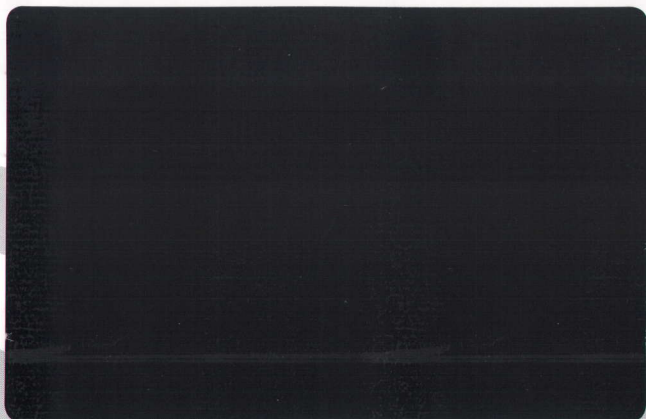




Ministerie van Verkeer en Waterstaat

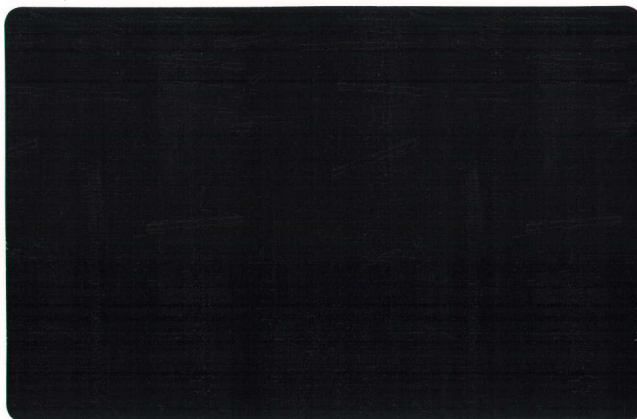
*Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat*

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA



RIZA

C 24333



In dit werkdokument wordt de visie van de auteur(s) weergegeven, niet die van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

The views expressed in this document are the authors or authors' own, not those of the Department of Transport, Public Works and Watermanagement.



C24333

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA

## **B&O SOBEK-NDB**

Jaarsom 2000

Verificatie van

de waterstanden

**RIZA werkdocument 2003.030X**

Project nr 6100.016.31

Auteur:

ing. J.W. van Zetten (RIZA-WST)

Dordrecht, januari 2003



Rijkswaterstaat/RIZA  
Documentatie  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad  
0320 - 298513



---

## Inhoudsopgave

.....

### Inhoudsopgave 2

#### 1 Inleiding 3

#### 2 De randvoorwaarden voor het jaar 2000 4

#### 3 Verificatie SOBEK-model "NDB1\_0\_0" ; jaar 2000 5

3.1 Vergelijking berekende en gemeten waterstanden; gehele periode 5

3.2 Vergelijking berekende en gemeten waterstanden; hoge en lage afvoerperiode en een stormperiode op zee 7

#### 4 Verificatie SOBEK-model "NDB1\_1\_0" ; jaar 2000 12

4.1 Vergelijking berekende en gemeten waterstanden; gehele periode 12

4.2 Vergelijking berekende en gemeten waterstanden; hoge en lage afvoerperiode en een stormperiode op zee 14

#### 5 Conclusies 17

#### Literatuur 18

#### Bijlagen 19



---

# 1 Inleiding

---

Ten behoeve van water- en zoutbewegingsvraagstukken wordt bij Rijkswaterstaat o.a. het ééndimensionaal waterbewegingsmodel SOBEK gebruikt. Voor het Noordelijk Deltabekken is recentelijk door het RIZA in opdracht van RWS, directie Zuid-Holland een nieuw SOBEK-model ontwikkeld. Dit model is in 2001 onder de naam "NDB1\_0\_0" (lit. 1) opgeleverd.

De programmatuur en de schematisatie worden beheerd in het project "B&O SOBEK-NDB". Een onderdeel van dit B&O-plan (lit. 2) vormt een jaarlijkse verificatie van de schematisatie met behulp van een SOBEK-berekening voor het voorgaande jaar. Bekeken wordt of de verschillen tussen berekende en gemeten waterstanden in het benedenrivierengebied nog voldoen aan een vooraf gesteld criterium (gemiddelde afwijking tussen berekening en meting niet groter dan 5 cm met een maximale standaardafwijking van 5 cm). In dit werkdocument wordt verslag gedaan van de verificatieberekening voor het jaar 2000. Hierbij is alleen gekeken naar de representatie van de waterstanden.

De eerste berekening is uitgevoerd met de schematisatie "NDB1\_0\_0" (lit. 1). Het berekende waterstandsverloop van 20 MSW-stations is voor het hele jaar 2000 vergeleken met het gemeten waterstandsverloop. De resultaten van deze vergelijking wordt gegeven in de vorm van een tabel en in de vorm van een ruimtelijke weergave van de verschillen. Tevens zijn van een zevental MSW-stations de berekende en de gemeten HW- en LW-standen uitgezet in een grafiek. Voor een viertal stations (Rotterdam, Spijkenisse, Dordrecht en Moerdijk) zijn, voor een drietal kenmerkende perioden, de berekende en gemeten waterstanden uitgezet in een grafiek.

Een tweede berekening is uitgevoerd met de schematisatie "NDB1\_1\_0" (lit. 3). Dit model is specifiek afgeregeld op de zoutbeweging op de noordrand van het Noordelijk Deltabekken. Hierbij zijn zowel wijzigingen in de ruwheden als in de dispersiecoëfficiënten doorgevoerd. Tevens is het aantal rekenpunten uitgebreid i.v.m. stabiliteit zoutbeweging. Dit model is in het najaar van 2002 opgeleverd. Ook van dit model moet vastgesteld worden of de berekeningsresultaten nog voldoen aan de opgelegde criteria. De resultaten worden op dezelfde wijze gepresenteerd als bij de eerste berekening.



---

## 2 De randvoorwaarden voor het jaar 2000

---

Als randvoorwaarden zijn de opgetreden waterstanden bij Hoek van Holland en de HA-10-paal in de Haringvlietmond gebruikt. Deze reeksen zijn afkomstig uit DONAR. De waterstanden bij Hoek van Holland zijn met behulp van het programma "wsmnwsob.exe" en de afvoer van de Waal te Tiel omgerekend naar de rand van het SOBEK-model (Mond Waterweg). Hierbij wordt afhankelijk van de afvoer bij Tiel een verlaging van de waterstand toegepast en een tijdcorrectie van 5 minuten (eerder) (zie lit. 1 § 2.2.1).

De waterstand bij HA-10 is op de zuidelijke rand in de mond van het Haringvliet opgelegd, terwijl dezelfde reeks, 20 minuten later, op de noordelijke rand in de mond van het Haringvliet is gebruikt (zie lit. 1 § 2.2.2).

De opgetreden afvoeren (uit DONAR) zijn op de bovenstroomse randen van het model opgelegd (afvoer van de Lek bij Hagestein, de Waal bij Tiel en de Maas bij Lith). De openingen van de Haringvlietssluisen zijn opgegeven conform de spuirapporten van de sluismeester.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het gemeten windsnelheids- en windrichtingsverloop, zoals gemeten bij Hoek van Holland en afkomstig uit DONAR. Om een indruk te krijgen van het verloop van de waterstand en de windsnelheid en de windrichting bij Hoek van Holland staan op **bijlage R1** de HW- en de LW-standen en de windsnelheid en -richting bij Hoek van Holland uitgezet in een grafiek.

De hoogst gemeten waterstand bij Hoek van Holland valt op 15 december 2000 met een waarde van NAP +2,20 m. De windsnelheid is dan 13,7 m/s uit WNW-richting.

De afvoer van de Bovenrijn bij Lobith, de Waal bij Tiel, de Lek bij Hagestein en de Maas bij Lith staan weergegeven op **bijlage R2**. De gemiddelde afvoer van de Bovenrijn bij Lobith bedroeg voor het hele jaar 2.521 m<sup>3</sup>/s. De afvoer van de Maas bij Lith bedroeg gemiddeld 379 m<sup>3</sup>/s. De hoogste afvoer bij Lobith is gemeten op 1 januari 2000 en bedroeg 6.224 m<sup>3</sup>/s. De laagste afvoer is gemeten op 2 juli en bedroeg 1.510 m<sup>3</sup>/s.



### 3 Verificatie SOBEK-model "NDB1\_0\_0" ; jaar 2000

De berekening is uitgevoerd met het SOBEK-model "NDB1\_0\_0" (lit. 1) voor het jaar 2000.

#### 3.1 Vergelijking berekende en gemeten waterstanden; gehele periode

De vergelijking tussen de berekende en gemeten waterstanden worden voor 20 MSW-stations gepresenteerd in **tabel 3.1**. In deze tabel staat per station de gemiddelde afwijking tussen de berekende en de gemeten waterstanden voor het gehele jaar vermeld. In deze tabel staat tevens de standaardafwijking, die bij die gemiddelde afwijking behoort, aangegeven.

**Tabel 3.1** Gemiddelde afwijking en standaarddeviatie van de waterstanden.

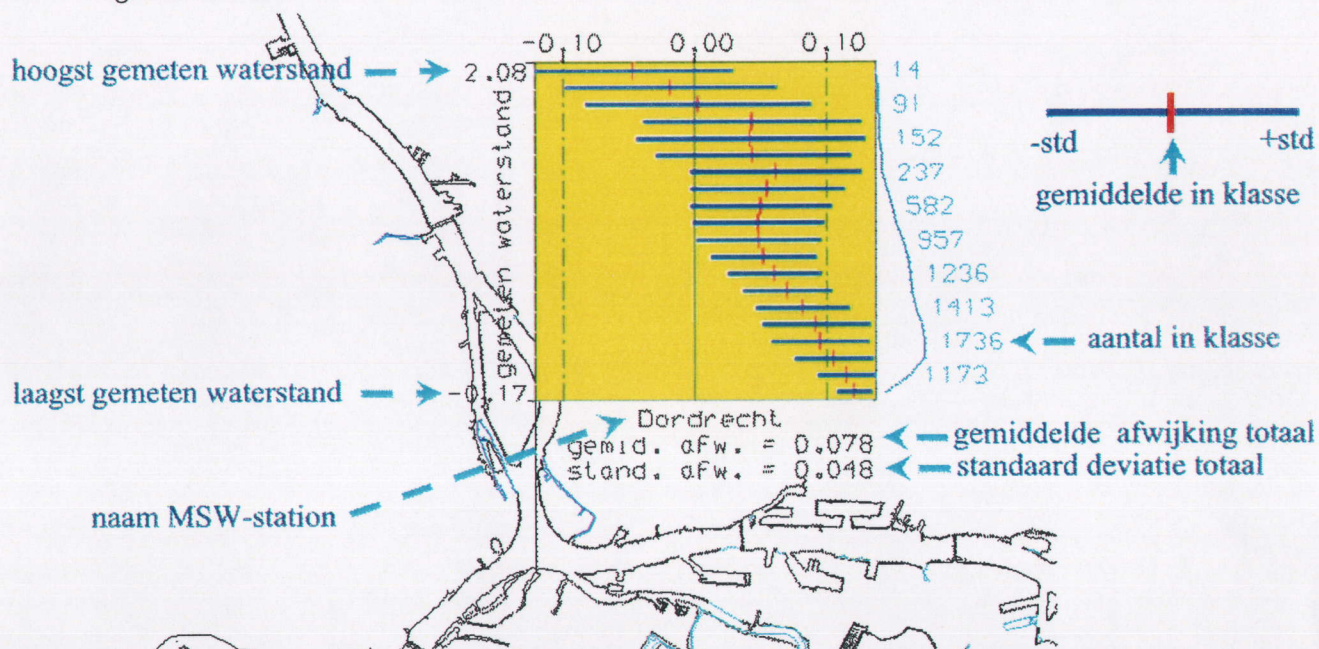
deelgebied	locatie	gemiddelde afwijking	standaard-deviatie
<b>1. Noordrand</b>	Hoek van Holland	0,01 m	0,02 m
	Maassluis	0,02 m	0,04 m
	Vlaardingen	0,02 m	0,04 m
	Rotterdam	0,00 m	0,05 m
	Krimpen a/d IJssel	0,02 m	0,04 m
<b>2. Middendeel-west</b>	Spijkenisse	0,01 m	0,04 m
	Goidschalxoord	0,00 m	0,04 m
	Dordrecht	0,00 m	0,04 m
<b>3. Zuidrand</b>	Hellevoetsluis	-0,02 m	0,03 m
	Rak-noord	0,00 m	0,03 m
	Moerdijk	0,00 m	0,03 m
<b>4. Rivieren Noord</b>	Krimpen a/d Lek	0,02 m	0,05 m
	Schoonhoven	0,03 m	<b>0,06 m</b>
	Hagestein	0,04 m	<b>0,08 m</b>
<b>5. Rivieren Midden</b>	Werkendam	0,02 m	0,04 m
	Vuren	-0,01 m	<b>0,07 m</b>
	Zaltbommel	<b>-0,07 m</b>	<b>0,09 m</b>
<b>6. Rivieren Zuid</b>	Keizersveer	0,01 m	0,04 m
	Heesbeen	0,04 m	<b>0,06 m</b>
	Lith	0,04 m	<b>0,10 m</b>

Het gemiddelde verschil en de standaardafwijking van de verschillen tussen berekening en meting vertonen dezelfde afwijkingen, als bij de kalibratie van het model voor de periode 1998 (lit. 1) en voldoen voor de meeste stations aan het gestelde criterium. Alleen de oostelijk gelegen stations op de bovenrivieren voldoen niet aan de criteria.



Om de resultaten op een meer gedetailleerd niveau te kunnen bekijken is de volgende presentatievorm bedacht. De verschillen tussen berekende en gemeten waterstanden worden statistisch bewerkt en ruimtelijk weergegeven. Er worden 20 klassen gedefinieerd tussen de hoogst gemeten waterstand en de laagst gemeten waterstand. De verschillen tussen berekende en gemeten waterstanden in een bepaalde klasse worden gemiddeld en de standaarddeviatie in die klasse wordt bepaald. Per klasse wordt het gemiddelde en de standaarddeviatie van de verschillen uitgezet in een grafiek. Tevens wordt het aantal berekeningsresultaten vermeld, dat in de betreffende klasse voorkomt (voor de leesbaarheid worden er 10 of 11 vermeld) en de gemiddelde afwijking met bijbehorende standaarddeviatie van alle berekende verschillen. Een voorbeeld van deze wijze van presentatie is gegeven in **figuur 3.1**.

.....  
**Figuur 3.1** Uitleg statistische bewerking waterstanden.



Voor alle MSW-stations worden deze gemiddelde afwijkingen en standaarddeviaties per station weergegeven in een kaart van het gebied (zie **bijlagen 1 t/m 4**). De vorm van de afwijkingen voor de meeste stations is dezelfde gebleven als bij de kalibratie van het model voor de periode augustus-november 1998 (zie lit. 1; bijlagen 7 en 8). Alleen de vorm van de afwijkingen voor de stations op het Haringvliet-Hollandsch Diep vertoont een afwijkend beeld. Bij de lage waterstanden wordt de waterstand te laag berekend en bij de hoge waterstanden wordt de waterstand te hoog berekend. In § 3.2 wordt de waterstand bij Moerdijk nader bekeken.

Daar de bovenstaande bewerkingen worden uitgevoerd op een groot aantal getallen (17.568 tijdstippen van 30 minuten) is enige visuele controle van de berekende en de gemeten reeksen op zijn plaats. Er is voor gekozen om op een zevental locaties de berekende en de gemeten HW- en LW-standen uit te zetten in een grafiek, zodat de reproductie nauwkeurigheid ook in de tijd kan worden gevolgd (periodes met hoge of lage afvoer en/of storm op zee).



Het betreft hier de volgende stations:

Dordrecht	→	bijlage 5
Heesbeen	→	bijlage 6
Moerdijk	→	bijlage 7
Rotterdam	→	bijlage 8
Schoonhoven	→	bijlage 9
Spijkenisse	→	bijlage 10
Vuren	→	bijlage 11

In deze figuren zien we dat voor de stations Rotterdam, Dordrecht, Moerdijk en Spijkenisse de lage LW-standen in februari-maart te laag worden berekend. Dit is in een periode met sterk fluctuerende afvoeren en windsnelheden tot (15 m/s).

De stations Schoonhoven, Vuren en Heesbeen liggen aan de oostelijke grens van het beheersgebied van RWS, directie Zuid-Holland. De ligging van de bodem is op de bovenrivieren het meest onderhevig aan variaties. Eventuele afwijkingen komen bij deze stations het eerst naar voren.

De reproductienauwkeurigheden in de kalibratieperiode 1998 en in de verificatie voor het jaar 2000 staan voor deze stations in **tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Gemiddelde afwijking en standaarddeviatie van de waterstanden.

jaar station	gemiddeld verschil berekening-gemeten		standaarddeviatie verschil berekening-gemeten	
	1998	2000	1998	2000
Schoonhoven	0,02 m	0,03 m	0,05 m	0,06 m
Vuren	0,03 m	-0,01 m	0,07 m	0,07 m
Heesbeen	0,02 m	0,04 m	0,06 m	0,06 m

Voor het jaar 2000 wordt een vergelijkbare reproductienauwkeurigheid gehaald als voor het jaar 1998.

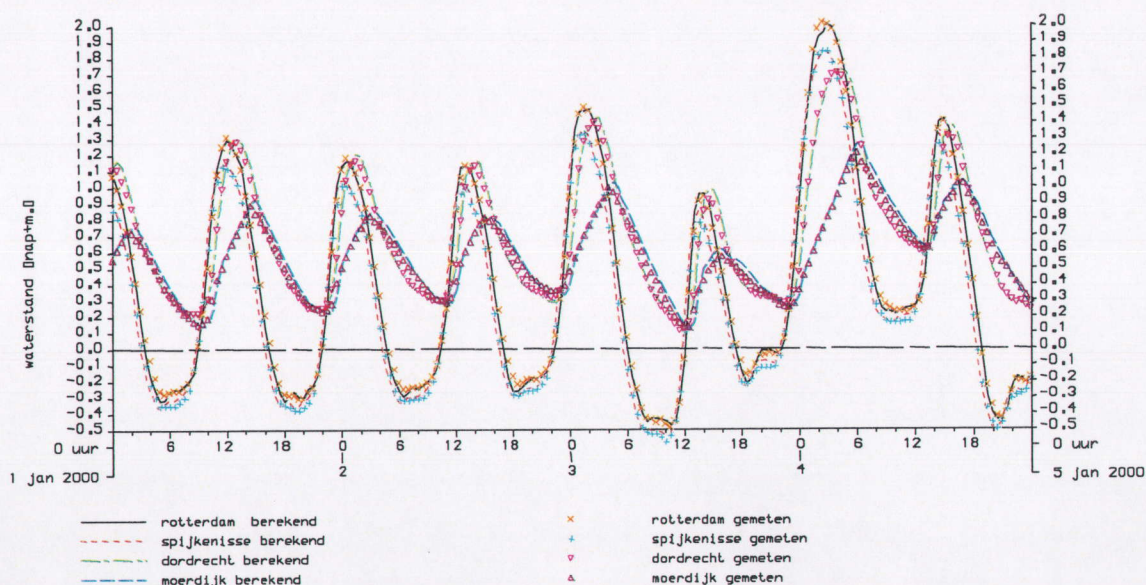
### 3.2 Vergelijking berekende en gemeten waterstanden; hoge en lage afvoerperiode en een stormperiode op zee

Om de reproductienauwkeurigheid nog gedetailleerder te bekijken is voor een viertal stations het waterstandsverloop in de tijd weergegeven voor drie extreme periodes (lage en hoge afvoer en storm op zee).

In **figuur 3.2** staan, voor de stations Rotterdam, Spijkenisse, Dordrecht en Moerdijk, het berekende en het gemeten waterstandsverloop weergegeven voor een periode van hoge afvoer ( $Q_{Br} = 6.224 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



Figuur 3.2 Waterstandsverloop bij een hoge afvoerperiode.



In de figuur is te zien, dat de berekende waterstand bij Moerdijk iets later, dan de gemeten waterstand, reageert op het openen van de Haringvlietsluizen. De waterstand wordt dan enige tijd hoger berekend dan gemeten. De reproductie van de waterstanden is qua vorm, amplitude en fase goed te noemen.

Het gemiddelde van de berekende en de gemeten waterstanden voor deze periode staan in **tabel 3.3**.

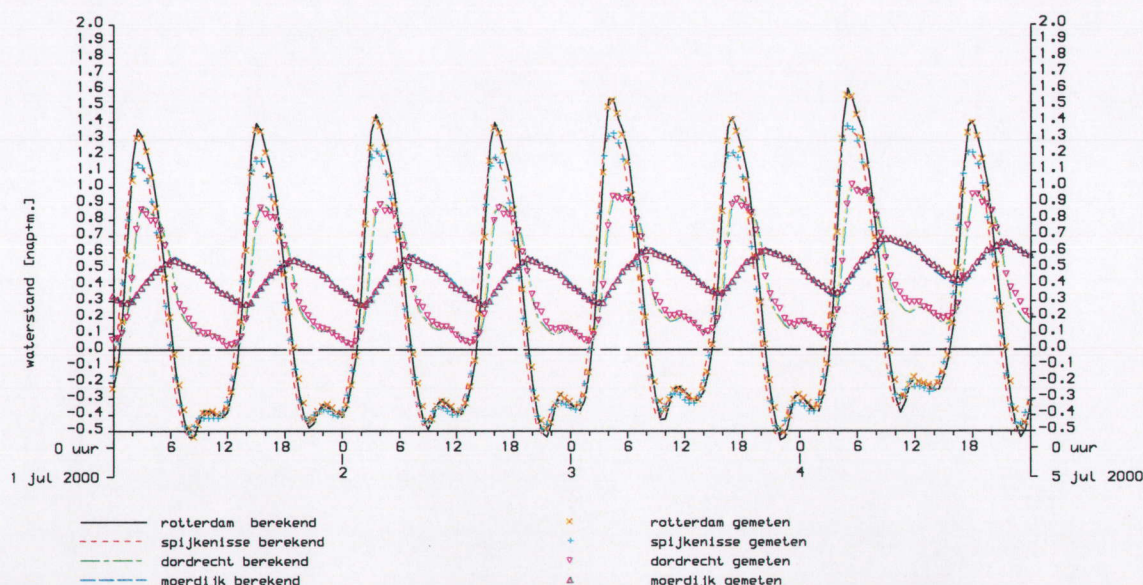
Tabel 3.3 Gemiddelde van de berekende en gemeten waterstanden.

station	gemiddelde waterstand hoge afvoerperiode	
	berekend	gemeten
Rotterdam	0,39 m	0,40 m
Spijkenisse	0,32 m	0,30 m
Dordrecht	0,70 m	0,69 m
Moerdijk	0,60 m	0,58 m

In **figuur 3.3** staan, voor de stations Rotterdam, Spijkenisse, Dordrecht en Moerdijk, het berekende en het gemeten waterstandsverloop weergegeven voor een periode van lage afvoer ( $Q_{Br} = 1.510 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



.....  
**Figuur 3.3** Waterstandsverloop bij  
 een lage afvoerperiode.



De reproductie van de waterstanden is qua vorm, amplitude en fase uitstekend te noemen.

Het gemiddelde van de berekende en de gemeten waterstanden voor deze periode staan in **tabel 3.4**.

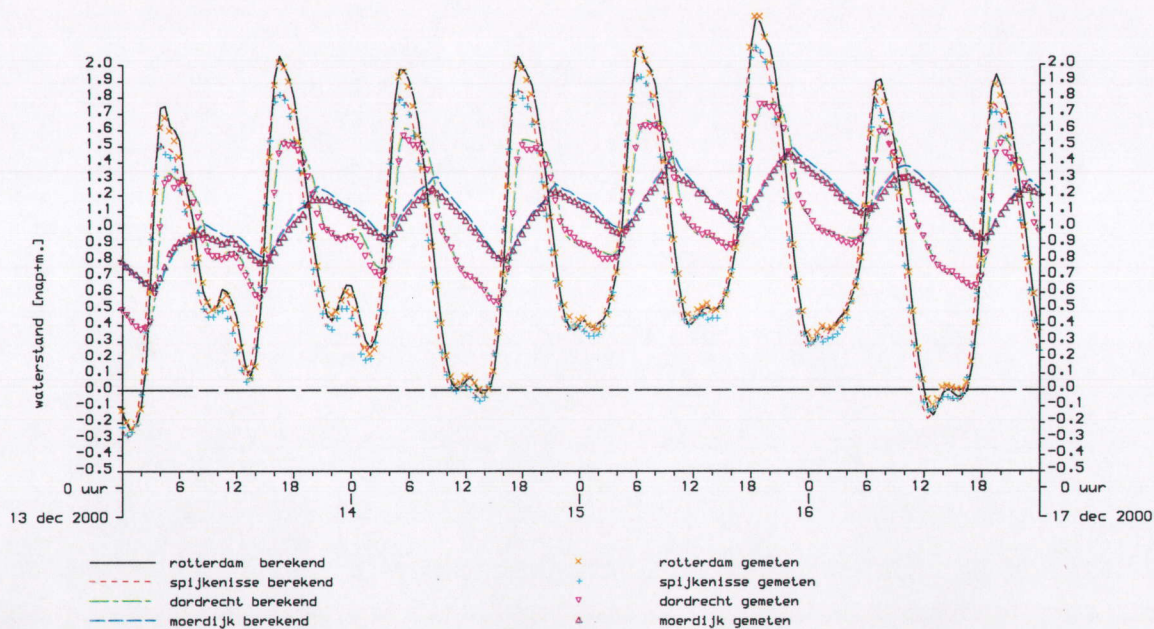
.....  
**Tabel 3.4** Gemiddelde van de berekende en gemeten waterstanden.

station	gemiddelde waterstand lage afvoerperiode	
	berekend	gemeten
Rotterdam	0,25 m	0,25 m
Spijkenisse	0,21 m	0,21 m
Dordrecht	0,40 m	0,40 m
Moerdijk	0,46 m	0,47 m

In **figuur 3.4** staan, voor de stations Rotterdam, Spijkenisse, Dordrecht en Moerdijk, het berekende en het gemeten waterstandsverloop weergegeven voor een periode met storm op zee.



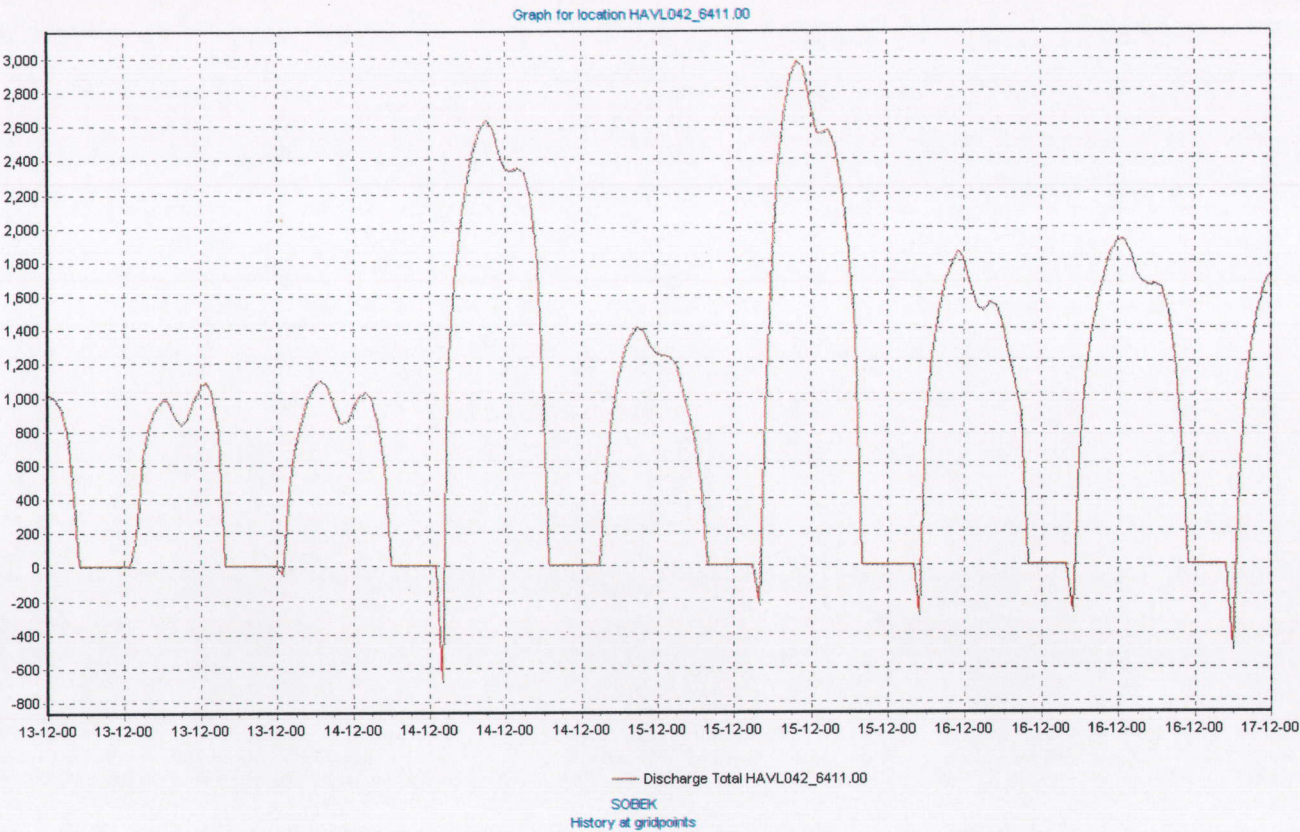
Figuur 3.4 Waterstandsverloop bij storm op zee.



De waterstand bij Moerdijk wordt in bepaalde periodes van het getij te hoog berekend. Deze verhoging op het hoogwater bij Moerdijk kan o.a. ontstaan door het iets te vroege openen van de Haringvlietsluizen, waardoor er water naar binnen stroomt. In **figuur 3.5** is het debietverloop door de Haringvliet-sluizen weergegeven.



**Figuur 3.5** Debietverloop door de Haringvlietssluisen.



De reproductie van de waterstanden is qua vorm, amplitude en fase goed te noemen.

Het gemiddelde van de berekende en de gemeten waterstanden voor deze periode staan in **tabel 3.5**.

**Tabel 3.5** Gemiddelde van de berekende en gemeten waterstanden.

station	gemiddelde waterstand stormperiode	
	berekend	gemeten
Rotterdam	0,89 m	0,87 m
Spijkenisse	0,83 m	0,80 m
Dordrecht	1,08 m	1,05 m
Moerdijk	1,11 m	1,08 m