



Evaluatie van 50 jaar stormvloedverwach- tingen

De nauwkeurigheid van de stormvloedverwach-
tingen en de juistheid van de berichtgeving van de
SVSD onderzocht over de periode 1954 t/m 2004

Rapport RIKZ/2006.010

26 april 2006

Colofon

Uitgegeven door: Rijkswaterstaat RIKZ, Stormvloedwaarschuwingdienst / SVSD

Informatie:

Telefoon: 070-3114512

Email svsd@rikz.rws.minvenw.nl

Uitgevoerd door: J. Kroos

Opmaak: J. Kroos

Datum: 26 april 2006

Status: Definitief

Versienummer: 1.0

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
2.	Samenvatting conclusies	9
3.	Proces maken stormvloedverwachtingen	11
4.	Gebruikte gegevens	15
4.1	Nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen	15
4.2	Juistheid van de stormvloedberichtgeving	16
5.	Nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen	17
6.	Juistheid van de stormvloedberichtgeving	23
7.	Huidige en toekomstige ontwikkelingen bij stormvloedverwachtingen	27
7.1	Algemene opmerkingen	27
7.2	Behoeftte aan verbetering stormvloedverwachtingen	28
7.3	Ontwikkelingen op het gebied van modellen	28
8.	Literatuurlijst	31
Bijlage A	Overzicht maatgevende standen basisstations SVSD	32
Bijlage B	Vlissingen stormvloedhoogwaters	33
Bijlage C	Roompot buiten stormvloedhoogwaters	35
Bijlage D	Hoek van Holland stormvloedhoogwaters	36
Bijlage E	Dordrecht stormvloedhoogwaters	39
Bijlage F	Den Helder stormvloedhoogwaters	40
Bijlage G	Harlingen stormvloedhoogwaters	43
Bijlage H	Delfzijl stormvloedhoogwaters	45
Bijlage I	Opgetreden stormvloedhoogwaters vs SVSD-berichten (1954 ... 1989)	48
Bijlage J	Opgetreden stormvloedhoogwaters vs SVSD-berichten (1990 ... 2004)	49
Bijlage K	Samenvatting opgetreden stormvloedhoogwaters vs SVSD-berichten	50
Bijlage L	SVSD-berichten vs opgetreden stormvloedhoogwaters (1954 ... 1989)	51
Bijlage M	SVSD-berichten vs opgetreden stormvloedhoogwaters (1990 ... 2004)	52
Bijlage N	Samenvatting SVSD-berichten vs opgetreden stormvloedhoogwaters	53

1. Inleiding

De Stormvloedwaarschuwingsdienst (afgekort SVSD, naar de voormalige naam StormVloedSeinDienst) is de organisatie die als doel heeft bij stormvloeddreiging de dijk- c.q. waterkering-beheerders en andere belanghebbenden in het Nederlandse getijgebied tijdig te informeren over het verwachte optreden van gevaarlijke hoge waterstanden, zodat adequate maatregelen genomen kunnen worden.

De SVSD is een samenwerkingsverband tussen de Rijkswaterstaat en het KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut). De leiding van de SVSD is ondergebracht bij het Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ van Rijkswaterstaat.

De taak van de SVSD is vijfledig:

1. Het geven van waarschuwingsberichten en inlichtingen met betrekking tot te verwachten en optredende hoge vloed en stormvloed en het zonodig adviseren van dijkbewaking. De SVSD verstrekt 3 soorten berichten aan belanghebbenden:
 - Voorwaarschuwing (dit bericht wordt gegeven aan een beperkt aantal belanghebbenden in een sector, indien de SVSD verwacht dat het zogenaamde voorwaarschuwingspeil in een sector wordt overschreden);
 - Waarschuwing (dit bericht wordt gegeven aan een aantal belanghebbenden in een sector, indien de SVSD verwacht dat het zogenaamde waarschuwingspeil in een sector wordt overschreden);
 - Alarmering, of advies dijkbewaking (dit bericht c.q. advies wordt gegeven aan alle belanghebbenden in een sector, indien de SVSD verwacht dat het zogenaamde alarmeringspeil in een sector wordt overschreden);

Voor een overzicht van de door de SVSD gehanteerde sectoren en bijbehorende peilen zie bijlage A.

De SVSD geeft de stormvloedberichten ca. 6 uur voor het tijdstip van hoogwater. Om deze berichten te kunnen geven maakt de SVSD waterstandsverwachtingen voor de 7 basisstations van de SVSD. Deze basisstations zijn: Vlissingen, Roompot buiten, Hoek van Holland, Dordrecht, Den Helder, Harlingen en Delfzijl. De berichten zijn uitsluitend bedoeld voor instanties in het kustgebied en het gebied van de zee-armen en benedenrivieren, die verantwoordelijk zijn voor, of belast zijn met, de bescherming van het land tegen hoge waterstanden en/of de veiligheid van de burgers. De SVSD verstrekt ook berichten en inlichtingen aan enkele havenautoriteiten. Daarnaast verstrekt de SVSD op ad-hoc basis inlichtingen over de weerstoestand en de verwachte waterstanden aan een ieder die de SVSD daarom verzoekt;

-
2. Het in stand houden van de SVSD-organisatie. Dat wil zeggen dat de SVSD beschikt over de telefoonnummers van de medewerkers van de in dit kader van belang zijnde instanties. De SVSD zorgt ervoor dat deze telefoonnummers up to date blijven;
 3. Het beschikbaar stellen van informatie over waterstanden, windgegevens en golfhoogten en -richtingen aan belanghebbenden;
 4. Het vastleggen van stormvloeden in stormvloedverslagen;
 5. Het initiëren van onderzoek naar de meest nauwkeurige methoden voor het maken astronomische getijvoorspellingen en stormvloedverwachtingen. Het operationeel implementeren van deze methoden en het beschikbaar houden van adequate getijvoorspellings- en stormvloedverwachtingensystemen.

In 1985 verscheen een rapportage over de nauwkeurigheid van de waterstandsverwachtingen, die uitgegeven waren door de SVSD over de stormseizoenen 1954 t/m 1983 (lit 1). Voor die tijd was er nauwelijks iets bekend over de nauwkeurigheid van stormvloedverwachtingen.

Tijdens het ontwerp en de bouw van de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg werd begin 1989 door de toenmalige Directie Zuid Holland van Rijkswaterstaat aan de toenmalige Dienst Getijdewateren van Rijkswaterstaat de vraag gesteld of de nauwkeurigheid van de verwachtingen van de stormvloedhoogwaters van Hoek van Holland verbeterd zou kunnen worden. De reden voor dit verzoek was dat de nauwkeurigheid van de waterstandsverwachtingen van invloed is op de sluitfrequentie van de Maeslantkering. Er is toen tussen de Dienst Getijdewateren en de directie Zuid Holland een afspraak gemaakt over de na te streven nauwkeurigheid van de verwachtingen voor stormvloedhoogwaters. De standaardafwijking van de verschillen tussen de opgetreden hoogwaterstanden en de verwachte hoogwaterstanden moest kleiner of gelijk worden aan 15 cm. Hierbij wordt uitgegaan van waterstandsverwachtingen die omstreeks 6 uur voor het tijdstip van hoogwater door de SVSD worden uitgegeven.

Om deze nauwkeurigheid te kunnen bereiken heeft de Dienst Getijdewateren en later het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS RIKZ) in nauwe samenwerking met het KNMI een aantal ontwikkelingen in gang gezet. De belangrijkste daarvan waren:

- Ontwikkelen en operationaliseren van het toepassen van data-assimilatie van waterstanden op waterstandsverwachtingen door middel van Kalman-filtering;
- Automatisch inwinnen van waterstandsmetingen langs de Engelse oostkust t.b.v. Kalman-filtering;
- Operationaliseren van het DCSM8 waterbewegingsmodel in plaats van het toenmalige DCSM16 model. DCSM8 resp. DCSM16 staat voor Dutch Continental Shelf Model met een gridgrootte van 8 resp. 16 km;

-
- Optimaliseren van de configuratie van het Kalman-filter;
 - Ontwikkelen en operationaliseren van het atmosferische model HIRLAM met 22 km grid in plaats van het toenmalige 55 km grid. HIRLAM staat voor High Resolution Limited Area Model; het standaard model van het KNMI.

Alle genoemde ontwikkelingen zijn inmiddels gefaseerd ingevoerd. De laatst ingevoerde aanpassing (HIRLAM22) is sinds eind 2002 operationeel.

Na 1985 zijn er verschillende tussentijdse nauwkeurigheidsonderzoeken uitgevoerd voor de stormvloedverwachtingen van Hoek van Holland. Het eerste dateert van 1991 (lit 2), vervolgens zijn in 1996 (lit 4) en 1999 (lit 6) vervolgonderzoeken uitgevoerd. De achtereenvolgende onderzoeken toonden aan dat de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen voor Hoek van Holland in de loop der jaren aanmerkelijk verbeterd was.

Aangezien er sinds eind 2002 nauwelijks stormvloeden van enige betekenis opgetreden zijn, zal het enige jaren duren voordat de verwachte kwaliteitsverbetering zichtbaar wordt in de statistiek van de stormvloedverwachtingen.

Er zijn in de afgelopen jaren echter ook andere ontwikkelingen geweest, die de kwaliteit van de waterstandsverwachtingen aanzienlijk verbeterd hebben. De belangrijkste daarvan waren:

- De oprichting van de Maritiem Meteorologische Dienst door het KNMI. Hierdoor kreeg de interactie tussen meteorologie en hydrologie veel meer aandacht dan in het verleden het geval was;
- Daarnaast vonden er regelmatig evaluaties plaats tussen de getijhydrologen van de SVSD en de getijmeteorologen van het KNMI;
- De groei naar een geavanceerde informatie voorziening zorgde voor een eenvoudiger uitwisseling van kennis, gegevens en informatie tussen de meteorologen en hydrologen.

Inmiddels bestaat de SVSD al meer dan 50 jaar. Ten opzichte van het eerste nauwkeurigheidsonderzoek van 1985 zijn er voldoende stormvloeden opgetreden om een vernieuwd onderzoek uit te voeren voor alle locaties, waarvoor de SVSD stormvloedverwachtingen maakt.

In dit rapport zijn de uitkomsten van het nauwkeurigheidsonderzoek gepresenteerd van de locaties Vlissingen, Roompot buiten (buitenzijde Oosterscheldekering), Hoek van Holland, Dordrecht, Den Helder, Harlingen en Delfzijl. In dit rapport zijn de prestaties van de SVSD beoordeeld door te kijken naar:

- Het verschil tussen de opgetreden en verwachte hoogwaterstanden die door de SVSD worden uitgegeven;

-
- De juistheid van de berichtgeving van de SVSD: is een bericht terecht of niet terecht uitgegeven of is er geen bericht uitgegeven terwijl dit wel gedaan had moeten worden?

In hoofdstuk 2 is een samenvatting gegeven van de conclusies die getrokken kunnen worden uit het onderzoek naar de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen en de juistheid van de stormvloedberichtgeving.

In hoofdstuk 3 is de werkwijze uitgelegd waarop de waterstandsverwachtingen tijdens stormvloed tot stand komen.

In hoofdstuk 4 is ingegaan op de gegevens welke gebruikt zijn bij het onderzoek.

In hoofdstuk 5 is een overzicht gegeven van de berekende nauwkeurigheid.

In hoofdstuk 6 is een overzicht gegeven van de geconstateerde juistheid van de stormvloedberichtgeving.

In hoofdstuk 7 zijn de toekomstige ontwikkelingen geschetst mbt het maken van stormvloedverwachtingen.

In hoofdstuk 8 is de literatuurlijst opgenomen.

In de Bijlagen is het getallenmateriaal opgenomen waarmee de onderzoeken zijn uitgevoerd.

2. Samenvatting conclusies

Zowel de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen als de juistheid van de stormvloedberichtgeving is in de periode 1990...2004 aanmerkelijk verbeterd in vergelijking met die van de voorgaande periode 1954 ... 1989.

Nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen

Over de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen gedurende de laatste 15 stormseizoenen kan het volgende worden gesteld:

- Voor alle locaties geldt dat de berekende standaardafwijking van het verschil tussen de waargenomen en de verwachte stormvloedstand over de periode 1990...2004 tussen de 9 en 18 cm standaardafwijking ligt;
- Over het algemeen zijn de stormvloedverwachtingen gemiddeld te laag (0 tot 12 cm);
- In de afgelopen 15 stormseizoenen en met name de laatste 10 is de gewenste nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen voor Hoek van Holland (15 cm standaardafwijking) ruimschoots gehaald;
- Van alle locaties zijn de stormvloedverwachtingen voor Dordrecht het nauwkeurigst en die voor Delfzijl het minst nauwkeurig;
- De laatste 10 stormseizoenen laten bij de meeste locaties een verdere verbering zien van de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen. De genomen maatregelen ter verbetering van de stormvloedverwachtingen (zie hoofdstuk 1, inleiding) blijken inmiddels vruchten af te werpen. Gezien het geringe aantal stormvloeden in de afgelopen 10 stormseizoenen is het echter nog te vroeg om definitieve uitspraken te doen. Daarnaast zijn er nog vrijwel geen stormvloeden opgetreden waarbij gebruik gemaakt kon worden van de combinatie van de verbeterde stormvloedverwachtingsmodellen (HIRLAM22 en DCSM8).

tabel 1 kentallen nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen periode 1990 ... 2004

locatie	kental		
	standaardafwijking	gemiddelde afwijking*	aantal stormvloeden
Vlissingen	15,3	0,6	22
Roompot buiten	15,6	-0,1	21
Hoek van Holland	12,3	6,7	36
Dordrecht	9,4	0,0	20
Den Helder	16,0	5,0	33
Harlingen	11,2	0,9	18
Delfzijl	17,7	11,4	35

*) een negatieve gemiddelde afwijking betekent dat de verwachtingen gemiddeld te hoog zijn. Een positieve gemiddelde afwijking betekent dat de verwachtingen gemiddeld te laag zijn.

Juistheid stormvloedberichtgeving

Over de juistheid van de stormvloedberichten gedurende de laatste 15 stormseizoenen kan het volgende worden gesteld:

- Als er voor een sector een waarschuwing of alarmering gegeven wordt, dan valt het hoogwater (HW) in 70% van de gevallen in de juiste categorie;
- Als er een hoogwater optreedt in de categorie waarschuwing of alarmering dan heeft de SVSD in 82% van de gevallen een waarschuwing of alarmering gegeven van de juiste categorie;
- In 2% van de gevallen komt het voor dat er geen waarschuwing gegeven is terwijl het opgetreden hoogwater toch in de categorie waarschuwing valt.

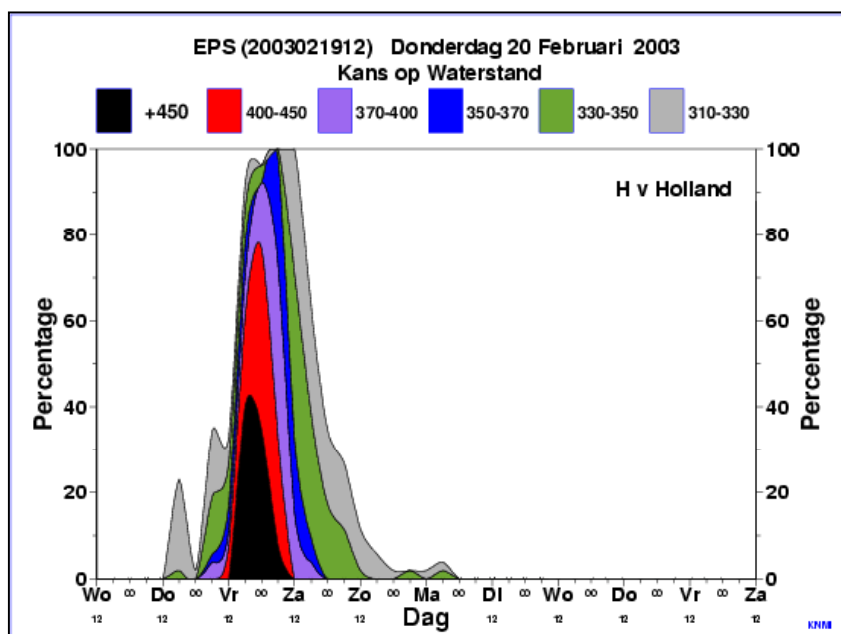
Voor de gehele periode die onderzocht is (1954 ... 2004) geldt dat er voor alle HW's, die zijn opgetreden boven het alarmeringspeil, altijd een waarschuwing of alarmering is gegeven.

3. Proces maken stormvloedverwachtingen

Alvorens tot het onderzoek van de nauwkeurigheid van stormvloedverwachtingen over te gaan is het zinvol om het proces van het maken van waterstandsverwachtingen tijdens stormvloed en de uitgifte van stormvloedberichten uit te leggen.

Het totale proces is onder te verdelen in een achttal stappen:

Stap 1: middellange termijn waterstandsverwachtingen



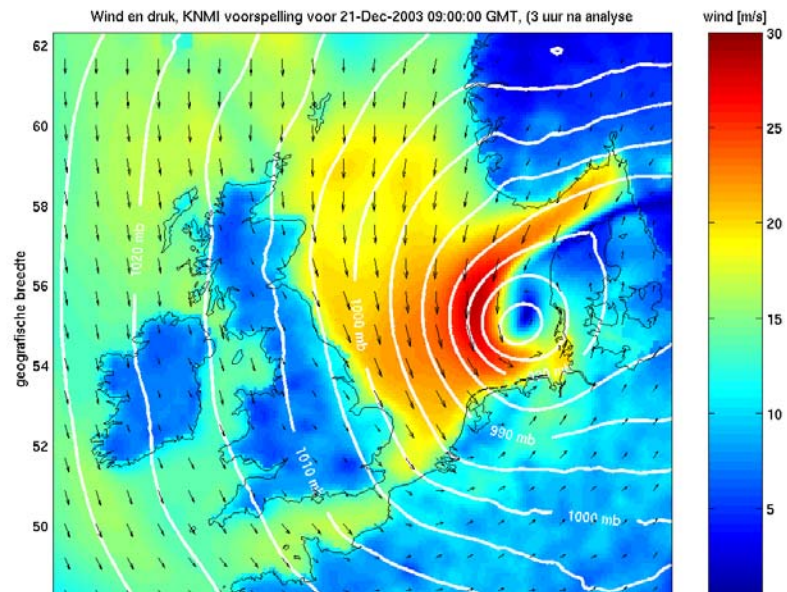
figuur 1 Kansverwachting Hoek van Holland

Tot 10 dagen vooruit geven modellen een kansverwachting af voor het optreden van hoge waterstanden. De kansverwachtingen worden iedere 12 uur berekend met behulp van de zogenaamde EPS-methode (EPS = Ensemble Prediction System). Hiervoor wordt het zogenaamde ECMWF-model gebruikt. ECMWF staat voor European Center for Medium range Weather Forecasting. In de EPS-methode wordt in de beginsituatie van een modelrun een verstoring aangebracht, waardoor het model voor de komende 10 dagen een andere uitkomst geeft dan de niet verstoorte modelrun. In totaal worden 50 varianten met verschillende verstoringen van de beginsituatie doorgerekend. De 50 EPS uitkomsten voor windvelden worden ingevoerd in het statistisch Water-OpzetMODEL (WOMOD) van het KNMI, waarna de kansverwachtingsgrafiek opgemaakt wordt (zie fig 1). De SVSD gebruikt deze kansverwachtingen om een vroegtijdige indicatie te krijgen van een stormvloed. De methode is in gebruik sinds 2002. De methode is bruikbaar voor een periode 3 tot 5 dagen vooruit. Deze methode biedt de basis

voor de opzet van een zogenaamd Early Warning Systeem voor stormvloed. Naar verwachting zal deze middellange termijn verwachting voor waterstanden binnen 1 á 2 jaar een verbetering ondergaan als het model WOMOD vervangen wordt door het reguliere DCSM8 model.

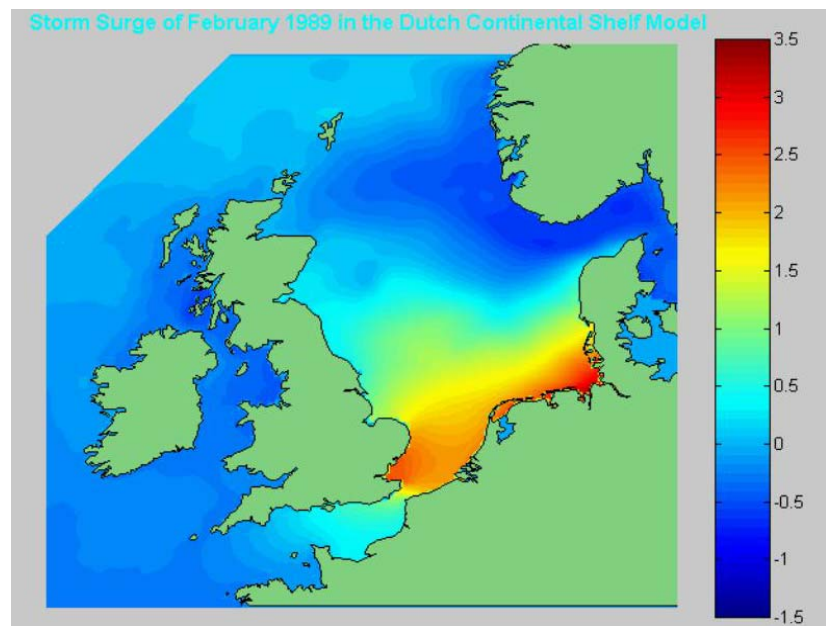
Stap 2 korte termijn meteorologische verwachtingen

Iedere 6 uur genereert het HIRLAM model tot 48 uur vooruit de meteorologische verwachtingen. De 3-uurlijkse verwachte wind en drukvelden dienen als invoer voor het waterbewegingsmodel DCSM8.



figuur 2 HIRLAM wind en drukvelden

Stap 3 korte termijn waterstandsverwachtingen



figuur 3 DCSM8 wateropzet verwachting

De 3-uurlijkse wind- en drukvelden worden ingevoerd in het DCSM8 model. Hiermee wordt de verwachte wateropzet voor verschillende locaties berekend. Opgeteld bij het astronomische getij geeft dat een eerste aanzet voor een waterstandsverwachting. Als deze automatisch berekende waterstandsverwachtingen voor een kustlocatie boven het zogenaamde informatiepeil uitkomen dan licht de maritiem meteoroloog van het KNMI de dienstdoende getijhydroloog van de SVSD in. Zie voor de door de SVSD gehanteerde peilen bijlage A. Elke 6 uur wordt, aansluitend op de HIRLAM modelrun, een DCSM8 run gedraaid.

Stap 4 data-assimilatie

De meteorologische situatie die uitgangspunt was voor het berekenen van de in stap 3 verkregen wateropzetverwachtingen is bij het beschikbaar komen van die verwachtingen ongeveer 4 uur oud. De werkelijke meteorologische situatie kan gedurende die 4 uur inmiddels behoorlijk veranderd zijn ten opzichte van de verwachte meteorologische situatie. Om de modeluitkomsten te corrigeren voor de werkelijke situatie en eventuele andere modelfouten te corrigeren is data-assimilatie met behulp van waterstandsmetingen ontwikkeld. De gehanteerde methode voor data-assimilatie is gebaseerd op KALMAN-filtering. De actuele waterstandsmetingen van een aantal locaties langs de Engelse oostkust en de Nederlandse kust worden gebruikt in het Kalmanfilter om de verwachte wateropzetten te corrigeren. Elke 3 uur wordt een data-assimilatie run gedraaid.

Stap 5 korte termijn Statistisch Wateropzet Model

Ter verificatie van de korte termijn opzetverwachtingen worden de door HIRLAM berekende windvelden ingevoerd in het WOMOD. Eventueel kunnen in plaats van HIRLAM windvelden ook verwachte windvelden afkomstig van het United Kingdom Met Office (UKMO) worden ingevoerd. De maritiem meteoroloog kan naar aanleiding van inmiddels beschikbare meteorologische metingen de verwachte windvelden interactief bijstellen, zodat de meest actuele informatie gebruikt kan worden bij het maken van de verwachtingen. Het WOMOD levert wateropzetverwachtingen voor de eerstvolgende hoogwaterstanden tot maximaal 24 uur vooruit.

Stap 6 statistische betrekkingen tussen waterstandsmetingen

Bij de SVSD worden elke 10 minuten de statistische betrekkingen berekend van een aantal locaties langs de Kust en op de Noordzee. Met behulp van deze betrekkingen kan er een indicatie verkregen worden van de juistheid van de in de voorgaande stappen berekende waterstandsverwachtingen. Afhankelijk van de locatie worden met behulp van deze betrekkingen waterstandsverwachtingen gemaakt die tot 9 uur vooruit gaan. Naar aanleiding van de uitkomsten van deze betrekkingen kan de SVSD de waterstandsverwachtingen bijstellen.

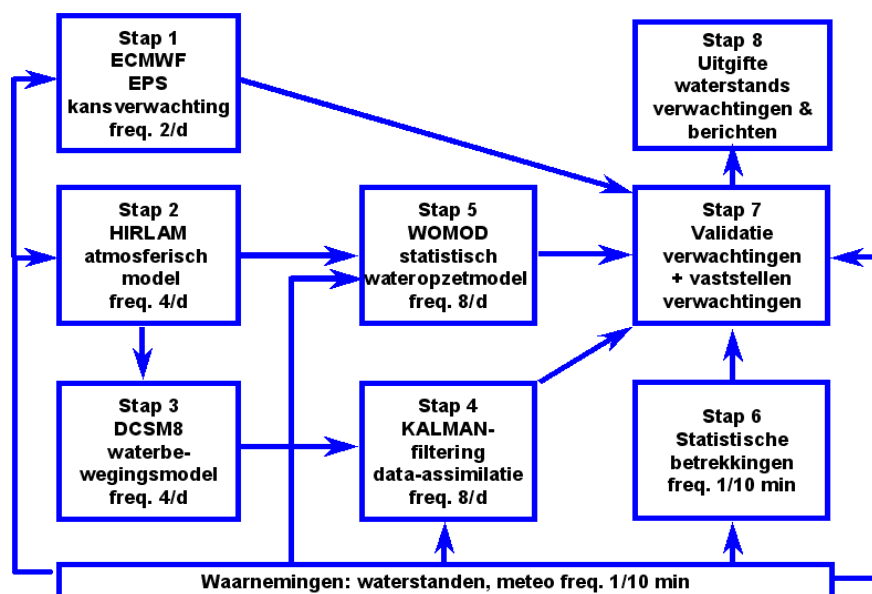
Stap 7 mens-machine mix

De in de stappen 3 t/m 6 verkregen waterstandsverwachtingen worden besproken tussen de maritiem meteoroloog van het KNMI en de getijhydroloog van de SVSD. Hierbij wordt de ervaring van de meteoroloog en de hydroloog gecombineerd, de situatie besproken en worden de meest waarschijnlijke waterstandsverwachtingen bepaald. Bij dit proces worden ook de hydrologen van de Hydro Meteo Centra betrokken. In geval van waterstandsverwachtingen voor Vlissingen en Roompot buiten wordt overleg gevoerd met RWS Zeeland en in geval van waterstandsverwachtingen voor Hoek van Holland wordt overleg gevoerd met RWS Noordzee. Wanneer de waterstandsverwachtingen voor Hoek van Holland zijn vastgesteld dienen deze als invoer voor het waterbewegingsmodel SOBEK wat ondermeer de waterstandsverwachtingen voor Dordrecht berekend. Uiteindelijk stelt de getijhydroloog van de SVSD de waterstandsverwachtingen voor de verschillende hoogwaters vast. In deze stap van het proces verbetert de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen met ca. 20 – 50% ten opzichte van de nauwkeurigheid die gehaald wordt in de voorgaande stappen.

Stap 8 uitgifte waterstandsverwachtingen en berichten

Op basis van de waterstandsverwachtingen uit stap 7 worden (voor-) waarschuwingen of alarmeringen uitgegeven aan de belanghebbenden. De waterstandsverwachtingen worden daarnaast via de meetnetcomputers en het internet automatisch ter beschikking gesteld aan alle gebruikers. De SVSD levert elke 3 uur bijgestelde waterstandsverwachtingen voor de komende 3 hoogwaterperiodes voor de 7 basisstations.

Het hele proces van het maken van waterstandsverwachtingen tijdens stormvloeden is geschematiseerd weergegeven in figuur 4.



figuur 4 Schema waterstandsverwachtingen tijdens stormvloeden

4. Gebruikte gegevens

4.1 Nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen

Het onderzoek is uitgevoerd voor de locaties Vlissingen, Roompot buiten, Hoek van Holland, Dordrecht, Den Helder, Harlingen en Delfzijl. Voor het uitvoeren van het onderzoek zijn alle beschikbare gegevens gebruikt over de periode september 1954 t/m april 2005. Voor de locaties Roompot buiten en Dordrecht stonden slechts gegevens ter beschikking vanaf het stormseizoen 1986 -1987.

Doekes (lit 2) heeft onderzoek uitgevoerd naar de te gebruiken gegevensverzameling die de meest betrouwbare kentallen geeft voor de nauwkeurigheid van de waterstandsverwachtingen. Voor dit onderzoek is hetzelfde gegevensselectie criterium toegepast.

Op één detail is daar vanaf gegaan. Bij het onderzoek van lit 2 ging men uit van alle hoogwaters (van Hoek van Holland) waarvoor geldt dat de opgetreden waterhoogte gelijk aan of hoger is dan het waarschuwingsspeil + 5 cm. De reden hiervoor was dat er voor die waterstanden in het verleden in ieder geval een vorm van een rapportage beschikbaar was. Omdat de documentatie van stormvloeden sinds 1985 aanmerkelijk verbeterd is, is bij dit onderzoek uitgegaan van alle hoogwaters, waarvoor geldt dat de opgetreden waterhoogte gelijk aan of hoger is dan het waarschuwingsspeil. Deze aanpassing heeft als groot voordeel dat het aantal beschikbare gegevens per locatie met 16 tot 27% toeneemt, hetgeen de significantie van de kentallen ten goede komt.

Het selectie criterium voor de gegevens waarmee het onderzoek is uitgevoerd luidt:

Alle hoogwaters waarvoor geldt dat de opgetreden hoogwaterstand gelijk is aan of hoger is dan het huidige waarschuwingsspeil worden meegenomen.

De waarschuwingsspeilen voor de verschillende sectoren zijn gegeven in bijlage A. De gebruikte gegevensverzamelingen zijn opgenomen in bijlagen B t/m H.

Voor de locaties Roompot buiten en Dordrecht gelden geen waarschuwingsspeilen. Voor Roompot buiten zijn alle hoogwaters meegenomen waarvoor geldt dat de opgetreden hoogwaterstand gelijk is aan of hoger is dan het peil waarop de Stormvloedkering in de Oosterschelde operationeel wordt (NAP +275 cm). Voor Dordrecht is het criterium gezet op de hoogwaters waarvoor geldt dat de opgetreden hoogwaterstand gelijk is aan of hoger is dan NAP +180 cm.

Compleetheid van de gegevensverzameling

Voor het hoogwater van Den Helder van 5 okt 1967 was geen SVSD-verwachting beschikbaar. Wel was er voor dit hoogwater een KNMI-verwachting beschikbaar. Als SVSD-verwachting is de op 5 cm afgeronde waarde van de KNMI-verwachting genomen.

Voor het hoogwater van Hoek van Holland van 24 december 1988 was geen SVSD-verwachting beschikbaar. In de SVSD-archieven is niets terug te vinden over deze hoge vloed. Bij vrijwel alle locaties zijn echter waarden opgetreden rond de waarschuwingspeilen. Aangenomen wordt dat we hier te maken hadden met een zogenaamde thuiszitting van de SVSD, waarvan vroeger geen gegevens werden bijgehouden. Wat waarschijnlijk is, maar dat is helaas niet meer te achterhalen, is dat door de SVSD een stand op of rond het voorwaarschuwingsspeil (NAP +200 cm) verwacht was en de dienstdoende SVSD-er al dan niet een telefonische voorwaarschuwing voor Hoek van Holland heeft uitgegeven (evenals voor Vlissingen en Delfzijl). Het lijkt dan ook alleszins aannemelijk om voor de waterstandsverwachting voor Hoek van Holland op 24-12-1988 uit te gaan van een verwachte waterstand van NAP +200 cm.

4.2 Juistheid van de stormvloedberichtgeving

Voor het onderzoek naar de betrouwbaarheid van de berichtgeving van de SVSD zijn alle gegevens gebruikt waarvoor geldt dat de waargenomen hoogwaterstanden hoger of gelijk zijn aan de verschillende (voor-) waarschuwingspeilen, of dat er voor een hoogwater een (voor-) waarschuwing of alarmering gegeven is.

5. Nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen

Van de verschillende gegevensverzamelingen zijn per locatie de standaardafwijkingen (in de tabel afgekort tot stafw) en de gemiddelden (in de tabel afgekort tot gem) van de verschillen tussen de waargenomen hoogwaterstanden (w) en de door de SVSD verwachte hoogwaterstanden (v) berekend over verschillende periodes. Beide kentallen zijn gegeven in cm. In tabel 2 zijn de verschillende berekeningsresultaten gegeven. Bij alle kentallen zijn ook de aantallen stormvloedhoogwaters gegeven (in de tabel afgekort tot aant) waarmee de berekeningen zijn uitgevoerd.

Gekozen is voor een berekening achtereenvolgens over:

- alle beschikbare gegevens van de stormseizoenen (sep 1954 ... apr 2005);
- de periode 30 jaar SVSD uit lit 1 (sep 1954 ... apr 1984);
- de periode sep 1984 ... apr 2005;
- de laatste 15 stormseizoenen (september 1990 ... apr 2005).

De laatst genoemde periode is genomen omdat er over die periode voor alle locaties voldoende gegevens aanwezig zijn om betrouwbare kentallen te berekenen. De kentallen van deze periode kunnen ook dienen als randvoorwaarden bij risico-analyses voor waterkeringen, zoals de Maeslantkering, waar de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen mede bepalend is voor de sluitstrategie.



figuur 5 Maeslantkering

tabel 2 kentallen nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen

locatie	kental	periode			
		1954...2004	1954...1983	1984...2004	1990...2004
Vlissingen	stafw	23,2	26,4	16,3	15,3
	gem *	6,8	13,8	-0,5	0,6
	aant	63	32	31	22
Roompot buiten**	stafw	-	-	-	15,8
	gem *	-	-	-	9,2
	aant	-	-	-	21
Hoek van Holland	stafw	23,0	27,5	16,7	12,3
	gem *	6,1	5,6	6,7	6,7
	aant	110	58	52	36
Dordrecht	stafw	-	-	-	9,4
	gem *	-	-	-	0,0
	aant	-	-	-	20
Den Helder	stafw	23,3	28,3	15,5	16,0
	gem *	8,8	11,7	5,6	5,0
	aant	95	50	45	33
Harlingen	stafw	26,7	30,6	12,3	11,2
	gem *	14,1	21,2	2,8	0,9
	aant	62	38	24	18
Delfzijl	stafw	27,8	34,6	17,1	17,7
	gem *	13,6	15,2	11,8	11,4
	aant	93	49	44	35

*) een negatieve gemiddelde afwijking betekent dat de verwachtingen gemiddeld te hoog zijn. Een positieve gemiddelde afwijking betekent dat de verwachtingen gemiddeld te laag zijn.

**) de hoge gemiddelde afwijking bij Roompot buiten kan voor het grootste deel verklaard worden uit het feit dat de SVSD-verwachtingen gemaakt worden voor een open Oosterscheldekering. Als de Stormvloedkering gesloten wordt dan komen de gemeten waterstanden vanwege de opstuwing tegen de gesloten kering gemiddeld 10 – 20 cm hoger uit dan bij een open kering.

Uit het cijfermateriaal van tabel 2 kan de conclusie getrokken worden dat de stormvloedverwachtingen over de laatste 15 á 20 stormseizoenen aanzienlijk verbeterd zijn ten opzichte van die van de periode 1954 ... 1983. Een halvering van de standaardafwijkingen en een drastische vermindering van de gemiddelde afwijkingen is bij alle locaties zichtbaar.

De in hoofdstuk 1 genoemde verbeteringen voor het vervaardigen van stormvloedverwachtingen zijn niet systematisch doorgevoerd. Daardoor is het niet mogelijk om de effecten van de afzonderlijk doorgevoerde verbeteringen te achterhalen. Om toch een indruk te krijgen van de effecten van de verbeteringen, die zijn toegepast in de loop der jaren, zijn de kentallen ook per 10 stormseizoenen berekend.

tabel 3 kentallen nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen per periode van 10 stormseizoenen

locatie	kental	1954...1964	1965...1974	1975...1984	1985...1994	1995...2004
Vlissingen	stafw	26,5	27,6	22,4	15,5	17,8
	gem*	30,0	12,6	8,2	1,6	-4,7
	aant	5	13	15	21	9
Roompot buiten	stafw	-	-	-	15,9	11,3
	gem*	-	-	-	13,9	2,7
	aant	-	-	-	23	7
Hoek van Holland	stafw	18,9	31,2	22,2	19,0	7,1
	gem*	15,7	9,9	-3,8	8,2	2,8
	aant	9	27	22	37	15
Dordrecht	stafw	-	-	-	15,5	5,8
	gem*	-	-	-	-3,4	-3,0
	aant	-	-	-	16	10
Den Helder	stafw	31,5	28,4	24,2	17,2	11,2
	gem*	4,5	20,1	7,8	5,7	5,5
	aant	11	19	20	30	15
Harlingen	stafw	28,6	28,7	25,2	12,6	8,9
	gem*	40,8	31,7	6,6	5,3	-3,3
	aant	6	14	18	17	7
Delfzijl	stafw	49,1	21,3	26,0	17,3	16,3
	gem*	36,0	25,1	-0,7	10,7	15,3
	aant	10	16	23	28	14

*) een negatieve gemiddelde afwijking betekent dat de verwachtingen gemiddeld te hoog zijn. Een positieve gemiddelde afwijking betekent dat de verwachtingen gemiddeld te laag zijn.

De gegevens over de laatste 10 stormseizoenen laten over het algemeen een nog veel grotere verbetering zien dan de gegevens van de 10 seizoenen daarvoor.

Om een nog gedetailleerder beeld te krijgen van de effecten van de verbeteringen, zijn van een tweetal locaties, waar met name over de laatste 10 stormseizoenen nog enige gegevens aanwezig zijn, de gegevens van de laatste 20 stormseizoenen uitgesplitst in periodes van 5 stormseizoenen.

tabel 4 kentallen nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen per periode van 5 stormseizoenen

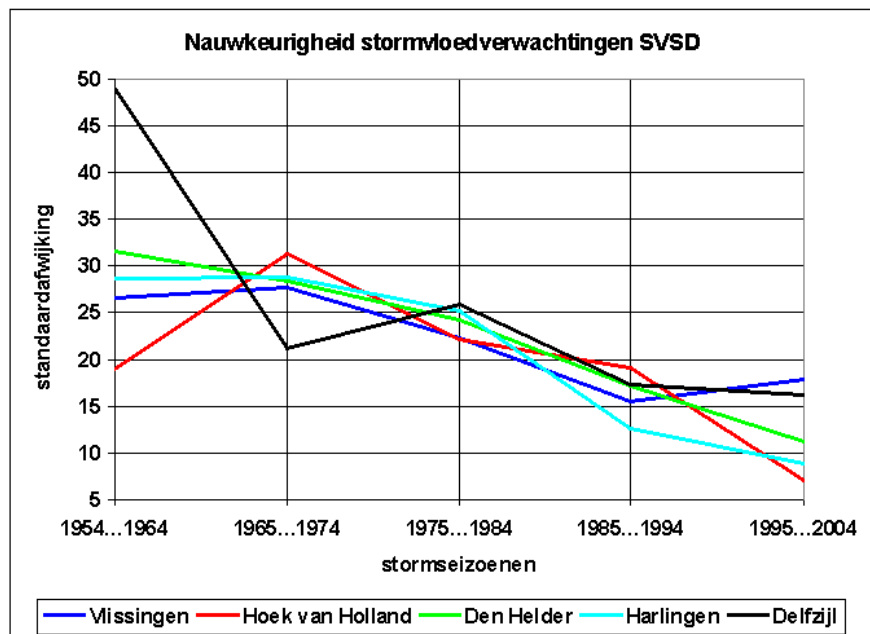
locatie	kental	1985...1989	1990...1994	1995...1999	2000...2004
Hoek van Holland	stafw	23,8	14,3	6,3	6,8
	gem*	6,6	9,5	0,3	5,7
	aant	16	21	8	7
Den Helder	stafw	13,9	19,0	9,6	10,9
	gem*	7,3	4,6	9,9	0,6
	aant	12	18	8	7

*) een positieve gemiddelde afwijking betekent dat de verwachtingen gemiddeld te laag zijn.

De gegevens over 20 stormseizoenen, uitgesplitst over periodes van 5 stormseizoenen, laten niets nieuws zien ten opzichte van de gegevens over periodes van 10 stormseizoenen.

Alhoewel de berekeningen uitgevoerd zijn over betrekkelijk weinig gegevens, en het dus nog te vroeg is om definitieve conclusies daaraan te verbinden, lijkt het erop dat in de laatste 10 stormseizoenen de stormvloedverwachtingen aanzienlijk zijn verbeterd. Of deze verbeteringen ook significant zijn moet blijken als er meer stormvloedwaarnemingen voor handen zijn.

In figuur 6 zijn de standaardafwijkingen per periode van 10 stormseizoenen grafisch uitgezet.



figuur 6 verloop standaardafwijkingen per 10 stormseizoenen

Conclusies nauwkeurigheid stormvloedverwachtingen:

- Voor alle locaties geldt dat de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen over de laatste 15 stormseizoenen aanzienlijk verbeterd zijn ten opzichte van de periode daarvoor;
- Voor alle locaties geldt dat de nauwkeurigheid, uitgedrukt in de standaardafwijking van het verschil tussen de waargenomen en de verwachte stormvloedstand, van de stormvloedverwachtingen berekend over de periode 1990...2004 tussen de 9 en 18 cm standaardafwijking ligt;
- Over het algemeen zijn de stormvloedverwachtingen gemiddeld te laag (0 tot 12 cm);
- In de afgelopen 15 stormseizoenen en met name de laatste 10 is de gewenste nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen voor Hoek van Holland (15 cm standaardafwijking) ruimschoots gehaald;
- Van alle locaties zijn de stormvloedverwachtingen voor Dordrecht het nauwkeurigst, die van Delfzijl zijn het minst nauwkeurig;
- De laatste 10 stormseizoenen laten bij de meeste locaties een verdere verbering zien van de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen. De genomen maatregelen ter verbetering van de stormvloedverwachtingen (zie hoofdstuk 1, inleiding) blijken inmiddels vruchten af te werpen. Maar gezien het geringe aantal stormvloeden in de afgelopen 10 stormseizoenen is het nog te vroeg om definitieve uitspraken te kunnen doen. Daarnaast zijn er nog vrijwel geen stormvloeden opgetreden waarbij gebruik gemaakt kon worden van de jongste verbeterde stormvloedverwachtingsmodellen.

6. Juistheid van de stormvloedberichtgeving

De SVSD geeft voor 6 sectoren (voor)waarschuwingen of alarmeringen uit. De vraag is hoe correct deze (voor)waarschuwingen of alarmeringen zijn. Het onderzoek is uitgevoerd vanuit twee gezichtspunten:

1. Er is een hoogwaterstand (HW) waargenomen die in de categorie (voor)waarschuwing of alarmering valt; de vraag is: was er voor dat HW ook een stormvloedbericht gegeven van de juiste categorie?
2. Er is een (voor)waarschuwing of alarmering gegeven; de vraag is: was dit bericht terecht, dwz werd er ook een hoogwaterstand (HW) waargenomen, waarvan de waterstand viel in de aangegeven categorie van de berichtgeving:
(voor)waarschuwing of alarmering?

Een bericht scoort alleen juist als er bijvoorbeeld een waarschuwing gegeven is en het waargenomen hoogwater viel ook tussen het waarschuwingspeil en het alarmeringspeil. Als er uiteindelijk een waterstand boven het alarmeringspeil gemeten werd dan telde dit hoogwater niet mee als juist in de score.

Voor de sector Dordrecht worden alleen alarmeringen uitgegeven. Aangezien in de periode waarover gegevens van Dordrecht beschikbaar zijn slechts 2 maal een alarmering voor de sector Dordrecht is uitgegeven, zijn de gegevens voor Dordrecht buiten beschouwing gelaten.

Er is een onderverdeling gemaakt tussen enerzijds waarschuwingen en alarmeringen en anderzijds voorwaarschuwingen. Waarschuwingen en alarmeringen zijn bij elkaar genomen omdat het aantal alarmeringen te gering is voor een aparte analyse. Deze onderverdeling is gemaakt omdat het archiveren van gegevens over gegeven voorwaarschuwingen buiten de reguliere SVSD-zittingen om pas sinds 1998 tot een standaardprocedure is gemaakt. Het is dan ook mogelijk dat er uit de periode 1954 t/m 1997 een aantal voorwaarschuwingen gemist worden. Helaas zijn deze gegevens niet meer te achterhalen.

De gegevens van twee periodes zijn onderzocht:

1. stormseizoenen 1954 ... 1989
2. stormseizoenen 1990 ... 2004

In de tabellen 5 t/m 8 zijn de samenvattingen gegeven van de juistheid van de SVSD-berichtgeving. Vanwege de grote omvang van de gegevensverzameling zijn de basisgegevens niet in de bijlagen van dit rapport opgenomen. In de bijlagen I t/m N is volstaan met het geven van reeds geaggregeerde gegevens.

Tabel 5 totaaloverzicht waargenomen HW's vs. gegeven alarmeringen en waarschuwingen

periode	aantal waargenomen HW's in de categorieën waarschuwing of alarmering	aantal juist gegeven waarschuwingen of alarmeringen	scoringspercentage
1954...1989	280	152	54%
1990...2004	144	118	82%

Tabel 6 totaaloverzicht waargenomen HW's vs. gegeven voorwaarschuwingen

periode	aantal waargenomen HW's in de categorie voorwaarschuwing	aantal juist gegeven voorwaarschuwingen	scoringspercentage
1954...1989	183	75	41%
1990...2004	109	64	59%

Tabel 7 totaaloverzicht gegeven waarschuwingen en alarmeringen vs. waargenomen HW's

periode	aantal gegeven waarschuwingen of alarmeringen	aantal bijbehorende HW's in de categorieën waarschuwing of alarmering	scoringspercentage
1954...1989	274	152	55%
1990...2004	168	118	70%

Tabel 8 totaaloverzicht gegeven voorwaarschuwingen vs. waargenomen HW's

periode	aantal gegeven voorwaarschuwingen	aantal bijbehorende HW's in de categorie voorwaarschuwing	scoringspercentage
1954...1989	174	75	43%
1990...2004	165	65	40%

Conclusies juistheid berichtgeving:

Uit de gegevens van tabellen 5 t/m 8 en de bijlagen I t/m N kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Voor alle hoogwaters in de periode (1954 ... 2004) die boven de alarmpeilen uitkwamen geldt dat er altijd een waarschuwing of alarmering gegeven was;
- In de periode 1954 ... 1989 zijn er 280 HW's opgetreden die vielen in de categorieën waarschuwing of alarmering. Voor ca. 54% van die hoogwaters werd door de SVSD een bericht afgegeven voor de juiste categorie. In de periode 1990...2004 zijn er 144 van dergelijke hoogwaters opgetreden. Voor ca. 82% van die hoogwaters werd een bericht afgegeven van de juiste categorie. Een aanzienlijke verbetering (zie tabel 5 en bijlage K);
- Voor hoogwaters in de categorie voorwaarschuwing nam het scoringspercentage toe van 41% tot 59% (zie tabel 6 en bijlage K);

-
- In de periode 1954 ... 1989 zijn er in alle sectoren in totaal 58 hoogwaters opgetreden boven de waarschuwingspeilen, waarvoor geen (voor)waarschuwingen of alarmeringen zijn gegeven. Dit was 24% van het aantal hoogwaters in de categorie waarschuwing. In de periode 1990...2004 is dit aantal drastisch teruggebracht tot 3 hoogwaters. Dit was 2% van het aantal hoogwaters in de categorie waarschuwing (zie bijlage K);
 - In de periode 1954...1989 zijn er 63 hoogwaters opgetreden in de categorie voorwaarschuwing, waarvoor geen bericht was uitgegaan. Dit was 34% van alle hoogwaters in de categorie voorwaarschuwing. Verhoudingsgewijs kwam dit het meeste voor in de sector Schelde (56%). In de periode 1990...2004 is dit percentage eveneens drastisch teruggebracht tot 18 hoogwaters voor alle sectoren, ofwel 16% van alle hoogwaters in de categorie voorwaarschuwing (zie bijlage K);
 - In de periode 1954 ... 1989 zijn door de SVSD over alle sectoren 274 waarschuwingen of alarmeringen uitgegeven. Ca. 55% van de betreffende hoogwaters vielen in de juiste categorie. In de periode 1990 ... 2004 bedroeg het scoringspercentage bij 168 waarschuwingen of alarmeringen 70%. Een aanzienlijke verbetering (zie tabel 7);
 - In de periode 1954...1989 werden er 46 waarschuwingen (20%) afgegeven voor hoogwaters, die uiteindelijk lager uitkwamen dan de (voor)waarschuwingspeilen. In de periode 1990...2004 is dat aantal teruggebracht tot 18 ofwel 11% (zie bijlage N);
 - De juistheid van de gegeven voorwaarschuwingen is aanzienlijk lager (40%) en laat in de periode 1990 ... 2004 zelfs een geringe verslechtering zien ten opzichte van de periode 1954 ... 1989 (43%) (zie tabel 8 en bijlage N).

7. Huidige en toekomstige ontwikkelingen bij stormvloedverwachtingen

7.1 Algemene opmerkingen

Allereerst moet worden opgemerkt dat de waterstandsverwachtingen, met name tijdens stormvloeden, nooit onbepaald nauwkeurig kunnen worden. Er zijn vele factoren, die daarop van invloed zijn zoals:

- “Natuurlijke” (on)nauwkeurigheid van waterstandsmetingen (standaardafwijking ca. 2,5 cm);
- Modelon nauwkeurigheid; de invloed hiervan op de standaardafwijking wordt geschat op ca. 10 cm;
- Onnauwkeurigheid in de astronomische getijberekeningen;
- Onnauwkeurigheden in de meteorologische verwachtingen;
- Andere factoren, zoals buistoten, havenslingeringen, enz.

Ook al zouden de windgegevens goed zijn (exacte metingen en perfecte verwachtingen), dan zal de standaardafwijking van de verschillen tussen de gemeten hoogwaterstand en de stormvloedverwachtingen toch om en nabij de 10 cm uitkomen. De heersende mening bij Rijkswaterstaat RIKZ is, dat wanneer voor de stormvloedverwachtingen van de basisstations van de SVSD een nauwkeurigheid van 15 cm (standaardafwijking) is bereikt, dit naar verwachting de uiterst haalbare nauwkeurigheid zal zijn. Marginale verbeteringen zijn natuurlijk altijd mogelijk. Het streven naar een significant grotere nauwkeurigheid (bijv. lager dan 10 cm standaardafwijking, 6 uur voor het hoogwater tijdens stormvloeden) zou wel eens onevenredig hoge investeringen kunnen gaan vergen. Waar de grenzen van de nauwkeurigheden van de stormvloedverwachtingen liggen is niet onderzocht.

Opgemerkt moet worden dat de menselijke expertise in de huidige situatie nog een aanmerkelijke invloed heeft op de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen (zie hoofdstuk 3, stap 7). Er wordt naar gestreefd om de menselijke invloed zo veel mogelijk terug te dringen. Voorbeeld Hoek van Holland. Over de laatste 15 stormseizoenen (1990 ...2004) levert de SVSD stormvloedverwachtingen met een standaardafwijking van 12,3 cm en een gemiddelde afwijking van 6,7 cm. Zonder gebruik te maken van de menselijke kennis en ervaring zou de SVSD stormvloedverwachtingen leveren met een standaardafwijking van 18,3 cm en een gemiddelde afwijking van 13,9 cm. Bij de stormvloedverwachtingen voor de noordelijke kuststations is de invloed van de menselijke expertise nog groter. Naar verwachting zullen door de doorgevoerde verbeteringen in de modellen de bovengenoemde verschillen minder worden.

7.2 Behoeftte aan verbetering stormvloedverwachtingen

Waar de komende jaren nog wel aandacht aan besteed zal worden is het terugdringen van de gemiddelde afwijking van de stormvloedverwachtingen. De huidige stormvloedverwachtingen van de SVSD zijn gemiddeld 0 – 12 cm te laag. Daarnaast wordt verwacht dat de inzet van inmiddels beschikbare detailmodellen de stormvloedverwachtingen voor Delfzijl aanmerkelijk zullen verbeteren.

Waar de komende jaren naar verwachting ook winst geboekt zal kunnen worden is een hogere nauwkeurigheid voor langere voorspelperioden (12 tot 24 uur vooruit). Op dit moment is de nauwkeurigheid voor verwachtingen omstreeks 12 uur vooruit ongeveer 15 - 30% slechter dan die van 6 uur vooruit.

Daarnaast wordt de laatste jaren ervaring opgedaan met lange termijn stormvloedverwachtingen. Deze zijn gebaseerd op het gebruik van zogenaamde ensemble-verwachtingen, afkomstig van het ECMWF. Dit soort verwachtingen kunnen de basis vormen voor een zogenaamd "Early Warning Systeem". De bedoeling hiervan is om gevaarlijke stormvloeden vroegtijdig (3 – 5 dagen vooruit) te kunnen signaleren. Op basis van deze vroegtijdige signalering kunnen door bestuurders adequate maatregelen genomen worden om de gevolgen van die gevaarlijke stormvloeden zoveel mogelijk te minimaliseren. In samenwerking met de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat en andere (markt)partijen wordt gewerkt aan het ontwikkelen van het Hoogwater Informatie Systeem voor de kust (HIS-kust). Hiervoor zullen de "Early warning" verwachtingen als invoer dienen.

7.3 Ontwikkelingen op het gebied van modellen

Het waterbewegingsmodel van Rijkswaterstaat (DCSM8) wordt op dit moment gevoed door het atmosferische model HIRLAM van het KNMI dat een gridgrootte van 22km heeft. Dit betekent dat kleinschaliger atmosferische verstoringen niet in de verwachtingen verwerkt zijn. Dit is een van de foutenbronnen van de waterstandsverwachtingen. Om dit probleem op te lossen loopt er bij het KNMI momenteel een onderzoek naar het toepassen van een HIRLAM-versie met een gridgrootte van 11km. Onderzocht zal worden wat de effecten zijn in combinatie met het DCSM8.

Ook wordt binnen het KNMI gekeken naar een combinatie van het HIRLAM model en het ECMWF model, mogelijk dat hierdoor de meteoroverwachtingen, met name voor de langere termijn (12 – 48 uur vooruit) aanzienlijk beter worden.

Een vergelijkend onderzoek tussen waterstandsverwachtingen van verschillende Europese instituten laat zien dat met name het Britse stormvloedverwachtingenmodel veelbelovend is ten aanzien van de stormvloedverwachtingen voor de termijn 12 – 48 uur vooruit. In opdracht van de SVSD is dan ook een samenwerking met het Britse meteorologische instituut opgestart. Het doel is om een koppeling te maken tussen het Britse atmosferische model (UKMO) en het DCSM8. Naar verwachting zullen de waterstandsverwachtingen uit deze combinatie in de loop van het stormseizoen 2006/2007 beschikbaar komen.

Daarnaast loopt er momenteel in opdracht van de SVSD nog een onderzoek naar de toepasbaarheid van neurale netwerken bij het maken van stormvloedverwachtingen. In de loop van het stormseizoen 2006/2007 zullen er stormvloedverwachtingen voor Hoek van Holland op basis van neurale netwerktechnieken beschikbaar komen. Nadat er voldoende gegevens zijn verzameld, zal onderzoek plaats kunnen vinden naar de bruikbaarheid van dergelijke verwachtingen.

Op dit moment is nog geen inschatting te geven welke bijdrage deze ontwikkelingen zullen leveren aan de nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen.

8. Literatuurlijst

- Lit 1 Spaarman et al, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, juli 1985, Evaluatie 30 jaar SVSD
- Lit 2 Doekes, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Nota GWIO-91.002, juli 1991, Stormvloedvoorspellingen Hoek van Holland
- Lit 3 v. Stralen et al, TNO Bouw, november 1994, Nadere Analyse voorspelnaauwkeurigheid Hydro Meteo-centrum Rijnmond, HMR
- Lit 4 Kroos, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, april 1996, Werkdocument RIKZ/IT 96.135X, Nauwkeurigheid waterstandsverwachtingen SVSD voor Hoek van Holland
- Lit 5 Philippart, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, oktober 1997, werkdocument RIKZ/OS-97.147X, Een nieuw stormvloedvoorspellingsysteem; vergelijking CSM16 met DCSM96
- Lit 6 Kroos, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, september 1999, Nauwkeurigheid waterstandsverwachtingen SVSD voor Hoek van Holland
- Lit 7 Verlaan et al, Philosophical Transactions of the Royal Society. A(2005) 363 pages 1441-1453, 15 June 2005, Operational Storm surge forecasting in the Netherlands: developments in the last decade

Bijlage A Overzicht maatgevende standen basisstations SVSD

sector	Schelde	West Holland	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	overschrijdingskans
basisstation	Vlissingen	Hoek van Holland	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	in gemiddeld aantal malen per jaar
SVSD-peilen						
informatiepeil	290	180	150	230	240	
voorwaarschuwing speil	310	200	-	-	260	omstreeks 5
waarschuwing speil	330	220	190	270	300	omstreeks 2
grenspeil	350	260	225	305	350	0,5
alarming speil	370	280	260	330	380	omstreeks 0,2
classificatie stormvloeden						
hoge vloeden	305 - 350	210 - 260	165 - 225	225 - 305	260 - 350	5 - 0,5
lage stormvloeden	350 - 385	260 - 300	225 - 275	305 - 350	350 - 410	0,5 - 0,1
middelbare stormvloeden	385 - 440	300 - 360	275 - 340	350 - 415	410 - 495	$10^{-1} - 10^{-2}$
hoge stormvloeden	440 - 495	360 - 430	340 - 395	415 - 465	495 - 560	$10^{-2} - 10^{-3}$
buitengewoon hoge stormvloeden	495 - 550	430 - 505	395 - 445	465 - 505	560 - 620	$10^{-3} - 10^{-4}$
extreme stormvloeden	≥ 550	≥ 505	≥ 445	≥ 505	≥ 620	$\leq 10^{-4}$
gemiddeld HW						
springtij	243	130	66	108	151	
gemiddeld tij	205	111	58	95	135	
doodtij	155	88	49	79	116	
hoogste standen						
1 februari 1953	455	385	325	334	307	
3/4 januari 1976	394	298	297	369	435	
hoogst bekende stand	455	385	325	369	460	
in het jaar	1953	1953	1953	1954	1825	
hoogwaterstanden zijn gegeven in cm +NAP						
in de overschrijdingswaarden is de zeespiegelstijging t/m 2006 verwerkt						

Bijlage B Vlissingen stormvloedhoogwaters

Stormvloedhoogwaters \geq NAP +330 cm

datum stormvloed Vlissingen	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	Cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
23-12-1954	12:56	170	13:20	356	186	350	6
16-10-1958	16:10	253	16:15	344	91	350	-6
12-1-1959	3:45	216	3:50	342	126	300	42
21-3-1961	4:52	218	4:50	367	149	300	67
15-11-1962	16:09	237	16:25	341	104	300	41
10-12-1965	14:55	237	14:40	365	128	340	25
16-11-1966	16:19	225	16:30	373	148	350	23
28-2-1967	16:41	242	16:50	352	110	300	52
5-10-1967	2:33	258	2:25	344	86	350	-6
10-11-1969	1:41	223	1:40	330	107	330	0
3-10-1970	3:11	224	3:15	332	108	300	32
19-10-1970	16:41	223	16:45	333	110	350	-17
22-11-1971	4:10	205	4:06	335	130	350	-15
3-4-1973	1:39	211	1:40	335	124	375	-40
13-11-1973	15:32	246	15:29	350	104	300	50
14-12-1973	4:43	219	4:43	355	136	350	5
14-12-1973	17:07	226	17:16	349	123	300	49
28-11-1974	12:53	199	12:37	351	152	345	6
3-1-1976	15:12	224	15:28	394	170	385	9
20-1-1976	16:17	231	16:05	335	104	310	25
21-1-1976	4:33	227	4:44	349	122	370	-21
13-11-1977	2:45	247	2:46	349	102	370	-21
13-11-1977	15:07	254	15:10	345	91	334	11
15-11-1977	4:18	234	4:03	373	139	400	-27
12-1-1978	3:56	234	4:10	334	100	300	34
2-1-1979	16:34	233	16:28	340	107	285	55
6-11-1979	15:07	245	15:05	339	94	325	14
20-4-1980	5:21	218	5:35	339	121	345	-6
11-3-1982	2:57	241	2:50	338	97	325	13
18-1-1983	16:41	212	16:42	332	120	310	22
2-2-1983	4:55	232	5:07	371	139	380	-9
3-3-1984	2:29	226	2:47	340	114	310	30
24-11-1984	2:24	254	2:13	354	100	360	-6
20-10-1986	15:25	239	15:24	341	102	320	21
14-2-1989	8:06	175	8:05	334	159	315	19
26-2-1990	14:46	255	15:10	333	78	345	-12
27-2-1990	3:06	248	3:00	355	107	380	-25

datum stormvloed Vlissingen	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	Cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
27-2-1990	15:25	264	15:30	384	120	400	-16
28-2-1990	3:46	256	3:45	370	114	400	-30
28-2-1990	16:06	262	16:15	336	74	320	16
1-3-1990	4:24	257	4:00	364	107	360	4
20-9-1990	3:30	244	2:35	338	94	320	18
7-10-1990	15:36	279	15:40	331	52	340	-9
11-11-1992	14:20	243	14:00	354	111	340	14
26-11-1992	2:42	227	2:45	338	111	325	13
11-1-1993	15:56	265	15:45	335	70	340	-5
25-1-1993	15:47	231	15:50	349	118	350	-1
21-2-1993	14:26	221	14:15	343	122	360	-17
14-11-1993	13:47	266	14:00	383	117	360	23
15-11-1993	2:15	260	2:20	372	112	360	12
28-1-1994	14:35	252	14:50	386	134	385	1
1-1-1995	13:35	252	13:57	339	87	340	-1
2-1-1995	2:05	245	2:10	371	126	380	-9
2-1-1995	14:23	261	14:38	357	96	340	17
28-9-1995	3:51	264	3:48	332	68	340	-8
29-8-1996	1:45	266	2:06	335	69	310	25
29-8-1996	14:08	258	14:15	361	103	330	31
29-10-1996	15:33	259	15:32	352	93	370	-18
28-2-1998	15:13	275	15:07	338	63	350	-12
21-12-2003	12:02	221	12:27	331	110	350	-19
8-2-2004	15:37	243	15:30	337	94	350	-13
13-11-2004	1:59	268	2:00	338	70	350	-12
13-2-2005	4:52	248	4:50	334	86	350	-16

Bijlage C Roompot buiten stormvloedhoogwaters

Stormvloedhoogwaters \geq NAP +275 cm

datum stormvloed Roompot buiten	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
20-10-1986	15:27	175	14:30*	294	119	255	39
14-2-1989	8:25	138	8:20*	315	177	280	35
26-2-1990	14:40	209	16:15	285	76	283	2
27-2-1990	3:00	190	2:40*	311	121	310	1
27-2-1990	15:18	215	14:55*	361	146	340	21
28-2-1990	3:39	197	3:30*	325	128	330	-5
28-2-1990	16:01	212	15:50	275	63	260	15
1-3-1990	4:20	198	4:00*	334	136	310	24
2-3-1990	5:05	194	5:10	283	89	270	13
20-9-1990	2:20	189	2:20	290	101	270	20
21-9-1990	15:10	193	15:05*	291	98	280	11
7-10-1990	15:35	218	15:35	283	65	280	3
12-12-1990	10:45	128	10:40*	278	150	285	-7
11-11-1992	14:19	196	14:40*	314	118	280	34
25-1-1993	15:45	178	16:25*	329	151	285	44
21-2-1993	2:05	153	3:25	276	123	285	-9
21-2-1993	14:19	168	14:25*	307	139	310	-3
14-11-1993	13:44	210	13:30*	336	126	305	31
15-11-1993	2:08	205	1:55*	338	133	306	32
28-1-1994	14:26	198	14:35*	344	146	345	-1
1-1-1995	13:29	199	13:47	288	89	290	-2
2-1-1995	1:55	190	2:11*	333	143	330	3
2-1-1995	14:15	208	14:50*	308	100	290	18
29-8-1996	1:35	209	1:39	292	83	270	22
29-10-1996	15:46	204	15:18*	313	109	315	-2
6-11-1999	12:45	164	13:10	276	112	265	11
3-12-1999	23:19	156	23:41	280	124	295	-15
21-12-2003	12:01	169	12:32*	318	149	310	8
8-2-2004	15:32	184	15:10*	293	109	300	-7
13-11-2004	1:56	209	1:50	292	83	290	2

*) Stormvloedkering Oosterschelde gesloten

Bijlage D Hoek van Holland stormvloedhoogwaters

Stormvloedhoogwaters \geq NAP +220 cm

datum stormvloed Hoek van Holland	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
22-12-1954	0:49	91	2:10	252	161	240	12
23-12-1954	13:54	80	14:00	300	220	280	20
24-12-1954	2:13	95	2:20	270	175	280	-10
16-10-1958	17:03	121	17:15	228	107	240	-12
12-1-1959	4:50	95	4:35	221	126	185	36
21-3-1961	5:53	88	5:40	246	158	196	50
12-2-1962	21:03	80	20:20	240	160	215	25
17-2-1962	1:55	75	3:02	262	187	250	12
3-12-1964	14:38	88	15:05	238	150	230	8
24-11-1965	15:41	96	15:30	228	132	240	-12
30-11-1965	19:46	82	20:00	242	160	250	-8
10-12-1965	15:57	118	15:30	280	162	220	60
28-3-1966	6:30	91	6:15	220	129	210	10
16-11-1966	17:18	94	17:20	280	186	230	50
28-2-1967	17:51	126	17:25	244	118	220	24
5-10-1967	3:36	122	2:55	230	108	230	0
5-12-1967	17:33	112	17:15	220	108	190	30
4-1-1968	5:25	108	6:15	225	117	220	5
2-2-1969	15:21	92	15:40	254	162	212	42
3-10-1970	4:24	103	4:00	227	124	196	31
19-10-1970	17:51	103	17:30	242	139	230	12
21-11-1971	16:50	104	17:14	243	139	185	58
22-11-1971	4:59	100	5:13	232	132	260	-28
13-11-1972	7:37	97	7:37	238	141	180	58
3-4-1973	2:19	88	3:00	228	140	260	-32
13-11-1973	3:49	129	4:05	227	98	220	7
13-11-1973	16:08	130	16:19	246	116	220	26
15-11-1973	17:54	126	18:09	227	101	220	7
19-11-1973	22:42	86	22:55	235	149	250	-15
25-11-1973	2:32	113	2:29	229	116	250	-21
6-12-1973	23:55	98	23:52	242	144	275	-33
13-12-1973	17:01	142	16:52	227	85	215	12
14-12-1973	5:33	124	6:26	249	125	290	-41
14-12-1973	17:58	137	17:49	279	142	220	59
28-11-1974	1:33	111	0:42	224	113	215	9
28-11-1974	13:51	98	13:19	238	140	280	-42
20-11-1975	15:48	101	16:27	230	129	210	20

datum stormvloed Hoek van Holland	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
3-1-1976	15:49	115	17:08	298	183	300	-2
20-1-1976	16:52	134	16:33	243	109	220	23
21-1-1976	5:20	116	5:17	257	141	220	37
22-1-1976	5:54	113	6:21	227	114	240	-13
13-11-1977	3:23	143	2:53	235	92	270	-35
13-11-1977	15:41	143	15:33	225	82	255	-30
15-11-1977	5:01	130	4:44	267	137	320	-53
24-11-1977	13:55	101	14:40	239	138	240	-1
30-12-1977	17:33	120	17:42	235	115	250	-15
6-11-1979	15:42	129	15:30	228	99	210	18
18-12-1979	1:37	122	2:13	234	112	260	-26
20-4-1980	5:53	119	6:12	251	132	275	-24
24-11-1981	1:00	113	0:42	240	127	220	20
24-11-1981	13:22	106	13:54	239	133	225	14
11-3-1982	3:42	116	3:24	224	108	220	4
16-12-1982	3:00	112	2:26	226	114	240	-14
18-1-1983	17:15	116	17:38	243	127	235	8
1-2-1983	17:08	132	17:05	238	106	220	18
2-2-1983	5:40	118	5:58	264	146	290	-26
4-1-1984	3:07	105	3:06	238	133	245	-7
7-2-1984	5:46	99	6:15	221	122	220	1
6-11-1985	8:24	68	7:59	229	161	220	9
15-1-1986	5:51	106	5:48	238	132	265	-27
24-1-1986	13:57	99	14:17	223	124	225	-2
20-10-1986	15:59	130	15:20	244	114	225	19
19-12-1986	4:20	104	3:51	228	124	210	18
19-12-1986	16:28	116	16:13	224	108	260	-36
29-2-1988	13:14	94	13:50	223	129	210	13
24-12-1988	15:13	126	15:10	235	109	200	35
14-2-1989	8:39	99	8:35	279	180	250	29
8-2-1990	13:43	114	13:50	237	123	190	47
26-2-1990	15:17	137	16:10	250	113	230	20
27-2-1990	3:39	117	3:35	247	130	265	-18
27-2-1990	15:56	139	16:05	284	145	300	-16
28-2-1990	4:17	120	4:25	264	144	290	-26
1-3-1990	4:57	123	4:45	261	138	240	21
2-3-1990	5:37	124	5:55	230	106	210	20
20-9-1990	2:54	133	3:15	236	103	210	26
21-9-1990	16:55	125	16:15	220	95	210	10
7-10-1990	16:09	145	16:25	220	75	210	10
12-12-1990	11:09	88	11:30	249	161	230	19
20-12-1991	1:04	122	0:40	232	110	200	32
20-12-1991	13:20	123	13:25	225	102	240	-15
11-11-1992	14:55	132	14:25	228	96	200	28

datum stormvloed Hoek van Holland	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
11-1-1993	16:26	151	16:20	221	70	230	-9
25-1-1993	4:10	118	4:00	235	117	210	25
25-1-1993	16:25	132	16:30	265	133	260	5
19-2-1993	13:44	115	14:30	242	127	240	2
21-2-1993	2:54	108	4:25	254	146	250	4
21-2-1993	14:54	123	15:25	249	126	250	-1
14-11-1993	14:19	144	15:30	265	121	250	15
15-11-1993	2:46	140	3:10	245	105	240	5
28-1-1994	2:49	118	3:08	230	112	205	25
28-1-1994	15:06	143	15:26	288	145	290	-2
1-1-1995	14:06	141	14:36	271	130	240	31
2-1-1995	2:34	126	3:17	261	135	275	-14
2-1-1995	14:52	147	15:19	234	87	240	-6
10-1-1995	9:15	89	9:13	239	150	230	9
28-9-1995	4:25	148	4:35	231	83	230	1
29-10-1996	16:04	144	16:10	253	109	260	-7
28-2-1998	15:55	148	15:54	220	72	230	-10
25-10-1998	17:25	125	17:20	233	108	235	-2
5-2-1999	5:56	112	5:42	238	126	235	3
22-2-1999	19:26	112	19:40	233	121	230	3
6-11-1999	13:45	116	13:47	242	126	230	12
4-12-1999	0:04	117	0:27	242	125	240	2
15-12-2000	17:29	143	17:32	220	77	210	10
9-10-2003	1:05	135	2:02	221	86	230	-9
21-12-2003	12:45	116	13:40	272	156	260	12
8-2-2004	16:26	132	17:52	252	120	240	12
13-11-2004	2:45	148	2:30	233	85	230	3
12-2-2005	17:16	140	16:50	226	86	220	6
13-2-2005	5:41	120	5:40	226	106	220	6

Bijlage E Dordrecht stormvloedhoogwaters

Stormvloedhoogwaters \geq NAP +180 cm

datum stormvloed Dordrecht	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
15-1-1986	8:17	100	7:14	203	103	218	-15
26-2-1990	17:24	99	19:15	183	84	175	8
27-2-1990	5:34	94	6:30	207	113	240	-33
27-2-1990	17:55	99	17:45	217	118	238	-21
28-2-1990	6:19	96	6:10	226	130	255	-29
1-3-1990	6:55	96	6:30	206	110	200	6
13-12-1990	1:44	92	2:20	190	98	210	-20
20-12-1991	15:04	82	16:05	185	103	180	5
25-1-1993	18:50	104	19:00	214	110	208	6
21-2-1993	17:45	101	17:35	204	103	190	14
15-11-1993	4:34	105	6:05	193	88	190	3
28-1-1994	18:30	107	18:25	250	143	255	-5
1-1-1995	15:59	105	17:48	219	114	200	19
2-1-1995	6:06	102	6:25	235	133	230	5
2-1-1995	18:35	108	17:02	214	106	224	-10
10-1-1995	11:24	89	12:10	193	104	180	13
25-10-1996	19:09	98	19:32	188	90	185	3
5-2-1999	8:00	98	8:45	194	96	195	-1
5-2-1999	20:10	100	19:45	191	91	185	6
22-2-1999	8:35	93	9:12	180	87	178	2
22-2-1999	21:09	91	21:19	196	105	205	-9
27-10-2002	19:56	107	20:19	194	87	205	-11
21-12-2003	14:35	108	15:13	189	81	196	-7
8-2-2004	18:40	108	19:40	210	102	208	2
13-2-2005	7:34	110	7:10	188	78	197	-9
13-2-2005	19:54	112	19:10	191	79	197	-6

Bijlage F Den Helder stormvloedhoogwaters

Stormvloedhoogwaters \geq NAP +190 cm

datum stormvloed Den Helder	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
5-12-1954	1:25	70	2:15	191	121	180	11
22-12-1954	5:00	55	5:30	289	234	305	-16
23-12-1954	18:35	50	18:40	277	227	350	-73
7-1-1958	8:57	38	8:40	196	158	190	6
9-1-1958	22:27	80	22:50	227	147	190	37
20-1-1960	11:29	27	11:35	230	203	200	30
13-2-1962	1:12	43	0:30	199	156	180	19
16-2-1962	17:35	53	18:20	251	198	210	41
17-2-1962	6:15	22	4:40	213	191	210	3
3-12-1964	19:28	52	19:15	199	147	180	19
13-2-1965	17:16	53	17:15	193	140	220	-27
2-11-1965	0:24	57	0:45	216	159	190	26
10-12-1965	8:49	50	9:15	204	154	130	74
10-12-1965	21:10	72	20:00	209	137	210	-1
30-11-1966	21:14	67	21:55	210	143	210	0
18-12-1966	23:39	66	23:00	193	127	180	13
23-2-1967	19:06	64	19:10	219	155	180	39
28-2-1967	22:42	68	22:20	217	149	180	37
5-10-1967	9:07	79	8:00	203	124	160	43
2-2-1969	20:02	70	20:00	238	168	220	18
20-2-1970	19:36	70	20:00	214	144	145	69
3-11-1970	22:15	58	22:15	204	146	180	24
21-11-1971	21:33	59	21:09	222	163	250	-28
13-11-1973	9:32	57	9:28	224	167	180	44
15-11-1973	23:08	72	22:53	218	146	180	38
7-12-1973	4:23	64	2:56	199	135	220	-21
13-12-1973	22:22	79	22:21	233	154	210	23
28-10-1974	5:26	69	5:35	213	144	230	-17
28-11-1974	6:16	63	6:05	210	147	230	-20
17-12-1974	21:57	69	22:30	200	131	180	20
3-1-1976	8:42	40	9:21	218	178	285	-67
3-1-1976	21:11	72	20:01	297	225	285	12
20-1-1976	22:16	80	22:20	248	168	230	18
21-1-1976	10:55	34	9:50	197	163	180	17
12-11-1977	20:54	60	21:15	202	142	175	27
14-11-1977	22:08	65	22:17	212	147	190	22
15-11-1977	10:14	51	9:56	213	162	190	23

datum stormvloed Den Helder	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
24-11-1977	18:51	44	18:41	196	152	190	6
30-12-1977	22:27	74	22:30	220	146	250	-30
18-12-1979	6:33	51	6:33	231	180	210	21
24-11-1981	6:17	71	6:01	217	146	180	37
24-11-1981	18:51	59	18:30	227	168	235	-8
16-12-1982	8:21	57	7:50	220	163	200	20
18-1-1983	22:27	72	21:50	211	139	225	-14
1-2-1983	22:42	79	22:33	270	191	275	-5
2-2-1983	10:59	47	9:01	196	149	170	26
3-1-1984	20:08	74	20:31	218	144	220	-2
4-1-1984	8:28	44	6:31	214	170	215	-1
7-1-1984	22:28	75	22:18	200	125	160	40
14-1-1984	3:04	47	2:20	193	146	180	13
6-11-1985	0:17	70	0:43	200	130	200	0
6-11-1985	12:36	31	9:21	207	176	220	-13
14-1-1986	22:51	87	22:30	220	133	215	5
28-3-1987	19:11	81	19:05	191	110	185	6
8-10-1988	6:00	83	5:55	201	118	190	11
5-12-1988	4:03	73	3:45	220	147	210	10
14-2-1989	11:30	49	12:05	253	204	250	3
17-1-1990	23:40	72	23:20	198	126	geen SVSD logboek	
25-1-1990	19:05	69	20:55	191	122	185	6
26-2-1990	20:45	80	20:35	275	195	230	45
27-2-1990	21:15	82	21:40	250	168	230	20
28-2-1990	6:25	43	7:25	194	151	200	-6
20-9-1990	9:15	85	7:30	194	109	210	-16
12-12-1990	5:20	40	15:25	225	185	240	-15
20-12-1991	6:25	71	5:50	233	162	200	33
20-12-1991	18:47	62	16:50	199	137	200	-1
22-1-1993	19:44	77	20:05	210	133	180	30
24-1-1993	20:50	82	20:40	203	121	200	3
25-1-1993	6:24	54	9:10	210	156	200	10
25-1-1993	21:25	84	19:35	194	110	200	-6
21-2-1993	5:20	43	7:55	265	222	255	10
14-11-1993	18:50	72	19:35	197	125	220	-23
9-12-1993	12:46	48	15:15	197	149	210	-13
19-12-1993	23:35	82	23:40	211	129	205	6
28-1-1994	8:35	52	8:15	242	190	200	42
28-1-1994	20:55	81	19:17	234	153	200	34
30-1-1994	21:45	88	21:24	194	106	200	-6
13-3-1994	20:15	70	20:52	206	136	190	16
1-1-1995	19:40	77	19:16	237	160	250	-13
10-1-1995	12:00	46	11:22	192	146	200	-8
29-10-1996	20:24	80	19:21	191	111	195	-4

datum stormvloed Den Helder	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
4-1-1998	23:50	83	1:33	203	120	200	3
25-10-1998	9:27	63	10:27	197	134	180	17
25-10-1998	21:55	68	21:57	214	146	190	24
5-2-1999	7:43	47	10:08	213	166	200	13
6-11-1999	19:26	60	17:20	208	148	190	18
4-12-1999	4:24	79	3:49	211	132	200	11
30-1-2000	0:40	56	1:33	227	171	230	-3
28-12-2001	18:25	58	18:51	201	143	180	21
23-2-2002	1:47	46	1:37	194	148	190	4
27-10-2002	20:15	70	21:41	231	161	250	-19
7-10-2003	5:16	86	5:04	190	104	190	0
21-12-2003	14:45	55	16:58	218	163	220	-2
8-2-2004	21:20	80	20:30	217	137	220	-3
12-2-2005	22:41	96	22:50	193	97	190	3

Bijlage G Harlingen stormvloedhoogwaters

Stormvloedhoogwaters \geq NAP +270 cm

datum stormvloed Harlingen	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
22-12-1954	7:40	85	6:30	369	284	300	69
23-12-1954	20:55	80	19:25	366	286	380	-14
10-1-1958	0:34	117	23:40	302	185	280	22
20-1-1960	14:02	63	12:35	320	257	260	60
16-2-1962	18:26	59	19:30	340	281	290	50
17-2-1962	8:46	52	6:50	290	238	232	58
2-11-1965	2:50	86	2:10	275	189	240	35
10-12-1965	23:20	108	21:40	272	164	260	12
30-11-1966	23:31	103	23:15	298	195	260	38
23-2-1967	21:22	98	20:15	299	201	250	49
1-3-1967	0:54	109	0:20	292	183	240	52
2-2-1969	22:18	108	20:30	302	194	300	2
20-2-1970	21:51	108	20:45	293	185	240	53
4-11-1970	0:28	99	22:45	305	206	240	65
21-11-1971	23:46	101	22:41	284	183	330	-46
2-4-1973	21:36	102	21:26	273	171	240	33
13-11-1973	11:43	93	10:41	296	203	290	6
16-11-1973	1:26	106	0:16	300	194	240	60
19-11-1973	17:18	63	17:11	273	210	240	33
14-12-1973	0:33	116	23:44	327	211	275	52
28-10-1974	7:42	97	6:39	280	183	290	-10
18-12-1974	0:13	108	23:28	278	170	300	-22
3-1-1976	11:02	81	10:56	319	238	365	-46
3-1-1976	23:20	113	20:59	369	256	365	4
21-1-1976	0:22	120	23:19	353	233	320	33
21-1-1976	13:18	74	11:15	274	200	275	-1
12-11-1977	22:56	103	22:26	281	178	230	51
15-11-1977	0:14	107	23:36	304	197	270	34
15-11-1977	12:30	92	10:20	273	181	270	3
31-12-1977	0:45	111	23:29	303	192	340	-37
18-12-1979	8:44	89	7:56	291	202	300	-9
1-1-1981	5:06	92	5:19	274	182	270	4
24-11-1981	8:12	112	7:34	303	191	270	33
24-11-1981	20:42	97	19:33	300	203	270	30
16-12-1982	10:23	96	9:01	297	201	270	27
19-1-1983	0:35	113	23:16	295	182	275	20
2-2-1983	0:51	118	23:55	355	237	350	5

datum stormvloed Harlingen	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
3-1-1984	22:09	115	21:45	289	174	290	-1
15-1-1986	0:42	123	0:07	289	166	290	-1
5-12-1988	5:57	100	5:30	279	179	290	-11
14-2-1989	14:54	70	13:40	296	226	280	16
25-1-1990	21:05	103	22:40	290	187	260	30
26-2-1990	22:56	117	21:55	366	249	350	16
27-2-1990	23:36	121	23:00	330	209	329	1
12-12-1990	17:50	71	17:30	300	229	270	30
20-12-1991	7:44	109	7:25	299	190	290	9
22-1-1993	21:46	118	21:30	286	168	290	-4
25-1-1993	10:54	87	9:45	296	209	300	-4
21-2-1993	9:44	78	8:40	331	253	340	-9
9-12-1993	17:10	72	16:30	270	198	280	-10
20-12-1993	1:24	116	0:40	281	165	280	1
28-1-1994	10:04	91	9:50	344	253	330	14
28-1-1994	22:14	121	20:43	303	182	310	-7
13-3-1994	22:35	111	22:21	295	184	290	5
1-1-1995	21:36	121	19:57	329	208	315	14
5-1-1998	1:51	115	3:11	272	157	270	2
5-2-1999	0:26	117	0:20	275	158	280	-5
5-2-1999	12:35	81	10:43	284	203	275	9
30-1-2000	3:24	87	3:06	293	206	310	-17
28-12-2001	20:05	94	19:23	291	197	290	1
28-10-2002	0:34	105	23:12	285	180	300	-15
8-2-2004	23:25	121	22:20	272	151	270	2

Bijlage H Delfzijl stormvloedhoogwaters

Stormvloedhoogwaters \geq NAP +300 cm

datum stormvloed Delfzijl	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
22-12-1954	9:37	112	7:50	393	281	360	33
23-12-1954	23:03	109	21:30	320	211	410	-90
13-1-1955	15:31	106	13:45	300	194	250	50
10-1-1958	2:42	154	2:00	318	164	290	28
21-3-1961	2:57	122	2:40	313	191	270	43
16-2-1962	22:20	108	21:20	446	338	350	96
17-2-1962	10:56	98	9:10	349	251	290	59
3-12-1964	23:54	116	23:35	301	185	290	11
13-2-1965	21:46	122	20:30	328	206	290	38
14-2-1965	10:30	118	9:30	302	184	210	92
2-11-1965	5:10	98	4:45	303	205	290	13
11-12-1965	1:13	146	0:10	320	174	290	30
1-12-1966	1:26	142	1:40	327	185	290	37
23-2-1967	23:21	142	22:40	349	207	320	29
1-3-1967	3:03	144	2:05	343	199	280	63
4-12-1967	1:13	148	0:35	303	155	geen SVSD	logboek
29-11-1969	2:35	128	2:00	317	189	290	27
4-11-1970	2:32	131	0:40	318	187	290	28
9-11-1970	20:38	111	20:10	309	198	290	19
22-11-1971	1:57	130	1:04	320	190	350	-30
13-11-1973	13:39	141	12:46	357	216	340	17
16-11-1973	3:29	142	2:33	356	214	320	36
19-11-1973	19:29	90	18:48	419	329	370	49
6-12-1973	20:29	110	20:14	373	263	380	-7
14-12-1973	2:27	152	1:25	399	247	350	49
5-12-1974	3:23	150	3:01	315	165	290	25
18-12-1974	2:12	133	2:05	307	174	290	17
3-1-1976	13:09	116	12:37	406	290	415	-9
4-1-1976	1:18	136	0:05	435	299	415	20
21-1-1976	2:26	159	1:48	408	249	400	8
21-1-1976	15:02	130	13:59	312	182	315	-3
22-1-1976	3:10	157	2:27	346	189	410	-64
15-11-1977	2:13	149	2:01	319	170	325	-6
15-11-1977	14:47	132	13:25	307	175	290	17
31-12-1977	2:53	139	1:46	396	257	410	-14
20-4-1980	3:19	114	2:55	307	193	340	-33
1-1-1981	7:30	120	7:40	330	210	290	40

datum stormvloed Delfzijl	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
1-1-1981	20:14	110	19:06	315	205	360	-45
13-10-1981	11:35	156	11:18	306	150	290	16
24-11-1981	10:20	139	9:04	391	252	340	51
24-11-1981	22:47	133	21:59	385	252	410	-25
9-4-1982	0:21	135	0:31	312	177	280	32
16-12-1982	12:28	129	11:35	335	206	320	15
16-12-1982	0:13	150	0:43	301	151	290	11
18-1-1983	14:43	109	13:32	329	220	350	-21
19-1-1983	2:50	140	1:40	324	184	325	-1
2-2-1983	2:53	142	2:23	388	246	400	-12
2-2-1983	15:22	118	13:31	304	186	290	14
4-1-1984	0:26	155	0:16	315	160	315	0
8-1-1984	2:52	152	2:03	317	165	325	-8
6-11-1985	4:55	126	5:04	312	186	290	22
11-11-1985	10:38	158	9:53	314	156	330	-16
20-11-1987	23:34	143	22:50	321	178	290	31
5-12-1988	8:32	133	8:10	300	167	300	0
14-2-1989	18:16	109	16:30	308	199	300	8
27-2-1990	1:11	159	0:25	392	233	390	2
27-2-1990	13:36	130	12:55	321	191	300	21
28-2-1990	1:40	164	1:25	387	223	360	27
28-2-1990	14:16	132	12:45	315	183	290	25
21-9-1990	14:09	158	13:35	305	147	290	15
7-10-1990	13:46	166	13:05	307	141	290	17
12-12-1990	19:20	107	19:15	351	244	320	31
20-12-1991	10:46	142	10:30	338	196	340	-2
20-12-1991	23:06	144	22:30	304	160	310	-6
23-1-1993	0:07	152	0:20	350	198	305	45
25-1-1993	0:36	155	1:35	312	157	300	12
25-1-1993	13:25	127	12:35	310	183	340	-30
26-1-1993	1:46	161	1:55	311	150	290	21
19-2-1993	11:06	121	12:05	313	192	280	33
20-2-1993	23:51	149	0:00	330	181	330	0
21-2-1993	12:21	122	9:50	316	194	340	-24
9-12-1993	19:55	115	19:10	320	205	300	20
20-12-1993	4:06	151	2:25	350	199	325	25
28-1-1994	12:46	159	11:17	425	266	410	15
29-1-1994	0:56	162	23:37	366	204	360	6
31-1-1994	2:10	172	1:33	339	167	340	-1
14-3-1994	0:56	152	23:56	354	202	360	-6
1-1-1995	23:56	164	0:40	366	202	375	-9
1-1-1995	11:26	150	11:06	319	169	300	19
10-1-1995	5:56	107	7:06	404	297	400	4
30-10-1996	1:40	160	0:50	331	171	320	11

datum stormvloed Delfzijl	astronomisch HW		opgetreden HW		scheve opzet	waterstands- verwachting ca. 6 uur voor HW	
	tijd	stand	tijd	stand		SVSD	verschil
	uu:mm	NAP +cm	uu:mm	NAP +cm	cm	NAP +cm	cm
		a		w	w-a	v	w-v
26-10-1998	2:45	140	1:24	304	164	320	-16
5-2-1999	2:35	156	2:19	359	203	350	9
5-2-1999	15:06	125	14:41	349	224	315	34
17-2-1999	0:36	160	0:32	306	146	300	6
3-12-1999	20:55	121	20:02	366	245	330	36
30-1-2000	6:15	118	5:15	383	265	360	23
9-2-2000	14:36	137	13:57	302	165	275	27
1-11-2001	0:06	145	23:30	302	157	260	42
28-10-2002	3:15	135	1:00	306	171	300	6
15-12-2003	3:27	140	2:09	302	162	310	-8
21-12-2003	22:11	135	21:36	303	168	300	3
9-2-2004	1:35	159	1:20	337	178	310	27
18-12-2004	4:16	162	4:20	304	142	290	14

Bijlage I Opgetreden stormvloedhoogwaters vs SVSD-berichten (1954 ... 1989)

locatie	aantal HW's in de categorie alarmering	aantal en soort bijbehorende berichten	aantal HW's in de categorie waarschuwing	aantal en soort bijbehorende berichten	aantal HW's in de categorie voorwaarschuwing	aantal en soort bijbehorende berichten
Vlissingen	6	5 A 1 W 0 VW 0 geen	35	4 A 14 W 8 VW 9 geen	49	1 A 14 W 7 VW 27 geen
Hoek van Holland	5	3 A 2 W 0 VW 0 geen	69	6 A 45 W 8 VW 10 geen	65	0 A 17 W 32 VW 16 geen
Den Helder	5	4 A 1 W 0 geen	57	1 A 34 W 22 geen	nvt	nvt
Harlingen	8	4 A 4 W 0 geen	36	3 A 19 W 14 geen	nvt	nvt
Delfzijl	13	7 A 6 W 0 VW 0 geen	46	3 A 17 W 23 VW 3 geen	69	0 A 13 W 36 VW 20 geen
totaal	37	23 A (62%) 14 W (38%) 0 VW (0%) 0 geen (0%)	243	17 A (7%) 129 W (53%) 39 VW (16%) 58 geen (24%)	183	1 A (1%) 44 W (24%) 75 VW (41%) 63 geen (34%)

A = Alarmering

W = Waarschuwing

VW = Voorwaarschuwing

geen = geen bericht uitgegaan

Bijlage J Opgetreden stormvloedhoogwaters vs SVSD-berichten (1990 ... 2004)

locatie	aantal HW's in de categorie alarmering	aantal en soort bijbehorende berichten	aantal HW's in de categorie waarschuwing	aantal en soort bijbehorende berichten	aantal HW's in de categorie voorwaarschuwing	aantal en soort bijbehorende berichten
Vlissingen	4	2 A 2 W 0 VW 0 geen	18	1 A 14 W 3 VW 0 geen	29	0 A 11 W 14 VW 4 geen
Hoek van Holland	1	1 A 0 W 0 VW 0 geen	35	0 A 27 W 8 VW 0 geen	37	1 A 7 W 21 VW 8 geen
Den Helder	1	0 A 1 W 0 geen	32	0 A 29 W 3 geen	nvt	nvt
Harlingen	2	2 A 0 W 0 geen	16	0 A 16 W 0 geen	nvt	nvt
Delfzijl	3	2 A 1 W 0 VW 0 geen	32	0 A 25 W 7 VW 0 geen	43	0 A 8 W 29 VW 6 geen
totaal	11	7 A (64%) 4 W (36%) 0 VW (0%) 0 geen (0%)	133	1 A (1%) 111 W (83%) 18 VW (14%) 3 geen (2%)	109	1 A (1%) 26 W (24%) 64 VW (59%) 18 geen (16%)

A = Alarmering

W = Waarschuwing

VW = Voorwaarschuwing

geen = geen bericht uitgegaan

Bijlage K Samenvatting opgetreden stormvloedhoogwaters vs SVSD-berichten

Periode	aantal HW's in de categorie alarmering	aantal en soort bijbehorende berichten	aantal HW's in de categorie waarschuwing	aantal en soort bijbehorende berichten	aantal HW's in de categorie voorwaarschuwing	aantal en soort bijbehorende berichten
1954...1989	37	23 A (62%) 14 W (38%) 0 VW (0%) 0 geen (0%)	243	17 A (7%) 129 W (53%) 39 VW (16%) 58 geen (24%)	183	1 A (1%) 44 W (24%) 75 VW (41%) 63 geen (34%)
1990...2004	11	7 A (64%) 4 W (36%) 0 VW (0%) 0 geen (0%)	133	1 A (1%) 111 W (83%) 18 VW (14%) 3 geen (2%)	109	1 A (1%) 26 W (24%) 64 VW (59%) 18 geen (16%)

A = Alarmering

W = Waarschuwing

VW = Voorwaarschuwing

geen = geen bericht uitgegaan

Periode	aantal HW's in de categorieën waarschuwing en alarmering	aantal juist gegeven waarschuwingen of alarmeringen	aantal HW's in de categorie voorwaarschuwing	aantal juist gegeven voorwaarschuwingen
1954...1989	280	152 (54%)	183	75 (41%)
1990...2004	144	118 (82%)	109	64 (59%)

Bijlage L SVSD-berichten vs opgetreden stormvloedhoogwaters (1954 ... 1989)

locatie	aantal gegeven alarme- ringen	aantal bijbe- rende HW's in de categorie	aantal gege- ven waar- schuwingen	aantal bijbe- rende HW's in de categorie	aantal gege- ven voor- waarschu- wingen	aantal bijbe- rende HW's in de categorie
Vlissingen	10	5 A 4 W 1 VW 0 geen	39	1 A 14 W 14 VW 10 geen	31	0 A 8 W 7 VW 16 geen
Hoek van Holland	9	3 A 6 W 0 VW 0 geen	76	2 A 45 W 17 VW 12 geen	55	0 A 11 W 32 VW 12 geen
Den Helder	5	4 A 1 W 0 geen	44	1 A 34 W 9 geen	nvt	nvt
Harlingen	7	4 A 3 W 0 geen	34	4 A 19 W 11 geen	nvt	nvt
Delfzijl	10	7 A 3 W 0 VW 0 geen	40	6 A 17 W 13 VW 4 geen	88	0 A 23 W 36 VW 29 geen
totaal	41	23 A (56%) 17 W (42%) 1 VW (2%) 0 geen (0%)	233	14 A (6%) 129 W (55%) 44 VW (19%) 46 geen (20%)	174	0 A (0%) 42 W (24%) 75 VW (43%) 57 geen (33%)

A = HW hoger dan of gelijk aan alarmeringspeil
W = HW hoger dan of gelijk aan waarschuwingspeil
VW = HW hoger dan of gelijk aan voorwaarschuwingspeil
geen = HW lager dan (voor) waarschuwingspeil

Bijlage M SVSD-berichten vs opgetreden stormvloedhoogwaters (1990 ... 2004)

locatie	aantal gegeven alarmeringen	aantal bijbehorende HW's in de categorie	aantal gegeven waarschuwingen	aantal bijbehorende HW's in de categorie	aantal gegeven voorwaarschuwingen	aantal bijbehorende HW's in de categorie
Vlissingen	3	2 A 1 W 0 VW 0 geen	29	2 A 14 W 11 VW 2 geen	52	0 A 3 W 14 VW 35 geen
Hoek van Holland	2	1 A 0 W 1 VW 0 geen	37	0 A 27 W 7 VW 3 geen	59	0 A 7 W 22 VW 30 geen
Den Helder	0	0 A 0 W 0 geen	37	1 A 29 W 7 geen	nvt	nvt
Harlingen	2	2 A 0 W 0 geen	22	0 A 16 W 6 geen	nvt	nvt
Delfzijl	2	2 A 0 W 0 VW 0 geen	34	1 A 25 W 8 VW 0 geen	54	0 A 7 W 29 VW 18 geen
totaal	9	7 A (78%) 1 W (11%) 1 VW (11%) 0 geen (0%)	159	4 A (3%) 111 W (70%) 26 VW (16%) 18 geen (11%)	165	0 A (0%) 17 W (10%) 65 VW (40%) 83 geen (50%)

A = HW hoger dan of gelijk aan alarmeringspeil

W = HW hoger dan of gelijk aan waarschuwingspeil

VW = HW hoger dan of gelijk aan voorwaarschuwingspeil

geen = HW lager dan (voor)waarschuwingspeil

Bijlage N Samenvatting SVSD-berichten vs opgetreden stormvloedhoogwaters

periode	aantal gegeven alarmeringen	aantal bijbehorende HW's in de categorie	aantal gegeven waarschuwingen	aantal bijbehorende HW's in de categorie	aantal gegeven voorwaarschuwingen	aantal bijbehorende HW's in de categorie
1954...1989	41	23 A (56%) 17 W (42%) 1 VW (2%) 0 geen (0%)	233	14 A (6%) 129 W (55%) 44 VW (19%) 46 geen (20%)	174	0 A (0%) 42 W (24%) 75 VW (43%) 57 geen (33%)
1990...2004	9	7 A (78%) 1 W (11%) 1 VW (11%) 0 geen (0%)	159	4 A (3%) 111 W (70%) 26 VW (16%) 18 geen (11%)	165	0 A (0%) 17 W (10%) 65 VW (40%) 83 geen (50%)

A = Alarmering

W = Waarschuwing

VW = Voorwaarschuwing

geen = geen hoogwater opgetreden in een van de categorieën

periode	aantal gegeven waarschuwingen en alarmeringen	aantal bijbehorende HW's in de categorieën waarschuwing of alarmering	aantal gegeven voorwaarschuwingen	aantal bijbehorende HW's in de categorie voorwaarschuwing
1954...1989	274	152 (55%)	174	75 (43%)
1990...2004	168	118 (70%)	165	65 (40%)
