

MEMO EV/M08.013
Datum 11 februari 2008
Auteur(s) dr.ir. E.A.H. Vollebregt
Onderwerp Onderzoek van testresultaten over de uniformering van Waqua en Triwaq

Documentinformatie

Versie	Auteur	Datum	Opmerkingen	Review
0.8	EV	11-02-2008	Eerste versie van rapportage	JG
Bestandslocatie: /v3/E05q_bo_simona/c68666-f6-unif-wqtrw/test-alkyon/report				

Samenvatting

In dit memo wordt een aantal vragen onderzocht die zijn ontstaan naar aanleiding van het testen van de uniformering van Waqua en Triwaq door Alkyon.

Ten eerste zijn de effecten van de uniformering op de performance verder onderzocht. De tegenvallende resultaten van Alkyon blijken op een vergissing te zijn gebaseerd. In de uitgevoerde simulaties blijken de Triwaq-berekeningen 23-35% sneller te zijn geworden, waar de Waqua-berekeningen minder dan 10% langzamer zijn dan voorheen. Verder valt de speedup door parallel rekenen veel minder tegen dan eerst werd gedacht en kan het tegenvallen met verschillende factoren worden verklaard. Een van die factoren is een instelling in de schematisatie van het Zeedelta-model (grote diffusiecoëfficiënt), waardoor er erg veel iteraties voor het transportgedeelte van Triwaq zijn vereist.

Ten tweede zijn verschillende aspecten van de simulatieresultaten onderzocht. Hierin speelt de grote diffusiecoëfficiënt opnieuw een belangrijke rol. Door de trage convergentie van de solver krijgt het gebruikte stopcriterium een belangrijke rol. In het stopcriterium zijn bij de uniformering aanpassingen gemaakt. Deze leiden tot verschillen tussen de Triwaq-berekeningen met de oude en nieuwe versie van de programmatuur en tussen sequentiële en parallelle runs.

Tenslotte zijn de waterstanden in het riviergedeelte van het Zeedelta-model onderzocht. Hier blijken de aanpassingen van de viscositeitstermen in Triwaq voor een flinke verandering in de resultaten te zorgen. In de Maas wordt 22 cm extra opstuwing gevonden voor een traject van zo'n 25 km lang. Daarbij speelt de grote viscositeitscoëfficiënt $\nu_h = 6.0$ een belangrijke rol. Door de aanpassingen komen de resultaten van Triwaq veel beter met die van Waqua overeen.

Bij de testen is een klein verschil tussen sequentiële en parallelle runs gevonden en verholpen met betrekking tot de nauwkeurigheid van de berekening van roosterafstanden. Verder is dui-

delijk het effect te zien van een recente correctie die aan de flux-limiter in het transportgedeelte is gemaakt (m336035).

Met betrekking tot de trage convergentie van de solver voor het transportgedeelte van Triwaq wordt aanbevolen om

1. het stopcriterium te veranderen in een absoluut criterium, waarbij de tolerantie per constituent kan worden opgegeven in de invoerfile, en
2. de iteratiemethode van Waqua uit te breiden zodat ze ook in Triwaq met 1 laag kan worden gebruikt.

Met betrekking tot de implementatie van de viscositeitstermen wordt aanbevolen om

3. testen uit te voeren met schematische kanaaltjes met en zonder trappetjesranden;
4. te overwegen om de randvoorwaarde te veranderen in $u_x = 0$, waarmee minder opstuwing door trappetjesranden wordt bepaald.

1 Inleiding

Vanaf medio 2006 tot medio 2007 is in het kader van meerdere changes van het SIMONA beheer en onderhoud gewerkt aan de uniformering van Waqua en Triwaq. Daarbij zijn eerst het niet-hydrostatisch rekenen en het dieptegemiddeld $k - \epsilon$ turbulentiemodel opgenomen in de moederversie van Triwaq, vervolgens zijn de data-structuren van Waqua en Triwaq op elkaar afgestemd en zijn eenvoudige functionaliteiten geüniformeerd, en tenslotte zijn de echte rekenkernen van Waqua en Triwaq met elkaar samengevoegd.

De uniformering van de rekenkernen is in de moederversie van Waqua/Triwaq in SIMONA opgenomen na het afsplitsen van de bron-code voor de major release 2007-01 (16 mei 2007, revisie 1003). Vervolgens zijn er in een aparte change (c73709) door Alkyon testen met de nieuwe versie uitgevoerd. Hierover wordt gerapporteerd in memo A1681.37 van Alkyon van 28 september 2007.

Naar aanleiding van de rapportage van Alkyon zijn er meerdere vragen gesteld:

1. Wat zijn de doorlooptijden van de berekeningen die niet in het memo van Alkyon worden genoemd?
2. Waarom is de rekestijd voor de gerapporteerde test-cases met 30% toegenomen?
3. Waarom is de speedup amper groter dan 1?
4. Waarom zijn de verschillen in zoutconcentraties tussen sequentiële en parallelle berekeningen voor het Zeedelta-model met Triwaq groter voor de nieuwe versie dan voor de oude versie (tabel 3.12)?

Nr.	Simulatie	Doorlooptijd
1.	Zeedelta, Waqua, 2006-01, Linux, sequentieel	26.432 s, 7:20:32
2.	Zeedelta, Waqua, r1118, Linux, sequentieel	21.545 s, 5:59:05 -18%
3.	Zeedelta, Triwaq 1 laag, 2006-01, Linux, sequentieel	32.309 s, 8:58:29
4.	Zeedelta, Triwaq 1 laag, r1118, Linux, sequentieel	23.868 s, 6:37:48 -26%
7.	Zeedelta, Triwaq 1 laag, 2006-01, Linux, parallel	14.290 s, 3:58:10
8.	Zeedelta, Triwaq 1 laag, r1118, Linux, parallel	14.405 s, 4:00:05 +1%
5.	Kuststrook-fijn, Waqua, 2006-01, Linux, sequentieel	8.313 s, 2:18:33
6.	Kuststrook-fijn, Waqua, r1118, Linux, sequentieel	8.952 s, 2:29:12 +8%
9.	Kuststrook-fijn, Waqua, 2006-01, Windows, sequentieel	11.228 s, 3:07:08
10.	Kuststrook-fijn, Waqua, r1118, Windows, sequentieel	11.337 s, 3:08:57 +1%

Tabel 1: *Doorlooptijden voor de verschillende simulaties van Alkyon.*

5. Waarom zijn de verschillen in zoutconcentraties tussen Waqua- en Triwaq-berekeningen voor het Zeedelta-model groter voor de nieuwe dan voor de oude versie (tabel 3.8)?
6. Waarom zijn de verschillen in waterstanden en snelheden tussen de oude en nieuwe versie zo groot voor het Zeedelta-model met Triwaq (tabellen 3.1, 3.3 en 3.4)?

Deze vragen zijn in februari 2008 door VORtech onderzocht en hierover wordt in het huidige memo gerapporteerd.

2 Performance-resultaten voor de uitgevoerde testmodellen

De gebruikte model-invoer en nog beschikbare uitvoerbestanden zijn opgevraagd bij Alkyon. Dit betreft tien directories “simulatie1” t/m “simulatie10” met het hoofdsimulatieinvoerbestand per run en twee directories “zeedelta” en “kustfijn” met alle gebruikte includebestanden.

De doorlooptijd van de verschillende berekeningen is afgeleid uit de ontvangen message-files en wordt weergegeven in Tabel 1.

Opmerking: de doorlooptijden zijn niet volledig betrouwbaar omdat er af en toe vrij grote verschillen (tot 450 sec) met de gebruikte cpu-tijd worden gevonden, waarbij de cpu-tijd af en toe ook groter is dan de doorlooptijd.

Opmerking: de doorlooptijden voor simulaties 7 en 8 zijn niet helemaal betrouwbaar omdat de tijden verschillen per subdomein. De twee subdomeinen op de ene gebruikte machine zeggen dat ze zo’n 5% sneller zijn dan die op de andere machine. Hiervan is het gemiddelde gebruikt.

Een opvallend resultaat is dat de tijden die zijn gevonden voor simulaties 3, 4, 7 en 8 afwijken van de tijden die in het memo van Alkyon worden gerapporteerd (10:03, 13:17, 8:23 en 9:55). Het is onduidelijk waar de tijden van dat memo op zijn gebaseerd.

Programma	Sequentieel (3 en 4)	Parallel (7 en 8)	Toename
Simona 2006-01	12.9	13.5	4%
Revisie r1118	14.1	41.2	193%
Toename	9%	206%	

Tabel 2: *Gemiddeld aantal iteraties per halve tijdstap voor het transportgedeelte (trsjac) voor het Zeedelta-model met Triwaq met 1 laag.*

In de laatste kolom van Tabel 1 worden ook de veranderingen in de performance door de uniformering van Waqua en Triwaq getoond. De Triwaq-berekeningen zijn 23 en 35% sneller geworden, terwijl de Waqua-berekeningen 8 en 1% langzamer zijn geworden. Deze getallen komen overeen met de bevindingen in het testverslag TR07-01.

De behaalde speedup door parallel rekenen is een factor 2.21 voor de uitgangsversie 2006-01 (simulaties 3 en 7) en 1.62 voor de nieuwe versie “revisie 1118” (simulaties 4 en 8). Analyse van de tijden per subdomein laat zien dat hierin een dual-core effect een rol speelt (de totale cpu-tijd is ongeveer 17% toegenomen), en laat een duidelijke load-imbalance zien (grootste subdomein 18% groter dan het gemiddelde). Maar bovenal is er een flinke communicatie-overhead te zien. In som 7 met de uitgangsversie wordt er 3700 – 5600 *sec* (doorlooptijd) per subdomein aan communicaties besteed, in som 8 is dit 6900 – 8200 *sec*.

Een opvallend punt in de message-files betreft het aantal iteraties voor het transportgedeelte. Dit wordt geïllustreerd in Tabel 2.

Bij de uniformering van Waqua en Triwaq is het stopcriterium voor het transportgedeelte aangepast. Dit is een gemengd absoluut/relatief criterium, waarbij doorgeïtereerd wordt totdat de grootste aanpassing aan de concentratie kleiner is dan een factor keer de grootste concentratie in een gebied. De aanpassingen die zijn gemaakt zijn als volgt:

- De factor die de relatieve nauwkeurigheid aangeeft is via de invoerfile instelbaar gemaakt;
- de grootste waarde die wordt gebruikt is nu het maximum van het eigen subdomein in plaats van het globale domein;
- er wordt nu per rij afzonderlijk bepaald of er kan worden gestopt in plaats van dat er voor alle rijen evenveel iteraties moeten worden gedaan.

Deze wijzigingen zijn in de moederversie geïntroduceerd in release 2007-01.

Het aantal iteraties blijkt in de nieuwe versie sterk toe te nemen bij de overgang van sequentieel naar parallel. Het aantal communicaties neemt daarmee ook sterk toe: er wordt drie keer per iteratie tussen naburige subdomeinen gecommuniceerd. Bovendien wordt hierin een relatief groot communicatie-stencil gebruikt, en lopen de subdomeingrenzen bij de default ORB partitie dwars door de Hollandse IJssel en het Hartelkanaal heen.

Het aantal iteraties voor sequentiële berekeningen is overigens ook opvallend hoog. Voor de continuïteitsvergelijking worden vaak maar 3 tot 6 iteraties uitgevoerd en ook voor andere schematisaties zijn er minder iteraties nodig voor `trsjac`. Dit ligt waarschijnlijk aan de diffusiecoëfficiënt in verhouding tot de tijdstap die wordt gebruikt.

In de nieuwe versie blijkt het gemiddeld aantal iteraties over alle roosterpunten wel een stuk lager te zijn: 1.85 in de sequentiële run, en 2.91 in de parallelle run. Het gaat dus om een beperkt aantal roosterpunten waarin de solver slecht convergeert. En waarschijnlijk zorgt de tweede wijziging ervoor dat er in de parallelle run een strenger criterium wordt gebruikt; als de grootste waarde in een subdomein 3 (kg/m^3) in plaats van 30 is dan moet het residu tien keer meer worden gereduceerd. In de uitvoer van `trsjac` is te zien dat hiervoor voor sommige roosterpunten regelmatig 35 iteraties voor nodig zijn.

Al met al is de speedup dus niet zo slecht als werd gedacht en kan ze door verbeteren van de opdeling worden vergroot. Het grote aantal iteraties voor de transport-solver is wel zorgelijk. Hierbij kan ervoor worden gekozen om de maximale waarde toch te communiceren tussen alle subdomeinen of anders af te leiden uit de invoerfile. Een alternatief is om de transportsolver te herformuleren zodat ze op iteratieniveau massabehoudend wordt. Dan hoeft er niet tot op machinenauwkeurigheid te worden geïtereerd. Ook zou er in Triwaq-berekeningen met 1 laag een andere iteratiemethode kunnen worden gebruikt, bijvoorbeeld gebaseerd op de double-sweep van subroutine `waspnd`.

3 Verschillen in zout-concentratie tussen sequentiële en parallelle runs

Achter vraag 4 uit de inleiding schuilt de vraag of de nieuwe versie in parallelle berekeningen betrouwbaar is. Dit is via aanvullende runs onderzocht.

Allereerst zijn er sequentiële en parallelle runs uitgevoerd voor een simulatie van 24 uur voor het Zeedelta-model. Hierbij zijn versies `simona2006-01` en `simona0709` gebruikt. Bovendien is er een sequentiële run met `2006-01` gedaan voor het bepalen van de gevoeligheid.

De gevoeligheidsberekening laat wat geïsoleerde verschillen in waterstand tot 44 *cm* en in zoutconcentraties tot 0.49 kg/m^3 zien. Deze kunnen waarschijnlijk met verschillen in droogvallen worden verklaard. Systematische verschillen blijven beperkt tot enkele *mm* en 0.006 kg/m^3 .

De sequentiële en parallelle run met de nieuwe versie laten grotere verschillen zien. In de zoutconcentratie treden systematische verschillen tot 1.5 kg/m^3 op in het Hartelkanaal, waar een subdomeingrens doorheen loopt.

Er is een uitsnede gemaakt van het gebied rond het Hartelkanaal door een nieuwe enclosure te maken, gesloten randen te gebruiken en alle forcings uit te zetten in het oorspronkelijke model. De initiële conditie zorgt ervoor dat er stroming op gang komt en dat het transportmodel wat doet. In deze uitsnede zijn er vrij snel forse verschillen tussen sequentiële en parallelle runs te zien. Na tien minuten bedraagt het verschil al 0.1 kg/m^3 , ook als er in dubbele precisie gerekend wordt met een streng stopcriterium. Bovendien is de concentratie in de parallelle run consequent te hoog, waardoor er massa bij wordt gefabriceerd.

Deze verschillen blijken te komen door de beroerde convergentie van `trsjac`. Het ingestelde stopcriterium wordt niet gehaald ofwel omdat de programmatuur denkt dat de convergentie stagneert, ofwel omdat het maximale aantal van 50 iteraties is uitgevoerd. In het betreffende gebied blijken diffusiecoëfficiënten van 250 tot $1500\text{ m}^2/\text{s}$ te worden gebruikt, bij roosterafstanden van 30 – 150 *m*. Dit geeft een geschaalde diffusie van 25 per roosterpunt per halve tijdstap. Wanneer er een constante diffusiecoëfficiënt van 50 wordt gebruikt (geschaald: 0.83) dan convergeert de solver wel goed (in 10-20 iteraties naar 8 cijfers nauwkeurigheid). Na twee uur simulatie zijn de verschillen dan maximaal $2 \cdot 10^{-6}\text{ kg}/\text{m}^3$.

Bij het traceren van deze verschillen is een klein verschil tussen de sequentiële en parallelle versie gevonden en gerepareerd. Dit betreft de berekening van roosterafstanden. In sequentiële berekeningen wordt dit volledig in `Waqpre` gedaan. In parallelle berekeningen werden de roosterafstanden in de guard band opnieuw bepaald in subroutine `trsguv`. Dat maakte verschil uit omdat er tussendoor werd afgerond. In `Waqpre` wordt de coördinaat “439817.80” uit de single precision `rgf`-file ingelezen naar een dubbele precisie array en vrijwel perfect gerepresenteerd. Op de `SDS`-file wordt de waarde echter afgerond naar het dichtstbijzijnde single precision getal, 439817.8125, en die wordt vervolgens in `Waqpro` gebruikt. Dit levert *mm* of *cm* verschil op op roosterafstanden van orde 30 *m* groot.

Dit verschil blijkt al jaren voor te komen in subroutine `trsguv`. Het is verholpen door de berekening van roosterafstanden over te slaan voor guardbandpunten die horen bij een ander subdomein van hetzelfde globale domein. In die punten worden dan de roosterafstanden gebruikt die zijn verkregen van `Coppre`.

4 Verschillen in zout-concentraties tussen Waqua en Triwaq

De verschillen in zout-concentraties tussen Waqua en Triwaq zijn onderzocht door simulaties van 24 uur uit te voeren voor scenario’s 1, 2, 3 en 4: sequentiële runs met Waqua en met Triwaq voor de oude en de nieuwe versie van de programmatuur.

Een opvallend getal in tabel 3.8 van het memo van Alkyon is het maximale verschil van $615\text{ kg}/\text{m}^3$ voor de uitgangsversie 2006-01. Dit kan worden verklaard aan de hand van geïsoleerde uitschieters in drooggevallen punten. In onze simulaties van 24 uur komen ook geïsoleerde uitschieters voor, behalve in scenario 1 (Waqua met de uitgangsversie van de programmatuur). In de andere scenario’s zijn er maximaal 7 punten met een concentratie groter dan $40\text{ kg}/\text{m}^3$ en is de grootste gevonden concentratie $1251\text{ kg}/\text{m}^3$. Deze uitschieters zorgen ook voor de grotere “rms(dif)” voor simulaties 1 en 3 in tabel 3.8.

Recent is bij het onderzoeken van een probleem met Kalman filtering (m336035/p5749) een fout in de flux-limiter voor het transportgedeelte ontdekt. In de flux-limiter zijn bij de uniformering aanpassingen gemaakt omdat er verschillen waren tussen Waqua en Triwaq en omdat bepaalde grenzen verkeerd waren geïmplementeerd. Daarbij is een nieuwe fout geïntroduceerd waardoor niet alle grote fluxen werden beperkt wanneer er grote overshoots dreigden te ontstaan. Wanneer simulaties 2 en 4 opnieuw worden gedraaid met de gecorrigeerde flux-limiter dan komen er geen grote uitschieters in de berekende concentraties meer voor en zijn

de verschillen tussen Waqua en Triwaq maximaal 2.7 kg/m^3 in een enkel geïsoleerd punt.

Voor de verschillen “99%(dif)” en “mean(dif)” zijn de verschillen beduidend groter voor de vergelijking van de runs met de nieuwe programmatuur (simulaties 2 en 4). Dit komt voornamelijk door grote verschillen in de berekende zoutconcentraties in het Hartelkanaal en de Nieuwe Waterweg. Deze verschillen zijn ook te zien in het memo van Alkyon: de resultaten voor Triwaq zijn veranderd door de uniformering (figuur 3.4, tot 1.6 kg/m^3), en dit leidt tot grotere verschillen tussen Waqua en Triwaq (voor uniformering: figuur 3.12, verschillen tot 0.36 kg/m^3 , na uniformering: figuur 3.14, tot 1.91 kg/m^3).

Er zit een groot verschil tussen de oplosmethodes voor de vergelijkingen voor het transportgedeelte die in Waqua en Triwaq worden gebruikt. In Waqua moeten penta-diagonale stelsels worden opgelost en dat wordt in sequentiële runs met een double-sweep algoritme gedaan. Dit geeft direct de exacte oplossing zonder dat er iteratie is vereist. In Triwaq is het stelsel zeven-diagonaals in de horizontale richting en tridiagonaal voor de verticale richting. De verticale richting wordt afgehandeld met een double-sweep, voor de horizontale richting wordt het red-black Jacobi algoritme gebruikt. Zoals we in de vorige paragraaf hebben gezien convergeert deze methode slecht in gebieden waar een grote diffusiecoëfficiënt wordt gebruikt.

De verschillen tussen de oude en nieuwe versie van Triwaq (simulaties 2 en 4) kunnen echter niet direct aan de slechte convergentie worden toegeschreven. Die is namelijk niet veranderd, en zowel het aantal iteraties als de lokatie van het grootste residu komen sterk overeen. De residuen zelf zijn moeilijk te vergelijken omdat in de oude versie de relatieve update en in de nieuwe de absolute verandering van concentratie wordt afgedrukt. Verder worden de residuen in de oude versie alleen in iedere 60^{e} iteratie getoond, terwijl dat in de nieuwe versie instelbaar is gemaakt.

Het is waarschijnlijk dat de verschillen door het precieze aantal iteraties worden bepaald. In de nieuwe versie wordt het stopcriterium namelijk per rij geëvalueerd, waardoor er voor de meeste rijen minder dan het maximum aantal iteraties wordt uitgevoerd. In een paar onderzochte gevallen was de convergentie monotoon: de berekende concentratie nam ofwel steeds verder toe of steeds verder af naarmate er meer iteraties werden uitgevoerd. De verwachting is daarom dat als er precies evenveel iteraties worden gedaan, de verschillen tussen de runs veel kleiner zullen zijn.

Een ander aspect hierbij is naar boven gekomen met de extra test met de correctie van de flux-limiter. Deze correctie zorgt ervoor dat de maximale concentratie veel kleiner is geworden dan voorheen: 35 in plaats van enkele honderden kg/m^3 . Dit heeft gevolgen voor het stopcriterium, dat namelijk relatief werkt ten opzichte van de grootste concentratie van ieder subdomein. In de oorspronkelijke runs voor scenario's 2 en 4 werd er door het grote maximum veel minder streng gecontroleerd.

5 Discussie over het stopcriterium voor de transportvergelijking

Op basis van de ervaringen uit de vorige paragrafen en eerdere ervaringen kunnen de volgende moeilijkheden met het stopcriterium voor de transportvergelijking worden opgesomd:

- Het criterium werkt niet zoals wordt beoogd wanneer er incidentele uitschieters voorkomen in het concentratieveld. Er worden dan minder iteraties uitgevoerd dan gewenst, en massabehoud komt hierdoor in het geding.
- Het criterium werkt niet goed voor stoffen die in het hele domein een kleine concentratie hebben, omdat de maximale waarde altijd op tenminste 1.0 wordt gesteld. Voor zulke stoffen worden er minder iteraties uitgevoerd dan gewenst.
- Het criterium leidt tot verschillen tussen sequentiële en parallelle runs omdat de maximale waarde per subdomein wordt bepaald. Dit leidt tot gevoeligheid (verandering van rekenresultaten afhankelijk van de roosteropdeling die wordt gebruikt) en tot een slechtere performance van parallelle runs (strenger stopcriterium).

De eerste moeilijkheid wordt gecompenseerd door de verbeteringen van de flux-limiter. We verwachten echter dat er toch in bepaalde scenario's nog grote uitschieters zullen ontstaan (andere droogvalmethode, kleinere DEPCRIT, andere tijdstap en diffusiecoëfficiënt).

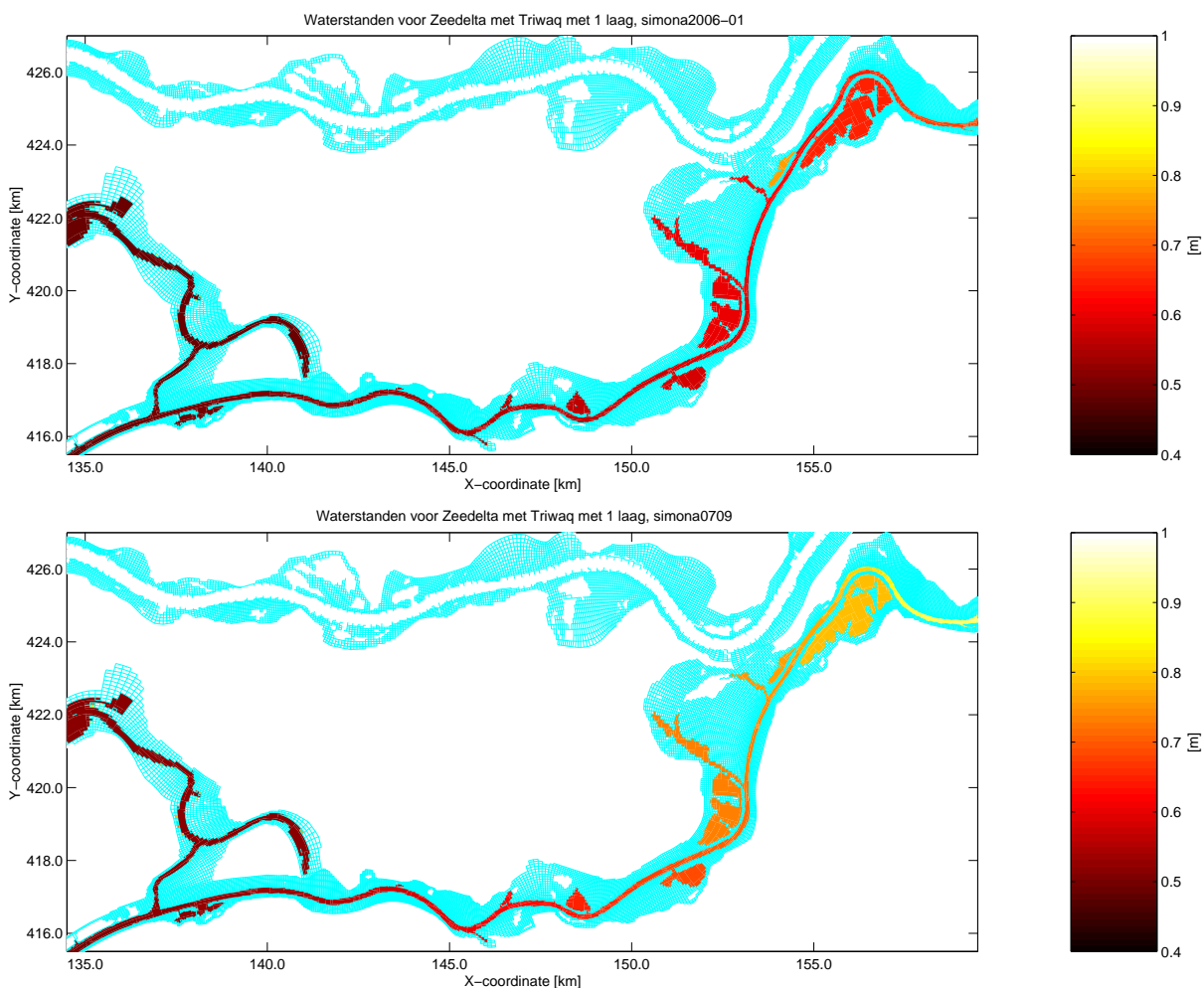
De moeilijkheden zijn van veel minder belang wanneer de solver snel convergeert. De feitelijke nauwkeurigheid is dan een factor (twee tot tien) groter dan wat door de residuen wordt gesuggereerd. Voor veel modellen zullen de hierboven gegeven moeilijkheden daarom minder doorwerken dan voor het hier beschouwde Zeedelta-model.

De convergentie kan worden verbeterd door een slimmere solver te maken. Voor 2D Triwaq-berekeningen zou de solver van Waqua kunnen worden gegeneraliseerd. Het iteratieproces van subroutine `wasitr` kan worden gebruikt met de BJ-TWGE-methode voor penta-diagonale stelsels van subroutine `waspnd`. Hiervoor hoeven alleen de buitenste diagonalen per iteratie te worden toegevoegd aan het rechterlid. Er mag worden verwacht dat dit snel convergeert. Voor 3D Triwaq-berekeningen is het ingewikkelder om de huidige solver te verbeteren. Je zou daarbij kunnen denken aan het af en toe uitvoeren van een horizontale sweep. De combinatie met TWGE is daarbij lastig en het is moeilijk te voorspellen wat de convergentie dan wordt. Dat lijkt minder belangrijk omdat er in 3D berekeningen vaak kleinere diffusiecoëfficiënten worden gebruikt.

Er kan ook in de richting van een ander stopcriterium worden gedacht. Ofwel naar een puur relatief criterium, waarbij de aanpassing per roosterpunt aan de oude en nieuwe waarden in dat roosterpunt worden gerelateerd, ofwel in de richting van een absoluut criterium. In het laatste geval zou de grenswaarde in de invoerfile per stof apart moeten kunnen worden gespecificeerd, voor het geval er in een enkele som zowel zout als een tracer met kleine concentraties worden gesimuleerd. Deze aanpassing is initiëel wel lastig voor gebruikers omdat ze moeten nadenken welke waarde er moet worden gehanteerd.

6 Verschillen in waterstanden en stroomsnelheden door de uniformering

In figuur 3.3 van het memo van Alkyon is te zien dat de uniformering van Waqua en Triwaq grote gevolgen heeft voor de rivierengedeeltes van het Zeedelta-model met Triwaq met 1 laag.



Figuur 1: Boven: waterstanden voor de Maas in het Zeedelta-model met Triwaq met 1 laag voor uitgansversie `simona2006-01`. Onder: idem voor geüniformeerde versie `simona0709`.

De waterstanden veranderen hier wel 40 *cm* (!) terwijl het effect voor Waqua meestal minder dan 1 *cm* is (figuur 3.1). De verschillen zijn ook te zien in figuur 3.7 voor de parallelle runs, en in de vergelijking van figuren 3.11 en 3.13, waarin het verschil tussen Waqua en Triwaq sterk afgenomen is. Verder kunnen deze verschillen worden gezien in tabellen 3.1, 3.2 en 3.3, waar met name het “99%(dif)” groot is voor Zeedelta met Triwaq met 1 laag (3-4, 7-8).

Figuur 1 illustreert deze verschillen voor het gedeelte van de Maas van Lith (bovenstroomse rand) tot Heesbeen, ca. 25 *km* verderop voor een simulatie van 24 uur. Waar het verschil bij Heesbeen (aftakking afgedamde Maas) slechts 2 *cm* is (waterstand 0.49 *m* in uitgansversie, 0.51 *m* na uniformering), is het bij de rand opgelopen tot 22.5 *cm* (resp. 0.68 en 0.91 *cm*).

Deze verschillen zijn toe te schrijven aan de implementatie van de horizontale viscositeit. Dit betreft item 6 uit paragraaf 3.3 en item 4 uit paragraaf 4.3 van rapport TR07-01. Dat is onderzocht via een extra simulatie met een aangepaste versie van `simona0709`, waarin de

oude manier van Triwaq voor dit punt is teruggezet. Die simulatie levert in het beschouwde gedeelte van de Maas op 3 – 4 mm na dezelfde waterstanden als de uitgangsversie op (0.49 en 0.69 cm).

In het testverslag TR07-01 wordt gemeld dat deze wijziging van Triwaq meestal slechts enkele mm verschil oplevert, en dat het maximale verschil dat is gevonden 5.1 cm is voor testmodel `thres_trw_mean`, waarschijnlijk door effecten van droogvallen. Dat het verschil in de huidige test zoveel groter is komt waarschijnlijk doordat er in de testbank geen grote riviermodellen zitten die met Triwaq worden gesimuleerd. Bovendien wordt in het Zeedelta-model een viscositeit van $6 m^2/s$ gebruikt, waar in het Lek en Maasdemo-model $0.5 m^2/s$ wordt gehanteerd.

Deze testen laten zien dat de afhandeling van de viscositeitstermen grote impact kan hebben op waterstandsberekeningen voor riviermodellen. Dat hangt waarschijnlijk vooral samen met trappetjesranden. Daarbij leidt de randvoorwaarde $u = 0$ van WAQUA tot meer energieverlies en opstuwning dan de voorwaarde $u_x = 0$ die voorheen in TRIWAQ werd gebruikt. Voor een kanaal dat diagonaal door het rooster loopt komt $u_x = 0$ waarschijnlijk beter met de gewenste “free-slip” randvoorwaarde overeen. Dit kan met testen met schematische kanaaltjes worden onderzocht. Vervolgens zouden WAQUA en TRIWAQ op dit punt kunnen worden aangepast. Dat heeft wel verandering van rekenresultaten tot gevolg, waardoor hercalibratie van modellen nodig kan zijn.