

MEMO JG/M08.075
Datum 27-02-2009
Auteur(s) Jeroen Gerrits en Bas van 't Hof
Onderwerp Off-line koppeling tussen Waqua and SWAN

Documentinformatie

Versie	Auteur	Datum	Opmerkingen	Review
0.9	JG	03-02-2009	Concept	EV
1.0	JG	13-02-2009	Definitieve versie	-
1.1	JG	25-02-2009	Commentaar Deltares verwerkt	-
1.2	JG	02-03-2009	Restart functionaliteit toegevoegd	-
Bestandslocatie:		/v3/E05q_bo_simona/c84230_waqua_swan_offl/report		

1 Inleiding

In het kader van change 84230 is een off-line koppeling tussen Waqua en het golfmodel SWAN gerealiseerd. Een off-line koppeling houdt in dat de resultaten uit het golfmodel via files worden ingelezen in Waqua zodat een stromingsberekening kan worden gedaan waarbij golfeffecten worden meegenomen. In een later stadium zal een on-line koppeling worden gerealiseerd zodat terugkoppeling van Waqua naar SWAN ook zal worden meegenomen. In dit memo wordt verslag gedaan van de werkzaamheden voor het implementeren van de off-line koppeling.

2 Rapportage van werkzaamheden

2.1 SWAN model

Een eerste vereiste voor de off-line koppeling is het verkrijgen van uitvoer van het golfmodel. Hiervoor is in eerste instantie de SWAN programmatuur van de SWAN-website gehaald en lokaal gecompileerd. Met deze versie bleek het SWAN model dat door Deltares is aangeleverd niet te draaien. Na veel overleg en uitproberen bleek Deltares een alternatieve SWAN versie te hebben die anders omgaat met errors en warnings. Deze versie (alleen een executable) is door Deltares aangeleverd waarmee het SWAN model wel succesvol kon worden gedraaid.

In de SWAN invoer file is middels het blok

```
BLOCK 'COMPGRID' NOHEAD 'swan2waqua.mat' _  
      LAYOUT 3 -  
      Hsign Tm01 Force Xp Yp Dir Dep
```

aangegeven dat de golfhoogte, golfperiode, golfkrachten, de roostercoördinaten, golfrichting en bodemdiepte naar een binair Matlab bestand moeten worden geschreven. Dit binaire Matlab bestand kan door de get/put programmatuur worden verwerkt tot geschikte invoer voor Waqua. Hiervoor is de get/put programmatuur uitgebreid. Deze wijzigingen zijn in de moederversie van de Nautboom repository opgenomen. Concreet wordt de uitvoer van SWAN omgezet naar SimonaBox bestanden middels het commando

```
$GETPUTDIR/bin/swan2waqua.pl SDS-<runid> swan2waqua.mat
```

Hierbij is de SDS-file het resultaat van een Waqua berekening zonder golfeffecten. Dit bestand is nodig om het Waqua rooster te kunnen bepalen. De Matlab file `swan2waqua.mat` bevat de uitvoer van het SWAN model. Het resultaat van het get/put script `swan2waqua.pl` is een verzameling SimonaBox bestanden; voor elke grootheid een apart bestand.

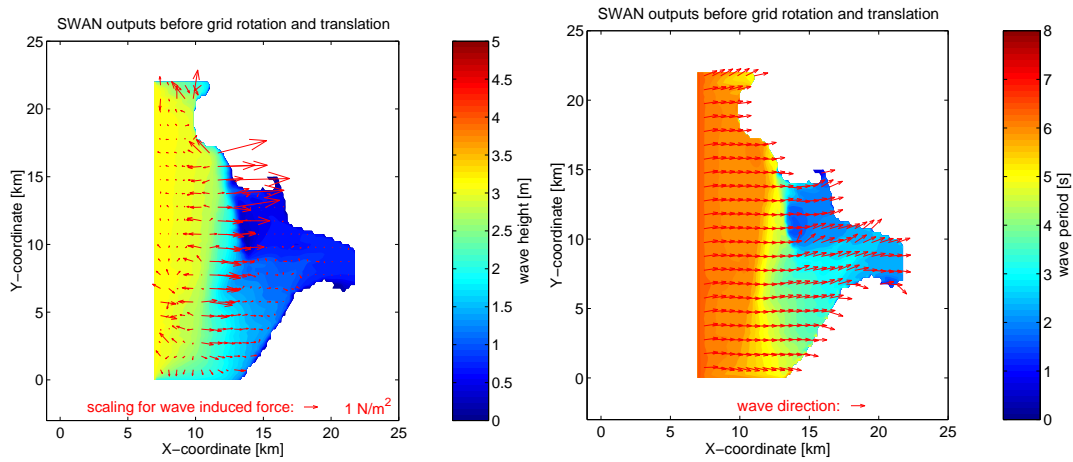
De get/put programmatuur is getest middels het Haringvliet model dat van de SWAN-website is gehaald. Het SWAN rooster gebruikt x - en y -coördinaten met een eigen oriëntatie en oorsprong, zie figuur 1. Voor het maken van RD-coördinaten moet eerst geroteerd en getransleerd worden, zie figuur 2. Hierbij moeten de golfkrachten en de golfrichting ook worden geroteerd. Interpolatie van hoeken (zoals de golfrichting) is lastig: een continu richtingsveld kan een discontinue hoek opleveren, door sprongen van 360° . Daarom is niet de hoek α geïnterpoleerd, maar de richtingsvector $(\cos(\alpha), \sin(\alpha))$. Na interpolatie kan weer een hoek worden berekend, maar dat is niet gedaan: in plaats daarvan wordt verder gerekend met de richtingsvector.

Een Waqua model van een gedeeltelijk overlappend model is de `knippr`-applicatie toegepast op het Zeedelta-model. Bij het inlezen in Waqua moeten de vectoren worden geroteerd in de rooster-richting en gestaggerd naar de u - en v -punten. Met behulp van visualisatie door het programma `ShowFld` is nagegaan dat deze bewerkingen succesvol zijn doorlopen, zie figuur 3.

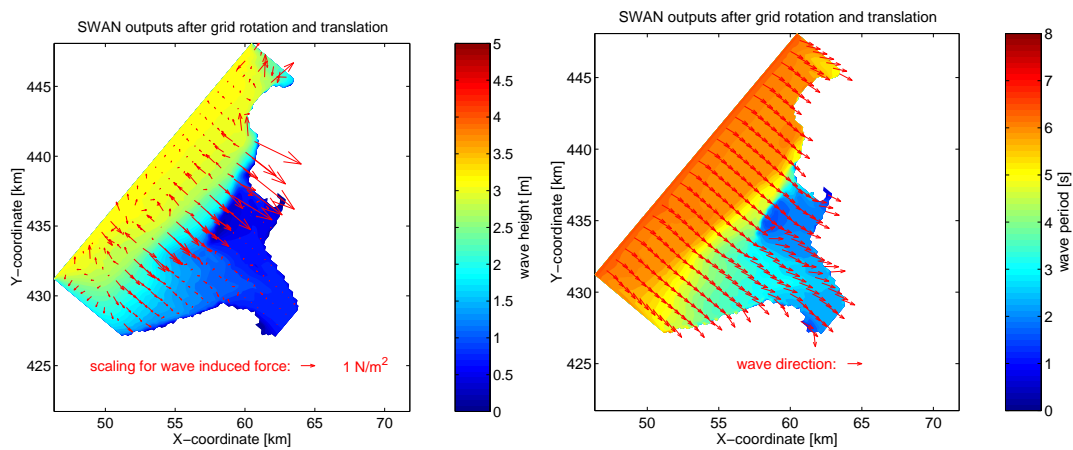
2.2 Waqpre

In het hoofdstuk `FLOW/FORCINGS` van de referentietabel van Waqpre is een hoofdstuk toegevoegd. In dit hoofdstuk wordt de golfinvoer gespecificeerd (d.w.z. de SimonaBox-en die middels get/put zijn verkregen). De beschrijving van de invoer is opgenomen in de gebruikershandleiding van Waqpre.

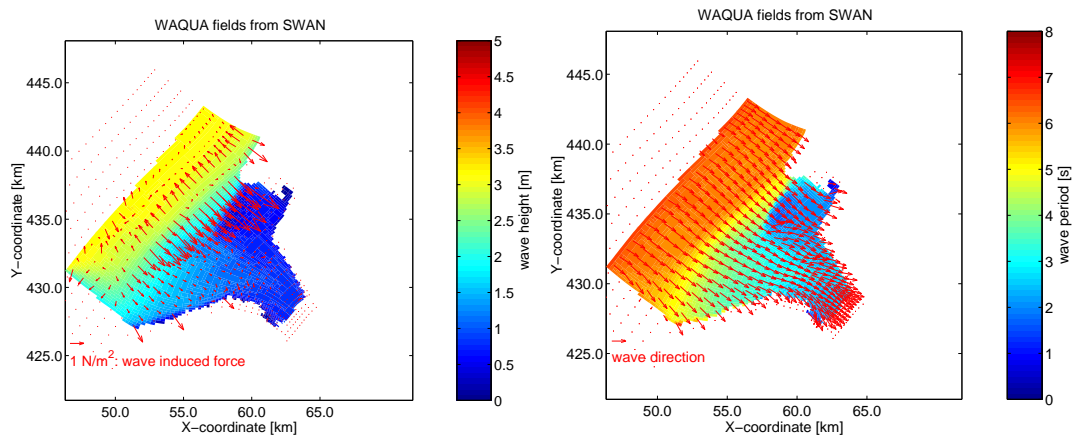
In Waqpre wordt een nieuwe compound array `SOLUTION_WAVES` aagemaakt en naar de SDS-file geschreven. Dit array bevat drie subarrays `WAVENUMBER`, `STOKES` en `STRESS` die in Waqpro gevuld worden met de berekende golfgetallen, de Stokes drift en de bodem stress. Bovendien is het compound array `COEFF_FLOW` uitgebreid met een subarray `WAVES` waarin de uitvoer van



Figuur 1: Visualisatie van de invoer van SWAN.



Figuur 2: Visualisatie van de invoer van SWAN, na rotatie en translatie van het rooster naar RD-coördinaten.



Figuur 3: Visualisatie van de invoer van SWAN, na inlezen in een Waqua model.

het golfmodel (golfkrachten, golfhoogte, golfperiode en golfrichting) wordt opgeslagen; dit wordt afgehandeld in de nieuwe routine `wapwav`. Aan het array `CONTROL_FLOW_ICONTB` is een vlag `jwaves` toegevoegd die aangeeft of het Waqua model is gekoppeld met een golfmodel. De wijzigingen in de datastructuur zijn gedocumenteerd in de `LDS_FLOW`.

Ten behoeve van restarts is routine `wapf07` uitgebreid met het lezen van subarrays van `SOLUTION_WAVES` van de restart SDS-file en het kopiëren van de data naar de overeenkomstige arrays in het nieuwe experiment.

2.3 Waqpro

In Waqpro zijn een aantal nieuwe routines geïntroduceerd. Deze worden hieronder kort beschreven:

`waswvb` Berekening van de bodem stress voor het gecombineerde effect van golven en stroming. Het algoritme hiervoor is toegevoegd aan de technische documentatie van Waqua (sectie 2.10.1).

`waswvs` Berekening van de Stokes drift. Het algoritme hiervoor is toegevoegd aan de technische documentatie van Waqua (sectie 2.10.2).

`waswvk` Berekening van de golfgetallen. Het algoritme hiervoor is toegevoegd aan de technische documentatie van Waqua (sectie 2.10.3).

`wase21` Conversie van snelheden in Euleriaanse coördinaten naar GLM-coördinaten. Informatie over GLM-coördinaten is toegevoegd als bijlage aan de technische documentatie van Waqua.

`was12e` Conversie van snelheden in GLM-coördinaten naar Euleriaanse coördinaten. Informatie over GLM-coördinaten is toegevoegd als bijlage aan de technische documentatie van Waqua.

Daarnaast zijn in Waqpro de volgende wijzigingen doorgevoerd:

`wassfc` Opname van de vlag `jwaves` in het `intgda` array.

`wasfgd` Conversie van de arrays `COEFF_FLOW_WAVES` en `SOLUTION_WAVES` van `mnmaxk` arrays naar `fullbox` arrays en conversie van de snelheden in deze arrays van Euleriaanse naar GLM-coördinaten. In Waqpro zijn de `fullbox` snelheden `up/h` en `vp/h` dus overal in GLM-coördinaten.

`wasspu` Golf arrays activeren en doorgeven naar rekenroutines.

`trscue` Golfkracht toegevoegd aan de impulsvergelijking. Aanroepen naar `waswvk` en `waswvs` toegevoegd om de golfgetallen en Stokes drift te berekenen en de noodzakelijke arrays toegevoegd aan de aanroep naar `wasbot` voor het berekenen van de bodem stress.

trssuw Aanroepen naar **wasvbk** en **wasvbs** toegevoegd om de golfgetallen en Stokes drift te berekenen en de noodzakelijke arrays toegevoegd aan de aanroep naar **trsumo**.

trsumo Golfkracht toegevoegd aan de impulsvergelijking. Golfarrays toegevoegd in de aanroep naar **wasbot** voor het berekenen van de bodem stress.

wasbot Aanroep naar de nieuwe routine **wasvbb** toegevoegd voor het berekenen van de bodem stress voor het gecombineerde effect van stroming en golven. De coëfficiënten **bbk** en **dbk** in de impulsvergelijking aangepast t.b.v. golven. Dit is alleen gedaan voor de traditionele formulering voor bodemwrijving. De formuleringen voor lineaire bodemwrijving en 3D bodemwrijving zijn ongewijzigd.

wasmaf Conversie van de snelheden van GLM-coördinaten naar Euleriaanse coördinaten en conversie van de fullbox golfarrays naar **mnmaxk** arrays. De arrays in **SOLUTION_WAVES** worden met dezelfde frequentie als **SOLUTION_FLOW_SEP** naar de SDS-file weggeschreven.opgelost.

Het algoritme voor de koppeling van Waqua met een golfmodel is opgenomen in sectie 2.10 van de technische documentatie van Waqua. Om de golfkoppeling overzichtelijk te houden is er voor gekozen om de beschrijving hiervan in één sectie onder te brengen en niet met de rest van de technische documentatie te verweven.

Tenslotte zijn de routines **wasbot** en **wasvbb** toegevoegd aan de **nmdbg**-faciliteit.

2.4 Parallel rekenen

T.b.v. parallel rekenen zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd:

wasvbk Communiceren van golfgetallen.

trscue Variabele **icocad** doorgeven in aanroep naar subroutine **wasvbk** t.b.v. communiceren van golfgetallen.

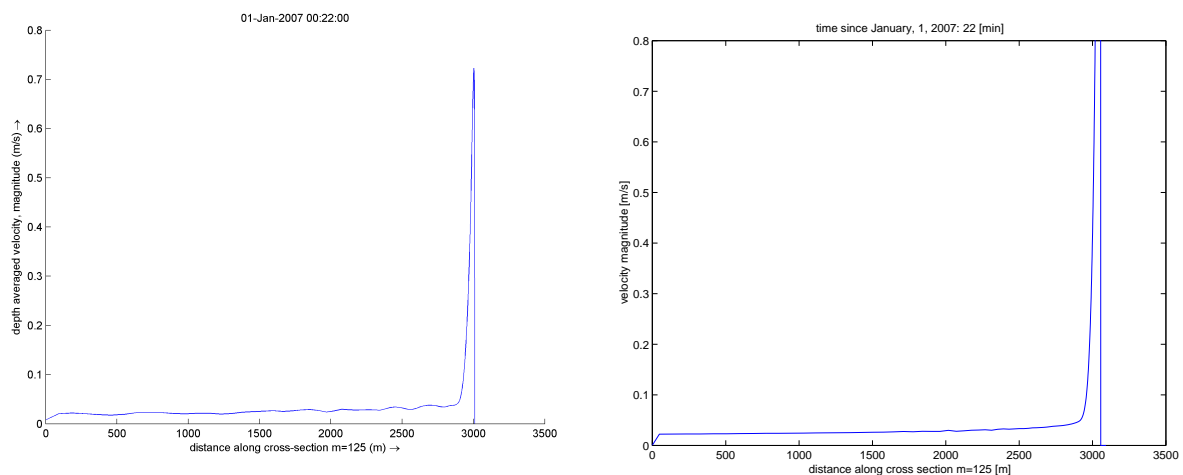
trssuw Variabele **icocad** doorgeven in aanroep naar subroutine **wasvbk** t.b.v. communiceren van golfgetallen.

coplds.waqua Arrays **COEFF_FLOW_WAVES** en **SOLUTION_WAVES** toegevoegd.

3 Testen

De golfkoppeling is getest middels een Waqua model van een vierkant bakje dat lijkt op het Delft3D model dat door Deltares is aangeleverd. Het bakje stelt een gebied langs de kust voor met afmetingen 220 m langs de kust en 150 m loodrecht op de kust. De diepte varieert van ruim 9 m tot bijna 0 m. Het water staat initieel stil en de enige forcering wordt geleverd door de golven uit SWAN. Een belangrijk verschil tussen het Waqua model en Delft3D model

is de randvoorwaarde op de randen loodrecht op de kust. In Delft3D zijn op deze twee randen Neumann randvoorwaarden voorgeschreven. Waqua kent dit type randvoorwaarde niet. Daarom zijn in Waqua op deze twee randen ook Dirichlet randvoorwaarden voorgeschreven. Dit leidt er toe dat na verloop van tijd (als de golven het bakje volledig doorkruist hebben) er reflectie optreedt en het Waqua model onzinnige resultaten geeft. Tot die tijd zijn de resultaten tussen Delft3D en Waqua kwalitatief vergelijkbaar zoals te zien is in figuren 4 en figuren 5 waarbij dwarsprofielen van de absolute snelheid en waterstanden zijn getekend voor Delft3D en Waqua modellen die gekoppeld zijn met SWAN. De schaal van de verticale as in deze



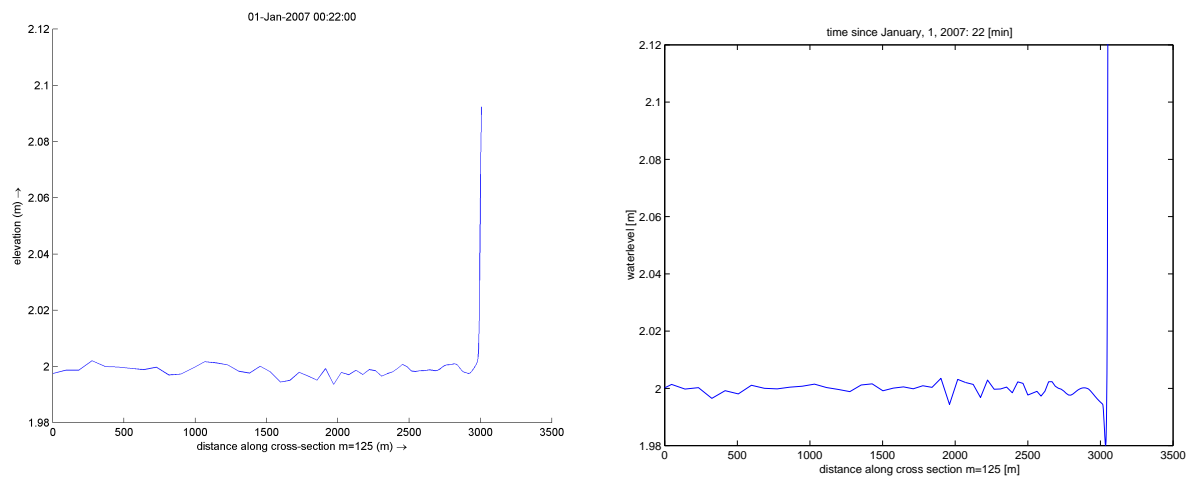
Figuur 4: *Absolute waarde van de snelheid langs een sectie loodrecht op de kust. Links: Delft3D gekoppeld met SWAN. Rechts: Waqua gekoppeld met SWAN.*

figuren is gelijk voor Delft3D en Waqua. Te zien is dat de pieken in snelheid en waterstand in Waqua hoger zijn dan in Delft3D; in Waqua is de maximale snelheid gelijk aan 3.50 m/s en de maximale waterstand 6.04 m . Dit kwantitatieve verschil wordt vermoedelijk veroorzaakt door verschillen in de modellering (van o.a. de randvoorwaarden) en zou in een volgende fase, waarin een on-line koppeling van Waqua met Swan zal worden gerealiseerd, verder moeten worden onderzocht.

Aangezien niet meer testmateriaal door Deltares is aangeleverd, is een verdere vergelijking met Delft3D niet te maken. Wel zijn nog de twee snelheidscomponenten langs de kust en loodrecht op de kust langs dezelfde sectie getekend in figuur 6. Hieraan is te zien dat de snelheden langs de kust een orde groter zijn dan de snelheden loodrecht op de kust. Figuur 7 geeft een beeld van het twee-dimensionaal stromingsveld in het Waqua model.

Om de aanpassingen t.b.v. parallel rekenen te testen is een sequentiële run van bovenstaand model vergeleken met een parallelle run met `npart = 2` (in dubbele precisie). De verschillen staan in tabel 1.

De aanpassingen voor de restart functionaliteit zijn getest door het Waqua model te restarten vanaf halverwege de simulatie en de resultaten op het laatste tijdstip met elkaar te verge-



Figuur 5: Waterstand langs een sectie loodrecht op de kust. Links: Delft3D gekoppeld met SWAN. Rechts: Waqua gekoppeld met SWAN.

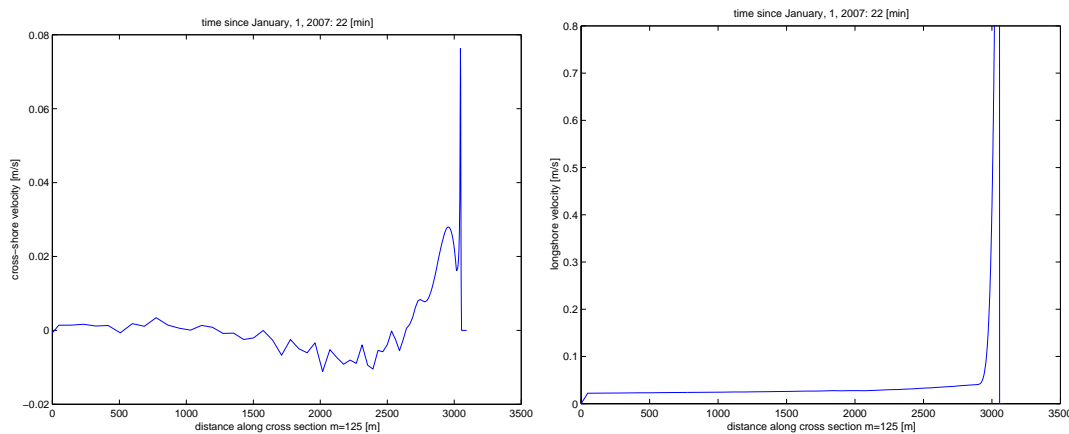
leken. De verschillen staan in tabel 2. Hoewel de verschillen klein zijn is nader onderzoek gedaan naar de herkomst van de verschillen in de restart test. Hieruit bleek dat er mogelijk een bug in routine `wasmaf` zit. In deze routine wordt het array `huh (intgda(30,2))` naar `SOLUTION_FLOW_HU` geschreven. Als dit wordt gewijzigd in `hup (intgda(557,2))` dan worden de verschillen kleiner, zoals te zien is in tabel 3. In het kader van servicecall 368890 is onderzocht wat de gevolgen zijn van deze wijziging in `wasmaf` voor de bestaande modellen, maar hieruit kon geen conclusie worden getrokken omdat voor alle restart modellen de restart SDS-files met oude versies van Simona zijn gegenereerd (d.w.z. waarin `huh` door `wasmaf` wordt weggeschreven). Omdat niet bekend is in hoeverre in het verleden bewust is gekozen voor het wegschrijven van `huh` in plaats van `hup` is routine `wasmaf` in de huidige melding niet op dit punt gewijzigd. Het verdient wel aanbeveling om t.z.t. nauwkeuriger de bestaande restart functionaliteit te testen op dit punt.

Bovenstaand Waqua model met een off-line koppeling met SWAN is toegevoegd aan de modellentestbank van Simona (modelnaam `swan_waves`). Deze test wordt standaard gedraaid met `npart = 2`.

Naast bovenstaande specifieke test is ook de complete modellentestbank gedraaid. Hiermee is geverifieerd dat de opname van de golfkoppeling geen verschillen veroorzaakt in de bestaande testmodellen.

4 Conclusies en aanbevelingen

In deze change is Waqua uitgebreid met een off-line koppeling met het golfmodel SWAN. Het beoordelen van de resultaten van deze koppeling is lastig omdat door Deltares slechts twee grafieken zijn aangeleverd waarmee vergeleken kan worden. Hoewel de resultaten er



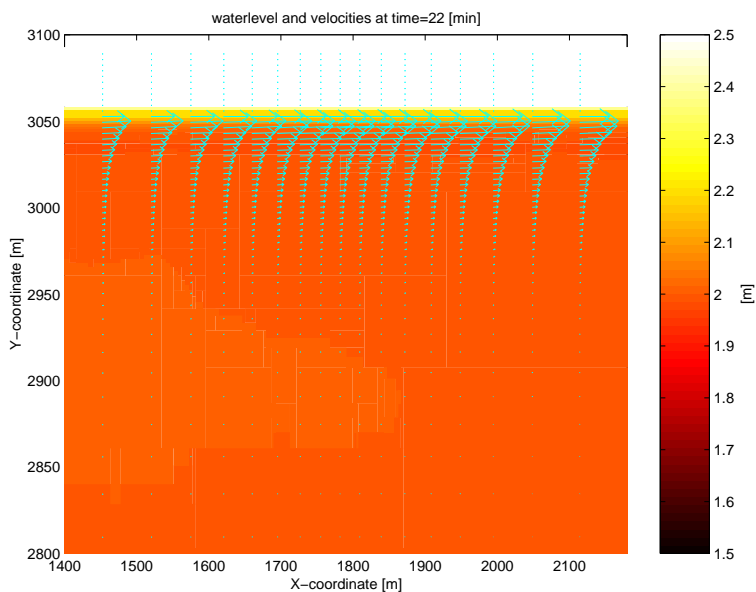
Figuur 6: *Snelheidscomponenten loodrecht op (links) en langs (rechts) de kust voor het Waqua model dat gekoppeld is met SWAN.*

kwalitatief betrouwbaar uit zien verdient het aanbeveling om met een meer verfijnd Waqua model (met bijvoorbeeld minder reflectie t.g.v. de Dirichlet randvoorwaarde) te (laten) testen.

De realisatie van deze change was gecompliceerd omdat de specificatie van de golfkoppeling zoals beschreven in het memo H5098.60AW van Andre van der Westhuysen meerdere fouten en onduidelijkheden bevat. Na niet-gepland (literatuur)onderzoek en overleg met Jacco Groeneweg en Arjen Luijendijk zijn deze fouten en onduidelijkheden opgelost.

De rekestijd van het Waqua model met golfkoppeling is 142 seconden. Dezelfde berekening zonder golfkoppeling duurt 110 seconden. Maar dit is geen eerlijke vergelijking omdat alleen golven zorgen voor de forcering in het model. Daarom is het wellicht verstandig om t.z.t. de toename in rekestijd t.g.v. koppeling met een golfmodel beter te quantificeren.

Betreffende de restart functionaliteit zou moeten worden onderzocht of het correct is dat in routine `wasmaf` het array `huh` naar `SOLUTION_FLOW_HU` wordt weggeschreven (in plaats van het array `hup`).



Figuur 7: Waterstanden (in kleur) en snelheden in een witsnede van het Waqua model dat gekoppeld is met SWAN.

Field	max(dif)	99%(dif)	rms(dif)	mean(dif)
solution_flow.cz.czu	0.000000	0.000000	.000000	0.000000
solution_flow.cz.czv	0.000000	0.000000	.000000	0.000000
solution_flow.hu.hu	0.000297	0.000046	.000014	0.000009
solution_flow.hv.hv	0.000304	0.000054	.000016	0.000010
solution_flow.sep.sep	0.000608	0.000059	.000017	0.000010
solution_flow.up.up	0.000793	0.000101	.000029	0.000013
solution_flow.vp.vp	0.000270	0.000048	.000015	0.000009
solution_waves.stokes.ustoks	0.000299	0.000072	.000013	0.000002
solution_waves.stokes.vstoks	0.000013	0.000004	.000001	0.000000
solution_waves.stress.taumu	0.000000	0.000000	.000000	0.000000
solution_waves.wavenumber.waveno	0.000348	0.000055	.000011	0.000002

Tabel 1: Verschillen tussen een sequentiële run en een parallelle run.

Field	max(dif)	99%(dif)	rms(dif)	mean(dif)
restart_flow.qx.qx	0.045423	0.010701	0.002611	0.001358
restart_flow.qy.qy	0.013498	0.004502	0.000901	0.000412
solution_flow.cz.czu	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
solution_flow.cz.czv	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
solution_flow.hu.hu	0.000368	0.000081	0.000025	0.000016
solution_flow.hv.hv	0.000154	0.000077	0.000026	0.000017
solution_flow.sep.sep	0.000181	0.000077	0.000026	0.000018
solution_flow.up.up	0.001921	0.000291	0.000072	0.000036
solution_flow.vp.vp	0.000385	0.000089	0.000027	0.000015
solution_waves.stokes.ustoks	0.001590	0.000149	0.000034	0.000006
solution_waves.stokes.vstoks	0.000086	0.000009	0.000002	0.000000
solution_waves.stress.taumu	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000
solution_waves.wavenumber.waveno	0.002949	0.000109	0.000038	0.000005

Tabel 2: Verschillen na een restart vanaf halverwege de simulatie.

Field	max(dif)	99%(dif)	rms(dif)	mean(dif)
restart_flow.qx.qx	0.029790	0.009780	0.002168	0.000900
restart_flow.qy.qy	0.002814	0.001283	0.000359	0.000228
solution_flow.cz.czu	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
solution_flow.cz.czv	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
solution_flow.hu.hu	0.000097	0.000035	0.000011	0.000007
solution_flow.hv.hv	0.000164	0.000058	0.000015	0.000009
solution_flow.sep.sep	0.000166	0.000061	0.000016	0.000010
solution_flow.up.up	0.000547	0.000080	0.000022	0.000014
solution_flow.vp.vp	0.000105	0.000041	0.000013	0.000009
solution_waves.stokes.ustoks	0.000485	0.000047	0.000009	0.000002
solution_waves.stokes.vstoks	0.000022	0.000002	0.000000	0.000000
solution_waves.stress.taumu	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
solution_waves.wavenumber.waveno	0.001333	0.000036	0.000012	0.000002

Tabel 3: Verschillen na een restart vanaf halverwege de simulatie, maar nu met wegschrijven van *hup* in plaats van *huh*.