

## NOTITIE

---

Onderwerp	Vergelijking hydraulisch model RTC-Tools 1 en 2
Projectcode	DT458-3
Datum	15 mei 2018
Referentie	DT458-3/19-008.717
Auteur(s)	ir. B. Dekens
Bijlage(n)	-
Aan	P. Izeboud MSc
Kopie	-

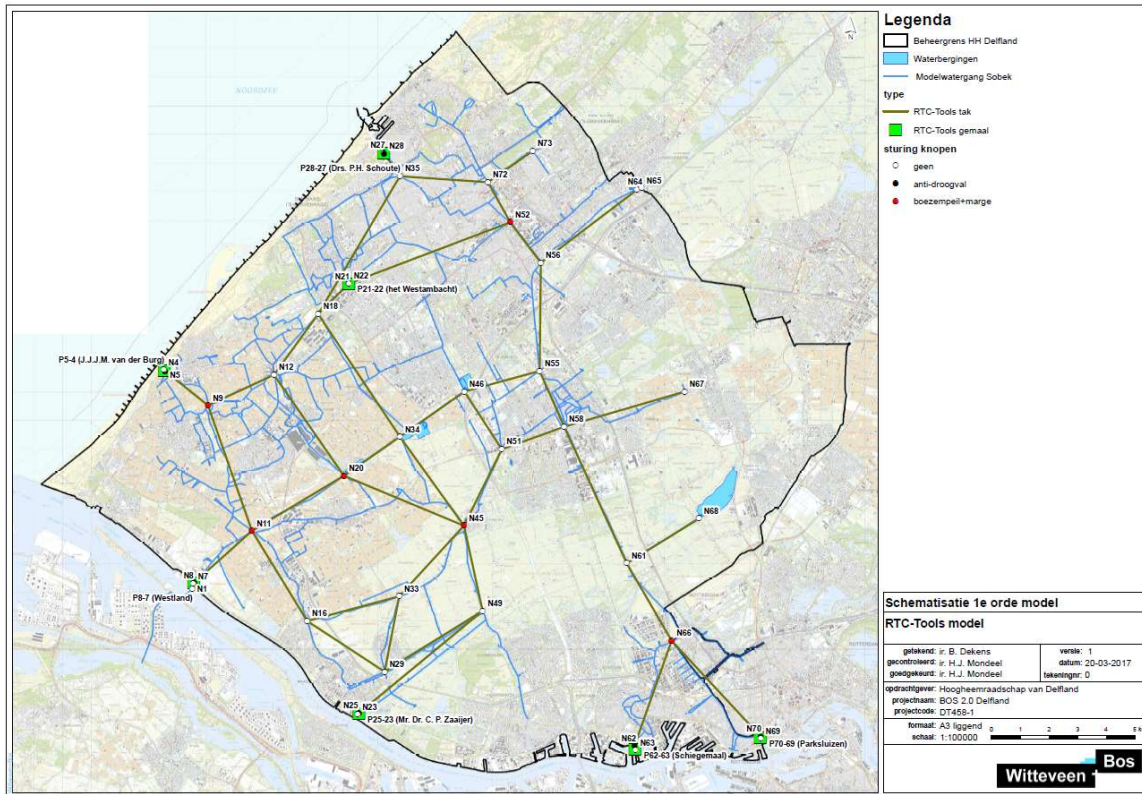
---

## 1 INLEIDING

De ontwikkeling en ondersteuning van RTC-Tools 1 zal worden uitgefaseerd door Deltares. Inmiddels is RTC-Tools 2 beschikbaar als beoogde opvolger van RTC-Tools 1. Omdat de twee modelpakketten op een aantal vlakken verschillen (o.a. het hydraulisch model en optimalisatie vanuit Python) is niet duidelijk hoe een naar RTC-Tools 2 omgebouwd RTC-Tools 1 model zal presteren en of deze 1-op-1 kan worden vervangen in een beslissingsondersteunend systeem (BOS).

Witteveen+Bos heeft de afgelopen jaren voor Delfland de modellen van het BOS Delfland 2.0 ontwikkeld, in RTC-Tools 1 (zie afbeelding 1.1). Er is (en wordt) veel tijd besteed aan het testdraaien en finetunen van het huidige RTC-Tools 1 model. Binnen het TKI project Slim Watermanagement Delfland is een volledige RTC-Tools 2 schematisatie van het BOS 2.0 Delfland opgezet in RTC-Tools 2. De basis hiervoor was het RTC-Tools 1 model uit het BOS. Omdat de hydraulische modellen in de basis op elkaar lijken biedt dit de kans om een modelvergelijking van de twee RTC-Tools versies uit te voeren.

Afbeelding 1.1 Netwerk RTC-Tools model BOS 2.0 Delfland



Door het runnen van een aantal testsituaties is een vergelijking opgesteld tussen de modellen. De vergelijking focust zich met name op de performance van de hydraulische modellen bij gelijke belasting en pompbeschikbaarheid. Een eenduidige vergelijking van de optimalisatiealgoritmes is lastiger te maken, omdat de opzet van de optimalisatie veel verschilt. Er wordt wel een check gedaan of beide optimalisatiealgoritmes een kunstmatige blokbelasting ongeveer gelijk reageren (moment van aanzetten en bijschakelen pompen).

## 2 VERSCHILLEN TUSSEN MODELOPZET

### 2.1 Hydraulisch model

In RTC-Tools 1 wordt bij de knopen wordt een berging gedefinieerd als functie van de waterstand, in tabelvorm. Hiermee kan een niet lineaire relatie tussen waterstand en volume worden opgegeven. Bij dwarsprofielen in de takken de breedte en (Chézy) bodemweerstand gedefinieerd als functie van de waterstand, ook in tabelvorm.

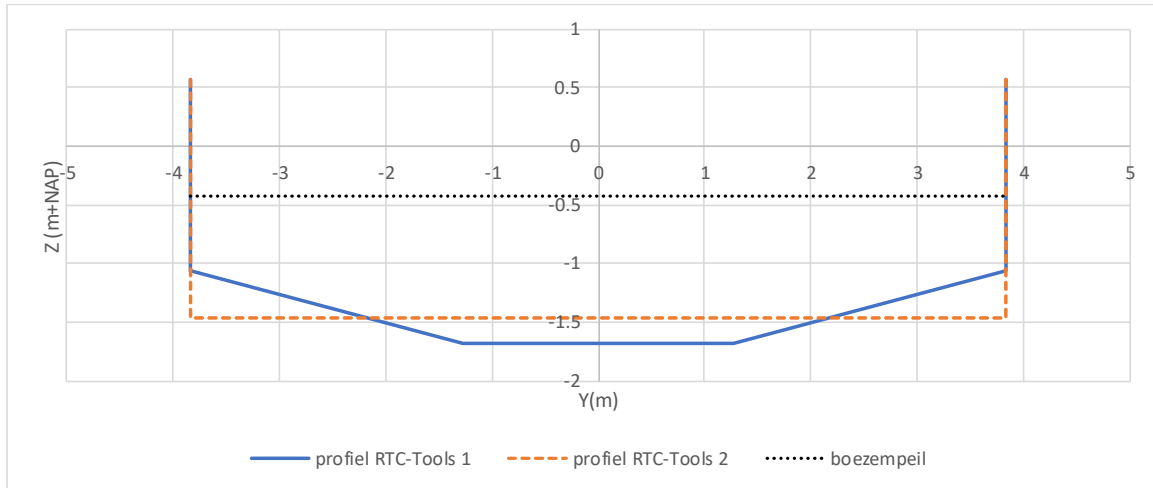
Voor de modelknopen in RTC-Tools 2 wordt per knoop een bodemhoogte en een oppervlak gedefinieerd. Hiermee is er altijd een lineair verband tussen waterstand en volume. Voor de omzetting naar RTC-Tools 2 is de bodemhoogte uit het RTC-Tools 1 model aangehouden. Het volume behorend bij het boezempeil van NAP -0,43 m is afgeleid uit het RTC-Tools model. De waterstands-volume relatie is bij benadering lineair rondom het boezempeil. Door het volume bij boezempeil te delen door de waterdiepte bij boezempeil is het knooppoppervlak berekend voor RTC-Tools 2.

In RTC-Tools 2 wordt bij de dwarsprofielen in de takken en boven- en benedenstroomse bodemhoogte en een breedte en een vaste waarde voor de bodemweerstand gedefinieerd. Een dwarsdoorsnede uit een tak is dus een rechte bak, in tegenstelling tot een 'tabulated' profiel uit RTC-Tools 1. Bij de dwarsprofielen van het

BOS Delfland is het de breedte constant rond het boezempeil. Bij het RTC-Tools 2 model is daarom de breedte bij boezempeil uit het RTC-Tools 1 model overgenomen. Om tot een gelijk doorstroomoppervlak te komen (en geen overschatting van de hydraulische straal en hieruit berekende bodemweerstand) bij beide modellen is een fictieve bodemhoogte teruggerekend door het doorstroomoppervlak bij boezempeil gelijk te stellen aan RTC-Tools 1. Voor de bodemweerstand binnen RTC-Tools 2 is de Chézy-waarde bij boezempeil bepaald.

Het verschil tussen de dwarsprofielen in RTC-Tools 1 en 2 is weergegeven in onderstaande afbeelding.

Afbeelding 2.1 Dwarsprofielen in RTC-Tools 1 en RTC-Tools 2 (met aangepaste bodemhoogte)



### 3 TESTOPZET

Er zijn een aantal testruns uitgevoerd met RTC-Tools 1 en 2 waarbij dezelfde periode is doorgerekend, met gelijke initial states, randvoorwaarden en gelijke laterale belasting. Uit eerdere tests kwam naar voren dat de optimalisatiehorizon in RTC-tools 2 niet al teveel tijdstappen mag beslaan omdat de runtime anders onacceptabel groot wordt. Daarom zijn slechts enkele uren doorgerekend, met een tijdstap van 15 minuten.

Helaas bestaat er nog niet mogelijkheid om RTC-Tools 2 in simulatiemodus te runnen. Om het hydraulisch model te kunnen vergelijken is daarom in een aantal gevallen getracht de optimalisatie te forceren (opdrukken randvoorwaarden van pompcapaciteit) zodanig dat de pompinzet gelijk moet zijn.

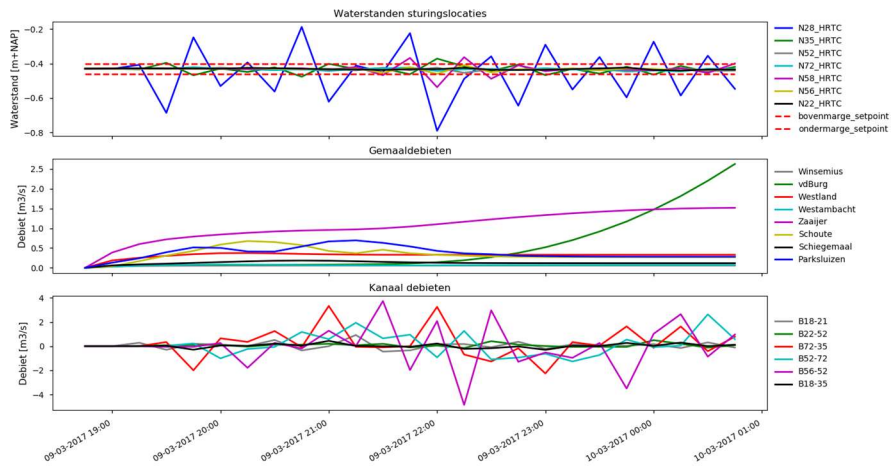
#### 3.1 Test 1

De testopzet van deze test is al volgt:

- alle initiële boezemwaterstanden gelijk aan het boezempeil;
- geen latere input op knopen;
- alle pompen initieel uit.

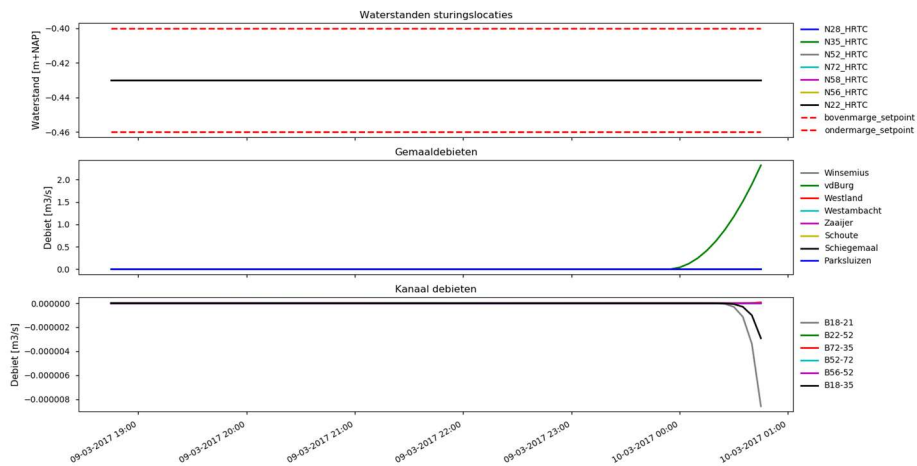
Doel van deze test is nagaan of de pompen uit blijven en de waterstanden stabiel op boezempeil blijven. in een eerste test is voor RTC-Tools 1 een rekentijdstap van 15 minuten aangehouden. Dit resulteert in een onstabiel model, waarbij waterstanden jutteren en gemalen aan- en afslaan. Zie ook onderstaande afbeelding. Hierin zijn de waterstanden weergegeven van de knopen waarop BOS Delfland stuurt, de gemaaldebieten en de debieten van een aantal takken.

Afbeelding 3.1 Resultaat test 1, RTC-Tools 1, rekentijdstep 15 min

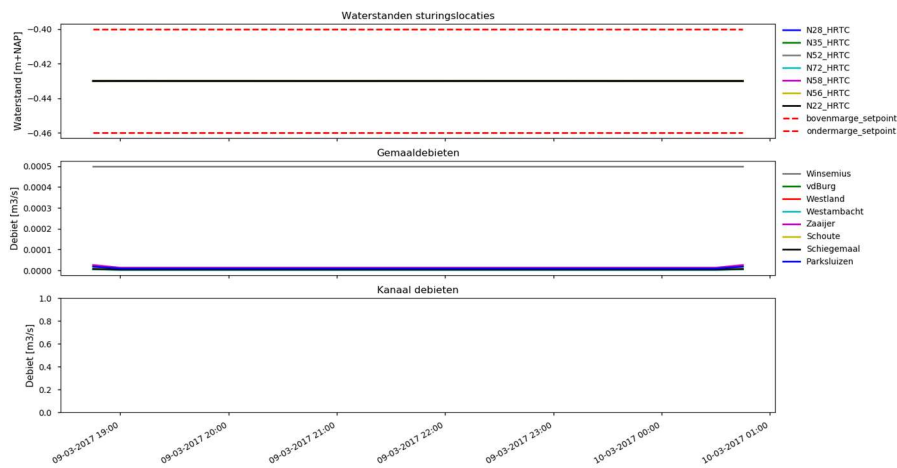


Vanwege dit resultaat is de rekentijdstep van RTC-Tools 1 voor deze en opvolgende tests op 5 minuten ingesteld. De resultaten van de test is weergegeven in onderstaande afbeeldingen.

Afbeelding 3.2 Resultaat test 1, RTC-Tools 1



Afbeelding 3.3 Resultaat test 1, RTC-Tools 2



Wat opvalt is dat RTC-Tools 1 een 'zwieper' laat zien aan het einde van de optimalisatiehorizon. Dit is een artefact vanuit de optimalisatie die ook al vaak is waargenomen tijdens het testdraaien van het BOS Delfland. Verder is het resultaat zoals verwacht.

Het resultaat van RTC-Tools 2 is logisch; pompen blijven uit en de waterstanden blijven op boezempeil. RTC-Tools 2 schrijft de debieten op de takken niet als output weg.

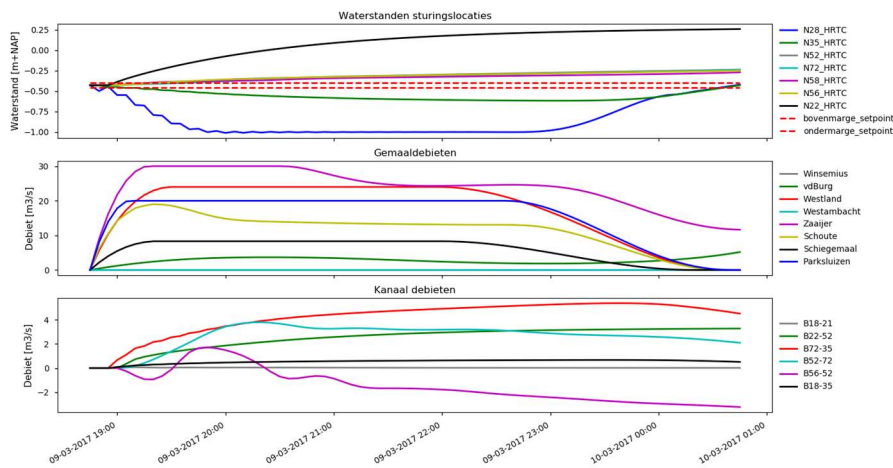
## 3.2 Test 2

De testopzet van deze test is al volgt:

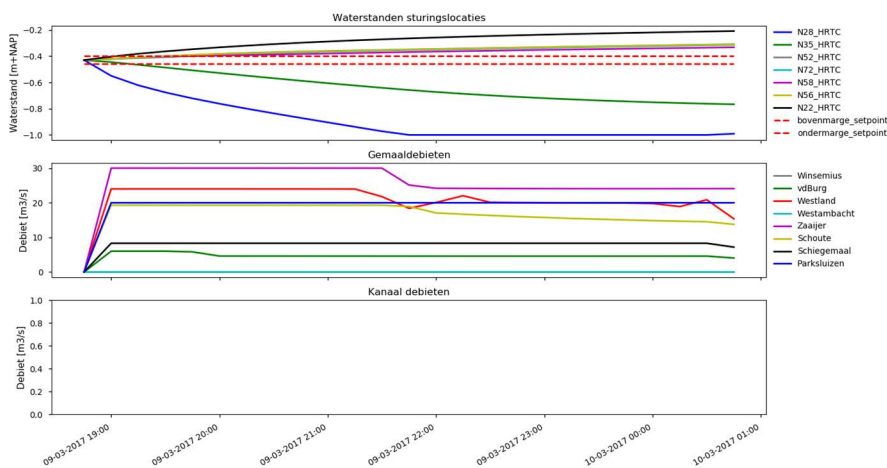
- alle initiële boezemwaterstanden gelijk aan het boezempeil;
- stationaire laterale input op de knopen gelijk aan som van capaciteit afvoerende boezemgemalen (debiet gelijk verdeeld over alle laterals);
- capaciteit afvoerende boezemgemalen vrij instelbaar tussen 0 en maximale capaciteit.

Doel van deze test is het testen van de modelstabiliteit (vrij grote laterale belasting), het vergelijken van (de timing van) het aanslaan van de pompgemalen (verschillende optimalisatiealgoritmes) en het vergelijken van de optredende waterstanden.

Afbeelding 3.4 Resultaat test 2, RTC-Tools 1



Afbeelding 3.5 Resultaat test 2, RTC-Tools 2



Het aanslaan van de pompen verloopt qua timing vergelijkbaar. Er wordt opgeschakeld naar de maximale capaciteit. Na enige tijd wordt terugtoerd. Het verloop van het gemaaldebiet is geleidelijker in RTC-Tools 1, echter wordt hier ook gerekend met een tijdstap van 5 minuten (in plaats van 15 min in RTC-Tools 2).

Een aanwijsbaar verschil is gemaal Schoute, hier wordt in RTC-Tools 1 eerder terugtoerd omdat het bovenstroomse afslagepeil (N28) eerder bereikt wordt. Later wordt in RTC-Tools 1 nog meer terugtoerd, waardoor de waterstand weer stijgt tot binnen de beheermarge aan het einde van de optimalisatiehorizon. In RTC-Tools 2 blijft het gemaal langer afvoeren op maximale capaciteit. Van gemaal Schoute is bekend dat de waterstand in de praktijk snel uitzakt waardoor moet worden terugtoerd. Het RTC-Tools 1 model is hier uitvoerig op gekalibreerd. Mogelijk pakt de andere opzet van het hydraulische model hier anders uit, waardoor verschillen ontstaan. Bij dergelijke extreem lage waterstanden zouden de verschillen in de dwarsprofielen en weerstand (trapezium versus rechte bak) parten kunnen gaan spelen.

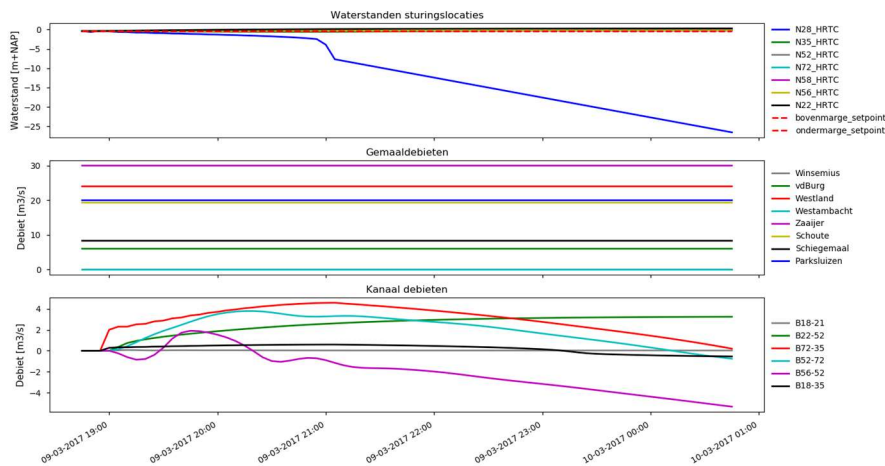
### 3.3 Test 3

De testopzet van deze test is al volgt:

- alle initiële boezemwaterstanden gelijk aan het boezempeil;
- stationaire laterale input op de knopen gelijk aan som van capaciteit afvoerende boezemgemalen (debiet gelijk verdeeld over alle laterals);
- capaciteit afvoerende boezemgemalen gelijk aan de maximale capaciteit.

Deze test neemt de invloed van sturing weg, omdat alle gemalen maximaal aan staan vanaf  $t=0$ . Zo kan worden vergeleken hoe de waterstanden zich instellen bij deze (hoge) stationaire belasting.

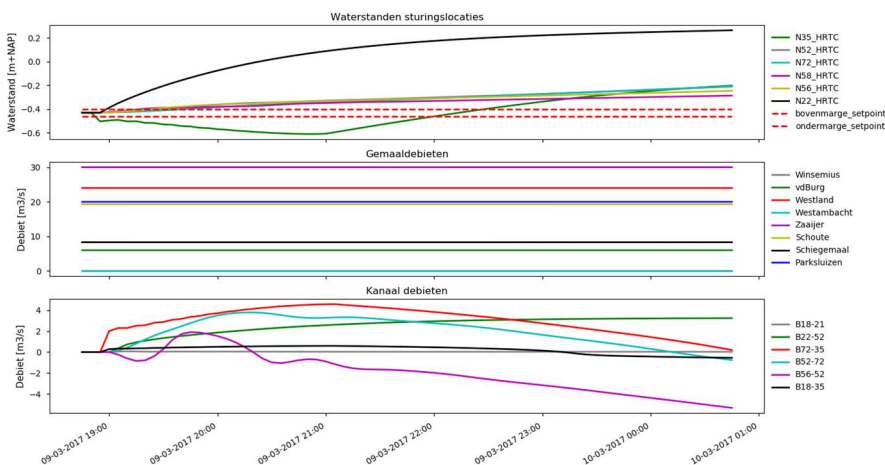
Afbeelding 3.6 Resultaat test 3, RTC-Tools 1



In RTC-Tools 1 zakt het peil bij gemaal Schoute uit tot een onrealistisch lage waarde. Door de aanwezigheid van een Preissmann slot kan deze waterstand optreden (zonder zou het model in dit geval crashen). Een knoop verder bovenstrooms (N35) is het peil hoger dan de beheermarge. Dit geeft een onrealistisch groot verhang over deze tak. Deze resultaten worden in twijfel getrokken.

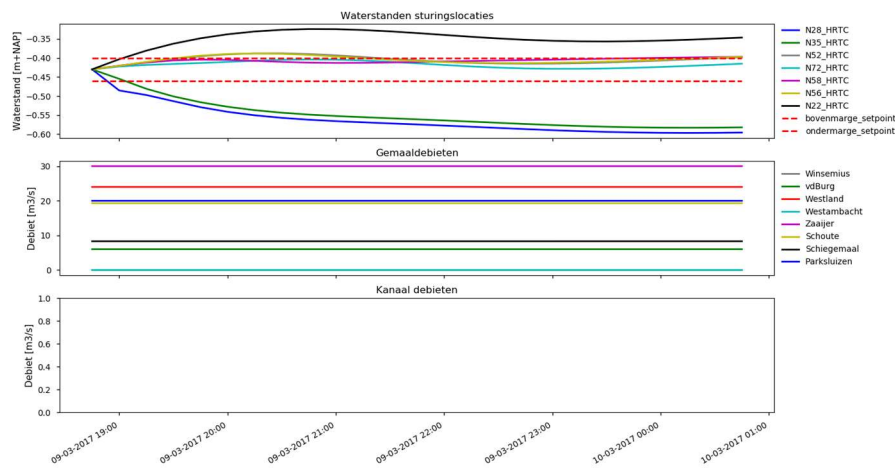
Om de resultaten van de overige sturingslocaties beter te kunnen vergelijken, is het resultaat van knoop N28 weggelaten in afbeelding 3.7.

Afbeelding 3.7 Resultaat test 3, RTC-Tools 1 (zonder knoop N28)





Afbeelding 3.8 Resultaat test 3, RTC-Tools 2



De berekende waterstanden komen niet goed overeen. In RTC-Tools 2 wordt nog een enigszins stationaire situatie bereikt, terwijl de waterstanden in RTC-Tools 1 door blijven stijgen. In de aanvoerende tak van gemaal Schoute wordt een onrealistisch groot verhang berekend. Hiermee worden de resultaten van RTC-Tools 1 in twijfel getrokken.

### 3.4 Test 4

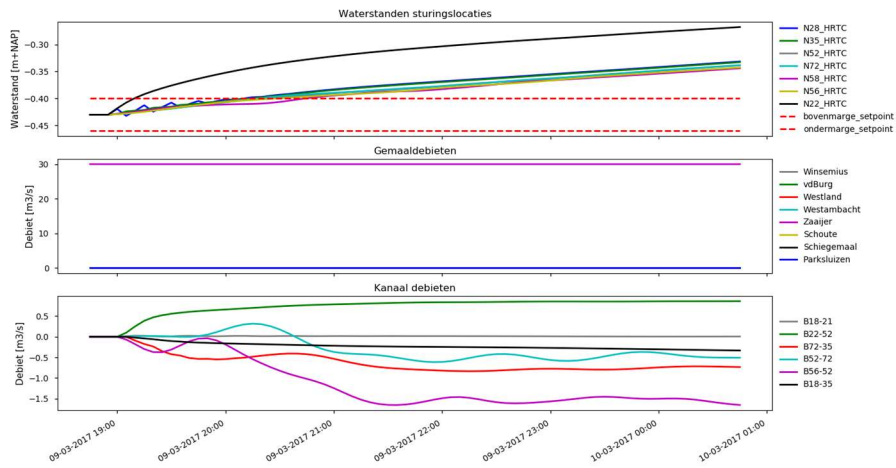
De testopzet van deze test is al volgt:

- alle initiële boezemwaterstanden gelijk aan het boezempeil;
- stationaire laterale input op de knopen gelijk de capaciteit van gemaal Zaaier (debiet gelijk verdeeld over alle laterals);
- gemaal Zaaier voert maximaal af vanaf  $t=0$ .

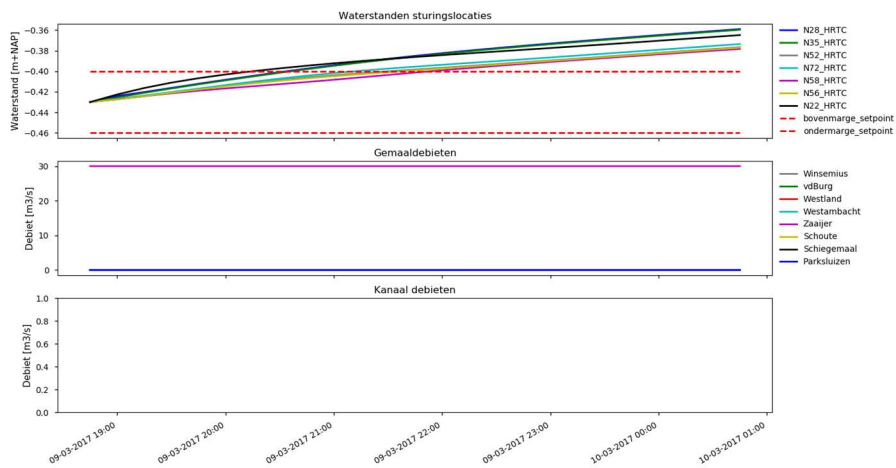
Door op deze manier de boezem te belasten zal uiteindelijk een stationaire situatie ontstaan waarbij scheefstand optreedt in de richting van het gemaal. Dit is ook zo gedaan bij stationaire kalibratie van het RTC-tools 1 model. Met deze test kan de waterstand en verhang van een geïsoleerde aanvoerende tak naar een gemaal worden vergeleken.



Afbeelding 3.9 Resultaat test 4, RTC-Tools 1

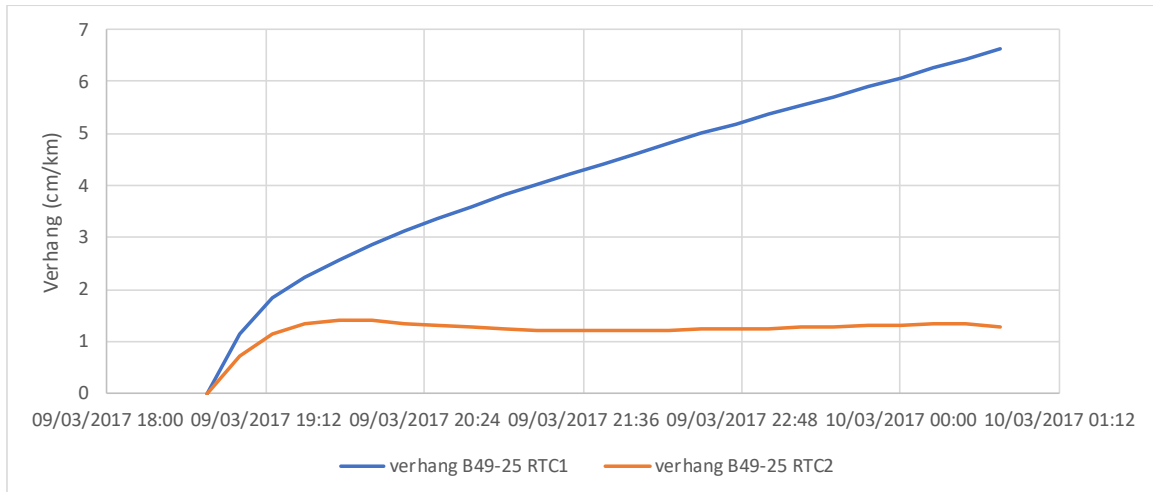


Afbeelding 3.10 Resultaat test 4, RTC-Tools 2



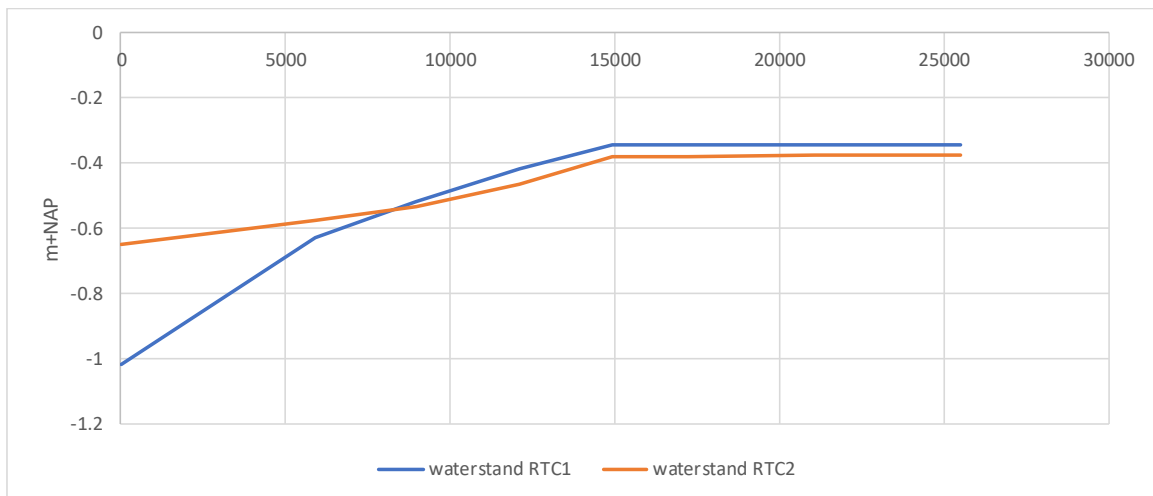
In beide modellen treedt er nog geen stationaire situatie op aan het einde van de berekening. In afbeelding 3.11 is weergegeven hoe het verhang zich instelt in de tak naar gemaal Zaaier toe. Ondanks dat de waterstanden nog niet naar een stationaire situatie zijn gegaan, valt te zien dat het verhang in de aanvoerende tak naar het gemaal al wel naar een stationaire waarde gaat in RTC-Tools 2.

Afbeelding 3.11 Verhang bovenstrooms gemaal Zaaijer (tak B49-25)

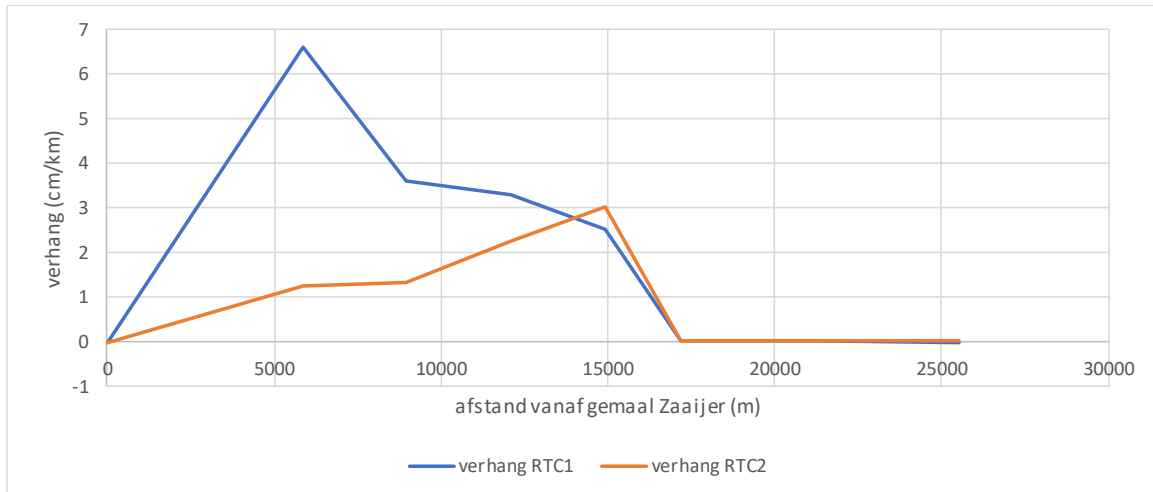


Afbeelding 3.12 toont de waterstanden op de knopen op een traject van het gemaal naar bovenstrooms, op de laatste rekentijdstep (nog geen stationaire situatie). Bij RTC-Tools 1 wordt een lager peil bij het gemaal bij het gemaal gerekend. Verder weg van het gemaal zijn de waterstanden vergelijkbaar. Een zelfde geldt voor het verhang op hetzelfde traject (afbeelding 3.13).

Afbeelding 3.12 Waterstanden traject N25-N49-N45-N51-N58-N55-N56-N64 op laatste rekentijdstep



Afbeelding 3.13 Verhang traject N25-N49-N45-N51-N58-N55-N56-N64 op laatste rekentijdstep



Een conclusie die uit test 2 t/m 4 getrokken kan worden is dat het hydraulisch model van de beide RTC-Tools modellen anders reageert bij extreme testsituaties. Ondanks dat het RTC-Tools 2 model volgt uit het RTC-Tools 1 model, zijn de modellen voorsnog niet 1-op-1 om te zetten zonder aanvullende kalibratie. Kalibratie van het RTC-Tools 2 model is op dit moment lastig door het ontbreken van de simulatiemodus.