

## Memo

**Aan**

Nicki Villars, Arno Nolte, Theo van der Kaaij en Rob Uittenbogaard,

**Datum**

19 april 2010

**Aantal pagina's**

6

**Van**

Erik de Goede

**Doorkiesnummer**

(088) 33 58 475

**E-mail**

erik.degoede@deltares.nl

**Onderwerp**

Stratificatiemodellering met TRIWAQ (deel 3)

---

### Inleiding

Dit memo is een vervolg op mijn eerdere memo's (van 26 oktober [1] en 30 december 2009 [2]) over de stand van zaken m.b.t. het simuleren van stratificatie in TRIWAQ. Op 29 april a.s. is er een vervolgoverleg voor het Volkerak-project. Hierbij komt de vraag aan de orde over de stand van zaken m.b.t. 3D modellering voor het Noordelijk DeltaBekken, en in het bijzonder de afweging van de inzet in dit project van TRIWAQ versus Delft3D-FLOW. Dit memo beschrijft de ontwikkelingen in de afgelopen periode en geeft een aanbeveling voor de keuze tussen TRIWAQ en Delft3D-FLOW.

### Ontwikkelingen in de afgelopen periode

In de afgelopen periode zijn er enige aanvullende *validatietesten* uitgevoerd en is de *postprocessing* (lees QUICKPLOT) *uitgebreid*. Bovendien zijn er nieuwe simulaties met het 3D Zeedeltamodel uitgevoerd. Dat zal nu samengevat worden.

#### **Validatietesten**

Eind 2009 was de hoofdconclusie min of meer dat we bij Deltares het gevoel hadden dat de "*TRIWAQ software op zich goed werkte en dat de verschillen vooral door de modelschematisaties zelf veroorzaakt werden*". Echter, in de afgelopen tijd zijn bij het uitvoeren van de validatietesten enkele nieuwe problemen met de software geconstateerd.

Zo is er een validatiecase "*Linear aflopende bodem*" (Zie bijlage B) uitgevoerd. Hierbij bleek dat waterstanden in 2D (1 laag) en 3D relatief te veel afwijken in TRIWAQ. Voor het CSM model leverde dat bijvoorbeeld lokaal verschillen op in de orde van 5 à 10 cm. In de april 2010 versie van SIMONA is door aanpassing van de code dit verschil verwijderd; zie Bijlage B voor de details.

Ook is recent de validatiecase "Lock Exchange" uitgevoerd. Hieruit bleek dat de huidige TRIWAQ versie geen goede turbulente grootheden en daardoor geen goede verticale viscositeit/diffusie berekent. Zie Bijlage A voor de details.

#### **Uitbreidingen in de postprocessing**

QUICKPLOT is uitgebreid met de mogelijkheid om:

- zeer grote SDS files in te lezen, waardoor nu resultaten van het 3D Zeedeltamodel geplot kunnen worden; en
- de verticale viscositeit/diffusie te plotten. NB. Voorheen kon alleen de kinetische energie en de energiedissipatie (in het k- $\epsilon$  turbulentiemodel) geplot worden.

Hierdoor is het gemakkelijker geworden om TRIWAQ modelresultaten te analyseren en te vergelijken met Delft3D-FLOW. Echter, een goede Windows debugomgeving heb ik nog niet kunnen gebruiken. Op zeer korte termijn (deze week!) zal zo'n omgeving bij mij geïnstalleerd worden. Dit kan een forse stap voorwaarts betekenen bij toekomstige softwareprojecten in het kader van SIMONA B&O (TRIWAQ en WAQUA).

### ***Aanvullende simulaties met het 3D Zeedeltamodel***

O.a. vanwege verbeteringen in de code (zie vorige pagina over waterstanden in 3D modellen) zijn er aanvullende simulaties met het 3D Zeedeltamodel uitgevoerd. De "hoop" was dat deze aanpassingen tot betere modelresultaten voor het 3D Zeedeltamodel zou leiden. Echter, er is nauwelijks een verbetering opgetreden m.b.t. de zoutindringing. Het is daarom nog steeds onbegrepen waarom het Delft3D-FLOW model wel een nauwkeurige zoutindringing berekent, bijvoorbeeld bij de Van Brienenoordbrug en het TRIWAQ model niet. Op basis van de modelconcepten zou dit vergelijkbaar moeten zijn. Het model is dermate groot en complex dat het zeer lastig is de oorzaak te achterhalen. Het is wel duidelijk dat de oorzaken in het bovenstroomse gedeelte zit. De waterstanden in dit complexe netwerk van rivieren verschilt te veel tussen TRIWAQ en Delft3D-FLOW.

### **Stand van zaken per april 2010**

Alles overziende komen we tot de volgende stand van zaken (per april 2010):

- *Validatiecases met TRIWAQ* (met name Lock exchange en de getijgoot) *laten geen goede resultaten zien*. Bij de getijgoot is van belang te realiseren dat dit model (erg randvoorwaarden gedomineerd is en het hier een schaalmodel betreft (20 cm water). Dan zijn de verschillen nog enigszins plausibel. Echter, de Lock Exchange is een "simpel" model zonder open randen en met een vlakke bodem. Die moet het "gewoon" goed doen, maar dat is niet het geval. Bovendien levert een andere validatiecase (anti-creep testmodel) ook problemen op.
- De *praktijkervaring* met TRIWAQ in de afgelopen 15 jaar voor de simulatie van complexe 3D gestratificeerde stromingen is gewoon te gering. Bovendien zijn er de nodige problemen opgetreden, zie [3], [4] en [5].
- Ondanks enkele verbeteringen zijn *de TRIWAQ resultaten voor het 3D Zeedeltamodel* nog steeds *niet voldoende nauwkeurig*.

|                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dit betekent dat er per april 2010 nog te weinig vertrouwen is in het TRIWAQ softwareinstrumentarium in combinatie met het 3D Zeedeltamodel, voor een succesvolle toepassing in het Volkerak-project. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### **Aanbeveling**

In het afgelopen decennium zijn er erg veel details in TRIWAQ gewijzigd. Door met betrokkenen (met name uit het Nautilus project) te praten, hebben we getracht te begrijpen waarom deze wijzigingen zijn uitgevoerd. Echter, dat heeft geen duidelijkheid opgeleverd. Zo is er een Nautilus project onderzocht welk Prandtl-Schmidt getal (0.5 of 2.0) het beste is. Bij navraag werd echter meteen beaamd dat het Prandtl-Schmidt getal niet 0.5 of 2.0, maar 0.7 moet zijn. We merken op dat in de software het Prandtl-Schmidt getal inmiddels weer teruggezet is op 0.7 (als defaultwaarde).

Omdat de details bij de implementatie van een turbulentiemodel nog belangrijker zijn dan bij de implementatie van andere onderdelen, zie ik maar één optie om het berekenen van stratificatie van TRIWAQ weer voldoende goed te krijgen. Dat is de “Delft3D-FLOW implementatie er met alle subtiele details in te zetten”. De met Delft3D-FLOW opgebouwde ervaringsbasis (naar inschatting minimaal 1000 applicaties met stratificatie door meer dan 100 instituten) hebben aangetoond dat dit onderdeel van Delft3D-FLOW voldoende nauwkeurig functioneert. Andere “tussenoplossingen” zijn tot mislukken gedoemd.

Erik de Goede

## Naschrift

Het volgende is niet relevant, maar wil ik toch graag noemen. Sinds de start van Deltares ben ik samen met collega's weer betrokken bij SIMONA. Het voelt als een “uitdaging” om de TRIWAQ problemen op te lossen. Daarom is het ook een “teleurstelling” dat we daarin tot nu toe niet geslaagd zijn. Er zijn echter in het afgelopen decennium zoveel details gewijzigd in de TRIWAQ code, die bovendien onvoldoende getest c.q. gevalideerd zijn, dat het niet mogelijk bleek dit in beperkte tijd te herstellen.

## Referenties

- [1] De Goede, E.D., 2009. Stratificatieproblemen in TRIWAQ en aanbevelingen voor Volkerak-project. Deltares memo 26 oktober 2009.
- [2] De Goede, E.D., 2009. Stratificatieproblemen in TRIWAQ en inclusief aanbevelingen voor een vervolg. Deltares memo 30 december 2009.
- [3] Smale, A.J., 2007: 3D zoutberekeningen. Witteveen & Bos rapport RW1700-1.
- [4] M.M. Busnelli, 2006: Fijn kalibratie van het 2D/3D Lauwersmeermodel. Witteveen&Bos rapport RW1619-1.
- [5] Hartsuiker, G., 2006: Kalibratie en 3D simulaties Noordzeekanaal model met temperatuur en saliniteit. Alkyon rapport A1654.
- [6] Zijlema, M., J.J. Leendertse en J.A.Th.M. van Kester 2002: Omrekenings formules ter bepaling van 3D Chézy uit 2D Chézy. OMS rapport d.d. 27 mei 2002.
- [7] Praagman, N., 2005: Cursusboek WAQUA in SIMONA voor gevorderden. November 2005

## Kopie aan

Hans van Pagee (Waterdienst, contactpersoon Volkerak-project),  
Martin Scholten (Waterdienst),  
Jan van Kester (Deltares)

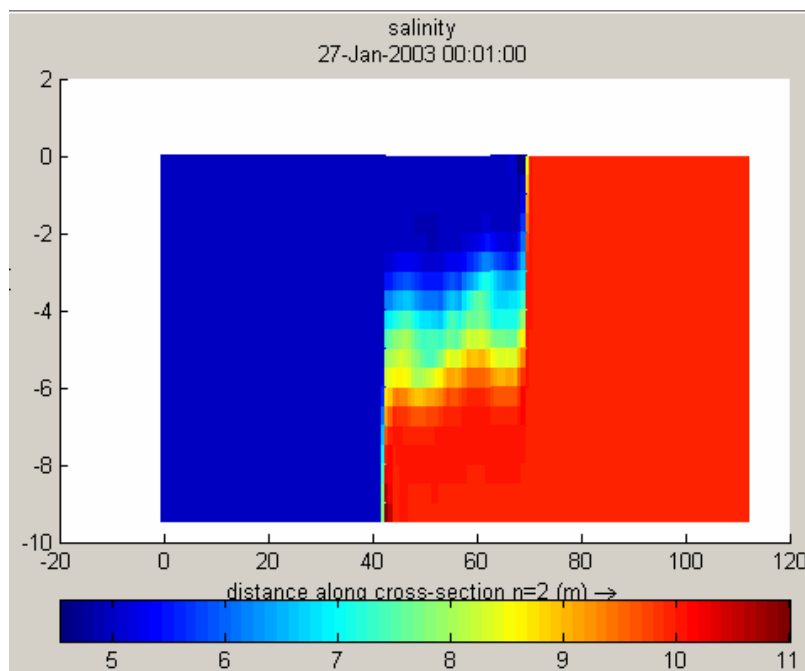
## Bijlage A: Validatiecase “Lock Exchange”

In de Lock Exchange validatiecase heeft initieel de ene helft van de waterkolom een zoutconcentratie van 5 ppt en de andere helft 10 ppt, waarbij deze delen gescheiden zijn door een wand. Daarna wordt deze wand als het ware weggehaald en kruipt het zwaardere gedeelte (met 10 ppt) onder het lichtere gedeelte. In Figuur A.1 wordt dit geïllustreerd.

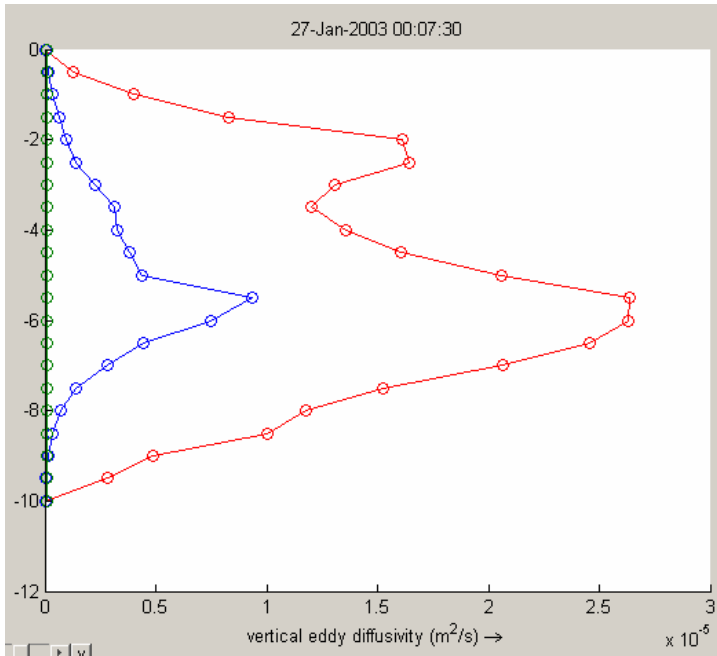
Door TRIWAQ wordt echter geen goede verticale viscositeit/diffusie uitgerekend, zie groene dots in Figuur A.2. De verticale viscositeit is altijd (!)  $10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s, wat gelijk is aan de minimale waarde in TRIWAQ. M.a.w. de verticale viscositeit komt nooit op gang! In Figuur A.2 is ook het Delft3D-FLOW resultaat (zie rode dots) opgenomen en de resultaten van een testversie van TRIWAQ waarin het Delft3D-FLOW turbulentiemodel (zie blauwe dots) is geprogrammeerd. Die laatste komt enigszins in de buurt van de Delft3D-FLOW resultaten.

Het is verontrustend dat de standard TRIWAQ versie gedurende de gehele simulatieperiode nauwelijks enige verticale viscositeit berekent.

**Aanbeveling:** Dit dient z.s.m. verbeterd te worden.



Figuur A.1: Illustratie van de gelaagdheid



Figuur A.2: Illustratie van de verticale viscositeit

## Bijlage B: Validatiecase “Lineair aflopende bodem”

In deze validatiecase wordt een model met een lengte van 10 km en een lineair aflopende bodem met bodemhelling van 0.0001 toegepast. Dit is een van de validatiecases van Delft3D-FLOW. Hiervoor is een analytische oplossing bekend.

In Tabel B.1 zijn de resultaten weergegeven voor de standaard TRIWAQ versie en voor Delft3D-FLOW. Hieruit blijkt dat in 3D (zowel bij een algebraïsch turbulentiemodel als bij het  $k-\epsilon$  turbulentiemodel) de verschillen met de analytische oplossing onacceptabel groot zijn bij TRIWAQ. Die zijn respectievelijk 7 en 9 cm.

In 2001 is door Zijlema al een alternatief gepresenteerd [6]. Die methode hebben we in TRIWAQ geïmplementeerd en dat levert veel betere resultaten op, zie Tabel B.2. Voor deze validatiecase zijn de resultaten bijzonder nauwkeurig. De gebruiker kan inmiddels in SIMONA kiezen tussen de oude en de verbeterde implementatie (via keyword VERT\_CHEZY).

| <b>Verskil in waterstand met analytische oplossing (in m)</b> |               |                     |
|---------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
|                                                               | <b>TRIWAQ</b> | <b>Delft3D-FLOW</b> |
| 2D                                                            | 0.001         | 0.001               |
| 3D (Algebraïsch TM)                                           | 0.07          | 0.01                |
| 3D (k-epsilon TM)                                             | 0.09          | 0.02                |

Tabel B.1: Resultaten voor standaard TRIWAQ

| <b>Verskil in waterstand met analytische oplossing (in m)</b> |                            |                     |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|
|                                                               | <b>TRIWAQ<br/>IMPROVED</b> | <b>Delft3D-FLOW</b> |
| 2D                                                            | 0.001                      | 0.001               |
| 3D (Algebraïsch TM)                                           | 0.0035                     | 0.01                |
| 3D (k-epsilon TM)                                             | 0.0035                     | 0.02                |

Tabel B.2: Resultaten voor een verbeterd TRIWAQ