

stowa

BIJLAGE D

VALIDATIE NHI

WATERSCHAP

HOLLANDSE DELTA



RAPPORT

2011
w02

BIJLAGE D

VALIDATIE NHI WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA

RAPPORT

2011
W02



Validatie NHI voor waterschap Hollandse Delta

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Opdrachtgever:
Stowa

Validatie NHI voor waterschap Hollandse Delta

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Rapport

december 2010

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding validatie NHI	3
1.2	Aanpak.....	4
2	Neerslag en verdamping	6
2.1	Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen	6
2.2	Berekeningsprocedure model neerslag.....	9
2.3	Verdampingsberekening in NHI.....	10
2.4	Referentie en actuele verdamping	11
3	Oppervlaktewater	13
3.1	Schematisatie van waterschap Hollandse Delta in NHI.....	13
3.2	Wateraanvoer naar en afvoer van de Voorne-Putten	16
3.3	Wateraanvoer naar en afvoer van IJsselmonde	18
3.4	Wateraanvoer naar en afvoer van de Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht	20
3.5	Wateraanvoer naar en afvoer van Goeree Overflakkee	20
3.6	Overzicht.....	23
4	Grondwaterstanden	25
4.1	Inleiding.....	25
4.2	Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden.....	25
4.3	Samenvatting	39
5	Chlorideconcentraties	41
5.1	Algemeen.....	41
5.2	Chlorideconcentraties 2003 vergeleken met NHI resultaat.....	42
6	Conclusies en aanbevelingen	49
6.1	Conclusies	49
6.2	Aanbevelingen	50
7	Literatuur	51

1 Inleiding

1.1 Aanleiding validatie NHI

In het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma, wordt de besluitvorming van het kabinet voorbereid over de zoetwatervoorziening op de lange termijn en de “geen-spijt”-maatregelen op korte termijn. Het deelprogramma wordt getrokken door DG Water van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. De projectgroep is samengesteld uit DGW, LNV, VROM, IPO, VNG, Unie van Waterschappen en Rijkswaterstaat. Binnen het deelprogramma Zoetwater wordt voor de onderbouwing van de besluitvorming de “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening” uitgevoerd door Rijkswaterstaat Waterdienst en Deltares. Zowel waterbeheerders als watergebruikers worden bij het proces betrokken d.m.v. informatiebijeenkomsten. De “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening”, na voorbereidende activiteiten in 2009, zal in de periode 2010 – 2013 worden vervolgd met analyse van beleidsstrategieën.

In de beleidsanalyse wordt vanaf medio 2010 gebruik gemaakt van modellen. Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) staat aan de basis van de watersysteemanalyses, vanwege de samenhang en consistente benadering van het Nederlandse watersysteem in dit instrumentarium. Het NHI is ontwikkeld door Deltares en Alterra en is op 1 april 2010 als versie 2.0 opgeleverd aan Rijkswaterstaat Waterdienst. Gedurende de looptijd van de “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening” zal een jaarlijkse herziening van het NHI uitkomen. Met het NHI worden diverse scenario’s voor bijvoorbeeld het klimaat en het landgebruik (c.q. de watervraag) doorgerekend. Ook effecten van maatregelen worden met het instrumentarium doorgerekend, waarmee het een belangrijke plaats inneemt in het hele proces dat moet leiden tot een kabinetsbesluit. Dat stelt twee belangrijke eisen aan het NHI:

- Het NHI moet inzetbaar zijn voor de waterverdelingsvraagstukken op nationale schaal;
- Het NHI moet inzetbaar zijn voor het bepalen van de regionale watervraag en -waterbeschikbaarheid.

Het NHI is goed inzetbaar op nationale schaal als het ook de regionale watervraag goed berekent. Met de term „inzetbaar” wordt bedoeld dat effecten van klimaatveranderingen en effecten van maatregelen met voldoende nauwkeurigheid op regionale schaal kunnen worden berekend. De term „voldoende nauwkeurigheid” is tot op heden niet nader gespecificeerd, maar houdt minimaal in dat de modelresultaten voor de huidige situatie door de regionale waterbeheerders worden herkend en erkend.

De regionale waterbeheerders hebben de volgende belangen bij een goed functionerend NHI:

- Het NHI is de basis voor een kabinetsbesluit over de waterverdeling in Nederland op de lange termijn. Verder zal het NHI door Rijkswaterstaat in geval van actuele droogte worden ingezet voor advies aan de LCW over de operationele waterverdeling. De waterschappen hebben als belanghebbenden bij de waterverdeling (zowel beleidsmatig als operationeel) daarom een belang bij een goed functionerend NHI.
- Het NHI biedt potentieel belangrijke baten voor de regionale waterbeheerders:
 - Met het NHI zijn regio-overstijgende uitspraken mogelijk over effecten van inrichtingsmaatregelen en klimaatscenario’s;

- Er kunnen efficiencyvoordelen worden gehaald bij de bouw en het beheer van regionale hydrologische modellen;
- De consistentie van het door de regionale waterbeheerders ontwikkelde beleid wordt beter gewaarborgd.

De STOWA vindt het daarom van groot belang dat het presteren van het NHI in de regio wordt getoetst. De berekeningsresultaten van het NHI worden regionaal getoetst aan de volgende hydrologische waarnemingen:

- De opgelegde neerslag hoeveelheden in relatie tot de werkelijk gevallen hoeveelheden neerslag;
- De opgelegde referentieverdamping in relatie tot de werkelijke referentieverdamping
- Aanvoeren en afvoeren op hoofdmeetpunten;
- Actuele verdamping op basis van remote sensing beelden van de actuele verdamping en actuele verdampingswaarden bepaald door Alterra;
- Gemeten freatische grondwaterstanden (met inachtneming van de resolutie van het NHI), met name de dynamiek en het recessieverloop in droge periodes als indicator voor de juistheid waarmee de fysische processen zijn gemodelleerd, en
- Chlorideconcentraties van het oppervlaktewater op de hoofdmeetpunten.

Het betreft hier de toetsing van de NHI versie 2.0, die sinds april 2010 in gebruik is. De toetsing vindt plaats voor de droge zomers van 2003 en 2006 (periode 1 april – 30 september), en aanvullend voor de andere maanden in het jaar om het complete hydrologische gedrag te kunnen beoordelen. De toetsing wordt waar sprake is van regionale droogtestudies gekoppeld aan de betreffende studiegebieden.

1.2 Aanpak

Het waterschap Hollandse Delta (HD) omvat het zuidelijk deel de provincie Zuid Holland ingesloten door de Nieuwe Maas, de Noord, de Beneden Merwede, de Nieuwe Merwede, het Hollands Diep, het Volkerak, het Grevelingenmeer en de Noordzee. Noordzeekanaal, zie Figuur 1.1. Het omvat de voormalige waterschappen Voorne-Putten, IJsselmonde, Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht en Goeree Overflakkee. De validatie van het NHI voor het beheergebied, is uitgevoerd op de reproductie van de inlaat en afvoer van oppervlaktewater, van grondwaterstanden op door het waterschap geselecteerde locaties en chlorideconcentraties. De NHI validaties van de neerslag in het model voor noord, oost, midden en west Nederland hebben tot duidelijke aanbevelingen geleid voor verbeteringen voor geheel Nederland. Deze verbeteringen zijn inmiddels in uitvoering. Daarom wordt de neerslaganalyse voor de overige waterschappen waaronder Hollandse Delta achterwege gelaten totdat de verbeteringen zijn ingevoerd. De bevindingen elders worden wel vermeld. Validatie van de verdamping is ook achterwege gelaten omdat geen metingen van de actuele verdamping in het beheersgebied voor 2003 en 2006 voorhanden zijn.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt aandacht gegeven aan de neerslag en verdampingskarakteristieken van de geselecteerde jaren 2003 en 2006 in relatie met de normalen. Dit om na te gaan hoe representatief de gekozen jaren zijn voor extreme situaties. Voorts komen in dit hoofdstuk de bevindingen en de aanbevelingen op basis van eerdere analyses aan de orde. Vervolgens wordt de NHI validatie voor het oppervlaktewater besproken in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de grondwaterstandreeksen vergeleken met de dagelijkse grondwaterstanden zoals die door het NHI zijn berekend. De bevindingen van de zoutmodellering in het NHI zijn weergegeven in

hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 zijn de conclusies samengevat en worden aanbevelingen voor verbeteringen gegeven.

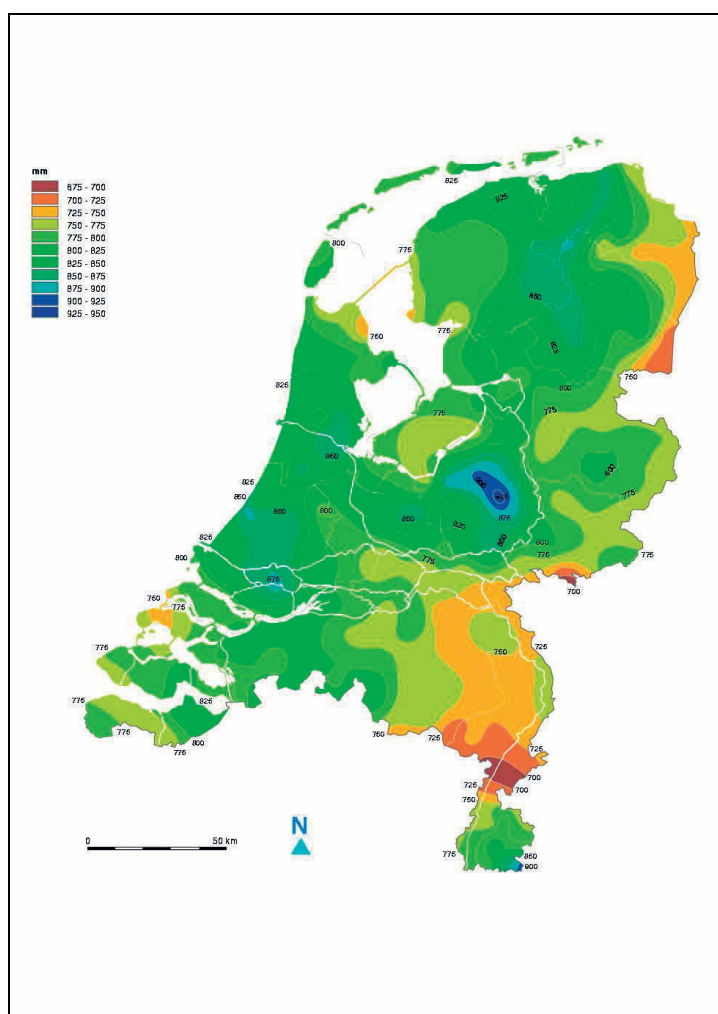


Figuur 1.1 *Beheergebied Hollandse Delta ten zuiden van de Nieuwe Maas (uit de Bosatlas van Nederland, 2007)*

2 Neerslag en verdamping

2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Nederland in de periode 1971-2000 (periode voor de bepaling van de huidige normalen), op basis van de neerslagstations uitgerust met een standaard regenmeter, bedroeg 797 mm, met een ruimtelijke standaardafwijking van 41 mm. De normaal voor het beheergebied van de Hollandse Delta ligt met 815 mm iets boven het landelijk gemiddelde. IJsselmonde scoort het hoogst en Goeree het laagst zie Figuur 2.1.

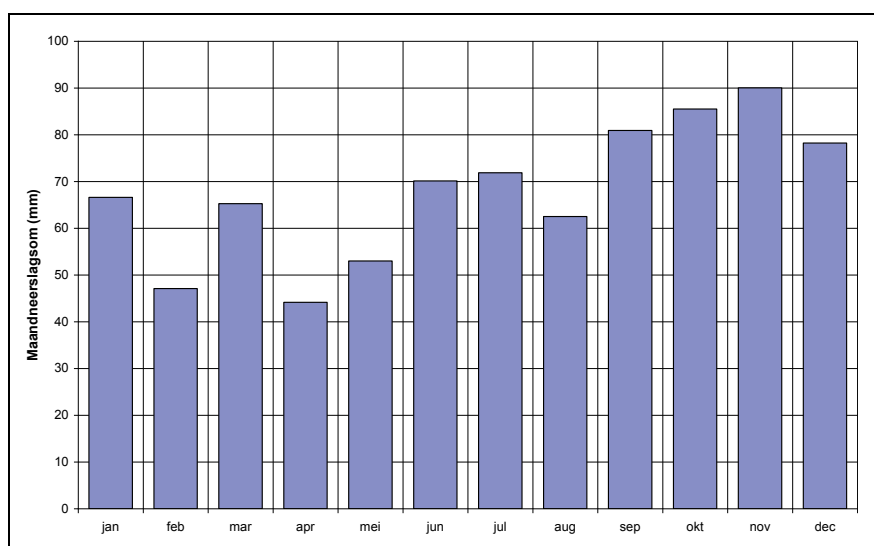


Figuur 2.1 Gemiddelde jaarneerslag periode 1971-2000 (bron: KNMI)

De maandnormalen voor het waterschap zijn weergegeven in Figuur 2.2. Totaal 47% (379 mm) van de neerslag valt gemiddeld genomen in het groeiseizoen (1 april – 30 september). De maanden met de minste neerslag zijn normaal februari en april, terwijl de hoogste waarden optreden in het najaar.

Tabel 2.1 Jaar- en seizoenneerslagsommen in mm in het waterschap Hollandse Delta

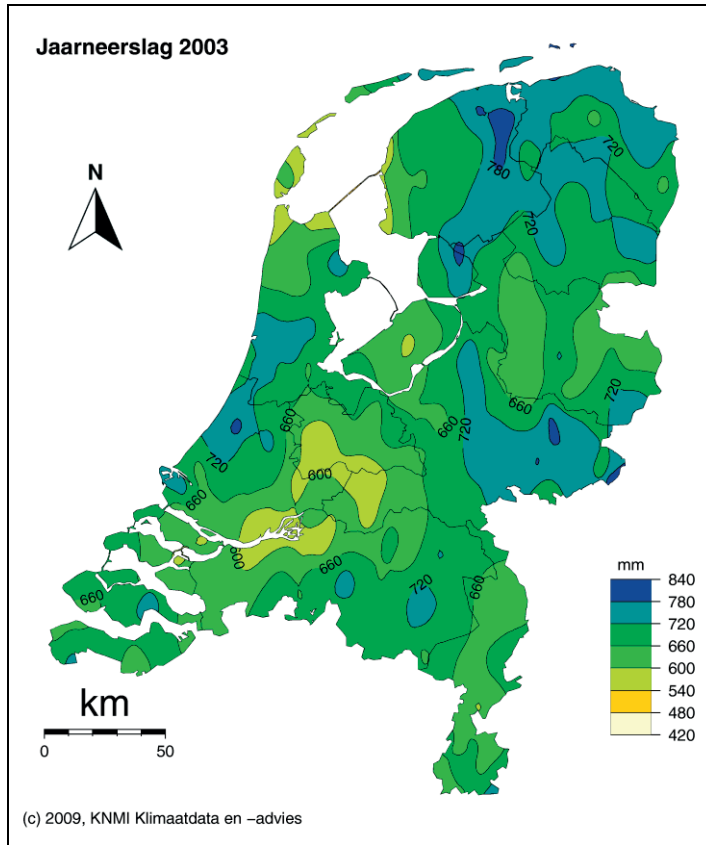
	Jaar	Groeiseizoen
Normaal	815	383
2003	650	296
2006	839	400



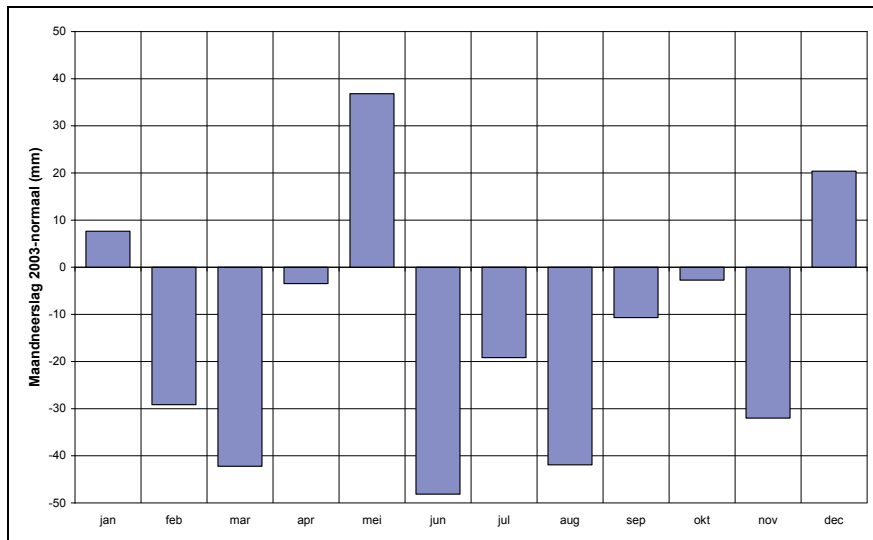
Figuur 2.2 Maandneerslagnormalen voor waterschap Hollandse Delta

De verdeling van de jaarneerslagsom in 2003 is weergegeven in Figuur 2.3. Voor de Hollandse Delta was de neerslag het hoogst in het westen en aanmerkelijk lager in het oosten van het waterschap. In 2003 was de jaar- en seizoenneerslagsom in het waterschap respectievelijk 165 en 87 mm lager dan normaal. De afwijking van de maandsommen van de normalen is weergegeven in Figuur 2.4. Met uitzondering van de maand mei waren de neerslagsommen in de overige maanden in het groeiseizoen gelijk aan of lager dan de normaal. Dit heeft er toe geleid dat het potentiële neerslagtekort aan het einde van het groeiseizoen aanmerkelijk groter is geweest dan in een gemiddeld jaar, ook al omdat de referentie verdamping in 2003 hoger was dan gemiddeld.

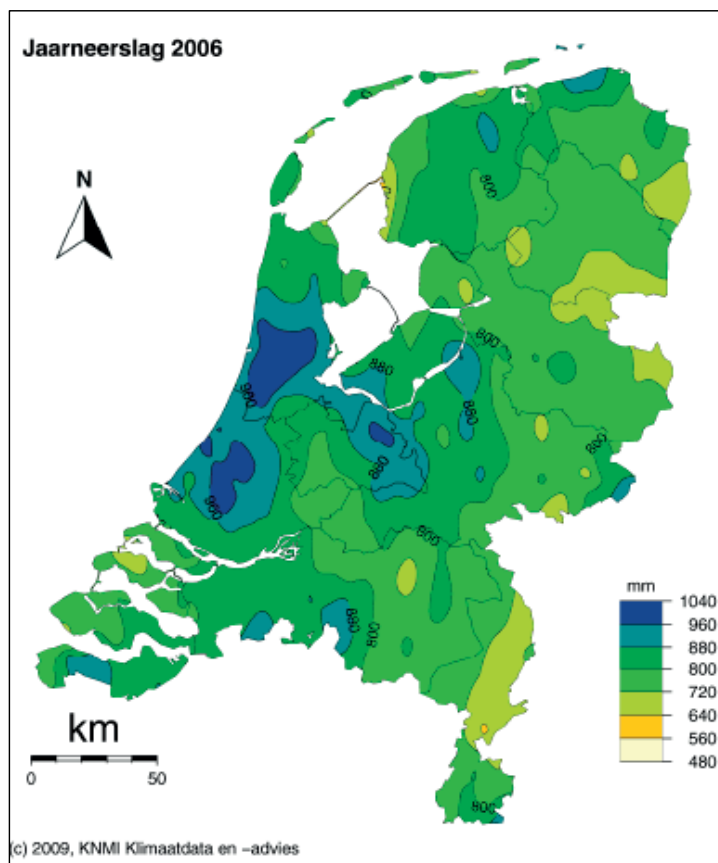
De isohyeten van de jaarneerslag voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 2.5. De trend is nu noord-zuid voor het Hollandse Delta met de hoogste waarden langs de Nieuwe Maas. De jaarneerslagsom voor 2006 bedroeg in de Hollandse Delta 839 mm, 19 mm meer dan normaal. In het groeiseizoen was de neerslagsom 400 mm, 17 mm hoger dan normaal. De afwijking van de maandneerslag in 2006 van de normalen is gepresenteerd in Figuur 2.6. Opvallend is dat de maanden juni en juli droger waren dan gemiddeld en augustus veel natter. De verdamping was in 2006 hoger dan normaal. Samen met de droge maanden juni en juli heeft dit ervoor gezorgd dat het potentiële neerslagtekort eind juli extreem groot is geweest, van dezelfde orde van grootte als in 2003 aan het eind van het groeiseizoen. Omdat het tekort in 2006 zich in het midden van het groeiseizoen heeft voorgedaan zijn bij onvoldoende waterbeschikbaarheid de consequenties voor de landbouw potentieel ernstiger geweest. Dit ondanks dat de neerslag in 2006 iets boven normaal lag. Door de zeer natte maand augustus in dat jaar is het neerslagtekort goeddeels tenietgedaan, om vervolgens weer te groeien door de droogte in september. Door deze opeenvolging van natte en droge perioden is het jaar 2006 uitermate geschikt voor validatie van het NHI. De watervraag in dat jaar is groot en variabel geweest, met veel dynamiek in de wateraanvoer. Ook de grondwaterstanden hebben sterk gefluctueerd, waarbij vooral de juiste reproductie in het model van de timing en de grootte van de respons van het freatisch grondwater op de neerslag in augustus na de uitputting gedurende de droge maanden juni en juli interessant is.



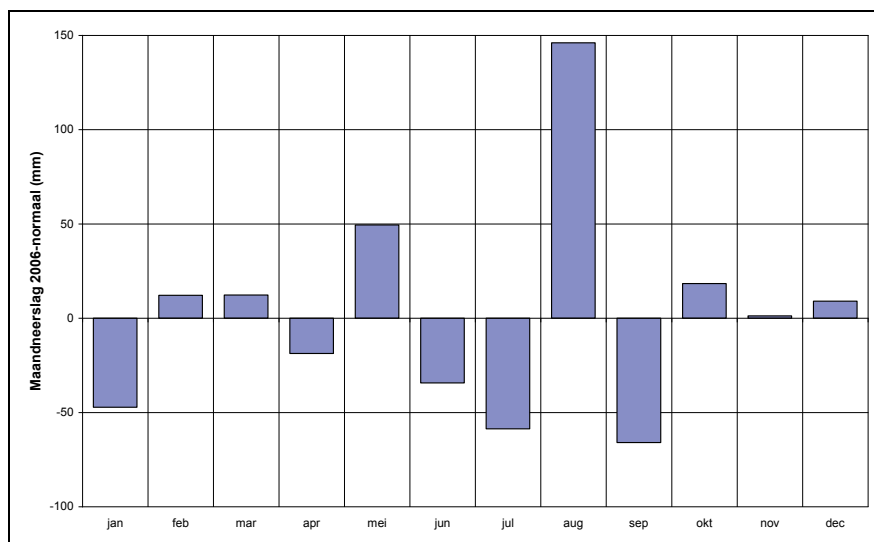
Figuur 2.3 Jaarneerslag in 2003 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



Figuur 2.4 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2003 van de maandnormalen voor waterschap Hollandse Delta



Figuur 2.5 Jaarneerslag in 2006 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



Figuur 2.6 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2006 van de maandnormalen voor waterschap Hollandse Delta

2.2 Berekeningsprocedure model neerslag

De procedure die in de huidige NHI versie gebruikt is voor de bepaling van de ruimtelijke verdeling van de neerslag is gebaseerd op de gemeten neerslag bij de hoofdstations. Deze neerslag wordt met een Thiessennetwerk toegekend aan de rekencellen. Vervolgens wordt per rekencel gecorrigeerd voor de ruimtelijke verdeling volgens de *jaarnormalen* van het neerslagnetwerk (zie Deelrapport Neerslag en Verdamping, NHI, 2008). Dit houdt in dat voor een beheergebied slechts één of enkele

meteorologische stations de waarden bepalen. Deze procedure is voor het analyseren van tendensen in het gemiddelde gedrag over lange perioden mogelijk aanvaardbaar, maar zeker niet voor het analyseren van extremen en analyse van afzonderlijke jaren. Aangevoerd kan worden dat deze procedure in afzonderlijke maanden tot aanzienlijke afwijkingen van de neerslag kan leiden, ook al zouden de jaarsommen gelijk zijn. In de volgende NHI-versie worden de metingen van alle neerslag en meteorologische stations in beschouwing genomen, terwijl de ruimtelijke verdeling verder wordt verbeterd door ook de puntmetingen te combineren met radarwaarnemingen.

Voorts is gebleken dat op de meteorologische stations met een 4 dm² regenmeter gemiddeld genomen minder neerslag wordt gemeten dan op de neerslagstations waar met een standaard regenmeter, die een 2 dm² grote opvangtrechter heeft, wordt gewerkt. Dit verschil kan verklaard worden door meetonzuiverheden t.g.v. windeffecten. De gepresenteerde neerslaggegevens zijn niet gecorrigeerd voor wind. Hierdoor is de neerslag onderschat. Op basis van onderzoek in het Hupselse Beekgebied (Warmerdam, 1982) zijn de afwijkingen in de metingen op de meteorologische stations orde 7 tot 8 % op jaarbasis te verwachten en op de neerslagstations van orde 4% (Ogink, 2010). Aan de onzuiverheid in de neerslaggegevens dient men in het vervolg van de modelontwikkeling aandacht te geven.

2.3 Verdampingsberekening in NHI

In het NHI is voor de verdampingsberekening bij de geanalyseerde simulaties de referentiegewasverdamping volgens Makkink ET_{ref} het vertrekpunt geweest (SIMGRO 7.1.0 manual, Theory and model implementation, van Walsum et al., 2010). Merk op dat NHI v2.0 ook potentiële gewasverdamping met de Penman-Monteith methode toelaat (in twee varianten: direct met de relevante gewaskenmerken of indirect als een referentieverdamping met een gewasfactor), maar hiervoor is niet gekozen. Met de Makkink referentie verdamping worden op dagbasis 4 hulpvariabelen bepaald:

- ET_{w0} = verdamping van een nat gewasoppervlak (wet canopy)
- ET_{p0} = verdamping van een droog gewasoppervlak (dry canopy)
- E_{p0} = verdamping van een natte kale grond (wet, bare soil)
- E_0 = verdamping van plassen op het oppervlak (ponded soil)

Deze grootheden worden verkregen door de referentieverdamping te vermenigvuldigen met een „gewasfactor“, die voor een gewasoppervlak afhangt van het soort gewas en het groeistadium (seizoen), c.q. type grond. De totale verdamping E_{tot} in het NHI is de som van 4 verschillende processen:

- verdamping van interceptiewater E_i ,
- transpiratie van gewas T_a ,
- verdamping van water in plassen E_{pond} , en
- verdamping van kale grond E_a .

$$E_{tot} = E_i + T_a + E_{pond} + E_a \quad (2.1)$$

Per rekentijdstap wordt eerst de verdamping van interceptiewater berekend, E_i . Deze is een functie van de gewasbedekkingsgraad van de bodem, de vullingsgraad van het gewasinterceptiereservoir en de potentiële verdamping van een nat gewasoppervlak ET_{w0} . De verhouding $W_{frac} = E_i / ET_{w0}$ geeft de relatieve duur van interceptiewaterverdamping binnen een tijdstap aan. Die duur wordt in mindering gebracht op de gewastranspiratie en de bodemverdamping.

Vervolgens wordt de potentiële bodemverdamping E_p bepaald op basis van de potentiële verdamping van een natte, kale grond E_{p0} , gecorrigeerd voor de duur dat interceptieverdamping actief is en een factor die de beschutting van de bodem door gewasbedekking voor instraling weergeeft.

De potentiële transpiratie T_p volgt uit de potentiële verdamping van een droog gewasoppervlak ET_{p0} , gecorrigeerd voor de duur dat interceptieverdamping actief is en verminderd met de potentiële bodemverdamping E_p . De actuele transpiratie T_a wordt berekend uit de potentiële transpiratie gecorrigeerd met een bodemvochtcorrectiefactor volgens het concept van Feddes: potentieel binnen grenzen en daarbuiten lineair afnemend.

De verdamping van water uit plassen E_{pond} is potentieel E_0 , tenzij de verdamping groter is dan de voorraad in de plas. In het laatste geval wordt de actuele verdamping gelijk wordt gesteld aan de beschikbare waterschijf.

Tenslotte, wordt de actuele bodemverdamping E_a bepaald volgens de methode van Boesten en Stroosnijder. De verdamping is potentieel als de netto neerslag groter is dan E_p . In perioden zonder neerslag blijft de verdamping eerst nog potentieel totdat een drempelwaarde wordt overschreden, waarna de verdamping terugloopt als functie van een bodemparameter en de wortel uit de geaccumuleerde potentiële verdamping sinds het begin van de regenloze periode.

2.4 Referentie en actuele verdamping

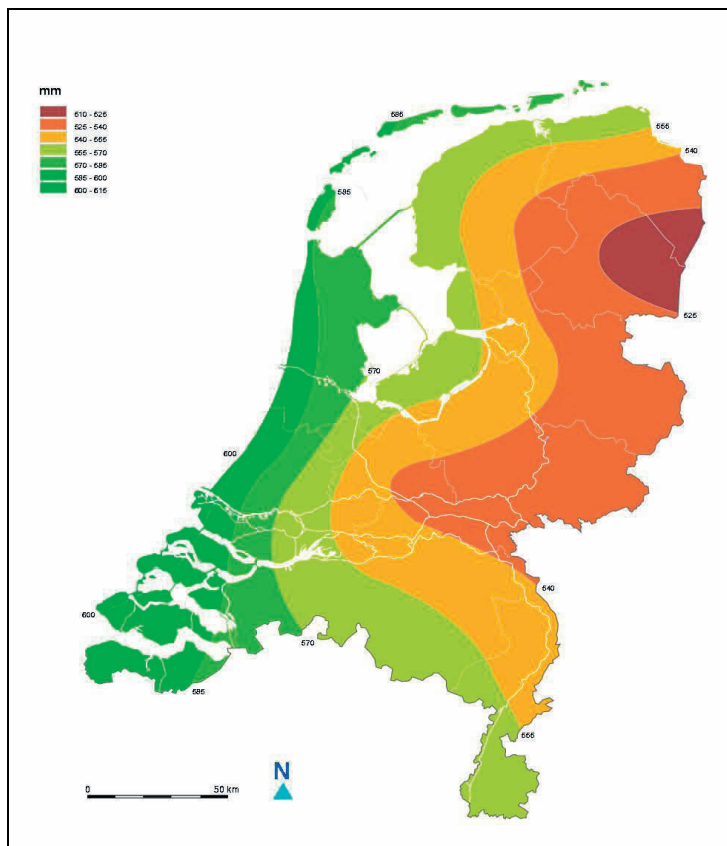
De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse referentieverdamping volgens Makkink is weergegeven in Figuur 2.7. De lijnen van gelijke referentieverdamping lopen parallel aan de kust afnemend van 600 mm in het westen tot 520 mm langs de oostgrens. De verdamping is gemiddeld genomen maximaal in de maanden juni en juli met een referentieverdamping van 3,0 - 3,5 mm/dag. Als voorbeeld is de verdamping van Zuiderzeeland getoond in Figuur 2.8. Deze figuur is zeer representatief voor het gemiddelde verloop van de referentieverdamping in Nederland zonder veel variatie van plaats naar plaats, afgezien van de eerder genoemde oost west trend. Van jaar tot jaar kunnen de waarden wel verschillen met 5 à 10%.

Analyse van de meetreeksen van neerslag en referentieverdamping die in het kader van de NHI validatie voor de Noordoostpolder zijn uitgevoerd, hebben aangetoond dat in de tijd:

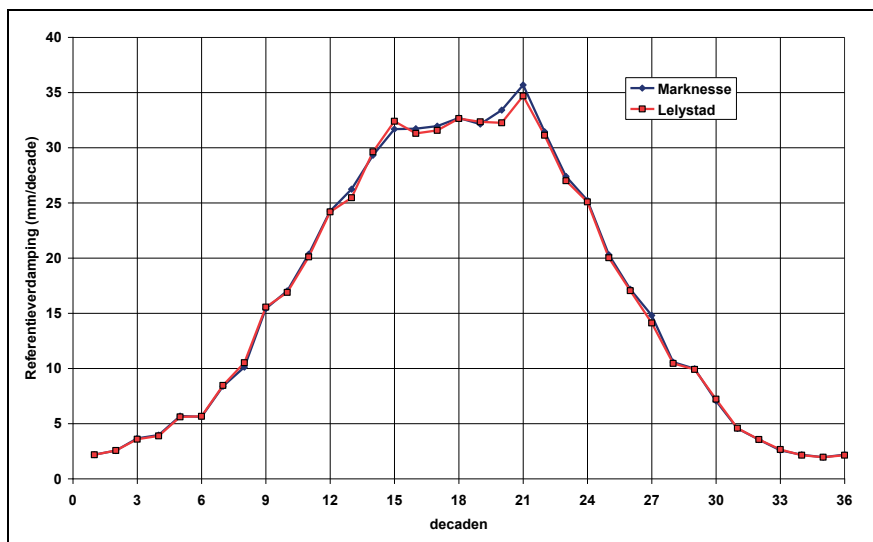
- 1 de neerslagsom in het groeiseizoen geen trend vertoont;
- 2 de referentieverdamping in het groeiseizoen een opwaartse trend vertoont van orde 2,5 mm/jaar.

Voorgaande houdt in, dat het potentiële neerslagtekort in de laatste decennia is toegenomen. Dit heeft gevolgen voor de benodigde wateraanvoer in het groeiseizoen. Statistische analyse van het potentiële neerslagtekort heeft voorts aangetoond dat het maximale tekort in een gemiddeld jaar aan het einde van het groeiseizoen optreedt. Dit maximum verschuift echter naar juni – juli voor de drogere jaren, d.w.z. naar het midden van het groeiseizoen, wanneer watertekorten veel grotere gevolgen hebben voor de gewasopbrengst.

De actuele verdamping wordt in het NHI berekend volgens de procedure die in sectie 2.3 is aangegeven als functie van gehanteerde gewasfactoren (en dus landgebruik) en de vochttoestand in de bodem.



Figuur 2.7 Gemiddelde jaarlijkse verdamping, periode 1971-2000 (bron: KNMI)



Figuur 2.8 Decadeverdampingsnormalen van KNMI-stations in Zuiderzeeland (bron: KNMI)

3 Oppervlaktewater

3.1 Schematisatie van waterschap Hollandse Delta in NHI

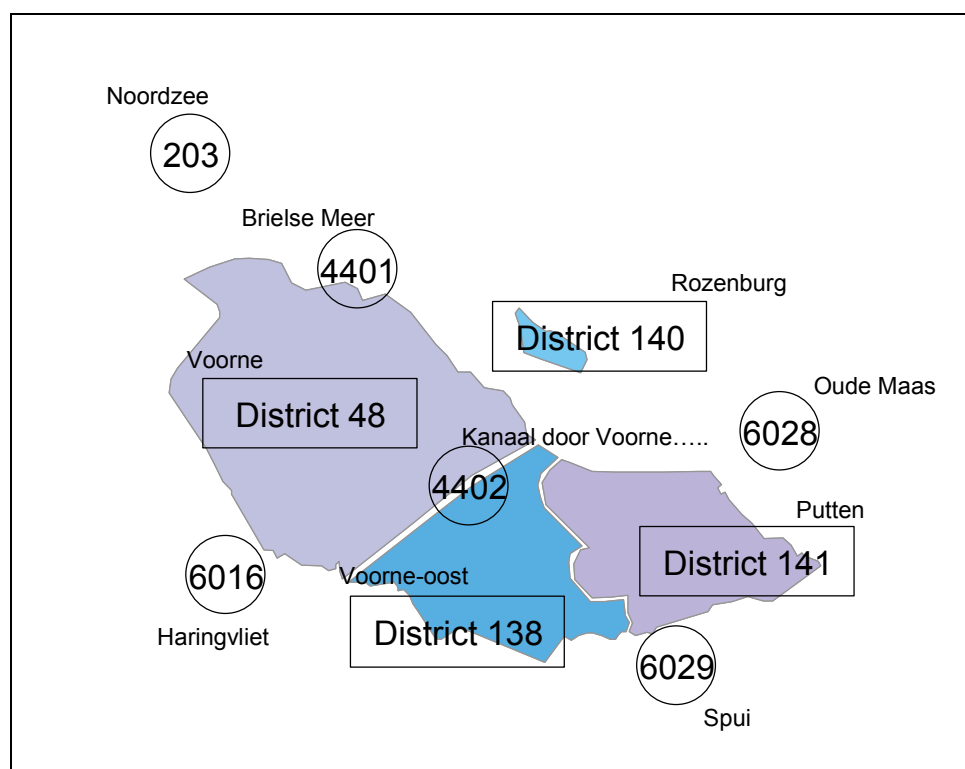
Het beheergebied van het waterschap Hollandse Delta omvat het zuidelijke deel van de provincie Noord Holland bezuiden de Nieuwe Maas. Het gebied is 101.800 ha groot, waarvan vooral het noordoostelijk deel (IJsselmonde) zeer sterk verstedelijkt is. Met uitzondering van het westen van Voorne en Goeree is het beheergebied peilbeheerst. In de beschrijving van het Distributiemodel van het NHI (HKV, 2009) zijn de deelgebieden van het waterschap beschreven volgens de lijnen van de oude waterschappen:

- Voorne-Putten,
- IJsselmonde,
- Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht, en
- Goeree Overflakkee.

In deze volgorde wordt de onderverdeling van deze gebieden in districten in het NHI weergegeven.

Voorne-Putten

In Figuur 3.1 zijn de onderscheiden districten van de Voorne-Putten aangegeven.



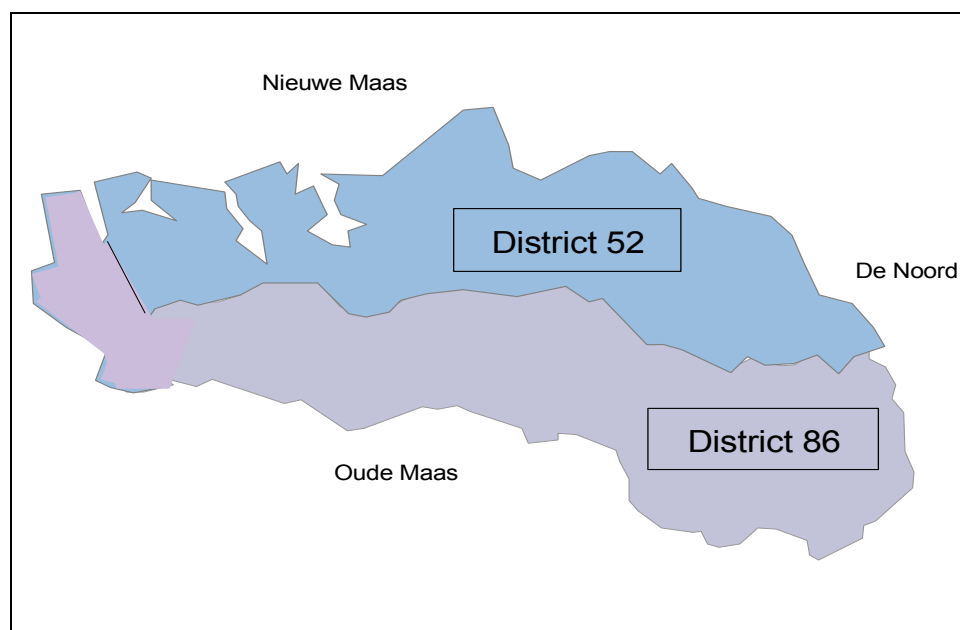
Figuur 3.1 Schematisatie van de Voorne-Putten in beheergebied van Hollandse Delta in het NHI (bron: HKV, 2009)

Landgebruik in dit gebied is glastuinbouw, landbouw en veeteelt, met een natuurgebied in Putten. Het is een kwelgebied en doorspoeling is nodig ten behoeve van de waterkwaliteit. In het NHI worden voor de Voorne-Putten de volgende districten onderscheiden:

- district 48 Voorne. Dit gebied, gelegen westelijk van het Kanaal door Voorne, watert af via gemaal Trouw op het kanaal. In het NHI loost het district op het kanaal en onttrekt het water aan het Brielse meer.
- district 138 Voorne-oost. Dit gebied wordt begrensd door het Kanaal door Voorne en de Bernisse en watert af op kanaal via gemaal Noordermeer en in geval van groot waterbezwaar ook op het Haringvliet via gemaal Oudendoorn. In het NHI loost het district tot 5,8 m³/s op het kanaal, en bij overschrijding daarvan tot 1,5 m³/s op het Haringvliet. De capaciteit van de totale inlaat bedraagt 2,5 m³/s waarvan 75% wordt ingelaten vanuit het Brielse Meer en 25% vanuit het Haringvliet. De inlaat vanuit het Haringvliet wordt stopgezet zodra de zoutconcentratie de grens van 150 mg/l overschrijdt.
- district 140 Rozenburg. Het district watert af op het Calandkanaal via gemaal Rozenburg. Water wordt ingelaten uit het Brielse Meer via het pompstation van Europoort.
- district 141 Putten. Dit gebied kent 4 gemalen: Biersum en de Volharding, die lozen op het Spui, en de Leeuw van Putten en de Vooruitgang, die afwateren op de Oude Maas. In het NHI voert het district 35% van het waterbezwaar af op de Oude Maas en 65% op het Spui. Van de totale inlaat is 50% afkomstig vanuit het Spui en 50% vanuit het Brielse Meer. De inlaat vanuit het Spui wordt gestopt zodra de zoutconcentratie hoger wordt dan 150 mg/l.
- Naast genoemde gemalen vinden lozingen plaats door RWZI's met een totale capaciteit van 2 m³/s.

IJsselmonde

In Figuur 3.2 zijn de onderscheiden districten van IJsselmonde weergegeven.



Figuur 3.2 Schematisatie van IJsselmonde in beheergebied van Hollandse Delta in het NHI (bron: HKV, 2009 met aanpassing in het westen)

IJsselmonde is voor een groot deel verstedelijkt. In het NHI worden voor IJsselmonde de volgende districten onderscheiden:

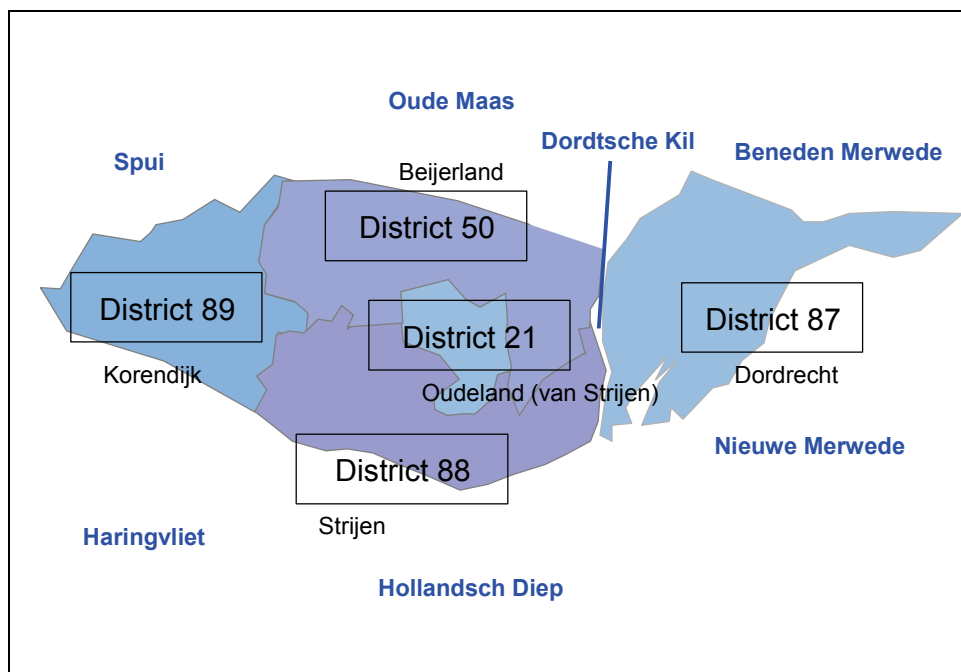
- district 52 IJsselmonde Noord. Het district loost op de Nieuwe Maas en de Noord. Voorts hebben de RWZI's in dit gebied een lozingscapaciteit van 7 m³/s, d.w.z.

een capaciteit die vrijwel gelijk is aan de capaciteit van de gemalen. Water wordt ingelaten vanuit de Nieuwe Maas en de Noord.

- district 86 IJsselmonde (noordoever Oude Maas). Het district loost op de Oude Maas en de Noord, terwijl de RWZI's in dit district een lozingscapaciteit hebben van 3,8 m³/s. Water wordt voornamelijk ingelaten vanuit de Oude Maas en voor een klein deel vanuit de Noord.

Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht

In Figuur 3.3 zijn de onderscheiden districten van de Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht weergegeven.



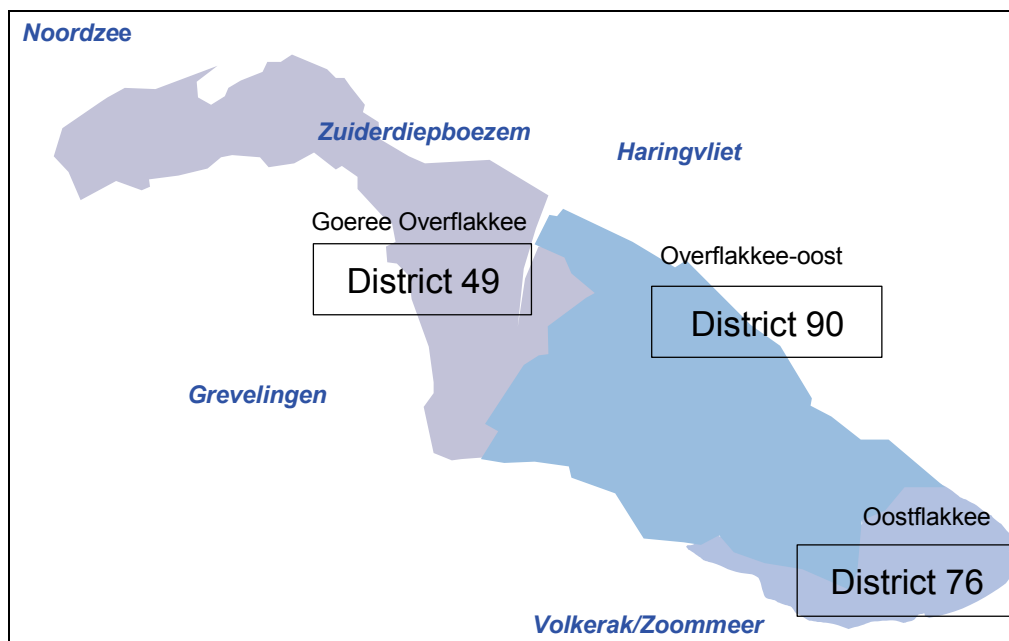
Figuur 3.3 Schematisatie van de Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht in beheersgebied van Hollandse Delta in het NHI (bron: HKV, 2009)

In het NHI worden voor de Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht de volgende districten onderscheiden:

- district 21 Oudeland (van Strijen). Het district watert af op het Hollandsch Diep en onttrekt water aan de Oude Maas.
- district 50 Beijerland. Het district watert af op en laat water in vanuit de Oude Maas.
- district 87 Dordrecht (Beneden Oude Maas). Dit gebied ligt ten oosten van de Dordtsche Kil en watert af naar de Dordtsche Kil, de Beneden Merwede en de Nieuwe Merwede. Water wordt ingelaten uit dezelfde leidingen.
- district 88 Strijen. Dit district watert af op het Hollandsch Diep en onttrekt hier ook aan.
- district 89 Korendijk. Dit district watert af op het Haringvliet en het Spui. Water wordt ook ingelaten vanuit het Haringvliet en het Spui.

Goeree Overflakkee

In Figuur 3.4 zijn de onderscheiden districten van Goeree Overflakkee weergegeven.



Figuur 3.4 Schematisatie van Goeree Overflakkee in beheergebied van Hollandse Delta in het NHI
(bron: HKV, 2009)

In het NHI worden voor Goeree Overflakkee de volgende districten onderscheiden:

- district 49 Goeree Overflakkee. Het district loost via de gemalen Kilhaven en de Drie Polders op het Grevelingenmeer en de Zuiderdiepboezem (gemalen Witte Brug, Stellendam, Zuiderdiep, Nieuw-Kraayer, Smits en Oost-Kraayer. Inlaat van water vindt plaats via de Zuiderdiepboezem.
- district 90 Overflakkee-oost. Geloosd wordt er op het Grevelingenmeer (via gemaal Battenoord), op de Zuiderdiepboezem (via gemaal Westplaat), het Haringvliet (via de gemalen Spuipolder, Joh. Koert, Nieuwe Stad en de Bommelse Polder) en het Volkerak-Zoommeer (via de gemalen de Haas van Dorsser en de Eendracht). Water wordt ingelaten vanuit het Haringvliet.
- district 76 Oostflakkee. Dit district loost op het Volkerak-Zoommeer via de gemalen Galathee en het Oudeland. De inlaat vindt ook plaats vanuit het Volkerak-Zoommeer.

Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar HKV (2009): "Distributiemodel, deel B: West Nederland" en "Distributiemodel, deel F: Brielse Dijkkring".

De capaciteiten van de gemalen en de hevels in de bovengenoemde districten die in HKV (2009) zijn aangenomen zijn volgens het waterschap in veel gevallen onjuist en voorts ontbreken de RWZI's, die in de stedelijke gebieden een significant deel van de lozingscapaciteit bepalen. Een nieuwe lijst van capaciteiten is door het waterschap aangeleverd aan HKV en Deltares (Memo WHD 21-09-2010).

3.2 Wateraanvoer naar en afvoer van de Voorne-Putten

Aanvoer

Er zijn voor 2003 en 2006 geen gegevens ontvangen over de aanvoer van water naar de districten in de Voorne-Putten.

Afvoer

Voor 2003 zijn maandcijfers ontvangen van:

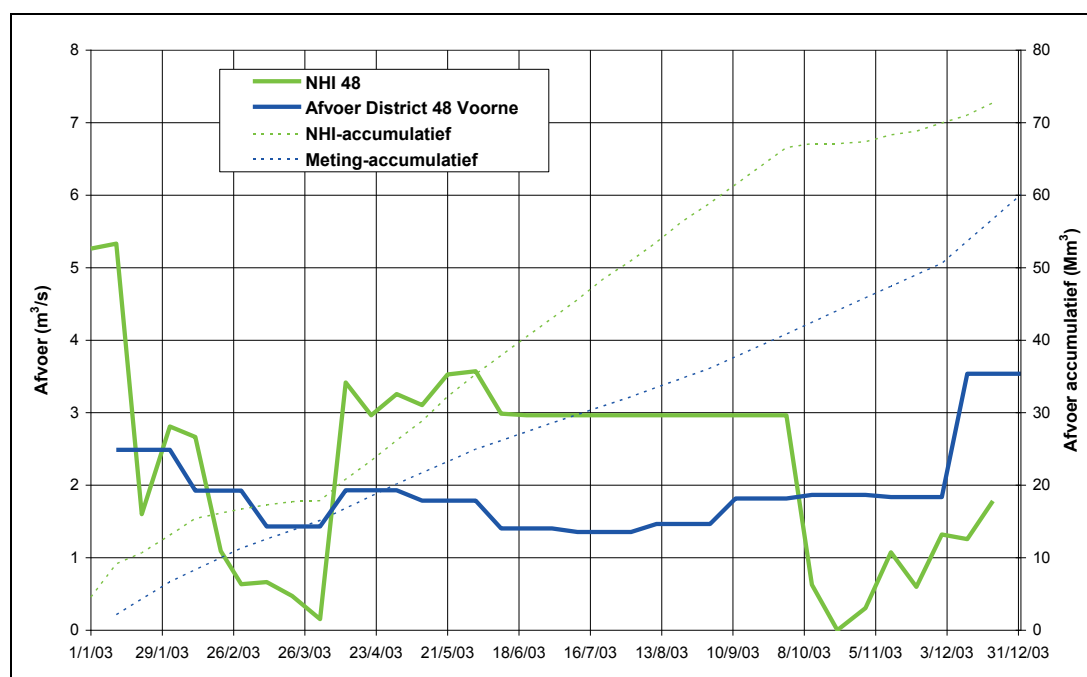
- Gemaal Trouw, district 48
- Gemalen Noordermeer en Oudendoorn, district 138
- Gemalen Biersum, Volharding, Leeuw van Putten en Vooruitgang, district 141.

De maandwaarden zijn gedissaggregeerd naar decades voor vergelijking met het modelresultaat. Merk op dat de waarden voor gemaal Oudendoorn, zoals aangeleverd, niet overeenstemden met de capaciteiten (in aangeleverde file $Q_{\text{Oudendoorn}} = 240 \times Q_{\text{Noordermeer}}$). Deze waarden zijn daarom verder buiten de vergelijking gelaten.

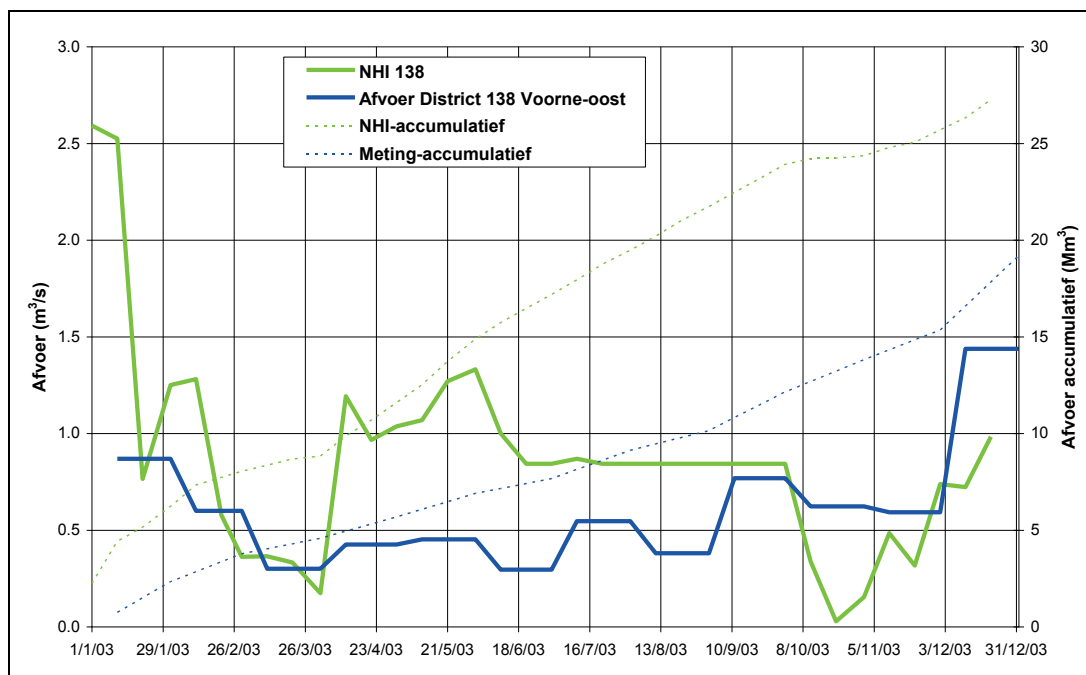
Voor 2006 zijn van genoemde gemalen dagcijfers ontvangen, die ofwel heel ver onder de opgegeven capaciteit lagen (district 48) dan wel die ver overschreden (districten 138 en 141). De waarden voor dit jaar zijn dus niet in het rapport opgenomen.

De resultaten voor 2003 zijn weergegeven in Figuur 3.5, Figuur 3.6 en Figuur 3.7. De figuren tonen aan dat het model een grotere dynamiek vertoont dan de metingen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de aangeleverde afvoeren maandcijfers betroffen. Voor de drie districten van de Voorne-Putten overschat het model de afvoer. Echter in de metingen zijn de RWZI's niet verwerkt, die een totale capaciteit van $2 \text{ m}^3/\text{s}$ hebben.

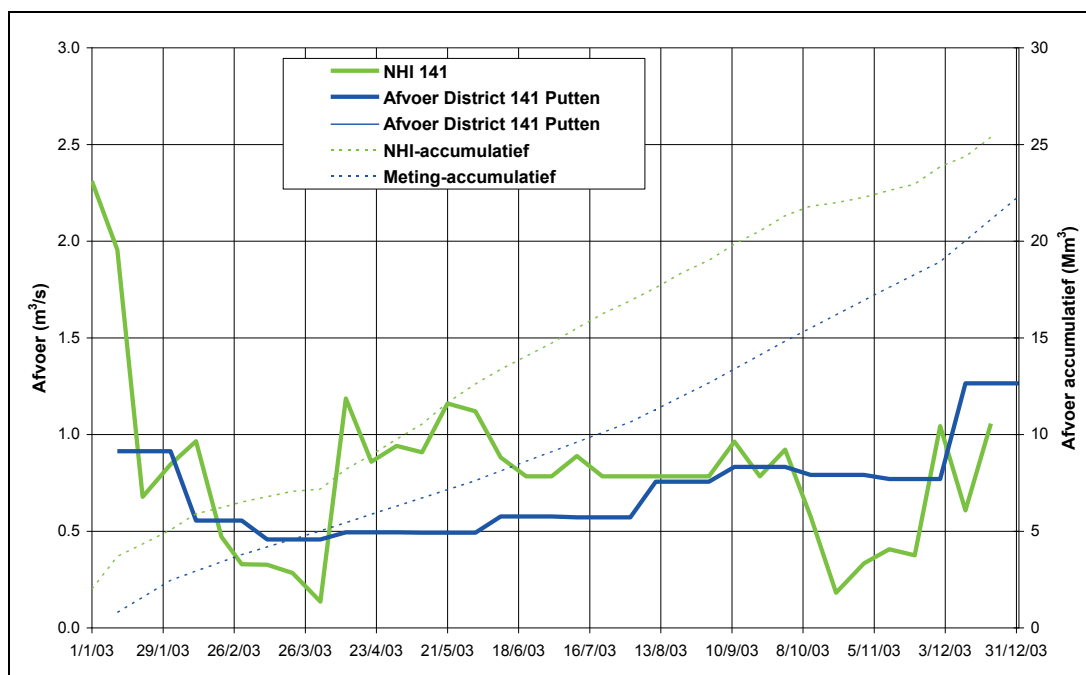
Opmerkelijk is dat t.a.v. de metingen er nauwelijks verschil is tussen de winter en de zomerperiode. De hoge gemeten afvoeren in het groeiseizoen duiden erop dat kennelijk veel water wordt ingelaten voor doorspoeling. Het model laat nog hogere waarden zien voor het groeiseizoen (totaal ongeveer $5 \text{ m}^3/\text{s}$) en voor de wintermaanden, terwijl in het voor- en het najaar de afvoer het laagst is. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3.1.



Figuur 3.5 Gemeten en berekende afvoer van district 48 Voorne, 2003



Figuur 3.6 Gemeten en berekende afvoer van district 138 Voorne-oost, 2003



Figuur 3.7 Gemeten en berekende afvoer van district 141 Putten, 2003

3.3 Wateraanvoer naar en afvoer van IJsselmonde

Aanvoer

Voor 2006 zijn dagcijfers van enkele inlaten ontvangen. De gegevens betreffende de inlaten zijn minimaal (naar district 52 aanvoer vanuit de Noord via hevel Donkersloot en naar district 86 aanvoer vanuit de Oude Maas via hevel Heerjansdam en vanuit de Noord via hevel Walburg) en omvatten slechts een gering deel van de totale inlaat. Deze worden daarom hier niet weergegeven. Wel valt op, dat, terwijl de berekende inlaten zich beperken tot het groeiseizoen, de gemeten inlaten zich over het hele jaar

uitstrekken. Er is kennelijk sprake van een continue doorspoeling die in het model niet wordt berekend.

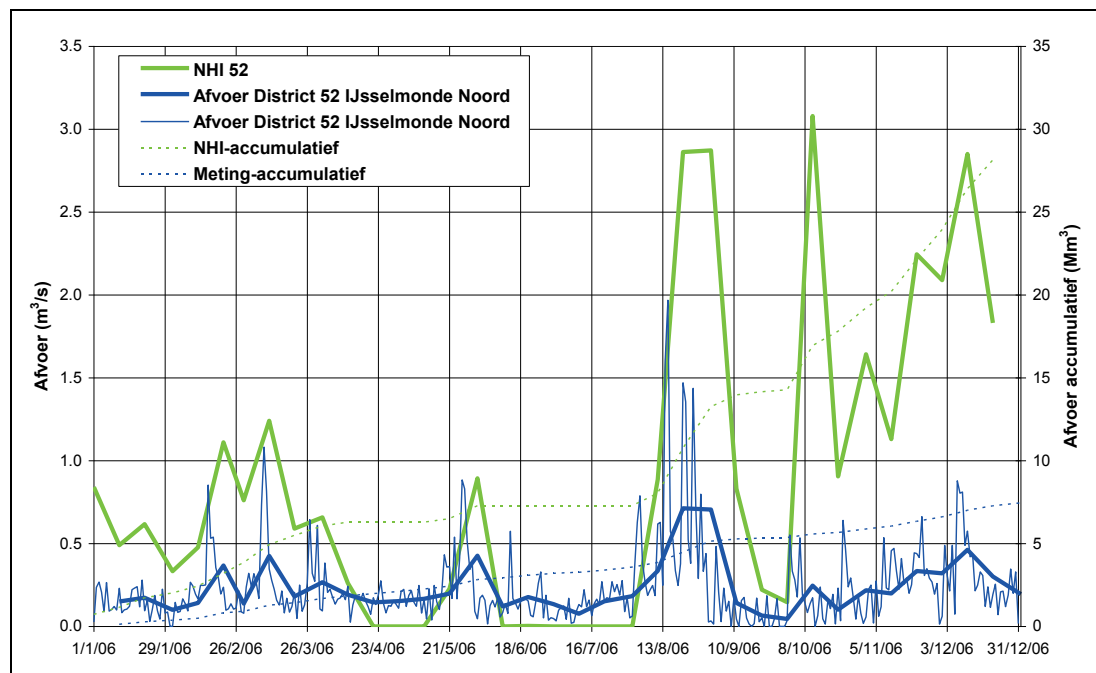
Afvoer

Met betrekking tot lozingen zijn voor 2006 gegevens ontvangen van de afwaterende kunstwerken naar de Nieuwe Maas voor district 52 en van de gemalen afwaterend op de Oude Maas en op de Noord voor district 86. De afvoeren van gemaal Donkersloot naar de Noord en Oud en Nieuw Reyerwaard naar de Nieuwe Maas voor district 52 ontbreken. Voor district 52 betekent dit dat 54% van de afvoercapaciteit niet is vertegenwoordigd in de aangeleverde reeksen. Voor district 86 is de afvoerreeks vrijwel compleet.

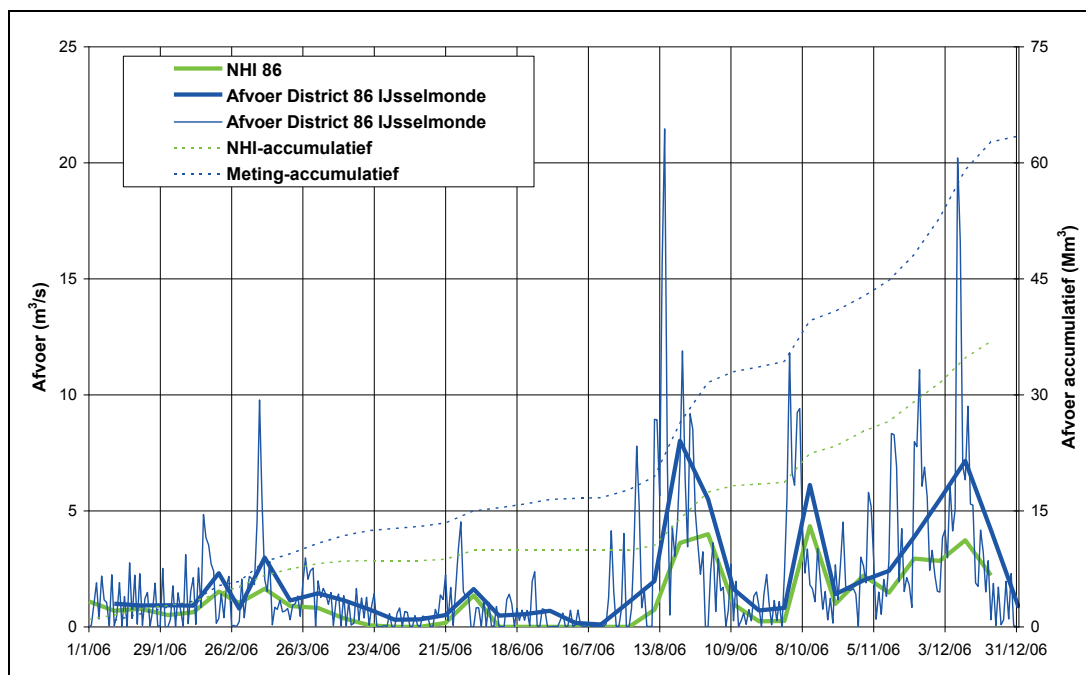
De resultaten zijn voor de districten 52 en 86 weergegeven in Figuur 3.8 en Figuur 3.9. De eerste figuur laat zien dat het model de dynamiek van de afvoer goed weergeeft, alleen met andere intensiteiten. Dit kan deels verklaard worden door de beperkingen in de aangeleverde afvoerreeksen voor dit district. Daarnaast speelt mogelijk ook de modelneerslag in vergelijking met de werkelijk opgetreden neerslag een rol. Indien gecorrigeerd wordt voor de ontbrekende capaciteit, dan is op jaarbasis de modelafvoer 20% groter dan de schatting op basis van de metingen.

Voor district 86 volgt het model de gemeten dynamiek goed. De berekende afvoeren zijn hier over de hele linie echter te laag. Op jaarbasis bedraagt het verschil 42%. Ook hier is aan te bevelen eerst de neerslag aan te passen voordat andere aanpassingen worden doorgevoerd.

Bij het voorgaande moet worden opgemerkt dat de RWZI's niet in de metingen zijn meegenomen. Deze hebben in dit gebied een totale capaciteit van 10,8 m³/s. Indien deze bijdrage wordt meegenomen wordt het verschil tussen model en meting zeer groot.



Figuur 3.8 (Gedeeltelijk) gemeten en berekende afvoer van district 52, IJsselmonde noord, 2006



Figuur 3.9 Gemeten en berekende afvoer van district 86 IJsselmonde, 2006

3.4 Wateraanvoer naar en afvoer van de Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht

Er zijn van 2003 en 2006 geen gegevens ontvangen van aan- en afvoeren naar en van de Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht.

3.5 Wateraanvoer naar en afvoer van Goeree Overflakkee

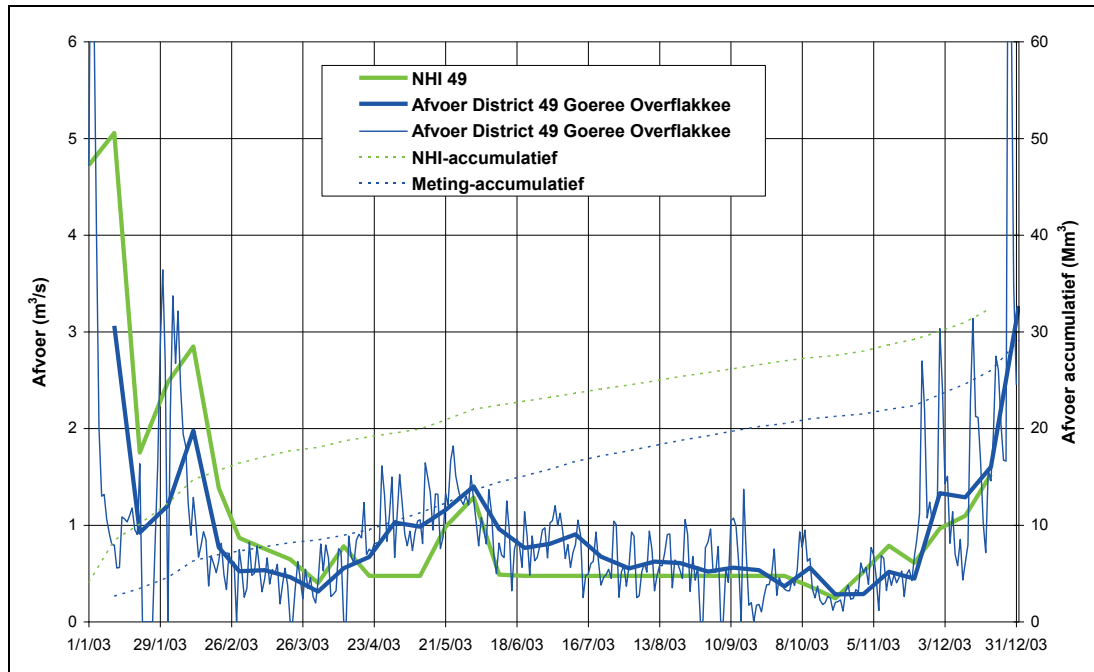
Aanvoer

Er zijn van 2003 en 2006 geen gegevens ontvangen van aanvoeren naar Goeree Overflakkee.

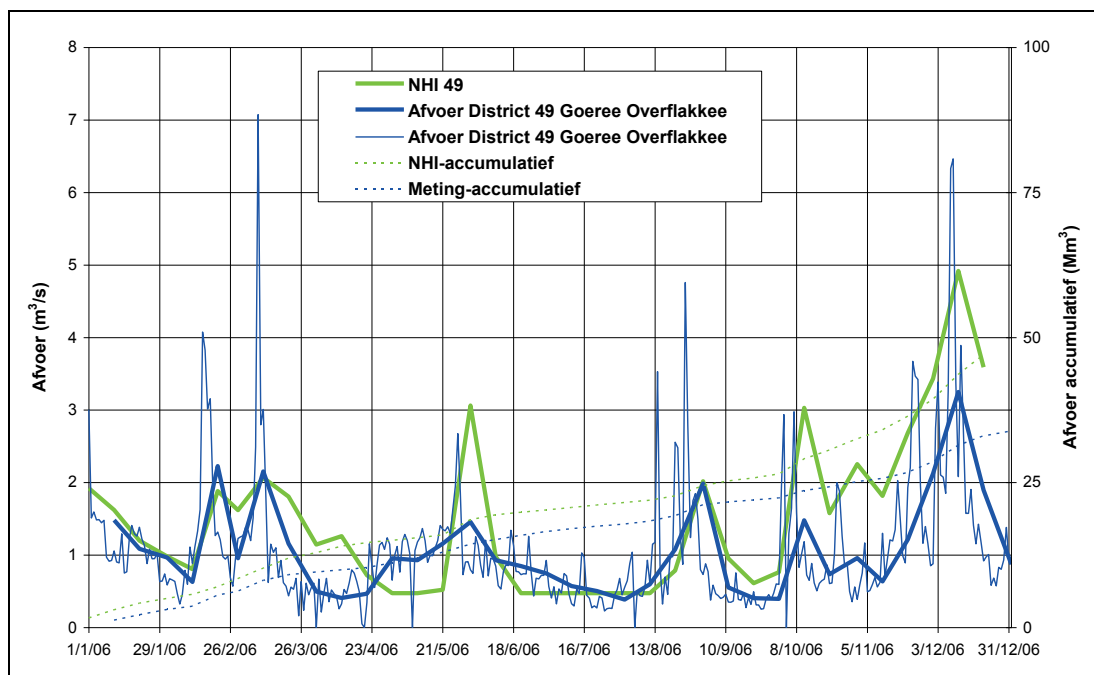
Afvoer

De gemeten en berekende afvoer van district 49 in 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 3.10 en Figuur 3.11. De figuren tonen aan dat de dynamiek in het algemeen redelijk wordt gesimuleerd. De berekende afvoeren zijn echter groter dan is waargenomen. De resultaten voor district 90 zijn gepresenteerd in Figuur 3.12 en Figuur 3.13. Het berekende resultaat is vrijwel identiek aan dat voor district 49, en ook de verschillen met de metingen zijn een kopie daarvan. Dat geldt ook voor district 76. Ook hier treden weer de grootste afwijkingen op in het najaar van 2006. Ook hier geldt hetzelfde als voor IJsselmonde is geadviseerd, pas eerst de neerslag in het model aan voordat andere aanpassingen aan het model worden gedaan om de ijking te verbeteren.

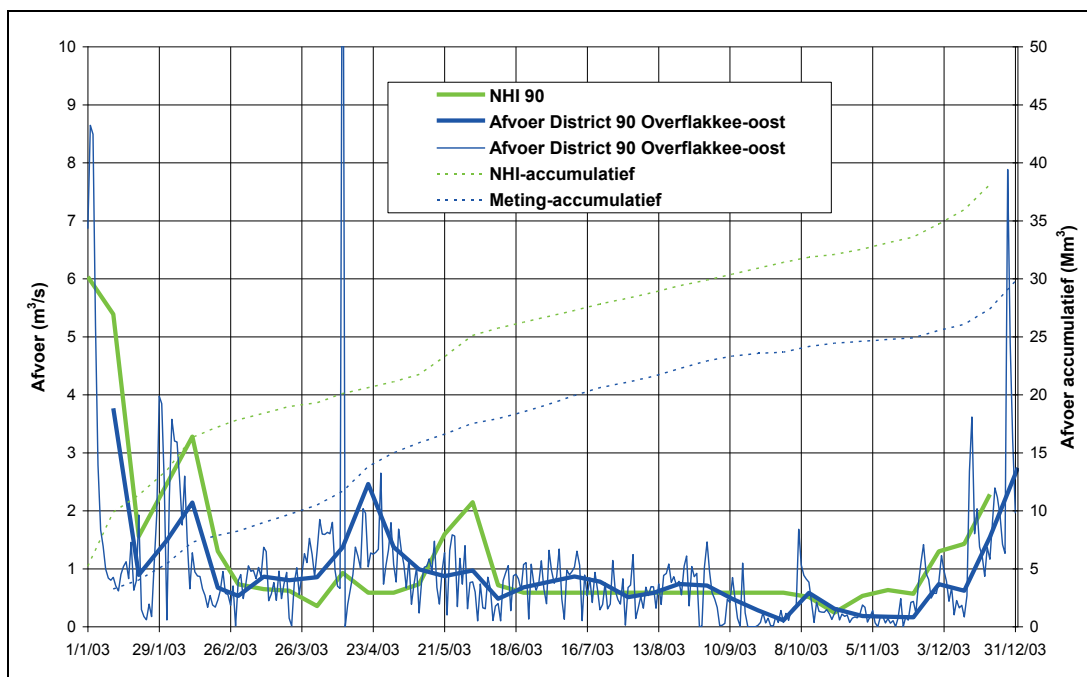
De bijdrage van de RWZI's is niet in de metingen verwerkt. Voor Goeree Overflakkee is de capaciteit hiervan in totaal $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$.



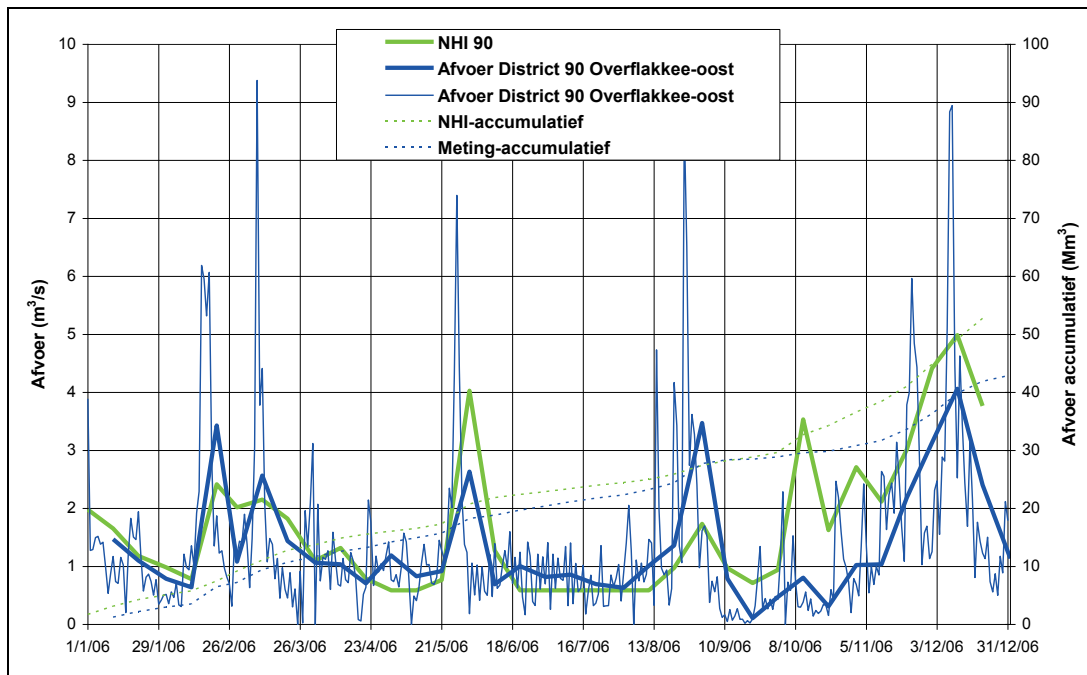
Figuur 3.10 Gemeten en berekende afvoer van district 49 Goeree Overflakkee, 2003



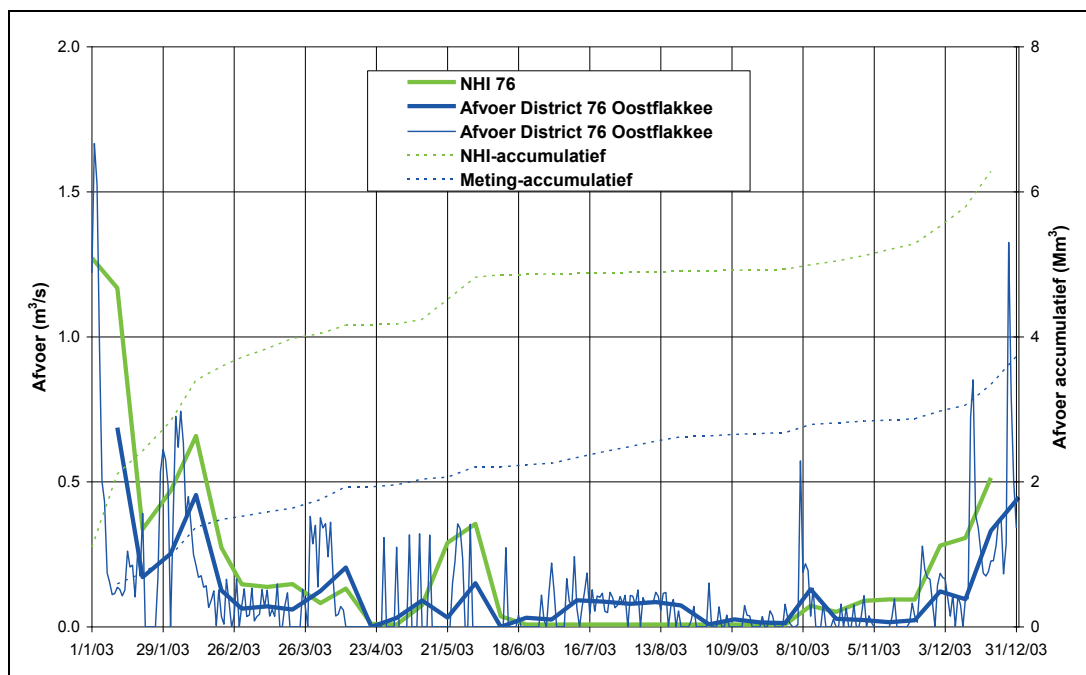
Figuur 3.11 Gemeten en berekende afvoer van district 49 Goeree Overflakkee, 2006



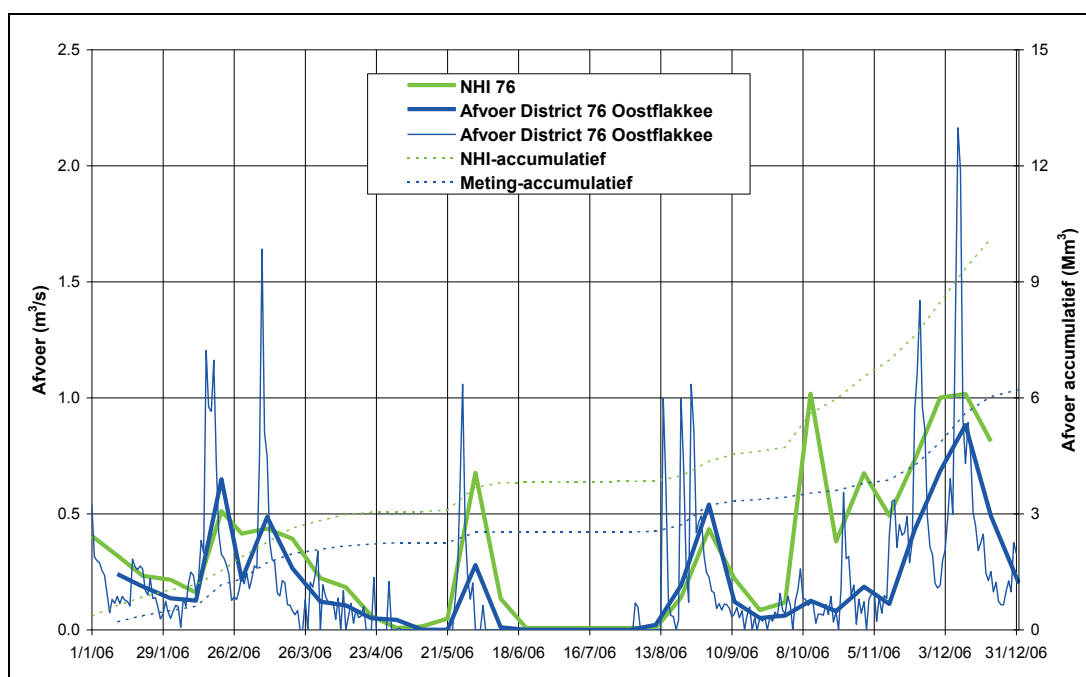
Figuur 3.12 Gemeten en berekende afvoer van district 90 Overflakkee-oost, 2003



Figuur 3.13 Gemeten en berekende afvoer van district 90 Overflakkee-oost, 2006



Figuur 3.14 Gemeten en berekende afvoer van district 76 Oostflakkee, 2003



Figuur 3.15 Gemeten en berekende afvoer van district 76 Oostflakkee, 2006

3.6 Overzicht

De resultaten voor het oppervlaktewater in het beheergebied van het waterschap de Hollandse Delta zijn samengevat in Tabel 3.1. De resultaten tonen aan dat zowel voor 2003 als voor 2006 de verschillen tussen meting en model nog te groot zijn om het model in deze fase van ontwikkeling al in te kunnen zetten voor een betrouwbare simulatie van de waterverdeling op regionale schaal. De afvoer van water wordt met uitzondering van district 86 overschat. Hierbij moet worden opgemerkt dat de metingen niet steeds een compleet beeld geven van de totale afvoer. Voorts is mogelijk al een goede verbetering te verkrijgen met aanpassing van de neerslag, zoals in het vorige

hoofdstuk is aangegeven. De analyse heeft aangetoond dat het model de dynamiek in het algemeen goed simuleert.

Bij de vergelijking moet voorts in beschouwing worden genomen dat de bijdragen van de RWZI's niet zijn meegenomen in de metingen. Voor Voorne-Putten en Goeree Overflakkee zou dit tot een kleinere afwijking leiden. Echter voor IJsselmonde wordt daardoor het verschil tussen model en meting aanzienlijk groter.

Tabel 3.1 *Vergelijking tussen gemeten en berekende afvoeren van de districten in het waterschap Hollandse Delta in 2003 en 2006*

District	jaar	NHI	Meting	Meting - NHI	Afwijking %
52	2003	15.8			
	2006	28.1	7.5	-20.7	-277
86	2003	20.8			
	2006	36.9	63.5	26.6	42
IJsselmonde	2003	36.7			
	2006	65.0	70.9	5.9	8
48	2003	72.7	60.1	-12.7	-21
	2006	92.9			
138	2003	27.3	19.2	-8.1	-42
	2006	37.6			
141	2003	25.4	22.3	-3.1	-14
	2006	34.4			
Voorne-Putten	2003	125.4	101.6	-23.8	-23
	2006	164.8			
49	2003	32.4	29.1	-3.3	-11
	2006	47.1	33.9	-13.2	-39
90	2003	38.1	30.0	-8.1	-27
	2006	52.7	43.0	-9.8	-23
76	2003	6.3	3.8	-2.5	-67
	2006	10.1	6.2	-3.9	-63
Goeree Overflakkee	2003	76.8	62.9	-14.0	-22
	2006	109.9	83.1	-26.8	-32

4 Grondwaterstanden

4.1 Inleiding

De grondwaterstanden in het NHI zijn de waarden van de 250 x 250 m roostercel waarin de waarnemingsbuis is gelegen. Door de ruimtelijke middeling in het model is een exacte vergelijking van de hoogte t.o.v. NAP niet zinvol. Daarom is vooral gekeken naar de optredende grondwater fluctuaties en de reproductie hiervan in het model (dynamiek), het uitputtingsverloop en de maximale variatie over het jaar (range). Voorts is gekeken in hoeverre het model in staat is geweest om het herstel van de grondwaterstand na een zeer droge periode correct te simuleren. Merk op dat van 10 op 11 september 2006 de berekende grondwaterstand voor een aantal locaties een scherpe sprong laat zien t.g.v. een onjuiste modelinvoer, de 9/11 hik (in de figuren rood omcirkeld).

Van een veertiental peilbuizen in het beheergebied van de Hollandse Delta zijn grondwaterstanden ontvangen, geselecteerd op gebiedskenmerken. De geselecteerde peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 4.1. De bemonsteringsfrequentie is globaal 1 x per 14 dagen, hoewel er ook perioden zijn met nog lagere (en soms hogere) opnamefrequenties. Hierdoor mist het gemeten signaal de hoogfrequente variaties in respons op regenval. Dit houdt in dat de dynamiek van het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop vaak niet vergeleken kan worden.

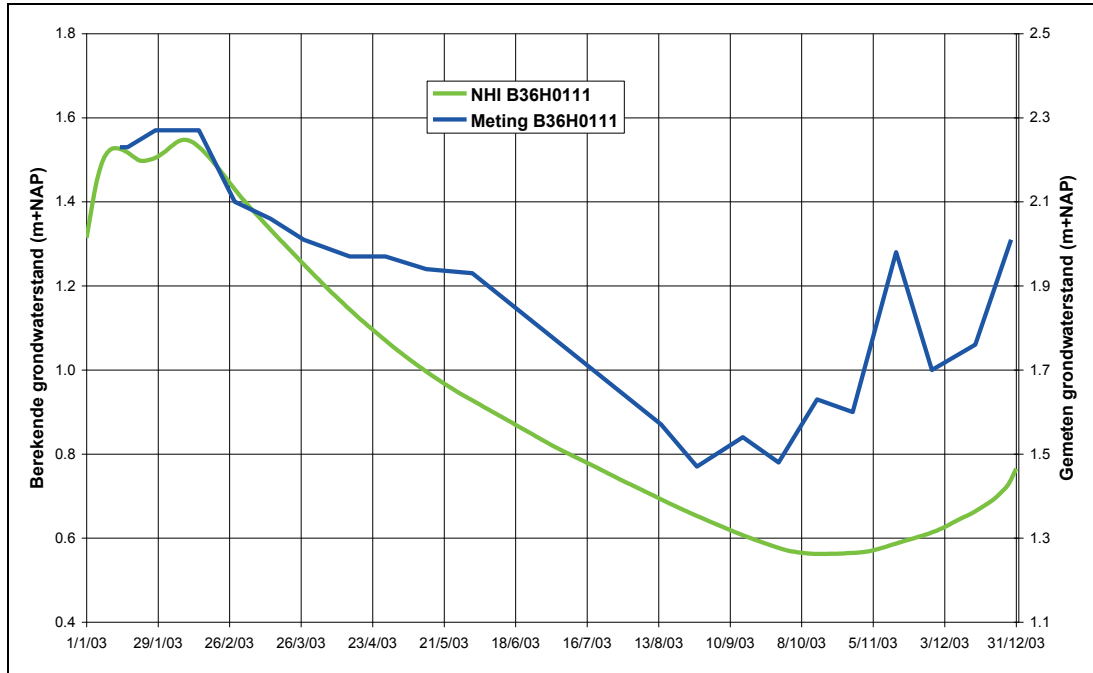
Tabel 4.1 Overzicht van peilbuizen en hun locatie in het waterschap Hollandse Delta

Putcode	Xcoor	Ycoor	maaiveld m NAP	Locatie	Gebiedskenmerk
B36H0111	54.015	425.452	3,59	Ouddorp, Goeree	Polder Oudeland
B37C0558	67.704	430.743	2,13	NO van Hellevoetsluis	maaiveldhoogte ?
B37D0145	76.007	430.004	1,05	Heenvliet-Abbenbroek	naast Bernisse, mv. hoogte ?
B37G0453	83.734	432.544	3,98	Hoogvliet	naast A15
B37G0508	82.905	427.066	-1,60	Spijkennisse	bij open water
B37H0283	99.411	432.321	-1,10	Rotterdam-Ridderkerk	Polder Rijerwaard
B43D0269	73.235	412.122	-0,20	Oude Tonge	bebouwd gebied
B43E0281	82.620	422.450	-0,67	Nieuw Beijerland	Polder Nieuw-Piershil
B43F0095	95.106	418.084	-1,50	Strijen	Polder het Oude Land van Str.
B43G0416	81.985	410.838	0,34	Oostflakkee	Galathee polder
B44A0384	106.700	420.320	1,07	zuiden v. Dordrecht	Louisa polder
B44A0443	106.688	423.251	-0,60	park in Dordrecht	bij open water
B38C0491	100.590	425.779	-0,59	Zwijndrecht	stedelijk gebied
B43B0087	71.362	419.122	0,62	Middelharnis	bebouwd gebied

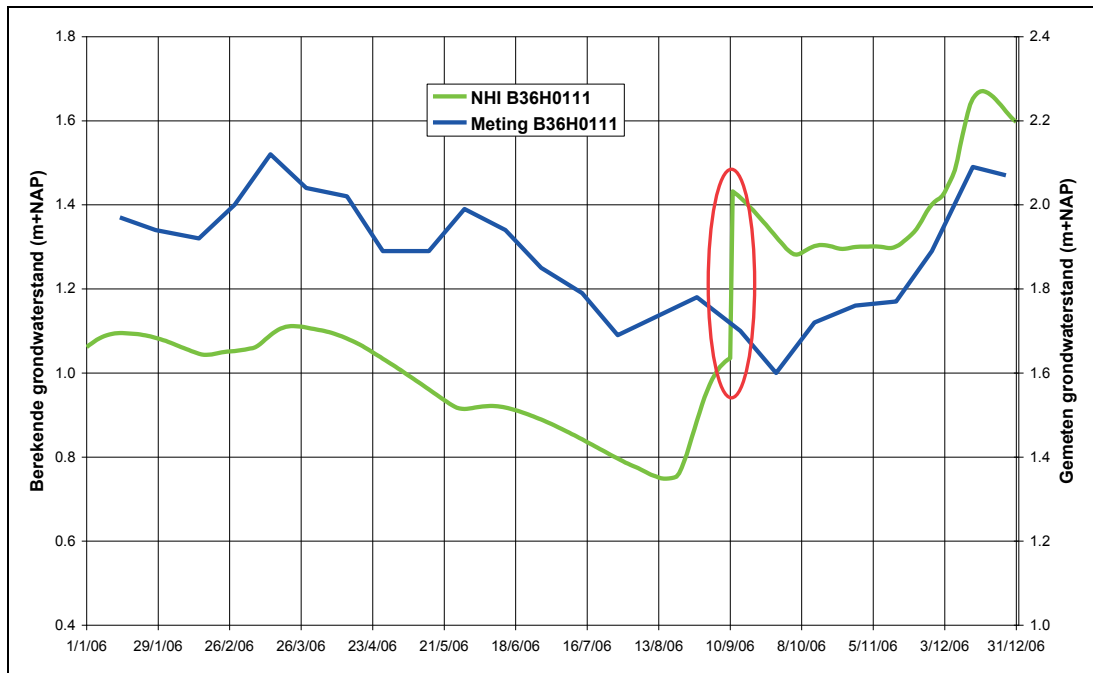
4.2 Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden

Peilbuis B36H0111

De gemeten en berekende grondwaterstanden bij Ouddorp op Goeree voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.1 en Figuur 4.2. Opvallend is dat er geen directe respons is op de neerslag. Meting en berekening laten een sterk gefilterd signaal zien. Het model geeft het verloop goed weer, echter wel 7 dm verschoven.



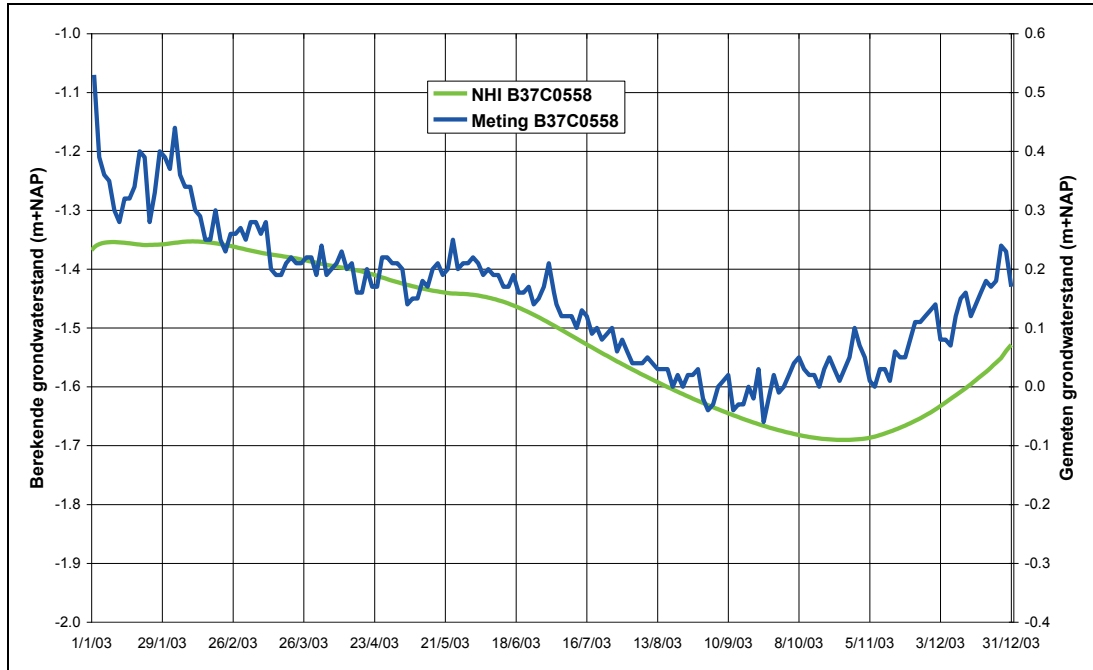
Figuur 4.1 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B36H0111 in 2003



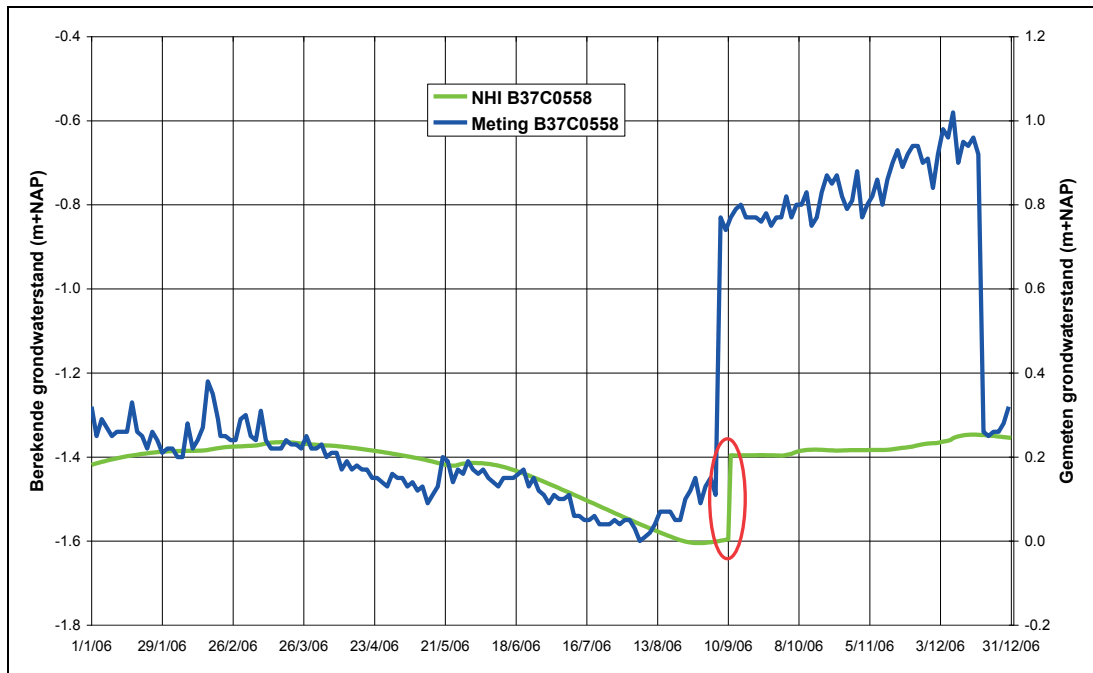
Figuur 4.2 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B36H0111 in 2006

Peilbuis B37C0558

Peilbuis B37C0558 bevindt zich ten noordoosten van Hellevoetsluis. Het gemeten en berekende verloop is weergegeven in Figuur 4.3 en Figuur 4.4. Voor 2003 wordt het gemeten signaal goed gevolgd, echter 1,5 m verschoven. De opgegeven maaiveldhoogte komt evenwel niet overeen met de hoogte ter plaatse volgens de topografische kaart. In het gemeten verloop van 2006 lijkt sprake te zijn van een verschuiving van 8 dm. Zonder deze verschuiving en met eliminatie van de 9/11 hik geeft het model het verloop acceptabel weer, ook nu weer verschoven



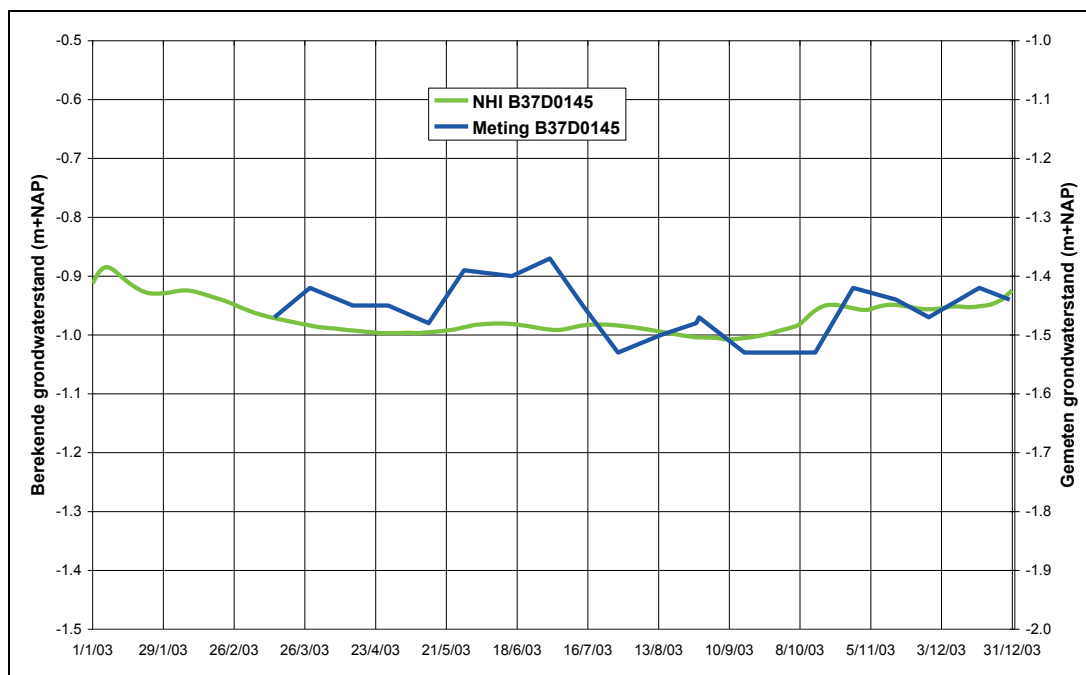
Figuur 4.3 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37C0558 in 2003



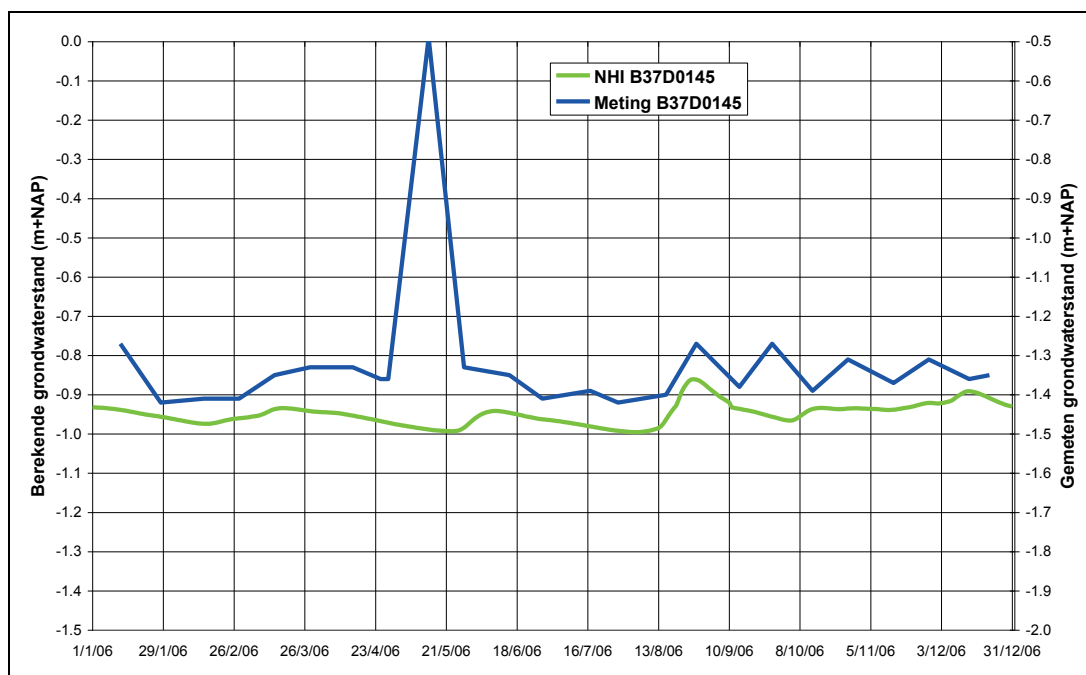
Figuur 4.4 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37C0558 in 2006

Peilbuis B37D0145

Peilbuis B37D0145 bevindt zich naast de Bernisse tussen Oost Voorne en Putten. De vergelijking tussen de gemeten en berekende grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 4.5 en Figuur 4.6. De figuren geven aan dat er waarschijnlijk sprake is van sterke beïnvloeding van het naastliggende open water op het grondwaterverloop. In 2006 lijkt in het gemeten signaal sprake te zijn van een meetfout. Meting en berekening liggen ongeveer 5 dm t.o.v. elkaar verschoven.



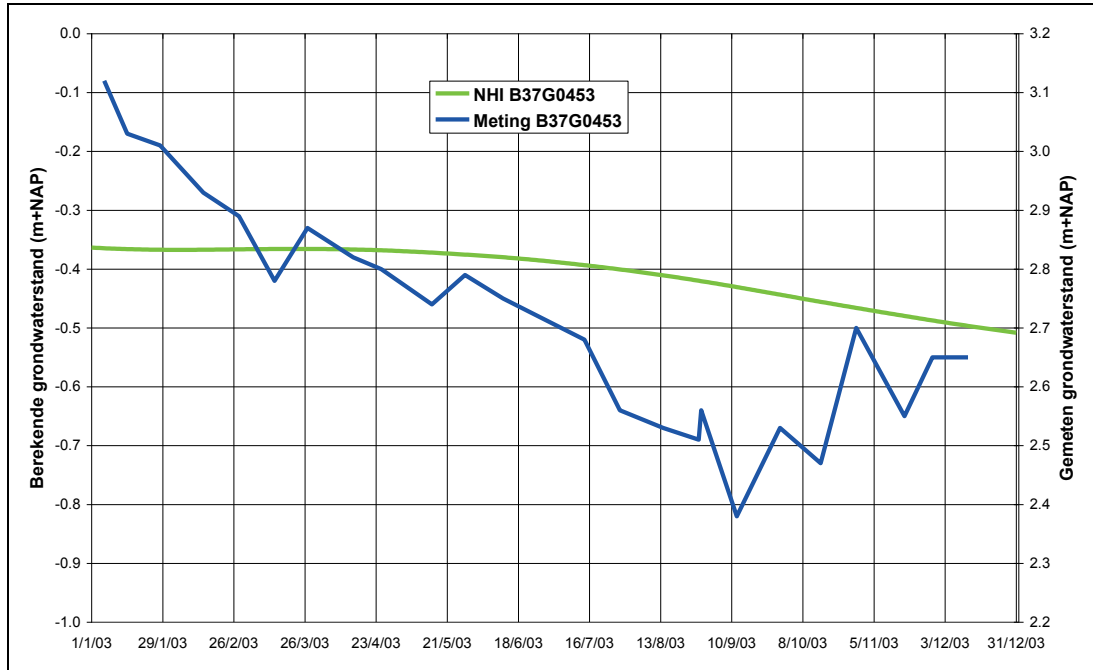
Figuur 4.5 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37D0145 in 2003



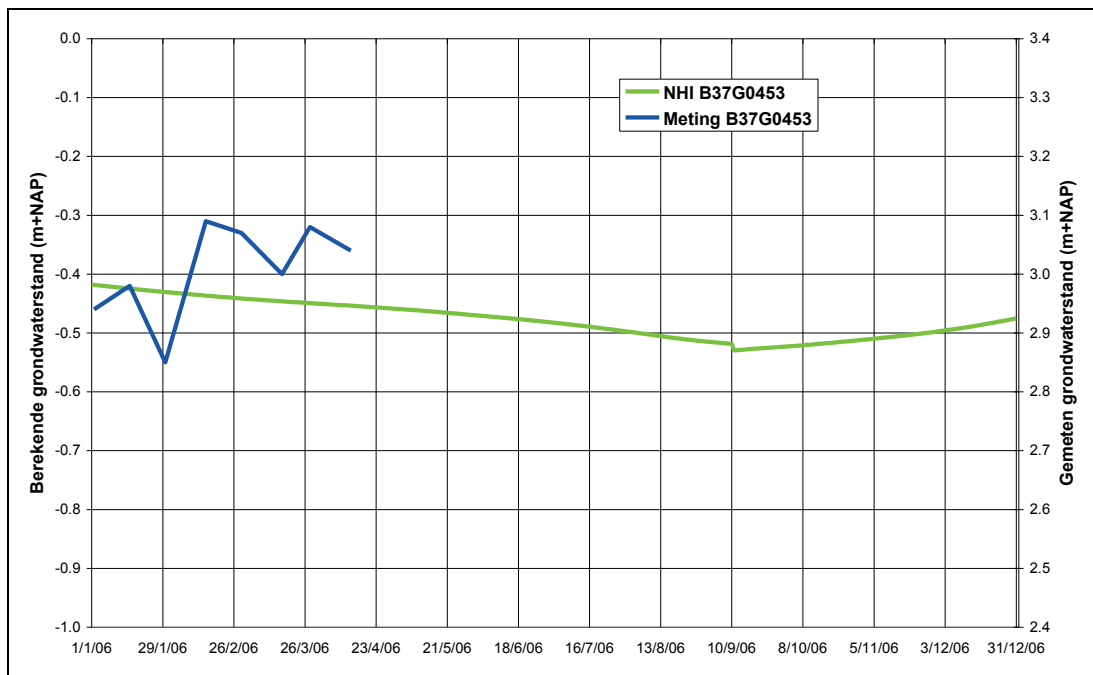
Figuur 4.6 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37D0145 in 2006

Peilbuis B37G0453

Peilbuis B37G0453 bevindt zich bij Hoogvliet naast de A15. Het resultaat voor 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.7 en Figuur 4.8. Het model laat nauwelijks enig verloop zien in de grondwaterstand. Het gemeten verloop laat een grotere range zien orde 3 m boven het berekende niveau. Hier is kennelijk sprake van verschil in hoogte van het maaiveld.



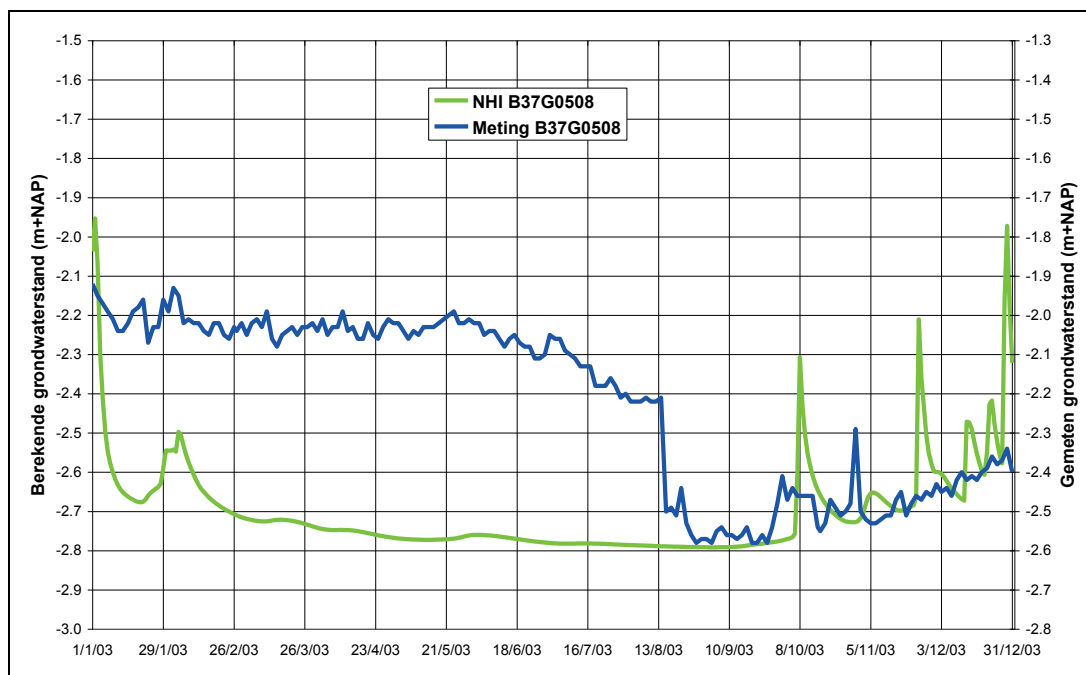
Figuur 4.7 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37G0453 in 2003



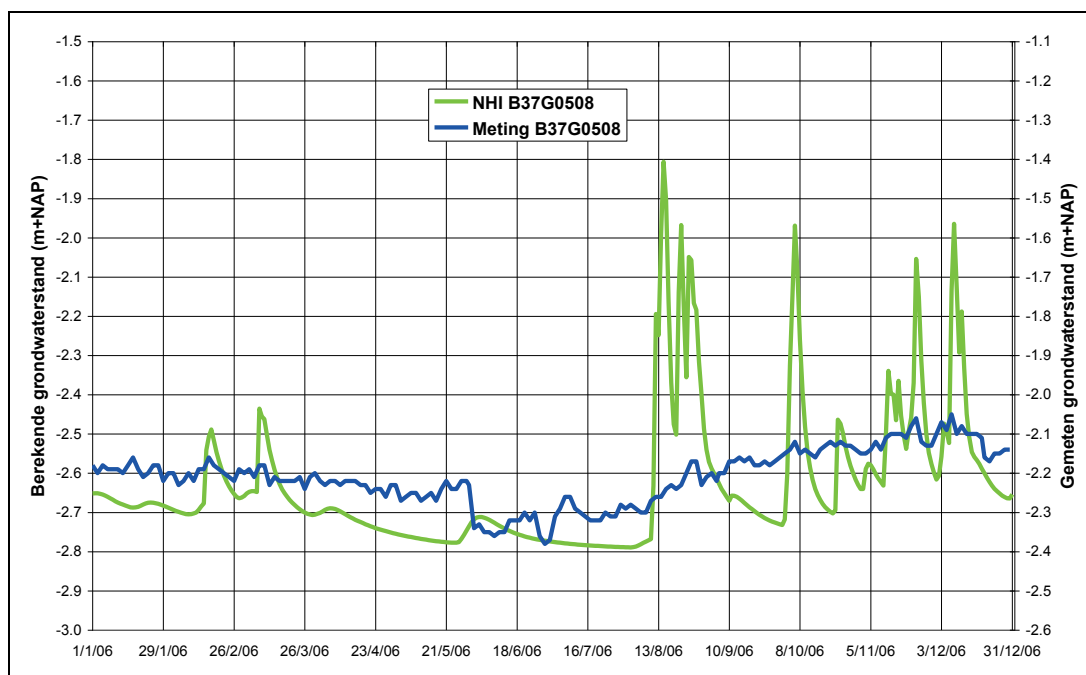
Figuur 4.8 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37G0453 in 2006

Peilbuis B37G0508

Peilbuis B37G0508 bevindt zich bij Spijkenisse in de buurt van open water. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4.9 en Figuur 4.10. Het gemeten verloop voor 2003 laat een plotselinge zakking zien alsof een ander oppervlaktewaterpeil in de nabijheid van de peilbuis wordt toegepast. Het model laat zo'n verandering in het verloop niet zien. Opvallend is wel dat het model wel direct reageert op opgetreden neerslag, ook in 2006. Ook hier is geen respons in de meting zichtbaar. Het gemiddeld verloop wordt goed gevolgd, maar de berekende range is door de respons veel groter dan is gemeten. In 2003 is de range wel ongeveer dezelfde echter om geheel andere redenen.



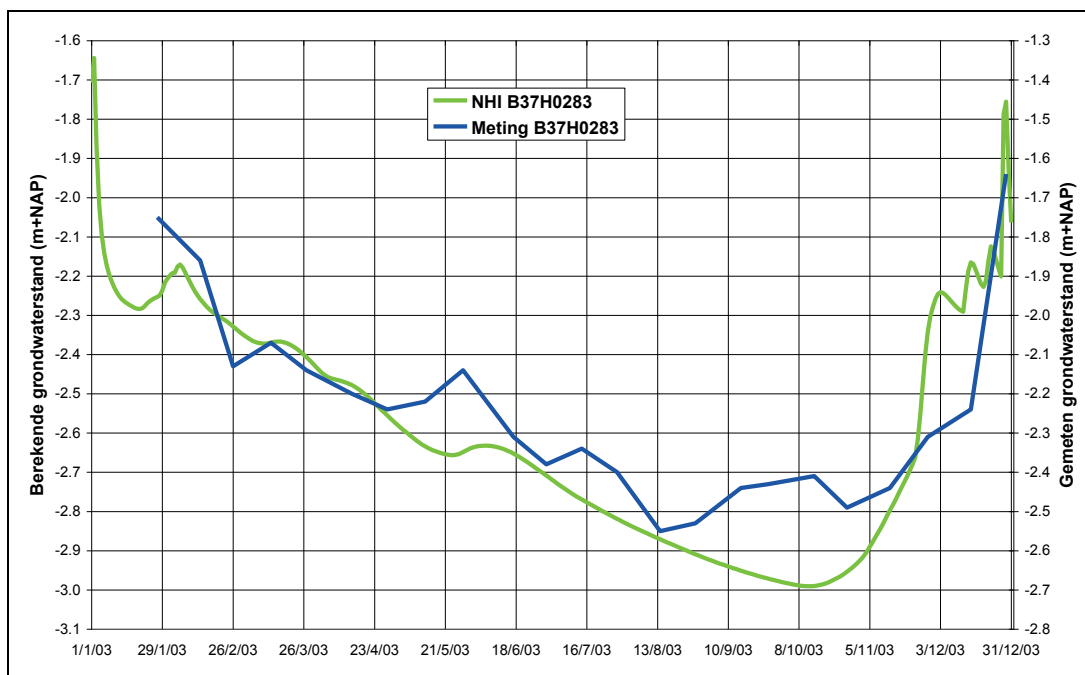
Figuur 4.9 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37G0508 in 2003



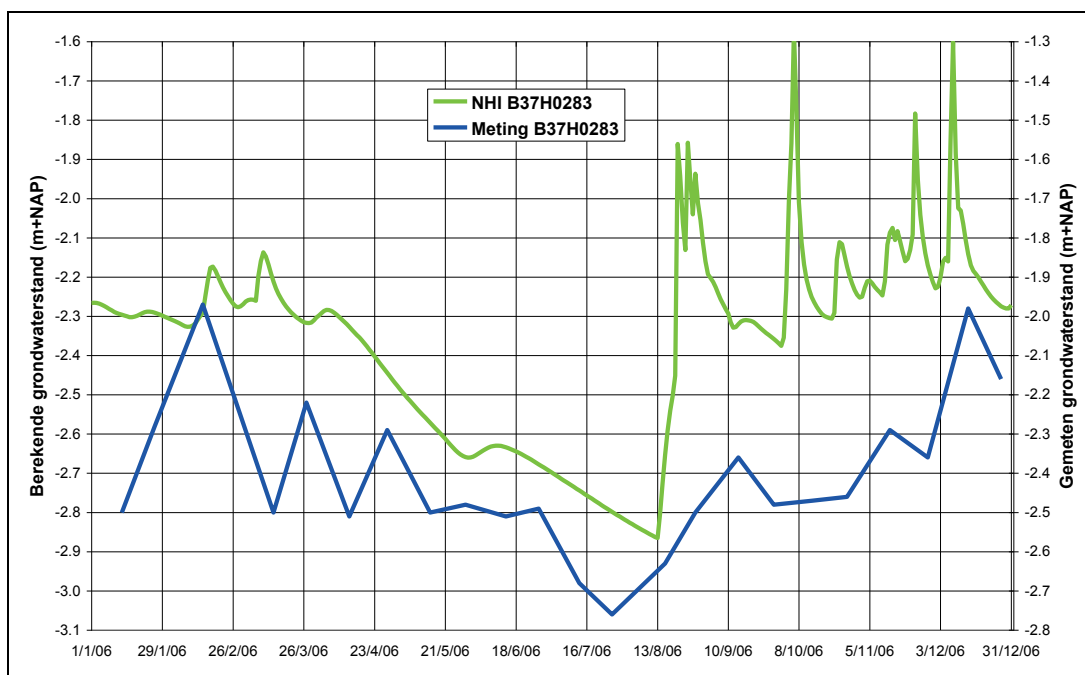
Figuur 4.10 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37G0508 in 2006

Peilbuis B37H0283

Peilbuis B37H0283 bevindt in Polder Rijerwaard tussen Rotterdam en Ridderkerk. De resultaten voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.11 en Figuur 4.12. Voor 2003 zijn het gemeten en berekende verloop zeer sterk gefilterd en reproduceert het model het gemeten verloop acceptabel. In 2006 vertoont in de tweede helft van het jaar het model plotseling een afwijkend gedrag met een snelle respons op de neerslag. In hoeverre deze fluctuaties werkelijk zijn opgetreden is niet te zeggen door de geringe bemonsteringsfrequentie. Waar in 2003 de range goed werd gesimuleerd is in 2006 de range groter dan is gemeten.



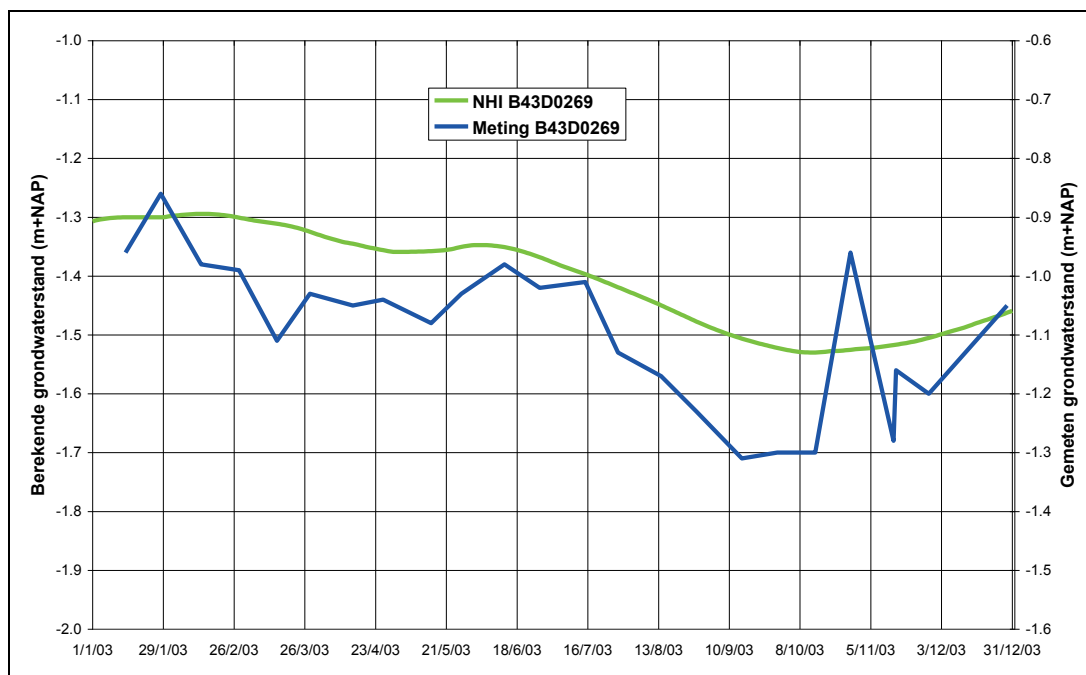
Figuur 4.11 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37H0283 in 2003



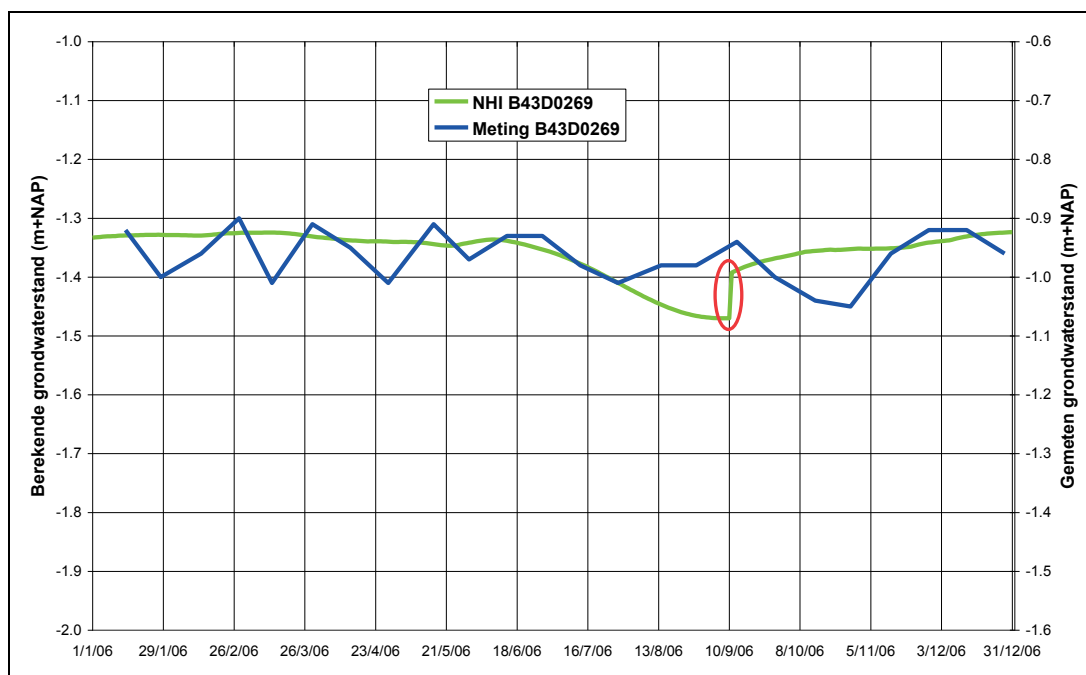
Figuur 4.12 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B37H0283 in 2006

Peilbuis B43D0269

Peilbuis B43D0269 ligt in bebouwd gebied in Oude Tonge. De resultaten zijn gepresenteerd in Figuur 4.13 en Figuur 4.14. De figuren geven aan dat er weinig verloop zit in de grondwaterstand. Het model volgt de variatie redelijk. In 2003 blijft de berekende range iets achter bij de gemeten variatie, maar voor 2006 laten zowel meting als model vrijwel eenzelfde zeer geringe variatie zien.



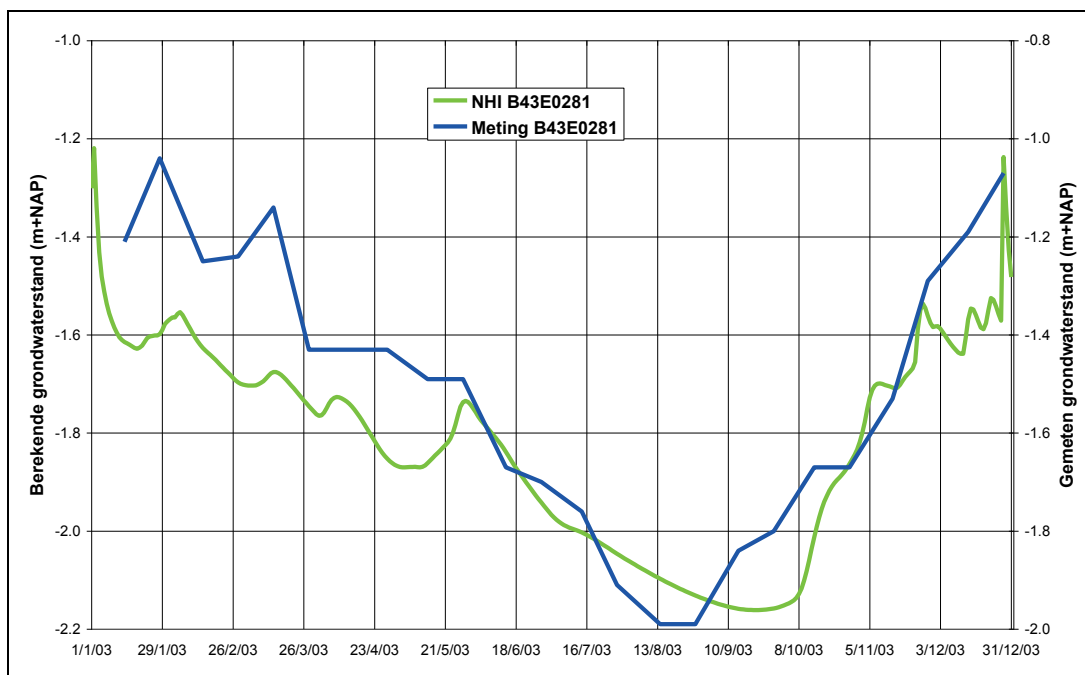
Figuur 4.13 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43D0269 in 2003



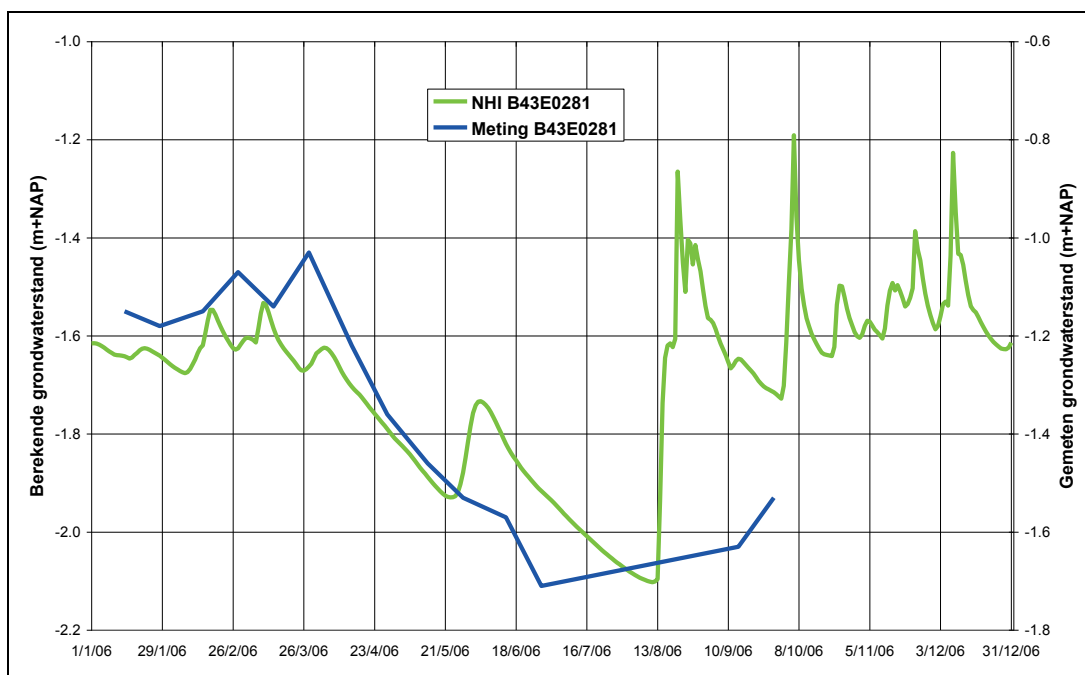
Figuur 4.14 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43D0269 in 2006

Peilbuis B43E0281

Peilbuis B43E0281 bevindt zich op Nieuw Beijerland in de polder Nieuw-Piershil. De gemeten en berekende grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 4.15 en Figuur 4.16. Voor 2003 simuleert het model de waargenomen peilvariaties goed. Ook voor de eerste helft van 2006 geeft het model het verloop goed weer. Daarna lijkt het fout te gaan en vertoont het model eenzelfde gedrag als voor de locatie van peilbuis B37H0283, hiervoor.



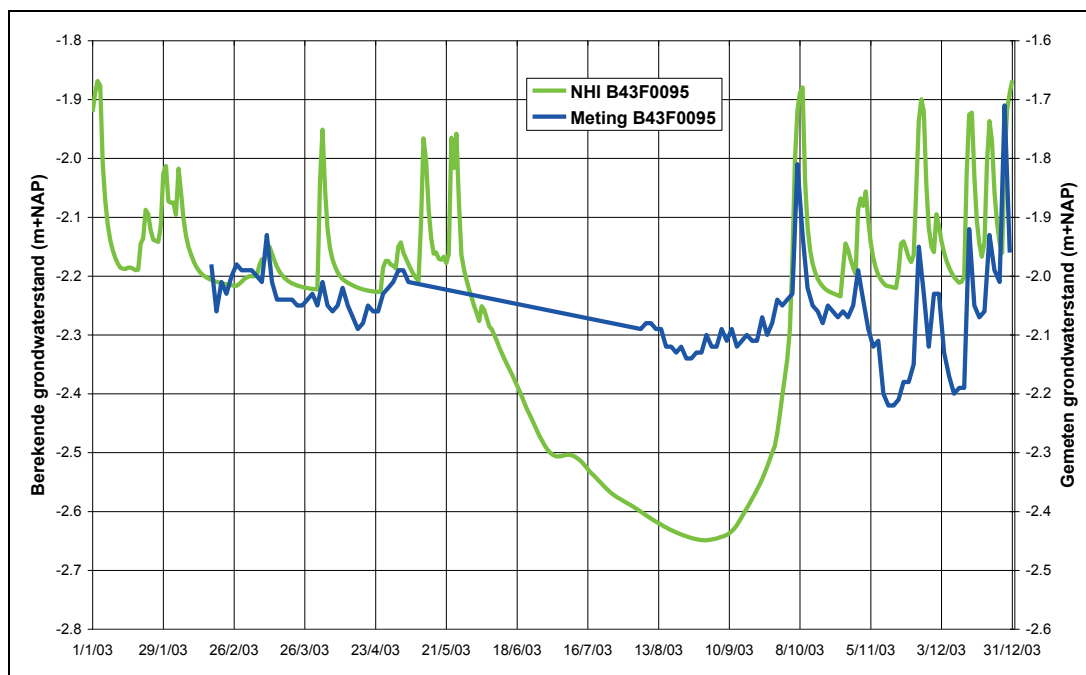
Figuur 4.15 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43E0281 in 2003



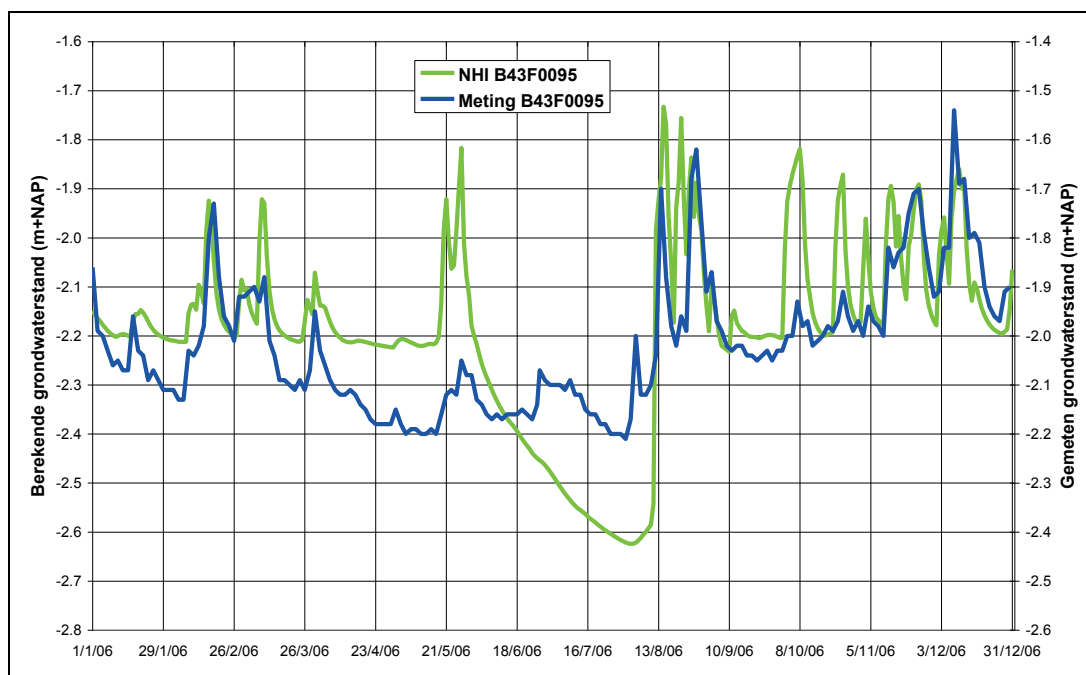
Figuur 4.16 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43E0281 in 2006

Peilbuis B43F0095

Peilbuis B43F0095 bevindt zich bij Strijen in de Polder het Oude land van Strijen. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4.17 en Figuur 4.18. De figuren geven aan dat het modelresultaat een grotere dynamiek vertoont dan de meting en een grotere range heeft. In het modelresultaat is sprake van een zakking van de grondwaterspiegel, die niet in de meting voorkomt.



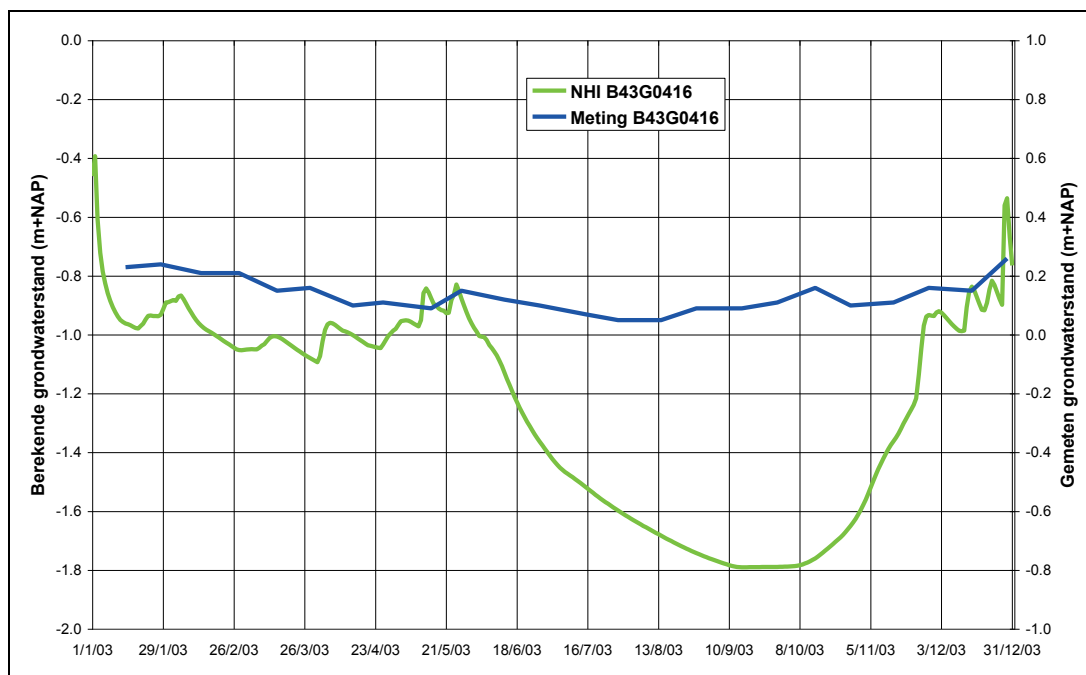
Figuur 4.17 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43F0095 in 2003



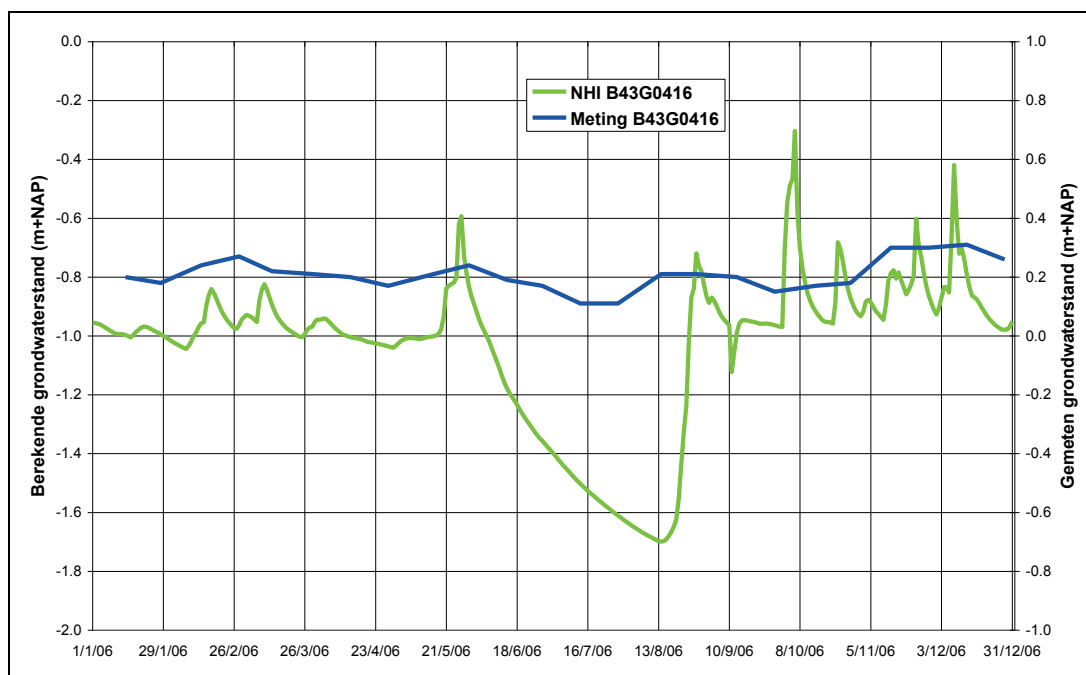
Figuur 4.18 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43F0095 in 2006

Peilbuis B43G0416

Peilbuis B43G0416 bevindt zich in de Galathee Polder op Oostflakkee. Het gemeten verloop en de simulaties voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.19 en Figuur 4.20. De meting laat een vrijwel constante grondwaterstand zien, die niet door het model wordt berekend. Het model reageert op opgetreden neerslag en zakt weg in de droge maanden. Hierdoor is de berekende range groter.



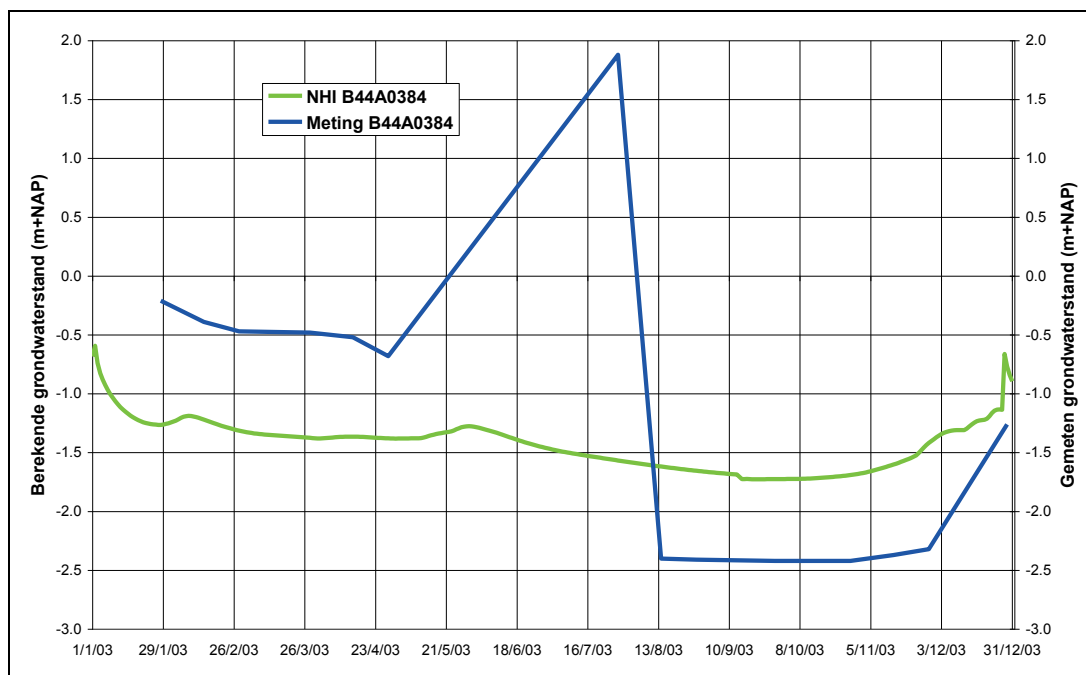
Figuur 4.19 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43G0416 in 2003



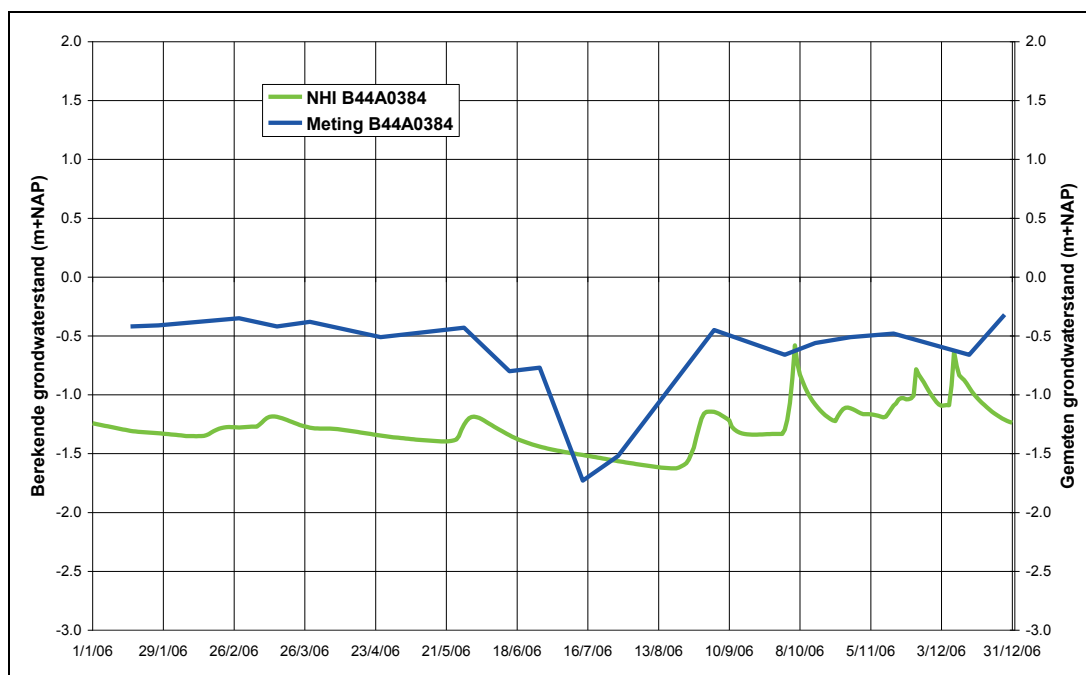
Figuur 4.20 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43G0416 in 2006

Peilbuis B44A0384

Peilbuis B44A0384 bevindt zich ten zuiden van Dordrecht in de Louisa Polder. De gemeten en berekende grondwaterstanden voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.21 en Figuur 4.22. Het gemeten signaal voor 2003 lijkt een foutieve registratie te bevatten. Het model vertoont nauwelijks enige peilvariatie. Voor 2006 zijn de afwijkingen tussen meting en model gering.



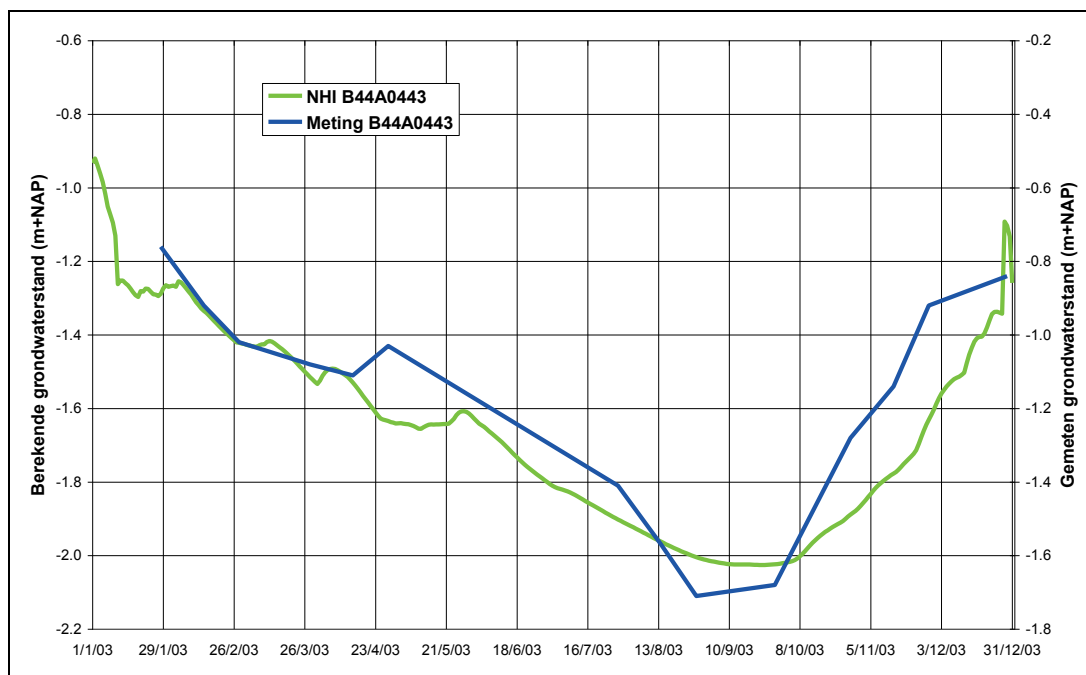
Figuur 4.21 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B44A0384 in 2003



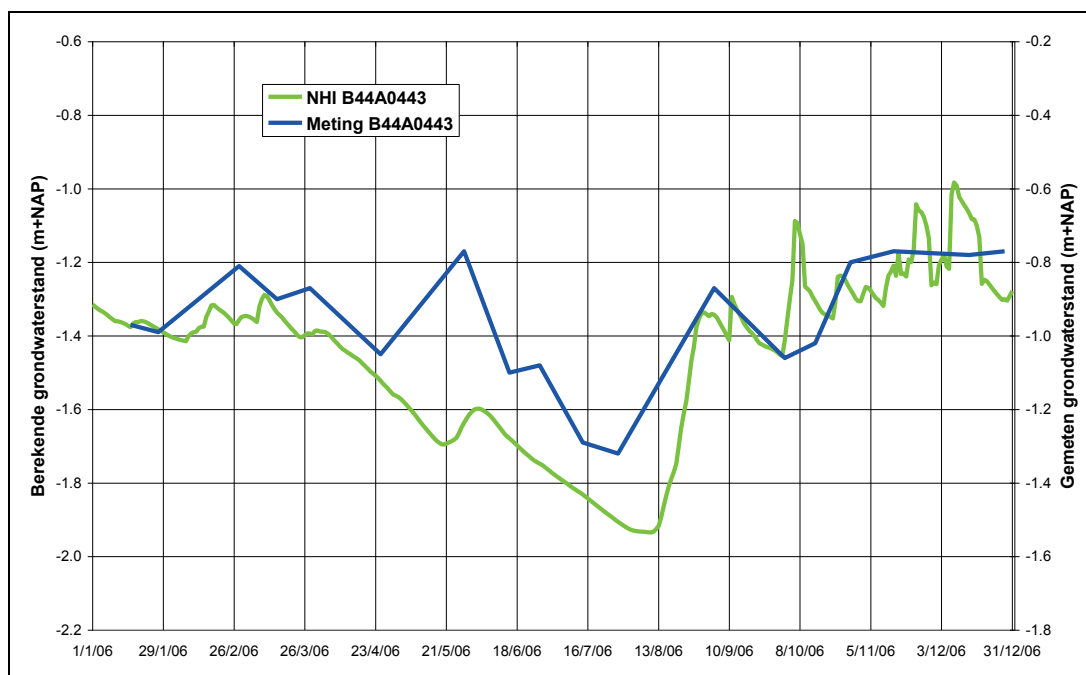
Figuur 4.22 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B44A0384 in 2006

Peilbuis B44A0443

Peilbuis B44A0443 ligt in een park in Dordrecht. Meting en berekening van de grondwaterstand voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.23 en Figuur 4.24. De figuren geven aan dat voor zowel 2003 als voor 2006 het model het gemeten verloop goed weergeeft, echter 4 dm verschoven.



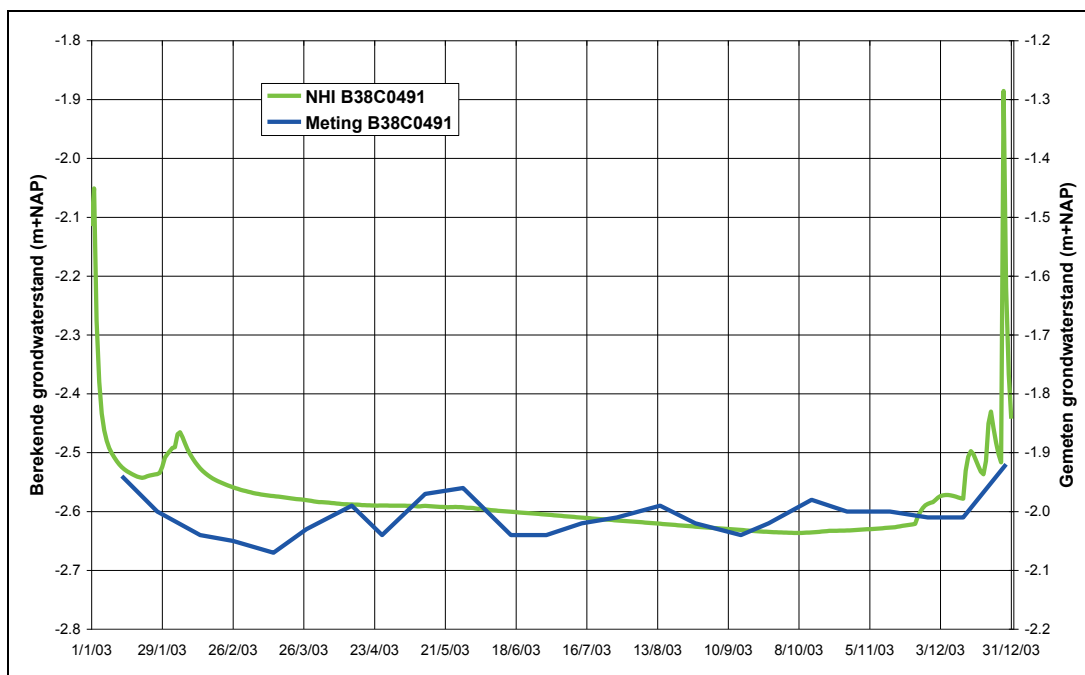
Figuur 4.23 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B44A0443 in 2003



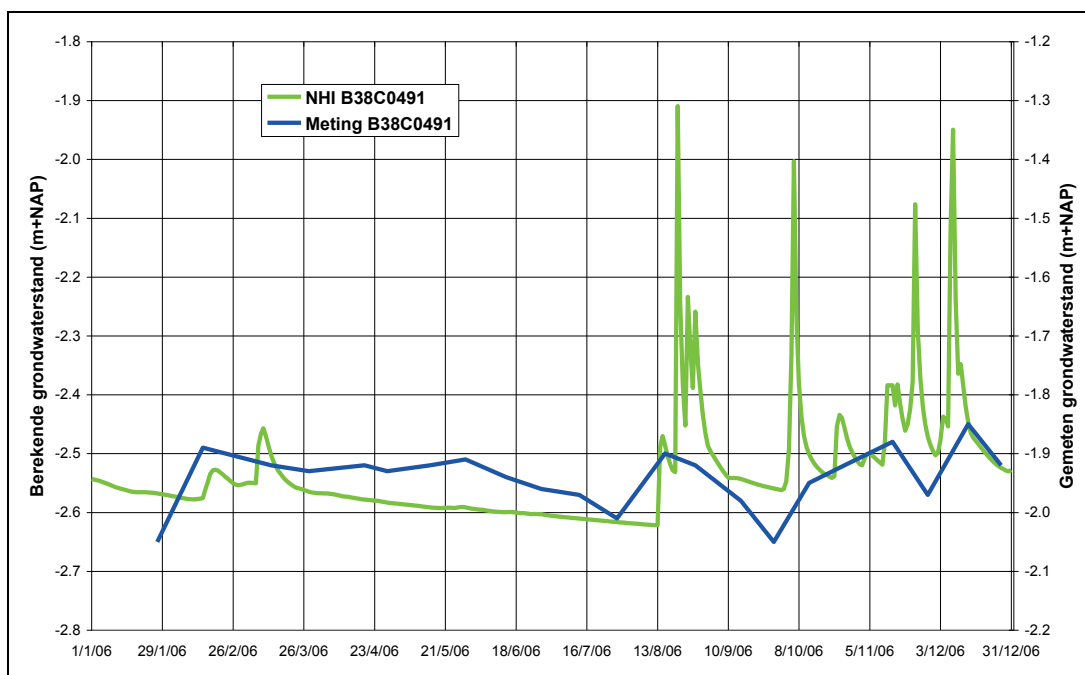
Figuur 4.24 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B44A0443 in 2006

Peilbuis B38C0491

Peilbuis B38C0491 bevindt zich in stedelijk Zwijndrecht. Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.25 en Figuur 4.26. Het verloop van 2003 wordt door het model goed gesimuleerd op een verschuiving van 6 dm na. Onduidelijk is of de berekende pieken aan het begin en aan het eind van 2003 ook zijn opgetreden. Voor 2006 wordt het verloop in de eerste helft van het jaar correct weergegeven. In de tweede helft van het jaar gedraagt het model zich weer zoals eerder is aangegeven: vanaf 13 augustus reageert het model plotseling zeer snel op de neerslag.



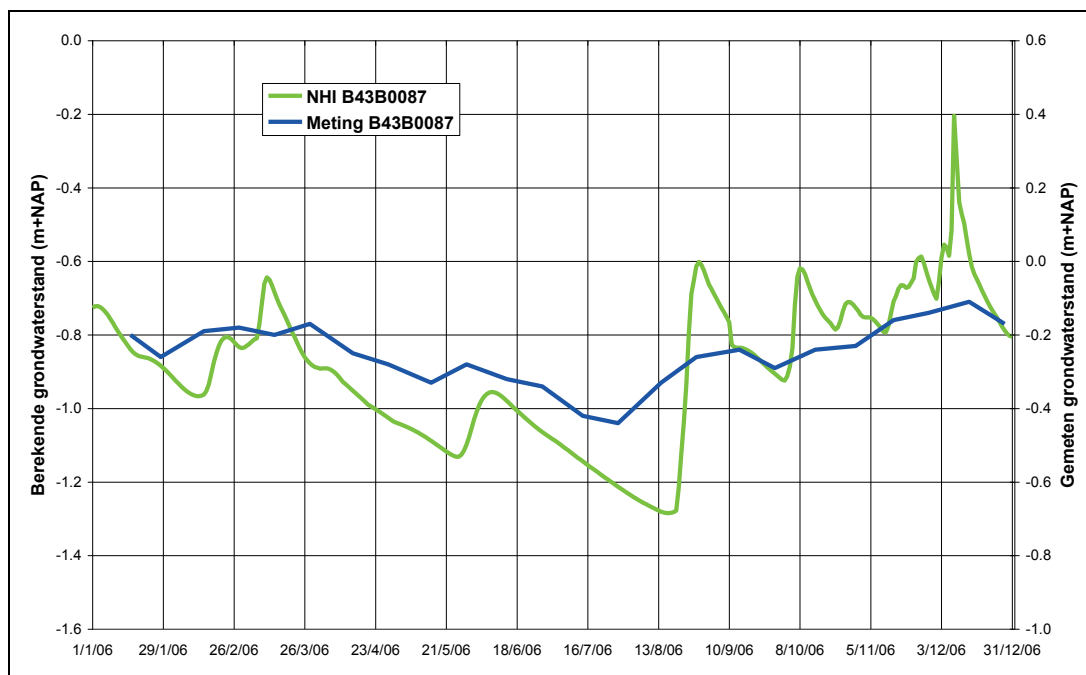
Figuur 4.25 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B38C0491 in 2003



Figuur 4.26 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B38C0491 in 2006

Peilbuis B43B0087

Peilbuis B43B0087 bevindt zich in de bebouwde kom van Middelharnis. De gemeten en berekende grondwaterstand voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.27. De dynamiek van het berekende verloop is groter dan van de meting, maar het verloop wordt redelijk weergegeven 6 dm lager dan is waargenomen.



Figuur 4.27 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B43B0087 in 2006

4.3 Samenvatting

In Tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de resultaten van de vergelijking van de gemeten met de berekende grondwaterstanden op de locaties weergegeven in Figuur 4.28 op basis van de volgende 3 criteria:

- 1 Dynamiek,
- 2 Recessie- of uitputtingsverloop, en
- 3 Range, d.w.z. het verschil tussen de hoogste en de laagste grondwaterstand.

Waardeoordelen variëren van goed (+geel), redelijk/matig (+/-) tot slecht (-blauw). De vakjes gemerkt +/- verdienen een nadere analyse, terwijl de vakjes die blauw zijn gemerkt een (her)ijking nodig hebben. De tabel geeft aan dat 4 van de 14 locaties herijking van het model noodzakelijk is. Opvallend in dit beheergebied is de geringe respons in de metingen op de neerslag. Voor een deel is dit ook niet goed te beoordelen omdat de bemonsteringsfrequentie daarvoor in de meeste gevallen te laag was voor een duidelijk beeld.

Tabel 4.2 Overzicht van evaluatie van NHI grondwaterstanden in Hollandse Delta

CODE	Coördinaten		Gebiedskenmerk	Dynamiek	Recessie verloop	Range
	X	Y				
Hollandse Delta						
B36H0111	54.015	425.452	Polder Oudeland	+	+	+
B37C0558	67.704	430.743	Hellevoetsluis	+	+	+
B37D0145	76.007	430.004	naast Bernisse	+	+	+
B37G0453	83.734	432.544	naast A15	-	-	-
B37G0508	82.905	427.066	bij open water	-	-	-
B37H0283	99.411	432.321	Polder Rijerwaard	?	+	?
B43D0269	73.235	412.122	bebouwd gebied	+/-	+/-	+/-
B43E0281	82.620	422.450	Polder Nieuw-Piershil	+	+	?
B43F0095	95.106	418.084	Polder het Oude Land van Streijen	-	-	-
B43G0416	81.985	410.838	Galathee polder	-	-	-
B44A0384	106.700	420.320	Louisa polder	+	+/-	+
B44A0443	106.688	423.251	bij open water	+	+	+
B38C0491	100.590	425.779	stedelijk gebied	+/-	+	?
B43B0087	71.362	419.122	bebouwd gebied	+/-	+/-	+/-



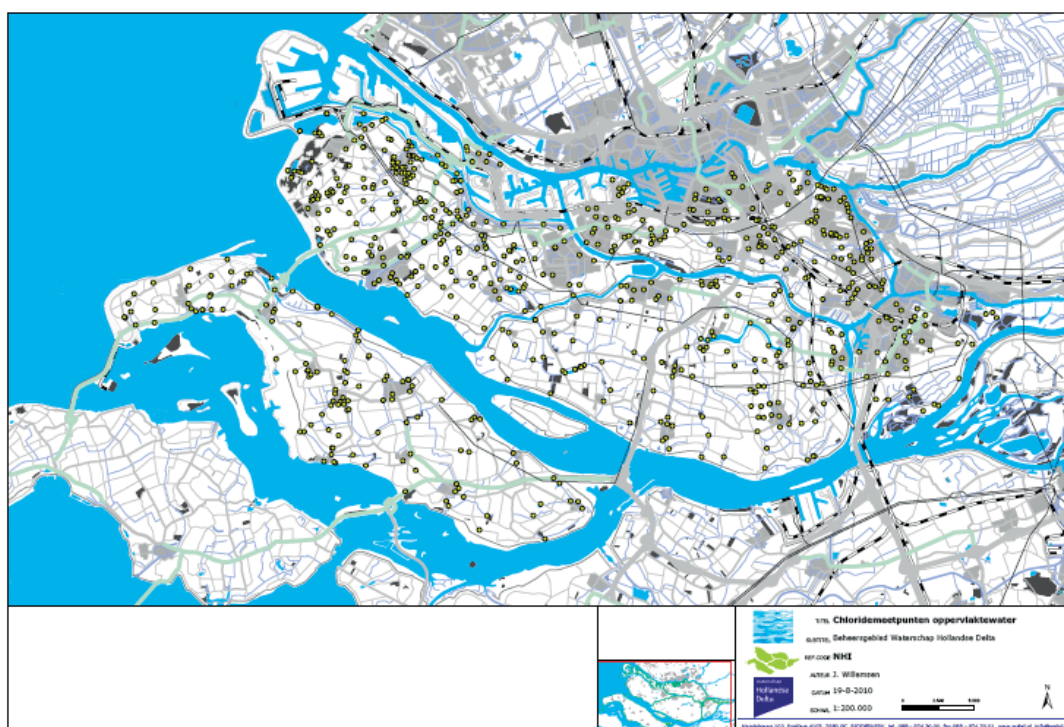
Figuur 4.28 Locatie van grondwaterpeilbuizen in het beheergebied van waterschap Hollandse Delta

5 Chlorideconcentraties

5.1 Algemeen

Maandelijkse chlorideconcentraties van 2003 en 2006 zijn aangeleverd voor het open water in de onderscheiden districten op de locaties zoals is aangegeven in Figuur 5.1. Deze zijn voor de berekende concentraties in de districten vergeleken met het modelresultaat. Alleen het jaar 2003 is beschouwd omdat er weinig toegevoegde waarde zit in een aanvullend jaar. Immers, uit de analyses van de NHI resultaten voor waterschappen in noord, midden en west Nederland is naar voren gekomen dat het aggregatieniveau in het NHI t.a.v. de zoutmodellering in het Distributiemodel te hoog is voor een goede reproductie van de concentraties. Per boezemwater of per district wordt per tijdstap één concentratie berekend. In de praktijk blijkt de chlorideconcentratie ruimtelijk binnen een NHI-eenheid sterk te kunnen variëren, waardoor zout als trigger voor een inlaat in het model vaak niet goed werkt. Meer differentiatie naar plaats van de zoutconcentratie in het Distributiemodel van het NHI is daarom gewenst. Meer detail is te verkrijgen indien niet op Distributiemodelniveau wordt gekeken naar de zoutconcentraties maar op het niveau van de LSW (Local Surface Water), het niveau waarop de zoutconcentratie wordt berekend. Het districtzoutgehalte is slechts een middeling van de LSW-concentraties.

Voorts zou het interessanter zijn geweest indien chlorideconcentraties van het open water buiten de districten waren ontvangen, daar die concentraties bepalend zijn of er al dan niet water wordt ingelaten.

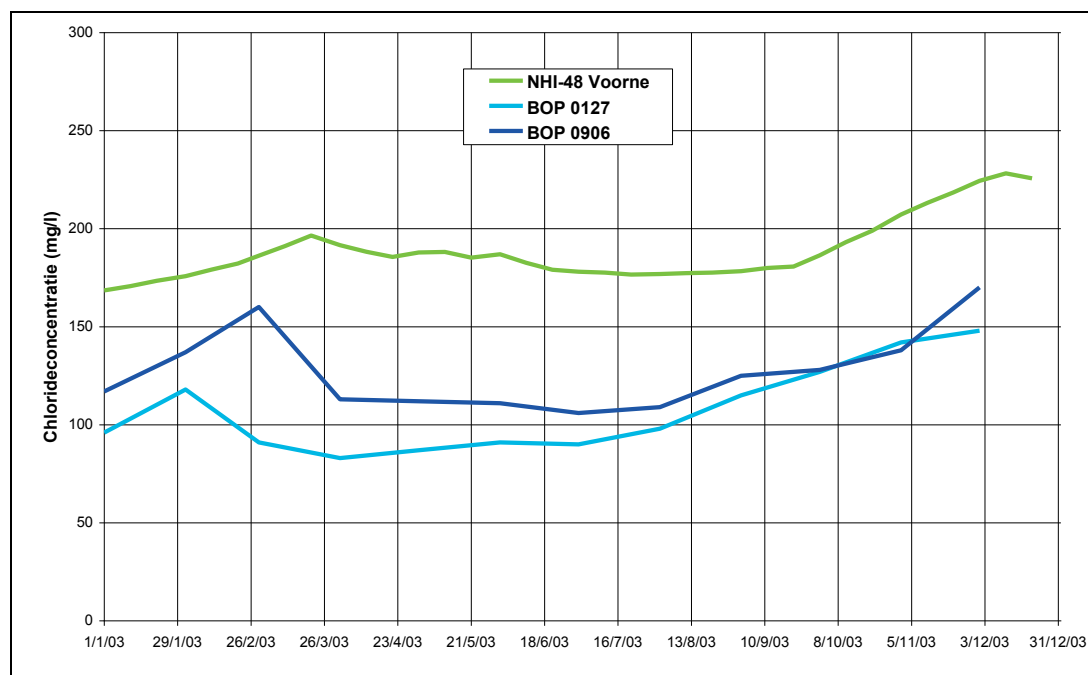


Figuur 5.1 Locatie van meetpunten van chlorideconcentraties in beheersgebied van waterschap Hollandse Delta

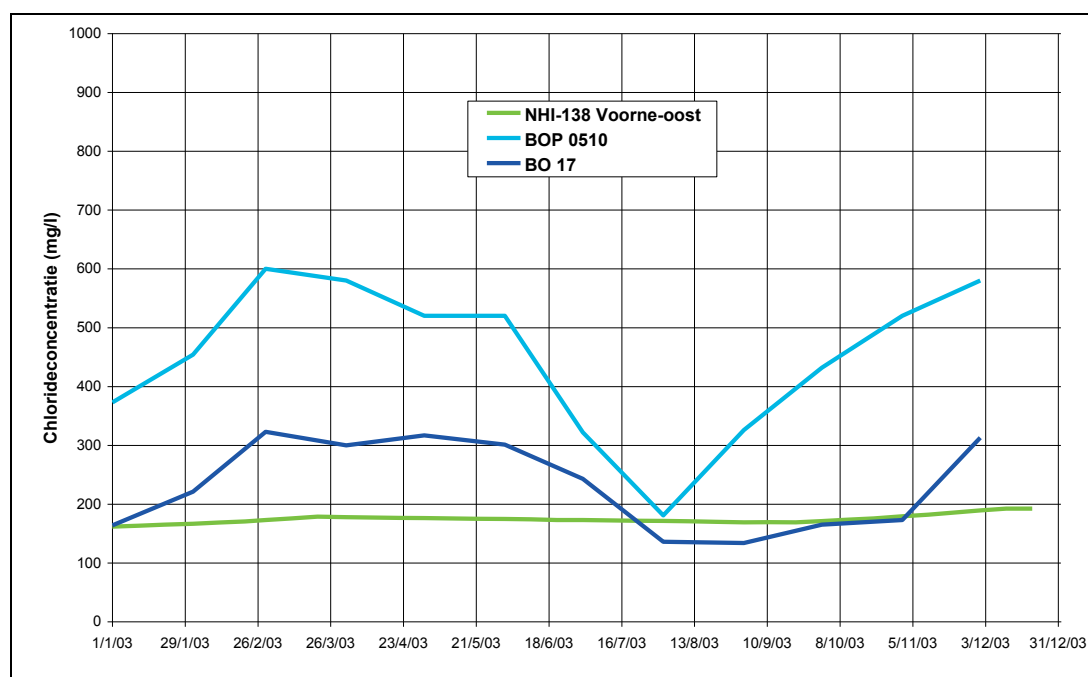
5.2 Chlorideconcentraties 2003 vergeleken met NHI resultaat

Voorne-Putten

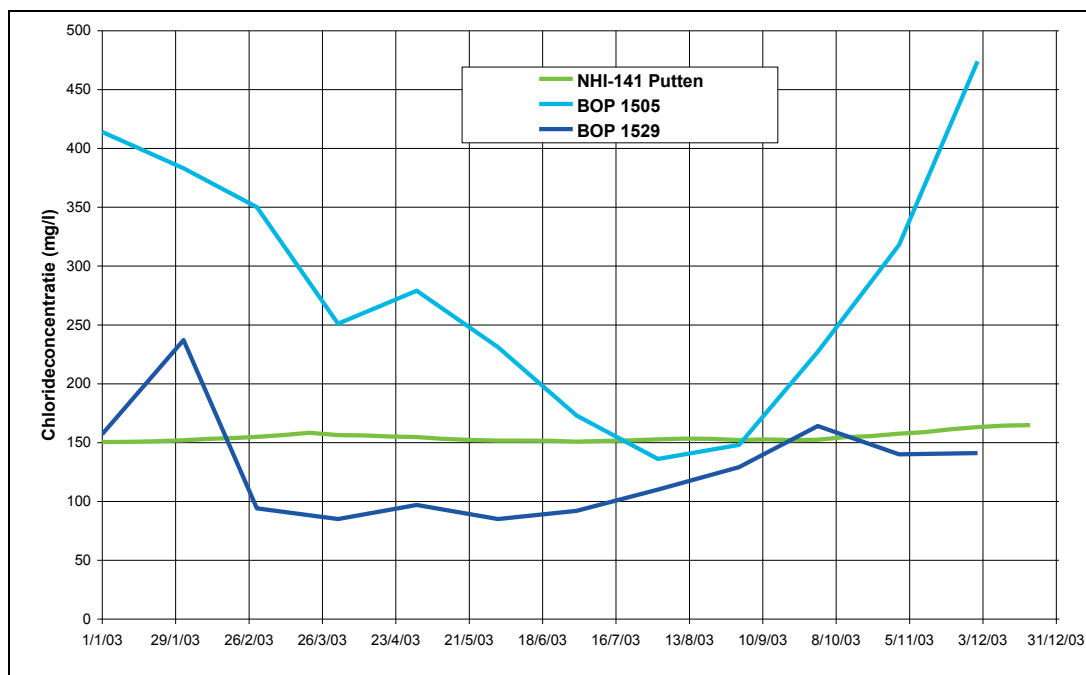
Steeds zijn twee meetlocaties gekozen per district voor de vergelijking met het NHI resultaat. Voor Voorne-Putten zijn de resultaten samengevat in Figuur 5.2, Figuur 5.3 en Figuur 5.4 voor respectievelijk de districten 48, 138 en 141. De gemeten concentraties tussen 100 en 600 mg/l. Het Distributiemodel berekent gemiddelde concentraties tussen 150 en 250 mg/l, dwz binnen de gemeten marges. Het verloop in de tijd wordt met uitzondering van district 48 niet goed weergegeven.



Figuur 5.2 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 48 Voorne



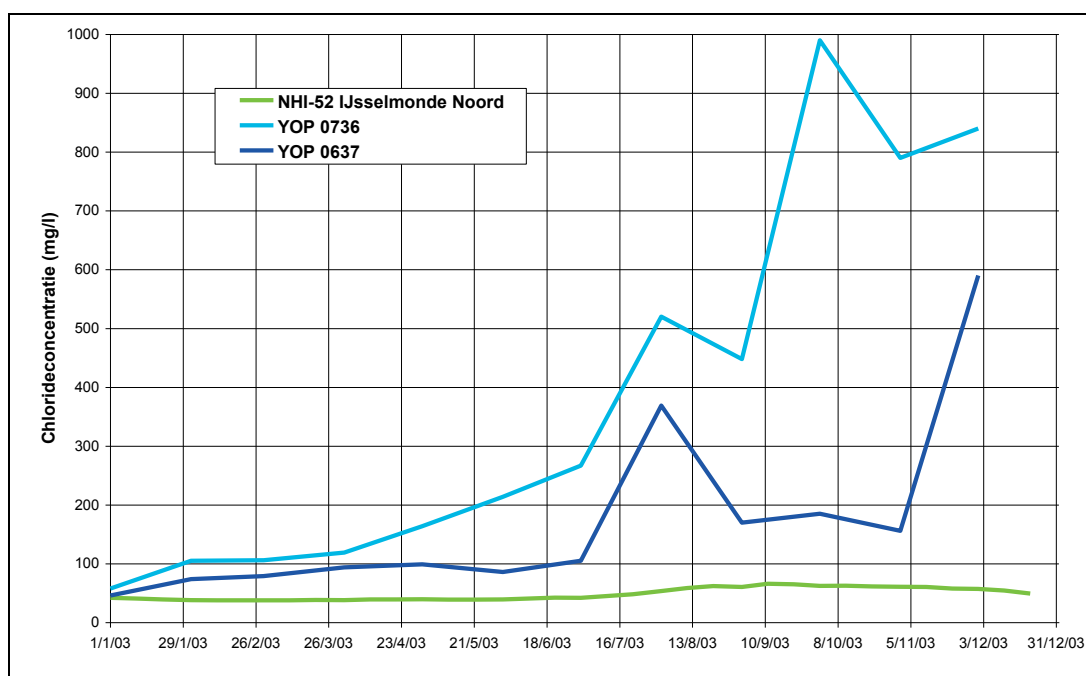
Figuur 5.3 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 138 Voorne-oost



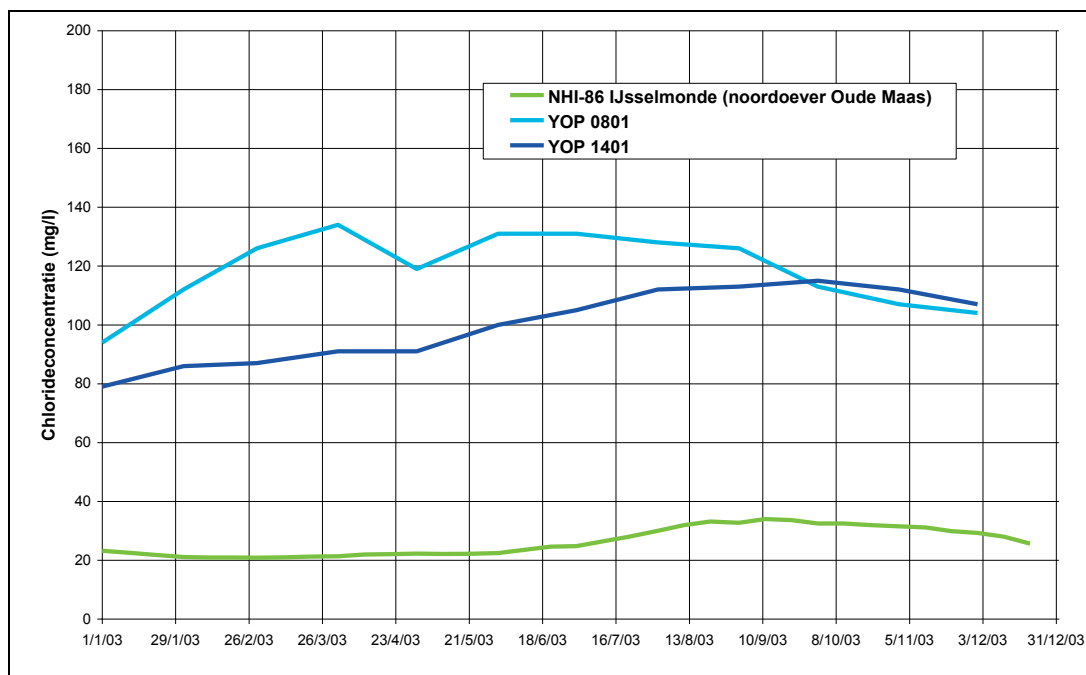
Figuur 5.4 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 141 Putten

IJsselmonde

De meet- en berekeningsresultaten voor IJsselmonde zijn weergegeven in Figuur 5.5 en Figuur 5.6. De metingen aan de noordzijde lopen op tot 1000 mg/l terwijl het modelresultaat nog geen 100 mg/l berekend. Met name voor IJsselmonde Noord ligt het berekende resultaat ver af van de metingen.



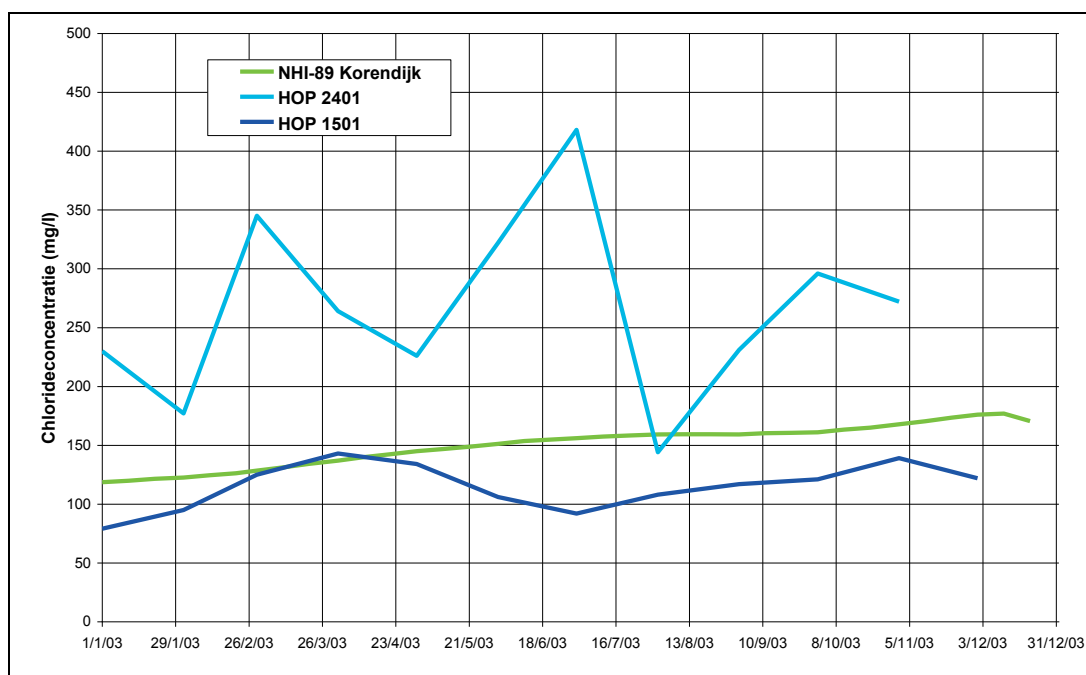
Figuur 5.5 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 52 IJsselmonde Noord



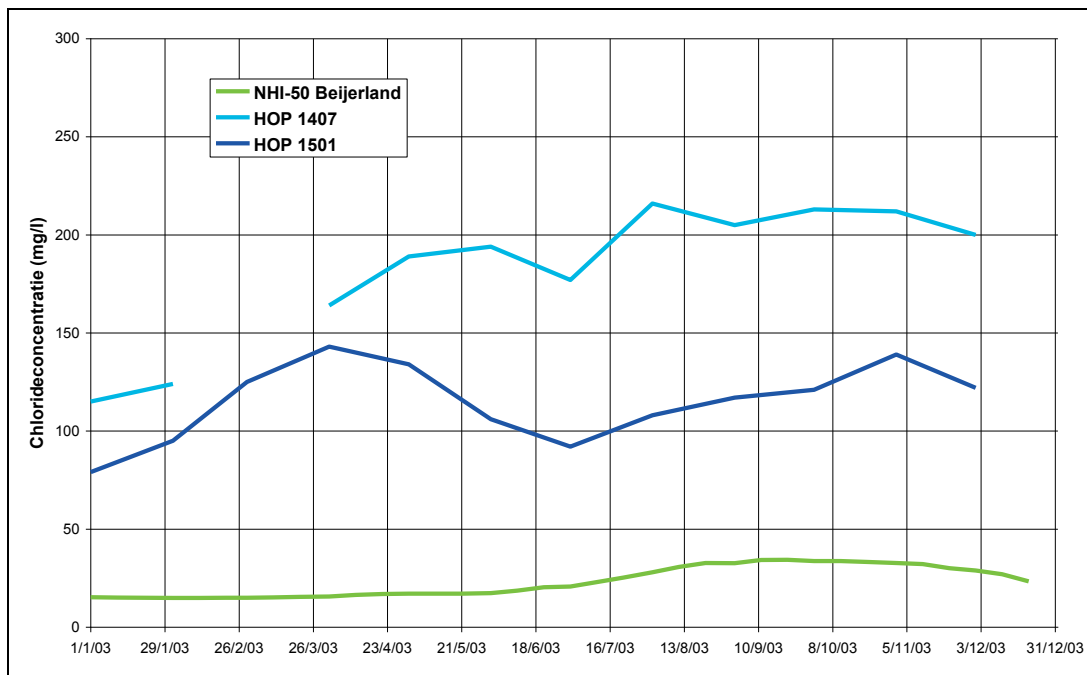
Figuur 5.6 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 86 IJsselmonde (Oude Maas)

Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht

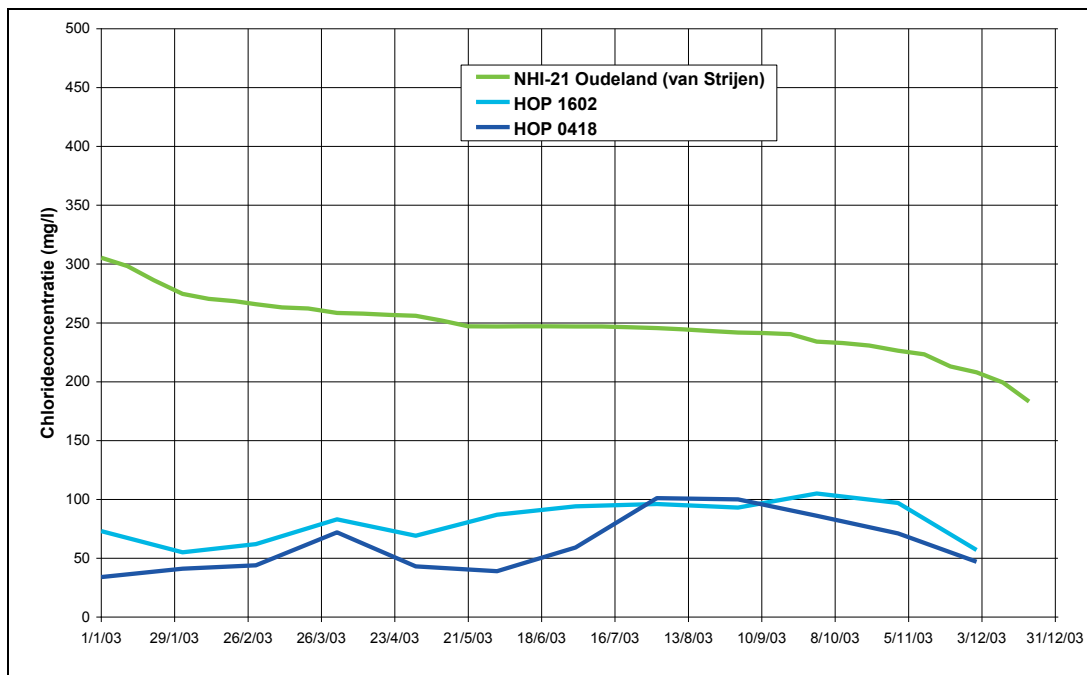
De gemeten en berekende chlorideconcentraties voor de districten in Hoekse Waard en Eiland van Dordrecht zijn weergegeven in Figuur 5.7 t/m Figuur 5.11. De gemeten concentraties bevinden zich tussen de grenzen 40 en 400 mg/l, terwijl het model waarden tussen de 20 en 300 mg/l berekent. De afwijkingen voor district 21 en 50 zijn opvallend; voor district 21 berekent het model een veel hogere concentratie dan is gemeten, terwijl voor district 50 juist het omgekeerde het geval is.



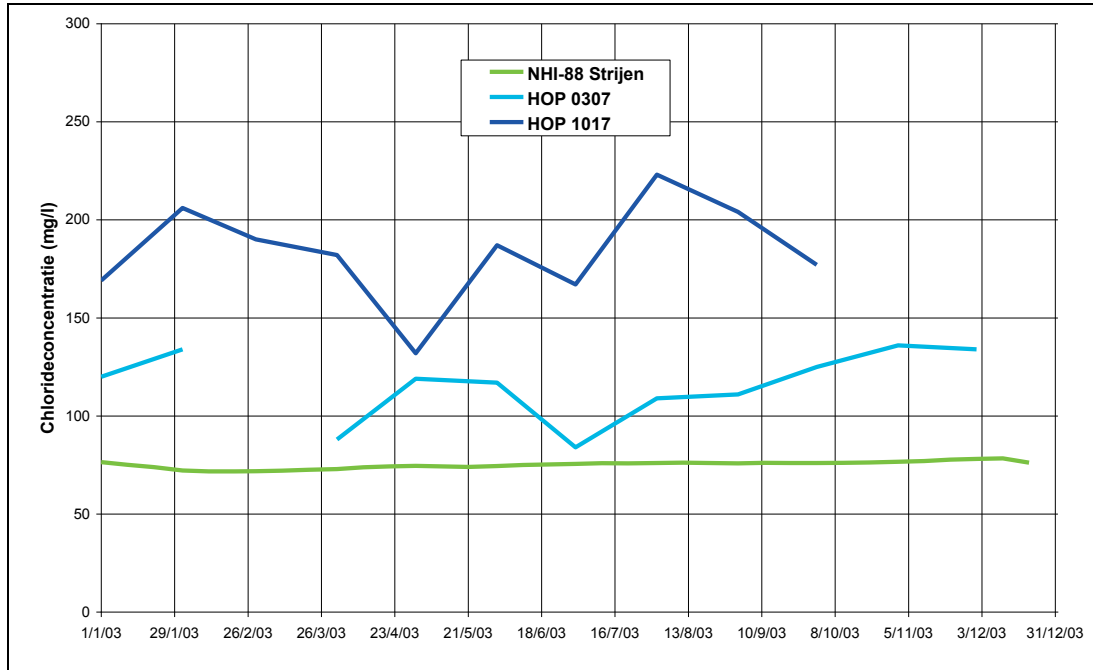
Figuur 5.7 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 89 Korendijk



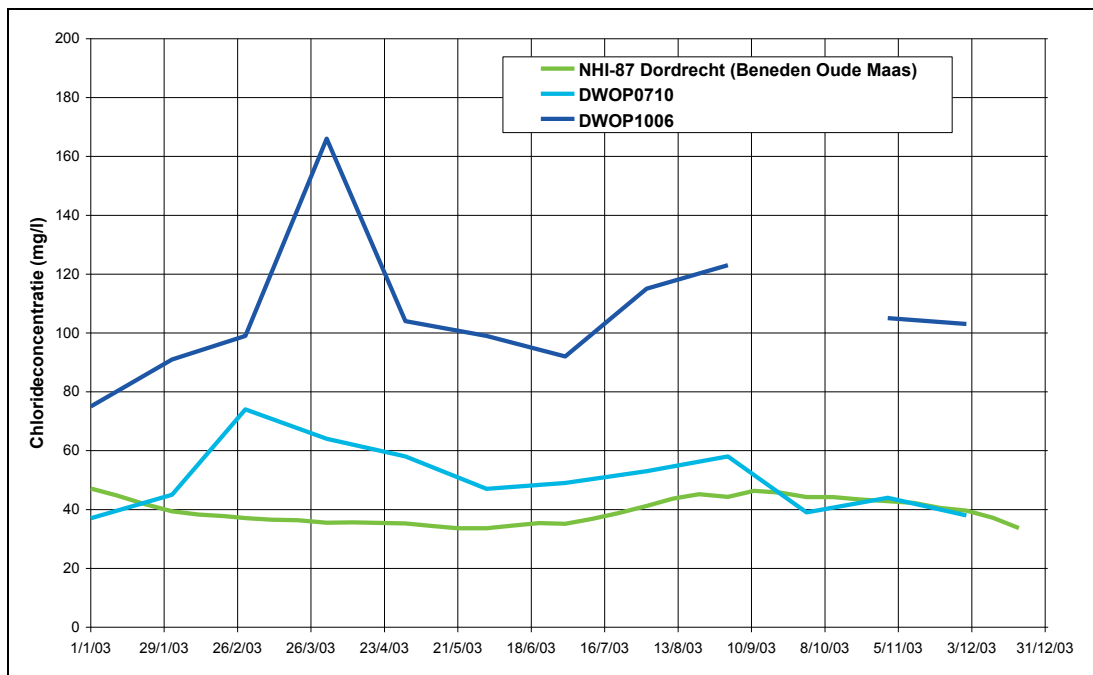
Figuur 5.8 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 50 Beijerland



Figuur 5.9 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 21 Oudeland van Strijen



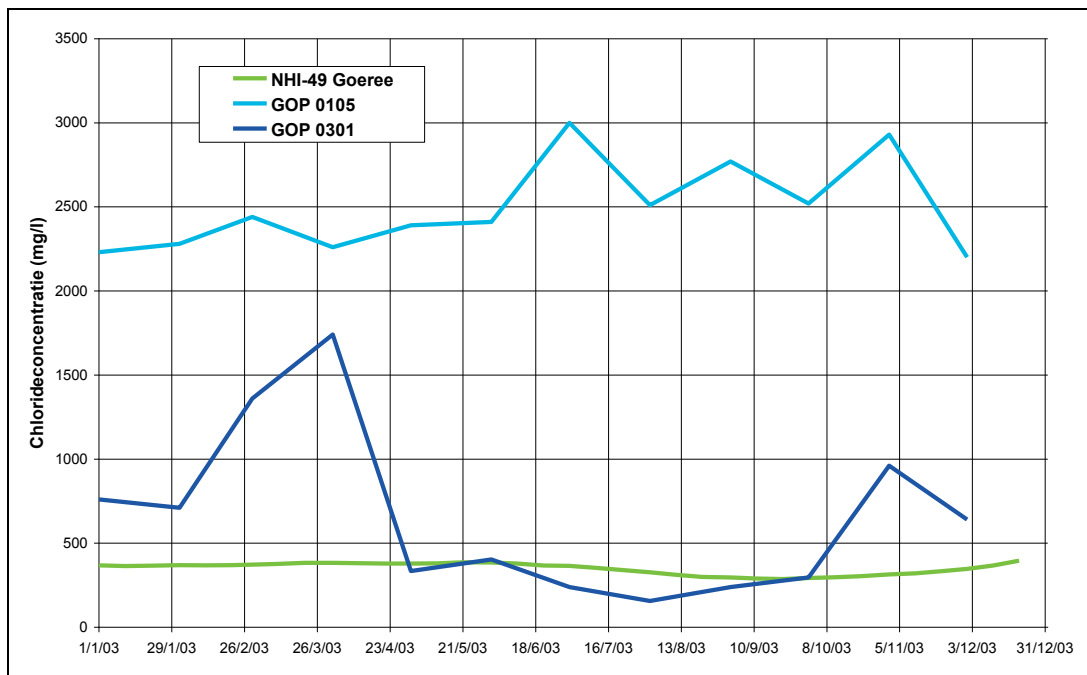
Figuur 5.10 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 88 Strijen



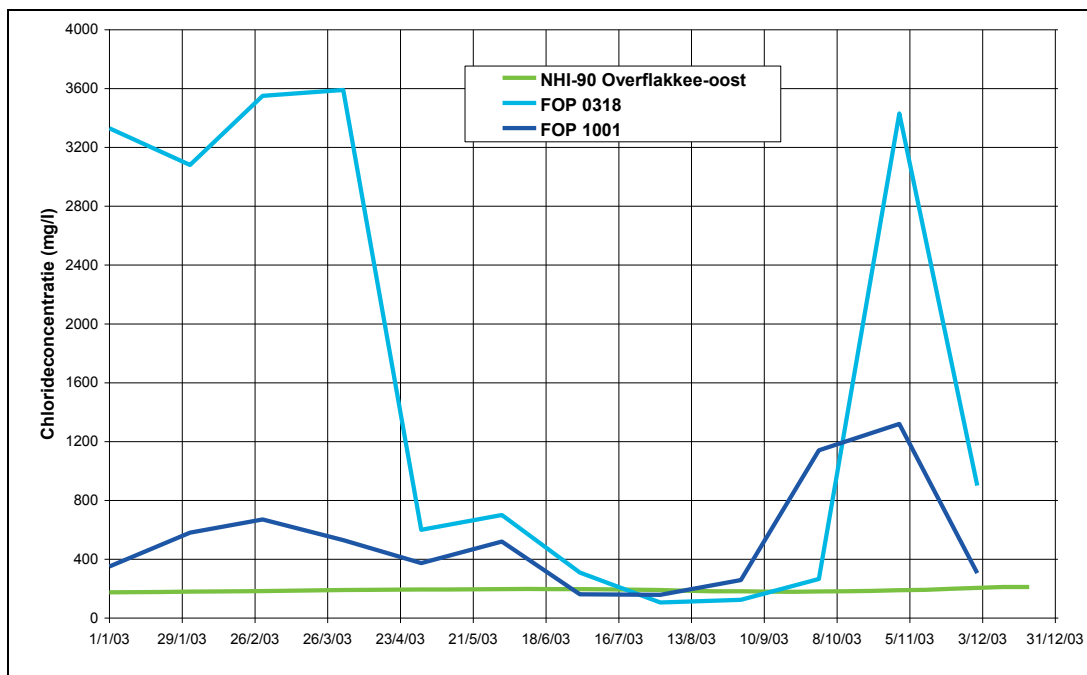
Figuur 5.11 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 87 Dordrecht

Goeree Overflakkee

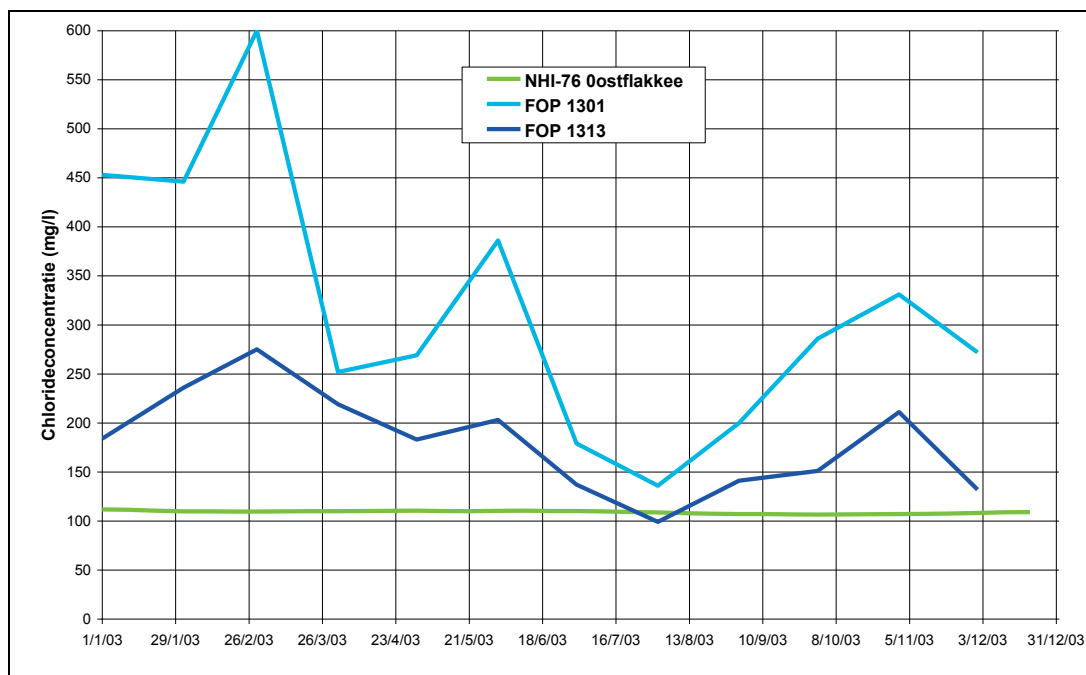
De gemeten en berekende zoutconcentraties op een aantal locaties in de districten van Goeree Overflakkee zijn weergegeven in Figuur 5.12, Figuur 5.13 en Figuur 5.14. De gemeten range liggen voor de districten 49 en 90 zeer hoog, tot boven de 3000 mg/l terwijl de districtgemiddelde berekende concentraties niet boven de 500 mg/l uitkomen. In alle gevallen berekent het model een te lage districtsconcentratie, met uitzondering van het groeiseizoen.



Figuur 5.12 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 49 Goeree



Figuur 5.13 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 90 Overflakkee-oost



Figuur 5.14 Gemeten en berekende chlorideconcentraties district 76 Oostflakkee

Samenvattend zijn de berekende concentraties voor twee districten 48 en 21 te hoog voor de districten 86, 52, 50 en 88 te laag en voor de overige districten enigszins te laag. De gemeten variatie over het jaar wordt, met enkele uitzonderingen, door het model niet weergegeven.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Water aanvoer en afvoer

- 1 De resultaten voor het oppervlaktewater in het waterschap Hollandse Delta tonen aan dat zowel voor 2003 als voor 2006 de verschillen tussen meting en model nog te groot zijn om het model in deze fase van ontwikkeling al in te kunnen zetten voor een betrouwbare simulatie van de waterverdeling op regionale schaal.
- 2 Er zijn onvoldoende inlaatgegevens beschikbaar gesteld voor een vergelijking met de berekende inlaten naar de districten. De aangeleverde gegevens laten echter wel zien dat gedurende het hele jaar water wordt ingelaten, terwijl het model alleen water inlaat in het groeiseizoen.
- 3 De afvoer van water wordt door het model met uitzondering van district 86 (IJsselmonde ten noorden van de Oude Maas) overschat. Hierbij moet worden opgemerkt dat de metingen niet overall een compleet beeld geven van de totale afvoer. Voorts ontbreken in de metingen de bijdragen van de RWZI's. Daardoor worden de overschattingen gereduceerd met uitzondering van district 86.
- 4 De analyse heeft aangetoond dat het model de dynamiek van het afvoerproces in het algemeen goed simuleert.
- 5 Mogelijk is al een goede verbetering van het modelresultaat te verkrijgen met een aanpassing van de neerslag.

Grondwater

- 6 De kwaliteit van de simulatie van het grondwaterstandverloop door het NHI is beoordeeld op reproductie van de dynamiek, het uitputtingsverloop en de range. De grondwaterstandreeksen voor vooral 2006 zijn zeer geschikt voor validatie van het model door de opeenvolging van droge en natte periodes. Een goede reproductie hiervan stelt hoge eisen aan het model.
- 7 De beoordeling van de dynamiek was slechts beperkt mogelijk door de lage bemonsteringsfrequentie (vaak 1 x per 14 dagen of minder) die in de peilbuizen wordt toegepast. Ook is de kwaliteit van de reeksen soms twijfelachtig.
- 8 De analyses tonen aan dat van de 14 onderzochte locaties er voor 4 herijking van het model noodzakelijk is.
- 9 Opvallend in dit beheergebied is de geringe respons in de grondwaterstand op de neerslag.
- 10 De validatie van het NHI m.b.t. het grondwater wordt ernstig bemoeilijkt door de aanwezigheid van een storing in het berekende resultaat op 11 september 2006, aangeduid als de 9/11 hik. Voor een zinvol vervolg dient deze storing eerst te worden ge-ëlimineerd.

Zoutconcentraties

- 11 De berekende concentraties zijn voor de districten 48 en 21 te hoog, voor de districten 86, 52, 50 en 88 te laag en voor de overige districten enigszins te laag.
- 12 De gemeten variatie over het jaar wordt, met enkele uitzonderingen, door het model niet weergegeven.

Eindconclusie

Het NHI in zijn huidige staat is nog niet geschikt voor het uitvoeren van betrouwbare analyses van de waterverdeling op regionaal niveau. Of het model een betrouwbare schatting van de watervraag geeft kan op basis van de aangeleverde gegevens niet beoordeeld worden, wel dat de afvoer evenals een correcte simulatie van het grondwaterstandverloop nog lang niet overal wordt gerealiseerd. Om een beter resultaat te bereiken is eliminatie van de grondwaterbug nodig, dienen de gegevens van alle neerslagstations in beschouwing te worden genomen en is lokale ijking van het model gewenst. Op eenvoudige wijze is het modelresultaat voor het oppervlaktewater te verbeteren.

6.2 Aanbevelingen

De conclusies leiden tot de volgende aanbevelingen.

- Aanpassing van de gemaalcapaciteiten volgens de opgave van het waterschap in de memo van 21-09-2010.
- Controle op de volledigheid en de kwaliteit van de oppervlaktewatergegevens voor 2003 en 2006. Complete inlaat en afvoerreeksen zijn nodig voor de validatie.
- Dagelijkse grondwaterstanden zijn nodig om de dynamiek van het grondwater en het uitputtingsverloop te kunnen vergelijken met het NHI-resultaat.
- Controle op de kwaliteit van de grondwaterstanden is nodig, terwijl voorts de opgegeven maaiveldhoogtes gecontroleerd moeten worden.
- De 9/11 bug dient uit het NHI te worden ge-ëlimineerd voordat een vervolg wordt gegeven aan de validatie (wordt aan gewerkt).
- De analyse van het resultaat met het NHI voor grondwater toont aan dat het grondwatermodel lokaal geïjkt dient te worden. Het volstaat kennelijk niet om op basis van bodemgegevens het grondwaterverloop overal goed te beschrijven.
- Voor een zinnige validatie van de met het model berekende zoutconcentraties zijn metingen nodig van de concentraties in het open water buiten de districten.

7 Literatuur

ANWB (2010)

Topografische Atlas Nederland, 1:50 000.
3^{de} editie, 1^e druk. ISBN 978 901803 0704

Elbers, J.A., E.J. Moors en C.M.J. Jacobs (2009)

Gemeten actuele verdamping voor 12 locaties in Nederland
Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1920, ISSN 1566-7197

HKV (2009)

Distributiemodel, deel B
West Nederland
PR1640.10, april 2009

HKV (2009)

Distributiemodel, deel F
Brielse Dijkkring
PR1640.10, april 2009

KNMI (2007)

Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2006
(<http://www.knmi.nl/klimatologie/monv>)

KNMI (2010)

Dagneerslagsommen, districten 1 t/m 15, 325 stations
Dagwaarden meteorologische variabelen, 25 stations

NHI (2008)

Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI
Modelrapportage, Hoofdrapport, december 2010

NHI (2008)

Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI
Modelrapportage, Deelrapport Neerslag en Verdamping, december 2010

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Noord Nederland. Jaar 2006
Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Midden en West Nederland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Oost Nederland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Zuiderzeeland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa

Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen en P. Groenendijk (2010)
SIMGRO 7.1.0 manual, Theory and model implementation.
Alterra-report 913.1, Alterra, Green World Research, Wageningen

Warmerdam, P. (1981)
De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend
regenmeteronderzoek.
H2O, Volume 14