

# Memo

**Aan**  
RWS

<b>Datum</b> 7 juli 2017	<b>Kenmerk</b> 11200215-000-HYE-0003	<b>Aantal pagina's</b> 24
<b>Van</b> Wilbert Verbruggen	<b>Doorkiesnummer</b> +31(0)88335 8346	<b>E-mail</b> wilbert.verbruggen@deltares.nl

**Onderwerp**  
Aanvullende berekeningen effectiviteit selectieve onttrekking 2003

---

## 1 Inleiding

De afgelopen periode is door Deltares modelleeronderzoek gedaan naar de effectiviteit van de selectieve onttrekking in de monding van het Binnenspuikanaal bij IJmuiden voor het terugdringen of mitigeren van de extra zoutindringing in het Noordzeekanaal ten gevolge van de nieuwe zeesluis bij IJmuiden [1]. Met de selectieve onttrekking wordt beoogd om de zoutindringing op het NZK en ARK in het Projectalternatief (nieuwe zeesluis, 125 MTPA) niet groter te laten zijn dan de zoutindringing die zou optreden bij de Autonome Ontwikkeling. De effectiviteit is in de 2016 studie geanalyseerd voor drie verschillende scenario's: Scenario januari – juli 2013, Scenario 2 (15 dagen lage afvoeren) en Scenario 3 (15 dagen zeer lage afvoeren). Op basis van die studie werd geconcludeerd dat de selectieve onttrekking onder die drie scenario's in staat is om het extra zout ten gevolge van de nieuwe zeesluis te mitigeren onder de januari-juni 2013 omstandigheden. Naar aanleiding van die studie kwam de vraag naar boven hoe de selectieve onttrekking zich zou gedragen tijdens een realistisch droog seizoen (bijvoorbeeld de zomerperiode van het jaar 2003). Omdat de resultaten van het Scenario januari – juli 2013 niet met voldoende zekerheid konden worden geëxtrapoleerd naar 2003 omstandigheden is ervoor gekozen om de droge periode van 2003 te modelleren. Dit memo beschrijft de opzet van de modellen voor het Scenario mei – oktober 2003 en de resultaten van deze modellering.

## 2 Aanpak

De modellering van de effectiviteit van de selectieve onttrekking onder 2003 condities is gebaseerd op het model dat in de vorige studie [1] is gebruikt voor het Scenario januari-juli 2013. Ten opzichte van dit oorspronkelijke model zijn een aantal aanpassingen gedaan aan de modellering, deze aanpassingen worden in Hoofdstuk 3 besproken. Met dit model zijn de volgende simulaties uitgevoerd:

Configuratie	Selectieve onttrekking	Zoutvang
Autonome Ontwikkeling (AO)	Nee	Nee
Projectalternatief (PA)	Nee	Nee
Projectalternatief + Selectieve Onttrekking Basis (PA+SO Basis)	Ja, 134m x 4m (bxh), drempel -20m NAP	Nee
Projectalternatief + Selectieve Onttrekking Zoutvang (PA+SO Zoutvang)	Ja, 134m x 5m (bxh), drempel -25m NAP	Ja, -24 m NAP

Projectalternatief + Selectieve Onttrekking Breed (PA+SO Breed)	Ja, 202m x 4m (bxh), drempel -20m NAP	Nee
Projectalternatief + Selectieve Onttrekking Hoog (PA+SO Hoog)	Ja, 134m x 5m (bxh), drempel -20m NAP	Nee

Bij het uitvoeren van de huidige studie zijn de volgende databronnen geraadpleegd:

<b>Categorie</b>	<b>Beschrijving</b>	<b>Bron</b>
Opzetten waterbalans 2003 (paragraaf 3.6)	Access database met waterbalans o.b.v. daggemiddelde debieten voor de periode 2001-2003 voor het gebied Vecht, Amstel, Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal. Royal Haskoning i.o.v. RWS Noord-Holland.	Begeleidend rapport zie [3]
	Waterstand IJmuiden Buiten 2003	Waterbase
	Gemiddeld peil NZK 2003	Arjen Kikkert (2003.xlsx, ontvangen op 2 december 2016)
	Watertemperatuur Lobith 2003	Waterbase
	Uitgebreid overzicht afvoerdebieten spui-maalcomplex en buitenwaterstand 2014	Arjen Kikkert (dagrapps 2014 20150602.xls)
Analyse waterbeheersmaatregelen (Hoofdstuk 5, Discussie)	Evaluatie van de werkzaamheden van de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling (LCW) in de zomer van 2003	[4]
	Rapportage voor de KWA (Kleinschalige Water Aanvoervoorzieningen) 2003 opgezet door Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden	[5]
	Evaluatie van de droogte 2003 door RWS Utrecht	[6]

Bij de analyse van de resultaten is consistent met de vorige studie [1] gekeken naar tijdseries van de zoutindringing richting het Noordzeekanaal en het zoutgehalte bij de ingang van Zijkanaal C en bij Weesp. Deze analyses zijn beschreven in Hoofdstuk 4.

## 3 Modelopzet

### 3.1 Inleiding

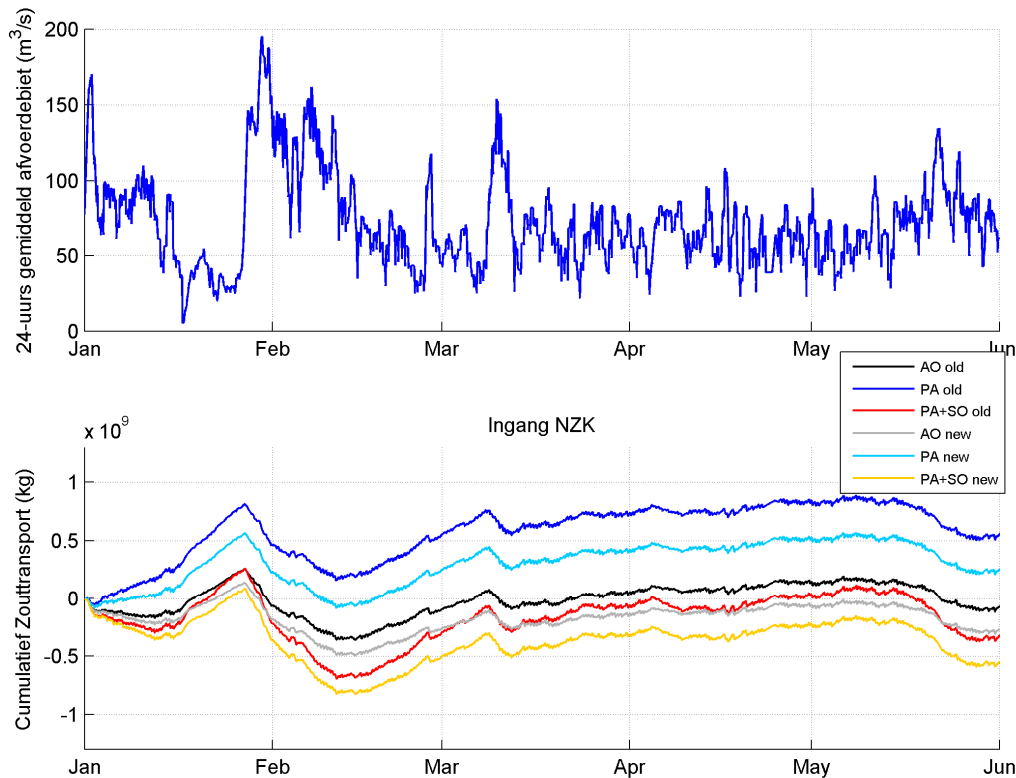
Ten opzichte van het model uit [1] zijn een aantal aanpassingen gedaan. Voor de 2003 simulaties is gebruik gemaakt van de online koppeling tussen Delft3D en WANDA-Locks. Na het opleveren van de vorige studie is deze online koppeling verder verbeterd, zoals beschreven wordt in paragraaf 3.2. Verder zijn om de schematisatie beter te laten aansluiten bij de toekomstige situatie de vernauwing bij Zeeburg en de slibputten verwijderd (zie paragraaf 3.3). Daarnaast zijn de initiële waterstanden in het model aangepast, zodat deze goed overeenkomen met het gemeten peil op het NZK. In overleg met RWS is ervoor gekozen

om de periode 1 mei 2003 t/m 1 november 2003 te modelleren. De periode van 1 mei 2003 tot midden juli 2003 wordt gebruikt als inspeeltijd, waarna de periode met lage afvoerdebieten aanbreekt. Om de inspeeltijd van de nieuwe simulaties zoveel mogelijk te beperken is voor de initiële condities gebruik gemaakt van de Scenario januari-juli 2013 simulaties (zie paragraaf 3.2). Voor een realistische beschouwing van de effectiviteit van de selectieve onttrekking voor droge condities zoals in het jaar 2003 is het van belang dat de debietrandvoorwaarden van het model zoveel als mogelijk overeenkomen met de daadwerkelijke debieten in 2003. De debietrandvoorwaarden van het model zijn gebaseerd op een waterbalans van het Noordzeekanaal (NZK) en het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) voor de periode 2001-2003, opgesteld door Haskoning [3]. Het geschikt maken van deze waterbalans voor de modellering is beschreven in paragraaf 3.6.

### 3.2 Aanpassingen online koppeling Delft3D-WANDA-Locks

In bijlage L van de vorige studie [1] zijn vooral de Delft3D simulaties behandeld waarin de zouttrandvoorwaarden vanuit de sluisen via een offline koppeling verkregen zijn. In de discussie van bijlage L zijn de online gekoppelde resultaten beschreven die net voor oplevering beschikbaar kwamen. Inmiddels heeft er een verdere verbetering plaatsgevonden van de online koppeling, wat tot gevolg heeft dat de zoutflux vanuit de scheepvaartsluisen met ongeveer 10% gereduceerd wordt. Voor een beschrijving van de verbeterde implementatie wordt verwezen naar de bijlage van [1]. In het kort komt het erop neer dat in de nieuwste implementatie de netto zoutflux vanuit de scheepvaartsluisen in Delft3D gelijkgesteld is aan de netto zoutflux zoals berekend door WANDA-Locks.

Ter referentie zijn in Figuur 3.1 zowel voor de oorspronkelijke als de nieuwe online koppeling de cumulatieve zouttransporten richting het NZK weergegeven voor het Scenario januari-juli 2013. Duidelijk is te zien dat de cumulatieve zouttransporten kleiner zijn in de nieuwe koppeling vanwege de lagere zoutlast vanuit de scheepvaartsluisen zoals hierboven besproken. Dit heeft tot gevolg dat de zoutgehalten in het NZK en ARK afnemen. Beide online koppeling resulteren echter in vergelijkbare conclusies als het gaat om het relatieve effect van de selectieve onttrekking op de zouttransporten richting het NZK.



*Figuur 3.1* Dag gemiddelde afvoerdebiet (boven), cumulatief zouttransport richting NZK (onder). Scenario januari – juli 2013, AO, PA, PA+SO. Zowel de oorspronkelijke online gekoppelde resultaten zoals beschreven in bijlage L van de vorige studie [1] ('old') en de resultaten op basis van de verbeterde koppeling ('new') zijn weergegeven.

### 3.3 Gemodelleerde toestanden en configuraties selectieve onttrekking

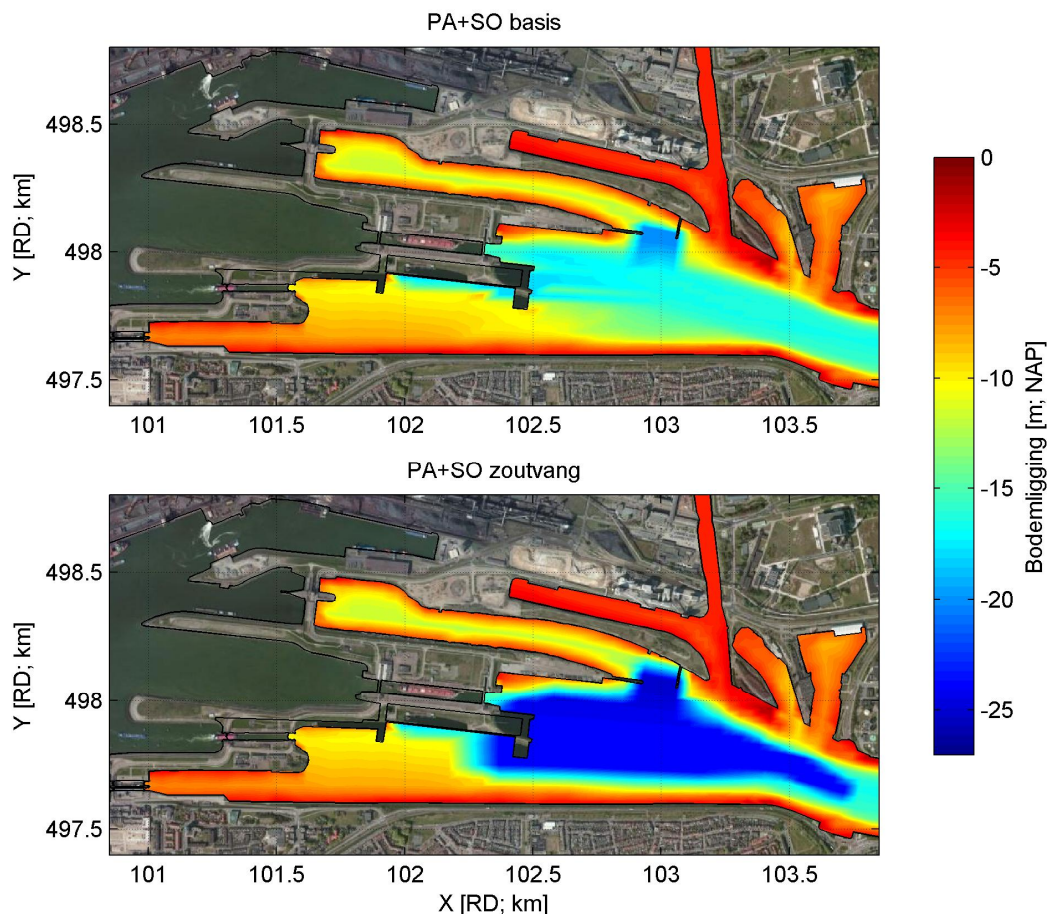
Consistent met de vorige studie [1] wordt in de huidige studie de Autonome Ontwikkeling (AO), het Projectalternatief (PA) en het Projectalternatief inclusief selectieve onttrekking (PA+SO) gemodelleerd. In deze studie zijn voor het PA+SO 4 verschillende configuraties gemodelleerd:

Configuratie	Breedte selectieve onttrekking [m]	Hoogte onder opening selectieve onttrekking [m]	Zoutvang
PA+SO Basis	134	4	Nee
PA+SO Zoutvang	134	5	Ja
PA+SO Breed	202	4	Nee
PA+SO Hoog	134	5	Nee

De PA+SO Basis configuratie komt letterlijk overeen met de PA+SO simulaties in de vorige studie. De schematisatie van de zoutvang is weergegeven in Figuur 3.2. De zoutvang is in deze modellering dusdanig ontworpen dat het extra uitwisselingsdebiet ten gevolge van de Nieuwe Sluis opgevangen kan worden, waarbij ervan uit is gegaan dat er gedurende een getijcyclus niet gespuid kan worden. In Bijlage I van het Deltares hoofdrapport [1] is geschat dat het uitwisselingsdebiet tijdens het Projectalternatief met ongeveer 40 m<sup>3</sup>/s toeneemt ten opzichte van de Autonome Ontwikkeling. De zoutvang in deze studie is ontworpen onder de aanname dat het extra uitwisselingsdebiet voor ongeveer 22 uur opgevangen moet worden (2

getijcycli minus een gemiddelde spuiperiode van 3 uur). Het totale volume van de zoutvang is dan ongeveer 3 miljoen m<sup>3</sup>. Bij het genereren van de bodemschematisatie van de zoutvang is een talud van 1:5 aangehouden tussen de oever en het diepste punt van de zoutvang. In een groot gebied is de bodem in de zoutvang naar -24 m NAP gebracht. Ter hoogte van de selectieve onttrekking is een bodemniveau van -25 m NAP aangehouden, zodat het zoute water af kan stromen richting de selectieve onttrekking. Door het verdiepen van de bodem ter plaatse van het zoutscherm (van 20 m naar 25 m) is de hoogte van de doorstroomopening ook vergroot van 4 m naar 5 m (ten gevolge van de verdeling van de verticale lagen). Om de invloed van het zoutscherm en van het vergroten van de doorstroomopening los te kunnen analyseren is ook de variant PA+SO Hoog toegevoegd.

Op basis van de eerste resultaten van de vier PA+SO varianten is besloten om voorlopig geen simulatie uit te voeren waarin een gemittigeerd waterbeheer in rekening wordt gebracht.



Figuur 3.2 Bodemschematisatie PA+SO basis (boven) en PA+SO zoutvang (onder)

### 3.4 Aanpassingen geometrie

In de schematisatie van het Scenario januari – juni 2013, zoals gesimuleerd in de vorige studie [1], waren de vernauwing bij Zeeburg en de slibputten nog aanwezig. In deze huidige modellering zijn aanbevelingen vanuit de vorige studie meegenomen en zijn de vernauwing en slibputten verwijderd uit de schematisatie (aangezien dit de toekomstige situatie beter beschrijft).

### 3.5 Aanpassing initiële conditie

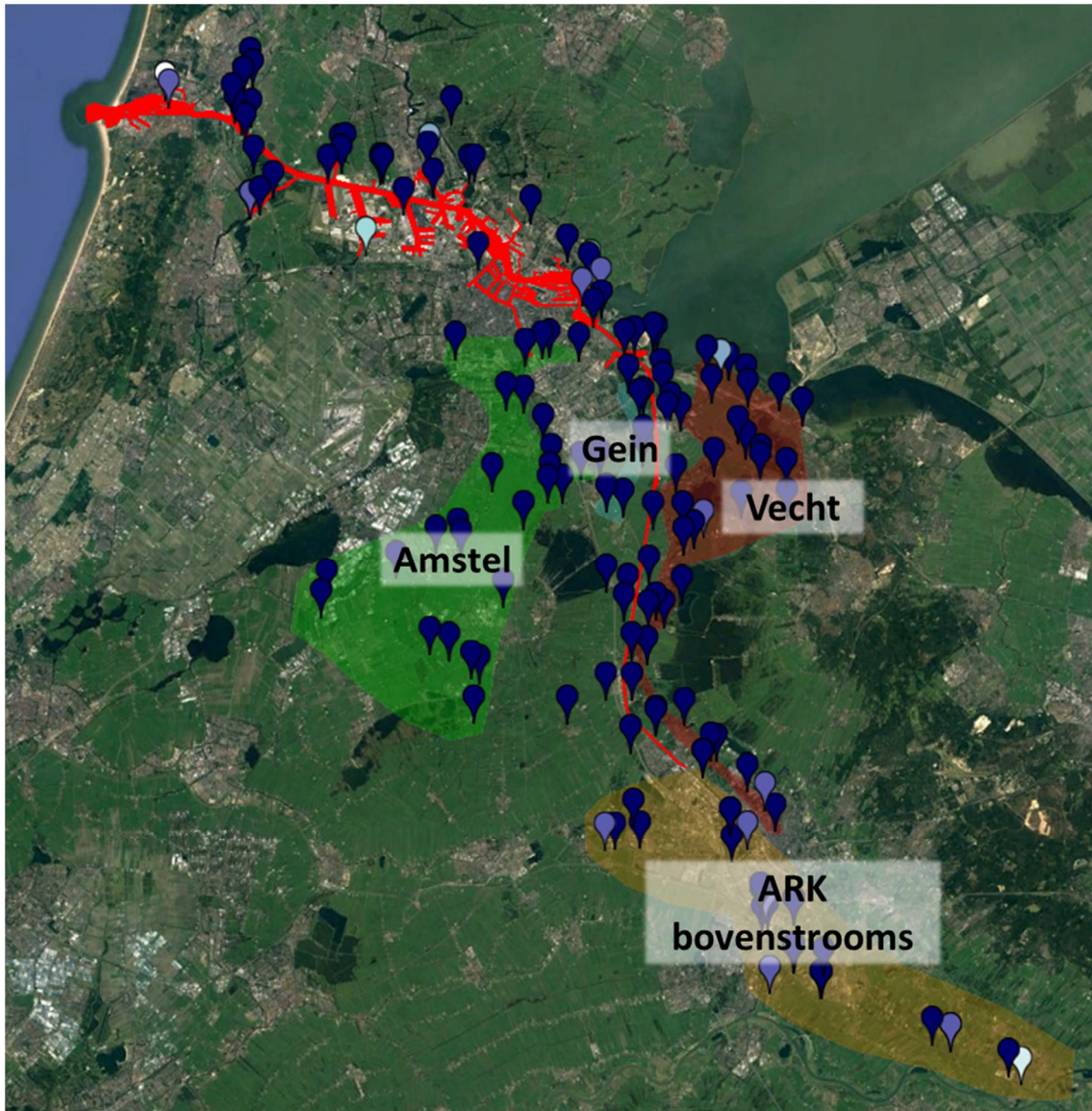
In overleg met RWS is ervoor gekozen om de periode 1 mei 2003 t/m 1 november 2003 te modelleren. De periode van 1 mei 2003 t/m mid juli 2003 wordt gebruikt als inspeeltijd, waarna de periode met lage afvoerdebieten aanbreekt. Om de inspeeltijd voor de 2003 simulaties zoveel mogelijk te beperken is ervoor gekozen om de 2003 simulaties te starten met de condities op 1 mei 2013 vanuit de Scenario januari – juli 2013 simulaties.

In de vorige studie [1] is opgemerkt de waterstanden in het model overschat zijn ten opzichte van het gemiddelde peil in het NZK (-0,4 m NAP). Voor de huidige studie zijn de initiële waterstanden verlaagd naar het gemeten peil op het NZK op 1 mei 2003 (-0,41 m NAP).

### 3.6 Debietrandvoorwaarden Delft3D simulatie

Voor een realistische beschouwing van de effectiviteit van de selectieve onttrekking voor droge condities zoals in het jaar 2003 is het van belang dat de debietrandvoorwaarden van het model zoveel als mogelijk overeenkomen met de daadwerkelijke debieten in 2003. Haskoning heeft in 2005 [3] een waterbalans opgesteld van het Noordzeekanaal (NZK) en het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) voor de periode 2001-2003. Deze waterbalans bevat voor het jaar 2003 dagelijkse instromende-, uitstromende- en bergingsvolumes voor 152 locaties. Figuur 3.3 toont de datalocaties in combinatie met het rekenrooster van het model dat gebruikt is in de huidige studie (in rood). De waterbalans is opgesteld voor een groter gebied dan expliciet gemodelleerd is in deze studie. Zo zijn bijvoorbeeld de verschillende balansposten voor de Vecht, Amstel, Gein en het gedeelte van het ARK bovenstrooms van Maarssen ook opgenomen in de waterbalans. Na overleg met enkele experts binnen Deltares op het gebied van de hydrologie in de regio, zijn de balansposten die buiten het model vallen geprojecteerd op een aantal locaties binnen het model. Dit wordt in nader detail besproken in paragraaf 3.6.1.





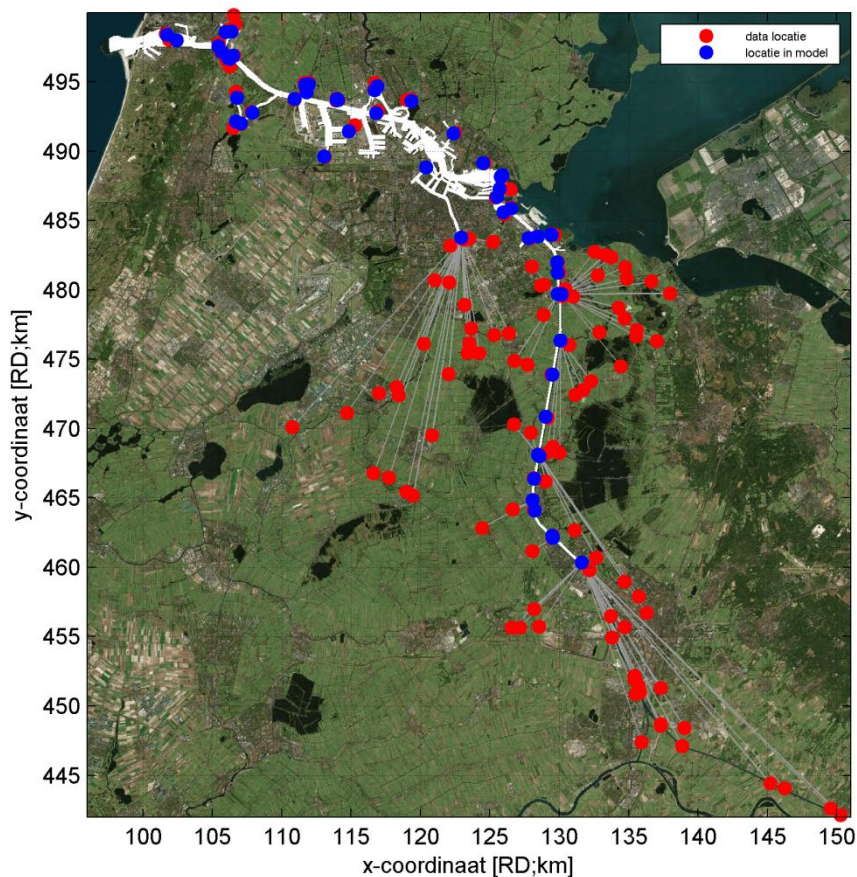
Figuur 3.3      *Overzicht data locaties waterbalans 2003*

Zoals opgemerkt door Haskoning [3] is de waterbalans voor 2003 (en alle overige jaren) niet sluitend en is het totale uitstromende volume ongeveer 15% groter dan het totale instromende volume. Haskoning wijdt deze sluitfout vooral aan de opgegeven debieten bij het spui- en maalcomplex in IJmuiden. Om de waterbalans sluitend te krijgen moet het totale debiet bij het spui- en maalcomplex dus met ongeveer 15% gereduceerd worden. Bij een uniforme correctie over het jaar is de waterbalans op jaarbasis wel sluitend, maar treden binnen het jaar enorme variaties op in de waterstanden in het NZK en ARK (in de orde van 2 m waterstandvariatie). Dit komt niet overeen met waterstandmetingen in het NZK (waterstand varieert in 2003 tussen de -0,35 en -0,4 m NAP). Er is daarom gekozen om de spui- en maaldebieten op een 3-daagse basis te corrigeren, zodat de waterstand in het model de gemeten waterstand blijft volgen. Dit proces is nader beschreven in paragraaf 3.6.2. In deze correctie is ook meegenomen dat het schutverlies zoals berekend door Haskoning voor 2003 niet overeenkomt met het schutverlies dat zal optreden in de simulaties voor de huidige studie, aangezien er toekomstige scheepvaartscenario's doorgerekend worden.

Voor de beschouwing van de effectiviteit van de selectieve onttrekking is het van groot belang om realistische spui- en maaldebieten op te leggen aan het model. In de waterbalans zijn de spui- en maalvolumes echter alleen op dagelijkse basis gegeven. Als de spui- en maaldebieten als dagelijks gemiddelde waarden opgelegd worden zal het effect van de selectieve onttrekking overschat worden, aangezien de selectieve onttrekking het meest effectief is bij lage debieten. In deze studie zijn daarom de dagelijkse volumes omgerekend naar een realistische variatie binnen de dagen. Voor deze omrekening is gebruik gemaakt van gemeten waterstanden op zee en op het NZK. Daarnaast zijn gedetailleerde gegevens van de spui- en maaldebieten in 2014 gebruikt om algemene statistieken af te leiden. Deze omrekening is in nader detail beschreven in paragraaf 3.6.3.

### 3.6.1 Bepalen van debietlocaties model

Een groot deel van de datalocaties, zie Figuur 3.3, bevinden zich direct langs het rekenrooster dat gebruikt is in deze studie. Deze balansposten konden dus eenvoudig vertaald worden naar een locatie op het rekenrooster. Hieronder is beschreven hoe de locaties, die niet direct langs het rekenrooster liggen, vertaald zijn naar een locatie in het model. Figuur 3.4 toont het uiteindelijke resultaat met in rood de data locaties en in de blauw de debietlocaties zoals gespecificeerd in het model. De datalocaties zijn verbonden met behulp van grijze lijnen om de connectie tussen data locatie en modellocatie te visualiseren.



Figuur 3.4 vertaling van data locatie (rood) naar locatie in model (blauw)



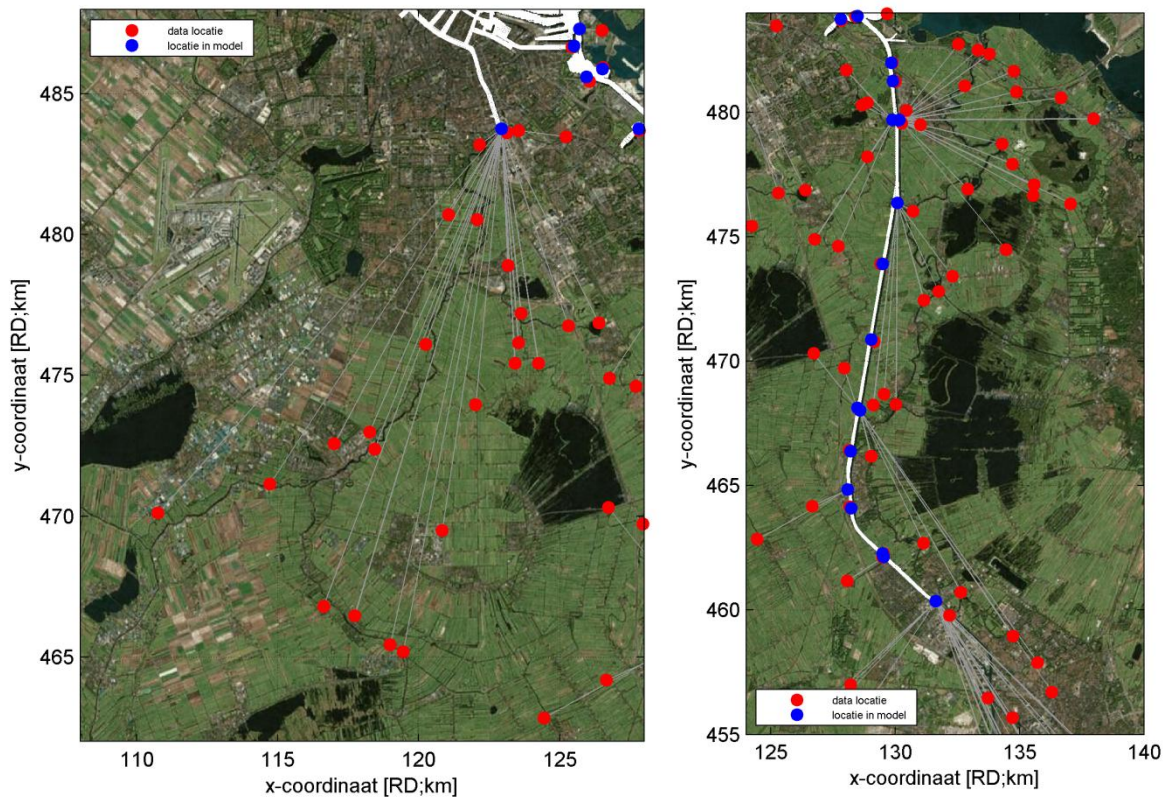
## Amstel

Zie Figuur 3.5 (links) voor de details van de data locaties rondom de Amstel. Al deze locaties zijn bij elkaar opgeteld en in het model ingebracht ter hoogte van de RWZI Amsterdam-Zuid.

## Vecht

Zie Figuur 3.5 (rechts) voor de details van de data locaties rondom de Vecht. De data locaties rondom de Vecht zijn verdeeld over drie locaties in het model:

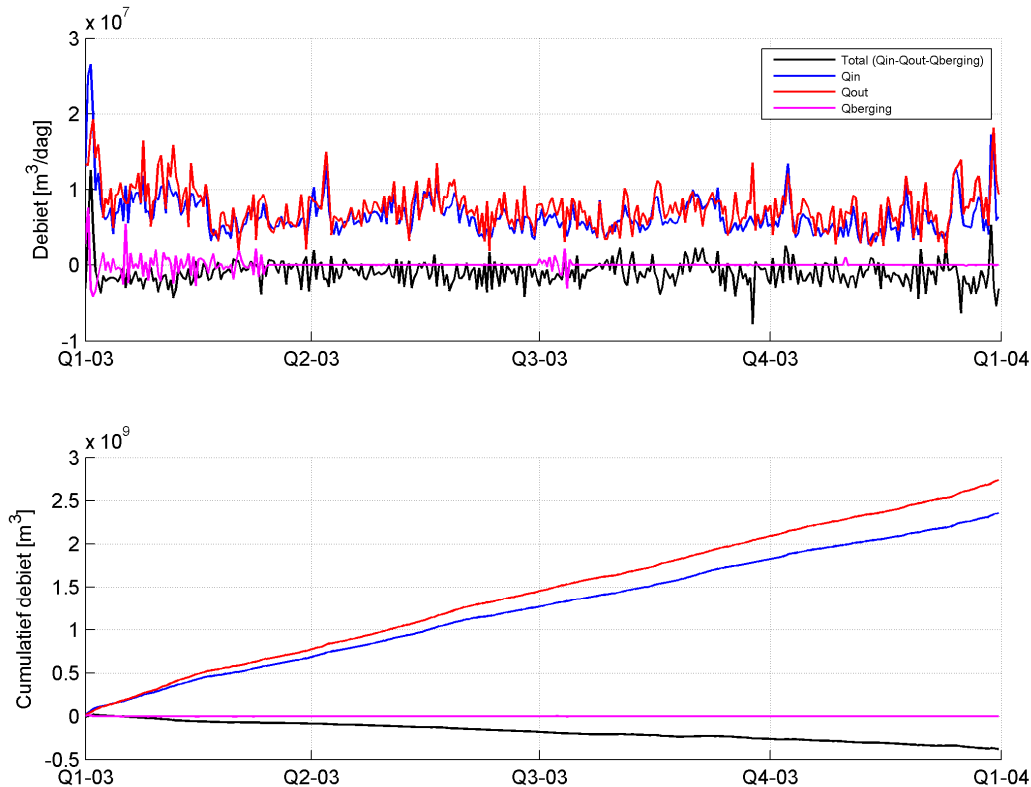
- Alle data locaties ten noorden van Nigtevecht zijn bij Weesp in het model gebracht
- Alle data locaties tussen Breukelen en Nigtevecht zijn bij Nigtevecht in het model gebracht
- Alle data locaties ter hoogte van Breukelen of ten zuiden hiervan zijn bij Nieuwersluis in het model gebracht.



Figuur 3.5 details vertaling van data locatie (rood) naar locatie in model (blauw). Links: Amstel, Rechts: Vecht en Gein

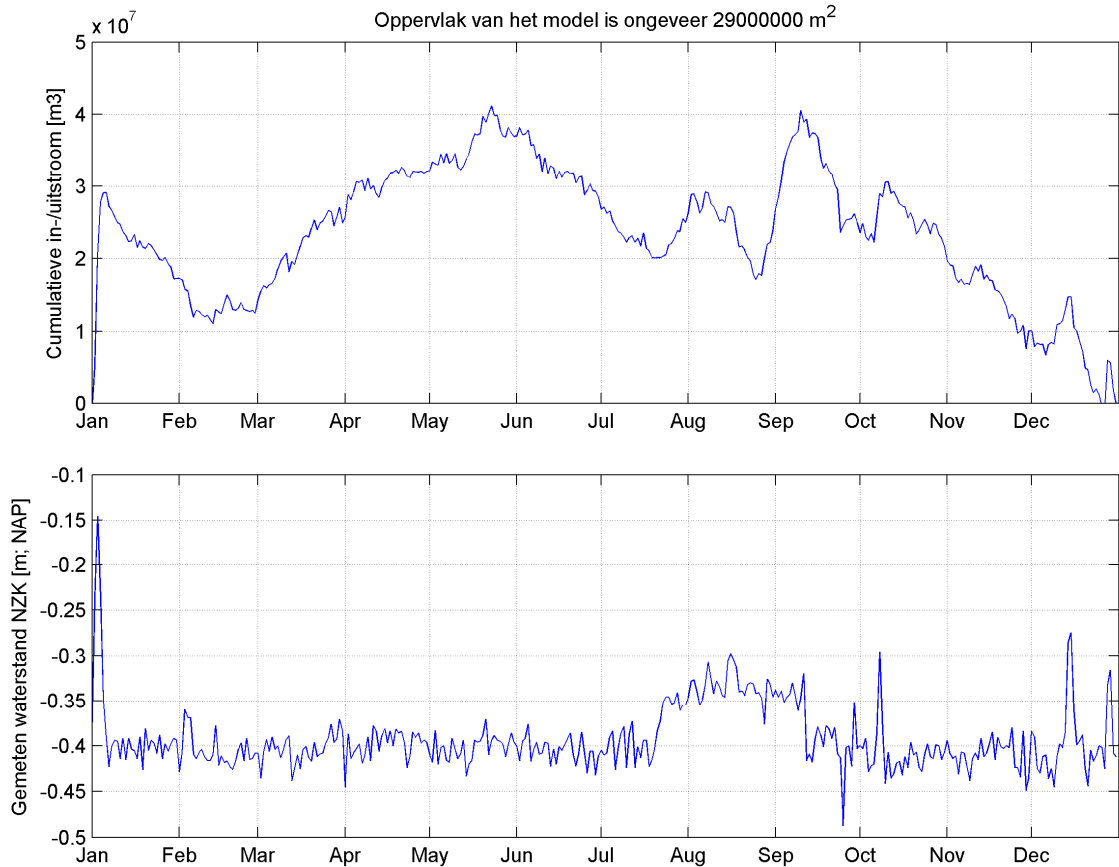
### 3.6.2 Correctie van de waterbalans

Figuur 3.6 toont een overzicht van de totale instromende- uitstromende en bergingsdebieten op basis van de originele 2003 waterbalans [3]. De onderste plot toont de cumulatieve debieten, waaruit blijkt dat het uitstromende debiet groter is dan het totale instromende debiet.



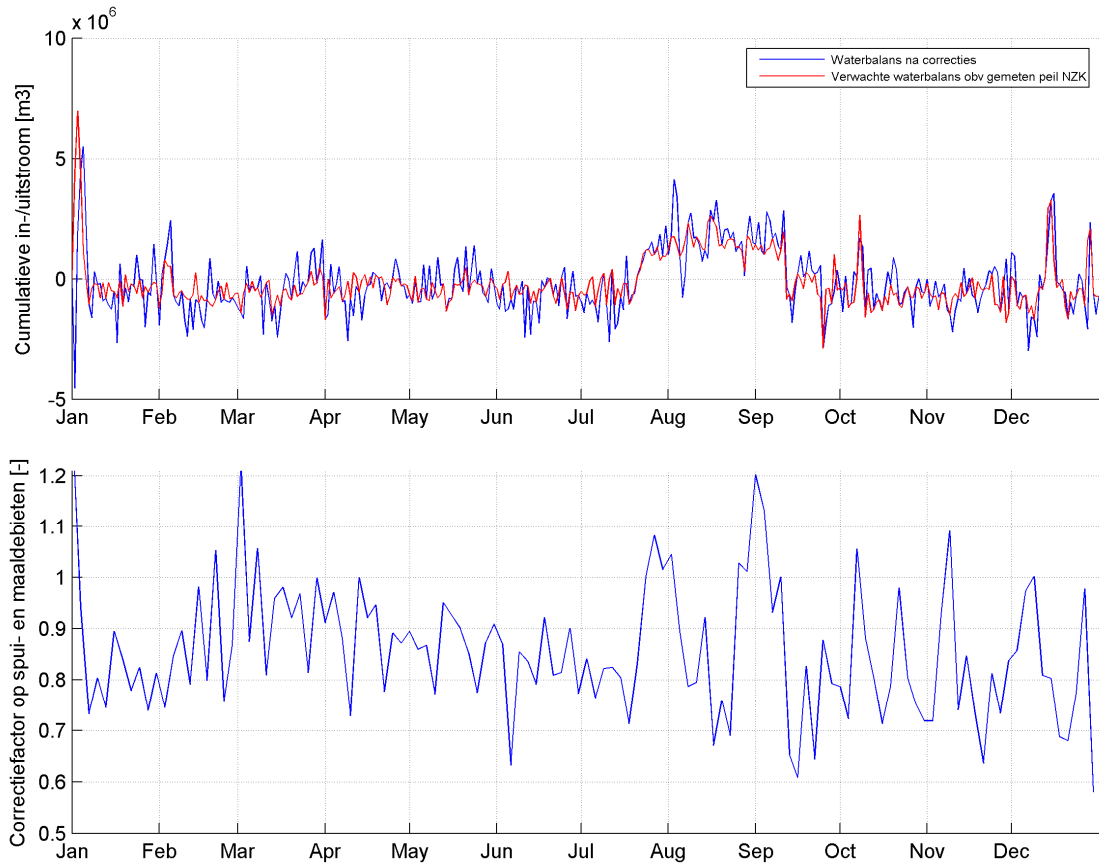
Figuur 3.6 *Debiet en cumulatief debiet op basis van de originele 2003 waterbalans van Haskoning [3]*

Indien de spui- en maaldebieten bij IJmuiden met een factor 15,2% verminderd worden, is de waterbalans op jaarbasis sluitend. Binnen het jaar treden echter grote variaties op in het cumulatieve debiet, zie Figuur 3.7 (boven). Aangezien het oppervlak van het model ongeveer  $2,9 \cdot 10^7 \text{ m}^2$  is, heeft dit tot gevolg dat de waterstand ongeveer 1,4 m varieert over het jaar. In Figuur 3.7 (onder) is te zien dat het peil op het NZK echter zeer constant is (over het algemeen rond de -0,4 m NAP en op enkele momenten een paar centimeter hoger). Omdat een grote afwijking in waterstanden gevolgen kan hebben voor het transport van de zouttong richting het NZK, is ervoor gekozen om geen jaar-gemiddelde uniforme correctie op te leggen voor de spui- en maaldebieten, maar door de correctie iedere 3 dagen te berekenen. Daarnaast is (voor het corrigeren van de spui- en maaldebieten) het 2003 schutverlies (gemiddeld  $+1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , van de zee richting het NZK) door de sluisen in IJmuiden vervangen door het schutverlies behorend bij de Autonome Ontwikkeling (gemiddeld  $+2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en het Projectalternatief (gemiddeld  $+3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Als laatste zijn (ook voor het corrigeren van de spui- en maaldebieten) een aantal posten uit de waterbalans verwijderd waar geen bijbehorende locatie voor was gegeven (e.g. "niet-bemeten posten dwr", "industrie NZK", etc.) of van processen die niet expliciet in het model worden gemodelleerd (e.g. "neerslag", "verdamping"). Deze verwijderde posten waren bij elkaar van zeer kleine orde, waardoor het effect op de correctiefactoren niet significant was.



Figuur 3.7 Boven: variatie cumulatief debiet over het jaar na uniforme correctie van -15.2% op de spui- en maaldebieten bij IJmuiden. Onder: Gemeten gemiddelde peil NZK.

Figuur 3.8 toont de uiteindelijke waterbalans zoals toegepast in de modellering voor deze studie voor de Autonome Ontwikkeling. Voor het projectalternatief zijn de spui- en maaldebieten gemiddeld over het jaar ongeveer 1 m<sup>3</sup>/s hoger, om de extra instroom door de sluizen bij IJmuiden te compenseren.

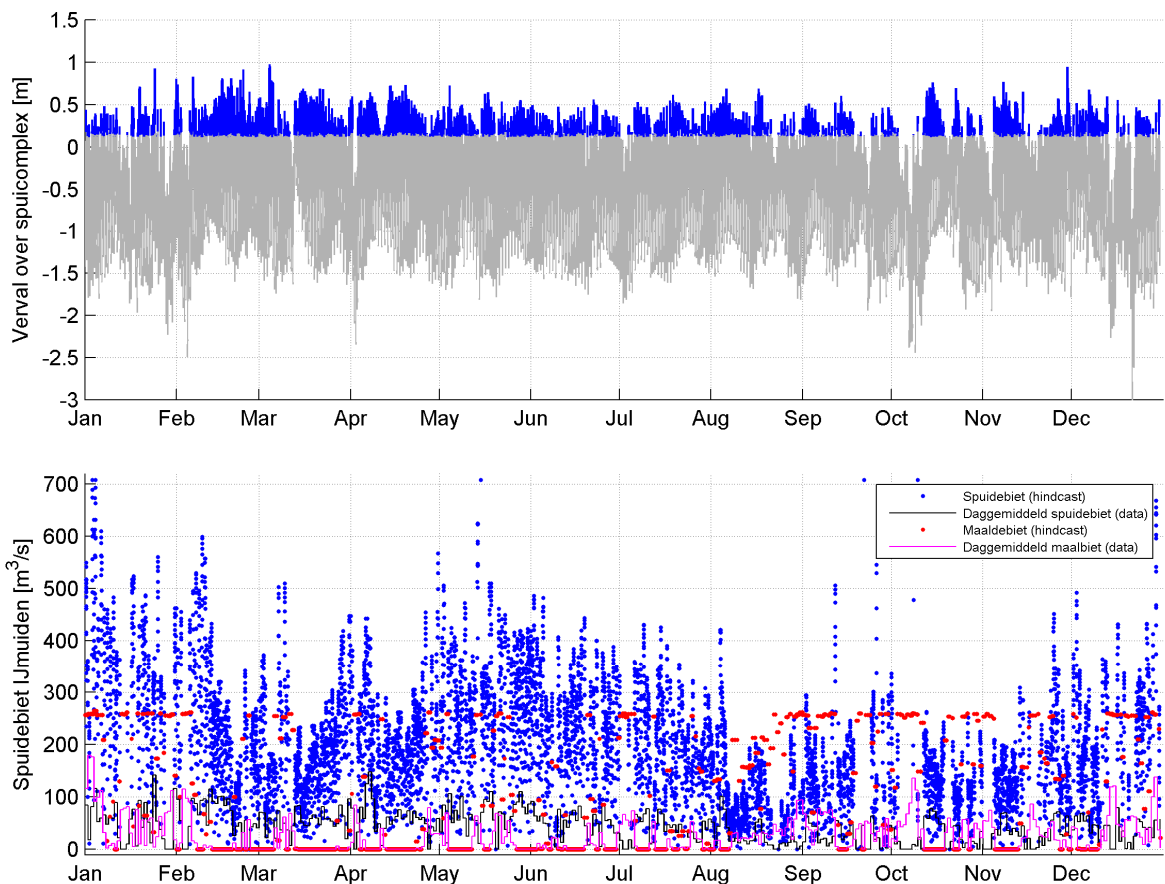


Figuur 3.8 Boven: Cumulatief debiet na 3-daagse correctie, zoals in het model voor de Autonome Ontwikkeling (blauw) en zoals verwacht obv gemeten peil NZK (rood). Onder: correctiefactor toegepast op spui- en maaldebieten bij IJmuiden.



### 3.6.3 Herberekening spui- en maaldebieten IJmuiden

In deze vorige paragraaf is beschreven hoe de dagelijkse spui- en maalvolumes zijn gecorrigeerd om een sluitende waterbalans te krijgen. In deze paragraaf wordt beschreven hoe deze gecorrigeerde dagelijkse volumes getransformeerd zijn naar realistische spui- en maaldebit tijdseries met een resolutie van 10 minuten. Als eerste zal het transformeren van de spuivolumes besproken worden en vervolgens het transformeren van de maaldebieten. Het uiteindelijke resultaat van de transformatie is te zien in Figuur 3.9.



*Figuur 3.9 Boven: Verval over spuicomples, blauwe lijn geeft aan wanneer er gespuid kan worden. Onder: overzicht van herberekende spui- en maaldebieten en de daggemiddelde spuidebieten (data). 1 januari 2003 – 1 januari 2004.*

#### *Spuidebieten*

Voor het transformeren van de spuivolumes is gebruik gemaakt van de volgende data:

- De gecorrigeerde dagelijkse spuivolumes verkregen na correctie zoals beschreven in paragraaf 3.6.2.
- Gemeten waterstand bij IJmuiden buiten (gedownload van Waterbase)
- Gemiddelde peil NZK (geleverd door Arjen Kikkert)

Met behulp van de binnen- en buitenwaterstanden is het verval over het spuicomples berekend. Uit interne informatie is gebleken dat er begonnen wordt met spuien bij een verval van 0,16 m en dat de spuiokers weer volledig gesloten worden bij een verval van 0,12 m. Op

basis van het verval is het potentiële spuidebiet berekend met behulp van de volgende formule [2]:

$$Q = 1250\sqrt{h - 0.12}$$

waarbij  $h$  het verval is in meters. Het potentiële spuidebiet is begrensd op 700 m<sup>3</sup>/s [2]. Op basis van het verschil tussen het berekende dagelijkse potentiële spuivolume en het gemeten spuivolume zijn de potentiële spuidebieten per dag gecorrigeerd. Na correctie zijn alle spuidebieten nogmaals begrensd op 700 m<sup>3</sup>/s. Er komen dagen voor waarop op basis van het verval geen spuidebiet mogelijk zou zijn, maar er toch een positief spuivolume opgenomen is in de waterbalans. In dat geval is er in het model geen spuidebiet opgenomen. Om de waterbalans sluitend te krijgen is vervolgens een uniforme correctie opgelegd over het jaar. Als voorbeeld is het resultaat van deze herberekening gevisualiseerd in Figuur 3.11 voor de periode 1-15 september 2003.

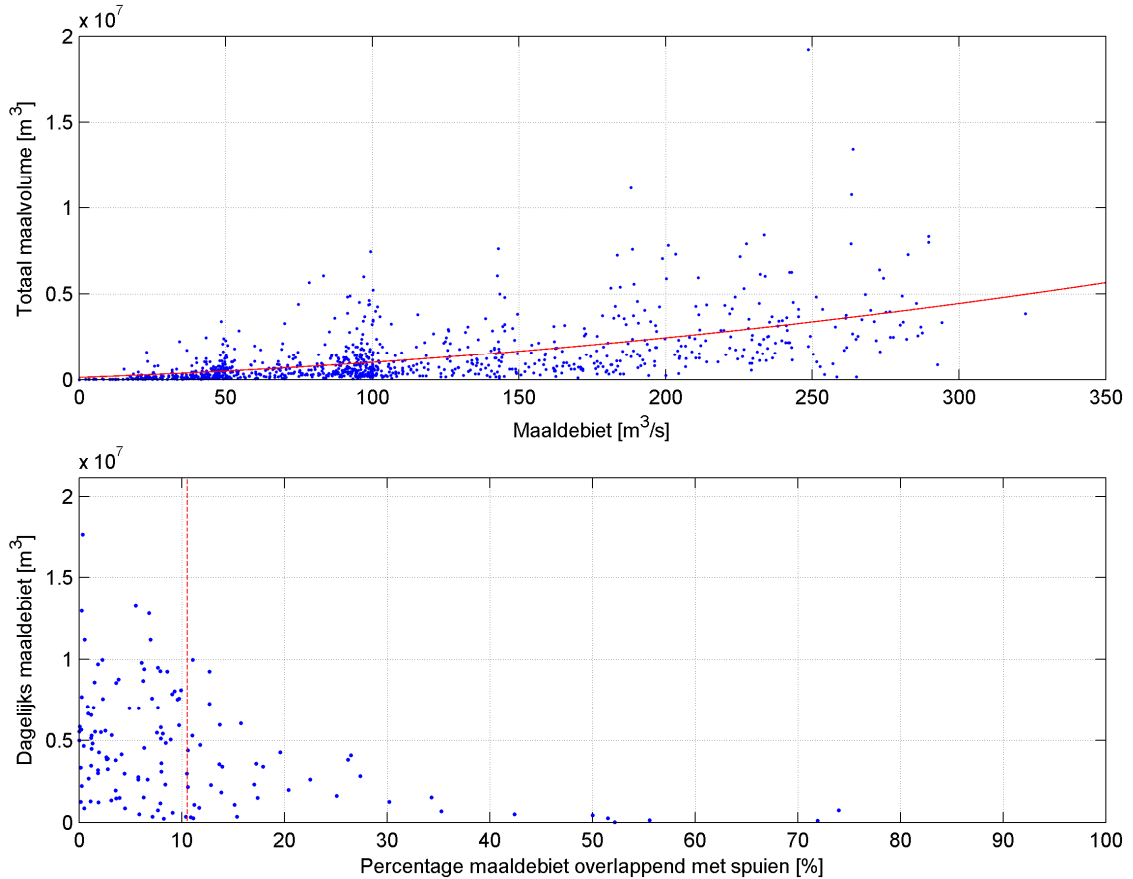
### *Maaldebieten*

Voor het transformeren van de maalvolumes is gebruik gemaakt van de volgende data:

- De gecorrigeerde dagelijkse maalvolumes verkregen na correctie zoals beschreven in paragraaf 3.6.2.
- Een overzicht van de spui- en maaldebieten in 2014 (dagrapports 2014 20150602.xls)

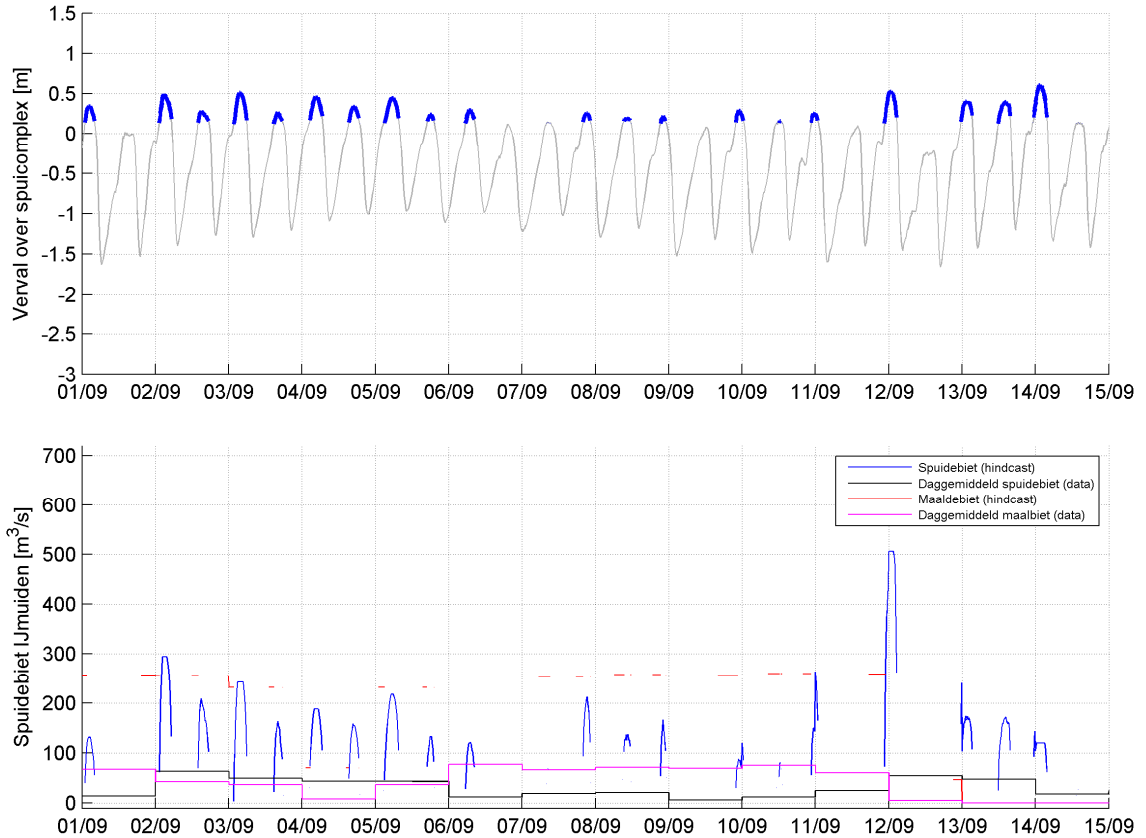
Op basis van een analyse van de 2014 spui- en maaldebieten is gebleken dat het malen over het algemeen vooraf gaat aan het spuien. Daarnaast zijn op basis van de 2014 gegevens de volgende relaties afgeleid:

- Relatie tussen het maaldebiet en het totale volume dat gemaal moet worden per operatie, zie Figuur 3.10 (boven). De afgeleide relatie tussen maaldebiet en totaal maalvolume is gevisualiseerd met de rode lijn
- Relatie tussen dagelijks maaldebiet en het percentage overlap van het maaldebiet met spuien. Op basis van deze vergelijking is aangenomen dat 10% van het malen tegelijk met het spuien plaats vindt. Voor het overige maalvolume (90%) is aangenomen dat het voorafgaand aan het spuien plaatsvindt.



*Figuur 3.10 Boven: relatie tussen maaldebiet en totaal maalvolume per operatie, blauw: data, rood: fit. Onder: relatie tussen dagelijkse maaldebiet en percentage overlap met spuien.*

Met behulp van deze relaties zijn de dagelijkse maalvolumes omgerekend naar een realistische variatie over de dag. Op dagen dat er niet gespuid wordt is er aangenomen dat het malen gecentreerd is rondom het moment met het kleinste verval (i.e. laagste energieverlies). De maaldebieten zijn gelimiteerd op 260 m<sup>3</sup>/s [ref]. Als voorbeeld is het resultaat van deze herberekening gevisualiseerd in Figuur 3.11 voor de periode 1-15 september 2003.



*Figuur 3.11 Boven: Verval over spuicomples, blauwe lijn geeft aan wanneer er gespuid kan worden. Onder: overzicht van herberekende spui- en maaldebieten en de daggemiddelde spuidebieten (data). 1 – 15 september 2003.*

## 4 Resultaten

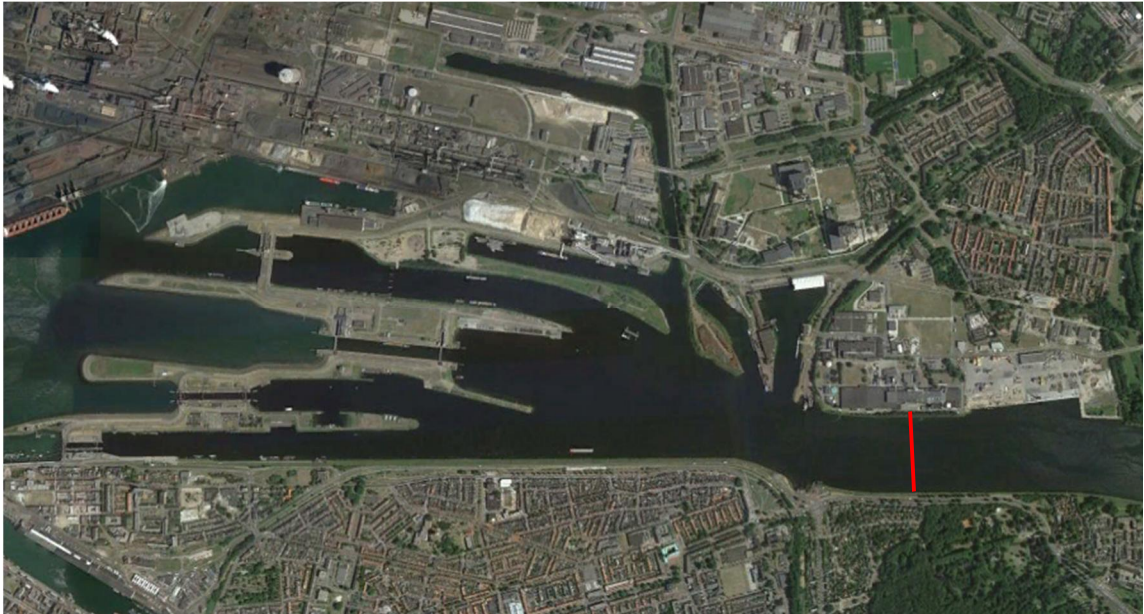
In deze paragraaf worden de resultaten van de simulaties voor het Scenario mei - oktober 2003 beschreven. De werking van de selectieve onttrekking wordt geanalyseerd aan de hand van het cumulatieve zouttransport richting het Noordzeekanaal en de zoutgehalten bij Zijkanaal C en Diemen. De manier van presenteren komt overeen met de rapportage voor de vorige modelleerstudie met betrekking tot de effectiviteit van de selectieve onttrekking [1].

### 4.1 Effect selectieve onttrekking op verzilting Noordzeekanaal

De beoogde doelstelling van de selectieve onttrekking is om de zoutindringing op het Noordzeekanaal in het Projectalternatief (met selectieve onttrekking) niet groter te laten zijn dan de zoutindringing die zou optreden bij de Autonome Ontwikkeling. In deze paragraaf is het effect op de verzilting gevisualiseerd door het cumulatieve zouttransport te plotten in de richting van het Noordzeekanaal (richting het Noordzeekanaal is positief). Figuur 4.1 toont de gekozen dwarsdoorsnede waarover het cumulatieve zouttransport geanalyseerd is. Het cumulatieve zouttransport geeft aan hoeveel kg zout er netto door de dwarsdoorsnede getransporteerd is. In deze paragraaf betekent een positief cumulatief zouttransport dat er t.o.v. het begin van de originele simulatie (1 januari 2013) een netto zouttransport richting het



Noordzeekanaal is opgetreden. Een negatieve cumulatief zouttransport betekent dat t.o.v. het begin van de simulatie een netto zouttransport richting de Velserkom is opgetreden.



Figuur 4.1 Dwarsdoorsnede waarover het cumulatieve zouttransport richting het NZK geanalyseerd is. (bron: Google Earth)

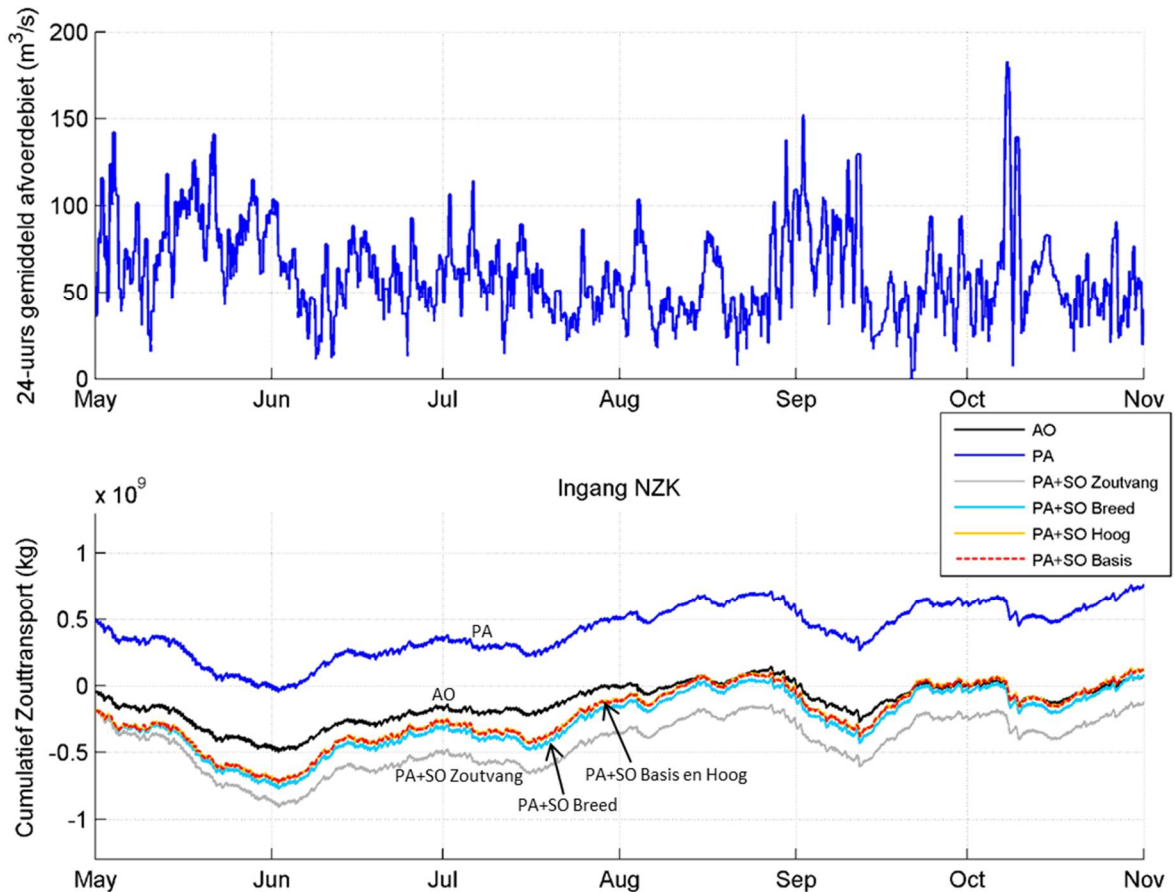
Figuur 4.2 toont een overzicht van het cumulatieve zouttransport richting het Noordzeekanaal voor het Scenario mei - oktober 2003. De bovenste plot toont het gecorrigeerde daggemiddelde afvoerdebiet bij IJmuiden wat gebruikt kan worden ter interpretatie van de variatie in het cumulatieve zouttransport. De onderste plot toont het cumulatieve zouttransport richting het NZK voor de zes beschouwde toestanden (AO, PA, PA+SO Basis, Zoutvang, Breed en Hoog). Aangezien de begincondities van de simulaties zijn gebaseerd op de condities op 1 mei 2013 in de Scenario januari – juli 2013 simulaties, starten de simulaties op verschillende waarden voor het cumulatieve zouttransport. In de waarden voor het cumulatieve zouttransport aan het begin van de simulatie zijn ook de aanpassingen aan de geometrie en initiële waterstand meegenomen.

In eerste instantie zal de werking van PA+SO Basis vergeleken worden met het Projectalternatief (PA) en de Autonome Ontwikkeling. Vervolgens zullen de verschillen alternatieven voor de selectieve onttrekking beschouwd worden.

Aan het begin van de simulaties (1 mei 2003) is het NZK tijdens het Projectalternatief inclusief selectieve onttrekking (Basis) zoeter dan in de Autonome Ontwikkeling. In de maand mei is de afvoer door het spui- maalcomplex relatief hoog, waardoor het NZK verder verzoet tijdens het Projectalternatief inclusief selectieve onttrekking (Basis) t.o.v. de Autonome Ontwikkeling. Van juni 2003 t/m augustus 2003 breekt een periode aan met gemiddeld zeer lage afvoeren door het spui- maalcomplex (gemiddeld  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Te zien is dat de gecreëerde buffer tussen Projectalternatief inclusief selectieve onttrekking (Basis) en Autonome Ontwikkeling afneemt in de loop van augustus, maar dat het Projectalternatief inclusief selectieve onttrekking (Basis) de Autonome Ontwikkeling niet of nauwelijks overschrijdt. Vanaf begin september 2003 nemen de afvoeren weer toe, waardoor er in korte tijd weer een ruime buffer ontstaat tussen het Projectalternatief inclusief selectieve onttrekking (Basis) en de Autonome Ontwikkeling.

De onderlinge verschillen tussen de selectieve onttrekking varianten Basis, Breed en Hoog zijn zeer gering. De variant Breed (+50%) resulteert in een geringe reductie van de verzilting in het NZK. De variant Hoog (+25%) geeft praktisch hetzelfde resultaat als de variant Basis. Het vergroten van de doorstroomopening onder het zoutschermbreedte leidt tot lagere stroomsnelheden onder het zoutschermbreedte. Het verlagen van de stroomsnelheid leidt alleen tot een verandering van de effectiviteit bij hoge afvoeren. Aangezien het Scenario mei-november 2003 gekenmerkt wordt door lage afvoeren, kan dat een deel van kleine verschil verklaren. Een ander deel van het geringe verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door onnauwkeurigheden in de representatie van de zoutprofielen ter hoogte van het zoutschermbreedte. Metingen hebben in de huidige situatie een duidelijke stratificatie laten zien in de Velserskom. In het model zien we vooral een lineair zoutprofiel in de Velserskom. Het gevolg hiervan is dat het effect van het verlagen van de snelheid onder het zoutschermbreedte minder sterk tot uiting komt. Bij een sterke stratificatie (twee-lagen systeem) wordt de onderste laag afgezogen bij lage snelheden en vanaf de zogenaamde kritische snelheid wordt ook veel water uit de bovenste zoete laag afgezogen. Bij een lineaire stratificatie is er geen scherpe overgang tussen deze twee regimes. Het verlagen van de snelheden onder het zoutschermbreedte leidt in het model daarom niet tot significant andere resultaten, terwijl dat voor een sterke stratificatie wel verwacht kan worden (bij hoge afvoeren).

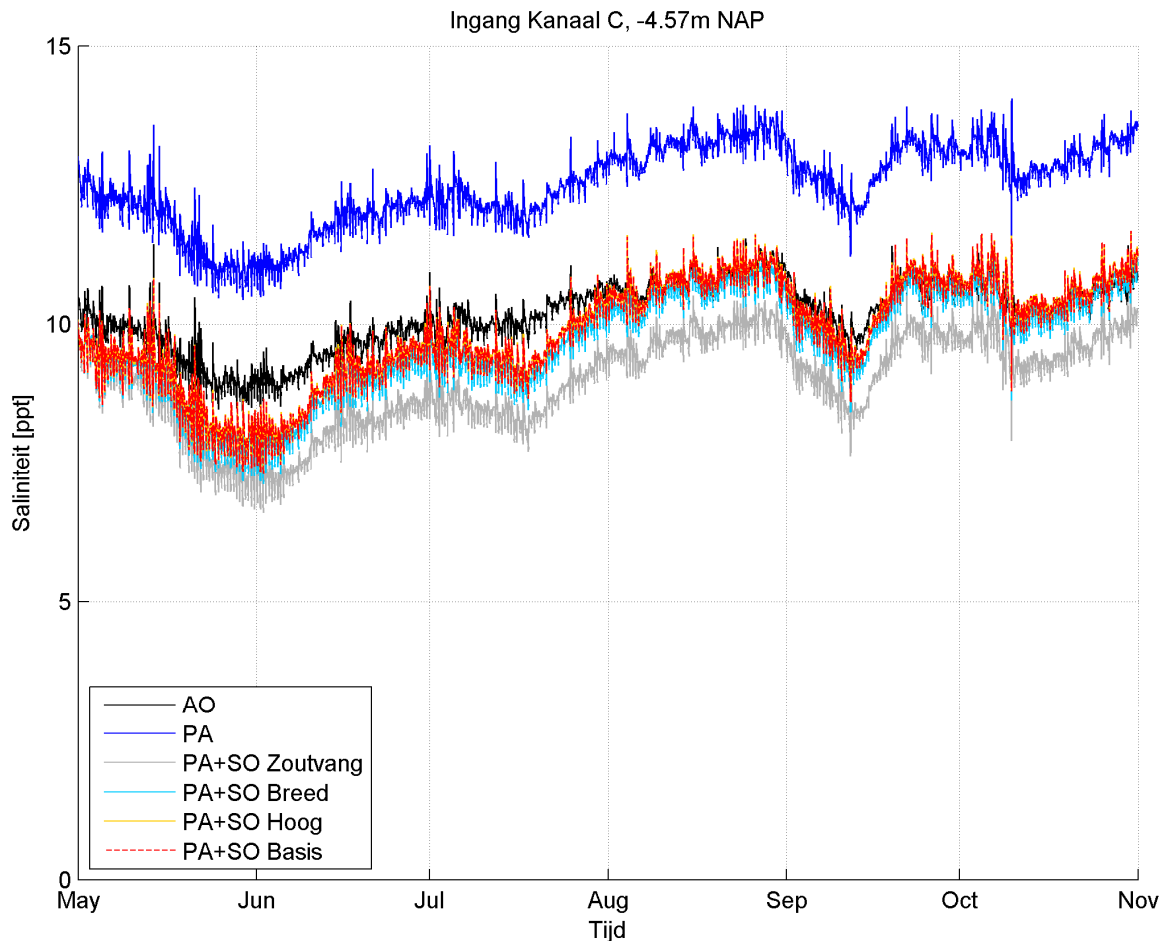
Het verschil tussen de PA+SO Basis en Zoutvang varianten is echter wel zeer duidelijk te zien in Figuur 4.2. Door het aanleggen van een Zoutvang op -24 m NAP (en lokaal bij het zoutschermbreedte een diepte van -25 m NAP), wordt het cumulatieve zouttransport richting het NZK verlaagd met ongeveer  $2 \cdot 10^8$  kg t.o.v. PA+SO Basis.



*Figuur 4.2* Dag gemiddelde afvoerdebiet (boven), cumulatief zouttransport richting NZK (onder). Scenario mei-november 2003, AO, PA, PA+SO basis, PA+SO Zoutvang, PA+SO Breed, PA+SO Hoog.

#### 4.2 Effect selectieve onttrekking op zoutgehalte Zijkanaal C

Consistent met de vorige modelleerstudie naar de effectiviteit van de selectieve onttrekking [1] is het zoutgehalte bij Zijkanaal C vergeleken voor de verschillende simulaties. Figuur 4.3 toont het zoutgehalte op -4,57 m NAP, nabij de bodem, in Zijkanaal C (nabij monding in Noordzeekanaal) voor het Scenario mei - oktober 2003. Deze verticale positie is consistent met het niveau gebruikt in de 2013 rapportage [1]. Het verloop van het zoutgehalte in Zijkanaal C is sterk gerelateerd aan het netto zouttransport bij de ingang van het Noordzeekanaal. Alleen van midden augustus 2003 tot eind augustus 2003 is het zoutgehalte nabij de bodem vergelijkbaar voor de Autonome Ontwikkeling en de meeste PA+SO varianten (uitgezonderd PA+SO Zoutvang), gedurende de rest van de simulatieperiode treedt er in alle PA+SO varianten een verzoeting op ten opzichte van de Autonome Ontwikkeling. Indien de selectieve onttrekking niet toegepast wordt neemt het zoutgehalte tijdens het Projectalternatief met ongeveer 2 – 2,5 ppt toe ten opzichte van de Autonome Ontwikkeling. Indien de selectieve onttrekking wordt toegepast neemt het bodemzoutgehalte bij de ingang van Zijkanaal C af met ongeveer 2,5 – 4 ppt.

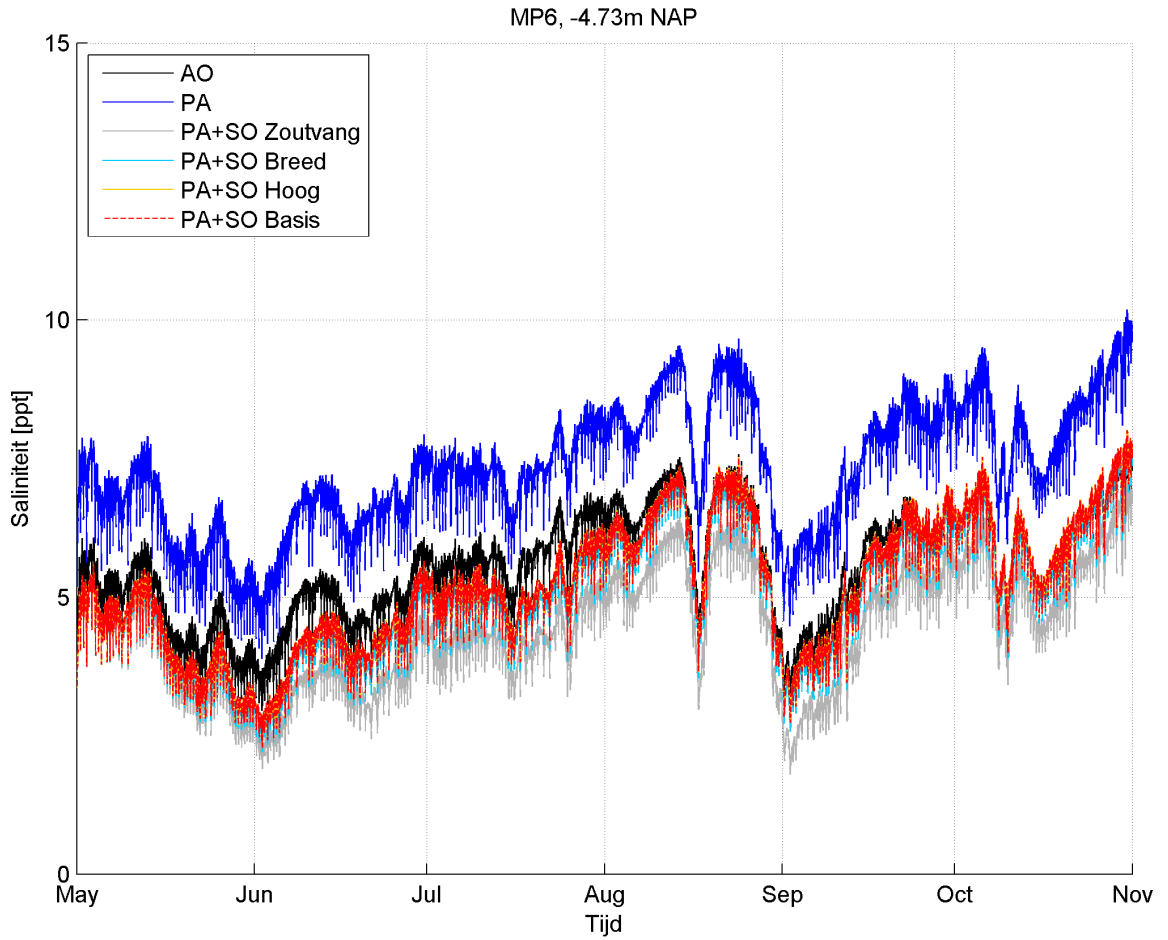


Figuur 4.3 Zoutgehalte bij ingang Zijkanaal C op -4.57 m NAP (nabij bodem), mei-november 2003. AO, PA en PA+SO Basis, Zoutvang, Breed en Hoog.

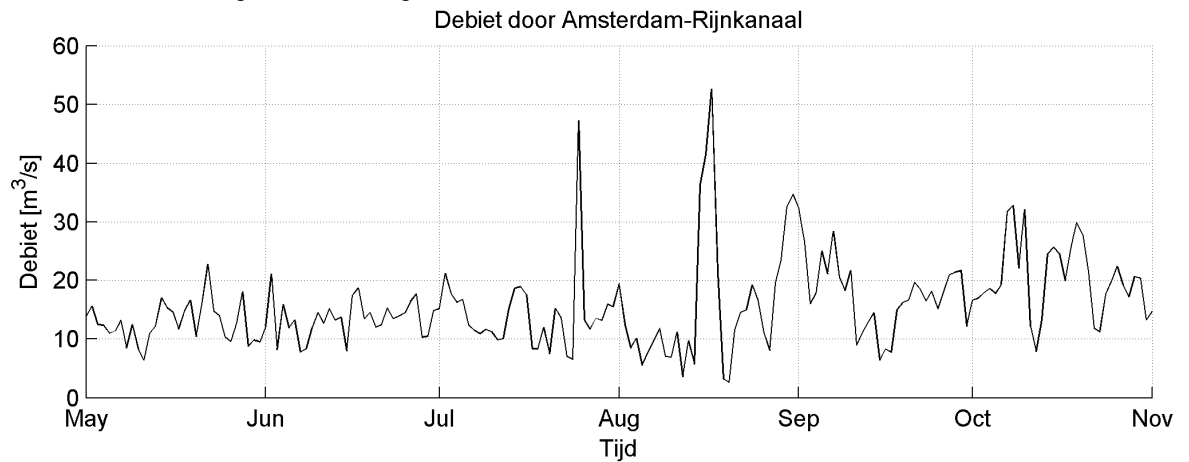
#### 4.3 Effect selectieve onttrekking op zoutgehalte MP6 (nabij Diemen)

Figuur 4.4 toont het zoutgehalte op -4.73 m NAP op het punt MP6 (nabij Diemen) voor het Scenario mei – oktober 2003. Deze verticale positie is consistent met het niveau gebruikt in de 2013 rapportage [1]. Het zoutgehalte bij Diemen is deels afhankelijk van het netto zouttransport bij de ingang van het Noordzeekanaal en deels van het debiet in het ARK (zie Figuur 4.5). Tijdens het Projectalternatief zijn de zoutgehalten bij de bodem ongeveer 1,5 – 2 ppt hoger dan tijdens de Autonome Ontwikkeling. Door het aanbrengen van de selectieve onttrekking worden de zoutgehalten tijdens het Projectalternatief weer met ongeveer 2 – 3,5 ppt teruggedrongen.





*Figuur 4.4 Zoutgehalte bij MP6 (nabij Diemen) op -4.73 m NAP, mei-november 2003. AO, PA en PA+SO Basis, Zoutvang, Breed en Hoog.*



*Figuur 4.5 Debiet bij Maarssen*

## 5 Discussie

### *Waterbeheer maatregelen 2003*

In de huidige studie is ervoor gekozen om de effectiviteit van de selectieve onttrekking te modelleren voor het zeer droge jaar 2003. Vanwege de aanhoudende droogte in de periode juli – september heeft LCW destijds besloten om enkele mitigerende maatregelen te nemen. Deze maatregelen waren onder andere het verhogen van de afvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal en het verhogen van het streefpeil op het NZK en ARK. Deze mitigerende maatregelen zijn in de simulaties voor de huidige studie meegenomen, aangezien deze in de waterbalans opgenomen zijn. Voor de interpretatie van de 2003 randvoorwaarden is het van belang om een overzicht te hebben van de mitigerende maatregelen die destijds zijn uitgevoerd. Hieronder volgt een beknopt overzicht van de maatregelen op basis van de evaluatie van de werkzaamheden van de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling (LCW) in de zomer van 2003 [4]:

- Op 24 juli is besloten om extra water richting het Noordzeekanaal te sturen voor het beperken van warmterecirculatie bij innamepunten van energiecentrales. Daarnaast is het peil van het NZK en ARK met 5 cm verhoogt (van -0,40 m NAP naar -0,35 m NAP), zodat er een grotere buffer ontstond om water richting omliggende polders te sturen.
- Van 26 augustus t/m 10 september is via gemaal Zeeburg extra water aangevoerd vanuit het IJsselmeer naar de Amstel ten behoeve van het doorspoelen van de Amsterdamse grachten. Gedurende deze periode werd gemiddeld ongeveer 20 m<sup>3</sup>/s aangevoerd tegenover gemiddeld 3 m<sup>3</sup>/s in de periode daarvoor. Daarnaast is het NZK peil verlaagd naar -0,37 m NAP (was nog -0,35 m NAP sinds 24 juli) in verband met het doorspoelen van de Amsterdamse grachten. Volgens het gemeten peil van het NZK, zie Figuur 3.7, is dat gebeurt op 11 september.

Deze mitigerende maatregelen zijn via de waterbalans in de randvoorwaarden van de huidige simulaties meegenomen. Voor het doorspoelen van de Amsterdamse grachten is het nodig de sluizen naast het Gemaal Zeeburg tijdelijk te sluiten. Deze optie (openen en sluiten van sluizen) zit evenwel niet in het model. Gevolg is dat het debiet van Gemaal Zeeburg in de simulaties grotendeels naar het ARK afstroomt richting NZK. Omdat dit geldt voor alle gemodelleerde toestanden heeft dit op de relatieve beoordeling van de varianten van selectieve onttrekking geen grote invloed.

## 6 Conclusies

Het doel van deze studie was het analyseren van het effect van de selectieve onttrekking in de monding van het Binnenspuikanaal bij IJmuiden voor het terugdringen of mitigeren van de extra zoutindringing in het Noordzeekanaal ten gevolge van de nieuwe zeesluis bij IJmuiden. In deze memo is de effectiviteit van de selectieve onttrekking geanalyseerd voor de condities die tijdens de zomer van 2003 optraden (zeer lage afvoeren). De modellen zoals gebruikt in de 2016 modelleerstudie van Deltares [1] zijn als basis gebruikt voor deze memo. Met behulp van een waterbalans voor 2003 zijn randvoorwaarden voor het model gegenereerd. Op basis van deze simulaties kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Ook aan het eind van de droge periode (midden augustus tot eind augustus 2003) overschrijdt het cumulatieve zouttransport naar het Noordzeekanaal in het Projectalternatief inclusief selectieve onttrekking dat van de Autonome Ontwikkeling niet of nauwelijks. Gedurende de rest van de periode is de selectieve onttrekking in staat om het extra zout ten gevolge van de Nieuwe Zeesluis volledig te mitigeren en heeft over het algemeen zelfs een verzoeting van het NZK tot gevolg.
- De onderlinge verschillen tussen de selectieve onttrekking varianten Basis, Breed en Hoog zijn zeer gering. Het vergroten van de doorstroomopening onder het zoutscherm leidt tot lagere stroomsnelheden onder het zoutscherm. Het verlagen van de stroomsnelheid leidt alleen tot een verandering van de effectiviteit bij hoge afvoeren. Aangezien het Scenario mei-november 2003 gekenmerkt wordt door lage afvoeren, is het geringe verschil tussen de varianten goed te verklaren.
- De variant PA+SO Zoutvang leidt wel tot een significante vermindering van de zoutindringing richting het NZK in vergelijking met de variant PA+SO Basis. Door het aanleggen van een Zoutvang op -24 m NAP (en lokaal bij het zoutscherm een diepte van -25 m NAP), wordt het cumulatieve zouttransport richting het NZK verlaagd met ongeveer  $2 \cdot 10^8$  kg t.o.v. PA+SO Basis.

## Referenties

[1] "Zoutindringing IJmuiden: Fase 3: Verdere uitwerking mogelijke bronmaatregelen". Deltares Rapport 1220309-000-HYE-0045. Oktober 2016.

[2] "Het Noordzeekanaal in cijfers anno 2004", Rapport ANW-04.04, Dictoraat-Generaal Rijkswaterstaat.

[3] "Waterbalans Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal 2001-2003", Rapport 9R0452, Royal Haskoning, oktober 2005.

[4] "Evaluatie van de werkzaamheden van de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling (LCW) in de zomer van 2003". Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling. December 2003





**Datum**  
7 juli 2017

**Ons kenmerk**  
11200215-000-HYE-0003

**Pagina**  
24/24

[5] "KWA 2003 Rapportage". Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Oktober 2003

6] "De ervaringen geëvalueerd: RWS Utrecht droogte 2003". RWS Utrecht. Februari 2004

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0	Maart 2017	W. Verbruggen		A.C. Bijlsma		K.J. Bos	
1	Juli 2017	W. Verbruggen		A.C. Bijlsma		K.J. Bos	