

Opdrachtgever:

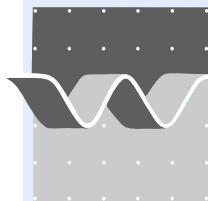
RIKZ

Meten en Modellen Fase 2, Deel C: Naar een 72 uursvoorspelling voor de SVSD

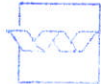
Analyse en Schets van een Plan van Aanpak

Rapport

November 2006



WL | delft hydraulics

	bibliotheek postbus 177 - 2600 MH Delft waterloogkundig laboratorium/WL
BB	67519
WL	Z 418g
EXPL	WL Delft Hydraulics



C 151028

Opdrachtgever:

RIKZ

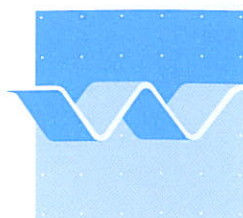
Metten en Modellen Fase 2, Deel C: Naar een 72-uursvoorspelling voor de SVSD

Analyse en Schets van een Plan van Aanpak

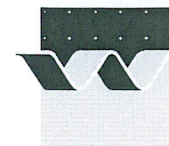
Herman Gerritsen

Rapport

November 2006



wL | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER:	Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee				
TITEL:	Metten en Modellen Fase 2, Deel C: Naar een 72 uursvoorspelling voor de SVSD. Analyse en Aanzet voor een Plan van Aanpak.				
SAMENVATTING: De overall doelstelling van het project Metten en Modellen is om gezamenlijk (WL Delft Hydraulics en TNO in samenwerking met RWS/RIKZ) een verkenningsproject uit te voeren rondom informatievoorziening binnen de watersector van Rijkswaterstaat. De informatieketen fungeert als raamwerk hierbij voor het identificeren van informatiegebruikers (de informatie behoefte) en informatieleveranciers. Het project bevat een procesdeel en twee inhoudelijke onderwerpen: een informatiestrategieportaal en een pilotstudie DMI (Data Model Integratie). Het huidige rapport betreft de DMI pilot studie. In het begin van het project is als onderwerp voor de DMI pilot waterstanden gekozen voor de brede vraag: <i>"Hoe moet de informatievoorziening opgezet worden als de Rijkswaterstaat (SVSD) niet 36 uur tevoren, maar 72 uur tevoren, verwachtingen af moet geven (VSP72)?"</i> Doel van deze pilot is een inventarisatie van de bestaande elementen in het voorspellingsproces te maken, hun (on)nauwkeurigheden, wat er duidelijk nog mist, uitmondend in een opzet voor een Plan van Aanpak voor activiteiten / acties om de belangrijkste elementen in de waterstandsketen te verbeteren. Hoofdstuk 2 van het huidige rapport geeft een overzicht van het huidige modelsysteem. In Hoofdstuk 3 worden de elementen van het DCSM (Dutch Continental Shelf Model) beschreven. Hoofdstuk 4 beschrijft onzekerheden en aanbevelingen voor de huidige VSP36. Hoofdstuk 5 beschrijft de aanleiding en nadere vraagstelling voor VSP72. Hoofdstuk 6 geeft een aanzet voor een Plan van Aanpak voor VSP72. Hoofdstuk 7 vat dit samen in een suggestie voor prioriteitstelling. DISCLAIMER: Als gevolg van de noodzakelijke (extra) aandacht voor het leerproces binnen het overall project is het resultaat van deze pilot qua omvang minder uitgebreid en zijn de diverse elementen ook minder diepgaand uitgewerkt. De inhoud en omvang van het huidige rapport moeten nadrukkelijk in dit licht van deze beperking gezien worden. NB: Het schrijven van dit rapport is in principe afgesloten op 14 november 2006. Op basis van de discussie naar aanleiding van de presentatie van het concept op 14 november is later nog sectie 6.7 toegevoegd. Ook is naar aanleiding van nadere informatie uit de analyse van de 1 novemberstorm een eindopmerking aan sectie 6.8 toegevoegd. Deze aanpassingen zijn in de prioriteitenlijst verwerkt.					
REFERENTIES:	Rijkswaterstaatsopdracht RKZ-1701 WL project Z4189; in samenwerking met TNO				
VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
0.1	H. Gerritsen	13 november 2006	eerste concept		
1.0	H. Gerritsen	4 december 2006	concept	N. Villars	A.W. Minns
2.0	H. Gerritsen	14 december 2006	definitief	N. Villars	T. Schilperoort
PROJECTNUMMER:		Z4189			
TREFWOORDEN:		waterstanden, operationele voorspelling, onzekerheden, Noordzee, Waddenzee			
AANTAL BLADZIJDEN:		2+27 pag + 10 pag appendices			
VERTROUWELIJK:		☐ JA ☒ NEE			
STATUS:		☐ VOORLOPIG ☐ CONCEPT ☒ DEFINITIEF			

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Het project Meten en Modellen	1
1.2	Doelstelling van de opdracht	1
1.3	Plan van aanpak Fase 2	2
1.4	De DMI pilot Waterstanden in Fase 2	2
1.5	Invulling van de DMI-pilot	3
1.6	Disclaimer / Status: dit rapport is een eerste aanzet	4
2	Overzicht van het huidige voorspelsysteem	5
2.1	DCSM – Dutch Continental Shelf Model	5
2.2	HIRLAM – wind en drukvoorspellingen	6
2.3	Operationele cyclus bij KNMI	7
2.4	De operationele cyclus bij Rijkswaterstaat	8
2.5	NOOS uitwisseling van waterstandsvoorspellingen	8
3	Beschrijving van de DCSM elementen	10
3.1	Het DCSM – modeldomein en resolutie	10
3.2	Modelvergelijkingen en modelafregeling	11
3.3	Modelaansturing: getij, wind en drukvelden	12
3.4	Data-assimilatie van waterstanden	13
3.5	De modellentrein – nesten tot gewenst kustdetail	14
4	Onzekerheden / aanbevelingen in de huidige VSP36	15
4.1	Uitvoeren van een SIMONA-DCSM onzekerheidsanalyse	15
4.2	Aanpak van verscholen stations - Delfzijl	16
4.3	Verbetering van de atmosferische modelsturing	16

4.4	Ensemble predicties (EPS) van wind en druk	16
4.5	Gebruik van het ensemble van de NOOS voorspellingen	17
5	Uitbreiding van de voorspelhorizon: VSP72	18
5.1	Scenario van de “ergst voorstelbare stormvloed”	18
5.2	Het door de SVSD gewenste systeem: VSP72	19
6	VSP72 – Aanzet voor een Plan van Aanpak	21
6.1	Aanpassing van het modeldomein van DCSM*	21
6.2	Resolutie en domeindecompositie: DCSM* - ZUNO*	22
6.3	Schematisatie van bodemtopografie en kustlijn	22
6.4	Aspecten van herkalibratie	23
6.5	Aanpassing van de modelvergelijkingen en parameters.....	23
6.6	Het Kalmanfilter.....	24
6.7	Ondersteunend module voor de verwachtingen	24
6.8	Aanpassingen in het operationele meetnet	25
7	Samenvatting; Suggestie voor een prioriteitenlijst.....	26
8	Referenties.....	27
A	Notitie Vos, 27 september 2006.....	28
B	Notitie Verlaan, 7 oktober 2006.....	30
C	Notitie Gerritsen, 9 oktober 2006.....	34
D	Storm van 1 november 2006	36

I Inleiding

I.1 Het project Meten en Modellen

Het project ‘Meten en Modellen’ is bij Rijkswaterstaat de afgelopen jaren gestart om de meetwereld en modellenwereld dichterbij elkaar te brengen. Uitgaande van een optimalisering van meetnetten blijkt juist de combinatie van meten en modellen veel meer ‘winst’ te bieden, bijvoorbeeld door dezelfde informatie te kunnen produceren met minder meetinspanning. Om dit te doen is data-assimilatie nodig en optimalisatie van de combinatie van meetnet en modellen. Een probleem met het dichterbij elkaar brengen van de mariene meetwereld en modellenwereld is dat de organisaties op dit terrein in de toekomst juist uit elkaar worden getrokken.

In het kader van dit project en met oog op het toekomstige Delta Instituut, heeft RIKZ in juni 2006 opdracht gegeven aan de Delta Instituut ‘partners’ WL | Delft Hydraulics en TNO om een verkennende studie uit te voeren. Deze studie is onderverdeeld in twee fasen.

I.2 Doelstelling van de opdracht

De overal doelstelling van de opdracht is om gezamenlijk (WL | Delft Hydraulics en TNO in samenwerking met RWS/RIKZ) een verkenningsproject uit te voeren rondom informatievoorziening binnen de watersector van Rijkswaterstaat. De informatieketen fungeert als raamwerk hierbij voor het identificeren van informatiegebruikers (de informatie behoefte) en informatieleveranciers.

Om de overal doelstelling te realiseren zijn 3 deelprojecten gedefinieerd, met elk een eigen doelstelling:

- **A - Leerproces en communicatie:** Doel is om ervaring op te doen met de (huidige en) toekomstige institutionele en organisatorische aspecten: verantwoordelijkheden, coördinatie, communicatie en rolverdeling tussen Front-office, Back-office en Data- en ICT-diensten van RWS, Delta Instituut en TNO;
- **B – Informatie-strategie-portal:** Doel is om de mogelijkheden voor betere ontsluiting en afstemming van informatievraag en -aanbod via een informatie-strategie-portal te demonstreren;
- **C – DMI en optimalisatiestudie zoute meetnet:** Doel is om de rol van modellen in de informatieketen en de meerwaarde van data-model integratie aan te tonen met een pilot rondom de zoute meetnetten en de operationele modellen voor de parameter “waterstanden”.

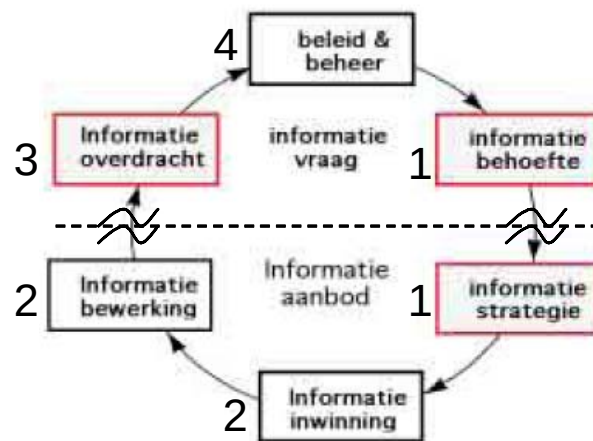
Het project is opgedeeld in twee fasen. Doel van Fase 1 van de studie was om in nauwe afstemming met de opdrachtgever de vraagstelling voor de studie helder te krijgen en een afbakening van de opdracht te definiëren. Voor het verslag van Fase 1, zie (Villars et al., 2006).

I.3 Plan van aanpak Fase 2

Tijdens de Fase 1 workshop op 22 juni 2006 is het concept Plan van Aanpak voor Fase 2 gepresenteerd. Deze fase omvat drie deelprojecten die in onderlinge samenhang en gelijktijdig worden uitgevoerd, ook met expliciet input van Rijkswaterstaat:

- A: Leerproces en communicatie**
- B: Informatie-strategie-portal**
- C: Pilotstudie DMI voor het onderwerp “waterstanden”**

Daarbij staat het samenwerken tussen de verschillende organisaties (RWS, TNO, WL) in de informatie-cyclus centraal (Figuur 1.1).



Figuur 1.1: De stappen in de informatiecyclus. Nummers 1 t/m 4 refereren aan activiteiten in het Plan van Aanpak van Fase 2.

De 3 deelprojecten worden uitgevoerd op basis van een pilotstudie ‘waterstanden’. De stappen van de informatie-cyclus worden expliciet doorlopen met alle betrokken partijen. De daarbij behorende specifieke informatiebehoefte wordt tijdens een eerste middagssessie (op 26 september 2006) gedefinieerd.

I.4 De DMI pilot Waterstanden in Fase 2

In Fase 1 is als onderwerp voor de DMI pilot waterstanden gekozen voor de brede vraag:

“Hoe moet de informatievoorziening opgezet worden als de Rijkswaterstaat (SVSD) niet 36 uur tevoren, maar 72 uur tevoren, verwachtingen af moet geven?”

Op 26 september 2006 heeft een eerste bijeenkomst plaatsgevonden gericht op Stap 1 in Figuur 1.1. In een rollenspel hebben “vertegenwoordigers van beleid en beheer”, “informatievragers” en “informatieaanbieders” de informatiebehoefte en informatiestrategie zo helder mogelijk gemaakt. Doel daarbij was om dit aan het eind van de bijeenkomst te laten uitmonden in een concrete en goed afgebakende actie, die vervolgens door WL en

TNO als Stap 2 in de informatiecycclus zou worden opgepakt. Tijdens de bijeenkomst kwamen allerlei onverwachte additionele aspecten naar voren, waarmee de breedte en omvang van de scope aanvankelijk eerder ruimer leek te worden dan te convergeren naar een gerichte, bij de oorspronkelijke doelstelling passende, beknopte activiteit. De formulering van die activiteit bleek uiteindelijk net niet gehaald te worden.

In de daarop volgende dagen zijn door diverse direct betrokkenen bilateraal voorstellen gedaan voor de concrete DMI activiteit. Gezien het belang voor het probleem en de vele opmerkingen met een bredere relevantie dan alleen de huidige studie, zijn deze ideeën integraal opgenomen als Appendix A en Appendix B. Appendix C geeft een overzicht van de inbreng van alle partijen, uitmondend in een concrete, voldoende beknopte actie. In overleg met de projectbegeleiders is gekozen voor de volgende activiteit:

WL en TNO (WL trekker) richten zich bij de VSP72 op waterstanden. Dit moet leiden tot een inventarisatie van de bestaande elementen, hun (on)nauwkeurigheden, wat er duidelijk nog mist, uitmondend in een opzet voor een Plan van Aanpak voor activiteiten / acties om de belangrijkste elementen in de waterstandsketen te verbeteren.

Oplevering als Nederlandstalige notitie of conceptrapport: 9 november 2006; plus presentatie op Bijeenkomst#2 op 14 november.

I.5 Invulling van de DMI-pilot

Op suggestie van de RIKZ projectbegeleiders heeft op 12 oktober een gesprek van WL met drs. Jan Noort plaats gevonden. Daarin is gebleken dat Noort sinds april 2006 binnen RIKZ met dezelfde vraag bezig is. Om praktische redenen en om een doublure van werkzaamheden te voorkomen, is in onderling overleg met de projectbegeleiders besloten dat Noort zijn werk aan dit onderwerp tijdelijk opschort en het werkdocument met zijn bevindingen tot nu toe (Status 25 september) beschikbaar stelt (Noort, 2006; in ontwikkeling).

Op 17 oktober heeft Gerritsen deelgenomen aan een reeds eerder door dr. Martin Verlaan en drs. Jan Noort geïnitieerd gesprek bij KNMI met dr. Hans de Vries over dit onderwerp. De resultaten en opgedane ideeën tijdens dit gesprek zijn in het huidige document verwerkt. Bij de analyse en het rapporteren is verder gebruik gemaakt van informatie uit gesprekken met en/of telefonische consultering van o.a. Dr. Hans de Vries, Dr. Henk van den Brink (beiden KNMI), Dr. Martin Verlaan, Jan Kroos (beiden RIKZ), Dr. Roger Proctor (POL, UK) en drs. Jan Noort (SEPPA/RIKZ).

Het belang van het onderwerp werd vanuit de praktijk nog eens onderstreept doordat op 1 november 2006 06:50 tijdens een zeer zware noordwesterstorm de waterstand bij Delfzijl het niveau 483 cm bereikte. Dit is 103 cm boven het alarmpeil (NAP+380 cm). Het is hiermee meteen de hoogste waarde die in station Delfzijl gemeten is sinds 1 januari 1900 (Appendix D).

I.6 Disclaimer / Status: dit rapport is een eerste aanzet

Door projectbegeleiders en uitvoerders is geconstateerd dat het proces om na de bijeenkomst van 26 september tot een concrete keuze te komen veel interactie tussen opdrachtgever en opdrachtnemer (“vraagkant en aanbodkant”) heeft gevraagd. De inspanningen die hiermee gemoeid waren zijn direct ten koste gegaan van de tijd die beschikbaar was voor de inhoudelijke uitwerking (dit is ook als zodanig met de RWS projectleiders besproken).

Als gevolg van de noodzakelijke aandacht voor dit leerproces heeft het resultaat van de pilot qua omvang minder uitgebreid kunnen zijn en heeft het ook minder diepgang kunnen hebben. De inhoud en omvang van het huidige rapport moeten nadrukkelijk in dit licht gezien worden.

Ook houdt dit in dat de onderwerpen “Golfvoorspellingen” en “Berekening van krachten op de zeewering met behulp van het HIS-module” in de huidige aanzet niet aan de orde komen.

NB:

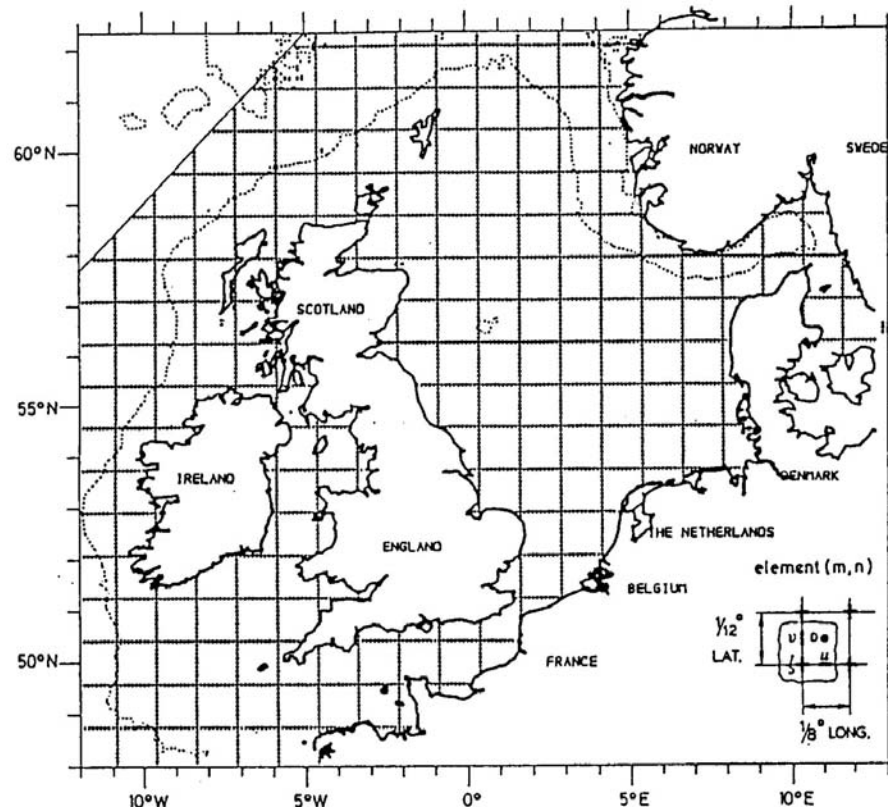
Het schrijven van dit rapport is in principe afgesloten op 14 november 2006. Op basis van de discussie naar aanleiding van de presentatie van het concept op 14 november is wel nog sectie 6.7 toegevoegd. Ook is naar aanleiding van nieuwe informatie uit de analyse van de 1 novemberstorm een eindopmerking aan Sectie 6.8 toegevoegd, en is dit in de prioriteitenlijst verwerkt

2 Overzicht van het huidige voorspelstelsel

2.1 DCSM – Dutch Continental Shelf Model

Het centrale element in de operationele waterstandsvoorspelling in Nederland is het numerieke waterstandsmodel DCSM. Dit is een 2D-modelapplicatie binnen SIMONA. Het modelgebied is de rechthoek tussen 48° en $62^{\circ} 20'$ NB en -12° tot $+13^{\circ}$ OL, zie Figuur 2.1. De modelresolutie is $1/12^{\circ}$ noord-zuid en $1/8^{\circ}$ west-oost, ofwel ruwweg 8×8 km.

Langs de open oceaanrand wordt het getijverloop voorgeschreven, met daarop gesuperponeerd een correctie gebaseerd op het voorspelde verloop van de atmosferische druk op zeeniveau, berekend met het HIRLAM model. Op ieder roosterelement wordt bovendien het met HIRLAM berekende wind- en drukverloop voorgeschreven.



Figuur 2.1: Domein van het DCSM, 201×173 roosterpunten; modelresolutie van $\Delta\phi = 1/12$ breedtegraad bij $\Delta\lambda = 1/8$ lengtegraad

DCSM maakt gebruik van een data-assimilatiemodule (Kalmanfilter) om op basis van een hindcast waarin meest recente waterstandsobservaties worden geassimileerd de korte termijn voorspellingen (0-15 uur) te verbeteren.

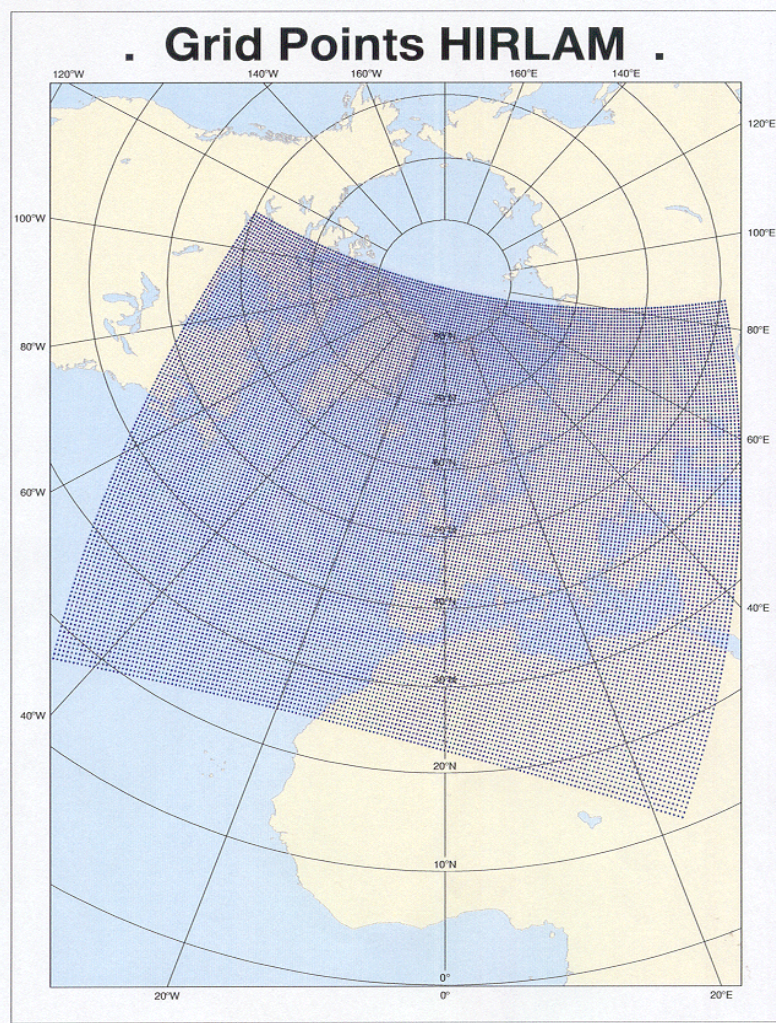
Voor een beschrijving van het model, de afregeling op getij en stormopzet, zie o.a. (Verboom et al, 1992; Gerritsen et al, 1995; Philippart en Gebraad, 1997; Verlaan et al,

2005). Naast genoemde literatuur zijn de eigenschappen en afregeling van het DCSM model in een zeer groot aantal gedetailleerde onderzoeksrapporten vastgelegd.

2.2 HIRLAM – wind en drukvoorspellingen

Bij KNMI wordt het HIRLAM model gebruikt voor het simuleren van de fysisch gedrag van de atmosfeer. HIRLAM is een 3D model. Vereenvoudigd weergegeven, berekent het model het verloop van het 3D veld van de horizontale stroming, hoogte en temperatuur als functie van de luchtdruk (uitgedrukt in drukhoogtes (hPa)). De grootheden in de onderste luchtlaag zijn van direct belang voor de waterstandsvoorspelling. Voorbeelden zijn de luchtdruk op zeeniveau, de windsnelheden (afgeleide grootheid U_{10}), luchttemperatuur, luchtvochtigheid en de warmteflux.

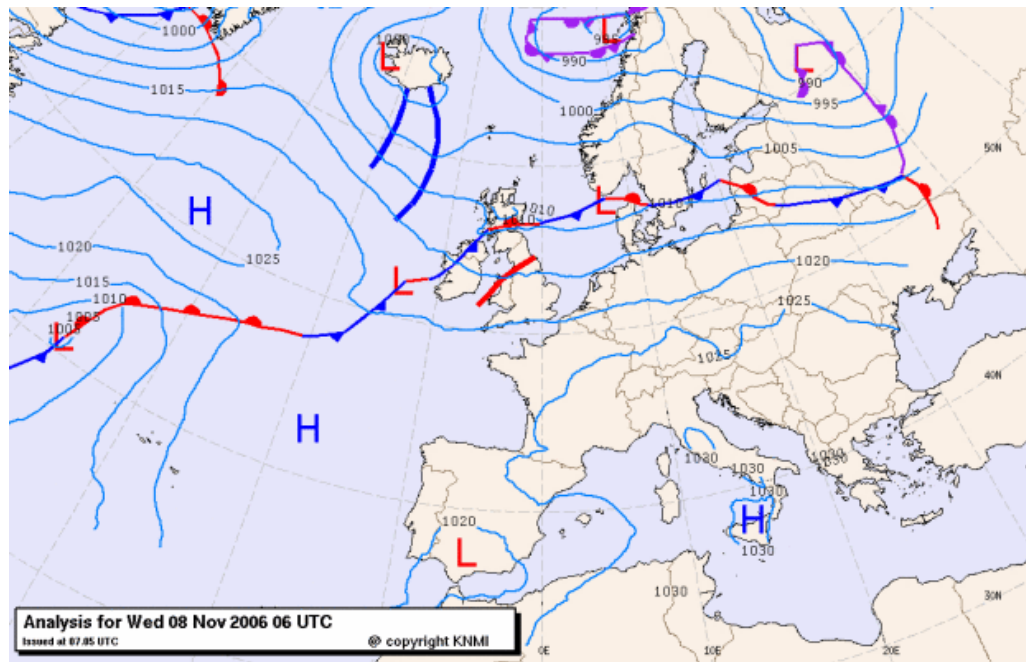
De HIRLAM modelapplicatie bij KNMI is gebaseerd op een geroteerd Latitude-Longitude projectie en een 22 km modelrooster, dat over de Noordzee een fijnere resolutie heeft van ongeveer 11 km. Het modeldomein bestrijkt ruwweg een gebied van 8500 bij 6500 km (406 x 324 roosterpunten), zie Figuur 2.2.



Figuur 2.2: Rekendomein van het vernieuwde 11 km HIRLAM model; het 406 bij 324 modelrooster is een geroteerd Lat-Lon rooster, met de evenaar door de Noordzee (bron: Hans de Vries, KNMI)

Aan de open randen worden randvoorwaarden opgelegd die gebaseerd zijn op oplossingen van het globale atmosfeermodel waarmee ECMWF elke 12 uur nieuwe atmosferische voorspellingen maakt met een tijdhorizon van 10 dagen.

Met het HIRLAM model wordt iedere 6 uur een 48-uurs operationele voorspelling gemaakt. Om operationele redenen worden de 11 km rekenresultaten tijdelijk nog naar het 22 km rooster vergrofd en gepresenteerd. Figuur 2.3 geeft een voorbeeldresultaat op het modeldomein dat standaard voor presentaties wordt gebruikt. Dit heeft een centrale zuid-noordlijn van ongeveer de Sahara ($\sim 30^\circ$ NB) tot $\sim 70^\circ$ NB.



Figuur 2.3: Presentatiedomein van het HIRLAM model, met analyse voor 8 Nov 2006 06 GMT (Bron: KNMI website)

Het ontstaan en gedrag van lokale instabiliteiten is een wezenlijke eigenschap van atmosferische processen. Data-assimilatie van meest recente observaties is daarom essentieel om te zorgen dat iedere voorspelling kan uitgaan van een zo goed mogelijke, dynamisch ingespeelde (begin)toestand van de atmosfeer. In HIRLAM wordt gebruik gemaakt van een 3D variationele data-assimilatieprocedure.

2.3 Operationele cyclus bij KNMI

Een Automatische Productie Lijn (APL) bij het KNMI zorgt dat de data-inwinning, datavalidatie en het maken van voorspellingen op een systematische, logische en betrouwbare manier gebeurt. Een voorspelcyclus beslaat 6 uur: iedere 6 uur worden gegevens van de wereldwijde atmosferische monitoring ingewonnen via het GTS en andere hiervoor ingerichte datalijnen. Deze worden volgens goedgedefinieerde procedures automatisch en rigoreus gevalideerd. Vervolgens wordt een HIRLAM berekening gestart, bestaande uit een hindcastdeel van 6 uur plus een forecastdeel, met een voorspelhorizon van 48 uur. Na de HIRLAM berekening wordt een NEDWAM (Netherlands Wave Model; een 3°

generatie golfmodel) voorspelling gemaakt waarmee het golfveld voor de kust wordt voorspeld. Verder bevat de cyclus twee DCSM berekeningen: een hindcast-forecast berekening met Kalmanfilter (deze levert de voorspellingen voor de kortere termijn, tot orde 15 uur), en een forecast berekening zonder Kalmanfilter (deze levert de voorspellingen voor de periode 15 – 36 uur).

2.4 De operationele cyclus bij Rijkswaterstaat

De relevante HIRLAM resultaten uit de atmosferische grenslaag (luchtdruk op zeeniveau plus de afgeleide U_{10} windsnelheden) en de berekende DCSM velden worden via datalijnen en/of ftp-server standaard beschikbaar gesteld aan Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat gebruikt deze modelresultaten voor verdere interpretatie, o.a. bij de scheepvaartbegeleiding door HMR en HCMZ, en in geval van zittingen van de SVSD.

Een tweede gebruik van de atmosferische voorspellingen is het doorrekenen van kortere termijn voorspellingen met de zgn. Nautboom. Dit is de modellentrein DCSM – ZUNO – KUSTSTROOK-grof – KUSTSTROOK-fijn. In het laatste model wordt als variabele ook zout meegenomen. Hiermee komen in ruimte en tijd hoge resolutie operationele voorspellingen langs de kust, in de Waddenzee en in de estuaria beschikbaar, van belang voor divers operationeel beheer, lodingsreductie, etc. Een groot deel van deze ontwikkeling is gerealiseerd in het project NAUTILUS, waarin de vier kustdirecties en HBR deelnemen.

Bij HMR, HCMZ, en SVSD wordt verder gebruik gemaakt van het zgn. WOMOD of Vakkenmodel. Dit levert de mogelijkheid om op basis van nieuwe 3-uurlijkse atmosferische waarnemingen (indien deze afwijken van de met HIRLAM voorspelde wind) tussentijds correcties te berekenen op de DCSM voorspellingen van de waterstand in de vijf Nederlandse hoofdstations langs de kust Vlissingen, Hoek van Holland, Den Helder, Harlingen en Delfzijl.

In voorkomende gevallen wordt bij de SVSD, HMR en HCMZ gebruik gemaakt van neurale netwerken, om de voorspellingen op kritieke punten te verfijnen. Voorbeelden zijn de dwarsstroom over de Eurogeul en bij IJmuiden ten behoeve van de scheepvaart, en mogelijk ook enkele diep in estuaria gelegen waterstandsstations.

2.5 NOOS uitwisseling van waterstandsvoorspellingen

Sinds enkele jaren werken de overheidsdiensten rond de Noordzee die een wettelijke taak hebben voor het maken van operationele waterstandsverwachtingen samen in het project NOOS (North West Shelf Operational Oceanographic System). De deelnemende instituten zijn BSH, DMI, MUMM, UKMO, POL, RIKZ, KNMI en DNMI. Doelstelling is kennisdelingen en het onderling toegankelijk maken van de voorspellingen om op termijn gezamenlijk de voorspellingen te verbeteren.

Via het door RWS ontwikkelde presentatiesysteem MATROOS kunnen zeven nationale operationele voorspellingen (BSH, DMI, DNMI, MUMM, UKMO, NL, NL-KF) voor een groot aantal relevante stations flexibel gevisualiseerd, geïnterpreteerd en uitgewerkt worden.

Hoewel deze gegevens inmiddels regelmatig binnenkomen, en geraadpleegd kunnen worden, is de beschikbaarheid nog niet altijd gegarandeerd. Er zijn nog geen uitgebreide statistische gegevens over de voorspelkracht van deze modellen voor de Nederlandse stations en de mogelijke meerwaarde t.o.v. de Nederlandse modelvoorspellingen. Ook hebben we nog maar beperkt ervaring met hun operationele gebruik als additionele informatiebron naast de eigen modelvoorspelling. Daartoe dient eerst een uitvoerige analyse plaats te vinden. Een rapport met een vergelijking van de modelvoorspellingen voor het seizoen 2003-2004 en eerste conclusies over hun onderlinge voorspelkracht is in voorbereiding (Verlaan en Zijderveld, 2006).

3 Beschrijving van de DCSM elementen

In dit hoofdstuk worden een aantal opmerkingen geplaatst bij de kern van het huidige waterstandsvoorspelstelsel –DCSM – en zijn sterke en minder sterke kanten. Dit wordt gedaan om helder te krijgen waar mogelijke winst te behalen is in termen van verbetering van het huidige systeem (VSP36), dat naar inzicht van de auteur meteen een opmaat geeft naar uitbreiding tot VSP72.

Aangetekend wordt dat dit hoofdstuk de huidige perceptie van de auteur weergeeft. Het is niet uitgesloten dat details van de status van het huidige operationele versie niet up-to-date zijn. Daarom lijkt een bespreking met RIKZ en KNMI collega's gewenst om mogelijke onjuiste beelden op tijd te corrigeren.

3.1 Het DCSM – modeldomein en resolutie

Het modeldomein van DCSM is de rechthoek begrensd door de parallellen $+48^{\circ}$ Noord en $62^{\circ}20'$ Noord en de meridianen $+12^{\circ}$ West en $+13^{\circ}$ Oost, waarbij de noordwestelijke modelhoek afgesneden is, zie Figuur 2.1. Met de modelresolutie van $\Delta\phi = 1/12$ breedtegraad bij $\Delta\lambda = 1/8$ lengtegraad betekent dit een rooster van 173 bij 201 roosterpunten. De keuze voor dit domein is ingegeven door de wens een enkele open modelrand te hebben, die bovendien op diep water ligt. De ligging van een open modelrand op diep water staat toe dat het effect van atmosferische modelsturing (depressies) via de zogenaamde Inverted Barometer Condition op een volledig consistente manier op de open rand en in het binnengebied aangebracht kunnen worden. Daarnaast zorgt het diepe gebied langs de open rand ervoor dat eventuele lokale inconsistenties in de randaansturing grotendeels op diep water vereffend worden, en dat er maximaal een kleine verstoring van de oplossing op de shelf zelf merkbaar is. Het huidige domein is vrijwel het kleinst mogelijke bij de eis van een open rand op diep water.

De Oostzee wordt in DCSM niet meegemodelleerd. Wel wordt de uitwisseling met de Oostzee gemodelleerd, door ter plaatse van de Oostzeerand (Oresund, Grote en Kleine Belt) een constante langjarig gemiddelde netto (brak water) instroming vanuit de Oostzee voor te schrijven ($14,400 \text{ m}^3/\text{s}$). Deze uitwisseling met de Oostzee beïnvloedt alleen lokaal in het Kattegat de berekende waterstanden; voor de Nederlandse kust heeft dit al geen enkele invloed meer.

De DCSM modelresolutie van $1/12$ breedtegraad bij $1/8$ lengtegraad houdt in dat scherpe gradiënten in de zeebodempogografie en kustlijnen niet in alle details weergegeven kunnen worden. Uitgezonderd voor de Nederlandse kustzone, is het voor het weergeven van de grootschalige voortplanting van het getij op de shelf en de Noordzee echter voldoende om een netto effect van bodem- en kustlijnvariaties op het waterstandsgedrag te representeren. Bij een diepte van 30 m is de golflengte van M_{12} ruim 100 km, ofwel meer dan 10 roostercellen, waarmee alle relevante golflengtes numeriek voldoende goed weergegeven kunnen worden.

NB: De modelresolutie en modeldomein zijn in afhankelijkheid zo gekozen dat het toen in 1984 op de Sperry-Univac beschikbare computergeheugen maximaal werd gebruikt.

3.2 Modelvergelijkingen en modelafregeling

De DCSM modelvergelijkingen voor de waterstand en de horizontale dieptegemiddelde snelheden zijn de standaard ondiepwatervergelijkingen in tensornotatie voor een orthogonaal kromlijng coördinatenstelsel. Voor het geval van sferische coördinaten reduceren de tensor termen tot eenvoudige coëfficiënten en zien de bewegingsvergelijkingen er als volgt uit:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial \phi} - 2\Omega \sin \phi v + \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2(h + \zeta)} + \frac{g}{R \cos \phi} \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda} = - \frac{1}{\rho_0 R \cos \phi} \frac{\partial p_a}{\partial \lambda} + \frac{\rho_a c_D W_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\rho(h + \zeta)}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial v}{\partial \lambda} + \frac{v}{R} \frac{\partial v}{\partial \phi} + 2\Omega \sin \phi u + \frac{gv\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2(h + \zeta)} + \frac{g}{R} \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} = - \frac{1}{\rho_0 R} \frac{\partial p_a}{\partial \phi} + \frac{\rho_a c_D W_2 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\rho(h + \zeta)}$$

De derde vergelijking is de continuïteitsvergelijking:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} ((h + \zeta)u) + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} ((h + \zeta)v \cos \phi) = 0$$

De gebruikte notatie wordt bekend verondersteld.

Een waterkolom wordt verondersteld alleen horizontaal te kunnen bewegen; variaties van de snelheden in de verticaal worden afwezig verondersteld. Voor het modelleren van grootschalige waterstands- en stromingsvariatie in gebieden met horizontale schalen vele ordes groter dan de lokale diepte zoals de Noordzee is dit een acceptabele aanname.

Deze benadering van de waterlaag als één enkele laag houdt in dat zowel de gemodelleerde bodemwrijving als de windschuifspanning op de zelfde plaats (halverwege de waterkolom) aangrijpen. Hiervan is gebruik gemaakt in de modelafregeling. Het getij is afgeregeld op zijn vertraging en vormverandering door het gehele modeldomein, met de randsturing, bodemdiepte en bodemwrijvingscoëfficiënt als variabele parameters (die aangepast kunnen worden binnen fysisch realistische begrenzingsen). Na acceptatie van de getijafregeling is in een gescheiden activiteit de modelafregeling op windopzet is uitgevoerd door optimalisatie van alleen de schuifspanningscoëfficiënt $c_D = c_D(W)$. Voor de windafhankelijkheid is zowel de zgn. RWS-knikfunctie gebruikt, als de Charnockrelatie (de laatste wordt op dit moment in de operationele versie gebruikt). Voor de aanvankelijke modelopzet en modelafregeling, zie o.a. (Verboom et al., 1992; Gerritsen en Bijlsma, 1988); voor de latere

afregeling met name (Philippart en Gebraad, 1997). Essentieel in al deze afregelingsactiviteiten is de aanname dat de coëfficiënten in de relatie $c_D = c_D(W)$ uniform mogen zijn over het domein.

Van belang is het bewustzijn dat een goed voorspellend vermogen vereist dat het model in het hele domein aantoonbaar redelijk tot goed afgeregeld is (Philippart en Gebraad, 1997). Voor de operationele voorspelling in Nederland ligt de focus tot nu toe op de representatie van de hoofdstations Vlissingen, Hoek van Holland, (IJmuiden), Den Helder, (West-Terschelling), Harlingen en Delfzijl, die maatgevend zijn voor de betreffende sectorindeling van de kust.

Jaarlijks worden door KNMI de operationele voorspellingen van DCSM gedurende het winterseizoen door KNMI geëvalueerd. Vanuit de gedachte dat de opzetvoorspelling vooral bedoeld is voor het voorspellen of er een situatie van mogelijk gevaar voor scheepvaart, dijken en constructies dreigt en dus nauwkeurig dient te zijn voor opzet en afwaaiing van een minimale grootte, wordt de evaluatie inmiddels gericht op situaties met waargenomen opzetten groter dan 80 cm en waargenomen afwaaiing groter dan 50 cm. Als resultaat van deze verfijning werd een systematische afwijking zichtbaar waarvoor via aanpassing van de windschuifspanningsformulering gecorrigeerd kon worden (De Vries, 2000).

3.3 Modelaansturing: getij, wind en drukvelden

Aan de open oceaanrand wordt het deterministische getijverloop voorgeschreven, samengesteld uit de bijdragen van de 10 getijcomponenten Q_1 , O_1 , P_1 , K_1 , N_2 , Nu_2 , M_2 , L_2 , S_2 , K_2 . Bijdrages van andere getijcomponenten kunnen redelijkerwijs verwaarloosd worden. Astronomische amplitudes en fases van deze componenten zijn voorgeschreven in 27 randsteunpunten langs de open rand (Philippart en Gebraad, 1997). Dank zij de uitgebreide beschikbaarheid van langjarige meetreeksen en daaruit bepaalde getijconstanten in zeer veel stations langs de kusten en deels ook op platforms op zee, konden deze waarden met grote nauwkeurigheid gekalibreerd worden. Aangezien de kalibratie van deze tijdsafhankelijk aangenomen stuurgrootheden in het frequentiedomein plaats vindt, is hiermee in principe het getijverloop langs de open oceaanrand (dat in wezen de representatie is van de getijgolf van de Atlantische Oceaan die de shelf oploopt), voor willekeurig tijdstip te berekenen.

Als gevolg van de sterk verschillende dieptes in oceaan en in kustzeeën en bijgevolg effecten van inertia, manifesteert de beïnvloeding van de waterbeweging door wind en luchtdruk zich op diep water primair als een (momentane) reactie op luchtdrukvariatie, terwijl ondiep water het snelst en sterkst reageert op de windschuifspanning; drukvariatiën komen op ondiep water in de tijd sterk vertraagd door. Daarom wordt bij de getijwaterstand in de steunpunten van de open oceaan rand een waterstandsbijdrage opgeteld, gebaseerd op het verschil van de met HIRLAM voorspelde lokale druk op zeeniveau en de langjarig gemiddelde druk op zeeniveau (1012 hPa):

$$\Delta\zeta = -(p_{atm} - 1012) \text{ cm},$$

waarmee drukvariatiën (depressie-effecten) op de oceaan dus al meteen op de modelrand lokaal en momentaan als oceaaneffect worden aangebracht.

In ieder roosterpunt wordt elk tijdstip ook de voorspelde waarde van de druk p_{atm} en de windcomponenten W_1 en W_2 voorgeschreven. Deze aanpak zorgt dat de meteorologische forcering aan de rand en in het binnengebied consistent is.

Het fysisch gedrag van de atmosfeer zoals tot uiting komt in de ontwikkeling in de tijd van wind- en drukvelden representeert geen deterministisch maar een stochastisch verschijnsel. Huidige modellen zoals het globale ECMWF model of het daarin geneste HIRLAM model zijn in staat het korte termijn verloop in tijd en plaats van de atmosfeerprocessen vrij goed te voorspellen. Naast propagatie van geïdentificeerde structuren zijn het ontstaan en de verdere ontwikkeling van instabiliteiten een kenmerk van het gedrag van de atmosfeer. Als gevolg hiervan leidt een gewone modelvoorspelling, uitgaande van een correcte uitgangssituatie van de atmosferische toestand, al binnen een dag tot grote afwijkingen. Het gebruik van data-assimilatie is daarom een essentieel onderdeel van atmosferische modellering en operationele voorspelling. Zo wordt bij elke verversingscyclus van het ECMWF model iteratief een uitgebreide herberekening over de afgelopen 48 uur gedaan waarbij wereldwijd beschikbare observaties geassimileerd worden. Via deze iteratieve data-assimilatie komt de structuur van het instabiele deel van de oplossing naar voren. Dit leidt tot een optimale begintoestand voor de voorspelling (Hans de Vries, pers. comm.). Ook dan is voorspelling voorbij maximaal 10 dagen echter niet zinvol meer. Bij de operationele 48-uurs voorspelling met het geneste HIRLAM model wordt eveneens een (iets minder krachtige) data-assimilatie gebruikt; ook hier neemt de betrouwbaarheid van de voorspelling als functie van de voorspeltijd af.

De in DCSM als modelforcering gebruikte HIRLAM modelvoorspellingen van wind en druk zijn dus ook ten principale behept met deze langzaam groeiende en qua grootte niet exact bekende onbetrouwbaarheid. Algemeen wordt aangenomen dat deze onzekerheid in meteorologische forcering de grootste foutenbron is in de operationele waterstandsvoorspelling.

3.4 Data-assimilatie van waterstanden

Naast de “gewone” waterstandsvoorspelling met DCSM wordt ook een waterstandvoorspelling gemaakt waarin recente waterstandsmetingen worden geassimileerd via een zgn Kalmanfilter. De operationele voorspelling met dit DCSM-KF bestaat uit een hindcastperiode en een forecastperiode. Van T_{-6} tot T_0 worden beschikbare waterstandsobservaties in onder andere de stations Wick, North Shields, Lowestoft, Southend, Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden en Den Helder (De Vries, 2000) via een Extended Kalman Filter met RRSQRT geassimileerd om een optimale systeemtoestand op $T=T_0$ te verkrijgen (Verlaan et al., 2005). De voorspelling bestrijkt de periode $T_0 - T_{42}$. Als illustratie van de afnemende verbetering van de voorspelling als gevolg van data-assimilatie wordt in Figuur 3.1 het karakteristieke gedrag bij Hoek van Holland weergegeven (Gerritsen et al., 1995). Andere stations laten een vergelijkbaar gedrag zien. NB: Figuur 3.1 is inmiddels wat verouderd; de essentie van de figuur is echter nog steeds juist.

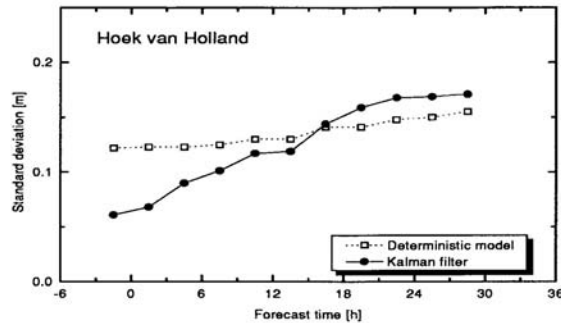


Figure 13: Standard deviation as function of the forecast time for Hoek van Holland for September 1992 – May 1993.

Figuur 3.1: Standaardafwijking als functie van de voorspeltijd in Hoek van Holland voor de periode september 1992 – mei 1993

3.5 De modellentrein – nesten tot gewenst kustdetail

Binnen Rijkswaterstaat wordt operationeel de Nautboom modellentrein DCSM-ZUNO-KUSTSTROOK-grof-KUSTSTROOK-fijn gedraaid, waarmee getrapt voor de gehele kustzone voorspellingen van waterstand en dieptegemiddelde stroomsnelheden met een zeer hoge ruimtelijke en tijdresolutie beschikbaar gemaakt worden. Toepassingen zijn de scheepvaartbegeleiding, planning van operaties, hydrografische lodingsreducties, etc.

In het licht van de operationele waterstandsvoorspelling in de Nederlandse basisstations is de waarde van de verfijning in de Noordzee als geheel en langs de gesloten Hollandse kust beperkt. Echter in gebieden waar de DCSM modelschematisatie erg grof is gegeven de lokale variaties in zeebodemtopografie, geometrie en procesdynamiek (resonanties), zoals de Waddenzee en in de Westerschelde- en Eems-Dollard-estuaria, kan deze verfijning wel degelijk verbeterde voorspellingen leveren. Voorbeelden hiervan zijn de basisstations Delfzijl en Harlingen. In termen van een beperkt aantal doelstations, is de bijbehorende modelafregeling van de detailmodellen goed mogelijk gebleken. (NB: Binnen RIKZ zijn de details en kwaliteit van deze modelafregelingen in een groot aantal rapporten en werkdocumenten vastgelegd).

Praktische aspecten bij het operationeel draaien van de modellentrein zijn de significante computerbelasting en de doorlooptijd die nodig is voor het uitvoeren van de Nautboom.

Een alternatief voor de voorspelling van hoofdstations in Waddenzee en Eems-Dollard estuarium met de Nautboom is het voorspellen met DCSM van de direct aan de Noordzee gelegen “buitenstations” (e.g. West-Terschelling en Huibertgat), en het toepassen van overdrachtsfuncties naar de binnen gelegen stations. Van beide Noordzeestations zijn lange meetreeksen beschikbaar, waarmee het mogelijk wordt regressies met respectievelijk Harlingen en Delfzijl te bepalen, variërend van klassieke expliciete regressies tot meerlagen neurale netwerken.

4 Onzekerheden / aanbevelingen in de huidige VSP36

De hieronder genoemde reeks met onderwerpen met aanbevelingen bevat als eerste een methodologie, en daarna – voorbijgaand aan hetgeen toepassing van die methodologie aan onderwerpen en prioriteiten kan opleveren! -, een lijst van onderwerpen die als een soort expert judgement op basis van de huidige inzichten nu al genoemd dienen te worden.

Bij de vakspecialisten van RIKZ, KNMI en WL heerst consensus dat de grootste onzekerheden in de huidige voorspelling worden veroorzaakt door de onzekerheden in de gebruikte wind- en drukvelden. In eenvoudige principetesten is aangetoond dat assimilatie van onzekere luchtdrukvoorspellingen langs de open oceaandrands tot zeer grote verbeteringen kan leiden (Ten Brummelhuis, 1992). Experimenten met toepassing in operationele voorspelling leidt echter niet tot systematische verbetering (Martin Verlaan, pers. comm. 17-10-2006). Hetzelfde geldt voor assimilatie in DCSM van lokale windinformatie (idem).

4.1 Uitvoeren van een SIMONA-DCSM onzekerheidsanalyse

Het verdient in alle gevallen aanbeveling om de modelonzekerheid van de 2D SIMONA implementatie voor de DCSM applicatie systematisch te onderzoeken. Voor zover bekend is dit tot nu toe nog niet gedaan. De essentie is dat onderzocht wordt hoe allerlei mogelijke (fysisch realistische) variaties in het model, d.w.z. in zijn parameters, modelschematisatie en/of zijn aansturing doorwerken in het eindresultaat. Karakteristiek voor een dergelijke aanpak is uit te gaan van een relevante referentieberekening (een stormsituatie), maar dat er uitdrukkelijk geen toetsing aan metingen plaats vindt. Wel wordt een duidelijk target gedefinieerd, dwz. welke grootheden in de modelevaluatie bepalend zijn. Het uiteindelijke resultaat levert een ordening op naar die aspecten die de meeste invloed op de uiteindelijke modelresultaten hebben. Deze ordening levert tevens een kwantificering van de betreffende onzekerheden. Voor het efficiënt uitvoeren van zo'n onzekerheidsanalyse is recent ervaring opgedaan met SOBEK (Van der Klis, 2006).

De resultaten van het onzekerheidsonderzoek van het huidige VSP36 instrumentarium geven daarmee ook onmiddellijk informatie over de successieve verbeterpunten waarmee in de VSP72 naar verwachting de meeste winst behaald kan worden.

In de hieronder volgende secties worden op voorhand echter al een aantal onderwerpen geïdentificeerd waarover vanuit expert judgement al duidelijke aanbevelingen gedaan kunnen worden, vooruitlopend op een onzekerheidsanalyse.

4.2 Aanpak van verscholen stations - Delfzijl

In de huidige DCSM voorspelling worden statistisch de grootste afwijkingen gevonden bij de stations in het Waddengebied, Harlingen en Delfzijl. Met name Delfzijl is slecht voorspelbaar. De “springerigheid” van Delfzijl in opvolgende cycli is eveneens kenmerkend. Een oplossing die in het huidige DCSM en daarmee op korte termijn mogelijk reeds tot verbetering kan leiden is niet rechtstreeks de DCSM voorspellingen voor deze stations te gebruiken, maar voor deze stations een aan DCSM gekoppeld error module te ontwikkelen.

Aan de open Noordzee gelegen stations als Huibertgat en West-Terschelling zijn veel beter en consistentere voorspellingen met DCSM. Op basis van de beschikbare jarenlange lokale metingen en modelvoorspellingen kunnen regressierelaties afgeleid worden tussen Delfzijl en Huibertgat. Dit kan of voor de voorspelde opzet, of voor de voorspelfout, variërend van expliciete (deterministische) relaties (Corkan, 1948) tot minder of meer complexe neurale netwerken. Als voorbeeld van zo’n module voor foutcorrectie kan dienen het module dat voor de goed functionerende aanpassing van de operationele voorspelling ter hoogte van de Thames Barrier wordt gebruikt (Sarah Lavery, pers. comm., 2003).

Opgemerkt wordt dat dit een “quick-win” kan zijn, voor het huidige DCSM. Men mag verwachten dat de noodzaak voor een dergelijke aanpak veel minder nodig zal zijn bij de in het volgende hoofdstuk geschetste aanpak DCSM*-ZUNO*.

4.3 Verbetering van de atmosferische modelsturing

De gewenste en fundamenteel meest correcte aanpak is de verbetering van de operationele atmosferische voorspellingen met HIRLAM. Verwacht mag worden dat de overgang naar het operationele 11km model per 1 november 2006 hiertoe een bijdrage zal leveren. Dit zal met name het meest merkbaar zijn in de kustzone, in de Waddenzee en estuaria, als gevolg van een fijner land-zee masker, waardoor er minder ruimtelijk uitgesmeerd wordt. Een tweede aspect is de gebruikte data-assimilatie in HIRLAM. Deze is, mede om redenen van rekenkracht, nu gebaseerd op een 3D variationele aanpak. De 4D variationele aanpak zoals gebruikt in het ECMWF model, lijkt tot systematisch betere resultaten te leiden. Een vergelijking van ECMWF en HIRLAM voorspellingen over het seizoen 2003-2004 laat zien dat de kwaliteit van ECMWF op 72 uur vergelijkbaar is met HIRLAM op 48 uur (Hans de Vries, pers. comm., 17-10-2006). Dit is mogelijk ook (mede) een oorzaak voor de geconstateerde betere resultaten van het UKMO model voor het voorspel-window 24-48 uur gedurende de stormperiode 2003-2004 (Verlaan en Zijdeveld, 2006).

Het verdient sterke aanbeveling vanuit Rijkswaterstaat formeel bij KNMI aandacht te vragen voor verbetering van de HIRLAM voorspellingen vanuit het essentiële belang van dit onderwerp voor de kwaliteit van de operationele voorspellingen, zeker bij overgang naar VSP72.

4.4 Ensemble predicties (EPS) van wind en druk

Het ECMWF maakt iedere 12 uur een ensemble voorspelling met het globale atmosfeermodel met een voorspellingshorizon van 240 uur (10 dagen). Deze zgn. EPS51 voorspelling kent 1 basisberekening, plus 50 berekeningen waarin fysisch realistische

variaties op de begincondities worden aangebracht. Dit levert een waaier van “mogelijke” oplossingen, overigens zonder dat aan individuele voorspellingen een specifieke waarschijnlijkheid kan worden toegekend. Interpretatie in termen van gemiddelde en percentielen zijn echter praktisch heel goed bruikbaar.

Zeer binnenkort wordt bij KNMI een project gestart om DCSM berekeningen te maken met EPS51 oplossingsvelden als invoer (Verlaan / De Vries, 17-10-2006). Doel is te onderzoeken wat het karakter van de ensemble waterstandsvoorspellingen is en wat de meerwaarde voor zulke kansverwachtingen is. De focus zal liggen op de horizon 24-48 uur. Bijkomend interessante aspecten zijn de analyse van de doorwerking van de andere assimilatietechniek en het feit dat voorbij de huidige door HIRLAM bepaalde grens van 48 uur voorspeld kan worden.

Dit onderzoeksproject draagt daarnaast dus ook direct bij aan de vraagstelling van VSP72.

Daarnaast is KNMI in ander onderzoek ook bezig met HIRLAM 48 uren ensemble voorspellingen. De huidige status en voortgang hiervan is bij het schrijven van dit rapport onduidelijk.

4.5 Gebruik van het ensemble van de NOOS voorspellingen

De zeven operationele voorspellingen van de Noordzeelanden die on-line beschikbaar zijn en via MATROOS gevisualiseerd en geanalyseerd kunnen worden, worden soms een andere vorm van ensemble voorspelling genoemd. Dit is formeel onjuist omdat de numerieke modelcodes, modeldomein, resolutie en roostereigenschappen zo verschillend zijn dat er geen systematische interpretatie in termen van elementen van een familie mogelijk is. Een belangrijke rol is de statistische vergelijking en evaluatie, en op basis daarvan leerpunten te identificeren, zoals onderzocht wordt in (Verlaan en Zijdeveld, 2006).

Het Nederlandse model (met Kalman Filter) geeft de beste resultaten op (bijna) alle vergeleken stations voor de korte termijn (0-6 en 6-12 uur). Een voorlopig resultaat is de observatie dat voor de voorspelhorizon 24-48 uur de voorspellingen met het UKMO model in alle onderzochte stations systematisch beter zijn dan de voorspellingen gedaan met de andere modellen. Het betreffende rapport is echter nog niet definitief (Verlaan en Zijdeveld, 2006).

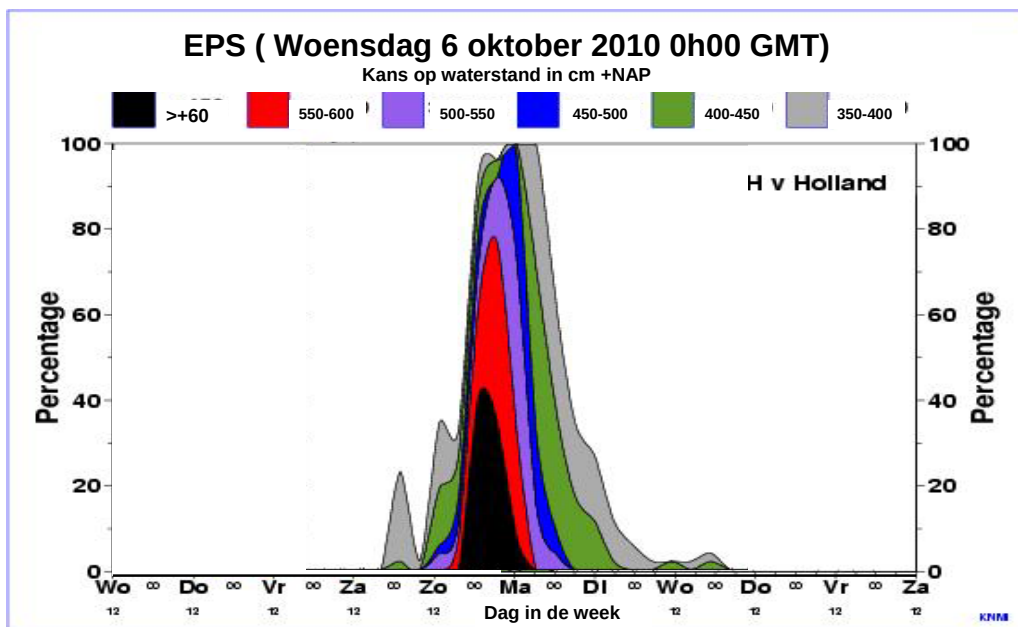
Eerste conclusies geven aan dat het zinvol is verder te gaan met de analyse van het UKMO model, om de specifieke eigenschappen van de verbeterde voorspelling ook in de Nederlandse aanpak over te nemen, of de UKMO voorspellingen bewust mee te wegen in de operationele voorspellingen. Daarnaast kan analyse van de statistische voorspelkracht (skill) voor specifieke stations wellicht aanwijzingen geven voor eenvoudig aan te brengen lokale verbetering van het Nederlandse model. Het conceptrapport geeft hiervoor al enige concrete suggesties.

5 Uitbreiding van de voorspelhorizon: VSP72

5.1 Scenario van de “ergst voorstelbare stormvloed”

In Sectie 1.4 hierboven werd kort de bijeenkomst van 26 september besproken. Als toelichting op de vraag “*Hoe moet de informatievoorziening opgezet worden als de Rijkswaterstaat (SVSD) niet 36 uur tevoren, maar 72 uur tevoren, verwachtingen af moet geven?*”, meer concreet vertaald als “*Overgang naar een waterstandsvoorspelling met een tijdshorizon van 72 uur (VSP72)*” schetste het Hoofd van de SVSD Jan Kroos in staccatovorm de huidige situatie en de gewenste toekomstige situatie over enkele jaren, waarin we voor een mogelijk veel grotere stormvloeddreiging gesteld dienen te zijn:

- De SVSD geeft nu waarschuwingen 6 uur voor HW
- Vanaf september 2007 wordt dit opgerekt tot 12 uur voor HW
- Dit is voldoende zolang er alleen kleinschalig iets mis gaat
- Als het toch op grote schaal mis gaat is deze periode veel te kort
- *Stel:* een nauwelijks voorstelbare stormvloed (kans van voorkomen 1:100,000 jaar)
- *Stel dat* de ensemble voorspelling (EPS) voor de windopzet uit ziet als in Figuur 5.1

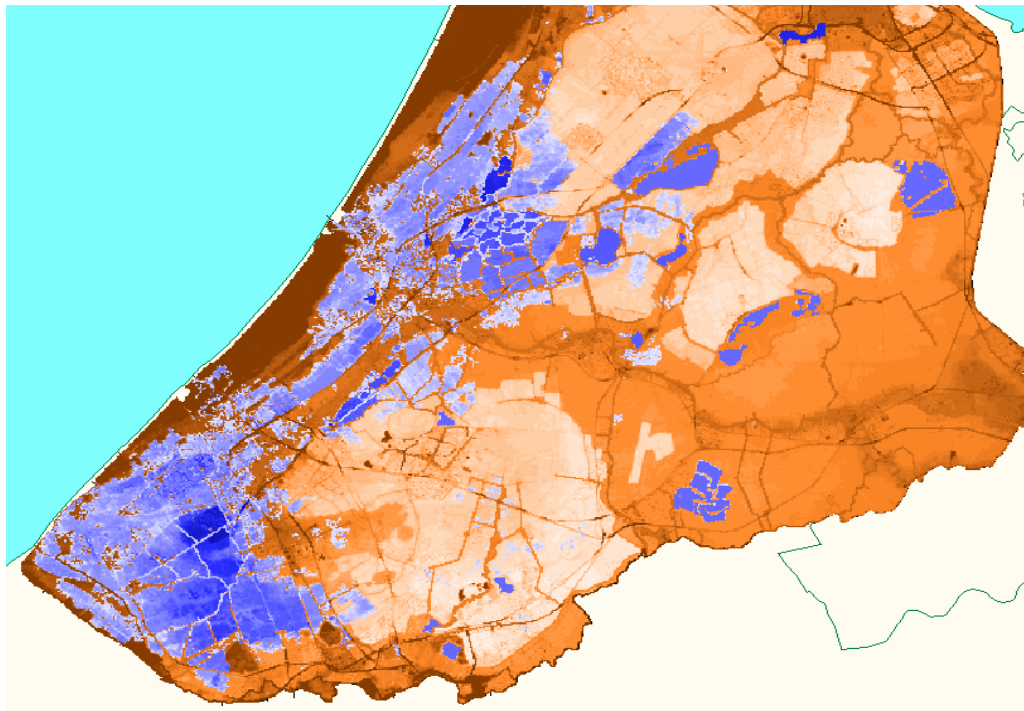


Figuur 5.1: Toekomstbeeld: ensemblevoorspelling van de maximale waterstand langs de Zuidhollandse kust op 6 oktober 2010 0:00 GMT

- *Gegeven:* de sterkte van de duinen is berekend als voldoende voor stormvloed tot ca. 500 cm boven NAP
- *Conclusie:* de duinen zullen het water dan niet meer kunnen keren

- Volgens de (dan bestaande) belastingmodule in HIS-kust zullen de duinen op 3 plaatsen doorbreken (bij de Uitwaterende sluizen bij Katwijk, bij Scheveningen en bij Monster)
- Het achterland zal dan overstromen
- De inwoners zullen geëvacueerd moeten worden
- Evacuatie van dijkkring 14 (gedeelte Zuid Holland) betekent evacuatie van 4 à 5 miljoen mensen; dit kost 2 à 3 dagen?

Vervolgens wordt via een animatie duidelijk gemaakt hoe de overstroming vanuit de drie duindoорbraken plaats vindt, geïllustreerd aan de situaties op T= 1, 4, 12, 24, 48 uur en na 12 dagen, zie Figuur 5.2.



Figuur 5.2: Situatie 24 uur nadat de duinen op drie plaatsen zijn doorgebroken (Uitwaterende sluizen bij Katwijk, Scheveningen en Monster) bron: Jan Kroos, SVSD

5.2 Het door de SVSD gewenste systeem: VSP72

De gewenste situatie voor de SVSD kan op vereenvoudigde wijze als volgt samengevat worden (gebaseerd op de presentatie van Jan Kroos op 26 september):

1. Verbeter de korte- en middellange termijn verwachtingen op een zodanige wijze dat er waterstands- en golfverwachtingen van voldoende kwaliteit tot minimaal 72 uur vooruit ter beschikking komen. (mogelijk 120 uur vooruit)
2. Ten behoeve van het HIS belastingmodule (is bij DWW in ontwikkeling; daarmee wordt de belasting op de lokale zeekering berekend) is het gewenst dat voorspellingen beschikbaar komen langs de gehele kust met een interval van 1 kilometer en niet meer alleen in een beperkt aantal hoofdstations

3. Nauwkeurigheidseis voor de waterstandsverwachtingen: een RMSE van maximaal 20 á 25 cm. Dat betekent dat in 99,8 % van de gevallen de afwijking tussen de verwachte en uiteindelijk gemeten waterstand minder is dan 60 á 75 cm.

NB: Bovenstaande interpretatie door de SVSD van de informatiebehoefte en de oplossingsstrategie is gebaseerd op het handhaven, verbeteren en waar nodig uitbreiden van de huidige aanpak en het bestaande systeem. Men dient zich bewust te zijn dat mogelijk zeer goede oplossingsrichtingen hier als het ware bij voorbaat niet op tafel komen.

Deze opmerking is uitdrukkelijk niet bedoeld als diskwalificatie van de aanpak, maar als generiek leerpunt. In het algemeen is het risicovol en moeilijk om uit het bekende referentiekader (waarbij ook meespeelt de verantwoordelijkheid de winkel tijdens de verbouwing open te houden!) te stappen en met iets geheel nieuws te komen. Dit geldt voor vrijwel alle veranderingsprocessen.

Zo'n geheel andere aanpak is bijvoorbeeld het gebruik van het Timmerman vakkenmodel in statistische context, zoals dat bij KNMI in klimaatstudies gebruikt wordt voor studies naar mogelijke extreme waterstanden. Bij dit model wordt voor windforcering een enkel representatief Noordzeepunt gebruikt en wordt alleen gekeken naar extreme situaties bij de voor Nederland meest kritische windrichting (NW sector). Toepassing van dit grid point model op de Allerheiligenvloed 1 november 2006 laat een vrijwel perfecte schatting zien: 346 cm scheve opzet, tegen 345 cm gemeten (Van den Brink, 2006). Hoewel een dergelijke bovenmatig goede overeenkomst vrijwel zeker op toeval berust (Van den Brink, pers. comm. 29 november 2006), toont het wel de mogelijke potentie van geheel andere, toegesneden technieken aan.

In de navolgende secties worden ideeën aangedragen voor de stappen die gezet moeten worden om de waterstandsvoorspelling aan bovenstaande eisen te laten voldoen. Hierbij wordt eveneens uitgegaan van verbetering en uitbreiding van het bestaande instrumentarium en de huidige aanpak.

Begonnen wordt met een gerichte analyse van het huidige DCSM model, om de sterktes, zwaktes en onzekerheden waar nodig expliciet te benoemen en suggesties te doen om deze te verminderen of weg te nemen. Deze verbeterstappen worden gezien als de eerste stappen die gezet moeten worden om tot een betrouwbare VSP72 te komen.

6 VSP72 – Aanzet voor een Plan van Aanpak

In dit deelhoofdstuk wordt ingegaan op een nieuw deterministisch DCSM-type model, dat voldoet aan de eis van resolutie langs de Nederlandse kust zoals noodzakelijk voor VSP72. Tevens worden de huidige aannames en benaderingen getoetst op de vraag of VSP72 nog andere aanpassingen in het waterstandsmodel zelf noodzakelijk maakt. In het vervolg van dit rapport geven we het nieuwe model, gekenmerkt door zo nodig aangepast domein, aangepaste modelresolutie, mogelijk aangepaste vergelijkingen, parameters, modelsturing, etc. de naam DCSM*.

6.1 Aanpassing van het modeldomein van DCSM*

In Hoofdstuk 3 is opgemerkt dat het DCSM modeldomein vrijwel het kleinst mogelijke is voor de huidige operationele voorspeleisen. Een optie is het modeldomein bij gelijkblijvende resolutie uit te breiden tot bijvoorbeeld 20° WL, 65° NB en 40° NB, naar analogie van een soortgelijke modelontwikkeling in Engeland in de jaren 1999-2000. Ook dan wordt de noordwest driehoek weggelaten, zodat het continentale plat rond IJsland buiten het model blijft. Het model neemt dan toe van 173*201 naar 301*265 punten, een toename met 130%. In termen van actieve rekenpunten is de toename orde 200%. Het belangrijkste voordeel van de verder weg liggende oceaandraken is een potentieel betere interne dynamica, en het verder op de oceaan in het model inbrengen van de depressie middels een waterstandsopzet. Er bestaat dan ook in principe de mogelijkheid waarnemingen eerder dan Wick te assimileren (aannemend dat er verderop meetstations zouden worden ingericht).

Tegen een dergelijke grote uitbreiding kunnen echter inhoudelijke argumenten worden ingebracht, nog afgezien van de noodzakelijke nieuwe modelafregeling, die op zichzelf echter goed behapbaar zou zijn. Modelleren van energiedissipatie via bodemwrijving werkt minder goed voor diep water. Daarnaast zijn de opzetten op diep water relatief klein; de echte interactie-effecten en groei vindt op de shelf plaats. Een toegevoegd meetpunt verder dan Wick op open oceaan heeft ook anderszins niet noodzakelijk dezelfde goede eigenschappen als Wick (kuststation, karakter van Kelvingolf).

Indien DCSM om andere redenen (resolutie, rooster, etc., zie onder) zou worden aangepast, is een beperktere westelijke uitbreiding sterk aan te bevelen; de huidige westrand loopt immers erg dicht langs Ierland. Verlegging van de oceaandrak naar e.g. 13° of 15° (d.w.z. oostelijk of westelijk van Rockall) ligt dan voor de hand. Dit is slechts een uitbreiding met 4%, respectievelijk 12% roosterpunten en vergt nauwelijks extra afregelingspanning.

Toevoeging van de Oostzee, of zelfs verfijning van de debietuitwisseling tussen Oostzee en Noordzee naar voorspelde 6-uursgemiddelde volumestromen is voor de waterstandsvoorspelling langs de Nederlandse kust niet relevant.

6.2 Resolutie en domeindecompositie: DCSM* - ZUNO*

Voor operationele voorspellingen van waterstanden met een resolutie van ongeveer 1 km langs de Nederlandse kust lijkt de huidige modellentrein van Nautboom minder geschikt, zowel vanwege complexiteit, consistentie als rekentijd. De rekentijd van de huidige Nautboom is ongeveer 300 maal zo groot als een standaard DCSM berekening voor dezelfde periode (Noort, 2006).

In het vervolg nemen we bewust aan dat een DCSM* geoptimaliseerd kan worden op basis van het programma van eisen van de SVSD en er geen echt beperkende of conflicterende additionele eisen aan resolutie, rekentijd, uitvoer etc. gesteld worden.

Doel is nu zo effectief en efficiënt mogelijk een modellentrein te maken voor het gehele modeldomein, met het uiteindelijk detailmodel een kromlijng-sferisch model met roosterlijnen parallel aan en loodrecht op de lokale kustlijn. Een zeer logische aanpak hiervoor is de twee modellen aanpak geschetst in Hoofdstuk 5 van (Noort, 2006). Kenmerken hiervan zijn een verfijning van het buitenste sferische model DCSM met een factor 5, en het hieraan te koppelen kromlijngige ZUNO-gebied te verfijnen met een factor 3, waarmee het de fijnheid langs de kust van het huidige model Kustfijn verkrijgt. Dit is voldoende voor de HIS doelstelling van 1 km resolutie langs de kust. In het vervolg noemen we het zo met een factor 3x3 verfijnde ZUNO model ZUNO*.

De aangegeven verfijning van het buitenste model met een factor 5 heeft als voordeel boven een factor 3 dat de interne koppeling gladder zal zijn, terwijl het meenemen van extra roosterpunten operationeel relatief beperkte consequenties heeft. Koppeling van sferische roosters en kromlijng-sferische roosters geeft geen additionele problemen aangezien zowel voor rooster als modelvergelijkingen de eerste een speciaal geval van de tweede is (Kernkamp et al., 2005).

De schatting voor rekentijd van de combinatie DCSM*-ZUNO* is een factor 1.8 t.o.v. de rekentijd van de huidige Nautboom. Dit kan nog iets toenemen wanneer de ruimtelijk fijnere HIRLAM11 gegevens worden gebruikt. Daar geheugengebruik inmiddels geen praktische beperking meer is, lijken de infrastructurele aanpassingen primair uit een zwaarder rekencluster met parallel rekenen te bestaan.

6.3 Schematisatie van bodemtopografie en kustlijn

Bij gegeven resolutie is er geen reden om de huidige kustlijn, schotjes, etc. te herzien. Het verdient aanbeveling om (*indien nog niet in SIMONA opgenomen*), de aangepaste drying and flooding routine van Stelling (~2003) te evalueren en mogelijk over te nemen. Met name voor gebieden als de Waddenzee zullen hier naar verwachting lokaal verschillen optreden met eerdere implementaties. Bij verfijning met een factor 5 van DCSM tot DCSM* zal de numerieke kustlijn opnieuw bepaald moeten worden. Hierbij worden geen problemen verwacht. Schotjes en andere kunstgrepen om het gebrek aan resolutie in ruimtelijk geïntegreerde zin te compenseren zullen (vrijwel) geheel verdwijnen – de ruimtelijk grootschalige processen kunnen nu bijna geheel adequaat op het modelrooster weergegeven worden.

In het kader van de NOOS samenwerking (sectie 2.5) tussen de operationele diensten van de Noordzeelands heeft RIKZ recent nieuwe hoge resolutie bodemtopografiegegevens voor de Noordzee en shelf beschikbaar gekregen, met een resolutie van orde 2 kilometer ($1/60^\circ$ bij $1/40^\circ$; Noort, 2006). Het verdient sterke aanbeveling op basis hiervan de nieuwe modelbodem te maken. Uit een afstudeerstudie bij RIKZ begin jaren 1990 (begeleider: ir J.G. de Ronde) is bekend dat de DCSM modeldieptes in deelgebieden van in de Noordzee afwijkingen tot vele meters vertonen. De achtergrond van deze afwijkingen kan ten dele verklaard worden uit het feit dat in Noordzeemodellen zowel bodemdiepte als bodemwrijving in het verleden mede gebruikt zijn als afregelgrootte (o.a. Ten Brummelhuis et al., 1998)

6.4 Aspecten van herkalibratie

In de vervolgens vereiste herkalibratie op getijwaterstanden dient een expliciete keuze gemaakt te worden van de control parameters randsturing, bodemwaarden, bodemwrijving, en binnen welke fysisch acceptabele marge deze aangepast mogen worden. Vanuit praktisch oogpunt verdient het aanbeveling voor het gehele domein eerst een enkel volledig sferisch model ($1/60 \times 1/40$) te kalibreren, waarbij gezorgd wordt dat de volumes en oppervlaktes in het overlappende gebied dynamisch per deelgebied gelijk zijn met het later toe te voegen kromlijng model (eis van dynamisch equivalentie).

In het nieuwe DCSM* zal een enkele windschuifspanningsformulering gewenst zijn. Bij gegeven en gelijke schuifspanningsformulering in ZUNO* en DCSM* leidt koppeling tot een nieuw model niet tot noodzaak van herijking van deze formulering. In geval van verschillende formuleringen, dient een gevoeligheidsonderzoek uitgevoerd te worden dat uitmondt in optimalisatie van een enkele formulering.

6.5 Aanpassing van de modelvergelijkingen en parameters

Voor berekening van getij en opzet in termen van waterstanden blijft een dieptegemiddeld model in principe voldoende. Er is geen reden om – zeker voor het meest buitenste deel van het modeldomein – over te gaan naar een driedimensionaal model.

Indien het effect van zout-zoet variaties gewenst is voor de kustnabije procesmodellering, is vanwege interne consistentie het meelopen van de dichtheidsvergelijking (zout) voor het gehele modeldomein aan te bevelen.

Indien behoefte bestaat (of mogelijk later gaat bestaan) aan een driedimensionaal model voor de kustzone, verdient het aanbeveling twee koppelingen aan te brengen, door het ZUNO* deel te splitsen in een 2D deel en een 3D deel, en zo de horizontale en verticale verfijning stapsgewijs aan te brengen. Dit voorkomt mogelijke numerieke problemen. Een logische splitsingslijn voor overgang naar 3D zou de rand van het KUSTSTROOK model kunnen zijn.

6.6 Het Kalmanfilter

Indien er op andere gronden geen reden is wijzigingen aan te brengen in de stations, kan het concept van het huidige Extended Kalmanfilter gebruikt blijven worden. Een implementatie die geschikt is voor kromlijnige coördinatenstelsels is ook geschikt voor de nieuwe configuratie. Het meenemen van zout kan mogelijk wel aanpassingen noodzakelijk maken.

Het verdient aanbeveling te overwegen om een filter op basis van Ensemble filtering te gebruiken, indien rekentijd dit toelaat. Het voordeel van deze aanpak is dat de filtercode niet meer hard verweven is met de operationele SIMONA code, waarin hij dus waar relevant, mee aangepast moet worden. Dit betekent eenvoudiger structuren en eenvoudiger en goedkoper beheer en onderhoud. Een tweede, inhoudelijke voordeel is dat het Ensemble filter uitgaat van de volledig niet-lineaire beschrijving van de processen en geen linearisaties gebruikt zoals EKF. Naar verwachting geeft dit betere resultaten bij sterk niet-lineaire situaties.

6.7 Ondersteunend module voor de verwachtingen

In de huidige operationele situatie geeft de SVSD bij dreigende situaties de verwachtingen uit voor de zes hoofdstations Vlissingen, Dordrecht, Hoek van Holland, Den Helder, Harlingen en Delzijl, die representatief zijn voor de sectoren Schelde, Dordrecht, West-Holland, Den Helder, Harlingen en Delfzijl. De DCSM modelvoorspellingen worden getoetst met gebruikmaking van tussentijdse, nieuwere meetgegevens, toepassing van eenvoudiger modellen (lokale neurale netwerkrelaties, vakkenmodel) en met name van expert kennis in de hoofden van de ervaren medewerkers van de SVSD. Dit leidt veelal tot lokale aanpassing van de modelvoorspelling. De zo bepaalde verwachting wordt als officieel resultaat naar buiten verspreid.

Deze expert interpretatie en bijstelling heeft er toe geleid er toe dat over de laatste jaren de fout / afwijking in de verwachting ongeveer 40% lager is dan die in de modelvoorspelling.

Bij overgang van DCSM naar DCSM*-ZUNO* als voorspelmodel met veel hogere resolutie zal een deel van de expertise van de interpretatie van het modelgedrag en de specifieke eigenschappen opnieuw opgebouwd moeten worden. De overgang naar voorspellingen per kilometer kustlijn betekent dat bijstellingen niet meer per individueel station kunnen plaats vinden. Er is behoefte aan een gestructureerde, consistente, glad verlopende aanpassing langs (een deel van) de kust. Het verdient aanbeveling om hiervoor een module te ontwikkelen, die lokale verschillen tussen modelvoorspellingen op specifieke punten en nieuwe inschattingen of metingen ter plaatse, vertaalt in aanpassingen in gedistribueerde zin. Kalmanfiltertechnieken lijken hiervoor zeer geschikt. De precieze toepassing zal nader onderzocht worden, omdat een standaard Kalmanfiltertechniek altijd tot lokaal gereduceerde aanpassingen leidt. De randvoorwaarde is echter dat de waarde in het punt gehandhaafd blijft.

De aanwezige inhoudelijke kennis en ervaring met toepassingen van filtering en van toepassingen onder randvoorwaarden lijkt een goede basis om zo'n module te ontwikkelen.

Een eerste suggestie is het bepalen van een a priori schatting van correcties op eenheidsverstoringen op de hoofdstations, voordat het filter wordt toegepast.

6.8 Aanpassingen in het operationele meetnet

Uitbreiding van de voorspelhorizon van 36 uur naar 72 lijkt in eerste instantie niet te leiden tot de noodzaak van uitbreiding en aanpassing van het huidige meetnet van waterstandsmetingen en meteorologische monitoring. De vooronderstelling hierbij is dat het huidige meetnet adequaat is voor de huidige VSP36 voorspelhorizon.

Een additioneel aspect van VSP72 is echter dat er voorspellingen per kilometer kustlijn gegeven moeten worden. Dit vereist, zeker in een overgangsfase waarin modellen opnieuw gekalibreerd worden, meetgegevens met een hogere dichtheid.

De conclusie nu is dat uitbreiding naar VSP72 t.o.v. VSP36 voor de operationele situatie niet leidt tot noodzaak van uitbreiding (verdichting) van het operationele meetnet. Wel lijkt het zinvol ten behoeve van de afregeling tijdelijk (enkele stormseizoenen) een aantal extra meetstations te plaatsen. De keuze van de locaties zou moeten bepaald worden op basis van de verwachte relatieve bijdrage aan de meetinformatie. Hiervoor lijken internationaal interessante nieuwe technieken beschikbaar te komen (zie presentaties Oostenrijkconferentie, Martin Verlaan, pers. comm. 17 oktober 2006).

Opmerking: De evaluatie van de Allerheiligenvloed op 1 november 2006 voor het station Delfzijl sinds het schrijven van dit rapport lijkt een indicatie te geven dat het wenselijk is om ook voor de huidige voorspelling het meetnet nog eens goed te bezien (Martin Verlaan, pers. comm., 21 november 2006). Uitwerking en detaillering vallen echter buiten het bereik van deze beknopte analyse.

7 Samenvatting; Suggestie voor een prioriteitenlijst

Een prioriteitenlijst wordt mede bepaald door aspecten van kosten, beschikbare expertise en bemensing. Met het voorbehoud dat dit hier niet is gebeurd om redenen van competentie, en dat de ordening een puur praktisch inhoudelijke is, waar wel rekening is gehouden met “quick-wins”, wordt de volgende prioriteitslijst als eerste voorschot gepresenteerd:

Nr	Onderwerp	Sectie	Trekker	Status
1	Bij KNMI 4D var verbetering HIRLAM op de agenda doen zetten (e.g 4D var ; cf ECMWF en UKMO); urgent vanwege lange doorlooptijd van het inhoudelijke werk <i>In onderling overleg van topmanagement RWS en KNMI</i>	4.3	RWS en KNMI	Nieuw
2	Afleiden van een verbeterde, robuuste overdrachtsfunctie voor Delfzijl (“quick-win”)	4.2	RWS / Delta-inst.	Voorstel verbetering
3	Opzetten en uitvoeren van een onzekerheidsanalyse van het huidige DCSM (“quick-win”; leidt tot onderbouwing en kwantificering van de prioriteitsstelling)	4.1	RWS / Delta-inst.	Nieuw
4	Onderzoek naar de meerwaarde EPS51 voor DCSM	4.4	KNMI	Gepland
5	Analyse noodzaak uitbreiding van het huidige meetnet tbv de VSP36 (n.a.v. de Allerheiligenvloed 2006)	6.8	RWS, / Delta-inst.	Onderzoek loopt
6	Verdere analyse operationele meerwaarde NOOS voorspellingen	4.5	RWS	Onderzoek loopt
7	DCSM*: verfijnen factor 5x5: afregelen op waterstand	6.2	RWS / Delta-inst.	Wordt gedefinieerd
8	DCSM*: verleggen oceaandr (naar 13 ⁰ of 15 ⁰ WL ?)	6.1	RWS	Nieuw
9	DCSM* + ZUNO* via domeindecompositie en parallel (dit vereist extra onderzoek indien in combinatie met KF)	6.2, 6.6	RWS / Delta-inst.	Wordt gedefinieerd
10	Ontwikkel voor de ZUNO* voorspellingen een flexibele gedistribueerde correctiemodule tbv. bepaling van de verwachting, bijv. via KF technieken	6.7	RWS / Delta-inst.	Nieuw
11	Uitbreiding meetnet tbv overgang van VSP36 naar VSP72	6.8	RWS	Geen prioriteit

Het ligt voor de hand dat een aantal van deze onderwerpen parallel opgepakt zouden kunnen worden, afhankelijk van budget en beschikbare expertise. De aangegeven suggesties voor trekkerschap is niet altijd duidelijk; verwacht mag worden dat de overgang naar het Delta-instituut zal leiden tot een aantal accentveranderingen hierin.

8 Referenties

- De Vries, Hans. (2000) A concise evaluation of water level forecasts from WAQUA/CSM-8. KNMI Memorandum 00-01, KNMI, 10 pages.
- Gerritsen, H., and Bijlsma, A.C. (1988) Modelling of tidal and wind-driven flow; the Dutch Continental Shelf Model. in: B.A. Schrefler, ed. Proc. Int. Conf. on Computer Modeling in Ocean Engineering, pp. 331-338, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Gerritsen, H., de Vries, J.W., and M.E. Philippart "The Dutch Continental Shelf Model" (1995) in: D.R.Lynch and A.M.Davies, eds. AGU Coastal and Estuarine Studies, Volume 47, pp. 425-467.
- Kernkamp, H.W.J., H.A.H. Petit, H. Gerritsen and E.D. de Goede (2005) "A unified formulation for the shallow water equations: theory and application". Ocean Dynamics, Vol. 55, No. 3-4, pp. 351-369
- Kroos, J. Evaluatie van 50 jaar stormvloedverwachtingen. De nauwkeurigheid van de stormvloedverwachtingen en de juistheid van de berichtgeving van de SVSD onderzocht over de periode 1954 t/m 2004. (2006) Rapport RIKZ/2006.010. Versie 1.0. Status: Definitief. Den Haag, Rijkswaterstaat, 54 pagina's.
- Noort, J. Werkdocument onderzoek verbetering voorspelling SVSD. (2006) Versie 0.3, 25 september 2006 (*status: voorlopig; nog in ontwikkeling*)
- Philippart, M.E. and A. Gebraad (1997). A new storm surge forecasting system. pp. 487 – 495 in J.H. Stel et al, eds. Operational Oceanography. The challenge for European co-operation. Elsevier, Science B.V. 757 pages.
- Ten Brummelhuis, P.G.J. (1992) Parameter estimation in tidal models with uncertain boundary conditions. PhD Thesis, Twente University, 146 pages.
- Ten Brummelhuis, P.G.J. H. Gerritsen and D. Verploegh. (1998) Calibration of the ZNZ model. Calibration on tidal water levels using WAQAD. Delft Hydraulics Report Z2544 prepared for RIKZ, December 1998.
- Van den Brink, H. (2006) Extreme opzetten in Delfzijl. Het gebruik van het Timmerman vakken-model in statistische context. :<http://www.knmi.nl/~brinkvdh/Allerheiligen2006.pdf>; november 2006
- Van der Klis, H. (2006) Onzekerheidsanalyse van SOBEK; eerste ervaringen met het gebruik van UATools. WL|Delft Hydraulics Research Report (*in voorbereiding*).
- Verboom, G.K., J.G. de Ronde and R.P. van Dijk. (1992) A fine grid tidal flow and storm surge model of the North Sea. Continental Shelf Research, Vol. 12, 213-233.
- Verlaan, M., A. Zijderveld, H. de Vries and J. Kroos. (2005) Operational storm surge forecasting in The Netherlands: developments in the last decade. Phil. Trans. Roy. Soc. London, Series A, Vol. 363, 1441-1454.
- Verlaan, M. and A. Zijderveld. (2006) Storm surge forecast comparison. Initial evaluation of operational forecasts from the NOOS surge models for the winter of 2003-2004, 46 pages (*status: draft, dated 7 October 2006*)
- Villars, N., H. Gerritsen, A. Blauw, H. Vogel, H. Kolb, F. Van Geer, J. Van 't Hof. (2006) Meten en Modellen. Verslag Fase 1. WL|Delft Hydraulics / TNO rapport Z4189 in opdracht van RIKZ, Augustus 2006, 2+59 pagina's

A Notitie Vos, 27 september 2006

From: [Vos, Robert \(RIK\)](#)

To: nicky.villars@wldelft.nl

Cc: [Ruiten, Kees van \(RIK\)](#) ; [Borst, Kees \(RIK\)](#) ; [Verlaan, Martin \(RIK\)](#)

Sent: Wednesday, September 27, 2006 11:52 AM

Subject: Uitkomst workshop meten en modellen

Beste Nicky,

Ik zou je nog even mijn reactie sturen op de uitkomst van de workshop van gisteren (dus op persoonlijk titel).

Ten eerste een samenvatting van de vraagkant:

- Staf-DG gaf aan dat moet worden bekeken hoe met onzekerheden wordt omgegaan door beheerders, provincies e.d. (koppeling preventie en respons is belangrijk). Graag een Plan van Aanpak voor het komen tot een product met scenario's waarbij ranges aan onzekerheden zijn gekoppeld, waarbij onzekerheid is uitgerukt in wel/niet en terecht/onterecht evacueren tbv Commissie Frantzen.
- Jan Kroos wil op 1 januari weten hoe goed met het huidige modelinstrumentarium 72 uur vooruit voorspelt kan worden.
- Jan Kroos wil vervolgens weten wat er daarna moet gebeuren om over pakweg 3 jaar met 20 cm nauwkeurigheid 72 uur vooruit te kunnen voorspellen.
-

Dan de aanbodkant:

Er zijn de volgende zaken gesuggereerd om te gaan uitvoeren:

1. Kroos/Philippart/Verlaan: met huidige RWS modelinstrumentarium voor een aantal bekende stormen 72 uur vooruit gaan voorspellen (dit is nog niet eerder gedaan, max tot nu toe is 48 uur vanwege wind). Dit kan door het naspelen van een aantal bekende situaties. Daarmee op 1 januari 2007 de huidige stand van zaken vaststellen.
Mijn oordeel is dat dit te ambitieus is voor de projectgroep WL-TNO daar zij niet voer het instrumentarium beschikken. Indien binnen Atlantis (RIKZ) wel tijd kan worden vrijgemaakt is dit goed uitvoerbaar. De PL Atlantis geeft met liefde een fles wijn cadeau maar vraagt zich af of het KWV-Afdelingshoofd hier mee akkoord is vanwege nijpend capaciteitsprobleem ('sense of urgency'). Als HMR dit oppakt is dat hun zaak.
2. Borst/KNMI:
 - a) Early warning systeem om KNMI-SVSD te activeren 4-5 dagen vooruit bij LT voorspelling (middels indicatoren die volgen uit het globale mondiale weerbeeld en die 10 dagen vooruit lopen) en om HIRLAM met speciale metingen/parameters aan te sturen.
 - b) afstemmen met andere sectoren die hieraan behoefte hebben.**Mijn oordeel:** WL/TNO zou hier een Plan van Aanpak voor kunnen schrijven. Kan goed samen met 3 en 4. Is innovatief.
3. Verlaan/Gerritsen(?):
Weermodellen zijn niet te verbeteren want het is een autonome ontwikkeling. Ga daarom werken aan LT voorspelling voor waterstanden en golfverwachtingen.
Mijn oordeel: WL/TNO zou hier een Plan van Aanpak voor kunnen schrijven. Kan goed samen met 2 en 4.
4. Van Ruiten:
Maak een goede vertaalslag naar de onzekerheden die de Comm. Koningin (e.a.) moet weten. Dat is niet de waterhoogte maar de meer de doorvertaling naar faalkans dijken (dynamisch toetsen bij HIS itt statisch toetsen bij hydr. randvoorwaarden) en het risico op onderlopen binnen xx uur. Maak kosten-batenanalyse van verschillende scenario's

(koppel onzekerheid verwachting aan kosten BV Nederland).

Mijn oordeel: WL/TNO zou hier een Plan van Aanpak voor kunnen schrijven. Kan goed samen met 2 en 3 en sluit goed aan bij vraag Staf-DG.

5. Zorg voor een goede offerte richting commissie Frantzen.

Mijn oordeel: Hiervoor moet je eerst 4 doen.

6. Vraag aandacht voor de noodzaak bij de programmaraad van KNMI. Verhoog de 'sense of urgency'.

Mijn oordeel: zaak voor MinVenW intern. Wel belangrijk!

Met vriendelijke groeten,
Robert Vos ("de informatiestrateg")

B Notitie Verlaan, 7 oktober 2006

M&M_Verlaan7Oct2006_aan_pl_menm.doc

----- Original Message -----

From: "Verlaan, Martin (RIK)" <M.Verlaan@rikz.rws.minvenw.nl>

To: "Ruiten, Kees van (RIK)" <C.J.M.vRuiten@rikz.rws.minvenw.nl>; "Borst, Kees (RIK)" <J.C.Borst@rikz.rws.minvenw.nl>; "Noort, Jan (RIK)" <J.Noort@rikz.rws.minvenw.nl>; "Vos, Robert (RIK)" <R.J.Vos@rikz.rws.minvenw.nl>; <herman.gerritsen@wldelft.nl>

Sent: Saturday, October 07, 2006 12:21 PM

Subject: FW: menm

Beste Robert, Kees en Kees,

Vanochtend ben ik gebeld door Herman Gerritsen over het project Metingen en Modellen. Mijn indruk is dat men nog erg worstelt met de vraag wat er nu concreet gevraagd wordt. Mijn voorstel is om dit snel expliciet te maken. Mijn voorkeur gaat hierbij uit naar een korte analyse, die een overzicht geeft van de mogelijkheden en nauwkeurigheden mbt tot de vraag van de SVSD.

In mijn woorden samengevat is de vraag die er wordt gesteld:

- Hoe kunnen beslissers (burgemeester, commissaris van de koningin, brandweer etc) worden ondersteund tijdens een extreme storm waarin er gevaar dreigt voor de bevolking? Tot nu toe heeft de SVSD zich bij het waarschuwen voor hoogwater tijdens stormen vooral gericht op de operationele diensten (waterschappen, brandweer, politie, rijkswaterstaat) die tijdens een storm binnen enkele uren volledig paraat zijn. Daarnaast is een belangrijke rol van de SVSD het leveren van waterstandsverwachtingen voor het beslissen of de beweegbare stormvloedkeringen moeten worden gesloten.
 - O.a. nav de ramp in New Orleans is ook in Nederland de wens om adequaat te kunnen reageren bij een (dreigende) overstroming toegenomen. Voorheen was eigenlijk alle aandacht gericht op het voorkomen van een overstroming. Om de beslissers in deze moeilijke taak (bijv. een ontruiming van een polder) met goede informatie bij te staan lijkt een beslissingsondersteunend systeem gewenst. Hiermee moeten goede inschattingen gemaakt kunnen worden voor de mogelijk te nemen maatregelen. Hierbij is het van belang te bedenken dat de voorbereidingstijd voor een ontruiming van dijkkring 14 (zuid holland) nu op zo'n 2 a 3 dagen wordt geschat.
1. De vraag om verwachtingen wordt dus uitgebreid van een periode van 12 uur vooruit (huidige SVSD) naar 72 uur of mogelijk nog iets langer. Bij de invullen van het BSS (beslissingssysteem) wordt nu gedacht aan een combinatie van dynamische toetsing van de dijken, d.w.z. met de verwachte condities wordt voor de actuele situatie de kans op falen geschat, met een systeem om de gevolgen van de evt. overstroming in kaart te brengen (a la Delft FLS).
 2. Voor het dynamisch toetsen zijn naast verwachtingen van waterstanden ook verwachtingen van golven en een module voor het berekenen van faalkansen nodig.
 3. Bovendien is de huidige lijst van sectoren met hoofdstations, die de SVSD nu hanteert, bij lange na niet voldoende voor een toetsing per dijkvak of kunstwerk. Er is een hoge mate van ruimtelijk detail nodig.

Om een antwoord te kunnen geven op deze vragen zijn eerst een aantal verkenningen nodig:

- a) Geef een beschrijving van het systeem dat men nu in gedachten heeft. In mijn beleving lijkt er door de diverse diensten naar een gemeenschappelijk systeem te

worden gewerkt en is hier impliciet grote consensus over, maar dit heb ik nog niet expliciet gehoord.

- b) Er zijn op diverse plaatsen ontwikkelingen gaande die bijdragen aan dit geheel. Maar het is niet op voorhand duidelijk dat hiermee alle aspecten worden afgedekt. Geef aan waar evt de gaten zitten. En beschrijf de lopende ontwikkelingen.
- c) Het is niet erg duidelijk welke nauwkeurigheid met al deze deelactiviteiten kan worden gehaald. Ook is onduidelijk welke nauwkeurigheid eigenlijk nodig is om de vraag te beantwoorden. Kan een onderbouwing worden gegeven voor een bepaalde nauwkeurigheid? Of kan in elk geval de relatie tussen de benodigde investeringen en de vruchten daarvan in begrijpelijke termen expliciet worden gemaakt?

Naar mijn idee kan het WL met TNO een ruw overzicht schetsen van al deze aspecten. Het gaat dan niet om een concrete gedetailleerde berekening, maar om het combineren van bestaande inzichten, ideeën en inschattingen tot een begrijpelijk geheel. Hiermee zou de basis kunnen worden gelegd voor

- i) onderbouwen van financiële claims tav van de uit te voeren werkzaamheden
- ii) ondersteunen van de discussie over dit onderwerp onder beleidsmakers
- iii) expliciteren van de consensus die er lijkt te bestaan.
- iv) voorkomen van overlap en gaten in de ontwikkelingen

Met een korte telefonische rondgang langs de diverse betrokkenen (knmi, svsd, atlantis, fliwas, sbw, ...) in combinatie met een korte analyse en bondige rapportage kan aan deze doelstellingen een wezenlijke bijdrage worden geleverd in de beperkte beschikbare tijd.

Omdat de tijd dringt wil ik jullie adviseren om op korte termijn een duidelijk signaal, mogelijk met bovenstaande strekking naar het WL/TNO te sturen zodat men de resterende tijd vanaf nu productief kan benutten.

Groetjes,

Martin Verlaan

Beste Herman,

Naar aanleiding van ons gesprek vandaag heb ik een aantal gedachten op een rijtje gezet. Daarnaast heb ik een mailtje naar Robert en de beide Kezen gestuurd om de keuze voor een overzichtsstudie te benadrukken.

Mijn eigen beeld van de bestaande consensus is de volgende:

1. Voor het maken van beslissingen over ontruiming e.d. is een systeem nodig dat potentiële overstromingen vroegtijdig kan signaleren en kan volgen. Daarnaast moet de impact van eventuele ingrepen duidelijk kunnen worden gemaakt. Dit kan worden aangepakt met een Decision Support System met overstromingsmodule en dynamische toetsing van dijken tot 72 uur vooruit.
2. Als invoer voor de module voor dynamische toetsing zijn verwachte waterstanden en golven ook tot 72 uur vooruit nodig. Hiervoor is ook een groot ruimtelijk detail nodig want m.n. de golfoploop al per dijkvak verschillen. Hiervoor zijn dus detailmodellen nodig, die de verwachtingen op diep water vertalen naar de lokale omstandigheden. Naast de lange termijn wil men, denk ik, ook op de korte termijn de situatie nauwkeurig blijven volgen. Voor de periode zeer kort (tot 30 min) voor een evt. overstroming wordt lokale data-assimilatie zinvol.
3. 3a- De waterstanden op diep water kunnen worden gemodelleerd met een model als DCSM, waarbij er mogelijk nog een aantal verbeteringen nodig zijn. Maar het

allerbelangrijkste is dat er goede windinvoer komt tot 72 uur vooruit. Op de termijn tot enkele uren vooruit zijn er lokaal nog verbeteringen te bereiken met data-assimilatie, langer vooruit is de wind dominant. Ook zijn nog verbeteringen mogelijk met een nauwkeuriger getij, niet-lineaire interactie, wind-drag bij extreem hoge windsnelheden, assimilatie van gemeten wind, golf-stromings-interactie e.d. Tenslotte is het gemiddelde van een ensemble mogelijk nauwkeuriger dan een run omdat de niet-lineaire term voor de winddrag bij een grotere onzekerheid een bias veroorzaakt.

4. 3b - Golfverwachtingen op diep water kunnen mbv het NEDWAM worden geleverd als hiervoor windinvoer tot 72 uur vooruit voor beschikbaar komt. Een alternatief is het golfmodel van ECMWF
5. De windinput is een zeer belangrijke factor in alle verwachtingen. Door HIRLAM op een of andere manier aan te vullen met gegevens van ECMWF is de termijn te verlengen. Ook het EPS kan hier mogelijk een rol spelen. Welke precies is mij nog onduidelijk:

EPS a) leveren van nauwkeurigheidsmarges, maar wat doe je hier vervolgens mee?
Percentiel-verwachtingen, bijv alarmeren als kans op overschrijding groter is dan 20%?

b) gemiddelde gebruiken omdat dit door minder bias nauwkeuriger is?

Voor een deel zijn de ontwikkelingen in het meteosysteem moeilijk te sturen, want mondiaal. Maar de belangen goed vertegenwoordigen via de juiste kanalen helpt zeker. Mogelijk zijn er een beperkt aantal ontwikkelingen, die specifiek voor deze toepassing iets bijdragen. Ik denk aan:

- a) sponsors van bepaald onderzoek
- b) bijdragen aan bepaalde metingen (targeted observations)

Met de onderdelen 1 t/m 4 zou een systeem worden gebouwd dat mogelijk de vraagstelling voldoende beantwoordt. Ik zie echter 2 valkuilen:

- Een aantal onderdelen lijkt nog niet automatisch te worden opgepakt. Dit is m.n. de golfverwachting op gedetailleerde schaal. De onderzoekscomponent kan mogelijk in SBW worden meegenomen. De operationele component mogelijk in Atlantis of door het Delta Instituut. De waterstandsverwachtingen op detailschaal worden deels opgepakt in Atlantis.
- De nauwkeurigheid is mogelijk niet voldoende. Het is niet op voorhand duidelijk wat de gewenste nauwkeurigheid is en wat er geleverd kan worden.

Op een aantal gebieden zijn er lopende ontwikkelingen:

- KNMI doet onderzoek naar de impact van EPS op waterstanden (Joost Beckers en Hans de Vries)
- KNMI : drag bij hoge windsnelheden Vladimir Makin
- KNMI : ervaring met EPS bij ECMWF - naam even vergeten
- KNMI : NEDWAM (wordt niet veel aan ontwikkeld)
- KNMI : evaluatie van nauwkeurigheid van DCSM (Hans de Vries)
- FLIWAS/HID : DSS wordt nu gebouwd David Kroekenstoel RIZA
- Nauwkeurigheid SWAN bij op ondiep water SBW
- HR2006 Toetsen van keringen o.a. Frank den Heijer RIKZ ikv Hydraulische Randvoorwaarden
- HMR heeft ervaring met NEDWAM (Marc Philippart)
- HMR draait operationeel detailmodellen voor waterstanden
- WDY : pre-operationeel systeem met verwachting van waterstanden, golven en dynamische toetsing van dijken van IJsselmeer Ellen Claessens /Yede Bruinsma
- Atlantis : ontwikkeling nieuw DCSM (in vorm van combinatie DCSM-ZUNO met nieuwe rand bodem en hogere resolutie) (Robert Vos / Martin Verlaan)

- Atlantis : opslag en distributie van verwachtingen mbv Matroos-systeem. De matroos database is ook een rijke bron van data voor het evalueren van (pre-)operationele modellen. Zo staan alle verwachtingen van DCSM van de afgelopen jaren erin.
- Atlantis : ontwikkeling detailmodellen voor waterstanden voor operationeel gebruik
- Atlantis : ontwikkeling data-assimilatie voor operationeel gebruik
- Atlantis : evaluatie van modellen (onlangs nauwkeurigheid modellen rond Noordzee waaronder DCSM voor winter 2003-2004)
- NOOS : mogelijk aanleveren van data uit modellen en/of metingen vanuit de ons omringende landen (Kees van Ruiten)
- SVSD : houdt statistieken bij van de nauwkeurigheid van de verwachtingen (Jan Kroos)
- HMR/Atlantis : test met ECMWF wind en DCSM (deterministisch) Martin Verlaan wordt binnenkort 2x per dag gestart en opgevangen in Matroos voor evaluatie.

Wat de nauwkeurigheden betreft kan er geput worden uit:

- operationele evaluatie van HMCZ, HMR, KNMI, SVSD en Atlantis er is veel info maar hooguit tot 48 uur vooruit.
- evaluatie van HIRLAM door KNMI ook hooguit 48 uur vooruit
- evaluatie van ECMWF (toegang via KNMI) in elk geval zijn er skill scores oid.
- mogelijk evalueert KNMI ook NEDWAM of ECMWF-golven (via KNMI opvragen)

Ik denk dat er met erg simpele modelletjes iets te zeggen valt over de nauwkeurigheid van modellen. Bijvoorbeeld extrapoleren van RMS fouten 0-48 uur naar langer vooruit. Of als er een ECMWF evaluatie bestaat dit omrekenen naar een schatting voor opzet. Ik schat (uit grote duim) 2m/s voor wind 12uur vooruit (bij 20m/s u10-wind). Dit komt ongeveer overeen met een 20cm fout in hoogwater bij 100cm opzet m.a.w. 10% in wind wordt 20% in opzet door kwadratische wind-drag-formule.

Ook de relatie tussen nauwkeurigheid en kans op een foute beslissing kan denk ik zinvol bijdragen aan de discussie.

Ik hoop dat dit iets bijdraagt.

Groetjes,

Martin Verlaan

C Notitie Gerritsen, 9 oktober 2006

Z4189M&M_InvullingPilot.doc
6-10-2006

Aan: RIKZ, t.a.v. JC Borst en CJM van Ruiten
CC: RIKZ, Robert Vos, Martin Verlaan
TNO, Han Vogel, Hap Kolb
Van: WL&TNO, Nicki Villars, Herman Gerritsen

1. Ideeën voor invulling DMI-pilot door WL en TNO

Op 26 september vond bij RIKZ de eerste bijeenkomst plaats van Fase 2 in het project Meten en modellen. De concretisering van de uit te werken DMI pilot is tijdens die brede bijeenkomst net niet gehaald.

Na deze bijeenkomst zijn de volgende stappen gezet:

Robert Vos heeft suggesties gegeven voor onderwerpen, zie aangehechte email van 27/9. Het projectteam van WL en TNO heeft op 3/10 besproken hoe fase 2 verder in te vullen, gebaseerd op de informatie van 26/9 en de ideeën van Robert. *Daarbij kwamen we qua afspraakdoelstelling en haalbaarheid uit op Robert's punt 3, beperkt tot waterstanden. Dit komt neer op het schrijven van een PvA voor onzekerheidsanalyse 2D toepassing met DCSM.* Afspraak: we gaan dit idee eerst toetsen bij Verlaan
Herman heeft op 6/10 hierover een gesprek gehad met Martin. Martin wees er hierbij op dat Joost Beckers dit min of meer gaat oppakken door te analyseren wat het gebruik van ECMWF/EP51 als sturing voor DCSM kan opleveren.

- Martin's idee is dat WL/TNO zich richt op de hele keten van onzekerheden bij VSP72.
 - Zijn concrete suggestie is een overall beeld te geven van de diverse elementen en hun onnauwkeurigheden (meer breedte dan diepgang per element) en dan
 - aan te geven wat je hiermee kunt in termen van evacueren.
 - daaruit volgt dan ook waar je je op zou moeten richten.
 - Bij de analyse zeker meenemen: DCSM, NOOS vergelijking, HIRLAM, ECMWF/EP5.
 - Logische personen die informatie en materiaal kunnen toeleveren: Hans de Vries, Robert Vos, Theo van Stijn, Joost Beckers, Martin Verlaan, Marc Philippart.
- Notitie en email van Martin aan Kees, Kees, Robert en Herman van 7/10, waarin dit nog eens in zijn gehele breedte wordt neergezet (aangehecht).

De stappen worden door WL herkend als belangrijk, maar de scope is veel te breed gegeven de beschikbare middelen nu. Kees en Kees delen deze mening en geven aan dat gekozen moet worden voor een zinvolle en qua middelen behapbare PvA op het gebied van waterstanden (10/10)

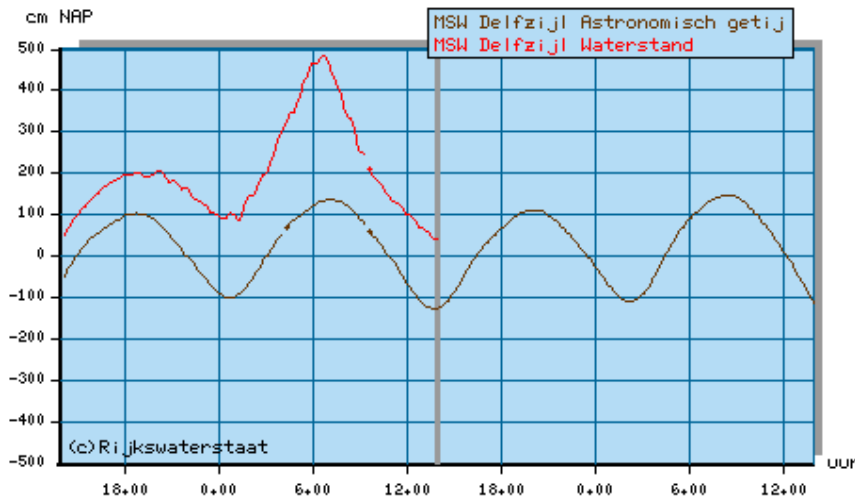
2. Voorstel WL en TNO voor invulling DMI-pilot dd. 11-10-2006

→ WL en TNO (WL trekker) richten zich bij de VSP72 op waterstanden (zie punt 3 hierboven). Dit moet leiden tot een inventarisatie van de bestaande elementen, hun (on)nauwkeurigheden, wat er duidelijk nog mist, uitmondend in een opzet voor een PvA voor activiteiten / acties om de belangrijkste elementen in de waterstandsketen te verbeteren.

→ Oplevering als Nederlandstalige notitie: 9 november 2006; plus presentatie op Bijeenkomst#2 op 14 november.

D Storm van 1 november 2006

In de nacht van 31 oktober op 1 november 2006 werd de noordelijke kust getroffen door een zeer zware storm. Bij Delfzijl werd de hoogste waterstand sinds 1 januari 1900 geregistreerd (483 cm + NAP). Deze was 30 cm hoger dan de tot dan hoogste stand van +453 cm + NAP, geregistreerd op 28 januari 1901. Indien het op 1 november springgetij geweest zou zijn in plaats van doodtij, was de waterstand vrijwel zeker nog hoger geweest.



Figuur C-1: Verloop van de waterstand in Delfzijl, stand op 1 november 2006 14:00 uur
(bron: <http://www.svds.nl/index.cfm?page=waterstandgrafieken,delfzijl&load=delfzijl.H10>)



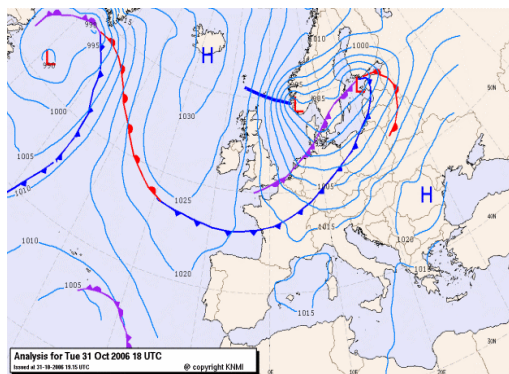
Figuur C-2: Bericht op teletext, 1 november 2006, 13:00 uur.

Op de volgende pagina een afdruk van de Stormvloedflits 2006-04, van de hand van het hoofd van de Stormvloedwaarschuwingsdienst van Rijkswaterstaat, Jan Kroos.
(ontvangen per email; 2 november 2006; 13:30 uur).

Stormvloedflits 2006-04

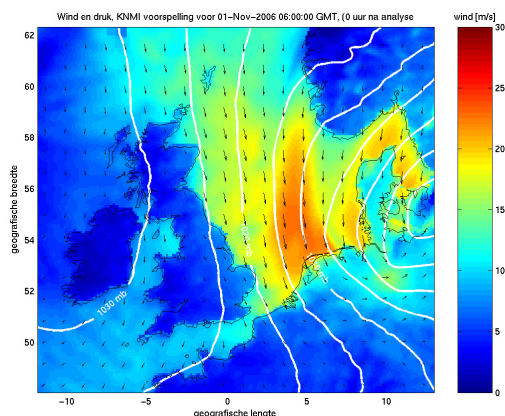
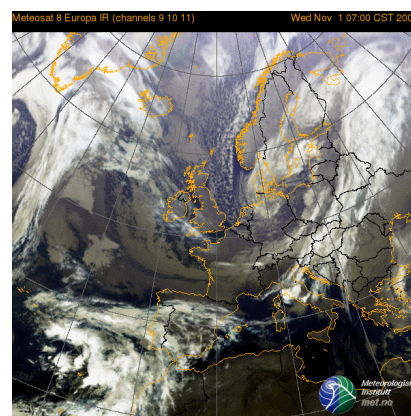
Zware noordwesterstorm veroorzaakt recordstand bij Delfzijl

Dinsdag 31 oktober en woensdag 1 november is de Stormvloedwaarschuwingsdienst (SVSD) actief geweest en zijn er voor drie sectoren waarschuwingen gegeven en is er voor de sector Delfzijl dijkbewaking ingesteld. Het Waarschuwingsbureau van de SVSD is geopend geweest van 31 oktober 15h00 tot 1 november 8h00.



Een lagedrukgebied trok van het zeegebied tussen IJsland en Schotland via zuid Noorwegen naar Denemarken. Het koufront van de depressie passeerde op 31 oktober omstreeks 8h00 de Nederlandse kust. Achter het koufront stond er een harde westenwind (7 Bft). Omstreeks 18h00 passeerde de back-bent occlusie van de depressie de Nederlandse kust. Achter de occlusie was de wind boven de hele Noordzee geruimd naar het noordwesten. Aan de westflank van de depressie stond op het oostelijke deel van de Noordzee een zware storm (10 Bft). Op het westen en zuiden van de Noordzee stond een harde tot stormachtige noordwestenwind (7 - 8 Bft). In de loop van de avond en nacht nam de wind met name boven het oostelijk deel van de Wadden toe tot een zware noordwesterstorm. Er werden in Groningen en Friesland plaatselijk zeer zware windstoten gemeten tot 115 km/h. Op zee waren de windstoten nog veel krachtiger. In de loop van de ochtend van 1 november ruimde de wind verder naar noord en nam de wind geleidelijk af tot stormachtig boven de Wadden en hard op de rest van de Noordzee.

De zware noordwesterstorm veroorzaakte met name in noordoostelijke kustgebied een uitzonderlijk grote wateropzet. Het maximale effect van de storm viel samen met de nachthoogwaters in het noordelijke kustgebied. De hoogste scheve opzet tijdens de verschillende hoogwaters langs de kust varieerde van 134 cm bij Vlissingen tot 345 cm bij Delfzijl. De tijfase bevond zich in dooftij. Hierdoor waren de astronomische hoogwaterstanden relatief laag. Bij Delfzijl werd op 1 november om 6h40 de hoogste hoogwaterstand (NAP +483) ooit gemeten. Dit record stond sinds 1825 meer dan 180 jaar op NAP +460. Op basis van frequentie van voorkomen is de hoogste opzet tijdens HW opgetreden bij Delfzijl. Een opzet zoals bij Delfzijl is opgetreden komt gemiddeld ongeveer 2 maal per 100 jaar voor. Tijdens het passeren van de middelbare stormvloed is de stormvloedkering in de Hollandse IJssel gesloten.



In nauwe samenwerking met het KNMI en het hydrometeo centrum Rijnmond van Rijkswaterstaat heeft de SVSD waarschuwingen gegeven voor de sectoren West Holland, Den Helder en Harlingen. Voor de sector Delfzijl is er een alarmering (advies dijkbewaking) gegeven.

Volgens de classificatie van stormvloeden (zie getijtafels van Nederland 2006 tabel VIII t/m XI) valt deze stormvloed in de categorie middelbare stormvloeden. De hoogste waterstand zoals die bij Delfzijl is opgetreden, komt gemiddeld 15 maal per 1000 jaar voor. In onderstaande tabel staat een overzicht van de betreffende hoogwaters en de gegeven waarschuwingen en alarmering. Van deze middelbare stormvloed wordt nog een stormvloedrapport gemaakt.

Het hoofd van de Stormvloedwaarschuwingsdienst van Rijkswaterstaat, Jan Kroos

sector	station	datum 2006	astronomisch HW		SVSD verwachting	opgetreden HW		scheve opzet op HW	VW / W / A *	tijdstip geven waarschuwing / alarmering
			tijd	stand		tijd	stand			
West Holland	Hoek van Holland	31 okt	22h26	+108	+240	22h40	+247	139	W	31 okt 16h30
Den Helder	Den Helder	1 nov	02h24	+78	+220	02h30	+238	160	W	31 okt 20h30
Harlingen	Harlingen	1 nov	04h24	+105	+320	04h00	+326	221	W	31 okt 22h00
Delfzijl	Delfzijl	1 nov	07h00	+138	+400	06h40	+483	345	A	31 okt 23h30

*) VW = voorwaarschuwing W = waarschuwing A = alarmering De tijden zijn gegeven in wintertijd (= MET)



WL | Delft Hydraulics

Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

