrijdingsfrequentielijnen. De maatregel wordt gestuurd op de verwachte waterstand bij Rak-Noord van NAP +2,60 m. Dat betekent dat de frequentie waarmee deze waterstand wordt bereikt gelijk is aan de frequentie waarmee de maatregel wordt ingezet. Aangezien op een voorspelde waterstand wordt gestuurd, wordt uitgegaan van een systematische overschatting van ongeveer 0,05 m bij Rak-Noord (zie ook § 4.4). De frequentie voor de korte termijn kan worden bepaald door uit figuur 5.15 de terugkeertijd die hoort bij NAP +2,55 m af te lezen. In figuur 5.15 staat de overschrijdingsfrequentielijn bij Rak-Noord zoals die is bepaald met Hydra-B in het Hydraulisch Randvoorwaardenboek 2001 [10]. Deze lijn geldt wanneer de Maeslantkering en Hartelkering zijn gesloten. Voor het bepalen van de toetspeilen wordt de gecombineerde lijn van open en dichte keringen gebruikt. Omdat de maatregel Volkerak-Zoommeer alleen wordt ingezet als bovengenoemde stormvloedkeringen dicht zijn, wordt hier alleen de 'dichte keringen lijn' gebruikt.

**Figuur 5.15**

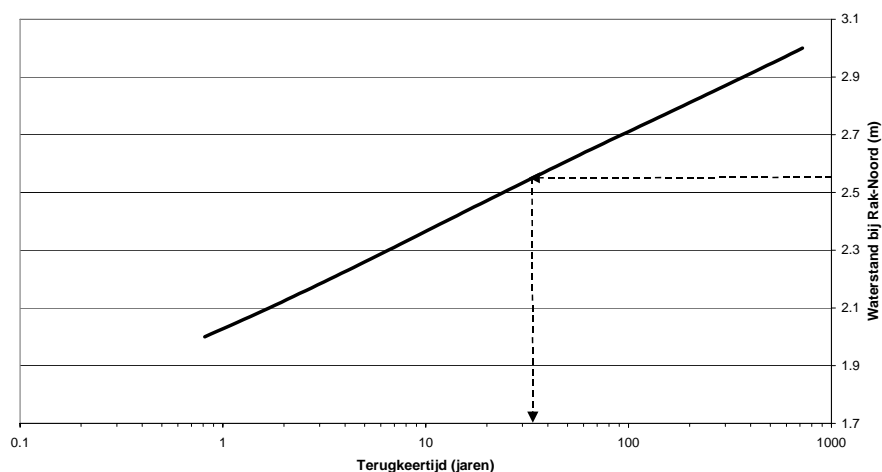
Overschrijdingsfrequentielijn bij Rak-Noord wanneer de Maeslantkering en Hartelkering zijn gesloten volgens Hydraulische Randvoorwaardenboek 2001 [10].



Dit geldt hetzelfde voor de lange termijn, alleen dan moet de frequentie van inzet van de maatregel worden afgelezen in figuur 5.16.

**Figuur 5.16**

Overschrijdingsfrequentielijn bij Rak-Noord voor de lange termijn volgens IVB [2].



In tabel 5.3 is opgenomen welke frequenties horen bij de inzet op de korte en lange termijn.

**Tabel 5.3**

Resultaten frequentie inzet maatregel Volkerak-Zoommeer.

Scenario	Rijn (Lobith) [m <sup>3</sup> /s]	Zeespiegel [cm]	Frequentie [j]
Korte termijn	16.000	+ 5	1/1.430
Lange termijn	18.000	+ 60	1/25

De frequentie van 1/1.430 jaar betekent niet dat de maatregel maar een keer in de 1.430 jaar voorkomt. De kans is éénuertienhonderddertigste per jaar, maar zou mogelijk wel twee keer kunnen optreden in een jaar.

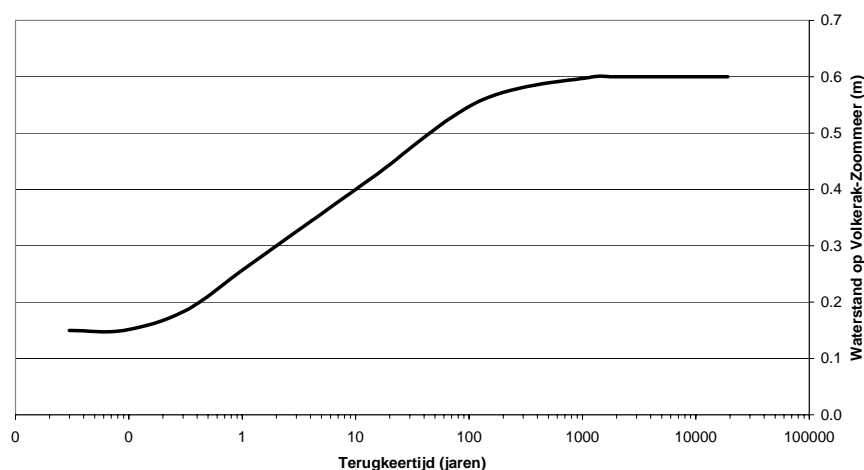
De frequentie op de lange termijn is afhankelijk van de maatregelen die eventueel in het rivierengebied worden genomen. De frequentie in tabel 5.3 is berekend met de lange termijn randvoorwaarden in de huidige situatie van het rivierengebied. Wanneer bijvoorbeeld dijkversterking uitgevoerd wordt of een ander beheer van de stormvloedkeringen wordt gehanteerd in de toekomst, zal de maatregel wellicht niet meer gestuurd worden op NAP +2,60 m, maar op een waterstand die bijvoorbeeld hoger ligt. Dit heeft tot gevolg dat de maatregel minder vaak ingezet zal hoeven te worden en de frequentie lager wordt. Een frequentie van 1/25 jaar is dus zeer theoretisch.

## 5.4 Overschrijdingsfrequentie waterstanden Volkerak-Zoommeer

Ondanks dat de waterstand op het Volkerak-Zoommeer beheerst wordt tussen NAP  $-0,10$  m en NAP  $+0,15$  m, worden de waterstanden sporadisch hoger dan NAP  $+0,15$  m. Voor het Volkerak-Zoommeer bestaat er in de huidige situatie daarom ook al een overschrijdingsfrequentielijn van de waterstanden. De lijn die is weergegeven in figuur 5.17 is gebaseerd op gegevens aangeleverd door Rijkswaterstaat Directie Zeeland en op de aanname dat de waterstand nooit NAP  $+0,50$  m overschrijdt. De laatste aanname is een arbitraire keuze. De lijn is een geïnterpoleerde lijn op basis van een beperkt aantal gegevens.

**Figuur 5.17**

Overschrijdingsfrequentielijn Volkerak-Zoommeer in huidige situatie



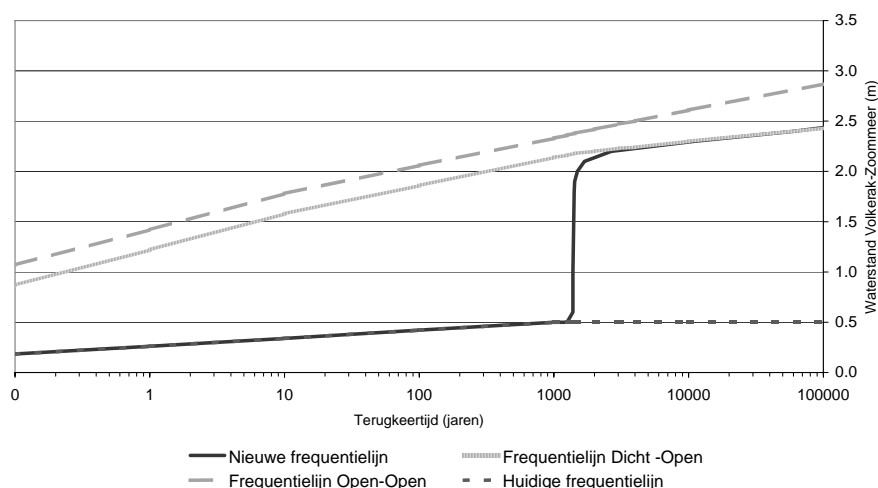
Om de nieuwe overschrijdingsfrequentielijn op het Volkerak-Zoommeer te vervaardigen die ontstaat wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer ingezet zou worden, zijn voor nog twee andere situaties de overschrijdingsfrequentielijnen bepaald (zie ook bijlage C):

- 1) Wanneer de maatregel ingezet wordt, maar de Maeslantkering en Hartelkering falen (situatie open-open, figuur 5.18).
- 2) Wanneer de maatregel altijd ingezet zou worden als de Maeslantkering en Hartelkering gesloten zijn, zonder de waterstandvoorspelling van NAP  $+2,60$  m bij Rak-Noord (situatie dicht-open, figuur 5.18).

Met behulp van deze drie lijnen, de faalkans van de keringen, de voorspelfout van de waterstanden en de frequentielijnen van de Rijnaafvoer en zeestanden is het mogelijk om een nieuwe overschrijdingsfrequentielijn op het Volkerak-Zoommeer te vervaardigen. In figuur 5.18 worden bovengenoemde drie lijnen weergegeven en de nieuwe overschrijdingsfrequentielijn als gevolg van het inzetten van de maatregel Volkerak-Zoommeer. Deze lijnen gelden bij de randvoorwaarden voor de korte termijn.

**Figuur 5.18**

Overschrijdingsfrequentielijnen op het Volkerak-Zoommeer voor verschillende situaties van de Maeslantkering/Hartelkering en Volkeraksluizen voor de korte termijn.



Dicht-Open: Maeslantkering/Hartelkering dicht; Volkeraksluizen open

Open-Open: Maeslantkering/Hartelkering open; Volkeraksluizen open

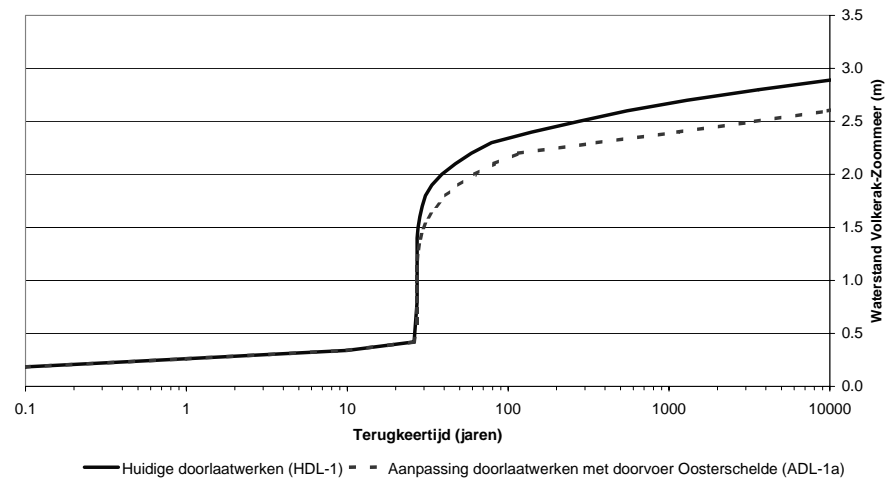
Uit figuur 5.18 blijkt dat de maatregel invloed gaat hebben op de huidige overschrijdingsfrequentielijn vanaf een terugkeertijd van 1/1430 jaar: de kans van inzetten van de maatregel. Op dat punt maakt de waterstand een sprong van NAP +0,50 m naar een waterstand hoger dan NAP +2,0 m.

Doordat de maatregel pas invloed gaat hebben bij een terugkeertijd van 1/1430 jaar, blijven de waterstanden lager dan deze terugkeertijd gelijk. Het beschermingsniveau voor de West-Brabantse rivieren is 1/50 jaar. Dit betekent dat rondom dit beschermingsniveau niets verandert. Echter neemt wel het *risico* van wateroverlast toe. Dit geldt overigens niet alleen voor West-Brabant, maar ook voor de polders rondom het Volkerak-Zoommeer. Hierin neemt het risico van waterlast toe als gevolg van de toename van de kans op het uitvallen van gemalen.

Voor de lange termijn (tot 2050/2100) heeft de maatregel wel degelijk invloed op de huidige frequentielijn. De frequentie van de inzet van de maatregel Volkerak-Zoommeer gaat dan namelijk naar 1/25 jaar. In onderstaande figuur zijn voor deze situatie de nieuwe overschrijdingsfrequentielijnen op het Volkerak-Zoommeer uitgezet voor scenario HDL-1 (variant 1) en scenario ADL-1a (variant 2, doorvoer naar Oosterschelde).

**Figuur 5.19**

Overschrijdingsfrequentielijnen op het Volkerak-Zoommeer voor scenario HDL-1 (huidige doorlaatwerken) en ADL-1 (aanpassing doorlaatwerken, doovoer Oosterschelde) voor de lange termijn.



Uit figuur 5.19 blijkt dat de maatregel Volkerak-Zoommeer invloed heeft op hoog frequente waterstanden op het meer. Dit betekent dat de West-Brabantse rivieren te maken krijgen met een verandering van de benedenstroomse randvoorwaarden. Hierdoor zal het Mark/Vliet stroomgebied waarschijnlijk niet meer voldoen aan het vastgestelde beschermingsniveau van 1/50 jaar. Er zullen dan maatregelen getroffen moeten worden om het veiligheidsniveau aldaar volgens de vereiste norm te handhaven.



---

## 6. Gevolgen maatregel Volkerak-Zoommeer

.....

### 6.1 Gevolgen regionale waterhuishouding

#### 6.1.1. Gevolgen maalcapaciteit

Als gevolg van de maatregel zullen de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer hoger worden. Hierdoor zal tijdelijk de maalcapaciteit van de gemalen die normaliter lozen op het Volkerak-Zoommeer worden beperkt. Dit geldt voor de gemalen in de gebieden Tholen en St. Philipsland, Goeree-Overflakkee en West-Brabant. De gevolgen hiervan zijn afhankelijk van het samenvallen van hoge neerslag in het gebied en het inzetten van de maatregel.

#### 6.1.2. Gevolgen West-Brabant

Voor West-Brabant speelt nog een tweede probleem. In de huidige situatie lozen de rivieren de Mark/Dintel en de Vliet onder vrij verval op het Volkerak-Zoommeer. Het Mark-Vlietsysteem bestrijkt het westelijke deel van de provincie Noord-Brabant rondom de steden Breda en Roosendaal. Zodra de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer hoger worden dan NAP +0,35 m hebben deze rivieren problemen met het afvoeren van water. Wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer ingezet wordt, zal voor een periode van twee of acht dagen, afhankelijk of er wel of niet wordt teruggespuid naar het Hollandsch Diep, niet kunnen worden geloosd.

HKV [LIJN IN WATER](#) heeft op basis van langjarige reeksen onderzocht of er een verband bestaat tussen de afvoeren van de Mark en de Vliet in combinatie met de zeewaterstand, de Rijnaafvoer en de Maasafvoer [17]. Voor de afvoeren van de Mark en de Vliet is een 100-jarige reeks gegenereerd met behulp van een computermodel. De gebruikte langjarige reeksen van de rijkswateren bestaan uit meetgegevens (ook ongeveer 100 jaar). Bij het leggen van een verband is rekening gehouden met twee manieren waarop het Volkerak-Zoommeer voor waterberging kan worden gebruikt. Wanneer het water op het Volkerak-Zoommeer kan worden teruggespuid naar het Hollandsch Diep is de duur van de waterstandsverhoging 2 dagen. Als dit niet mogelijk is, dan is de duur 8 dagen.

Uit de analyse blijkt dat:

- Er een kleine kans bestaat tussen het samenvallen van piekafvoeren van de Mark en de Vliet met hoge waterstanden op het Hollandsch Diep;
- Er een grote kans (50 - 60 %) bestaat op een bovengemiddelde winterafvoer van de Mark en de Vliet gedurende waterberging op het Volkerak-Zoommeer;

- 
- Door de maatregel Volkerak-Zoommeer het beschermingsniveau van West-Brabant tussen 1/50 (huidig) en 1/48 jaar komt te liggen en het toekomstig veiligheidsniveau (2015) komt tussen 1/100 en 1/94 te liggen;
  - Het risico (kans x gevolg) van wateroverlast in West-Brabant door de maatregel Volkerak-Zoommeer behoorlijk kan toenemen.

Daarnaast heeft het Waterschap Brabantse Delta [18] een aantal berekeningen uitgevoerd met verschillende afvoeren van de Mark en de Vliet (1/25, 1/50 en 1/100 jaar) in combinatie met de piekwaterstand op het Volkerak-Zoommeer. Uit de statistische analyse is gebleken dat dit een kleine kans heeft. Deze berekeningen tonen daarom het 'worst-case scenario'.

Uit de berekeningen blijkt dat de wateroverlast in het benedenstroomse deel van het boezemgebied van de Mark en de Vliet het grootst is. Ook bij afvoeren met een lagere herhalingstijd dan behorend bij het beschermingsniveau (dus vaker dan 1/50 jaar) treedt er al op grote schaal wateroverlast op. Ter illustratie, bij een herhalingstijd van 1/25 jaar in combinatie met verhoogde waterstand op het Volkerak-Zoommeer is de waterstand bij Roosendaal ongeveer 70-80 cm hoger dan onder maatgevende situaties (1/50 jaar) zonder waterberging op het Volkerak-Zoommeer.

Daarnaast is het verschil in maximale waterstanden tussen het scenario waarbij twee dagen of acht dagen water wordt geborgen op het Volkerak-Zoommeer voornamelijk benedenstrooms merkbaar. De maximale waterstanden benedenstroom kunnen bij acht dagen berging circa 30 cm hoger worden. Bovenstrooms scheelt het slechts enkele centimeters.

In het onderzoek is alleen de Mark-Vliet boezem beschouwd en niet de gevolgen voor de aanliggende bebouwde en onbebouwde gebieden. Het is daarom nog niet mogelijk om een uitspraak te doen over de totale omvang van de wateroverlast en de daarmee gepaard gaande schade voor West-Brabant.

Mogelijke maatregelen die in het regionale systeem getroffen kunnen worden om de wateroverlast op te lossen zijn:

- vergroten van de afvoercapaciteit tijdens hoogwateromstandigheden (gemaal);
- verhogen/aanleggen kades;
- creëren van extra berging/noodoverloop.

---

## 6.2 Ecologische gevolgen

### 6.2.1. Inleiding

De ecologische gevolgen die de maatregel Volkerak-Zoommeer met zich meebrengt zijn kwalitatief ingeschat op basis van expert judgement. In de beschrijving wordt onderscheidt gemaakt tussen de maatregel op de korte termijn en de lange termijn als gevolg van het grote verschil in frequentie van inzet van de maatregel Volkerak-Zoommeer.

### 6.2.2. Korte termijn

De frequentie waarmee de maatregel ingezet zal worden op de korte termijn is laag (1/1.430 jaar), waardoor de hersteltijd van het ecosysteem lang is. Daarom is het de verwachting dat het systeem in de Zeeuwse Delta als gevolg van de maatregel tijdelijk verstoord wordt, maar door de lange hersteltijd zullen de gevolgen klein zijn. Het water op het Hollandsch Diep heeft een hogere concentratie aan zware metalen, PAK's en PCB's, DDT, HCB etc dan het Volkerak-Zoommeer [19]. Bij het inzetten van de maatregel Volkerak-Zoommeer zal als gevolg van afzetting van zwevend stof de verontreiniging van de waterbodem toenemen. Waarschijnlijk zal de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer zelf nauwelijks veranderen, omdat het meer diep is.

Als gevolg van sedimentatie is het mogelijk dat bepaalde bodemdieren (bijvoorbeeld driehoeksmossel) in het Volkerak-Zoommeer inactief worden of zelfs afsterven.

Het overtollige water op het Volkerak-Zoommeer wordt afgeleid richting Oosterschelde, Westerschelde en optioneel richting het Hollandsch Diep. Bij verhoogde waterstand van twee dagen wordt gedurende twee getijperioden een gemiddeld debiet van ongeveer 500 m<sup>3</sup>/s gespuid richting de Oosterschelde. Bij acht dagen verhoogde waterstand is de totale hoeveelheid spuiwater aanzienlijk meer (10 getijperioden). Verwacht wordt dat dit zal leiden tot een aanzienlijke verlaging van het chloridegehalte in de Noordelijke tak van de Oosterschelde. Dit zal (lokaal) zeker tot afsterven van bepaalde soorten leiden (zoals bijvoorbeeld mossel, kokkel, platte oester, japanse oester, zeester). Natuurlijk zal elders in de Oosterschelde de voortplanting gewoon doorgaan zodat na verloop van tijd het gebied weer geherkoloniseerd zal worden. Voor de Westerschelde geldt dat in de winter de daggemiddelde afvoer van de Bathse spuisluis maximaal 125 m<sup>3</sup>/s is. Aan dit beheersregime verandert als gevolg van de maatregel Volkerak-Zoommeer niets, omdat het spuien van overtollig zoetwater vanuit het Volkerak-Zoommeer een onderdeel is van het huidige beheer. Dit betekent niet dat het spuien van zoet water richting de Westerschelde geen ecologische gevolgen heeft voor de Westerschelde. De gevolgen echter zullen gelijk zijn aan de gevolgen in de huidige situatie. Wanneer het water teruggespuid wordt richting het Hollandsch Diep, zal voornamelijk water van

---

dezelfde samenstelling worden teruggespuid. Dat heeft geen gevolgen heeft voor het Hollandsch Diep.

De droge gebieden langs het Volkerak-Zoommeer zullen tijdelijk onder water komen te staan. Hierdoor kunnen de kleinere (bodem)dieren, zoals muizen en mollen, verdrinken. Grotere grazers, zoals paarden en koeien, zullen waarschijnlijk tijdig in veiligheid gebracht kunnen worden.

### **6.2.3. Lange termijn**

Voor de lange termijn zullen de gevolgen aanzienlijker zijn, omdat dan de frequentie van de maatregel toe zal nemen tot 1/25 jaar en het systeem dus vaker belast zal worden.

Op de lange termijn wordt naast het Volkerak-Zoommeer, Westerschelde en Oosterschelde in twee scenario's ook naar het effect van het inzetten van de Grevelingen gekeken. Wanneer als uitgangspunt de huidige hydrologische situatie in de Zeeuwse Delta wordt genomen zijn de gevolgen voor het gebied van dezelfde aard als voor de korte termijn. De frequentie neemt op de lange termijn echter toe (tot 1/25 jaar) waardoor de gevolgen groter zijn, omdat de hersteltijd korter is. Zo zal de slibbelasting van de bodem van het Volkerak-Zoommeer vaker plaatsvinden, waardoor bijvoorbeeld de driehoeksmossel minder kans krijgt om te herstellen. Ook zal er bijvoorbeeld meer en vaker water richting de Oosterschelde worden doorgevoerd, waardoor de hoeveelheid zoet water sterker is dan voor de korte termijn.

Bij de scenario's waarbij ook de Grevelingen wordt ingezet, stroomt het zoete eutrofe water uit het Volkerak-Zoommeer het zoute oligotrofe Grevelingenmeer op. Hierdoor zal het chloridegehalte van het meer afnemen. Andersom stroomt het zoute water uit de Grevelingen in het scenario waarbij zowel de Grevelingen als Oosterschelde wordt ingezet, via het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde. Dit heeft nadelige gevolgen voor het Volkerak-Zoommeer. Ecologisch gezien is de optie Grevelingen, wanneer uitgegaan wordt van een zoet Volkerak-Zoommeer onwenselijk.

Voor het Mark-Vliet systeem geldt dat de maatregel vaker wordt ingezet en de binnendijkse boezemgebieden dus vaker zullen worden geïnundeerd.

## 6.3 Veiligheid waterkeringen Volkerak-Zoommeer

### 6.3.1. Waterkeringen

Voor de inschatting van de gevolgen voor de (verbindende) waterkeringen en kunstwerken wanneer de maatregel ingezet wordt, heeft Royal Haskoning [20,21,22] een aantal verkennende onderzoeken uitgevoerd. Het betreft hier overigens alleen de kleine kunstwerken die zich in de waterkeringen bevinden, dus niet de Volkeraksluizen, Krammersluizen en Bathse spuisluis. Het onderzoek is alleen uitgevoerd voor de variant huidige doorlaatwerken en alleen voor de korte termijn. Aangezien bij deze variant enkel op het Volkerak-Zoommeer een waterstandsverhoging optreedt, zijn uitsluitend de gevolgen voor de dijken en kunstwerken langs het Volkerak-Zoommeer in beeld gebracht en niet langs de Oosterschelde en/of Grevelingen. Tabel 6.1 geeft een opsomming welke dijkkringgebieden en verbindende waterkeringen zijn onderzocht.

**Tabel 6.1**

Lengte Volkerak-Zoommeer aan primaire waterkering.  
(DRG: dijkkringgebied, VWK: verbindende waterkering)

Nummer	Naam	Aantal km's grenzend aan Volkerak-Zoommeer	Beschermings- niveau [j]
DRG 25	Goeree-Overflakkee	19,5	4.000
DRG 27	Tholen en St-Philipsland	20,6	4.000
DRG 31	Zuid-Beveland oost	4,8	4.000
DRG 34	West-Brabant	ca. 39	2.000
VWK 15	Hellegatsdam	7	4.000
VWK 16	Grevelingendam	1,3	4.000
VWK 17	Philipsdam	7,8	4.000
VWK 19	Oesterdam	7,1	4.000
VWK 23	Zeedijk Paviljoenpolder	4,2	4.000
Totaal		circa 111	

### 6.3.2. Beoordeling veiligheid waterkeringen

Elke beheerder van waterkeringen, in de praktijk meestal een waterschap, dient elke vijf jaar conform de Wet op de waterkering een toetsing van zijn dijkkringgebied uit te voeren. Deze toetsing op Veiligheid wordt uitgevoerd volgens de methode in een door het Rijk uitgegeven voorschrift: het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV). In het VTV worden alle faalmechanismen van waterkeringen behandeld als zogenaamde beoordelingssporen: stapsgewijze methodes om zo efficiënt mogelijk tot een toetsresultaat te komen. Per aspect zijn er verschillende niveaus van beoordeling, afhankelijk van de diepgang en complexiteit van de methode.

Voor de bepaling van de invloed van de verhoging van het peil in het Volkerak-Zoommeer is gebruik gemaakt van het VTV. Er is een eenvoudige beoordeling op alle relevante beoordelingssporen uitgevoerd.

---

Deze beoordelingssporen zijn:

- Kruinhoogte
- Stabiliteit
- Bekledingen
- Kunstwerken en niet-waterkerende objecten

Dit onderzoek bevat niet een formele toetsing, zoals bedoeld in de Wet op de waterkering, maar een globale beoordeling die bovendien is gebaseerd op zeer beperkte gegevens. Waar precieze informatie ontbrak zijn aannames gedaan op basis van informatie van de beheerder en expert-judgement. Dat er weinig informatie bekend is van de dijken langs het Volkerak-Zoommeer heeft zijn oorzaak in het feit dat deze dijken behoren tot de primaire waterkeringen van de categorie c. Volgens de Wet op de waterkering moet de veiligheid van deze dijken tenminste gelijke veiligheid bieden als op de datum van inwerkingtreding van deze wet (1996). Tijdens de eerste toetsingsronde is voor de dijken langs het Volkerak-Zoommeer geconcludeerd dat de veiligheid van de dijken gelijk is gebleven. Dit wordt mede veroorzaakt door het beheerspeil van het Volkerak-Zoommeer, dat niet boven NAP + 0,50 m mag stijgen en vastgelegd is in het Traktaat met België [11]. Hierdoor is het niet nodig om deze dijken op te nemen in de vijfjaarlijkse toetsingsronde en ontbreken gegevens.

#### **Randvoorwaarden**

Voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden bij het toetsen van de dijken wordt normaal gesproken het Hydraulisch Randvoorwaardenboek [10] gebruikt. Deze bevat echter alleen randvoorwaarden voor de primaire waterkeringen voor categorie a en b (dijken en verbindende waterkeringen direct grenzend aan buitenwater). De waterkeringen langs het Volkerak-Zoommeer zijn van categorie c, waarvoor het Hydraulisch Randvoorwaardenboek 2001 geen hydraulische randvoorwaarden geeft.

De waterstand die daarom is gehanteerd, is de waterstand onder maatgevende condities op het Volkerak-Zoommeer met een terugkeertijd van 1/2000 jaar en 1/4000 jaar. Deze terugkeertijden zijn gekozen, omdat de dijkkringgebieden langs het Volkerak-Zoommeer deze beschermingsniveaus hebben (tabel 6.1). Toen het onderzoek uitgevoerd werd, is uitgegaan van een waterstand van NAP +2,0 m met een terugkeertijd van 1/2000 jaar en een waterstand van NAP +2,1 m met een terugkeertijd van 1/4000 jaar. Deze zijn bepaald met een andere methode dan in § 4.5 is besproken. Bij deze methode is geen rekening gehouden met de faalkans van de Volkeraksluizen en de mogelijke voorspelfout. De waterstanden behorende bij een terugkeertijd van 1/2000 jaar volgens de methode die in § 4.5 is besproken is NAP +2,1 m en bij een terugkeertijd van 1/4000 jaar is NAP +2.2 m (af te lezen uit figuur 5.18). Dit verschil zou alleen van belang kunnen zijn bij het toetsen van de dijkhoogte. De dijken langs het Volkerak-Zoommeer hebben echter voldoende overhoogte.

Vanwege het globale karakter van deze toetsing is geen rekening gehouden met de toeslag voor opwaaiing. Voor één dijkvak in West-Brabant is het wel van belang dat de toeslag voor opwaaiing wordt

---

meegenomen, omdat hier de kruinhoogte lager is dan in de overige vakken. Er moet rekening gehouden worden met een groter overslagdebiet. Verwacht wordt dat de grasbekleding ook bij een groter overslagdebiet sterk genoeg is. Voor het bepalen van de golfrandvoorwaarden is het ook hier niet mogelijk gebruik te maken van Hydra\_B. Daarom is in deze studie gebruikgemaakt van Bretschneider, zoals onder andere beschreven in de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 – benedenrivieren [23]. Voor een uitgebreidere beschrijving van de gehanteerde randvoorwaarden wordt verwezen naar [20,21].

### **Globale beoordeling dijken**

- Alle beoordeelde dijken voldoen op hoogte (golfoploop en -overslag).
- De waterkering van dijkringgebied 25 (Goeree-Overflakkee) voldoet gedeeltelijk (circa 11 km) niet op het spoor binnenwaartse macrostabiliteit. Dit oordeel is gebaseerd op beperkte gegevens uit eerdere berekeningen, aangevuld met realistisch bedoelde (niet persé conservatieve) aannamen over de constructie. Ook de gehanteerde methode is een benadering met onzekerheden, maar is niet persé conservatief. De lengte van 11 km is redelijk nauwkeurig, want is gebaseerd op beschikbare dwarsprofielen met onderlinge afstand van 1 à 3 km.
- De waterkering van dijkringgebied 27 (Tholen en St-Philipsland), voldoet op een 1,5 km lang dijkgedeelte langs de Slabbecoornpolder mogelijk niet op buitenwaartse macrostabiliteit. Dit komt door een te dicht op de waterkering liggende geul.
- De waterkering van dijkringgebied 31 (Zuid-Beveland Oost) op het gedeelte langs het Bathse Spuikanaal tot de aansluiting op de Oesterdam (2,1 km) voldoet mogelijk niet. Dit geldt voor de sporen binnen- en buitenwaartse macrostabiliteit en piping.
- De waterkering van dijkringgebied 34 (West-Brabant) voldoet gedeeltelijk niet op de sporen bekledingen (20 km) en piping (circa 1 km). Voor de bekledingen geldt dat het afgekeurde bekledings-type langs het Volkerak over 20 km voorkomt; het is mogelijk dat voor een deel van dit vak in werkelijkheid minder zware golven voorkomen, maar anderzijds is de score ruimschoots onvoldoende. Het negatieve oordeel over piping is gebaseerd op beperkte gegevens en een conservatieve rekenmethode.

---

### **Globale beoordeling kunstwerken**

- De Mandersluis te Dintelsas voldoet niet op hoogte.
- De kunstwerken voldoen op de sporen stabiliteit constructie en piping/heave op basis van bewezen sterkte. De kunstwerken hebben vergelijkbare waterstanden te verduren gehad voor de afsluiting van het Krammer.
- De sterkte van de afsluitmiddelen van de Mandersluis en de spuisluis Benedensas voldoen niet. De spuisluis staat permanent dicht, maar de afsluitmiddelen zijn niet berekend op hogere waterstanden.
- De kunstwerken die geautomatiseerd zijn, hebben de score 'goed' voor de bediening. Voor de sluizen is het oordeel 'twijfelachtig' aangezien in de bedieningsprocedures niet is voorzien in de voorgenomen maatregel.

### **Globale beoordeling waterkerende verbindingsdammen**

Voor de steenzetting op de Grevelingendam is waarschijnlijk verbetering nodig.

## **6.4 Buitendijkse bebouwing Tholen**

Net buitendijks bij Tholen wordt het nieuwbouwproject "Waterfront Tholen" gerealiseerd bestaande uit 95 woningen (figuur 6.1). Bijlage F bevat een kaart met daarop de exacte locaties van de woningen. Wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer ingezet wordt, zal een gedeelte van deze huizen wateroverlast hebben. Er zijn drie mogelijke oplossingen voor dit probleem:

1. Vergoeden schade na iedere gebeurtenis.
2. Onteigenen woningen.
3. Extra beschermingsmaatregelen treffen zodat deze woningen beschermd zijn tegen hoge waterstanden. Gedacht kan worden aan het afsluiten van de havenmonding, waarin een keersluis wordt gerealiseerd. Naar de mogelijkheden hiervoor is nog geen verder onderzoek gedaan.



---

In het algemeen kan worden gesteld dat naar mate de betrokken belangen méér, vaker en sterker worden aangetast, er meer reden kan zijn tijdig tot verwerving/onteigening over te gaan. Gezien dit uitgangspunt zou onteigenen niet slagen als gevolg van de lage frequentie van inzetten van de maatregel en zou verwerven onnodig zijn, waardoor overblijft dat Rijkwaterstaat in verband met het te nemen besluit of de te verrichten handelingen ofwel op grond van de nadeelcompensatieregeling ofwel op grond van de planschade-artikelen in de Wet op Ruimtelijke Ordening (WRO) verplicht is schadevergoeding te betalen.

.....

**Figuur 6.1**

Buitendijkse bebouwing op havendam bij Tholen [20].





---

## 7. Lopende projecten Zeeuwse Delta

.....

### 7.1 Inleiding

Momenteel worden ook andere sporen uitgewerkt om de Zeeuwse Delta in te richten. Twee belangrijke projecten hierin zijn de 'Planstudie Volkerak-Zoommeer' en 'Delta InZicht'. In de planstudie Volkerak-Zoommeer worden voor de termijn tot 2015 alternatieven uitgewerkt voor de aanpak van de slechte waterkwaliteit, in het bijzonder de ernstige blauwalgenbloei waarmee het meer in de zomer te kampen heeft. In het project Delta InZicht is een integrale visie op de toekomst van de Deltawateren geformuleerd. Deze visie "De Delta in Zicht" is in februari 2003 vastgesteld door de provincies Noord-Brabant, Zuid-Holland en Zeeland. Om redenen van veiligheid, economie, ecologie en welzijn wordt in de visie een voorkeur uitgesproken voor het herstel van de estuariene dynamiek van Zuidwest Nederland. Het is belangrijk om de invloed die de maatregel Volkerak-Zoommeer vanuit Ruimte voor de Rivier kan hebben op beide studies in beeld te brengen.

### 7.2 Planstudie Volkerak-Zoommeer

De hoge nutriënten toevoer naar het Volkerak-Zoommeer in combinatie met de lange verblijftijd, is de oorzaak van de jaarlijks terugkerende blauwalgenbloei in het meer. Vanaf 1995 is een aantal maatregelen uitgevoerd, maar deze blijken niet toereikend te zijn. Daarom is de afgelopen twee jaar een verkenning uitgevoerd naar de oplossingsrichtingen voor de slechte waterkwaliteit. Als vervolg op deze verkenning is de Planstudie Volkerak-Zoommeer gestart. In fase 1 van deze planstudie (termijn tot 2015) worden de volgende alternatieven uitgewerkt:

1. Nul-alternatief met geoptimaliseerd beheer: zoet stilstaand meer met actief biologisch beheer en brongerichte aanpak Brabantse rivieren, minimale inlaat Maas- en Rijnwater.
2. Zoet alternatief: optimale doorstroming vanuit het Hollandsch Diep met als doel het uitdunnen van de blauwalgpopulatie in de waterkolom.
3. Zout alternatief: inlaat zout water vanuit de Oosterschelde, zoutgehalte wordt circa 10-12 g/l (het noordelijk deel van het Volkerak blijft mogelijk wat zoeter).

---

De alternatieven kunnen over het algemeen goed worden gecombineerd met de maatregel Volkerak-Zoommeer vanuit Ruimte voor de Rivier. Door de zeer lage frequentie waarmee deze maatregel ingezet zal worden (1/1430 jaar) tot de periode van circa 2015, zal de maatregel geen onoverkomelijke problemen opleveren voor de alternatieven in de planstudie Volkerak-Zoommeer voor de middellange termijn. Het ene alternatief kan echter wel robuuster zijn dan de andere ten opzichte van de maatregel Volkerak-Zoommeer. Bij het zoete alternatief (optimale doorstroming) is het systeem bijvoorbeeld al 'gewend' aan een inkomende hoeveelheid water vanuit het Hollandsch Diep. De hoeveelheid zoet water bij het inzetten van de maatregel Volkerak-Zoommeer is echter wel vele malen groter. Bij het zoute alternatief zou een grote hoeveelheid zoet water vanuit het Hollandsch Diep de aanwezige zoet/zout gradiënt kunnen verleggen richting de Krammersluizen. Een tijdelijke verschuiving hoeft echter geen probleem te zijn. Een ander gevolg bij een zout systeem is dat het water dat terugstroomt naar het Hollandsch Diep een hoger chloridegehalte heeft, maar gelet op de hoge afvoer in een dergelijke periode zal dit geen ernstige gevolgen hebben voor het ecosysteem van het Hollandsch Diep.

In de beoogde planstudie fase 2 zullen de verschillende eindstations voor de lange termijn (2050) worden onderzocht. Dit zullen zijn:

1. Estuariene dynamiek: zoet-zout stromend met getij.
2. Dynamische zeearm: zout stromend met getij.
3. Rivierdynamiek: zoet stromend.

Vanwege de grote dynamiek, zijn deze eindoplossingen robuuster en veerkrachtiger, waardoor het ecosysteem beter in staat om te herstellen van de verstoringen die tijdens de hoogwater opvang kunnen optreden. Bij deze eindoplossingen is uitgegaan van een Volkerak-Zoommeer dat tevens een structurele waterbergingsfunctie heeft, waarbij ook water kan worden doorgevoerd richting Oosterschelde via doorlaatmiddelen. Deze doorlaatmiddelen maken de uitwisseling van water tussen de verschillende systemen mogelijk.

---

### 7.3 De Delta in Zicht

In “De Delta in Zicht” is een integrale visie geformuleerd op de toekomst van de Deltawateren. Deze visie is tot stand gekomen in een uitgebreid interactief proces, waarbij alle relevante overheden en belangengroepen betrokken waren. In dit proces is gebleken, dat er een breed draagvlak bestaat voor het herstel van de estuariene dynamiek in de Deltawateren. De visie is uiteindelijk vastgesteld door de provinciale staten van Noord-Brabant, Zuid-Holland en Zeeland en heeft zijn doorwerking gekregen in de Nota Ruimte. Herstel van de estuariene dynamiek i.c. het herstel van de verbindingen tussen de Deltawateren onderling en tussen de Deltawateren en hun omgeving (waaronder de rivieren) is goed voor de ecologie, de economie (visserij, scheepvaart, recreatie) en het welzijn (wonen aan het water, recreatie), maar ook voor de veiligheid. Bij de aanwezigheid van een robuust estuarien systeem kan namelijk wateroverlast in het benedenrivierengebied vermeden worden zonder ecologische schade in de Deltawateren.

Estuariene dynamiek is echter alleen mogelijk wanneer grote doorlaatwerken gerealiseerd worden tussen het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde en/of tussen het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen. Voor alleen natuurherstel zijn deze investeringen waarschijnlijk te hoog. Kortom: realisatie van estuariene dynamiek is waarschijnlijk alleen mogelijk wanneer vanuit de veiligheidsoptiek doorlaatmiddelen aangelegd moeten worden! De oplossingen voor het Volkerak-Zoommeer hangen dus mede af van de besluitvorming rond Ruimte voor de Rivier. In geval van aanleg van doorlaatmiddelen, kan voor zowel de natuur als de veiligheid een ‘win-win’ situatie ontstaan.



---

## 8. Maatregel Volkerak-Zoommeer vs. dijkversterking

---

### 8.1 Inleiding

De maatregel Volkerak-Zoommeer zal worden afgewogen ten opzichte van dijkversterking op het Haringvliet, Hollandsch Diep, Spui, Oude Maas, Noord, Dordtsche Kil en Amer. De effectiviteit van de maatregel wordt uitgedrukt in effect op de MHW. De taakstelling van Ruimte voor de Rivier is in 2015 toetspeilen te realiseren die niet hoger zijn dan volgens het Randvoorwaardenboek 1996 [9]. De dijkhoogten worden echter niet direct uit het toetspeil berekend. Hierdoor ontstaat het gevaar dat er toch nog dijkversterkingen nodig zijn, terwijl aan de taakstelling is voldaan.

### 8.2 Dijkhoogten

Het optreden van (de toelaatbare) golfoverslag is mogelijk door zowel een combinatie van lage waterstanden en hoge golven als een combinatie van hoge waterstanden en lage golven. Voor dijkhoogte is dus de hele range van mogelijke waterstanden en daarmee dus ook de hele range van mogelijke rivierafvoeren, zeestanden en windsnelheden en -richtingen van invloed. Dijkvakken waarbij de hoogte wordt bepaald door lagere waterstand in combinatie met een zware storm uit de ZW/WZW-sector ondervinden dan mogelijk beperkt of zelfs geen effect van de maatregel Volkerak-Zoommeer.

Realisatie van de taakstelling op een bepaald traject houdt dus niet automatisch in dat eventuele dijkversterking voor dat traject kan worden voorkomen:

- per traject kan de maatgevende belasting variëren. Niet perse is de maatgevende hoogwaterstand met geringe golfbelasting maatgevend boven een lagere hoogwaterstand met een grotere golfbelasting;
- dijkinstabiliteit heeft niet altijd verband met (een stijging van) de maatgevende hoogwaterstand. Ook wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer niet ingezet zal worden, zijn er strekkingen langs de dijken die versterkt moeten worden, omdat deze al zijn afgekeurd op bijvoorbeeld macrostabiliteit binnenwaarts.

Het is nog onduidelijk op welk moment dergelijke dijkverbeteringen noodzakelijk zijn. Dit kan aanleiding zijn om - zeker voor de lange termijn - nader onderzoek te doen naar afstemming tussen integrale dijkversterking en inzet van de maatregel Volkerak-Zoommeer.

(Gebaseerd op memo René Piek, Provincie Zuid-Holland. Bijlage G).





---

## 9. Conclusies

.....

### 9.1 Korte termijn (tot 2015)

- Bij dit onderzoek is als uitgangspunt genomen dat de maatregel Volkerak-Zoommeer wordt ingezet als de Maeslantkering en Hartelkering zijn gesloten en een waterstand bij Rak-Noord van NAP +2,60 m (toetspeil) is voorspeld. Voor de korte termijn wordt uitgegaan van alleen de huidige doorlaatwerken met minimale aanpassing. Deze doorlaatwerken zijn: Volkerakspuisluizen, Bathse spuisluis en Krammersluizen.
- De kans dat de maatregel wordt ingezet op de korte termijn bij deze manier van inzetten is 1/1.430 jaar.
- Het inzetten van de maatregel met de huidige doorlaatwerken lost de taakstelling op het Haringvliet - Hollandsch Diep ruim op. Rondom Dordrecht wordt de taakstelling net gehaald. Op de Maas wordt de taakstelling tot aan Drimmelen opgelost.
- Wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer gecombineerd wordt ingezet met het verlagen van het sluitcriterium van de Maeslantkering en Hartelkering, levert dit voornamelijk langs de Oude Maas een versterkt waterstandsdalend effect op.
- Realisatie van de taakstelling op een bepaald traject houdt niet automatisch in dat eventuele dijkversterking voor dat traject kan worden voorkomen, omdat per traject de maatgevende belasting kan variëren en niet perse de maatgevende hoogwaterstand met geringe golfbelasting maatgevend is boven een lagere hoogwaterstand met een grotere golfbelasting. Tevens heeft de dijkinstabiliteit niet altijd verband heeft met (een stijging van) de maatgevende hoogwaterstand. Ook wanneer de maatregel Volkerak-Zoommeer niet ingezet zal worden zijn er delen van dijken die versterkt moeten worden, omdat deze al zijn afgekeurd op bijvoorbeeld macrostabiliteit binnenwaarts.
- Het inzetten van de maatregel op korte termijn leidt tot verhoogde waterstanden op het Volkerak-Zoommeer ( $1/2000 = 2,1$  m;  $1/4000 = 2,2$  m). De waterstanden zijn gedurende acht dagen verhoogd, of wanneer gebruik gemaakt wordt van het terugspuien naar het Hollandsch Diep, gedurende twee dagen.

---

## Gevolgen

- De afwatering van West-Brabant is afhankelijk van de waterstand op Volkerak-Zoommeer. Wanneer de maatregel ingezet wordt (met een kans van voorkomen van 1x per 1430) kunnen de rivieren Mark/Dintel en de Vliet gedurende de periode van twee of acht dagen niet lozen. Tijdens de situatie waarop waterberging op het Volkerak-Zoommeer plaatsvindt bestaat een grote kans (50 -60 %) op een bovengemiddelde winterafvoer van de Mark en de Vliet. Dit betekent voor in ieder geval het boezemgebied van de Mark en de Vliet dat het kan leiden tot wateroverlast en schade. Verder kan het er toe leiden dat de bemaling van aangrenzende polders beperkt of gestremd wordt, hetgeen zonder aanvullende maatregelen tot wateroverlast in die gebieden kan leiden.
- Mogelijk werken de gemalen langs het Volkerak-Zoommeer tijdelijk niet wanneer de maatregel ingezet wordt.
- Het effect op de ecologie is door de kleine kans van voorkomen en daarom de lange hersteltijd klein. Per gebeurtenis zal mogelijk vervuild slib het Volkerak-Zoommeer opkomen. Door het overstromen van de droge gebieden zouden ook de kleinere bodemdieren en grotere grazers kunnen verdrinken.
- Uit een globale toetsing van de dijken langs het Volkerak-Zoommeer en de verbindende waterkeringen is gebleken dat alle dijken voldoende hoog zijn. Een traject van circa 14,5 km voldoet mogelijk niet aan de stabiliteitseisen, een traject van 20 km (West-Brabant) en de Grevelingendam voldoen niet aan de eisen voor bekleding. De gegevens waarop deze globale toetsing is uitgevoerd waren zeer beperkt.
- Wanneer de maatregel op deze manier ingezet wordt, moeten ook enkele minimale aanpassingen aan de doorlaatwerken uitgevoerd worden. Dit zijn voor de Volkerakspuisluizen het weer in werking brengen van vier van de acht hefschuiven en in het geval van terugspuien, het aanbrengen van bodembescherming aan de zijde van het Hollandsch Diep. Voor het terugspuien moet nog nader onderzoek uitgevoerd worden naar de trillingseffecten van de hefschuiven. Voor de Krammersluizen is het aanbrengen van bodembescherming aan de Oosterscheldezijde noodzakelijk.
- De buitendijkse bebouwing bij Tholen ondervindt waterschade per gebeurtenis.
- Door de zeer lage frequentie waarmee deze maatregel ingezet zal worden (1/1430 jaar), zal de maatregel Volkerak-Zoommeer vanuit Ruimte voor de Rivier geen onoverkomelijke problemen opleveren voor de alternatieven in de Planstudie Volkerak-Zoommeer voor de termijn tot 2015.

---

## 9.2 Lange termijn (tot 2050/2100)

- Bij dit onderzoek is als uitgangspunt genomen dat de maatregel Volkerak-Zoommeer wordt ingezet als de Maeslantkering en Hartelkering zijn gesloten en het toetspeil bij Rak-Noord van NAP +2,60 m is voorspeld. De randvoorwaarden voor de lange termijn zijn 60 cm zeespiegelstijging en toename van de maatgevende afvoer naar 18.000 m<sup>3</sup>/s.
- Voor de lange termijn zijn verschillende scenario's onderzocht: handhaven huidige doorlaatwerken, doorvoeren richting Oosterschelde via groot doorlaatmiddel Philipsdam, doorvoeren richting de Grevelingen via groot doorlaatmiddel in Grevelingendam en doorvoeren naar Oosterschelde en Grevelingen tegelijk.
- Als gevolg van de toename van de zeespiegelstijging en verhoogde rivierafvoer neemt de kans dat de maatregel ingezet wordt in de loop van de eeuw toe fors toe. Dit geldt wanneer geen andere maatregelen in het benedenrivierengebied (zoals dijkversterking, ander beheer stormvloedkeringen) zouden worden genomen.
- Geen van bovengenoemde scenario's lost de taakstelling helemaal op. Het scenario met de huidige doorlaatwerken is het minst effectief, maar lost nog circa 30 % van de taakstelling op het Haringvliet - Hollandsch Diep op. De overige scenario's zijn allen ongeveer even effectief en lossen op dit traject ongeveer 60 % op. Hydraulisch gezien is het scenario met alleen de Grevelingen de beste keuze.
- De 'lek' van de Oosterscheldekering maakt het bergen op de Oosterschelde bijna even effectief als bergen op de Grevelingen, terwijl de Grevelingen ongeveer 1,5 keer zo klein is.
- De 1/2.000 waterstand voor het scenario waarbij alleen de huidige doorlaatwerken worden ingezet is NAP +2,7 m, de 1/4.000 waterstand is NAP +2,8 m. De 1/2.000 waterstand voor het scenario waarbij ook doorgevoerd wordt naar de Oosterschelde is NAP +2,45 m, de 1/4.000 waterstand is NAP +2,5 m.
- De waterstanden zijn gedurende 1,5 dag verhoogd voor de scenario's waarbij grote doorlaatmiddelen zijn aangebracht. Voor het scenario waarbij de huidige doorlaatwerken worden gebruikt, is de waterstand gedurende 2 of 8 dagen verhoogd, afhankelijk of teruggespuid wordt of niet.

---

### **Gevolgen**

- De soort gevolgen op de lange termijn zijn gelijk aan die op de korte termijn, alleen speelt de frequentietoename een belangrijke rol.
- Op de lange termijn nemen de risico's van wateroverlast in West-Brabant sterk toe.
- Door de relatief snelle herhalingsstijd brengt de maatregel meer ecologische schade met zich mee. De visie op de lange termijn is het herstel van de estuariene delta (De Delta in Zicht), die grote hoeveelheden zoetwater beter kan opvangen. Realisatie van estuariene dynamiek is waarschijnlijk alleen mogelijk wanneer vanuit de veiligheidsoptiek doorlaatmiddelen aangelegd moeten worden. De oplossingen voor het Volkerak-Zoommeer hangen dus mede af van de besluitvorming rond Ruimte voor de Rivier. In geval van aanleg van doorlaatmiddelen, kan voor zowel de natuur als de veiligheid een 'win-win' situatie ontstaan.

---

## 10. Aanbevelingen

---

Uit deze verdiepingsslag zijn nog een aantal punten naar voren gekomen die nader onderzoek verdienen. Deze punten worden hieronder besproken.

- Optimalisatie van de maatregel. Wanneer op een slimme manier omgegaan wordt met de spuumiddelen langs het Volkerak-Zoommeer is het wellicht mogelijk dat de maatregel effectiever wordt. Een optie zou zijn om eerder te spuien dan noodzakelijk, waardoor de waterstand op het VZM lager is als de maatregel wordt ingezet. Daarnaast is voor de lange termijn niet gezocht naar een optimale afmeting van de doorlaatmiddelen in de Philipsdam en Gevelingendam.
- Optimalisatie van het beheer van de Maeslantkering en de Hartelkering kan de maatregel mogelijk effectiever maken en de frequentie van inzet nog wat beperken.
- Nader civiel technisch onderzoek naar de mogelijkheid om terug te spuien naar het Hollandsch Diep.
- Uitgebreid onderzoek naar de waterkeringsveiligheid langs het Volkerak-Zoommeer. In deze verdiepingsslag was alleen globale beoordeling mogelijk, omdat er te weinig gegevens beschikbaar waren/zijn.
- Verdere analyse van de gevolgen die waterberging op het Volkerak-Zoommeer heeft voor West-Brabant. Gedacht moet worden aan het bepalen van de wateroverlast in de polders aangrenzend aan de Mark-Vliet boezem en de toename van het overstromingsrisico. Daarnaast ook welke maatregelen er getroffen moeten worden om de nadelige effecten voor de afvoersituatie van West-Brabant te compenseren.

Het wordt aanbevolen dit nader onderzoek uit te voeren in het kader van een planstudie Volkerak-Zoommeer die na het in werking treden van de PKB Ruimte voor de Rivier wordt opgestart.



---

## Referenties

.....

- [1] Startnotitie MER, 2002. Ruimte voor de Rivier.
- [2] Snippen, E., 2001. Integrale Verkenning Benedenrivieren: Hydraulica en Morfologie. Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland/ RIZA, Rotterdam/Lelystad.
- [3] WL | Delft Hydraulics en HKV LUN IN WATER, 2002. Spankrachtstudie deelrapport 6. Nadere analyses en verdiepingsslagen in het benedenrivierengebied. Project Q3062, april 2002.
- [4] Haas, H en M. Tosserams, 2001. Balanceren tussen zoet en zout. Ruimte voor veerkracht en veiligheid in de Delta. Rapport RIKZ/2001.18. Rapport RIZA/2001/014.
- [5] Rijkswaterstaat RIZA, 1991. Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder. RIZA nota 91.027.
- [6] Rijkswaterstaat Directie Zeeland, 2000. Waterakkoord Volkerak-Zoommeer.
- [7] Withagen, L., 2000. Delta 2000. Inventarisatie huidige situatie Deltawerken. Project Blauwe Delta, RIKZ/2000.047.
- [8] Houtekamer, N., 1999. Waterbeheersplan Grevelingenmeer, 1999-2003. Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- [9] Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, DWW, RIKZ, RIZA, 1996. Hydraulische Randvoorwaarden 1996 voor het toetsen van primaire waterkeringen.
- [10] Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, DWW, RIKZ, RIZA, 2001. Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen.
- [11] Tractatenblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 1963. Verdrag tussen het Koninkrijk der Nederlanden en het Koninkrijk België betreffende de verbinding tussen de Schelde en de Rijn, met bijlagen. Jaargang 1963 Nr. 78 Artikel 15-2.
- [12] Jörissen, J.G.L., 2004. Inzetbaarheid kunstwerken in verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer. Rijkswaterstaat Bouwdienst.

- 
- [13] Svasek, 2000. Aanvullende berekeningen Project Blauwe Delta met het Deltamodel. Rivierdynamiek en extreme afvoeren.
- [14] Duits, M.T., 2002. Special Hydra-B. Stochastische naverwerkingsroutine MHW-processor. Systeemdokumentatie versie 1.0. HKV Lijn in water PR471.20.
- [15] Duits, M.T., J.M. van Noortwijk en J. Ansink, 2001. Rekenmodule benedenrivieren. Versie 1.4 Handleiding. HKV LIJN IN WATER, PR334.
- [16] Geerse, C.P.M., 2003. Probabilistisch model hydraulische randvoorwaarden benedenrivierengebied. RIZA werkdocument 2003.128X.
- [17] Barneveld, H.J. en R.P. Versteeg, 2004. Verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer. Gestemde afvoer West-Brabantse rivieren. HKV LIJN IN WATER.
- [18] Waterschap Brabantse Delta, 2004. Afwateringssituatie West-Brabant in relatie tot gebruik Volkerak-Zoommeer voor waterberging. Rapport nr. 04I001518.
- [19] Zwolsman, J.J.G. en R.M. Kouer, 2002. Microverontreinigingen in het Volkerak-Zoommeer. Trends en ontwikkelingen van 1992 t/m 2000. RIZA rapport 2002.027.
- [20] Nieuwenhuijzen, L.W. en R.M. Bos, 2004. Waterkeringsveiligheid langs Volkerak-Zoommeer. Ruimte voor benedenrivieren. Royal Haskoning rapport 9P4722.A0.
- [21] Nieuwenhuijzen, L.W. en R.M. Bos, 2004. Waterkeringsveiligheid langs Volkerak-Zoommeer – verbindende waterkeringen. Ruimte voor benedenrivieren. Royal Haskoning rapport 9P4722.B0.
- [22] Bos, R.M. en L.W. Nieuwenhuijzen, 2005. Veiligheid waterkeringen Volkerak-Zoommeer. Nader onderzoek. Royal Haskoning rapport 9R0466.A0
- [23] Technisch Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1998. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 – benedenrivieren.
- [24] Helsloot, I.C.M., 1991. Beheersstrategie stormvloedkering Hartelkanaal; sluitfrequentie en faalkans. RIZA werkdocument 91.067X.



**Waterakkoord betreffende de regeling van de uitwisseling van water tussen het Volkerak-Zoommeer, alsmede de daarmee in open verbinding staande wateren, en de omliggende beheersgebieden.**

1. Doel van het waterakkoord is het bereiken van een doelmatig beheer en een doelmatige verdeling van het beschikbare water, met name in perioden van watertekort, en een efficiënte afvoer van overtollig water naar zee, met name in perioden van wateroverlast.
2. Het is noodzakelijk om tussen de betrokken waterbeheerders onderling afstemming te bereiken in het geval van optreden van calamiteiten.
3. Bij het beheer van het Volkerak-Zoommeer wordt rekening gehouden met de richtlijnen voor het beleid en beheer, zoals deze zijn omschreven in de Vierde Nota Waterhuishouding, het Beheersplan voor de Rijkswateren, het Inrichtings- en Beheersplan voor het Zoommeer en het Beleidsplan Krammer-Volkerak.
4. Voor het Volkerak-Zoommeer vigeert een Peilbesluit, voor het laatst vastgesteld 29 februari 1996 en te evalueren in 2000.
5. De Calamiteitenregeling 'hoge waterstanden Volkerak-Zoommeer tengevolge van hoge rivierafvoeren' is van toepassing ten tijde van hoge waterstanden op het Volkerak-Zoommeer en bij de Trambrug te Breda.
6. De Calamiteitenregeling 'hoge waterstand op Volkerak-Zoommeer' is van toepassing bij dreigende peiloverschrijding van NAP +0,50m.
7. Op basis van een Ministerieel Besluit wordt gestreefd naar het beperken van het chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer.
8. Met dit akkoord wordt invulling gegeven aan de registratieplicht (meldings- en meetplicht) op grond van art. 12 en 13 van de Wet op de Waterhuishouding voor wat betreft de in dit akkoord afgesproken wateruitwisseling tussen de deelnemers.
9. Op grond van art. 17, eerste lid, van de Wet op de Waterhuishouding juncto art. 19 van de Uitvoeringsregeling waterhuishouding is het Volkerak-Zoommeer aangewezen als water waarvoor ten aanzien van de watervoorziening in delen van Noord-Brabant, Zeeland en Zuid-Holland alsmede de uitlaat naar het Volkerak/ Zoommeer ten behoeve van de afwatering van die gebieden een waterakkoord dient te worden vastgesteld.
10. Dit waterakkoord beperkt zich tot het vastleggen van bestaande afspraken, maar kan daarmee wel een basis vormen van gezamenlijke visie en beleidsontwikkeling.

.....

**Peilbesluit Volkerak-Zoommeer,**

*Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Middelburg, 29 februari 1996*

1. Het Peilbesluit gaat uit van een meerpeil, dat onder invloed van natuurlijke omstandigheden fluctueert (regenmodel), waarbij wordt gestreefd de fluctuaties te beperken tussen NAP -0,10 m en NAP +0,15 m. Tot circa medio 1996, als baggerwerkzaamheden op de Mark/Dintel zijn uitgevoerd zal de fluctuatie beperkt worden tussen NAP en NAP +0,15 m. Genoemde peilen zijn exclusief op- en afwaaiing.
2. Doel van het fluctuerend peilbeheer is het voorkomen van een omslag naar een troebel, door witvis en algen gedomineerd, zoetwatersysteem.
3. Bij (dreigende) overschrijding van het noodpeil te Breda blijven aanvullende lozingsmaatregelen noodzakelijk, waarbij het niet uitgesloten is dat zo een situatie optreedt bij lagere meerpeilen dan NAP +0,50 m.
4. Het Peilbesluit heeft een tijdelijk karakter. In het Permanent Overlegorgaan voor Waterbeheer en Noordzee-aangelegenheden, is opgemerkt dat op termijn een beheer met een ruimer peilverschil nodig kan zijn, maar dat daarvan niet op voorhand mag worden uitgegaan. De mogelijkheid voor het invoeren van een groter peilverschil moet, op termijn van maximaal 4 jaar, blijken uit een studie en uit de evaluatie van het nu vastgestelde peilbeheer.

[Bron: Waterakkoord Volkerak-Zoommeer (2000)].

.....

### **Wet op de Waterhuishouding en Uitvoeringsregeling waterhuishouding**

Het waterakkoord is geregeld in de artikelen 17 tot en met 23 van de Wet op de Waterhuishouding. Het waterakkoord is een van de beheersinstrumenten voor het kwantiteitsbeheer van oppervlaktewater. Het is bedoeld om beheersafspraken te maken tussen waterkwantiteitsbeheerders met betrekking tot de wijze, waarop zij de in- of uitlaat van water ten opzichte van elkaar in het belang van de waterhuishouding regelen. Wanneer de waterkwantiteitsbeheerder niet tevens waterkwaliteitsbeheerder is, dan dient ook de kwaliteitsbeheerder deel te nemen aan het waterakkoord. De afspraken in het waterakkoord kunnen betrekking hebben op allerlei aspecten, die op de waterbeweging betrekking hebben, zoals kwantitatieve, kwalitatieve en financiële aspecten. De afspraken binden deelnemers en indien een van de deelnemers zich niet houdt aan de afspraken, kan naleving daarvan worden afgedwongen.

In art. 17, eerste lid, van de Wet op de Waterhuishouding juncto art. 19 van de Uitvoeringsregeling waterhuishouding is het Volkerak-Zoommeer aangewezen als water waarvoor ten aanzien van de watervoorziening in delen van Noord-Brabant, Zeeland en Zuid-Holland alsmede de uitlaat naar het Volkerak-Zoommeer ten behoeve van de afwatering van die gebieden een waterakkoord dient te worden vastgesteld. (Bron: waterakkoord Volkerak-Zoommeer (mei 2001)).



.....

Om de methode waarmee de overschrijdingsfrequentielijnen op het Volkerak-Zoommeer worden bepaald inzichtelijk te maken wordt hieronder het principe behandeld. Hierbij worden twee keringen in beschouwing genomen: Maeslantkering en Hartelkering samen als één kering (SVKW) en de Volkeraksluizen (VKS). Beiden kunnen in twee toestanden voorkomen: geheel geopend of volgens een zekere strategie gesloten. In dergelijke situatie zijn totaal vier combinaties mogelijk:

1. SVKW dicht en VKS dicht
2. SVKW dicht en VKS open
3. SVKW open en VKS dicht
4. SVKW open en VKS open

Voor iedere bovengenoemde combinatie van de keringen kunnen vervolgens de berekeningen worden uitgevoerd van de 9 rivieraftoeren en 6 stormen op zee zoals in § 4.3 is besproken. Merk hierbij op dat de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer in de situaties 1 en 3 gelijk zijn, de Volkeraksluizen blijven namelijk in beide situaties gesloten.

Om nu de overschrijdingsfrequentie van een hoogwaterstand op een locatie op het Volkerak-Zoommeer te berekenen, zijn de kansen nodig dat gegeven een hoogwaterstand  $H_x$ , de SVKW en de VKS open dan wel gesloten zijn. De kans op een zekere combinatie van toestanden van beide keringen hangt af van [24]:

- a) Nauwkeurigheid waterstandsvoorspelling.
- b) De faal- en bezwijkkans van de keringen.
- c) De mate van onderlinge afhankelijkheid van falen en bezwijken van de keringen.

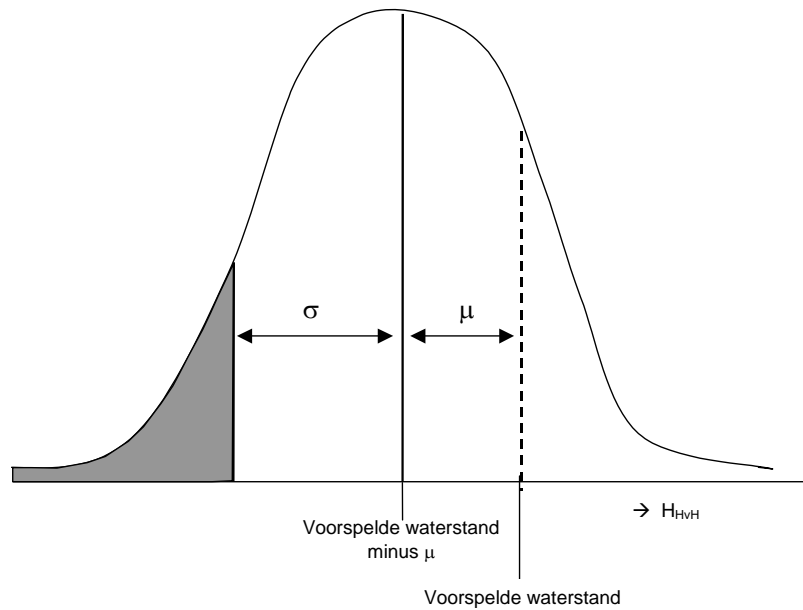
ad a)

De kans dat de keringen open of dicht gaan op basis van alleen de waterstandsvoorspelling, gegeven een hoogwaterstand te Hoek van Holland en een Bovenrijnafvoer, wordt berekend middels een normale verdeling [Helsloot, 1991]. Gegeven de gemiddelde afwijking tussen de voorspelde en opgetreden waarde en de standaarddeviatie in de voorspelfout, kan de kans worden berekend dat de kering onder die condities open dan wel dicht staat. De gemiddelde afwijking tussen de voorspelde en opgetreden waarde ( $\mu$ ) die hierbij wordt gehanteerd is 9 cm en de standaarddeviatie in de voorspelfout ( $\sigma$ ) is 18 cm. Deze gegevens zijn gebaseerd op de gegevens die gebruikt worden bij de Maeslantkering, maar zijn voor de Volkeraksluizen hieraan gelijkgesteld, omdat hiervoor geen gegevens beschikbaar zijn.

In figuur C.1 representeert het gearceerde deel de kans dat de kering dicht staat, gegeven de waterstand te Hoek van Holland (HvH) en de Bovenrijnafvoer.

**Figuur C.1**

Simulatie verdeling van de fout in de hoogwaterstandsvoorspelling. Het gearceerde deel geeft de kans aan dat de kering dicht staat, gegeven H1 te Hoek van Holland [24].



ad b)

De kans op een open situatie voor de Maeslantkering en de Hartelkering of dichte situatie voor de Volkeraksluizen (falen van de keringen), terwijl op basis van de voorspelling een gesloten kering verwacht zou worden, wordt gemodelleerd door middel van een constante faalkans van de keringen. De faal- en bezwijkkans van de Maeslantkering is bekend. Dit is 1/1000 per gebeurtenis. Dit is voor de Volkeraksluizen niet bekend en is daarom gelijk genomen aan die van de Maeslantkering.

ad c)

De mate van afhankelijkheid in de gebeurtenissen van het beheer van de keringen bepaalt de formulering van de conditionele kansen op een combinatie van toestanden van de keringen. Dit wordt toegelicht aan de hand van een 'gebeurtenissenboom' (figuur C2).

Uit de gebeurtenissenboom kan worden afgeleid hoe de kansen zijn verdeeld over de vier combinaties van standen van de keringen (waarin  $p$  = kans):

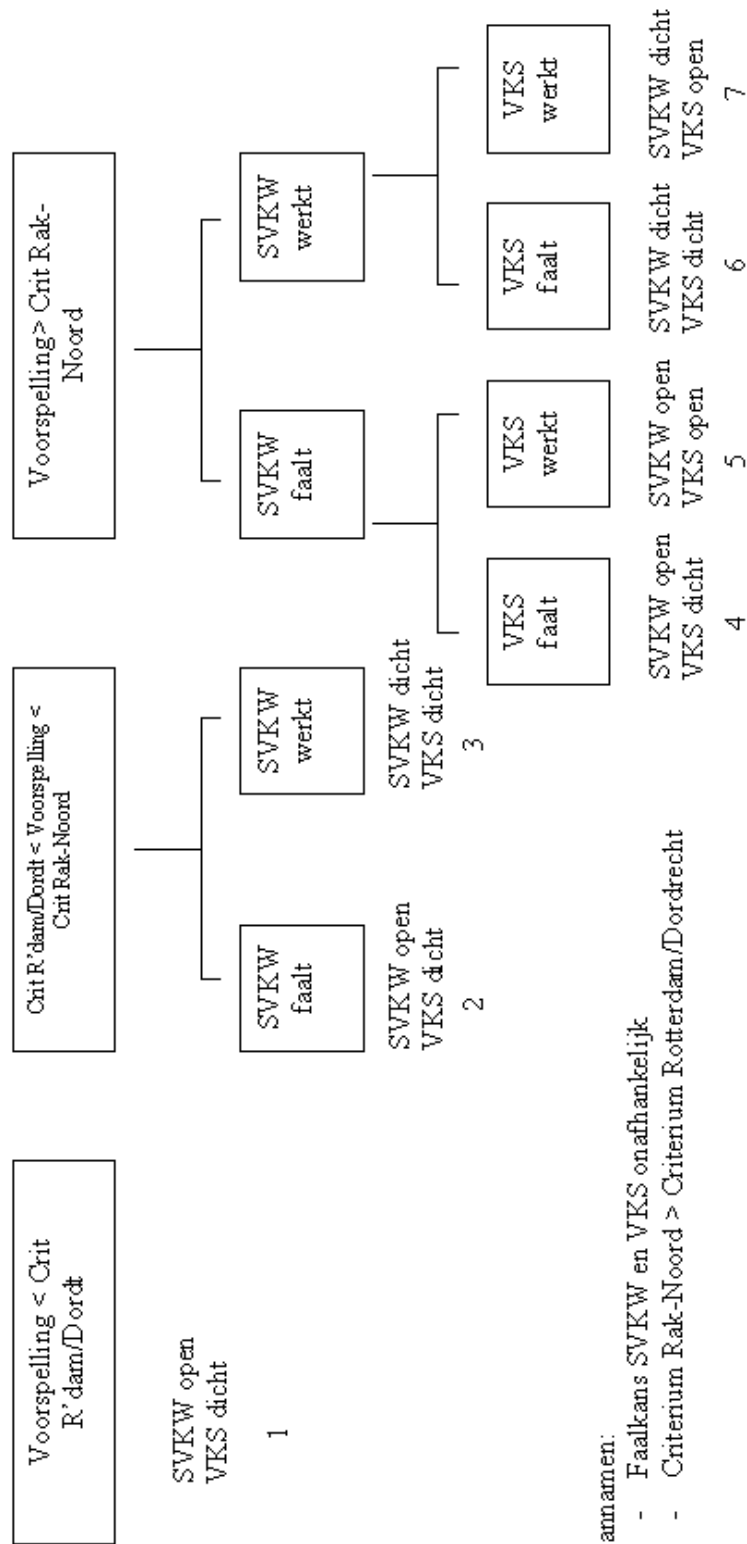
$$p(\text{SVKW dicht en VKS dicht}) = p(3) + p(6)$$

$$p(\text{SVKW dicht en VKS open}) = p(7)$$

$$p(\text{SVKW open en VKS dicht}) = p(1) + p(2) + p(4)$$

$$p(\text{SVKW open en VKS open}) = p(5)$$

Gegeven hoogwaterstand Hoek van Holland en  
Bovenrijnafvoer



**Figuur C.2**

Gebeurtenissenboom combinatie toestanden keringen.





## Bijlage D MHW-verlaging korte-termijnvariant 1

Locatie	Taakstelling [m]	MHW-verlaging per scenario [m]		
		HDK-1 & 2	HDK-3	HDK-4
Hoek van_Holland	0,00	0,00	0,00	0,00
Maassluis	-0,15	0,00	-0,30	0,00
Vlaardingen	-0,08	0,00	-0,27	0,00
Rotterdam	-0,12	-0,01	-0,32	0,00
Krimpen aan de IJssel	-0,11	-0,01	-0,30	0,00
Krimpen aan de Lek	-0,10	0,00	-0,27	0,00
Streefkerk	0,04	-0,01	-0,09	-0,01
Schoonhoven	0,15	0,00	-0,01	0,00
Hagestein_beneden	0,06	0,00	0,00	0,00
Alblasserdam_rechter oever	-0,04	-0,02	-0,19	-0,02
Alblasserdam_linker oever	-0,02	-0,03	-0,16	-0,02
Sliedrecht	0,12	-0,04	-0,06	-0,01
Giessendam	0,13	-0,02	-0,02	-0,01
Hardinxveld	0,19	-0,01	-0,02	0,00
Werkendam	0,19	-0,01	-0,02	0,00
Gorinchem	0,34	0,00	0,00	0,00
Vuren	0,26	0,00	-0,01	0,00
Zaltbommel	0,14	0,00	0,00	0,00
Tiel	0,13	0,00	0,00	0,00
Spijkenisse	-0,03	0,00	-0,29	0,00
Goidschalxoord_rechter oever	0,06	-0,02	-0,11	-0,03
Goidschalxoord_linker oever	0,05	-0,01	-0,15	-0,02
Puttershoek_rechter oever	0,02	-0,05	-0,09	-0,05
Puttershoek_linker oever	-0,01	-0,04	-0,13	-0,04
Dordrecht	0,02	-0,04	-0,15	-0,04
Deeneplaat	-0,03	-0,10	-0,04	-0,11
KopvantLand	0,02	-0,05	-0,03	-0,03
Biesboschsluis	0,20	-0,01	-0,01	0,00
Hellevoetsluis	0,13	-0,17	-0,02	-0,18
Middelharnis	0,10	-0,17	-0,03	-0,19
Rak-noord	0,01	-0,11	-0,03	-0,14
Moerdijk	-0,01	-0,11	-0,04	-0,14
Lage Zwaluwe	-0,03	-0,11	-0,04	-0,14
Geertruidenberg	0,18	-0,10	-0,05	-0,08
Keizersveer	0,38	-0,03	-0,03	-0,02
Heesbeen_rechter oever	0,00	-0,02	-0,02	-0,01
Heesbeen_linker oever	0,00	-0,02	-0,01	-0,01
Hedel	-0,09	0,00	0,00	0,00
Lith	-0,45	0,00	0,00	0,00

HDK-1: Randvoorwaarden variant 1 huidige doorlaatwerken (tabel 3.1), met korte termijn randvoorwaarden (tabel 3.2).

HDK-2: HDK-1 en terugspuien via de Volkerakspuisluizen.

HDK-3: HDK-1 en ander sluitcriterium Maeslantkering en Hartelkering: sluiten op voorspelde waterstand van NAP +2,50 m.

HDK-4: HDK-1 en ander beheer Oosterscheldekering: 1 getij voor de storm op laag water sluiten.



## Bijlage E MHW-verlaging lange termijn variant 1 en variant 2

Locatie	Taakstelling [m]	MHW-verlaging per scenario [m]			
		HDL-1	ADL-1a	ADL-1b	ADL-1c
Hoek van_Holland	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
Maassluis	0.26	-0.03	-0.03	-0.09	-0.04
Vlaardingen	0.23	-0.05	-0.07	-0.11	-0.07
Rotterdam	0.18	-0.04	-0.05	-0.10	-0.05
Krimpen aan de IJssel	0.24	-0.02	-0.03	-0.21	-0.03
Krimpen aan de Lek	0.30	-0.04	-0.05	-0.18	-0.05
Streefkerk	0.83	-0.03	-0.04	-0.03	-0.04
Schoonhoven	1.23	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
Hagestein_beneden	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Alblasserdam_rechter oever	0.53	-0.10	-0.14	-0.17	-0.15
Sliedrecht	0.51	-0.05	-0.08	-0.05	-0.08
Giessendam	0.96	-0.03	-0.04	-0.02	-0.05
Hardinxveld	0.95	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02
Werkendam	0.95	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02
Gorinchem	1.15	0.00	-0.01	0.00	-0.01
Spijkensisse	0.27	-0.04	-0.04	-0.17	-0.05
Goidschalxoord_rechter oever	0.47	-0.16	-0.22	-0.21	-0.23
Puttershoek_rechter oever	0.52	-0.18	-0.26	-0.24	-0.28
Dordrecht	0.53	-0.12	-0.18	-0.17	-0.19
Deeneplaat	0.74	-0.18	-0.29	-0.23	-0.30
KopvantLand	0.89	-0.08	-0.12	-0.09	-0.13
Biesboschsluis	0.94	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02
Hellevoetsluis	0.67	-0.23	-0.36	-0.29	-0.39
Middelharnis	0.66	-0.23	-0.37	-0.29	-0.39
Rak-noord	0.66	-0.21	-0.35	-0.31	-0.37
Moerdijk	0.71	-0.21	-0.34	-0.29	-0.36
Lage Zwaluwe	0.74	-0.21	-0.34	-0.28	-0.36
Geertruidenberg	0.91	-0.13	-0.20	-0.14	-0.21
Keizersveer	1.09	-0.06	-0.09	-0.06	-0.09
Heesbeen_rechter oever	1.39	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
Hedel	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00
Lith	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00

HDL-1: Randvoorwaarden variant huidige doorlaatwerken (tabel 3.1), met lange termijn randvoorwaarden (tabel 3.2)

ADL-1a: Randvoorwaarden variant 2 aanpassing doorlaatwerken (tabel 3.1) met doorvoer richting Oosterschelde

ADL-1b: ADL-1a, maar ander sluitcriterium Maeslantkering en Hartelkering: sluiten op voorspelde waterstand van NAP + 2,50 m

ADL-1c: ADL-1a, maar ander beheer Oosterscheldekering: 1 getij voor de storm op laag water sluiten

## Bijlage E MHW-verlaging lange-termijnvariant 1 en 2 (vervolg)

Locatie	Taakstelling [m]	MHW-verlaging per scenario [m]	
		ADL-2	ADL-3
Hoek van_Holland	0.59	0.00	0.00
Maassluis	0.26	-0.04	-0.04
Vlaardingen	0.23	-0.07	-0.07
Rotterdam	0.18	-0.05	-0.05
Krimpen aan de IJssel	0.24	-0.03	-0.03
Krimpen aan de Lek	0.30	-0.05	-0.05
Streefkerk	0.83	-0.04	-0.04
Schoonhoven	1.23	-0.01	-0.01
Hagestein_beneden	1.16	0.00	0.00
Alblasserdam_rechter oever	0.53	-0.14	-0.15
Sliedrecht	0.51	-0.08	-0.08
Giessendam	0.96	-0.04	-0.05
Hardinxveld	0.95	-0.02	-0.02
Werkendam	0.95	-0.02	-0.02
Gorinchem	1.15	-0.01	-0.01
Spijkenisse	0.27	-0.05	-0.05
Goidschalxoord_rechter oever	0.47	-0.23	-0.24
Puttershoek_rechter oever	0.52	-0.28	-0.28
Dordrecht	0.53	-0.19	-0.19
Deeneplaat	0.74	-0.30	-0.31
KopvantLand	0.89	-0.12	-0.13
Biesboschsluis	0.94	-0.02	-0.02
Hellevoetsluis	0.67	-0.40	-0.42
Middelharnis	0.66	-0.40	-0.42
Rak-noord	0.66	-0.38	-0.39
Moerdijk	0.71	-0.36	-0.38
Lage Zwaluwe	0.74	-0.36	-0.37
Geertruidenberg	0.91	-0.20	-0.21
Keizersveer	1.09	-0.09	-0.09
Heesbeen_rechter oever	1.39	-0.01	-0.02
Hedel	1.34	0.00	0.00
Lith	1.37	0.00	0.00

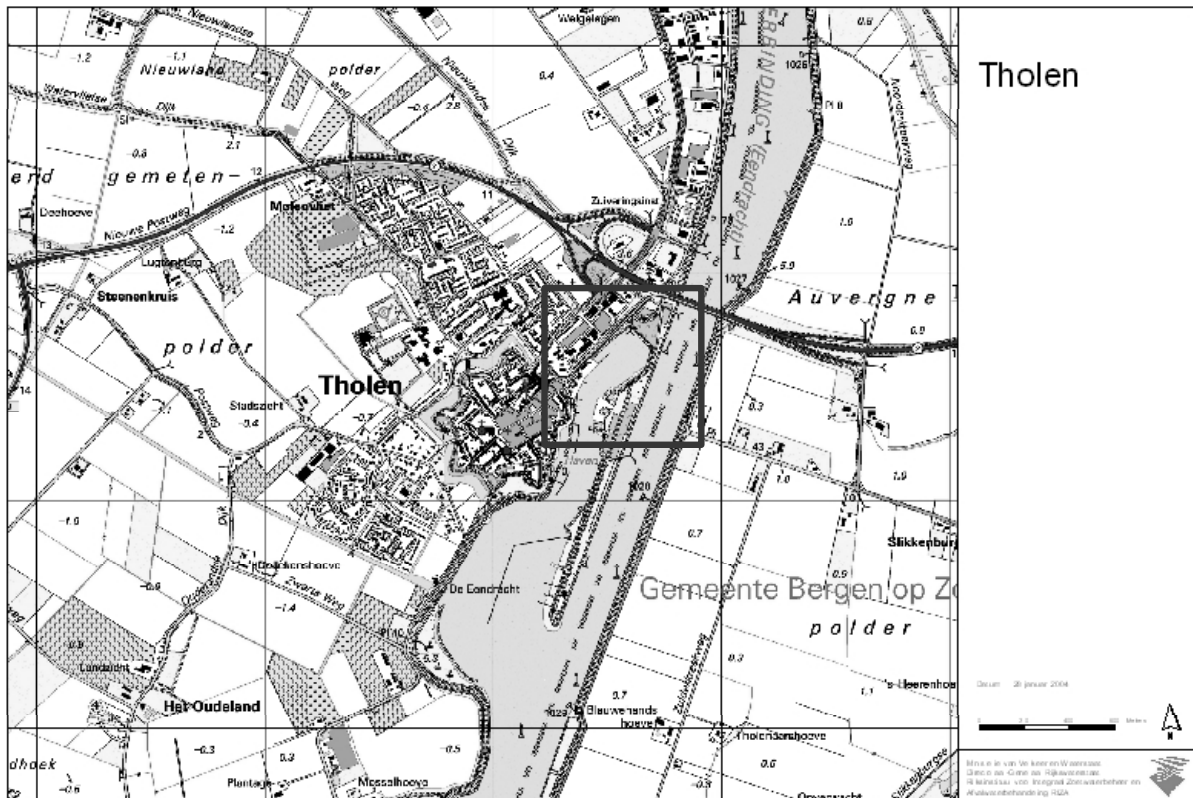
ADL-2: ADL-1a, maar doorvoer alleen richting Grevelingen

ADL-3: ADL-1a, maar doorvoer richting Grevelingen en Oosterschelde

## Bijlage F Locatie buitendijkse bebouwing Tholen

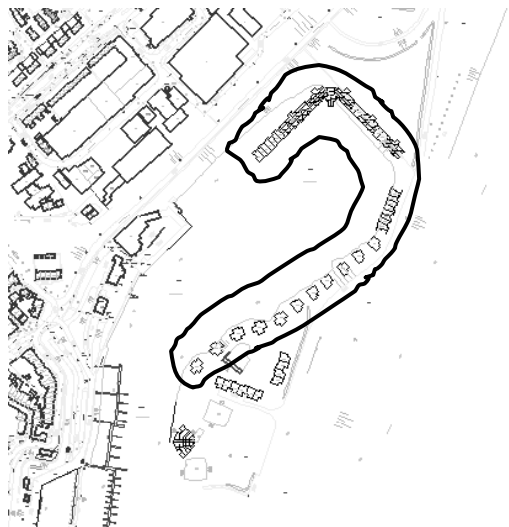
**Figuur F.1**

Locatie buitendijkse bebouwing Tholen.  
Het rode kader wordt verder ingezoomd  
in figuur F.2.



**Figuur F.2**

Buitendijkse bebouwing Tholen. De  
vakjes binnen het omrande gebied zijn  
de locaties van de woningen.





.....

Aan  
Werkgroep Verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer  
Jasper Schaap (Projectbureau BER)

Van	Telefoonnummer	Datum
René Piek	070 4416222	19 February 2004

Betreft: Dijkversterking en RvR-maatregelen

### **Inleiding**

In de Werkgroep Verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer is aan de orde gekomen dat de uitvoering van de maatregel Volkerak-Zoommeer (VZM) niet automatisch hoeft te betekenen dat er geen dijkversterking meer nodig is. Dit heeft een aantal oorzaken. Uit de vijfjaarlijkse Toetsing op Veiligheid is gebleken dat een aantal dijkvakken niet aan de stabiliteitseisen voldoet. Deze dijkvakken moeten worden versterkt om ze weer aan de eisen te laten voldoen. Daarnaast is er sprake van dat de golfrandvoorwaarden mogelijk ongunstiger zijn dan tot nu toe gedacht. Dit zou er toe kunnen leiden dat nog voor 2015 met zwaardere (wind) golfrandvoorwaarden moet worden getoetst. Ook de vorm van de afvoergolf die in het randvoorwaardenboek 2001 is gebruikt, is ongunstiger (breder) dan de afvoergolf uit de leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken deel 1 Bovenrivieren. Wanneer in de toekomst deze bredere golf ook voor de toetsing van de stabiliteit zou worden aanbevolen, kan de stabiliteitsscore mogelijk ongunstiger uitvallen. Maar ook zonder de bovengenoemde problematiek is het mogelijk dat een dijkvak in de toekomst onvoldoende scoort bij de hoogtetoets, ondanks dat de RvR-taakstelling wordt gehaald. In deze memo wordt hiervoor een verklaring gegeven.

### **Toetspeilen**

Het toetspeil is de waterstand met een overschrijdingsfrequentie gelijk aan de norm, b.v. 1:2.000 per jaar. Het toetspeil kan worden bereikt bij verschillende combinaties van rivierafvoeren en stormvloeden. Dit betekent dat de gehele range van mogelijke rivierafvoeren, zeestanden en windsnelheden en -richtingen van invloed is op het toetspeil. Bovendien zijn de Maeslant- en Hartelkering van belang. De berekening van de toetspeilen is gedaan met HYDRA-B. Dit model gebruikt de statistieken van rivierafvoeren, zeestanden en windsnelheden. Hydraulisch gezien kunnen in het Benedenrivierengebied in drie gebieden worden onderscheiden:

- Een rivierengebied in het oostelijk gedeelte, waar de toetspeilen in belangrijke mate worden bepaald door de rivierafvoer. Ingreep in het doorstroomprofiel of het aanleggen van retentiegebieden hebben een verlagend effect op de toetspeilen.
- Een deltagebied in het noord-westelijke deel zoals bijv. de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas. Hier worden de toetspeilen vooral bepaald door de stormvloed die nog door de Maeslant- en Hartelkering worden doorgelaten. Wijzigen van de beheerstrategie, bijv. lagere sluitcriteria, hebben een verlagend effect op de toetspeilen.
- Een overgangsgebied in de rest van het Benedenrivierengebied. Hier worden de toetspeilen vooral bepaald door de gestremde rivierafvoer: Een combinatie met een (niet extreme) stormvloed, waarbij de Maeslant- en Hartelkering zijn gesloten, en een verhoogde (niet extreme) rivierafvoer die dus tijdelijk in het Benedenrivierengebied moet worden geborgen tot de keringen weer open gaan. Vergroting van het gebied, b.v. het inzetten van het Volkerak-Zoommeer (VMZ), bij verwachte overschrijding van NAP + 2.60 m (toetspeil rvwboek1996), heeft een verlagend effect op de toetspeilen. Dit effect kan aanzienlijk versterkt worden door combinatie met een geoptimaliseerde beheerstrategie van de Maeslant- en Hartelkering.

Een stormvloed wordt in het algemeen veroorzaakt door storm uit de WNW-sector. Dit betekent dat als in het delta- en overgangsgebied het toetspeil optreedt, de kans groot is dat het dan hard waait uit de sector WNW.

### **Dijkhoogten**

Het doel van de RvR maatregelen is het zoveel mogelijk voorkomen van toekomstige dijkverhogingen door klimaatwijziging. De effectiviteit van een maatregel wordt vaak uitgedrukt in effect op het toetspeil. De taakstelling van RvR is het in 2015 toetspeilen realiseren die niet hoger zijn dan volgens het randvoorwaardenboek 1996. Echter, het optreden van (de toelaatbare) golfoverslag is mogelijk door zowel een combinatie lage waterstanden en hoge golven als een combinatie van hoge waterstanden en lage golven. Voor dijkhoogte is dus de hele range van mogelijke waterstanden en daarmee dus ook de hele range van mogelijke rivierafvoeren, zeestanden en windsnelheden en -richtingen van invloed. De berekening van de dijkhoogte gebeurt met HYDRA-B of de frequentiemethode van de provincie Zuid-Holland. Het is dus niet zo dat de dijkhoogte vanuit het toetspeil wordt berekend. In een groot deel van het Benedenrivierengebied gaat het toetspeil samen met harde wind uit de WNW-sector. Voor de dijken hoeft dit niet de richting te zijn met de zwaarste golfaanval. Met name voor een aantal dijkvakken van Voorne-Putten, De Hoeksche Waard en het Eiland van Dordrecht, die liggen aan het Haringvliet en Hollandsch Diep, is de verwachting dat de voor de kruinhoogte maatgevende belasting wordt gevormd door een lagere waterstand in combinatie met een zware storm uit de ZW/WZW-sector.



---

### **Conclusie**

Het doel van de RvR maatregelen is het zoveel mogelijk voorkomen van toekomstige dijkverhogingen door klimaatwijziging. De effectiviteit van een maatregel wordt vaak uitgedrukt in effect op het toetspeil. De taakstelling van RvR is in 2015 toetspeilen realiseren die niet hoger zijn dan volgens het randvoorwaardenboek 1996. In deze memo is aangegeven dat de dijkhoogte niet direct uit het toetspeil wordt berekend. Hierdoor ontstaat het gevaar dat er toch nog dijkversterkingen nodig zijn, terwijl aan de taakstelling is voldaan. Een dergelijke situatie kan optreden bij de maatregel VZM, zoals deze nu is gedefinieerd. Wanneer bij Rak Noord de een waterstand van NAP + 2,60 m of hoger wordt verwacht, wordt de maatregel in werking gezet. Dijkvakken waarbij de hoogte wordt bepaald door lagere waterstand in combinatie met een zware storm uit de ZW/WZW-sector ondervinden dan mogelijk beperkt of zelfs geen effect van deze maatregel. Afhankelijk van de aanwezige hoogte is mogelijk toch nog een dijkversterking nodig. Voor de overige dijken in het overgangsgebied, incl. de Drechtsteden is de maatregel VZM naar verwachting wel effectief.

.....

In de klankbordgroep van de verdiepingsslag Volkerak-Zoommeer hadden zitting:

**Leden:**

mw. dr. A.W. Hesselink (voorzitter), RWS, RIZA  
ir. L.A. Adriaanse, RWS, Directie Zeeland  
dr. ir. T.S. Blauw, Provincie Zeeland  
dhr. A.W. Fortuin, Waterschap Zeeuwse Eilanden  
ing. H.A. Haas, RWS, RIKZ  
ir. M. van der Linden, RWS, RIZA  
drs. N.Slootjes, RWS, RIZA  
ing. P. Polak, Waterschap Brabantse Delta  
ing. R. Piek, Provincie Zuid-Holland  
dhr. M. Schellevis, Waterschap Goeree-Overflakkee  
ing. J.W. Sonnevijlle, Provincie Noord-Brabant  
ing. A. van Spijk, RWS, Directie Zuid-Holland  
dr. M.W.A. Tosserams, RWS, RIZA  
dr. R.J Vroegop, RWS, Directie Zeeland  
ing. A.C. van der Wees, RWS, Directie Zeeland

**Agenda-lid:**

dhr. A.W. Fortuin, Waterschap Zeeuwse Eilanden