



NHI 2.1

Veranderingen in NHI

J.C. Hoogewoud (Deltares)
A.A. Veldhuizen (Alterra)
G. Prinsen (Deltares)

Met medewerking van:
Joost Delsman (Deltares)
Joachim Hunink (Deltares)
Jarno Verkaik (Deltares)

1203516-000

Titel
NHI 2.1

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS Waterdienst	1203516-000	1203516-000-BGS-0013	Error!

Trefwoorden

Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, NHI, grondwater, oppervlaktewater, onverzadigde zone, modellering.

Samenvatting

Binnen dit project is een impuls gegeven aan het verbeteren van het nationaal hydrologisch instrumentarium, NHI 2.0. NHI 2.0 voldeed in 2010 nog niet volledig aan de wensen van RWS. In 2010 hebben twee processen plaatsgevonden die tot meer inzicht hebben geleid in de prestaties van het NHI. Ten eerste de regionale toetsing van het NHI, onder andere door STOWA, en ten tweede het gebruik van NHI in diverse regionale en landelijke studies voor Zoetwaterverkenning (ZWV). Als gevolg hiervan zijn in NHI 2.1, in opdracht van de RWS-Waterdiens, veel verbeteringen doorgevoerd. Het betreft hier conceptuele aanpassingen en verbeteringen in de schematisatie.

De doorgevoerde veranderingen hebben voornamelijk de volgende effecten gehad op de uitkomsten van NHI 2.1:

- Op regionale schaal en knooppunten met de rijkswateren zijn de resultaten van de modellering van waterverdeling, wateraanvoer en -afvoer verbeterd.
- De berekende watervraag en de flux van oppervlaktewater naar grondwater in droge perioden in "hoog" Nederland zijn verbeterd.
- NHI is beter toepasbaar gemaakt voor individuele jaren en voor regionale schaal door het implementeren van ruimtelijk meer verfijnde neerslag- en verdampingsgegevens.

De veranderingen hebben over het algemeen betrekkelijk weinig effect gehad op de berekende grondwaterstanden, chloridegehalten en beregening. Grondwaterdynamiek, beregening en chloridemodellering verdienen dan ook aanbeveling voor verbeteringen in 2011. Deze verbeteringen vergen nader onderzoek en een gezamenlijke inspanning met de regionale waterbeheerders. Ook is een beheersysteem noodzakelijk om regie te voeren op ad hoc en periodiek doorgevoerde veranderingen aan (de schematisatie) van het instrumentarium.

Samenvattend kan worden gesteld dat de samenwerking met regionale partners heeft geleid tot het beter ontsluiten en toepassen van regionale kennis. Deze kennis beslaat voornamelijk het domein van de waterverdeling en is toegepast in NHI 2.1. Het grote verschil met NHI 2.0 is dan ook de verbeterde aan- en afvoermodellering en de toegenomen bruikbaarheid van het NHI voor korte periodes en op regionale schaal.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Jan. 2011	J.C. Hoogewoud		M.J.M. Kuijper		B. Minnema	
		A.A. Veldhuizen					
		G. Prinsen					

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.



Titel
NHI 2.1

Opdrachtgever
RWS Waterdienst

Project
1203516-000

Kenmerk
1203516-000-BGS-0013

Pagina's
Error!

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Aanpassingen in NHI	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Totaaloverzicht aanpassingen NHI 2.1	3
2.3	Grondwater	3
2.3.1	Inleiding	3
2.3.2	Parametrisering ondergrondkenmerken	3
2.3.3	Dynamisch rivierpeil	4
2.3.4	Grondwaterhik	5
2.3.5	Zoutconcentraties ondergrond	5
2.3.6	Aanpassing ondergrondparameters IJsselmeergebied	5
2.4	Onverzadigde zone	6
2.4.1	Inleiding	6
2.4.2	Initiële condities onverzadigde zone	6
2.4.3	Neerslag en verdamping	6
2.4.4	Bodem	7
2.4.5	Landgebruik	8
2.4.6	Berekening	8
2.4.7	Buisdrainage	8
2.5	Oppervlaktewater	8
2.5.1	Inleiding	8
2.5.2	Neerslag en verdamping	9
2.5.3	Peilen	9
2.5.4	Vaste lozingen en onttrekkingen	9
2.5.5	Doorspoeling	9
2.5.6	Waterverdeling sleutels	10
2.5.7	Schematisatie wateraanvoergebieden	10
2.5.8	Koppeling districten aan het netwerk	11
2.5.9	Randvoorwaarden zout	12
2.6	Software: versnelde koppeling	13
3	Resultaten en analyse	14
3.1	Inleiding	14
3.2	Grondwater	14
3.2.1	GHG en GLG	14
3.2.2	Fluxen	16
3.2.3	Conclusie	17
3.3	Onverzadigde zone	17
3.3.1	Inleiding	17
3.3.2	Neerslag	17
3.3.3	Verdamping	18
3.3.4	Berekening	19
3.3.5	Grondwateraanvulling	20
3.3.6	Conclusie	21
3.4	Oppervlaktewater	21
3.4.1	Afvoeren	21



3.4.2	IJsselmeerpeil	30
3.4.3	Chloride	32
3.4.4	Conclusie	32
4	Conclusies	33
5	Aanbevelingen	35
6	Literatuur	37
A	Samenvatting regionale toetsing	39
B	Loglijst met modelaanpassingen	41
B.1	Koppeling	41
B.2	Grondwater (MODFLOW)	41
B.3	Onverzadigde zone (metaSWAP)	41
B.4	Oppervlaktewater (DM & MOZART)	41
B.5	Log-lijst met nog openstaande acties oppervlaktewater	46
C	Voorstel wijziging concept onverzadigde zone metaSWAP	47



1 Inleiding

Jaarlijks vind een release plaats van een nieuwe versie van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). In juli 2010 heeft de RWS Waterdienst aan Deltares gevraagd een nieuwe NHI-versie uit te brengen in december 2010, die voldoet aan van te voren afgesproken kwaliteitscriteria: NHI 2.1.

De wens van RWS Waterdienst is dat de belangrijkste aanbevelingen uit de regionale toetsingen zoveel mogelijk verwerkt worden in de nieuwe versie van NHI. NHI is ook gebruikt en beperkt doorontwikkeld in verschillende studies. De resultaten hiervan zijn, waar relevant, verwerkt in NHI 2.1.

In hoofdstuk 2 worden de aanpassingen besproken. De opmerkingen uit de regionale toetsing door STOWA en andere studies, zoals de Zoetwaterverkenning (ZWV), spelen hierbij een belangrijke rol. Uit deze toepassingen zijn veel leer- en verbeterpunten naar voren gekomen voor zowel de NHI-projectgroep als de regionale waterbeheerders. In dit hoofdstuk is geschetst hoe de aanbevelingen uit deze studies zijn verwerkt.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten van NHI 2.1 gepresenteerd en vergeleken met de vorige versie, NHI 2.0.

De daarop volgende hoofdstukken behandelen de conclusies (hoofdstuk 4) en aanbevelingen (hoofdstuk 5).

2 Aanpassingen in NHI

2.1 Inleiding

Een randvoorwaarde bij aanvang van NHI was dat NHI minstens de functionaliteiten en kwaliteit van de voorgangers (PAWN, hydrologie STONE, LGM/SWAP) zou moeten hebben. Bij de oplevering van NHI 2.0 in 2010 is een memo geschreven (NHI, 2010) waarin is aangetoond dat NHI 2.0 al minstens de kwaliteit van PAWN heeft, terwijl NHI qua concept en functionaliteit op een aantal punten beter is dan de oude verzameling modellen (bijvoorbeeld door een on-line koppeling van ondergrond en onverzadigde zone in het model, en ook door de horizontale koppeling van het ondergrond- en onverzadigde zonemodel).

De HID Waterdienst heeft in juli 2010 de directeur van Deltares verzocht om eind 2010 een nieuwe versie van het NHI (versie 2.1) op te leveren, die voldoet aan van te voren opgestelde kwaliteitscriteria voor deze versie, zodat deze versie eind 2010 kan worden opgenomen als bouwsteen voor de analyse van de zoetwatervoorziening in een eerste werkversie van het Deltamodel. De belangrijkste gesignaleerde problemen in de regionale toetsing door STOWA moeten daarbij bovendien zijn verholpen. In dit hoofdstuk wordt op de verbeteringen in NHI 2.1 ingegaan.

Om de benodigde verbeteringen vast te stellen en te bewerkstelligen was meer inzicht nodig in de prestaties van het modelinstrumentarium. In de rapportages van eerder verschenen versie van het NHI zijn hier al aanbevelingen over gedaan. Veel inzicht over het NHI is ook geïnitieerd door de regionale toetsing van STOWA voor de jaren 2003 en 2006. In bijlage A staat een samenvatting van STOWA aanbevelingen weergegeven. Mede voor de communicatie met de regio is in dit rapport apart aangegeven hoe deze inzichten zijn vertaald in NHI versie 2.1. Bij de toetsing van NHI is gebruik gemaakt van de database die is ontstaan naar aanleiding van de STOWA-studie. Om een goede vergelijking te kunnen maken is NHI 2.1 daarom ook voor de jaren 2003 en 2006 doorgerekend (Hoogewoud e.a., 2011).

Behalve van de STOWA-validatie van NHI is ook gebruik gemaakt van andere ervaringen met NHI. Zo zijn er in de studie ZoetWaterVerkenning een aantal verkennende NHI sommen gemaakt. In regionale studies voor ZoetWaterVerkenning is soms ook gebruik gemaakt van NHI, bijvoorbeeld voor de regio's Noord-Nederland en Rijn-Oost. Binnen deze studies worden vaak specifieke verbeteringen doorgevoerd. Een deel van deze verbeteringen zijn meegenomen in NHI 2.1.

2.2 Totaaloverzicht aanpassingen NHI 2.1

Onderstaande tabel geeft een overzicht van alle veranderingen in NHI 2.1. Per wijziging is aangegeven in welk onderdeel van NHI de wijziging is doorgevoerd en in welke paragraaf deze verder is toegelicht. Een meer gedetailleerde lijst met alle wijzigingen is te vinden in bijlage B.

Paragraaf	Wijziging	Onderdeel NHI
2.3.3	Dynamisch rivierpeil	MODFLOW
2.3.4	Verwijdering grondwaterhik	MODFLOW
2.3.5	Invoer zoutconcentraties ondergrond	MODFLOW
2.3.6	Aanpassing ondergrondparameters IJsselmeergebied	MODFLOW
2.4.3 en 2.5.2	Betere ruimtelijke verdeling van neerslag en verdamping	metaSWAP / MOZART / DM
2.4.2	Verbetering initiële condities onverzadigde zone	metaSWAP
2.5.6	Aanpassing waterverdeelsleutels	DM
2.5.7	Schematisatie wateraanvoergebieden hoog Nederland als peilbeheerst	MOZART
2.5.8	Opknippen districten en aanpassing koppeling aan netwerk	DM
2.5.9	Verkorte staking inlaat bij Gouda (bij overschrijding zoutnorm) van 5 naar 2 dagen	DM
2.6	Versnelde koppeling 4 modelcodes	Alle onderdelen

2.3 Grondwater

2.3.1 Inleiding

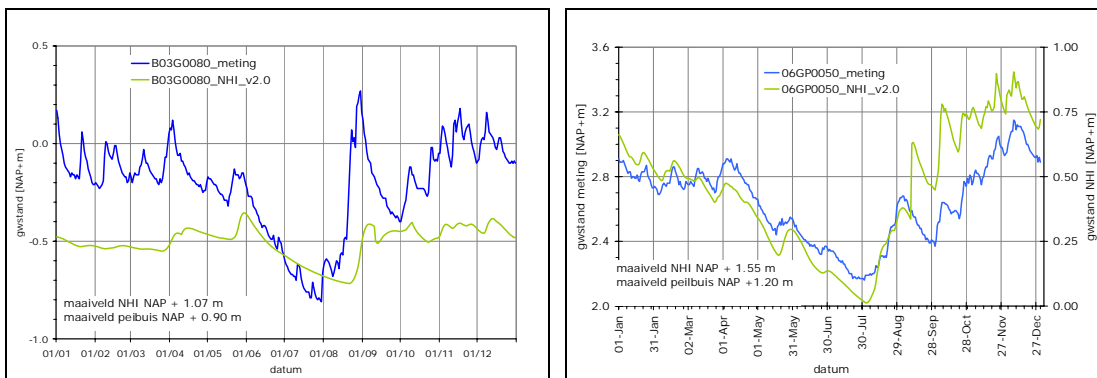
Grondwatermetingen zijn vergeleken met berekende grondwaterstanden van NHI 2.0. Er zijn veel verschillen geconstateerd in zowel dynamiek als het uitputtingsverloop tijdens het groeiseizoen. Er is gezocht naar verklaringen voor de verschillen. Een tweetal algemene verklaringen zijn:

- NHI berekent een grondwaterstand voor gridcellen van 250 meter; de meting gebeurt voor een punt. Deze waarden vergelijken is niet zuiver door de schaalproblemen.
- Een grondwaterstand is in grote mate afhankelijk van de lokale omstandigheden als grondsoort, storende lagen, peil van het oppervlakte water, scheuren in de grond etc. Deze zijn vaak maar globaal bekend en kunnen daarnaast niet allemaal in het relatief grove NHI model opgenomen worden.
- De gebruikte neerslag in NHI 2.0 is soms te grof, gebruik van verbeterde neerslagdata zal ook de berekende grondwaterstand kunnen verbeteren.

Daarnaast wordt opgemerkt, in de toetsingsrapporten van STOWA, dat het vergelijken van de grondwaterstanden van NHI 2.0 met metingen lastig is wegens de "grondwaterhik" en omdat de neerslag vaak ruimtelijk niet goed verdeeld is. In NHI 2.1 is daarom vooral veel aandacht besteed aan het verbeteren van de randvoorwaarden voor de grondwaterstroming, zoals een betere verdeling van de neerslag en het verhelpen van de grondwaterhik.

2.3.2 Parametrisering ondergrondkenmerken

Een aantal berekende grondwaterstanden van NHI vertoont zeer weinig dynamiek ten opzichte van de metingen. Er is gezocht naar mogelijke oorzaken in het grondwater (MODFLOW) en in de onverzadigde zone.



Figuur 2.1 Links, voorbeeld waar NHI 2.0 te weinig dynamiek vertoont in de berekende grondwaterstand
 Rechts, voorbeeld waar NHI 2.0 een goede dynamiek vertoont in de berekende grondwaterstand (Ogink, 2010).

Op een selectie van meetpunten zijn de volgende hypothesen geanalyseerd met betrekking tot het verzadigde grondwater:

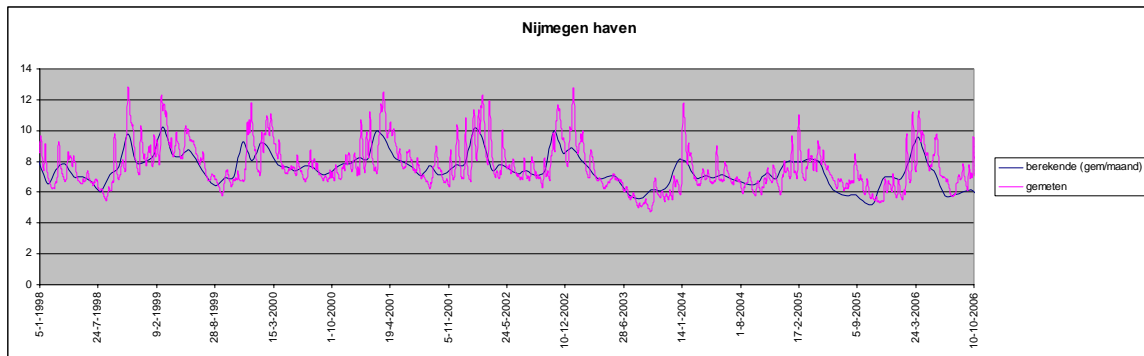
- Berekende grondwaterstand in NHI wordt te veel beïnvloed door het peil van het oppervlakte water:
 - peilbuis staat in een NHI cel met veel oppervlakte water.
 - Drainageweerstand in NHI is te laag.
- KD in NHI is te hoog.
- Weerstandlagen ontbreken in NHI.

In sommige gevallen kan het gebrek in dynamiek in NHI verklaard worden met bovenstaande verklaringen, in meeste gevallen echter niet. Het is dus waarschijnlijk dat de verklaring gezocht moet worden in de onverzadigde zone.

Om de invloed van de vertraging van de grondwateraanvulling door de onverzadigde zone te bepalen is een som gemaakt met alleen MODFLOW. Daaruit blijkt dat zonder onverzadigde zone de dynamiek in de grondwaterstand sterk toeneemt. Dit duidt er op dat de grondwateraanvulling in sommige gevallen te veel vertraagd wordt in de onverzadigde zone. Mogelijke verklaring kan zijn dat het concept van preferente stroming mist in metaSWAP. Het probleem is in deze studie niet verder opgelost en wordt verder beschreven in paragraaf 2.4.4.

2.3.3 Dynamisch rivierpeil

NHI 2.0 rekent met vaste rivierpeilen. In NHI 2.1 kan het rivierpeil per maand worden veranderd. Voor de periode 1998-2006 zijn maandelijkse gemiddelde rivierpeilen afgeleid uit SOBEK-sommen. De peilen zijn uitgerekend voor de Rijn, Maas en IJssel. De berekende maandelijkse rivierpeilen zijn als randvoorwaarde opgelegd aan MODFLOW (het verzadigde grondwater).



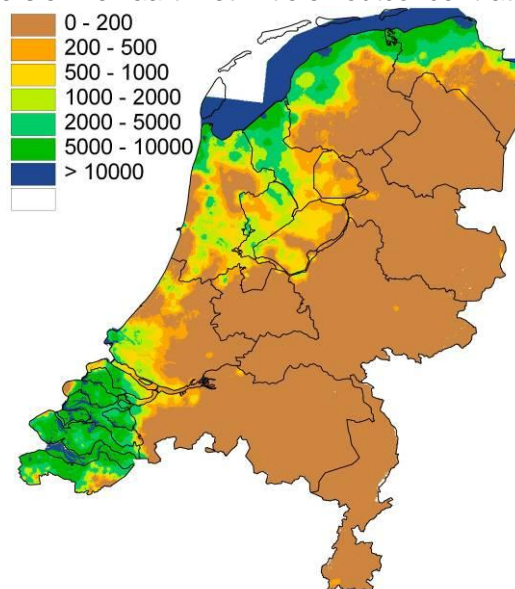
Figuur 2.2 Maand gemiddelde “sobek rivierpeilen” bij Nijmegen haven, zoals geïmplementeerd in NHI 2.1 vergeleken met de meting.

2.3.4 Grondwaterhik

In het STOWA-rapport wordt gesproken van een “grondwaterhik” op 11 september 2006. Dit betreft een fout die gemaakt is bij het herstarten van een modelrun. In NHI 2.1 is deze fout hersteld.

2.3.5 Zoutconcentraties ondergrond

Uit het deelproject zoet-zout is de kaart met zoutconcentraties ter hoogte van de eerste scheidende laag overgenomen en vertaald naar initiële invoer voor de niet-stationaire berekeningen met MODFLOW en metaSWAP. De uiteindelijke initiële condities zijn afgeleid een meerjarige run met NHI 2.1 (zie ook paragraaf 2.4.2) en vastgelegd in de opgeleverde versie. De kaart met initiële zoutconcentratie is weergegeven in Figuur 2.3.



Figuur 2.3 Initiële zoutconcentratie (mg/l), onderkant 1^o scheidende laag

2.3.6 Aanpassing ondergrondparameters IJsselmeergebied

Voor een studie naar de effecten van peilopzet rondom het IJsselmeergebied zijn een aantal aanpassingen gedaan. Een aantal daarvan zijn overgenomen in NHI 2.1:

- De weerstand (c_1) onder een deel van het IJsselmeergebied is verlaagd.
- De weerstand (c_1) van de randmeren is verlaagd van 3000 dagen naar ordegrootte 50 dagen.

- De in/uittreeweerstand van de Soestwetering (bij Zwolle) is verlaagd van 1000 dagen naar 10 dagen.

2.4 Onverzadigde zone

2.4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de verschillende deelaspecten van de onverzadigde zone, te weten: initiële condities, neerslag en verdamping, bodem, landgebruik, berekening, buisdrainage en zout.

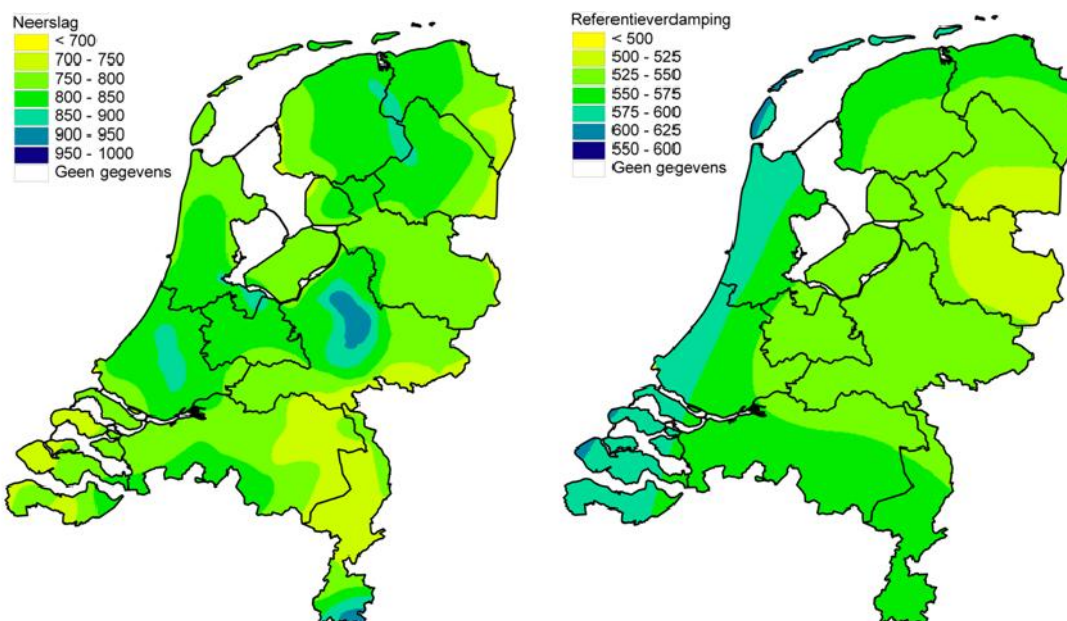
2.4.2 Initiële condities onverzadigde zone

Het NHI moet kunnen rekenen met een 'warme start', d.w.z. een run die gestopt is op een bepaald tijdstip moet vanaf datzelfde tijdstip verder kunnen rekenen, zonder dat dit de uitkomsten beïnvloedt. In het onverzadigdezone deel van de initiële situatie bleek niet alle informatie die nodig is voor zo'n warme start te worden weggeschreven. Het ging met name om situaties met een dynamische wortelzonedikte. Dit is hersteld en opgenomen in de modelversie 7.1.12 die voor NHI 2.1 wordt gebruikt.

De initiële conditie is ook van belang om de inspeeltijd van het model te verkorten. Daarom is een nieuw startbestand afgeleid uit een meerjarige run met NHI 2.1. Voor de berekeningen zoals gepresenteerd in dit document is (door de lange rekestijden) nog geen gebruik gemaakt van deze nieuwe initiële conditie. Voor toekomstig gebruik van NHI 2.1 is die nu echter wel beschikbaar. De gevolgen voor de berekende criteria zullen over het algemeen beperkt zijn.

2.4.3 Neerslag en verdamping

Neerslag en verdamping hebben grote invloed hebben op zowel de hydrologie van de onverzadigde zone, de stijghoogten van het grondwater als de waterbeweging in waterlopen. Voor hydrologische modelberekeningen met het NHI is het daarom nodig de neerslag en verdamping adequaat in het model te brengen, rekening houdend met de variatie van neerslag en verdamping in de ruimte en tijd. In Figuur 2.4 is zowel de gemiddelde jaarsom van de neerslag over de klimaatperiode 1971-2000 weergegeven, als de Makkink referentieverdamping. Beide zijn overgenomen uit de klimaatatlas (KNMI, 2003).



Figuur 2.4 Gemiddelde jaarsom van de neerslag (links) en verdamping (rechts) over de klimaatperiode 1971-2000

In NHI 2.0 zijn dagsommen voor meteorologische invoer verzameld voor 33 stations verspreid over Nederland. Thiessenpolygonen zijn gebruikt om de puntwaarnemingen van neerslag en verdamping vlakdekkend te maken. Een belangrijk nadeel van deze aanpak is dat er scherpe overgangen ontstaan bij de grenzen tussen de thiessenpolygonen. Voor de neerslag kan het daardoor zijn dat het NHI tot 100 mm afwijkt van de werkelijk gevallen neerslag.

In NHI 2.1 is daarom een meer gedetailleerde ruimtelijke verdeling van neerslag en verdamping ingevoerd. In opdracht van de Waterdienst heeft het KNMI neerslag- en verdampingsgrids afgeleid voor Nederland voor de periode 1961-2008. De grids zijn afgeleid uit de puntmetingen van ca. 325 beschikbare stations. De waarden tussen de stations zijn berekend met behulp van interpolatie.

Hierbij moet worden opgemerkt dat ook deze kaart slechts een benadering van de werkelijke ruimtelijke patronen weergeeft, omdat die in de praktijk grilliger zijn. Bepaalde grensgebieden in Nederland liggen niet tussen waarnemingspunten. In deze gebieden is geëxtrapoleerd. Ook voor het IJsselmeer zijn waarden berekend, die minder nauwkeurig dan boven land: in het IJsselmeer liggen geen waarnemingspunten. Bovendien wordt er geen rekening gehouden met effecten van open water. De gekozen celgrootte van 1 km sluit goed aan op de resolutie van de modellen die voor het Deltaprogramma worden gebruikt. De gekozen resolutie is dus geen maat voor de nauwkeurigheid van de data, want deze hangt af van de dichtheid van de waarnemingspunten.

2.4.4 Bodem

Ten aanzien van het NHI model wordt geconstateerd dat met name in het najaar er een te trage reactie is van grondwaterstanden op de omslag van een neerslagtekort naar een neerslagoverschot. Er is hier wellicht sprake van het ontbreken van bepaalde processen in de onverzadigdezonemodule. Het gaat dan om preferente stroming, waarbij er al water percoleert vanuit de wortelzone terwijl een belangrijk deel van de wortelzone nog droog is, d.w.z. omzeild wordt door het percolerende water. Een andere belangrijke tekortkoming van het huidige MetaSWAP-concept is dat de bodem wordt voorgesteld als een homogeen medium, terwijl het in de bodemfysica de 'norm' is om op zijn minst twee fracties te

onderscheiden, met laterale uitwisseling. Alleen bij een conceptualisatie met een duaal medium is het mogelijk om bepaalde staartverlopen te modelleren die bij waterkwaliteitsprocessen worden waargenomen. Binnen de in dit project beschikbare tijd en middelen was het niet mogelijk om een kant en klare oplossing in het NHI te implementeren. Wel zijn de ideeën hieromtrent nader uitgewerkt in een notitie, die is opgenomen in bijlage C.

2.4.5 Landgebruik

Landgebruik laat zich vooral gelden in de berekening van de actuele verdamping. De vergelijking tussen gemeten en berekende actuele verdamping laat voor NHI 2.0 een wisselend beeld zien, van zowel onderschattingen als overschattingen. Uit dit beeld is geen duidelijke conclusie te trekken om de verdampingsberekening landsdekkend te verbeteren. Hiervoor is nadere analyse van regionale waterbalansen nodig, indien mogelijk in combinatie met berekening van gewasopbrengsten. Er zijn geen aanpassingen gedaan aan het landgebruik en de gewasparameters.

2.4.6 Berekening

Uit de analyse van NHI versie 2.0 is gebleken dat de beregeningshoeveelheden aanzienlijk hoger zijn dan de beregeningshoeveelheden volgens de metingen, er bestaat echter te weinig vertrouwen in de gegevens van de metingen om daaruit conclusies te trekken. Wel is de berekende hoeveelheid berekening redelijk in lijn met de beregeningsgegevens in de provincie Brabant in de jaren 2003 en 2006. Er is vooralsnog onvoldoende aanleiding om de berekening op dit moment te wijzigen. De berekening in 2.1 is niet aangepast ten opzichte van versie 2.0.

2.4.7 Buisdrainage

De ontwatering van percelen is op veel plaatsen verbeterd door de aanleg van buisdrainage. Of een perceel wel of niet is gedraineerd is in de meeste gevallen niet bekend. Het beïnvloedt wel sterk de freatische grondwaterstand en de vochtbeschikbaarheid. Alterra heeft een kaart samengesteld met locaties waarvan het meest waarschijnlijk is dat deze zijn gedraineerd. Deze kaart is gebaseerd op enkele veldwaarnemingen en vuistregels. Er is op dit moment onvoldoende kennis om de buisdrainagekaart te wijzigen. De buisdrainage is in versie 2.1 niet aangepast ten opzichte van versie 2.0.

2.5 Oppervlaktewater

2.5.1 Inleiding

Voor het oppervlaktewater zijn peilbeheer (streefpeilen inclusief peilopzet), vaste onttrekkingen voor drink- en industriewater, en doorspoeling de watervragen die al in de NHI-invoer worden opgegeven. Alleen de watervraag voor berekening wordt door het model uitgerekend op basis van de actuele waterbalans, vochttoestand van de onverzadigde zone en beregeningsregels. De beschikbaarheid van water als gevolg van lokale neerslag en drainage wordt ook door het model uitgerekend.

Voor de koppeling van de districtwaterbalansen aan het netwerk zijn de district-netwerksleutels essentieel. Hiermee wordt aangegeven hoe een district water loost en/of aanvoert (via welke locaties, met welke capaciteit, welke fractie). Verder zijn voor de bepaling van debieten in het netwerk de opgegeven verdeelsleutels voor wateraanvoer- en voor waterafvoersituaties bepalend. Voor een aantal locaties in het benedenrivierengebied zijn chloride-concentraties sturend voor de waterinlaat. Een voorbeeld hiervoor is Gouda, waar Rijnland onder normale omstandigheden water inlaat. Bij lage Rijnafvoeren reikt de invloed van de externe verzilting door de zouttong op de Nieuwe Waterweg steeds verder

landinwaarts en worden de chlorideconcentraties bij Gouda hoger, waardoor men overgaat op alternatieve aanvoerroutes. De interactie van de verschillende modelcomponenten bepaalt uiteindelijk de debieten in het landelijke waterverdelingsnetwerk.

Op het moment dat voor een tak in het waterverdelingsnetwerk het berekende debiet niet goed klopt met het gemeten debiet, zijn er dus vele mogelijke oorzaken. Van geval tot geval moet worden geanalyseerd wat een plausibele verklaring is.

Er zijn veel kleine aanpassingen in NHI 2.1 doorgevoerd voor wat betreft oppervlaktewater. Deze aanpassingen worden in de komende paragrafen globaal besproken. In bijlage B is een complete loglijst van aanpassingen in het oppervlaktewater opgenomen. Verder moet worden opgemerkt dat, gezien de oplevertermijn van medio december 2010, de laatste invoeraanpassingen op 1 december 2010 zijn geweest om de langjarige sommen te kunnen maken, postprocessen en rapporteren. Dit betekent dat voor een aantal waterschappen informatie die na deze datum ontvangen werd niet is verwerkt in de figuren in hoofdstuk 3, maar wel is meegenomen in NHI 2.1.

2.5.2 Neerslag en verdamping

Elke local surface water (lsw) en district in Mozart, en ook elke DM knoop heeft nu zijn eigen meteo-station met eigen tijdseries van neerslag en verdamping. De neerslag en verdamping wordt bepaald op basis van de KNMI grid-neerslag en een overlay met de polygonen van oppervlaktewater gerepresenteerd door de lsw, district- of DM-knoop.

2.5.3 Peilen

De streefpeilen (inclusief peilopzet) in het regionale watersysteem zijn al eerder in NHI afgestemd op de informatie uit regionale modellen en gegevens van de waterschappen. De streefpeilen in het landelijk systeem (meren en stuwpanden) zijn daarom in NHI 2.1 niet aangepast. Ook de STOWA-toetsing en de toepassing van NHI in andere projecten zoals Rijn-Oost hebben geen aanleiding gegeven om peilen te herzien.

2.5.4 Vaste lozingen en onttrekkingen

De vaste lozingen en onttrekkingen op het oppervlaktewatersysteem zijn eerder beschreven in een memo beschikbaar op de NHI website (NHI, 2009). Er zijn twee drinkwateronttrekkingen in Mozart gedefinieerd, 0,15 m³/s in district NoordWest Drenthe (nabij de Punt) en 2,89 m³/s in district het Gooi. In het DM netwerk zijn op diverse plekken vaste lozingen en onttrekkingen gedefinieerd, bijvoorbeeld voor wegzijging (Twentekanaal, Brabantse kanalen), RWZI's (Drenthe), schut- en lekverliezen (Groningen), drink- en industriewater (diverse locaties). De opgegeven getallen zijn naar verwachting niet overal up-to-date. In het kader van de studie ZoetWaterVerkenning wordt een actualisatie van de onttrekkingsgegevens voorzien. In NHI 2.1 zijn er geen aanpassingen doorgevoerd.

2.5.5 Doorspoeling

Vele delen van het regionale watersysteem van laag Nederland worden doorgespoeld om chloride- en andere waterkwaliteitsproblemen te reduceren. De doorspoeling van het regionale watersysteem wordt in het NHI als watervraag in Mozart opgegeven per local surface water. Verder kan een doorspoelingsvraag voor takken in het hoofdsysteem worden opgegeven als zoutindringingsbestrijding of een gewenst debiet in verband met koelwaterlozingen van elektriciteitscentrales.

Voor een aantal regio's is uit de STOWA-validatie gebleken dat er in het model geen doorspoeling is opgedrukt, terwijl er in de praktijk wel blijkt te worden doorgespoeld. Als het waterschap goede schattingen voor doorspoeling kon aanleveren zijn die overgenomen. Als

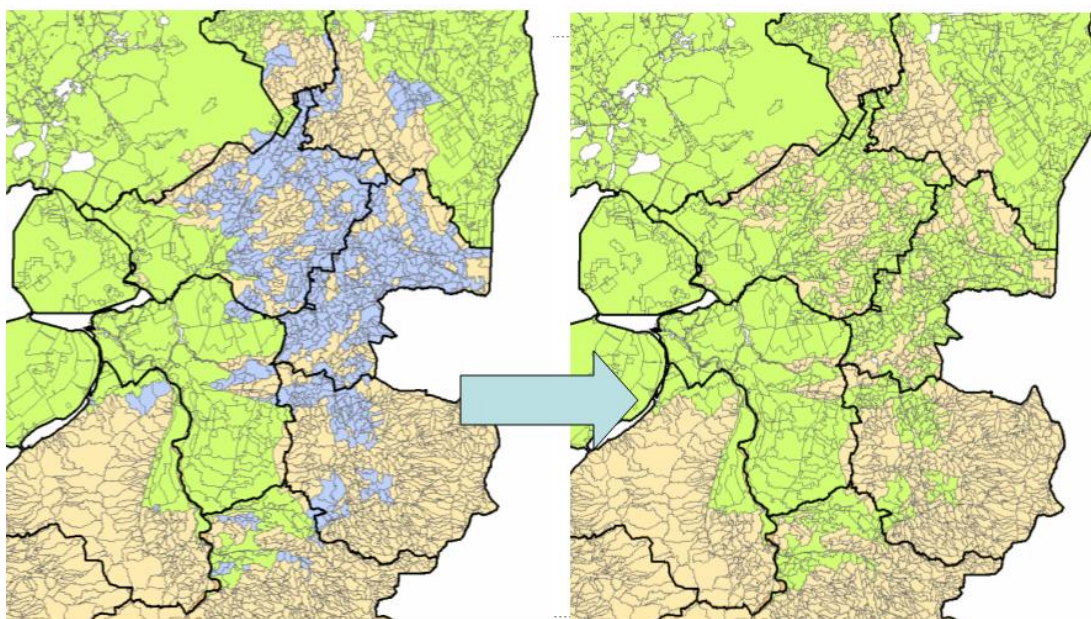
er echter geen goede schattingen voor de doorspoelvraag konden worden aangeleverd, zijn de oorspronkelijke waarden gehandhaafd hoewel soms duidelijk is dat die ook niet goed zijn. In een aantal gevallen blijkt de doorspoeling in de praktijk afhankelijk van de optredende zoutconcentratie. Het is echter in het NHI modelconcept niet mogelijk om de doorspoelvraag afhankelijk van een actuele zoutconcentratie op te geven, dus dit blijft ook in NHI 2.1 een beperking.

2.5.6 Waterverdeling sleutels

Voor diverse regio's is geconstateerd dat de waterverdeling lokaal op knooppunten niet correct is geschematiseerd. Bijvoorbeeld voor Friesland blijkt de totale afvoer door het model goed voorspeld te worden, alleen de verdeling van het af te voeren water over Harlingen, Dokkum en het IJsselmeer (Lemmer) komt in het model minder goed overeen met de werkelijkheid. Een dergelijke situatie kan worden verbeterd door de verdeelsleutels van de betreffende knoop Friesland aan te passen. Dergelijke verbeteringen zijn op een aantal punten doorgevoerd, zoals Friesland (1125), Vecht (1104), Delfland (4093), gekanaliseerde Hollandse IJssel (4095), Rotteboezem (4096), Ringvaartboezem (4102), Dommel tot aan verdeelwerk Eindhoven (5104).

2.5.7 Schematisatie wateraanvoergebieden

In het regionale waterbalansmodel Mozart worden in NHI de typen peilbeheerst (P), vrij afwaterend (V) en vrij afwaterend met wateraanvoer (W) onderscheiden. Typische peilbeheerste gebieden zijn polders in laag-Nederland. Hoog-Nederland is in het algemeen als vrij afwaterend gebied gemodelleerd, uitgezonderd enkele gebieden waar ook wateraanvoermogelijkheden zijn. Bij regionale analyses voor de regio Noord-Nederland en regio Rijn-Oost bleek echter dat wat in het model als een vrij afwaterend gebied met wateraanvoer (W) was gekenmerkt, in de praktijk eigenlijk als een peilbeheerst gebied (P) werd behandeld: het peil werd volledig met stuwen geregeld. Daarop is de conclusie getrokken dat we dergelijke gebieden ook als peilbeheerste gebieden moeten gaan schematiseren in NHI 2.1. Dat betekent een forse aanpassing van de Mozart-invoer. Figuur 2.5 geeft een indruk van de wijziging in Drenthe en Overijssel: in blauw zijn de vrij afwaterende gebieden weergegeven met wateraanvoer, in groen de peilbeheerste gebieden



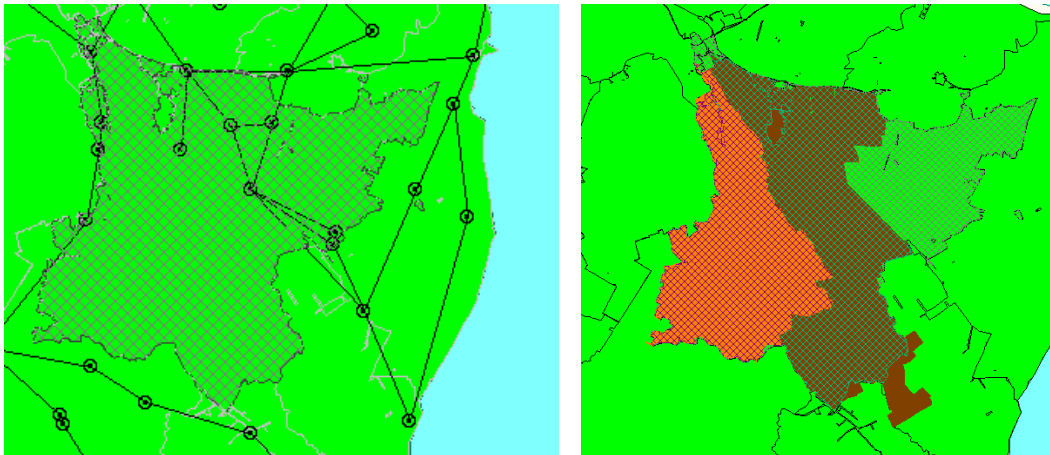
Figuur 2.5 Omzetting van vrij afwaterend met wateraanvoer (W) gebied naar peilbeheerst (P)

2.5.8 Koppeling districten aan het netwerk

In een aantal gevallen waren de ingevoerde district-netwerkkoppelingen niet geheel correct, en zijn vanuit de regio verbeteringen aangegeven. District-netwerksleutels zijn aangepast voor:

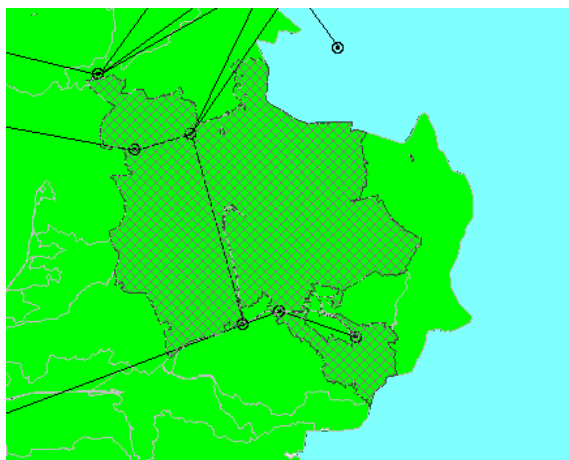
- District 1 (Friesland; inlaat Witte Wijk naar Appelscha een nog kleinere fractie).
- District 7 (Westerwoldsche Aa)
- District 8 (NoordWest Drenthe).
- District 12 (ZuidWest Drenthe; minder aanvoer via de Drentsche Hoofdvaart).
- District 45 (Krimpenerwaard; inlaatfractiecorrectie na eigen analyse).
- District 134 (Tholen; lozingsfracties).

In NHI 2.1 is gegeven de korte doorlooptijd geen grote actie met betrekking tot het ruimtelijk detail en de districtsindeling ondernomen. Alleen district NoordWest Drenthe is in 3 nieuwe districten onderverdeeld, zodat ingewikkelde bestaande sleutels in NHI 2.1 zijn vervangen door eenvoudiger nieuwe sleutels.



Figuur 2.6 NoordWest Drenthe District 8. Links voor opsplitsing, rechts gesplitst in drie delen: Drentsche Aa, Hunze, en Oostelijk Deel.

Uit de studie Rijn-Oost is gebleken dat het district Twente-Zuid (Regge) eigenlijk te groot is. De gebieden met wateraanvoer nabij het Twentekanaal zijn de hooggelegen gebieden van het district. Deze kunnen niet worden voorzien vanuit de lager gelegen gebieden van het district. In het districtsconcept in Mozart kan echter een overschot van water in de lager gelegen gebieden van het district wel worden aangewend om een watervraag elders in het district te voorzien; er worden geen transportbeperkingen binnen het district verondersteld. Hierdoor blijft de watervraag die extern gesteld wordt achter bij de realiteit. Een snelle verbetering is om voor dit district een 'kopie' district te maken, waarbij het ene district de gebieden met wateraanvoer en het andere de gebieden zonder wateraanvoermogelijkheid bevat.

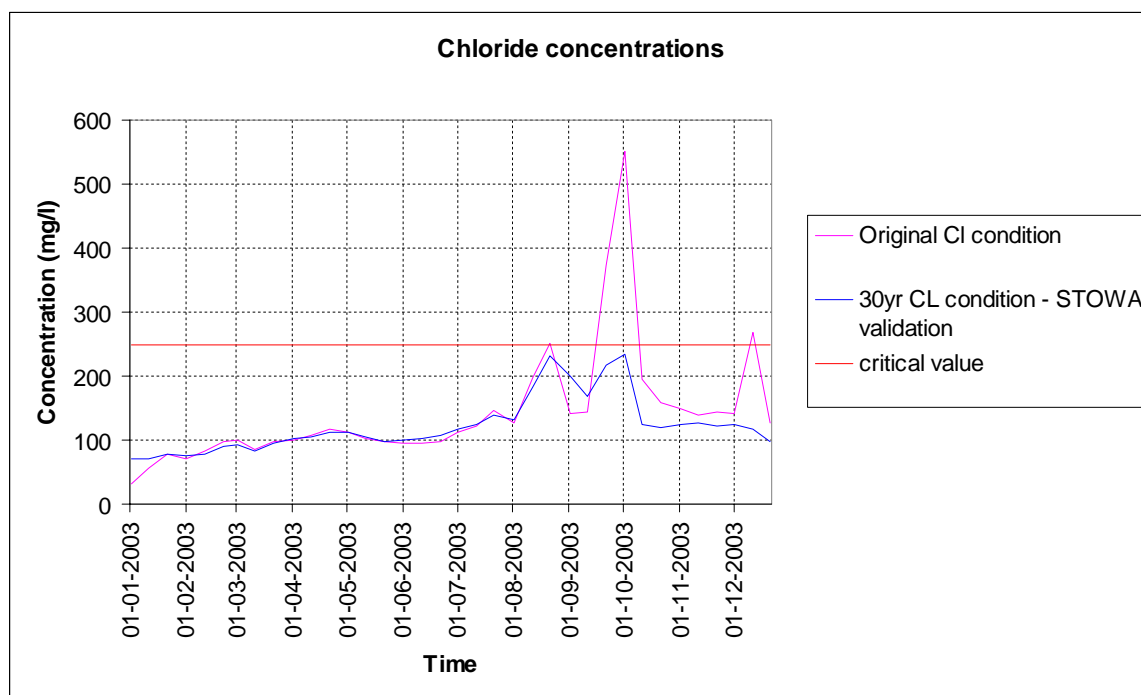


Figuur 2.7 District 18 Twente-Zuid.

2.5.9 Randvoorwaarden zout

Voor de zourandvoorwaarden is vlak na de oplevering van NHI 2.0 een nieuwe set randvoorwaarden (Sobek HIS bestanden) voor een lange periode van ruim 30 jaar beschikbaar gemaakt, terwijl voorheen alleen voor enkele speciale jaren bestanden met zourandvoorwaarden beschikbaar waren. Deze nieuwe bestanden zijn o.a. voor de validatiesommen voor de STOWA gemaakt.

Naar aanleiding van de validatie is nu gebleken dat de resultaten van deze nieuwe zoutsommen voor 2003 duidelijk afwijken van de voorheen gebruikte zourandvoorwaarden. Waar de eerder gebruikte zoutsommen in 2003 duidelijk problemen aangaven bij de innameplaatsen nabij Gouda, is dat voor de nieuw gebruikte zoutsommen veel minder het geval. Er is daarom de nodige twijfel over de nieuwe sommen, omdat uit metingen in 2003 is gebleken dat de chlorideconcentraties op de Hollandsche IJssel bij Gouda tot circa 500 mg/l zijn gestegen, terwijl en de nieuwe sommen daar niet mee in lijn zijn en de oude sommen een beter resultaat lijken te geven.



Figuur 2.8 Vergelijking 'oude' en 'nieuwe' chlorideconcentraties en de kritische grenswaarde

Verder is regel in de praktijk dat na een overschrijding van de zoutnorm gedurende twee dagen de inlaat bij Gouda gestaakt wordt en alternatieve aanvoerroutes gebruikt worden. In het model stond dit tot nu toe op vijf dagen, dit criterium is strenger gemaakt en conform de praktijk op 2 dagen gezet.

2.6 Software: versnelde koppeling

In NHI worden vijf modelcodes met elkaar gekoppeld: MODFLOW (verzadigd grondwater), MetaSWAP (onverzadigd grondwater), TRANSOL (zout onverzadigd grondwater), MOZART (regionaal oppervlaktewater) en DM (landelijk oppervlaktewater). In het deelproject NHI-light binnen het Deltamodel is de koppeling met MOZART en TRANSOL sterk verbeterd en geschikt gemaakt voor een opgeschaald 1000 meter versie van NHI 2.0, wat heeft geresulteerd in een factor 20 minder rekentijd (Verkaik, J en J.C. Hoogewoud, 2010). Voor NHI 2.1 is de nieuwe koppeling toepasbaar gemaakt voor de 250 meter resolutie van het NHI en getest voor een kortjarige som, 2002-2003. Op basis van berekende af- en aanvoeren en de xG3 is geconcludeerd dat de nieuwe koppeling dezelfde resultaten geeft als de oude koppeling, maar dan met een factor vier minder rekentijd. Gegeven dit feit, en het probleem dat maandelijkse SOBEK rivierpeilen niet eenvoudig met de oude koppeling gerealiseerd konden worden en wel met de nieuwe koppeling, is de nieuwe koppeling voor NHI 2.1 ingezet.

3 Resultaten en analyse

3.1 Inleiding

Er zijn veel veranderingen in NHI 2.1 doorgevoerd. Het effect van al deze veranderingen tezamen wordt in dit hoofdstuk gepresenteerd en vergeleken met de resultaten van NHI 2.1. In paragraaf 3.2 is te lezen hoe de veranderingen doorwerken in grondwater. Paragraaf 3.3 beschrijft de verandering in de onverzadigde zone, gevolgd door paragraaf 3.3.1 over het oppervlaktewater. Paragraaf 3.4.4 sluit af met conclusies.

3.2 Grondwater

3.2.1 GHG en GLG

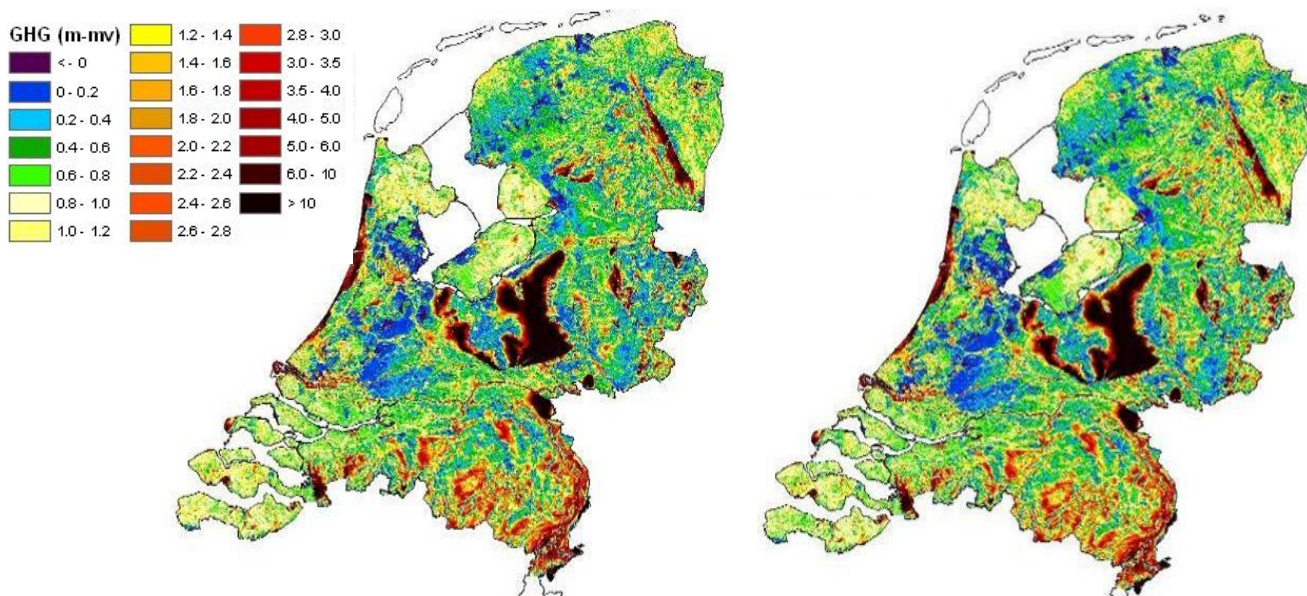
De resultaten van NHI 2.1 worden hier gepresenteerd en vergeleken met die van NHI 2.0. Hiervoor zijn de freatische grondwaterstanden, berekend met NHI 2.1 en NHI 2.0 vertaald naar een GHG en een GLG. Op het moment van rapportage waren van NHI 2.0 en NHI 2.1 niet exact dezelfde periodes beschikbaar. De overlappende periode 1999-2005 wordt als te kort beschouwd voor het bepalen van de gemiddelde grondwaterstanden. Voor NHI 2.0 is daarom de periode 1997-2005 gebruikt voor het bepalen van de gemiddelden, voor NHI 2.1 is de periode 1999-2006 gebruikt.

De verschillen in de GHG en GLG (Figuur 3.1 t/m Figuur 3.3). zijn over het algemeen zeer klein: minder dan 5 cm. Een aantal "grote" verschillen worden hier beschreven en op basis van expert judgement verklaard.

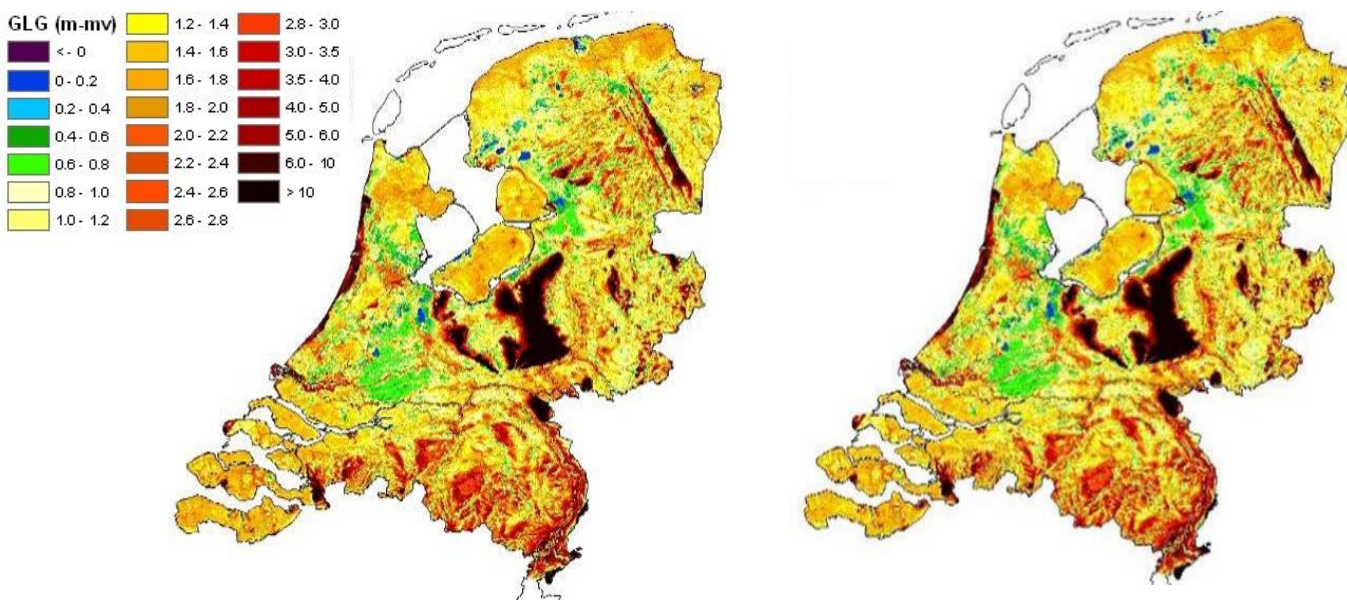
Rivieren: Langs de grote rivieren zijn verschillen in GHG en GLG, deze worden veroorzaakt door de dynamische rivierpeilen die zijn toegevoegd aan NHI 2.1

Gestuwd gebied: Er zijn forse verschillen op bijvoorbeeld de Veluwe. De oorzaak ligt in de initiële condities van de grondwaterstand en met name de onverzadigde zone (paragraaf 2.4.2) Er zijn verder geen veranderingen voor de gestuwde gebieden doorgevoerd.

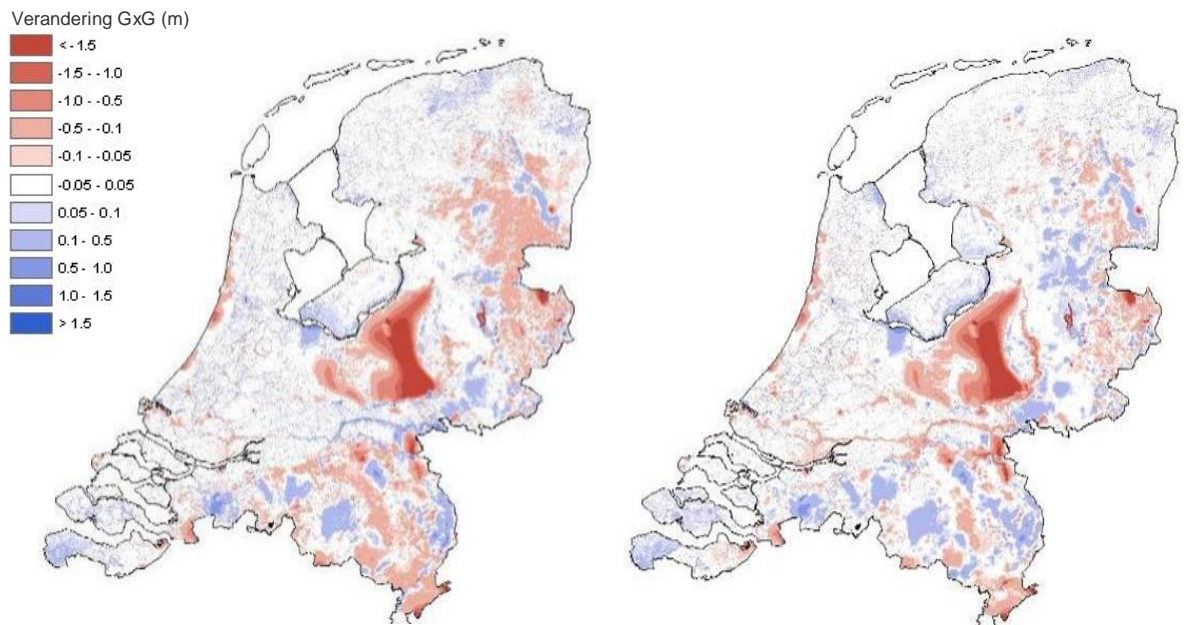
Pleistoceen Nederland: De verschillen zijn hier veelal klein, 5-10 cm, maar wel veel voorkomend. In deze gebieden is de wateraanvoer wat aangepast. Andere oorzaken kunnen zijn: het verschil in initiële condities, de betere neerslagverdeling in NHI 2.1 en het verschil in de beschouwde periode voor de gemiddelden.



Figuur 3.1 GHG: links NHI 2.0; rechts NHI 2.1



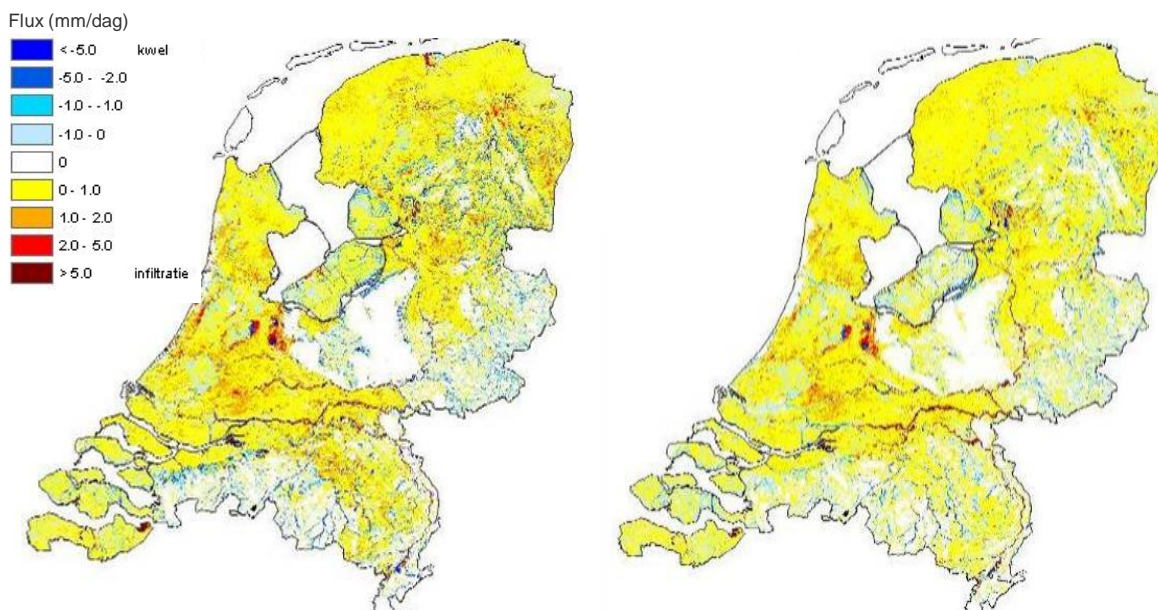
Figuur 3.2 GLG: links NHI 2.0; rechts NHI 2.1



Figuur 3.3 Links verandering in GHG (NHI2.1 – NHI2.0); rechts verandering in GLG (meter).

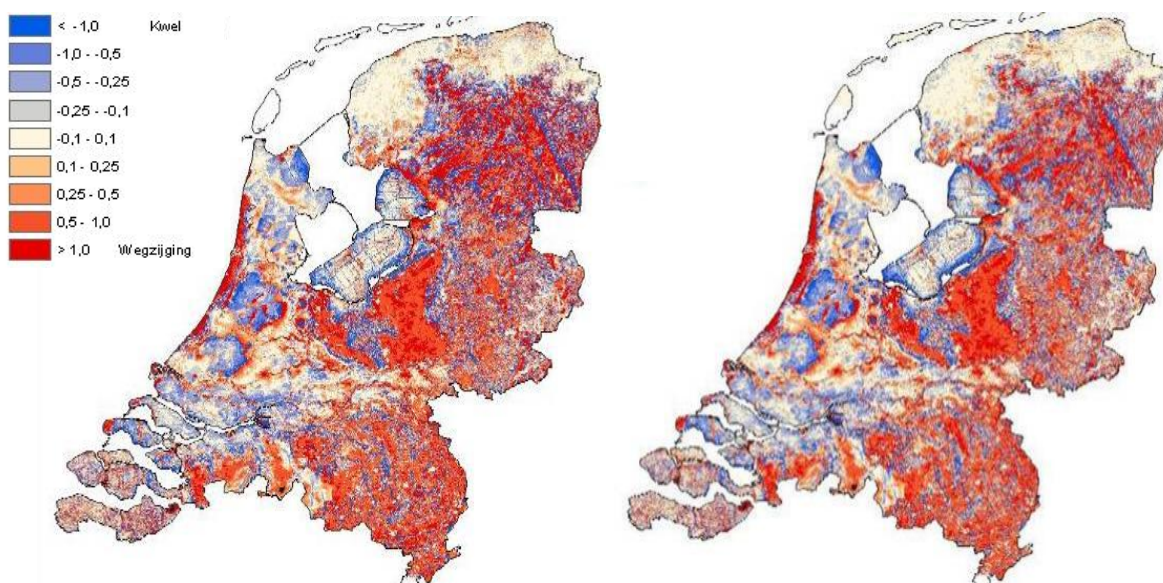
3.2.2 Fluxen

De interactie tussen grondwater en oppervlaktewater is weergegeven aan de hand van fluxen. In Figuur 3.4 is de flux op 1 augustus 2003 weergegeven. Dit is een droge periode. In grote delen van Nederland infiltreert oppervlakte water naar het grondwater. Verschillen tussen NHI2.0 en NHI 2.1 zijn vooral zichtbaar in “hoog” Nederland. Door de nieuwe schematisatie van wateraanvoergebieden in NHI 2.1 (zie ook paragraaf 2.5.7) is er peilopzet mogelijk in de wateraanvoergebieden van “hoog” Nederland. Dit resulteert in meer infiltratie en minder kwel in deze gebieden, hetgeen uiteindelijk leidt tot een grotere watervraag.



Figuur 3.4 Fluxen van en naar het (regionale)oppervlaktewater op 1 augustus 2003 (mm/dag). Links NHI 2.0, rechts NHI 2.1.

De langjarig gemiddelde flux over de eerste scheidende laag in het grondwatermodel (vaak de kwel/infiltratie flux genoemd) wordt weergegeven in Figuur 3.5. De verschillen tussen NHI 2.0 en 2.1 zijn gering, hetgeen te verwachten is gezien de minimale verschillen in ondergrondschematisatie tussen beide modellen. Wel zijn er in NHI 2.1 iets geleidelijkere overgangen tussen kwel en infiltratie te zien.



Figuur 3.5 Gemiddelde kwel en wegzijging 1998-2005 (mm/d): fluxen van modellaag 1 naar modellaag 2. Links NHI2.0, rechts NHI 2.1

3.2.3 Conclusie

De verschillen in gemiddelde grondwaterstanden tussen NHI 2.0 en NHI 2.1 zijn over het algemeen klein. Dit is te verwachten omdat in de schematisatie van het grondwater weinig is veranderd. De verbeterde neerslaginvoer heeft weinig effect op de langjarig gemiddelde grondwaterstand. Voor individuele jaren zal dat effect groter zijn. Waar wel structurele verschillen zijn ontstaan zijn goede verklaringen aanwezig. De grotere flux vanuit oppervlaktewater naar het grondwater in droge perioden bijvoorbeeld, wordt veroorzaakt door de verbeterde schematisatie van de wateraanvoergebieden.

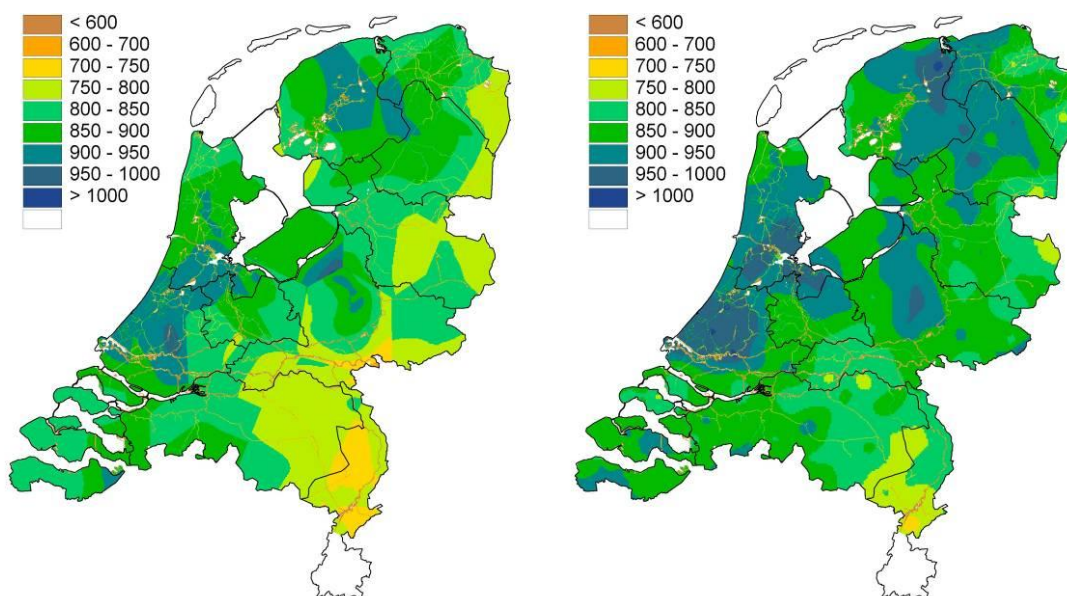
3.3 Onverzadigde zone

3.3.1 Inleiding

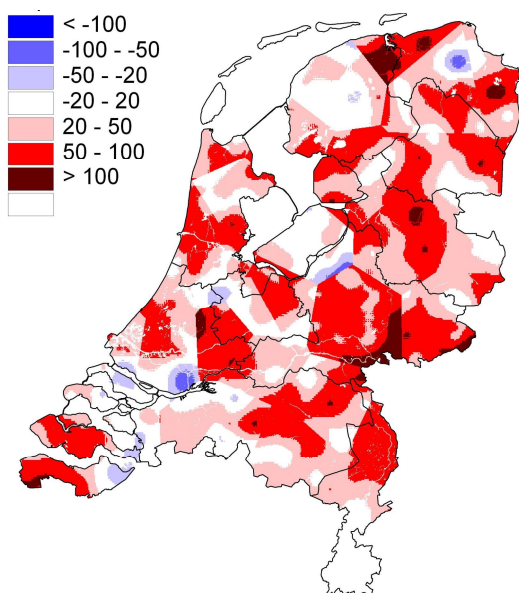
In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de uitkomsten van NHI versie 2.1 voor de modeluitkomsten voor de onverzadigde zone, neerslag, verdamping, beregening en grondwateraanvulling, beschouwd over de periode 1999-2005.

3.3.2 Neerslag

De neerslag wordt vanaf NHI 2.1 opgelegd met behulp van gridinvoer, zoals door het KNMI afgeleid. Over de periode 1999-2005 varieert de neerslag van 750-1000 mm/jaar conform de verdeling in Figuur 3.6. De verschillen tussen NHI 2.0 en NHI 2.1 zijn duidelijk zichtbaar (Figuur 3.7). De verschillen zijn voor individuele jaren nog groter.



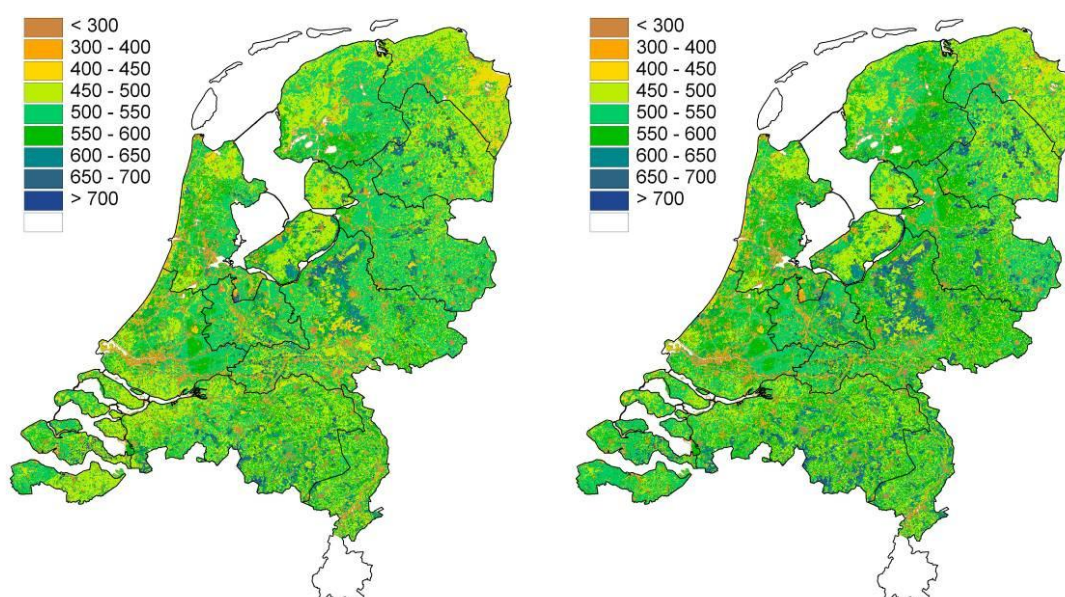
Figuur 3.6 Gemiddelde jaarsom van de neerslag (mm) over de periode 1999-2005, NHI 2.0 (links) en NHI 2.1 (rechts).



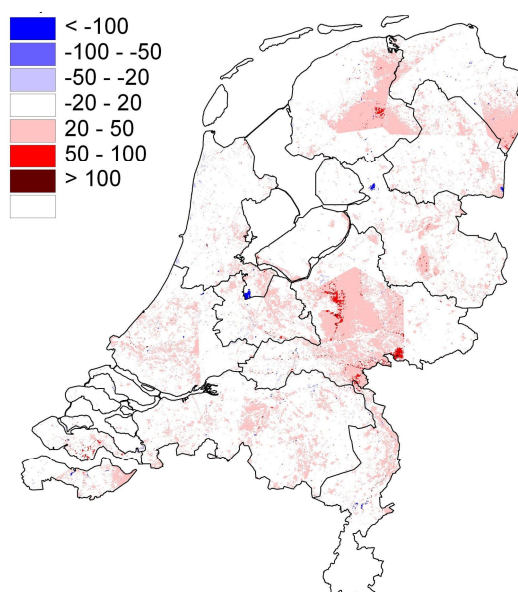
Figuur 3.7 Verschil in neerslag (mm/jaar) over de periode 1999-2005, NHI 2.1- NHI 2.0.

3.3.3 Verdamping

Ook de verdamping wordt vanaf NHI 2.1 opgelegd met behulp van gridinvoer, zoals door het KNMI afgeleid. Over de periode 1999-2005 varieert de actuele verdamping van minder dan 300 mm/jaar voor stedelijke gebieden tot 700 mm/jaar voor bosgebieden. Figuur 3.8 geeft de berekende verdamping weer. De verschillen tussen NHI 2.0 en NHI 2.1 zijn duidelijk zichtbaar (Figuur 3.9), maar minder groot dan de verschillen in neerslag. Het KNMI zal in 2011 verdampingsgrids aanleveren met een verbeterde interpolatiemethode. De verwachting is dat dit niet tot grote wijzigingen in de NHI-resultaten zal leiden.



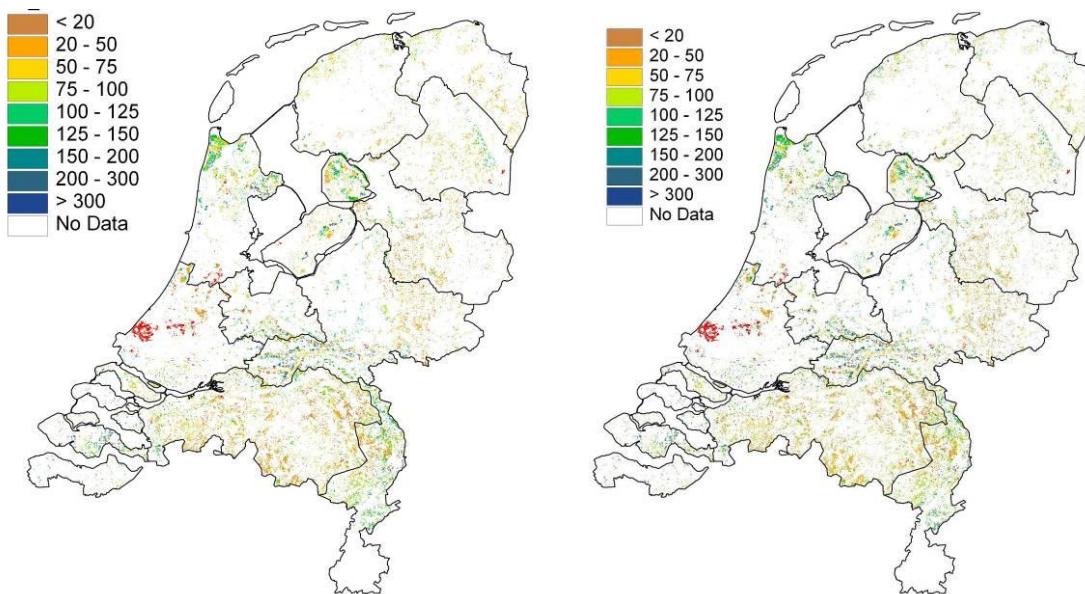
Figuur 3.8 Gemiddelde jaarsom van de verdamping (mm) over de periode 1999-2005, voor NHI 2.0 (links) en NHI 2.1 (rechts)



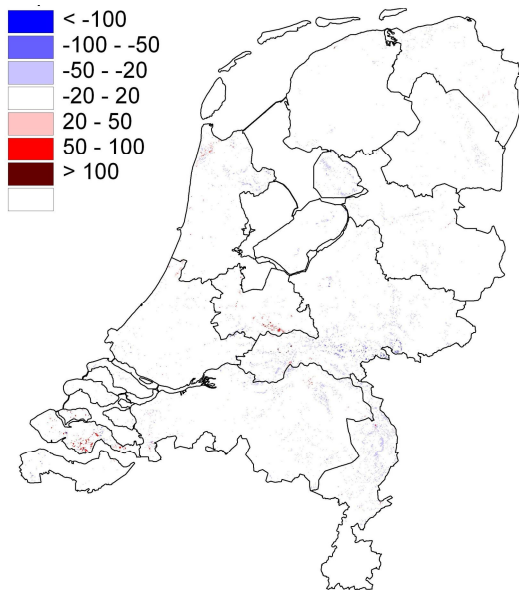
Figuur 3.9 Verschil in verdamping (mm/jaar) over de periode 1999-2005, NHI 2.1- NHI 2.0.

3.3.4 Berekening

Over de periode 1999-2005 varieert de berekening van 0 mm/jaar voor onberegende gebieden tot 100 mm/jaar voor droge landbouwgronden en tot 300 mm voor bloembollen. Figuur 3.10 geeft de berekende berekening weer. In deze kaart zijn de glastuinbouwgebieden in rood weergegeven. Aangenomen wordt dat de beregeningsbehoefte van glastuinbouw voor het grootste deel wordt gedekt door de wateropvang van neerslag in bassins, indien nodig aangevuld met een mengsel van leidingwater en oppervlaktewater. De verschillen tussen NHI 2.0 en NHI 2.1 zijn gering (Figuur 3.11).



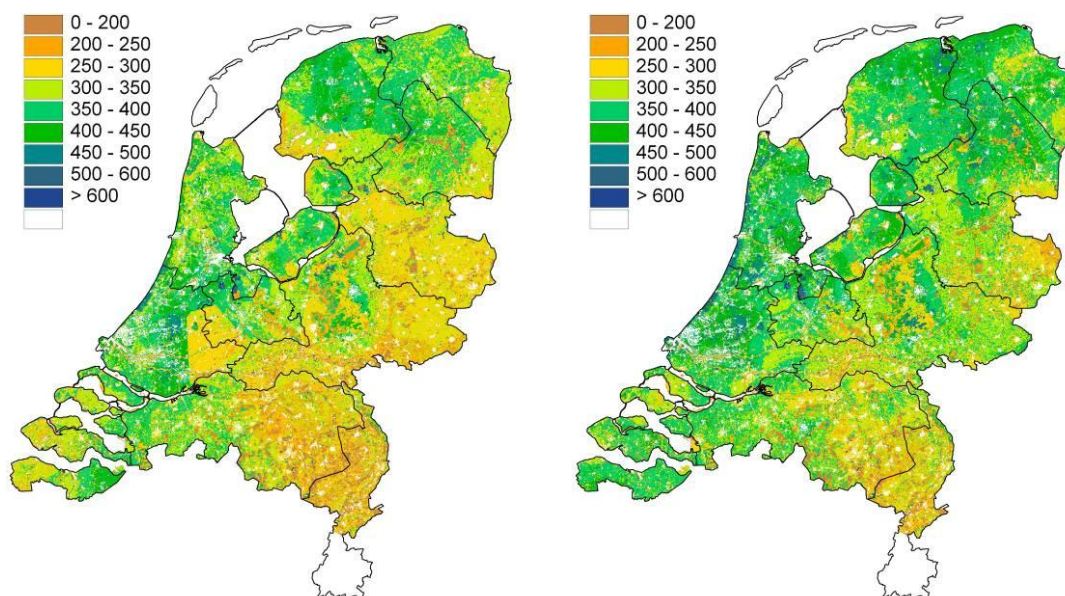
Figuur 3.10 Gemiddelde jaarsom van de berekening (mm) over de periode 1999-2005 In rood de glastuinbouw gebieden. NHI 2.0 (links, NHI 2.1 (rechts)



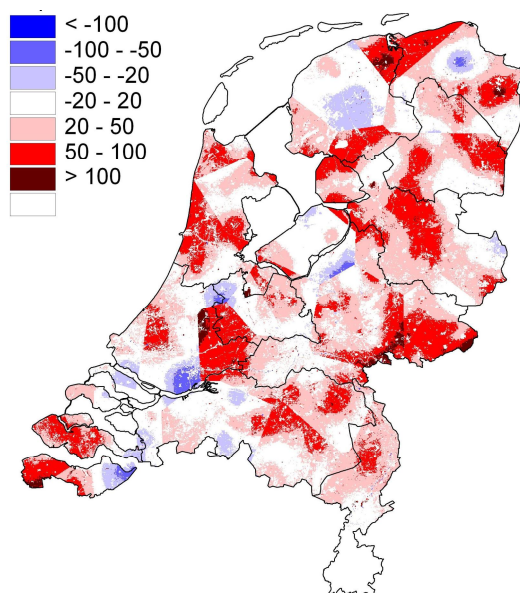
Figuur 3.11 Verschil in berekening (mm/jaar) over de periode 1999-2005, NHI 2.1- NHI 2.0.

3.3.5 Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling is gedefinieerd als het water dat via de onverzadigde zone het grondwater bereikt. Het zegt niets over de verblijftijd. De grondwateraanvulling varieert van 0 mm/jaar voor stedelijke gebieden tot 600 mm/jaar voor gebieden met veel kale grond (Figuur 3.12). De grondwateraanvulling wordt gedomineerd door neerslag en verdamping. De verschillen tussen NHI 2.0 en NHI 2.1 (Figuur 3.13) zijn hierdoor te verklaren.



Figuur 3.12 Gemiddelde jaarsom van de grondwateraanvulling (mm) over de periode 1999-2005 voor NHI 2.0 (links) en NHI 2.1 (rechts)



Figuur 3.13 Verschil in grondwateraanvulling (mm/jaar) over de periode 1999-2005, NHI 2.1- NHI 2.0.

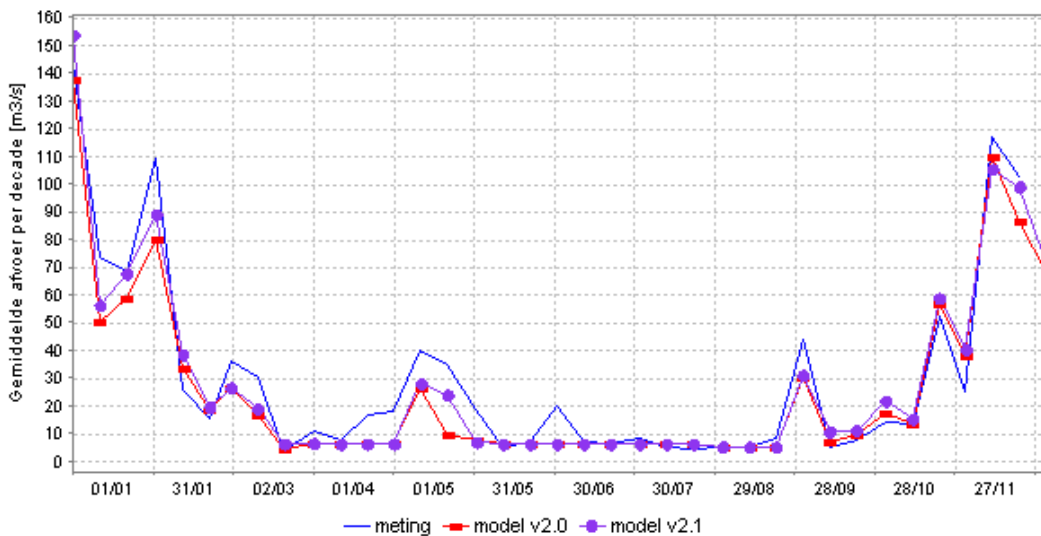
3.3.6 Conclusie

De neerslag, verdamping, beregening en grondwateraanvulling over de periode 1999-2005 geven een plausibel beeld. Door het gebruik van neerslaggrids als invoer kan het NHI vanaf versie 2.1 ook op individuele jaren worden getoetst.

3.4 Oppervlaktewater

3.4.1 Afvoeren

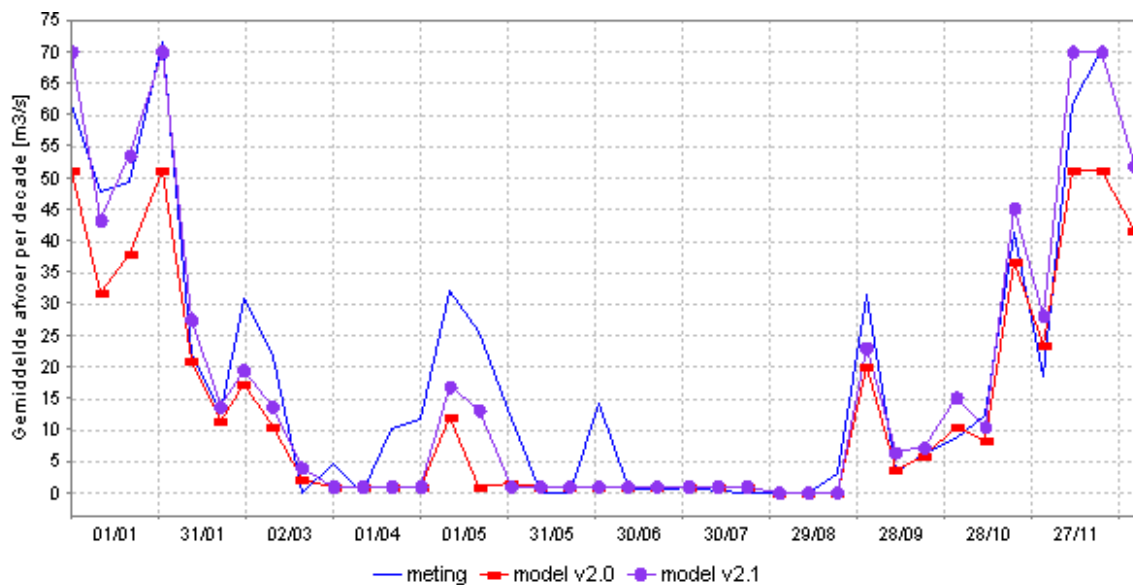
De verschillen tussen NHI 2.0 en NHI 2.1 voor oppervlaktewater zullen hieronder aan de hand plaatjes en tabellen voor het droge jaar 2003 worden toegelicht. Hierbij wordt gefocust op een aantal gebieden waar de invoer voor oppervlaktewater is aangepast. In het toetsingsrapport (Hoogewoud e.a., 2011) wordt een compleet overzicht gegeven en worden conclusies getrokken over de mate waarin de af- en aanvoer in NHI 2.1 verbeterd zijn aan de hand van indiactoren en criteria. In de onderstaande plaatjes is het resultaat van de aanpassingen in de vorm van tijdseries weergegeven. Hierin geeft consequent de blauwe lijn, (zonder markeringen) de meting weer, de rode lijn NHI 2.0, en de paarse lijn NHI 2.1.



Figuur 3.14 Totale afvoer Friesland

De totale afvoer van **Friesland** (Figuur 3.14) is de afvoer vanuit district Dongeradeel en Het Bildt (gemalen Ezumazijl, Roptijzijl, Swarte Harne) en de afvoer van de Friese boezem naar de Waddenzee via de Tsjerk Hiddesluizen bij Harlingen, via Dokkumer Nieuwe Zijlen naar het Lauwersmeer, en via Hoogland en Woudagemaal naar het IJsselmeer. In het oppervlaktewatermodel zijn de verdeelsleutels voor afvoer van water van de Friese boezem aangepast. Verder is in Groningen invoer (district-netwerk koppeling) aangepast die invloed heeft op de aanvoer via Veendam (en daardoor mogelijk ook op Gaarkeuken). Een ander belangrijk verschil is het gebruik van de neerslaggrids, in de STOWA toetsing is aangetoond dat dit lokaal behoorlijk effect kan hebben. Uit de figuur blijkt dat de berekende afvoer in NHI 2.0 al vrij goed overeenkomt met de metingen, en dat het in NHI 2.1 nog iets beter is geworden (in januari, mei en december nog dichterbij de metingen).

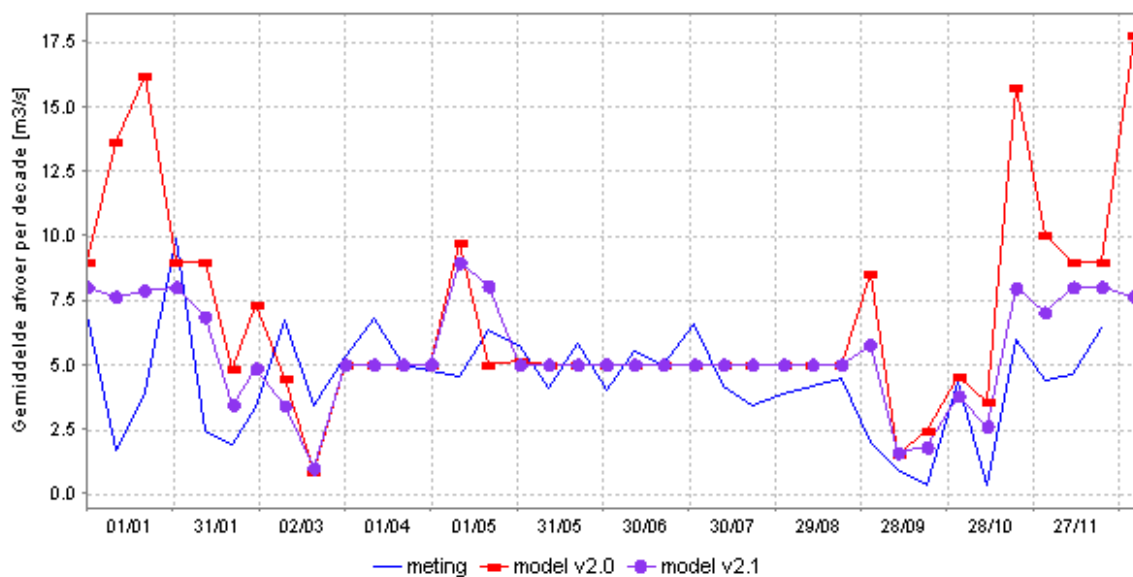
De volgende figuur (Figuur 3.15) voor de afvoer via Dokkumer Nieuwe Zijlen naar het Lauwersmeer laat hetzelfde beeld zien: een verbetering in NHI 2.1 ten opzichte van NHI 2.0. In NHI 2.0 was de afvoer naar het Lauwersmeer systematisch aan de lage kant, dat is in NHI 2.1 niet meer het geval. In voor- en najaar is NHI 2.1 heel goed, in mei-juni 2003 worden nog enkele afvoerpiekjes naar de Waddenzee gemist c.q. onderschat door het model.



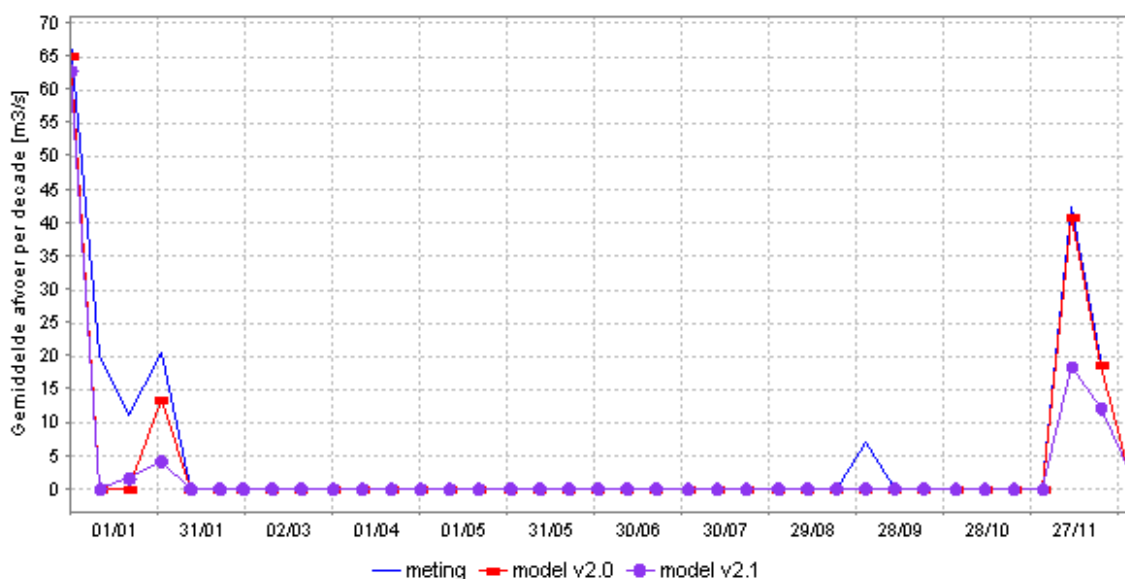
Figuur 3.15 Afvoer Friesland naar Lauwersmeer

De afvoer van Friesland via Harlingen naar de Waddenzee (Figuur 3.16) was in NHI 2.0 in voor- en najaar systematisch te hoog. Door aanpassing van de verdeelsleutels is dit in NHI 2.1 veel minder het geval.

In de praktijk speelt bij stormen de windopzet een belangrijke rol waardoor bij Harlingen de lozingsmogelijkheden vaak beperkt zijn. In DM wordt wind en windopzet niet gemodelleerd, en is dit zo goed mogelijk ondervangen in verdeelsleutels die afhankelijk zijn van het te lozen debiet. Maar windafhankelijk zit dus niet in de verdeelsleutels; hierdoor is het moeilijk om de afvoerverdeling over Waddenzee, Lauwersmeer en IJsselmeer goed te krijgen.

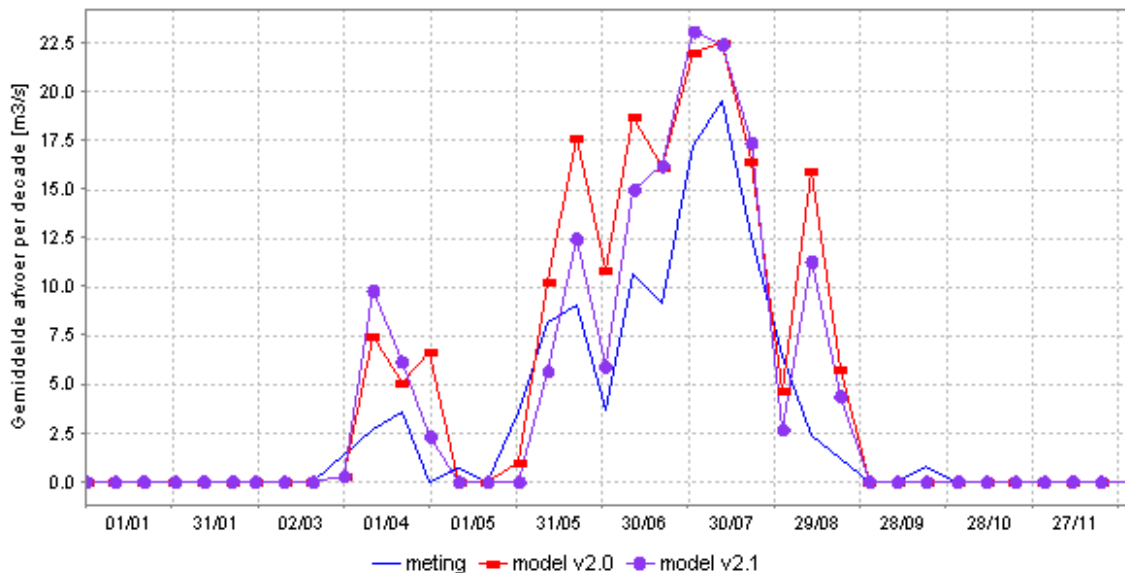


Figuur 3.16 Afvoer Friesland via Tsjerk Hiddesluizen (Harlingen) naar Waddenzee



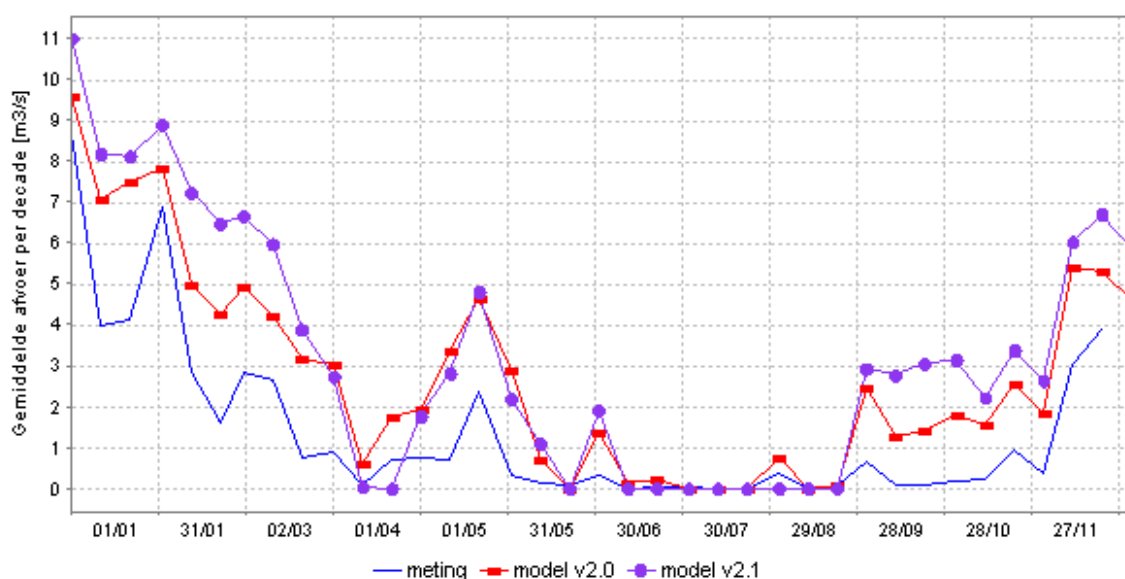
Figuur 3.17 Friesland afvoer naar IJsselmeer

De afvoer van Friesland naar het IJsselmeer (Figuur 3.17) is in NHI 2.1 niet verbeterd maar juist iets minder goed geworden ten opzichte van NHI 2.0, omdat er in de nieuwe verdeelsleutels iets minder snel via het IJsselmeer geloosd wordt.

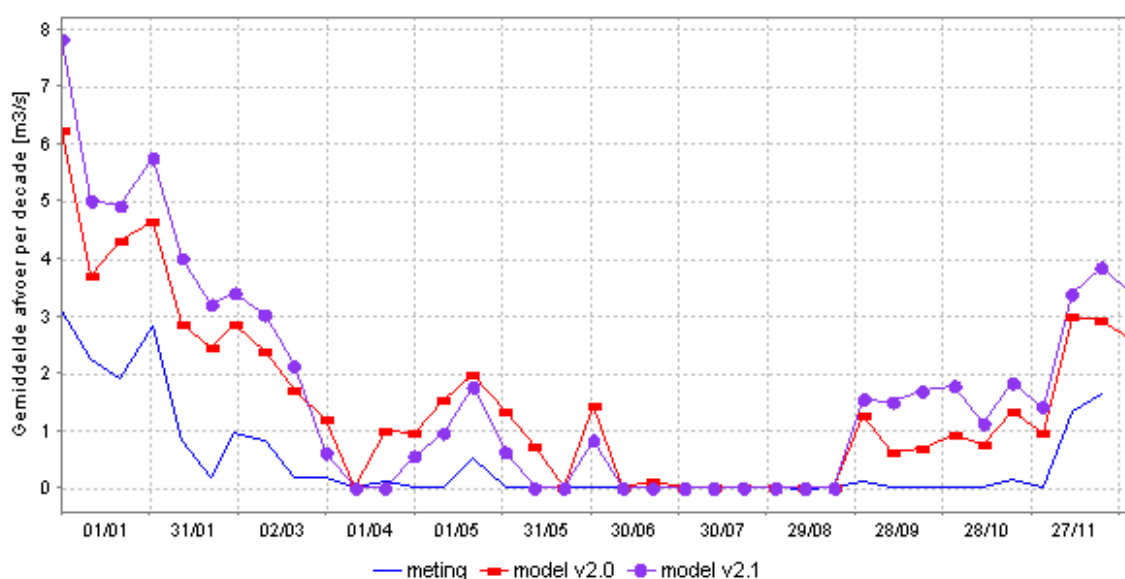


Figuur 3.18 Gaarkeuken (doorvoer Friesland naar Groningen)

De doorvoer van Friesland naar Groningen (Figuur 3.18) is in NHI 2.1 iets beter dan in NHI 2.0 gezien de verbeteringen in mei, juni en augustus.



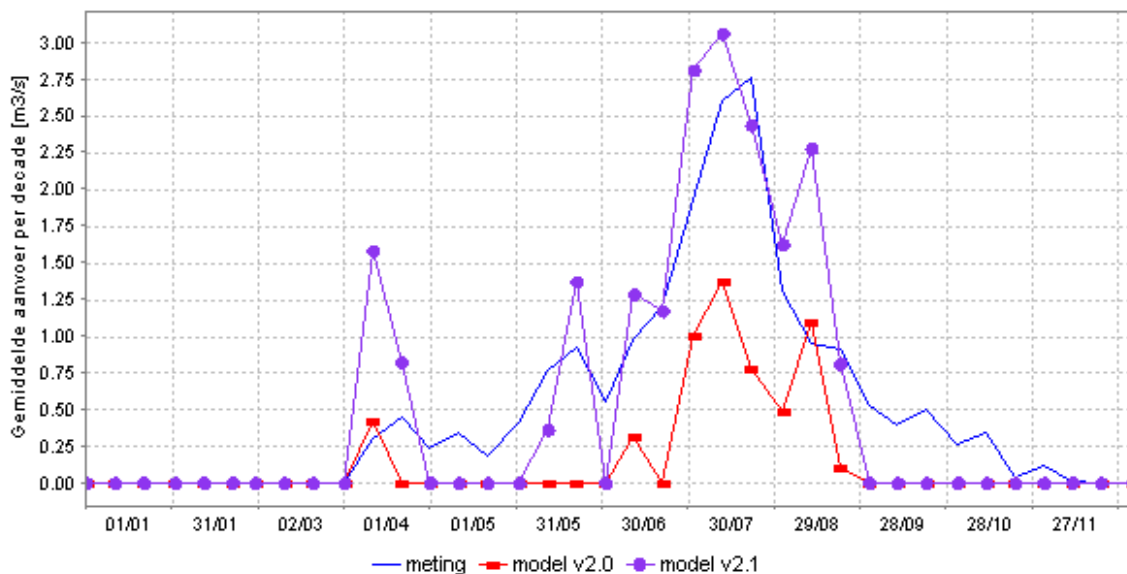
Figuur 3.19 Afvoer Drenthe via de Rogatsluis (Hoogeveensche Vaart)



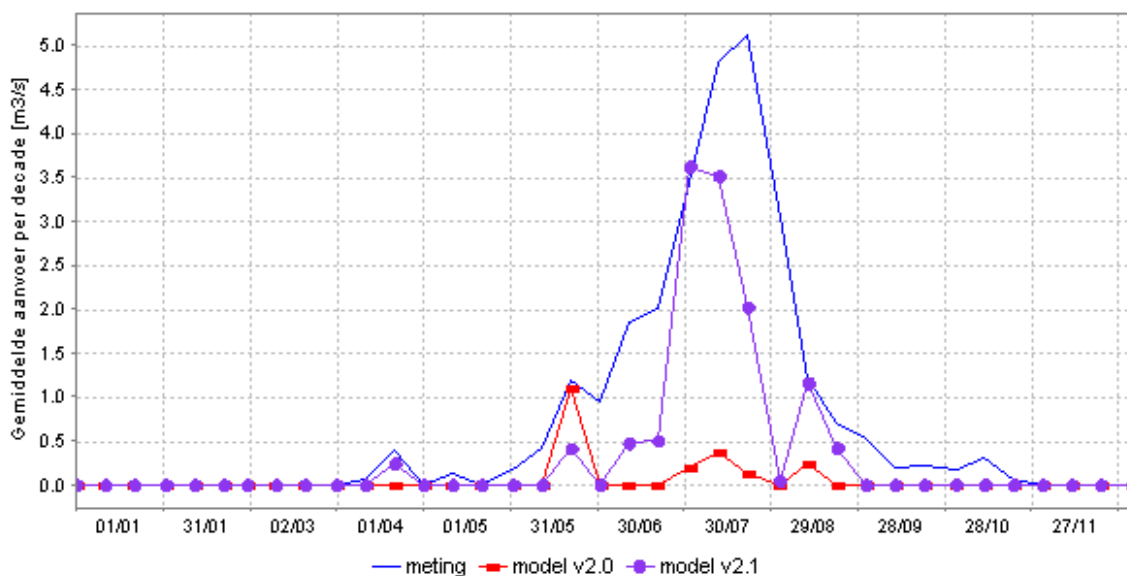
Figuur 3.20 Afvoer Drenthe via de Paradijssluis op de Drentsche Hoofdvaart

De afvoeren van **Drenthe** via Paradijssluis en Rogatsluis (Figuur 3.19 en Figuur 3.20) zijn in NHI 2.1 vergelijkbaar met, maar marginaal slechter dan NHI 2.0. Dit is vooral gevolg van de nieuwe neerslagdata.

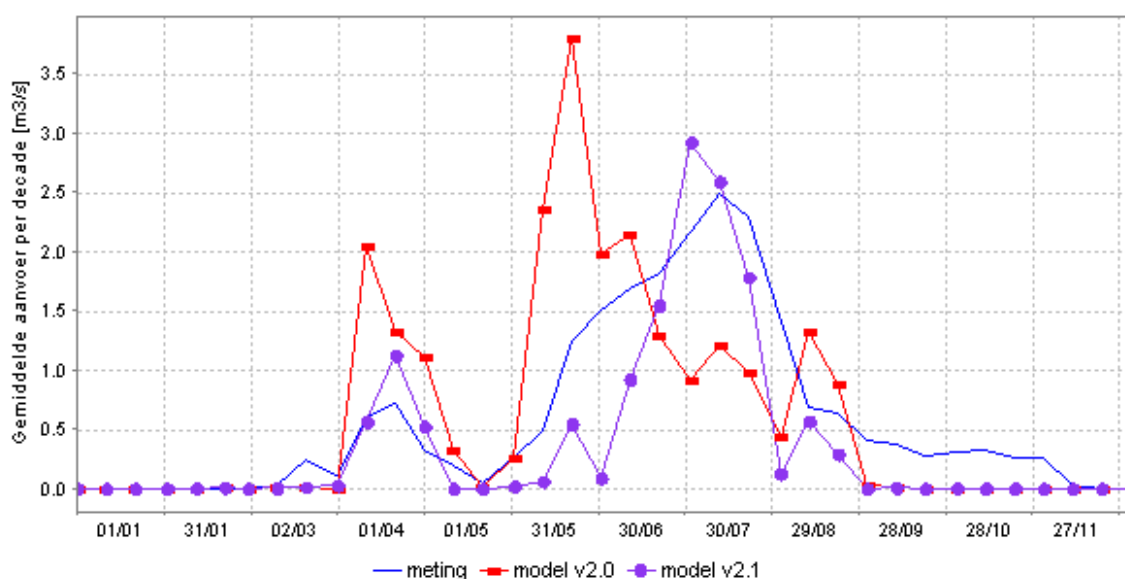
De aanvoeren in de zomer naar Drenthe via diezelfde Paradijssluis en Rogatsluis (Figuur 3.21 en Figuur 3.22) zijn in NHI 2.1 echter duidelijk beter dan in NHI 2.0. In de invoer van NHI 2.1 zijn ook duidelijke verbeteringen in district-netwerk koppelingen voor Drenthe en voor het peilbeheer van de Veenkoloniën aangebracht. De aanvoer via de Ericasluis (Figuur 3.23) naar de Veenkoloniën is hierdoor duidelijk verbeterd.



Figuur 3.21 Aanvoer Paradijssluis

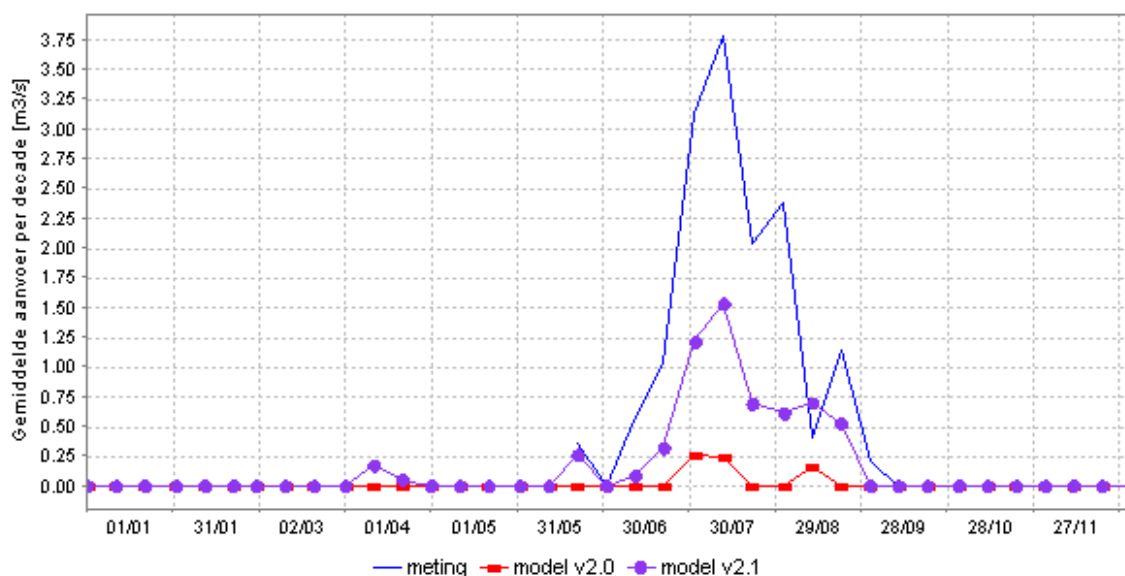


Figuur 3.22 Aanvoer Rogatssluis



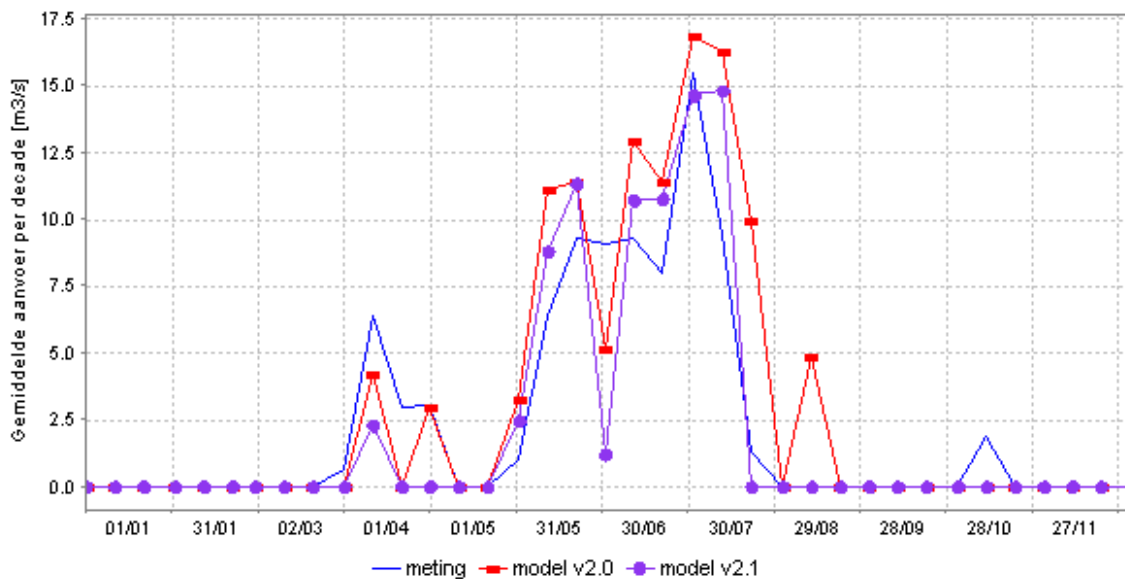
Figuur 3.23 Aanvoer Ericasluis naar Veenkoloniën

De doorvoer naar de **Vecht en Overijsselskanaal** bij Aadorp (Figuur 3.24) is in NHI 2.1 verbeterd ten opzichte van NHI 2.0, maar blijft nog steeds achter bij de metingen. Het effect van de grotere doorvoer bij Aadorp op de aanvoer van het Twentekanaal bij Eefde is marginaal.



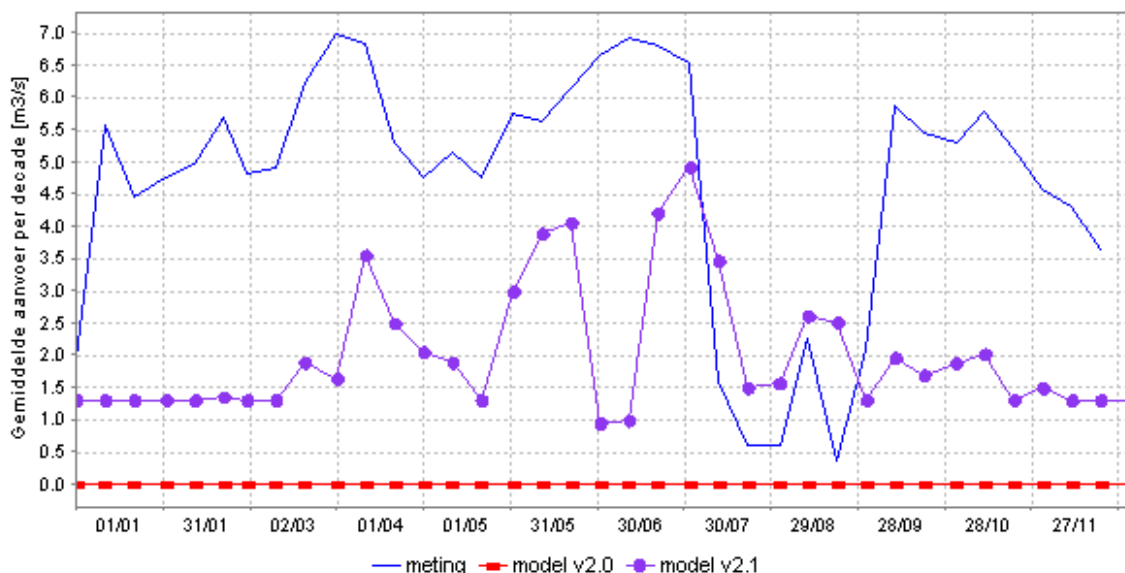
Figuur 3.24 Doorvoer van Twentekanaal naar Vecht en Overijssels kanaal (Aadorp)

De aanvoer bij **Rijnland** via Gouda (Figuur 3.25) wordt in NHI 2.1 in verband met de chloridenormen in augustus 2003 gekort, en in NHI 2.0 niet. NHI 2.1 doet het daar beter dan NHI 2.0. Maar globaal gezien, en ook uitgedrukt in de Nash-Sutcliffe indicator, is er nauwelijks verschil tussen NHI 2.1 en NHI 2.0 voor wat betreft de aanvoer bij Gouda. NHI 2.1 is voor de periode eind juni tot september weliswaar beter, maar in april-mei en half juni is NHI 2.1 juist slechter dan NHI 2.0 in vergelijking met de metingen.



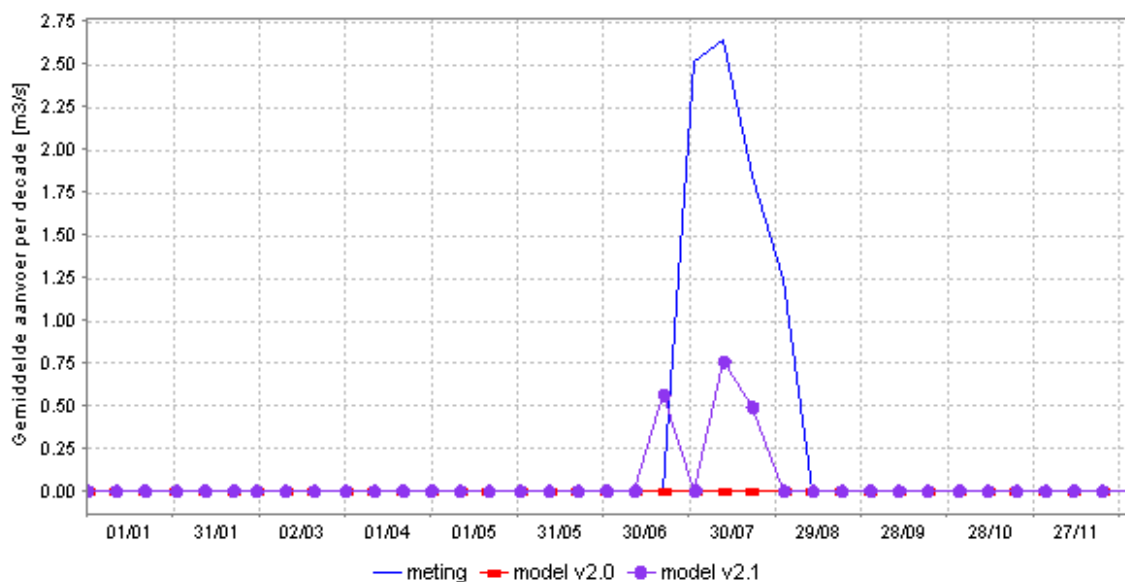
Figuur 3.25 Aanvoer Rijnland via Gouda

De inlaat **Kromme Rijn** (Figuur 3.26) was in NHI 2.0 door een invoerfout de facto inactief. In NHI 2.1 is dit gecorrigeerd, en wordt er wel water ingelaten vanaf de Nederrijn naar de Kromme Rijn. Wel blijkt de aanvoer systematisch te laag in vergelijking met de metingen. Het lijkt er op dat in de praktijk er meer doorgespoeld wordt dan in het model opgegeven (1.3 m³/s), want in januari-februari en december spelen andere watervragen niet of nauwelijks een rol. Kortingen door lage peilen op de Nederrijn in de periode juli-augustus zitten nu wel redelijk goed in het model.



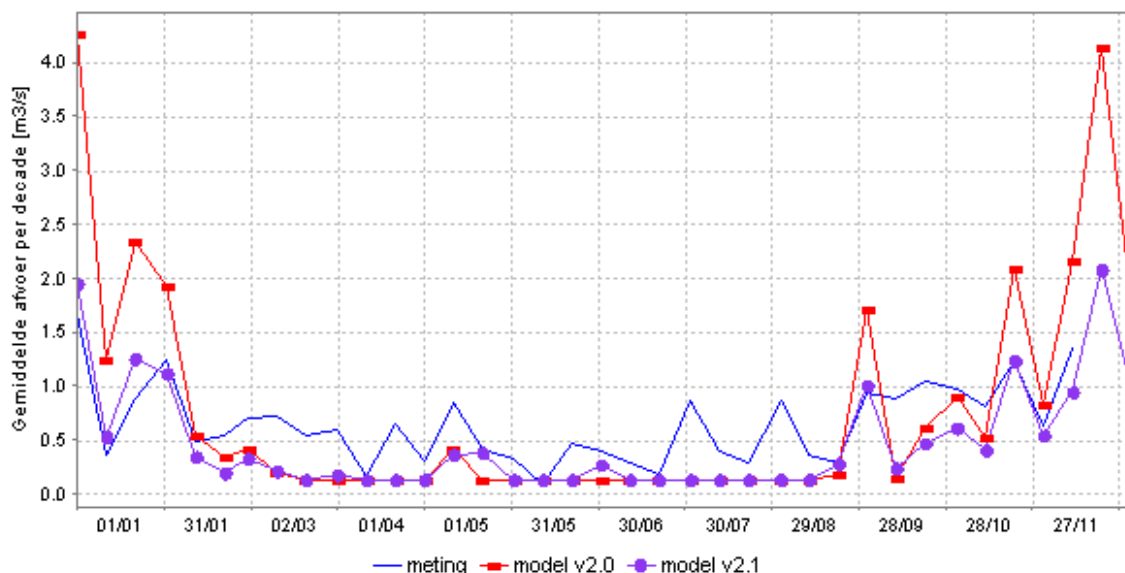
Figuur 3.26 Aanvoer Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede

In NHI 2.0 werd nog geen water van **Delfland** naar Schieland doorgevoerd. De mogelijkheid zat wel in het model, maar werd in de invoer niet goed aangestuurd waardoor de aanvoer altijd op nul bleef staan. In NHI 2.1 is de invoer aangepast, en nu blijkt het model in 2003 wel water via de Bergsluis van Delfland naar Schieland door te voeren (Figuur 3.27), al blijft het nog ver achter bij de metingen en lijkt er een decade verschuiving in te zitten.

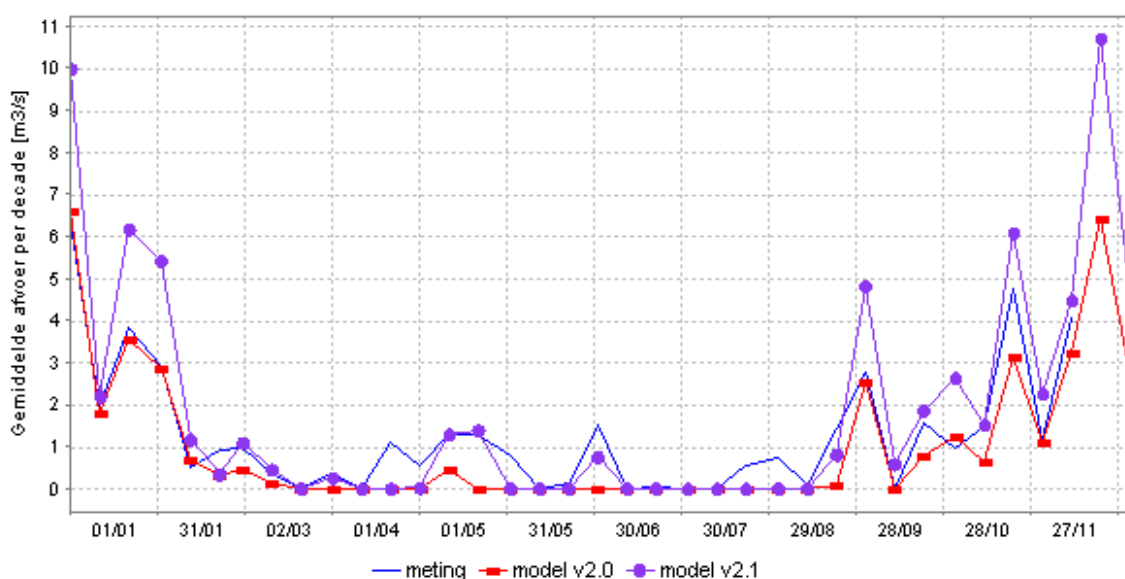


Figuur 3.27 Bergsluis (Delfland – Schieland doorvoer)

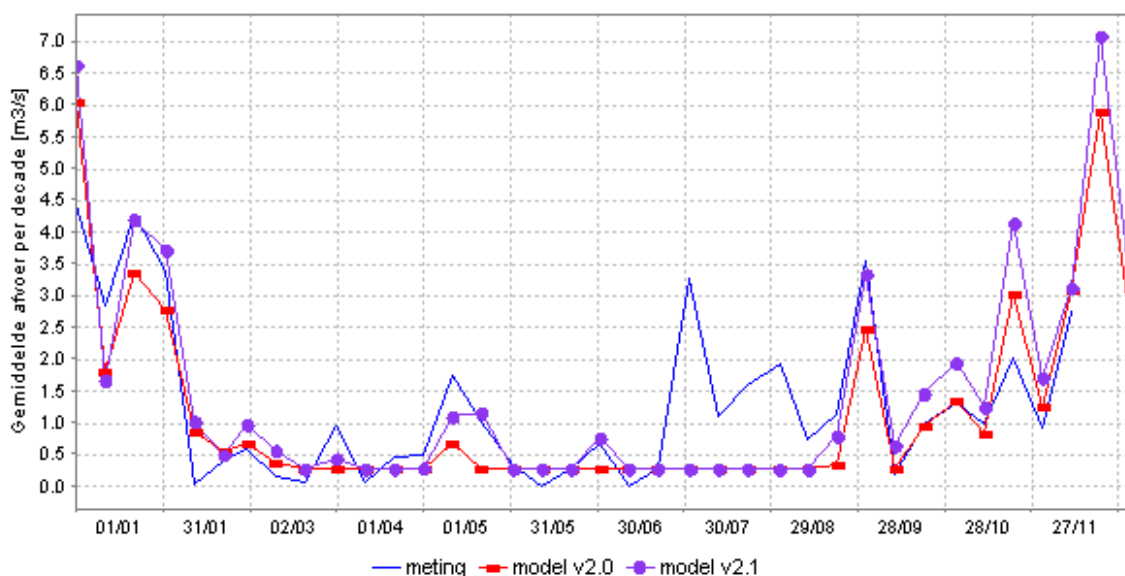
De afvoerverdeling van Delfland is iets aangepast. De figuren van afvoer via Scheveningen (Figuur 3.28), gemaal Westland en Zaaier (Figuur 3.29), en Schiegemaal/Parksluizen (Figuur 3.30) laten zien dat dit, naast de wijziging van invoer m.b.t. de gridneerslag, inderdaad enige invloed heeft. Ook wordt duidelijk dat er geen sprake is van grote verschillen; de nieuwe verdeelsleutel blijkt marginaal beter dan de oude.



Figuur 3.28 Afvoer Delfland via Scheveningen



Figuur 3.29 Afvoer Delfland via gemaal Westland en Zaaier

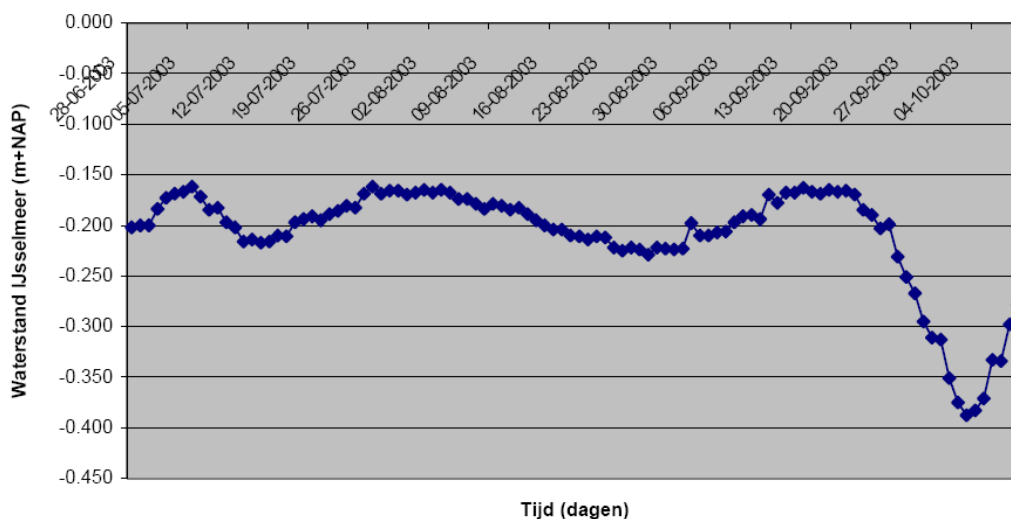


Figuur 3.30 Delfland afvoer Schiegemeal/Parksluizen

3.4.2 IJsselmeerpeil

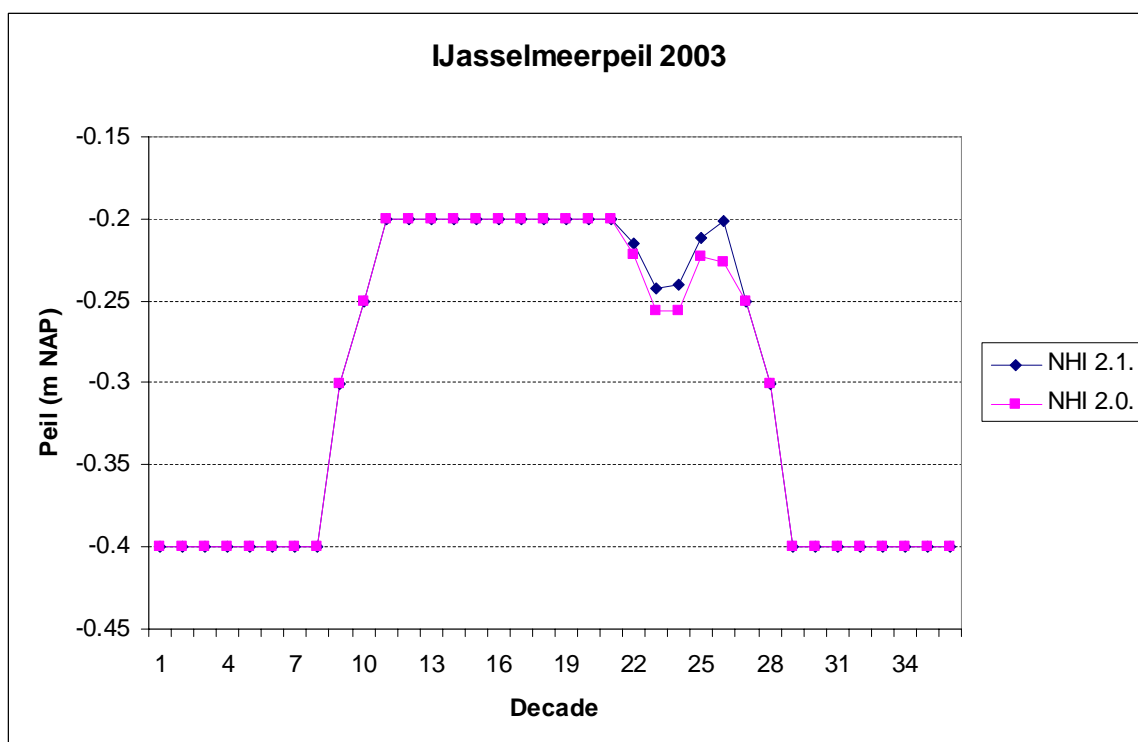
In onderstaande figuur wordt het IJsselmeerpeil voor 2003 voor NHI 2.0 en voor NHI 2.1 weergegeven. Uit het overzicht van de droogte in de provincie Overijssel in 2003 blijkt dat het IJsselmeerpeil in 2003 gezakt is tot ongeveer -0.23 m NAP. Hieronder de grafiek met dagcijfers, overgenomen uit het rapportje 'Waterhuishouding en droogte 2003, hoe warm het was en hoe droog het was' van de provincie Overijssel uit februari 2004.

Waterstand IJsselmeer



Figuur 3.31 IJsselmeerpeilen juli-oktober 2003 (uit rapport provincie Overijssel)

In NHI met DM wordt op decadebasis gesimuleerd, dus de variatie zoals hierboven aangegeven is niet te reproduceren. Begin oktober wordt in DM het streefpeil IJsselmeer verlaagd, maar in de metingen blijkt half oktober het peil weer op te lopen. Het is niet bekend of dit komt door windopzet of een bewust afwijkend beheer. In de zomer zakt in de NHI 2.1 berekening het peil minder ver weg dan in de NHI 2.0 berekening en blijft daarmee dicht bij de waarnemingen, al moet gezegd worden dat het om afwijkingen van slechts orde 1 cm (NHI 2.1) en orde 2 cm (NHI 2.0) ten opzichte van de metingen gaat. In peilen is dat een geringe afwijking, maar aannemend dat het peil voor het hele IJsselmeer hetzelfde is en dat windopzet in de waarnemingen nauwelijks een rol speelt (in het model is windopzet niet meegenomen) gaat het wel om een behoorlijk volume.



Figuur 3.32 Berekende IJsselmeerpeilen in 2003 met NHI 2.0 en NHI 2.1.

3.4.3 Chloride

Voor wat betreft chloride is er in NHI 2.1 alleen voor de externe verzilting een verbetering doorgevoerd, door terug te gaan naar de originele zoutberekeningen met het Sobek-model van het benedenrivierengebied (Noordelijk Deltabekken model), en door bij een kortere tijdsduur van overschrijding in NHI een alternatieve aanvoerroute te triggeren. Voor de rest is chloride volgend op de waterbalansberekeningen, en hebben vooral de wijziging in de neerslaginvoer (de nieuwe neerslaggrids) en andere invoerwijzigingen enige invloed op het resultaat. Er heeft echter voor NHI 2.1 geen grootschalige toetsing of update van het berekeningsproces en de chlorideinvoer plaatsgevonden.

3.4.4 Conclusie

De aan- en afvoeren op belangrijke locaties in het oppervlaktewatersysteem zijn in NHI 2.1 verbeterd ten opzichte van NHI 2.0. Voor het IJsselmeerpeil is NHI 2.1 iets beter in vergelijking met de metingen dan NHI 2.0. De peilverschillen zijn gering (respectievelijk 1 cm voor NHI 2.1 en 2 cm verschil voor NHI 2.0 met de meting). Voor chloride is een uitgebreidere controle van modellering en invoer in NHI nodig.

4 Conclusies

In 2010 hebben twee processen plaats gevonden die tot meer inzicht, en daaruit voortvloeiend verbeteringen van het NHI hebben geleid. Ten eerste de NHI toetsing met de regio en ten tweede het gebruik van NHI in diverse regionale en landelijke studies. Als gevolg hiervan zijn in NHI 2.1 zijn veel verbeteringen doorgevoerd. Het betreft hier alleen conceptuele aanpassingen en verbeteringen in de schematisatie. Er is geen optimalisatie van modelparameters uitgevoerd.

De regionale toetsing door STOWA van het NHI heeft tot veel aanbevelingen voor NHI geleid en tot een grotere betrokkenheid bij regionale partners. Door deze betrokkenheid is veel extra regionale kennis van het water(verdeling)stelsel ontsloten. Een groot deel van deze kennis is direct verwerkt in NHI 2.1. Voorbeelden hiervan zijn verbeteringen van de waterverdeelstelsels, het opknippen van enkele districten en een verbeterde modellering van wateraanvoergebieden in "hoog" Nederland. Vanwege tijdsdruk, bij zowel regionale partners als voor dit project, is nog niet alle beschikbare kennis aangeleverd dan wel toegepast in NHI 2.1. Een aantal algemene aanbevelingen van de STOWA, zoals betere neerslaggegevens toepassen, stonden al op de planning en zijn in NHI 2.1 verwerkt.

Niet alle aanbevelingen en geduide fouten van de STOWA zijn in deze versie van het NHI verwerkt. Sommige vergen eerst nader onderzoek, zijn betrekkelijk grote aanpassingen in het NHI en/of vragen een langdurige gezamenlijke inspanning met de regio. Het gaat hierbij onder andere om het verschil in dynamiek tussen de berekende en gemeten freatische grondwaterstanden. In 2011 zal hierin een verdere stap worden gezet.

NHI 2.0 is toegepast in regionale/landelijke studies, vooral ten behoeve van strategische analyses voor zoetwaterverkenning. Vaak zijn, in samenspraak met de regio, al direct "kleine" verbeteringen in de schematisatie doorgevoerd, die specifiek waren voor de vraagstelling van die studie. Deze zijn opgenomen in NHI versie 2.1.

Alle doorgevoerde veranderingen zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Wijziging	Onderdeel NHI
Dynamisch rivierpeil	MODFLOW
Verwijdering grondwaterhik	MODFLOW
Invoer zoutconcentraties ondergrond	MODFLOW
Aanpassing ondergrondparameters IJsselmeergebied	MODFLOW
Betere ruimtelijke verdeling van neerslag en verdamping	metaSWAP / MOZART / DM
Verbetering initiële condities onverzadigde zone	metaSWAP
Aanpassing waterverdeelstelsels	DM
Schematisatie wateraanvoergebieden hoog Nederland als peilbeheerst	MOZART
Opknippen districten en aanpassing koppeling aan netwerk	DM
Verkorte staking inlaat bij Gouda (bij overschrijding zoutnorm) van 5 naar 2 dagen	DM
Versnelde koppeling 4 modelcodes	Alle onderdelen



De doorgevoerde veranderingen hebben voornamelijk de volgende effecten gehad op de uitkomsten van NHI 2.1:

- Op regionale schaal zijn de resultaten van de modellering van waterverdeling, wateraanvoer en -afvoer verbeterd.
- De berekende watervraag en de flux van oppervlaktewater naar grondwater in droge perioden in “hoog” Nederland zijn verbeterd.
- NHI is beter toepasbaar gemaakt voor individuele jaren en voor regionale schaal door het implementeren van ruimtelijk meer verfijnde neerslag- en verdampingsgegevens.

De veranderingen hebben over het algemeen betrekkelijk weinig effect gehad op de berekende grondwaterstanden, chloridegehalten en berekening.

Samenvattend kan worden gesteld dat de samenwerking met regionale partners heeft geleid tot het beter ontsluiten en toepassen van regionale kennis. Deze kennis beslaat voornamelijk het domein van de waterverdeling en is toegepast in NHI 2.1. Het grote verschil met NHI 2.0 is dan ook de verbeterde aan- en afvoermodellering en de toegenomen bruikbaarheid van het NHI voor korte periodes en op regionale schaal.

5 Aanbevelingen

Op hoofdlijnen komt de NHI-projectgroep tot de volgende aanbevelingen. Het nader invullen van de aanbevelingen vergt nog wel een significante inzet.

- **Voortzetten regionale samenwerking.** De samenwerking met de regionale waterbeheerders in 2010 is succesvol geweest in het ontsluiten van ervaring over de waterverdeling en het kweken van wederzijds begrip. De kennis en betrokkenheid van regionale partners is onontbeerlijk voor de verdere ontwikkeling van NHI. Aanbevolen wordt om de samenwerking met de regionale waterbeheerders voort te zetten, niet alleen in de structurele opzet van data-uitwisseling die nu in het kader van het Deltamodel wordt opgezet, maar vooral ook de kennisinteractie die plaatsvindt bij het gezamenlijk beoordelen van NHI-modelresultaten.
- **Kennis van regionale partners over het lokale oppervlaktewaterbeheer in meer detail ontsluiten.** De watervraag wordt voor een belangrijk deel gestuurd door het lokale oppervlaktewaterbeheer. Belangrijk is bijvoorbeeld wanneer de peilopzet exact plaatsvindt. In NHI 2.1 is een aantal verbeteringen doorgevoerd. Het verdient aanbeveling de kennis van de regionale partners over het lokale oppervlaktewaterbeheer in meer detail te ontsluiten, en willicht hiervoor een specifieke actie op te zetten in de gebieden waar dit relevant is.
- **Verzamelen informatie over beregening.** De watervraag wordt ook bepaald door de beregening. Er is evenwel nog veel onzekerheid over de grootte van de beregening in Nederland. Aanbevolen wordt om meer informatie over beregening te verzamelen bij de regionale partners en/of via een nieuwe ronde metingen.
- **Criteria voor verdamping tijdafhankelijk specificeren.** Ook de verdamping speelt een belangrijke rol bij de watervraag. Het NHI 2.1 voldoet aan de criteria die zijn opgelegd. Zie hiervoor het toetsingsrapport van Hoogewoud e.a., (2011). Er wordt wel aanbevolen om de criteria meer tijdafhankelijk te specificeren, zodat een beter inzicht wordt verkregen in de prestaties van het NHI gedurende het groeiseizoen.
- **Verbetering van de grondwatermodellering (verzadigd en onverzadigd).** De simulatie van de dynamiek, range en het uitputtingsverloop van de freatische grondwaterstanden is bij de regionale toetsing op veel plaatsen als onvoldoende gekwalificeerd. Verbeteringen van de grondwatermodellering (verzadigd en onverzadigd) zijn achtergebleven. Er is wel verbetering nodig, ook volgens de regionale partners. Dit vergt extra onderzoek en mogelijk ook conceptuele aanpassingen aan het instrumentarium, denk hierbij bijvoorbeeld aan implementatie van preferente stroming in modellering van de onverzadigde zone. Ook wordt aanbevolen om een set betrouwbare meetreeksen van freatische buizen te verzamelen en de toetsingsmethode verder uit te werken.
- **Verbetering chloridemodellering.** De resultaten van de berekende chlorideconcentraties kunnen beter gepresenteerd worden. Nu wordt, wegens technische redenen, geaggregeerd naar grote stroomgebieden waardoor differentiatie weggemiddeld wordt. Daarnaast kan de chloridemodellering in het algemeen nog verbeterd worden door de huidige modellering kritisch te onderzoeken.



- **Beheer van veranderingen.** Veel partijen hebben gebruik gemaakt van NHI 2.0. Het is lastig gebleken om regie te houden op de veranderingen en aanpassingen die gemaakt, dan wel gewenst worden. Verbeteringen moeten worden bijeengebracht, gecheckt en ter beschikking van alle partijen worden gesteld. Er zijn dit jaar vele ad-hoc verbeteringen ingebracht, waarop niet een jaar gewacht kan worden door de inbrengende (vaak regionale) partij. Een toepasselijke beheervorm is noodzakelijk voor het NHI-team, om regie te houden op veranderingen aan (de schematisatie) van het instrumentarium.



6 Literatuur

Hoogewoud, J.C., A. Veldhuizen en G. Prinsen (2011) NHI Toetsing, Ontwikkeling van een NHI-toetsingsmodule, toegepast op NHI 2.0 en NHI 2.1. Deltares-rapport 1203516-000-BGS-0014, Utrecht.

KNMI (2003) Klimaatatlas van Nederland, de normaalperiode 1971-2000, Uitgeverij Elmar, ISBN 90-389-1191-2.

NHI (2009) Vaste lozingen en onttrekkingen in het distributiemodel (DM), Deltares-memo, 25 november 2009.

NHI (2010) Vergelijking NHI 2.0 PAWN-STONE, ondersteunend document ten behoeve van NHI v2.0, Deltares-memo, 2 juli 2010.

Ogink (2010) Validatie NHI voor waterschap (diverse rapporten), STOWA, concept.

Verkaik (2010) Deltamodel 2010 deelrapport 7. Versnelling grondwatermodellen.

A Samenvatting regionale toetsing

In de regionale toetsing van NHI versie 2.0 zijn de berekeningsresultaten van NHI 2.0 getoetst aan de volgende hydrologische waarnemingen:

1. Opgelegde neerslaghoeveelheden in relatie tot de werkelijk gevallen hoeveelheden neerslag;
2. De opgelegde referentieverdamping in relatie tot de werkelijke referentieverdamping;
3. Aanvoeren en afvoeren op hoofdmeetpunten;
4. Actuele verdamping op basis van remote sensing beelden van de actuele verdamping en actuele verdampingswaarden bepaald door Alterra;
5. 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
6. Chlorideconcentraties van het oppervlaktewater op de hoofdmeetpunten.

Deze toetsing is uitgevoerd voor de jaren 2003 en 2006.

Een voor de waterschappen belangrijke conclusie uit de toetsing is dat er in veel gevallen nog te grote verschillen zijn tussen meting en modelresultaat om NHI op regionale schaal betrouwbaar in te kunnen zetten. Een aantal punten die hierbij in het oog springen zijn:

1. De in NHI 2.0 opgelegde neerslagrandvoorwaarde op basis van 33 hoofdstations en een Thiessen-netwerk om deze toe te kennen aan alle modeleenheden is voor bepaalde analyses mogelijk aanvaardbaar, maar in het algemeen zit er hierdoor te weinig regionale spreiding en variatie in de in NHI opgelegde neerslag. Voor sommige locaties is aangetoond dat het NHI jaartotaal 100 mm of meer afwijkt van het gemeten jaartotaal.
2. Neerslagdata zijn niet gecorrigeerd voor wind, dit betekent een onderschatting van de neerslag afhankelijk van het type meetstation.
3. Referentieverdamping en actuele verdamping vertonen een redelijk beeld.
4. Aanvoer- en afvoer op hoofdmeetpunten was soms goed, soms niet. Hierbij is gebleken dat verdeelsleutels op sommige knooppunten voor verbetering vatbaar zijn. Zo zijn er situaties aangetroffen waarbij de totale vraag of lozing uit een gebied redelijk goed (conform meting) werd berekend, alleen de verdeling van het aangevoerde of afgevoerde water over de verschillende aan/afvoerroutes was niet correct.
5. In het grondwatermodel trad een 'hik' op 11 sept 2006.
6. De dynamiek, range en het uitputtingsverloop van berekende grondwaterstanden is vaak onvoldoende.
7. De dynamiek van berekende grondwaterstanden in het groeiseizoen in met name kleigronden is veel geringer dan gemeten.
8. Chlorideconcentraties met het model berekend vertonen nog te weinig dynamiek. Hierbij speelt een rol dat chlorideconcentratie wel op lsw-nivo wordt uitgerekend, maar dat van het water dat wordt geloosd eerst per district een gemiddelde concentratie bepaald wordt zodat regionale variatie verloren gaat.



1203516-000-BGS-0013, 27 februari 2011, definitief

B Loglijst met modelaanpassingen

B.1 Koppeling

Toepassen nieuwe koppeling die is ontwikkeld ten behoeve van NHI light.

B.2 Grondwater (MODFLOW)

- C1: Weerstand aangepast in noord oost deel van het IJsselmeer en een deel van de randmeren. Dit is gebeurd op basis van interpretatie van de deklaagkaarten uit de atlas van het IJsselmeergebied.
- Intreeweerstand wetering (Zwolle): Naar aanleiding van de verkennende berekeningen voor het IJsselmeergebied is de intreeweerstand van de Soestwetering (wetering ten oosten van Zwolle) verlaagd van 1000 dagen naar 10 dagen. Deze aanpassing is gedaan op veldkennis van het Waterschap Groot Salland.
- Dynamische rivierpeilen. De peilen van de grote rivieren van de hoofdwaterlopen zijn aangepast. Nu worden maandelijks gemiddelde waarden uit een Sobekmodellering gebruikt.
- Grondwaterhik verwijderd.
- Alle sloten in wateraanvoer gebied kunnen in principe infiltreren (mits niet drooggevallen)

B.3 Onverzadigde zone (metaSWAP)

- Toepassen KNMI neerslaggrids
- Toepassen KNMI verdampingsgrids
- Herberekenen initiële condities vochttoestand en zoutconcentraties
- Nieuwe versie METASWAP om verbeterde initiële condities in te kunnen lezen

B.4 Oppervlaktewater (DM & MOZART)

Algemeen

- Alle DM knopen een eigen tijdreeks van neerslag en open water verdamping op basis van de grid neerslag en grid verdamping.
- Oorspronkelijke zouttrandvoorwaarden gebruiken.
- MOZART categorie "vrijafwaterend met wateraanvoer" vervangen door "peilbeheerst (met wateraanvoer)"
- Peilopzet in peilbeheerste gebieden die in eerdere versies vrij afwaterend waren, is waar mogelijk gebaseerd op gegevens regionale grondwatermodellen

Noord-Nederland

- Mozart peilopzet Veenkolonien jaarspecifiek (timing en hoogte)
 - peilopzet in overeenstemming gebracht met het jaar 2003
- D109 Dongeradeel onttrekt van knoop 1125 (Friese boezem) en loost op 1128 (Lauwersmeer), reeds correct in model (niet up-to-date in HKV documentatie). Ook D145 Lauwersmeer loost reeds correct op 1128 (Lauwersmeer). Geen aanpassing.
- D14 NoordOostPolder inlaat Kuinre van knoop 1125 Friese Boezem met capaciteit 2.0 m³/s reeds in model. Geen aanpassing.
- Afvoer en aanvoer Veendam. Op basis van respons NoordNL:

- aanvoer van district 8: ipv 50-50 nu 83% via knoop 1123 (en dus via Veendam), en 17% via knoop 1129 (Zuidlaardermeer).
- afvoer van district 8: ip 25% op 4 plekken, nu 44% op NWK, 41% op Zuidlaren, resterende 15% verdelen (uiteindelijk naar Winschoterdiep)
- aanvoer van district 7: wordt 64% via 1207 Stadskanaal (dus via Veendam) en 36% via het Winschoterdiep (1132),
- afvoer district 7 33% op knoop1131, 67% op 1132 (dus alles gaat via Winschoterdiep/Westerwoldsche Aa, niet via Veendam)
- Opsplitsing district 8 NoordWest Drenthe in 3 districten corresponderend met resp. Drentse Aa, Hunze en het oostelijk deel van dit district. (districten 901, 602 en 603).
- Wateraanvoermogelijkheid stroomgebied Drentse Aa verwijderd
- Aanvoer district 12 verliep te veel via Drentse Hoofdvaart in het model, volgens de onttrekkingsleutels 70% via de Drentse Hoofdvaart. De nieuwe schatting van aanvoer via de Drentsche Hoofdvaart is 0.45, Rogatsluis fractie op 0.40.
 - Was 19760101 v 0.05 0.03 0.15 0.05 0.02 0.7 <
 - Aangepast 19760101 v 0.05 0.03 0.40 0.05 0.02 0.45 <
- Afvoerverdeling overschot Friese Boezem Harlingen/Dokkum/IJsselmeer is niet correct in het model; dit is ook moeilijk in verband met windeffecten op de Friese boezem (bij extreme afvoeren is vaak Harlingen gestremd). Na overleg met Wetterskip Fryslan is de verdeelregel aangepast zodat er minder via Harlingen en meer via het Lauwersmeer wordt afgevoerd. Bij hoge afvoeren (> 60m³/s) wordt er ook via Lemmer afgevoerd. De verdeelsleutels voor de afvoer over achtereenvolgens IJsselmeer (Lemmer), Lauwersmeer (via Dokkum), en Waddenzee (via Harlingen) zijn:
 - Oud:
 - RULE idr 1125 rid 1 rty "d" crit "q" tbl TBLE
 - 60 v 0. 0.70 0.30 <
 - 9999 f "(Qn-60)/Qn" "60*0.85/Qn" "60*0.15/Qn" <
 - Nieuw:
 - RULE idr 1125 rid 1 rty "d" crit "q" tbl TBLE
 - 40 v 0.00 0.80 0.20 <
 - 60 v 0.00 0.85 0.15 <
 - 70 v 0.025 0.85 0.125 <
 - 80 v 0.025 0.875 0.10 <
 - 9999 f "80*0.025/Qn+(Qn-80)/Qn" "80*0.875/Qn" "80*0.10/Qn" <
- Gesignaleerd was dat de doorspoeling in de Mozart lsw's in district 2 en 109 mogelijk te laag is. Er zijn echter geen nieuwe gegevens beschikbaar voor NHI 2.1 dus geen aanpassing.
- Mozart overleg geweest met Wetterskip Fryslan over aanpassing district Friesland, maar de aanpassing betekent ook lsw-aanpassing en dat voert te ver voor NHI 2.1. Daarom op dit punt nu geen aanpassing.

Rijn-Oost

- Aanpassing wateraanvoergebied op basis laatste gegevens waterschappen
- Mozart District 18 Twenthe Zuid gesplitst in een district met wateraanvoer en een district zonder wateraanvoer (district 918).
- Op aangeven van provincie Overijssel (Frans Roelofsen/Henk Tienstra) de capaciteit van takken 1019-1020 aangepast (onbeperkt gezet). De capaciteitsbependingen zitten in de achterliggende tak 1052 Stieltjeskanaal.
- Vecht: het gewenste debiet op tak 1012 wordt in het model niet altijd gehaald; daarom verdeelsleutels aangepast (blijkt lastig!) met veronderstelde minimumafvoer van 1.5 m³/s vanuit Duitsland een variabele (formule) verdeelsleutel lijkt redelijk te werken. Dit zorgt in het model voor orde 1 m³/s extra aanvoer via Aadorp.

- Wegzijing Twentekanaal. Was eerder vergroot van 1.0 m³/s naar 1.5 m³/s. Naar aanleiding van Twentekanaal balansstudie en Sobek model (door Witteveen en Bos onder begeleiding van Deltares) is dit teruggezet naar 1.0 m³/s. (resp. 0.6, 0.2, 0.2 per pand)
- Vechtafvoer randvoorwaarden Emmlichheim overgenomen zoals ontvangen van NordRheinland-Westfalen. Tot medio 2006 zijn de verschillen marginaal (alleen afronding), daarna zijn er meer verschillen met de oorspronkelijk gebruikte data.
- Timing extra peilopzet gebieden Hunze en Aa's aangepast voor jaar 2003.

Midden-West Nederland (Groene Hart)

- Brielse meer aanvoer naar Delfland capaciteit ongewijzigd 4 m³/s.
- Verdeelsleutels lozingen knoop Delfland (was 0.40 NWW, 0.25 NZ, 0.35 NweMaas). De metingen suggereren een lagere fractie naar de Noordzee en een hogere fractie naar de Nwe Waterweg. Aangepaste invoer: 0.10 naar NZ en 0.55 naar NWW, 0.35 naar NweMaas.
- Aanvoer Delfland: was tot 4 m³/s 100% via gemaal Winsemius uit Brielse meer. In de praktijk kwam ook dan al een deel via Dolk. Aanpassing: aanvoer tot 5 m³/s volgens 80-20 verdeling van Winsemius/Dolk halen. Tevens voor hogere aanvoeren de cryptische sleutel vervangen door iets duidelijker, nl. tot 4 m³/s uit Winsemius en rest via Dolk.
- Doorvoer mogelijkheid Delfland-Schieland (Rotteboezem) via Bergsluis met capaciteit 3 m³/s zit al wel als tak 4037 in NHI 2.0, maar voert niet aan. Aangepaste invoer (vergelijkbaar met Gouda), idem voor doorvoer Rotte naar Ringvaartboezem. Toets op zoutconcentratie Nieuwe Maas 6037.
- Aanvoersleutels knoop 4095 - aangepast: ipv 85-15 nu 75-25 (meer via Keulevaart)
 - RULE idr 4095 rid 4 rty "e" rn 4040 du 0.5 crit "k" tbl TBLE
 - 250. v 0.90 0.10 0.0 <
 - 9999. v 0.00 0.75 0.25 <
- Verder is een klein deel van de afvoer van district 44 Lopikerwaard van knoop 4095 op knoop 4104 gezet zodat de Keulevaart jaarrond een geringe afvoer heeft.
- De Tolhuissluis is gebruikt in 2003, maar staat niet aan in het model (geen standaard beheer). Het gebruik van de Tolhuisroute voor aanvoer betekende in 2003 een extra lozing bij Gouda eind augustus en in september; omdat de Tolhuisroute in DM niet aan staat is deze lozing uiteraard ook gemist.
- Lozingsbeperking afvoeren naar NZK in verband met hoog peil op NZK zit niet in het DM; dit kan en moet wel worden meegenomen in een Sobek model.
- Alle toetsingen op duur overschrijding zoutgehaltes binnen decade strenger: 2 dagen ipv 5 dagen.
- Kromme Rijn inlaat bij Wijk bij Duurstede (peilafhankelijke inlaatcapaciteit) is gecorrigeerd; de invoer was abusievelijk niet opgenomen in de STOWA runs (data moet gecombineerd worden in 1 file met de randvoorwaarden zoutconcentraties uit het SOBEK-NDB model). Verder blijkt uit de metingen in zowel 2003 als 2006 dat het jaarrond opgegeven gewenste debiet van 1.3 m³/s veel te laag is; in de praktijk wordt er ook in de winter tot ongeveer 5 m³/s ingelaten als de peilafhankelijke inlaatcapaciteit dit toelaat.
- Doorspoeling in Delfland aangepast aan de hand van gegeven Metastudie ZWD (De Vries, 2009)

Zuiderzeeland

- Doorspoeling Mozart is in de invoer opgedrukt conform de getallen van de verdringingsreeks IJsselmeer / Noord Nederland. Dat betekent een doorspoelingsvraag voor het district NoordOostpolder, voor Flevoland een gewenste

doorspoeling vanuit het Markermeer naar de randmeren (gemaal Lovink) in de zomer. Deze doorspoeling is opgegeven in de invoer.

Rivierenland

- In NHI 2.1 zijn op basis van Sobek sommen waterstanden langs de rivieren als randvoorwaarde voor het Modflow model bepaald, terwijl in NHI 2.0 een vast zomer en vast winterpeil was opgegeven. Goede rivierwaterstanden zijn voor Rivierenland zeer belangrijk voor een goede waterbalans in verband met de dominante invloed van de rivierwaterstand op kwel/wegzijging. Dit speelt behalve voor Rivierenland ook voor andere waterschappen langs de Rijn, Waal, Nederrijn, IJssel en Maas.
- Afvoer vanuit Duitsland via district 115 (Hollands-Duits gemaal – Landweijer): zit niet in NHI, maar nog geen aanpassing in NHI 2.1.
- Geen nieuwe gegevens m.b.t. doorspoeling ontvangen.

Scheldestromen:

- Lozings sleutels district 134 Tholen aangepast naar 50-50 ipv 65-35 conform de aanbeveling van het waterschap (Luuk Veening)
- Doorspoeling van Mozart lsw's Tholen staat in model op nul, maar gebeurt in realiteit wel. Er zijn echter op korte termijn voor NHI 2.1 geen nieuwe gegevens aangeleverd.
- Doorspoeling aangepast aan de hand van gegeven Metastudie ZWD (De Vries, 2009)

Veluwe

- Voor de laaggelegen delen langs de IJssel is het van belang dat de rivierpeilen meer gedetailleerd zijn beschreven (zie opmerking bij Rivierenland).

Dommel

- Verdeelsleutels Stuw Blaarthem Beatrixkanaal-Dommel, knoop 5104 in het model aangepast
 - was 93% Dommel, 7% Beatrixkanaal voor afvoeren tot 10m³/s, daarboven 85-15% ;
 - op basis 2003 en 2006 data geschat op 65% Dommel, 35% Beatrixkanaal (tot 10 m³/s), daarboven 55-45.Meer detailinformatie is ontvangen van waterschap de Dommel; dit is te gebruiken bij latere Sobek-modellering in combinatie met opsplitsing van district 70 in kleinere lozingseenheden (want in de modellering wordt nu de complete lozing voor het verdeelwerk gezet; in werkelijkheid is een deel benedenstrooms – via Tongelreep of kleine Dommel op de Dommel)
- De afvoeren van de Dommel bij de Belgische grens blijkt nul in het model in 2006. Het waterschap heeft wel metingen voor de eerste 3 maanden van 2006. Deze zijn overgenomen. Blijft wel dat vanaf 1 april 2006 er geen afvoergegevens van de Dommel bij de grens in het model zijn opgenomen.

HHNK

- De inlaatgegevens lijken niet helemaal betrouwbaar (zo zou 20% van de inlaat via schutverlies bij Den Helder – dus zout water – zijn). De metingen van inlaten lijken onderschat. Het waterschap trekt dit na.
- Doorspoeling van districten en local surface waters staat in het model op nul. In de praktijk gezien de metingen voor bijvoorbeeld de Wieringermeer lijkt er wel doorgespoeld te worden. Gegevens hierover konden niet meer tijdig door het waterschap worden aangeleverd.
- In afwachting van herziening van meetgegevens en aan te leveren doorspoelgegevens zijn er geen modelaanpassingen gedaan.



- In het DM zijn er twee takken die gekozen kunnen worden om de inlaat cq. uitlaat bij de Stontelerkeersluis weer te geven. Deze takken hebben een tegengesteld gedefinieerde richting, dus hier moet bij de interpretatie rekening mee worden gehouden.

Hollandse Delta

- Geen aanpassingen in DM.
- De doorspoeling van de local surface waters in Mozart is aangepast aan de hand van gegeven Metastudie ZWD (De Vries, 2009)

Brabantse Delta

- Knoop 5101 Bovenmark is van verkeerd type (51), moet zijn rivierknoop (type 1). Dit is gecorrigeerd.
- De afvoer van de Bovenmark in model NHI 2.0 blijkt nul in 2003, 2006 terwijl die in de invoer niet nul is. Dit komt door de bovengenoemde fout die inmiddels gecorrigeerd is. Verder heeft het waterschap nu data van 1982-2009 aangeleverd (fors langer dan de beschikbare tijdreeks die tot 2003 uit dummy waarden bestond en pas vanaf 2004 echte data bevatte). Deze is deze data in het model overgenomen.
- De verdeelsleutels tussen Bovensas en Dintelsas zijn aangepast conform specificatie door het waterschap.
- Voor de inlaat bij Oosterhout vanuit het Wilhelminakanaal heeft het waterschap aangegeven dat bij totale afvoeren (Dintelsas+Bovensas) kleiner dan 7 m³/s er tot 5m³ bij Oosterhout wordt ingelaten. In het model kan dit niet op deze manier worden geïmplementeerd, maar is ervoor gekozen om een gewenst debiet op de tak naar het splitsingspunt voor Dintelsas en Bovensas op te leggen waardoor de inlaat bij Oosterhout eerder dan voorheen in gebruik gesteld wordt.
- De doorspoeling is aangepast aan de hand van gegeven Metastudie ZWD (De Vries, 2009)

Peel en Maasvallei

- De afvoer van de Swalm in het model NHI 2.0 blijkt nul in 2006 door ontbrekende data. Inmiddels zijn de data aangevuld in NHI 2.1.
- Er zijn medio december door het waterschap afvoeren vanuit Duitsland bij de grens aangeleverd die in principe bij de door NHI berekende districtslozing moeten worden opgeteld. Dit was echter vlak voor oplevering van NHI 2.1 en kon niet meer worden meegenomen in NHI 2.1.

Aa en Maas

- In NHI 2.1 geen aanpassingen

B.5 Log-lijst met nog openstaande acties oppervlaktewater

- Open water Zwartemeer-Blokzijl toevoegen (welk oppervlak?).
Op basis van DMNetwerk.shp: toevoegen aan oppervlak van knoop 6057
IJsselmeer/Randmeren Oost (open verbinding, Kadoelersluis staat altijd open)
- Lsw's en district Friesland
- Hollandse Delta: inlaten aanpassen op basis gegevens waterschap
- Brabantse Delta: inlaat Oosterhout (meer aanvoer naar Mark)
- Brabantse Delta: afvoerverdeling Dintelsas en Bovensas
- Aa en Maas: afvoer vanuit Helenavaart ook naar Maas-stuwpannd Lith; aanvoer vanuit Limburg naar Helenavaart, aanvoergebied district 62
- Peel en Maasvallei: aanvoeren vanuit Duitsland, doorvoer naar Aa en Maas, inlaten district 64 en 68 (aanvoer uit België);
- HHNK: doorspoelingsgegevens, betrouwbare meetgegevens
- Check Doorspoelingsgegevens (Zuiderzeeland, Rivierenland, Scheldestromen, ...)

C Voorstel wijziging concept onverzadigde zone metaSWAP

Ten aanzien van het NHI-model wordt geconstateerd dat met name in het najaar er een te trage reactie is van grondwaterstanden op de omslag van een neerslagtekort naar een neerslagoverschot. Men kan zich dan gaan afvragen wat de toegevoegde waarde is van een 'straight Richards' concept ten opzichte van een simpele conceptueel modelletje waar wel allerlei 'speciale' processen in zijn opgenomen. Men denkt daarbij meestal aan preferente stroming, waarbij er al water percoleert vanuit de wortelzone terwijl een belangrijk deel van de wortelzone nog droog is, d.w.z. omzeild wordt door het percolerende water. Een ander belangrijke tekortkoming van het huidige MetaSWAP-concept is dat de bodem wordt voorgesteld als een homogeen medium, terwijl het in de bodemfysica de 'norm' is om op zijn minst twee fracties te onderscheiden, met laterale uitwisseling. Alleen bij een conceptualisatie met een *duaal medium* is het mogelijk om bepaalde staartverlopen te modelleren die bij waterkwaliteitsprocessen worden waargenomen.

Het spoor van preferente stroming – ook wel *bypass flow* genoemd – is gevolgd in Van Walsum (1994). Er is toen in SWAP een speciale voorziening aangebracht om de *bypass flow* te simuleren. Daarmee werd inderdaad bereikt dat het model sneller reageert op neerslag; de verrassing was echter dat het bereikte effect veel kleiner was dan verwacht: "Het al of niet modelleren van preferente stroming heeft een verrassend klein effect op het gesimuleerde grondwaterstandsverloop. ... Doordat minder neerslag in de onverzadigde zone blijft hangen is het profiel droger dan zonder *bypass flow*. In sommige situaties heeft dit tot gevolg dat de gesimuleerde grondwaterstandspieken juist lager uitvallen wanneer *bypass flow* wordt gesimuleerd, omdat het profiel meer vrije ruimte heeft in de onverzadigde zone; dit kan leiden tot paradoxale verschillen... Men zou juist verwachten dat de gesimuleerde piekgrondwaterstand hoger is in aanwezigheid van *bypass flow*, terwijl het model juist een hogere piek voor de situatie zonder *bypass flow* simuleert." Het komt erop neer dat als gevolg van *bypass flow* het afvoeren via drainage in de tijd naar voren wordt gehaald, waardoor er juist minder water beschikbaar is voor de eigenlijk piekgrondwaterstand. In het genoemde rapport is vervolgens het modelleren van te weinig dynamiek van grondwaterstanden vooral toegeschreven aan het niet modelleren van *ingesloten lucht* bij een stijgende grondwaterstand. Het gebruikte modelconcept gaat namelijk uit van volledige verzadiging beneden het freatische niveau, terwijl het in de praktijk enige tijd duurt voordat alle lucht uit de porieën is verdwenen.

Sinds 1994 is er het nodige aan het SWAP model verbeterd: er is een concept voor hysteresis ingebracht en voor kleigronden is er de optie om met *macropore flow* te rekenen; de macroporieën hebben een laterale wisselwerking met de microporieën van de grondmatrix. Geen van deze twee toevoegingen is echter in staat om het effect van tijdelijk ingesloten lucht te modelleren. De bovengegeven toelichting ten aanzien van *bypass flow* is namelijk ook van toepassing op het *macropore* concept van SWAP. De beperking van het hysteresis concept vereist verdere toelichting.

Het algemene diagram ten aanzien van de invloed van hysteresis op de relatie tussen drukhoogte en vochtgehalte is opgenomen in Fig.1, die overgenomen is van Fig 2.1 in Kroes et al. (2008). Het optreden van ingesloten lucht onder het freatisch niveau is in de figuur uitgebeeld door het *niet* naar één punt toe lopen van de *main wetting curve* en *main drying curve* bij $h=0$, op de θ -as. In het SWAP-model is er echter geen voorziening voor dit effect, zoals blijkt uit Fig.2: de curves lopen naar één punt op de θ -as. Dit hysteresis-concept heeft wel tot gevolg dat er eerder een reactie is van de grondwaterstand op een neerslagoverschot; maar om de grondwaterstand in beweging te krijgen moet nog steeds steeds dezelfde volume worden verzadigd; dus de reactie van de grondwaterstand zal nog steeds te weinig gevoelig

zijn. Een ander probleem van dit concept is dat het bereiken van een wortelzone-vochtgehalte dat op de hoofduitdrogingscurve ligt alleen kan geschieden door een van de twee volgende situaties:

- het pieken van de grondwaterstand tot in de wortelzone;
- het voorkomen van een zeer zware bui.

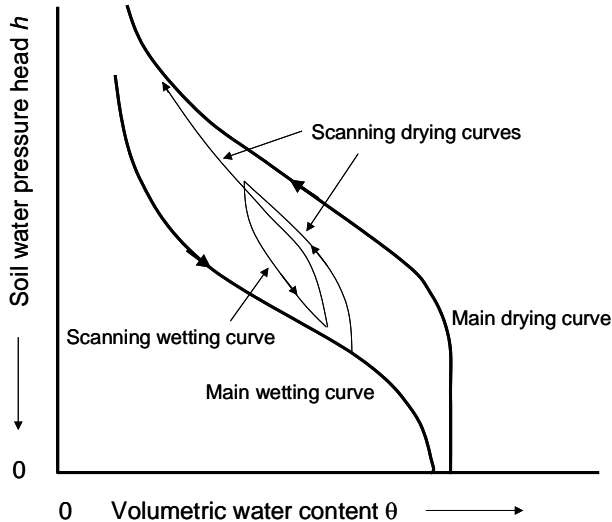


Fig. 1 relatie tussen drukhoogte en vochtgehalte onder invloed van hysteresis effecten (Fig. 2.1 uit Van Dam et al (2008)).

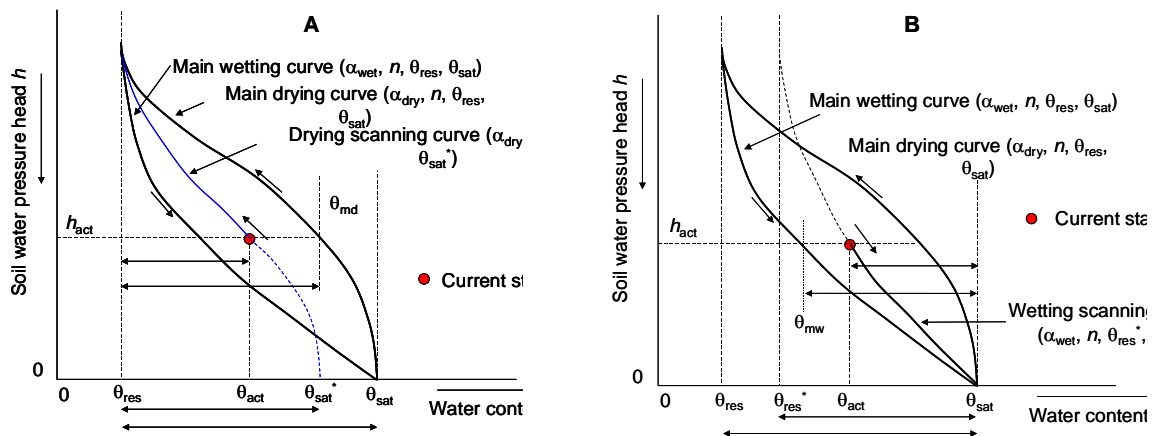


Fig. 2. Het hysteresis concept van SWAP (Van Dam et al, 2008).

Bij de gronden met een hangwaterprofiel komt de grondwaterstand nooit in de buurt van de wortelzone. De kans op het voorkomen van een zware zware bui is in het Nederlandse winterseizoen echter relatief klein, doordat in de winter de neerslag overwegend van het advectieve type is. Het gevolg is dus dat bij toepassing van het SWAP concept voor hysteresis het 'opladen' van de vochtvoorraad minder volledig zal worden bij hangwaterprofielen. Dat heeft weer tot gevolg dat de actuele verdamping zal afnemen. Bij bosgronden met een hangwaterprofiel is er al een probleem van te laag berekende verdamping, en dat zou dan dus alleen maar erger worden. Het is dus zaak om zowel het gewenste grondwaterstandsgedrag te simuleren, en tegelijkertijd een zo realistisch mogelijke waterbalans.

Een kort-door-de-bocht methode voor het gevoeliger maken van de grondwaterstandsreactie van een model is door het 'knijpen' van het verzadigd vochtgehalte θ_{sat} , zoals ook gedaan in Van Walsum (1994) en in het NHI2.0 model (factor 0.8). In het eerstgenoemde

geval werd zelfs bij calibratie op grondwaterstanden in een waarde van 0.56 gevonden voor een O5 ondergrond, benevens waarden die ook ver boven de eenheid lagen. Het grote nadeel van deze methode is dat niet alleen het grondwaterstandsgedrag wordt beïnvloed maar ook de actuele verdamping, via de invloed op het vochthoudend vermogen van de grond. Dat zou eventueel opgevangen kunnen worden door de aanpassing te beperken tot de ondergrond. Maar ook dan blijft het een primitieve methode om het gewenste doel te bereiken.

Tijdsafhankelijke hysteresis

Op zich is de methode van SWAP voor het inbrengen van hysteresis effecten 'niet verkeerd', maar het heeft wel als beperking dat een tijdsafhankelijke component ontbreekt. De rol van laatstgenoemde component kan het beste worden toegelicht aan de hand van het vochtgehalte bij $h=0$ in Fig. 1. Bij vernatting wordt aan het freatisch niveau in eerste instantie een vochtgehalte van θ_1 berekend. In de loop van tijd neemt de matrix water beter op (= meer water in de microporieën), en ontstaat er een onderdruk h_1 . Dit geeft vervolgens ruimte voor verdere vernatting naar θ_2

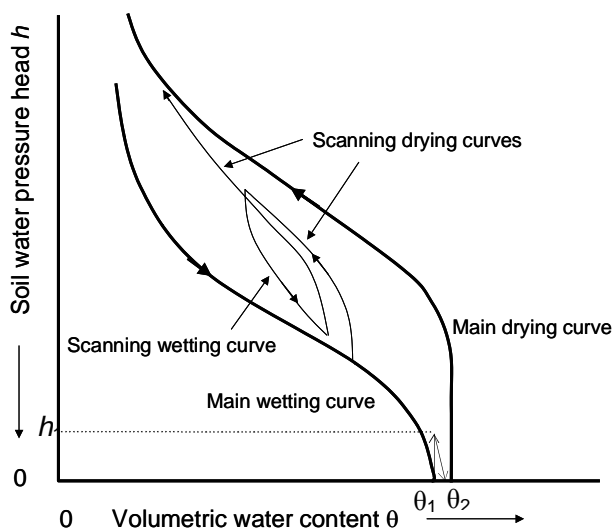


Fig. 3. Illustratie van de werking van het tijdsafhankelijke hysteresis proces dat niet in SWAP is opgenomen.

Om de toelichting zo eenvoudig mogelijk te houden, wordt in het onderstaande een voorstel gedaan voor het modelleren van de tijdsafhankelijke hysteresis waarbij de tijdsafhankelijke hysteresis (van Fig. 2) geheel aan ontbreekt. Een andere overweging die ten grondslag ligt aan onderstaande voorstel is dat het aantal extra parameters tot een absoluut minimum beperkt moet worden, omdat over-parameterisering ten opzicht van de beschikbare data alleen maar tot extra problemen leidt bij het in de praktijk brengen van het concept. Een tweede overweging is dat het concept tevens moet zijn te interpreteren als een opschaling van een *duaal medium*, d.w.z. met een deel van matrix dat meedoet aan preferente stroming, en een deel dat pas in tweede instantie bevochtigd wordt via laterale herverdeling van het vocht. Een dergelijke interpretatie maakt het vervolgens mogelijk om de rekenresultaten in een nabewerkingsfase te disaggregeren, en te gebruiken voor een meer geavanceerde waterkwaliteitsberekening.

Vanwege bovengenoemde redenen wordt in eerste instantie gedacht aan een vernattingscurve die via een simpele verhoudingsfactor wordt afgeleid uit uitdrogingscurve, volgens:

$$\theta_w = \theta_{res} + f_M (\theta_d - \theta_{res})$$

waarin:

- θ_w : vochtgehalte op de vernattingscurve
- θ_d : vochtgehalte op de verdrogingscurve
- θ_{res} : residueel vochtgehalte
- f_M : aandeel van de bodemmatrix dat direct in contact staat met preferente stroming

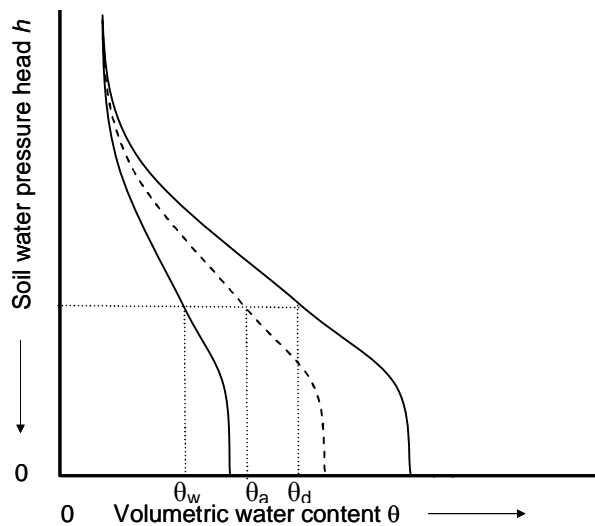


Fig. 4 Uitdrogings- en vernattingscurven voor tijdsafhankelijk hysterese concept.

Alle tussenliggende curven worden geacht te worden beschreven door een schaling aan de hand van een tijdsafhankelijke hysterese factor:

$$\theta_a = \theta_d + f_{hys} (t) \cdot (\theta_w - \theta_d)$$

waarin:

- $\theta_{w,h}$: vochtgehalte op de hoofdvernattingscurve
- $\theta_{d,h}$: vochtgehalte op de hoofduitdrogingscurve
- θ_a : vochtgehalte op de actuele uitdrogingscurve
- f_{hys} : tijdsafhankelijke hysterese factor

Afwezigheid van tijdsafhankelijke hysterese komt overeen met $f_{hys} = 0$; bij volledige aanwezigheid van tijdsafhankelijke hysterese geldt $f_{hys} = 1$. Deze factor wordt geacht te worden beïnvloed door de tijd via de relatie:

$$d f_{hys}/dt = - r_\theta \cdot f_{hys}$$

waarin r_θ = dehysterese reactiefactor, met als dimensie T^{-1} . Deze vergelijking beschrijft dus het autonome proces van *afname* van de hysteresis activiteit. De toename van deze activiteit ontstaat via de aangenomen manier dat het vernattingsproces verloopt. De aanname is dat de vernatting een curve volgt waarvan de differentiële vochtcapaciteit $d\theta/dh$ gelijk is aan die van de hoofdvernattingscurve. De gedachte hier achter is dat het bij vernatting in eerste instantie alleen de bodemfractie betreft die in verbinding staat met de macroporieën. In Fig.5 is uitgebeeld hoe het vochtgehalte daarbij dan verandert in relatie tot de h : de lijn is parallel aan die van de hoofdvernattingscurve. Vervolgens wordt een berekening gedaan van de nieuwe f_{hys} , zoals aangegeven in Fig. 6.

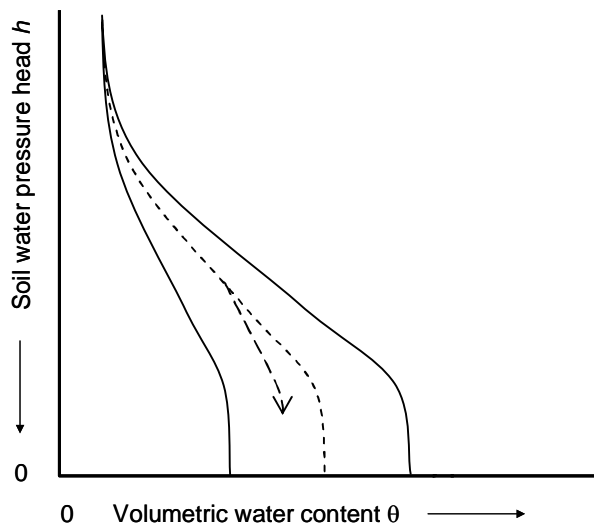


Fig.5 Gevolgde pad bij vernatting: de vernattingslijn loopt parallel aan de hoofdvernattingscurve.

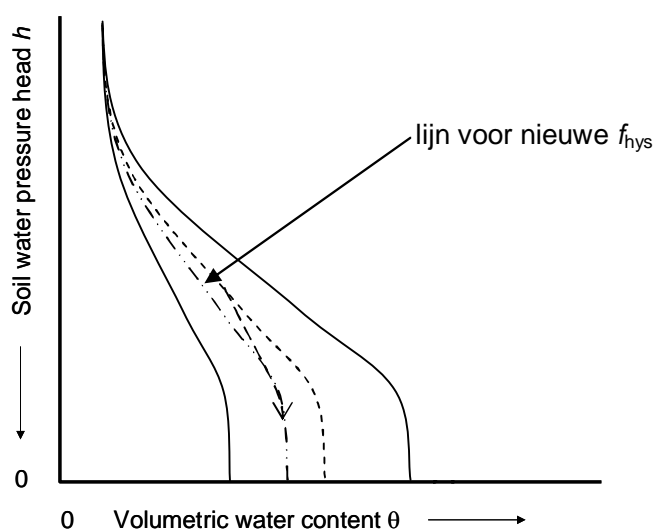


Fig.6 Gevolgde pad bij vernatting: berekening van de nieuwe f_{hys}

Interpretatie in termen van een duaal medium ten behoeve van waterkwaliteit

Bij een volledige activiteit van hysteresis ($f_{hys} = 1$) wordt verondersteld dat het vocht als volgt verdeeld is tussen het macro- en microporieën deel van de bodemmatrix:

- $\theta_{w,h}$ in het macroporieën deel
- θ_{res} in het microporieën deel

Bij het volledig inactief zijn van hysteresis ($f_{hys} = 0$) wordt verondersteld dat de vochtverdeling als volgt is:

- $\theta_{w,h}$ in het macroporieën deel
- $\theta_{w,h} - \theta_{d,h}$ in het microporieën deel

De flux routing wordt als volgt gedacht:

- percolatieflux via de macroporieën
- capillaire flux via de microporieën

Als gevolg van de verandering van de hysteresis activiteit wordt een laterale uitwisseling berekend om de balans van de subcompartimenten sluitend te houden.

Implementatie van het algoritme

In SWAP is de implementatie vrij eenvoudig. In MetaSWAP wordt gedacht aan de volgende aanpassingen. In de eerste rekenstap van een tijdstap wordt (zoals nu al gebeurt) de wortelzone-drukhoogte aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van tabellen $svtb(h_{rz}, h_{gwl})$, oftewel het vochtvolume van een laag als functie van de wortelzone-drukhoogte en grondwaterstand. Voor situaties met vernatting wordt gewerkt met een geïnterpoleerde tabel, waarbij rekening wordt gehouden met de activiteit van hysteresis. Voor situaties met uitdroging wordt gewerkt met een aangepaste tabel waarbij de uitdroging 'parallel' aan de hoofduitdrogingscurve verloopt.

In een tussenstap wordt de hysterese activiteit geupdate. Dat heeft tot gevolg dat bij eenzelfde vochtgehalte de drukhoogte meer negatief wordt. De volgende werkwijze wordt gevolgd:

1. er wordt begonnen bij de wortelzone, en dan naar beneden gewerkt;
2. de drukhoogte van een lager compartiment mag niet meer verlaagd worden dan wat gebeurt in het compartiment daarboven
3. vervolgens wordt indien nodig de grondwaterstand aangepast op basis van een balans voor de hele kolom, volgens de standaardwerkwijze zoals die nu al gebeurt

De reden voor 2. is dat wanneer het gaat om de aanpassing voor de laag waar de grondwaterstand zich in bevindt het model niet veel mogelijkheid heeft om via de drukhoogte weer 'in de tabel' te komen, vanwege de aanwezigheid van de grondwaterstand. De uiteindelijke aanpassing moet dan via daling van de grondwaterstand 'rond' gemaakt worden. Dat is ook helemaal de bedoeling van deze rekenmethode, die ervoor moet zorgen dat de grondwaterstand weer gaat zakken bij het 'wegtrekken' van het tijdsafhankelijke hysterese effect. Dat gebeurt nadat dat eerst de grondwaterstand snel gestegen is als gevolg hysterese in de wortelzone en de ingesloten lucht in het grondwater.

Literatuur

Kroes, J.G., J.C. van Dam, P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks, and C.M.J. Jacobs. 2008. *SWAP version 3.2; Theory description and user manual*. Wageningen, Alterra-report 1649, Alterra.

Van Walsum, P.E.V. 1994. *Gebruik van SWATRE voor de berekening van afvoerkenmerken*. Rapport 366, DLO-Staring Centrum, Wageningen.