

# Vergelijking NHI 2.0 PAWN-STONE



Ondersteunend document ten behoeve van NHI v2.0

Door Projectgroep NHI (Wim J. de Lange, Joost Delsman, Geert Prinsen, Jan van Bakel, Harry Massop, Jacco Hoogewoud.)

**Datum**

2-7-2010

---

## Samenvatting

Dit document bevat een overzicht van de verschillen tussen het PAWN - STONE instrumentarium en het NHI versie 2.0.

De methoden en concepten van de instrumenten zijn vergeleken. De resultaten van NHI2.0 zijn vergeleken met PAWN en met STONE2.3. Daarbij is gefocust op de vragen die gerelateerd zijn aan effecten van en maatregelen voor gewijzigde klimaatomstandigheden en op berekeningen voor waterbeheer in droge perioden.

De gebleken betere beschrijving van alle relevante hydrologische processen in NHI 2.0 geeft aan dat voor toekomstvoorspellingen het NHI beter geschikt is dan PAWN. NHI geeft een betere verdeling van de oppervlaktewaterafvoer al simuleert PAWN op een aantal locaties de absolute waarde van de wateraanvoerbehoefte beter. Geconcludeerd wordt dat NHI2.0 voor deze vragen in de plaats gesteld moet worden van PAWN.

Voor effecten in termen van grondwaterstanden moet NHI2.0 met kennis van zaken worden gebruikt. Uit de vergelijking met STONE2.3 blijkt NHI2.0 in relevante gebieden te lage grondwaterstanden en te weinig dynamiek te berekenen. Vaak zal een verbeteringsslag nodig zijn om tot regionaal acceptabele resultaten te komen. Een voorbeeld van een geslaagde verbeteringsslag (van beperkte omvang) is de toepassing voor de eerste (2010) inschatting van effecten van peilregiem veranderingen in het IJsselmeer.



## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
1 Inleiding.....	3
1.1 Aanleiding .....	3
1.2 Doel .....	3
1.3 Werkwijze.....	3
2 Vergelijking van de methoden en concepten .....	4
2.1 De koppeling tussen de modellen .....	4
2.1.1 Grondwater: MOZART-METASWAP-MODFLOW vs. MOZART-NAGROM-STONE ..	4
2.1.2 Oppervlakte water: DM-MOZART .....	4
2.2 De modelconcepten, -parameters en -schalen .....	5
2.3 Het modelleerproces .....	7
2.4 Validatie en calibratieproces .....	7
3 Vergelijking resultaten PAWN en NHI 2.0.....	8
3.1 Waterverdeling: aan- en afvoer van oppervlaktewater op hoofdknooppunten .....	8
3.1.1 Water inlaat, aan- en afvoer op meetpunten in Nederland.....	8
3.1.2 De watervraag van het IJsselmeer gedurende droogte .....	11
3.2 De waterbalans: kwel en infiltratie vlak onder maaiveld .....	12
3.3 Grondwaterstanden .....	13
4 Vergelijking resultaten STONE en NHI 2.0 .....	16
5 Algemene conclusies .....	19
5.1 NHI vs. PAWN: droogteberekeningen, operationeel en lange termijn .....	19
5.2 NHI vs. PAWN: overige beleidsvragen V&W en andere organisaties.....	19
5.3 NHI vs. STONE .....	20
5.4 NHI: de weg naar de toekomst.....	20
Literatuur .....	21



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Met het opleveren van NHI2.0 is het instrumentarium zodanig volgroeid, dat een vergelijking met het bestaande, uitgekristalliseerde PAWN-STONE instrumentarium mogelijk is. Het achtergrond rapport NHI 2.0 bevat conclusies over de bruikbaarheid van het modelinstrumentarium maar slechts een beperkte vergelijking met de PAWN-STONE resultaten.

Voor de besluitvorming binnen RWS-WD is het belangrijk om helder te krijgen, hoe NHI 2.0 zich verhoudt tot het tot op heden nog toegepaste PAWN instrumentarium en in het bijzonder voor de toepassingen die in 2010 binnen RWS-WD zijn voorzien. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om Zoetwaterverkenningen, droogte analyse en de effecten van peilverandering in het IJsselmeer.

In dit document wordt PAWN tegen het licht gehouden van de kennis die met NHI is opgedaan en wordt de bruikbaarheid van beide modelinstrumenten bekeken specifiek voor RWS-WD toepassingen. De vraag daarbij is of NHI nu al in 2010 op de plaats van PAWN kan worden gesteld. Uiteindelijk zal eind 2012 het NHI integraal onderdeel van het Delta-model vormen.

Bij het vergelijken van de grondwaterdynamiek van NHI 2.0 worden PAWN en STONE gescheiden behandeld. Beide modellen berekenen de freatische grondwaterstand, maar op een verschillende manier en met een verschillend gebruiksdoel. Het doel van NHI is om voor al deze gebruiksdoelen een model beschikbaar te hebben.

## 1.2 Doel

Het doel van dit document is om aan te geven of NHI nu al in 2010 in de plaats van PAWN kan worden gesteld voor RWS toepassingen, zoals droogteanalyse en IJsselmeer verkenningen.

## 1.3 Werkwijze

De vergelijking start met het aangeven van de verschillen in de wijze waarop de onderliggende modellen gekoppeld zijn, in de gehanteerde modellen en in de samenstelling van de basis invoerdata. Ook wordt het proces van tot stand komen en de status van de ontwikkeling van beide instrumenten beschreven. Uit deze verschillen worden conclusies getrokken ten aanzien van de verschillen in de resultaten van PAWN en STONE met NHI2.0.

Dan volgt de presentatie van verschillen in uitkomsten van waterstanden en fluxen van oppervlaktewater en grondwater met de bijbehorende conclusies. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen STONE2.3 en PAWN. Afgesloten wordt met algemene hoofdconclusies.



## 2 Vergelijking van de methoden en concepten

### 2.1 De koppeling tussen de modellen

#### 2.1.1 Grondwater: MOZART-METASWAP-MODFLOW vs. MOZART-NAGROM-STONE

Het grootste conceptuele verschil met PAWN in de grondwatermodellering ligt in de koppeling tussen de modellen voor onverzadigde en verzadigde grondwaterstroming. Tegenover de koppeling op afstand tussen een stationair diep grondwatermodel en een quasi-niet-stationair (decade tijdstap) onverzadigde zone model met overlap van modelgebied staat een 1 op 1 gekoppeld niet-stationair systeem dat op dagbasis rekent en waarin zowel fluxen als waterstanden worden vereffend.

In PAWN kan de vereffening via de diepe grondwaterstroming in langdurig droge perioden niet worden gesimuleerd door het gebruik van een stationair diep grondwatermodel. De aanvulling wordt niet aangepast op het uitzakken van de grondwaterstanden. In NHI wordt het uitzakken integraal door zowel het verzadigde als onverzadigde model berekend en in wateraanbod of- vraag vertaald. Gevolgen van (klimaat-) scenario's en ingrepen kunnen alleen "jaargemiddeld" worden benaderd in het diepe grondwatermodel, hetgeen tot zowel overschatting als onderschatting van de effecten leidt afhankelijk van scenario en gebied.

Ditselfde geldt voor het STONE instrumentarium. Hier wordt als onderrandvoorwaarden een gemiddelde flux uit het PAWN-ondergrond-instrumentarium toegepast. Deze flux wordt voor een zomer- en wintersituatie berekend, waar een sinusvormig verloop doorheen wordt gefit. Terugkoppeling tussen diep en ondiep grondwater in scenario's met andere verdeling van de diepe grondwaterfluxen is hierbij niet mogelijk.

#### 2.1.2 Oppervlakte water: DM-MOZART

De modelconcepten en het algoritme van DM zijn voor PAWN en NHI hetzelfde. De verschillen in DM tussen PAWN en NHI betreffen dan ook bugs die in NHI zijn opgelost en in PAWN niet, en invoer die voor NHI is verbeterd en voor PAWN niet.

MOZART in PAWN berekende zowel het landelijk gebied (de plots) als het regionale oppervlaktewater (local surface waters en districten). In NHI doet MOZART alleen het regionale oppervlaktewater, dus de lsw's en de districten. Het landelijk gebied wordt nu met Modflow-MetaSwap doorgerekend. De lsw-schematisatie is in NHI volledig herzien en sterk verfijnd. Voor laag-Nederland sluit de lsw-schematisatie aan bij de peilgebieden (HKV 2006). Voor hoog-Nederland is de lsw-schematisatie opnieuw bepaald op basis van GIS kaarten en karteerbare kenmerken. In MOZART is conceptueel nieuwe functionaliteit voor vrij afwaterende gebieden met wateraanvoer toegevoegd.

De koppeling tussen DM en MOZART is niet veranderd.

Het STONE instrumentarium kent geen directe koppeling met oppervlaktewater. De uitwisseling met oppervlaktewater is in STONE geschematiseerd via vaste drainagesystemen. Voor STONE is koppeling met oppervlaktewater nieuwe functionaliteit.



## 2.2 De modelconcepten, -parameters en -schalen

De grondwatermodellen uit PAWN zijn volledig vervangen door nieuwe. Zowel de rekencodes als de modelschaal in tijd en plaats, als de parameters / basisgegevens zijn aangepast naar de eisen voor een landelijk hydrologisch model.

De in NHI toegepaste rekencodes MODFLOW en MetaSwap zijn kernsoftware van de Nederlandse kennisinstituten en worden daardoor breed gedragen en ontwikkeld door deskundigen. Deze software blijft daarmee aangesloten op de nieuwe kennis binnen de instituten. Eenzelfde overgang is in gang gezet voor het oppervlaktewater, waarbij SOBEK het niet langer doorontwikkelde DM zal vervangen.

De schaal waarop NHI rekt is een factor 4 tot 10 (afhankelijk van deelmodel) fijner dan Nagrom, het diep grondwatermodel in PAWN en STONE. NHI heeft cellen van 250 meter in plaats van element van vele km<sup>2</sup>, maakt geen gebruik van plots voor de onverzadigde zone maar rekt per cel, en heeft verfijnde oppervlaktewaterbergingsseenheden.

Het diepe grondwater model NHI 2.0 omvat 7 watervoerende pakketten en is gebaseerd op de nieuwste standaard van de ondergrond REGIS II.1. Het sluit daarmee nauw aan op de laatste kennis van de ondergrond en op de bestaande regionale modellen. De 4-lagen schematisatie van NAGROM is gebaseerd op oude kaarten en inzichten die inmiddels door REGIS II.1 zijn ingehaald.

Het verschil dat NHI niet-stationair rekt versus de semistationaire aanpak van PAWN is in de vorige paragraaf verwoord. Belangrijk is ook dat de onverzadigde zone nu per dag wordt berekend in plaats van per decade en in grids van 250x250 meter in plaats van 500x500 meter en online is gekoppeld aan het grondwater. De parameterisatie van de onverzadigde zone is waar nodig en mogelijk geactualiseerd: dit betreft het potentieel beregend areaal, het landgebruik en de vegetatiekenmerken.

De MOZART Isw-schematisatie is in NHI volledig herzien. Voor laag-Nederland sluit de Isw-schematisatie aan bij de peilgebieden (HKV 2006). Voor hoog-Nederland is de Isw-schematisatie helemaal opnieuw bepaald op basis van GIS kaarten en karteerbare kenmerken. In MOZART is nieuwe functionaliteit voor vrij afwaterende gebieden met wateraanvoer toegevoegd.

Bij de koppeling van de MOZART districten aan het DM netwerk wordt gebruik gemaakt van verdeelsleutels. Op basis van een controle en een update van de beschrijvingen (HKV, 2009) zijn hier diverse verbeteringen doorgevoerd en is foute invoer hersteld. De open water arealen in MOZART en DM zijn gecontroleerd, de peilopzet in MOZART oppervlaktewater in het veenkoloniaal gebied is toegevoegd, de doorspoelings- en onttrekkingsgegevens zijn geactualiseerd (bv. doorspoeling Noordoostpolder), de beregening via MetaSwap, tak- en districtinlaatcapaciteiten en de verdeelsleutels zijn aangepast.

Naar aanleiding van de regionale studie Noord-Nederland zijn gewenste debieten in DM aangepast voor bv. het van Harinxmakanaal, de Dokkumer Ee en het Eemskanaal. Verder zijn de verdeelsleutels van district Noordwest Drenthe gecorrigeerd, waardoor de lozing van het district nu op juiste plekken in het DM netwerk beschikbaar komt en de debieten in DM beter kunnen worden vergeleken met metingen (bv. bij de Paradijssluis).

Enkele fouten in de DM code zijn hersteld. De afhandeling van takken met peilafhankelijke takcapaciteiten is verbeterd. Dit beïnvloedt vooral de resultaten bij inlaat Kromme Rijn (inlaatcapaciteit



neemt nu wel af bij lage afvoeren en peilen in de Neder-Rijn) en in beperkte mate de inlaten voor Friesland en Noord-Holland uit het IJsselmeer en Markermeer. Verder wordt de gedefinieerde weg-zijging op knopen (bv. Brabantse kanalen, Twentekanaal, IJsselmeer) wordt nu wel correct meege-nomen.

Overzichtstabel verschillen in model concepten NHI 2.0 – PAWN / STONE

	NHI 2.0	PAWN	STONE	Verbeterd
Oppervlakte water verdeling	DM overgang naar Sobek Verbeterde data	DM	niet	data modelcode
koppeling	op knooppunten	op knooppunten		
Oppervlakte water balansgebieden	365? LSWs	150? LSW's	?	verfijnd modelcode
koppeling	flux en peil	waterbalans 10 daags		
Grondwater Onverzadigde zone	niet-stationair: tijdstep 1-dag 250x250 meter	semi-niet-stationair: tijdstep 10-dagen 1 km <sup>2</sup>	500? Plots (reken- eenheden)	schaal in plaats en tijd modelcode
koppeling	volledig 1 op 1	koppeling op afstand	los gekoppeld	
Grondwater Verzadigde zone	niet-stationair: 1-dag 250x250 m <sup>2</sup> 7 watervoerende lagen	stationair 0.5 tot 5 km <sup>2</sup> 4 watervoerende lagen	onderrand met periodieke flux	schaal in plaats en tijd modelcode
	zout niet stationair	zout: semi-stationair		modelcode



### 2.3 Het modelleerproces

NHI is een open modelleer proces, dat wil zeggen dat alle invoerdata, modelconcepten, resultaten openbaar zijn en dat veel gebruik wordt gemaakt van informatie die door externen al dan niet gevraagd wordt aangeleverd. De inbreng van regionale partijen in NHI2.0 heeft geleid tot significante wijzigingen, aanvullingen in de verdeelsleutels in DM, in de opzet van het ondergrond model en in de verbetering van de modelconcepten en programmatuur door het aangeven van afwijkingen of onjuistheden ten opzichte van de beschikbare kennis en modellen. NHI zal de komende jaren in ontwikkeling blijven. Door de interactie met de regio zal het model steeds beter worden. Een onderhoud en beheer systeem met versie beheer zal dit ondersteunen.

In PAWN is de inbreng vanuit de regio beperkt geweest. In verschillende rondes is informatie gevraagd bij regionale waterbeheerders, met name over het gevoerde waterbeheer. Door het eenzijdige vraag-karakter, en de beperkte betrokkenheid bij het modelinstrumentarium waren deze rondes slechts beperkt succesvol. Ook door het gebruik van modelcodes die niet breed gebruikt worden zijn de mogelijkheden voor informatie-uitwisseling beperkt. Aan PAWN wordt niet meer ontwikkeld.

Voor gebruik van een model in studies is draagvlak voor het model bij de betrokkenen een voorwaarde. De brede betrokkenheid van partijen en het open modelleerproces rond het NHI is daarbij van groot belang. Door gezamenlijk optrekken wordt een model niet alleen inhoudelijk steeds beter, partijen raken ook steeds meer vertrouwd met wat het model wel en ook niet kan. Waarmee in studies de discussie over de resultaten niet ondersneeuwt door een blijvende discussie over het toegepaste modelinstrumentarium.

### 2.4 Validatie en calibratieproces

Validatie is in het open modelleerproces van NHI een blijvend gegeven. Deels betreft dit de door de projectgroep uitgevoerde en door een externe wetenschappelijke klankbordgroep begeleide validatie (Tiktak et al, 2009; Projectgroep NHI, 2010). Daarnaast wordt het NHI ook door gebruikers gevalideerd. Voorbeelden zijn het validatierapport door de Droogtestudie Noord-Nederland (HKV, 2010) en de door de STOWA ingezette regionale validatieronde.

Dit blijvende karakter gaat ook op voor de calibratie van het model, in de zin dat bij ieder gebruik verbeteringen worden aangedragen en doorgevoerd. Een 'formele' calibratie in de zin van een (eventueel automatische) parameteroptimalisatie van het NHI is nog niet uitgevoerd.

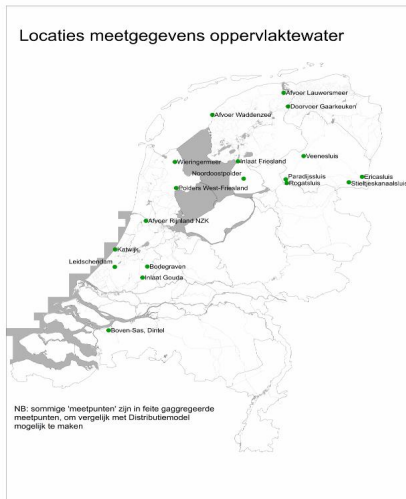
De modellen in PAWN zijn voor gebruik in de Droogtestudie afzonderlijk gecalibreerd (NITG-TNO/TAUW, 2003; Witteveen en Bos, 2003). Het diepe grondwater is hierbij gecalibreerd via een automatische procedure, het ondiepe grondwater door aanpassingen in individuele parameters.



### 3 Vergelijking resultaten PAWN en NHI 2.0

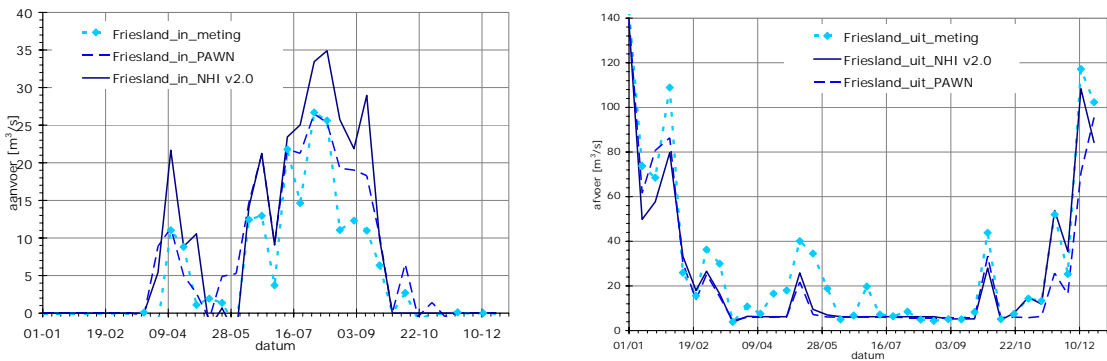
#### 3.1 Waterverdeling: aan- en afvoer van oppervlaktewater op hoofdknooppunten

##### 3.1.1 Water inlaat, aan- en afvoer op meetpunten in Nederland



Figuur 3.1. Gebruikte meetlocaties oppervlaktewater

In onderstaande figuren zijn de met de NHI v2.0 en PAWN berekende aan- en/of afvoeren op enkele punten vergeleken met de metingen.



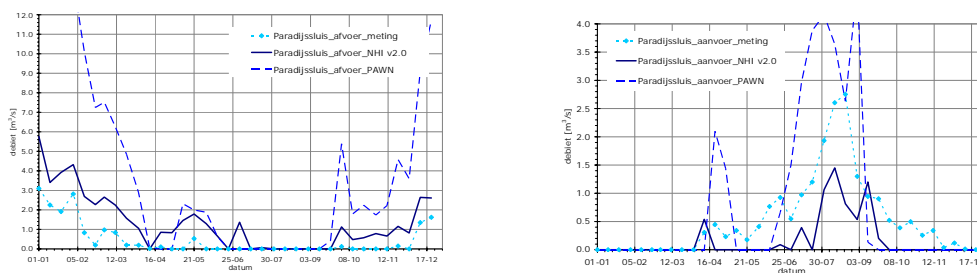
Figuur 3.2 Gemeten en gemodelleerde aanvoer (links) en afvoer (rechts) Friesland in 2003



De aanvoerbehoefte van Friesland is in NHI en in PAWN qua patroon goed vergelijkbaar met de metingen. NHI berekent in het algemeen een iets grotere watervraag dan PAWN (april, juli-september). In mei laat NHI de aanvoerbehoefte vrijwel tot nul reduceren, in overeenstemming met de metingen. PAWN berekent in die periode wel een aanvoerbehoefte. In de droge zomermaanden zijn zowel NHI als PAWN hoger dan de metingen, waarbij PAWN beter bij de metingen aansluit. Voor september geldt dat NHI en PAWN een grotere waterbehoefte berekenen dan in de praktijk waargenomen. Dit wordt vermoedelijk verklaard doordat in 2003 de boeren eerder oogsten dan normaliter gepland in verband met de droogte; dit gedrag is niet in de modelinvoer verwerkt.

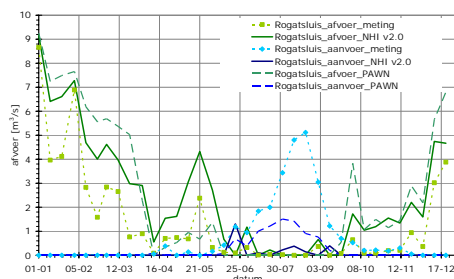
De afvoer van Friesland wordt in het NHI goed berekend. Het patroon in het afvoerproces komt goed overeen, de piekafvoeren in het begin en eind van het jaar worden goed gerepresenteerd, net als het basisverloop gedurende de zomer. Alleen de kortdurende pieken worden niet allemaal goed benaderd. In vergelijking met PAWN doet NHI het iets beter, met name voor de afvoeren in het najaar.

Voor de aan- en afvoer van Drenthe zijn er metingen beschikbaar bij de Paradijssluis op de Drentse Hoofdvaart en de Rogatsluis op de Hoogeveense vaart.



Figuur 3.3. Berekende aan- en afvoeren Paradijssluis in 2003

Bij de Paradijssluis is de met NHI berekende afvoer duidelijk beter dan PAWN. Dit komt deels doordat de verdeelsleutels in DM in NHI verbeterd zijn ten opzichte van PAWN, maar dat verklaart de grote afvoer van PAWN niet volledig.

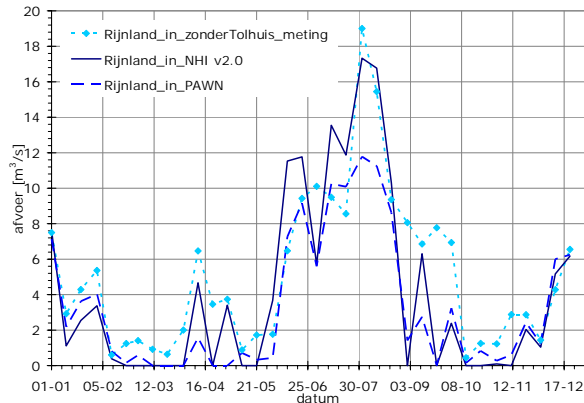


Figuur 3.4. Berekende aan- en afvoeren Rogatsluis in 2003

Ook voor de Rogatsluis is de berekende afvoer met NHI beter dan met PAWN.

Voor wat betreft de wateraanvoer zijn bij de Rogatsluis PAWN en NHI beide lager dan de metingen maar zit PAWN dicht bij de metingen. De berekende wateraanvoer bij de Paradijssluis is met NHI lager dan de metingen en PAWN juist hoger; NHI lijkt iets beter op de metingen dan PAWN. Er zijn

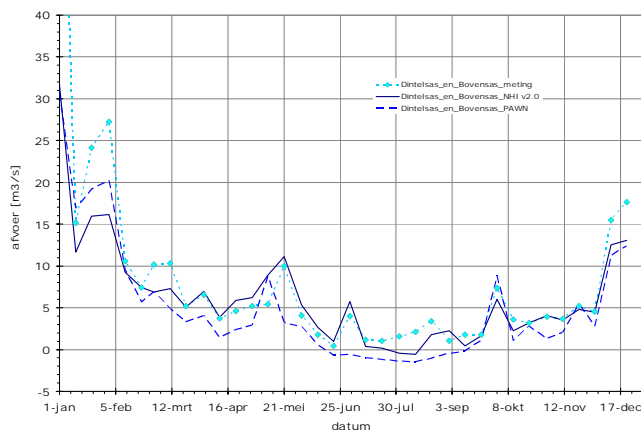
afspraken met regionale waterbeheerders gemaakt om de resultaten in dit gebied nader te analyseren.



Figuur 3.5. Gemeten en berekende aanvoer voor Rijnland in 2003

De aanvoerbehoefte van Rijnland wordt door NHI versie 2.0 redelijk goed berekend. Het patroon in de wateraanvoer wordt goed gepresenteerd, alleen in augustus blijft de watervraag achter bij de metingen. In deze periode is er in Rijnland speciaal beheer gevoerd, met uiteindelijk de inzet van de Tolhuissluisroute. Deze route wordt in het NHI niet gemodelleerd, omdat het hier geen standaard beheer betreft. De dynamiek van zowel NHI als PAWN is redelijk goed, waarbij NHI de gemeten inlaten in april-mei en augustus-september beter benadert dan PAWN.

Bij de interpretatie van de figuur moet worden opgemerkt dat de wateraanvoer van november-februari een lozing van overtollig water uit het beheersgebied van de Stichtse Rijnlanden betreft, dus niet een watervraag van Rijnland.



Figuur 3.6. Gemeten en berekende aan- en afvoer voor West Brabant in 2003

De totale afvoer van West-Brabant in 2003 wordt door NHI het hele jaar door goed berekend. Ook het verloop van PAWN is redelijk goed, maar iets te laag en kent te weinig dynamiek. PAWN berekent in de zomer een paar maanden een watervraag, NHI een paar decaden, terwijl de metingen alleen afvoer laten zien. NHI doet het hier dus beter dan PAWN.



### 3.1.2 De watervraag van het IJsselmeer gedurende droogte

Belangrijk is de vergelijking van de resultaten voor de decade met maximum vraag. Voor vrijwel alle waterschappen in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer is dit decade 19 van 1976. In de volgende tabel zijn de resultaten van de PAWN referentie (de Haas et al. 2007, geüpdatet in 2009) en NHI versie 2.0 (april 2010) weergegeven.

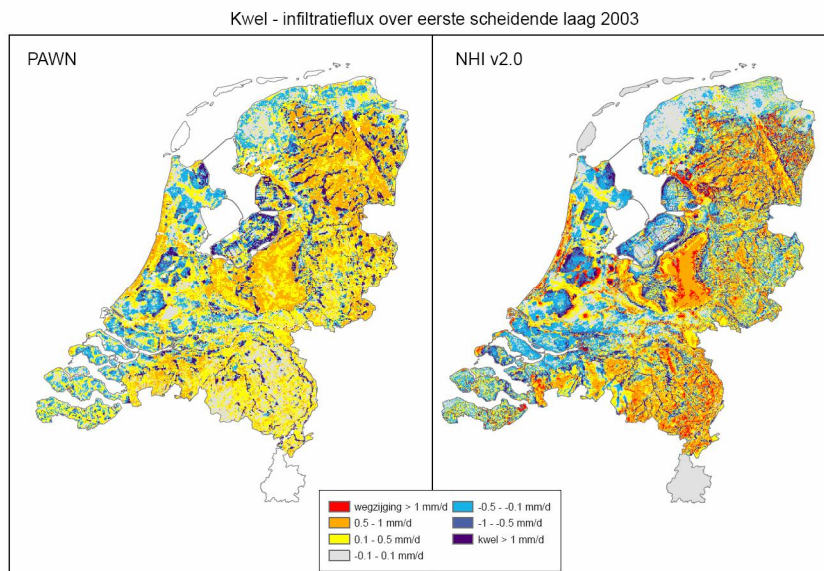
<b>Waterschap</b>	<b>REF 2009 totaal</b>	<b>NHI 2.0. totaal</b>
Friesland	52.1	45.8
Noorderzijvest	11.6	16.2
Hunze & Aa's	25.1	23.9
Reest & Wieden	7.1	7.6
Zuiderzeeland	24.0	28.9
Groot-Salland	6.1	11.3
Waternet	16.5	24.6
Hollands Noorderkwartier	47.4	39.8
Veluwe	2.2	1.0
Vallei & Eem	0.6	2.2
Velt & Vecht	5.0	1.1
<b>Totaal waterschappen</b>	<b>197.8</b>	<b>202.5</b>
IJsselmeer, Markermeer, randmeren	188.9	203.1
<b>Totaal</b>	<b>386.7</b>	<b>405.6</b>

Tabel 3.1 Vergelijking van totale maximum watervraag (PAWN vs. NHI; alle data in m<sup>3</sup>/s)

De conclusie voor de watervraag rond het IJsselmeer is dat NHI versie 2.0 en PAWN een vergelijkbare totale maximum watervraag berekenen. Kijkend naar individuele waterschappen zijn er wel significante verschillen.

### 3.2 De waterbalans: kwel en infiltratie vlak onder maaiveld

In onderstaande figuur is de berekende kwel in 2003 van de opgeleverde versie vergeleken met de berekende kwel in 2003 uit PAWN. Het PAWN-beeld wordt sterk bepaald door de elementen verdeling van het PAWN grondwater model (NAGROM), waarop een neerschalingsprocedure is toegepast. In deze neerschalingsprocedure worden – vanwege beperkingen in de koppeling tussen diep en ondiep grondwater in PAWN – tevens verschillende nabewerkingen toegepast op het kwelpatroon, zoals bijvoorbeeld de beperking van de hoeveelheid wegzijging tot de hoeveelheid grondwateraanvulling.



Figuur 3.7 Kwel (in mm/dag) uit PAWN (links) vergeleken met NHI 2.0 (rechts)

De vergelijking geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen:

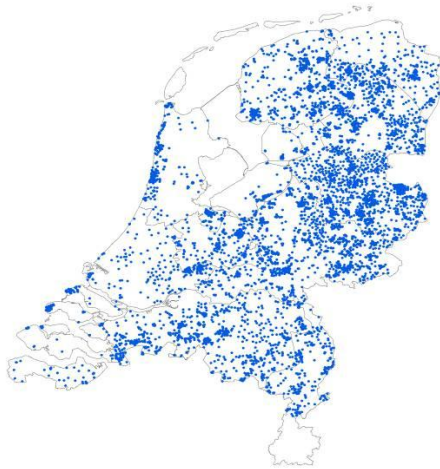
- De ruimtelijk meer verfijnde benadering in NHI leidt tot een gedetailleerder beeld van het kwelpatroon, waarin de verschillende hydrologische eenheden in Nederland duidelijker naar voren komen dan dit in PAWN het geval was;
- In Brabant en Drenthe komen de beken duidelijk naar voren, ook de kwelzone langs de Hondsrug, in de Achterhoek (Berkel/Twenthekanaal) is dit minder zichtbaar;
- Waterlopen steken in Oostelijk Flevoland duidelijk door de deklaag. Dit is een duidelijke verbetering ten opzichte van PAWN;
- Op de Veluwe is de wegzijging (meer dan 1 mm/d) hoger dan in PAWN en berekend met een betere bosverdamping
- Krimpenerwaard: kwel aan de zuidkant en wegzijging aan de noordkant en ook qua grootte van de kwel/wegzijging plausibel;
- In de Biesbosch vallen enkele sterke wegzijgingsgebieden op: de drinkwaterreservoirs van Rotterdam zijn in werkelijkheid geasfalteerd;
- De Alblasserwaard heeft in vergelijking met de bekende Zuid-Holland studie ((Werkgroep Zuid-Holland, 1987) te veel wegzijging.
- De zones van inzijging en kwel in poldergebieden zijn aanzienlijk scherper en beter dan in PAWN

Concluderend: de kwelverdeling van NHI2.0 zijn over het algemeen plausibel en een duidelijke verbetering ten opzichte van PAWN.



### 3.3 Grondwaterstanden

In totaal zijn c.a. 6400 meetpunten geselecteerd. Hierbij valt op dat de dichtheid van meetpunten in de kustgebieden en de Flevopolders lager is dan die elders in het land. Onderstaande kaart geeft de ligging van de gebruikte waarnemingspunten.

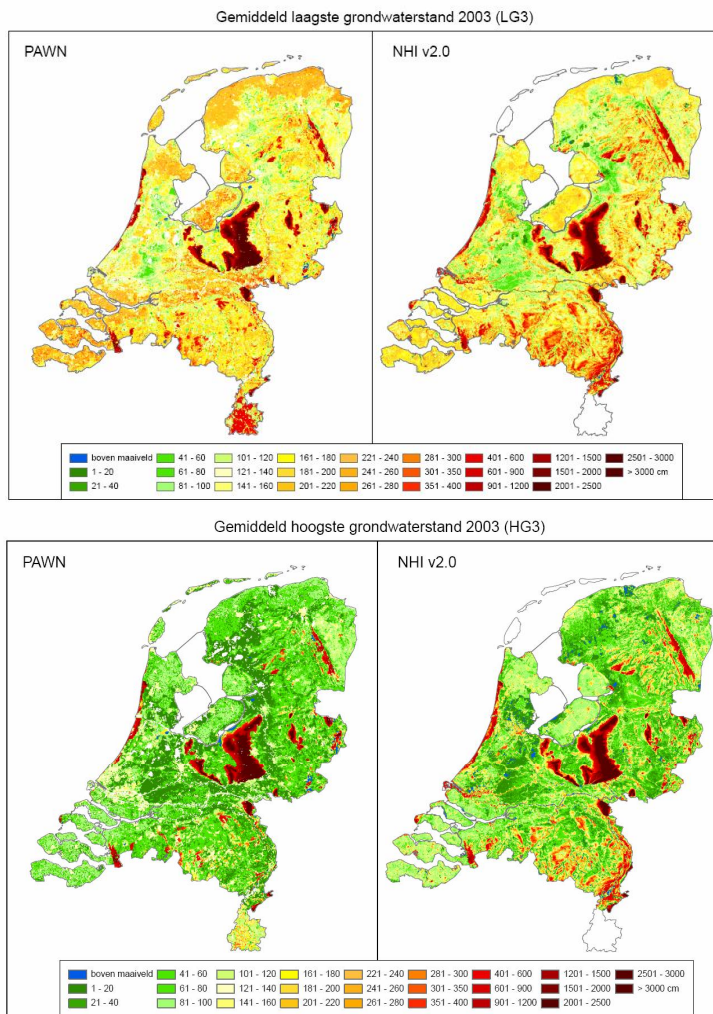


*Figuur 3.8. Ligging gebruikte grondwaterstandsmeetpunten*

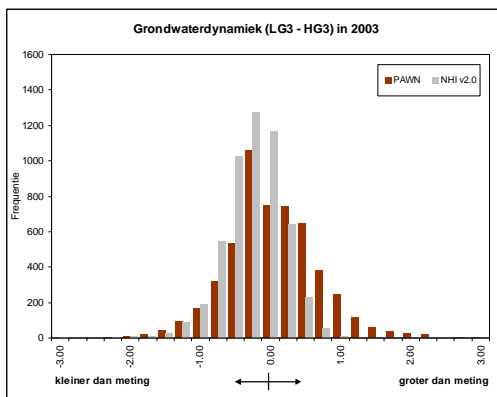
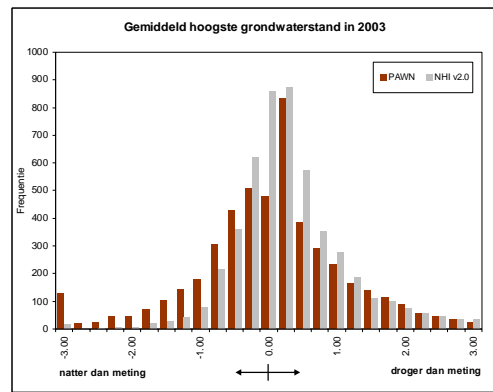
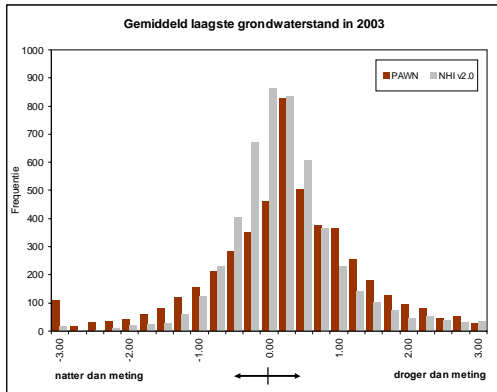
Vergelijking van gridgemiddelde grondwaterstanden met puntwaarnemingen geeft 'van nature' veel spreiding die voor een deel kan worden terug gebracht door te corrigeren van maaiveldshoogteverschillen. Ook de fysieke locatie van een peilbuis binnen een rekencel kan ruis veroorzaken. Ligt het meetpunt vlak lang een sloot of juist midden in een perceel. In het model (NHI) wordt slechts een gemiddelde dynamiek en grondwaterstand bepaald. Ook hoeft een locatie niet per definitie representatief te zijn voor het bemeten perceel. Aan de modelcel is bijvoorbeeld één type landgebruik toegekend, dat niet hetzelfde hoeft te zijn als het bemeten perceel.

Ook het gebruik van  $HG_3$  en  $LG_3$  ipv.  $GHG$  en  $GLG$  leidt tot spreiding omdat de gemeten  $HG_3$  en  $LG_3$  last kan hebben van meetfouten en de 'waan van de dag'. Het laatste geldt ook voor de gesimuleerde  $HG_3$  en  $LG_3$ .

Onderstaande figuur toont  $LG_3$  (boven) en  $HG_3$  (onder) als berekend met PAWN (links) en NHI 2.0 (rechts).



Figuur 3.10  $LG_3$  (boven) en  $HG_3$  (onder) als berekend met PAWN(links) en NHI2.0(rechts).



Figuur 3.10. Vergelijking LG3, HG3 en dynamiek tussen PAWN (rood) en NHI 2.0 (grijs)

In de bovenstaande verdelingen is het volgende te zien.

- De klokvorm is in het algemeen voor NHI wel beter dan voor PAWN, bij de laatste is de spreiding rond het gemiddelde groter.
- De LG3 berekend door het NHI past beter bij de metingen dan de LG3 die door PAWN wordt berekend. De spreiding is minder en de hoogste piek ligt in het NHI bij 0. De hoogste piek van PAWN ligt net wat droger dan 0.
- De HG3 van NHI wordt te droog berekend in vergelijking met de metingen, de mediaan van de afwijking ligt niet op de 0. De HG3 wordt door NHI wel beter berekend dan door PAWN, de spreiding is kleiner, meer waarden liggen rond 0 dan in PAWN. De piek van PAWN ligt te droog ten opzichte van de metingen.
- De dynamiek wordt door NHI beter berekend dan door PAWN, er is minder spreiding en de mediaan ligt dichterbij 0. Gemiddeld berekent NHI wel te weinig dynamiek ten opzichte van de metingen.

Concluderend: de grondwaterstanden van NHI2.0 zijn een duidelijke verbetering ten opzichte van PAWN. Dit geldt het sterkst voor de LG3, die in wateraanvoerstudies van groot belang is.



## 4 Vergelijking resultaten STONE 2.3 en NHI 2.0

De freatische grondwaterstanden berekend met PAWN (MOZART) wijken af van die met STONE2.3. STONE 2.3 rekent met "koppeling op afstand" op basis van een onderrand waar de kwel varieert afhankelijk van de "kwel elasticiteit" die is afgeleid uit het grondwatermodel in PAWN (NAGROM).

Voor de vergelijking tussen NHI 2.0 en STONE2.3 zijn diverse analyses uitgevoerd, waaronder een met klimaatrepresentatieve meetwaarden. Deze laatste vergelijking van STONE2.3 en NHI 2.0 is een toetsing uitgevoerd identiek aan de toetsing zoals beschreven in paragraaf 5.3.1 t/m 5.3.3 in WOT-rapport 57 (Van Bakel et al., 2008). Voor de toetsing is gebruik gemaakt van drie sets van grondwatermeetpunten met klimaatrepresentatieve Gt's (Van der Gaast et al, 2003), waarvan hier een (gerichte opnamen) wordt gepresenteerd, omdat de conclusies uit de uitkomsten voor deze vergelijking niet significant verschillen. Voor de sets met klimaatrepresentatieve Gt's (Van der Gaast et al 2003) is mbv. NHI-GHG- en NHI-GLG-kaart de bijbehorende GHG en GLG bepaald. Hierbij wordt de vlakgemiddelde GxG vergeleken met een puntlocatie (zie in hoofdstuk 3).

De waarden voor GHG, GLG en fluctuatie per GT zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.1 Gemiddelde GxG en fluctuatie grondwaterstand per GT gerichte opnamen.

GT	Counts	GHG_tijdreeks	GLG_tijdreeks	Fluctuatie
I	49	36.0	133.6	97.6
II	663	36.3	134.1	97.8
III	2183	49.7	145.8	96.0
IV	455	61.0	151.3	90.3
V	1948	59.0	156.7	97.7
VI	1785	67.8	159.8	92.0
VII	703	85.6	176.2	90.6

Uit de vergelijking met de "definitie" waarden van de verschillende Gt's gepresenteerd in de tabel hieronder wordt geconcludeerd dat de klimaatrepresentatieve meetwaarden sterk afwijken van wat wordt verwacht. Daarom wordt de vergelijking NHI 2.0 met STONE2.3 voortgezet op de berekende waarden zelf.

Tabel 4.2 GT en daaruit afgeleide minimale fluctuaties

GT	GHG	GLG	Fluctuatie
I	<20	<50	<50
II	<40	50-80	<80
III	<40	80-120	<120
IV	>40	80-120	<80
V	<40	>120	>80
VI	40-80	>120	>40
VII	>80	>160	>80

In onderstaande twee tabellen worden de gemiddelde GLG, GHG en fluctuatie per GT weergegeven zoals berekend met STONE2.3 en NHI 2.0. Daaruit blijkt dat de dynamiek van NHI2.0 voor ondiepe Gt's dichter bij de "definitie" waarden uit de bovenstaande tabel komt dan die uit STO-



NE2.3, maar dat GLG en GHG wel te diep liggen. Voor de diepe Gt's zijn de GLG's vergelijkbaar maar lijken de GHG's van NHI 2.0 te diep te liggen.

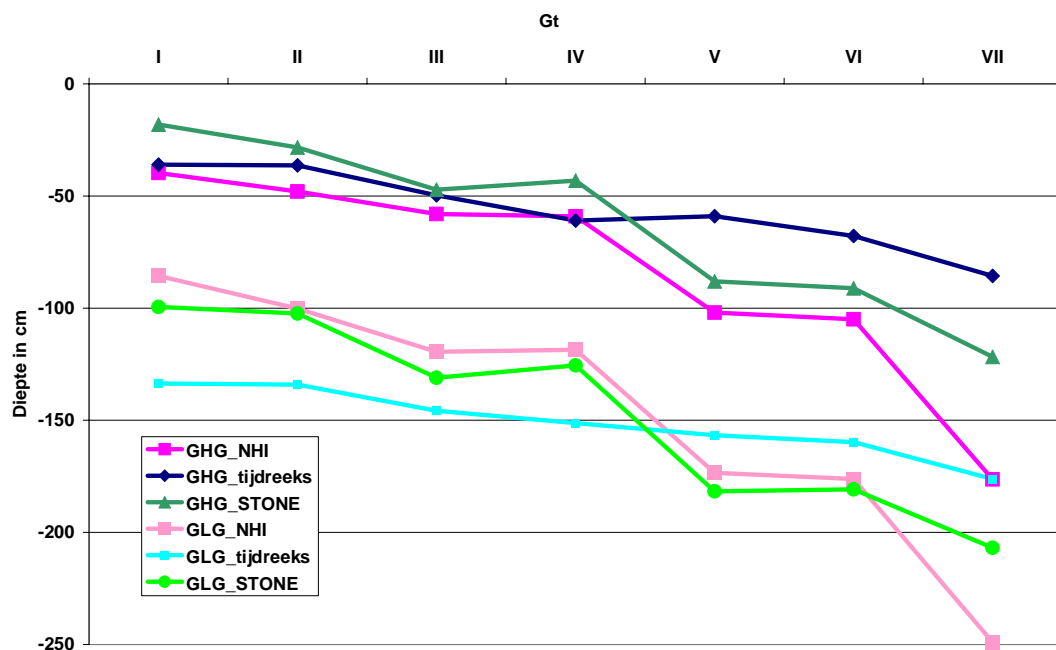
Tabel 4.3 Gemiddelde GxG en fluctuatie grondwaterstand per GT voor STONE 2.3.

GT	Counts	GHG_STONE	GLG_STONE	Fluctuatie
I	49	18.1	99.5	81.4
II	663	28.3	102.4	74.1
III	2183	47.1	131.0	83.9
IV	455	43.1	125.5	82.4
V	1948	88.1	181.7	93.6
VI	1785	91.1	180.8	89.7
VII	703	121.7	206.9	85.2

Tabel 4.4 Gemiddelde GxG en fluctuatie grondwaterstand per GT voor NHI

GT	Counts	GHG_NHI	GLG_NHI	Fluctuatie
I	49	39.8	85.7	45.9
II	663	48.0	100.2	52.1
III	2183	58.1	119.5	61.4
IV	455	59.1	118.5	59.4
V	1948	102.0	173.5	71.5
VI	1785	105.0	176.2	71.2
VII	703	176.4	249.0	72.6

In onderstaande figuur zijn de resultaten grafisch weergegeven (tijdreeks = gerichte opname, tabel 4.1).



Figuur 4.3 Vergelijking per GT van gemiddelde GLG GHG en de gerichte opname.

Datum  
2-7-2010

Pagina  
18/21



Uit deze figuur zijn de volgende conclusies te trekken:

- In globale zin vertonen de verschillen voor de GxG voor zowel de vergelijking met STONE als met NHI hetzelfde beeld.
- NHI doet het voor de natte Gt's ( I t/m IV) goed, voor de droge Gt's (V t/m VII) wordt de GHG veel te droog berekend, zodat het gemiddelde 30,7 cm te droog uitvalt, laten we punten in GT VII weg dan is de GHG gemiddeld 24,8 cm te droog.
- De GLG bij NHI is voor de natte Gt's (I t/m IV) te nat in vergelijking met de tijdreeks en voor de droge Gt's (V t/m VII) te droog. Gemiddeld heffen de effecten elkaar op zodat het gemiddelde 2 cm te droog is en zonder de punten in GT VII 5 cm te nat.
- Bij de vergelijking met STONE zijn voor de GHG de natte Gt's (GT I t/m IV) te nat en de droge Gt (V t/m VII) te droog, het verloop van de verschillen volgt de verschillen voor het NHI, echter op een hoger niveau, verschil is ca 20 cm, alleen voor GT VII zijn de verschillen groter.
- Bij de vergelijking met STONE is voor de GLG het verloop van de verschillen bijna identiek aan het NHI, het verschil is ca 10 cm, alleen voor GT VII zijn de verschillen groter.



## 5 Algemene conclusies

### 5.1 NHI 2.0 vs. PAWN: droogteberekeningen, operationeel en lange termijn

De af- en aanvoeren tussen NHI en PAWN laten af en toe flinke verschillen zien ten opzichte van elkaar. Eén van de redenen hiervoor is het pakket aan grote en kleine wijzigingen in de oppervlaktewaterverdeling en -schematisatie. Voorbeelden zijn de vernieuwde schematisatie van het regionale oppervlaktewater, aanpassingen in Noord-Nederland aan het Distributiemodel, en de lange lijst kleine aanpassingen. Verschillende regionale partijen hebben aan deze verbeteringen bijgedragen. Daardoor sluit DM binnen NHI2.0 beter aan bij de huidige werkelijkheid van het waterbeheer dan het oude DM binnen PAWN.

De berekende af- en aanvoeren in het oppervlaktewater zijn binnen NHI2.0 voor een belangrijk deel de resultante van wat er in het gekoppelde grond- oppervlaktewatersysteem gebeurt. Dit is een tweede reden voor de getoonde afwijkingen tussen NHI en PAWN. Het zijn dan ook systemen die niet los van elkaar mogen worden beschouwd. In het diepe en ondiepe grondwatersysteem zijn ten opzichte van PAWN zowel conceptueel als voor wat betreft data belangrijke verbeteringen doorgevoerd in het NHI. Dit is terug te zien in de betere beschrijving van de grondwaterstanden. De verbeteringen vertalen zich in een af- en aanvoerverloop dat afwijkt van PAWN. Daarbij laat NHI vaak een beter patroon zien, ook al sluit PAWN af en toe in absolute zin beter aan op de metingen.

Grondwaterstanden worden in het NHI beter berekend dan in PAWN. Dit geldt zeker voor de bepaling van de grondwaterstanden tijdens droge perioden: de LG3 van NHI laat zich beter met metingen vergelijken dan de LG3 van PAWN. Dit heeft voor voorspellingen van de droogteproblematiek consequenties naast de berekening van de watervraag. De grondwatersituatie is ook belangrijk voor de bepaling van de beregeningsbehoefte en voor de bepaling van landbouwschade.

Voor toekomstverkenningen en verkenningen van de effectiviteit van maatregelen is NHI beter dan PAWN. Door de conceptuele verbeteringen en verbeteringen in parameters die zijn aangebracht in het NHI wordt de fysica in het NHI beter beschreven dan in PAWN. Het NHI is daarmee beter in staat veranderingen in randvoorwaarden te vertalen in hydrologische effecten.

### 5.2 NHI 2.0 vs. PAWN: overige beleidsvragen V&W en andere organisaties

Binnen V&W is PAWN niet uitsluitend ingezet voor droogteanalyses. Het model werd ook ingezet voor beleidsvragen op het gebied van de KRW, grondwatereffecten van peilstijging op het IJsselmeer en maatregelen en oorzaken van verdroging. Bij dat laatste werden bijvoorbeeld de effecten van peilbeheer afgewogen tegen die van grondwateronttrekkingen.

Het NHI is ook breder inzetbaar dan alleen de droogteproblematiek. Bij de ontwikkeling van het NHI is het kunnen beantwoorden van een breed scala aan hydrologische vragen als uitgangspunt genomen. Daaronder vallen ook de landelijke beleidsvragen van andere ministeries (VROM, PBL RIVM en LenV, Alterra). Ook wordt NHI in de regio als aantrekkelijk instrument voor lange termijn vragen op het gebied van waterbeheer gezien. In dat kader is vergelijking met regionale modellen een waardevolle ondersteuning voor het verbeteren van het instrument. Uit de nu lopende activitei-



ten blijkt dat NHI veelal regionaal nog niet goed genoeg is, maar dat vaak met relatief weinig inspanning het regionale beeld goed kan worden gerepresenteerd.

Vanwege de betere parameterisering van de ondergrond worden de gevolgen van peilveranderingen in lage gebieden (GTI tot III) voor eerste inschattingen van gebieden met of zonder significante veranderingen met het grondwatermodel van NHI2.0 minstens zo goed (stationair) berekend als met PAWN. De ondergrond in NHI2.0 is zodanig verbeterd dat voor PAWN gesproken kan worden van verouderde modelgegevens.

Uit de huidige analyse en de vergelijkingen in de regio wordt geconcludeerd dat NHI 2.0 voor regionale uitspraken alleen kan worden ingezet na een voorafgaande verbeteringsslag, die meestal van beperkte omvang is. Dit is bijvoorbeeld gebleken bij de eerste inschatting van peilveranderingen in het IJsselmeergebied.

### 5.3 NHI 2.0 vs. STONE 2.3

Uit de vergelijkingen van de resultaten van NHI 2.0 en STONE2.3 in termen van GLG, GHG en dynamiek blijkt de karakteristiek van de gemiddelde waarden voor Gt's behoorlijk vergelijkbaar. Bij het nader analyseren in detail blijken verschillen soms significant. Ook is de spreiding binnen NHI groter dan binnen STONE2.3 (analyse Alterra). In sommige gebiedstypen dient nog een duidelijke verbeteringsslag te worden uitgevoerd. De berekening van – met name de hoge – grondwaterstanden blijft nog achter bij STONE2.3 (nb. de patronen van af- en aanvoeren en grondwaterstanden ten opzichte van PAWN zijn verbeterd). Daarom is de toepasbaarheid van NHI2.0 voor uitspraken op het gebied van grondwater beperkt.

### 5.4 NHI: de weg naar de toekomst

De gepresenteerde vergelijking tussen het NHI en de modellen PAWN en STONE geeft aan dat het NHI op veel fronten een inhoudelijke verbetering betekent. Door de verschillende conceptuele verbeteringen de werking van het hydrologische systeem als geheel beter dan in ieder geval PAWN. De berekening van – met name de hoge – grondwaterstanden blijft nog achter bij STONE2.3, patronen van af- en aanvoeren en grondwaterstanden ten opzichte van PAWN zijn verbeterd. Voor verkenningen waarin wordt gekeken naar veranderingen in dit hydrologische systeem is NHI daarom duidelijk te verkiezen.

Los van de conceptuele verbeteringen, en de toevoeging van de laatste kennis over parameters, is er met de komst van het NHI een proces ingezet om gezamenlijk te werken aan een zo goed mogelijk hydrologisch model van Nederland. Dit is een open proces, met inbreng door allerlei partijen, waaronder verschillende diensten van RWS, PBL, de waterschappen en provincies. Het NHI wordt daardoor door allerlei partijen gewogen en deels te licht bevonden. Dat is goed, want vervolgens maken de aangedragen verbeteringen het NHI weer een stap beter. Het NHI blijft zo in ontwikkeling. Het geeft steeds betere antwoorden, die steeds breder gedragen worden. Daarin zit voor bijvoorbeeld de activiteiten in het kader van de Deltacommissie een belangrijk stuk voorwerk voor de onderhandelingen over beleidsbeslissingen in het lange termijnwaterbeheer.

Datum  
2-7-2010

Pagina  
21/21



## Literatuur

Bakel, P.J.T. van, H.Th.L. Massop, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors en T. Kroon, 2008. *Actualisatie Hydrologie voor STONE 2.3; Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets*. WOt-rapport 57, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (MNP), Wageningen, Alterra

Gaast J.W.J en H.Th.L. Massop, 2003. *Karakterisering van de freatische grondwaterstand in Nederland. Bepaling van de GxG en de xG3 voor 1995 op puntlocaties*. Wageningen, Alterra-rapport 819.

Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop, H..R.J. Vroon en I.G. Staritsky., 2006. *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*. Wageningen, Alterra-rapport 1339.

HKV Lijn in Water, 2010, Rapportage NHI beoordeling voor Noord-Nederland

Massop H.Th.L. en J.W.J. van der Gaast, 2006. *Intreeweerstand, nader beschouwd. Procesmatig onderzoek naar de relatie tussen de drainageweerstand en de intreeweerstand*. Wageningen, Alterra-rapport 1350.

Massop H.Th.L., J.W.J. van der Gaast en E. Hermans, 2006. *Kenmerken van het ontwateringstelsel in Nederland*. Wageningen, Alterra-rapport 1397.  
NHI, Deelrapport1, Ondergrond fase 2, 2010, Modelrapportave fase 2.2,

Werkgroep Zuid-Holland, 1987. *Wateraanvoerbehoefte Zuidhollandse Eilanden en Waarden. Peilbeheersing en bestrijding van de verzilting*. ICW-nota 1801.