

stowa

BIJLAGE M

VALIDATIE NHI

REGIO MIDDEN-WEST

NEDERLAND



RAPPORT

2011
w02

BIJLAGE M

VALIDATIE NHI REGIO MIDDEN-WEST NEDERLAND

RAPPORT

2011
W02



Validatie NHI voor Midden en West Nederland

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Opdrachtgever:
Stowa

Validatie NHI voor Midden en West Nederland

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Rapport

december 2010

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding validatie NHI	4
1.2	Aanpak.....	5
2	Rijnland	7
2.1	Hydraulische infrastructuur en schematisatie	7
2.2	Neerslag en verdamping	8
2.2.1	Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen.....	8
2.2.2	Berekeningsprocedure model neerslag	12
2.2.3	Gemeten en model neerslag in 2003.....	13
2.2.4	Gemeten en model neerslag 2006.....	14
2.2.5	Verdampingsberekening in NHI	15
2.2.6	Referentie verdamping.....	16
2.2.7	Actuele verdamping	19
2.3	Oppervlaktewater 2003	21
2.3.1	Wateraanvoer.....	21
2.3.2	Afvoer	23
2.3.3	Netto afvoer 2003.....	26
2.4	Oppervlaktewater 2006	28
2.4.1	Wateraanvoer.....	28
2.4.2	Afvoer	30
2.4.3	Netto afvoer 2006.....	33
2.5	Grondwaterstanden	34
2.6	Chlorideconcentraties	37
3	Delfland	42
3.1	Hydraulische infrastructuur en schematisatie	42
3.2	Neerslag en verdamping	43
3.2.1	Gemeten en modelneerslag in 2003.....	43
3.2.2	Gemeten en modelneerslag in 2006.....	45
3.2.3	Gemeten en berekende verdamping	47
3.3	Oppervlaktewater 2003	49
3.3.1	Wateraanvoer.....	49
3.3.2	Afvoer	51
3.3.3	Netto afvoer 2003.....	54
3.4	Oppervlaktewater 2006	55
3.4.1	Wateraanvoer.....	55
3.4.2	Afvoer	57

3.4.3	Netto afvoer 2006.....	59
3.5	Grondwaterstanden	60
3.6	Chlorideconcentraties	61
4	Schieland en de Krimpenerwaard	65
4.1	Gebiedsindeling en kunstwerken	65
4.2	Oppervlaktewater.....	66
4.3	Grondwaterstanden	66
4.4	Chlorideconcentraties	67
4.4.1	Waterinlaat voor doorspoeling in 2003	67
4.4.2	Geselecteerde meetlocaties.....	67
4.4.3	Simulaties voor 2003.....	68
4.4.4	Simulaties voor 2006.....	70
5	Waternet	73
5.1	Geselecteerde polders.....	73
5.2	Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost	75
5.2.1	Locatie	75
5.2.2	Waterbalanscomponenten	75
5.3	Polder Groot-Mijdrecht.....	80
5.3.1	Locatie	80
5.3.2	Waterbalanscomponenten	81
5.4	Westelijke Venen	86
5.4.1	Locatie	86
5.4.2	Waterbalanscomponenten	87
5.5	Loosdrechtse plassen.....	93
5.5.1	Locatie	93
5.5.2	Waterbalanscomponenten	93
5.6	Polder de Rondehoep.....	97
5.6.1	Locatie	97
5.6.2	Waterbalanscomponenten	97
5.7	Grondwaterstanden	102
5.8	Chlorideconcentraties	106
5.8.1	Meetlocaties	106
5.8.2	Amstelboezem.....	107
5.8.3	Stadsboezem Amsterdam.....	108
5.8.4	Vecht noord	109
5.8.5	Vecht zuid.....	110
6	De Stichtse Rijnlanden	112
6.1	Hydraulische infrastructuur	112
6.2	Oppervlaktewater.....	114
6.2.1	Schutsluis Bodegraven	114
6.2.2	Lopikerwaard bij gemaal Keulevaart.....	116
6.2.3	Waterinlaat naar Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede.....	118
6.2.4	Kromme Rijn bij Amelisweerd	119

6.2.5	Aan- en afvoer via Doorslagsluis	120
6.3	Grondwaterstanden	121
6.4	Chlorideconcentraties	121
7	Conclusies en aanbevelingen.....	122
7.1	Conclusies	122
7.2	Aanbevelingen	125
8	Literatuur.....	126
Appendices		
A	Windcorrectie neerslagmetingen	127

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 – 1 oktober), 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

Midden en West Nederland omvat de beheersgebieden van de hoogheemraadschappen /waterschappen Rijnland, Delfland, Schieland en de Krimpenerwaard, Waternet (Amstel, Gooi en Vecht) en de Stichtse Rijnlanden in de provincies Noord en Zuid Holland, Utrecht en Gelderland. De validatie van het NHI voor de beheersgebieden is uitgevoerd op de reproductie van de variabelen zoals hiervoor is aangegeven. Met betrekking tot het oppervlaktewater zijn de simulaties voor de boezemwateren vergeleken met de metingen, met uitzondering van het waterschap Waternet waar volgens afspraak de aan- en afvoer naar en van een aantal polders is geanalyseerd. Bruikbare grondwaterstandgegevens waren beperkt aanwezig. Voor een zinvolle analyse hiervan zijn tenminste dagcijfers nodig. Ten aanzien van de chloridegegevens is een selectie gemaakt van de meetpunten. Alleen de metingen in de boezemwateren zijn meegenomen. Groter detail is in dit stadium niet zinvol omdat in het model gradiënten binnen een rekeneenheid nu nog niet worden gesimuleerd. Eerst wanneer het open leidingstelsel in Sobek wordt gemodelleerd heeft dit zin.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de NHI validatie voor Rijnland besproken. Hier is ook aandacht gegeven aan de neerslag en verdampingskarakteristieken van de geselecteerde jaren 2003 en 2006 in relatie met de normalen om na te gaan hoe representatief de gekozen jaren zijn voor extreme situaties. Vervolgens wordt de NHI validatie voor Delfland besproken in hoofdstuk 3, analoog aan Rijnland, met dit verschil dat voor Delfland geen grondwatergegevens voorradig waren. In hoofdstuk 4 worden berekende en gemeten chlorideconcentraties in de boezemwateren van Schieland vergeleken, alsmede die op de hoofdaders, de Hollandsche IJssel en de Lek. De simulaties van de aan- en afvoer naar en van de geselecteerde polders in het waterschap Waternet komen aan de orde in hoofdstuk 5. Voor Waternet is ook het verloop van de grondwaterstand in polder Bethune geanalyseerd en de chlorideconcentraties op de Amstel, Stadsboezem van

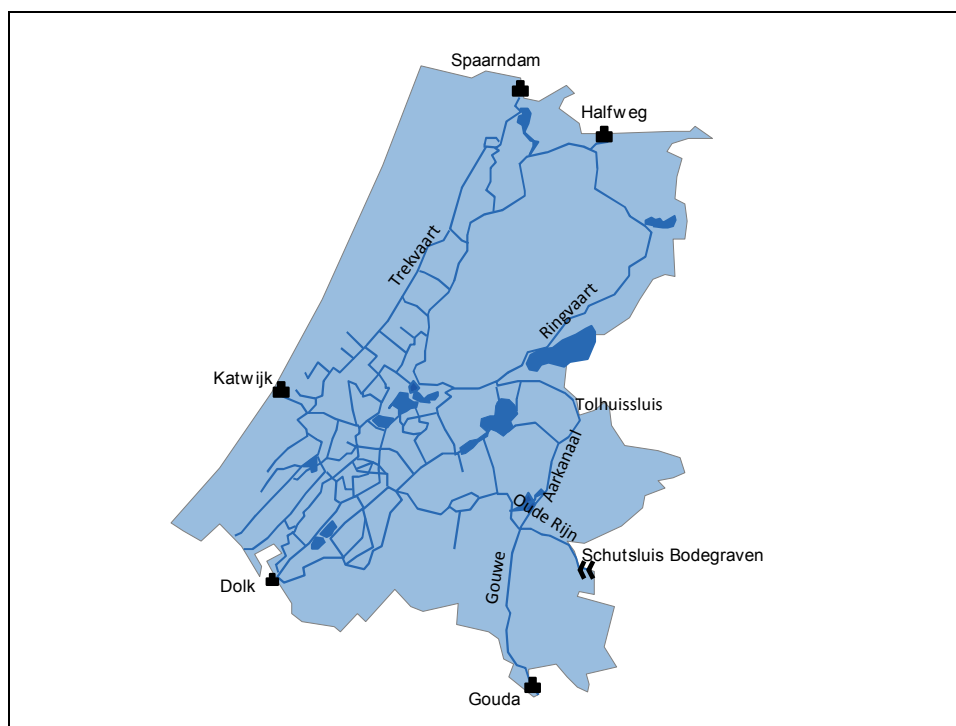
Amsterdam en de Vecht boven- en benedenstrooms van Nigtevecht. Tenslotte is van een beperkt aantal locaties in de Stichtse Rijnlanden de kwaliteit van de simulatie van de aan- en afvoer van oppervlaktewater onderzocht in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 zijn de conclusies samengevat en worden aanbevelingen voor verbeteringen gegeven.

2 Rijnland

2.1 Hydraulische infrastructuur en schematisatie

Het beheersgebied van het Hoogheemraadschap Rijnland beslaat een oppervlak van circa 114.000 ha, waarvan 80% uit polders bestaat en 20% boezemland is dat vrij afwatert op Rijnland's boezem. De hoofdleidingen van de hydraulische infrastructuur omvatten:

- de Ringvaart van de Haarlemmermeer rond de Haarlemmermeerpolder,
- parallel daaraan de Haarlemmer Trekvaart tussen Katwijk en Spaarndam,
- het Rijn-Schiekanaal tussen Leidschendam en Leiden, die de verbinding vormt met Delfland's boezem via gemaal Dolk
- de Gouwe, die de Hollandsche IJssel bij Gouda verbindt met de Oude Rijn bij Alphen a/d Rijn,
- in het verlengde van de Gouwe na de kruising met de Oude Rijn bij Alphen a/d Rijn het Aarkanaal, dat na de verbinding met de Amstel bij Tolhuissluis, aansluit op de Ringvaart via de Drecht, en
- de Oude Rijn, die bij Utrecht in verbinding staat met het Amsterdam-Rijnkanaal en die via Woerden en Bodegraven naar Leiden loopt, waar zij aansluit op het Rijn-Schiekanaal om via het Uitwateringskanaal af te water op de Noordzee bij Katwijk.



Figuur 2.1 Overzicht locatie sluisen en gemalen voor waterinlaat naar en afvoer van Rijnlands boezem

Wateraanvoer voor zoutbestrijding vindt gewoonlijk plaats vanuit de Hollandsche IJssel bij Gouda, totdat daar de chlorideconcentratie 250 mg/l overschrijdt. Dan kan 7 m³/s water worden ingelaten vanuit de Oude Rijn bij Bodegraven (indirect uit het ARK en de Lek), waarvan 4 m³/s bestemd is voor Rijnland en 3 m³/s voor Delfland doorgevoerd via gemaal Den Dolk. Voorts kan in bijzondere gevallen ook water via de Tolhuissluis uit het IJsselmeer worden aangevoerd door de Amstel (maximaal 10 m³/s).

Waterafvoer vindt plaats op het Noordzeekanaal via de gemalen Spaarndam en Halfweg, op de Noordzee via gemaal en schutsluis Katwijk en op de Hollandsche IJssel via gemaal Gouda. De afvoer naar het Noordzeekanaal wordt gestopt indien de waterstand op het Noordzeekanaal tot NAP is gestegen en evenzo wordt de lozing op de Hollandsche IJssel beperkt bij sluiting van de stormvloedkering.

In het NHI is Rijnland geschematiseerd in één district 38 dat water loost op (maximaal 160 m³/s) en onttrekt uit (maximaal 20 m³/s) Rijnland's boezem, knoop 4091. In het Distributie Model geldt voor wateraanvoer een verdeelsleutel zodanig dat bij een chlorideconcentratie bij Gouda < 250 mg/l alle aanvoer verloopt vanuit de Hollandsche IJssel en voor hogere concentraties bij Gouda alle aanvoer van de Oude Rijn bij Bodegraven komt. Bij waterbezwaar wordt 62% geloosd op het Noordzeekanaal via de gemalen Spaarndam en Halfweg, 31% wordt afgevoerd via gemaal Katwijk op de Noordzee en 7% via gemaal Gouda op de Hollandsche IJssel.

In Tabel 2.1 is een overzicht gegeven van de kunstwerken en locaties van inlaat, afvoer en doorvoer van water in Rijnland.

Tabel 2.1 Overzicht van kunstwerken voor de wateraanvoer naar en afvoer uit Rijnland

Functie	Kunstwerk	Locatie	Laat in van / Loost op	Capaciteit (m ³ /s)
Inlaat	gemaal Gouda	Gouda	Hollandsche IJssel	33 (vrij verval) 25 (gemaal)
	schutsluis Bodegraven Tolhuissluis	Bodegraven Aalsmeer	boezem van Woerden Amstel / IJsselmeer	25 (vrij verval) 10
Afvoer	gemaal en spuisluis Katwijk	Katwijk	Noordzee	53,8
	gemaal Spaarndam	Spraarndam	Noordzeekanaal	32
	gemaal Halfweg	Halfweg	Noordzeekanaal	33
Doorvoer	gemaal Den Dolk	Leidschendam	boezem van Delfland	3

2.2 Neerslag en verdamping

2.2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Rijnland bedraagt 826 mm, waarvan 46% (378 mm) in het groeiseizoen valt, zie Tabel 2.2. De natste maanden zijn gemiddeld genomen september, oktober en november en de droogste maanden februari, april en mei, zie Figuur 2.6 en Tabel 2.3. De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse neerslagsom is weergegeven in Figuur 2.2. De hoogste waarden treden gemiddeld op rond Amsterdam en langs de zuidkant van Rijnland.

In 2003 was de neerslag op jaar- en seizoenbasis (zie Tabel 2.2 en Figuur 2.5) beduidend minder dan normaal, hoewel de maanden januari, december en vooral mei natter waren dan gemiddeld, zie Figuur 2.7. De ruimtelijke verdeling van de jaarsom is weergegeven in Figuur 2.3. De figuur geeft aan dat de isohyeten parallel lopen aan de kust en in oostelijke richting afnemen met sterke gradiënten.

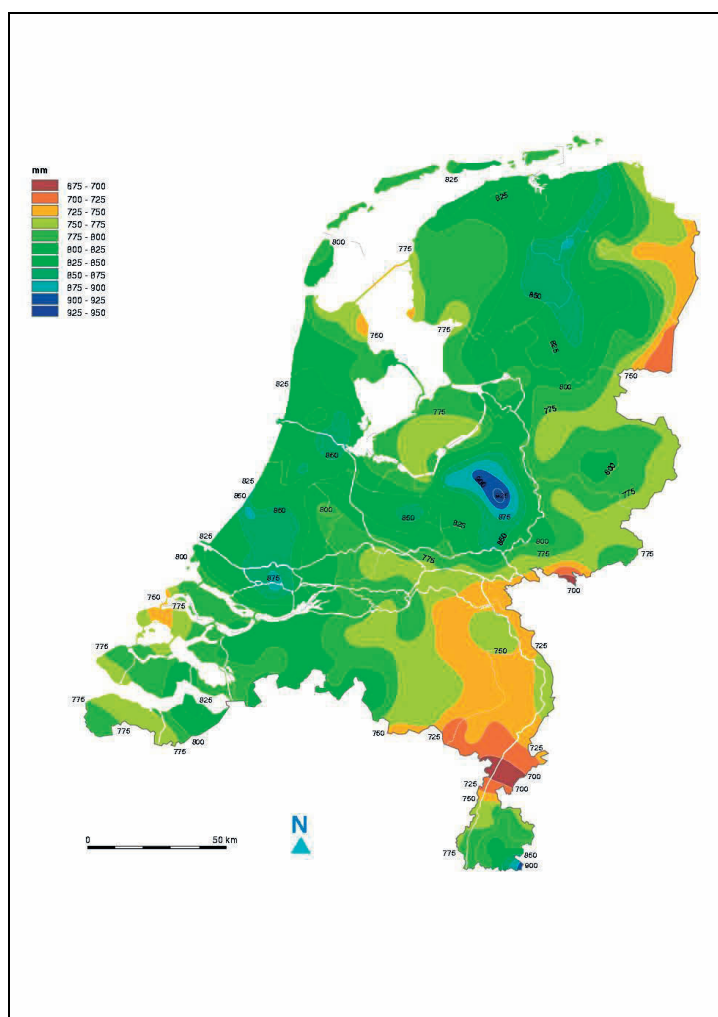
Op jaar- en seizoenbasis was het jaar 2006 aanmerkelijk natter dan gemiddeld, (zie Tabel 2.2 en Figuur 2.5). Dat het groeiseizoen veel natter was dan normaal was vooral te danken aan de hoge neerslagsom voor de maand augustus en in mindere mate de maand mei. De maanden juni en juli en september waren echter veel droger dan normaal met als gevolg dat het potentiële neerslagtekort eind juli aanzienlijk hoger was dan gemiddeld. De isohyeten van de jaarsom lopen hier evenals in 2003 parallel aan de kust, met de hoogste waarden centraal over Rijnland, zie Figuur 2.4.

Tabel 2.2 Neerslag karakteristieken van Rijnland

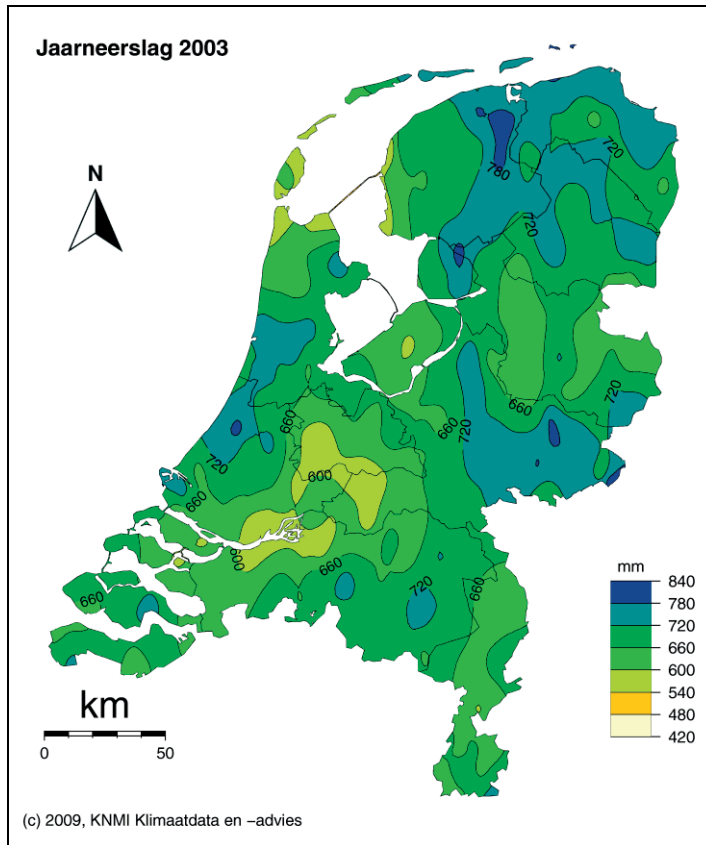
Jaar	Neerslag gemeten (mm)	
	Groei seizoen	Jaarsom
normaal (1971-2000)	378.3	825.7
2003	321.1 (-15%)	716.4 (-13%)
2006	457.7 (+21%)	939.6 (+14%)

Tabel 2.3 Maandneerslag in Rijnland als percentage van de jaarsom

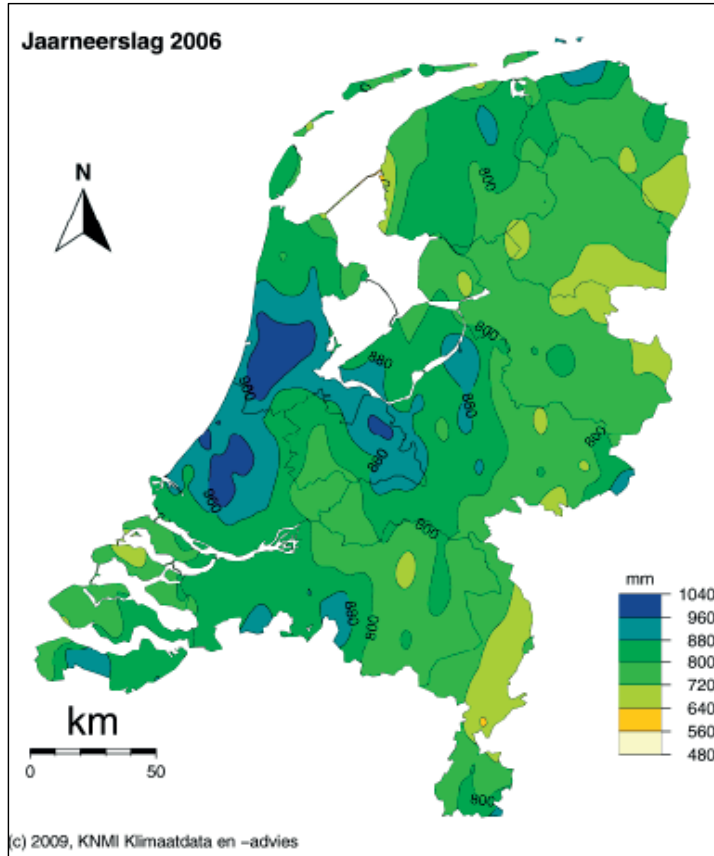
	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
norm	8.4	5.6	7.9	5.4	6.0	8.2	8.2	7.8	10.2	11.1	11.4	9.9
2003	13.3	2.5	2.6	7.0	13.9	3.5	7.3	2.2	10.9	13.3	9.5	14.0
2006	2.1	6.3	8.5	4.1	10.2	3.8	2.1	26.4	2.1	13.5	10.7	10.1



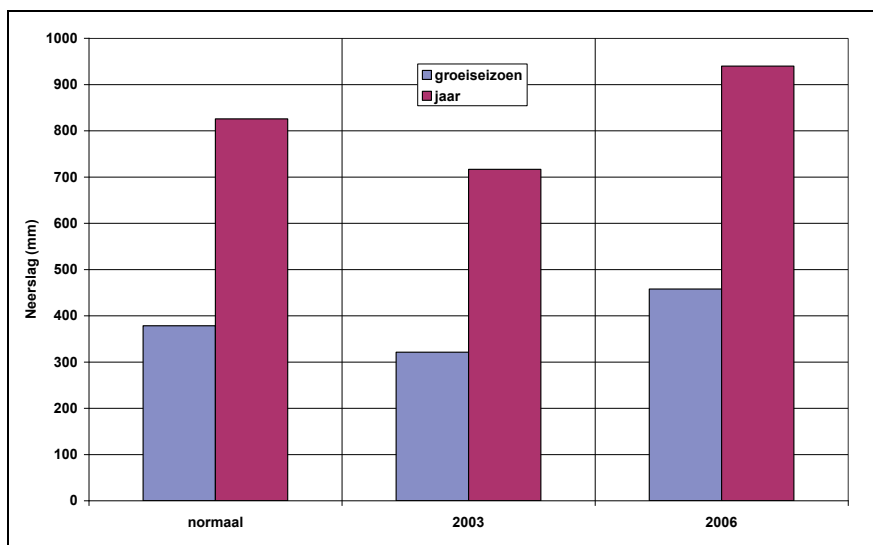
Figuur 2.2 Gemiddelde jaarneerslag periode 1971-2000 (bron: KNMI)



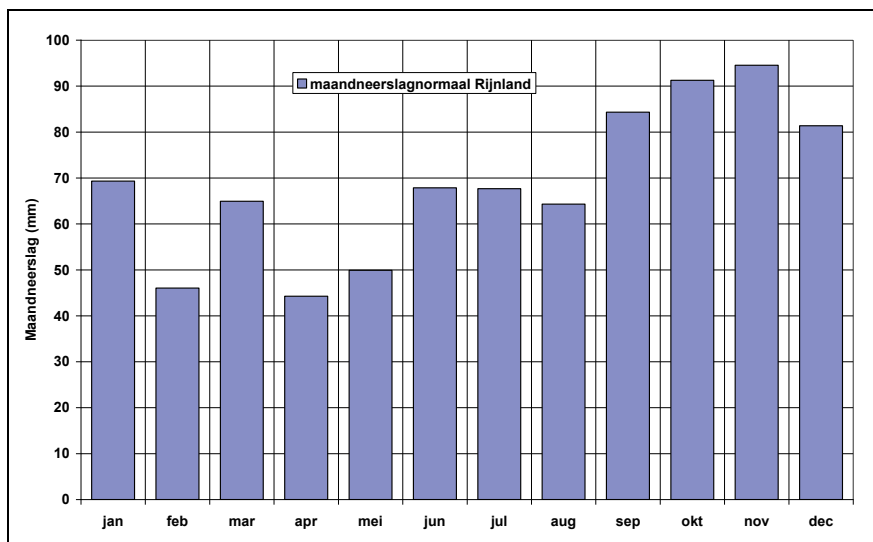
Figuur 2.3 Jaarneerslag in 2003 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



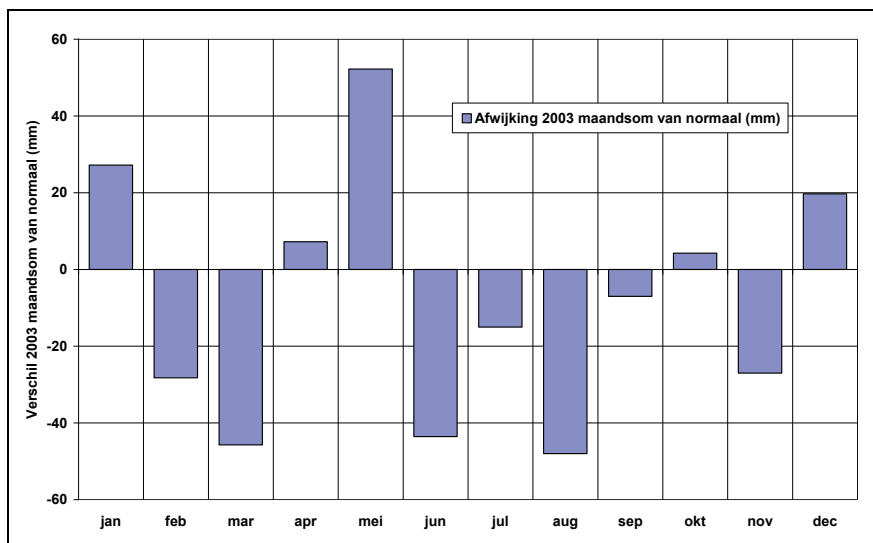
Figuur 2.4 Jaarneerslag in 2006 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



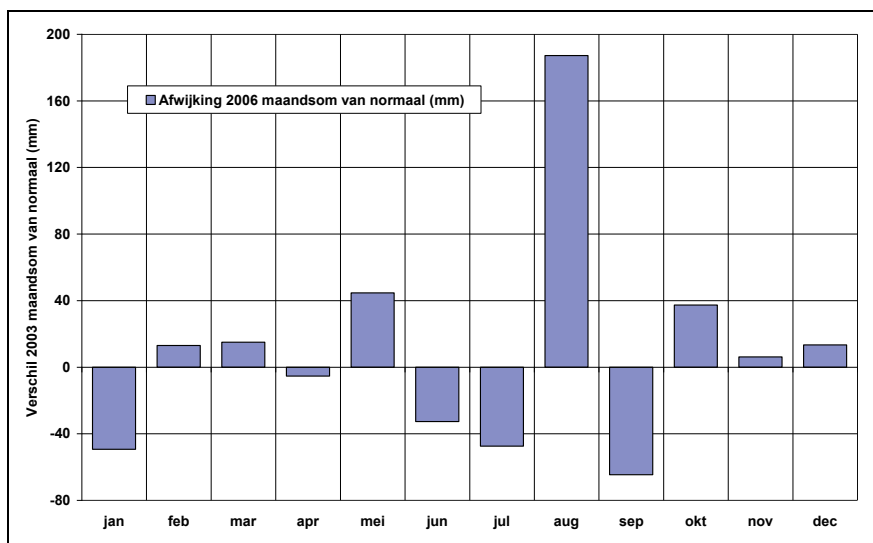
Figuur 2.5 Jaar en groeiseizoen neerslagsommen in 2003 en 2006 met de normalen voor Rijnland



Figuur 2.6 Maandneerslagnormalen voor Rijnland



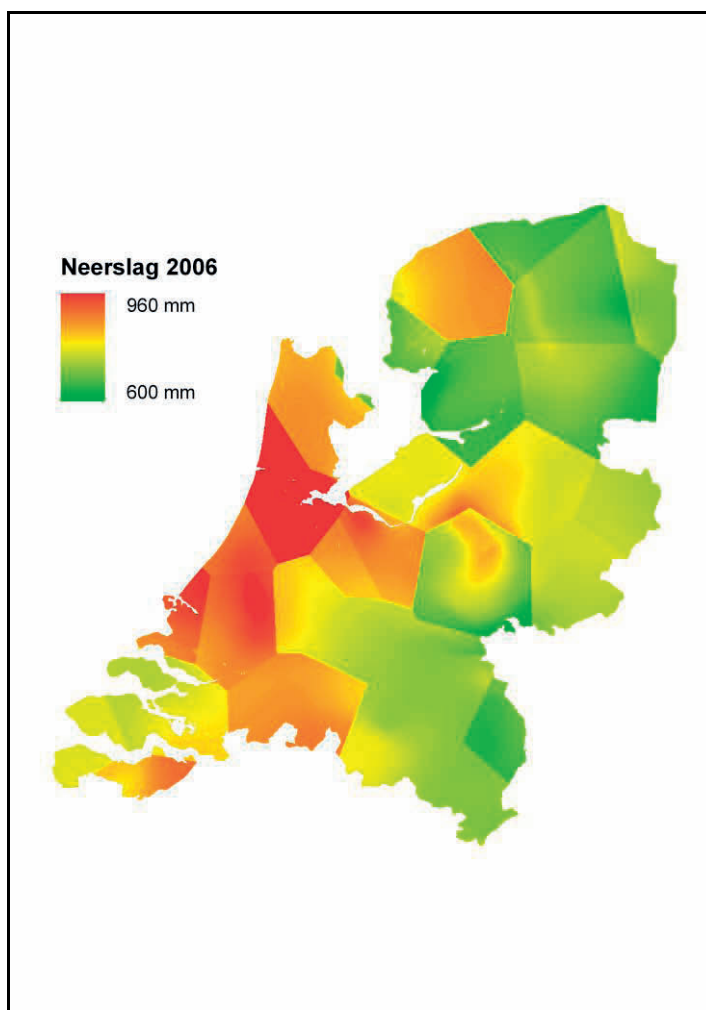
Figuur 2.7 Verschil maandneerslagsommen in 2003 met normalen voor Rijnland



Figuur 2.8 Verschil maandneerslagsommen in 2006 met normalen voor Rijnland

2.2.2 Berekeningsprocedure model neerslag

Figuur 2.9 geeft het principe van de methode weer die in het NHI gebruikt wordt voor de bepaling van de ruimtelijke verdeling van de neerslag.

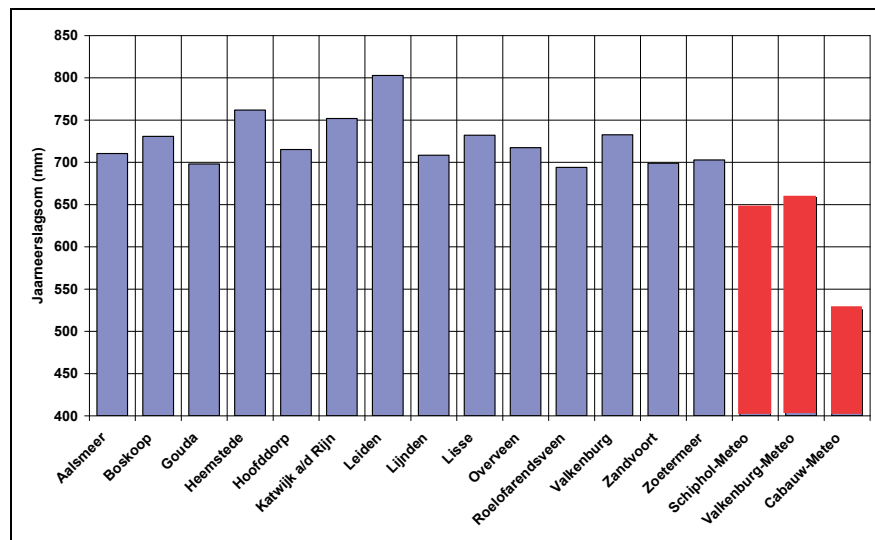


Figuur 2.9 Thiessennetwerk modelneerslagbepaling

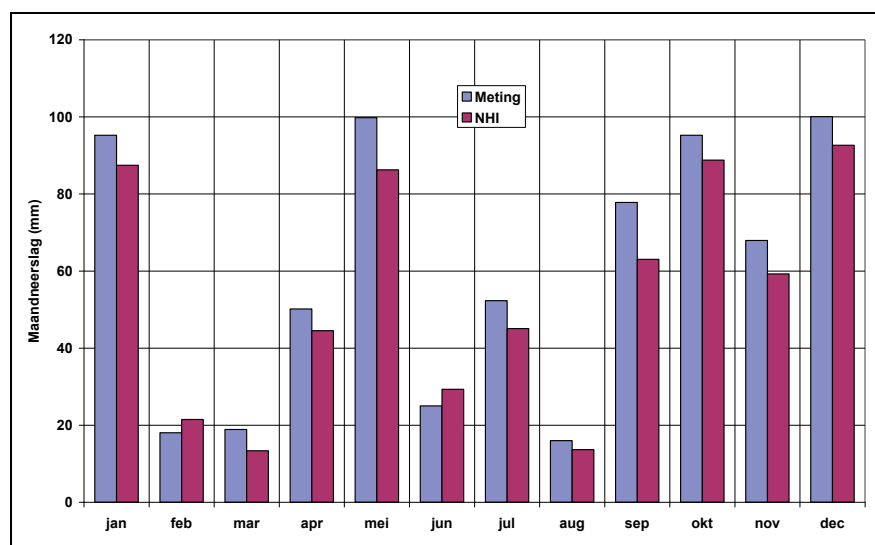
De verdeling is gebaseerd op de gemeten neerslag bij de hoofdstations, die met een Thiessennetwerk wordt toegekend aan de rekencellen. Vervolgens wordt per rekencel gecorrigeerd voor de ruimtelijke verdeling volgens de *jaarnormalen* van het neerslagnetwerk (zie Deelrapport Neerslag en Verdamping, NHI, 2008). Deze procedure is voor het analyseren van tendensen in het gemiddeld gedrag over lange perioden mogelijk aanvaardbaar, maar zeker niet voor het analyseren van extremen en analyse van afzonderlijke jaren. Tabel 2.3 geeft aan dat de NHI-procedure in afzonderlijke maanden lokaal tot grove over- zowel als onderschatting van de neerslag kan leiden, ook al zouden de jaarsommen gelijk zijn.

2.2.3 Gemeten en model neerslag in 2003

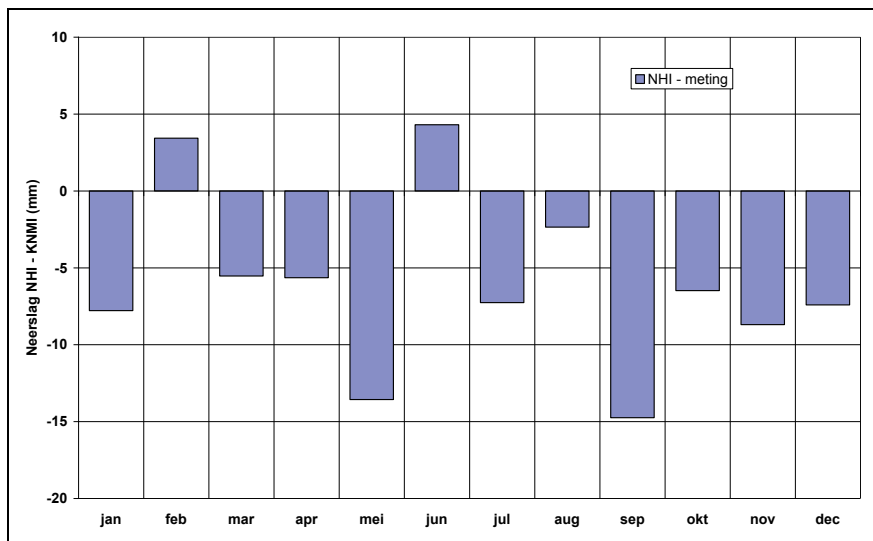
Uit Figuur 2.9 is af te leiden dat de neerslag in Rijnland in het NHI wordt bepaald door de waarden van de meteorologische stations Valkenburg, Schiphol en Cabauw. In Figuur 2.10 is aangegeven dat de jaarsommen van deze stations lager zijn dan alle andere KNMI neerslagstations in Rijnland. De gekozen NHI-regenvalstations zijn voor 2003 dus niet representatief en leiden tot een onderschatting van 10% op jaarbasis en van 12% voor het groeiseizoen, zie ook Tabel 2.4. De verschillen op maandbasis zijn weergegeven in Figuur 2.11 en Figuur 2.12.



Figuur 2.10 Jaarneerslagsom in 2003 van KNMI stations in Rijnland (rood in NHI)



Figuur 2.11 Maandneerslagsommen in 2003 voor Rijnland, meting en model



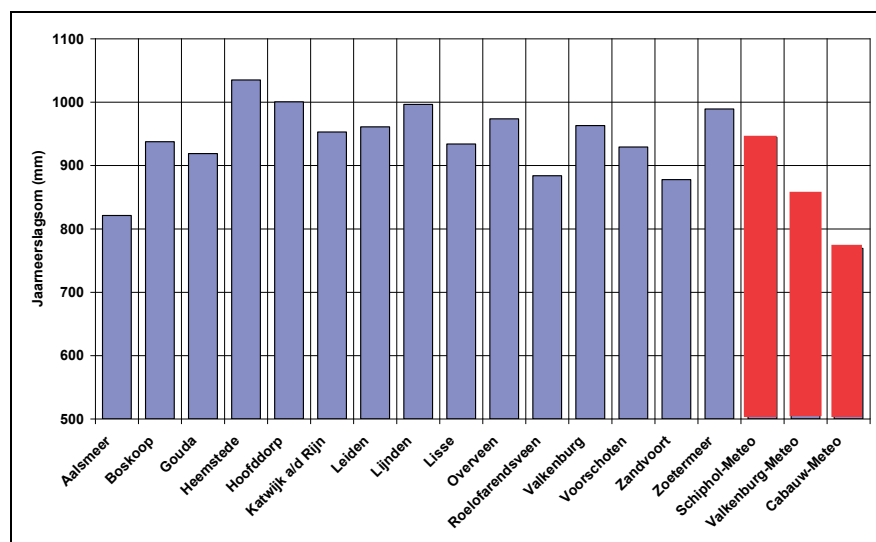
Figuur 2.12 Verschil maandneerslagsommen model - meting in 2003 voor Rijnland

Tabel 2.4 Vergelijking tussen gemeten en model neerslag in groeiseizoen en jaar 2003 en 2006 voor Rijnland

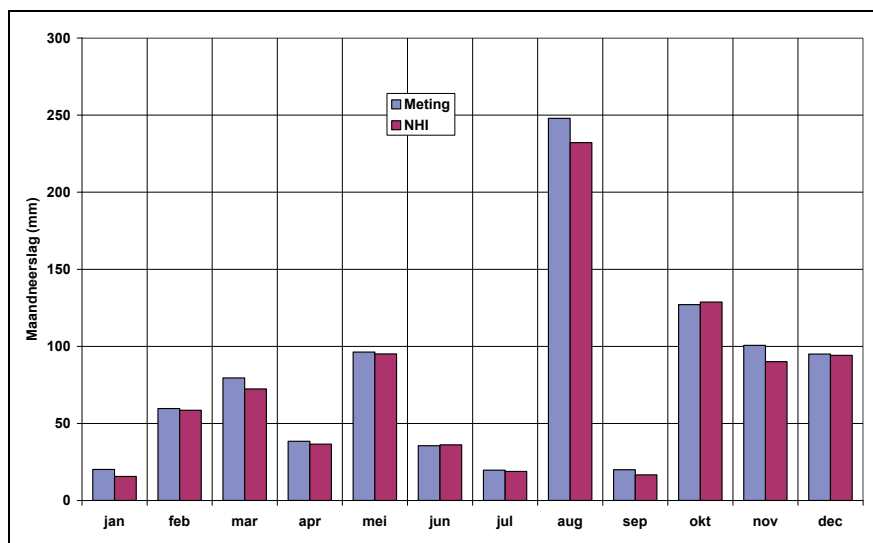
Jaar	Neerslag gemeten (mm)		Neerslag model (mm)		Verschil meting – model (mm)	
	Groeiseizoen	Jaar	Groeiseizoen	Jaar	Groeiseizoen	Jaar
2003	321.1	716.4	281.8	644.6	39.3 (12%)	71.8 (10%)
2006	457.7	939.6	435.3	894.6	22.4 (5%)	45.0 (5%)

2.2.4 Gemeten en model neerslag 2006

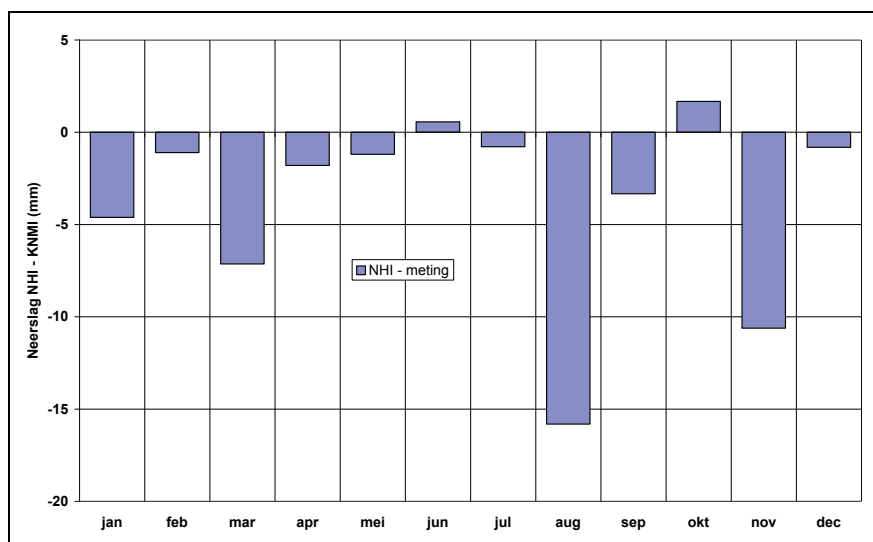
De verschillen tussen de gemeten neerslag en de NHI-neerslag voor 2006 zijn minder groot dan voor 2003. De onderschatting in het model van de jaarsom en die van het groeiseizoen bedragen nu 5%, zie Tabel 2.4 en Figuur 2.13. De verschillen per maand zijn weergegeven in Figuur 2.14 en Figuur 2.15. De grootste afwijking in absolute zin treedt op in de maand augustus.



Figuur 2.13 Jaarneerslagsom in 2006 van KNMI stations in Rijnland (rood in NHI)



Figuur 2.14 Maandneerslagsommen in 2006 voor Rijnland, meting en model



Figuur 2.15 Verschil maandneerslagsommen model - meting in 2006 voor Rijnland

De gemeten neerslaggegevens zijn niet gecorrigeerd voor windeffecten. Hierdoor is de neerslag onderschat, op de meteorologische stations met 8% op jaarbasis en op de neerslagstations met 4%, zoals in Appendix A is uitgewerkt. Dit verklaart een deel van het verschil tussen de NHI neerslag (gebaseerd op de meteorologische stations) en de beste schatting op basis van de neerslagstations. Aan de onzuiverheid in de neerslaggegevens dient men in het vervolg van de modelontwikkeling aandacht te geven.

2.2.5 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 gewassenmerken 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 interceptiewater-verdamping 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.

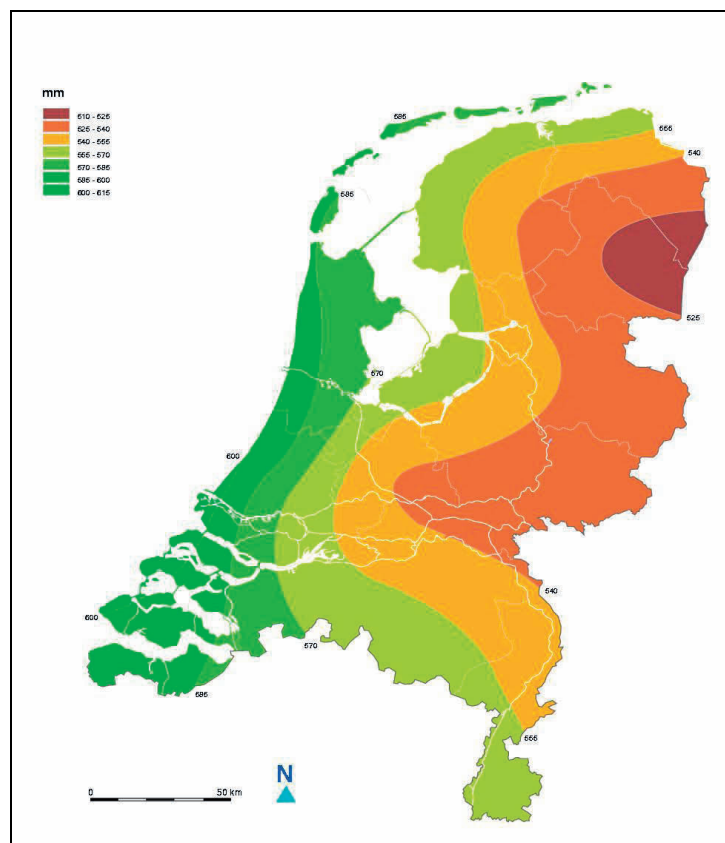
2.2.6 Referentie verdamping

De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse referentieverdamping volgens Makkink is weergegeven in Figuur 2.16. De lijnen van gelijke referentieverdamping lopen parallel aan de kust en variëren voor Rijnland rond de 600 mm op jaarbasis, afnemend in oostelijke richting. Voor het groeiseizoen april - september liggen de waarden rond 500 mm met eenzelfde trend oostwaarts, zie Figuur 2.17. De verdamping

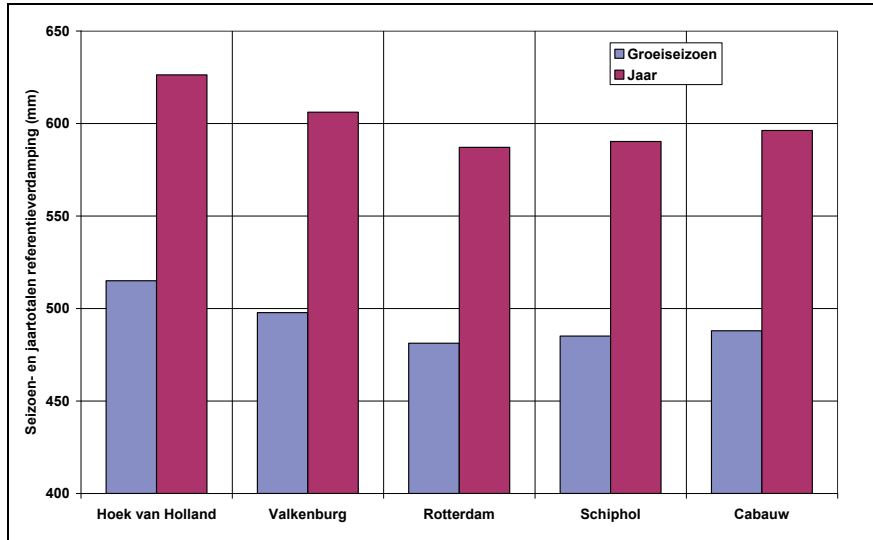
is gemiddeld genomen maximaal in de maanden juni en juli met een referentieverdamping van 3,0 - 3,5 mm/dag, zie Figuur 2.18. In individuele jaren kan de verdamping echter aanzienlijk afwijken van de normalen. Zowel in 2003 als in 2006 was de referentieverdamping hoger dan gemiddeld, zoals is aangegeven in Figuur 2.19 en Tabel 2.5. Omdat in 2003 de neerslag lager was dan gemiddeld, was het potentiële neerslagtekort in het groeiseizoen aanzienlijk hoger dan normaal. In het model nog hoger dan in werkelijkheid, door de onderschatting van de neerslag in het model, vergelijk Tabel 2.5 met Figuur 2.20, waar in de laatste de referentieverdamping is vergeleken met de modelneerslag. Voor 2006 was het tekort voor het totale groeiseizoen beperkt, maar het tekort was eind juli veel groter dan normaal. Figuur 2.21 geeft aan dat de hoge neerslag in augustus 2006 het tekort goddeels had weggewerkt.

Tabel 2.5 Referentieverdamping op jaar- en seizoenbasis, neerslag en potentiële neerslagtekort voor Rijnland voor een normaal jaar en in 2003 en 2006 (waarden in mm)

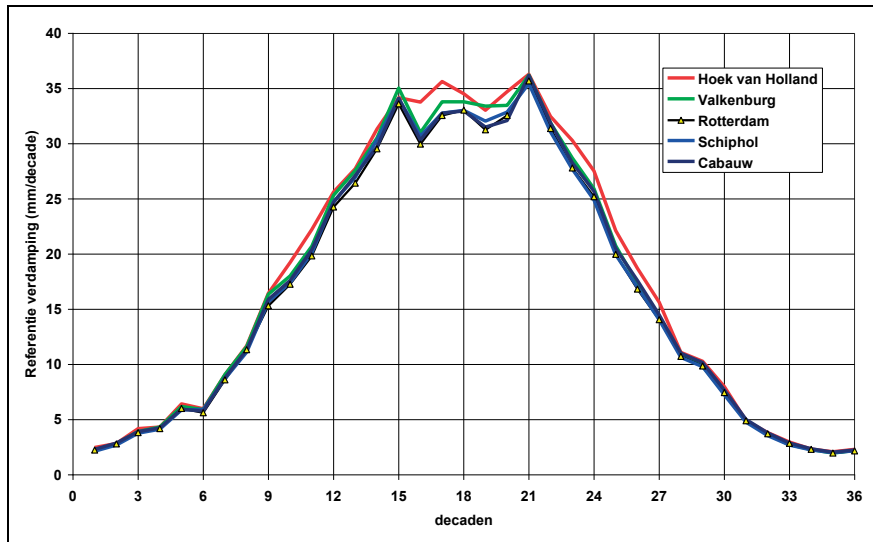
Neerslag en E_{ref}	normaal	2003	2006
jaarsom E_{ref}	597,5	654,5	626,1
groeiseizoen E_{ref}	490,3	529,0	520,8
groeiseizoen neerslag	378,3	321,1	457,7
Potentieel tekort seizoen	112,0	207,9	63,1



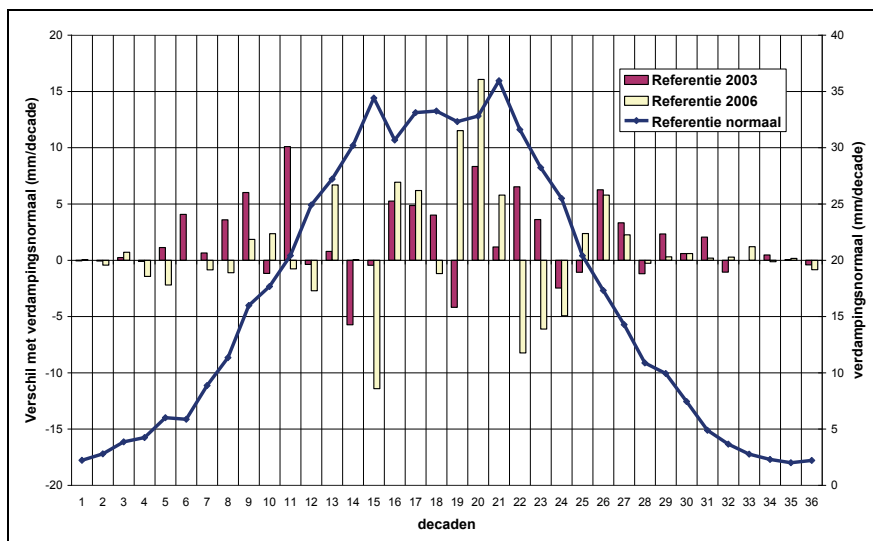
Figuur 2.16 Gemiddelde jaarlijkse verdamping, periode 1971-2000 (bron; KNMI)



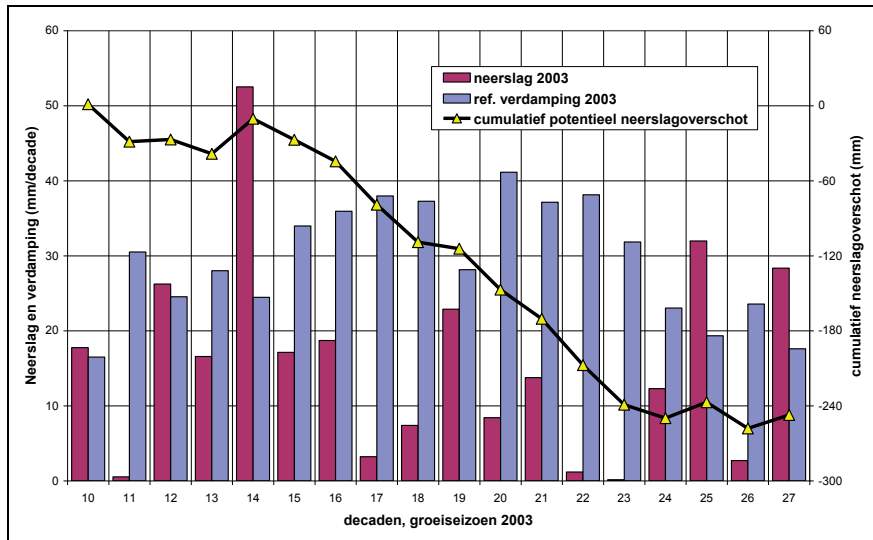
Figuur 2.17 Verdampingsnormalen jaar en groeiseizoen van KNMI-stations in West-Nederland



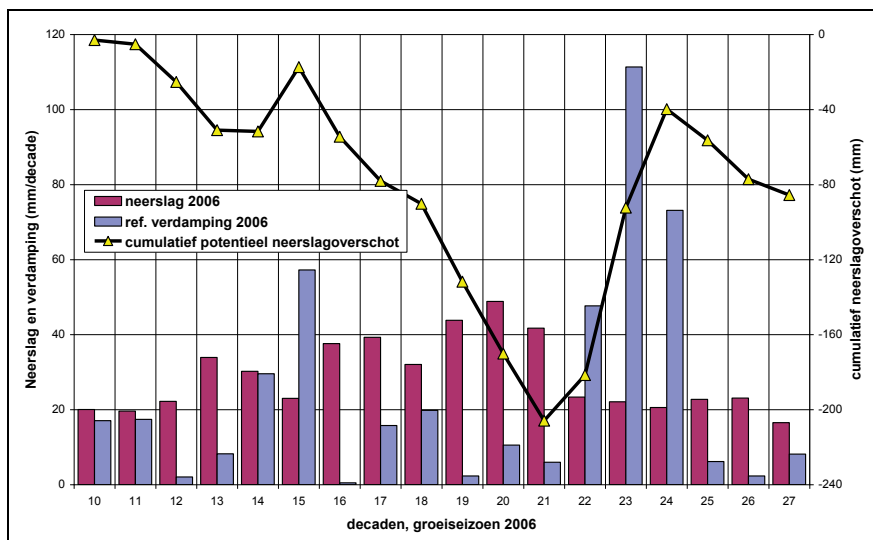
Figuur 2.18 Decadeverdampingsnormalen van KNMI-stations in West-Nederland



Figuur 2.19 Verschil referentieverdamping 2003 en 2006 met normalen voor Rijnland



Figuur 2.20 Voortschrijdend potentieel neerslagoverschot in 2003 in Rijnland (neerslag uit NHI)



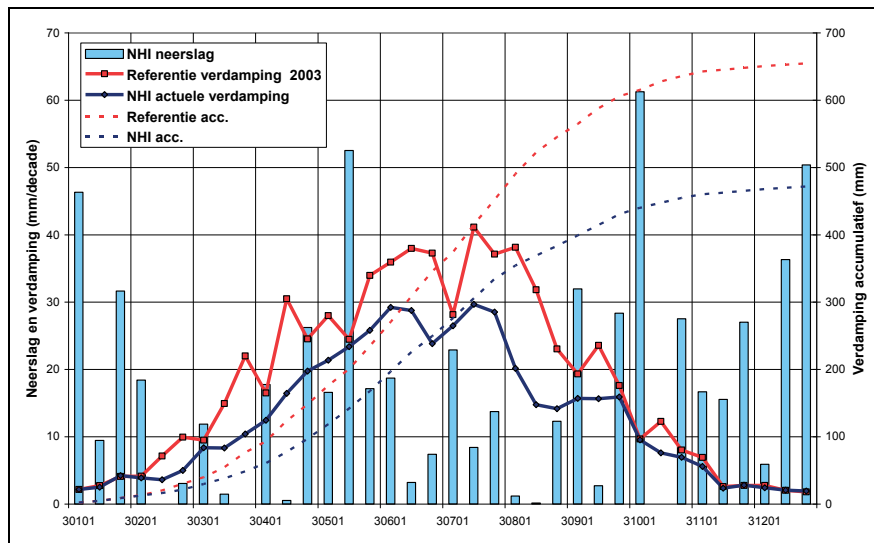
Figuur 2.21 Voortschrijdend potentieel neerslagoverschot in 2006 in Rijnland (neerslag uit NHI)

2.2.7 Actuele verdamping

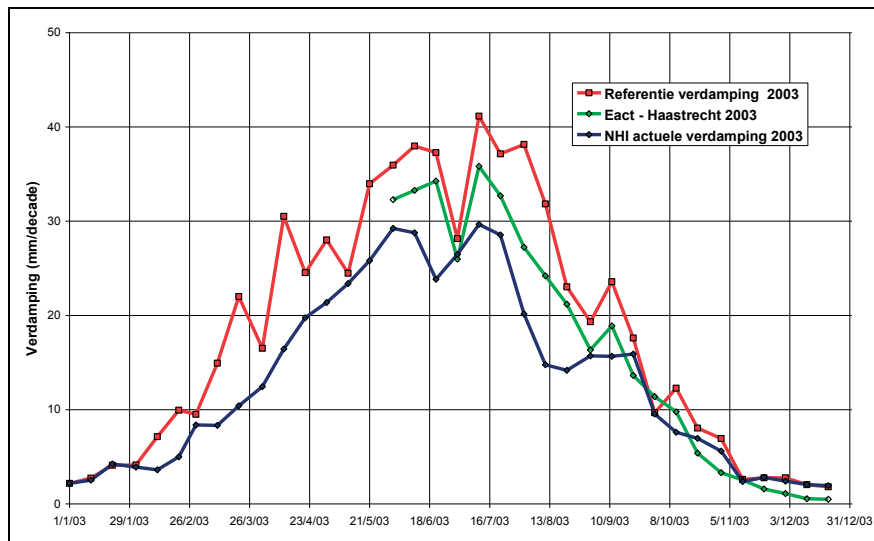
De referentieverdamping en de berekende actuele verdamping voor Rijnland in 2003 is weergegeven in Figuur 2.22. De figuur geeft aan dat de berekende actuele verdamping aanzienlijk lager is geweest dan de referentieverdamping (voor het groeiseizoen 382 mm actuele verdamping tegen 529 mm referentieverdamping, d.w.z. 147 mm verschil). De beschikbare NHI-uitvoer geeft geen inzicht in de gebruikte gewasfactoren, zodat een gedetailleerde analyse niet mogelijk is.

In Rijnland is in 2003 geen verdamping gemeten. Wel zijn gegevens beschikbaar van het nabij Gouda gelegen meetstation Haastrecht. Hier is over de periode 26-05-2003 tot 26-05-2004 met de eddy-correlatiemethode verdamping van gras op liedeerdgrond gemeten. Hoewel geen gegevens bekend zijn van de lokale vochtomstandigheden zal gezien de hoge leidingdichtheid in het gebied rond het meetpunt de bodemvochtconditie bij het meetpunt niet van veldcapaciteit zijn afgeweken. Over de periode juni - september 2003 bedroeg de gemeten actuele grasverdamping 315.8 mm tegen een referentieverdamping van 371.1 mm en een door het NHI berekende actuele verdamping van 262.8 mm, zie Figuur 2.23. De berekende verdamping lijkt hiermee

aan de lage kant, maar kan een gevolg zijn van het grote aandeel stedelijk gebied in Rijnland.

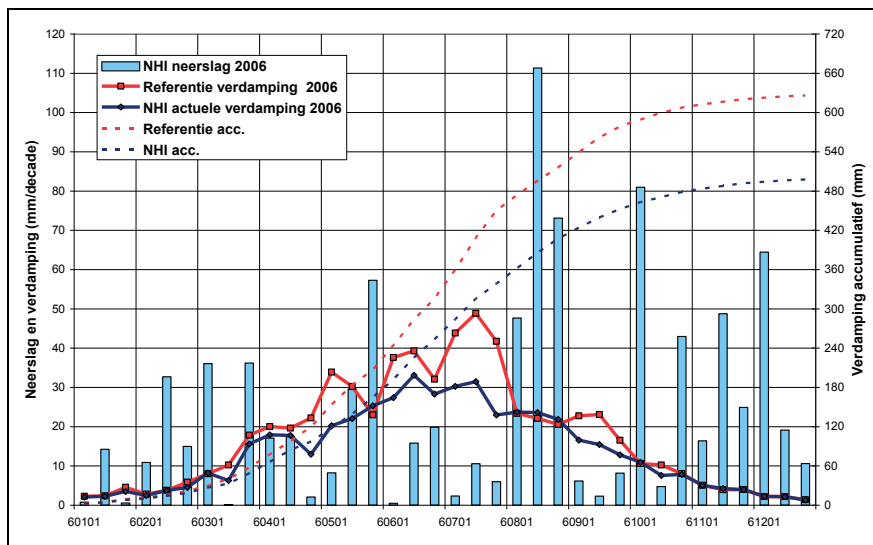


Figuur 2.22 Referentieverdamping Rijnland en berekende actuele verdamping, 2003

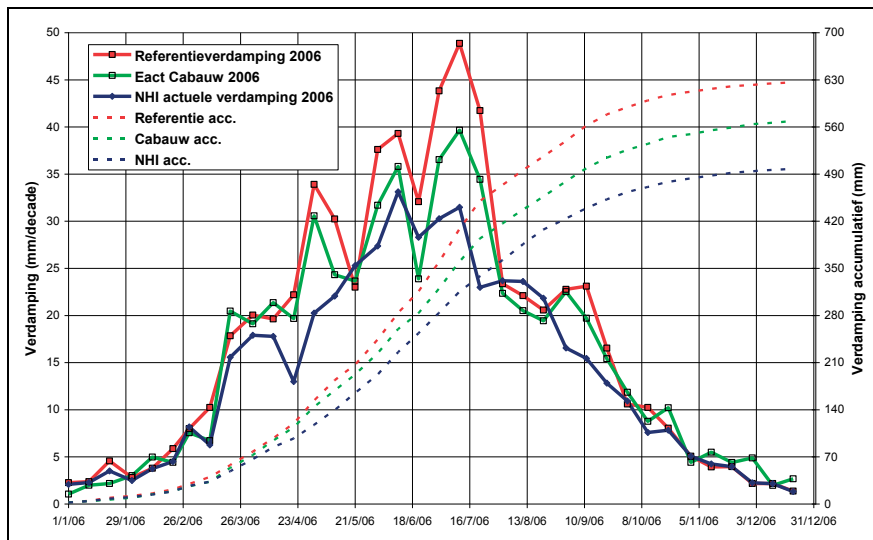


Figuur 2.23 Referentie verdamping Rijnland, gemeten actuele verdamping te Haastrecht en berekende actuele verdamping Rijnland, 2003

De resultaten voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 2.24 en Figuur 2.25. In de eerstgenoemde figuur zijn de referentieverdamping volgens Makkink en de berekende actuele verdamping voor Rijnland gepresenteerd. Voor het groeiseizoen is de berekende actuele verdamping 403,7 mm tegen een referentieverdamping van 520,8 mm, d.w.z. een verschil van 117,1 mm. In Figuur 2.25 is ook de gemeten grasverdamping te Cabauw weergegeven, gelegen tussen Schoonhoven en Lopik iets oostelijk van Gouda,. De gemeten verdamping in het groeiseizoen bedroeg hier in 2006 460,6 mm, d.w.z. 60,2 mm lager dan de referentieverdamping in Rijnland. Evenals voor 2003 is ook hier de gemeten verdamping hoger dan de berekende actuele gebiedsverdamping in Rijnland. Hiervoor is gesteld dat de lage actuele verdamping mogelijk een gevolg is van het grote aandeel stedelijk gebied in Rijnland. In stedelijke gebieden komt het water relatief snel tot afstroming, zonder dat het de tijd krijgt om te verdampen. Om te kunnen beoordelen of dit in het model inderdaad zo werkt is het zinvol in het vervolg naast de actuele verdamping ook de „gewasfactoren“ in de uitvoer te presenteren, met hun aandeel per deelgebied.



Figuur 2.24 Referentieverdamping Rijnland en gemeten grasverdamping te Cabauw, 2006



Figuur 2.25 Referentieverdamping Rijnland, gemeten actuele verdamping van grasland te Cabauw en berekende actuele verdamping Rijnland, 2006

2.3 Oppervlaktewater 2003

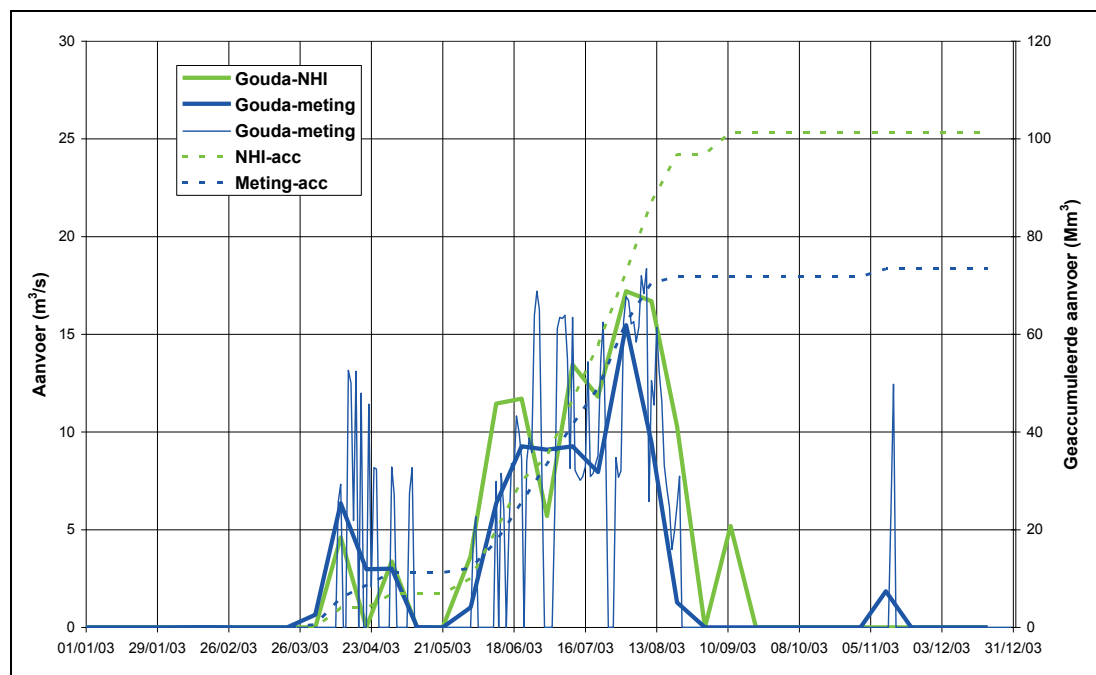
2.3.1 Wateraanvoer

De wateraanvoer in 2003 in Rijnland heeft volgens de aangeleverde gegevens plaatsgevonden uit de Hollandsche IJssel via gemaal Gouda en uit de Oude Rijn via schutsluis Bodegraven. In het groeiseizoen neemt voor zoutbestrijding Bodegraven de taak van Gouda over indien de chlorideconcentratie in de Hollandsche IJssel een waarde van 250 mg/l overschrijdt. In 2003 is ook water aangevoerd via de Tolhuisroute, vanuit de Amstel. De aanvoer via deze route kan maximaal 10 m³/s bedragen.

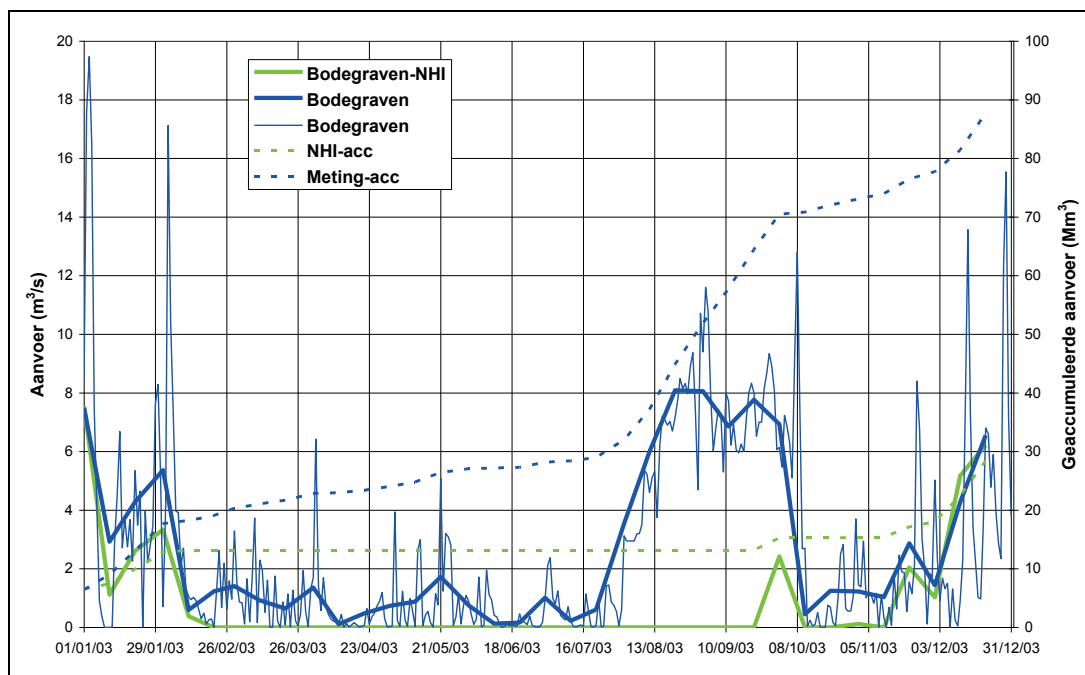
De berekende wateraanvoer via Gouda en Bodegraven is weergegeven in Figuur 2.26 en Figuur 2.27. Figuur 2.26 geeft aan dat de aanvoer vanuit de Hollandsche IJssel in het model op het juiste moment begint maar de totale aanvoer overschat, met name in de tweede helft van het groeiseizoen. Kennelijk is de chlorideconcentratie in het model in die periode te lang beneden de grens van 250 mg/l. Figuur 4.6 geeft aan dat de

gemeten concentratie in de tweede helft van augustus de grenswaarde overschrijdt, terwijl in het model die waarde net niet wordt bereikt. De aanvoer in het groeiseizoen via Bodegraven (zie Figuur 2.27) wordt door het model daardoor bijna volledig gemist. De onderschatting van de chlorideconcentratie in het model leidt dus tot een slechte reproductie van de verdeling van de aanvoer over de takken. Buiten het groeiseizoen voldoet het model voor de Oude Rijn beter: de afvoer van overtollig water uit de Stichtse Rijnlanden via Rijnland wordt, hoewel onderschat, beter gesimuleerd.

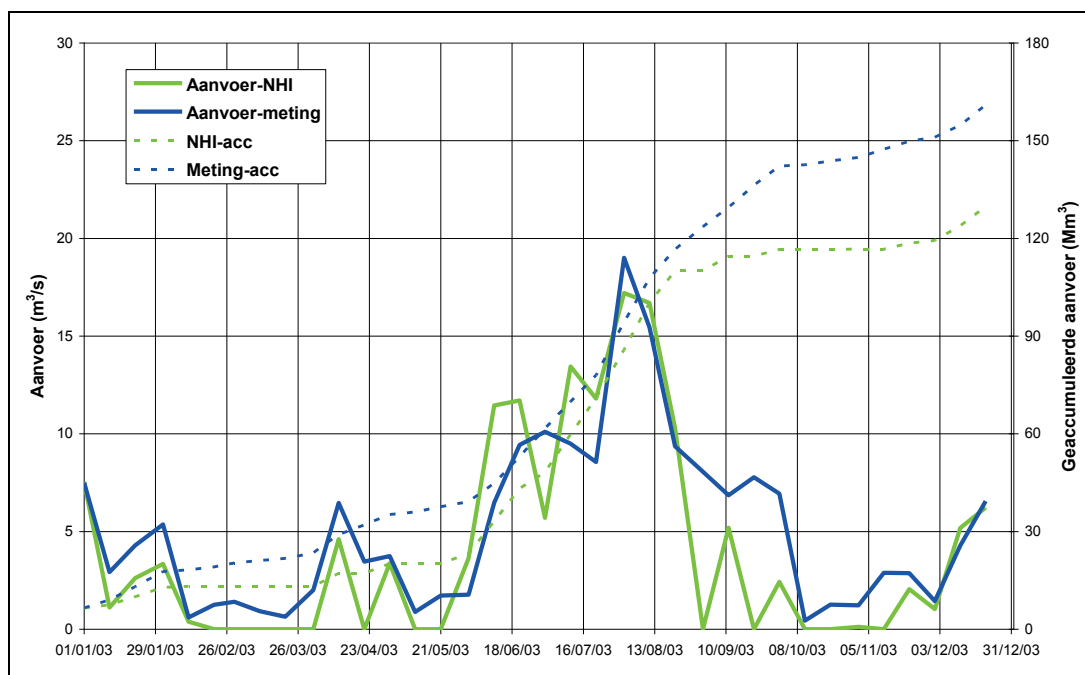
In Figuur 2.28 is de totale gemeten en berekende aanvoer naar Rijnland weergegeven. De grootste afwijkingen treden op in de tweede helft van het groeiseizoen. Op jaarbasis is de gemeten aanvoer met ruim 19% onderschat. In werkelijkheid is meer aangevoerd dan uit de metingen blijkt, omdat de aanvoer via de Tolhuisroute niet in de gegevens is opgenomen. De onderschatting door het model is dus groter dan de genoemde 19%.



Figuur 2.26 Gemeten en berekende wateraanvoer uit de Hollandsche IJssel via gemaal Gouda in 2003



Figuur 2.27 Gemeten en berekende wateraanvoer uit de Oude Rijn via schutsluis Bodegraven in 2003



Figuur 2.28 Totale gemeten en berekende wateraanvoer naar Rijnland in 2003

2.3.2 Afvoer

De gemeten en berekende afvoer van overtollig water en doorvoer naar Delfland in het groeiseizoen zijn weergegeven in Figuur 2.29 t/m Figuur 2.32.

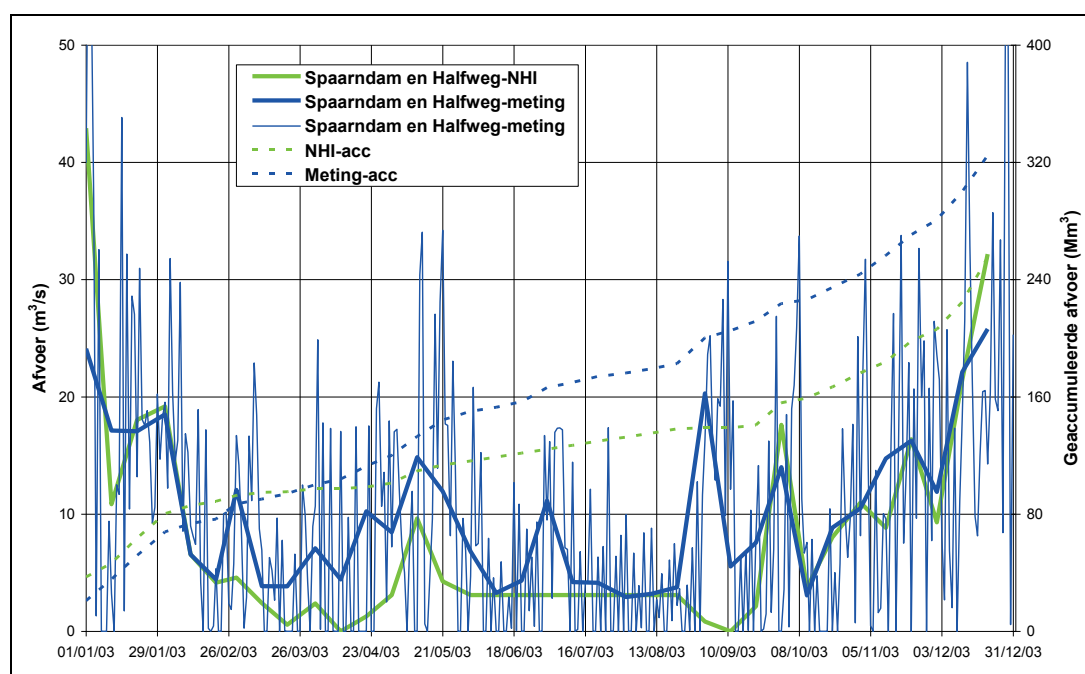
Figuur 2.29 geeft aan dat de berekende afvoer naar het Noordzeekanaal in het NHI van medio februari tot oktober aanzienlijk wordt onderschat. Op jaarbasis wordt de afvoer 21% te laag berekend.

Ook de afvoer naar de Noordzee via Katwijk wordt in de eerste helft van 2003 onderschat (zie Figuur 2.30), hoewel op jaarbasis het verschil met de meting iets kleiner is: 17%.

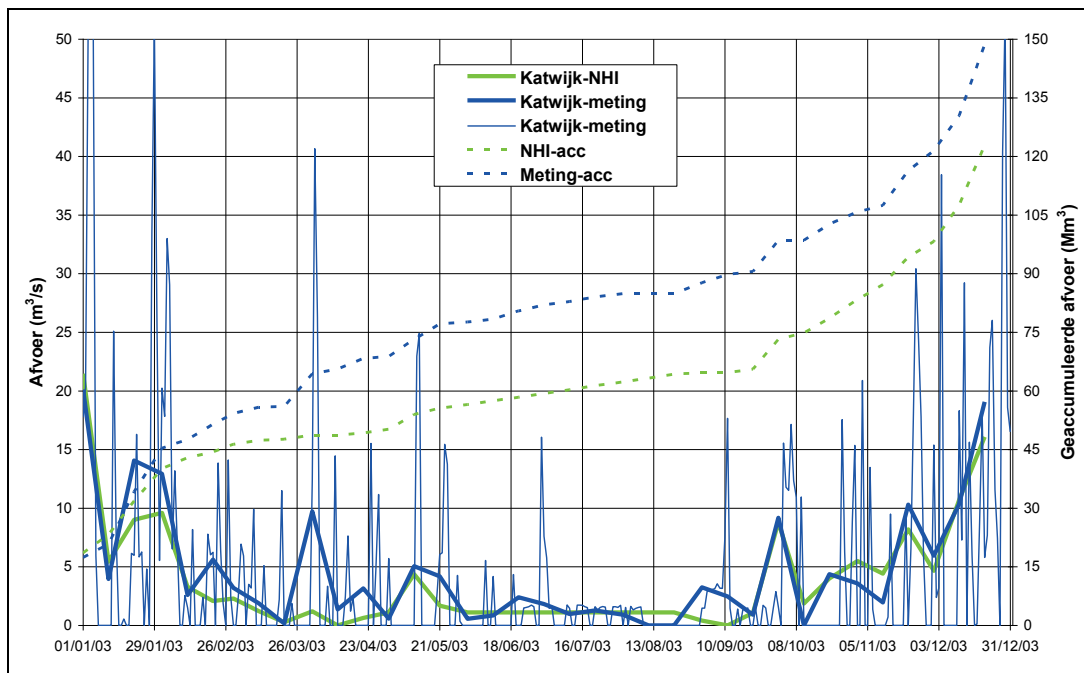
De afvoer naar de Hollandsche IJssel via de Gouwe (zie Figuur 2.31) eind augustus en in september wordt door het model gemist. In die periode wordt in het model nog water vanuit de Hollandsche IJssel ingelaten in plaats van dat er op wordt afgevoerd, gestuurd door een te laag berekende chlorideconcentratie. Op jaarbasis wordt de afvoer via de Gouwe 57% te laag berekend.

De doorvoer van water naar Delfland via gemaal Den Dolk wordt aanzienlijk te laag berekend, hoewel de timing van de afvoer goed wordt gesimuleerd, zie Figuur 2.32. Op jaarbasis bedraagt het verschil tussen meting en simulatie 68%.

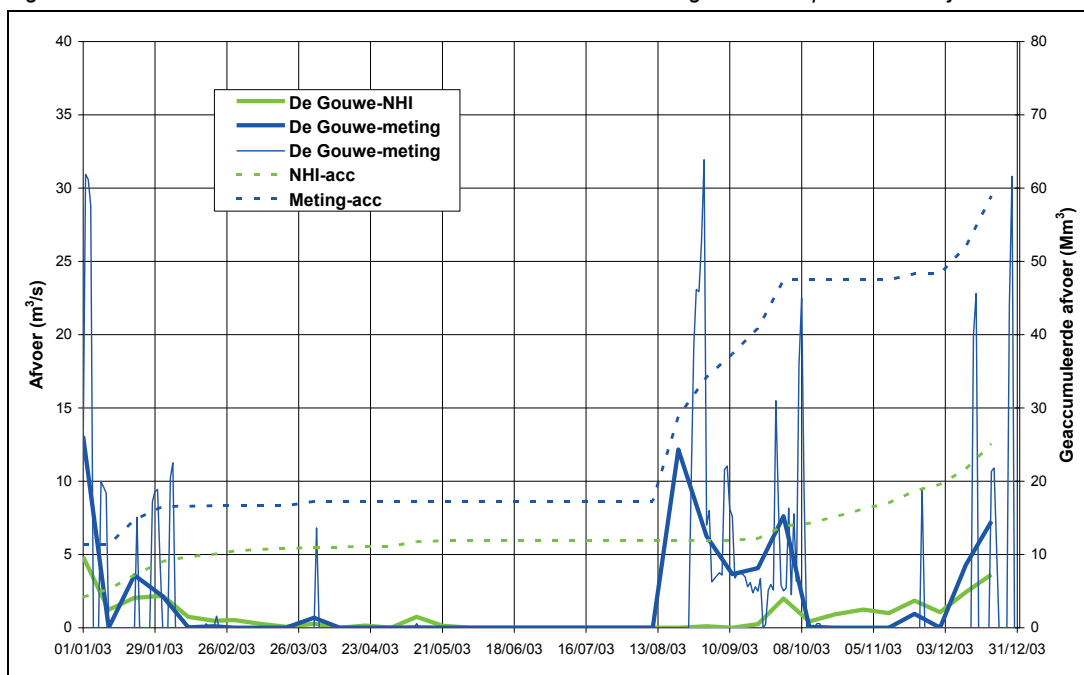
De totale afvoer vanuit Rijnland wordt in de periode februari - september te laag berekend, zie Figuur 2.33. Daarbuiten is de reproductie bevredigend. In het groeiseizoen bedraagt het verschil 64% en op jaarbasis 25%.



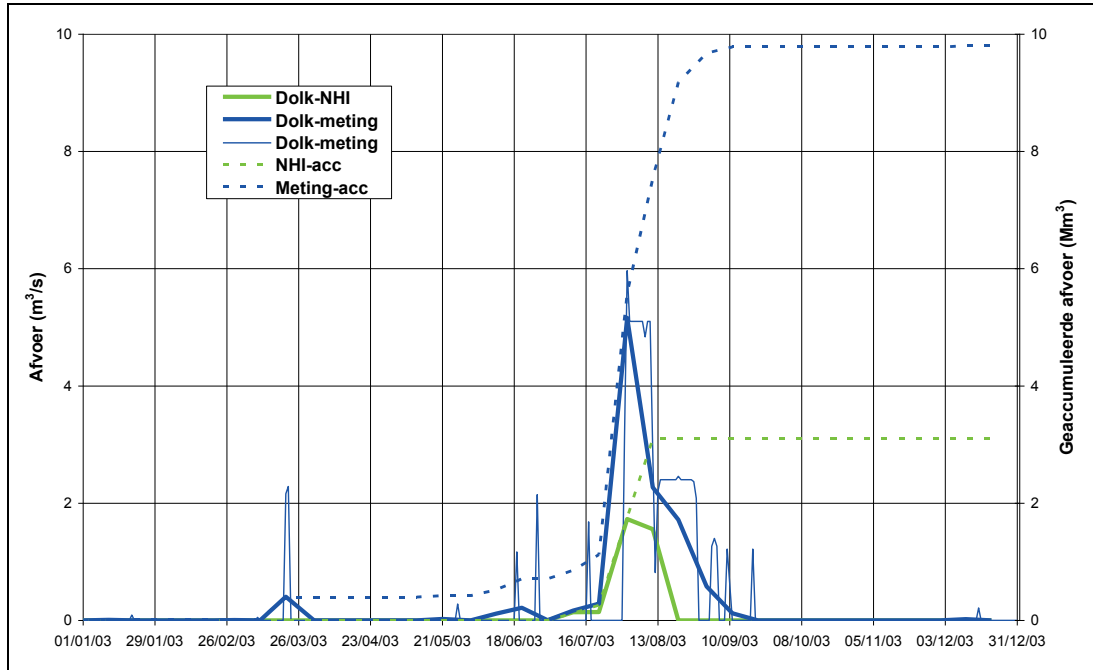
Figuur 2.29 Gemeten en berekende afvoer naar het Noordzeekanaal in 2003



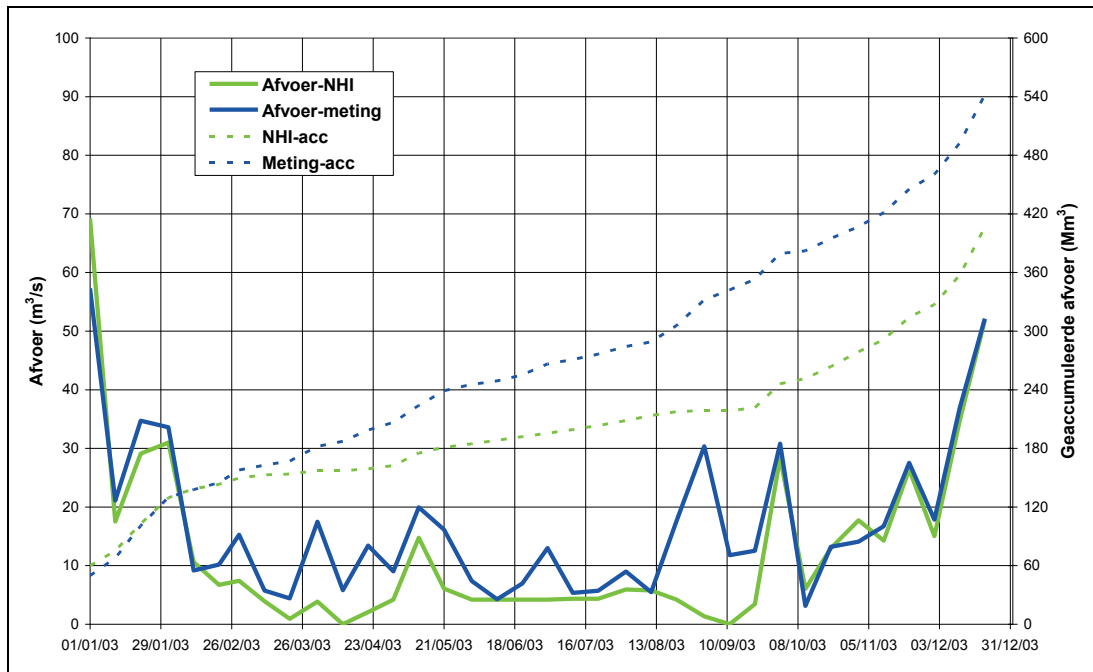
Figuur 2.30 Gemeten en berekende afvoer naar de Noordzee via gemaal en spuisluis Katwijk in 2003



Figuur 2.31 Gemeten en berekende afvoer naar de Hollandsche IJssel via de Gouwe in 2003



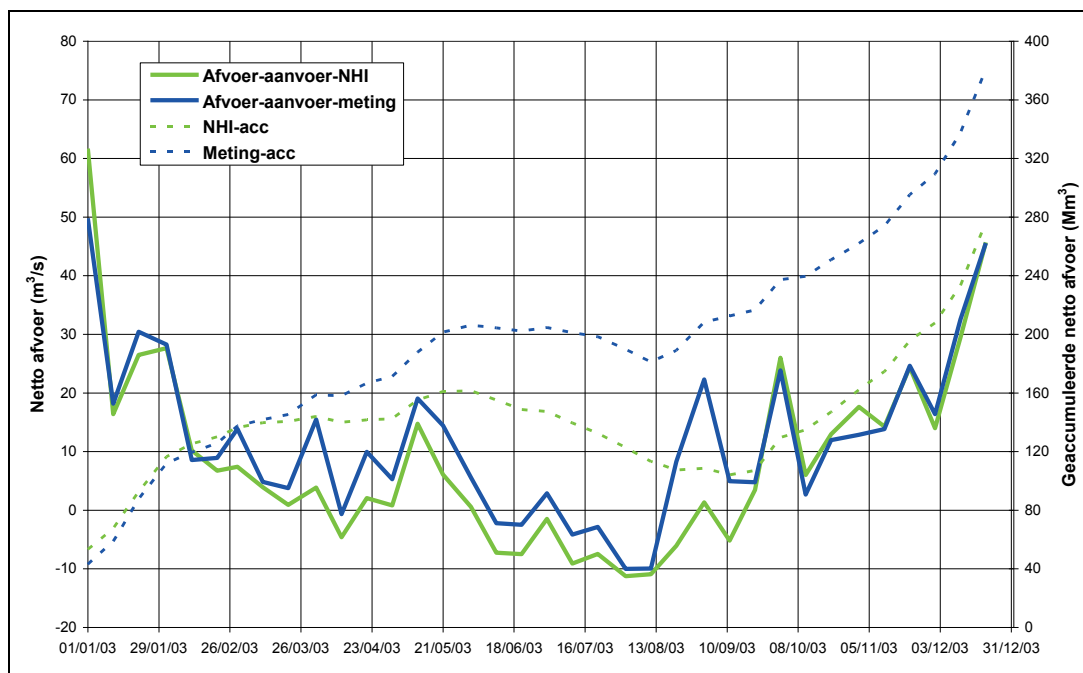
Figuur 2.32 Gemeten en berekende doorvoer naar de boezem van Delfland via gemaal Den Dolk in 2003



Figuur 2.33 Totale gemeten en berekende afvoer van Rijnland in 2003

2.3.3 Netto afvoer 2003

De netto afvoer uit Rijnland (afvoer - aanvoer) is weergegeven in Figuur 2.34. De grafiek geeft aan dat de dynamiek door het model goed wordt weergegeven, m.u.v. augustus - september. De berekende netto afvoer in het groeiseizoen wijkt fors af van de metingen: het model berekent een netto aanvoer in het groeiseizoen, terwijl de metingen een netto afvoer aangeven. Op jaarbasis wordt de netto afvoer 27% te laag berekend.



Figuur 2.34 Totale gemeten en berekende netto afvoer van Rijnland in 2003

Een overzicht van de berekeningen in vergelijking tot de metingen is gegeven in Tabel 2.6. In de onderste helft van de tabel zijn de resultaten uitgedrukt in mm waterschijf, op basis van een oppervlakte van 936 km², zoals in het NHI is aangenomen. Wordt aangenomen dat de veranderingen in de berging in de bodem aan het begin en het eind van het kalenderjaar klein zijn t.o.v. de overige termen in de waterbalans, dan is het verschil tussen neerslag en netto afvoer gelijk aan de actuele verdamping minus de kwel. Het model heeft voor 2003 een totale actuele verdamping berekend van 471,8 mm. Op basis hiervan wordt door het model een kwel naar het oppervlaktewater van 122,6 mm berekend. Wordt dezelfde berekende actuele verdamping toegepast op de metingen dan bedraagt de kwel 162,2 mm, d.w.z. een 32% hogere kwel. De waarde van deze schattingen wordt natuurlijk sterk bepaald door de kwaliteit van de berekende actuele verdamping. Voor grasland lijkt de berekende verdamping te laag, maar voor een stedelijk gebied met snelle afstroming van de neerslag is een relatief grote afwijking van de referentieverdamping aannemelijk. Zonder nadere informatie over de details van de gebruikte gewascoëfficiënten is hier nu geen uitspraak over te doen.

Merk op dat met een betere neerslagschatting in het model een belangrijk deel van het verschil tussen de gemeten en berekende netto afvoer weggenomen had kunnen worden.

Tabel 2.6 Overzicht van gemeten en berekende afvoer en inlaatvolumina Rijnland 2003

Locatie	meting		model		meting-model		meting-model	
	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar
	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	%	%
Gouda	71,7	73,3	101,4	101,4	-29,6	-28,0	-41,3	-38,2
Bodegraven	42,8	87,6	0,0	28,4	42,8	59,2	100,0	67,6
Totaal aanvoer	114,5*	161,0*	101,4	129,8	13,2	31,2	11,5	19,4
Spaarndam/Halfweg	117,6	324,5	45,4	255,2	72,2	69,3	61,4	21,3
Katwijk	34,6	148,5	17,9	122,8	16,6	25,7	48,1	17,3
Gouwe	24,2	58,9	1,4	25,1	22,8	33,8	94,2	57,4
Den Dolk	9,4	9,8	3,1	3,1	6,3	6,7	67,0	68,4
Totaal afvoer	185,8	541,8	67,9	406,3	118,0	135,5	63,5	25,0
Totaal netto afvoer	71,3	380,8	-33,5	276,5	104,8	104,3	147,0	27,4
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
Totaal aanvoer	122,3	172,0	108,3	138,6	14,1	33,4		
Totaal afvoer	198,5	578,8	72,5	434,0	126,0	144,8		
Totaal netto afvoer	76,2	406,8	-35,8	295,4	112,0	111,4		
Neerslag	321,1	716,4	281,8	644,6	39,3	71,8		
Verdamping - kwel	-	309,6	-	349,2		-39,6		
Eact berekend	-	471,8	382,0	471,8				
Kwel	-	162,2	-	122,6				

*) exclusief aanvoer via Tolhuisroute

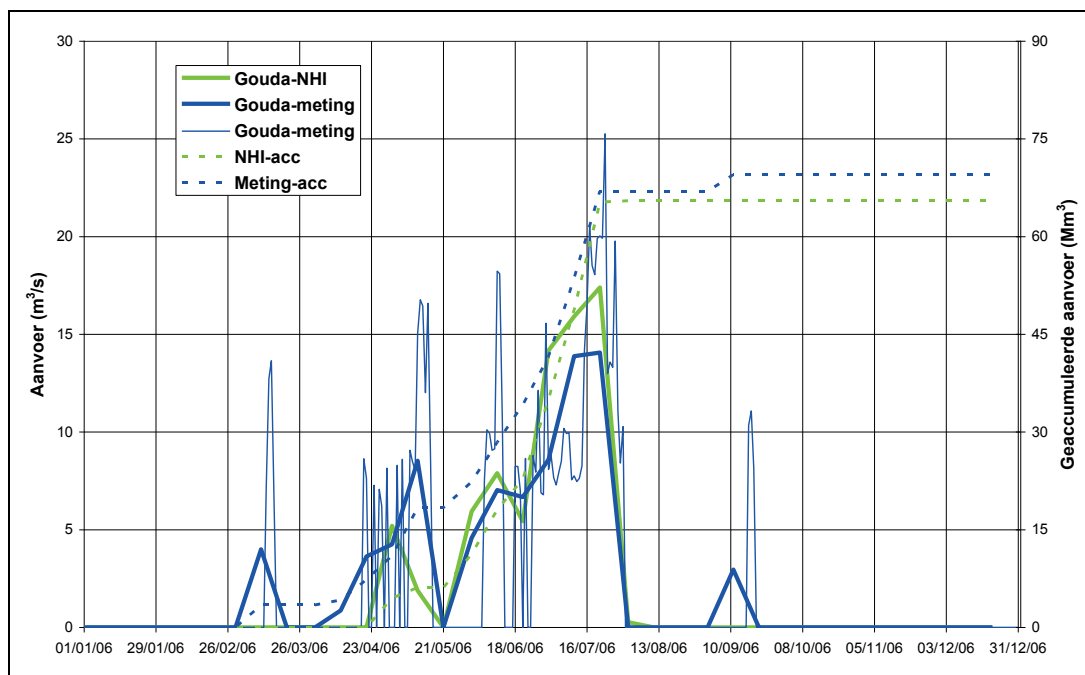
2.4 Oppervlaktewater 2006

2.4.1 Wateraanvoer

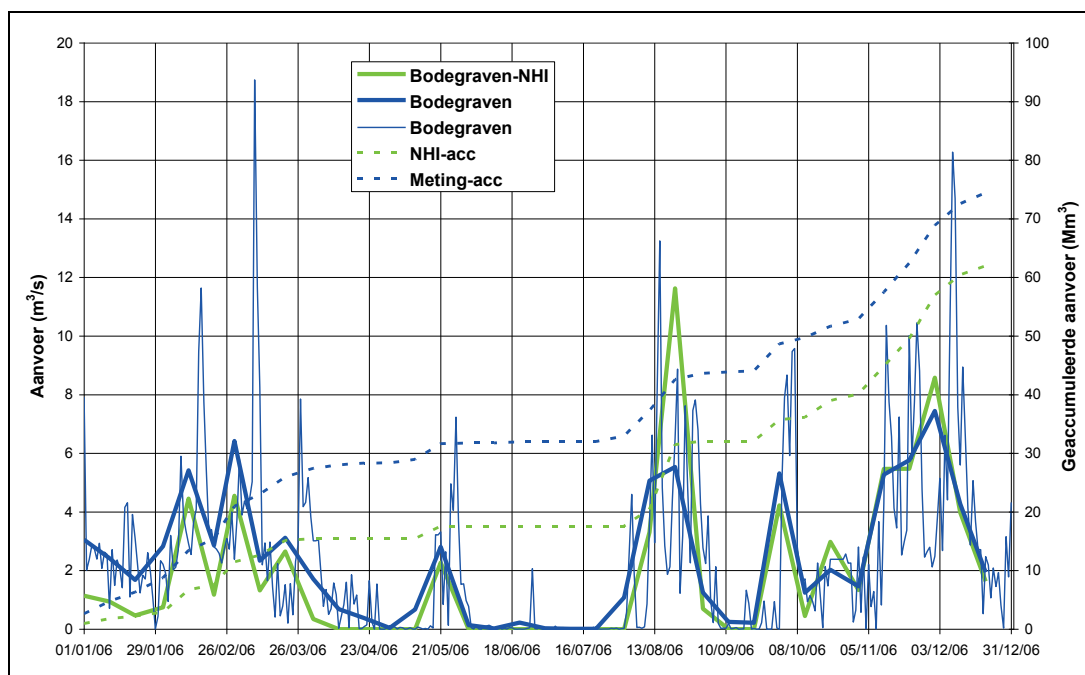
De aanvoer van water naar Rijnland in 2006 vanuit de Hollandsche IJssel is weergegeven in Figuur 2.35. De figuur geeft aan dat twee aanvoermomenten in maart en september worden gemist, maar dat overall de aanvoer via Gouda acceptabel wordt weergegeven. Op jaarbasis is het verschil slechts 6%.

In afwijking met de simulatie voor 2003 wordt nu de aanvoer naar Rijnland vanuit de Oude Rijn via schutsluis Bodegraven aanzienlijk beter gesimuleerd, zie Figuur 2.36. De timing van de aanvoer wordt correct gereproduceerd en de verschillen in de grootte van de aanvoer met de meting zijn nu „slechts“ 6 en 17% voor resp. het groeiseizoen en het kalenderjaar. Eind mei wordt de aanvoer via Gouda even gestopt ten faveure van Bodegraven, maar niet omdat de gemeten chlorideconcentraties op de Hollandsche IJssel dat vroegen; die is in 2006 nauwelijks boven de 200 mg/l gekomen. De oorzaak zal dus mogelijk liggen in het wegwerken van waterbezwaar. Dit moment van afvoer vanuit de Stichtse Rijnlanden via Bodegraven wordt door het model juist weergegeven.

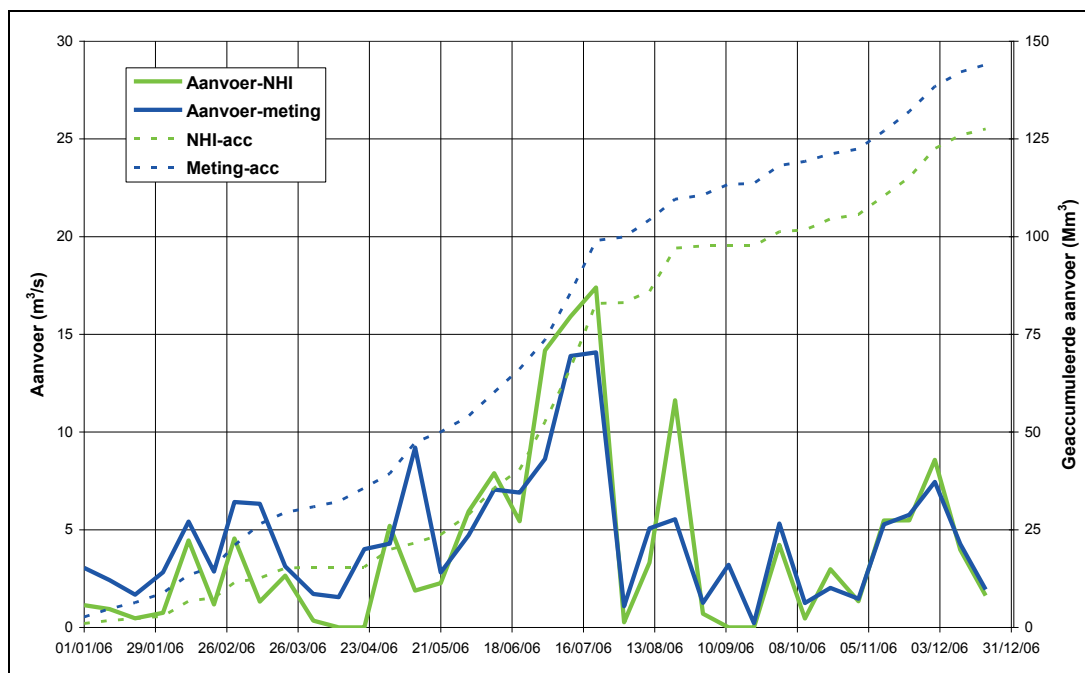
De totale gemeten en berekende aanvoer naar Rijnland in 2006 is weergegeven in Figuur 2.37. De dynamiek van de aanvoer wordt door het model acceptabel gesimuleerd. De verschillen tussen meting en berekening, hoewel voor een individuele decade soms groot, bedragen voor het groeiseizoen en op jaarbasis totaal respectievelijk slechts 2 en 11%.



Figuur 2.35 Gemeten en berekende wateraanvoer uit de Hollandsche IJssel via gemaal Gouda in 2006



Figuur 2.36 Gemeten en berekende wateraanvoer uit de Oude Rijn via schutsluis Bodegraven in 2006



Figuur 2.37 Totale gemeten en berekende wateraanvoer naar Rijnland in 2006

2.4.2 Afvoer

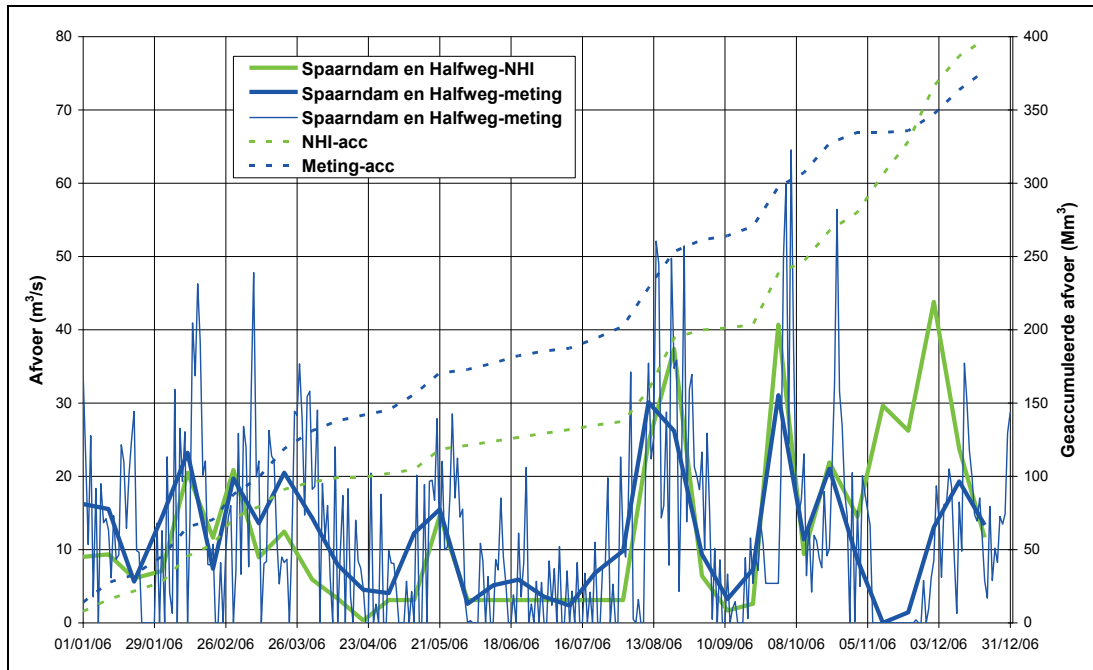
De gemeten en berekende afvoer naar het Noordzeekanaal via de gemalen Spaarndam en Halfweg in 2006 is weergegeven in Figuur 2.38. De figuur geeft aan dat het model het gemeten verloop redelijk volgt op november en begin december na. Dit laatste is merkwaardig omdat de neerslag in die periode in het model is onderschat. Het grote verschil is vooral een gevolg van de opgelegde afvoerverdeling in het Distributiemodel, die voorschrijft dat 62% van het waterbezwaar wordt afgevoerd naar het Noordzeekanaal. In november - begin december 2006 is hier dus duidelijk van afgeweken. Het water is toen vooral via Katwijk en de Gouwe afgevoerd. Er was kennelijk sprake van een maalstop op de lozingen op het Noordzeekanaal. Op jaarbasis heeft het model de afvoer naar het Noordzeekanaal in 2006 met 6% overschat.

De gemeten en berekende afvoer naar de Noordzee via gemaal en spuisluis Katwijk is weergegeven in Figuur 2.39. De dynamiek van de gesimuleerde afvoer is in het algemeen in overeenstemming met de meting. De grootste afwijkingen treden op in de laatste maanden van het jaar, waarbij in oktober en begin november een te grote afvoer wordt berekend en daarna een veel te lage. Eerder is aangegeven, dat deze afwijkingen gedeels zijn terug te voeren naar de opgelegde afvoerverdeling in het Distributiemodel. Op jaarbasis wordt in 2006 de afvoer naar de Noordzee vanuit Rijnland met 8% onderschat.

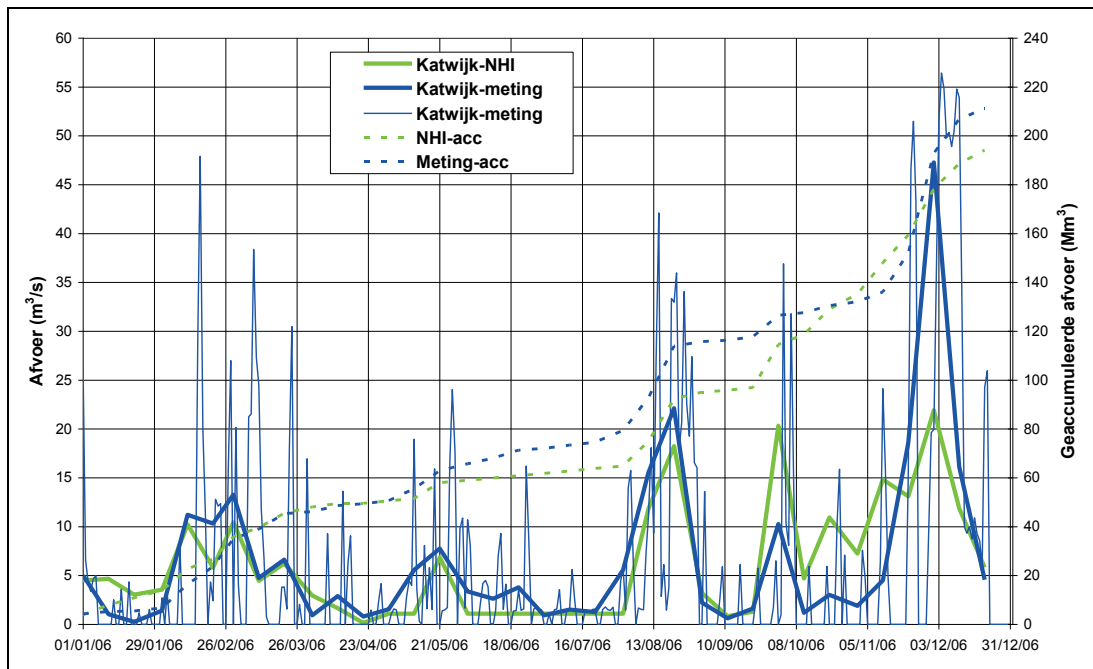
De afvoer uit Rijnland naar de Hollandsche IJssel via de Gouwe is weergegeven in Figuur 2.40. De figuur geeft aan dat de balans voor de eerste helft van het jaar redelijk sluit, maar dat het model de afvoer in de tweede helft van 2006 fors onderschat. Op jaarbasis bedraagt het verschil 29%.

De uitwisseling van water tussen Rijnland en Delfland in 2006 is zeer beperkt geweest, zoals is aangegeven in Figuur 2.41. Ook het model berekent een beperkte maar een te grote uitwisseling. Procentueel is de afwijking formidabel maar in volume beperkt.

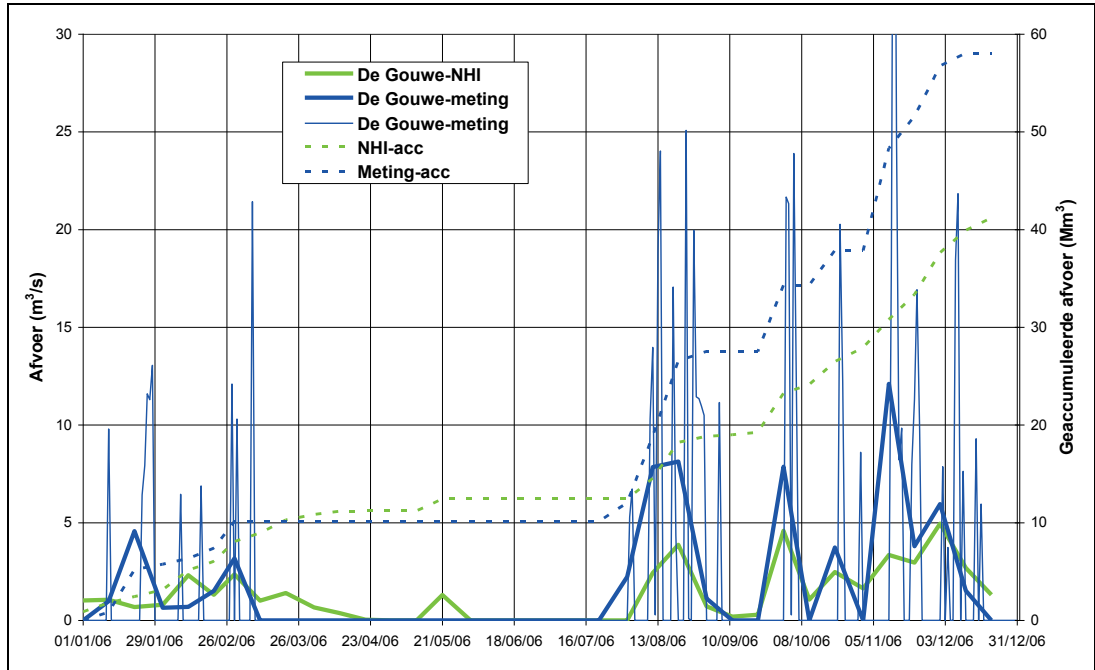
Bovenstaande leidt tot een totale gemeten en berekende afvoer voor Rijnland in 2006 zoals is weergegeven in Figuur 2.42. Behoudens de simulatie voor de maand november volgt het model het gemeten signaal redelijk. Op jaarbasis is het verschil tussen meting en model minimaal: slechts 2%.



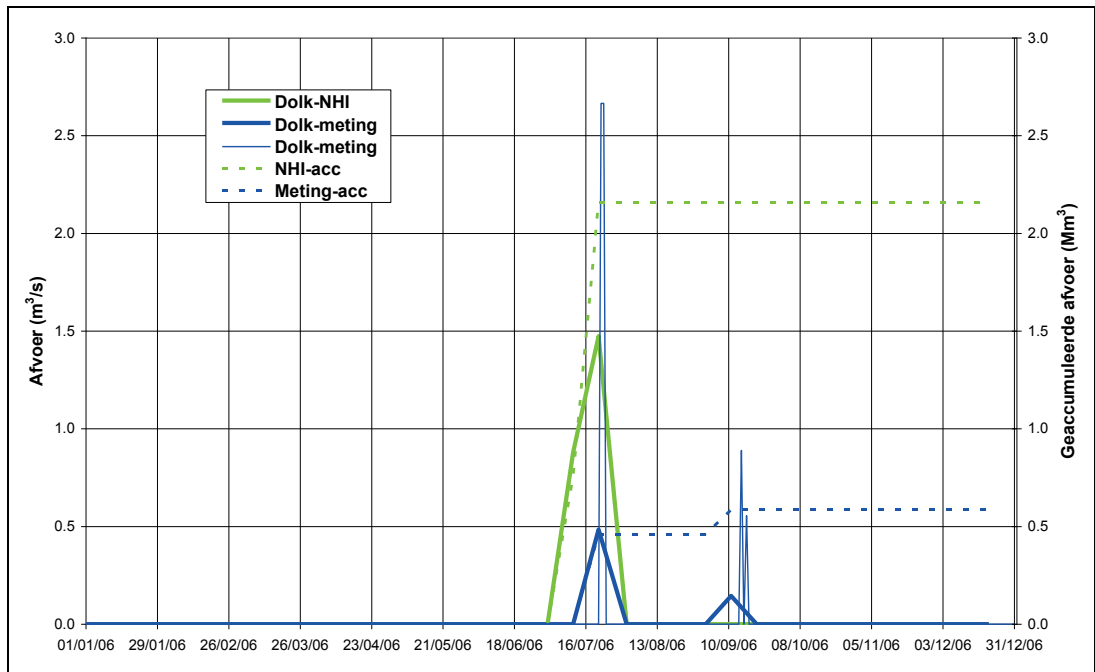
Figuur 2.38 Gemeten en berekende afvoer naar het Noordzeekanaal via de gemalen Spaarndam en Halfweg in 2006



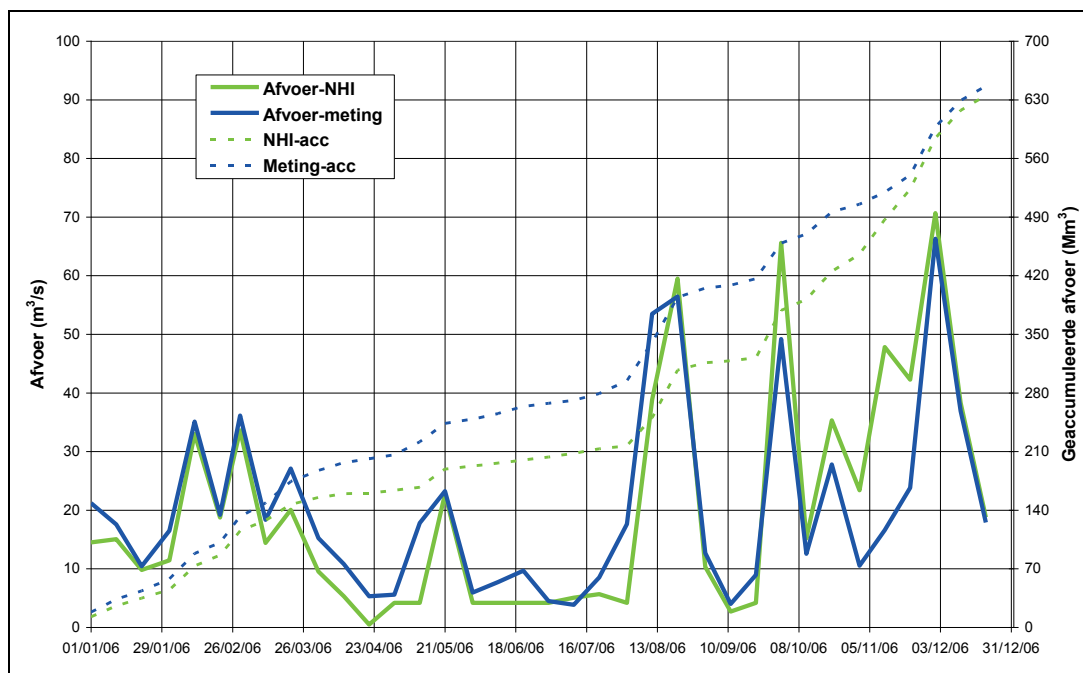
Figuur 2.39 Gemeten en berekende afvoer naar de Noordzee via gemaal en spuisluis Katwijk in 2006



Figuur 2.40 Gemeten en berekende afvoer naar de Hollandsche IJssel via de Gouwe in 2006



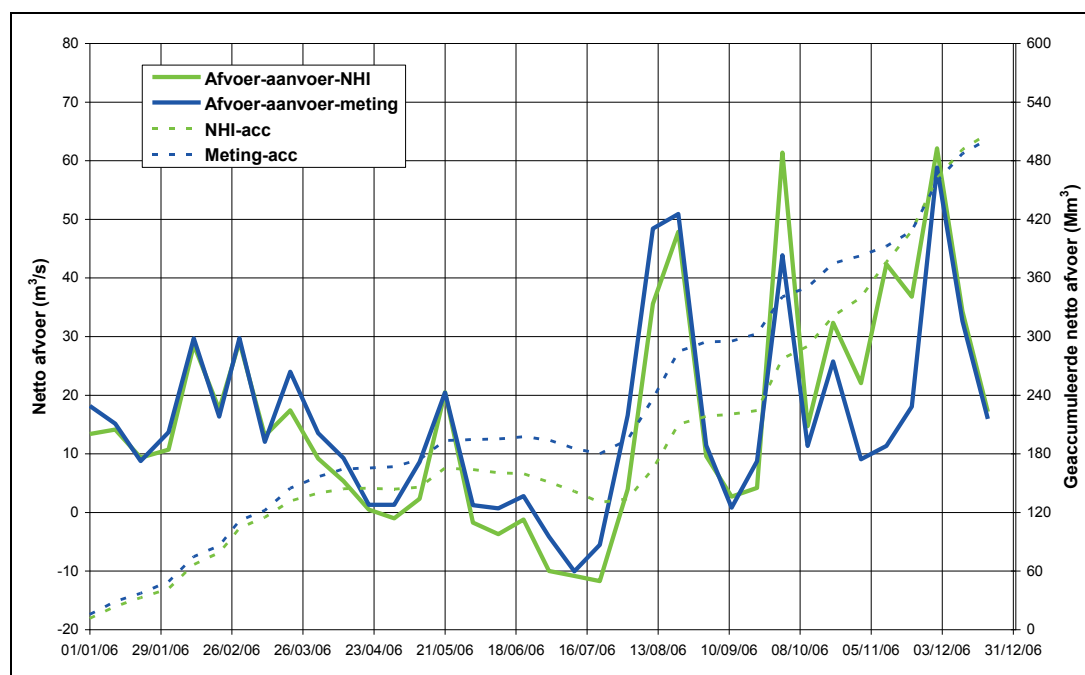
Figuur 2.41 Gemeten en berekende doorvoer naar de boezem van Delfland via gemaal Dolk in 2006



Figuur 2.42 Totale gemeten en berekende afvoer van Rijnland in 2006

2.4.3 Netto afvoer 2006

De netto afvoer uit Rijnland in 2006 zoals is gemeten en is berekend is weergegeven in Figuur 2.43. De resultaten geven aan dat de netto afvoer in het groeiseizoen 41% te laag is berekend, maar op jaarbasis 1% te hoog: de langzaam opgebouwde te laag gesimuleerde netto afvoer in het groeiseizoen wordt in de maanden oktober en november volledig gecompenseerd.



Figuur 2.43 Totale gemeten en berekende netto afvoer van Rijnland in 2006

In Tabel 2.7 is een overzicht gegeven van de gemeten en berekende aan- en afvoeren in 2006 en hun verschillen in volumina en in mm waterschijf. In het laatste deel van de tabel zijn hieraan de gemeten en de model neerslag toegevoegd. Op dezelfde wijze als

voor 2003 en onder dezelfde aannames wordt met het model nu een kwel berekend van 145,5 mm, 23 mm meer dan in 2003. De kwel die wordt berekend uit de metingen op basis van de berekende actuele verdamping bedraagt nu slechts 94,7 mm, tegen 162,2 mm in 2003. Wordt echter de gemeten verdamping van Cabauw toegepast dan wordt een kwel berekend van 164,7 mm, vrijwel gelijk aan de waarde voor 2003.

Tabel 2.7 Overzicht van gemeten en berekende afvoer en inlaatvolumina Rijnland 2006

Locatie	meting		model		meting-model		meting-model	
	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar
	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	%	%
Gouda	66,1	69,5	65,5	65,5	0,5	4,0	0,8	5,7
Bodegraven	18,1	74,4	17,0	62,0	1,2	12,4	6,4	16,7
Totaal aanvoer	84,2	143,9	82,5	127,5	1,7	16,4	2,0	11,4
Spaarndam/Halfweg	151,8	376,4	112,5	397,8	39,3	-21,4	25,9	-5,7
Katwijk	72,4	211,2	51,5	194,1	20,9	17,0	28,9	8,1
Gouwe	17,4	58,1	9,0	41,2	8,4	16,9	48,4	29,1
Dolk	0,6	0,6	2,2	2,2	-1,6	-1,6	-269,0	-269,0
Totaal afvoer	242,1	646,3	175,1	635,3	67,1	11,0	27,7	1,7
Totaal netto afvoer	157,9	502,3	92,6	507,8	65,4	-5,4	41,4	-1,1
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
Totaal aanvoer	89,9	153,8	88,1	136,2	1,8	17,6		
Totaalafvoer	258,7	690,4	187,0	678,7	71,6	11,7		
Totaal netto afvoer	168,7	536,7	98,9	542,5	69,8	-5,8		
Neerslag	457,7	939,6	453,3	894,6	4,4	45,0		
Verdamping - kwel	-	402,9	-	352,1		50,8		
Eact berekend	-	497,6	403,7	497,6				
Kwel	-	94,7	-	145,5				

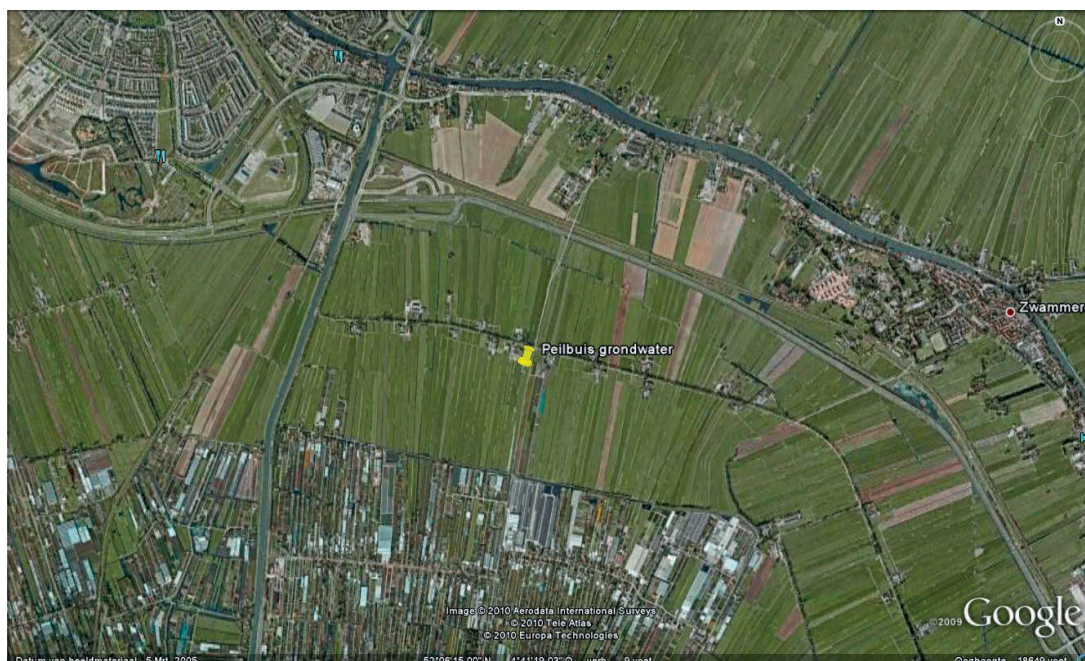
2.5 Grondwaterstanden

In Tabel 2.8 is een overzicht gegeven van de aangeleverde grondwaterstandmetingen. In de laatste kolom is het bemonsteringsinterval aangegeven. In het algemeen bedraagt het meetinterval 14 dagen en is in enkele gevallen nog groter. Deze intervallen zijn te groot om een goede vergelijking te kunnen maken met het modelresultaat. Hiervoor zijn dagcijfers nodig. Alleen voor peilbuis B31C0190 zijn dagcijfers beschikbaar. De resultaten voor deze peilbuis worden in het navolgende besproken.

Tabel 2.8 Overzicht van geleverde grondwaterstanden

CODE	Coördinaten		Beschikbaarheid		Bemonsterings interval
	X	Y	2003	2006	
B30E1020	88317	470600	ok	ok	14 dg
B30E0120	88381	470952	ok	ok	14 dg
B31D0123	111479	462312	ok	ok	14 dg
B30H0115	99381	452791	tot 28/5	nee	14 dg
B25D0221	111866	478475	ok	ok	maand/seizoen
B25D0625	111360	476500	ok	nee	14 dg
B31C0190	106949	457545	ok	ok	2 dg/1 dg
B30H0359	96969	459208	beperkt	ok	14 dg/maand
B25C0292	107520	476820	ok	ok	14 dg/seizoen
B31A0103	105430	473770	ok	ok	14 dg
B30E0203	87700	464900	beperkt	beperkt	14 dg

Peilbuis B31C0190 bevindt zich in de polder Steekt, tussen Alphen a/d Rijn en Boskoop, ten zuiden van de Oude Rijn en ten oosten van de Gouwe, zie Figuur 2.44. Het maaiveld ligt in deze polder volgens de topografische kaart op -1.6 tot -1.7 m+NAP.



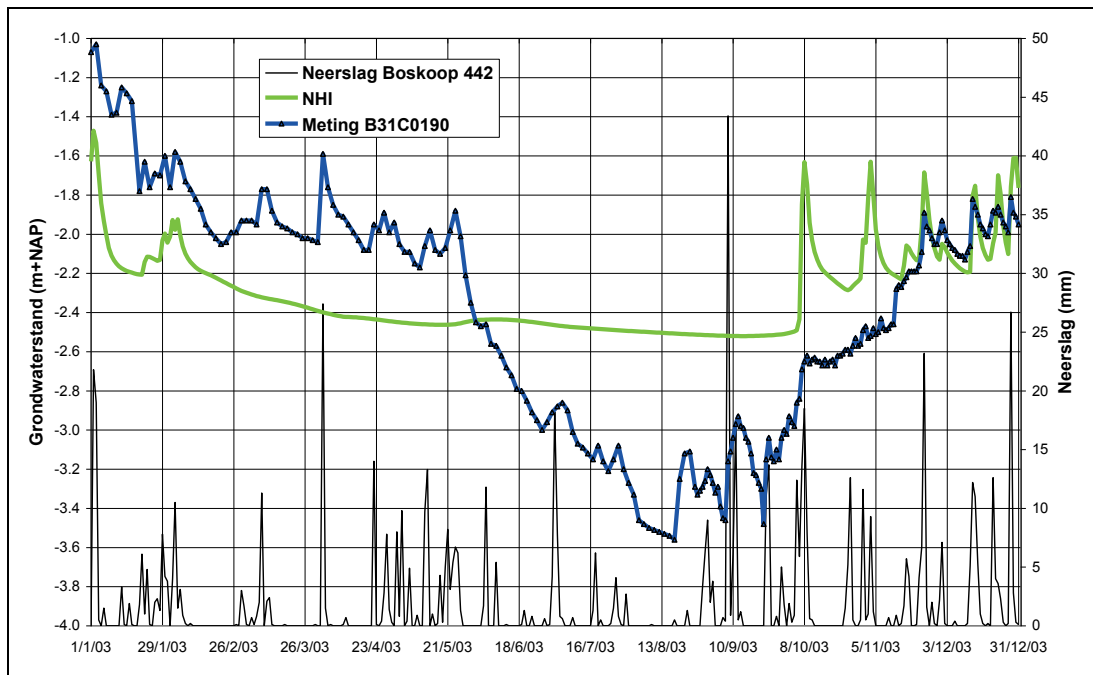
Figuur 2.44 Locatie peilbuis B31C0190 in polder Steekt tussen Alphen a/d Rijn en Boskoop

De gemeten en berekende grondwaterstanden voor 2003 zijn weergegeven in Figuur 2.45. Opvallend is dat het gemeten signaal in januari grondwaterstanden bevat die boven het gemiddelde maaiveldniveau in de polder liggen (of er is sprake van kwel en de peilbuis meet niet de stijghoogte van het freatische grondwater, of er sprake geweest van inundatie, of de drukopnemer functioneerde niet goed, of het referentieniveau is onjuist). De grondwaterstand reageert buiten het groeiseizoen vrij direct op de neerslag. In het groeiseizoen is dat soms anders. In juni - augustus 2003 zakt de grondwaterstand zeer sterk om vervolgens in oktober november langzaam te herstellen. In deze periode laat de gemeten grondwaterstand weinig respons zien op de neerslag. Pas in december is de dynamiek terug. De sterke daling van de grondwaterspiegel in een peilbeheerst gebied zet vraagtekens bij de kwaliteit van de grondwaterstandsregistratie.

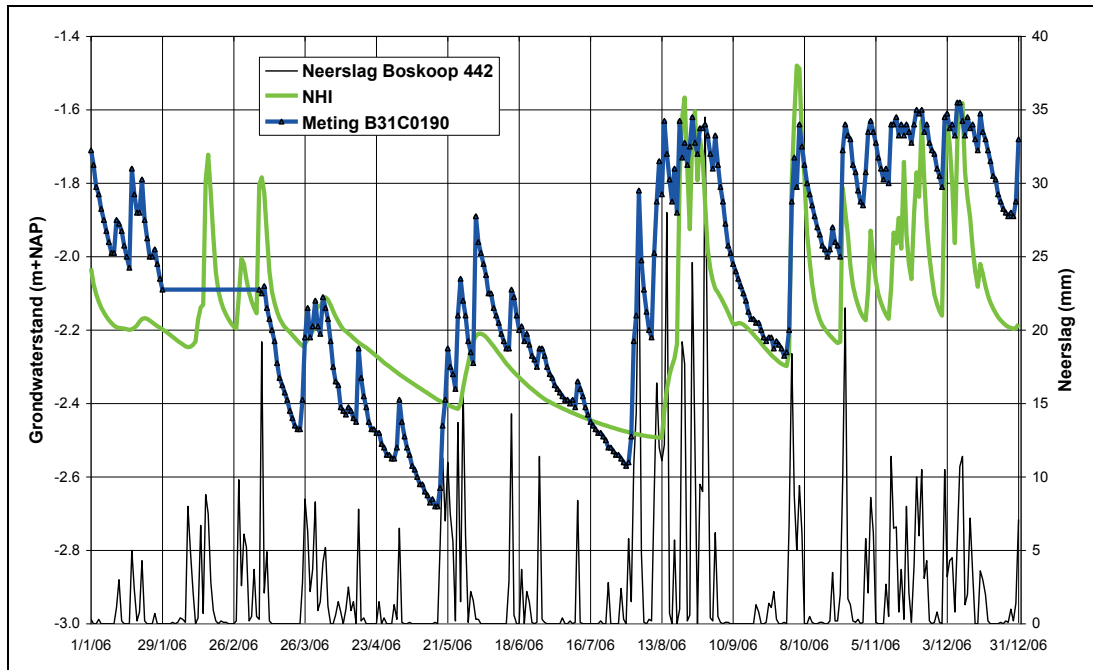
Het model volgt de grondwaterfluctuaties in de periode maart - september 2003 in het geheel niet. In die periode is er geen enkele reactie van het grondwater op de neerslag. Vanaf oktober is dat wel het geval, sterker zelfs dan de meting weergeeft. Merkwaardig in de simulatie is dat in de droge maanden juni-juli de grondwaterstand in het model niet zakt en ook geen reactie vertoont op de hoge neerslag in augustus. De simulatie voor 2003 geeft een slechte reproductie van het gemeten grondwaterverloop.

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop in peilbuis B31C0190 voor 2006 is weergegeven in Figuur 2.46, met details in Figuur 2.47 en Figuur 2.48. Het gemeten signaal laat zien dat het grondwater heel direct reageert op de neerslag en daarna snel weer wegzakt, een steil uitputtingsverloop. Dit uitputtingsverloop wordt door het model in de periode april - juli niet goed gereproduceerd, het model reageert te traag en mist de dynamiek, zie Figuur 2.47. Het herstel van het grondwater in augustus komt te traag, en daarna reageert het model feller op de neerslag dan de metingen en dempt sneller uit, zie Figuur 2.48. De berekende fluctuaties zijn in de maanden oktober t/m december aanmerkelijk groter dan is waargenomen, in tegenstelling tot de eerste periode van het groeiseizoen.

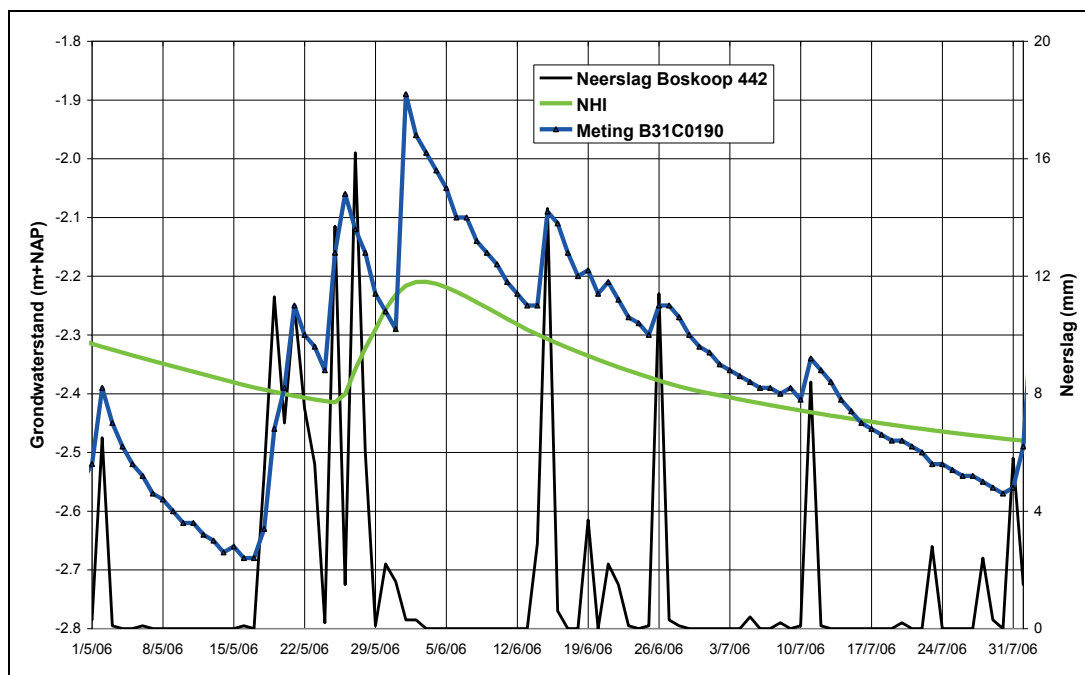
Samenvattend, voor deze locatie geeft het NHI geen goede reproductie van de grondwaterstandvariatie. Verondersteld wordt dat sprake is van te veel berging in de onverzadigde zone.



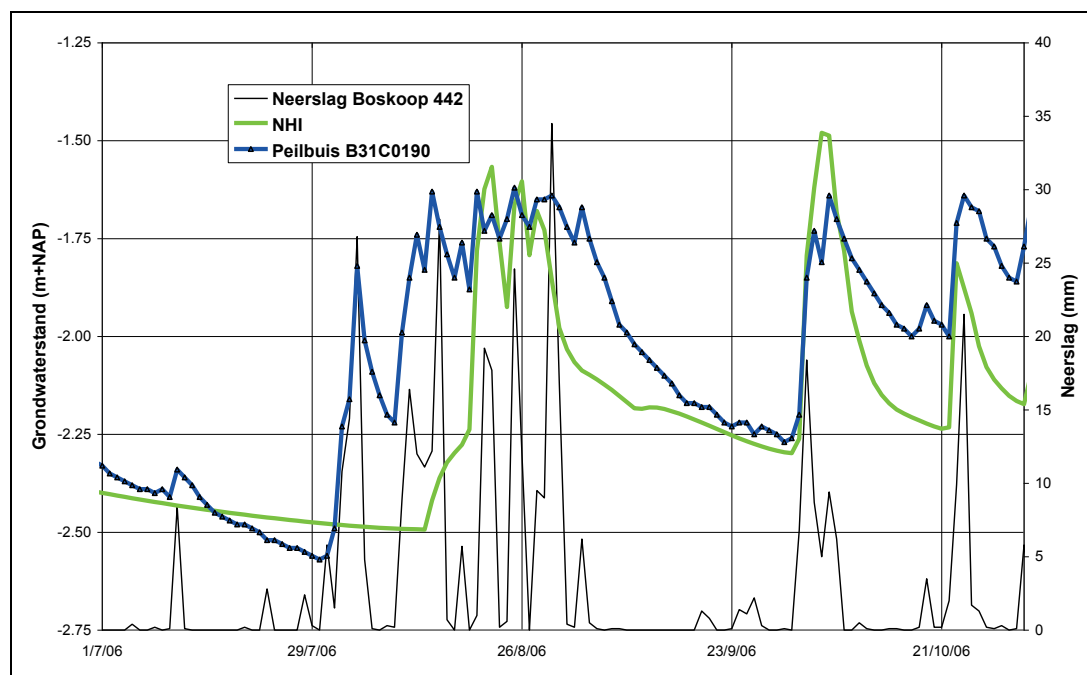
Figuur 2.45 Gemeten en berekende grondwaterstanden peilbuis B31C0190, neerslag Boskoop, 2003



Figuur 2.46 Gemeten en berekende grondwaterstanden peilbuis B31C0190, neerslag Boskoop, 2006



Figuur 2.47 Gemeten en berekende grondwaterstanden peilbuis B31C0190, neerslag Boskoop, mei-juli 2006



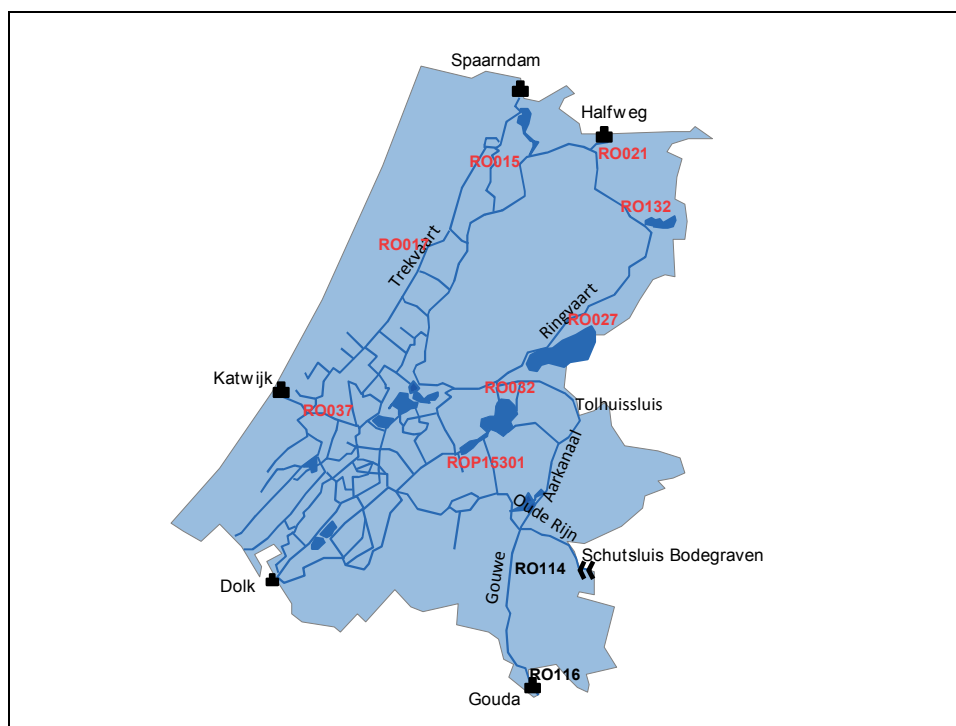
Figuur 2.48 Gemeten en berekende grondwaterstanden peilbuis B31C0190, neerslag Boskoop, juli-oktober 2006

2.6 Chlorideconcentraties

Voor Rijnland zijn chlorideconcentraties ontvangen voor de locaties die in Tabel 2.9 zijn aangegeven. De opnamefrequentie van de chloridemetingen is variabel, en varieert van enkele dagen tot een week. Omdat een groot deel van Rijnland is ondergebracht in het NHI in één deel, t.w. de boezem van Rijnland, is een selectie gemaakt uit de beschikbare metingen. Apart genomen zijn de metingen voor de Gouwe. De locaties van de meetpunten die in de vergelijking zijn gebruikt zijn weergegeven in Figuur 2.49.

Tabel 2.9 Overzicht van geleverde chlorideconcentraties van locaties in Rijnland voor 2003 en 2006

CODE	Locatie	X	Y	2003	2006	Freq
C001	ten n. schutsluis in Zijkanaal C	107017	491967	ok	ok	variabel
C008	t.o. gemaal Gouda in de Hollandsche Yssel	107515	445719	ok	ok	variabel
RO001	Noorderbuitenspaarne; boezemgemaal Spaarndam	106483	491665	ok	ok	variabel
RO015	Ringvaart H.meerpolder; bij gemaal Cruquius, vanaf de brug	103833	483639	ok	ok	variabel
RO017	Leidsetrekvaart; vanaf brug Margrietlaan(Hillegom)	99145	480940	ok	ok	variabel
RO021	Ringvaart H.meerpolder; kruising boezemkanaal Halfweg	111489	488496	ok	ok	variabel
RO027	Ringvaart H.meerpolder; vanaf brug bij Aalsmeer	111562	476376	ok	ok	variabel
RO032	Ringvaart H.meerpolder; vanaf brug bij Oudewetering	104104	470478	ok	ok	variabel
RO037	Katwijkskanaal; boezemgemaal Katwijk	87971	469274	ok	ok	variabel
RO096	Ouderijn; bij 's Molenaarsbrug (Alphen)	104537	461868	ok	ok	variabel
RO114	Gouwe; hefbrug in Boskoop	105167	454258	ok	ok	variabel
RO116	Gouwe; bij boezemgemaal Gouda	107544	446025	ok	ok	variabel
RO132	Ringvaart H.meerpolder; brug in weg Sloten-Badhoevedorp	114434	483818	ok	ok	variabel
RO375	Oude Rijn; van brug westkant sluis in Bodegraven	111121	455373	ok	ok	variabel
ROP0931A	Nieuwkoop; gemaal, Hoge Dijk 11	109948	463700	ok	ok	variabel
ROP096A1A	Noordplas; gemaal Palestein	95468	455549	ok	ok	variabel
ROP096A2A	Noordplas; vanaf brug 100 m achter het gemaal	104633	453101	ok	ok	variabel
ROP18068	Haarlemmermeer; v.a. brug over hoofdvaart kruising Schipholweg	111681	484479	ok	ok	variabel
ROP15301	Vliet; gemaal bij Kromme Does	100514	464809	ok	nee	variabel



Figuur 2.49 Locaties van de chloridemeetpunten gebruikt in de analyses

2003

Een selectie van chloridemetingen in Rijnland's boezem is gepresenteerd in Figuur 2.50. De metingen laten een groot verschil zien tussen het noordoosten enerzijds en het midden en zuiden van Rijnland anderzijds. De concentraties zijn in het noordoosten aanmerkelijk hoger dan elders. Ook de concentraties bij Katwijk zijn hoger dan elders, vooral in de tweede helft van augustus. De afvoer via Katwijk was in die periode nihil.

De figuur geeft aan dat voor een goede weergave van de chlorideconcentraties Rijnland opgesplitst dient te worden in kleinere eenheden. Door slechts één concentratie te berekenen zullen belangrijke gradiënten en waterbehoeftes voor doorspoeling onderschat worden. De concentraties die in het distributiemodel worden berekend voor Rijnland's boezem sluiten redelijk aan bij de concentraties op de locaties in het midden en zuiden en zijn veel lager dan die in het noorden van de boezem zijn gemeten.

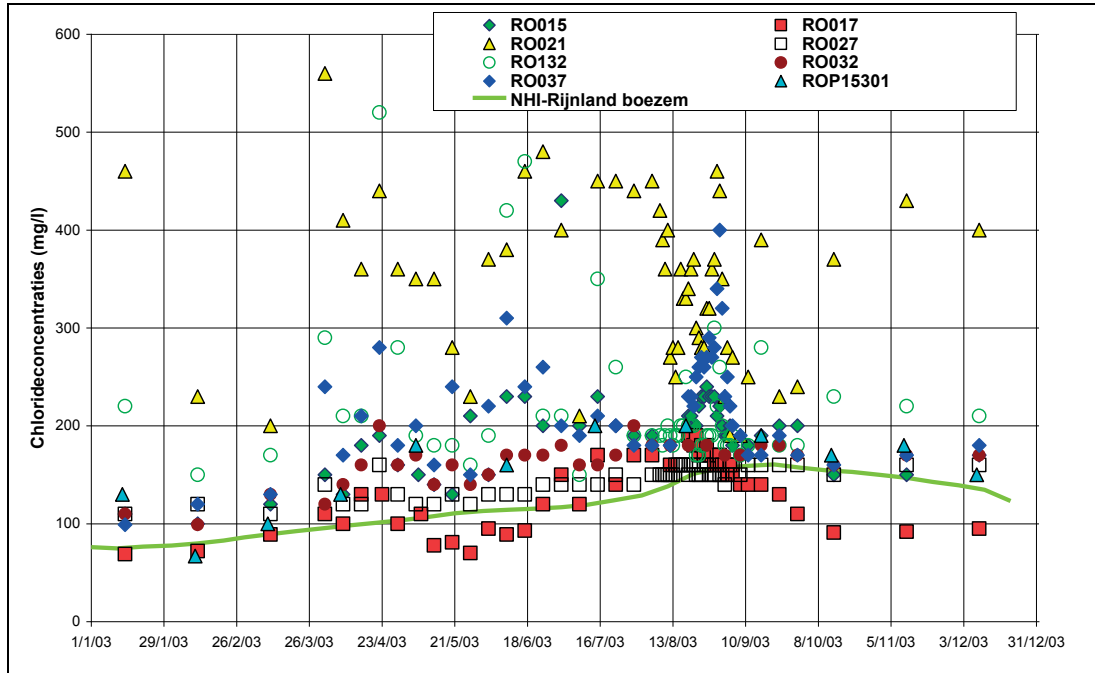
De gemeten en berekende chlorideconcentraties in De Gouwe zijn weergegeven in Figuur 2.51. De concentraties bij Gouda zijn in het algemeen lager dan in Boskoop. Beiden lopen in de tweede helft van augustus op tot zeer hoge waarden. De aanvoer via Gouda vanuit de Hollandsche IJssel wordt dan stopgezet en er wordt alleen nog water aangevoerd via de Oude Rijn. Het NHI volgt de concentratie bij Gouda behoudens de plotselinge verhoging eind augustus redelijk. Deze plotselinge verhoging trad op bij het in werking stellen van de wateraanvoer via de Tolhuisroute door de doorvoer van het nog aanwezige relatief zoute water opgeslagen in de Amstel voorafgaand aan de inwerkingstelling (zie ook Figuur 5.51). Het modelresultaat onderschat de concentraties van Boskoop. Evenals voor Rijnland's boezem geldt ook hier dat het model de benodigde hoeveelheid water voor doorspoeling onderschat heeft door de te laag berekende concentraties.

2006

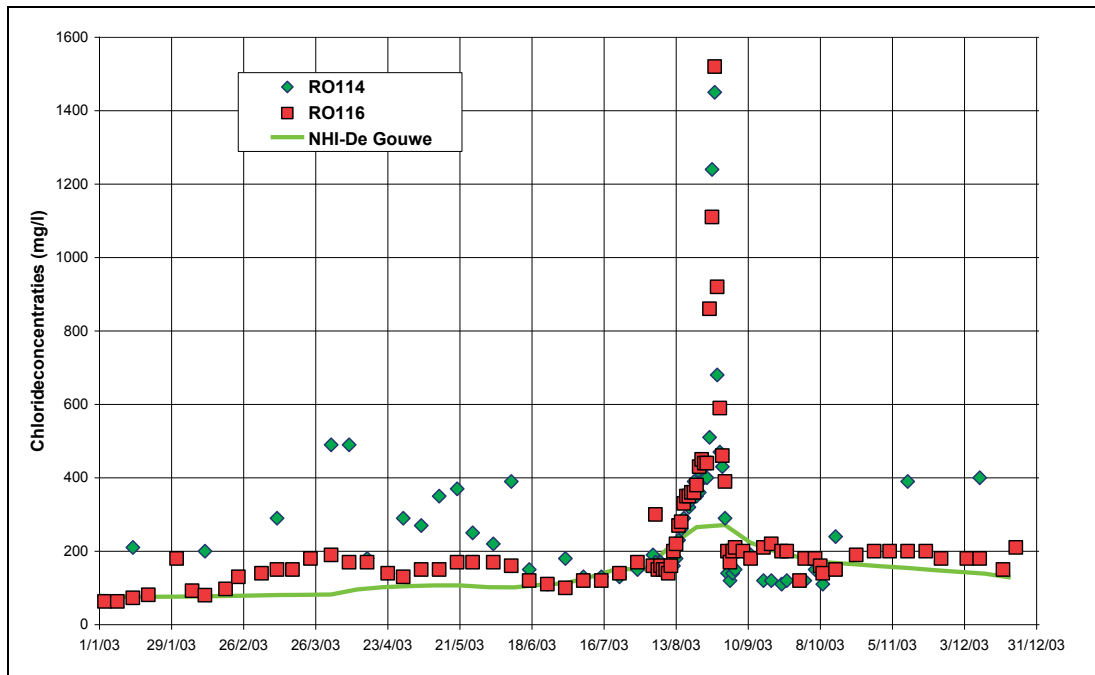
Voor 2006 is het beeld voor Rijnland's boezem qua meting en berekening vrijwel identiek aan 2003, zie Figuur 2.52. De lichte toename van de chlorideconcentratie aan het eind van de eerste droge periode (eind juli) en de daaropvolgende verlaging in de natte maand augustus wordt door het model onvoldoende gesimuleerd.

De verhoging en de daaropvolgende verlaging in juli - augustus wordt in het model voor De Gouwe wel gesimuleerd, zie Figuur 2.53. Over het algemeen worden de chlorideconcentraties door het model onderschat, met name in de eerste helft van het jaar.

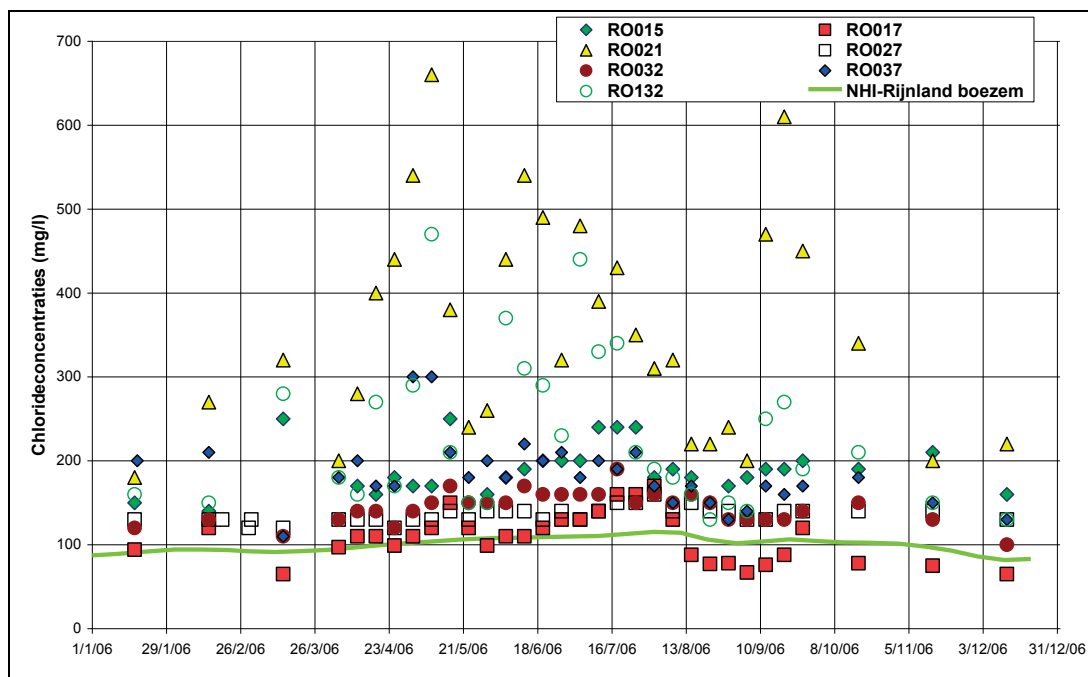
Samenvattend kan worden gesteld dat de ruimtelijke variatie in de chlorideconcentraties groot is, zowel in Rijnland's boezem als in De Gouwe. Om deze verschillen weer te geven in het model is een andere aanpak nodig dan nu gebeurt, met meer differentiatie naar plaats. Het huidige model berekent gemiddeld te lage chlorideconcentraties, zowel in 2003 als in 2006.



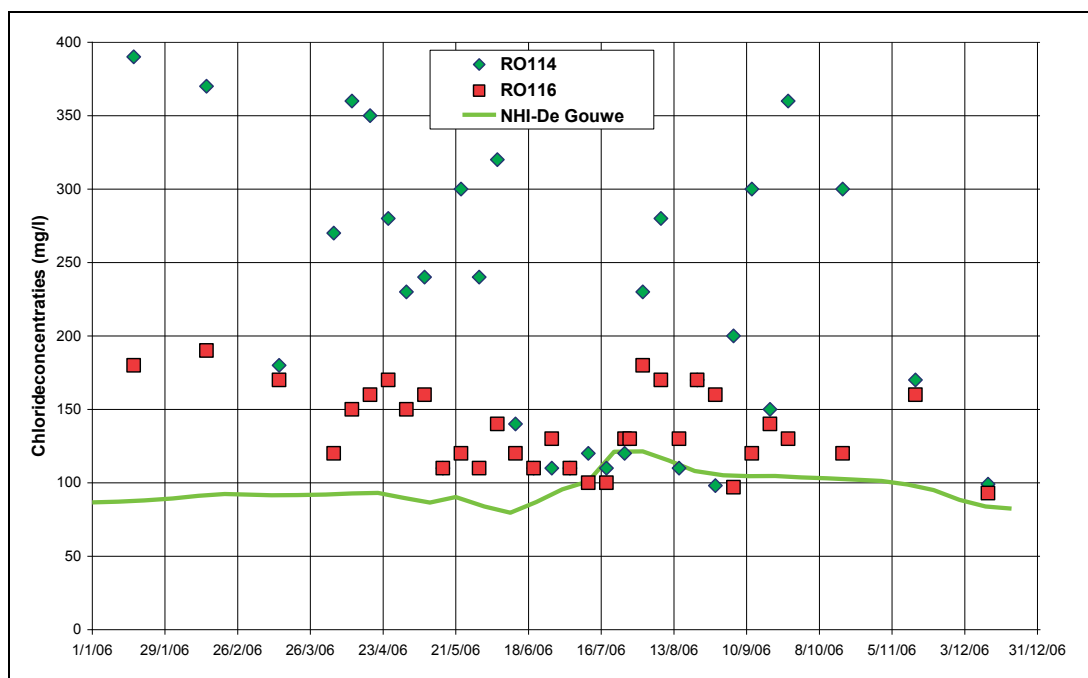
Figuur 2.50 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Rijnland's boezem, 2003



Figuur 2.51 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in De Gouwe, 2003. Augustuspiek veroorzaakt door doorvoer van zout Amstelwater bij inwerkingstelling van Tolhuisroute



Figuur 2.52 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Rijnland's boezem, 2006



Figuur 2.53 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in De Gouwe, 2006

3 Delfland

3.1 Hydraulische infrastructuur en schematisatie

Het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland met de hydraulische infrastructuur is weergegeven in Figuur 3.1. Het totale oppervlak van het beheersgebied zoals in het NHI is opgenomen bedraagt 392,375 km². Het direct op de boezem afwaterend gebied, het boezeland, is ongeveer 9.000 ha groot, de rest zijn polders.

Een overzicht van de inlaat en afvoerlocaties met de capaciteiten van de kunstwerken is gegeven in Tabel 3.1. De aanvoer van water geschiedt vanuit het Brielse Meer via inlaatgemaal Winsemius (90% van de aanvoer) en vanuit de boezem van Rijnland via gemaal Den Dolk (10% van de aanvoer). Water wordt afgevoerd op:

- de Noordzee, via de gemalen Scheveningen en Vlotwatering
- de Nieuwe Waterweg, via de gemalen Westland en Zaaijer
- de Nieuwe Maas, via het Schiegemaal en gemaal Parksluizen, en
- de Rotteboezem, via de Bergsluis (doorvoer/aanvoer Schieland).



Figuur 3.1 Beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland en de inlaat en afvoerlocaties (bron: Hoogheemraadschap van Delfland)

Tabel 3.1 Overzicht van inlaat, afvoer en doorvoerkunstwerken in Delfland

Gebied	Kunstwerk	Locatie	Laat in van / Loost op	Capaciteit (m ³ /s)
Inlaat	inlaatgemaal Winsemius	Brielse Meer	Brielse Meer	4,0
	gemaal Den Dolk	Leidschendam	boezem van Rijnland	8,0
Afvoer	gemaal Scheveningen	Scheveningen	Noordzee	19,3
	gemaal Vlotwatering	Monster	Noordzee	8,0
	gemaal Westland	Maasdijk	Nieuwe Waterweg	24,0
	gemaal Zaaijer	Maassluis	Nieuwe Waterweg	30,0
	Schiegemaal	Schiedam	Nieuwe Maas	8,0
	gemaal Parksluizen	Rotterdam	Nieuwe Maas	20,0
	Bergsluis	Rotterdam	boezem van Schieland	3,0

Ten aanzien van de afvoer wordt in HKV (2009), "Distributiemodel, deel E Delfland en Dommel" opgemerkt dat in noodgevallen via Den Dolk water afgevoerd kan worden naar Rijnland, tot een maximum van 5 m³/s. Dit gebeurt alleen als er ruimte is op de boezem van Rijnland. Het omgekeerde kan ook voorkomen.

Delfland is in het NHI geschematiseerd als één district, dat zijn water loost op en onttrekt aan knoop 4093: boezem van Delfland. De afvoer wordt als volgt verdeeld:

- 40% naar de Nieuwe Waterweg,
- 25% naar de Noordzee, en
- 35% naar de Nieuwe Maas.

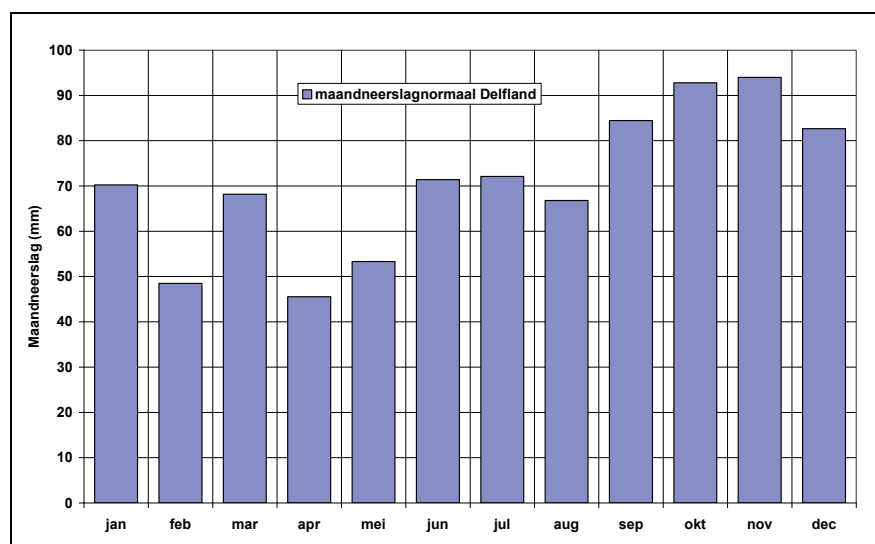
Bij een watervraag < 4 m³/s wordt alles aangevoerd vanuit het Brielse Meer. Bij een hogere watervraag wordt in het NHI ook een deel onttrokken aan Rijnland. De verdeelsleutel daarvoor is (in volstrekt onleesbare code) beschreven in HKV (april 2009, deel E). Naar dat rapport wordt ook verwezen voor een uitgebreide beschrijving van het Distributiemodel voor Delfland.

Merk op dat in 2009 gemaal Vlotwatering vervangen is door gemaal J.J.J. van den Burg. Dit dient in een geactualiseerde NHI te worden opgenomen. Dit heeft ook consequenties voor de te hanteren verdeelsleutels in het NHI.

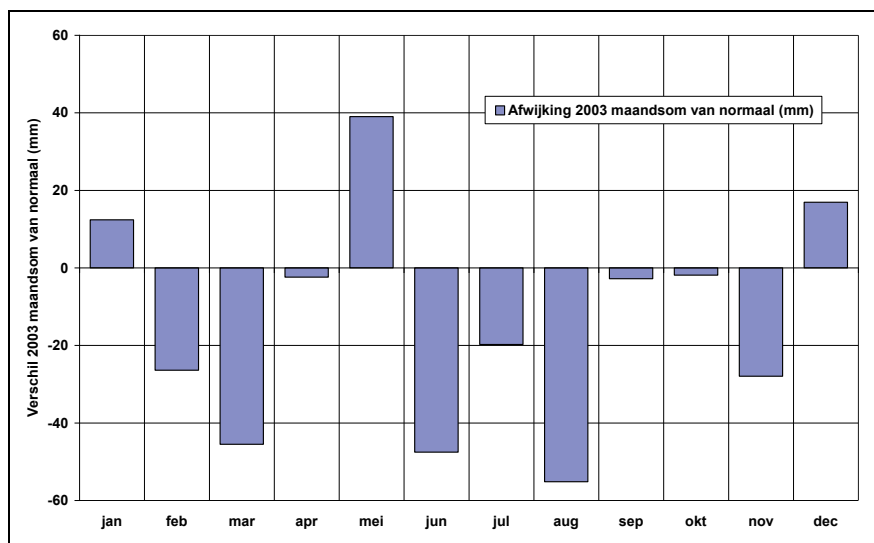
3.2 Neerslag en verdamping

3.2.1 Gemeten en modelneerslag in 2003

De maandneerslagnormalen voor Delfland zijn weergegeven in Figuur 3.2 en de afwijking in 2003 van deze normalen in Figuur 3.3. De laatste figuur geeft aan dat de maanden februari, maart, juni, juli, augustus en november in 2003 aanmerkelijk droger waren dan normaal, terwijl mei juist natter was dan gemiddeld.

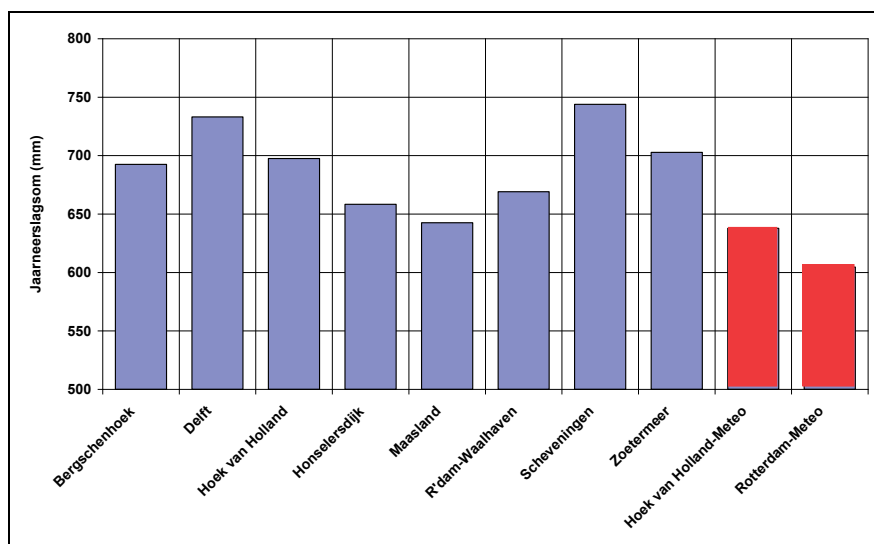


Figuur 3.2 Maandneerslagnormalen Delfland

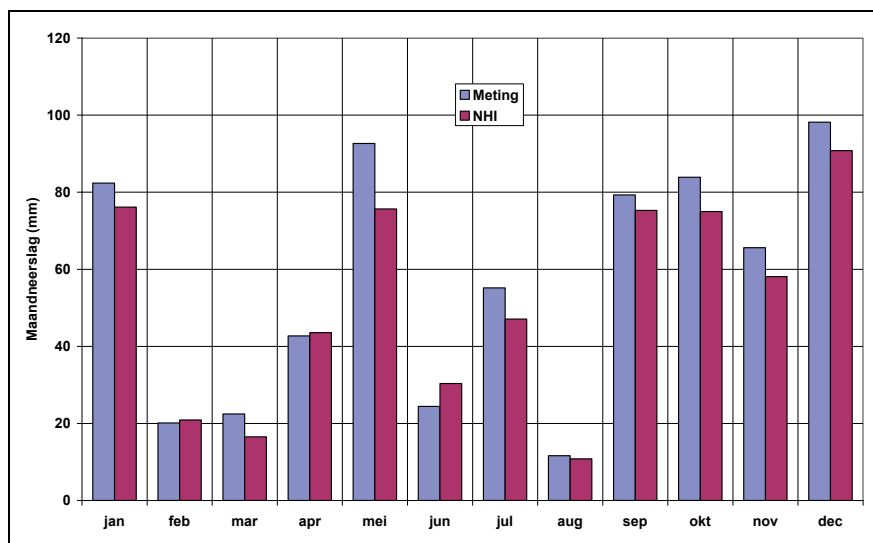


Figuur 3.3 Verschil tussen maandneerslagsommen Delfland in 2003 en maandnormalen

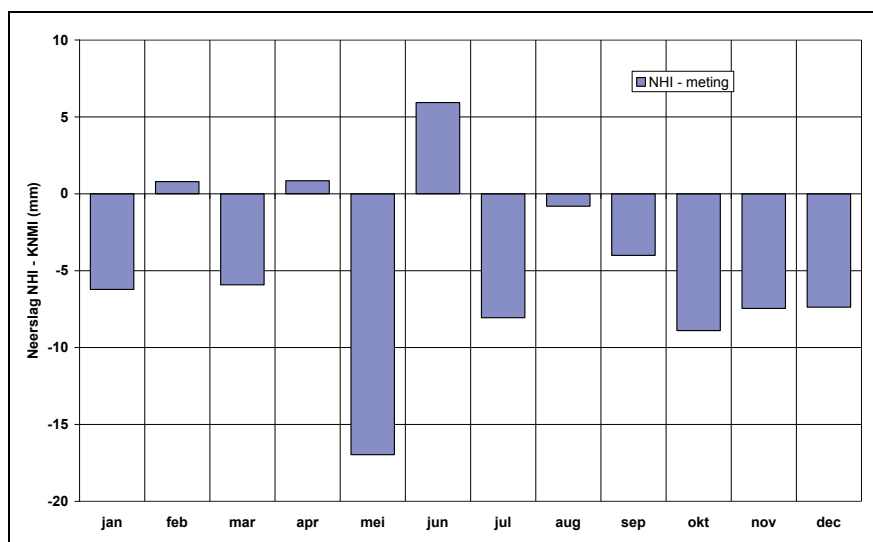
De procedure die in het NHI wordt toegepast om de ruimtelijke verdeling van de neerslag te bepalen is beschreven in hoofdstuk 2. Voor Delfland is de neerslag gebaseerd op de meteorologische stations Hoek van Holland en Rotterdam. Figuur 3.4 geeft aan dat dat voor 2003 geen gelukkige keus is geweest. De jaartotalen van deze twee stations zijn lager dan elk van de KNMI neerslagstations in Delfland. De NHI neerslag geeft dus een onderschatting van de werkelijke neerslag in 2003, 8% voor het groeiseizoen en 9% op jaarbasis, zie Tabel 3.2. De verschillen tussen de beste schatting op basis van alle beschikbare KNMI stations en de in het NHI aangenomen maandneerslagsommen zijn weergegeven in Figuur 3.5 en Figuur 3.6.



Figuur 3.4 Neerslagsom 2003 gemeten op KNMI stations in en rond Delfland (in rood voor NHI geselecteerde stations)



Figuur 3.5 Gemeten en NHI maandneerslagsommen in 2003 in Delfland



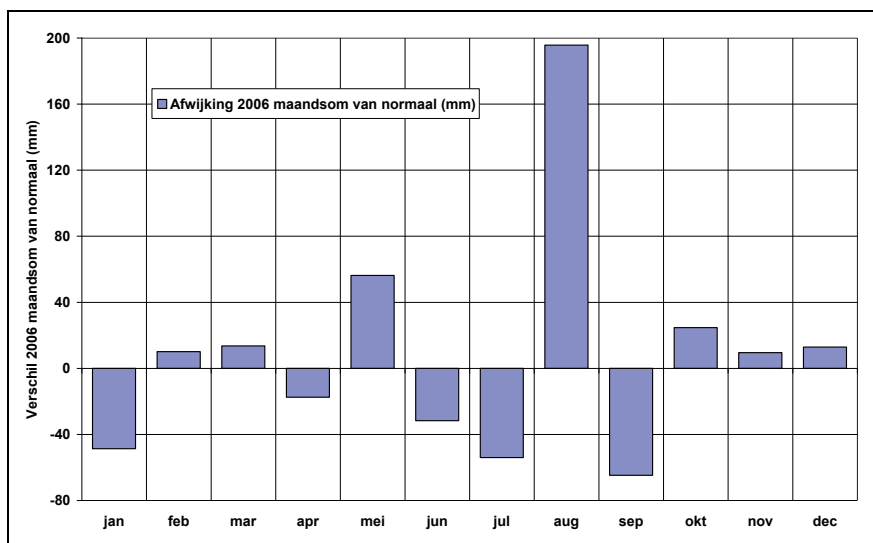
Figuur 3.6 Verschil tussen gemeten en NHI-neerslagsommen in 2003 in Delfland

Tabel 3.2 Vergelijking tussen gemeten en model neerslag in groeiseizoen en jaar 2003 en 2006 voor Delfland

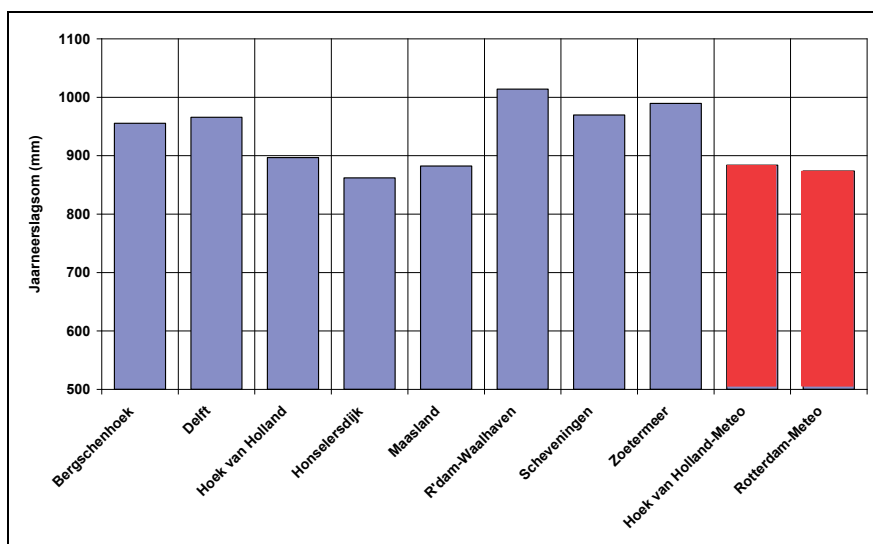
Jaar	Neerslag gemeten (mm)		Neerslag model (mm)		Verschil meting – model (mm)	
	Groeiseizoen	Jaar	Groeiseizoen	Jaar	Groeiseizoen	Jaar
2003	305.7	678.2	282.7	620.0	23.0 (8%)	58.2 (9%)
2006	461.8	929.2	432.9	871.5	28.9 (6%)	57.7 (6%)

3.2.2 Gemeten en modelneerslag in 2006

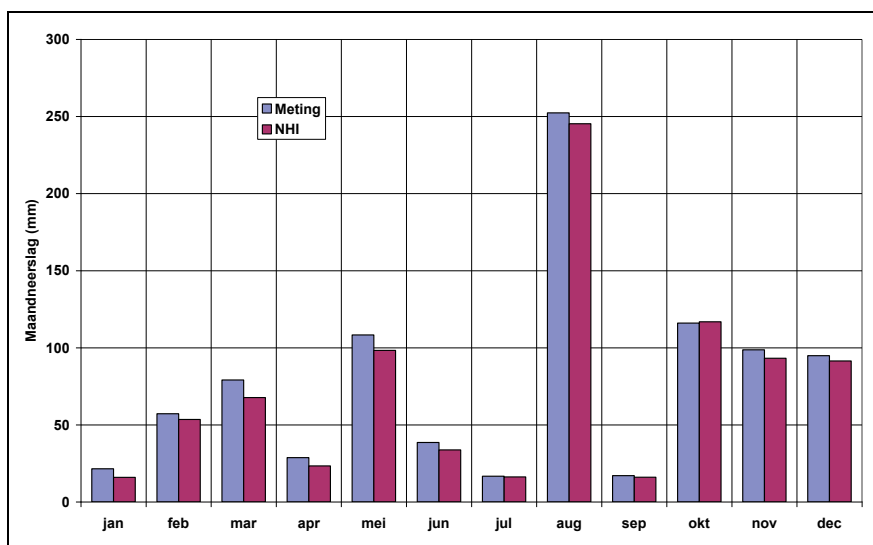
Het jaar 2006 was in Delfland natter dan normaal vooral door de hoge neerslag in augustus. Ook mei was boven normaal, maar de maanden juni, juli en september waren aanmerkelijk droger, zie Figuur 3.7. De gebiedsneerslag zoals bepaald in het NHI wijkt nu minder af van de beste schatting op basis van de KNMI neerslagstations: 6% in zowel het groeiseizoen als op jaarbasis, zie Tabel 3.2, Figuur 3.8, Figuur 3.9 en Figuur 3.10.



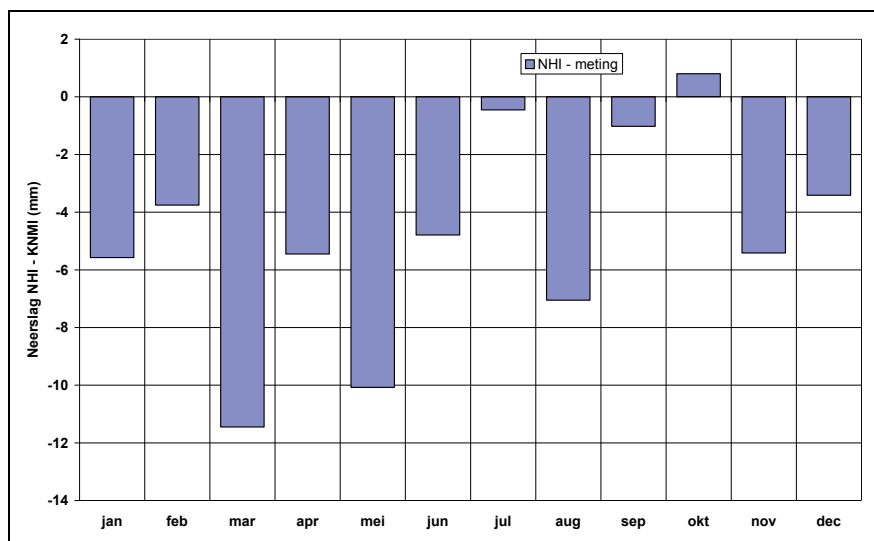
Figuur 3.7 Verschil tussen maandneerslagsommen Delfland in 2006 en maandnormalen



Figuur 3.8 Neerslagsom 2006 gemeten op KNMI stations in en rond Delfland (in rood voor NHI geselecteerde stations)



Figuur 3.9 Gemeten en NHI maandneerslagsommen in 2006 in Delfland



Figuur 3.10 Verschil tussen gemeten en NHI-neerslagsommen in 2006 in Delfland

3.2.3 Gemeten en berekende verdamping

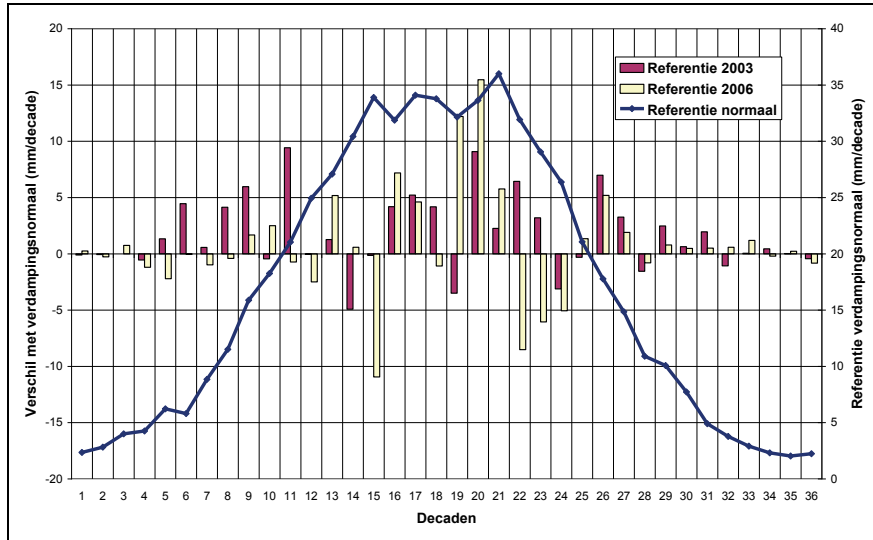
De gemiddelde jaarlijkse verdamping (referentieverdamping volgens Makkink, gebaseerd op de waarnemingen te Hoek van Holland en Rotterdam) voor Delfland bedraagt 607 mm, waarvan 82% of 498 mm plaats vindt in het groeiseizoen van april t/m september, zie Tabel 3.3. De verdeling in het jaar is weergegeven in Figuur 3.11. De verdamping is maximaal in de maanden juni en juli. De referentie verdamping in zowel 2003 als in 2006 was hoger dan gemiddeld.

Het potentiële neerslagtekort over het totale groeiseizoen in een gemiddeld jaar bedraagt in Delfland 105 mm. In 2003 was dit tekort 235 mm, ruim twee keer het gemiddelde tekort, zie Figuur 3.12 en Tabel 3.3. In 2006 was eind september het potentiële tekort slechts 63 mm, ruim onder het gemiddelde, zie Figuur 3.13. Echter in dat jaar was eind juli het tekort al opgelopen tot boven de 200 mm.

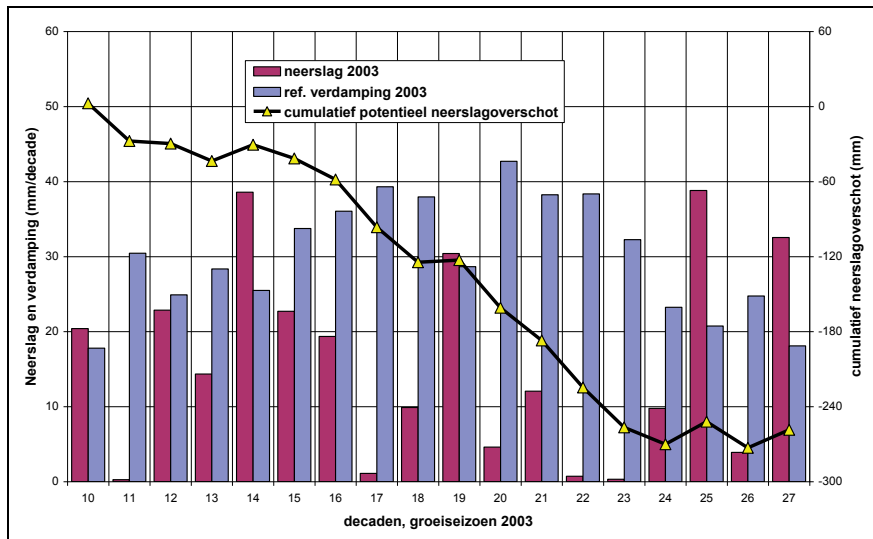
De actuele verdamping voor 2003 en 2006 zoals berekend met het NHI was aanzienlijk lager dan de referentieverdamping, zie Figuur 3.14, Figuur 3.15 en Tabel 3.3. Een directe vergelijking met gemeten actuele verdamping is niet mogelijk voor Delfland door het ontbreken van meetpunten. Eerder is voor Rijnland vastgesteld (zie hoofdstuk 2) dat de NHI-verdamping significant lager was dan de gemeten verdamping van grasland. Een lagere berekende waarde was te verwachten door het grote aandeel stedelijk gebied in zowel Rijnland als Delfland.

Tabel 3.3 Referentieverdamping op jaar- en seizoenbasis, neerslag en potentiële neerslagtekort voor Delfland voor een normaal jaar en in 2003 en 2006 (waarden in mm) en actuele jaar en seizoensverdamping zoals berekend door NHI

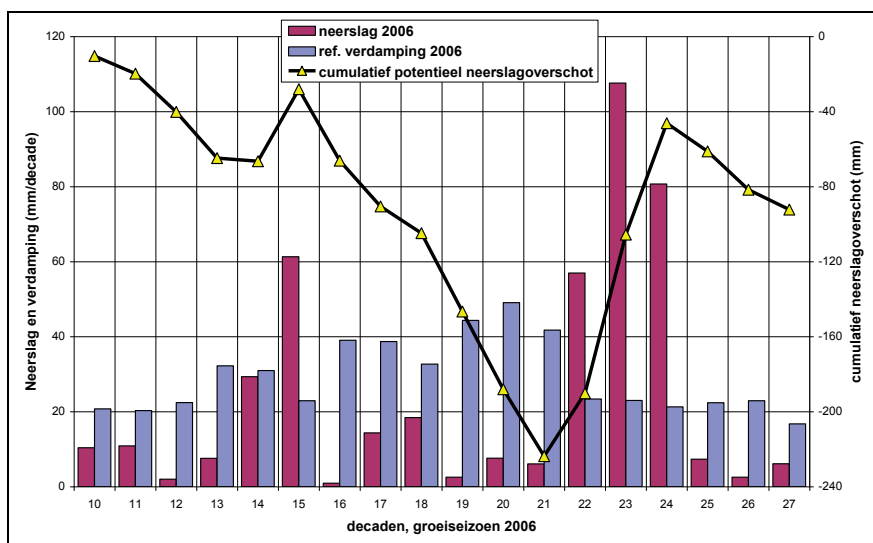
Neerslag en E_{ref}	normaal	2003	2006
jaarsom E_{ref}	606,7	667,9	633,1
groeiseizoen E_{ref}	498,1	541,1	525,2
groeiseizoen neerslag	393,3	305,7	461,8
Potentieel tekort seizoen	104,8	235,4	63,4
E_{act} -jaar NHI ($E_{ref}-E_{act}$)	-	467,0 (200,9)	483,7 (149,4)
E_{act} -seizoen NHI ($E_{ref}-E_{act}$)	-	369,4 (171,7)	386,8 (138,4)



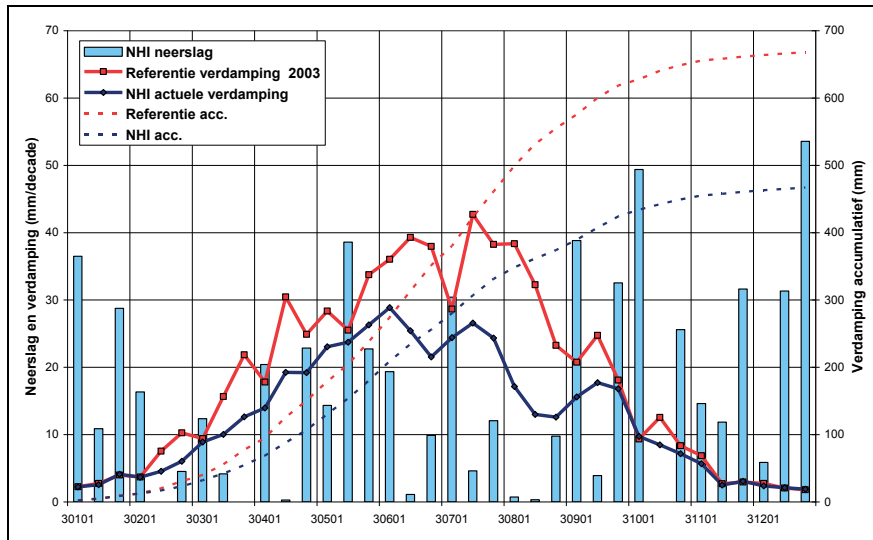
Figuur 3.11 Verschil referentieverdamping 2003 en 2006 met normalen voor Delfland



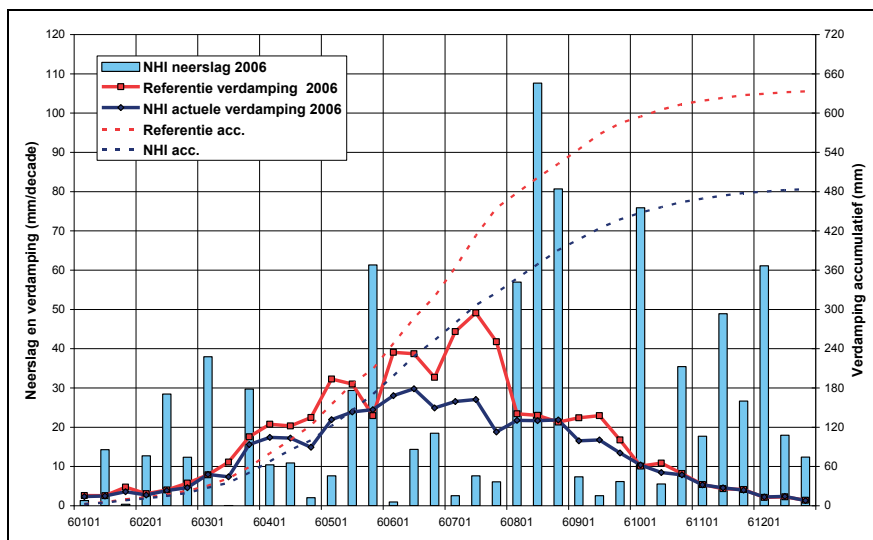
Figuur 3.12 Voortschrijdend potentieel neerslagoverschot in 2003 in Delfland (neerslag uit NHI)



Figuur 3.13 Voortschrijdend potentieel neerslagoverschot in 2006 in Delfland (neerslag uit NHI)



Figuur 3.14 Referentieverdamping Delfland en berekende actuele verdamping, 2003



Figuur 3.15 Referentieverdamping Delfland en berekende actuele verdamping, 2006

3.3 Oppervlaktewater 2003

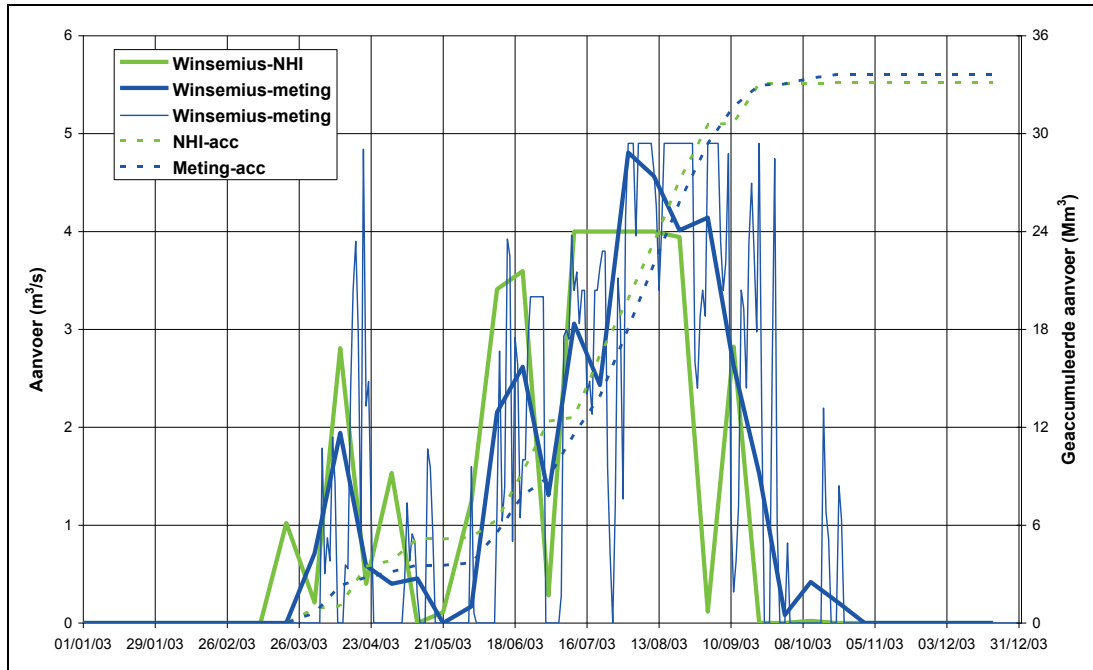
3.3.1 Wateraanvoer

De wateraanvoer in 2003 naar Delfland vanuit het Brielse Meer is weergegeven in Figuur 3.16. De figuur geeft aan dat hoewel de gesimuleerde aanvoer op decade niveau fors kan afwijken, deze zowel voor het groeiseizoen als op jaarbasis vrijwel gelijk is aan de gemeten aanvoer. Merk op dat het model de aanvoer op $4 \text{ m}^3/\text{s}$ begrenst terwijl in de praktijk de grens op $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ligt.

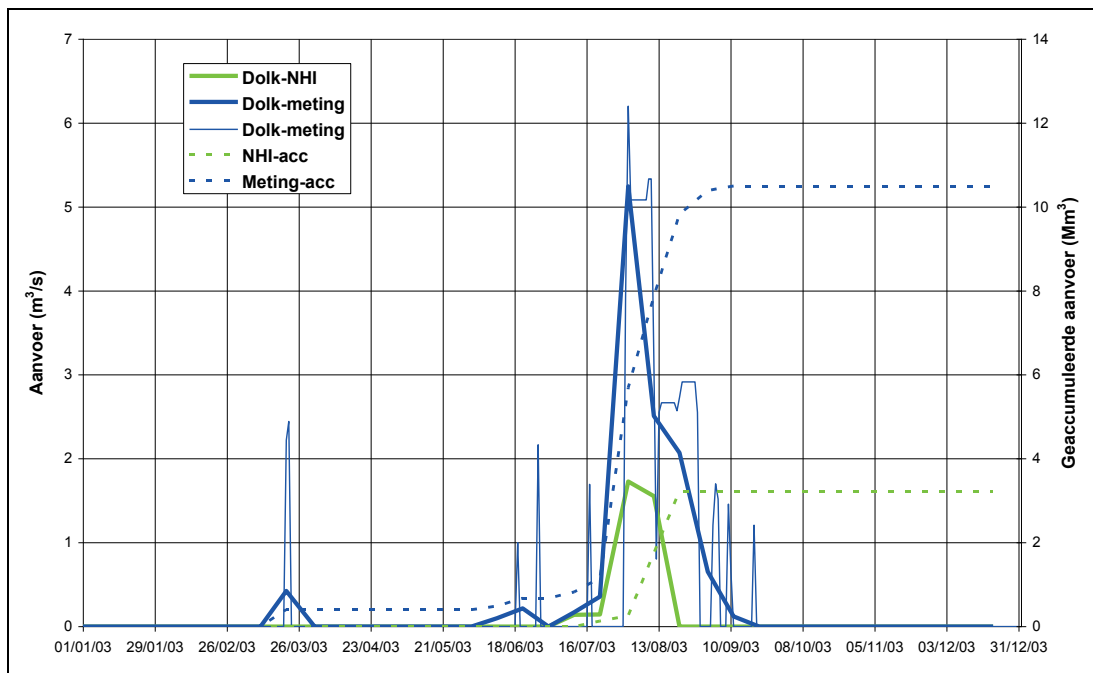
De aanvoer vanuit Rijnland via gemaal Dolk is gepresenteerd in Figuur 3.17. Het verschil tussen de gemeten en berekende aanvoer vanuit Rijnland in 2003 is erg groot; de gemeten aanvoer is bijna 70% groter dan het model berekent. Dit grote verschil is een direct gevolg van de sturing van de aanvoer in het Distributiemodel, waarin een verdeelsleutel wordt gehanteerd waarbij bij een watervraag $< 4 \text{ m}^3/\text{s}$ alles vanuit het Brielse Meer wordt aangevoerd. In HKV (2009) is aangegeven, dat in het verleden alleen in extreem droge perioden al het water uit het Brielse Meer werd onttrokken en dat in een droog jaar bij een watervraag $> 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ 35% van de aanvoer via de boezem

van Rijnland werd aangeleverd. Deze verdeelsleutel dient nader te worden onderzocht met een reden voor de afwijking.

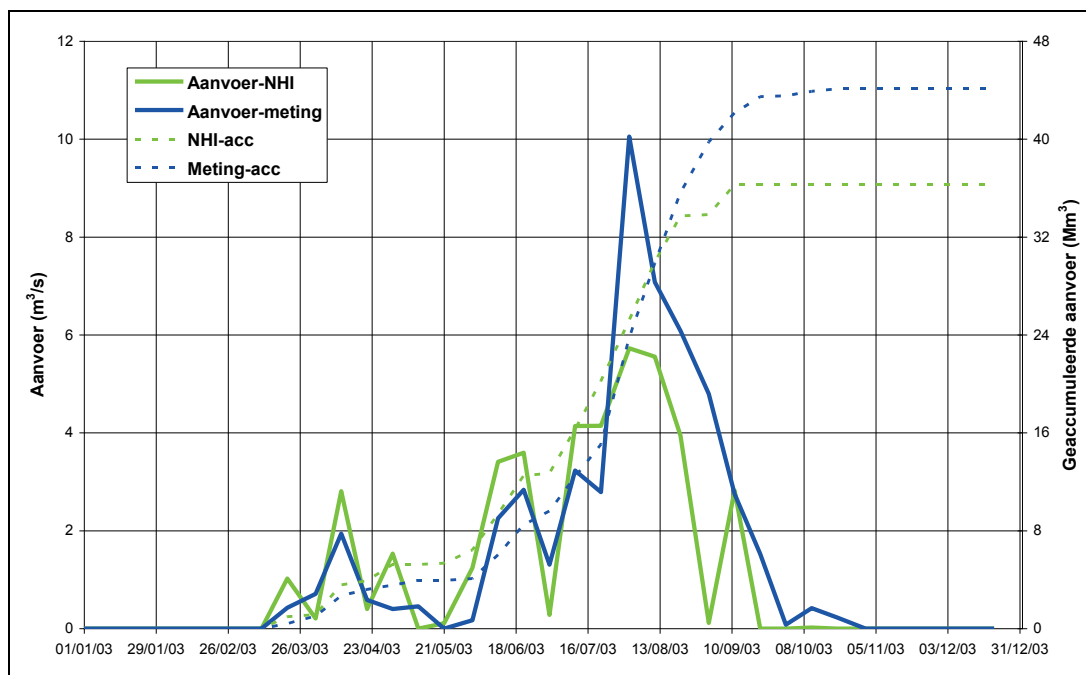
De totale aanvoer van water naar Delfland in 2003 is in Figuur 3.18 gepresenteerd. De figuur geeft aan dat vanaf augustus de aanvoer door het model is onderschat. Voor het groeiseizoen en op jaarbasis is de aanvoer 18% te laag berekend. Een belangrijke reden hiervoor is het niet in beschouwing nemen van de aanvoer voor en doorvoer naar Schieland via de Bergsluis. Indien deze in het model wel was meegenomen, dan was de balans meting - model sluitend geweest. Dit water had dan uit Rijnland moeten worden onttrokken. De statistieken van de aanvoer zijn samengevat in Tabel 3.4.



Figuur 3.16 Gemeten en berekende wateraanvoer uit het Brielse Meer via inlaatgemaal Winsemius in 2003



Figuur 3.17 Gemeten en berekende wateraanvoer uit Rijnland via gemaal Den Dolk in 2003



Figuur 3.18 Totale gemeten en berekende wateraanvoer naar Delfland in 2003

3.3.2 Afvoer

De verdeelsleutel in het Distributiemodel voor de afvoer van overtollig water uit district Delfland is dat 40% naar de Nieuwe Waterweg wordt afgevoerd, 25% naar de Noordzee en 35% naar de Nieuwe Maas. De resultaten geven echter aan dat deze verdeelsleutel niet zo wordt gehanteerd.

De gemeten en berekende afvoer naar de Nieuwe Maas in 2003 via het Schiegemeal en gemaal Parksluizen zijn gepresenteerd in Figuur 3.19. De figuur geeft aan dat in de winter periode en in de herfst het gemeten signaal goed wordt gereproduceerd. In het groeiseizoen mist het modelresultaat de dynamiek van de afvoer volledig en wordt de afvoer ernstig onderschat. De afvoer wordt voor het groeiseizoen 68% onderschat en op jaarbasis met 18%, zie ook Tabel 3.4.

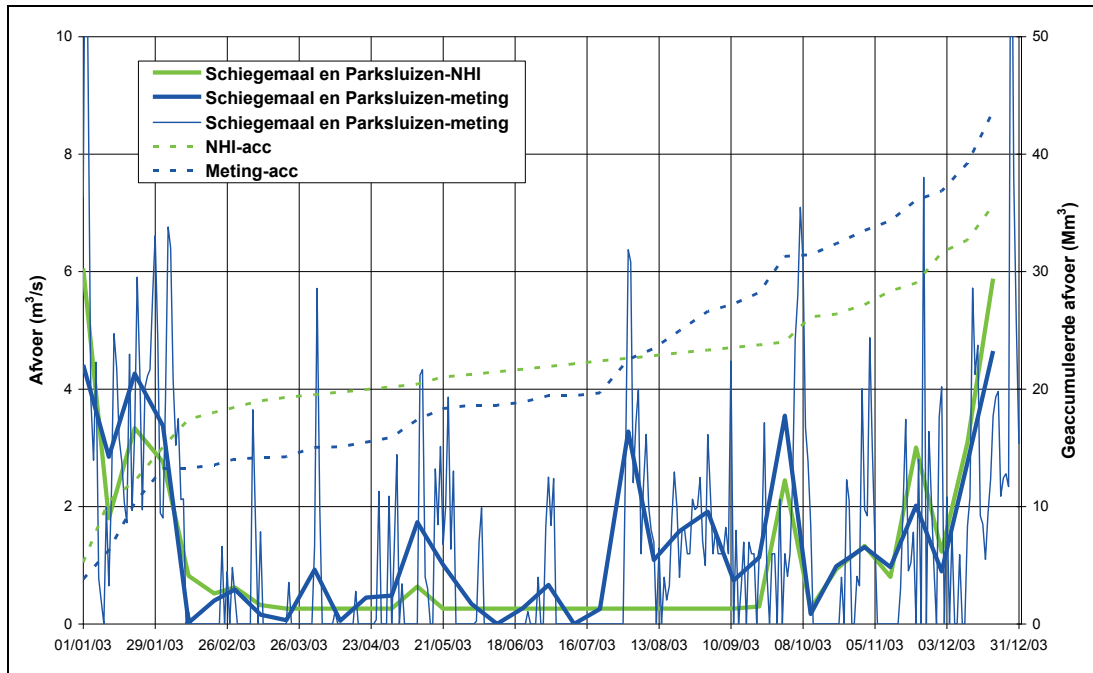
In Figuur 3.20 zijn de gemeten en berekende afvoer naar de Nieuwe Waterweg in 2003 weergegeven. De reproductie van de afvoer aan het begin en het eind van 2003 is goed, maar evenals de afvoer naar de Nieuwe Maas is het resultaat voor de rest van het jaar slecht; in de periode maart - september is de berekende afvoer 0,0 m³/s m.u.v. één decade in mei. De afvoer in het groeiseizoen wordt met 95% onderschat en het jaartotaal met 32%.

Ook de reproductie van de afvoer naar de Noordzee in 2003 is slecht: te hoog in de herfst en wintermaanden en te laag in het groeiseizoen, zonder veel dynamiek, zie Figuur 3.21. De berekende seizoenswaarde is 66% te laag en de jaarsom 9% te hoog.

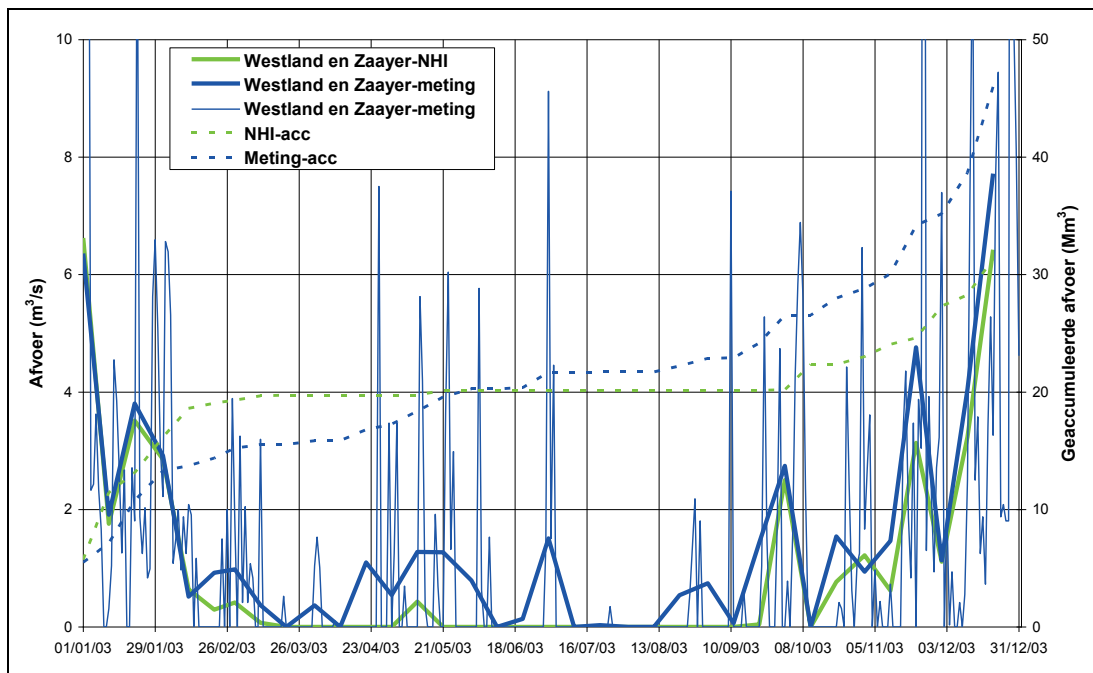
In Figuur 3.22 is de afvoer naar Schieland in 2003 getoond. Het model berekent geen doorvoer via de Bergsluis.

De totale afvoer van Delfland in 2003 is weergegeven in Figuur 3.23. De figuur geeft duidelijk aan dat aan het begin en aan het eind van het jaar het gemeten afvoersignaal door het model goed wordt gereproduceerd, maar dat voor de rest van het jaar de afvoer ernstig wordt onderschat zonder veel dynamiek. De resultaten zijn samengevat

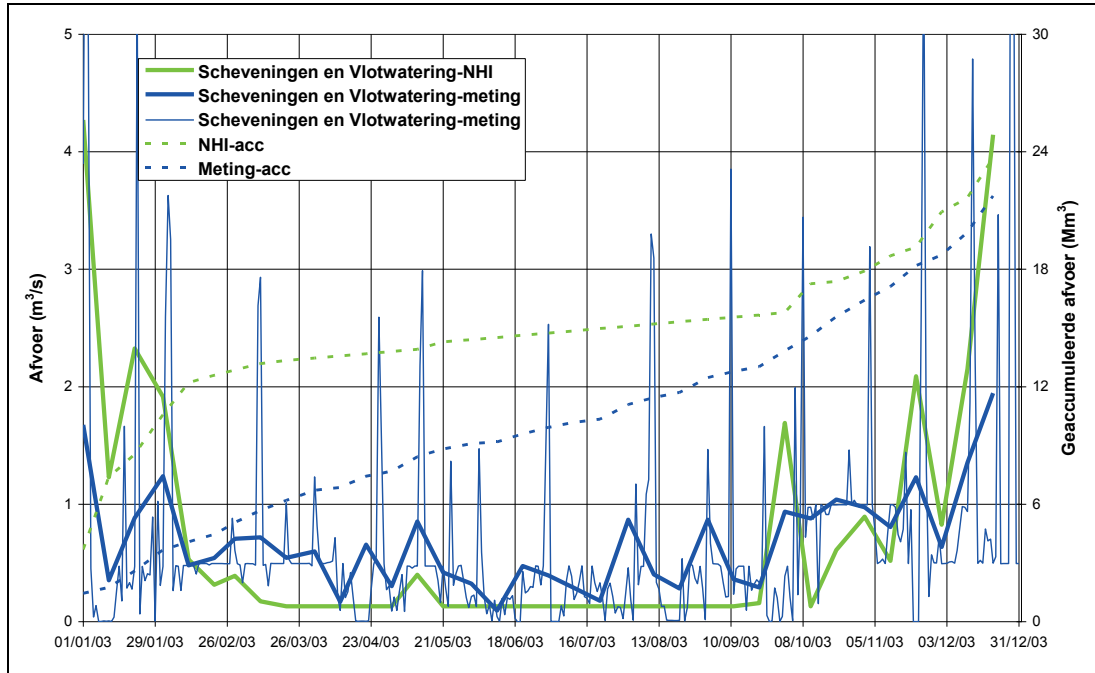
Tabel 3.4. In het groeiseizoen is de afvoer 80% onderschat en op jaarbasis met 23%, geen acceptabel resultaat. Het resultaat zou beter zijn geweest indien de afvoer/doorvoer naar Schieland in het model zou zijn meegenomen en de neerslagrandvoorwaarde beter zou zijn geschat.



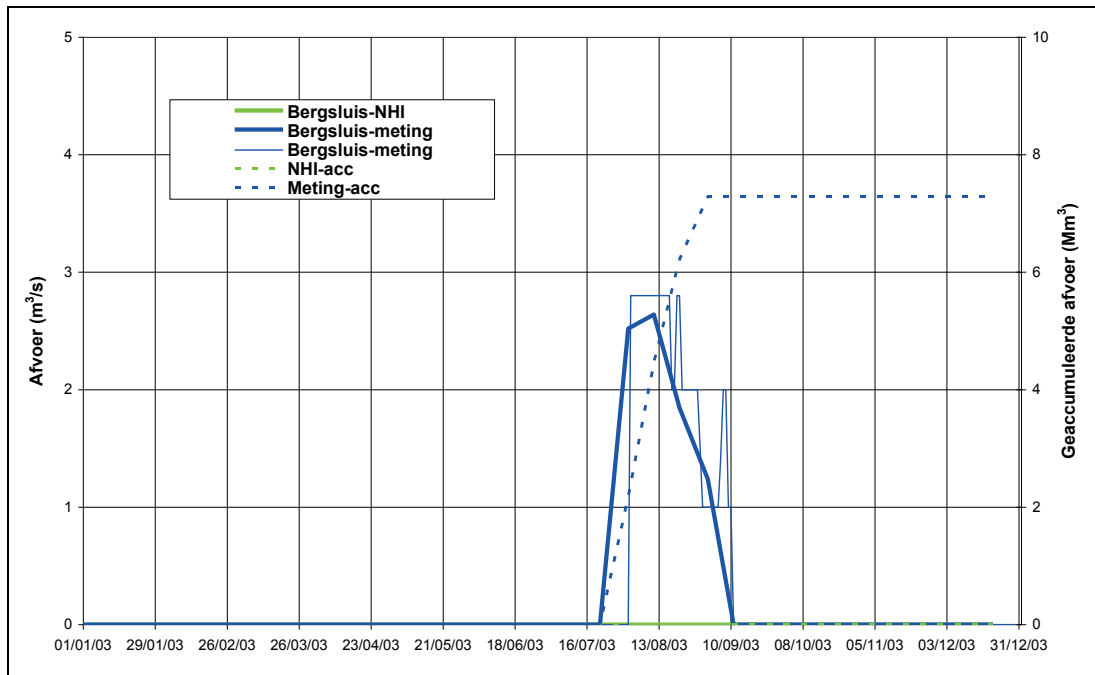
Figuur 3.19 Gemeten en berekende afvoer naar Nieuwe Maas in 2003



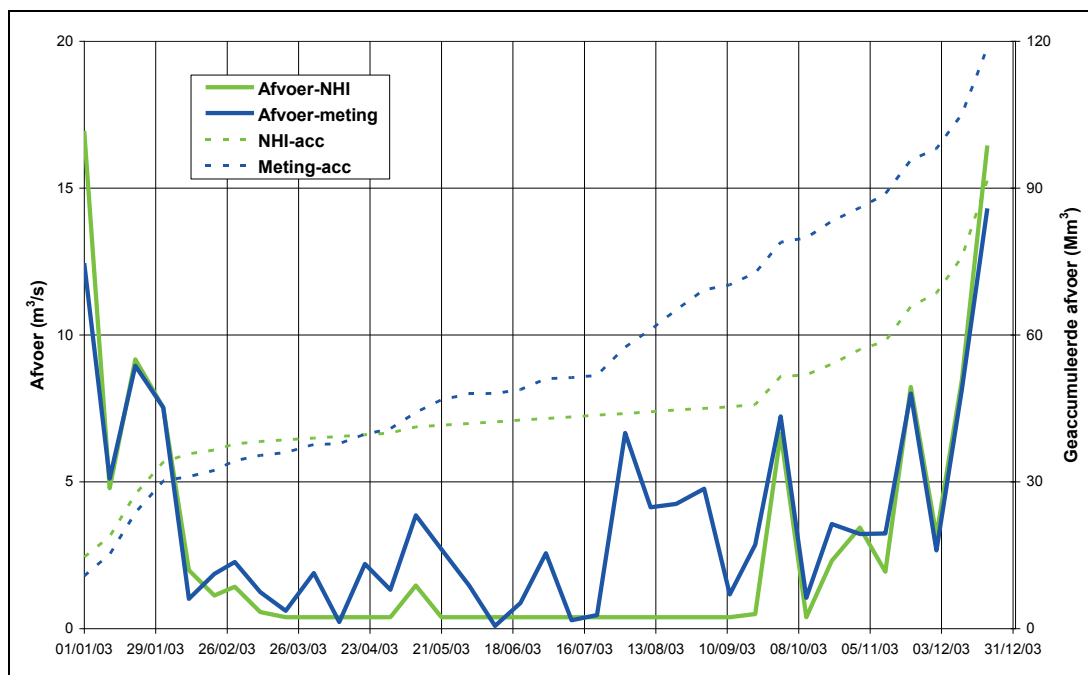
Figuur 3.20 Gemeten en berekende afvoer naar Nieuwe Waterweg in 2003



Figuur 3.21 Gemeten en berekende afvoer naar de Noordzee vanuit Delfland in 2003



Figuur 3.22 Gemeten en berekende afvoer/doorvoer naar Schieland vanuit Delfland in 2003

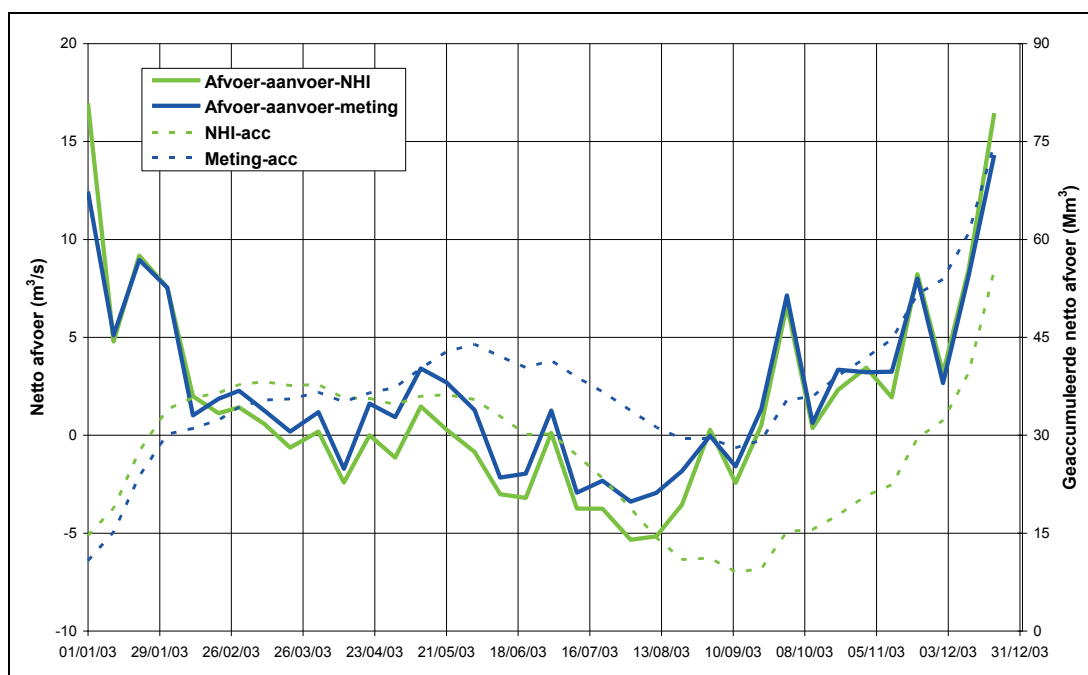


Figuur 3.23 Totale gemeten en berekende afvoer van Delfland in 2003

3.3.3 Netto afvoer 2003

De netto afvoer uit Delfland van 2003 is weergegeven in Figuur 3.24. Op het oog is er een zeer acceptabele reproductie van de netto afvoer door het model, zeker voor de maanden januari – februari en oktober – december. Echter in de periode maart – september is sprake van een continue te laag berekende netto afvoer. Op jaarbasis is de netto afvoer 26% te laag berekend.

Een overzicht van de aanvoer en afvoer gemeten en berekend is gegeven in Tabel 3.4. Indien het verschil in berging aan het begin en eind van het jaar wordt verwaarloosd dan wordt een vrijwel sluitende balans verkregen, ook met de metingen als de berekende actuele verdamping wordt toegepast.



Figuur 3.24 Totale gemeten en berekende netto afvoer van Delfland in 2003

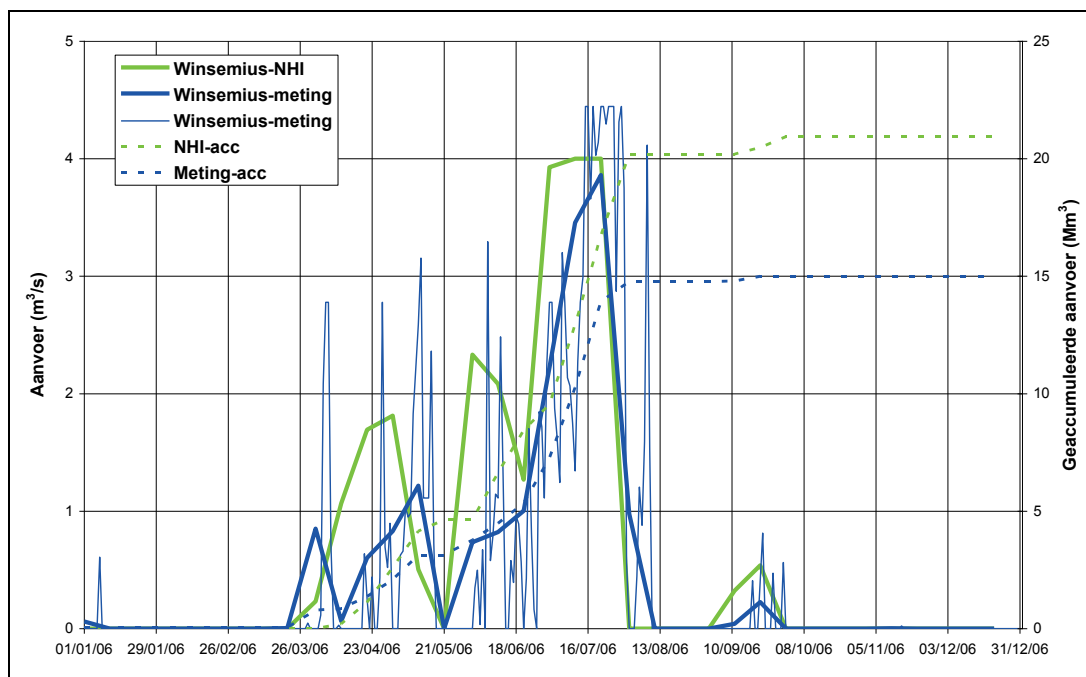
Tabel 3.4 Overzicht van gemeten en berekende afvoer en inlaatvolumina Delfland in 2003

Locatie	meting		model		meting-model		meting-model	
	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar
	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	%	%
Brielse Meer	33.0	33.6	33.1	33.1	-0.1	0.5	-0.3	1.5
Rijnland	10.1	10.5	3.2	3.2	6.9	7.3	68.0	69.2
Totaal aanvoer	43.1	44.1	35.3	36.3	7.8	7.8	18.0	17.7
Nieuwe Maas	14.0	43.6	4.5	35.6	9.5	8.0	68.1	18.4
Nieuwe Waterweg	8.6	46.0	0.4	31.3	8.2	14.7	95.3	31.9
Noordzee	6.8	21.7	2.3	23.7	4.5	-1.9	66.2	-9.0
Bergsluis	7.3	7.3	0.0	0.0	7.3	7.3	100.0	100.0
Totaal afvoer	36.7	118.7	7.2	91.5	29.5	27.2	80.4	22.9
Totaal netto afvoer	-6.3	74.5	-28.1	55.2	21.8	19.3	-343.5	26.0
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
Totaal aanvoer	109.8	112.4	90.0	92.5	19.8	19.9		
Totaalafvoer	93.6	302.4	18.3	233.2	75.3	69.3		
Totaal netto afvoer	-16.2	190.0	-71.6	140.7	55.5	49.3		
Neerslag	305.7	678.2	282.7	620.0				
Verdamping - kwel		488.2		479.3				
Eact berekend		467.0		467.0				
Kwel		-21.2		-12.3				

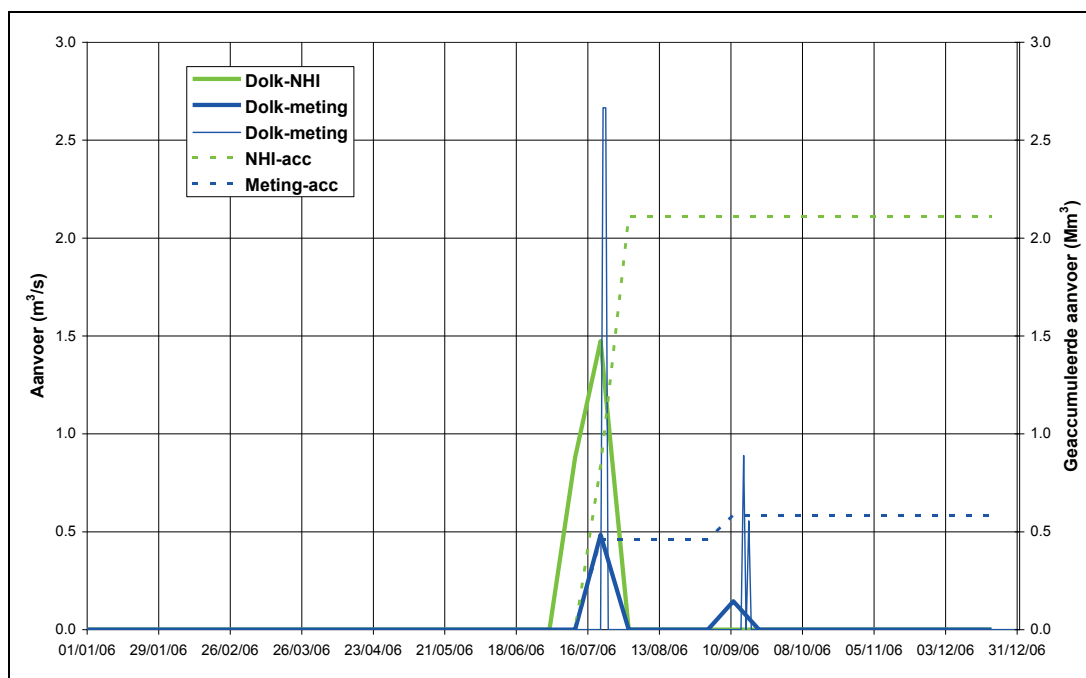
3.4 Oppervlaktewater 2006

3.4.1 Wateraanvoer

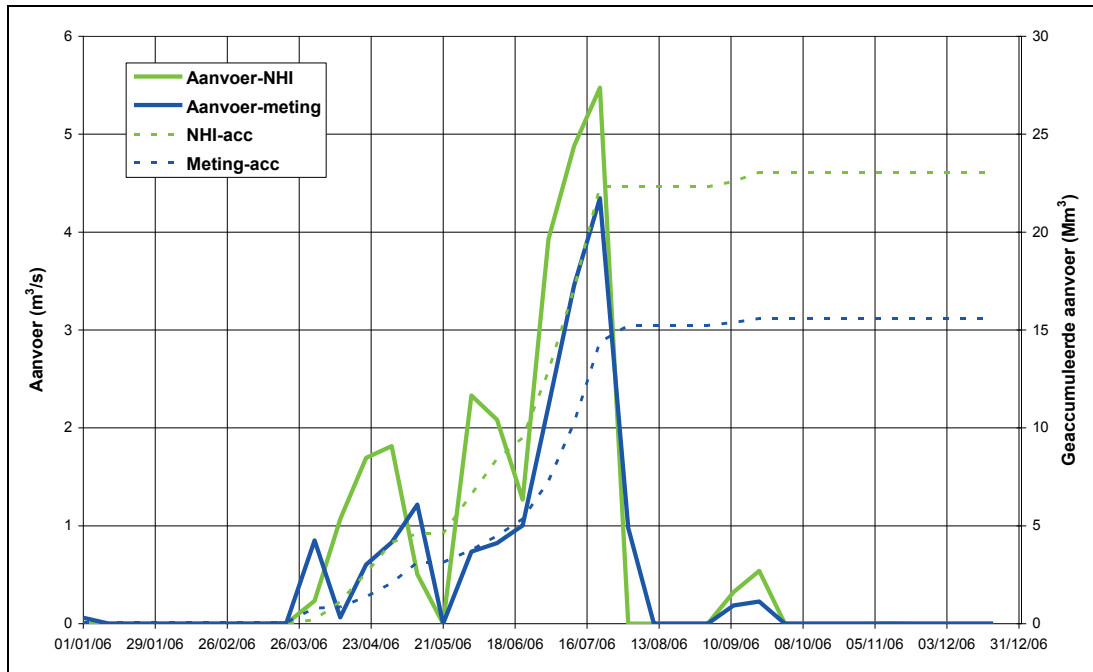
De gemeten en berekende wateraanvoer in 2006 vanuit het Brielse Meer en Rijnland is weergegeven in Figuur 3.25 en Figuur 3.26. De totale aanvoer naar Delfland is gepresenteerd in Figuur 3.27. Anders dan in 2003 is nu de berekende aanvoer fors overschat en wel met 48%, zie ook Tabel 2.7, ook die vanuit Rijnland. De timing van de aanvoer wordt door het model goed gereproduceerd. Niet duidelijk is waarom de aanvoer is overschat, want de berekende chlorideconcentraties voor de boezem van Delfland gaven geen aanleiding tot extra doorspoeling.



Figuur 3.25 Gemeten en berekende aanvoer vanuit het Brielse Meer via inlaatgemaal Winsemius in 2006



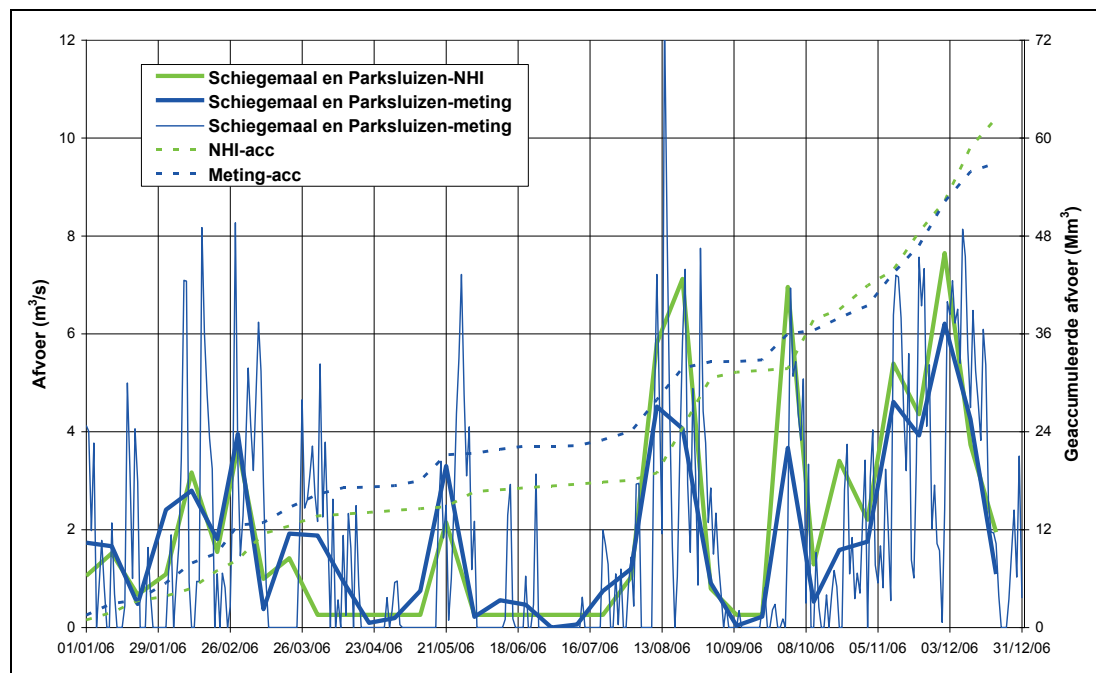
Figuur 3.26 Gemeten en berekende aanvoer vanuit Rijnland via gemaal Den Dolk in 2006



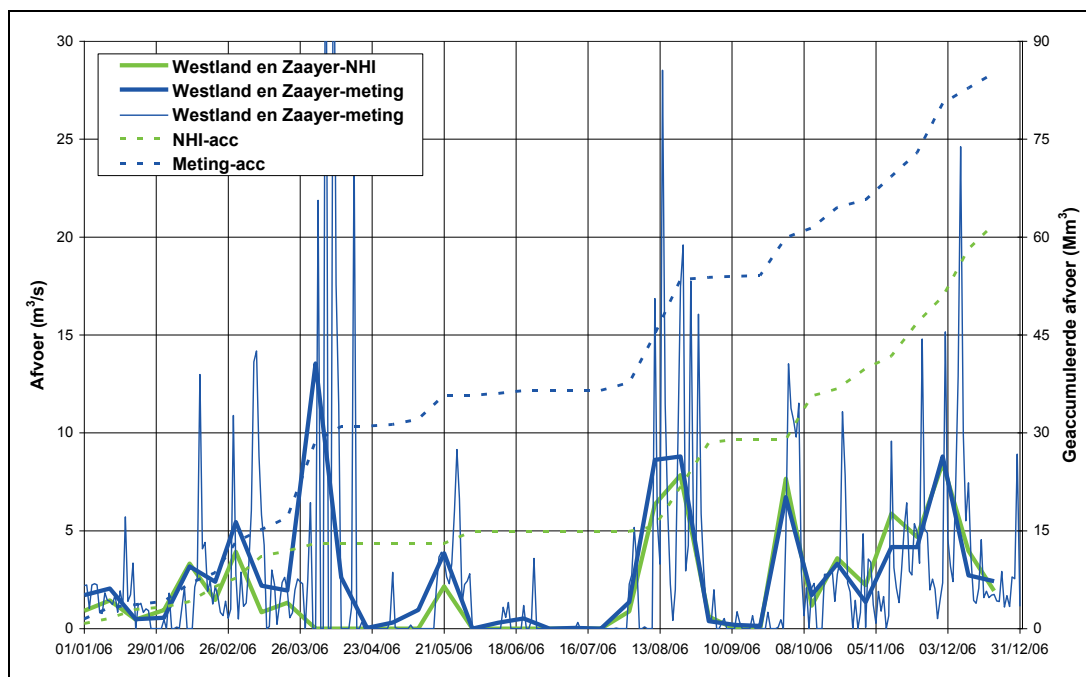
Figuur 3.27 Totale gemeten en berekende aanvoer naar Delfland in 2006

3.4.2 Afvoer

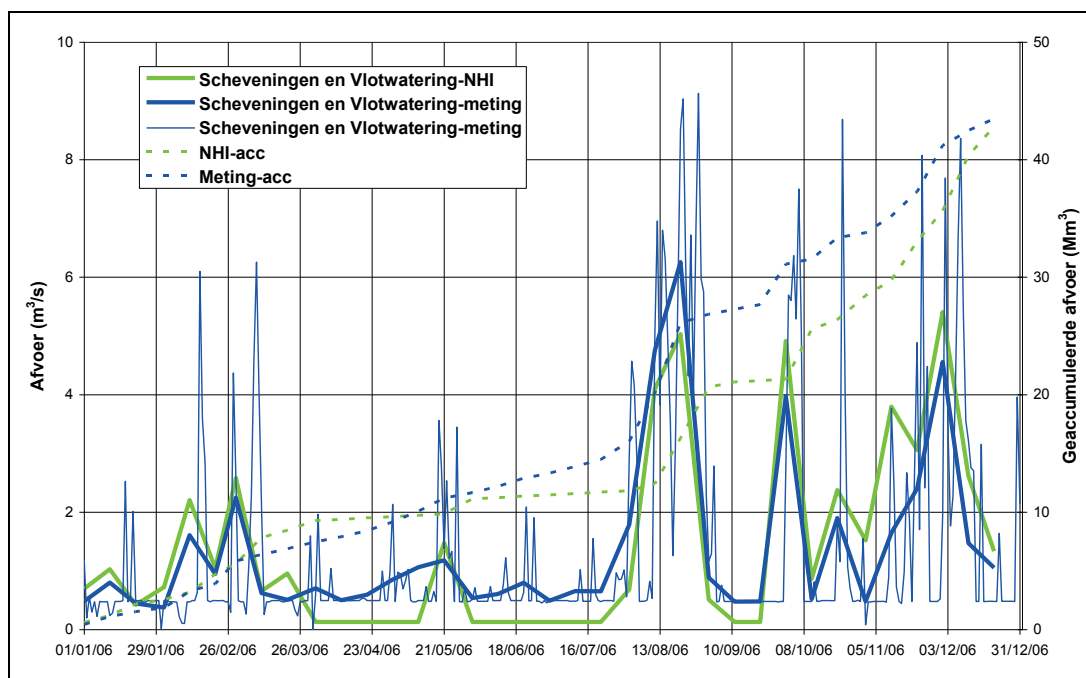
De gemeten en berekende afvoer in 2006 naar de Nieuwe Maas, Nieuwe Waterweg, Noordzee en Schieland is weergegeven in Figuur 3.28, Figuur 3.29, Figuur 3.30 en Figuur 3.31 en is samengevat in Figuur 3.32. In het algemeen is de dynamiek van de berekende afvoer in overeenstemming met de meting. Opvallend is dat de afvoerpiek eind maart – begin april naar de Nieuwe Waterweg door het model vrijwel volledig wordt gemist. Voor die maanden is in het NHI de neerslag ook te laag ingeschat, zie Figuur 3.10. De statistieken van de afvoerlocaties zijn samengevat in Tabel 3.5. Op jaarbasis is de afvoer door het model met 8% onderschat, voor het groeiseizoen bedraagt de onderschatting bijna 40%.



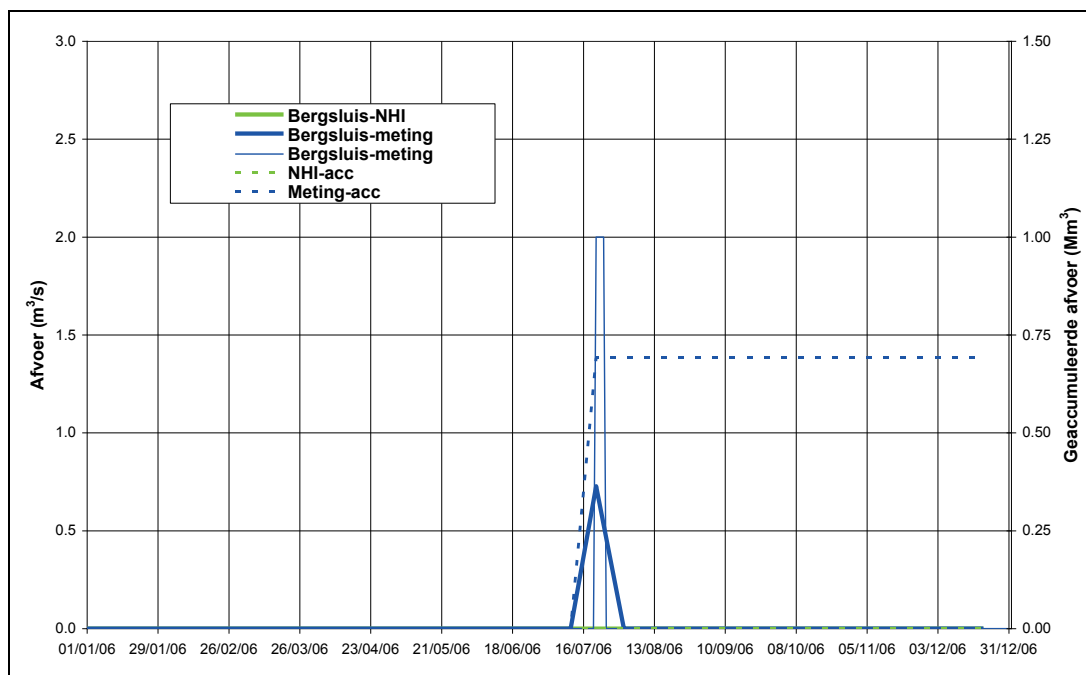
Figuur 3.28 Gemeten en berekende afvoer naar Nieuwe Maas in 2006



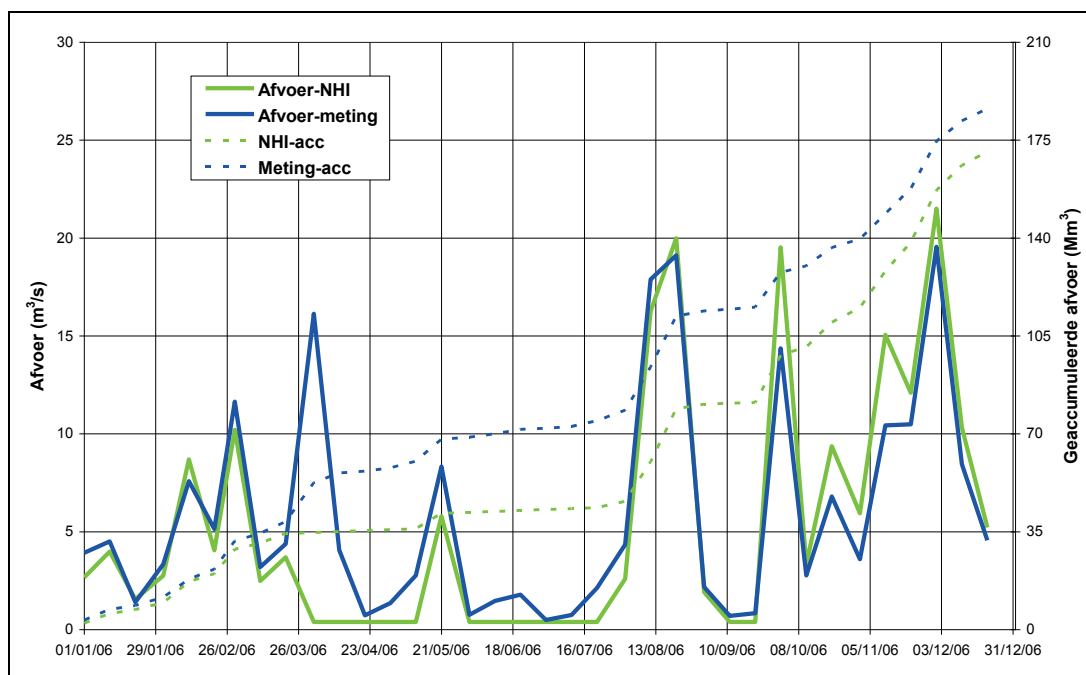
Figuur 3.29 Gemeten en berekende afvoer naar Nieuwe Waterweg in 2006



Figuur 3.30 Gemeten en berekende afvoer vanuit Delfland naar de Noordzee in 2006



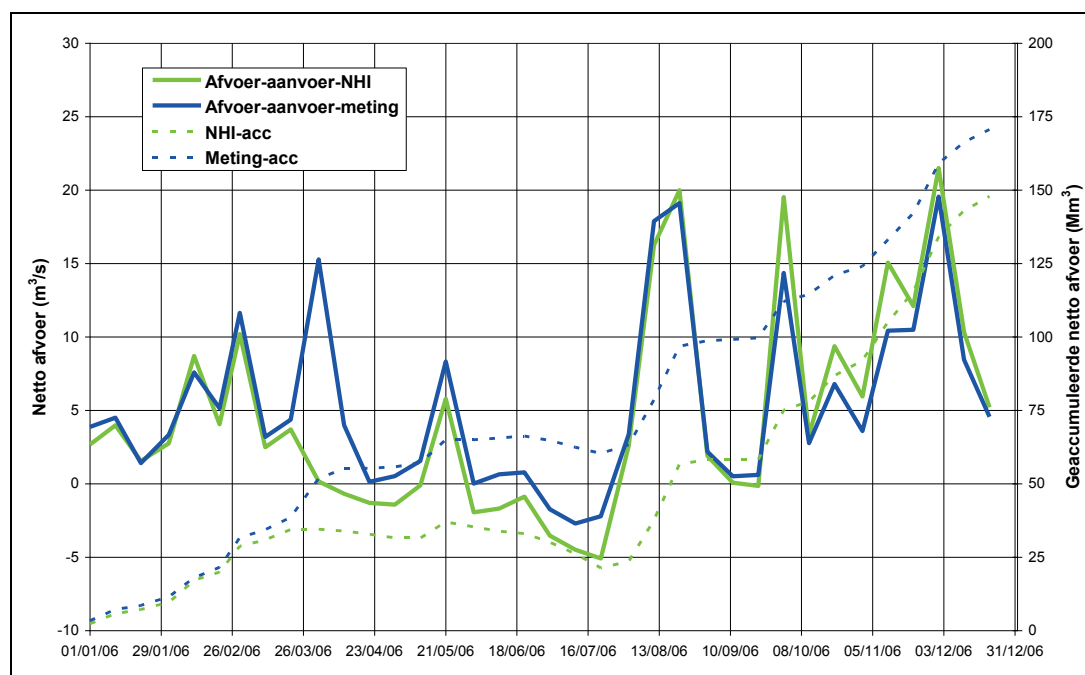
Figuur 3.31 Gemeten en berekende afvoer/doorvoer naar Schieland in 2006



Figuur 3.32 Totale gemeten en berekende afvoer van Delfland in 2006

3.4.3 Netto afvoer 2006

De netto afvoer gemeten en berekend is weergegeven in Figuur 3.33. Met uitzondering van de gemiste piek eind maart - begin april wordt het gemeten verloop zeer acceptabel gereproduceerd. Op jaarbasis is het verschil tussen de meting en het modelresultaat slechts 13%, maar is de afwijking voor het groeiseizoen aanzienlijk groter, nl. 61%.



Figuur 3.33 Totale gemeten en berekende netto afvoer van Delfland in 2006

In het onderste deel van Tabel 3.5 zijn de resultaten uitgedrukt in mm waterschijf en zijn de waterbalansen bepaald voor meting en model onder de aanname dat de bergingsverschillen aan het begin en het eind van het kalenderjaar in Delfland verwaarloosbaar zijn t.o.v. de overige termen. De tabel laat zien dat het model een vrijwel sluitende balans heeft. Eenzelfde resultaat wordt verkregen voor de meting indien de berekende actuele verdamping wordt ingevoerd.

Tabel 3.5 Overzicht van gemeten en berekende afvoer en inlaatvolumina Delfland in 2006

Locatie	meting		model		meting-model		meting-model	
	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar
	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	Mm3	%	%
Brielse Meer	14.9	15.0	20.5	20.9	-5.5	-5.9	-37.0	-39.6
Rijnland	0.6	0.6	2.1	2.1	-1.5	-1.5	-260.3	-260.3
Totaal aanvoer	15.5	15.6	23.0	23.0	-7.5	-7.5	-48.5	-47.9
Nieuwe Maas	18.1	56.9	19.1	62.4	-1.0	-5.5	-5.3	-9.6
Nieuwe Waterweg	37.1	85.1	17.1	62.0	20.0	23.2	53.9	27.2
Noordzee	20.8	43.5	12.7	42.8	8.1	0.7	38.8	1.5
Bergsluis	0.7	0.7	0.0	0.0	0.7	0.7	100.0	100.0
Totaal afvoer	76.7	186.2	46.9	170.9	29.8	15.3	38.9	8.2
Totaal netto afvoer	61.2	170.7	23.8	147.9	37.4	22.8	61.1	13.3
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
Totaal aanvoer	39.6	39.7	58.7	58.7	-19.2	-19.0		
Totaalafvoer	195.4	474.6	119.4	435.7	76.0	39.0		
Totaal netto afvoer	155.9	434.9	60.7	376.9	95.2	58.0		
Neerslag	461.8	929.2	432.9	871.5				
Verdamping - kwel		494.3		494.6				
Eact berekend		483.7		483.7				
Kwel		-10.6		-10.9				

3.5 Grondwaterstanden

Voor Delfland zijn voor 2003 en 2006 geen dagelijkse grondwaterstandmeetreeksen beschikbaar uit DINO. Het eigen meetnet begint pas in 2008.

3.6 Chlorideconcentraties

Chloride concentraties zijn ontvangen voor de meetlocaties die in Tabel 3.6. De locaties die representatief zijn voor de boezem van Delfland in de buurt van de aan- en afvoerpunten zijn meegenomen in de vergelijking met het modelresultaat.

Tabel 3.6 Overzicht van beschikbaarheid van chloridegegevens voor Delfland in 2003 en 2006

CODE	Locatie	X	Y	2003	2006	Freq	representatief voor aan- afvoerpunt
OW062E000	Coolhaven, IJzerstraat	91380	435982	ok	ok	1xmaand	Parksluizen
OW062D000	Schiedamse Schie, sluis Koopmansbeurs	86994	435555	ok	ok	1xmaand	Schiegemaal
OW026-002	Vlaardingervaart, Westlandseweg	83250	436577	ok	ok	1xmaand	Vlaardingerdriesluizen
OW021-003	Boonervliet, Rijksweg A20	77358	436802	ok	ok	1xmaand	Zaayer
OW022-004	Middelvliet, Wateringse sluis	77023	437619	ok	ok	1xmaand	Wateringsesluis
OW006-003	Oranjekanaal, 700 m. tnv spoorbrug	71593	441342	ok	ok	1xmaand	Westland
OW058-001	Vlotwatering, Westduinlaan	71030	449307	ok	ok	1xmaand	Vlotwatering
OW043-002	Verversingskanaal, Circulatiegemaal	78224	456353	ok	ok	1xmaand	Scheveningen
OW047-001	Leidsche Vliet, Delftsekade Nieuwstraat	87077	455087	ok	ok	1xmaand	Dolk
OW090-000	Brielsemeer, gemaal Winsemius	71605	441344	ok	ok	1xmaand	Winsemius
OW111-000	Hh&Zv.pld, Slinksloot gemaal	82081	440801	nee	ok	1xmaand	in gebied
OW202-000	Pld Berkel, binnenboezem gemaal	89257	443578	ok	ok	1xmaand	in gebied
OW221A013	Zuidpld van Delfgauw, KaritaatMolensloot	86743	444776	nee	ok	1xmaand	in gebied

2003

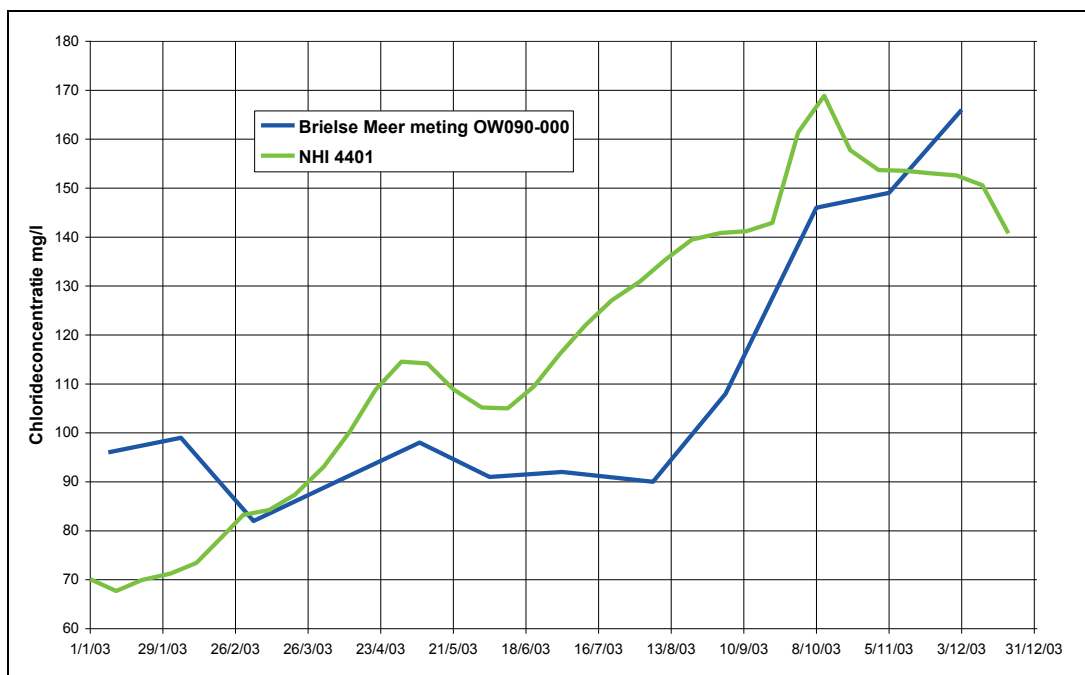
In Figuur 3.34 zijn de gemeten en berekende chlorideconcentraties gepresenteerd van het Brielse meer. Opvallend is dat de gemeten concentratie pas eind augustus gaat stijgen ondanks de grote droogte. In het model is sprake van een continue stijging tot oktober. Merk opdat in het groeiseizoen de berekende concentraties de gemeten waarden overtreffen.

De gemeten chloride concentraties in de boezem van Delfland (zie Figuur 3.35 en voor meer detail Figuur 3.36) zijn in 2003 zeer gelijkmatig en nemen slechts langzaam toe, met uitzondering van de takken die uitmalen op de Nieuwe Maas (Parksluizen en het Schiegemaal). Op de laatste locaties (met name bij de Parksluizen) lopen vanaf april – mei de concentraties zeer sterk op, tot onaanvaardbaar hoge waarden vanaf juli. Dit verschijnsel wordt in het NHI, dat binnen een knoop geen gradiënten naar plaats kent, uiteraard niet meegenomen. De berekende concentraties komen in de maanden januari en juni – december goed overeen met de waarnemingen. Van februari t/m mei onderschat het model de chloride concentratie.

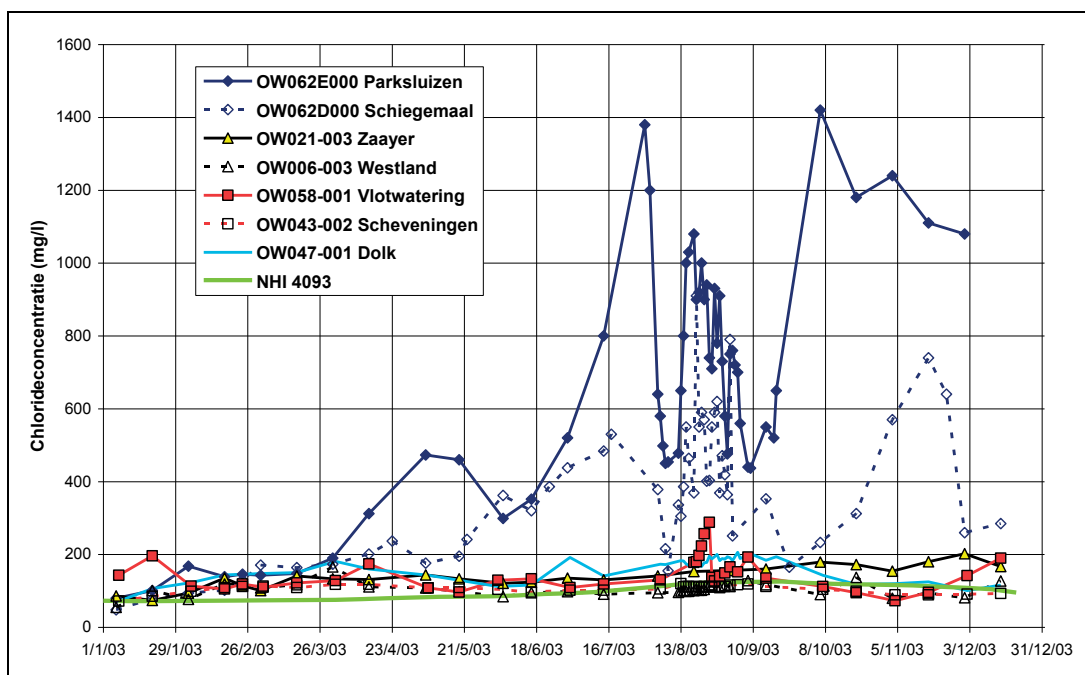
2006

Het resultaat voor het Brielse Meer in 2006 is weergegeven in Figuur 3.37. Het model reproduceert de chloride concentraties vanaf april voorbeeldig. Voor het eerste kwartaal wordt de chloride concentratie echter onderschat.

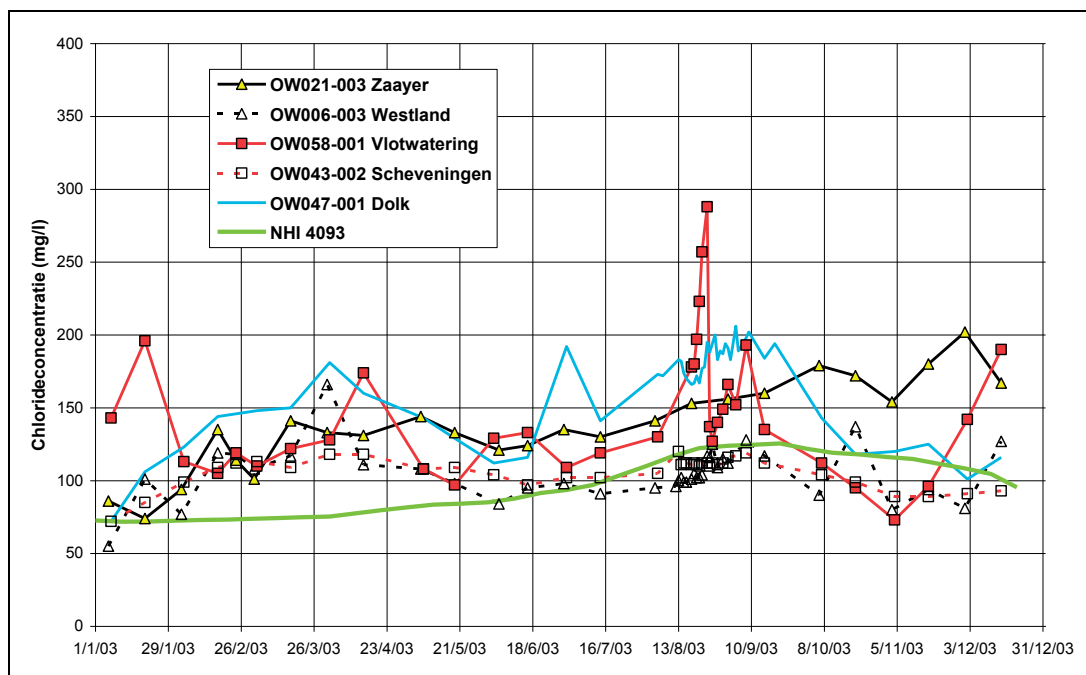
In Figuur 3.38 en in detail in Figuur 3.39 zijn de berekende chloride concentraties voor de boezem van Delfland vergeleken met de metingen. Ook hier zijn de gemeten concentraties in Rotterdam weer veel hoger dan in de rest van de boezem. Gemiddeld genomen wordt door het model de chloride concentratie te laag berekend, waarbij de afwijking in de eerste helft van 2006 groter is dan daarna.



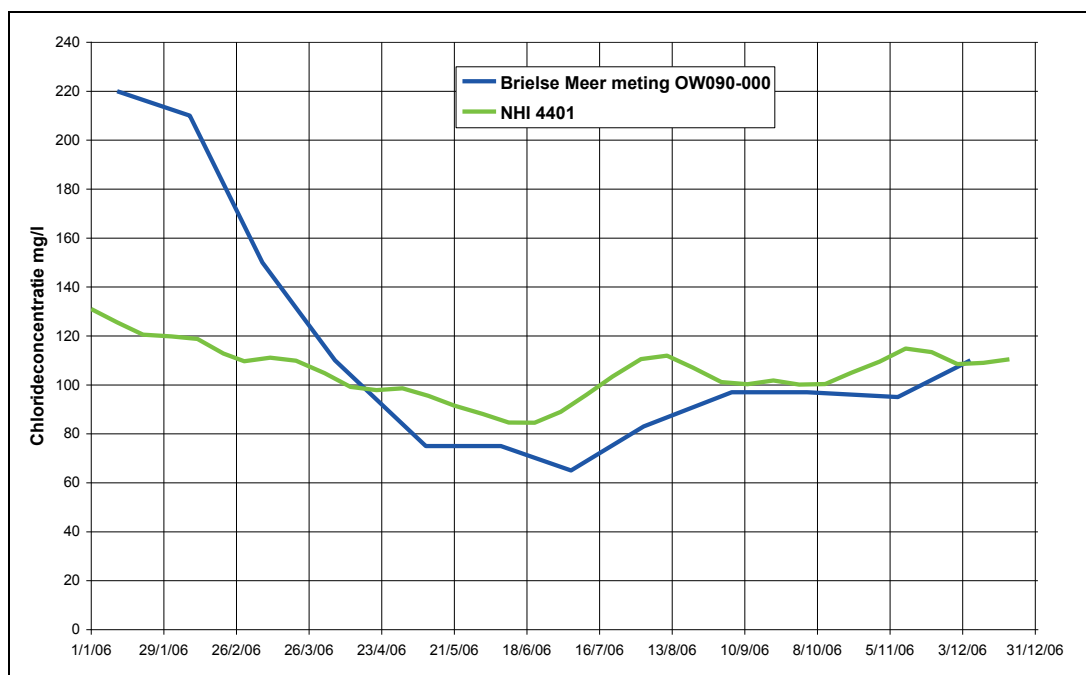
Figuur 3.34 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Brielse Meer, 2003



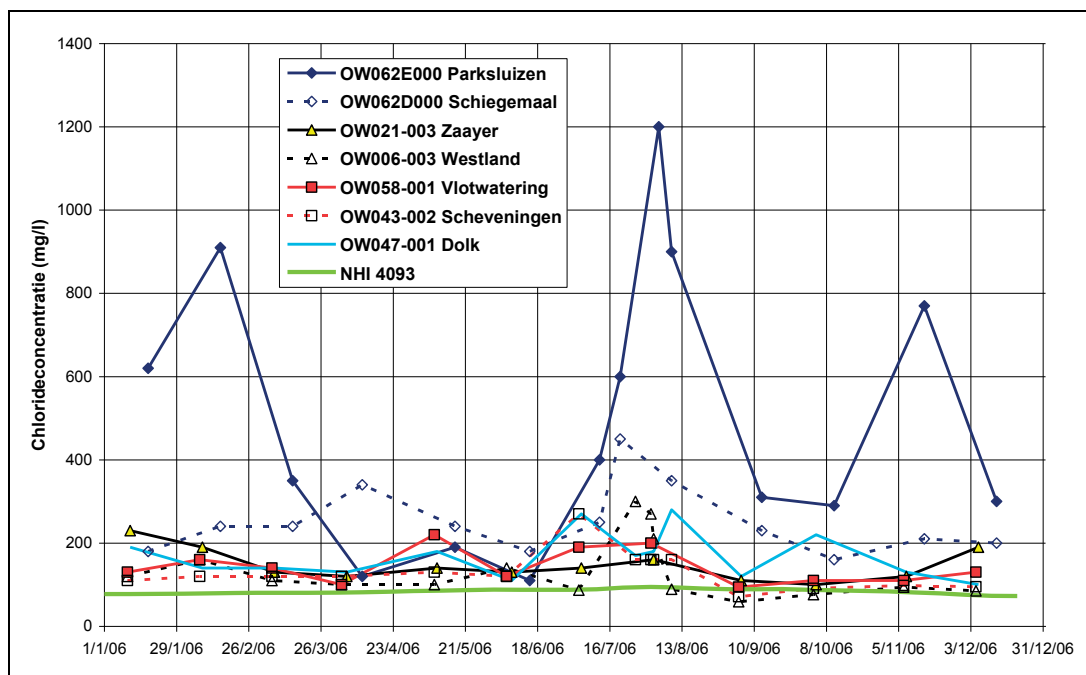
Figuur 3.35 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Delfland's boezem, 2003



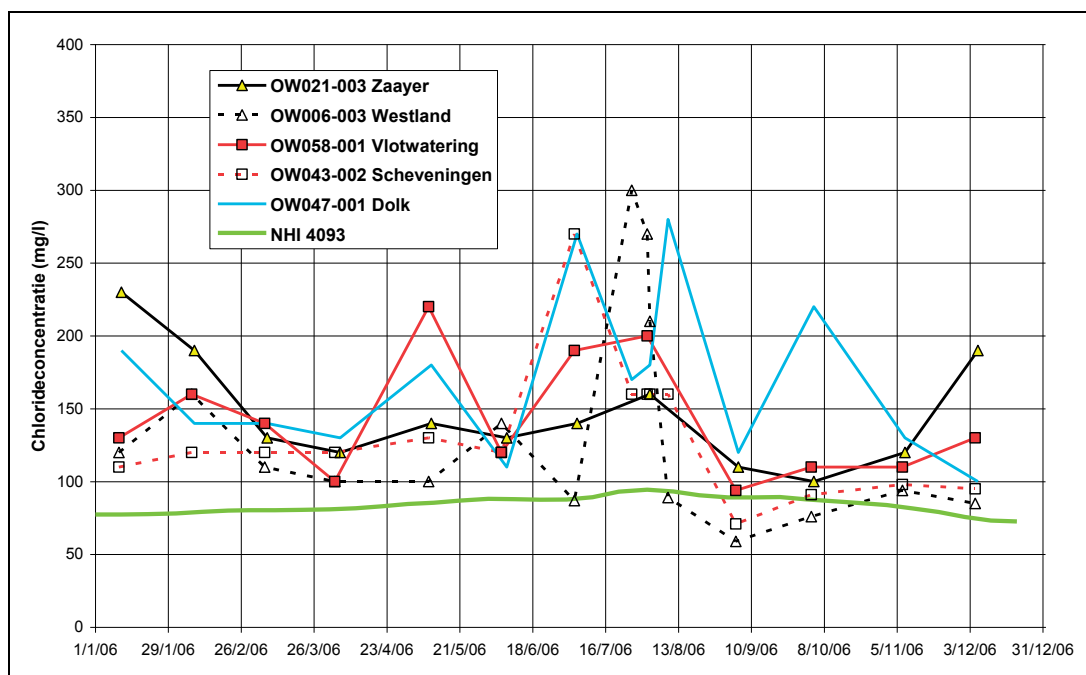
Figuur 3.36 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Delfland's boezem - detail, 2003



Figuur 3.37 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Brielse Meer, 2006



Figuur 3.38 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Delfland's boezem, 2006



Figuur 3.39 Gemeten en berekende chlorideconcentraties in Delfland's boezem - detail, 2006

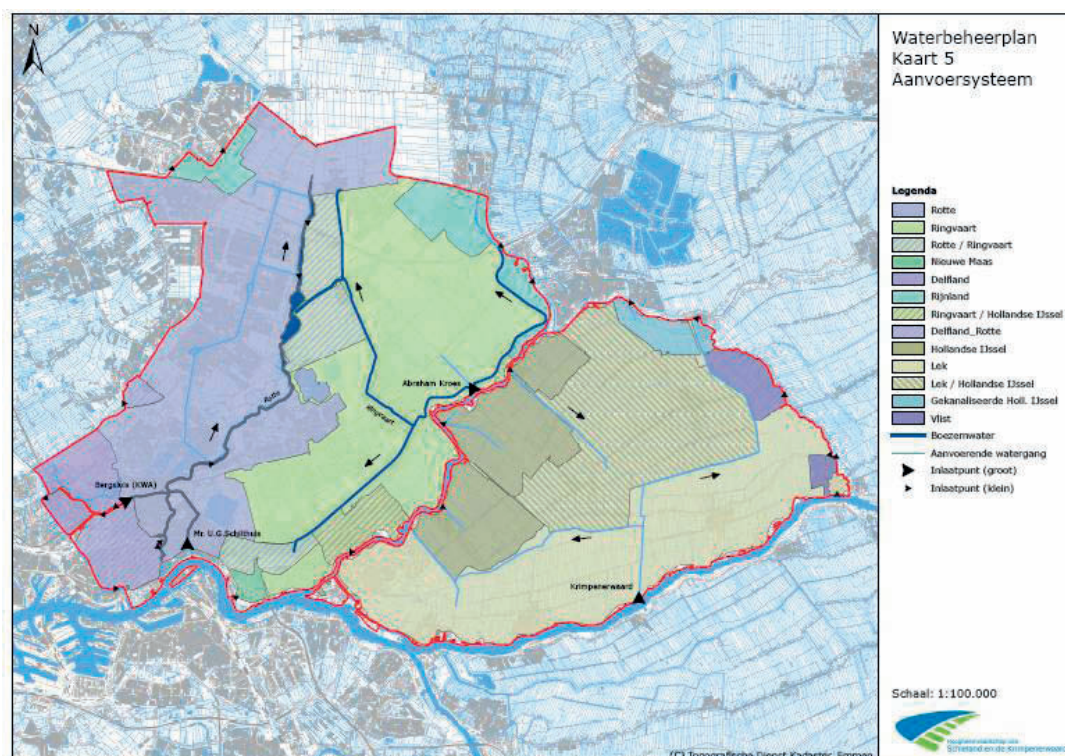
4 Schieland en de Krimpenerwaard

4.1 Gebiedsindeling en kunstwerken

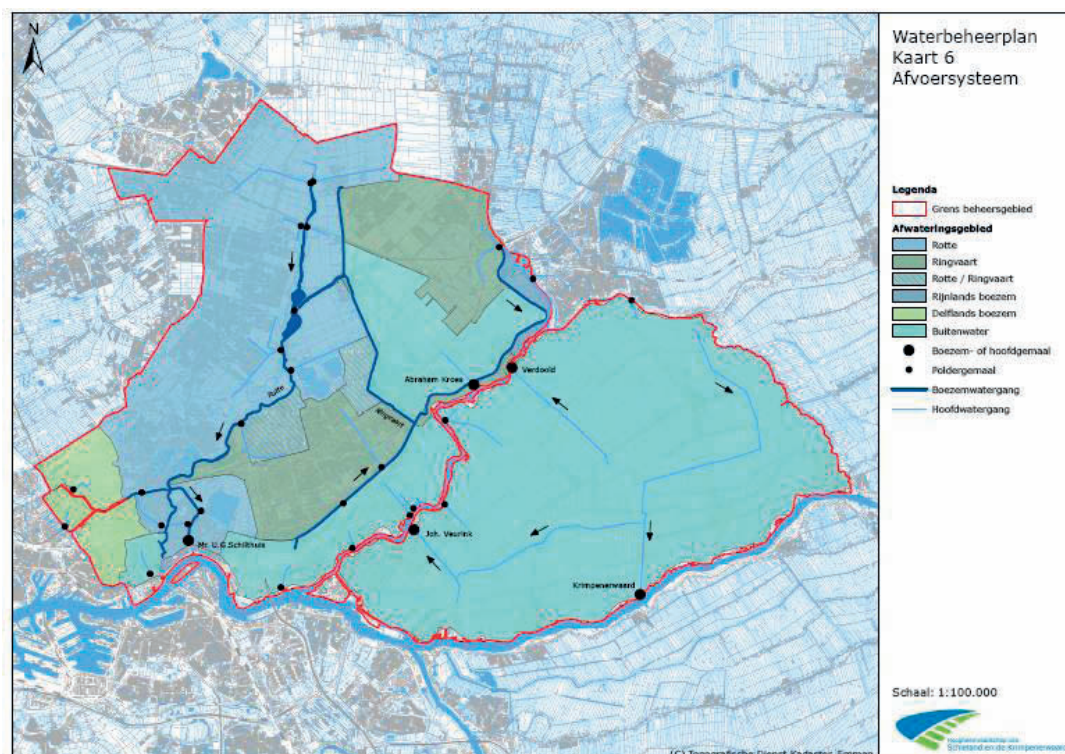
Het Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard ligt ingeklemd tussen de Hoogheemraadschappen Delfland, Rijnland en de Stichtse Rijnlanden en wordt in het zuiden begrensd door de Lek en de Nieuwe Maas. Het wordt doorsneden door de Hollandsche IJssel. De aanvoer en afvoer van water in het beheersgebied is weergegeven in Figuur 4.1 en Figuur 4.2.

Schieland beslaat ruim 20.000 ha waarvan de zuidwestelijke helft het stedelijk gebied van Rotterdam betreft. De rest heeft een agrarische bestemming. Schieland herbergt twee boezemsystemen binnen zijn beheersgebied, de Rotte en de Ringvaart. De Rotte slaat water uit op of laat water in vanuit de Nieuwe Maas via gemaal Schilthuis in Rotterdam. De Ringvaart slaat overtollig water uit op de Hollandsche IJssel via gemaal A. Kroes bij Moordrecht. Naast gemaal A. Kroes bevindt zich de inlaat Snelle Sluis. De Ringvaart kent een streefpeil van NAP $-2,15$ m en de Rotte van NAP $-1,00$ m. In extreme situaties kan ook water worden ingelaten via de Bergsluis vanuit Delfland.

De Krimpenerwaard is 13.500 ha groot en wordt omsloten door de Hollandsche IJssel, de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel, de Vlist, de Lek en de Nieuwe Maas. De belangrijkste inlaat van water geschiedt door de gemalen Krimpenerwaard vanuit de Lek en Verdoold vanuit de Hollandsche IJssel, terwijl het waterbezwaar naast een aantal poldergemalen vooral door de boezemgemalen Joh. Veurink, Verdoold en Krimpenerwaard wordt uitgeslagen op de Hollandsche IJssel en de Lek.



Figuur 4.1 Aanvoersysteem Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard



Figuur 4.2 Afvoersysteem Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard

In het NHI is het beheersgebied van het hoogheemraadschap gerepresenteerd door de districten Schieland (46) en Krimpenerwaard (45).

De verdeelsleutel voor het waterbezwaar van Schieland is 40% naar de Ringvaartboezem, 30% naar de Rotteboezem, 10% rechtstreeks naar de Nieuwe Maas en 20% naar de Hollandsche IJssel. Voor de wateraanvoer komt 50% uit de Rotteboezem en 50% uit de Ringvaartboezem, totdat de chlorideconcentraties 250 mg/l overschrijden. Dan volgt aanvoer vanuit Delfland.

De Krimpenerwaard loost tot 2,4 m³/s gelijkelijk op de Hollandsche IJssel en de Lek. Daarboven gaat 75% naar de Hollandsche IJssel en 25 % naar de Lek, met in acht name van de capaciteiten van de gemalen. Ten aanzien van de wateraanvoer wordt bij voldoende kwaliteit (< 600 mg/l) 70% aangevoerd via de Hollandsche IJssel en 30% via de Lek.

4.2 Oppervlaktewater

Er zijn geen gegevens van oppervlaktewater van HHS Schieland en de Krimpenerwaard ontvangen.

4.3 Grondwaterstanden

Er zijn geen gegevens van grondwaterstanden van HHS Schieland en de Krimpenerwaard ontvangen.

4.4 Chlorideconcentraties

4.4.1 Waterinlaat voor doorspoeling in 2003

Het droge jaar 2003 was voor Schieland een bijzonder jaar m.b.t. de zoetwaterinlaat. Het hoogheemraadschap geeft de volgende beschrijving van de inlaat in de droge periode:

“Toen half juli sprake was van een zouttong op de Nieuwe Maas, kon hieruit geen water meer worden ingelaten. Voor het hele gebied van Schieland werd vanaf dat moment water ingelaten vanaf de Hollandsche IJssel via Snelle Sluis (ca. 3 m³/s). Met een deel van dit water werd tevens de Rotte op peil gehouden.

Door aanhoudende droogte, een laagblijvende Rijnafvoer en door inlaten van water door zowel Schieland als Rijnland, liep het zoutgehalte in de Hollandsche IJssel eind juli snel op. Op zeer korte termijn zou daardoor de Hollandsche IJssel niet meer als inlaat voor het gebied kunnen fungeren.

Op 2 augustus is Schieland in overleg met Delfland begonnen water in te laten vanuit Delfland boezem (Noorderkanaal) via de Bergsluis in Rotterdam. De reguliere inlaat vanaf de Hollandsche IJssel ging dicht op 12 augustus. De inlaat via Bergsluis bedroeg maximaal 2,8 m³/s, gemiddeld 2,0 m³/s. Op basis van het KWA-waterakkoord was echter slechts in 1,0 m³/s voorzien. Tot 30 september bleek de Bergsluis de belangrijkste aanvoerroute van zoet water voor Schieland. Tussentijds is deze aanvoer enkele malen afgesloten geweest, omdat via Parksluizen een zoutprop in Delflands boezem was binnengedrongen (zie ook hiervoor onder Delfland). In totaal is via de Bergsluis circa 5,7 miljoen m³ water ingelaten in 54 dagen.

De Bergsluis voorzag de Rotteboezem direct van zoet water. De lager gelegen Ringvaartboezem werd via de Rotte gedurende deze periode met een deel van dit water op peil gehouden. Vanuit beide boezems konden de polders van water worden voorzien. Gedurende deze periode was Schieland volledig afhankelijk van de inlaat van water via Delfland. Meer water werd ingelaten dan volgens het KWA-waterakkoord, waarbij het niet was te voorspellen of dit kon standhouden gedurende de droge periode. Daarom is - zolang als méér water inlaten vanuit Delfland mogelijk was - het oppervlaktewaterpeil in zowel boezem als polders van Schieland zo hoog mogelijk gehouden, om eventuele perioden van minder wateraanvoer te kunnen overbruggen.

Achteraf is geen sprake geweest van vermindering in de aanvoer, omdat Delfland de aanvoer van zoet water kon waarborgen. Deze waarborging was mogelijk vanwege de KWA-aanvoer, die Delfland voor een groot deel aan Schieland ter beschikking kon stellen door voldoende aanvoer uit het Brielse Meer. Het in bedrijf stellen van de Tolhuissluis-route, operationeel van 26 augustus tot en met 12 september, was voor Schieland alleen van belang vanuit waterkwaliteitsoogpunt (verzilting van de KWA op lange termijn).

Na 30 september is door Schieland weer ingelaten vanuit de Hollandsche IJssel. De droge periode was reeds enige weken overbrugd, maar tot die tijd was nog sprake van verhoogde zoutconcentraties in de Hollandsche IJssel. Met deze inlaat werd ook de Rotte van water voorzien, omdat bij gemaal Schilthuis nog steeds geen water kon worden ingelaten door te hoge zoutgehalten in de Nieuwe Maas.”

4.4.2 Geselecteerde meetlocaties

Er is van een zeer groot aantal locaties chlorideconcentraties ontvangen. De belangrijkste locaties zijn in Tabel 4.1 aangegeven en de metingen en simulaties worden in het navolgende geanalyseerd.

Tabel 4.1 Overzicht van chloridemeetpunten in Schieland en de Krimpenerwaard

Code_meetpunt	Omschr_meetpunt	X_coörd_	Y_coörd_	2003	2006
00022	Hennipsloot, nabij Roerdomp, vanaf brug	98283	446769	ok	ok
00025	Rotte thv Boterdorps Verlaat voor sluis va brug	94587	440736	ok	ok
00029	Noorderkanaal W v brug Straatweg steiger roeiver	92207	439492	ok	ok
00045	Bergse Voorplas, voor Berg-/Broekverlaat, sluis	93244	440191	ok	ok

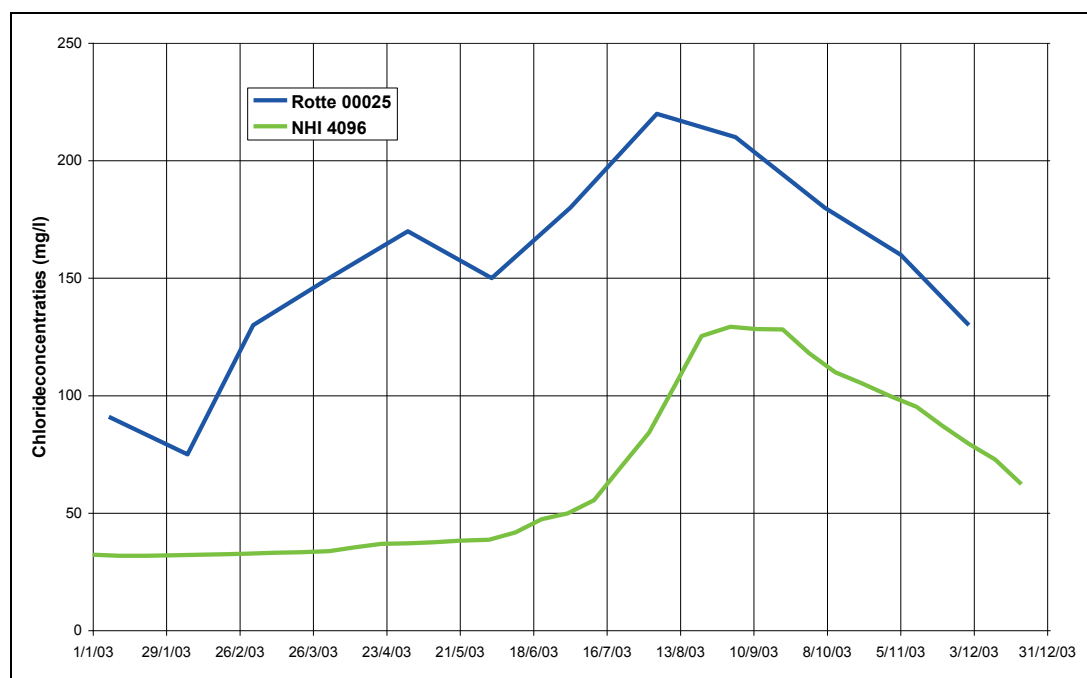
Code meetpunt	Omschr meetpunt	X_coörd	Y_coörd	2003	2006
00057	Ringvaart ZPP va brug Bredeweg Moerkapelle	99422	450846	ok	ok
00501	Gemaal Ir Leemhuis-Stout Middelweg voor krooshek	97625	444061	ok	ok
00614	Scheisloot Middelweg to 10 Z v electriciteitshuis	103714	446506	ok	ok
00633	5e Tocht 30m v Abr Kroesweg bij begin kassen	101281	450151	ok	ok
01212	Kanaalduikertocht Anthuriumweg 100m O v 1e Tocht	95486	446513	ok	ok
RWS 0108	Lek nabij uitstroom gemaal Krimpenerwaard	110692	435551	ok	ok
RWS 0109	Hollandsche IJssel nabij uitstroom gemaal Verdoold	105881	444165	ok	ok

4.4.3 Simulaties voor 2003

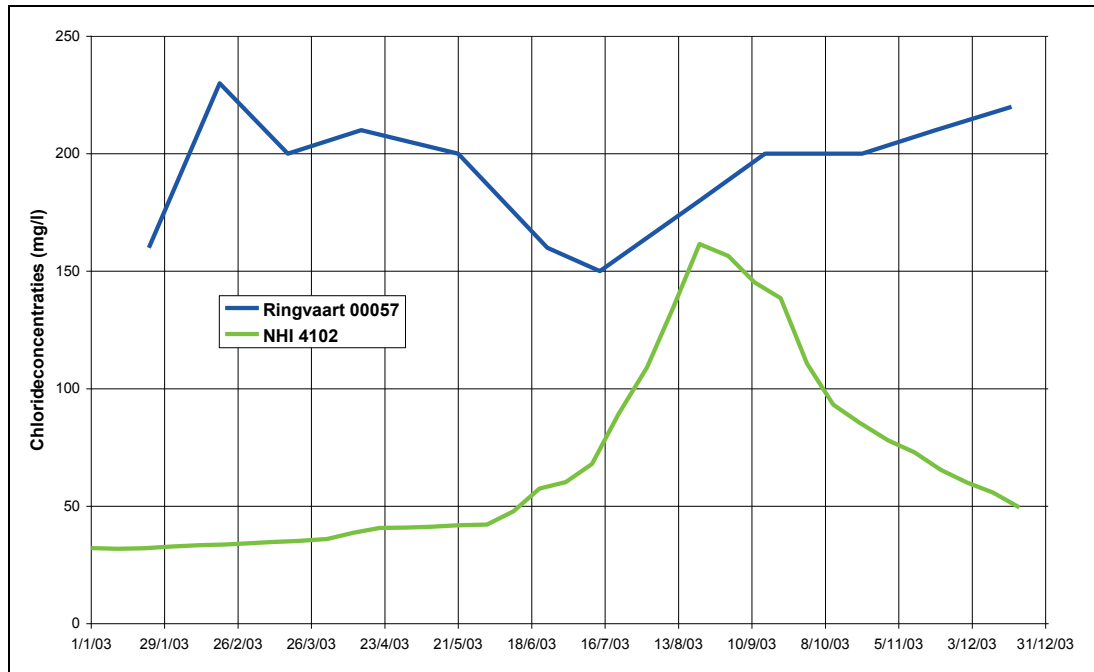
De gemeten en berekende chlorideconcentraties in de boezems van de Rotte en de Ringvaart en de aanvoerbronnen de Lek (Krimpenerwaard) en de Hollandsche IJssel (Schieland) zijn weergegeven in Figuur 4.3 (Rotteboezem), Figuur 4.4 (Ringvaartboezem), Figuur 4.5 (Lek) en Figuur 4.6 (Hollandsche IJssel). De beheersregels houden in dat water wordt ingelaten indien de chlorideconcentratie van het buitenwater een waarde van 250-300 mg/l niet overschrijdt. Deze grens werd op de Hollandsche IJssel in augustus en begin september duidelijk overschreden en werd de waterinlaat geregeld zoals beschreven is in 4.4.1. Figuur 4.6 geeft ook aan dat de inlaatbeperekkende grens in het model niet is bereikt. De tekortkoming in de simulatie leidt dan tot een andere waterverdeling dan is opgetreden (zie ook hoofdstuk 2 aanvoer voor Rijnland). De aanvoer vanuit de Hollandsche IJssel zal in het model gewoon zijn doorgaan.

De metingen op de Rotte en de Ringvaart geven aan dat op beide boezems door het toegepaste beheer de concentraties onder de grens zijn gebleven. De berekende chlorideconcentraties liggen zowel voor de Rotte als voor de Ringvaart echter ver onder de opgetreden waarden. Het model simuleert de chlorideconcentraties in de boezemwateren dus onvoldoende. Dit geldt ook voor de Lek.

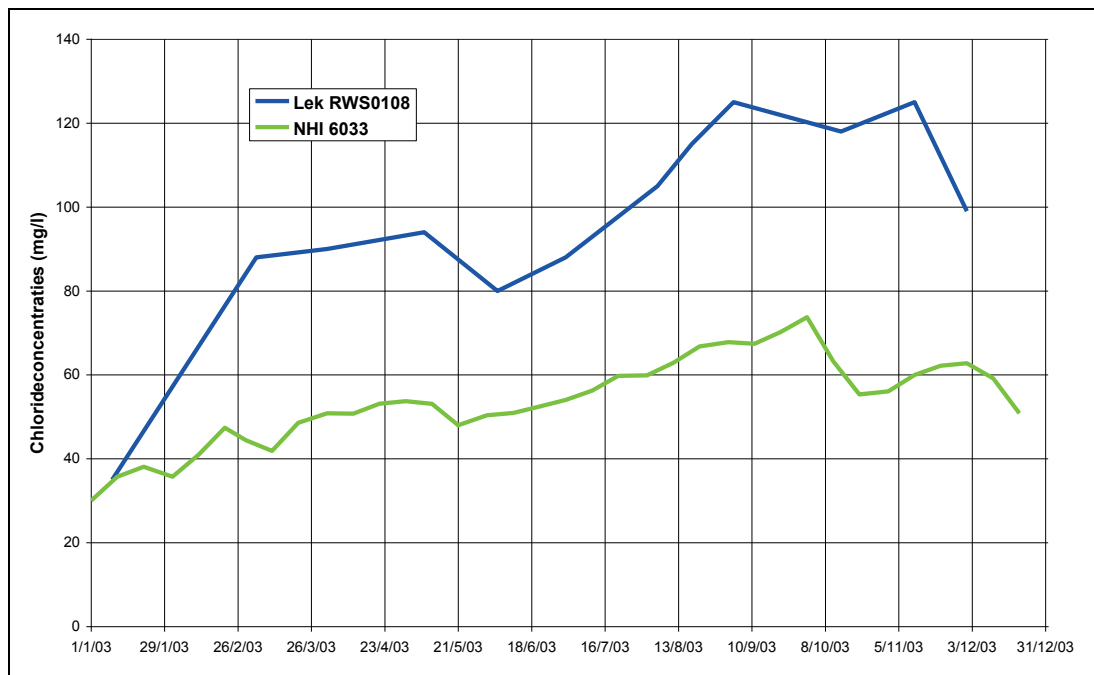
In alle gevallen in en rond het hoogheemraadschap (binnen- en buitenwater) is sprake van een onderschatting van de chloride concentratie.



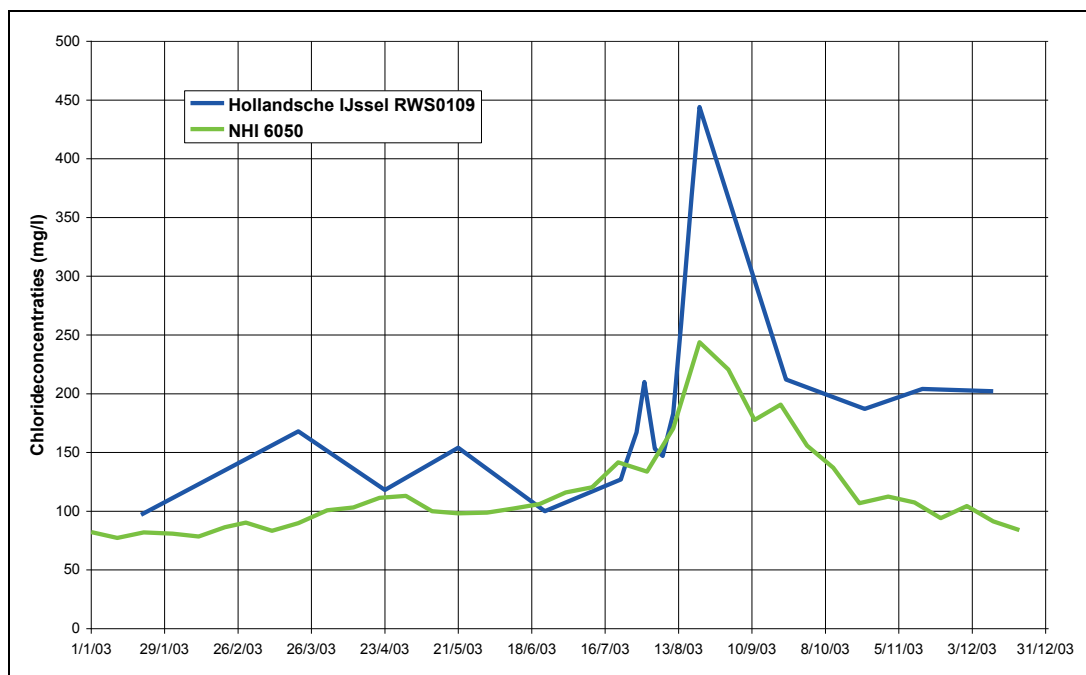
Figuur 4.3 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Rotteboezem, 2003



Figuur 4.4 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Ringvaartboezem, 2003



Figuur 4.5 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Lek, 2003

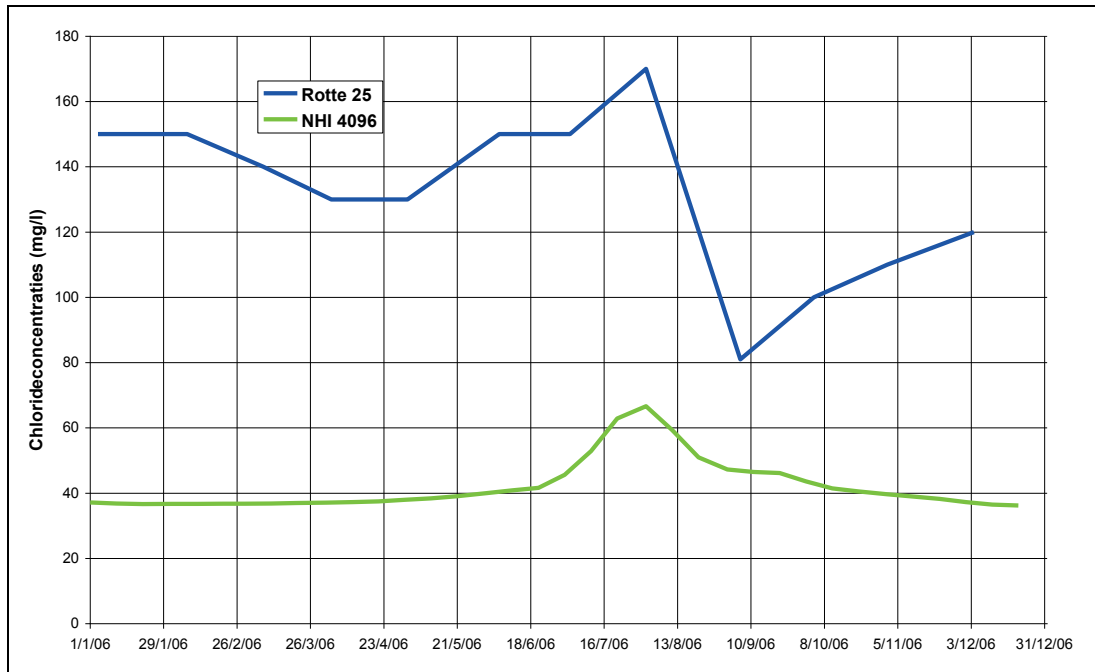


Figuur 4.6 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Hollandsche IJssel, 2003

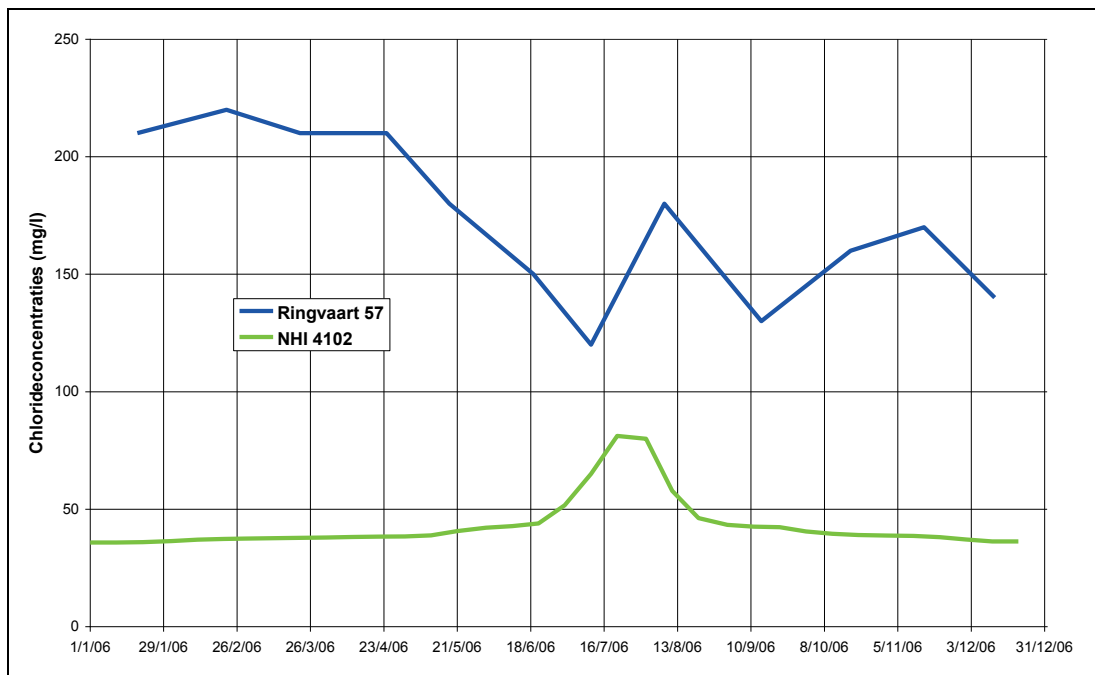
4.4.4 Simulaties voor 2006

De gemeten en berekende chlorideconcentraties in en rondom Schieland in 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.7 (Rotteboezem), Figuur 4.8 (Ringvaartboezem), Figuur 4.9 (Lek) en Figuur 4.10 (Hollandsche IJssel). Merk op dat de metingen van 2006 aangeven, dat hier de inlaatbeperkingen niet toegepast behoeften te worden. In alle gevallen bleef de concentratie onder de grens van 250 mg/l, zelfs op de Hollandsche IJssel. De kwaliteit van de berekeningen is echter niet veel anders dan voor 2003. Ook hier worden voor vrijwel alle locaties de chlorideconcentraties ruim te laag berekend. De Hollandsche IJssel vormt hierop in de eerste helft van 2006 een uitzondering.

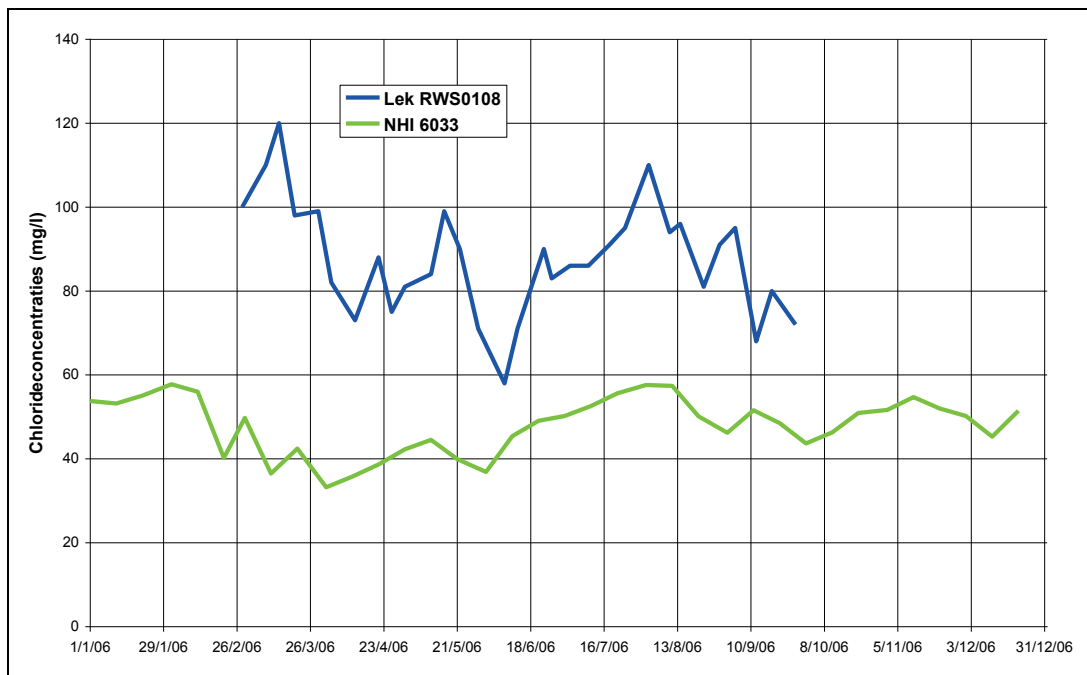
Omdat de chlorideconcentratie in dit gebied sterk bepalend is voor de verdeling van water is van groot belang dat het NHI op dit punt sterk verbeterd wordt. Volgens informatie worden voor de benedenrivieren de zoutconcentraties berekend met Sobek-NDB. Een herijking van het model aan de metingen lijkt op zijn plaats.



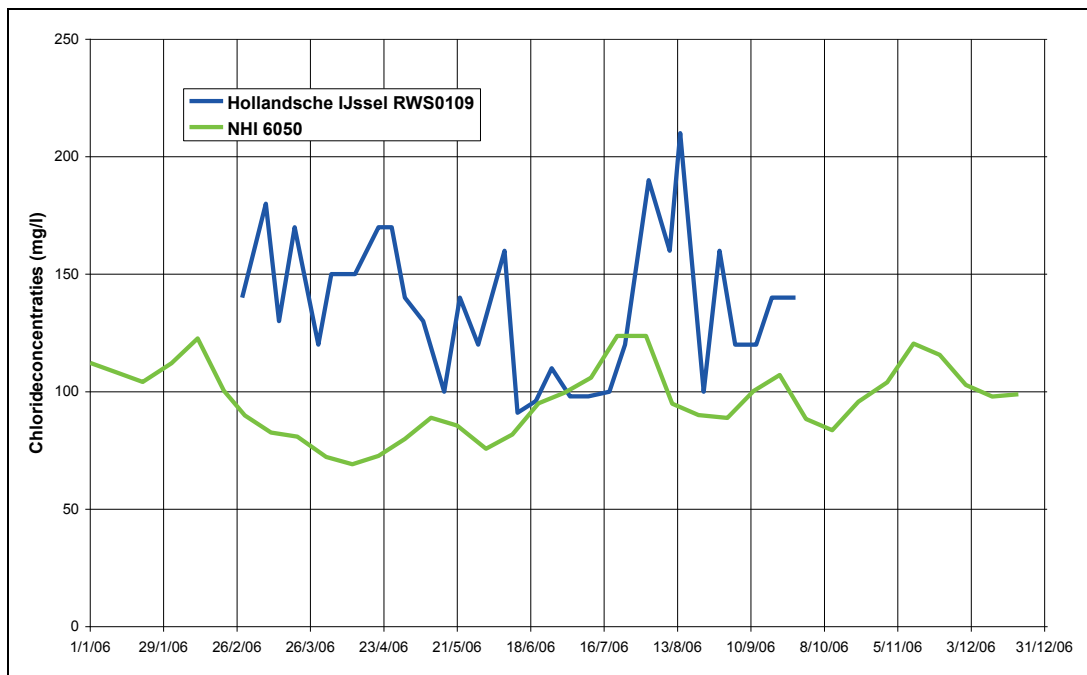
Figuur 4.7 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Rotteboezem, 2006



Figuur 4.8 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Ringvaartboezem, 2006



Figuur 4.9 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Lek, 2006



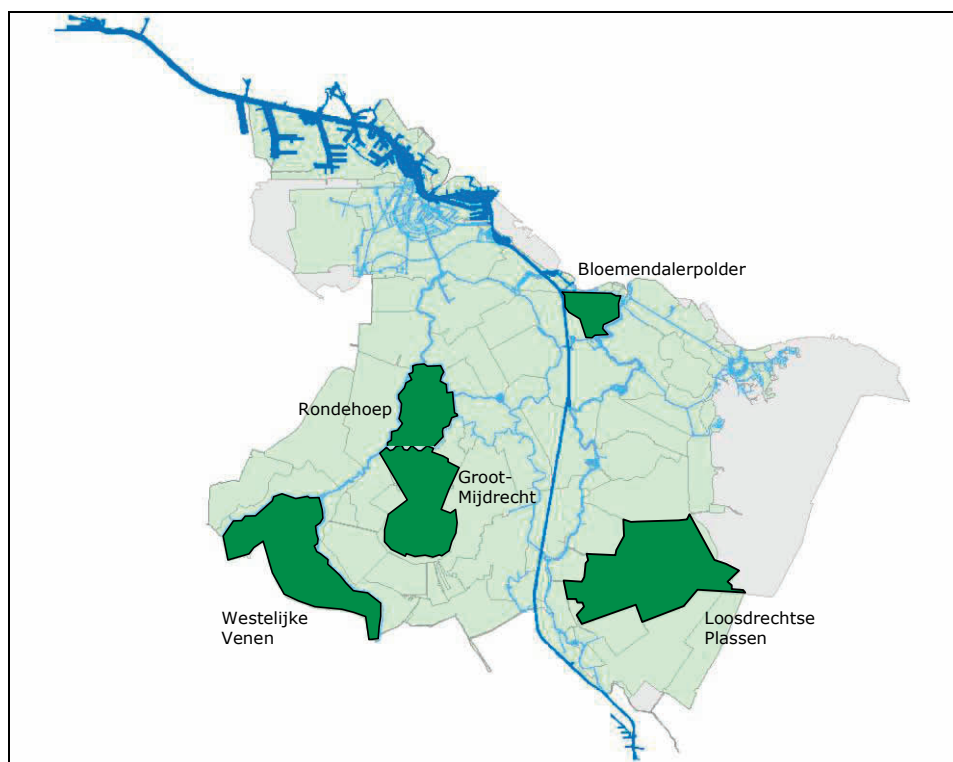
Figuur 4.10 Gemeten en berekende chlorideconcentratie Hollandsche IJssel, 2006

5 Waternet

5.1 Geselecteerde polders

Het beheersgebied van het waterschap Waternet (Amstel, Gooi en Vecht) is in het NHI geschematiseerd in de districten Amstelland (district 39), Gooi (district 40) en de stadsboezem van Amsterdam (district 81). Omdat voor het hele gebied geen sluitende balans te maken is, is ervoor gekozen om de reproductie van de waterbalansen van kleine eenheden door het NHI te analyseren. De volgende polders zijn hiervoor door Waternet geselecteerd, zie ook Figuur 5.1:

- 1 Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost,
- 2 Polder Groot-Mijdrecht,
- 3 Westelijke Venen,
- 4 Loosdrechtse plassen, en
- 5 Polder de Rondehoep.



Figuur 5.1 Geselecteerde polders in Waternet

Waterbalansen voor het **oppervlaktewater** (Local Surface Waters, LSW's) worden in het NHI berekend op decadebasis in deelmodel Mozart. De componenten van de waterbalansen zijn gegeven in Figuur 5.2 en Tabel 5.1.

De wateraanvoer naar de polder is bepaald als de som van bovenstroomse afvoer (3) en aanvoer vanuit het districtwater (4) en uit de allocaties indien positief = aanvoer (5 t/m 11).

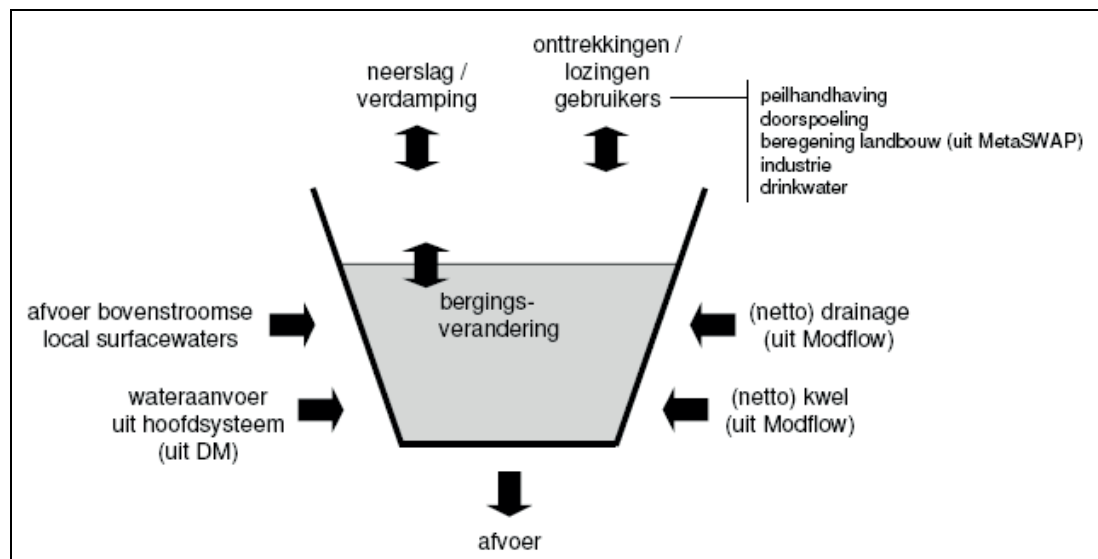
De afvoer uit de polder is bepaald als de som van componenten allocaties indien negatief (5 t/m 11), de afvoer naar benedenstrooms (14) en de afvoer naar het districtwater (15).

Ten aanzien van de allocaties wordt opgemerkt dat er natuurlijk sprake kan zijn van een onttrekking aan het oppervlaktewater die de polder niet verlaat en via drainage weer terug komt in het oppervlaktewater. Analyse geeft aan dat in de besproken gevallen dit een marginaal effect heeft op de aanvoer- en afvoercomponenten.

In de analyses wordt ook de netto drainage bepaald van het grondwater naar het oppervlaktewater. Deze is bepaald als het verschil van de termen *DRAINAGE* en *INFILTRATION* (2 – 13). Is de netto drainage negatief dan dient voor peilbeheer water te worden aangevoerd en indien positief is er sprake van afvoer. In de analyses is de netto drainage weergegeven met de neerslag.

Tabel 5.1 Componenten van de waterbalans in Mozart

Nr	Component	Omschrijving
1	PRECIP	Neerslag op open water in local surfacewater (m ³)
2	DRAINAGE	Toestroom (drainage en kwel) vanuit grondwater naar oppervlaktewater in local surfacewater (m ³)
3	UPSTREAM	Bovenstroomse afvoer naar local surfacewater (m ³)
4	FROM_DW	Aanvoer vanuit het districtswater (hoofdsysteem) (m ³)
5	ALLOC_AGRIC	Gealloceerd water voor beregening vanuit local surfacewater (m ³)
6	ALLOC_WM	Gealloceerd water voor peilbeheer vanuit local surfacewater (m ³)
7	ALLOC_FLUSH	Gealloceerd water voor doorspoeling vanuit local surfacewater (m ³)
8	ALLOC_FLUSHR	Gealloceerd water voor doorspoeling (terug) vanuit local surfacewater (m ³)
9	ALLOC_PUBWAT	Gealloceerd water voor drinkwaterbereiding vanuit local surfacewater (m ³)
10	ALLOC_INDUS	Gealloceerd water voor industrie vanuit local surfacewater (m ³)
11	ALLOC_GRHOUS	Gealloceerd water voor glastuinbouw vanuit local surfacewater (m ³)
12	EVAPORATION	Verdamping van open water in local surfacewater (m ³)
13	INFILTRATION	Toestroom (infiltratie en wegzijging) vanuit oppervlaktewater naar grondwater in local surfacewater (m ³)
14	TO DOWNSTREAM	Afvoer vanuit local surfacewater naar benedenstrooms local surfacewater (m ³)
15	TO_DW	Afvoer vanuit local surfacewater naar districtswater (hoofdsysteem) (m ³)
16	STORAGE_DIFF	Bergingsverschil (verschil volume oppervlaktewater met vorige tijdstap) (m ³)
17	BALANCECHECK	Check op sluitende waterbalans
18	ALLOC_WM_DW	Gealloceerd water voor peilbeheer, inclusief tekort op de waterbalans, vanuit districtswater (hoofdsysteem)



Figuur 5.2 Componenten van de waterbalans van een "local surface water" in Mozart

5.2 Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost

5.2.1 Locatie

Tussen Muiden en Weesp liggen naast elkaar de Bloemendalerpolder (in het oosten) en de Gemeenschapspolder Oost (in het westen), zie Figuur 5.1. Het gebied wordt begrensd door de Muider Trekvaart, het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht. Het maaiveld ligt op ca -1.5 m+NAP. De polders worden gekenmerkt door zoet grondwater met een brakke deklaag. De kwel naar de polders is aanzienlijk en wordt door Waternet geschat op gemiddeld 0,6 mm/d.

Het oppervlak van de polder, zoals is aangenomen in het NHI, bedraagt 4.832.030 m².

5.2.2 Waterbalanscomponenten

2003

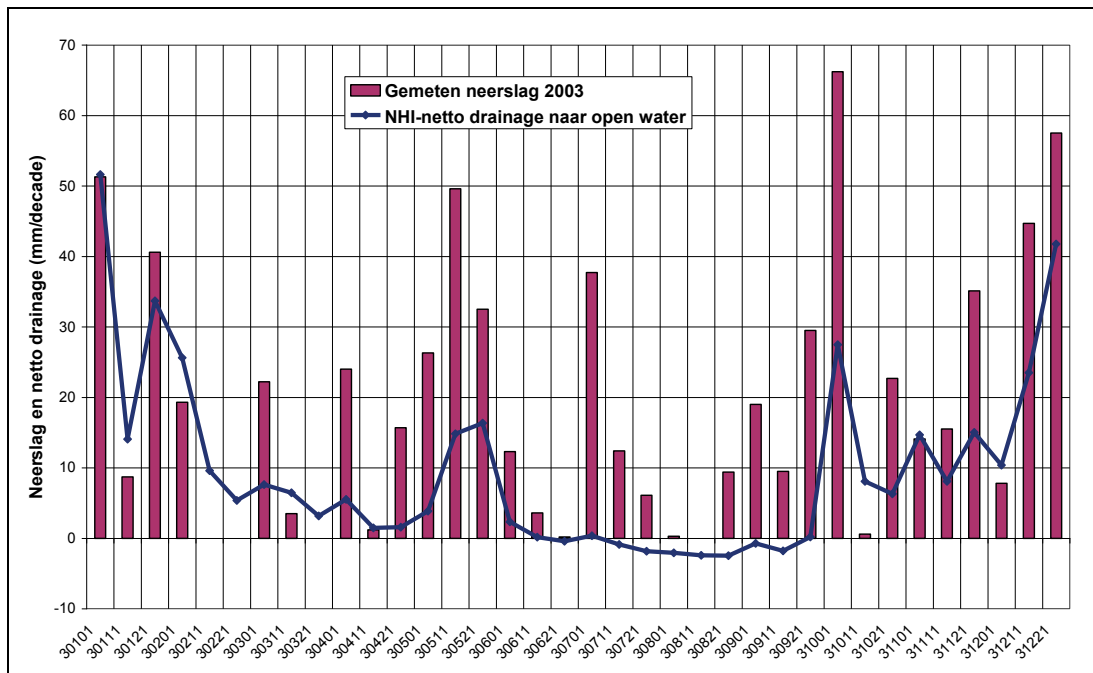
De gemeten neerslag en de berekende netto drainage is weergegeven in Figuur 5.3. De netto drainage is licht negatief in juli – augustus. De verdamping in die periode bedroeg ca 3 mm/dag, zie Figuur 2.22. Het model berekent dus een kwel voor die periode die lager is dan 3 mm/dag, maar meer dan door Waternet is geschat. De gemeten jaarneerslagsom op het KNMI station Weesp bedroeg in 2003 699 mm en de referentieverdamping voor Schiphol was 642 mm. Een schatting voor open water verdamping bij verwaarlozing van de bodemwarmtestroom is $1,25 \times 642 = 802$ mm. Voor open water is dus sprake van een negatieve netto neerslag van 103 mm. Op basis van de open water verdamping in mm en het verdampingsvolume van de open leidingen uit de uitvoer van het NHI wordt het open wateroppervlak in de polder zoals is aangenomen in het model geschat op 201,750 m², ofwel 4.2% van het totaal. De bijbehorende neerslag bij gelijk open wateroppervlak wordt dan berekend op 644 mm, een waarde die 55 mm of 8% lager is dan de gemeten neerslag in Weesp.

De gemeten en berekende aanvoer naar en afvoer uit de polder is gepresenteerd in Figuur 5.4 en Figuur 5.5 en de resultaten zijn samengevat in Tabel 5.2. De figuren geven aan dat de aanvoer aanzienlijk te laag wordt berekend door het NHI. De periode waarover de aanvoer plaatsvindt wordt wel goed weergegeven. Op jaarbasis bedraagt het verschil tussen de gemeten en berekende aanvoer 82%. De afvoer uit de polder wordt door het NHI redelijk gesimuleerd qua dynamiek, met een lichte overschatting in de eerste helft van het jaar en een onderschatting in de tweede helft. Op jaarbasis is de berekende afvoer slechts 12% lager dan is gemeten. De netto afvoer (afvoer – aanvoer) is weergegeven in Figuur 5.6. De figuur geeft aan dat er sprake is van een aanzienlijk verschil tussen meting en berekening, vooral in het groeiseizoen.

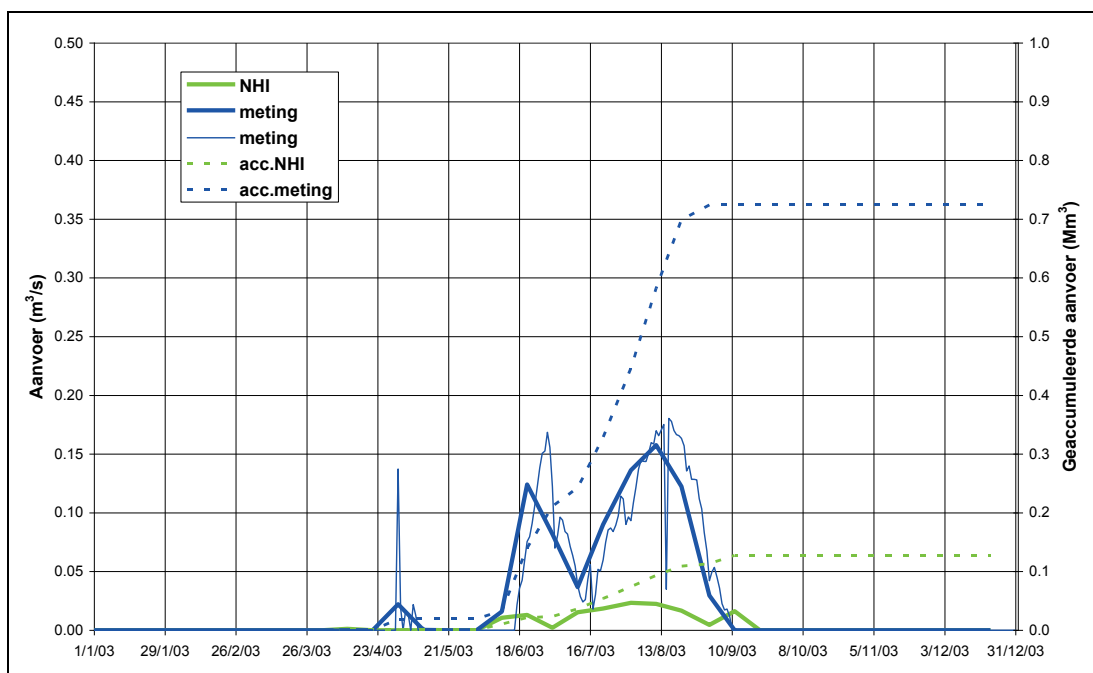
2006

De gemeten neerslag en de berekende netto drainage voor 2006 is weergegeven in Figuur 5.7, zie ook Tabel 5.2. Met uitzondering van een zeer korte periode in juli is de berekende netto drainage in 2006 positief geweest. De gemeten neerslag op het KNMI station Weesp bedroeg in 2006 944 mm en de referentie verdamping voor Schiphol was 620 mm, zodat de open water verdamping berekend wordt op 775 mm. Er is dit jaar dus sprake van een positieve netto neerslag van 169 mm voor het open water in de polder. Op basis van het neerslagvolume op het open water wordt de neerslag in mm voor 2006 berekend op 848 mm. Dit bedrag is 96 mm ofwel 10% minder dan is gemeten!

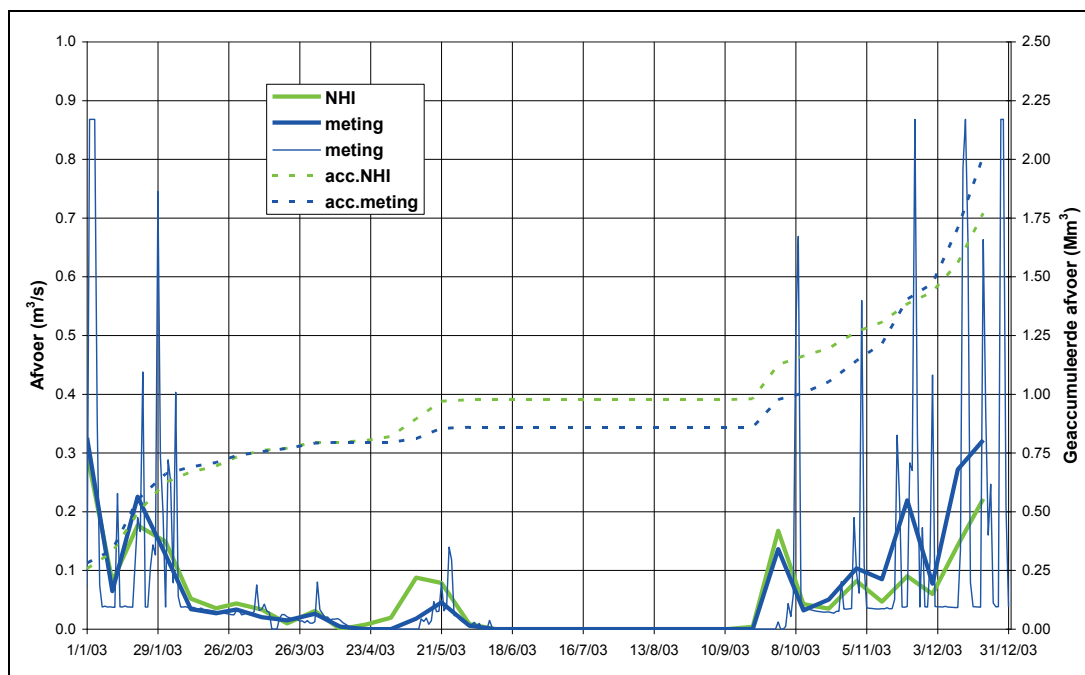
De gemeten en berekende aanvoer in 2006 is weergegeven in Figuur 5.8. De aanvoer vindt plaats in de periode dat de netto drainage negatief is. De figuur geeft aan dat het model de aanvoer qua volume redelijk reproduceert: het totaal is iets te laag berekend en is iets verschoven in de tijd. Op jaarbasis bedraagt het verschil 14%. De gemeten en berekende afvoer zijn gepresenteerd in Figuur 5.9. In de eerste helft van het jaar wordt de afvoer redelijk gereproduceerd. In augustus loopt de berekende afvoer achter bij de meting en in oktober geeft de berekening een afvoerpiek die niet is gemeten. Op jaarbasis wordt de afvoer 6% te laag berekend. Met een correcte neerslag was men dichterbij de meting gekomen. De netto afvoer is weergegeven in Figuur 5.10. De figuur geeft aan dat de geaccumuleerde netto afvoer redelijk goed wordt gereproduceerd.



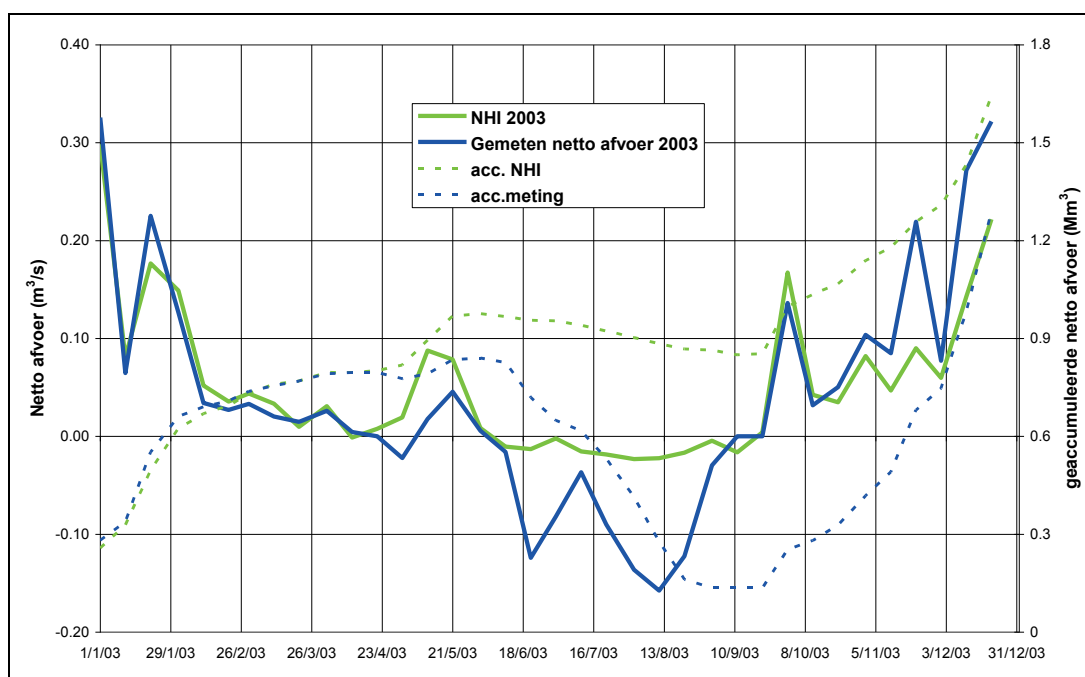
Figuur 5.3 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost in 2003



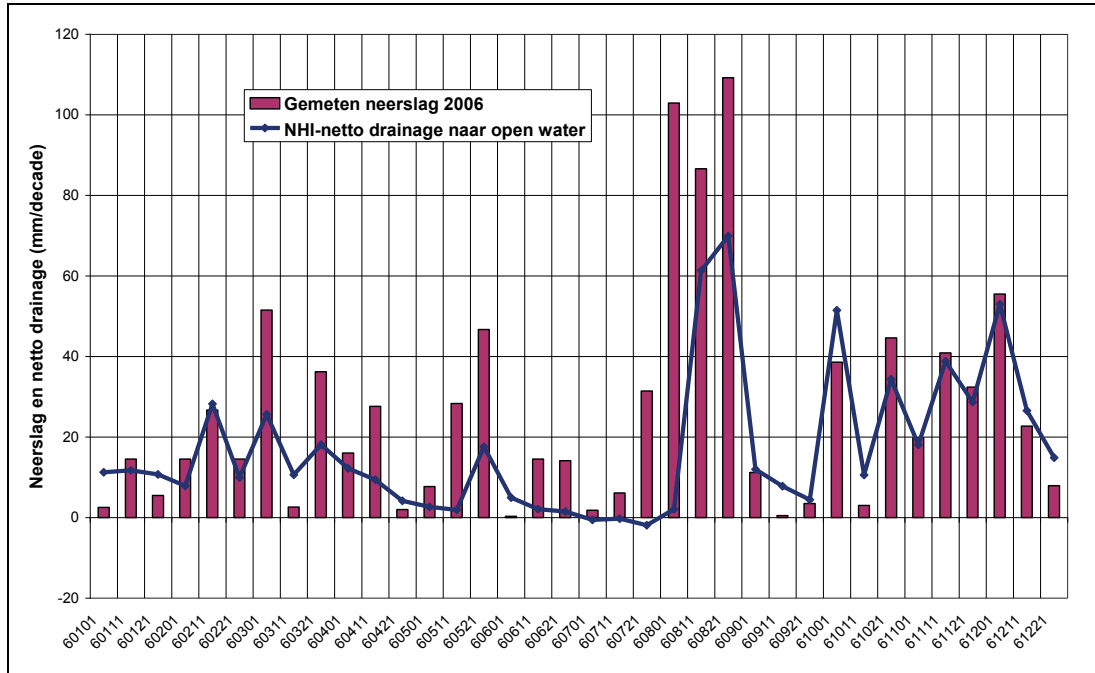
Figuur 5.4 Gemeten en berekende aanvoer Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost, 2003



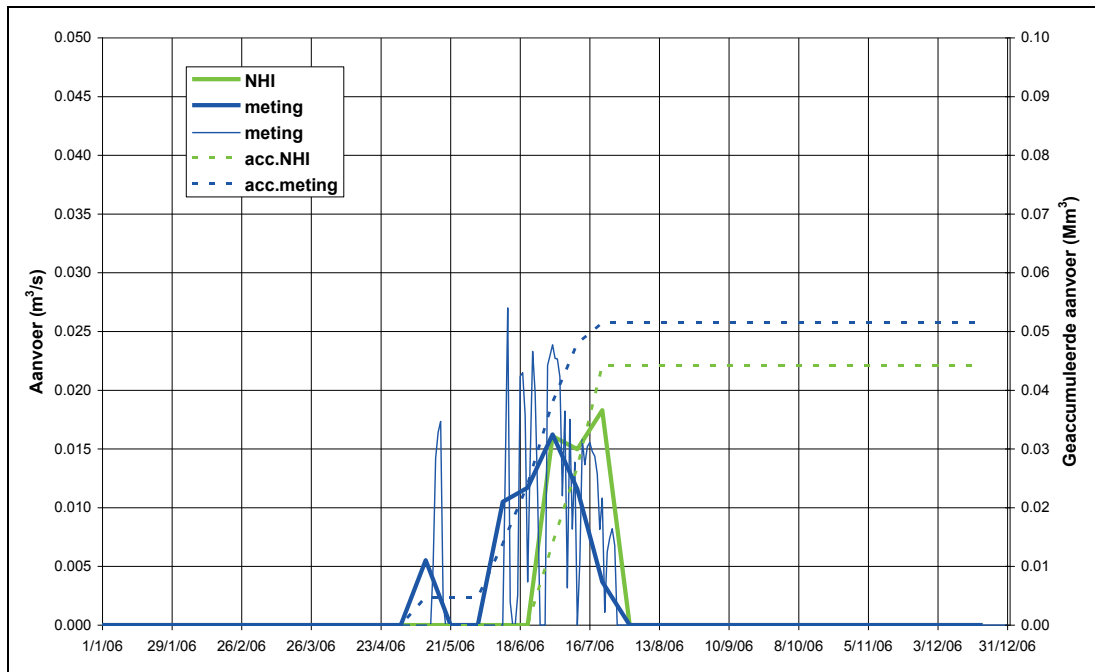
Figuur 5.5 Gemeten en berekende afvoer Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost, 2003



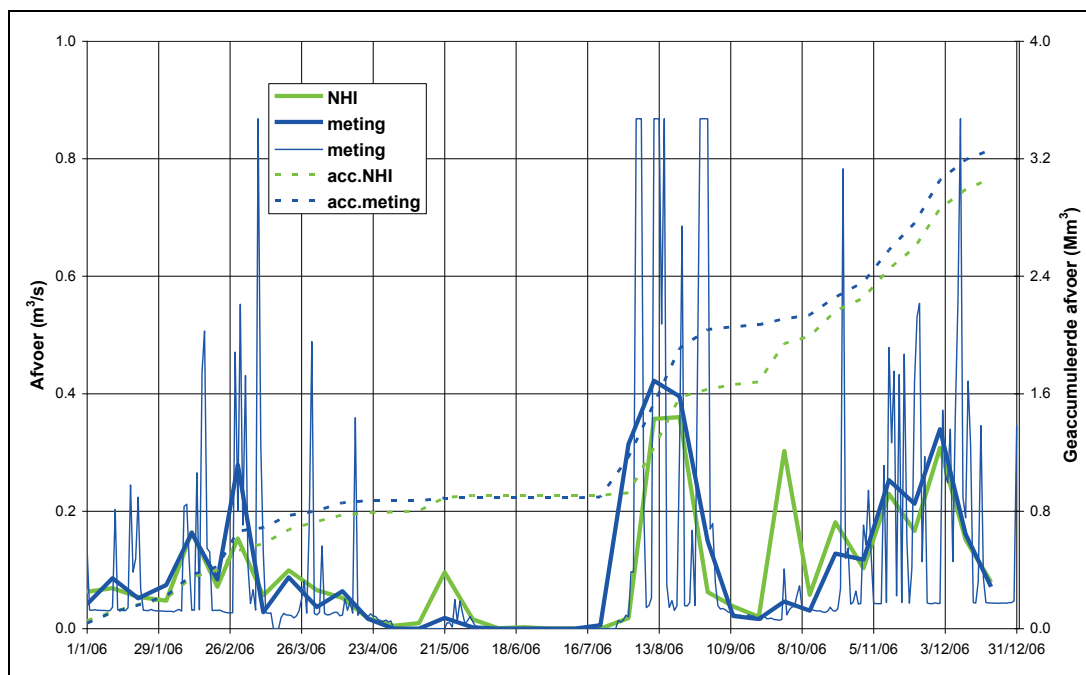
Figuur 5.6 Gemeten en berekende netto afvoer Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost, 2003



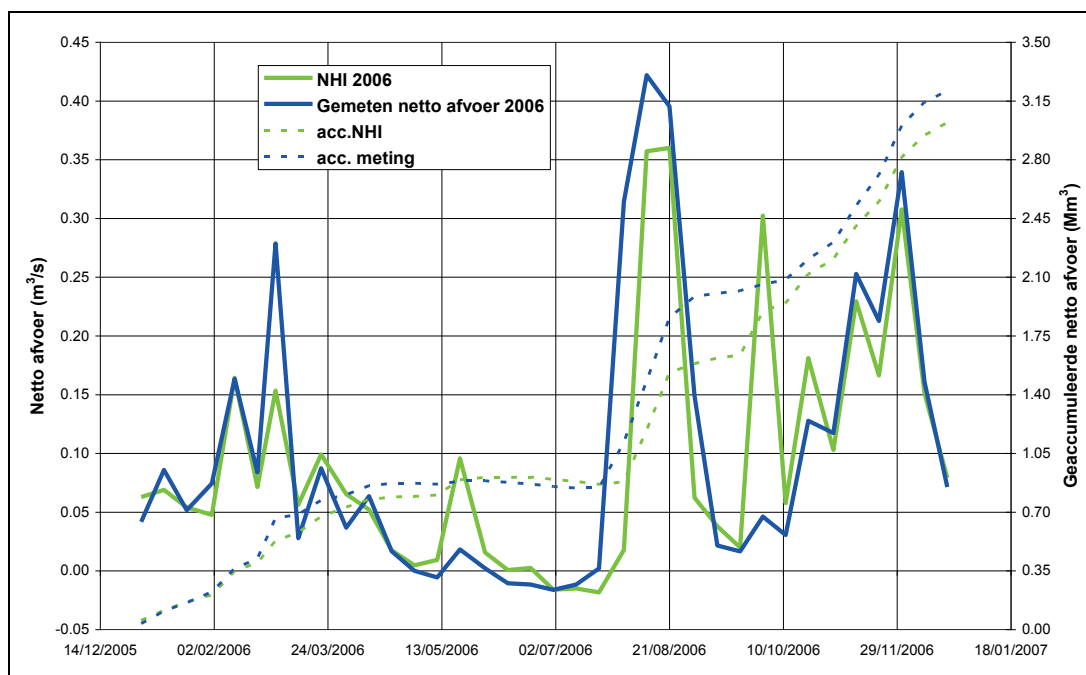
Figuur 5.7 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost in 2006



Figuur 5.8 Gemeten en berekende aanvoer Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost, 2006



Figuur 5.9 Gemeten en berekende afvoer Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost, 2006



Figuur 5.10 Gemeten en berekende netto afvoer Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost, 2006

Tabel 5.2 Overzicht gemeten en berekende waterbalanscomponenten Bloemendalerpolder en Gemeenschapspolder Oost 2003 en 2006

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model			
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E ¹⁾ open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer
2003	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	0.724	2.012	0.127	1.770	-0.032	1.675	0.000	0.597	0.242	82	12
seizoen ²⁾	0.724	0.090	0.127	0.211	-0.081	0.165	0.000	0.597	-0.121	82	-134
	mm³⁾	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	149.9	416.4	26.3	366.3	-6.6	346.6	0.0	123.5	50.1		
seizoen	149.9	18.7	26.3	43.7	-16.8	34.1	0.0	123.5	-25.0		
2006	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	0.051	3.261	0.044	3.065	0.017	3.004	0.000	0.007	0.196	14	6
seizoen	0.051	1.299	0.044	1.006	-0.059	1.021	0.000	0.007	0.293	14	23
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	10.7	674.9	9.2	634.4	3.6	621.6	0.0	1.5	40.6		
seizoen	10.7	268.9	9.2	208.2	-12.2	211.3	0.0	1.5	60.7		

¹⁾ N-E = neerslag – verdamping van open wateroppervlak

²⁾ seizoen = 01-04 t/m 30-09

³⁾ mm betrokken op totale polderoppervlak

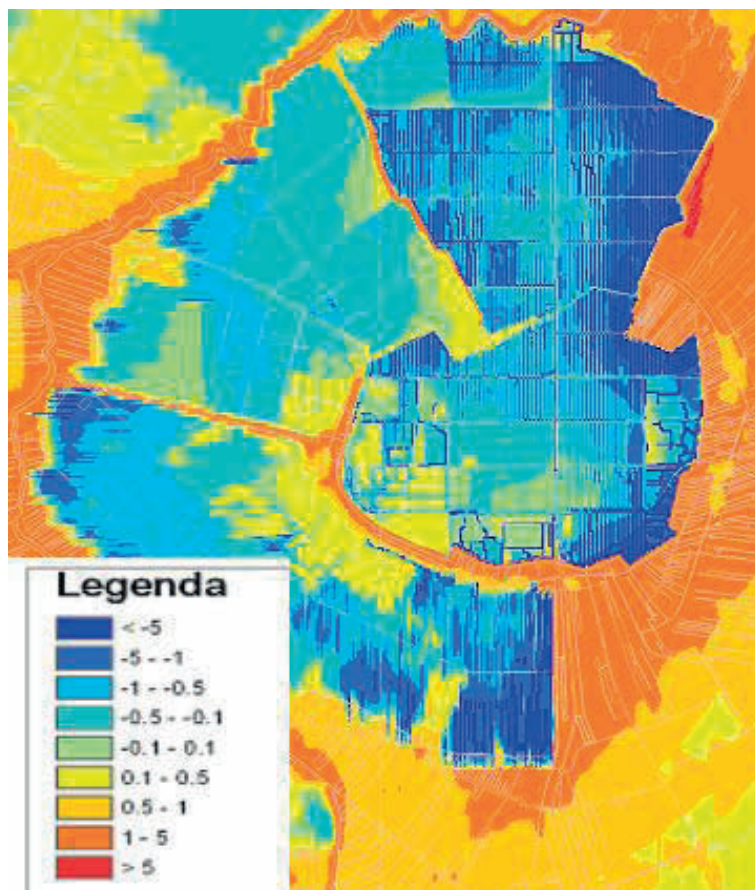
5.3 Polder Groot-Mijdrecht

5.3.1 Locatie

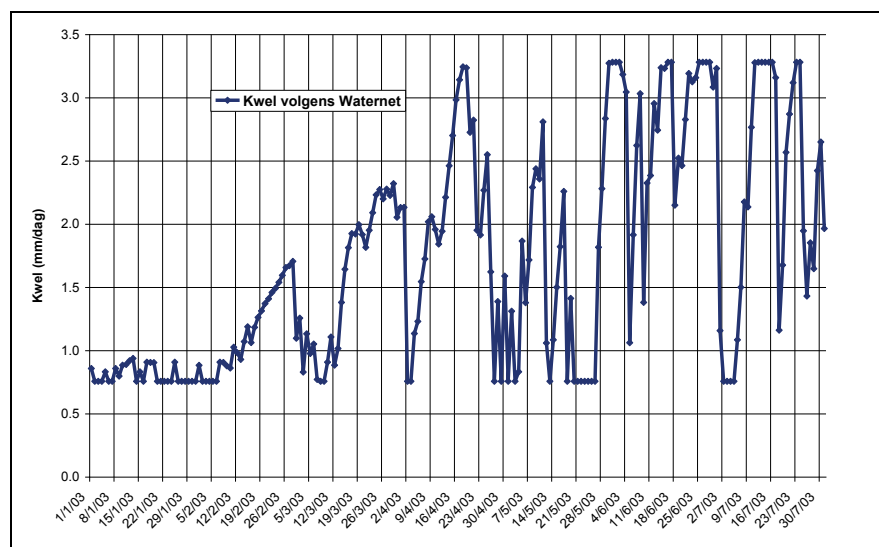
De Polder Mijdrecht ligt tussen Mijdrecht en Vinkeveen en grenst in het oosten aan de Vinkeveense Plassen. Het maaiveld in de polder ligt op ongeveer NAP -6 m terwijl in de naastgelegen Plassen een peil van NAP -2.1 m wordt gehanteerd. Waternet beschrijft Groot-Mijdrecht als een droogmakerij met een dunne deklaag met wellen: 6/7 deel is wel en 1/7 deel is diffuse kwel. De kwel is brak in het midden (6000 mgCl/l) en zoet aan de randen (250 mgCl/l). Volgens opgave bedraagt de gebiedsgemiddelde kwel 6 mm/d. De grondwaterstand in het midden van de polder is ongeveer gelijk aan het polderpeil en het waterschap geeft aan dat dit is niet te reproduceren is met een weerstand van 200 – 300 dagen zonder wellen.

De grootte van de kwel zoals berekend in een studie voor het waterschap is weergegeven in Figuur 5.11. De figuur geeft aan dat langs de oostelijke rand de kwel inderdaad groter is dan 5 mm/d. In het zuidwesten is de kwel echter aanzienlijk minder. De berekende kwel is weergegeven in Figuur 5.12. De resultaten duiden voor de eerste helft van 2003 op een kwel van gemiddeld 2 mm/d, orde 3 keer lager dan het waterschap opgeeft. Voor 2006 zijn geen metingen beschikbaar.

Het oppervlak van de polder zoals is aangenomen in het NHI bedraagt 19.807.500 m².



Figuur 5.11 Berekende kwel polder Groot-Mijdrecht



Figuur 5.12 Berekende kwel polder Groot-Mijdrecht 2003

5.3.2 Waterbalanscomponenten

2003

De neerslag in de polder Groot-Mijdrecht als gemiddelde van de KNMI stations Aalsmeer, Abcoude en Loenen a/d Vecht bedraagt 673 mm. Met een op basis van het meteorologische station Schiphol bepaalde open water verdamping van 802 mm (zie vorige sectie) levert dit een negatieve netto neerslag op voor het open water in de

polder. Het open wateroppervlak wordt geschat op 1.116.000 m², ofwel 5,6% van het totale oppervlak. Het neerslagvolume op het open water omgerekend naar mm bedraagt dan 670 mm, zeer dicht bij het gemiddelde van de metingen op de 3 omliggende KNMI stations. De neerslag en de netto drainage zijn gepresenteerd in Figuur 5.13. De figuur geeft aan dat steeds sprake is van een positieve netto drainage. Dit duidt op aanzienlijke kwel. Zelfs in augustus 2003 is de netto drainage ruim 2 mm/dag. Samen met een verdamping van orde 3 mm/dag betekent dit een kwel van ongeveer 5 mm/dag. Deze waarde ligt dicht bij de waarde van 6 mm/dag die door het waterschap wordt gehanteerd, maar is aanzienlijk groter dan uit de aangeleverde gegevens blijkt, zie Figuur 5.12. Dit dient nader onderzocht te worden.

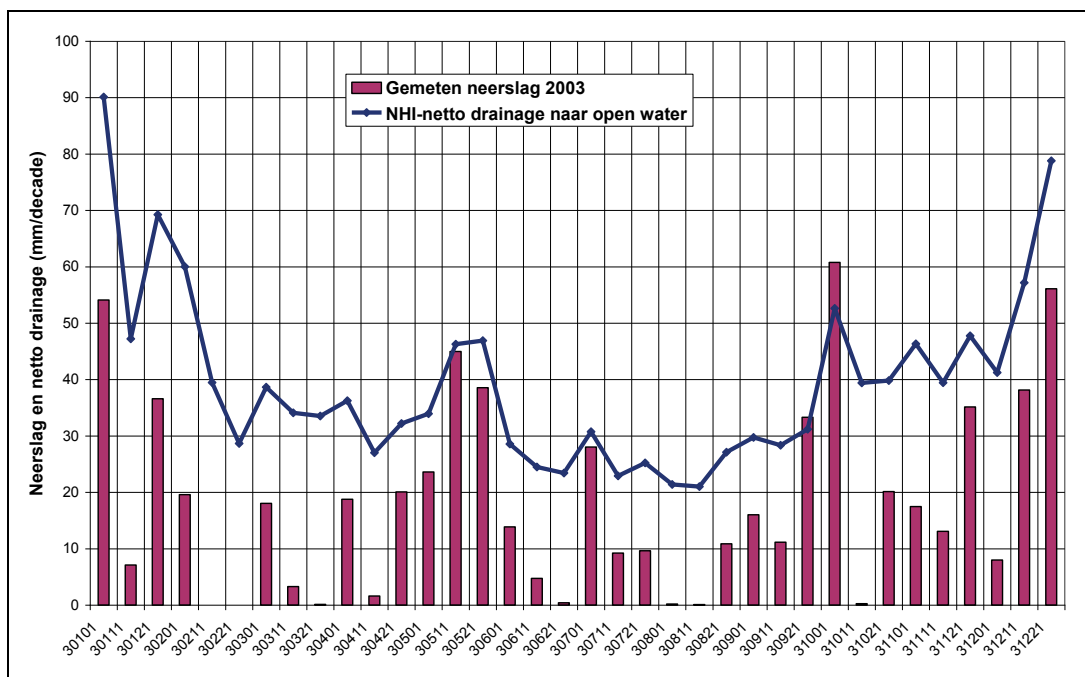
Volgens het waterschap is de inlaat naar de polder nihil, terwijl het model een inlaat berekent van 3.4 Mm³ in het groeiseizoen en 9.3 Mm³ over het hele jaar. De gemeten en berekende afvoer zijn vergeleken in Figuur 5.15. De figuur geeft aan dat de dynamiek van de afvoer door het model redelijk wordt gereproduceerd, maar ook dat de afvoer vrijwel het hele jaar door in het model wordt onderschat, het sterkst in het groeiseizoen. Op jaarbasis bedraagt het verschil 17% en voor het groeiseizoen 31%. E.e.a. houdt in dat het model de netto afvoer voor 2003 met 845 mm onderschat. Dit houdt in dat de kwel in het model 2,3 mm/dag te laag wordt berekend. De balanstermen voor het jaar en het groeiseizoen zijn samengevat in Tabel 5.3.

2006

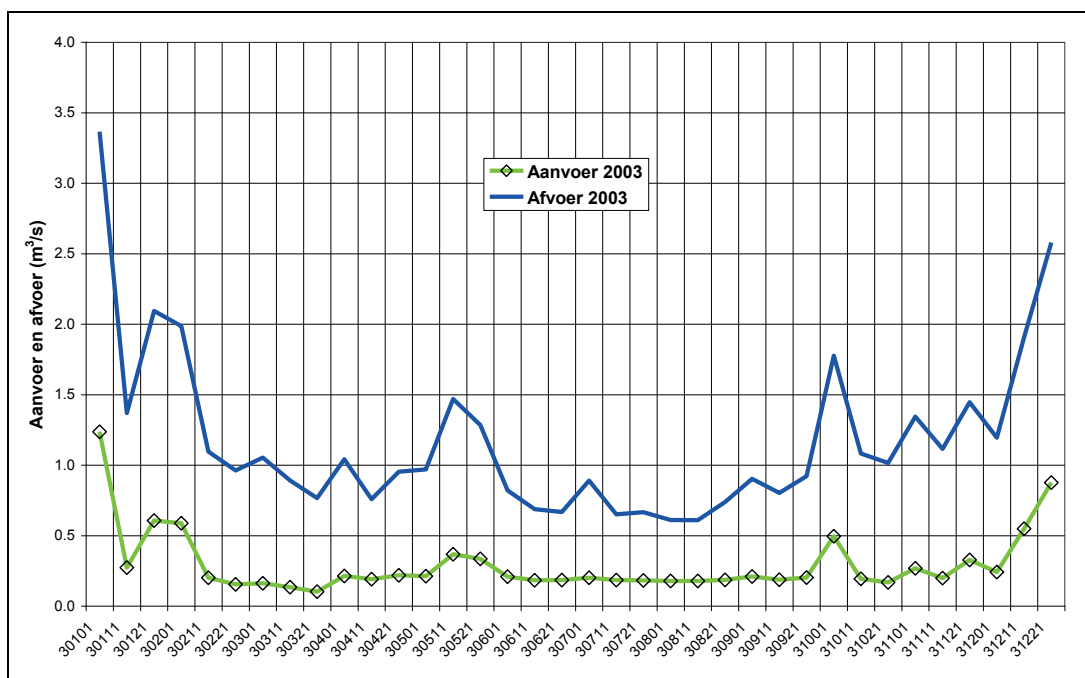
De gemeten neerslag en berekende netto drainage voor 2006 zijn gepresenteerd in Figuur 5.16. De gemeten jaarneerslagsom van 2006 voor de polder bedraagt 828 mm. Op basis van het neerslagvolume op het open water in de polder uit NHI waterbalans wordt een neerslag berekend van 977 mm, d.w.z. 149 mm meer dan is gemeten. De netto drainage eind juli 2006 is minimaal en leidt tot ongeveer dezelfde kwelwaarden als de simulatie voor 2003. Figuur 5.17 geeft de berekende aanvoer en afvoer weer.

Ook voor 2006 geldt volgens het waterschap dat de inlaat naar de polder verwaarloosbaar klein is. De gemeten en berekende afvoer zijn vergeleken in Figuur 5.18. Opvallend is het verschil tussen de gemeten en berekende afvoer in de maanden juni en juli. De figuur laat voor deze maanden zien dat de gemeten afvoer de berekende waarden sterk overschat, terwijl de neerslag daar geen aanleiding toe geeft. Onduidelijk is wat hiervan de oorzaak is geweest. Voor het groeiseizoen onderschat het model de gemeten afvoer met 29%, terwijl op jaarbasis het verschil nog maar 11% bedraagt, ook al omdat in augustus en in het najaar het model een grotere afvoer berekent dan de lozingscijfers aangeven. De netto afvoer wordt door het model 984 mm te laag berekend. Dit houdt in dat de kwel 2,7 mm/dag te laag is berekend. De resultaten zijn samengevat in Tabel 5.3.

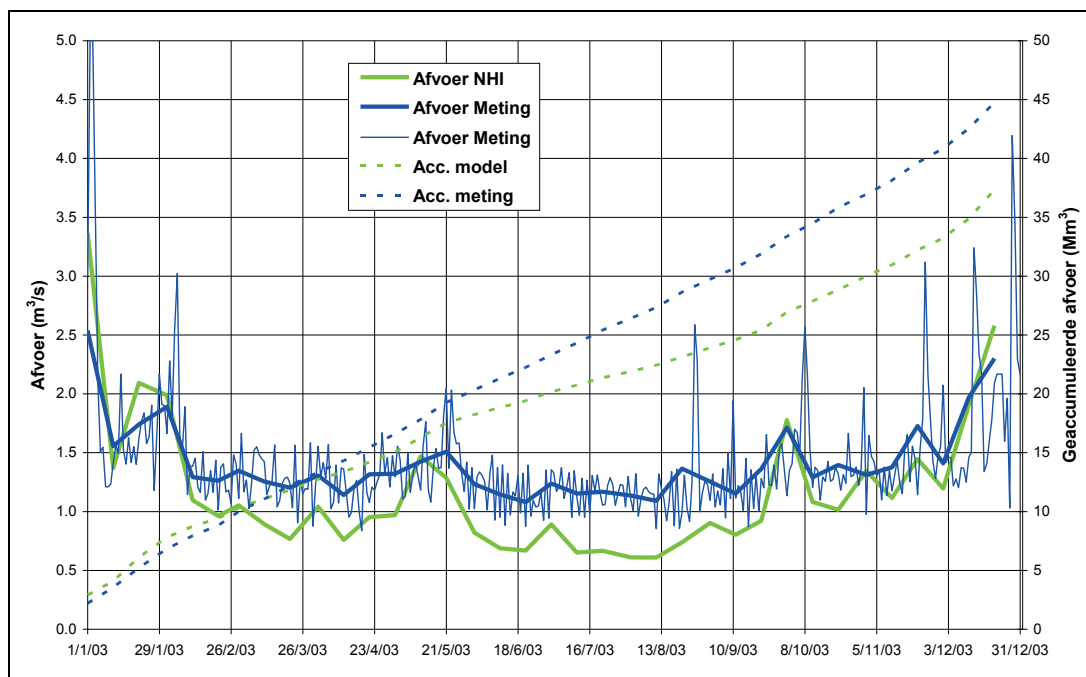
Samenvattend kan worden gesteld dat het model de inlaat sterk overschat; in de praktijk wordt er volgens het waterschap (vrijwel) geen water ingelaten. Het model berekent de afvoer te laag, zodat de netto afvoer sterk wordt onderschat en daarmee de kwel. De kwel wordt gemiddeld genomen 2,5 mm/dag te laag berekend.



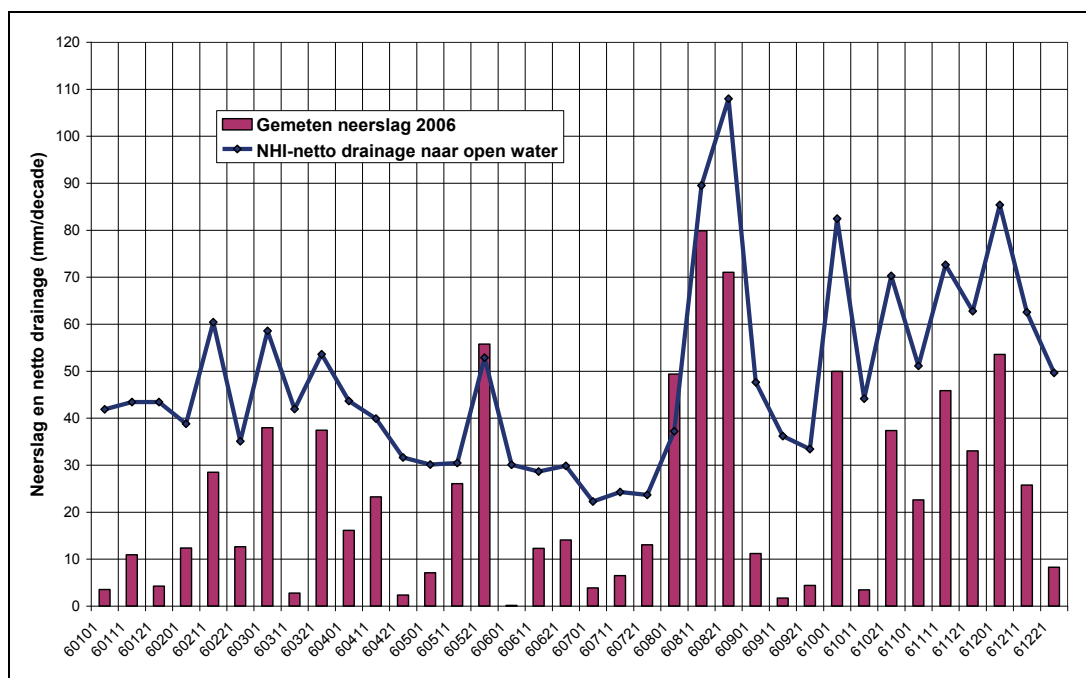
Figuur 5.13 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, polder Groot-Mijdrecht 2003



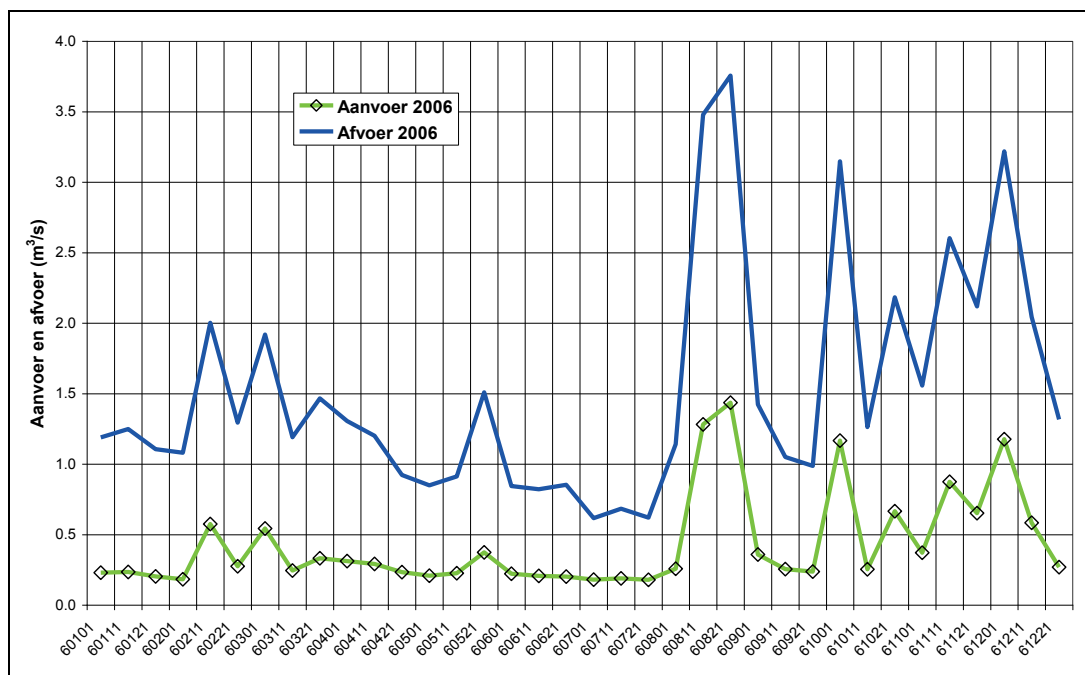
Figuur 5.14 Berekende aanvoer en afvoer polder Groot-Mijdrecht, 2003



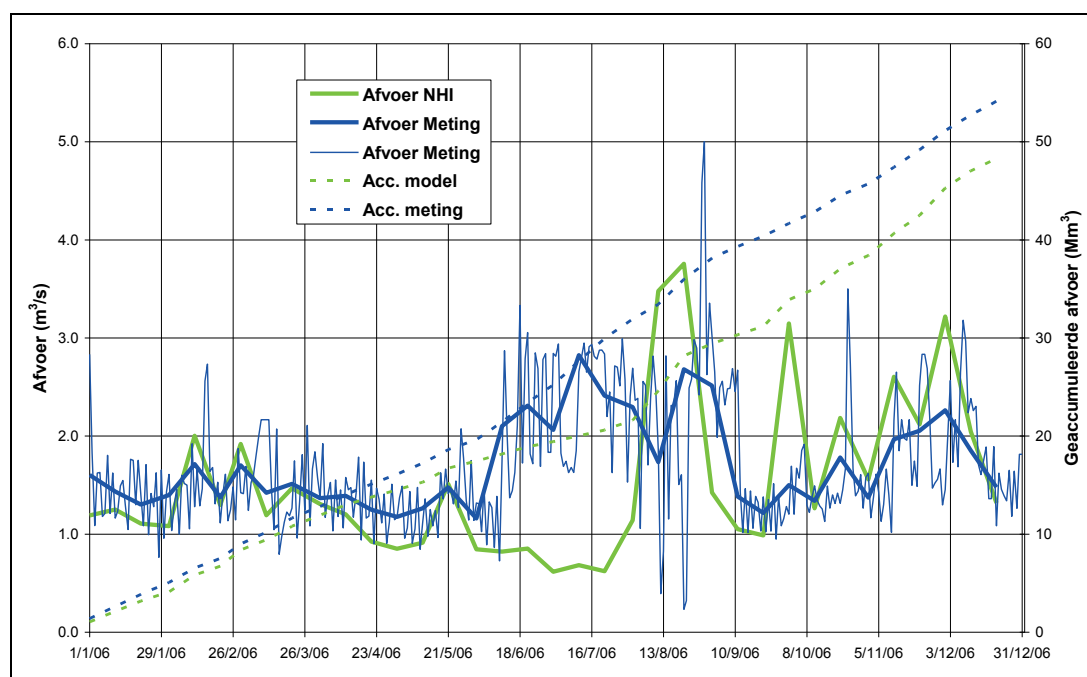
Figuur 5.15 Gemeten en berekende afvoer, polder Groot-Mijdrecht, 2003



Figuur 5.16 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, polder Groot-Mijdrecht 2003



Figuur 5.17 Berekende aanvoer en afvoer, polder Groot-Mijdrecht 2006



Figuur 5.18 Gemeten en berekende afvoer, polder Groot-Mijdrecht, 2006

Tabel 5.3 Overzicht berekende waterbalanscomponenten polder Groot-Mijdrecht in 2003 en 2006

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model			
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer
2003	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	≈0	44.726	9.340	37.330	-0.145	28.135	-0.103	-9.340	7.395	-100	17
seizoen	≈0	19.688	3.366	13.576	-0.423	10.633	-0.103	-3.366	6.112	-100	31
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	≈0	2258.0	471.6	1884.7	-7.3	1420.4	-5.2	-471.6	373.4		
seizoen	≈0	994.0	169.9	685.4	-21.4	536.8	-5.2	-169.9	308.6		

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model			
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer
2006	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	≈0	54.130	13.640	48.276	0.224	34.412	-0.077	-13.640	5.854	-100	11
seizoen	≈0	28.737	5.921	20.365	-0.198	14.643	-0.077	-5.921	8.372	-100	29
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	≈0	2732.8	688.6	2437.3	11.3	1737.3	-3.9	-688.6	295.5		
seizoen	≈0	1450.8	298.9	1028.2	-10.0	739.2	-3.9	-298.9	422.7		

5.4 Westelijke Venen

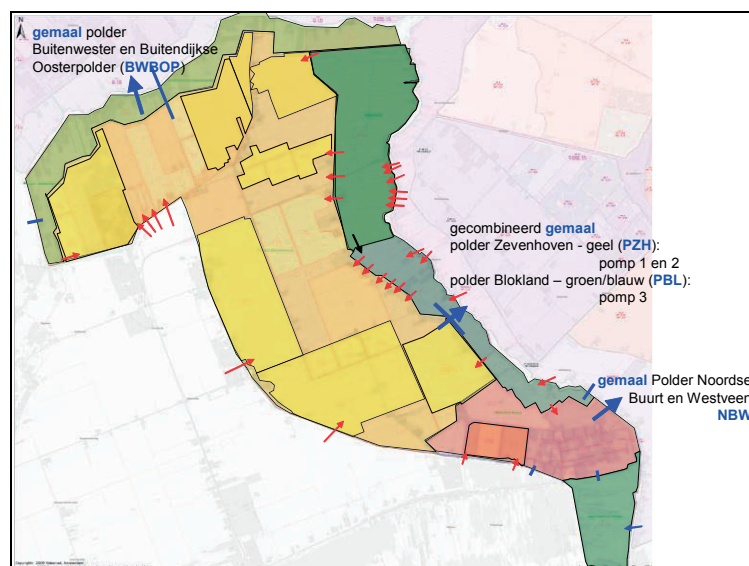
5.4.1 Locatie

De Westelijke Venen liggen tussen Mijdrecht en Nieuwkoop. Het gebied wordt omsloten door en loost op de Amstel aan de noordzijde en de Kromme Mijdrecht aan de oostzijde. Het gebied omvat de volgende polders:

- 6 Buitenwester en Buitendijkse Oosterpolder,
- 7 Polder Zevenhoven,
- 8 Polder Blokland, en
- 9 Polders Noordse Buurt en Westveen.

De kwel in de droogmakerijen bedraagt volgens Waternet 0,5 mm/d in het midden en 1 mm/d aan de randen. Er is veel particuliere inlaat vanuit de brakke Kromme Mijdrecht. Voorts is er veel inlaat van zoetwater vanuit Rijnland t.b.v. de kassengebieden. Een overzicht van de inlaat- en afvoerlocaties is gegeven in Figuur 5.19. Duidelijk is dat de polders veel niet-bemeten inlaatlocaties omvatten. Het waterschap gebruikt daarvoor schattingen.

Het oppervlak van de polders, zoals is bepaald in het NHI, bedraagt in totaal 28.598.000 m².



Figuur 5.19 Overzicht Westelijke Venen en locatie van poldergemalen

5.4.2 Waterbalanscomponenten

2003

De gemeten neerslag in de Westelijke Venen in 2003 en de netto drainage vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater is gepresenteerd in Figuur 5.20. De jaarneerslagsom gebaseerd op het gemiddelde van de omliggende KNMI stations Zegveld, Aalsmeer en Loenen a/d Vecht bedroeg 655 mm. De open waterverdamping geschat uit de referentieverdamping van Schiphol is 802 mm. Op basis van de redelijk stabiele verdamping en het gesimuleerde verdampingsvolume wordt het gemiddeld open water oppervlak dat in het NHI is aangenomen geschat op 1.950.000 m² ofwel 6,8% van het totale oppervlak. De neerslag voor dit gebied in het NHI is volgens de Thiessenpolygoon bepaald door station Schiphol. Het opgegeven neerslagvolume op het open water in de waterbalans duidt op een neerslag in mm van 670 mm, 15 mm hoger dan op basis van de omliggende stations, dus ongeveer correct.

De berekende aanvoer naar en afvoer uit de Westelijke Venen is weergegeven in Figuur 5.21. De figuur laat zien dat er in het model permanent sprake is van afvoer uit het gebied ook in tijden van maximale aanvoer voor doorspoeling. De aanvoer in de 4 polders zoals gemeten door het waterschap en de door het NHI berekende aanvoer zijn afgebeeld in Figuur 5.22. De figuur laat zien dat de duur van de aanvoer gemeten en berekend overeenkomen en in het voor- en najaar van dezelfde orde van grootte zijn. In het groeiseizoen is de door het NHI berekende aanvoer ongeveer het dubbele van de schatting van het waterschap. Op jaarbasis is de berekende aanvoer 62% hoger.

De gemeten en berekende afvoer zijn weergegeven in Figuur 5.23. De figuur laat zien dat het model de dynamiek van de afvoer redelijk simuleert. De afvoer in het groeiseizoen wordt 30% overschat, maar reduceert tot 14% op jaarbasis, zie Tabel 5.4.

Het gemeten en berekende netto afvoerloop is weergegeven in Figuur 5.24. Het verloop wordt door het model redelijk gesimuleerd en het verschil op jaarbasis is minimaal.

2006

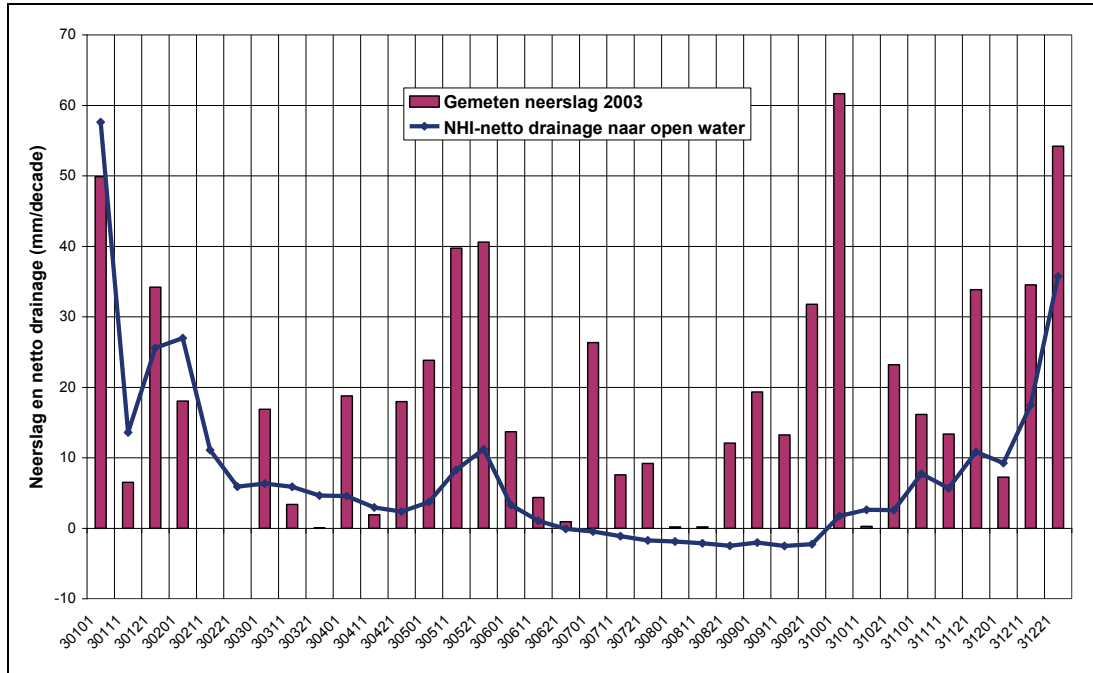
De gemeten neerslag en berekende netto drainage voor 2006 is weergegeven in Figuur 5.25. De gemeten jaarneerslagsom voor de Westelijke Venen voor 2006 is 821 mm, terwijl uit de waterbalans van het NHI een neerslag van 977 mm kan worden afgeleid, d.w.z. 156 mm meer dan de beste schatting uit de waarnemingen. Dit leidt tot een forse overschatting van de afvoer in het model. De figuur geeft aan dat in 2006 in het model slechts gedurende de maand juli sprake is geweest van netto infiltratie. Dit is ook te zien in de berekende aanvoer en afvoer in Figuur 5.26.

De gemeten en berekende aanvoer naar de Westelijke Venen in 2006 is gepresenteerd in Figuur 5.27. Het beeld is vrijwel identiek aan dat van 2003, ook hier is sprake van een veel hoger berekende aanvoer in het groeiseizoen dan door het waterschap is geschat. Op jaarbasis is het verschil nu 69%, zie ook Tabel 5.4.

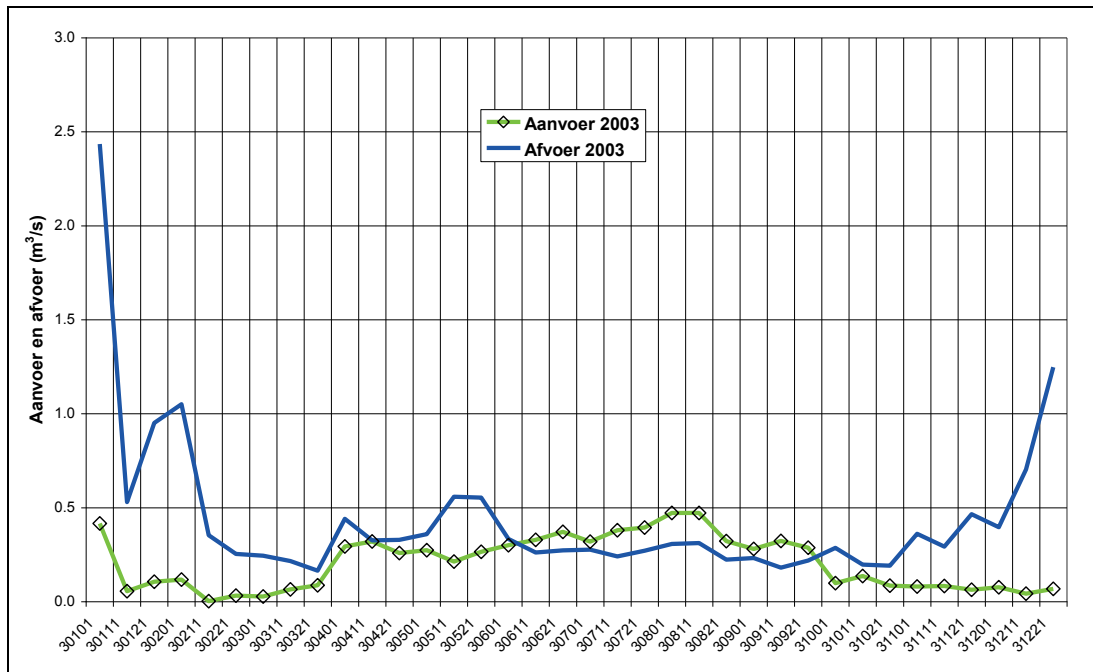
De gemeten en berekende afvoer in 2006 is weergegeven in Figuur 5.28. Evenals voor 2003 komt ook hier de vorm van het afvoerloop tussen meting en berekening redelijk overeen. Afwijkingen treden vooral in augustus en in het najaar op, zoals ook eerder voor de Polder Groot-Mijdrecht is geconstateerd. Deze grote afwijking is mogelijk een gevolg van een verschil tussen de werkelijke en in het model gehanteerde neerslag. Op jaarbasis is het verschil nu 62%.

Het gemeten en berekende netto afvoerverloop is weergegeven in Figuur 5.29. Het verloop tot augustus wordt door het model goed gereproduceerd. Daarna overschrijdt het model de waargenomen netto afvoer.

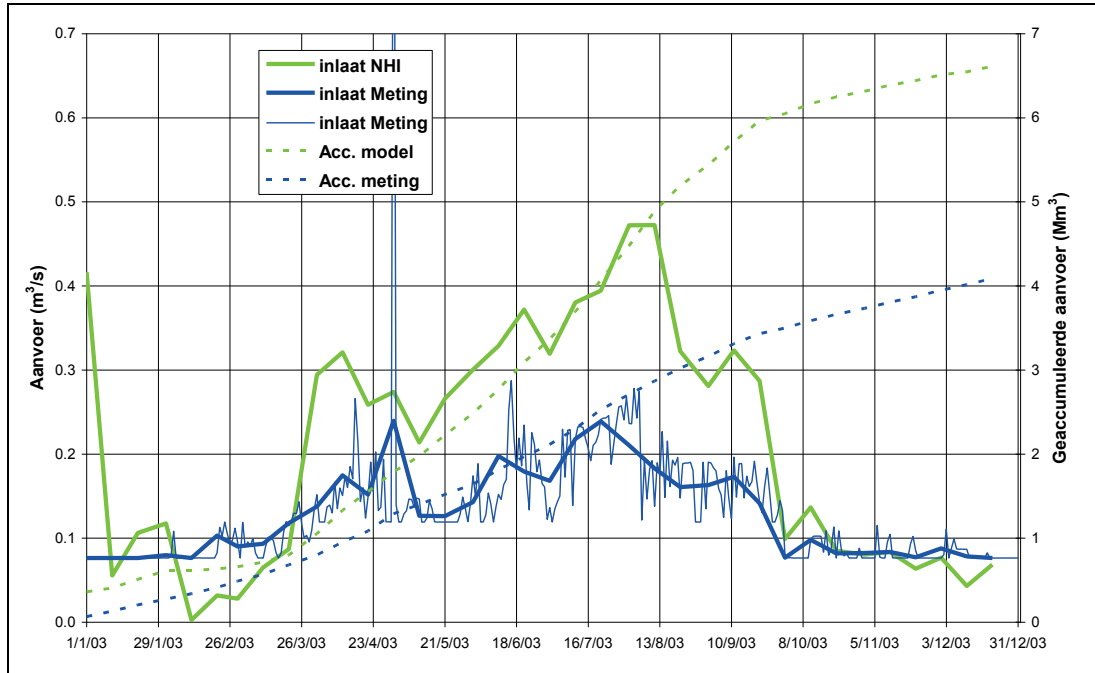
Samenvattend, de aanvoer en afvoergegevens zoals aangeleverd door het waterschap en zoals berekend door het NHI verschillen afzonderlijk aanzienlijk, maar de netto afvoer wordt grotendeels redelijk gereproduceerd.



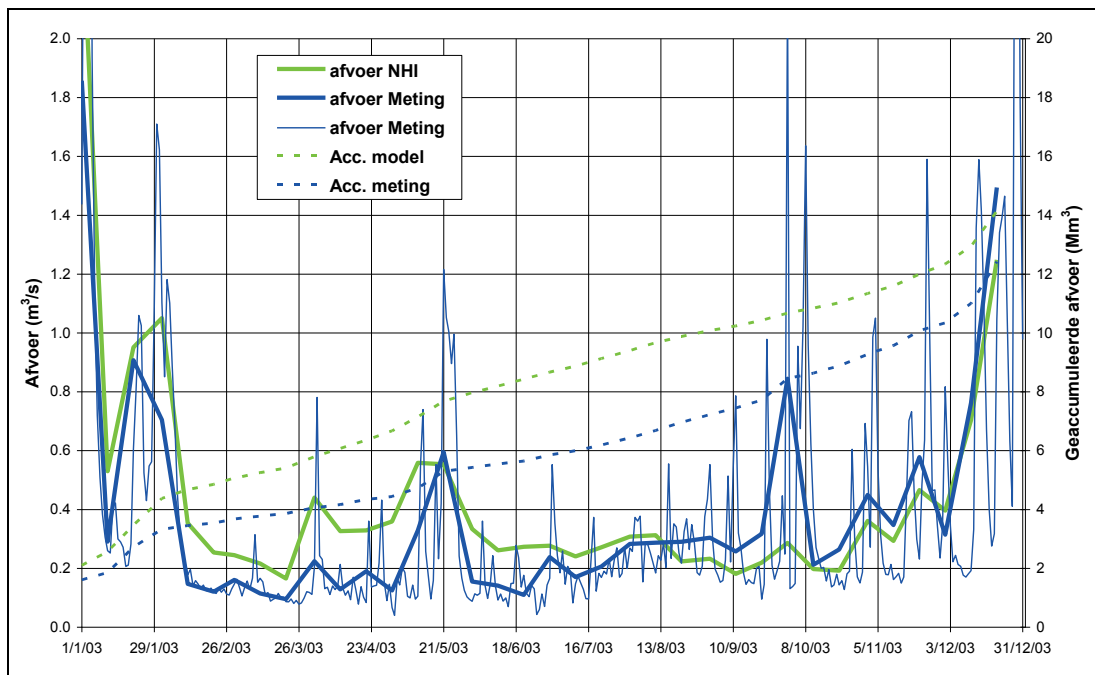
Figuur 5.20 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, Westelijke Venen 2003



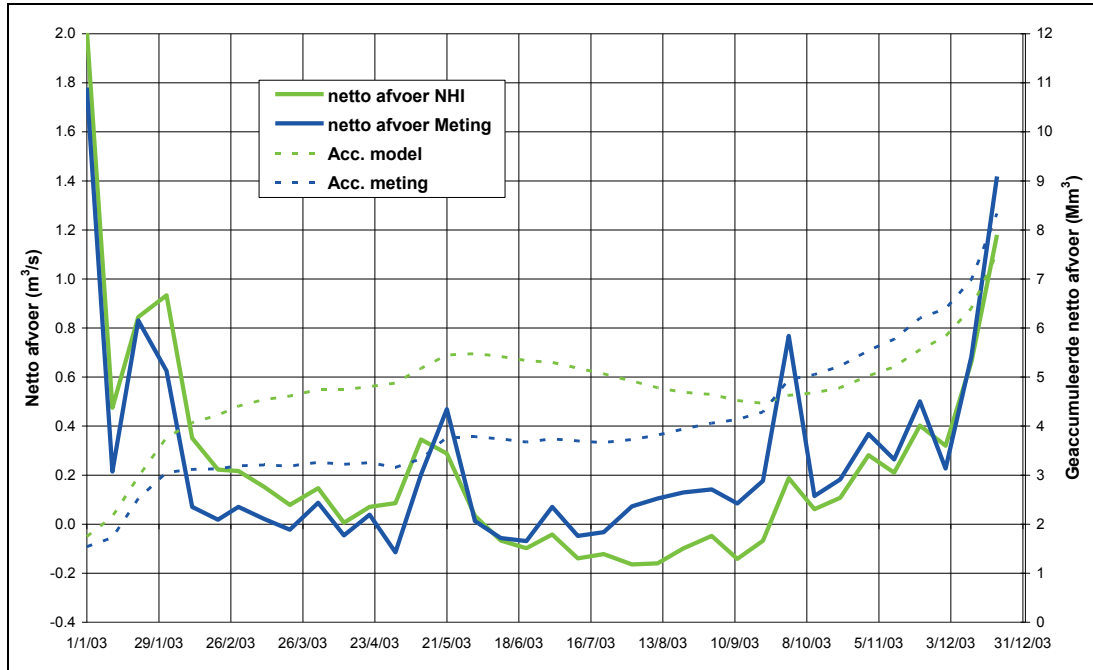
Figuur 5.21 Berekende aanvoer en afvoer Westelijke Venen 2003



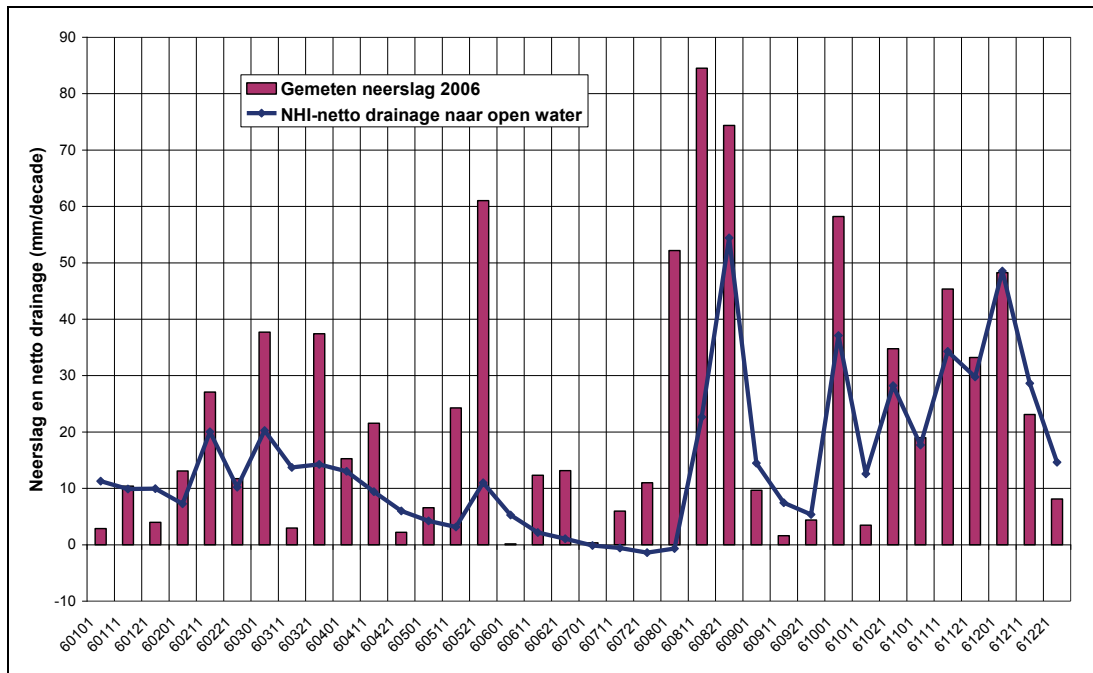
Figuur 5.22 Gemeten en berekende aanvoer Westelijke Venen, 2003



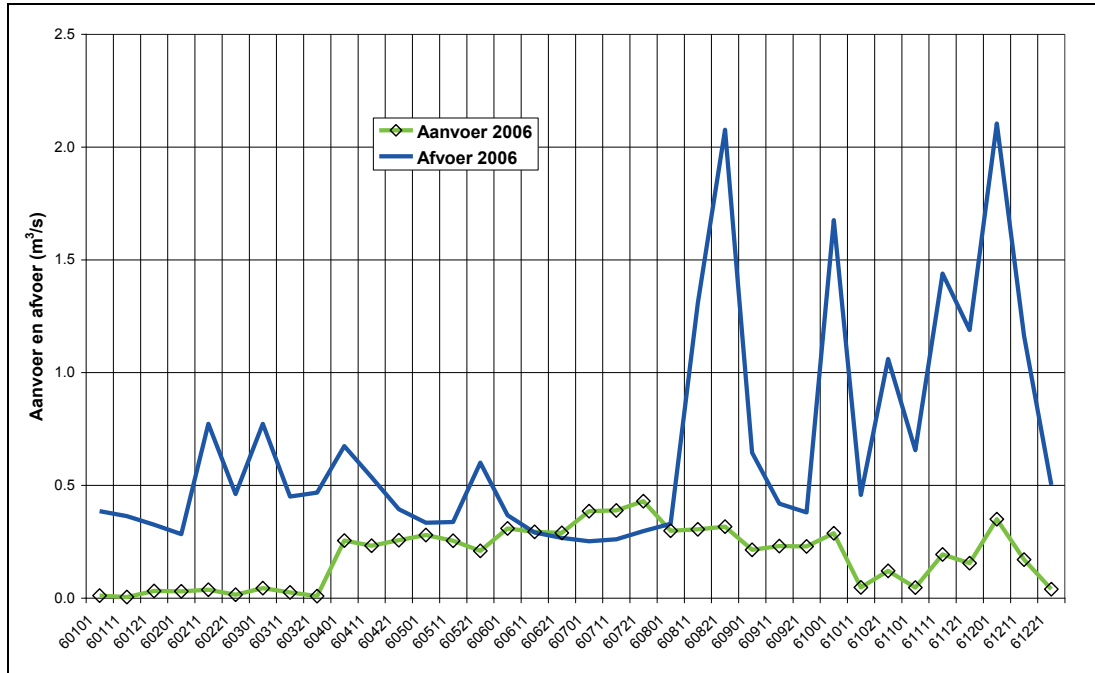
Figuur 5.23 Gemeten en berekende afvoer Westelijke Venen, 2003



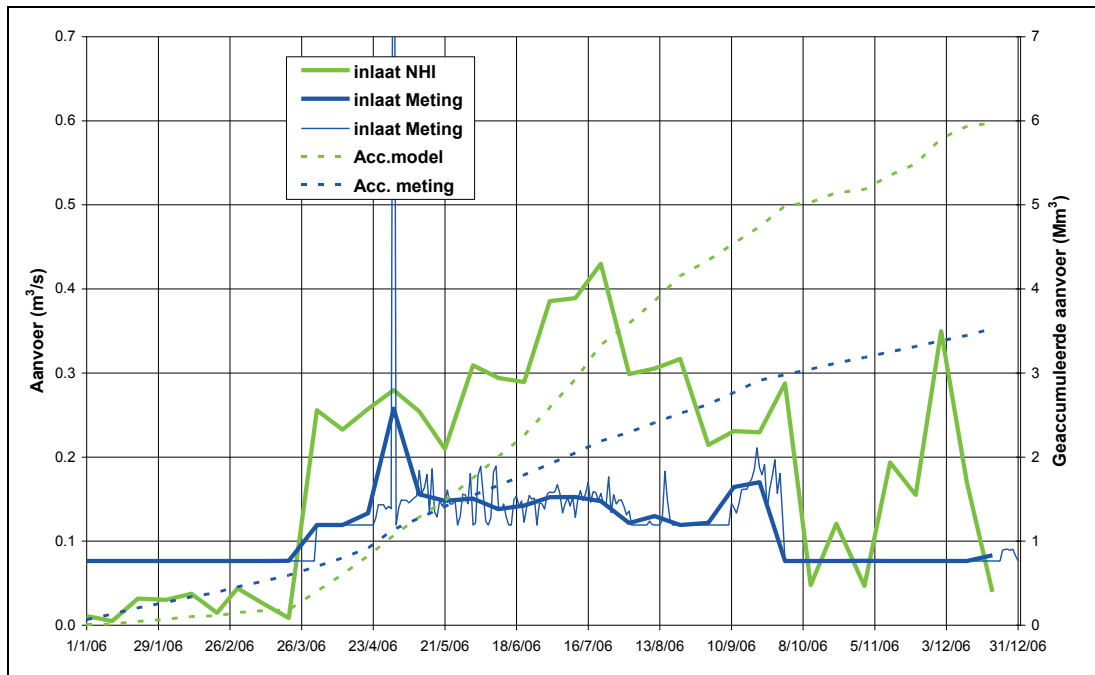
Figuur 5.24 Gemeten en berekende netto afvoer Westelijke Venen, 2003



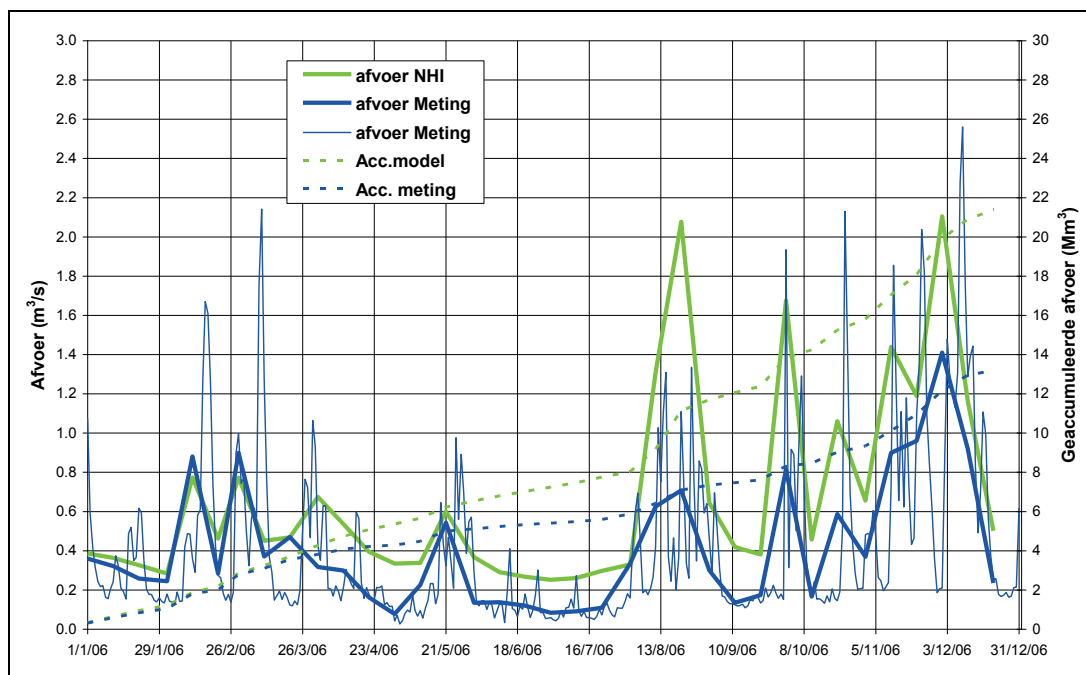
Figuur 5.25 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, Westelijke Venen 2006



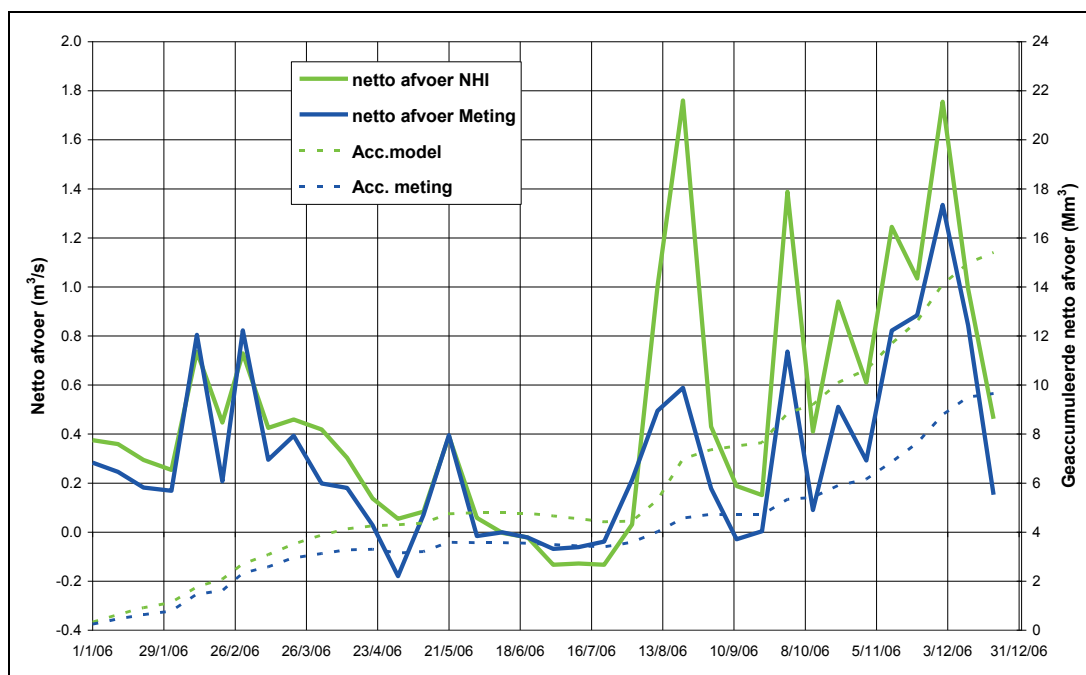
Figuur 5.26 Berekende aanvoer en afvoer Westelijke Venen 2006



Figuur 5.27 Gemeten en berekende aanvoer Westelijke Venen, 2006



Figuur 5.28 Gemeten en berekende afvoer Westelijke Venen, 2006



Figuur 5.29 Gemeten en berekende netto afvoer Westelijke Venen, 2006

Tabel 5.4 Overzicht van geschatte en berekende aanvoer en afvoer Westelijke Venen in 2003 en 2006

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model			
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer
2003	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	4.087	12.420	6.612	14.131	-0.254	7.773	-0.536	-2.524	-1.711	-62	-14
seizoen	2.752	3.853	5.165	5.017	-0.739	0.591	-0.609	-2.413	-1.164	-88	-30
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	142.9	434.3	231.2	494.1	-8.9	271.8	-18.8	-88.3	-59.8		
seizoen	96.2	134.7	180.6	175.4	-25.9	20.7	-21.3	-84.4	-40.7		

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model			
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer
2006	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	3.526	13.181	5.972	21.374	0.391	15.011	-0.331	-2.446	-8.194	-69	-62
seizoen	2.319	4.069	4.559	8.697	-0.346	4.484	-0.404	-2.240	-4.627	-97	-114
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	123.3	460.9	208.8	747.4	13.7	524.9	-11.6	-85.5	-286.5		
seizoen	81.1	142.3	159.4	304.1	-12.1	156.8	-14.1	-78.3	-161.8		

5.5 Loosdrechtse plassen

5.5.1 Locatie

De Loosdrechtse Plassen liggen tussen de Vecht en de Utrechtse heuvelrug ten zuidwesten van Hilversum, zie Figuur 5.1. Het waterschap omschrijft de Loosdrechtse Plassen als een waterrijk gebied dat een uitwiggende deklaag heeft met voor een groot deel door de deklaag in het zand stekende sloten. Op de helling van het Gooi zijn er trapsgewijze peilvakken met telkens afwisseling langs de gradiënt van kwel en wegzijging. Aan de teen van de heuvelrug treedt kwel op vanuit de heuvelrug. Ten zuidwesten worden de Loosdrechtse Plassen, die een gemiddeld peil hebben van -1,1 m+NAP, begrensd door de diepe polder Bethune bij Maarssen (maaiveld op -2 tot -3 m+NAP), die kwelwater vangt uit de directe omgeving en van de heuvelrug. Bij de Plassen is sprake van indringend boezemwater (Rijnwater) voor suppletie van polders.

Het oppervlak van het gebied, zoals aangenomen in het NHI, bedraagt 34.004.200 m².

5.5.2 Waterbalanscomponenten

2003

De gemeten neerslag (station Loenen a/d Vecht) en de netto drainage zijn weergegeven in Figuur 5.30. Het verloop van de gemeten en berekende aanvoer is gepresenteerd in Figuur 5.31. De gemeten en berekende inlaat zijn voor het grootste deel van het groeiseizoen vrijwel identiek, alleen in april en oktober wordt een te grote inlaat gesimuleerd. Dit is mogelijk een gevolg van peilopzet. Op jaarbasis is het verschil tussen de gemeten en berekende inlaat 33% en voor het groeiseizoen 37%, zie ook Tabel 5.5.

In Figuur 5.32 is de berekende afvoer vergeleken met de meting hoeveelheid water. De figuur laat grote verschillen zien voor de maanden april en oktober, mogelijk ten gevolge van peilbeheer: in april wordt in het model meer water ingelaten en in oktober wordt meer water afgevoerd. De effecten van dit beheer zijn niet zichtbaar in de maalstaten. Op jaarbasis is de berekende afvoer slechts 4% groter dan is gemeten, echter het verschil voor het groeiseizoen bedraagt 37% (te laag berekend).

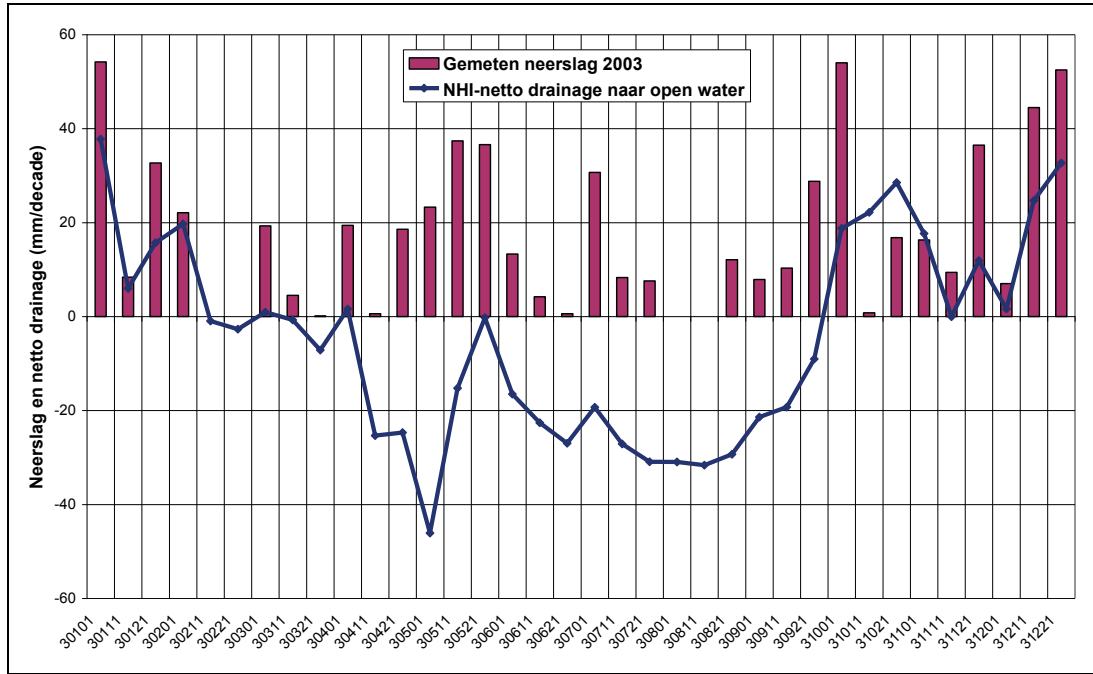
Het netto gemeten en berekende afvoerloop is weergegeven in Figuur 5.33. De figuur geeft aan de afwijkingen in de aanvoer en in de afvoer afzonderlijk ongeveer verdwenen zijn in het netto afvoerloop.

Samenvattend, het NHI geeft t.a.v. de aanvoer een redelijke reproductie van de gemeten inlaat, maar het resultaat sluit niet aan bij de uitgemalen hoeveelheden.

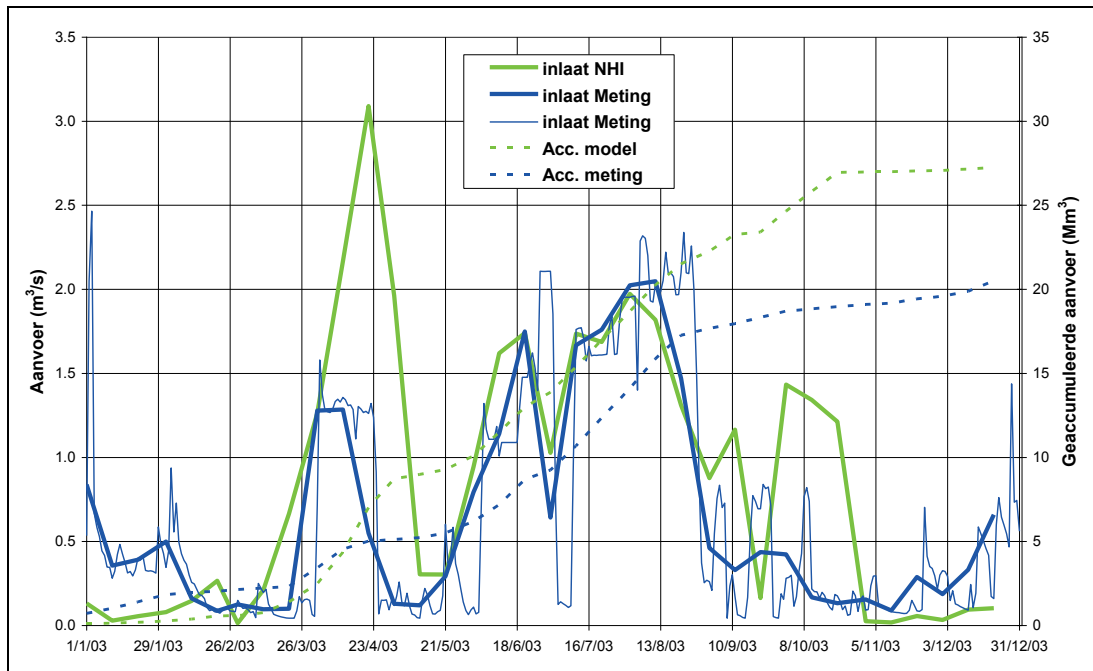
2006

De gemeten neerslag (station Loenen a/d Vecht) en de berekende netto drainage zijn weergegeven voor 2006 in Figuur 5.34 en de berekende aanvoer en afvoer in Figuur 5.35. Het berekende verloop van de inlaat is voor 2006 vrijwel gelijk aan dat voor 2003.

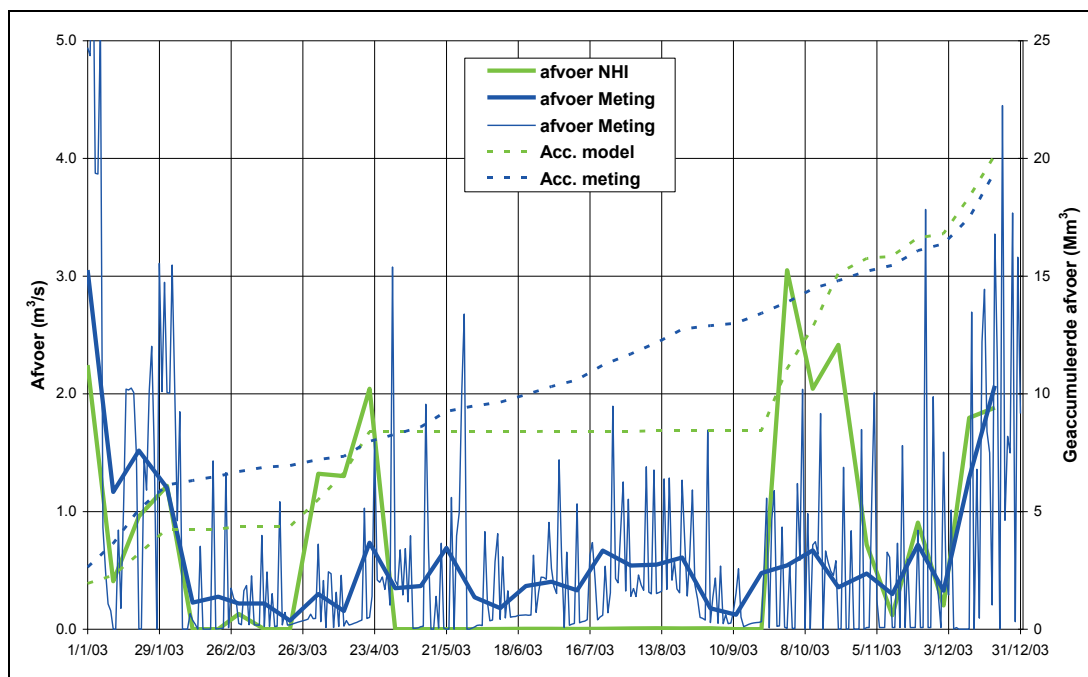
Voor 2006 zijn geen metingen beschikbaar van inlaat en uitmaling.



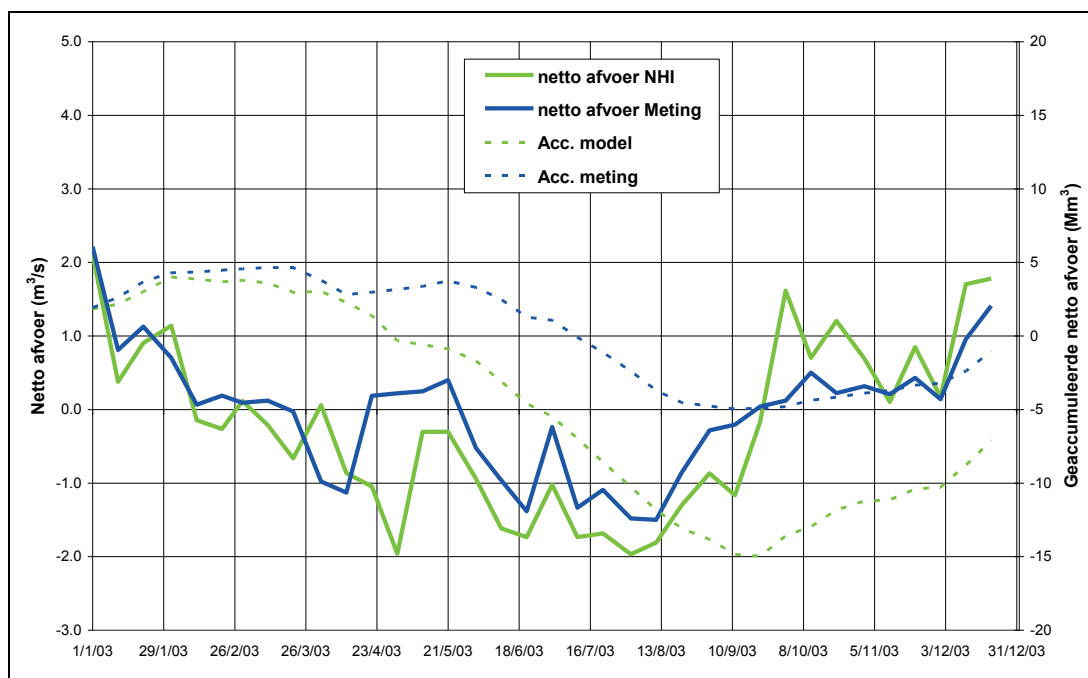
Figuur 5.30 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, Loosdrechtse Plassen 2003



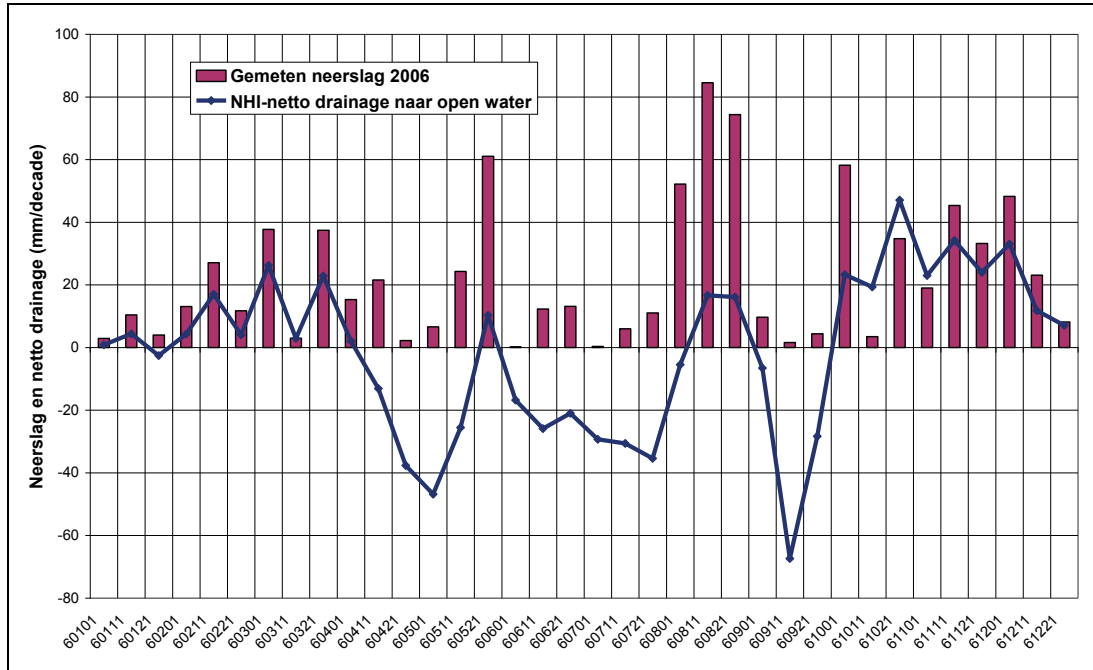
Figuur 5.31 Gemeten en berekende aanvoer Loosdrechtse Plassen 2003



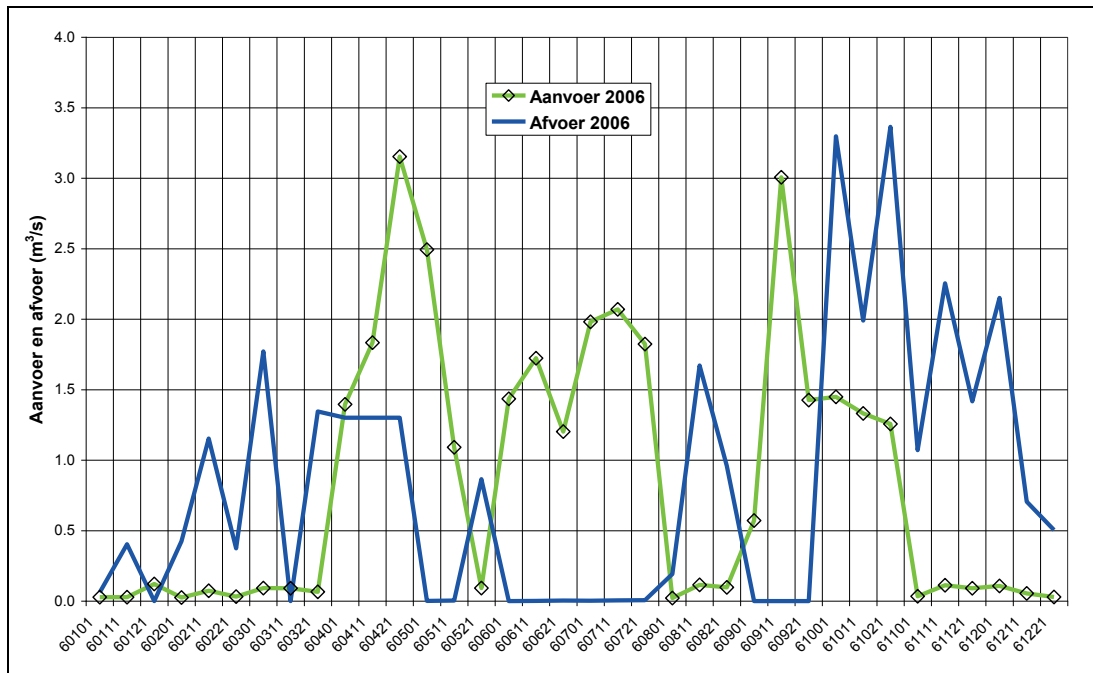
Figuur 5.32 Gemeten en berekende afvoer Loosdrechtse Plassen 2003



Figuur 5.33 Gemeten en berekende netto afvoer Loosdrechtse Plassen 2003



Figuur 5.34 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, Loosdrechtse Plassen 2006



Figuur 5.35 Berekende aanvoer en afvoer Loosdrechtse Plassen 2006

Tabel 5.5 Overzicht van aanvoer en afvoer Loosdrechtse Plassen voor 2003 en 2006

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model				
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	
2003	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	20.499	19.443	27.251	20.144	-2.050	-5.727	-0.678	-6.753	-0.701	-33	-4	
seizoen	16.009	6.462	22.011	4.067	-5.183	-13.431	-4.050	-6.003	2.395	-37	37	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	602.8	571.8	801.4	592.4	-60.3	-168.4	-19.9	-198.6	-20.6			
seizoen	470.8	190.0	647.3	119.6	-152.4	-395.0	-119.1	-176.5	70.4			

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model			
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer
2006	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar			26.693	26.377	1.117	-1.442	-0.021				
seizoen			22.230	6.735	-3.779	-11.727	-3.393				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar			785.0	775.7	32.8	-42.4	-0.6				
seizoen			653.8	198.1	-111.1	-344.9	-99.8				

5.6 Polder de Rondehoep

5.6.1 Locatie

De polder de Rondehoep (afvoergebied gemaal Rondehoep) ten zuiden van Ouderkerk a/d Amstel grenst aan en ligt ten noorden van de polder Groot-Mijdrecht, gescheiden door de Oude Waver. Het maaiveld in de Rondehoep ligt op ongeveer -2,0 m+NAP. Dat is 4 m hoger dan in de polder Groot-Mijdrecht en 3 m hoger dan in de westelijk gelegen Bovenkerkerpolder. De polder is daarom een wegzijgingsgebied, met een intensiteit van gemiddeld 0,5 – 1,0 mm/d over de polder. Het waterschap geeft aan dat langs de randen van polder de Rondehoep op vele locaties brak water wordt ingelaten via particuliere inlaten. Deze waterstroom is niet controleerbaar en niet stuurbaar, terwijl zij door het doorspoelen wel de kwaliteit beïnvloedt.

Het oppervlak van de polder, zoals aangenomen in het NHI, bedraagt 12.760.500 m².

5.6.2 Waterbalanscomponenten

2003

De neerslag in de polder kan worden geschat als het gemiddelde van de waarnemingen te Aalsmeer en Abcoude. Voor 2003 bedraagt het jaartotaal dan 690 mm. Dit is 20 mm hoger dan uit het neerslagvolume op het open water voor de polder kan worden afgeleid. Wordt Schiphol representatief geacht voor de verdamping, dan is deze voor het open water in de polder 802 mm. De gemeten neerslag en de berekende netto drainage is weergegeven in Figuur 5.36. Opvallend is dat van medio februari tot en met november sprake is van netto infiltratie. Dit duidt op een aanzienlijke wegzijging uit het gebied.

De aanvoer, gemeten en berekend, is weergegeven in Figuur 5.37. De figuur geeft aan dat de grootte van de inlaat door het model in het groeiseizoen ongeveer correct wordt gesimuleerd. Aan het begin en het eind van het jaar wordt geen aanvoer berekend maar wel gemeten. Op seizoensbasis onderschat het model de aanvoer met 23%, op jaarbasis groeit dat tot 39%.

De gemeten en berekende afvoer uit de polder is gepresenteerd in Figuur 5.38. De figuur geeft aan dat de afvoer door het model sterk wordt onderschat. In de praktijk heeft in 2003 geen afvoer plaatsgevonden in de maanden augustus en september, terwijl in het model er van februari tot en met november geen sprake is geweest van afvoer. Op jaarbasis is het verschil 58%, zie ook Tabel 5.6.

De netto afvoer is weergegeven in Figuur 5.39. Opmerkelijk is dat het berekende verloop van de netto afvoer het gemeten verloop redelijk volgt, terwijl zowel bij de aanvoer als bij de afvoer afzonderlijk aanzienlijke verschillen zijn geconstateerd. Op

basis van de overschatting van de neerslag door het model zou men een grotere netto afvoer verwachten dan is berekend. Er vindt in het model kennelijk te veel wegzijging plaats.

2006

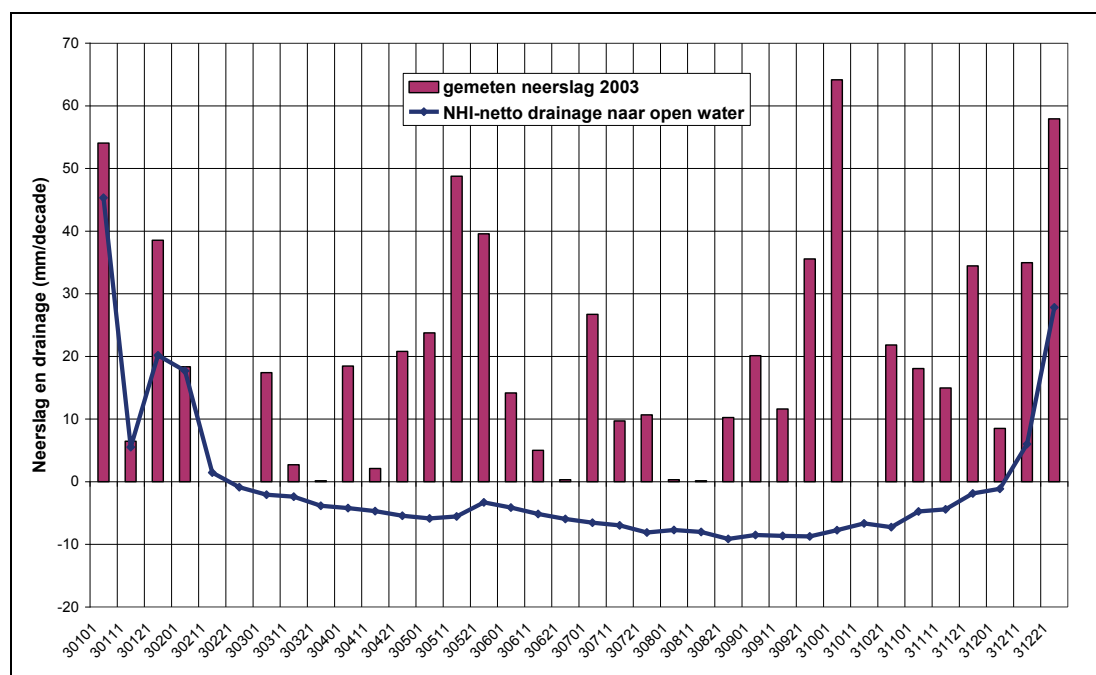
De gemeten neerslag en berekende netto drainage voor de polder de Rondehoep in 2006 is weergegeven in Figuur 5.40. De beste schatting voor de jaarneerslag bedraagt 839 mm, terwijl de neerslagvolumina in het NHI duiden op een neerslag van 977 mm, d.w.z. 138 mm hoger. Het model zou bij een juiste simulatie van de wegzijging voor dit jaar de afvoer te groot berekenen.

De gemeten en berekende aanvoer is weergegeven in Figuur 5.41. Het verloop wordt slecht gesimuleerd en het volume van de aanvoer wordt aanzienlijk onderschat. De match is slechter dan voor 2003, en het verschil bedraagt nu 54% op seizoensbasis en 72% op jaarbasis 98%, zie Tabel 5.6.

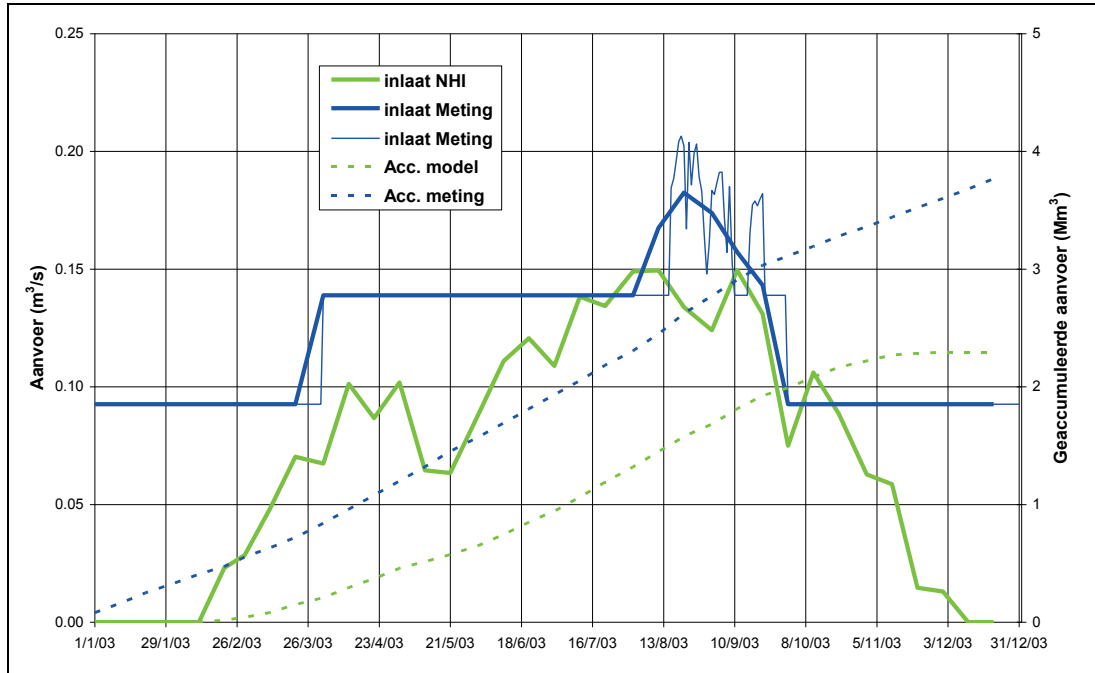
In Figuur 5.42 is de gemeten en berekende afvoer voor 2006 gepresenteerd. Het model onderschat de afvoer tot augustus. Vervolgens wordt de afvoer enkele maanden overschat en de laatste maanden van 2006 wordt de afvoer ongeveer correct gesimuleerd.

De netto afvoer is gepresenteerd in Figuur 5.43. Evenals voor 2003 blijkt ook hier dat de gesimuleerde netto afvoer het gemeten verloop redelijk volgt met uitzondering van augustus. Dit is mogelijk een direct gevolg van de aangenomen neerslag in het model die de gemeten neerslag aanzienlijk overschat. Omdat het netto afvoerresultaat ongeveer sluit duiden de uitkomsten ook hier op een sterke overschatting van de wegzijging uit het gebied.

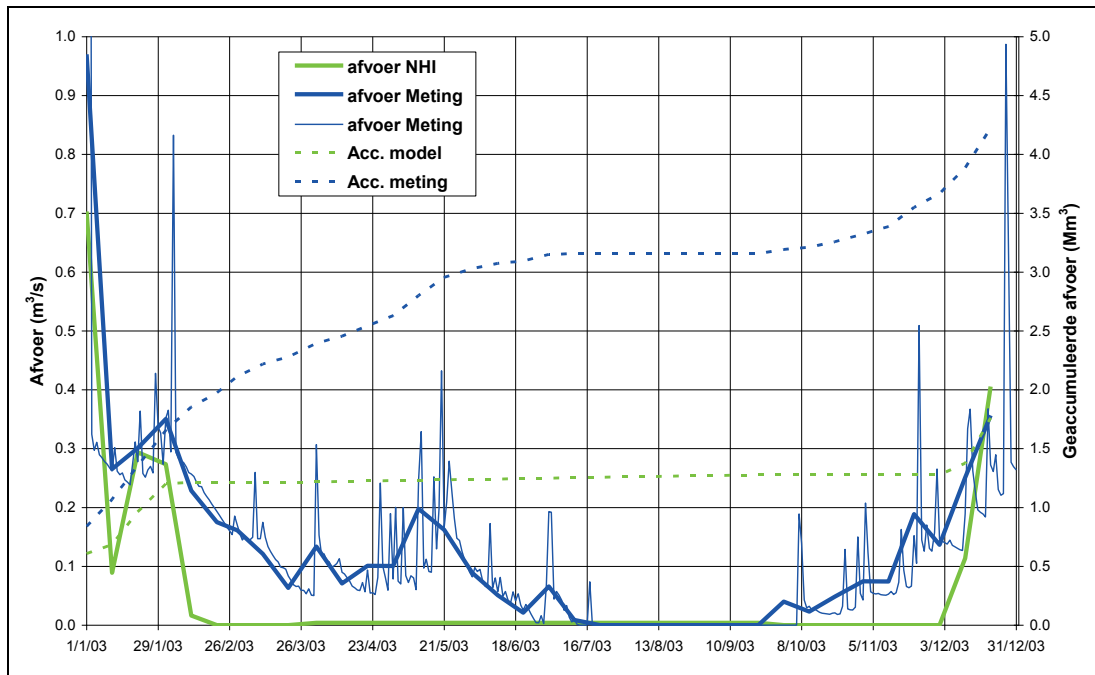
Een overzicht van de resultaten op jaarbasis en voor het groeiseizoen is gegeven in Tabel 5.6.



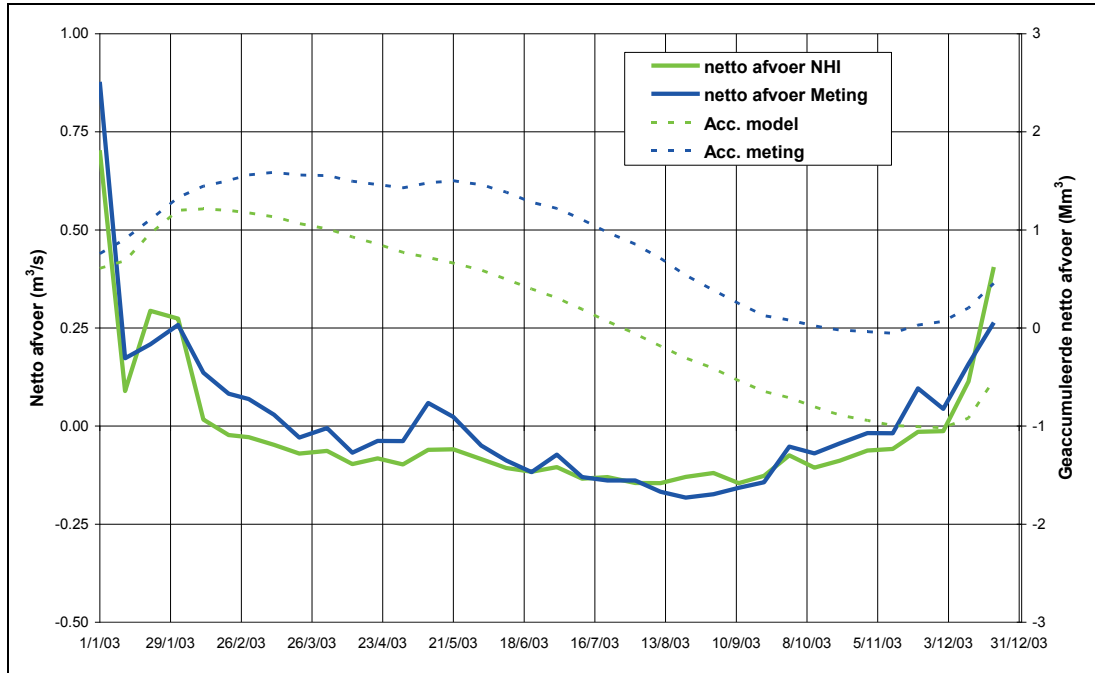
Figuur 5.36 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, polder de Rondehoep 2003



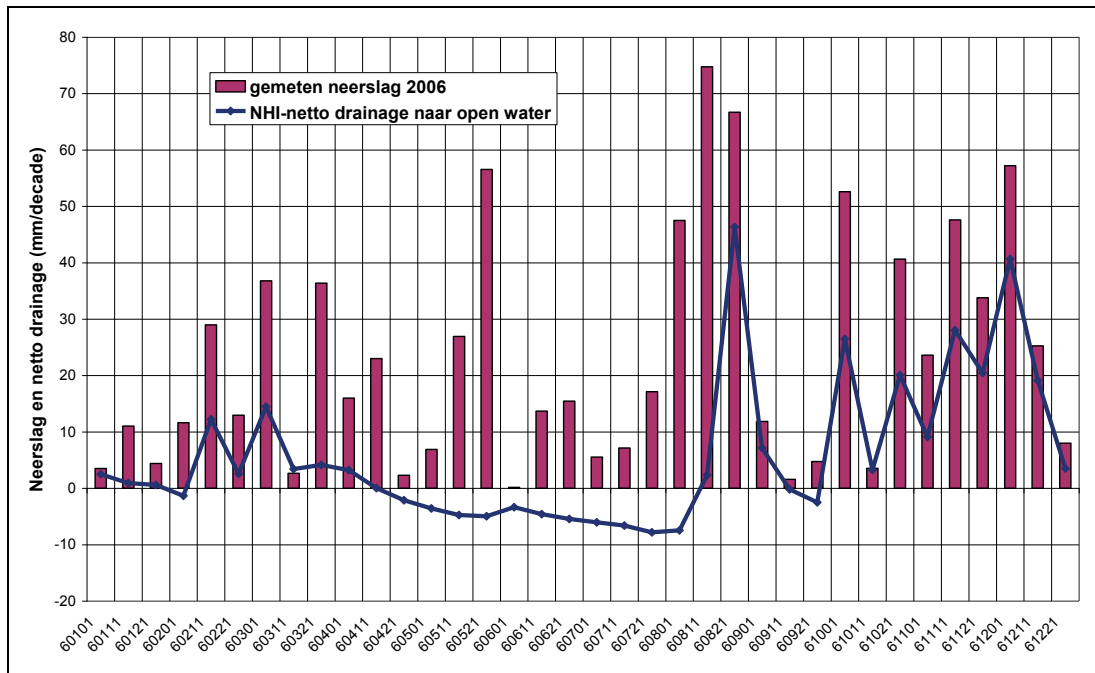
Figuur 5.37 Gemeten en berekende aanvoer polder de Rondehoep, 2003



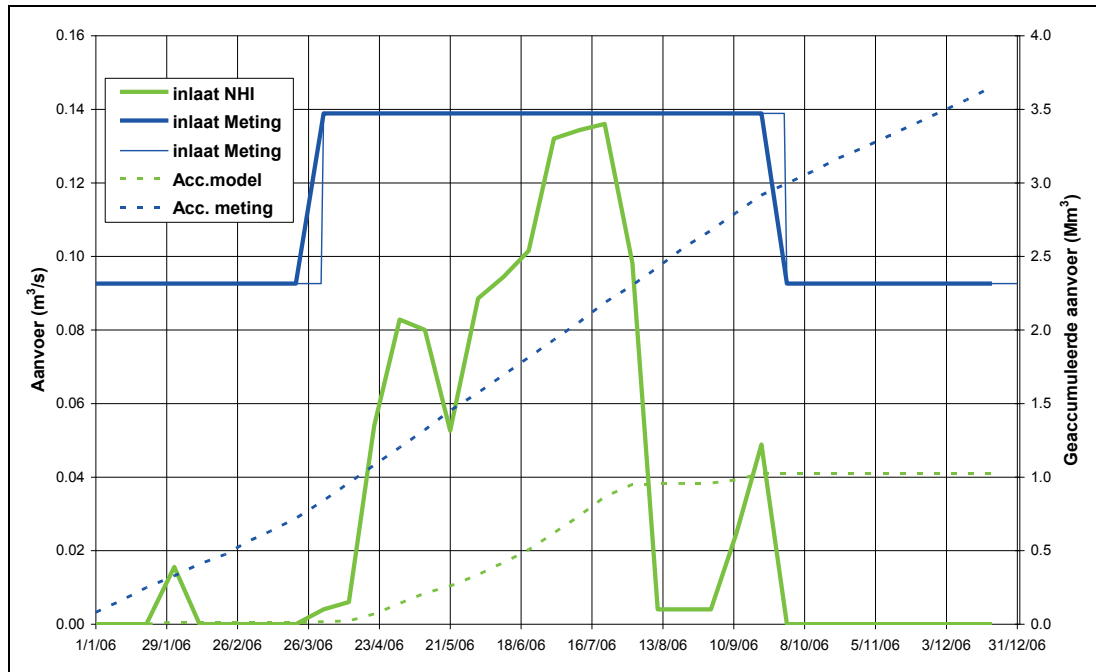
Figuur 5.38 Gemeten en berekende afvoer polder de Rondehoep, 2003



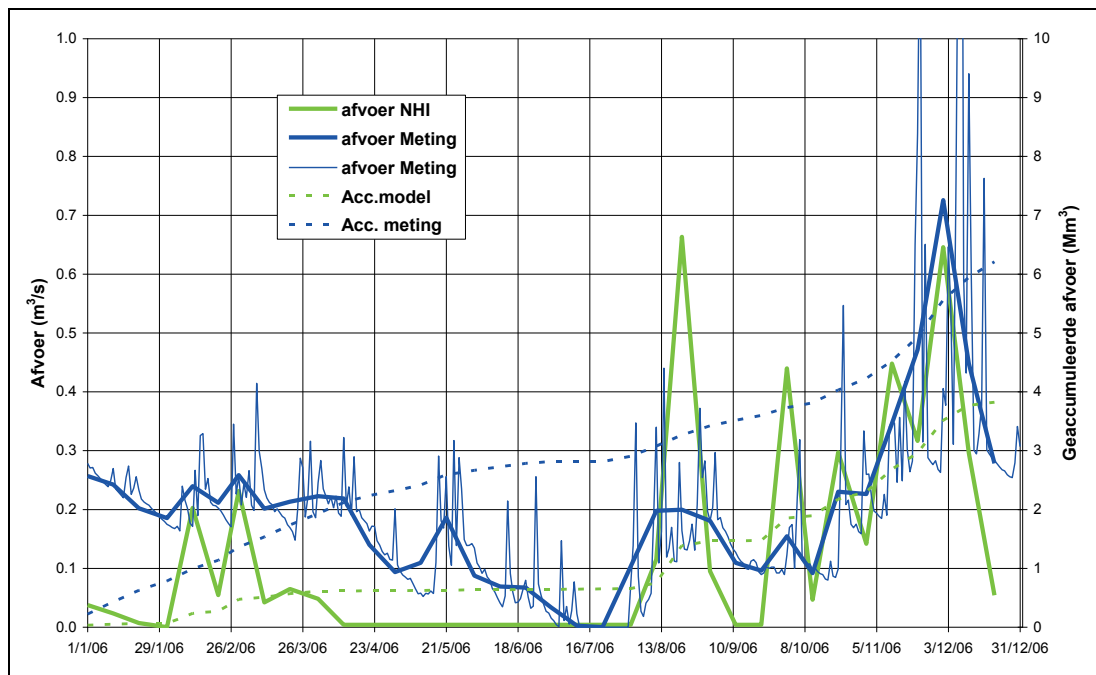
Figuur 5.39 Gemeten en berekende netto afvoer polder de Rondehoep, 2003



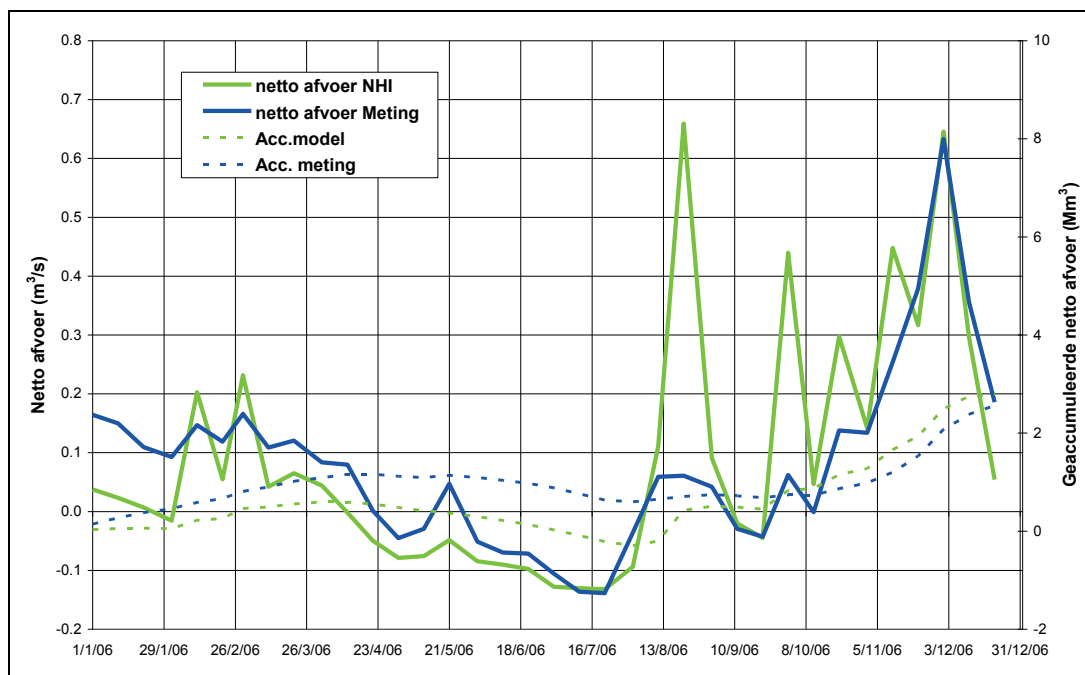
Figuur 5.40 Gemeten neerslag en berekende netto drainage, polder de Rondehoep 2006



Figuur 5.41 Gemeten en berekende aanvoer polder de Rondehoep, 2006



Figuur 5.42 Gemeten en berekende afvoer polder de Rondehoep, 2006



Figuur 5.43 Gemeten en berekende netto afvoer polder de Rondehoep, 2006

Tabel 5.6 Overzicht gemeten en berekende aanvoer polder de Rondehoep 2003 en 2006

	Gemeten		Berekend					Gemeten - model			
	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer	N-E open water	Netto drainage	Allocatie	Inlaat	Afvoer	Inlaat	Afvoer
2003	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	3.768	4.222	2.295	1.761	-0.077	-0.457	0.000	1.473	2.462	39	58
seizoen	2.312	0.879	1.776	0.063	-0.224	-1.489	0.000	0.535	0.816	23	93
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	295.3	330.9	179.8	138.0	-6.0	-35.8	0.0	115.5	192.9		
seizoen	181.2	68.9	139.2	5.0	-17.5	-116.7	0.0	42.0	63.9		
2006	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	Mm³	%	%
jaar	3.652	6.210	1.023	3.823	0.119	2.681	0.000	2.629	2.387	72	38
seizoen	2.196	1.862	1.010	0.903	-0.105	-0.003	0.000	1.186	0.959	54	52
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
jaar	286.2	486.6	80.2	299.6	9.3	210.1	0.0	206.0	187.0		
seizoen	172.1	145.9	79.1	70.7	-8.2	-0.2	0.0	92.9	75.2		

5.7 Grondwaterstanden

Uurwaarnemingen zijn ontvangen van grondwaterput 31F173 in polder Bethune (zie Figuur 5.44) die is uitgerust met een vijftal peilbuizen met daarin drukopnemers (divers). De karakteristieken van het bovenste filter zijn weergegeven in Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Locatie en filterdiepte peilbuis 31F173 in polder Bethune

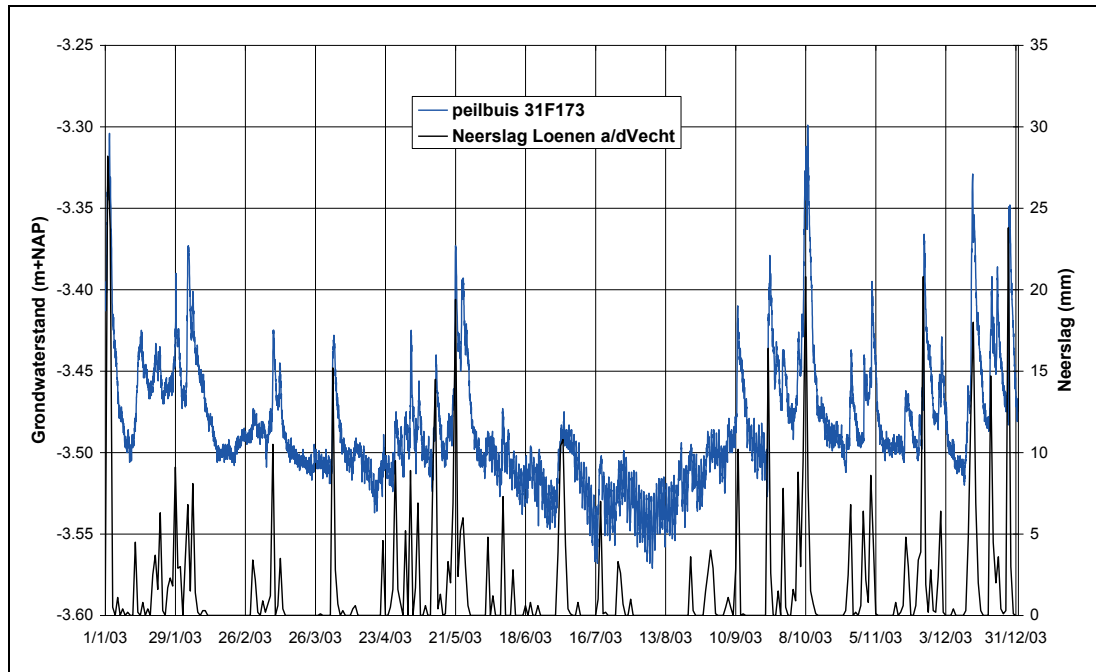
Locatie	X	Y	Maaiveld (m-ref)	Top filter (m-ref)	Bottom filter (m-ref)
31F173	133162.7	463583.4	-2.705	-25	-26



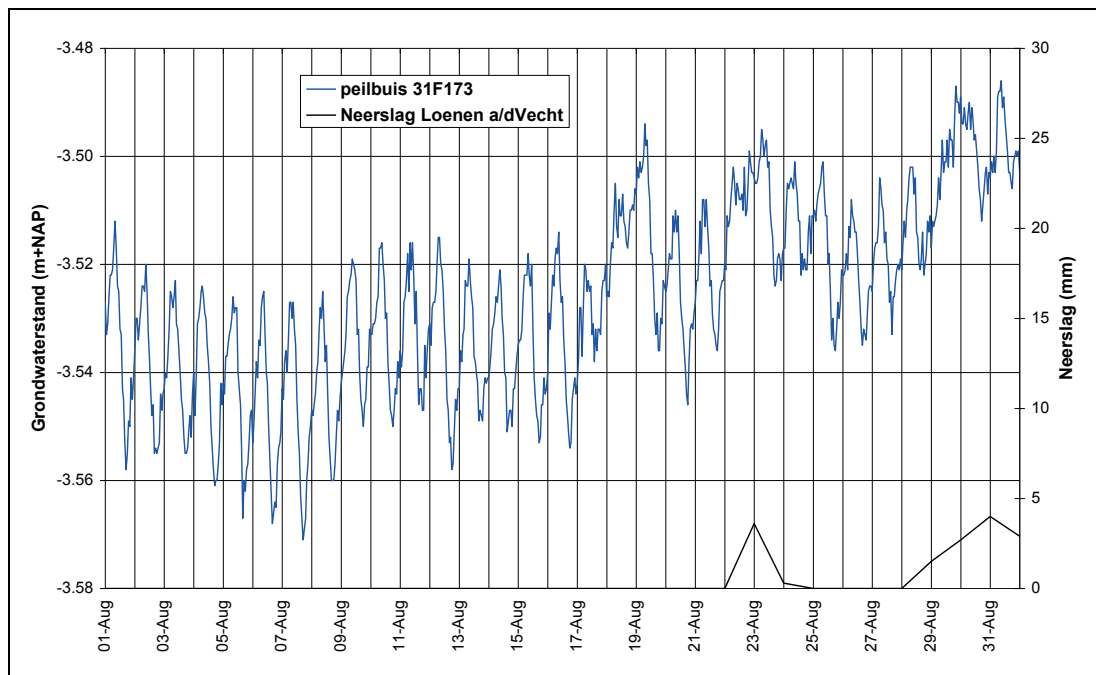
Figuur 5.44 Locatie peilbuis 31F173 in polder Bethune

De gemeten grondwaterstanden voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 5.45 (2003), Figuur 5.46 (detail augustus 2003) en Figuur 5.48 (2006), samen met de neerslag van het nabij gelegen KNMI neerslagstation Loenen a/d/ Vecht. De figuren laten een snelle respons zien van de grondwaterstand op de neerslag met een kortstondig uitputtingsverloop. Opvallend is de „ruis” in het signaal vooral in de zomermaanden. Inzoomend op het signaal (Figuur 5.46) laat zien dat er sprake is van een variatie binnen de dag. Van de avond van de vorige dag tot de ochtend stijgt het grondwater om daarna tijdens de dag weer orde 3 cm te zakken tot de avond, waarna het proces zich weer herhaalt. Het lijkt erop dat sprake is van kwel naar het freatisch grondwater die ervoor zorgt dat de grondwaterspiegel stijgt, en dat de dagelijkse verdamping het grondwater weer omlaag brengt. Omdat beide processen elkaar in augustus ongeveer in evenwicht houden wordt de grootte van de kwel geschat op orde 3 mm/dag, de grootte van de verdamping.

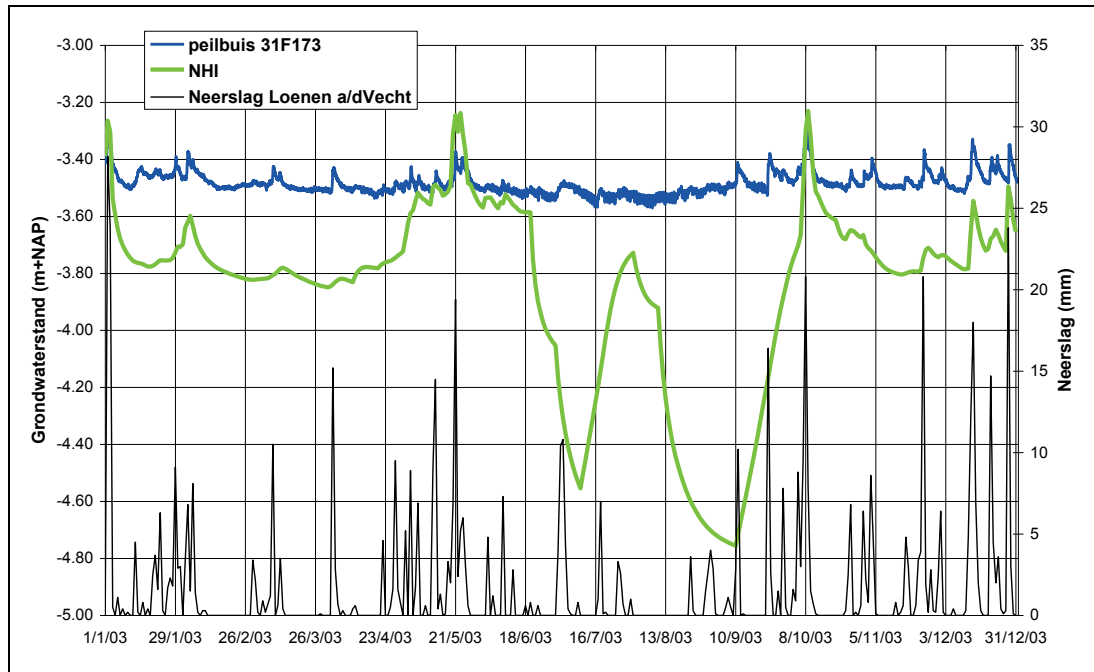
De gemeten en berekende grondwaterstanden zijn voor 2003 en 2006 weergegeven in respectievelijk Figuur 5.47 en Figuur 5.49. Het berekende resultaat laat in het groeiseizoen vreemde zakkingen zien die sneller verlopen dan het normale uitputtingsverloop. In de maanden juni - augustus herhaalt zich in 2006 een patroon dat in 2003 ook optrad en geen reactie is op neerslag. Hier lijkt in het rekenproces iets niet goed te gaan in de overgang van condities. De range van de berekende grondwaterstanden is ook veel groter dan is gemeten. In september 2006 is in het berekende resultaat ook weer de 9/11 hik te zien, een plotselinge grondwaterstandverandering t.g.v. onvolkomenheden in het rekenproces, die voor Noord Nederland ook steeds is geconstateerd.



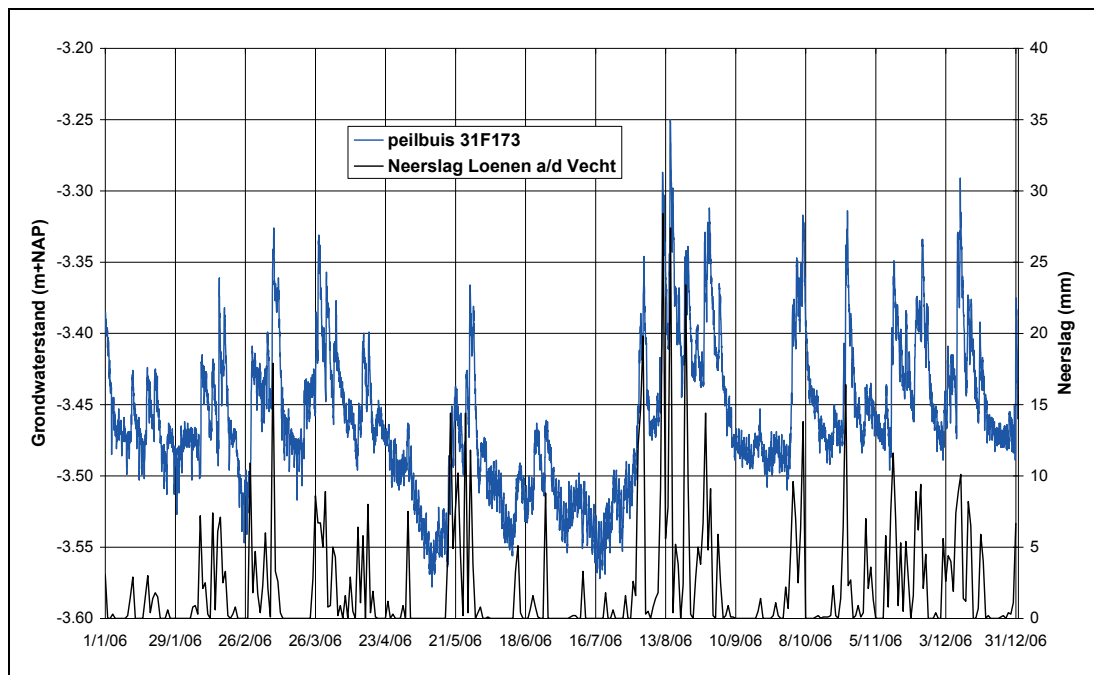
Figuur 5.45 Gemeten grondwaterstand peilbuis 31F173 in polder Bethune, 2003



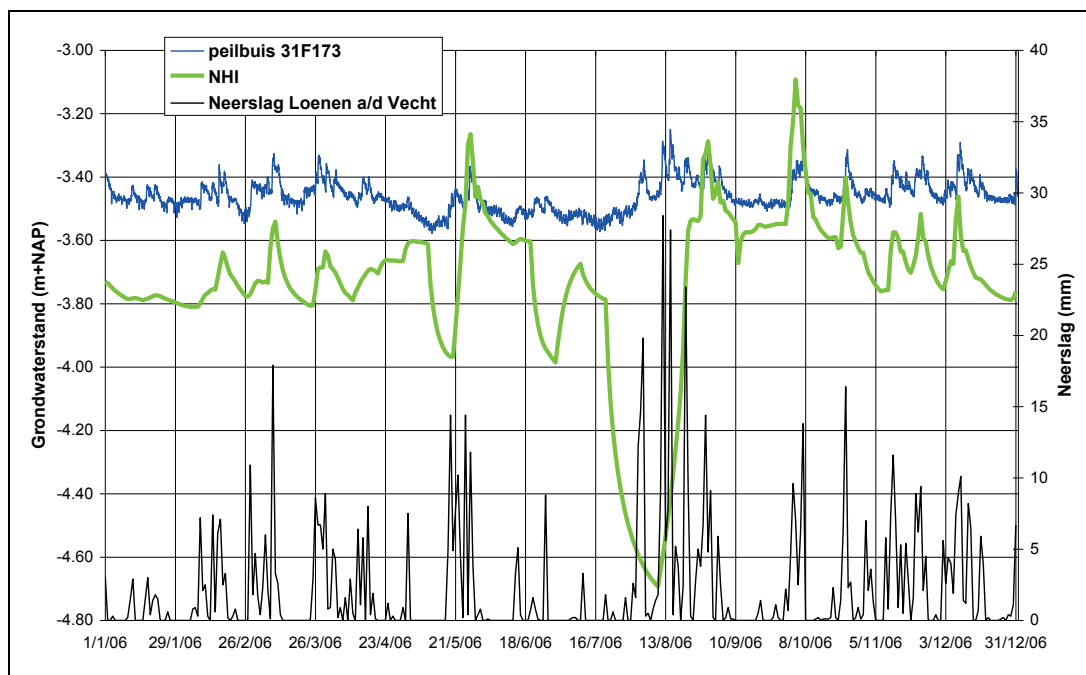
Figuur 5.46 Gemeten grondwaterstand peilbuis 31F173 in polder Bethune, augustus 2003



Figuur 5.47 Gemeten en berekende grondwaterstanden 31F173 en NHI in polder Bethune, 2003



Figuur 5.48 Gemeten grondwaterstand peilbuis 31F173 in polder Bethune, 2006



Figuur 5.49 Gemeten en berekende grondwaterstanden 31F173 en NHI in polder Bethune, 2006

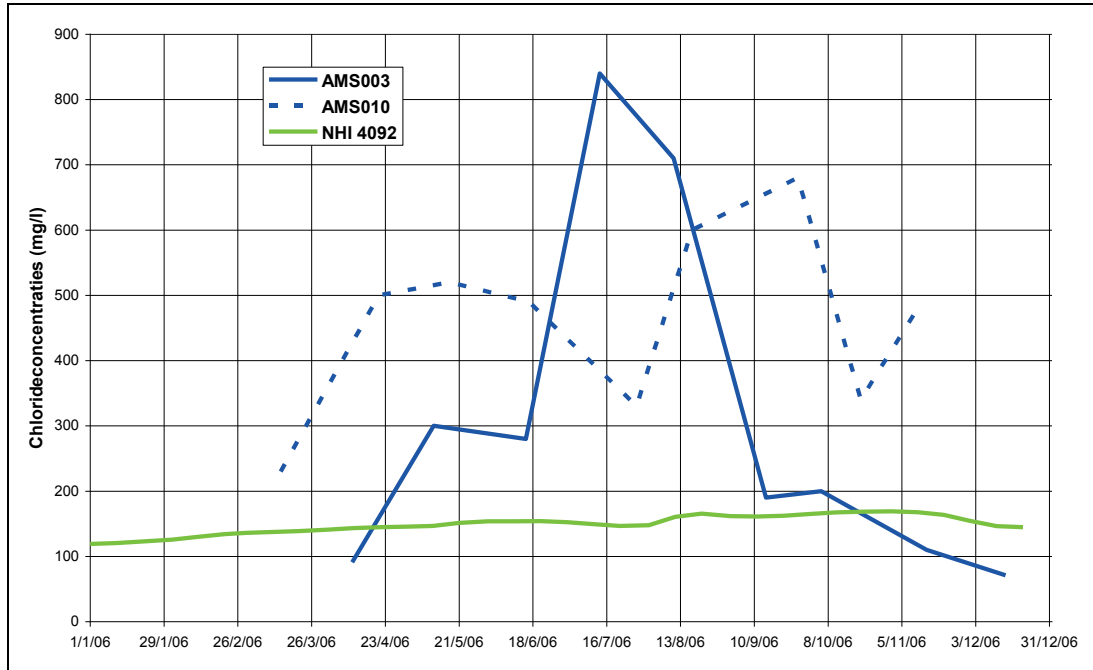
5.8 Chlorideconcentraties

5.8.1 Meetlocaties

Een overzicht van de chloride meetlocaties in het beheersgebied van Waternet waarvoor gegevens beschikbaar zijn voor 2003 en 2006 is gegeven in Figuur 5.50 en Tabel 5.8. Alleen de gegevens van de gemerkte locaties in de tabel zijn in beschouwing genomen volgens de opzet van het onderzoek dat alleen chloride concentraties van boezemwateren in dit stadium van de NHI-validatie in beschouwing worden genomen.

Tabel 5.8 Overzicht locaties met chlorideconcentratiegegevens, 2003 en 2006

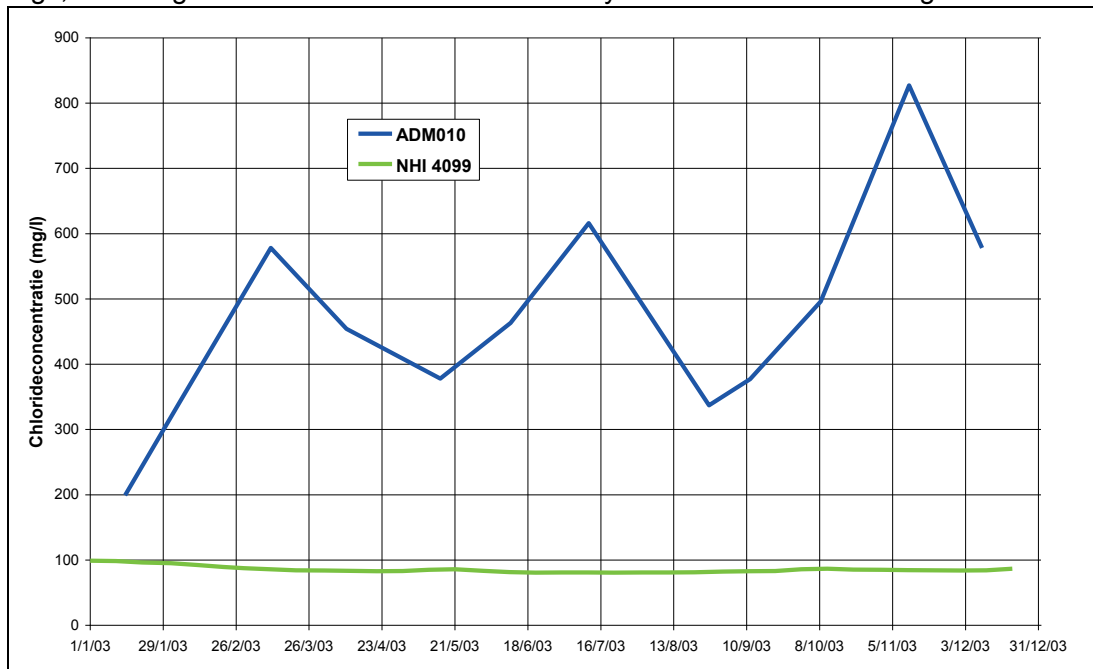
CODE	Locatie	X	Y	2003	2006
ADM010	Keizersgracht/molenpad, Stadsboezem	120755	486720	V	V
AMS003	Amstel brug provincialeweg Uithoorn, Amstel	117013	471636	VB	V
AMS010	Amstel t.o. nr. 319/ten Z A10, Amstel	121688	482650	V	V
HOD001	100 m west brug a2, Noordzijde, Holendrecht	125250	476790	V	V
WIN001	Winkel, Nellesteinse brug huisnr 32, Winkel	124894	474612	RGP	P
GHC002	Portengense Brug, Grote Heijkop	125708	463613	V	V
VEC004	Vecht Eilandseweg to nr.16	130381	475702	V	V
VEC008	Vecht steiger thv "De Bierhut"	133355	477451	VG	V
VEC014	Vecht te Loenen	129964	468569	G	R
PGM001	Polder Groot Mijdrecht			ok	ok
PRH001	Polder Rondehoep			ok	ok
BGP004	Bloemendaler en Gemeenschapspolder			nee	ok
NBW003	Polder Noordse Buurt en Westveen			ok	ok
NBW007	Import WQ			nee	ok
PZH001	Polder Zevenhoven			ok	ok



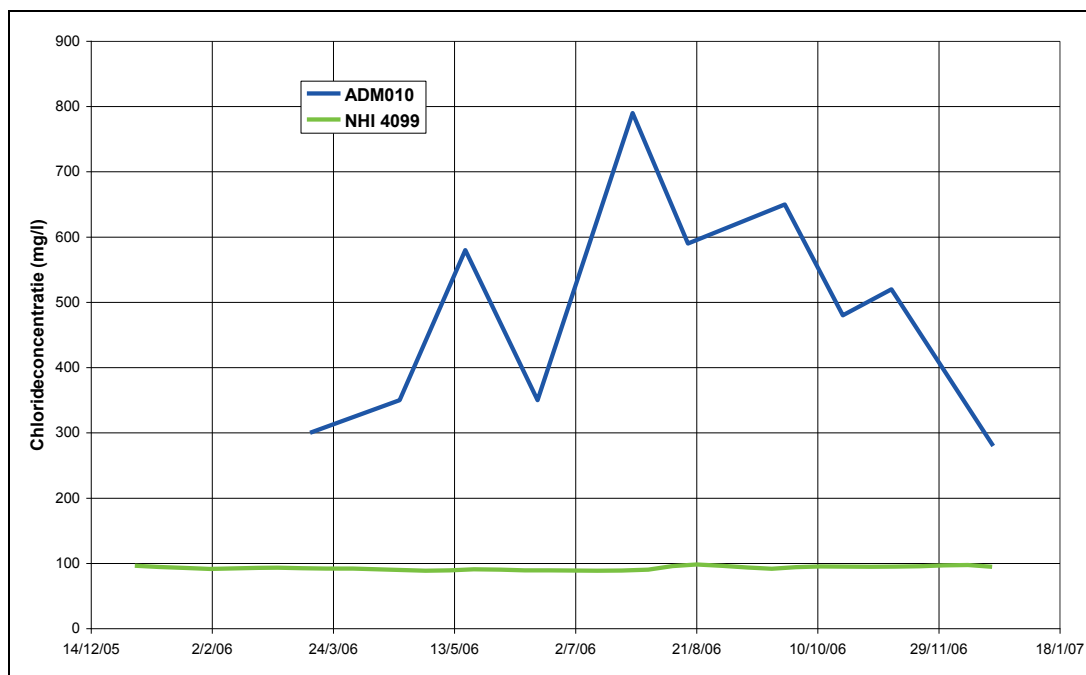
Figuur 5.52 Gemeten en berekende chlorideconcentraties Amstelboezem 2006

5.8.3 Stadsboezem Amsterdam

Voor de stadsboezem van Amsterdam is één meetlocatie beschikbaar. De gemeten en berekende chloride concentraties zijn gepresenteerd in Figuur 5.53 (2003) en Figuur 5.54 (2006). De gemeten waarden variëren tussen de 200 en 800 mg/l in beide jaren. De berekende waarden wijken hier fors vanaf en liggen constant op een niveau van 100 mg/l; dat is lager dan in de Amstelboezem. De dynamiek ontbreekt volledig.



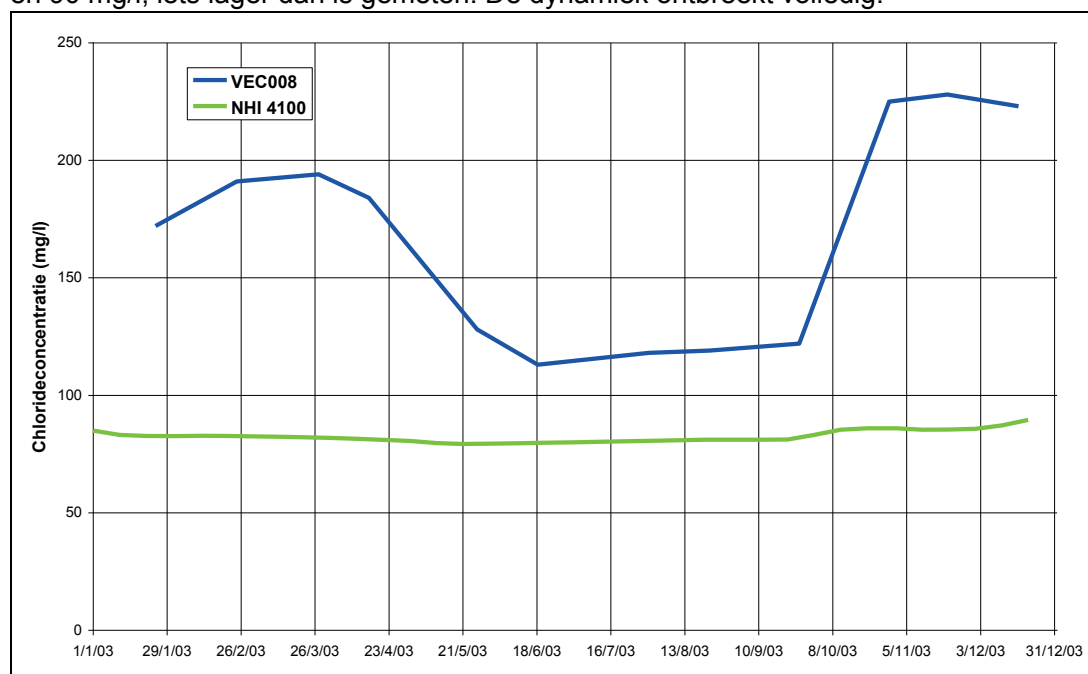
Figuur 5.53 Gemeten en berekende chlorideconcentraties Stadsboezem Amsterdam, 2003



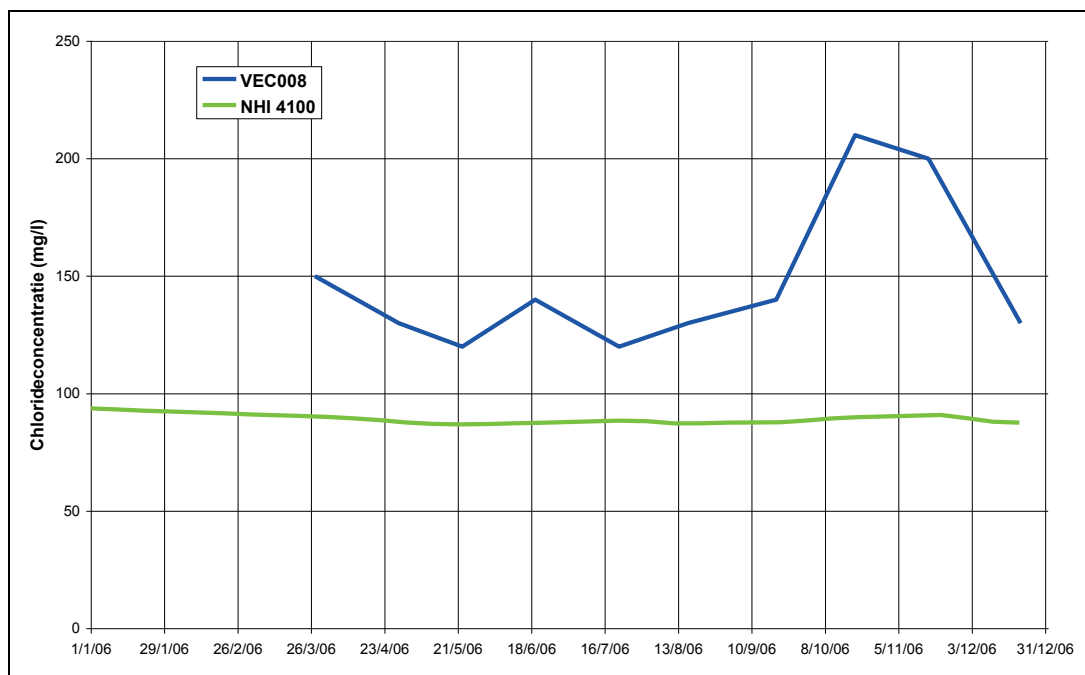
Figuur 5.54 Gemeten en berekende chlorideconcentraties Stadsboezem Amsterdam, 2006

5.8.4 Vecht noord

De chloride meetlocatie op de Vecht benedenstrooms van Nigtevecht ligt halverwege genoemde plaats en Weesp. De chloride waarden voor 2003 en 2006 (zie Figuur 5.55 en Figuur 5.56) fluctueren tussen de 100 en 250 mg/l, met de laagste waarden in het groeiseizoen. De berekende waarden zijn steeds vrijwel constant en liggen tussen 80 en 90 mg/l, iets lager dan is gemeten. De dynamiek ontbreekt volledig.



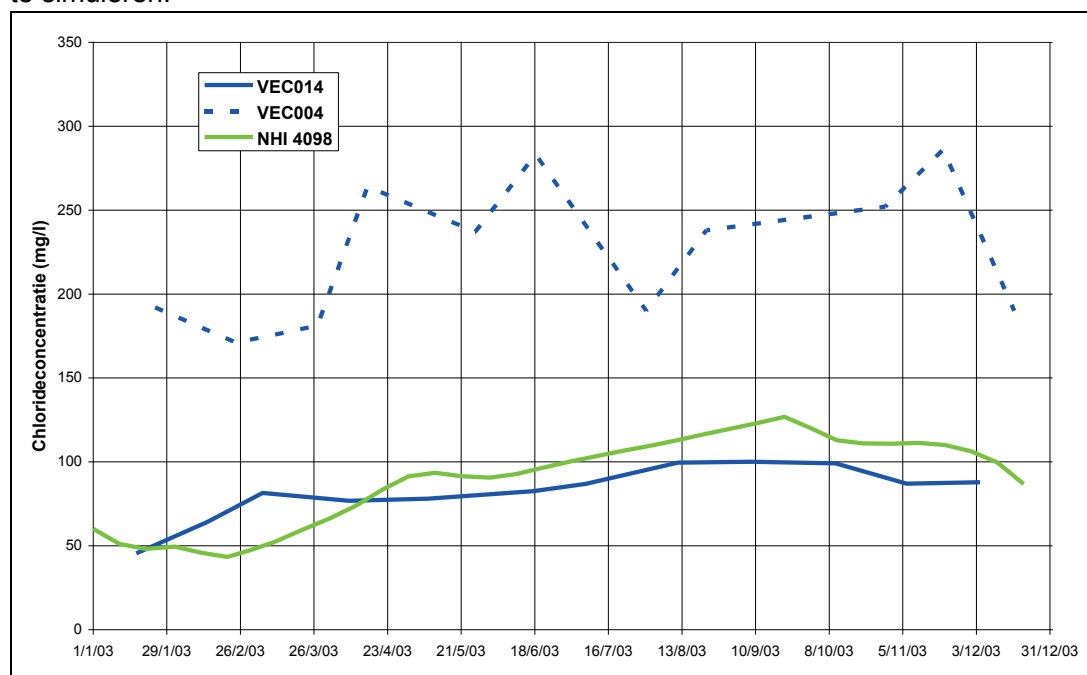
Figuur 5.55 Gemeten en berekende chloride concentraties Vecht, benedenstrooms Nigtevecht, 2003



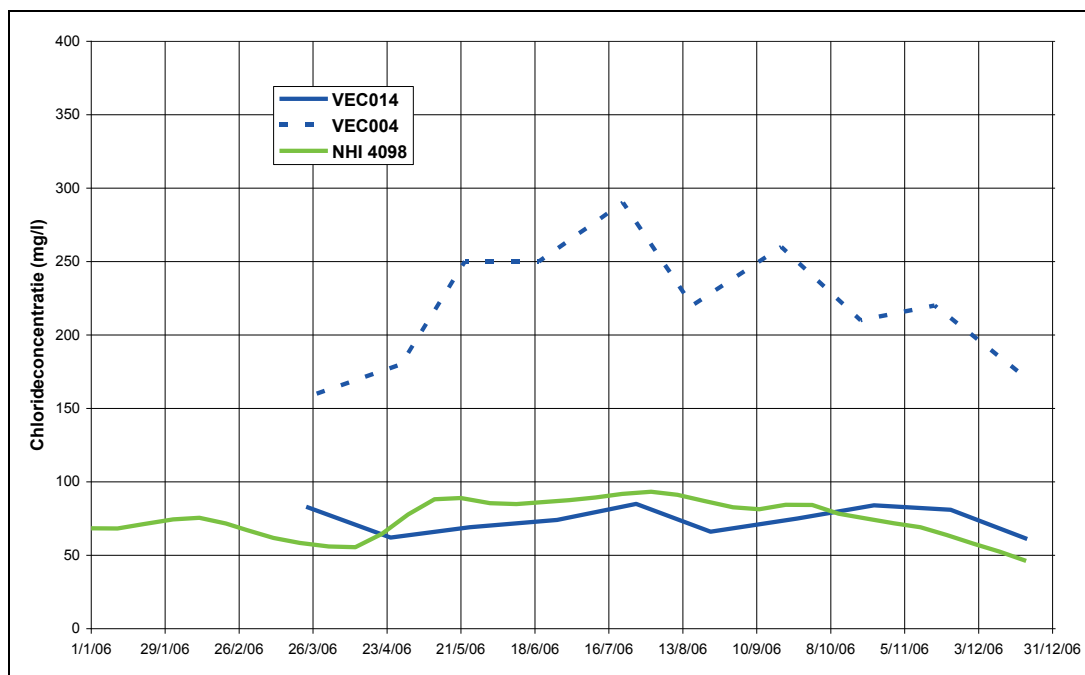
Figuur 5.56 Gemeten en berekende chloride concentraties Vecht, benedenstrooms Nigtevecht, 2006

5.8.5 Vecht zuid

De meetlocaties van de chloride concentraties benedenstrooms van Nigtevecht liggen bij genoemde plaats (VEC004) en Loenen a/d Vecht (VEC014). In Figuur 5.57 en Figuur 5.58 is te zien dat de gemeten concentraties tussen de beide meetpunten aanzienlijk verschillen, met waarden tussen 150 en 300 mg/l bij Nigtevecht en tussen 50 en 100 mg/l bij Loenen a/d Vecht. De berekende chloride concentraties sluiten goed aan bij de metingen te Loenen a/d Vecht en genereert dus te lage waarden voor Nigtevecht. Modelaanpassingen zijn nodig om de chloride gradiënten naar plaats beter te simuleren.



Figuur 5.57 Gemeten en berekende chlorideconcentraties Vecht, bovenstrooms Nigtevecht, 2003



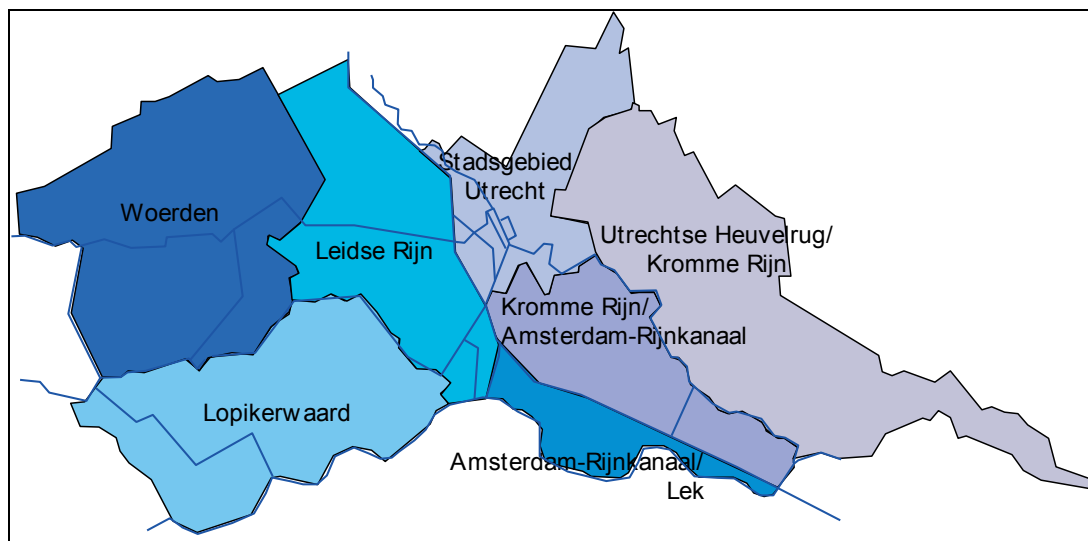
Figuur 5.58 Gemeten en berekende chlorideconcentraties Vecht, bovenstrooms Nigtevecht, 2006

6 De Stichtse Rijnlanden

6.1 Hydraulische infrastructuur

Het beheersgebied van de Stichtse Rijnlanden beslaat ongeveer 82.000 ha en wordt in het NHI van west naar oost verdeeld in de volgende districten, zie Figuur 6.1:

- 1 Woerden, district 43,
- 2 Lopikerwaard, district 44,
- 3 Leidsche Rijn, district 42,
- 4 Amsterdam-Rijnkanaal/Lek, district 84,
- 5 Stadsgebied Utrecht, district 83,
- 6 Kromme Rijn/Amsterdam-Rijnkanaal, district 85, en
- 7 Utrechtse Heuvelrug/Kromme Rijn, district 41.



Figuur 6.1 Indeling van het watersysteem van de Stichtse Rijnlanden

De aanvoer en afvoer van water naar en van de districten is beschreven in het volgende (HKV, 2009)

Woerden

In het district Woerden wordt met poldergemalen het overtollig water uitgeslagen op de boezem, de Oude Rijn. In het noorden wordt water uitgeslagen op de boezem van het waterschap Waternet. De aanvoer van water vindt voornamelijk plaats vanuit de Gekanaliseerde Hollandse IJssel.

Lopikerwaard

Het district de Lopikerwaard is een kommenlandschap met grasland als landgebruik. In het gehele gebied komt kwel voor. De kwelintensiteit is het hoogst in het zuiden onder invloed van de Lek. Overtollig water wordt uitgeslagen op de Gekanaliseerde Hollandse IJssel en de Lek. Het merendeel van de wateraanvoer vindt plaats uit de Lek. Daarnaast wordt water aangevoerd vanuit de Gekanaliseerde Hollandse IJssel.

Leidsche Rijn

Het zuidelijk deel van het district Leidsche Rijn loost via gemalen op het ARK, de Doorslag en het Merwedekanaal. Het overige deel van het Leidsche Rijngebied loost via gemalen op het ARK. De wateraanvoer ten zuiden van de Leidsche Rijn vindt plaats uit de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel. De wateraanvoer ten noorden van de Leidsche Rijn vindt plaats uit het ARK en de Leidsche Rijn. In Nieuwegein wordt water ingelaten via Doorslag/Merwedekanaal/ARK.

Amsterdam-Rijnkanaal (ARK)/Lek

In een groot deel van het district Amsterdam-Rijnkanaal/ Lek treedt kwel naar de Lek op. Enkele gebieden vertonen wegzijging naar het ARK. De afvoer van water vindt deels bemalen, deels onder vrij verval plaats naar het ARK. De watervoorziening vindt plaats vanuit het ARK zowel met gemalen als in mindere mate onder vrij verval.

Stadsgebied Utrecht

Het district stadsgebied van Utrecht wordt gevormd door de kern van Utrecht en het landelijk gebied Maartensdijk. De aanvoer en afvoer van water vindt plaats vanuit het stadswater van Utrecht dat wordt gevoed door de Kromme Rijn, het Merwedekanaal (via een sifon onder het ARK) of vanuit het ARK met het Noordergemaal.

Kromme Rijn/Amsterdam-Rijnkanaal (ARK)

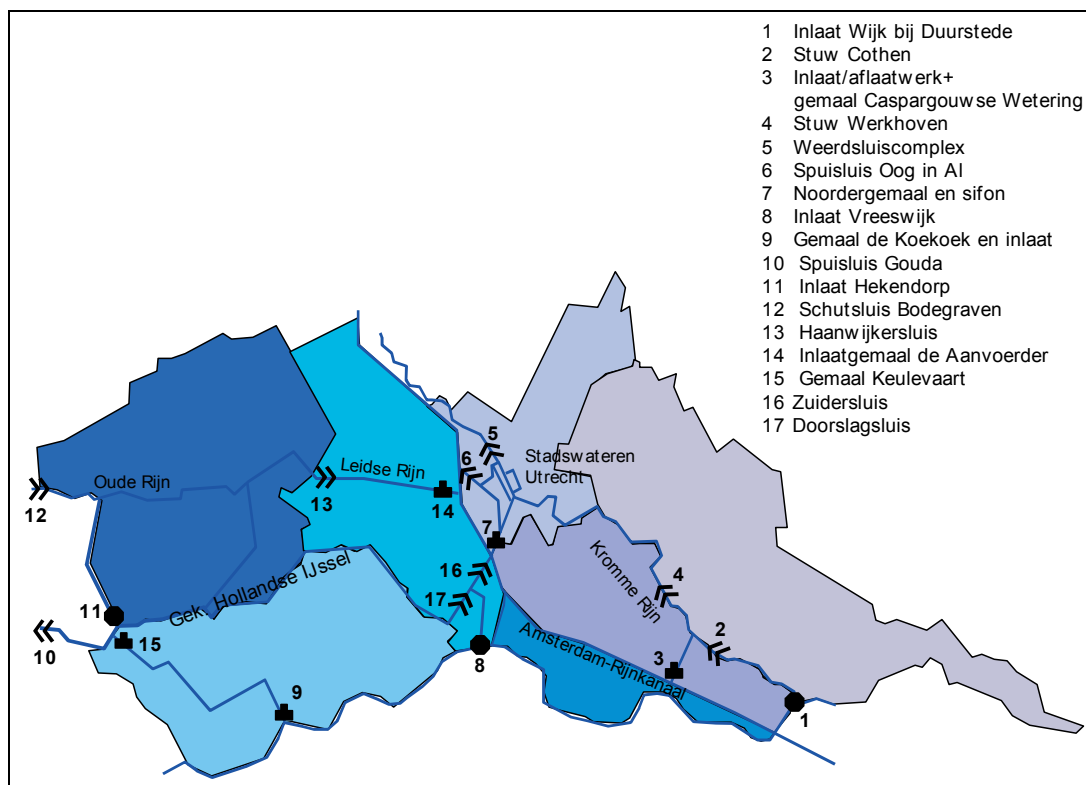
Het noordoostelijk deel van het district Kromme Rijn/ARK watert af op de Kromme Rijn. Het midden en westelijk deel van het gebied watert af op het ARK, deels door middel van bemaling en deels onder vrij verval. Het gebied is een infiltratiegebied als gevolg van de drainerende werking van het ARK. De wateraanvoer naar het gebied vindt voor het grootste deel plaats vanuit de Kromme Rijn. Een klein deel van het gebied (rond Wijk bij Duurstede) wordt van water voorzien vanuit het ARK.

Utrechtse Heuvelrug/Kromme Rijn

De Utrechtse Heuvelrug kent vrijwel geen oppervlaktewater. Het grondwater bevindt zich veelal tientallen meters beneden het maaiveld. De afvoer van water vindt plaats door middel van grondwaterstroming in de Heuvelrug en de weteringen aan de voet van de Heuvelrug. Alle weteringen wateren af op de Kromme Rijn. Wateraanvoer is door het hellende karakter niet of nauwelijks mogelijk. Aanvullende watervoorziening ten behoeve van de landbouw vindt voornamelijk plaats door beregening vanuit het grondwater.

De belangrijkste kunstwerken in de hydraulische infrastructuur van de Stichtse Rijnlanden is weergegeven in Figuur 6.2. Van de volgende kunstwerken/leidingen zijn afvoer/aanvoergegevens ontvangen:

- 1 Oude Rijn, schutsluis Bodegraven, voor afvoer/doorvoer naar Rijnland;
- 2 Gemaal Keulevaart in de Lange Vlist in de polder Lopikerwaard voor waterafvoer en doorvoer op en naar de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel;
- 3 Inlaat Wijk bij Duurstede voor inlaat van water op de Kromme Rijn uit de Nederrijn;
- 4 Debietmeter Amelisweerd in de Kromme Rijn na de aansluiting van de Caspergouwse Wetering en voor de koppeling met Stadswater Utrecht, en
- 5 Doorslagsluis tussen de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel en het Merwedekanaal.



Figuur 6.2 Hoofdwatrstelsel en kunstwerken in de Stichtse Rijnlanden

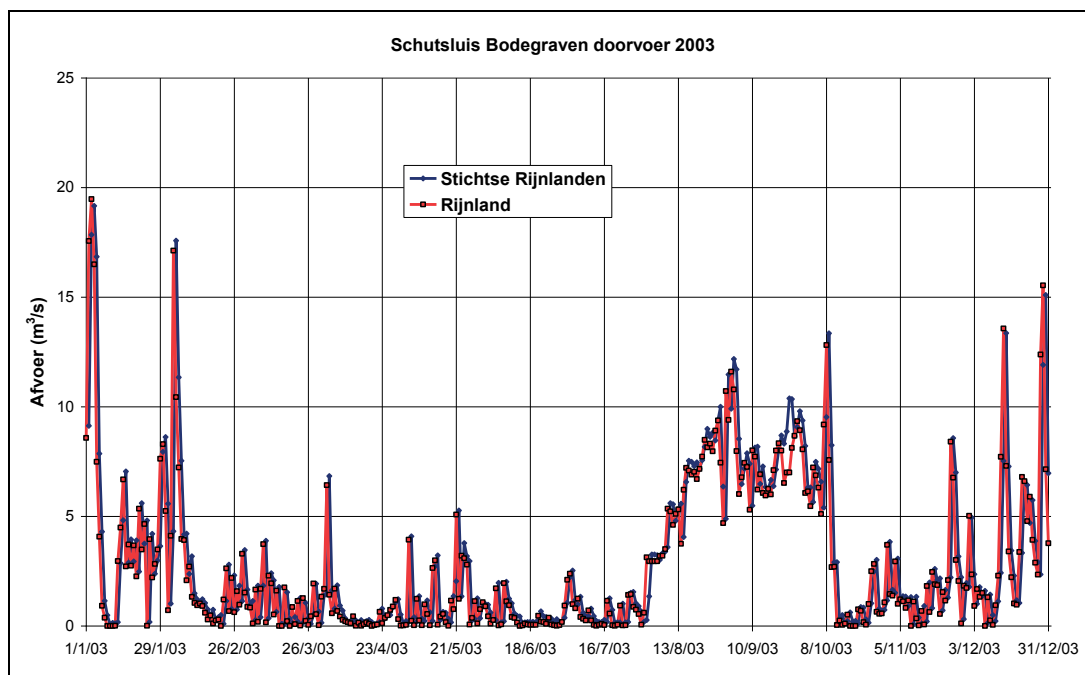
6.2 Oppervlaktewater

6.2.1 Schutsluis Bodegraven

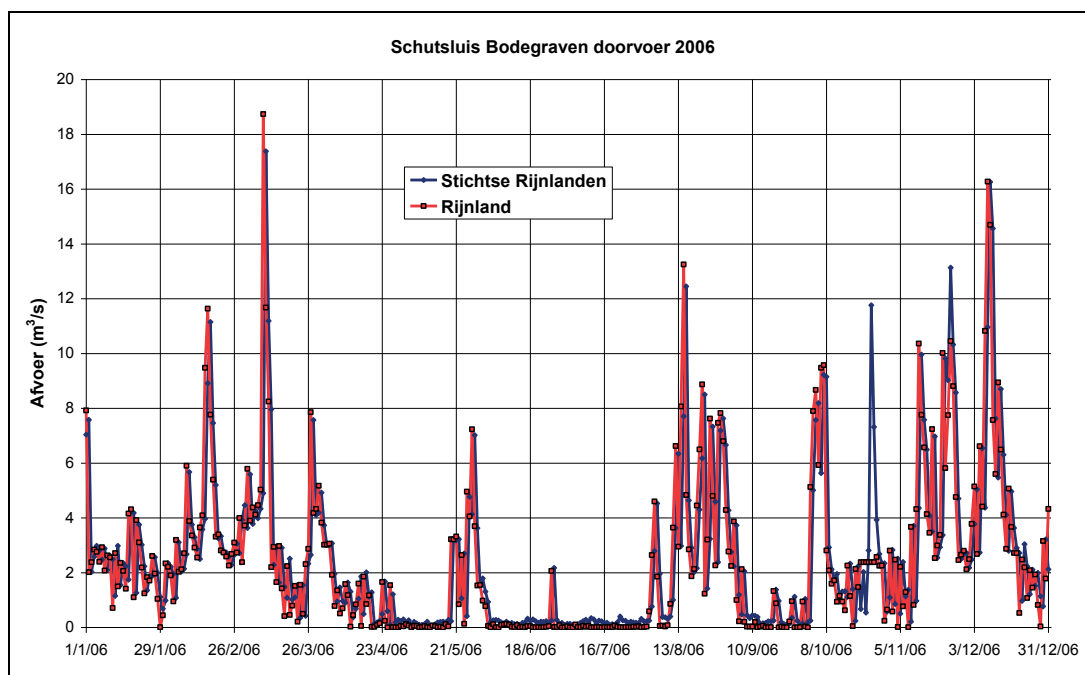
Afvoer en doorvoer van water van de Stichtse Rijnlanden via de Oude Rijn wordt gemeten bij Bodegraven (zie ook hoofdstuk 2). De meetresultaten voor 2003 en 2006 zijn gepresenteerd in Figuur 6.3 en Figuur 6.4. De figuren laten op enkele uitzonderingen na een goede overeenkomst zien. Er is echter wel sprake van een tijdsverschuiving tussen beide signalen van 1 dag: Rijnland loopt 1 dag voor op de Stichtse Rijnlanden. Ook mist de meetreeks van Rijnland in oktober en november 2006 enkele afvoerpieken die wel in de reeks van de Stichtse Rijnlanden voorkomen.

De gemeten en berekende afvoeren voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 6.5 en Figuur 6.6. In 2003 wijkt de simulatie heel erg sterk af van de meting, alleen in januari en in november - december is sprake van enige overeenkomst. De afwijking is een direct gevolg van te laag berekende chloride concentraties op de Hollandse IJssel in augustus 2003, waardoor in het model geen overstap is gemaakt voor inlaat van water van de Hollandse IJssel naar de Oude Rijn bij Bodegraven. Het resultaat voor 2006 is aanzienlijk beter, hoewel ook hier het model achterblijft bij de meting.

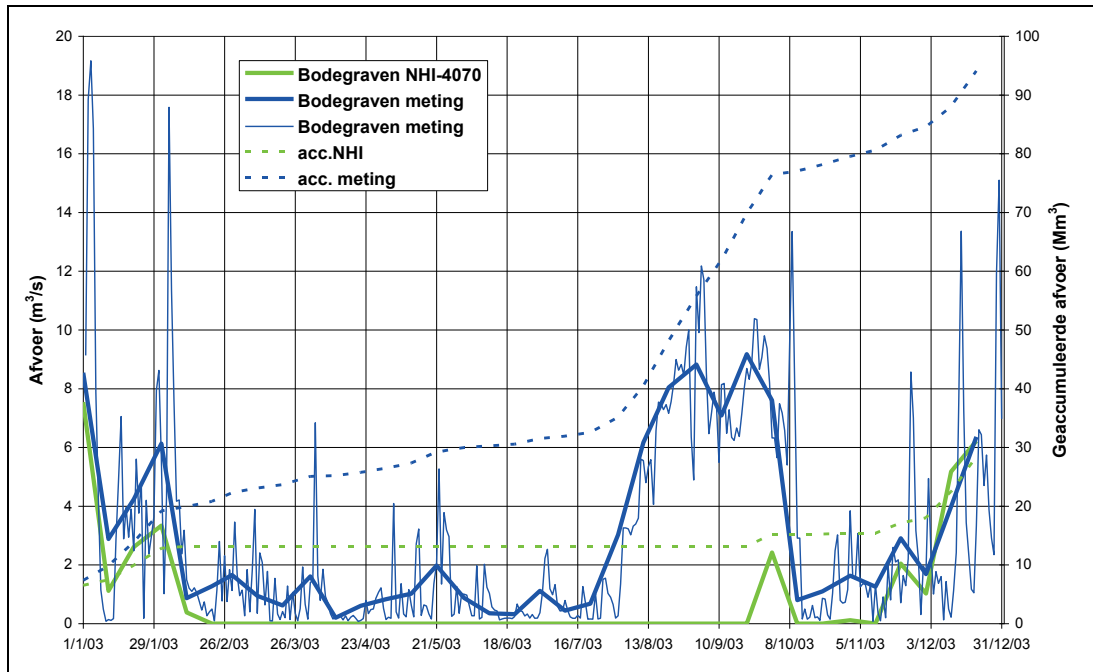
Voor de statistieken van het resultaat wordt verwezen naar hoofdstuk 2, Tabel 2.6 en Tabel 2.7 (merk op dat de gemeten volumina bij Bodegraven iets lager zijn berekend door Rijnland dan uit de waarden van de Stichtse Rijnlanden zou volgen)



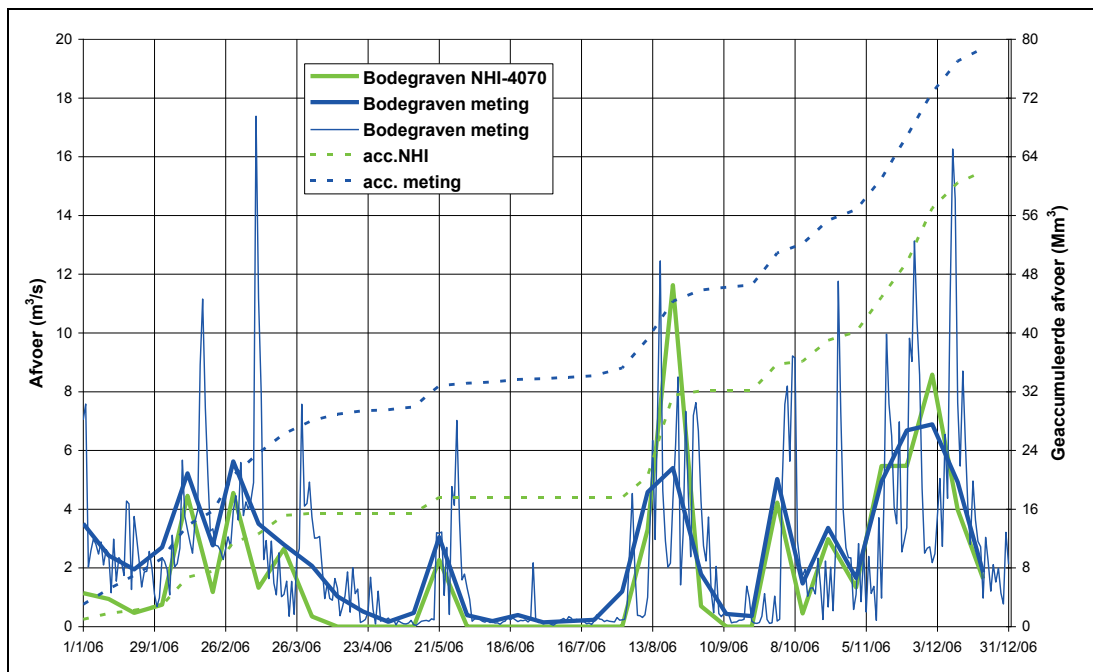
Figuur 6.3 Afvoer/doorvoer van water via de Oude Rijn bij schutsluis Bodegraven in 2003 volgens opgave van de Stichtse Rijnlanden en Rijnland



Figuur 6.4 Afvoer/doorvoer van water via de Oude Rijn bij schutsluis Bodegraven in 2006 volgens opgave van de Stichtse Rijnlanden en Rijnland



Figuur 6.5 Gemeten en berekende afvoer via de Oude Rijn bij Bodegraven, 2003



Figuur 6.6 Gemeten en berekende afvoer via de Oude Rijn bij Bodegraven, 2003

6.2.2 Lopikerwaard bij gemaal Keulevaart

De gemeten en berekende afvoer/doorvoer via gemaal de Keulevaart in de Lopikerwaard is weergegeven in Figuur 6.7 en Figuur 6.8. Het gemaal werkt volgens de metingen het hele jaar door, maar de grootste aanvoer vindt plaats in de zomermaanden voor doorvoer van water vanuit de Lek. Het model berekent voor deze locatie geen afvoer, niet in 2003 en niet in 2006.

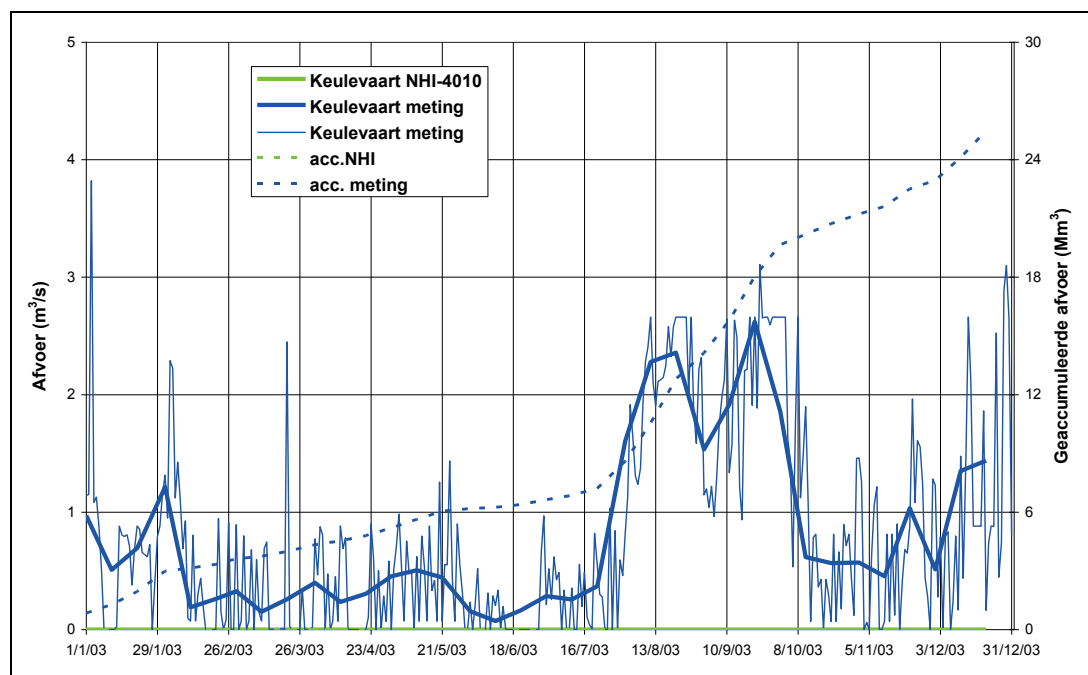
Het beheer van het afvoerverloop voor gemaal de Keulevaart volgt deels uit de KWA (kleinschalige water aanvoer). In de praktijk en ook in het NHI treedt de KWA in werking

als de inlaat bij Gouda te zout (>250 mg/l) wordt. Terveer (RIZA, 2004) stelt hierover het volgende:

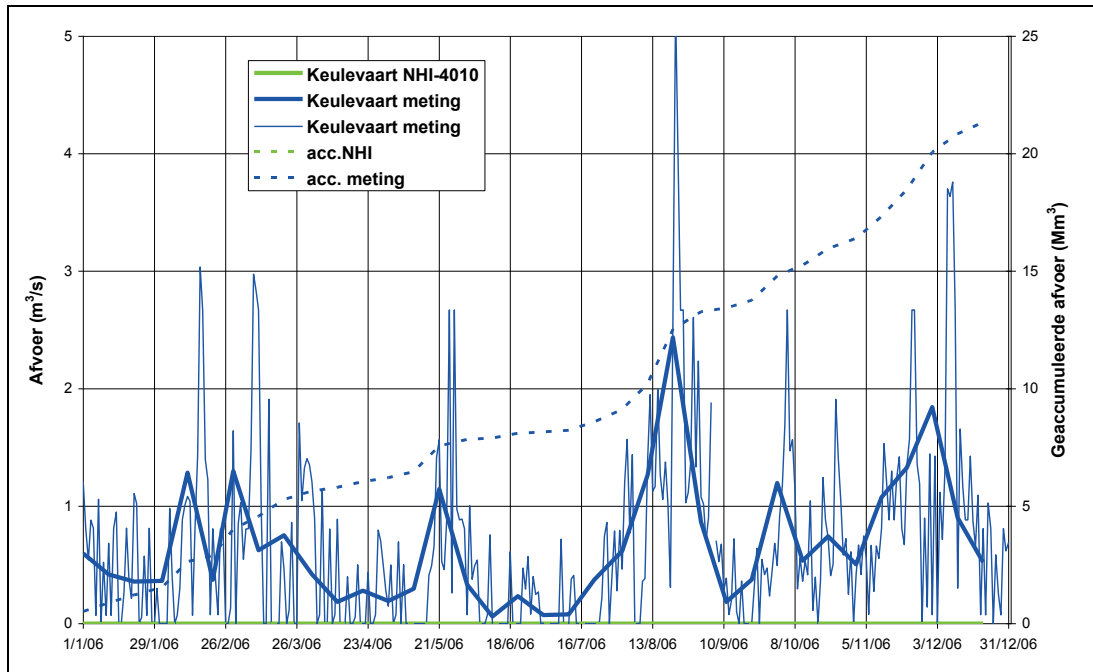
“Globaal beschouwd komt de KWA aanvoer op het volgende neer

- 1 De onder normale omstandigheden geopende sluis tussen de Leidsche Rijn en het ARK wordt gesloten en gemaal de Aanvoerder (waarmee water vanuit het ARK naar de Leidsche Rijn wordt gepompt) treedt in werking. De stroomrichting keert hier dus om.*
- 2 De Haanwijkersluis tussen de Leidsche- en de Oude Rijn wordt geopend waardoor het water, opgepompt door de Aanvoerder, richting Bodegraven stroomt.*
- 3 Inlaat “de Koekoek” (Lopikerwaard) wordt geopend en gemaal de Keulevaart treedt in werking, waarmee water vanuit de Lek via de Lopikerwaard naar de Gekanaliseerde Hollandse IJssel wordt gevoerd.*
- 4 Door wijziging van peilen wordt bewerkstelligd dat vanuit de Gekanaliseerde Hollandse IJssel via de Enkele Wiericke water richting Bodegraven kan worden gevoerd.*
- 5 De aanvoer naar de Gekanaliseerde Hollandse IJssel vanuit de stadswateren van Utrecht wordt door een aantal maatregelen rondom Utrecht gemaximaliseerd (Doorslagsluis)”*

In het Distributiemodel blijkt de Oude Rijn, conform bovenstaande beschrijving (Prinsen, pers. comm. 2010), in de KWA situatie bij een zoutconcentratie bij Gouda groter dan 250 mg/l via de Haanwijkersluis en Enkele Wiericke water te vragen aan knoop 4095 (Gekanaliseerde Hollandse IJssel, monding Doorslag tot Waaiersluis), aanvoer 85% via Doorslag en slechts 15% via de Keulevaart. Dit lijkt te weinig via de Keulevaart, (vergelijk hiervoor augustus – september 2003 in Figuur 6.5 en Figuur 6.7, waarin tenminste 25% van de Oude Rijn afvoer via de Keulevaart is aangevoerd). En als bij Gouda het zout niet boven de norm komt, dan wordt de Keulevaart niet gebruikt. Dit verklaart in ieder geval de afwezigheid van enige afvoer/doorvoer via de Keulevaart in de zomermaanden.



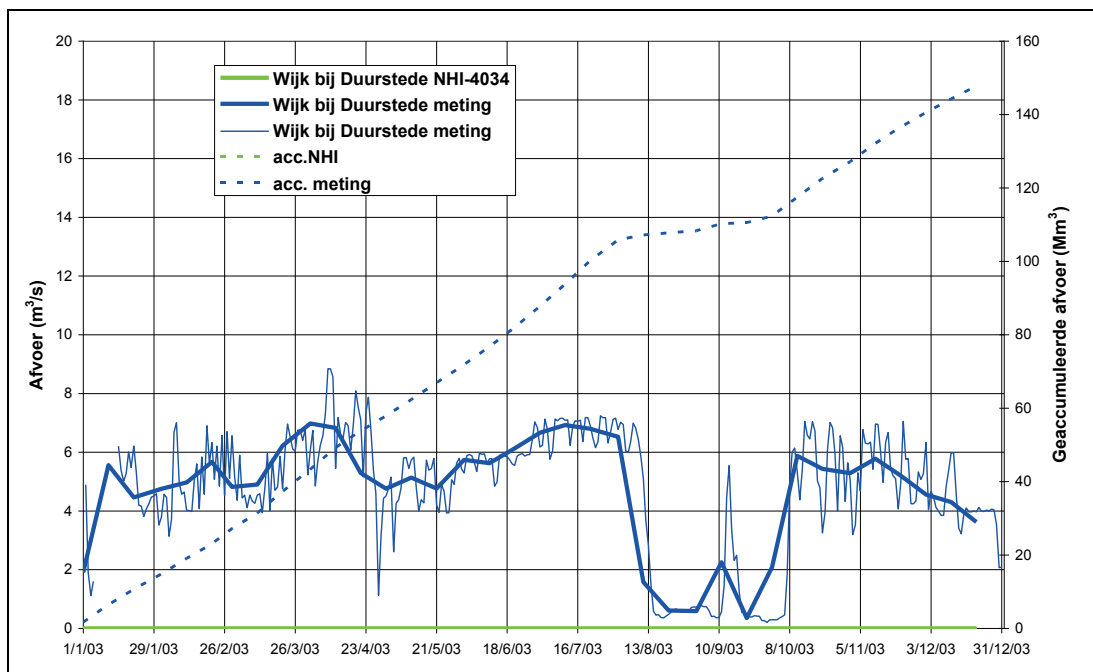
Figuur 6.7 Gemeten en berekende afvoer/doorvoer uit Lopikerwaard via gemaal Keulevaart, 2003



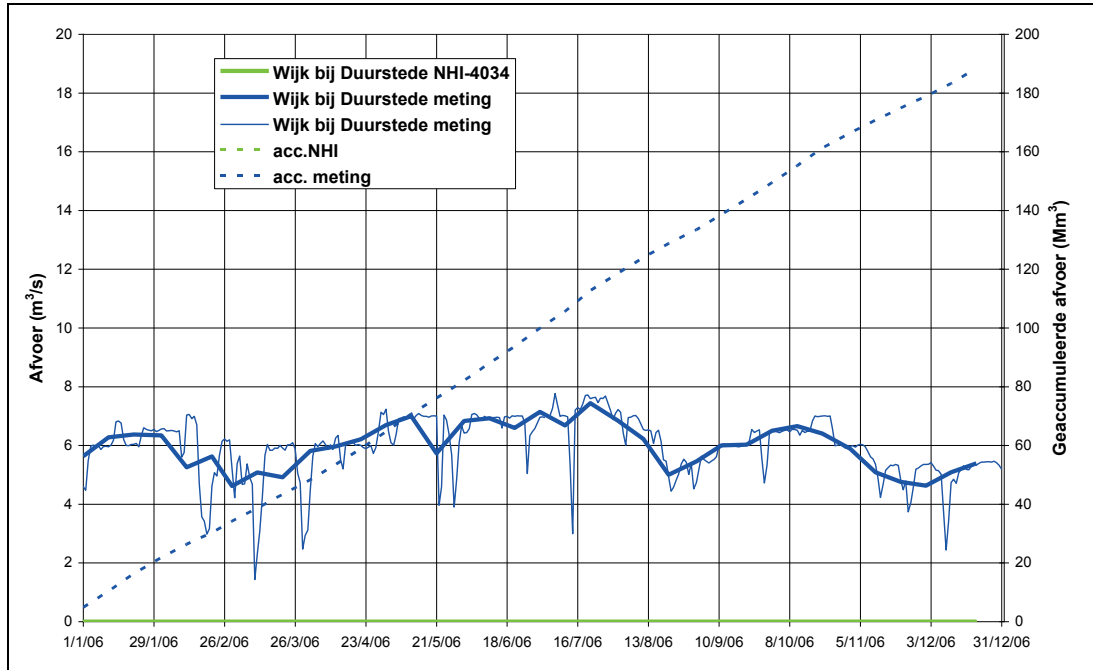
Figuur 6.8 Gemeten en berekende afvoer/doorvoer uit Lopikerwaard via gemaal Keulevaart, 2006

6.2.3 Waterinlaat naar Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede

Bij Wijk bij Duurstede wordt water ingelaten in de Kromme Rijn vanuit de Nederrijn, gemiddeld in de orde van $6 \text{ m}^3/\text{s}$. In het model staat deze inlaat zowel in 2003 als in 2006 op nul. Volgens de verdeelsleutels in het Distributiemodel onttrekt bij water inlaat knoop 4101 (= Kromme Rijn) alle water uit de Nederrijn via inlaat Wijk bij Duurstede en niets uit de Caspergouwse Wetering uit het ARK. De nul-inlaat via Wijk bij Duurstede in het Distributiemodel dient nader te worden onderzocht.



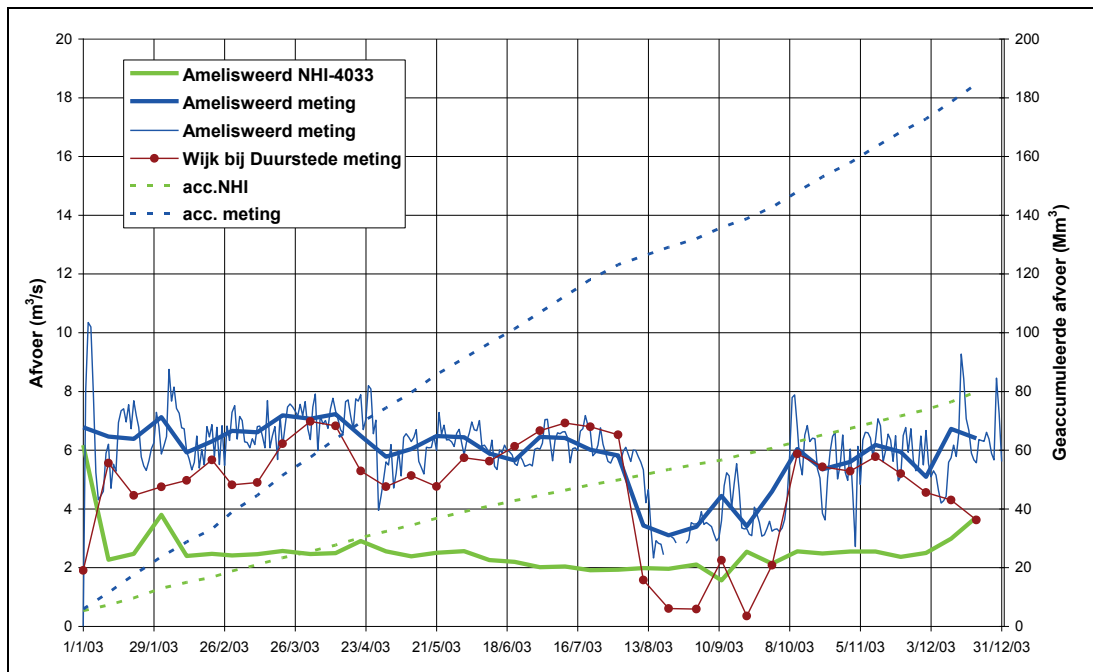
Figuur 6.9 Gemeten en berekende inlaat uit Nederrijn bij Wijk bij Duurstede, 2003



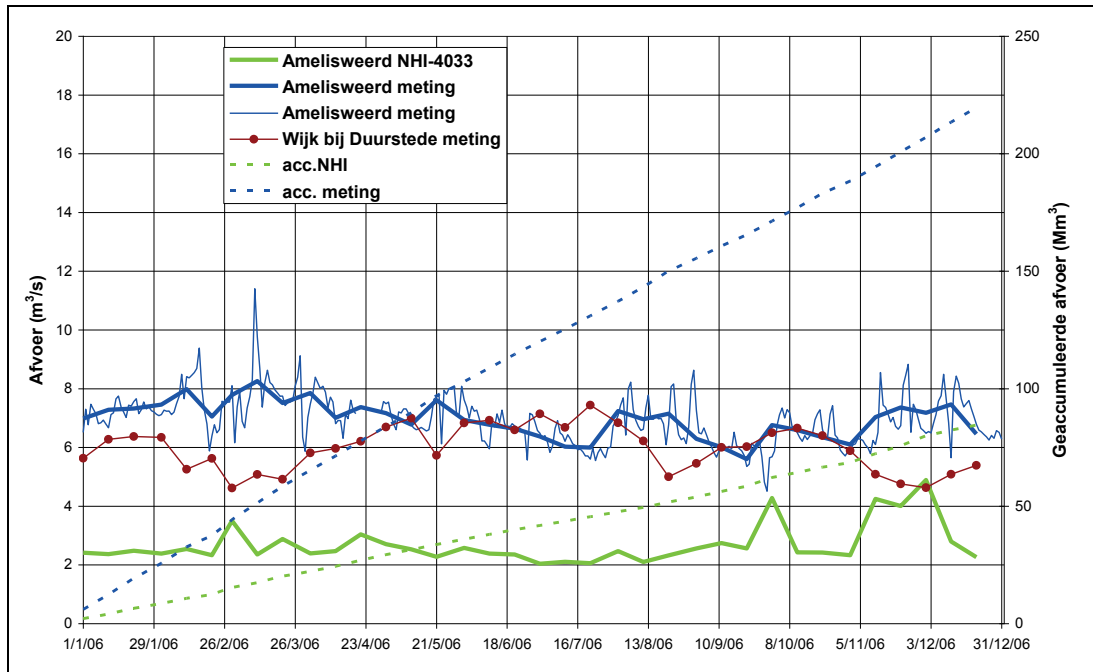
Figuur 6.10 Gemeten en berekende inlaat uit Nederrijn bij Wijk bij Duurstede, 2006

6.2.4 Kromme Rijn bij Amelisweerd

De afvoer in de Kromme Rijn bij Amelisweerd zoals is gemeten en wordt berekend in het NHI zijn voor 2003 en 2006 weergegeven in respectievelijk Figuur 6.11 en Figuur 6.12. De berekende afvoer is ongeveer 1/3 van de de gemeten hoeveelheid. In de figuren is ook de inlaat bij Wijk bij Duurstede aangegeven. Duidelijk is dat vrijwel het volledige debiet dat bij Amelisweerd wordt gemeten in werkelijkheid afkomstig is van Wijk bij Duurstede en wordt aangevoerd vanuit de Nederrijn. In het NHI is dat duidelijk niet het geval, zie ook vorige subsectie.



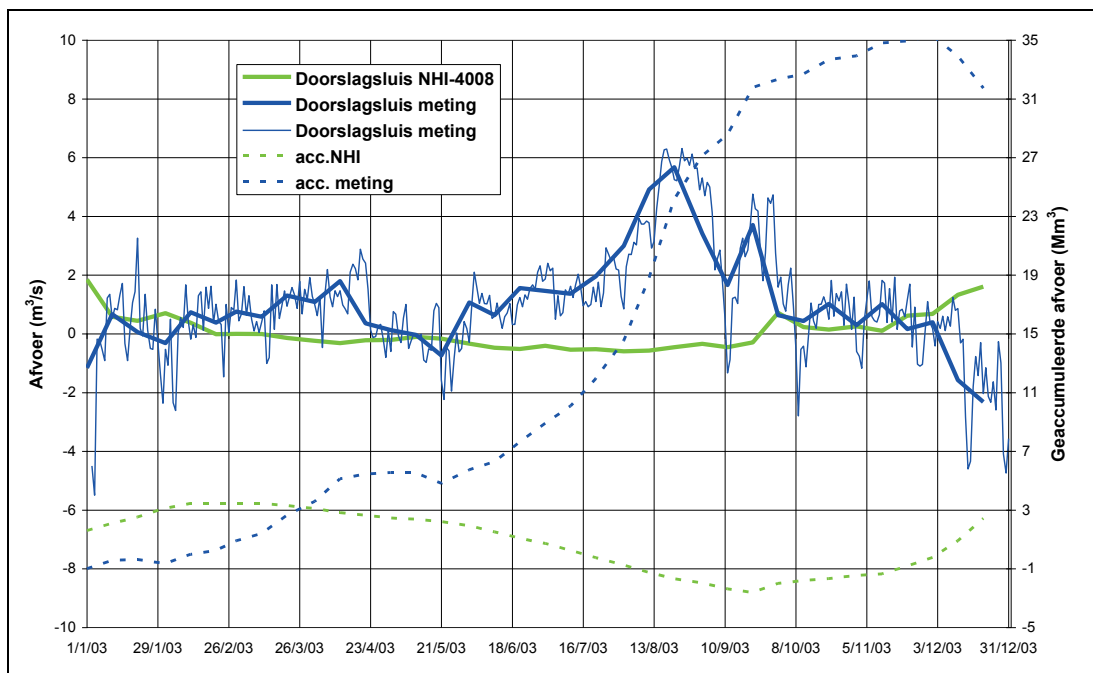
Figuur 6.11 Gemeten en berekend debiet in Kromme Rijn bij Amelisweerd, 2003



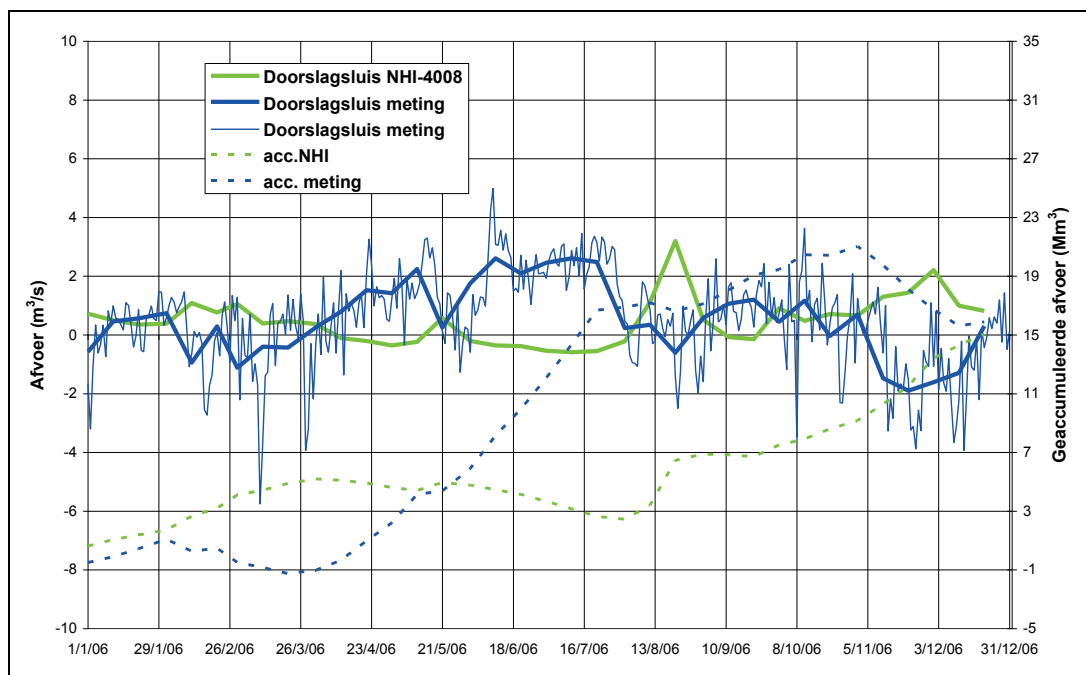
Figuur 6.12 Gemeten en berekend debiet in Kromme Rijn bij Amelisweerd, 2006

6.2.5 Aan- en afvoer via Doorslagsluis

Het gemeten en berekende afvoerloop door de Doorslagsluis tussen de Gekanaliseerde Hollandse IJssel en het Merwedekanaal in 2003 en 2006 is weergegeven in respectievelijk Figuur 6.13 en Figuur 6.14. De afvoer varieert gewoonlijk tussen -2 en +2 m³/s. Alleen in juli – augustus 2003 is meer water afgevoerd naar de Gekanaliseerde Hollandse IJssel in verband met de hoge zoutconcentraties op de Hollandse IJssel bij Gouda. In het model is de afvoer/aanvoer via de Doorslagsluis op een enkele uitzondering na vrijwel nul.



Figuur 6.13 Gemeten en berekende aanvoer en afvoer via Doorslagsluis, 2003



Figuur 6.14 Gemeten en berekende aanvoer en afvoer via Doorslagsluis, 2006

De figuren tonen aan dat evenals in de eerder geanalyseerde inlaat- en afvoerlocaties in de Stichtse Rijnlanden het model de opgetreden verlopen slecht reproduceert. Het is zinvol de verdelingsleutels en de daarbij behorende drempelwaarden nog eens zorgvuldig te vergelijken met het in de praktijk gehanteerde operationele beheer. In deze conditie is het NHI niet bruikbaar voor regionale analyses.

6.3 Grondwaterstanden

Het was binnen de doorloopt van het onderzoek niet mogelijk om de grondwaterstandgegevens van de Stichtse Rijnlanden te gebruiken voor de toetsing.

6.4 Chlorideconcentraties

Er zijn geen chlorideconcentratierreeksen voor 2003 en 2006 van locaties in de Stichtse Rijnlanden geleverd.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Neerslag

- 1 De jaar- en seizoen som van de neerslag in 2003 lagen beneden normaal, hoewel enkele maanden hoger dan gemiddeld scoorden. Het potentiële neerslagtekort bedroeg in 2003 het dubbele van het tekort in een gemiddeld jaar. Op jaar- en seizoenbasis was het jaar 2006 aanmerkelijk natter dan gemiddeld. De hogere waarde voor het groeiseizoen was vooral te danken aan de hoge neerslagsom voor de maand augustus en in mindere mate de maand mei. De maanden juni en juli en vooral september waren echter veel droger dan normaal met als gevolg dat het potentiële neerslagtekort eind juli aanmerkelijk hoger was dan gemiddeld.
- 2 In het NHI is de ruimtelijke verdeling van de neerslag gebaseerd op de gemeten neerslag bij de hoofdstations, die met een Thiessennetwerk wordt toegekend aan de rekencellen. Vervolgens wordt per rekencel gecorrigeerd voor de ruimtelijke verdeling volgens de *jaarnormalen* van het neerslagnetwerk. 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.
- 3 Het beperkte neerslagnetwerk dat in het NHI is gebruikt heeft lokaal soms tot grote over- zowel als onderschatting van de neerslag geleid. De ruimtelijke verdeling is veel grilliger dan op basis van deze meteorologische stations kan worden bepaald.
- 4 Voor Rijnland en voor Delfland zijn in het NHI de jaartotalen van 2003 met 9-10% onderschat en die van 2006 met 5-6%.
- 5 Voor de polders in Waternet zijn de verschillen voor 2003 in het algemeen beperkt, voor 2006 echter erg groot, zowel positief als negatief. De afwijking is sterk afhankelijk van de ligging van het gebied in het NHI-Thiessennetwerk: indien binnen de invloedssfeer van Schiphol dan is 2006 aanzienlijk te hoog geschat (Rondehoop, Groot-Mijdrecht en Westelijke Venen) en daarbuiten te laag (Bloemendalerpolder).
- 6 De metingen van het KNMI worden niet gecorrigeerd voor windinvloeden. Windcorrecties afgeleid uit het Hupselde Beek onderzoek in de zeventiger jaren leiden tot 8% hogere jaarneerslagsommen op de meteorologische stations (4 dm² regenmeters) en tot 4% hogere totalen op de standaard neerslagstations (2 dm² regenmeters) . Dit verschil in correctie verklaart een deel van onderschatting van de neerslag in het NHI.

Verdamping

- 7 De variatie in de referentieverdamping naar plaats is zeer beperkt en veel geringer dan de ruimtelijke variatie in de neerslag. De verdamping neemt gemiddeld af van west naar oost.
- 8 De referentieverdamping voor Rijnland en Delfland voor 2003 en 2006 waren hoger dan gemiddeld.
- 9 De berekende actuele verdamping voor zowel Rijnland als Delfland zijn aanzienlijk lager dan de referentieverdamping. Hoewel niet gespecificeerd in de modeluitvoer speelt hier mogelijk het grote aandeel stedelijk gebied een

belangrijke rol, waarbij de neerslag sneller tot afstroming komt dan in het landelijk gebied.

- 10 De gemeten actuele verdamping van grasland te Haastrecht en Cabauw was zowel in 2003 als in 2006 kleiner dan de referentieverdamping maar groter dan de berekende actuele verdamping. Op basis van het verschil in landgebruik is de berekening consistent met de meting.

Water aanvoer en doorvoer

- 11 Voor Rijnland is de totale aanvoer van water door het NHI redelijk gesimuleerd, zowel voor 2003 als voor 2006. De aanvoerlocatie is voor 2003 onjuist weergegeven door een onderschatting van de chloride concentraties op de Hollandsche IJssel, waardoor vrijwel alles via De Gouwe is aangevoerd en de aanvoer via de Oude Rijn sterk is onderschat. Voorts is de gemeten aanvoer in 2003 groter geweest dan de ontvangen gegevens aangegeven, omdat de aanvoer via de Tolhuisroute niet in de metingen is opgenomen.
- 12 De aanvoer naar Delfland wordt in 2003 onderschat omdat de doorvoer van water naar Schieland vanuit Rijnland niet is gemodelleerd. In 2006 wordt de aanvoer naar Delfland om onduidelijke redenen overschat. De gemeten en berekende chloride concentraties geven geen aanleiding tot extra aanvoer voor doorspoeling.
- 13 De berekende aanvoer van water naar de geselecteerde polders in Waternet varieert van aanzienlijke overschatting tot aanzienlijke onderschatting.

Afvoer

- 14 Het NHI heeft de afvoer van Rijnland voor het groeiseizoen van 2003 aanzienlijk onderschat. De resultaten voor 2006 komen redelijk overeen met de metingen, hoewel individueel de afwijkingen soms aanzienlijk zijn mede door de opgelegde verdeling tussen de afwateringspunten.
- 15 De netto-afvoer van Rijnland voor het groeiseizoen van 2003 en 2006 is te laag berekend. Op jaarbasis zijn de verschillen tussen meting en berekening aanzienlijk kleiner. De dynamiek wordt goed gesimuleerd. Een betere schatting van de neerslag zal het resultaat verbeteren.
- 16 De afvoer van Delfland in 2003 wordt ook onderschat omdat de doorvoer naar Schieland niet is gemodelleerd, en verder versterkt door onderschatting van de neerslag. De dynamiek ontbreekt in het resultaat. De afvoer wordt op jaarbasis in 2006 iets (8%) te laag berekend, maar de verschillen zijn in het groeiseizoen groter. Het netto afvoerverloop wordt door het model redelijk gereproduceerd.
- 17 Evenals de aanvoer wordt ook de afvoer van water naar de geselecteerde polders in Waternet soms overschat en soms onderschat. Ondanks de soms grote afwijkingen in de aanvoer en in de afvoer afzonderlijk is het resultaat van de netto afvoer in het algemeen redelijk goed. De kwel in Polder Groot-Mijdrecht wordt onderschat, terwijl de wegzijging uit Polder Rondehoep te groot wordt berekend. Naar verwachting zal het resultaat verbeteren indien de neerslag meer in overeenstemming wordt gebracht met de lokaal gemeten neerslag.
- 18 De analyses voor de geanalyseerde inlaat- en afvoerlocaties in de Stichtse Rijnlanden laten zien dat het model de opgetreden aanvoer- en afvoerverlopen slecht reproduceert. In deze staat is het NHI niet bruikbaar voor regionale analyses.

Grondwater

- 19 Het grondwaterstandverloop in de polder Steekt bij Alphen a/d Rijn wordt door het NHI niet correct gesimuleerd. In het groeiseizoen is de reactie op de neerslag veel te traag en in het najaar en de winter te snel. Het wegzakken van de grondwaterspiegel in de droge zomer van 2003 wordt door het model volledig gemist. De range van de simulatie blijft achter bij de opgetreden peilvariatie.
- 20 Uurwaarnemingen van freatisch grondwater in polder Bethune bij de Loosdrechtse Plassen laten een interessante dagelijkse variatie zien als gevolg van kwel en verdamping. Hiermee wordt de meerwaarde van grondwaterstandwaarnemingen met een kort bemonsteringsinterval duidelijk aangegeven.
- 21 Het grondwaterstandverloop in de polder Bethune wordt door het NHI niet correct gesimuleerd. Vooral het verloop in het groeiseizoen verschilt sterk van de waarnemingen: geen respons op de neerslag, vreemd uitputtingsverloop en een veel te grote range. Hier lijkt in de berekeningprocedure iets niet goed te gaan.

Chloride concentraties

- 22 De chloride concentraties in de boezem van Rijnland vertonen grote gradiënten naar plaats. In het noordoosten zijn de concentraties aanzienlijk hoger dan in het midden en zuiden. Ook in De Gouwe is sprake van een gradiënt, maar minder sterk dan over de boezem van Rijnland. Om deze verschillen weer te geven in het model is een andere aanpak nodig dan nu gebeurt, met meer differentiatie naar plaats.
- 23 In Rijnland worden de chloride concentraties door het NHI gemiddeld te laag berekend. Het modelresultaat vormt de ondergrens van de metingen.
- 24 Voor het Brielse meer en de boezem van Delfland worden de gemeten chloride concentraties in het NHI redelijk gereproduceerd voor de tweede helft van 2003 en 2006. In de eerste helft van 2003 en 2006 is sprake van onderschatting.
- 25 De chloride concentraties in en rondom Schieland worden allen te laag berekend. Omdat de chlorideconcentratie in dit gebied sterk bepalend is voor de verdeling van water is van groot belang dat het NHI op dit punt sterk wordt verbeterd. Een herziening van de zoutbelasting vanuit de polders en een herijking van Sobek-NDB t.a.v. het zouttransport in het benedenrivierengebied is gewenst.
- 26 De chloride concentraties in de boezemwateren van Waternet worden vrijwel allemaal te laag berekend zonder enige dynamiek. De concentraties worden wel goed berekend voor de Vecht te Loenen a/d Vecht en ook voor de Amstel te Uithoorn in perioden buiten de zomer.

Eindconclusie

Het NHI in zijn huidige staat is niet geschikt voor het uitvoeren van betrouwbare analyses van de waterverdeling op regionaal niveau. De neerslagrandvoorwaarden zijn hiervoor te grof en een betrouwbare weergave van de zoutcondities met gradiënten naar plaats is in het huidige DM concept niet mogelijk. Hierdoor wordt de waterverdeling verkeerd aangestuurd. Hoewel de grondwatersimulatie in Midden en West Nederland nauwelijks aan bod is gekomen wordt ook hier evenals in Noord-Nederland de range en de dynamiek niet goed gereproduceerd.

7.2 Aanbevelingen

De conclusies leiden tot de volgende aanbevelingen.

- Aanpassing in het NHI van de neerslagrandvoorwaarde door gebruik te maken van alle neerslagstations in Nederland.
- Overleg met het KNMI of en zo ja welke windcorrectie op de neerslagmetingen moet worden ingevoerd. Invoering van de WMO-correctie heeft een groot effect op de grootte van de neerslag.
- Voor inzicht in de grootte van de verdamping is het zinvol de bijdrage van de afzonderlijke componenten in kaart te brengen, potentieel en actueel.
- De verdeling van de afvoer over de takken in Rijnland, Delfland en de Stichtse Rijnlanden verdient heroverweging. Het is zinvol de verdelings sleutels en de daarbij behorende drempelwaarden nog eens zorgvuldig te vergelijken met het in de praktijk gehanteerde operationele beheer.
- De waterverdeling in Midden en West Nederland is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de zoutberekeningen. Het huidige concept dient hiervoor te worden ingeruild voor een gedifferentieerder benadering van het oppervlaktewater bv met Sobek, zodat zout gradiënten beter worden gereproduceerd. Tevens is noodzakelijk het zouttransport in Sobek-NDB opnieuw te ijken.
- Een goede representatie van kwel en wegzijging in de polders in Midden en West Nederland is belangrijk. Dit vraagt om een echte ijking van het model op polderniveau of clusters van polders met dezelfde kwel/wegzijging.
- Ten behoeve van de ijking is dan belangrijk dat metingen beschikbaar komen van de afvoer, de aanvoer, de actuele verdamping, de grondwaterstanden op dagbasis of beter nog op uurbasis en van de chloride concentraties.
- De berekeningsprocedures voor het grondwater dienen geïntegreerd te worden, voor een verklaring van het vreemde verloop in de polder Bethune. Ook dient de 9/11 hik geëlimineerd te worden.
- Het verdient aanbeveling om het monitoren van de grondwaterstand in peilbuizen met drukopnemers drastisch uit te breiden, om beter zicht te krijgen op het gedrag van het freatisch grondwater in diverse bodemsoorten. Tevens is van belang de maaiveldhoogte van de peilbuizen te controleren.

8 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 E
Delfland en Dommel
PR1640.10, april 2009

HKV (2010)

Regionale Droogtestudie Noord-Nederland, Fase 1.
Deerapport Validatie NHI – versie 2.0
PR1709.10, mei 2010

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

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

A Windcorrectie neerslagmetingen

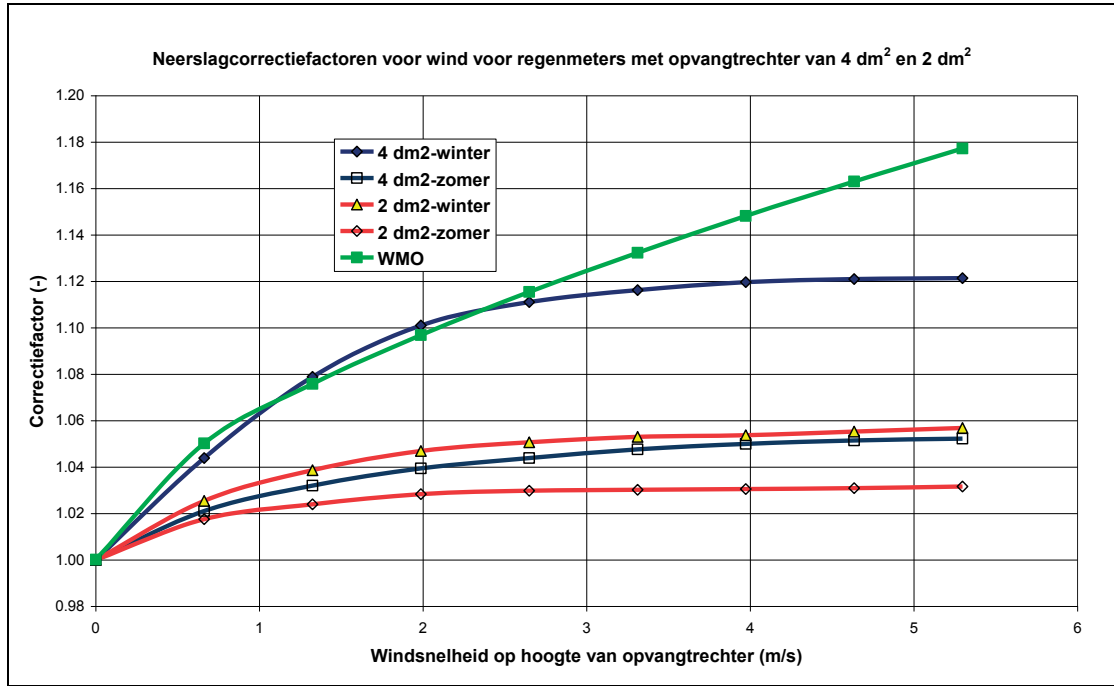
Bij metingen met regenmeters worden fouten geïntroduceerd van verschillende aard en grootte. De belangrijkste onzuiverheid wordt geïntroduceerd door windinvloeden (Sevruk, 1982,1989). De regenmeter verstoort het windveld zodanig dat niet alle regen in het ongestoorde windveld boven de opvangtrechter wordt opgevangen. Het valtraject van de regendruppel wordt juist boven de opvangtrechter door de licht opwaartse luchtbeweging aan de loefzijde van de regenmeter afgebogen naar de lijzijde, waardoor een klein deel niet in de regenmeter belandt en de vangst wordt onderschat. De grootte van de afwijking is een functie van:

- het type regenmeter,
- de neerslagintensiteit,
- de druppelgrootteverdeling, en
- de windsnelheid ter hoogte van de opvangtrechter.

Het type regenmeter bepaalt de verstoring van het windveld boven de opvangtrechter. Førland et al. (1996) en Michelson (2004) hebben een experimentele correctiefactor voor regenmetingen opgesteld als functie van het type regenmeter, de regenintensiteit en de windsnelheid. Hun metingen geven aan dat de correctiefactor toeneemt met de windsnelheid, maar sterk afneemt met de regenintensiteit. Dit wordt bevestigd door experimenten en turbulentiemodelstudies van Nespor (1996), Nespor en Sevruk (1999) en Chvila et al. (2005), die voorts het effect van de druppelgrootteverdeling op de windcorrectiefactor hebben bepaald. Genoemde studies geven aan dat voor zeer hoge neerslagintensiteiten (b.v. de jaarmaxima) het windeffect gering is en de noodzaak voor correctie van extremen nauwelijks aanwezig is. Dit geldt echter niet voor lagere neerslagintensiteiten, waarvoor het windeffect veel groter is. De WMO (zie Dingman, 2002) geeft voor dagwaarden van regengegevens, d.w.z. voor alle intensiteiten, gemeten met een standaard US 8 inch regenmeter (3.24 dm^2) zonder windscherm, een correctiefactor die alleen een functie is van de windsnelheid ter hoogte van de opvangtrechter, zie Figuur A.1 en Tabel A.1. De figuur geeft aan dat bij een windsnelheid boven de regenmeter van 2 m/s (= 4.5 m/s op de standaard windmeterhoogte van 10 m) al een correctie van 10% op de meting zou moeten worden toegepast. De WMO windcorrectie is afgeleid van experimenten op 10 neerslagstations in Alaska gedurende twee jaar, waar naast neerslag in vloeibare vorm, met name gekeken is naar effecten op neerslag in vaste en gemixte vorm (Yang et al., 1998).

Voor Nederlandse omstandigheden kan gebruik worden gemaakt van de studie van Warmerdam (1981), gepubliceerd in H2O, Volume 14. Hij heeft op basis van neerslagmetingen in de periode 1972-1976 in het Hupselse Beekgebied met 4 dm^2 en 2 dm^2 regenmeters op 40 cm boven het maaiveld en grondregenmeters met dezelfde opvangtrechteropeningen analyses gemaakt van het verschil in vangsten. Zijn resultaten tonen aan dat het windeffect in het winterseizoen groter is dan in de zomer en dat voorts het windeffect voor de 4 dm^2 regenmeter groter is dan voor de 2 dm^2 . Het verschil in effect tussen zomer en winterneerslag heeft te maken met de druppelgrootte, die in de convectieve zomerbuien groter is dan in de winterse buien. Het verschil tussen de 4 dm^2 en de 2 dm^2 regenmeters moet worden gezocht in de sterkte van de verstoring van het windveld boven de regenmeters. De resultaten van het Hupselse Beek onderzoek naar de effecten van wind op de neerslagmetingen zijn kwalitatief volledig in overeenstemming met de hierboven genoemde studies en experimenten. De correctiefactoren die volgen uit de analyses van Warmerdam zijn in Tabel A.1 weergegeven in formulevorm voor de 4 dm^2 en de 2 dm^2 regenmeters voor zomer en

wintercondities. Hierbij is de windsnelheid van 1,50 m hoogte, die in de studie van Warmerdam is aangenomen, getransformeerd naar 0,40 m hoogte met behulp van een logaritmisch windsnelheidsprofiel. Een vergelijking met de WMO relatie is gegeven in Figuur A.1. De figuur geeft aan dat de WMO-correctie tot een windsnelheid van 3 m/s vrijwel identiek is aan de correctie voor de 4 dm² regenmeter in de winter volgens Warmerdam. Voor hogere windsnelheden is de WMO-correctie groter.



Figuur A.1 Windcorrectie op neerslagmetingen

Tabel A.1 Modellen voor windcorrectie op neerslagmetingen

Opvangtrechter opening (dm ²)	seizoen	Logistic model: $y=a/(1+b*\exp(-c.u))$	
		Coefficiënten:	
4	winter	a =	1.124952
		b =	0.127001
		c =	0.828217
4	zomer	a =	1.053107
		b =	0.052465
		c =	0.713720
2	winter	a =	1.056159
		b =	0.055947
		c =	0.918248
2	zomer	a =	1.031080
		b =	0.030940
		c =	1.210239
WMO		Exponentieel model: $y=100\exp(a + b.u^c)$	
		Coefficiënten:	
		a =	-4.605
		b =	0.062
		c =	0.580

y = correctiefactor op neerslagmeting

u = windsnelheid op hoogte van opvangtrechter (m/s)

De resultaten met de verschillende correctieprocedures voor station Valkenburg voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Tabel A.2. De WMO procedure leidt op jaarbasis tot een correctie van 11%, de jaarsommen gemeten met de 4 dm² regenmeter moeten met 8% verhoogd worden en de jaarsommen met de 2 dm² regenmeter met 4%. Hierbij zijn de zomercondities toegepast van april t/m september. Merk op dat op de meteorologische stations van het KNMI gemeten wordt met 4 dm² regenmeters en op de KNMI neerslagstations met 2 dm² regenmeters. Gesteld dat de 4 dm² regenmeters die in het onderzoek van Warmerdam zijn gebruikt dezelfde zijn als nu nog op de meteorologische stations worden toegepast, dan kan 4% van het verschil tussen de in het NHI gebruikte neerslag (gebaseerd op de op meteorologische stations) en de neerslag volgens alle neerslagstations worden toegeschreven aan meetonzuiverheid door de waarnemingen niet te corrigeren voor windeffecten.

Voor zuivere waterbalansanalyses zijn correcties voor wind noodzakelijk. Hierbij kan de potentiële windsnelheid op 10 m hoogte, die beschikbaar is voor de meteorologische stations, met een logaritisch windsnelheidsprofiel naar de hoogte van de opvangtrechter worden vertaald (voor een grasoppervlak $u_{\text{regenmeter}} = 0.45 u_{10}$). Wegens de niet-lineaire correctiefactor - windsnelheidsrelatie dient deze correctie op dagbasis te worden uitgevoerd.

Tabel A.2 Windcorrectie op neerslagmetingen te Valkenburg in 2003 en 2006

Jaar	Meting (mm)	WMO (mm)	4 dm ² (mm)	2 dm ² (mm)
2003	658.2	732.0	709.3	684.6
meetcorrectie		1.11	1.08	1.04
2006	854.8	951.6	920.7	889.1
meetcorrectie		1.11	1.08	1.04

Literatuur

Chvila, B, B. Sevruk en M. Ondras (2005)
The wind-induced loss of thunderstorm precipitation measurements.
Atmospheric Research 77 pg 29-38, Elsevier B.V.

Dingman, L. (2002)
Physical Hydrology. second edition
Prentice Hall, New Jersey, USA

Førland, E.J., P. Allerup, B. Dahlström, E. Elomaa, T. Jóhanson, H. Madsen, J. Perälä, P. Rissanen, H. Vedin en F. Vejen (1996)
Manual for operational correction of Nordic precipitation data.
Report Nr. 24/96 DNMI, Oslo Norway.

Michelson, D.B. (2004)
Systematic correction of precipitation gauge observations using analyzed meteorological variables.
Journal of Hydrology 290 pg 161-177.

Nespor, V. en B. Sevruk (1999)
Estimation of Wind-Induced Error of Rainfall Gauge Measurements Using a Numerical Simulation.
Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Volume 16 pg 450-464.

Nespor, V. (1996)

Investigation of wind-induced error of precipitation measurements using a three-dimensional numerical simulation.

Zürcher Geographische Schriften 63, 117 pp. ETH Zürich, Switzerland.

Sevruk, B. (1982)

Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for operational use.

Operational Hydrology Report, Vol 21, WMO-No 589, 91 pp.

Sevruk, B. (1989)

Wind-induced measurement error for high-intensity rains.

In: Sevruk, B. (ed). Precipitation Measurement. Proc. International Workshop on Precipitation Measurement, St Moritz, Switzerland, WMO Instrum. Obs. Methods Rep., vol 48. WMO Geneva, pp 199-204. WMO/TD-No 328.

Warmerdam, P. (1981)

De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend regenmeteronderzoek.

H2O, Volume 14

Yang, D., B.E. Goodison, J.R. Metcalfe, P. Louie, G. Leavesley, D. Emerson, C.L.

Hanson, V.S. Gobulev, E. Elomaa, T. Gunther, T. Pangburn, E. Kang en J. Milkovic (1999)

Quantification of precipitation measurement discontinuity induced by wind shields on national gauges.

Water Resources Research, Vol 35. No 2, pp. 491-508, February 1999.