



Deltares

NHI 2.2

Beschrijving van de veranderingen en toetsing in NHI 2.2

Jacco Hoogewoud
Ab Veldhuizen
Geert Prinsen
Joachim Hunink

1204179-000



Titel
NHI 2.2

Opdrachtgever
NHI stuurgroep

Project
1204179-000

Kenmerk
1204179-000-BGS-0003

Trefwoorden

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

Samenvatting

Binnen het project NHI2.2 is een impuls gegeven aan het verbeteren van het nationaal hydrologisch instrumentarium. NHI 2.1 voldeed weliswaar bijna volledig aan de criteria van de RWS-waterdienst in 2010, maar in 2012 zullen deze criteria (geformuleerd binnen het deltamodel) scherper zijn. NHI 2.2 is een eerste stap om ook te kunnen gaan voldoen aan deze verscherpte criteria. In 2011 hebben twee grote activiteiten plaatsgevonden die tot meer inzicht hebben geleid in de prestaties van het NHI. De zoetwaterverkenning is uitgevoerd met het NHI en heeft ertoe geleid dat veel regionale kennis en data beschikbaar is gekomen. De hydrologische analyses van binnen en buiten het NHI team hebben geleid tot conceptuele aanpassingen, verbeteringen in de schematisatie en wijzigingen in de software. 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.
- Een nieuw concept voor het modelleren van chloride en de interactie met het oppervlaktewater zorgt voor een meer realistische dynamiek van de berekende chloride concentraties.
- Gebruik van een hydrologisch meer representatieve bodemopbouw voor klei en zand gronden zorgt voor een betere inschatting van vochttekorten in deze bodemtypes.

De veranderingen hebben over het algemeen betrekkelijk weinig effect gehad op de gemiddelde hoogste en laagste berekende grondwaterstanden en de verdamping, wel is de dynamiek in pleistoceen Nederland ca. 5-10 cm vergroot.

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 2.2. Het belangrijkste verschil met NHI 2.1 is de verbeterde zoutmodellering en de kwaliteit van de berekening van de oppervlaktewater verdeling tijdens watertekort.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	sep. 2011	Jacco Hoogewoud		Wim de Lange		Bennie Minnema	
		Ab Veldhuizen					
		Geert Prinsen					
		Joachim Hunink					

Status
definitief



Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Leeswijzer	1
2 Verbeteringen in NHI	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Grondwater	3
2.2.1 Inleiding	3
2.2.2 Verbeteringen en effecten	3
2.2.3 Conclusie	5
2.3 Grondwater (zout)	5
2.3.1 Inleiding	5
2.3.2 Verbeteringen en effecten	5
2.3.3 Conclusie	11
2.4 Onverzadigde zone	12
2.4.1 Inleiding	12
2.4.2 Verbeteringen en effecten	12
2.4.3 Neerslag	24
2.4.4 Conclusie	24
2.5 Regionaal oppervlaktewater	25
2.5.1 Inleiding	25
2.5.2 Verbeteringen en effecten	25
2.5.3 Conclusie	30
2.6 Oppervlaktewater hoofdsysteem	31
2.6.1 Inleiding	31
2.6.2 Verbeteringen waterverdeling en effecten	31
2.6.3 Verbetering zoutindringing en effecten	37
2.6.4 Conclusie	39
2.7 Software	40
2.7.1 Inleiding	40
2.7.2 Verbeteringen en effecten	40
2.7.3 Conclusie	42
3 Resultaten en Analyse	45
3.1 Inleiding	45
3.2 Grondwater	45
3.2.1 GHG en GLG	45
3.2.2 Fluxen	47
3.3 Zout	48
3.3.1 Inleiding	48
3.3.2 Chlorideconcentraties in het regionale water	48
3.3.3 Chlorideconcentraties in het hoofdsysteem	50
3.3.4 Conclusie	51
3.4 Onverzadigde zone	51
3.4.1 Inleiding	51
3.4.2 Neerslag	51
3.4.3 Verdamping	52



3.4.4	Berekening	54
3.4.5	Grondwateraanvulling	56
3.4.6	Conclusie	58
3.5	Oppervlaktewater	58
3.5.1	Inleiding	58
3.5.2	Landelijke watervraag en tekorten	58
3.5.3	Water aan- en afvoeren.	60
3.5.4	Conclusie	62
4	Conclusies	63
5	Aanbevelingen	65
6	Literatuur	67

Bijlagen:

Bijlage A: Grondwaterdynamiek

Bijlage B: Bodemprofielgegevens

Bijlage C: Beschrijving van resultaten NHI 2.2 voor een aantal (DM) knooppunten



1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Jaarlijks vindt een release plaats van een nieuwe NHI versie. In deze versie zijn de laatste inzichten verwerkt die beschikbaar en toepasbaar zijn. De aanpassingen zijn vooral gevoed door de laatste aanbevelingen van de STOWA toetsing (voor zover nog niet in NHI 2.1. meegenomen), door een in ander kader gemaakt rondje regionale diensten RWS en door de ervaringen uit de toepassing en gebruik van NHI 2.1 in het Deltaprogramma-Zoetwater. De belangrijkste analyses naar de oorzaken van niet goed functioneren van NHI zijn uitgevoerd binnen de taskforce dynamiek, waarin externe hydrologen hebben deelgenomen. Een deel van de aanbevelingen van deze taskforce zijn opgenomen in NHI2.2, de volledige lijst wordt opgenomen in NHI3.0. Sinds medio 2010 is afgesproken nieuwe NHI versies telkens te vergelijken met de vorige versie, en te toetsen aan de hand van vooraf afgesproken kwaliteitscriteria. Dit is voor het eerst gebeurd met de release van NHI 2.1, in december 2010. Per 1 oktober 2011 is NHI 2.2. opgeleverd. Het nu voorliggende rapport beschrijft de wijzigingen van NHI 2.2. ten opzichte van NHI 2.1. De toetsing wordt in een apart rapport toegelicht (Hoogewoud et al. 2011).

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de verschillende aanpassingen in NHI 2.2 beschreven. De aanpassingen zijn thematisch per deelsysteem gerangschikt. Tevens wordt inzichtelijk gemaakt welk effect deze verandering heeft. In hoofdstuk 3 zijn alle veranderingen samengevoegd tot NHI 2.2 en worden effecten van de aanpassingen besproken en vergeleken met NHI 2.1. Hoofdstuk 4 en 5 bevatten de conclusies en aanbevelingen.



2 Verbeteringen in NHI

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de aanpassingen van NHI 2.2 beschreven. De voornaamste veranderingen hebben betrekking op de zoutmodellering en het verder regionaliseren van het oppervlaktewater. Voor de 4 deelsystemen van het NHI (en soms per ingreep in een deelsysteem) zijn de veranderingen geëvalueerd. Een aantal veranderingen hebben niet het gewenste resultaat opgeleverd. Deze ervaringen worden mee genomen bij het opstellen van NHI 3.0. In de volgende paragrafen worden de veranderingen beschreven die wel in NHI 2.2 zijn opgenomen.

2.2 Grondwater

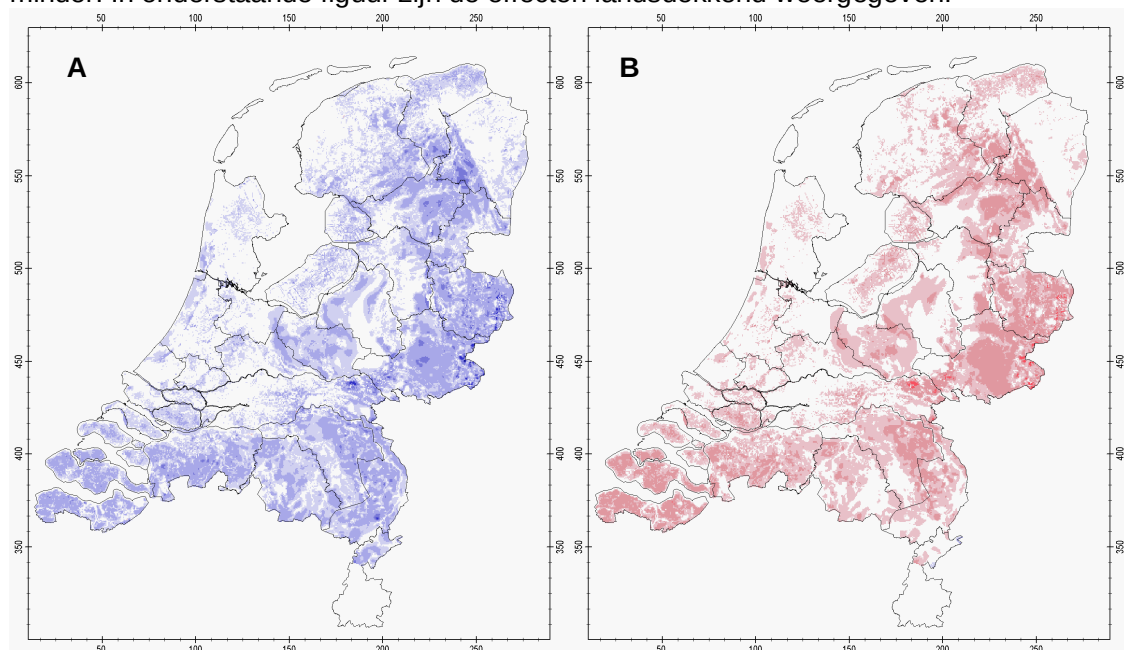
2.2.1 Inleiding

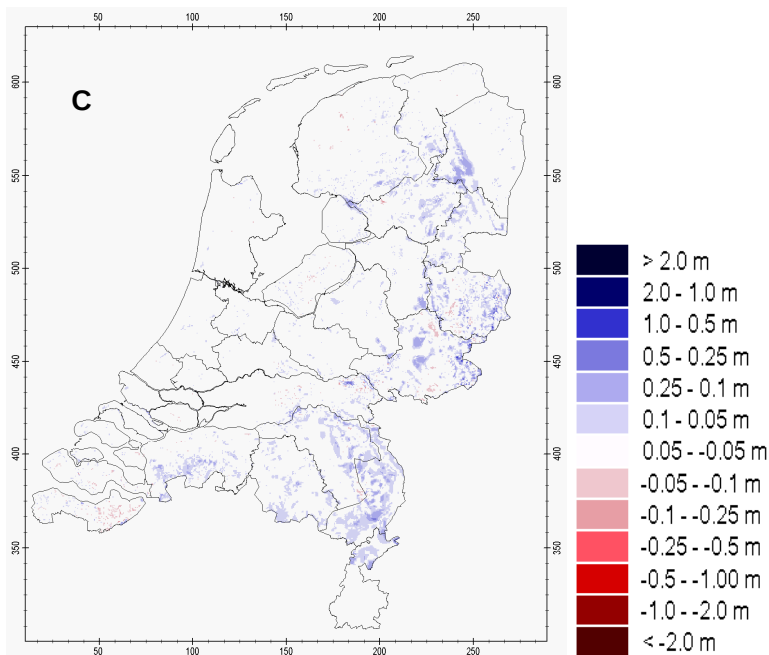
Het verzadigde grondwater wordt gemodelleerd met MODFLOW. Er zijn een beperkt aantal aanpassingen gedaan aan de schematisatie. In deze paragraaf worden de verbeteringen beschreven evenals het effect van de verbeteringen op de resultaten. In de bijlage A worden nog een aantal veranderingen beschreven die wel getoetst zijn, maar niet doorgevoerd omdat ze niet tot gewenste modelresultaten hebben geleid.

2.2.2 Verbeteringen en effecten

Elastische berging

In NHI 2.2 is de elastische bergingscoëfficiënt gecorrigeerd naar 0.001 voor de pakketten 2-7. In NHI 2.1 was deze 0.01. Deze verbetering heeft bijna landelijk effect op de grondwaterstanden. De dynamiek is op landelijke schaal toegenomen met gemiddeld 5 – 10 cm. Deze toename in de dynamiek uit zich voornamelijk in de gemiddeld laagste grondwaterstanden. De gemiddeld hoogste grondwaterstanden veranderen relatief veel minder. In onderstaande figuur zijn de effecten landsdekkend weergegeven.

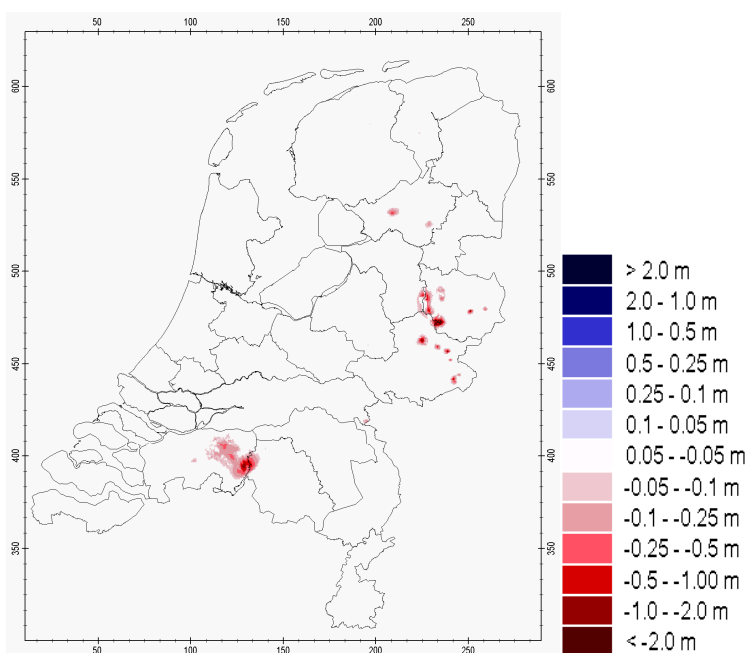




Figuur 2.1 Toename dynamiek freatisch grondwater (A) , verandering in GLG (B) en verandering in GHG (C) als gevolg van aanpassing elastische bergingscoëfficiënt

Onttrekkingen

Een aantal onttrekkingen in NHI zijn toegedeeld aan een ander watervoerend pakket, daarnaast is een beperkt aantal onttrekkingen toegevoegd aan NHI. Deze onttrekkingen werden door een fout in de toekenning niet aan een modellaag gekoppeld. De totale grondwateronttrekkingen in het NHI 2.1 zijn 862 miljoen m³/jaar. In het NHI 2.2 is dit gewijzigd in 916 miljoen m³/jaar. De effecten op de grondwaterstand zijn weergegeven in Figuur 2.2.

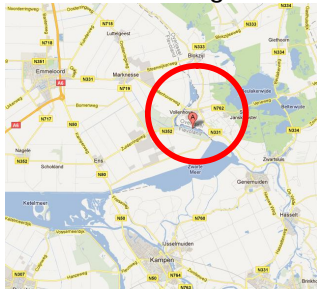


Figuur 2.2 Effect van nieuwe (indeling) winningen op de (gemiddelde) freatische grondwaterstand



Diverse schematisatie verbeteringen

- Het peil van de haven van Naarden is gelijk getrokken met dat van het Gooimeer, waarmee een open verbinding aanwezig is. In MODFLOW is de riverpackage aangepast.
- Het Vollenhoven en Kadoelermeer (rand Noord-Oost Polder) is nu ook als oppervlaktewater (hoofdsysteem) geschematiseerd in het grondwatermodel. Dit betekent dat in het model de riverpackage is aangepast. In eerdere versies van NHI was dat niet het geval.



Figuur 2.3 Ligging Vollenhoven en Kadoelermeer.

2.2.3 Conclusie

In de schematisatie van het grondwatermodel is een beperkt aantal verbeteringen doorgevoerd. De grondwaterdynamiek is hier op landelijke schaal 5- 15 cm toegenomen. En vooral de GLG is ook 5-15 cm dieper komen te liggen. De verandering in de GHG is relatief beperkt. Op regionale schaal kan de grondwaterstand nog grotere veranderingen vertonen.

2.3 Grondwater (zout)

2.3.1 Inleiding

In het NHI worden chlorideconcentraties berekend in het regionaal oppervlaktewater en in het grondwater. In de toetsing van NHI 2.1 is geconcludeerd dat de berekende chlorideconcentraties in het regionale oppervlaktewater niet aan de gestelde criteria voldeden (Hoogewoud, et al. 2011). De concentraties waren vaak te laag en vertonen bovendien dikwijls onvoldoende dynamiek. In NHI 2.2 is een start gemaakt met het verbeteren van de berekende chlorideconcentraties. Hiervoor is het modelconcept in NHI aangepast en tevens zijn betere invoerdata gebruikt. In de volgende paragrafen wordt het aangepaste modelconcept uitgelegd en worden de resultaten hiervan op de berekende chlorideconcentraties in het oppervlaktewater beschouwd. In NHI 3.0 zullen verdere aanpassingen worden gedaan om de modellering van de chlorideconcentratie te verbeteren.

2.3.2 Verbeteringen en effecten

2.3.2.1 Zoutconcept in NHI 2.1

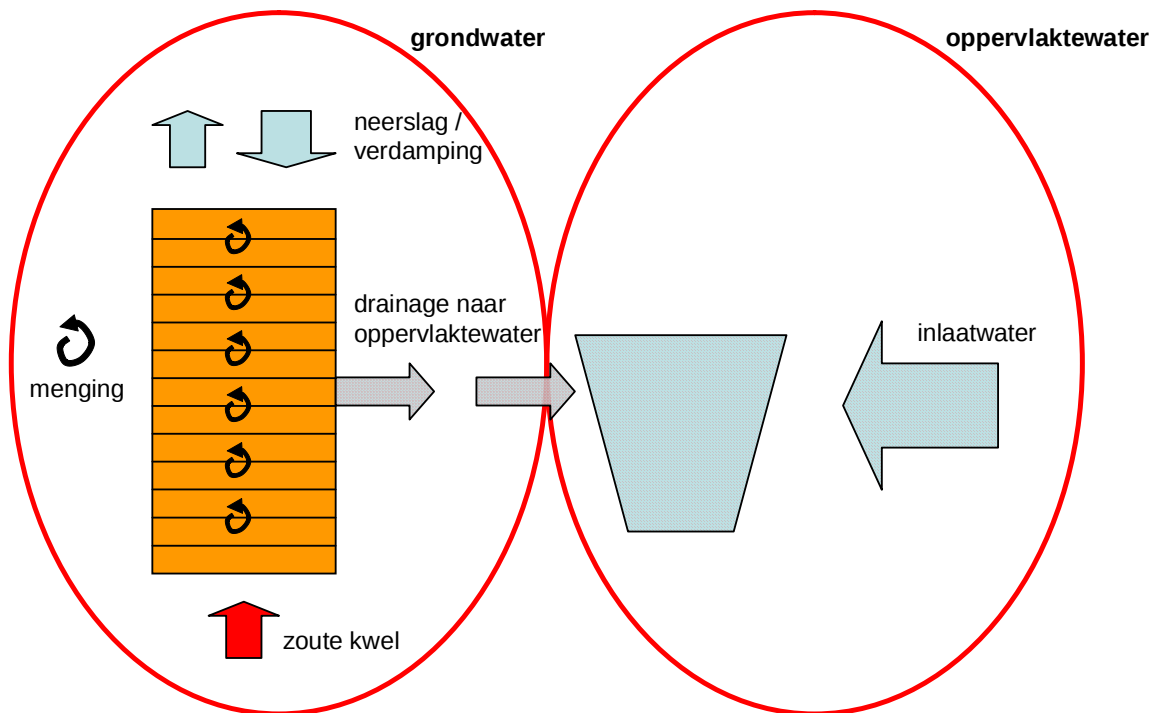
In NHI 2.1 is zout grondwater als volgt geschematiseerd. Aan water in West Nederland dat van modellaag 2 naar modellaag 1 stroomt (dus bijvoorbeeld in een polder opkwelt) wordt een chlorideconcentratie mee gegeven. Voor regenwater geldt hetzelfde, maar hiervoor is de concentratie chloride zeer laag.

In het grondwater houdt het pakket transol de chloridebelasting bij in het freatisch pakket, door de inkomende en uitgaande waterfluxen te vermenigvuldigen met de chlorideconcentratie. Binnen de modelcel (dus horizontaal 250x250m) wordt volledige menging verondersteld. In de verticaal worden tussen modelcellen concentratieverschillen



berekend aan de hand van de grondwaterfluxen. Het grondwater dat naar een waterloop stroomt krijgt van transol een chlorideconcentratie mee. Hiervoor wordt de concentratie in de verticaal genomen die overeenkomt met de hoogte van het oppervlakte water.

Voor het regionale oppervlaktewater zijn er 2 bronnen van zout namelijk het (kwellend) grondwater en het inlaatwater. De chlorideconcentratie van het oppervlaktewater wordt uitgerekend door het bijhouden van de chloridebelasting en de waterbalans. In onderstaande figuur worden deze concepten schematisch weergegeven.



Figuur 2.4 Schematische weergave van zoutmodellering in NHI 2.1

Door buffering van de chlorideconcentraties in de bodem, zoals in NHI gemodelleerd met transol, is de chlorideconcentratie van het drainagewater vrijwel constant. Dit heeft tot gevolg dat in droge situaties de berekende chlorideconcentratie in het regionale oppervlaktewater lager is dan tijdens natte situaties. Dit komt doordat door afnemende drainage minder zout wordt toegeleverd aan het oppervlaktewater. In onderstaand kader wordt dit middels een rekenvoorbeeld toegelicht.



Rekenvoorbeeld chlorideconcentraties in NHI 2.1

Natte situatie

Bodem:

- 9L neerslag, 0 mg/l
- 1L kwel, 1000 mg/l
- Zoutconcentratie van 100 mg/l
- 10L drainage naar opp.w. 100 mg/l

Droge situatie

Bodem:

- 0L Neerslag
- 1L kwel
- Zoutconcentratie ~100 mg/l (door buffering)
- 1L drainage naar opp.w., 100 mg/l

Oppervlaktewater:

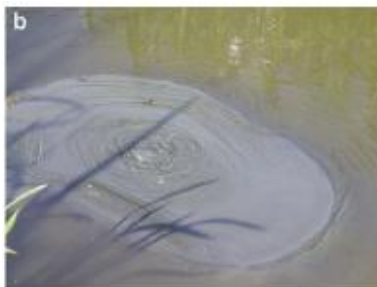
- 10L drainage naar opp.w., 100 mg/l
- Mengt met 10L inlaatwater, 0 mg/l
- → concentratie **50 mg/l**

Oppervlaktewater:

- 1L drainage naar opp.w., 100 mg/l
- Mengt met 10L inlaatwater, 0 mg/l
- → concentratie **9 mg/l**

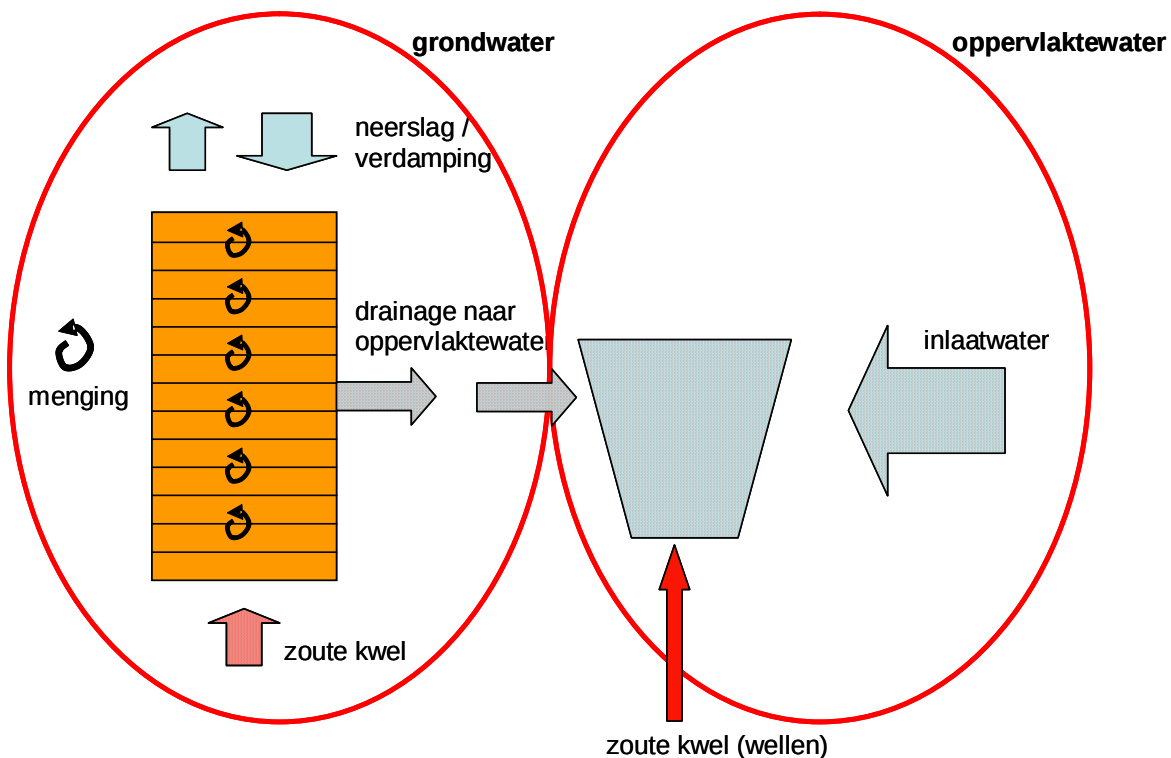
2.3.2.2 Zoutconcept in NHI 2.2

In werkelijkheid wordt een groot deel van de zoutvracht in diepe polder in West-Nederland veroorzaakt door wellen (De Louw et al., 2010; 2011, Zaadnoordijk et al., 2009). Wellen zijn locaties waar door de hoge kweldruk gaten zijn ontstaan in de afsluitende deklaag (Figuur 2.5). De weerstand van de deklaag ontbreekt op deze locaties bijna volledig, waardoor kwelwater met hoge snelheid naar de oppervlakte stroomt. Doordat de stijghoogte in het watervoerend pakket relatief weinig dynamiek vertoont, is de flux uit wellen relatief constant gedurende het jaar. Door de hoge grondwatersnelheden trekken wellen grondwater aan van relatief grote diepte, waar chlorideconcentraties erg hoog zijn. Tezamen zorgt dit ervoor dat – ondanks de geringe afmetingen - wellen voor een belangrijk deel de zoutvracht van diepe polders bepalen. In bijvoorbeeld polder de Noordplas is de zoutvracht voor zo'n 60% afkomstig van wellen (De Louw et.al., 2011).



Figuur 2.5 Foto van een wel (rechts)

Voor NHI 2.2 is het concept van zoutmodellering aangepast om het effect van wellen op de chlorideconcentratie in regionale wateren goed te kunnen modelleren. Het is nu mogelijk om wellen te definiëren die direct naar de sloot afvoeren (dus zonder tussenkomst van transol). In Figuur 2.6 is schematisch het concept van zoutmodellering in NHI 2.1 weergegeven.



Figuur 2.6 Schematische weergave van zoutmodellering in NHI 2.2

De wellen zijn in MODFLOW geschematiseerd als een River randvoorwaarde direct gekoppeld aan modellaag 2. De berekende kwel is daarmee afhankelijk van de stijghoogte in het WVP en het slootpeil. Dit zorgt voor een vrij constante flux van de wellen.

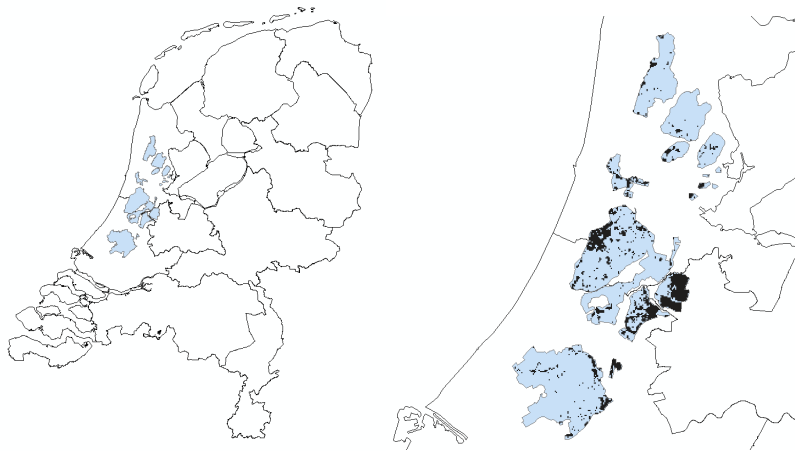
2.3.2.3 Parameterisatie van chloride in het grondwater

Er is een aantal specifieke gegevens nodig om het zoute grondwater in NHI te parameteriseren. Zo is er een kaart nodig met zout concentraties voor de zoute kwel en de wellen. Daarnaast moet voor de wellen aangegeven worden waar deze aanwezig zijn en welke drainage weerstand hieraan moet worden toegekend.

Voorkomen van wellen.

De plaats van het voorkomen van wellen is in NHI2.2 bepaald op basis van een berekend opbarstrisico per NHI cel. Als de lithostatische druk¹ / kweldruk < 1.1 dan wordt aangenomen dat binnen die cel wellen voorkomen. Op deze kaart komen wellen voor langs het kustgebied van heel Nederland en de grote polders van Wieringen en Flevoland. Uit literatuur zijn alleen zoute wellen bekend in diepe polders. Wellen zijn daarom alleen aan diepe polders toegekend. In Flevoland en de Wieringermeer is ter plaatse van de hoofdwaterlopen de deklaagweerstand al sterk gereduceerd, omdat de waterlopen de deklaag doorsnijden. Het apart modelleren van wellen kan in deze gebieden niet zondermeer worden toegepast. Voor NHI 2.2 is er daarom voor gekozen alleen aan de diepe polders in west Nederland wellen toe te kennen. Het ingeschatte voorkomen van wellen staat weergegeven in onderstaande figuur.

1. De lithostatische druk is de druk die op een bepaald punt in de ondergrond heerst als gevolg van het gewicht van erboven gelegen (gesteente)materiaal.

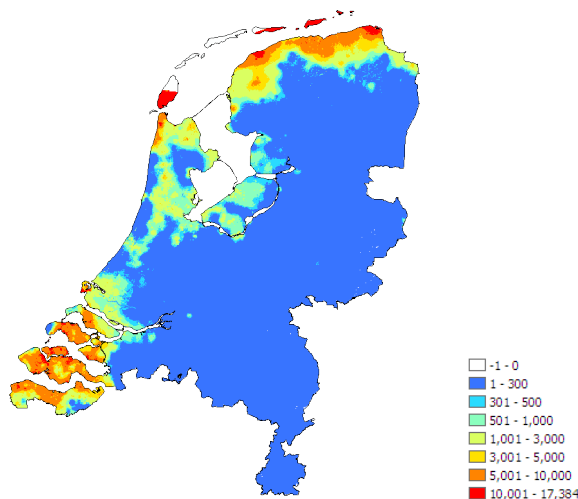


Figuur 2.7 Schematisatie van voorkomen van wellen (zwart) in polders west Nederland (blauw) in NHI 2.2

Oude Essink, G.H.P., Houtman, H. and Goes B.J.M. 2005. Chloride-concentratie onderkant deklaag in Nederland, NITG 05-056-A, 17 p., Utrecht, TNO Bouw en Ondergrond.

Chlorideconcentratie onder de deklaag.

De zoute kwel die niet direct naar de sloten stroomt, dus via transol in NHI wordt berekend, krijgt in de onderrandvoorwaarde een chlorideconcentratie. Hiervoor is een kaart (Oude Essink et al, 2005) gemaakt van de chlorideconcentratie net onder de deklaag (ca NAP - 15m). Voor NHI 2.2 is een eerste stap gemaakt deze kaart verder te verbeteren op basis van integratie van landelijke en regionale bestanden. Na analyse van de resultaten in de NHI oppervlaktewater chlorideverdeling van deze integratie is echter besloten deze kaart nog niet op te nemen in NHI2.2.



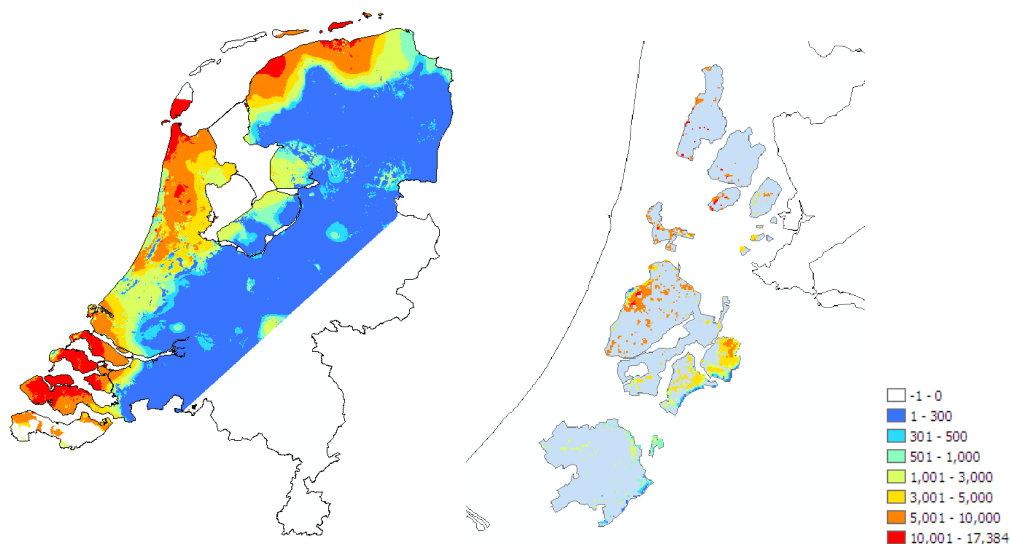
Figuur 2.8 Chlorideconcentraties (mg/l) onder de deklaag NHI 2.2 (is gelijk aan NHI 2.1)

Chlorideconcentratie op -30 NAP.

Van wellen is bekend dat deze (door upconing) grondwater van grotere diepte aantrekken (zie Figuur 2.5.). De chlorideconcentratie van net onder de deklaag is dan ook niet representatief voor grotere diepte. Voor de wellen wordt ingeschat dat het water (en zout) komt van een diepte van ongeveer -30m NAP. Nader onderzoek moet nog uitwijzen of deze



diepte voor heel Nederland een goede aanname is. Voor de Noordplas levert deze aanname welconcentraties (~ 1000 mg/l) die zich goed laten vergelijken met beschikbare meetgegevens van chlorideconcentraties in wellen (1100 mg/l; De Louw et al., 2010).



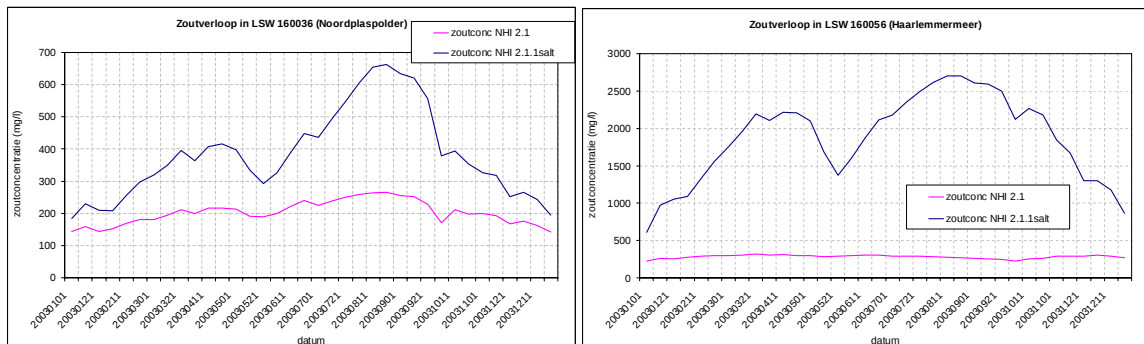
Figuur 2.9 Chlorideconcentratie op -30m NAP (links) Chlorideconcentratie op -30 NAP ter plekke van wellen in NHI 2.2 (rechts)

(lek)Weerstand van wellen.

Uit recent onderzoek van De Louw et al (2011) is voor Polder de Noordplas vrij precies bekend hoeveel flux afkomstig is van wellen. Op basis van deze bekende flux, en het drukverschil tussen de stijghoogte in het watervoerend pakket (eerdere NHI berekening) en het oppervlaktewaterpeil, is een geschaalde weerstand per NHI cel van de wellen afgeleid. Uit deze berekening komt een NHI-celweerstand van 500 dagen, hetgeen voor de wellen zelf op een specifieke verticale weerstand tussen watervoerend pakket en slootbodem van minder dan 1 dag neer komt. . In de celweerstandswaarde is dus de geringe oppervlakte van de wellen binnen een cel ten opzicht van het totale celoppervlak verdisconteerd. Aangezien er elders geen andere gegevens zijn is deze weerstand toegekend aan alle wellen in NHI.

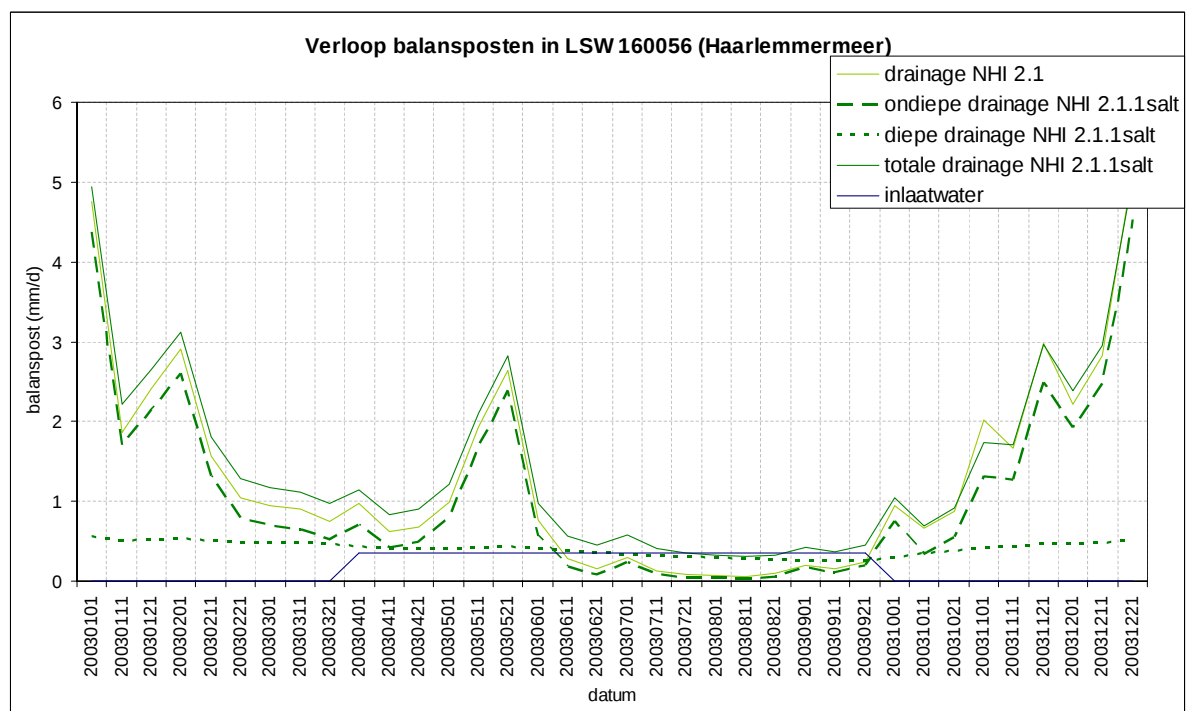
2.3.2.4 Resultaten

Het aangepast concept voor chloride modellering is getest voor het jaar 2003. Hieronder worden voor 2 polders de berekende chlorideconcentraties in de tijd weergegeven. De Louw et al (2010) hebben concentraties in Polder de Noordplas gemeten van 100-200 mg/l gedurende de door neerslag gedomineerde winter. Deze concentraties namen 's zomers toe tot 600-800 mg/l. Figuur 2.10 (links) geeft voor deze polder de berekende resultaten van de test versie van NHI (NHI 2.1.1.salt), die goed overeenstemmen met de gemeten waarden. Dit is een aanzienlijke verbetering ten opzichte van NHI versie 2.1 die gedurende het hele jaar een concentratie van ca. 200 mg/l berekende. Voor de Haarlemmermeer polder wordt met de testversie een concentratie van 2500 mg/l in de zomer berekend. Dit is een hogere concentratie dan veld metingen aangeven (mondelinge mededeling Joost Delsman 2011). Wel is het jaarlijkse verloop van de chlorideconcentratie nu beter berekend. In de (droge) zomer worden de hoogste concentraties berekend en in de winter de laagste. Dit is een verbetering ten opzichte van NHI 2.1 waar te weinig verloop in de concentraties werd berekend en ook hoge concentraties in de winter voorkwamen.



Figuur 2.10 Berekend verloop van de chlorideconcentratie met NHI 2.1 en een testversie NHI 2.1.1salt voor de Noordplaspolder (links) en een deel van het Haarlemmermeer (rechts)

Voor de Haarlemmermeerpolder is het verloop van de verschillende drainagefluxen in de tijd weergegeven. Het is te zien dat ten opzichte van NHI 2.1 de totale drainageflux (doorgetrokken donkergroene lijn) iets is toegenomen door het toevoegen van wellen. De flux die via wellen naar de waterlopen stroomt is vrij constant, hetgeen goed te verklaren is aangezien het stijghoogte verschil tussen het eerste watervoerende pakket en het slootpeil relatief ook vrij constant is.



Figuur 2.11 Balansposten van de Haarlemmermeerpolder uit NHI 2.1 en NHI 2.1_salt.

2.3.3 Conclusie

Voor NHI 2.2 is het concept om chlorideconcentratie in regionale waterlopen te berekenen uitgebreid met wellen. Dit concept is toegepast in een aantal polders in west Nederland. Dankzij deze toevoeging wordt er een meer realistische variatie van chlorideconcentraties in de tijd berekend. De absolute waarden van de berekende chlorideconcentraties is nog minder betrouwbaar. Het lijkt er op dat de waarden wat te hoog zijn. Voor scenario studies is de richting van de verandering in chlorideconcentraties uit NHI nu zeker bruikbaar. Aan de



absolute waarden moet in deze versie echter minder waarde gehecht worden. Voor NHI 3.0 zullen deze verder worden verbeterd.

2.4 Onverzadigde zone

2.4.1 Inleiding

Het onverzadigde grondwater wordt gemodelleerd met MetaSWAP. Er is ten behoeve van NHI v2.2 een beperkt aantal aanpassingen gedaan aan de schematisatie en parameterisatie.

In deze paragraaf worden de verbeteringen voor NHI v2.2 beschreven evenals het effect van de verbeteringen op de resultaten. In de bijlagen B en C wordt nog een aantal opties besproken die onderzocht gaan worden in het kader van het ontwikkeltraject van NHI3.0 e.v.

2.4.2 Verbeteringen en effecten

Verbeteringen van bodemparameters

In de Landelijke Zoetwaterverkenningen zijn vraagtekens gezet bij de door NHI v2.1 berekende verdampingsreducties voor een aantal gebieden in Nederland, met name zandgebieden en kleigebieden en in mindere mate veengebieden. De te hoge (kleigronden) of te geringe (zandgronden/veengronden) berekende verdampingsreducties kunnen zijn veroorzaakt door bodemfysische eigenschappen van de onverzadigde zone. Verder bleek in de "Taskforce dynamiek" (Hoogewoud et al 2011) dat de dynamiek van de zeer ondiepe grondwaterstanden in klei- en veengronden als onrealistische hoog werden ervaren. Dit terwijl in veel gebieden de dynamiek in termen van het verschil tussen GHG en GLG als te klein wordt ervaren.

De bovengenoemde bevindingen waren de aanleiding om de bodemparameterisering op verschillende punten te verbeteren.

Seizoensdynamiek

In eerdere evaluaties van het NHI kwam naar voren dat de seizoensdynamiek op veel plaatsen niet groot genoeg is. Een van de manieren om meer dynamiek te krijgen is door berging te verkleinen. De berging in de bodem is afgeleid uit laboratoriummetingen aan kleine bodemmonsters. De hoeveelheid beschikbaar vocht is in het veld veelal kleiner. Wesseling (1975) toonde aan dat in het veld de bergingsfactor door luchtinsluiting ca. een derde kleiner is dan laboratoriummetingen aan zeer kleine Kopecky ringen suggereren.

Voor het NHI wordt gebruik gemaakt van de waterretentiekaracteristieken van de Staringreeks, deze zijn gebaseerd op laboratoriummetingen, en geven mogelijk een te gunstig beeld van de beschikbare hoeveelheid vocht. In NHI versie 2.1 is de hoeveelheid beschikbaar vocht daarom verminderd door de verzadigde bergingscoëfficiënt te verlagen met 20%. Op basis van o.a. de bevindingen van Wesseling (1975) heeft J. v. Bakel (2011) geadviseerd in NHI 2.2 de verzadigde bergingscoëfficiënt voor alle bodems te verlagen met 30%. Dit advies is overgenomen.

Snelle (ondiepe) dynamiek

In de "Taskforce dynamiek" werd geconstateerd dat de dynamiek van dag tot dag bij zeer ondiepe grondwaterstanden (<0,5 m –mv) te groot was, met name voor klei- en veengronden. Dit wordt veroorzaakt door een zeer geringe bergingscoëfficiënt (ca 1%). In de



bodemparametrisering wordt geen rekening gehouden met de aanwezigheid van grotere poriën, bijvoorbeeld als gevolg van scheurvorming en biologische activiteit. Om enigszins rekening te houden met deze fenomenen is de minimale bergingscoëfficiënt voor klei- en veengronden gesteld op 3%. Het gaat om de bodemtypes (ref): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 16, 17, 18, 19, 20.

Verdampingsreductie

In de Landelijke Zoetwaterverkenning zijn vraagtekens gezet bij de door NHI v2.1 berekende verdampingsreducties voor een aantal gebieden in Nederland, met name zandgebieden en kleigebieden. Nader onderzoek bracht aan het licht dat de capillaire nalevering van zandgronden bij het wegzakken van de grondwaterstand nog lang (tot 1 meter beneden de wortelzone) zorgde voor een optimale verdamping. Aan de andere kant bleek juist voor de zware kleigronden de capillaire nalevering zeer snel wegviel (0,25 m beneden de wortelzone).

Om de capillaire eigenschappen van een bodemprofiel aan te passen zijn verschillende opties onderzocht. Vanwege de beperkte beschikbare tijd is voor NHI 2.2 gekozen om de indeling in de 21 PAWN-eenheden te handhaven en alleen het bodemprofiel van een aantal gronden aan te passen.

De bodemkaart 1:50000 kent een grote verscheidenheid aan bodemprofielen, deze zijn geclusterd binnen 21 PAWN-profielen (Wosten et al., 1988). Het PAWN-profiel is dus samengesteld op basis van een groep bodemprofielen die qua eigenschappen sterk op elkaar lijken. Door De Vries (1999) is de bodemkaart 1:50 000 geclusterd tot 315 profielen. Elke PAWN-eenheid omvat een deelset van deze 315 profielen. In Bijlage B is voor de belangrijkste PAWN-eenheden aangegeven welke profielen onder deze PAWN-eenheid vallen en welk aandeel ze hebben in het totale areaal van de PAWN-eenheid. Het aantal profielen is beperkt door alleen profielen mee te nemen die minstens 3% van het areaal vertegenwoordigen.

In bijlage B zijn voor de geselecteerde bodemprofielen de capillaire stijghoogten bij 1 en 2 mm/d weergegeven. Op basis van de tabellen in bijlage B is voor de geselecteerde PAWN-profielen een alternatief profiel geselecteerd, waarbij meestal is gekozen voor het profiel met het grootste areaal binnen de PAWN-eenheid.

De aanpassingen volgens Tabel 2-1 zijn doorgevoerd binnen Metaswap en NHI 2.2. Het betreft aanpassingen voor enkele veengronden, podzolgronden en kleigronden, zie tabel 2.2.

Tabel 2-1 Vervangende profielen voor de PAWN-profielen voor NHI 2.2; per bodemeenheid zijn de bestaande en nieuwe profielen weergegeven, per bodemlaag de bovenkant en onderkant van de laag in m tov maaiveld, alsmede de gekozen Staringreeksbouwsteen

PAWN-eenheid	Bestaand profiel	Vervangende profiel (eenheid)
1	0.00-0.35 B18 0.35-1.20 O17	0.00-0.25 B17 0.25-1.20 O17
3	0.00-0.35 B11 0.35-1.20 O17	0.00-0.10 B17 0.10-0.35 O13 0.35-1.20 O17
8	0.00-0.30 B1 0.30-1.20 O1	0.00-0.10 B1 0.10-0.80 O1 0.80-1.20 O5
9	0.00-0.50 B2 0.50-1.20 O2	0.00-0.25 B2 0.25-0.60 O2 0.60-1.20 O1
10	0.00-0.50 B2 0.50-1.00 O2 1.00-1.20 O5	0.00-0.25 B2 0.25-0.90 O1 0.90-1.20 O5
11	0.00-0.50 B3 0.50-0.90 O2 0.90-1.20 O6	0.00-0.20 B3 0.20-0.50 O3 0.50-0.90 O2 0.90-1.20 O6
17	0.00-0.25 B12 0.25-1.20 O13	0.00-0.25 B11 0.25-0.60 O12 0.60-1.20 O11
18	0.00-0.25 B12 0.25-0.60 O13 0.60-1.20 O17	0.00-0.20 B11 0.20-0.50 O12 0.50-1.20 O17



Effecten van de verbeteringen van de bodemparametrisering

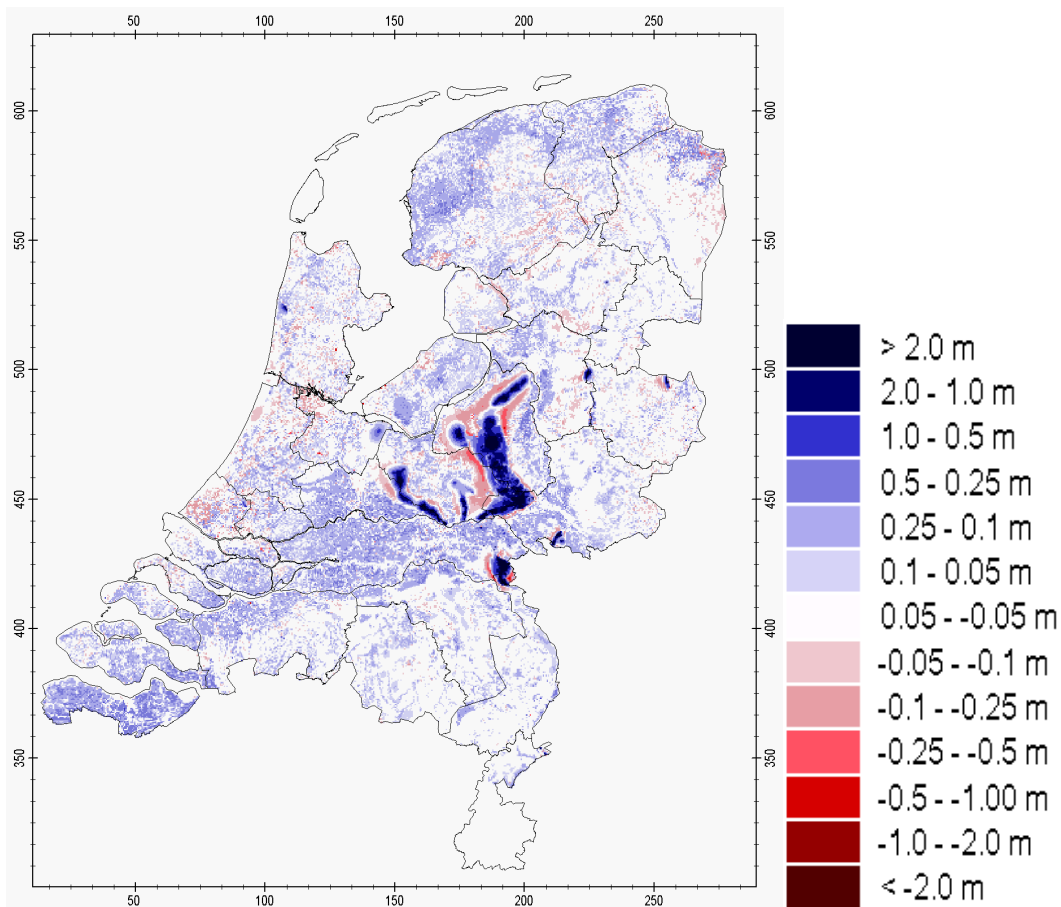
De bodemfysische parametrisering is aangepast om realistischere waarden van de verdampingsreductie te kunnen berekenen. Voor 2 kleigronden moest dit leiden tot een afname van de verdampingsreductie, en voor een aantal zandgronden en 2 veengronden moest dit juist leiden tot een toename.

In de onderstaande tabel is het effect van de wijzigingen op de relatieve verdamping ($T_{rel} = T_{act}/T_{pot}$) weergegeven, berekend voor het jaar 2003. De verschillen lopen van een toename van de verdampingsreductie van 3.9% voor bodem 11 (Sterk lemig fijn zand op leem) tot een afname van 6.5 % voor bodem 18 (klei op veen). De resultaten zijn in lijn met de verwachtingen. Door de verkleining van de bergingscoëfficiënt neemt de verdampingsreductie toe met 0,1 tot 1,2 %. De wijzigingen van de bodemschematisering zorgen voor de gewenste toename (zand/veen) en afname (klei) van de verdampingsreductie.

Tabel 2-2 De relatieve verdamping (T_{act}/T_{pot}) per bodem voor het jaar 2003 voor NHI 2.1, NHI 2.2 en het verschil; positieve verschillen duiden op een toename van de verdampingsreductie. De licht geel gemarkeerde bodems hebben ook een gewijzigde bodemschematisering

Bodem	Trel 2.1 (%)	Trel 2.2 (%)	Vershil (%)
1 Veraarde bovengrond op diep veen*	94.6	91.6	3.0
2 Veraarde bovengrond op veen op zand	99.3	99.1	0.1
3 Kleidek op veen*	87.7	86.7	1.1
4 Kleidek op veen op zand	88.5	87.3	1.1
5 Zanddek op veen op zand	95.4	94.1	1.2
6 Veen op ongerepte klei	87.2	86.2	1.0
7 Stuifzand	76.7	76.0	0.7
8 Leemarm zand*	76.1	75.3	0.8
9 Zwaklemig fijn zand	92.4	88.7	3.7
10 Zwaklemig fijn zand op grof zand	94.3	91.8	2.4
11 Sterk lemig fijn zand op (kei)leem	94.7	90.8	3.9
12 Enkeerdgronden (fijn zand)	90.5	89.6	0.9
13 Sterk lemig zand	95.1	94.7	0.4
14 Grof zand	75.8	74.9	1.0
15 Zavel met homogeen profiel	95.4	94.7	0.7
16 Lichte klei met homogeen profiel	91.9	91.4	0.5
17 Klei met zware tussenlaag of ondergrond	77.8	82.4	-4.6
18 Klei op veen	77.8	84.4	-6.5
19 Klei op zand	96.8	96.3	0.5
20 Klei op grof zand	91.7	91.6	0.1
21 Leem	91.8	91.4	0.4

Het ruimtelijke effect op de dynamiek (GHG-GLG) is weergegeven in de onderstaande figuur. NB: De veranderingen in gebieden met een dikke onverzadigde zone (de Stuwwallen en Heuvelruggen) hebben geen betekenis: door de parameteraanpassingen is de beginconditie verstoord waardoor de resultaten zijn beïnvloed. Dit kan alleen worden opgelost door met een langjarige run nieuwe initiële condities af te leiden. Dit was voor deze testberekeningen niet mogelijk.



Figuur 2.12 Verandering van de dynamiek in 2003 (m) door de aanpassingen van de bodemschematisering

Verbeteringen aan de schematisering van stedelijk gebied

Stedelijk gebied zoals dat in LGN voorkomt bestaat voor een deel uit verhard terrein (straten, daken etc) en voor een deel uit onverhard terrein (bermen, tuinen). Ingeschat is dat gemiddeld voor Nederland een als stedelijk gekarakteriseerde LGN-cel (25x25m) voor 40 % daadwerkelijk verhard is. In NHI 2.1 is ervoor gekozen 250x250 meter cellen aan te wijzen die voor 100 % als verhard moeten worden beschouwd. Dit is zodanig gedaan dat het totale areaal verhard gebied per gemeente gelijk is aan de som van het verharde gebied volgens de LGN-kartering, rekening houdend met 40 % verhard voor de LGN-cellen met code 18,19,25,26. Binnen elke gemeente zijn NHI-cellen (250x250m) gekozen als 100% verhard met het grootste aantal stedelijke LGN-cellen van 25x25 m

Het effect van deze wijze van schematiseren is dat de dynamiek van de grondwaterstand voor de 100 % verharde cellen zeer gering was. Dit bemoeilijkte voor de taskforce Dynamiek de vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstand in gebieden met veel verharding. Daarnaast wordt het ruimtelijke beeld van de dynamiek door deze wijze van schematiseren verstoord.



Deze aanpak is in NHI2.2 wordt als volgt gewijzigd:

1. De LGN kaart met uniforme (25 x 25 m) cellen wordt gebruikt als basis.
2. Voor iedere NHI-cel (250 x 250 m) worden alle LGN cellen (25 x 25 m) met stedelijk gebied (codes 18,19, 25, 26) gesommeerd.
3. 40 % van dit aantal wordt als verhard gebied gedefinieerd, en afgekoppeld naar MOZART; binnen MOZART wordt het water dat als neerslag valt volledig als runoff aan het oppervlaktewatersysteem toegevoegd.
4. De overige 60 % wordt toegewezen aan het in die cel dominante bodemgebruik, en afgewikkeld via MetaSwap. Bij dominantie van stedelijk gebied wordt voor de cel bodemgebruik gras gedefinieerd.

De bovenstaande aanpak houdt geen rekening met de processen interceptie, infiltratie en transpiratie in verhard gebied. In aanvulling wordt daarom binnen NHI aangenomen dat het verharde oppervlak in een stedelijk gebied (40 %) gemiddeld is opgebouwd uit (gebaseerd op Van de Ven, 1989):

- 15 % dakoppervlak, waarbij op jaarbasis:
 - o 20 % verdampt
 - o 80 % wordt afgevoerd
- 5 % gesloten verhard (asfalt / beton), waarbij op jaarbasis:
 - o 20 % verdampt
 - o 80 % wordt afgevoerd
- 20 % open verhard (klinkers / tegels), waarbij op jaarbasis:
 - o 20 % verdampt
 - o 30 % infiltreert
 - o 50 % wordt afgevoerd

Dat leidt voor het verharde oppervlak (40 % van het aandeel stedelijk gebied) gemiddeld op jaarbasis tot:

- o 20 % verdamping
- o 15 % infiltratie
- o 65 % afvoer

De stedelijke waterbalans wordt in NHI benaderd door het verlagen van het percentage "verhard" in "stedelijk" van 40 % naar 26 %. Hierdoor wordt bereikt dat 65 % van de neerslag op het oorspronkelijke percentage verhard (40 %) direct tot afvoer komt, waardoor de jaarlijks gemiddelde balans in verhard gebied goed wordt benaderd.

Per cel is de fractie verhard vastgesteld die is afgekoppeld naar MOZART. Deze fractie (26 %) is zo gekozen dat de jaarlijks gemiddelde grondwateraanvulling in stedelijk gebied overeenkomt met de bevindingen van Van de Ven (1989).

Effecten van de verbeteringen van de schematisering van stedelijk gebied

In NHI2.1 werd verhard gebied geconcentreerd op geselecteerde cellen. In NHI2.2 is ervoor gekozen om een deel van alle cellen als verhard gebied te beschouwen, afhankelijk van het aandeel aan stedelijke gebruiksvormen in het LGN5.

Verwacht mag worden dat de gevolgen van de aanpassingen gemiddeld gezien beperkt zijn, maar lokaal substantieel, met name voor de gridcellen die voorheen als verhard werden



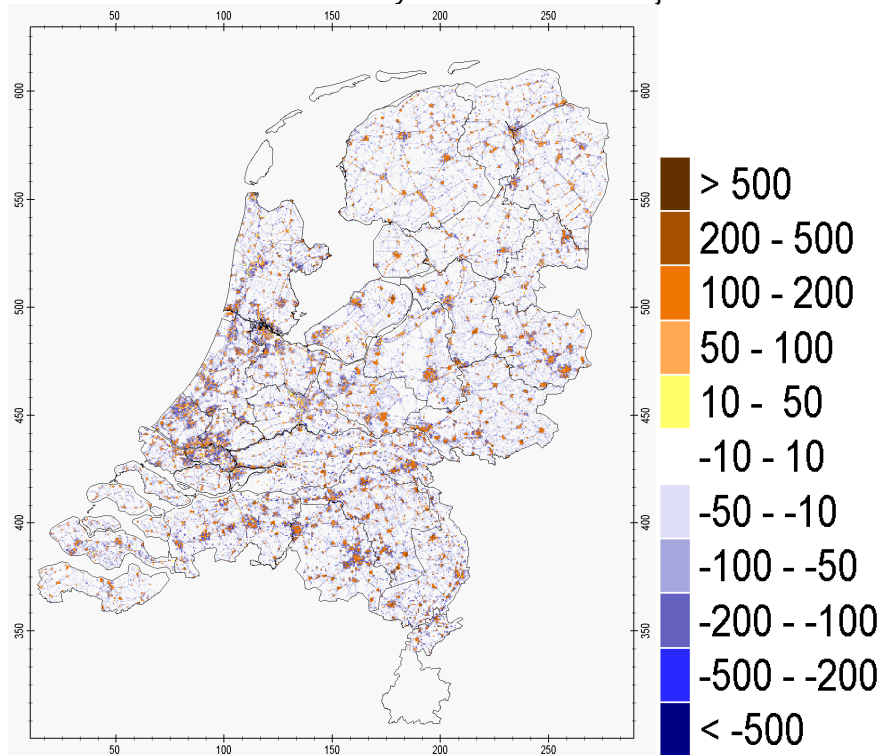
aangemerkt alsmede voor cellen die voorheen als 100% onverhard werden beschouwd, en nu voor een flink deel verhard. De berekening van de waterstroom naar het rioolsysteem (runoff) is verplaatst van metaSWAP naar MOZART. De totale neerslaghoeveelheid moet afnemen, de runoff in gelijke mate. De andere waterbalanstermen zullen in beperktere mate kunnen veranderen, aangezien de veranderingen zullen leiden tot een iets andere dynamiek van het model.

In de onderstaande tabel is het berekende effect op de waterbalans voor het NHI voor heel Nederland gepresenteerd voor 2003. Conform verwachting is de runoff in NHI 2.2 wat betreft de onverzadigde zone verplaatst naar MOZART en is de neerslag ook met die orde grootte afgenomen. Secundair zijn er beperkte gevolgen voor de ontwatering, de verdamping en de berging.

Tabel 2-3 Waterbalans onverzadigde zone² NHI in 2003 in $m^3 \times 10^9$

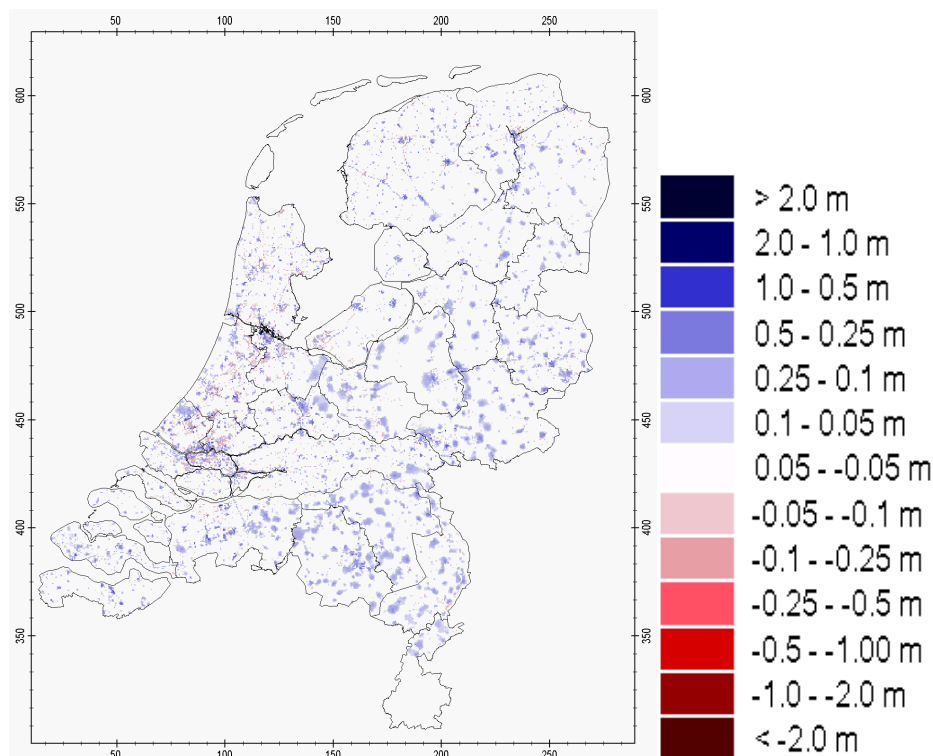
NHI	Neerslag	Berekening	Runoff	Ontwatering	Verdamping	Afname berging
2.1	22.5	0.3	-1.1	-6.7	-16.7	1.8
2.2	21.5	0.3	0.0	-6.9	-16.5	1.7

De effecten zijn ruimtelijk weergegeven voor de verdamping in figuur 2.12. Ruimtelijk gedifferentieerd zijn de effecten duidelijk zichtbaar in de verandering van de verdamping. In de stedelijke kernen is een duidelijk verdampingstoename te zien (kleiner areaal verhard), in de meer perifere gebieden leidt deze modelaanpassing tot afname van de verdamping (groter areaal verhard). In figuur 2.13 is het effect op de dynamiek (GHG-GLG) weergegeven. Zoals mocht worden verwacht is de dynamiek in de stedelijke kernen flink toegenomen.



Figuur 2.13 Verandering van de verdamping als gevolg van de gewijzigde schematisering van stedelijk gebied; blauw getinte kleuren duiden op een afname (welke waarden orde grootte ? legenda ?).

² Doordat het verharde deel van het gemodelleerde areaal niet meer in MetaSWAP wordt gemodelleerd is de waterbalans in $m^3 \times 10^9$ weergegeven in plaats van in mm



Figuur 2.14 Verandering van de dynamiek (m) als gevolg de gewijzigde schematisering van stedelijk gebied; blauw getinte kleuren duiden op een toename.

Verbeteringen aan de parameterisering van berekening

Vanuit waterschap Zuiderzeeland is aangegeven dat er in de praktijk veel meer wordt beregend dan dat er door het NHI wordt voorspeld. Voor 2003 is de totale berekening op 84 miljoen m³ ingeschat. Dit is aanzienlijk meer dan de berekende hoeveelheid (27 miljoen m³). Door het waterschap is aangegeven is dat de beregeningspraktijk mag worden benaderd door aan te nemen dat het volledige areaal aan aardappelen uit grondwater wordt beregend en dat voor de gewassen: bollen, glastuinbouw, overige landbouw, boomteelt en fruit het volledige areaal wordt beregend uit oppervlaktewater. Vanuit andere waterschappen is (nog) geen concrete informatie ontvangen over berekening.

Voor waterbehoefte van de glastuinbouw is door Nelen en Schuurmans (Nelen en Schuurmans, 2005) in kaart gebracht. Het blijkt dat de watervraag aanzienlijk groter is dan door het NHI 2.1 wordt berekend. De glastuinbouw kent een veelheid aan variëteiten in gewassen en bassingroottes. In het NHI wordt vooralsnog gewerkt met 1 landgebruiksvorm glastuinbouw en derhalve ook met 1 gewas en 1 type bassin. Hoofddoel is om met het NHI een realistische watervraag te genereren voor de sector glastuinbouw. Deze wordt in droge jaren in het gebied Delfland-Schieland-Krimpenerwaard geschat op 453 mm, waarvan 362 mm (80%) uit oppervlaktewater, het overige deel uit leidingwater (Nelen en Schuurmans, 2005).

Op basis van de inventarisatie van Nelen en Schuurmans (2005) is de gemiddelde grootte van een bassin op 1000 m³ per ha gesteld. De te lage watervraag van glastuinbouw in NHI2.1 is in NHI2.2 verhoogd door de gewassenmerken van glastuinbouw te veranderen.



Volgens Nelen en Schuurmans (2005) bedraagt de gemiddelde verdamping in de glastuinbouw 775 mm per jaar. Dit is ongeveer 50 % meer dan de referentieverdamping volgens Makkink. De gewasfactor is daarom verhoogd van 0.8 naar 1.5.

Effecten van de verbeteringen van de parametrisering van berekening

De berekening is in NHI2.2 op een aantal punten gewijzigd. Bollen worden tot 1 augustus berekend i.p.v. tot eind september, de verdampingsvraag van glastuinbouw is vergroot en het beregeningsareaal in Flevoland is toegenomen.

Verwacht mag worden dat de berekening van bollen flink lager uitpakt, die van glastuinbouw moet flink toenemen, dit geldt ook voor de berekening in Flevoland.

In de onderstaande tabel is de waterbalans in mm weergegeven voor het jaar 2003 voor bollen. Conform de verwachting is de berekening lager. Voor dit jaar is er zelfs sprake van een halvering, wat te verklaren is uit het feit dat de tweede helft van de zomer van 2003 warm en droog was. De afname van de berekening leidt vooral tot minder verdamping en in mindere mate tot minder afvoer.

Tabel 2-4 Waterbalans (mm) in 2003 van het NHI voor de landsgebruiksvorm bollen

NHI	Neerslag	Berekening	Runoff	Ontwatering	Verdamping	Afname berging
2.1	660	146	0	-279	-542	15
2.2	660	73	0	-254	-495	16

De watervraag van glastuinbouw in NHI 2.2 neemt fors toe. De verdamping neemt in 2003 toe met 393 mm, wat wordt opgevangen door 314 mm extra berekening en 78 mm minder runoff (= overstort vanuit de bassins). De berekende berekening, die in de NHI overeenkomt met de watervraag uit het oppervlaktewater bedraagt in 2.2 in 2003 393 en is 31 mm (9%) hoger dan de geschatte watervraag volgens Nelen en Schuurmans (2005) in droge jaren.

Tabel 2-5 Waterbalans (mm) in 2003 van het NHI voor de landsgebruiksvorm glastuinbouw

NHI	Neerslag	Berekening	Runoff	Ontwatering	Verdamping	Afname berging
2.1	688	79	-246	0	-520	0
2.2	688	393	-168	0	-913	0

Het beregende areaal in Flevoland is flink opgeschroefd. Dit heeft een flinke toename van de berekening van 18 naar 60 mm in 2003 tot gevolg. Dit leidt deels tot meer verdamping (21 mm) en deels tot meer afvoer (21 mm). De totale beregeningshoeveelheid in 2003 bedraagt voor NHI 2.2 in Flevoland 87 miljoen m³; dit komt goed overeen met de schatting van het waterschap (84 M m³).

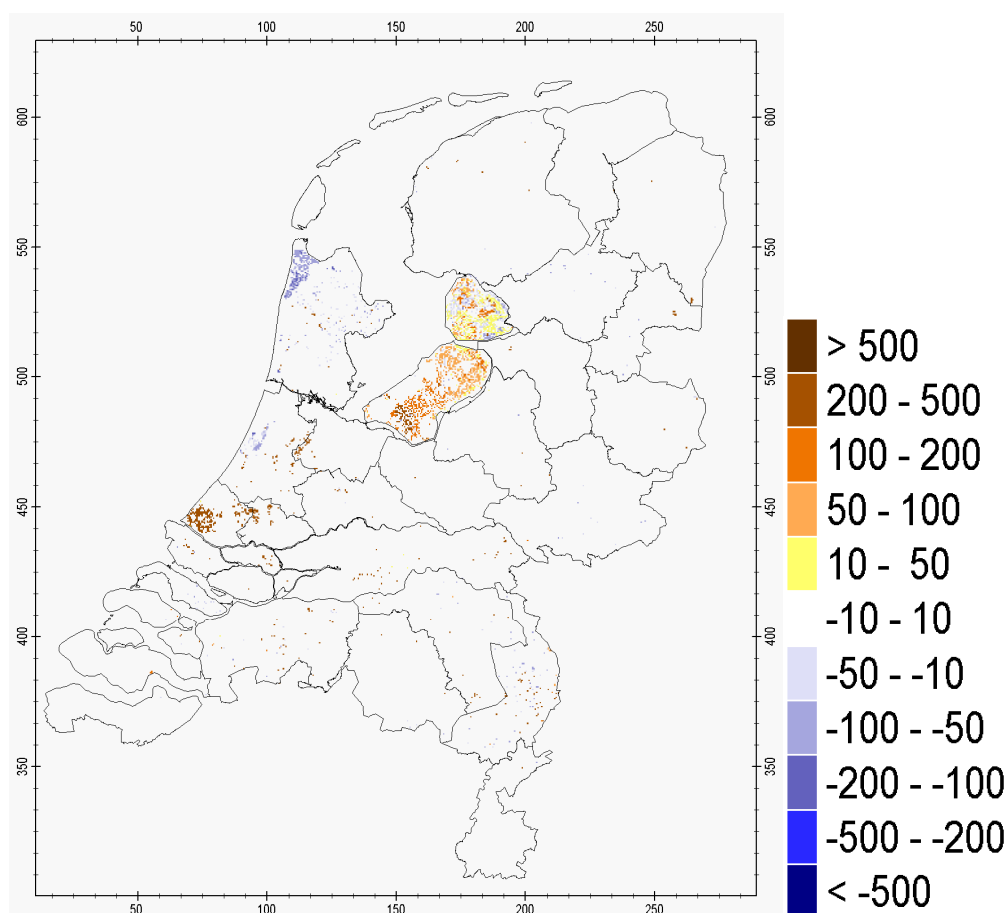
Tabel 2-6 Waterbalans (mm) in 2003 van het NHI voor de provincie Flevoland

NHI	Neerslag	Berekening grondwater	Berekening Opp. water	Runoff	Ontwatering	Verdamping	Afname berging
2.1	659	5	13	-22	-168	-502	15
2.2	659	34	26	-22	-189	-523	15

De modelaanpassingen zijn duidelijk zichtbaar in het ruimtelijke patroon van de verandering van de verdamping. Dit is in de onderstaande figuur gevisualiseerd. In Flevoland en de glastuinbouwgebieden neemt de verdamping toe, door een toename van de berekening, in de bollengebieden neemt de verdamping af door een afname van de berekening. De



modelaanpassingen werken ook door op de grondwaterstanden. In Flevoland leidt de extra beregening netto tot lagere grondwaterstanden als gevolg van extra onttrekkingen uit grondwater. In het bollengebied rond Den Helder wordt de verlaging veroorzaakt doordat er minder oppervlaktewater als recharge in het model komt. In de glastuinbouwgebieden is geen effect waarneembaar, aangezien de beregening alleen ingrijpt op het oppervlaktewater.



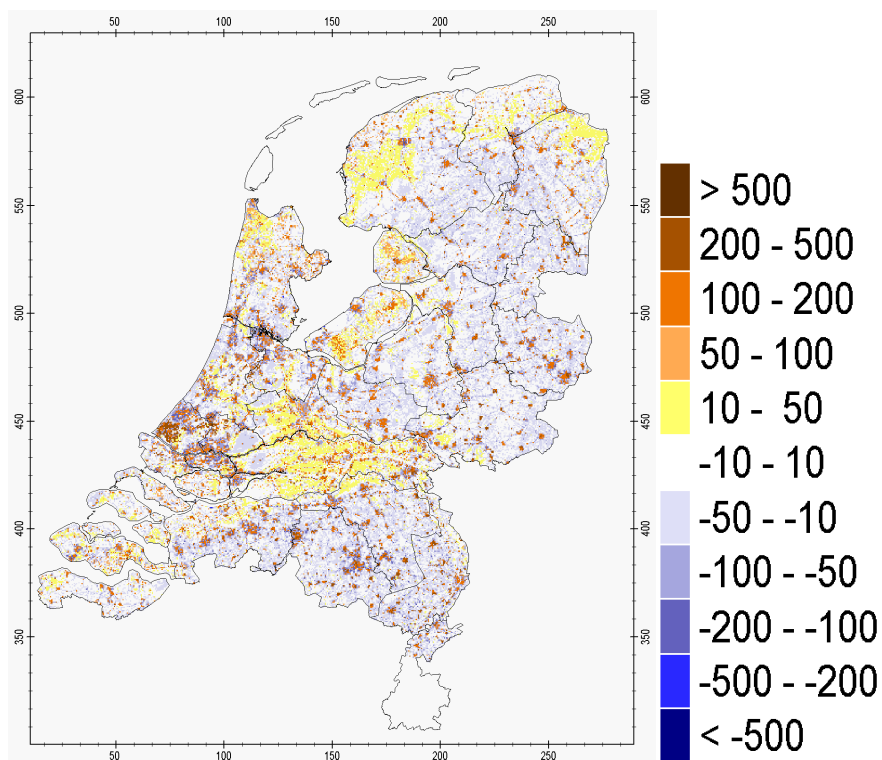
Figuur 2.15 Verandering van de verdamping als gevolg van de wijzigingen in de beregening; rood getinte kleuren duiden op een toename van de verdamping.

Overall effecten van de modelverbeteringen aan de onverzadigde zone

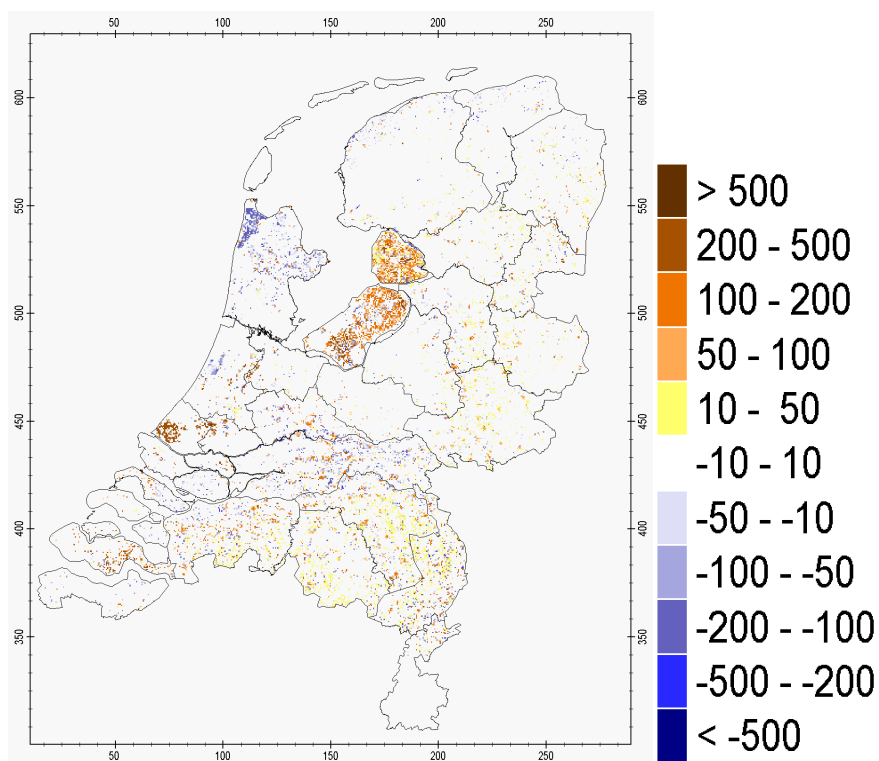
De gevolgen van de aanpassingen aan de onverzadigde zone zijn in de onderstaande tabel en figuren weergegeven. Uit de waterbalans komt de toename van de beregening naar voren, alsmede de afkoppeling van het stedelijk gebied (posten runoff en neerslag). Uit de figuren blijkt de ruimtelijke variabiliteit van de aanpassingen, conform de deelaanpassingen. Flevoland, waar de beregening flink is opgevoerd springt eruit, evenals de stedelijke gebieden en in iets mindere mate de kleigebieden.

Tabel 2-7 Waterbalans NHI in 2003 in $m^3 \times 10^9$

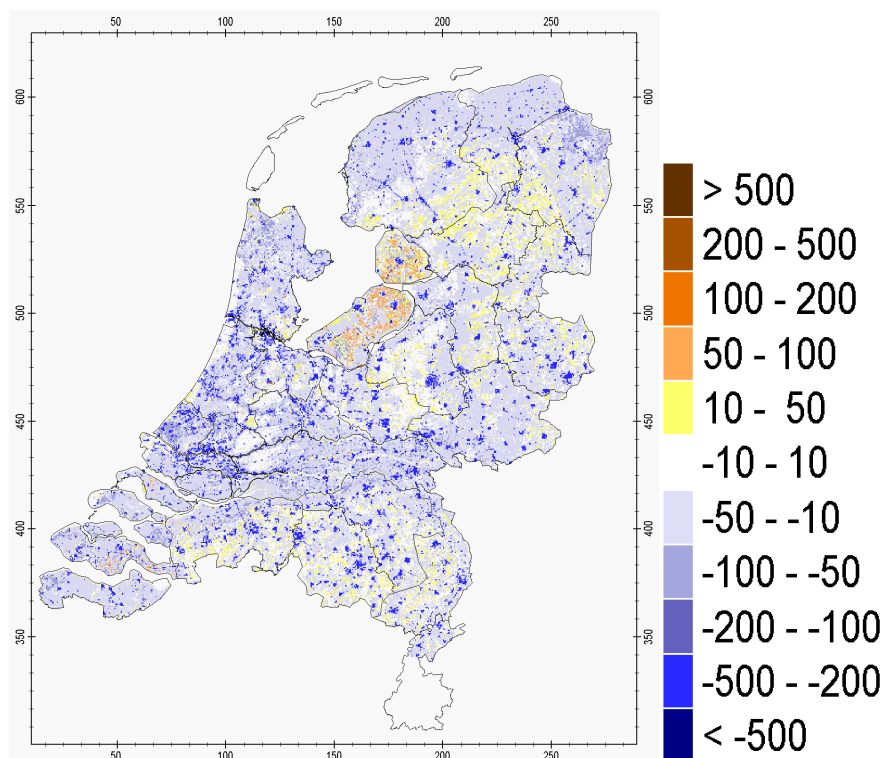
NHI	Neerslag	Beregening	Runoff	Ontwatering	Verdamping	Afname berging
2.1	22.5	0.3	-1.1	-6.7	-16.7	1.8
2.2	21.5	0.5	0.0	-6.9	-16.9	1.7



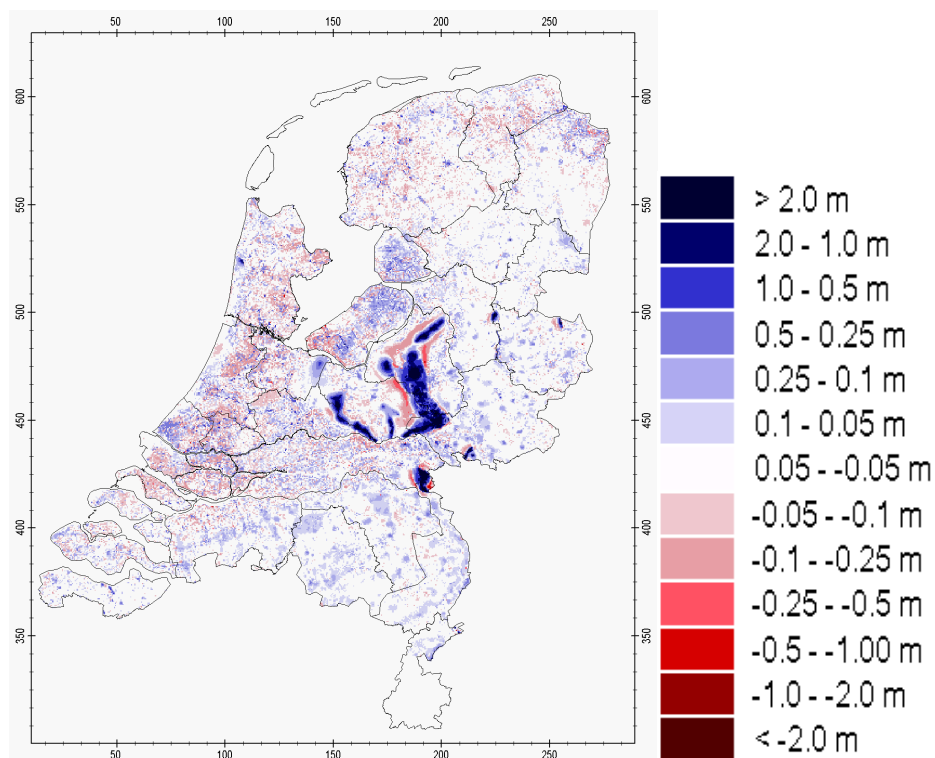
Figuur 2.16 Verandering van de gewasverdamping als gevolg van de wijzigingen in de onverzadigde zone; blauw getinte kleuren duiden op een afname.



Figuur 2.17 Verandering van de berekening als gevolg van de wijzigingen in de onverzadigde zone; blauw getinte kleuren duiden op een afname.



Figuur 2.18 Verandering van de grondwateraanvulling als gevolg van de wijzigingen in de onverzadigde zone; blauw getinte kleuren duiden op een afname.



Figuur 2.19 Verandering van de dynamiek (m) als gevolg van de wijzigingen in de onverzadigde zone; blauw getinte kleuren duiden op een toename.



Het ruimtelijke effect op de dynamiek (GHG-GLG) is weergegeven in de bovenstaande figuur. NB: De veranderingen in gebieden met een dikke onverzadigde zone hebben geen betekenis: door de parameteraanpassingen is de beginconditie verstoord waardoor de resultaten zijn beïnvloed. Dit kan alleen worden opgelost door met een langjarige run nieuwe initiële condities af te leiden. Dit was voor deze testberekeningen niet mogelijk.

2.4.3 Neerslag

Over de aanbeveling uit de regionale toetsing door STOWA, (Ogink 2011) om de neerslagdata te corrigeren voor windeffecten is contact geweest met KNMI. De neerslagcorrectie voor windeffect is afhankelijk van de meetopstelling (type regenmeter, hoogte) en lokale windsnelheid, en moet op individuele metingen worden toegepast. NHI kan dus niet het door KNMI geleverde neerslaggrid (uit interpolatie van de dagwaarden van de stations van het vrijwilligersnetwerk) aanpassen. Het KNMI heeft na intern overleg aangegeven dat men, gegeven de onzekerheden in de neerslagmetingen, een dergelijke correctie niet zinvol achtte. Deze aanbeveling uit de STOWA rapportage is dus uiteindelijk niet meegenomen in de NHI invoer.

2.4.4 Conclusie

De hoeveelheid beschikbaar vocht op basis van de waterretentiekarakteristiek, die veelal in het laboratorium is vastgesteld, is in werkelijkheid veelal kleiner. Oorzaken zijn o.a. luchtinsluiting en hysteresis. De verzadigde bergingscoëfficiënt is daarom verlaagd met 30 %. Om hyperdynamische grondwaterstandsveranderingen bij ondiepe grondwaterstanden te voorkomen is tegelijk de minimale bergingscoëfficiënt voor klei- en zandgronden op 3% gesteld.

De bodemschematisering van de 21 PAWN-eenheden is vergeleken met de bodemfysische schematisering van de onderliggende verfijndere bodemkaart 1: 50000. Op basis hiervan is voor een deel van de bodems gekozen voor een alternatieve, meer waarschijnlijke schematisering.

De aanpassingen aan de bodemfysische parameters tbv NHI2.2 hebben geleid tot een verbetering van de berekening van de verdampingsreductie voor gronden met zware kleilagen en zandgronden. Dit is een voorlopige aanpassing, omdat structurele aanpassingen meer tijd vergen. Verdere aanpassingen voor NHI 3 zijn noodzakelijk en mogelijk. Aanbevolen wordt om een verdere verfijning van de bodemfysische schematisering door te voeren op basis van onderzoek van Alterra. Verder wordt aanbevolen om voor NHI 3 te gaan werken met tabelinvoer voor de bodemfysische bouwstenen i.p.v. de van Genuchten parameters.

Verhard gebied kan worden geschematiseerd door voor de LGN-klassen 18, 19, 25 en 26 een percentage verhard aan te nemen van 26 %. Het verharde gebied wordt direct gekoppeld aan MOZART.

De wijziging van de schematisering van het verharde gebied heeft beperkte gevolgen voor de waterbalans, maar levert realistischer resultaten op voor de berekening van de grondwaterstanden in stedelijk gebied. Het aandeel verhard is verplaatst naar MOZART, waar ook een deel van het oppervlaktewater wordt afgehandeld. Aanbevolen wordt om in NHI 3 een structurele oplossing te zoeken voor de schematisering van het landgebruik. Dit kan



door alle vormen van landgebruik in MetaSWAP onder te brengen en er vanuit MetaSWAP er voor te zorgen dat de juiste fluxen worden doorgegeven aan de verschillende andere deelmodellen (MODFLOW, MOZART en DM/SOBEK). Dit zorgt er tevens voor dat neerslag en verdamping slechts op 1 plaats en op 1 manier behoeven te worden aangeboden.

De watervraag van glastuinbouw werd in NHI 2.1 sterk onderschat, dit werd veroorzaakt door de te geringe verdampingsfactor. De verdampingsfactor is verhoogd. Voor bollen geldt dat de beregeningsperiode tot in september doorliep, terwijl in de praktijk voor 1 augustus wordt gestopt. Dit is aangepast. Tenslotte is in samenspraak met waterschap Zuiderzeeland het beregeningsareaal in Flevoland vergroot door aan te nemen dat het gehele areaal aan aardappelen uit grondwater wordt beregend en het gehele areaal aan overige landbouwgronden en bollen wordt beregend uit oppervlaktewater.

De aanpassing van de berekening heeft geleid tot de verwachte veranderingen. Bollen worden tot 1 augustus (ipv eind september) beregend, wat leidt tot een aanzienlijk lagere watervraag, de watervraag van glastuinbouw is aanzienlijk groter door aanpassing van de verdampingsfactor. Verder is de toename van de berekening in Flevoland vergroot door de toename van het beregeningsareaal. Aanbevolen wordt om voor heel Nederland het beregeningsareaal te herzien op basis van de meest recente gegevens van de metingen en lokale kennis.

2.5 Regionaal oppervlaktewater

2.5.1 Inleiding

Het regionale oppervlaktewatersysteem is gemodelleerd met Mozart en geschematiseerd in circa 130 districten en 8500 local surface waters (stroomgebiedjes). In deze paragraaf wordt beschreven welke wijzigingen er in de Mozart modellering en schematisatie zijn uitgevoerd tussen NHI 2.1. en NHI 2.2., en wat de effecten van deze aanpassingen zijn.

2.5.2 Verbeteringen en effecten

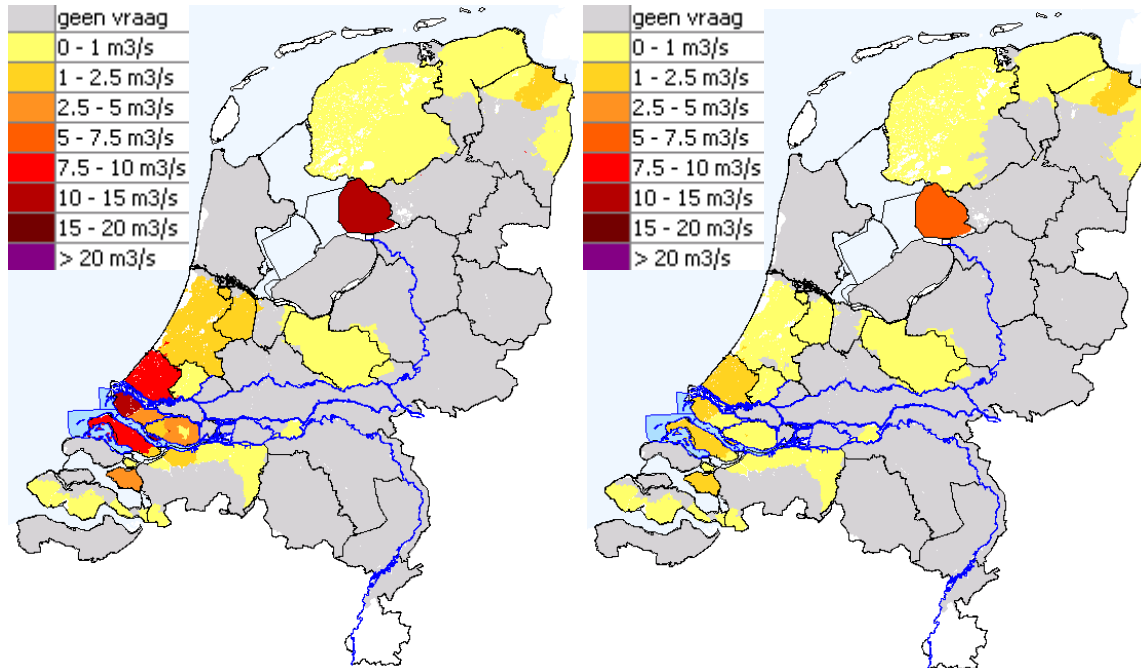
Op hoofdlijnen is onderscheid te maken in acties om de modellering van chloride in NHI te verbeteren, en verbeteringen van invoergegevens en schematisatie naar aanleiding van het gebruik van NHI in het Deltaprogramma-Zoetwater.

Voor NHI 2.2. zijn de volgende verbeteringen voor het regionale oppervlaktewater van belang:

- Verfijning van districten op aangeven van de lokale waterbeheerders, om de regionale watervraag en de waterverdeling beter te simuleren. Het gaat hierbij om de districten in Friesland en om enkele districten in Brabant.
- Afsplitsen van enkele diepe droogmakerijen als apart district, zodat de NHI-resultaten meer lokale differentiatie in chlorideconcentraties laten zien in het regionale oppervlaktewater en ook in het hoofdsysteem. Dit betreft polder Groot-Mijdrecht, de Haarlemmermeer, de Noordplaspolder en de Tempelpolder.
- De update van diverse invoergegevens op basis van feedback van waterbeheerders op NHI-resultaten in het Deltaprogramma-Zoetwater. Het gaat om gegevens ter verbetering van de simulatie van de waterverdeling en de watervraag, zoals district-inlaatcapaciteiten en doorspoelingsgegevens.
- De koppeling van districten aan het netwerk met lozingssleutels en onttrekkingsleutels is op een enkele lokatie aangepast.
- Aanpassingen aan de software (Mozart), waarbij een tweetal bugs zijn verholpen. Dit wordt verder onder het hoofdstuk 'Software' beschreven.



- De software is aangepast zodat beide oppervlaktewatermodules (DM en Mozart) op dezelfde manier de open water verdamping berekenen uit de invoergegevens (referentieverdamping) van KNMI.
- Modellering van stedelijk gebied.



Figuur 2.20 Doorspoeldebieten in m³/s per decade voor NHI 2.1 (links) en NHI 2.2 (rechts)

In het onderstaande worden deze wijzigingen nader toegelicht.

Districtsschematisatie Friesland

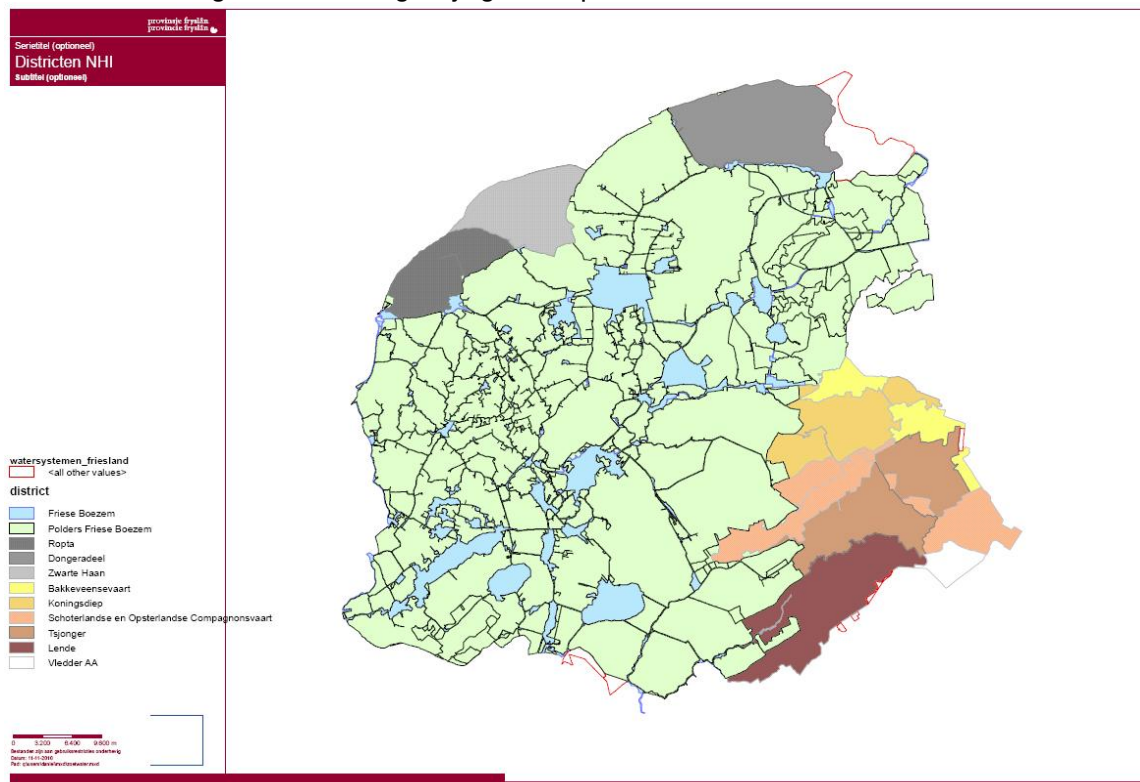
Het wetterskip Fryslan heeft naar aanleiding van de validatie van NHI voor de waterschappen (STOWA, 2010) eind november 2010 informatie aangeleverd over een aanpassing van de districtsgrenzen. Dit betreft een opsplitsing van district 2 (Het Bildt) in twee afzonderlijke districten, en een opdeling van het zuidoostelijk deel van Friesland in een aantal kleinere districten. De lsw-indeling is alleen in dit zuidoostelijk deel van Friesland aangepast, maar voor het overige ongewijzigd gebleven. De informatie was te laat om beschikbaar om nog in NHI versie 2.1 mee te nemen, en wordt daarom nu in versie 2.2 meegenomen. De aangepaste districtsindeling is weergegeven in **Error! Reference source not found.** afkomstig van het waterschap. De aanpassingen zijn samengevat in de volgende tabel.

Tabel 2-8 Aanpassing districtsindeling Friesland

Oud district (NHI 2.1)	Nieuwe districten (NHI 2.2.)	Opmerking
1, Friesland	1 Friesland	Grootste deel van het oorspronkelijke district Friesland
	201 Lende	
	202 Tjonger	
	203 Vledder Aa	
	204 Schoterland-Opsterland	
	210 Bakkeveense Vaart	
2 Het Bildt	207 Ropta	
	206 Zwarte Haan	



District 109, Dongeradeel, is ongewijzigd ten opzichte van NHI 2.1.



Figuur 2.21 Districtsindeling Friesland in NHI2.2

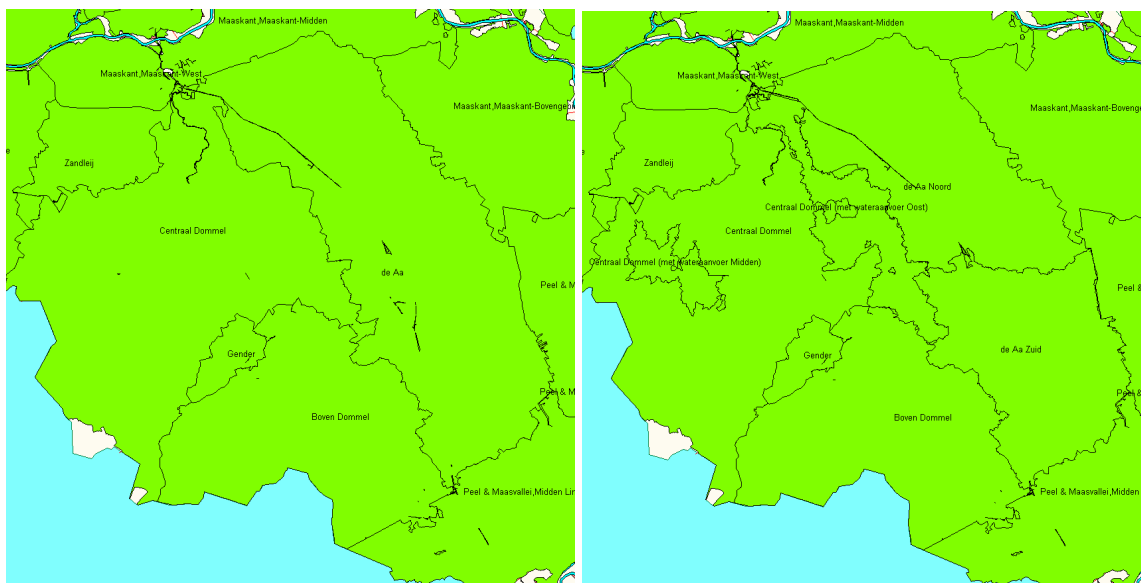
Districtsschematisatie Brabant

In Brabant is district 63, de Aa, gesplitst in twee districten en ook de schematisatie van het distributiemodel is hierop aangepast. De Aa wordt namelijk bij Helmond via de ZuidWillemsvaart geleid, en even later weer afgesplitst waarbij in principe al het water uit het zuidelijk deel dat bij Helmond op de ZuidWillemsvaart geloosd wordt, ook weer onttrokken wordt. In NHI 2.1. is dit effect nooit zichtbaar geweest, omdat de Aa als één groot district is gemodelleerd. De regionale dienst Noord-Brabant van RWS heeft aangegeven de schematisatie graag meer bij de werkelijkheid aan te laten sluiten. Daarom is district De Aa gesplitst in een zuidelijk deel (dat loost bij Helmond) en een noordelijk deel. De grens is langs de huidige lsw-indeling gelegd.

Verder zijn de wateraanvoergebieden in district 71, Centraal Dommel, afgesplitst van de rest van het district. Dit is nader toegelicht in de volgende tabel en in figuur 2.22.

Tabel 2-9 Aanpassing districten Brabant

Oud district (NHI 2.1)	Nieuwe districten (NHI 2.2.)	Opmerking
63 de Aa	63 De Aa, Noord	
	631 De Aa, Zuid	
71 Centraal Dommel	71 Centraal Dommel	Deel van het oorspronkelijke district zonder wateraanvoermogelijkheid
	711 Centraal Dommel Oost	Oostelijk gebied met wateraanvoer vanuit het Wilhelminakanaal
	712 Centraal Dommel Midden	Centraal gebied met wateraanvoer uit het Wilhelminakanaal



Figuur 2.22 Districtsindeling Brabant in NHI 2.1(links) en NHI 2.2 (rechts).

Voor de watervraag zal deze districts-aanpassing een gering effect hebben; de watervraag aan het netwerk kan licht toenemen. De lsw's met wateraanvoermogelijkheid waren zowel in peilbeheerste gebied (Friesland) als in het vrij-afwaterend gebied in Brabant al gemodelleerd als peilbeheerst gebied, dit is ongewijzigd t.o.v. NHI versie 2.1. Het mogelijke verschil in de watervraag ontstaat doordat de vereffening binnen een district, waarbij lsw's met een watervraag eerst water gebruiken van andere lsw's in hetzelfde district die een overschot hebben, nu over een kleiner district gebeurt. Daardoor kan er eerder een watervraag aan het netwerk worden gesteld.

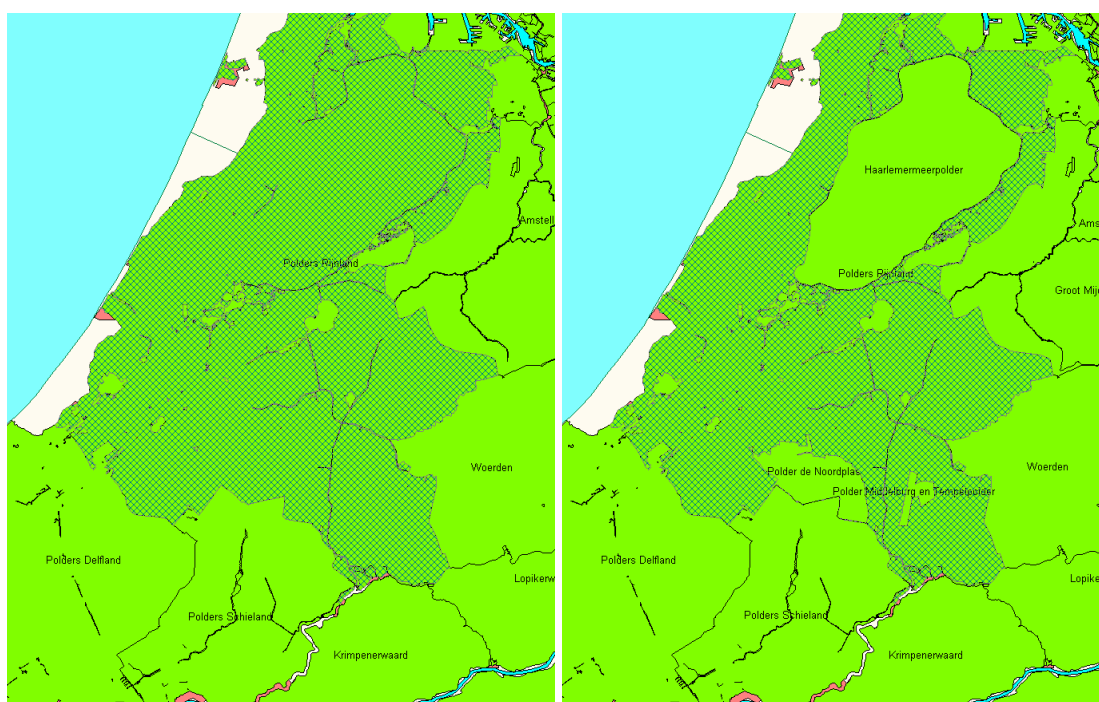
Districtsaanpassingen voor zout

In West-Nederland zijn een aantal droogmakerijen met flinke zoutlast nu onderdeel van grote districten. Dit betekent dat de lokaal sterk verschillende zoutgehaltes van de lozingen van de lsw's eerst intern in het district gemiddeld worden, en dan op één of meer punten in het netwerk geloosd worden met de gemiddelde districtsconcentratie. Hierdoor verdwijnt veel ruimtelijk detail. Daarom zijn enkele droogmakerijen in NHI 2.2. als apart district geschematiseerd, en is waar nodig ook een extra knoop in DM toegevoegd zodat regionale verschillen in zoutbelasting iets beter zichtbaar worden. In de aanstaande ronde met de regionale waterbeheerders over afstemming van netwerk- en districtsschematisaties in het kader van Deltamodel en overstap naar Sobek-netwerkschematisaties wordt dit verder opgepakt. De nu uitgevoerde aanpassing is dus slechts een eerste stap.

In NHI 2.2. betreft het de polders Groot-Mijdrecht, Haarlemmermeer, polder Noordplas en de Tempelpolder. Deze polders zijn afgesplitst van respectievelijk district 39 (Amstelland) en district 38 (polders Rijnland). De knip is langs bestaande lsw-grenzen gelegd, dus de lsw-indeling is niet aangepast. De districtsschematisatie in NHI 2.1. en NHI 2.2. wordt getoond in figuur 2.23.



Oud district (NHI 2.1)	Nieuwe districten (NHI 2.2.)	Opmerking
38 Rijnland	38 Rijnland	Restant van het district zonder de afgesplitste delen
	211 Haarlemmermeer	
	381 Polder Noordplas	
	213 Middelburg- en Tempelpolder	
39 Amstelland	39 Amstelland	Amstelland exclusief Groot-Mijdrecht
	212 Groot Mijdrecht	



Figuur 2.23 Districtsindeling West Nederland in NHI 2.1(links) en NHI 2.2 (rechts). (district Rijnland is gearceerd)

Het effect van deze opsplitsing in kleinere districten zal qua waterbalans, vraag en lozing op het netwerk nihil zijn. De zoutproblematiek wordt door deze aanpassing in de districtsschematisatie (en bijbehorende aanpassing in de netwerkschematisatie) wel beter in beeld gebracht.

Diverse kleine aanpassingen

Op basis van de knelpuntanalyse Zoetwater en de bespreking ervan met de regio, zijn een aantal onjuistheden in de modelinvoer aan het licht gekomen. Deze zijn in NHI 2.2. aangepast. Verder is nog een aantal opmerkingen verwerkt uit de STOWA – validatie van NHI, die in NHI 2.1 niet meer konden worden meegenomen. Hieronder zijn de aanpassingen weergegeven:

- De inlaatcapaciteit van district 45, Krimpenerwaard, is gecorrigeerd van 2.9 m³/s naar 4.5 m³/s. Tekorten die bij de eerste analyses voor het Deltaprogramma-Zoetwater voor dit district berekend werden, zullen hierdoor kleiner worden of verdwijnen.
- De opgegeven waarden voor doorspoeling van de Noordoostpolder bleken inclusief de kwel te zijn. De kwel is door het waterschap in de regionale knelpuntanalyse Zoetwater geschat op 4.7 m³/s. De totale doorspoeling van de NoordOostpolder in



NHI is verlaagd van 11.6 m³/s naar 6.9 m³/s door de doorspoelvraag van de Isw's in de NoordOostpolder die doorgespoeld kunnen worden naar rato te verlagen.

- Informatie van waterschap Hollandse Delta over de huidige inlaat- en lozingscapaciteiten van inlaatpunten in het beheersgebied van het waterschap is verwerkt in de NHI-invoer voor de districten op IJsselmonde, Hoeksche Waard, het eiland van Dordrecht, Goeree-Overflakkee, en Voorne-Putten (in de DwKeys file). Voor de aangegeven RWZI lozingen in districtswater is verondersteld dat deze via de modellering stedelijk gebied meegenomen worden.
- Informatie van waterschappen Aa en Maas, en Peel en Maasvallei over inlaatcapaciteiten van districten langs het Wilhelminakanaal, de ZuidWillemsvaart, Noordervaart, Peelkanaal en Helenavaart is verwerkt in de NHI invoer (in de file waarin de koppeling van districten aan het netwerk is aangegeven: de DwKeys file). In de rapportage over de regionale toetsing voor het Aa en Maas (STOWA, 2011) is opgemerkt dat er twijfels zijn over districtsgrenzen, maar deze opmerkingen zijn niet verder gespecificeerd en dus niet in NHI 2.2. meegenomen. In toekomstige overleggen met de regionale waterbeheerders kan dit alsnog nader worden gespecificeerd als het nodig is voor versie NHI 3.0...
- Informatie van RWS-DIJG over capaciteiten van kunstwerken die districtswater inlaten of uitlaten is nagelopen. Alle inlaat- en uitlaatcapaciteiten bleken (in geaggregeerde vorm) reeds correct in de NHI invoer te zijn opgenomen.
- Inlaatcapaciteit Grebbesluis (district 28) is gewijzigd van 999 (onbeperkt) naar 3.0 m³/s op basis van Midden-NL fact-sheets (Delta Advies, via RWS-DON en RWS-Utrecht)
- Inlaatcapaciteit BonteMorgen (district 93) is gewijzigd van 999 (onbeperkt) naar 1.0 m³/s. De inlaat uit het Betuwepand ARK (inlaat Drielandenpunt, capaciteit 0.35 m³/s) is toegevoegd op basis van informatie van RWS-DON en RWS-UT.

Open water verdamping

In NHI versie 2.1 gebruikte Mozart de opgegeven referentie verdamping in de invoer direct, zonder correctiefactor. Er waren wel decade-afhankelijke correctiefactoren beschreven in MOZART als de in de invoer opgegeven verdamping Makkink gegevens betroffen in plaats van Penman gegevens, maar deze werden niet gebruikt. In NHI 2.2 is dit gewijzigd: door een vlag in de Mozart invoer aan te zetten worden deze factoren nu ook gebruikt. Deze aanpassing heeft het effect dat de open water verdamping in de zomer in NHI 2.2. groter is dan in NHI 2.1. De watervraag van de districten zal door deze aanpassing dus toenemen.

In een Future-Water rapport voor STOWA wordt aanbevolen om voor open water verdamping de methode van de Bruijn en Keyman te gebruiken. Dit vereist o.a. stralingsgegevens. De enige manier om dit in de toekomst te kunnen realiseren is om KNMI te vragen behalve de (Makkink) referentieverdamping ook de open water verdamping volgens de Bruijn en Keyman als grid op te leveren. Hierin is nu niet voorzien.

Stedelijk gebied

De waterbalans voor het stedelijk gebied werd in versie 2.1 afgehandeld in Metaswap; in versie 2.2 gebeurt dit door Mozart. Dit wordt bij de paragraaf 'Software' nader toegelicht.

2.5.3 Conclusie

In de schematisatie van het regionale oppervlaktewater is een beperkt aantal wijzigingen doorgevoerd. Uit gebruik van NHI voor de knelpuntanalyse Zoetwater en het rondje bezoeken aan regionale diensten van Rijkswaterstaat is een aantal verbeterpunten naar voren gekomen. Bovendien is een aantal opmerkingen uit de regionale toetsing door STOWA (2011) meegenomen, die niet meer in versie 2.1 kon worden verwerkt, zoals de verbetering



van district-netwerkkoppelingen inclusief inlaat- en lozingscapaciteiten, en de opdeling van district Friesland in een aantal kleinere districten. Verder zijn verbeteringen doorgevoerd in de districtsschematisatie om iets meer detail qua zout te kunnen laten zien op zowel district- als netwerkniveau.

2.6 Oppervlaktewater hoofdsysteem

2.6.1 Inleiding

Het landelijk oppervlaktewater hoofdsysteem is in NHI gemodelleerd met het distributiemodel DM. Het hoofdsysteem is geschematiseerd als een netwerk van orde 150 knopen en 150 takken. Uit de toepassing van NHI voor het Deltaprogramma-Zoetwater is een aantal aanbevelingen naar voren gekomen. Bovendien is de NHI-modellering in DM doorgesproken met een aantal regionale diensten van Rijkswaterstaat. Op basis hiervan zijn verbeteringen doorgevoerd in de schematisatie ten behoeve van de waterverdeling tijdens droogte. Verder is de netwerkschematisatie van DM op enkele plekken gewijzigd met het doel de modellering van zoutindringing te verbeteren. De uitgevoerde aanpassingen in de DM modellering en schematisatie voor NHI 2.2. worden beschreven in de volgende paragraaf.

2.6.2 Verbeteringen waterverdeling en effecten

In NHI 2.2. zijn de volgende wijzigingen voor het oppervlaktewater hoofdsysteem doorgevoerd:

- Aanpassing van de schematisatie van de Maas: om praktische redenen is besloten de DM-schematisatie bij Monsin te laten beginnen in plaats van bij Sint Pieter.
- IJsselmeergebied: de schematisatie is ruimtelijk iets gedetailleerd (bv. Den Oever en Kornwerderzand als aparte takken zichtbaar, Markermeer en Eemmeer apart) en het gewenste debiet Markermeer-Noordzeekanaal is aangepast.
- Twentekanaalen: de schutverliezen zijn als aparte tak expliciet zichtbaar gemaakt, en de koppelingstabel van de districten aan het netwerk (lozings sleutels) is hier op aangepast.
- Diverse verbeteringen naar aanleiding van analyses in het Deltaprogramma Zoetwater en informatie van de regionale beheerders, waaronder regionale diensten van Rijkswaterstaat.
- Betere modellering van zout door (in beperkte mate) de DM schematisatie te verfijnen (bv. Spaarndam), en het toevoegen van zout-zoet sluizen en lek/schutverliezen aan de DM-schematisatie.

Hieronder worden de wijzigingen in NHI 2.2. nader toegelicht.

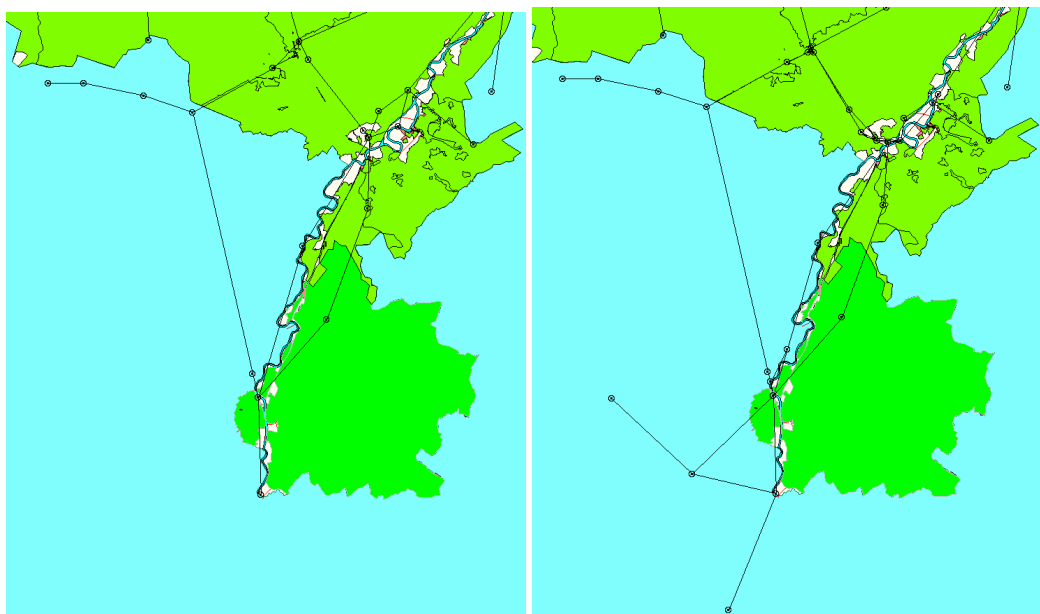
Schematisatie Maas

Voor de Maas was er al enige tijd discussie over het beginpunt van de schematisatie. De afvoerscenario's worden altijd voor Monsin gegenereerd. Die afvoer staat ook bekend als de 'ongedeelde Maasafvoer'. In het model werd de afvoer van Sint Pieter gebruikt, net bovenstrooms van de splitsing Grensmaas-ZuidWillemsvaart-Julianakanaal, maar benedenstrooms van de splitsing Maas-Albertkanaal. De afvoerscenario's voor Monsin moesten voor de berekening met NHI dus altijd worden omgezet, conform het Maasafvoeroverdrag, naar afvoeren bij Sint Pieter. Aangezien deze slag niet volledig geautomatiseerd was, was dit foutgevoelig en kostte dit tijd. Omzetting van de schematisatie zorgt ervoor dat de Monsin-afvoeren direct gebruikt kunnen worden, waardoor het gebruik van nieuwe scenario's rivierafvoeren wordt vereenvoudigd.



Omdat het Distributiemodel in NHI 2.2. bij Monsin begint, zijn meteen de regels van het Maasafvoeroverdrag in het model opgenomen. Volgens de informatie van RWS-Limburg wordt in de praktijk iets meer water ($4 \text{ m}^3/\text{s}$) via het Albertkanaal naar België gestuurd en iets minder via het kanaal Bocholt-Herentals; ook dit is nu in DM opgenomen. Met informatie van RWS-Limburg is ook de prioriteitsstelling en waterverdeling via ZuidWillemsvaart (Smeermaas), Grensmaas en Julianakanaal in NHI 2.2. aangepast.

Op basis van informatie van RWS-Limburg en RWS-Brabant en het rapport regionale verdringingsreeks Brabantse en Limburgse kanalen, is het schutverlies bij Panheel toegevoegd ($2.5 \text{ m}^3/\text{s}$) en zijn de prioriteiten van de schutverliezen in de regionale kanalen in Brabant en Limburg flexibeler gesteld (in plaats van 1 gewenst debiet bij een bepaalde prioriteit, nu een stapsgewijs toenemend debiet bij verschillende prioriteiten). Dit omdat het sluisbeheer in perioden van beperkte waterbeschikbaarheid aangepast wordt en er dan anders gesloten wordt (met minder schutverliezen). Als resultaat zullen de debieten bij Panheel (Wessem-Nederweert) in NHI 2.2. realistischer worden gesimuleerd dan in NHI 2.1. Het schutverlies en pompdebiet bij Panheel zijn nu ook apart zichtbaar.



Figuur 2.24 Schematisatie Maas in NHI 2.1. (links) vanaf St. Pieter en NHI 2.2 (rechts) vanaf Monsin.

IJsselmeergebied

In het IJsselmeergebied is een aantal aanpassingen doorgevoerd, op basis van overleg met de regionale diensten IJsselmeergebied en Noord-Holland. Dit overleg betrof aanvankelijk de aanpassing van het gewenste debiet van het Markermeer naar het Noordzeekanaal. DIJG heeft in het overleg aangegeven dat zij graag meer detail in de schematisatie van het Distributiemodel zou willen zien. Voor het merendeel wordt dit gerealiseerd bij de overgang naar Sobek, maar ook met betrekking tot DM in NHI 2.2. is nu een aantal aanpassingen doorgevoerd. Samen gaat het om de volgende wijzigingen:

- Het IJsselmeerooppervlak is met 2.16 km^2 vergroot (Vollenhover en Kadoelermeer toegevoegd)
- Voor Den Oever en Kornwerderzand zijn aparte takken in de DM-schematisatie opgenomen.
- Voor het Markermeer werd in NHI 2.1. overtollig water bij voorkeur naar het IJsselmeer geloosd, maar met een capaciteitsbeperking op basis van de waterstand in Markermeer en IJsselmeer. In NHI 2.2. is de capaciteitsbeperking verwijderd,

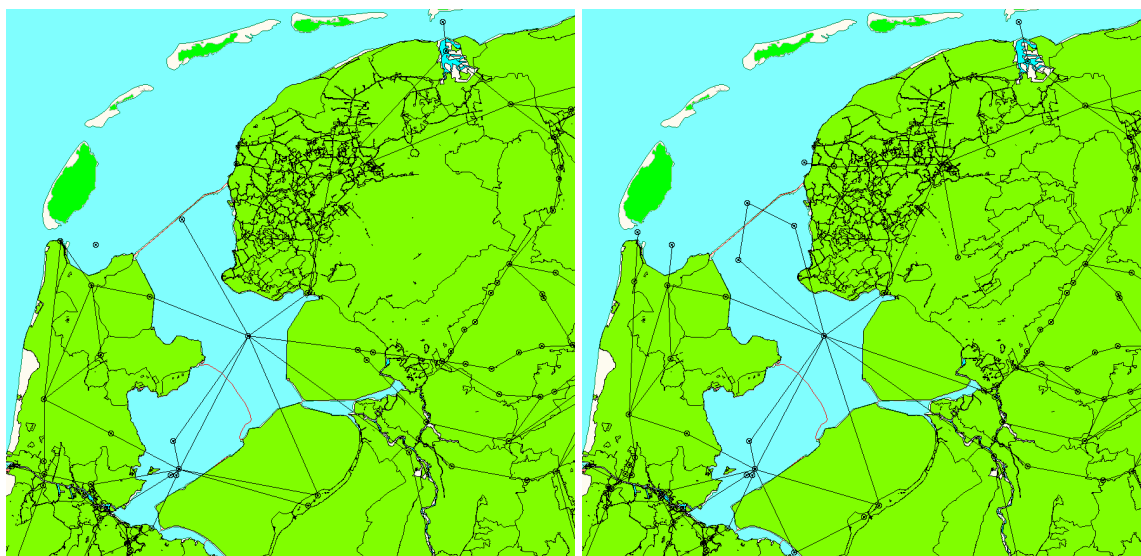


omdat de overheersende windrichtingen toch zorgen voor scheefstand op de meren waardoor bij de Houtrib- en Krabbersgatsluizen voldoende verhang is om ook inderdaad via het IJsselmeer te lozen. Windeffecten kunnen niet expliciet in DM meegenomen worden (wel in Sobek).

- Voor verfijnde berekening van de chloridemodellering is het deel IJsselmeer achter de sluizen bij Den Oever en Kornwerderzand als aparte knoop afgesplitst van de oorspronkelijke knoop IJsselmeer. Daarbij is ervoor gezorgd dat het oppervlak en volume in de nieuwe situatie gelijk is gebleven aan de oude situatie.
- In NHI 2.2. is het Eemmeer als aparte knoop opgenomen; in NHI 2.1. was het Eemmeer opgenomen in de knoop Markermeer. Dit is vooral ingegeven vanuit waterkwaliteitsoverwegingen, om zo de lozing van de Eem (district Vallei en Eem) apart op het Eemmeer te kunnen zien, en niet direct op het grote Markermeer te zetten. Het Eemmeer is daarbij op 10% van het oorspronkelijke Markermeer oppervlak en volume gesteld.
- Het gewenst debiet van Markermeer naar Noordzeekanaal is verlaagd tot maximaal 20 m³/s. Dit in overleg met de RWS-regionale diensten en conform de praktijk in 2003 en de droge periode april-juni 2011. Dit wijkt af van de documentatie van de regionale verdringingsreeks Noord-Nederland (2009), waarin voor doorspoeling nog een debiet tot 40 m³/s is opgenomen (voor tegengaan zoutindringing).
- Volgens informatie van DIJG is er geen sprake van doorspoeling van de randmeren door water vanuit het Markermeer via Flevoland (gemaal Lovink) naar het Veluwemeer te sturen. Via deze route wordt alleen water aangevoerd naar de randmeren als het peil te laag wordt. Het gewenst debiet in de zomer voor deze tak is dus op nul gezet. Het gewenst debiet van de randmeren naar Eemmeer-Markermeer is wel gehandhaafd (schutverliezen van vooral pleziervaart in de zomer), dus in droge perioden zal hierdoor nog steeds water via gemaal Lovink aangevoerd worden, maar niet continu, en minder dan in NHI 2.1.
- Afvoercapaciteit van Friesland naar IJsselmeer is vergroot van 160 naar 180 m³/s, conform specificatie van DIJG.

Friesland

Zoals in de vorige paragraaf beschreven, is de districtsschematisatie van Friesland conform de eerder aangegeven indeling van het waterschap aangepast. In combinatie hiermee is ook de DM-schematisatie uitgebreid met een paar extra knopen en takken, om in de Friese boezem de nieuwe districten ook op andere plekken te kunnen aantakken. Verder is de aanpassing ook benut om de zoutmodellering (zout-zoet sluizen) beter zichtbaar te kunnen maken in de DM schematisatie.



Figuur 2.25 Schematisatie IJsselmeergebied en Friesland in NHI 2.1(links) en NHI 2.2 (rechts).

Twentekanaal

Bij de toetsing van NHI 2.1. bleek het bij Eefde aangevoerde debiet naar het Twentekanaal in het model veel lager dan de gemeten aanvoer in 2003. Voor een deel is dit veroorzaakt doordat in NHI 2.1. het berekende netto aanvoerdebiet (pompdebiet verminderd met schutverlies) werd vergeleken met het pompdebiet. Het schutverliesdebiet is in NHI 2.1. niet als takdebiet zichtbaar. In NHI 2.2. zijn bij Eefde twee aparte takken gemaakt, één tak die aanvoer via de pompen representeert, en één tak die afvoer voorstelt. Op de afvoertak is ook het schutverlies opgelegd. Door deze wijziging is het gemeten pompdebiet bij Eefde nu beter te vergelijken met het door NHI berekende debiet. Omdat het schutverlies bij Eefde ongeveer $2 \text{ m}^3/\text{s}$ is, zal NHI 2.2. in droge situaties meer water aanvoeren dan NHI 2.1..

Verder zijn de lozingssleutels voor districten langs het Twentekanaal aangepast. In NHI 2.1. bleken de lozingssleutels voor 'hoog water' op de IJssel te zijn geïmplementeerd. De HKV rapportage over het distributiemodel (2009) noemt ook lozingssleutels voor 'laag water' op de IJssel. In NHI 2.2. is nu een tijdsafhankelijke lozingssleutel geïmplementeerd: voor de wintermaanden de lozingssleutels 'hoog water op de IJssel' net zoals in NHI 2.1., maar voor de zomermaanden de 'laag water' lozingssleutels. Het effect van deze aanpassing is dat er in de zomermaanden minder water op het Twentekanaal wordt geloosd en meer op de IJssel. In een droge zomer als 2003 gaat het dan om ongeveer 0.5 à $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$. Het effect is dat er bij Eefde dus meer gepompt moet worden om aan de watervragen te voldoen.

Acties naar aanleiding van ervaringen met het gebruik van versie 2.1

Op basis van de ervaringen met het gebruik van NHI versie 2.1 in het deelprogramma Zoetwater en diverse bezoeken bij de regionale diensten van Rijkswaterstaat, is de schematisatie van het Distributiemodel op de volgende punten gewijzigd:

- Voor Zeeuws-Vlaanderen is de DM schematisatie gewijzigd zodat het district Zeeuws-Vlaanderen aan een interne DM knoop gekoppeld kan worden, in plaats van aan een randknoop. Toelichting: bij het Deltaprogramma-Zoetwater is gebleken dat, hoewel in NHI de DM-schematisatie geen wateraanvoermogelijkheid voor district Zeeuws-Vlaanderen had, Mozart toch geen tekorten liet zien en veronderstelde dat alle vragen konden worden voorzien. Dit is verholpen door een correcte manier van schematiseren waarbij het district voor water-inlaat niet is gekoppeld aan een geïsoleerde DM-randknoop, maar aan een 'normale' DM knoop die een minimale



hoeveelheid water ontvangt vanuit België. Het district laat in NHI 2.2. wel grote tekorten zien (mogelijk te grote tekorten omdat de aanvoer vanuit België onderschat is)

- Drink- en industriewateronttrekkingen zijn gewijzigd op basis van recente informatie verzameld binnen de knelpuntanalyse Zoetwater. De wijzigingen zijn:
 - o Inname Waternet bij Nieuwegein van knoop 6039 (ARK) is verplaatst naar 6040 (ARK/Beatrixsluizen/Lekkanaal) onttrekking 3.2 m³/s (oud: 5.6 onttrekking en 3.1 lozing)
 - o onttrekking van knoop 6013 (Dunea Brakel) is verhoogd van 2.0 naar 2.5 m³/s
 - o onttrekking van knoop 6014 (Evides Gat vd Kerksloot) is verhoogd van 6.0 naar 6.2 m³/s
 - o onttrekking van knoop 6007 (WML Heel) is toegevoegd 0.5 m³/s
 - o onttrekking van knoop 6026 (Dordsche Kil; oeverinfiltratiewinningen) is opgehoogd tot 0.2 m³/s
 - o onttrekking van knoop 6033 (Schoonhoven e.o; oeverinfiltratiewinningen) is verlaagd tot 1.0 m³/s
 - o onttrekking van knoop 6016 (Evides Scheelhoek) is toegevoegd: 0.2 m³/s
 - o onttrekking van knoop 6004 (Roosteren oeverinfiltratie) is toegevoegd: 0.2 m³/s
- Voor het Brielse Meer is de watervraag voor drink- en industriewater expliciet toegevoegd in DM. Toelichting: Volgens een balans van het Brielse Meer voor de zomer van 2003, ontvangen van waterschap Hollandse Delta, is de onttrekking uit het Brielse meer in die periode in totaal orde 12 m³/s geweest (tot 4 m³/s voor Delfland, tot 6 m³/s voor Voorne-Putten, en 2 m³/s voor WBE). De inlaatcapaciteit van 23 m³/s bij Bernisse is dus voldoende om ook bij kortdurende inlaatbeperkingen (zoutindringing) voldoende zoet water beschikbaar te hebben. De onttrekking van WBE (Evides / Essent) zal in de toekomst naar verwachting sterk toenemen volgens KWR. De watervraag van Europoort/Maasvlakte zat nog niet als onttrekking in NHI 2.1. (er werd in het deelprogramma Zoetwater vooral gekeken of de inlaat bij Bernisse qua chloride bruikbaar is), en is in NHI 2.2. expliciet gemaakt.
- De verdeling van inlaten naar het Amsterdam-Rijnkanaal via de Irenesluizen en Beatrixsluizen is aangepast na consultatie van RWS-NoordHolland en Waternet. Door een vergelijking met beschikbare metingen bleek dat in NHI 2.1. via beide takken in totaal in normale situaties te veel werd aangevoerd (meer dan gemeten). In NHI 2.2. is de aanvoer gereduceerd: via de Irenesluizen wordt in normale situaties nu orde 10 m³/s ingelaten, en via de Beatrixsluizen orde 5 m³/s. De drinkwateronttrekking Nieuwegein (vlak achter de Beatrixsluizen) is in het model opgenomen.
- Voor de Bernhardsluizen (tussen Waal en Betuwepand van het ARK) is het schutverlies voor normale omstandigheden toegevoegd (1 m³/s van Waal via Betuwepand naar Nederrijn-Lek). Verder is de mogelijkheid toegevoegd dat bij grote watervragen er water via de Waal en Betuwepand kan worden aangevoerd naar het noorden. Toelichting: In situaties van lage rivierafvoeren gaan de Bernhardsluizen open, en bij veel watervragen via ARK naar het noorden (bijvoorbeeld als de KWA-aanvoer in bedrijf is) wordt dan extra water van de Waal via het Betuwepand aangevoerd. In DM is geïmplementeerd dat bij watervragen boven de 20 m³/s aan het stuwpand Hagestein er water via de Waal kan worden aangevoerd.
- De afvoercapaciteit van het Twentekanaal bij Eefde is vergroot van 174.4 naar 200 m³/s, op aanwijzing van RWS-DON.
- De knoop Aadorp is toegevoegd, zodat de scheiding tussen Twentekanaal (in beheer bij RWS-DON) en water van de regionale waterbeheerder precies bij deze knoop ligt.



- Op basis van informatie uit de regionale verdringingsreeks Brabant en Limburg, en informatie van RWS-DON zijn enkele vaste lozingen en onttrekkingen aangepast dan wel toegevoegd. Op de IJssel zijn de RWZI lozingen van de RWZI's Brummen-Apeldoorn, Terwolde, Heerde, Hattem toegevoegd als lozing op DM knoop 6044 en 6045 (in totaal 1.1 m³/s). In Brabant en Limburg zijn op basis van de informatie uit de regionale verdringingsreeks (Arcadis rapportage bijlage 3.4.4) de volgende lozingen en onttrekkingen gedefinieerd:
 - o knoop 6001 (M1 Borgharen: Sappi, Enci, Berlikum) lozing 2.0 m³/s, onttrekking 1.9 m³/s.
 - o knoop 6004 (M2 Grensmaas: DSM lozing 2.2 m³/s)
 - o knoop 6008 (M3 Linne Roermond: Solvay, Appeven; onttrekking 0.3 m³/s)
 - o knoop 6009 (M4 Roermond Belfeld onttrekking 0.8 m³/s)
 - o knoop 6003 (JK Julianakanaal: DSM e.a.; onttrekking 3.0, lozing 0.3 m³/s)
 - o knoop 6003 (ZWV2 ZuidWillemsvaart Lozen-Nederweert: Budel, FluorChemicals; onttrekking en lozing 0.3 m³/s)
 - o knoop 5070 (NV Noordervaart; onttrekking 0.1 m³/s)
 - o Opgemerkt wordt dat in het model op sommige van deze knopen al een vaste lozing of onttrekking was gedefinieerd, maar met de opmerking 'herkomst getallen onbekend'. Deze data zijn vervangen door de hierboven genoemde getallen en de opmerking over de onbekende herkomst is vervallen.
- Enkele takcapaciteiten in het beheersgebied van RWS-Utrecht zijn aangepast op basis van informatie uit fact-sheets Midden-NL (via RWS-Utrecht). Dit betreft het Betuwepand ARK (60 m³/s), Irenesluizen ARK en Beatrixsluizen Lekkanaal (beiden 30 m³/s), gemaal de Aanvoerder (6.9 m³/s). De inlaatcapaciteit Kromme Rijn is van 7 m³/s naar 10 m³/s aangepast; de peilafhankelijke relatie die al in DM beschikbaar was is vanaf streefpeil (+3 m NAP) uitgebreid met de genoemde capaciteit.
- De inlaatcapaciteit Kuijkgemaal is aangepast van 5.0 naar 4.6 m³/s bij opvoerhoogte 1 m conform recente informatie (fact-sheet Midden-NL, bron: RWS-DON en RWS-Utrecht)
- De aanvoermogelijkheid van de Amer naar Oosterhout stond uit, en is nu aangezet met capaciteit 1.65 m³/s volgens de regionale verdringingsreeks Brabant-Limburg. De voorkeursroute voor aanvoer naar de Mark blijft wel via het Wilhelminakanaal uit het zuidoosten.
- De gewenste debieten voor schutverliezen op de Brabantse kanalen zijn aangepast. Toelichting: schutverliezen op de Brabantse kanalen zijn volgens het regionale verdringingsreeksrapport goed te sturen door minder te schutten en/of zuinig te schutten in droge perioden. Op basis hiervan zijn de gewenste debieten voor schutverlies flexibeler opgegeven en opgebouwd uit vragen bij verschillende prioriteiten zodat in normale situaties het normale schutverlies gerealiseerd wordt, en in droge situaties een kleiner schutverlies.
- Prioriteiten van gewenste debieten zijn op basis van recente informatie verhoogd voor diverse kanalen. Toelichting: op het Amsterdam-Rijnkanaal bij Utrecht en Weesp is de prioriteit het gewenste debiet (voor koelwater-energievoorziening en zoutindringingsbestrijding) verhoogd van 4 naar 3 conform de informatie van regionale verdringingsreeks en beheerders. Het gewenste debiet van de Zuidersluis bij Utrecht (schutverlies) is toegevoegd en bedraagt 0.4 m³/s. De prioriteit van het gewenste debiet op het Eemskanaal is verhoogd van prioriteit 8 naar prioriteit 3.
- De afvoer van de Bovenmark bij de grens met België is aangepast. Op basis van aangeleverde informatie van het waterschap Brabantse Delta is deze gewijzigd naar $Q_{\text{grens}} = 0.75 * (Q_{\text{blauweKamer}} + Q_{\text{Oranjeboombrug}})$ met $Q_{\text{Oranjeboombrug}} = 0.9 * Q_{\text{blauweKamer}}$. In NHI 2.1. was 100% van de afvoer van de Blauwe Kamer gebruikt, en de afvoer bij de



Oranjeboombrug was nog niet meegenomen. Het effect is dus dat in NHI 2.2. met een grotere afvoer van de Bovenmark bij de grens wordt gerekend.

- De inlaatcapaciteit Zuiderdiep is aangepast van 15 naar 80 m³/s volgens informatie van het waterschap Hollandse Delta. De afvoercapaciteit via een spuisluis naar de Noordzee is vergroot van 30 naar 75 m³/s.
- In verband met vergelijken met meetgegevens (gemeten debieten) is de schematisatie aangepast voor de Aa en de ZuidWillemsvaart Toelichting: de Aa vanaf Helmond is als aparte tak toegevoegd. Het zuidelijk deel van het voormalig district de Aa loost bij Helmond op de ZuidWillemsvaart, en even later wordt datzelfde debiet weer onttrokken en stroomt via de Aa naar het noorden. Om een vergelijking met meetgegevens van de ZuidWillemsvaart bij de Sluis Beek en Donk (ten noorden van Helmond) mogelijk te maken is de Aa daarom als aparte tak toegevoegd.

2.6.3 Verbetering zoutindringing en effecten

Zoutindringing speelt op een aantal lokaties in het rijkswatersysteem en het regionale watersysteem dat in DM is gemodelleerd. Tot dusver is er alleen in de Rijn-Maas monding met zoutindringing gerekend, met behulp van het Sobek-NDB model. Met dat model zijn berekeningen gemaakt en decadegemiddelde chloridekarakteristieken afgeleid, die als invoer in NHI zijn gebruikt. Er is echter nog een flink aantal sluizen waarbij zoutindringing ook een rol speelt. In vorige NHI versies is hier geen rekening mee gehouden, dat wil zeggen het schutverlies en de zoutindringing stond op nul.

In NHI 2.2. zijn voor de lokaties waar zoutindringing bij sluizen relevant is schutverliezen toegevoegd. Dit is gedaan op basis van een kwalitatieve inventarisatie over de voor zoutindringing relevante sluizen. Deze inventarisatie is uitgevoerd door Witteveen en Bos in opdracht van de Waterdienst (2011). Het grootste deel betreft sluizen die de scheiding vormen tussen zoet oppervlaktewater en het zoute buitenwater (de zee). Bij de Parksluizen in Rotterdam, en de sluizen bij Spaarndam en Zaandam betreft het sluizen die regionaal zoet oppervlaktewater scheiden van brak oppervlaktewater (Nieuwe Maas resp. Noordzeekanaal). Bij Parksluizen, Spaarndam, Zaandam en de Julianasluis bij Gouda is dit met extra takken gedaan met opgelegd gewenst debiet. Voor de sluizen bij een zout-zoet grensvlak zijn vaste lozingen op knopen opgedrukt, die schut- en lekverliezen representeren. In een aantal gevallen is hiervoor een extra knoop vlak voor de sluis toegevoegd. Op basis van een belronde langs de waterbeheerders is voor NHI en Deltamodel getracht een redelijke schatting van schutverliezen te maken. Deze schatting zal nog in een vervolgfase (NHI 3.0) nader getest moeten worden door o.a. een uitgebreidere vergelijking met metingen van chlorideconcentraties dan nu voor NHI 2.2. kan gebeuren.

Tabel 2-10 Schatting lek- en schutverliezen bij zout-zoet sluizen

Lokatie	Geschat lek-schutverlies (m3/s)	Opmerking
Lorentssluisen (Kornwerderzand)	0.4	
Stevinssluisen (den Oever)	0.6	
Zeesluizen IJmuiden	1.3	in DM op knoop 6043 1.0 m3/s ter hoogte van Spaarndam, in DM op knoop 6042 0.3 m3/s ter hoogte van Halfweg/Amsterdam De indringing is dus niet bij de sluizen IJmuiden opgelegd (die zal hoger zijn)
Nieuwe Waterweg	nvt	open verbinding
Haringvlietsluizen inclusief Goereesluis haven Stellendam	0.3	
Krammersluizen (Volkerak)	0.3	
Bergse Diepsluis en Kreekraksluizen (Zoommeer)	0.3	in DM als 1 lozing, in Sobek als 2 aparte lozingen
Sluizen Terneuzen (kanaal Gent-Terneuzen)	0.1	
Nieuwe Statenzijl	0.1	
Termunterzijl	0.05	
Zeesluis Delfzijl	0.3	0.2 Eemskanaal, 0.05 Fivelingo, 0.05 Duurswold
Cleveringhsluizen (Lauwersmeer)	0.2	Robbengatsluis
Tsjerk Hiddesluizen (Harlingen)	0.1	
Koopvaardersschutsluis (Den Helder)	0.1	
Amstelmeer (Oostoever)	0.1	
Sluis Zaandam (NNHK-NZK)	0.2	
Schutsluis Spaarndam (Rijnland-NZK)	0.5	
Julianasluis (Gouwe schutverlies)	0.05 (winter) 0.10 0.15 (zomer)	door Rijnland als extra lokatie aangegeven. Als winterperiode is half oktober-half april gehanteerd; de zomerperiode is half mei tot begin september.
Katwijk	0	niet genoemd in inventarisatie Witteveen en Bos
Scheveningen	0	niet genoemd in inventarisatie Witteveen en Bos
Parksluizen (Schie-Nieuwe Waterweg)	0.1	
Voornse sluis (Hollandse Delta – Oude Maas)	0.0	

Voor wat betreft de chlorideconcentraties voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas zijn in NHI standaard de concentraties gefit op basis van de metingen in 2003. Deze relaties zijn van de vorm $C = a + b / Q$.

Volgens KWR (H2O nr 20 – 2009) laten de metingen zien dat er een afnemende trend in chlorideconcentraties bij de grens is. Voor jaren na 2003 levert het fitten van de genoemde relatie kleinere waarden voor de coëfficiënten a en b op. Ook het aantal metingen heeft



trouwens een dalende trend; in hoeverre dit doorwerkt in onzekerheden over de afname van chlorideconcentraties is nog niet onderzocht. Aangezien voor de NHI toepassing vooral de lagere rivieraftoeren van belang zijn, is het belangrijk dat de fit van de gebruikte relatie bij lage aftoeren goed is; dat is nu nog niet altijd het geval. Voor de analyses in het kader van de knelpuntanalyse in het Deelprogramma Zoetwater zullen de relaties tussen de chlorideconcentratie en rivieraftoer bij Lobith en Eijsden opnieuw kritisch bekeken worden. Bij vergelijken met chlorideconcentratiemetingen voor een bepaald jaar is het wenselijk dat de relatie voor dat specifieke jaar gebruikt is.

Effecten op modelresultaten

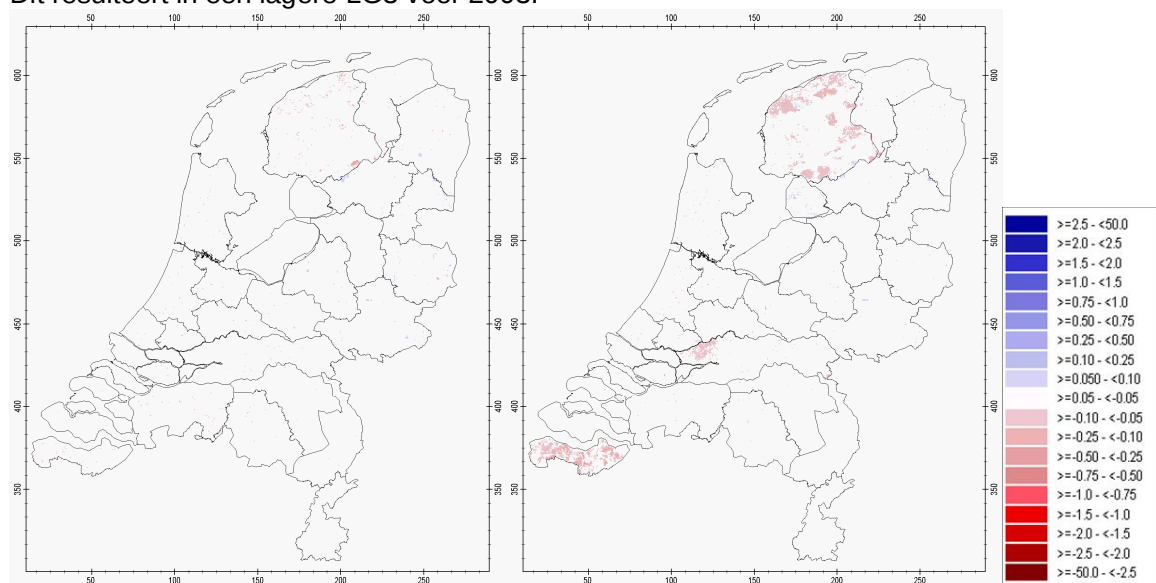
De verbeteringen in het oppervlaktewater hebben effect op de watervraag en daarmee ook op de berekende grondwaterstanden. De effecten op de watervraag van de aanpassingen zijn om technische redenen alleen gelumpd zichtbaar gemaakt in hoofdstuk 3. Wel zijn de effecten van de aanpassingen op het grondwater beschikbaar. Deze worden hier gepresenteerd. Op een aantal plaatsen is er effect op het grondwater, en dan met name op de lage grondwaterstanden. Hieronder worden de belangrijkste verklaringen beschreven.

Friesland: Door de nieuwe indeling van districten is de peilopzet in een aantal gebieden in Friesland verlaagd.

Alblasserwaard: De inlaat locatie in het model is veranderd waardoor de Alblasserwaard van minder water kan worden voorzien.

Zeeuws-Vlaanderen: In 2003 is er te weinig water om het peil te handhaven.

Zeeuws-Vlaanderen: Door het wijzigen van de wateraanvoer uit België is de netto aanvoer verminderd. Er ontstaan nu tekorten in 2003 waardoor het peil niet gehandhaafd kan worden. Dit resulteert in een lagere LG3 voor 2003.



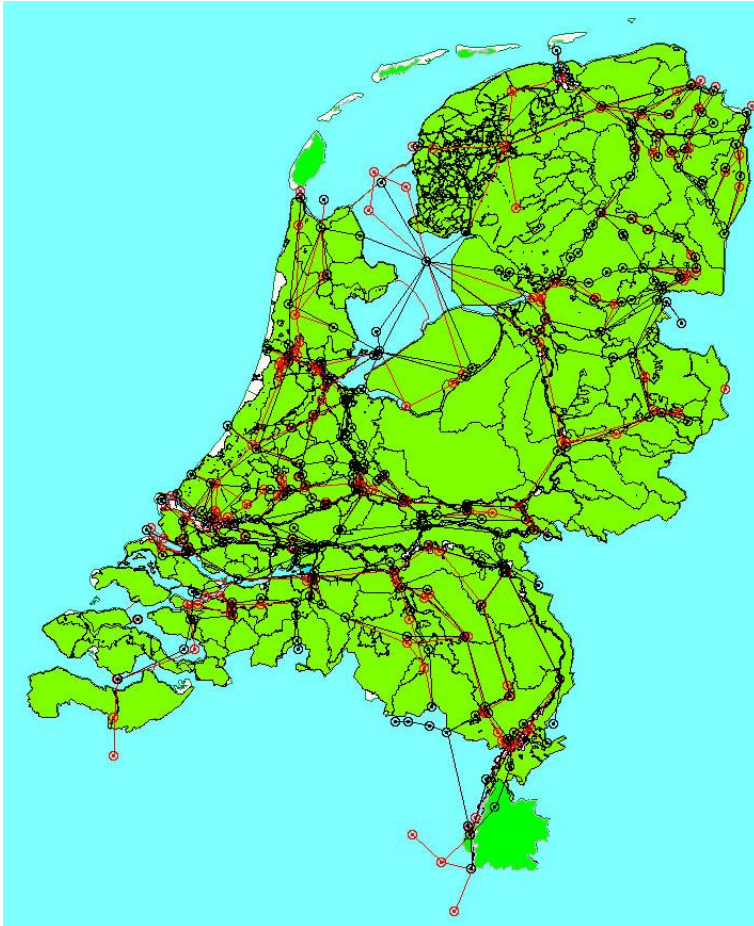
Figuur 2.26 Effect van aanpassingen in oppervlaktewater op de HG3[m] (links) en LG3[m] (rechts) van 2003

2.6.4 Conclusie

In de schematisatie van het oppervlaktewater hoofdsysteem is een aantal aanpassingen verricht om de waterverdeling en de zoutindringing beter te simuleren. Het betreft vooral veel lokale verbeteringen die voortvloeien uit het gebruik van NHI voor de knelpuntanalyse Zoetwater, en uit een rondgang bij de regionale diensten van Rijkswaterstaat. Ook is een aantal opmerkingen nog verwerkt op basis van de regionale inventarisatie van NHI 2.0 (Ogink 2010), die niet meer in NHI 2.1. konden worden meegenomen. Tenslotte is een aantal aanpassingen aan districten en netwerk uitgevoerd om de effecten van zoutindringing bij zout-zoetsluizen beter te kunnen beschrijven.



De volgende figuren geven een overzicht van de belangrijkste wijzigingen in de netwerkschematisatie, die in de voorgaande paragrafen zijn toegelicht. Naar verwachting zal door de aanpassingen de schematisatie beter worden herkend door de regionale beheerders.



Figuur 2.27 Schematisatie districten en netwerk in NHI 2.1 (zwart) en veranderingen in NHI 2.2 (rood)

2.7 Software

2.7.1 Inleiding

Deze paragraaf beschrijft beknopt de aanpassingen in de software in de verschillende onderdelen van het NHI en de effecten hiervan.

2.7.2 Verbeteringen en effecten

Modflow

Voor MODFLOW is de software in versie 2.2 ongewijzigd. Wel is de koppelingsssoftware met Mozart aangepast ten behoeve van de verbeterde afhandeling van zoute wellen in de diepe droogmakerijen.

MetaSWAP

In NHI v2.2 wordt modelcodeversie 7.2.5 van MetaSWAP toegepast. De modelcode is op twee punten gewijzigd ten opzichte van de code van NHI v2.1 (7.1.12T) . Het betreft een verbeterde afhandeling van berekening uit oppervlaktewater in de allocatiefase en het



mogelijk maken om uitvoer in de vorm van NETCDF's te genereren. Daarnaast is de afhandeling van stedelijk in de preprocessing aangepast.

In de allocatiefase werd in MetaSWAP 7.1.12T de berekening uit oppervlaktewater gelijkmatig verdeeld over de decade toegepast, m.a.w. elke dag werd bijvoorbeeld 2 mm berekend ipv op de juiste dag in 1 keer 20 mm zoals in de demandfase. Bovendien werd de informatie over de start van de beregeningsperiode bij de herstart van de allocatiefase niet correct meegenomen. Beide zaken zijn aangepast in MetaSWAP 7.2.5. Als gevolg van deze aanpassing neemt de berekening uit oppervlaktewater af met 5 %.

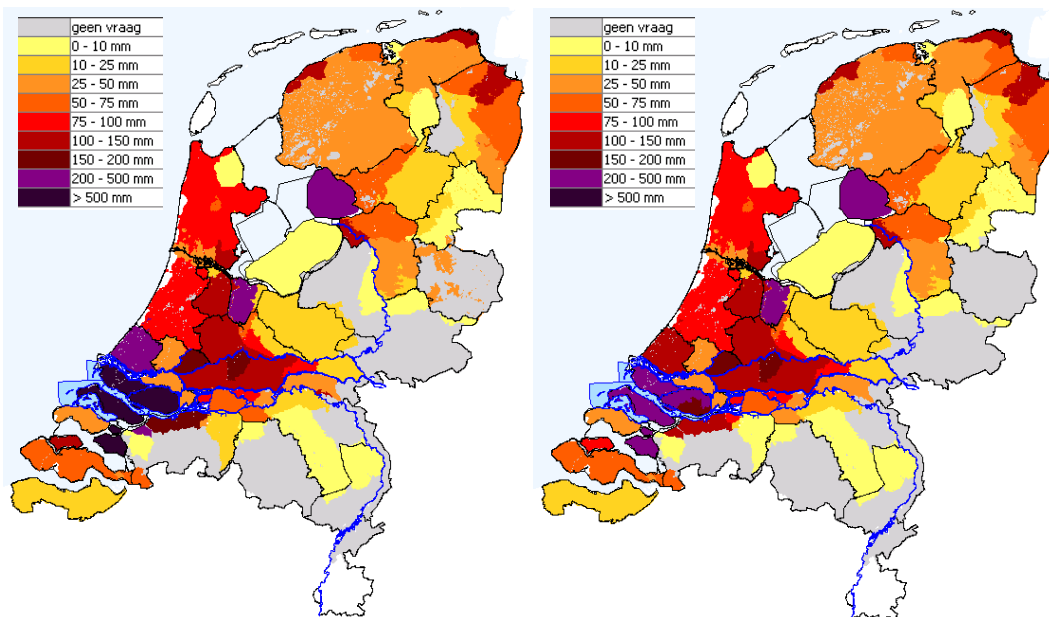
De mogelijkheid om direct NETCDF's te kunnen uitvoeren vanuit MetaSWAP is bedoeld om de resultaten van NHI directer te kunnen laten aansluiten op postprocessingsoftware en visualisatietools. Uiteraard heeft dit geen gevolgen voor de resultaten.

In de preprocessing van MetaSWAP is de manier waarop stedelijk gebied in NHI v2.2 is geschematiseerd aangepast. Eea is beschreven in paragraaf 2.4. De MetaSWAP code zelf is niet aangepast. In de modelcode van MOZART is wel een wijziging doorgevoerd (zie hieronder).

Mozart

In Mozart is correctief onderhoud gepleegd van de software en een wijziging doorgevoerd, in verband met conceptuele wijziging m.b.t. afhandeling van de waterbalans in stedelijk gebied (zoals beschreven in paragraaf 2.4.2). De correctie van de software betrof het herstellen van een fout in de programmatuur die eind februari 2011 is geconstateerd, die doorwerkte in de berekende watertekorten op het niveau van de local surface waters. Deze fout heeft betrekking op de toekenning van water aan de gebruikers in de allocatiefase. Hieronder worden de twee wijzigingen nader toegelicht:

De softwarefout (eind februari 2011) die in versie 2.2 is hersteld, betrof de toekenning van water in de allocatiefase aan de lsw's. Na het (correct) berekenen van de watervraag en toekenning van de watervraag door DM aan Mozart werd water in tekortsituaties onterecht toegekend aan gebruikers in de local surface waters (bijvoorbeeld t.b.v. verdamping van open water). De berekende tekorten in de districten, die grotendeels gebruikt zijn in de verdere analyse, waren wel goed berekend. Maar na nadere analyse van de berekende effecten op het niveau van de local surfacewaters viel op dat in een aantal local surface waters er geen tekorten waren berekend voor peilbeheer, maar dat er toch peilonderschrijdingen werden geconstateerd. In versie 2.1 waren de berekende watertekorten op het niveau van de local surface waters dus te laag. Deze fout werkte door in te laag berekenende grondwaterstanden bij watertekortsituaties. Daardoor had deze fout tot gevolg dat de watervraag in de volgende tijdstap werd overschat, omdat het model dan probeerde het gedaalde peil aan te vullen..De fout is na het ontdekken hersteld (in het kader van de garantieregeling Deltares – Waterdienst) en een aantal analyses is destijds opnieuw berekend met de herstelde software.



Figuur 2.28 Effect van oplossen MOZART 'bug' op de watervraag. Links NHI 2.1, rechts NHI na oplossen van de 'bug'. Met name de watervraag in Zeeland en Zuid Holland is sterk verminderd.

Zoals in paragraaf 2.4.2 beschreven, is de afhandeling van afstroming in het stedelijk gebied geïmplementeerd in Mozart, in plaats van Metaswap. Per LSW is daarvoor een oppervlakte verhard gebied toegekend; tegelijkertijd is de oppervlakte verhard oppervlak in MetaSwap verlaagd. Er wordt aangenomen dat er geen verdamping plaatsvindt, alle gevallen neerslag wordt in dezelfde tijdstap toegekend aan het oppervlaktewater. Naar verwachting worden door deze aanpassing de grondwateraanvulling en daarmee de grondwaterstanden in stedelijk gebied beter berekend.

Distributiemodel:

In DM is een optie toegevoegd om verdampingsinvoer niet rechtstreeks te gebruiken, maar om (bij invoer van Makkink verdamping) met default factoren op identieke wijze als in Mozart de Makkink-referentieverdamping naar open water verdamping te converteren. Door het gebruik van deze optie zal de open water verdamping in de zomer in het netwerk toenemen. Dit zal vooral zichtbaar zijn bij de knopen met een groot open water oppervlak, zoals het IJsselmeergebied en de Friese boezem. Dit wordt nader geanalyseerd in paragraaf 3.

Verder was in bij het gebruik van DM in het Deltaprogramma-Zoetwater een mogelijke bug geconstateerd bij de overschrijding van chlorideconcentraties, maar na nadere analyse blijkt de software correct te werken. Een toelichting: bij een overschrijding van een chlorideconcentratie in DM wordt de inlaatcapaciteit niet tot nul gereduceerd, maar aangepast (gereduceerd) met het percentage van de tijd dat de chlorideconcentratie boven de norm is. Bij gebruik van de optie 'du' (minimale duur van de overschrijding, als fractie van de decade) kan die reductie in capaciteit ook nog uitgesteld worden. Bij de interpretatie van resultaten van bv. de Bernisse inlaat moet met dit aspect rekening worden gehouden.

2.7.3 Conclusie

De software van Modflow is ongewijzigd, wel is koppelingsprogrammatuur aangepast om het nieuwe concept van chloridebelasting te kunnen implementeren.



De software van Metaswap en Mozart is aangepast, omdat een deel van de waterbalans voor het afhandelen van stedelijk gebied is verplaatst van Metaswap naar Mozart.

Voor de software in Mozart is t.o.v. versie 2.1 een wijziging doorgevoerd, die is geconstateerd (en hersteld) tijdens de toepassing van NHI in de knelpuntanalyses voor het Deltaprogramma-Zoetwater. De wijzigingen hebben beperkt effect op de berekening van de totale watervraag, maar kunnen wel wijzigingen leiden tijdens watertekortsituaties op lokaal / regionaal niveau.

De afhandeling van verdamping in de software van Mozart en Distributiemodel is consistent gemaakt. Dit leidt tot een vergroting van de watervraag in het netwerk van DM.



3 Resultaten en Analyse

3.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn de wijzingen in versie 2.2 beschreven, en is er ingegaan op het afzonderlijke effect van de wijzingen. In dit hoofdstuk wordt het gezamenlijke effect van de wijzigingen beschreven, door de rekenresultaten van NHI 2.2 te vergelijken met de rekenresultaten van NHI 2.1. Daarbij is gefocussed op de landelijke schaal en de analyse van de dominante processen die de verschillen veroorzaken. Voor aanvullende beschrijvingen van de rekenresultaten, ook op de meer regionale schaal, wordt verwezen naar het rapport NHI 2.2 toetsing (Hoogewoud et al, 2011), waarin toetsing van de berekeningsresultaten met metingen zijn beschreven.

3.2 Grondwater

3.2.1 GHG en GLG

De GHG en GLG voor NHI 2.2 zijn bepaald voor de periode 1998-2006. In onderstaande figuren zijn de resultaten van NHI 2.1 en NHI 2.2 weergegeven. In de laatste figuren staan de verschillen in GXG tussen NHI2.1 en 2.2 weergegeven. Landelijk gezien zijn de veranderingen in de GHG beperkt. Gemiddeld genomen is de verandering ongeveer nul, wel zijn er regionale verschillen. De GLG is landelijk gezien wat dieper (5-10 cm) komen te liggen en ook de dynamiek is dus wat toegenomen. Een aantal 'grote' verschillen worden hier beschreven en op basis van expert judgement verklaard.

Gestuwd gebied: De initiële condities van het grondwatermodel zijn veranderd, met name voor de onverzadigde zone. Er zijn verder geen aanpassingen in het gestuwde gebied doorgevoerd.

'Oost Nederland: De aanpassing in de elastische berging heeft vooral invloed op de GLG. In gebieden met een dunne deklaag is de GLG gemiddeld 5-10 cm lager.

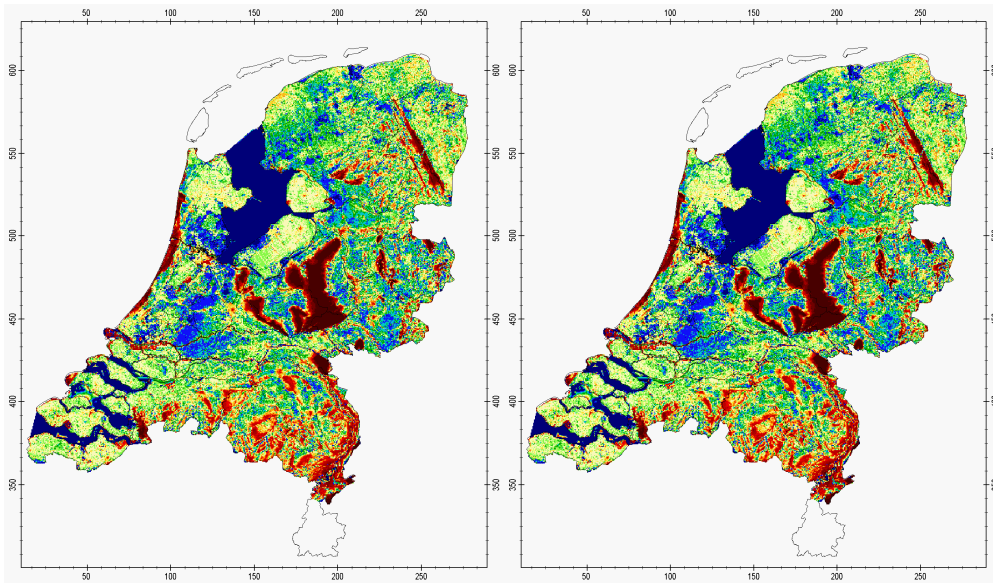
Midden en West Nederland: De GLG is gemiddeld 5-10 cm lager als gevolg van de verbeterde schematisering van de onverzadigde zone.

Flevopolders: door aanpassing van de berekening (meer berekening) is de GLG gemiddeld 5-10 cm lager.

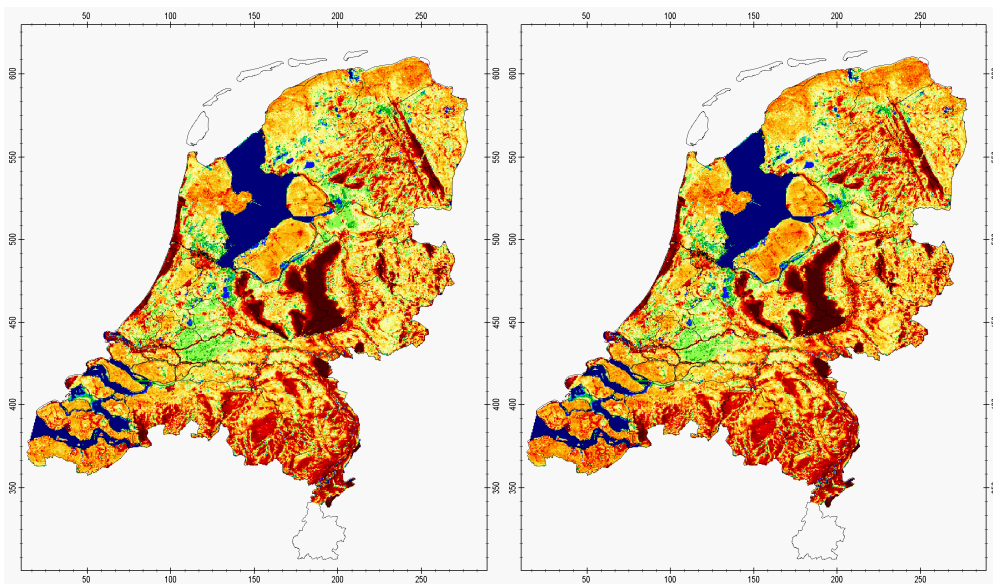
Stedelijk gebied: In stedelijk gebied kan meer water infiltreren in NHI 2.2. Dit heeft hogere grondwaterstanden tot gevolg. In de GHG komen deze het sterkst tot uiting.

Noordwest Friesland en Zeeuws Vlaanderen: Door aanpassingen in de LSW indeling en randvoorwaarden is de mogelijkheid van wateraanvoer verkleind en worden lagere GLG's gemodelleerd.

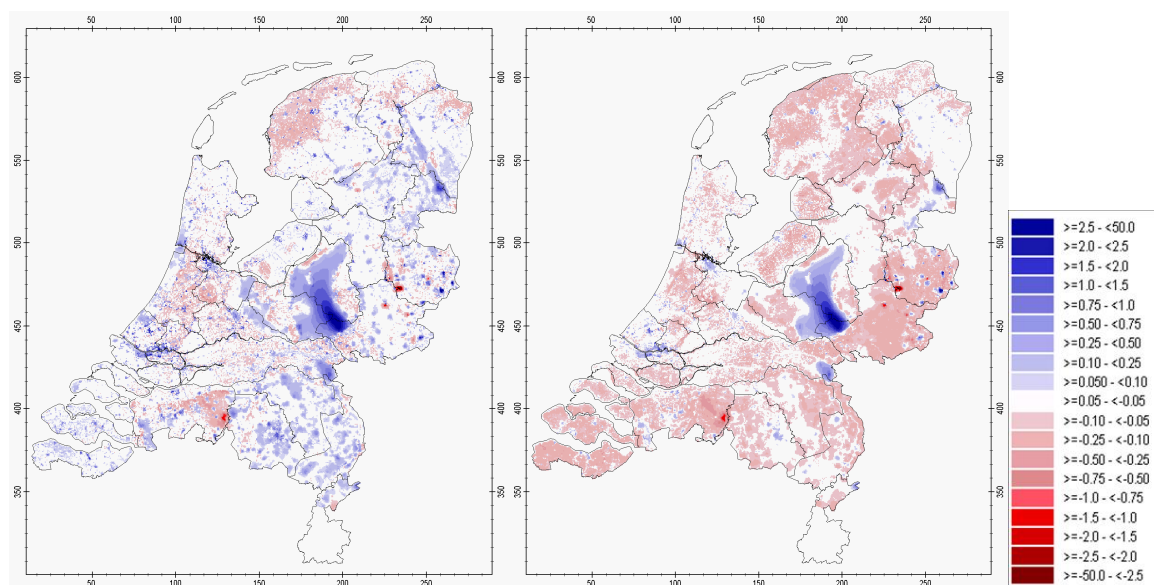
Verspreid: Er zijn enkele winningen verplaatst en toegevoegd, deze zijn te herkennen als plekken met grote verlagingen.



Figuur 3.1 GHG van NHI 2.1 (links) en NHI 2.2 (rechts)



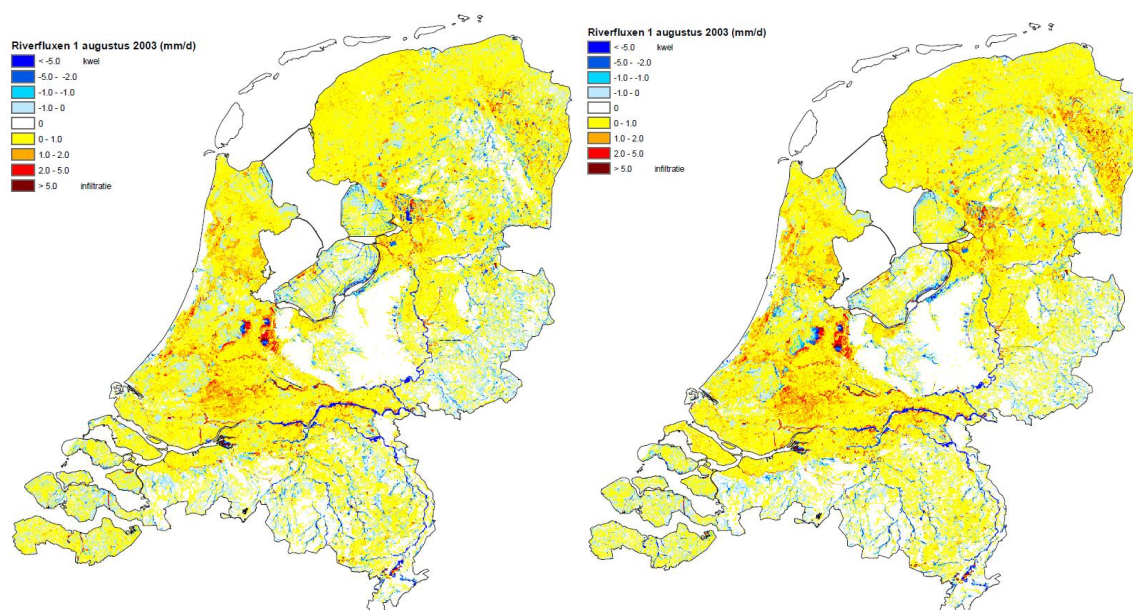
Figuur 3.2 GLG van NHI 2.1 (links) en NHI 2.2 (rechts)



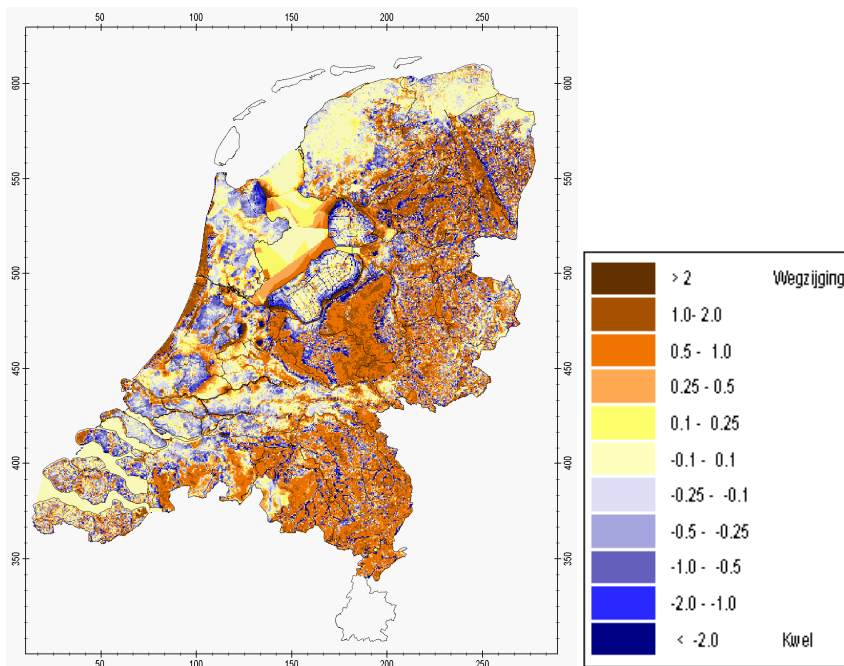
Figuur 3.3 Links verandering in GHG in meters (NHI2.2 – NHI 2.0); rechts verandering in GLG

3.2.2 Fluxen

De berekende fluxen van en naar het oppervlaktewater op 1 augustus 2003 zijn op landelijke schaal niet significant veranderd ten opzichte van NHI 2.1. Wel zijn er verschillen te zien voor bijvoorbeeld de Flevopolders waar infiltratie van oppervlaktewater is toegenomen als gevolg van de toegenomen beregening. Daarnaast zijn in de grote droogmakerijen wellen toegevoegd, waardoor daar meer grondwater naar het oppervlaktewater stroomt.



Figuur 3.4 Fluxen van en naar het (regionale) oppervlaktewater op 1 augustus 2003. Links NHI 2.1, rechts NHI 2.2



Figuur 3.5 Gemiddelde kwel en wegzijging 1998-2000,; fluxen van modellaag 1 naar modellaag 2 in mm/d

De berekende dynamiek in NHI 2.2 is toegenomen met 5-10 cm, dit komt voornamelijk door een GLG die eveneens vaak 5-10 cm dieper ligt. De GHG landelijk gezien min of meer gelijk gebleven, met uitzondering van de stedelijke gebieden waar de GHG nu 5-10 cm is toegenomen.

3.3 Zout

3.3.1 Inleiding

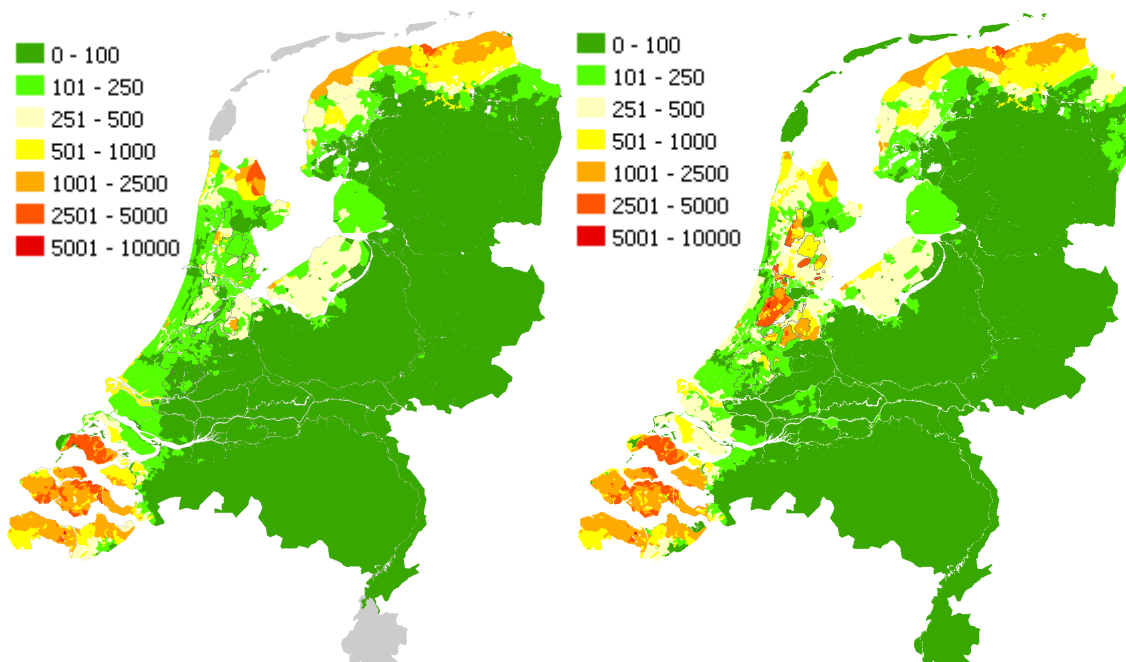
Het modelconcept voor het berekenen van chloride concentraties in NHI 2.2 is veranderd. In het voorgaande hoofdstuk is deze verandering beschreven. In deze paragraaf worden de (landsdekkende) berekende chloride concentraties gepresenteerd en vergeleken met NHI 2.1.

3.3.2 Chlorideconcentraties in het regionale water

In west Nederland zijn de berekende chloride concentraties van het regionale oppervlaktewater significant veranderd. In de grote droogmakerijen (zie ook Figuur 2.7 en onderstaande figuur) zijn de berekende chloride concentraties sterk toegenomen van gemiddeld 250 mg/l naar 750 tot 3000 mg/l. De berekende concentraties zijn afhankelijk van:

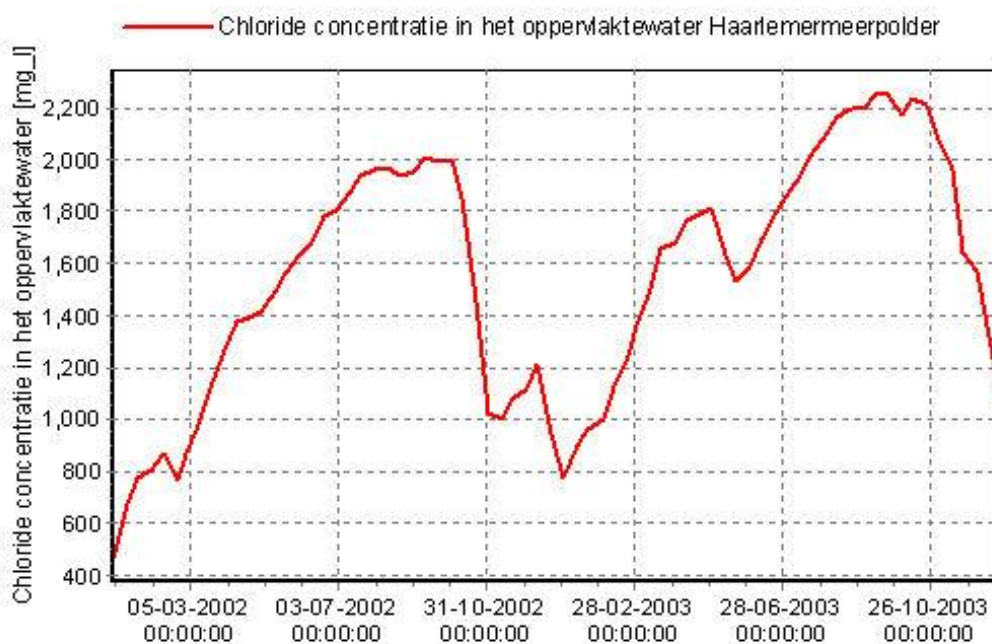
- chloride concentratie onderkant deklaag
- chloride concentratie wellen
- doorspoeling

Deze variabelen hebben allemaal een behoorlijke maat van onzekerheid. De absolute waarden van de chloride concentraties zijn dan ook niet altijd correct. De Haarlemmermeer polder lijkt bijvoorbeeld wat zouter te zijn dan metingen aangeven.



Figuur 3.6 Berekende chlorideconcentratie [mg/l] per LSW voor de zomer van 2003 in NHI 2.1 (links) en NHI 2.2 (rechts)

Naast dat de absolute concentraties veranderd zijn, is ook de dynamiek in de berekende concentratie gedurende een jaar veranderd. Waar in NHI2.1 de veranderingen gedurende het jaar relatief klein waren is deze in NHI 2.2 toegenomen en realistischer (zie ook hoofdstuk 2.3). In onderstaand figuur worden de chlorideconcentraties weergegeven voor de Haarlemmermeer polder.

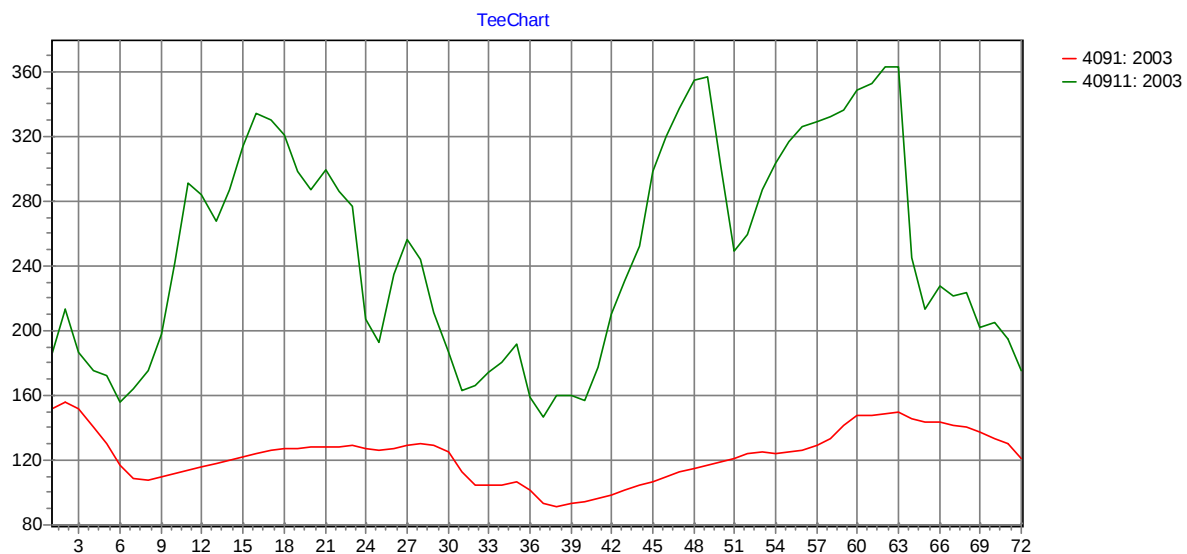


Figuur 3.7 Chlorideconcentraties NHI 2.2. in het district –Haarlemmermeer polder



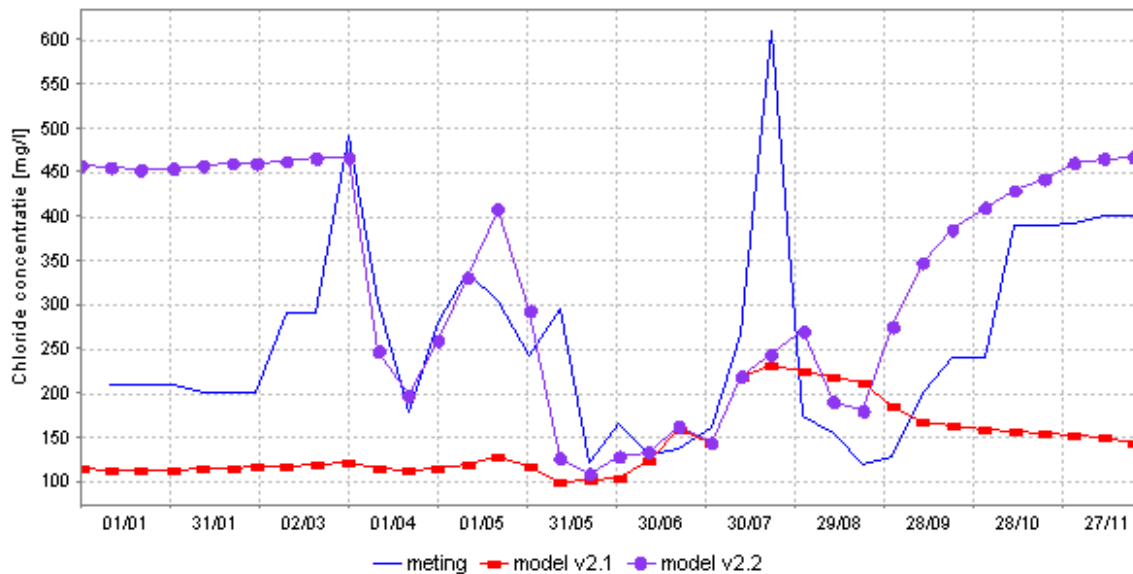
3.3.3 Chlorideconcentraties in het hoofdsysteem

Voor de zout-zoetsluizen in DM is op basis van eerdere NHI runs getest wat de impact van de zout-zoetsluizen is. De volgende figuur laat het effect bij Spaarndam zien in vergelijking met het centrale deel van de boezem van Rijnland. In de run voor deze figuur is nog niet gerekend met aangepaste districten en aangepaste districtsmodellering van zoutlasten (zoute wellen). In deze som is de chlorideconcentratie van Rijnlands boezem orde 150 mg/l, en bij Spaarndam loopt de chlorideconcentratie in 2003 met belasting door de sluizen op tot ruim 300 mg/l.



Figuur 3.8 Chloride concentratie per decade, effect van zout-zoetsluizen bij Spaarndam (alleen DM aanpassingen zout-zoetsluizen) groen NHI 2.2, rood NHI 2.1

De bovenstaande figuur met chlorideconcentraties in het oppervlaktewater laat zien dat de chlorideconcentraties in het districtsoppervlaktewater met zoute wellen een logisch verloop hebben (in droge zomers hoger dan in natte winters), maar dat de absolute hoogte van de chlorideconcentraties nog nader onderzocht moet worden.



Figuur 3.9 Chlorideconcentraties NHI 2.2. in DM op de Gouwe (nabij lozing Noordplas / Tempelpolder)

Voor de Gouwe hebben de verbeteringen die in NHI 2.2 doorgevoerd zijn (afsplitsen diepe droogmakerijen als apart district, en de aanpassing in de Modflow-invoer voor zoute wellen) een positief effect te hebben op de zoutdynamiek.

3.3.4 Conclusie

De chloride concentratie wordt in droogmakerijen significant hoger berekend in NHI 2.2. Ook de dynamiek in de tijd is toegenomen en plausibel. De lage concentraties worden berekend in de winter, en de hoge concentraties in de zomer. De absolute waarde van de berekende chloride concentraties zijn nog niet altijd even plausibel. Dit wordt o.a. voor NHI 3.0 verder geanalyseerd.

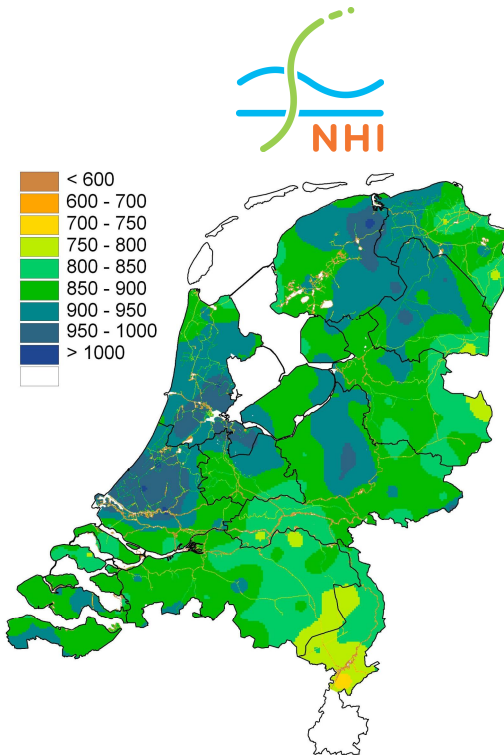
3.4 Onverzadigde zone

3.4.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de uitkomsten van NHI versie 2.2 voor de onverzadigde zone: verdamping, beregning en grondwateraanvulling. De eerste subparagraaf is gewijd aan de neerslag.

3.4.2 Neerslag

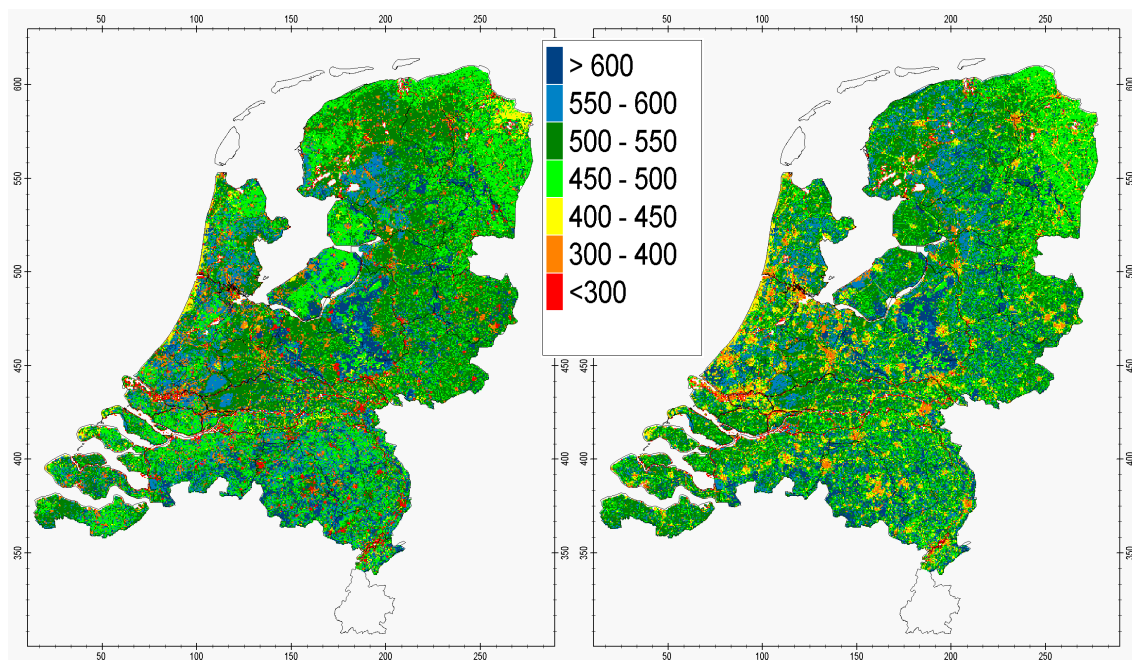
De neerslag wordt vanaf versie 2.1 opgelegd met behulp van gridinvoer, zoals door het KNMI afgeleid. Over de periode 1998-2006 varieert de neerslag van 750-1000 mm/jaar conform de verdeling in de onderstaande figuur. Er zijn geen verschillen tussen NHI 2.1 en NHI 2.2.



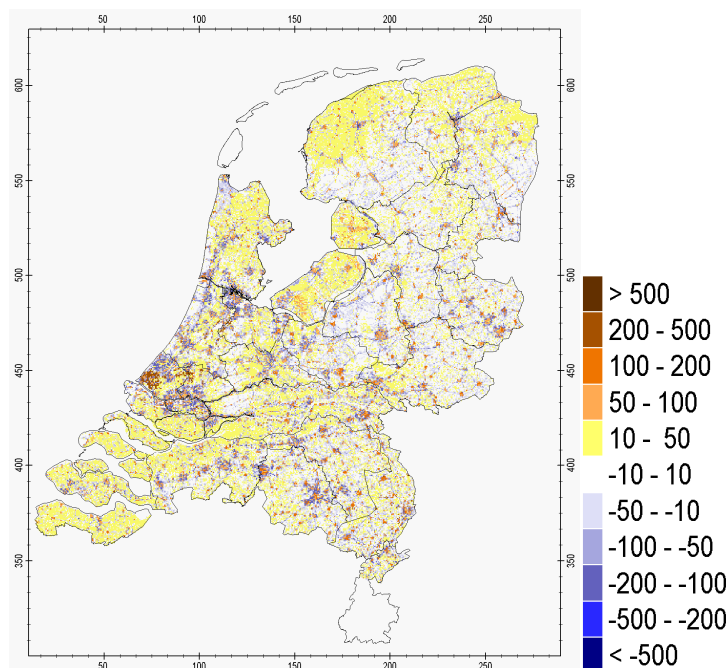
Figuur 3.10 Gemiddelde jaarsom van de neerslag (mm) over de periode 1999-2005 in NHI 2.2

3.4.3 Verdamping

De referentieverdamping wordt vanaf versie 2.1 opgelegd met behulp van gridinvoer, zoals door het KNMI afgeleid. Over de periode 1998-2006 varieert de actuele verdamping van minder dan 300 mm/jaar voor stedelijke gebieden tot 700 mm/jaar voor bosgebieden. De onderstaande figuur geeft de berekende actuele verdamping (evapotranspiratie) weer voor NHI v2.1 en v2.2, gevolgd door het verschil



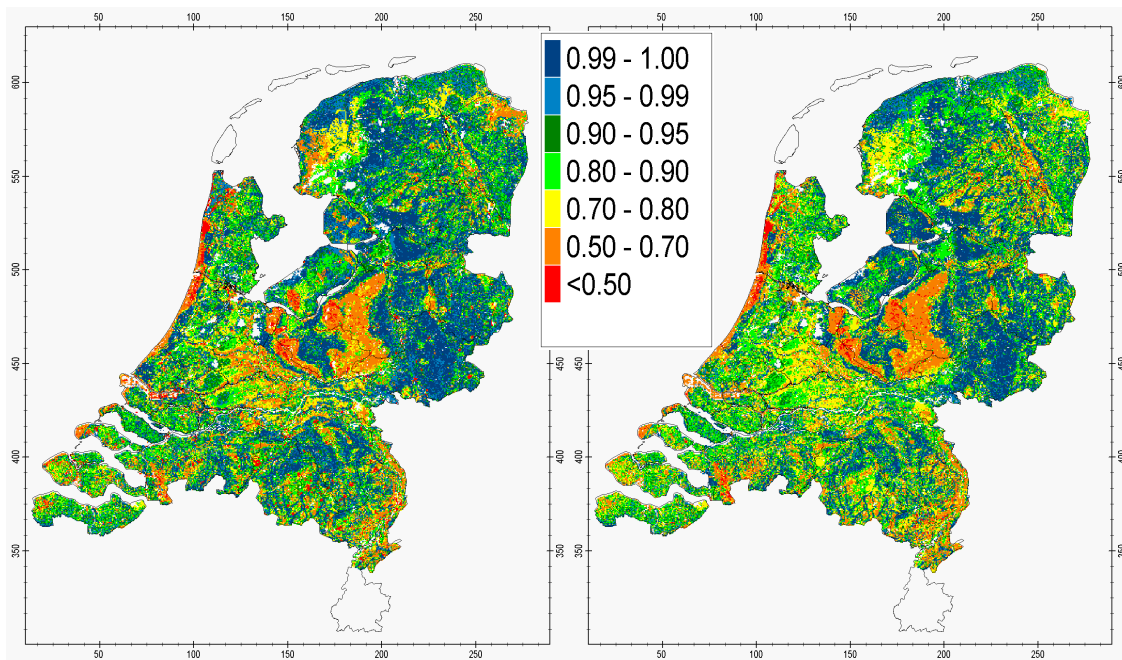
Figuur 3.11 Gemiddelde jaarsom van de actuele verdamping (mm) over de periode 1998-2006, voor NHI v2.1 (links) en NHIv2.2 (rechts)



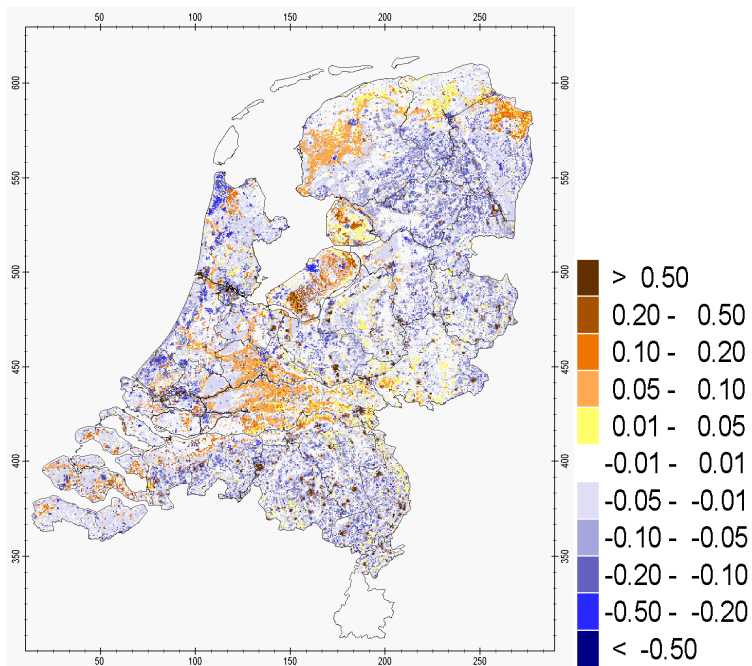
Figuur 3.12 Verschil in actuele verdamping (mm/j) over de periode 1998-2006 tussen NHI 2.2 en 2.1; blauwe kleuren duiden op een afname van de verdamping.

In de figuur springt een aantal zaken in het oog: de verdamping in de glastuinbouwgebieden (met name het Westland) neemt sterk toe door de vergroting van de verdampingsvraag. In en rond de stedelijke kernen is een beeld te zien van toenames en afnames conform de aanpassing van de wijze waarop stedelijk gebied in het NHI is opgenomen. De afname van de verdamping van het bollengebied rond Den Helder is opvallend. Dit hangt samen met de inkorting van de berekeningsperiode van bollen. Tenslotte valt op dat de verdamping van de kleigebieden groter is geworden door de ingreep in de parameterisering.

Voor de berekening van gewasopbrengstreductie is niet alleen de absolute waarde van de verdamping van belang, maar ook de relatieve gewastranspiratie. Dit is het quotiënt van de actuele en potentiële gewastranspiratie. In de onderstaande figuren is de relatieve gewastranspiratie voor NHI v2.1 en NHI v2.2 weergegeven alsmede het verschil. De relatieve gewastranspiratie is in de kleigebieden flink toegenomen, in de zandgebieden is over het algemeen een kleine afname te zien. Verwacht mag worden dat de gewasopbrengstreductie in de kleigebieden afneemt en in zandgebieden licht toeneemt. Dit is conform de aanpassingen in de bodemparameterisering. In Flevoland neemt de gewasopbrengstreductie af doordat er meer wordt berekend.



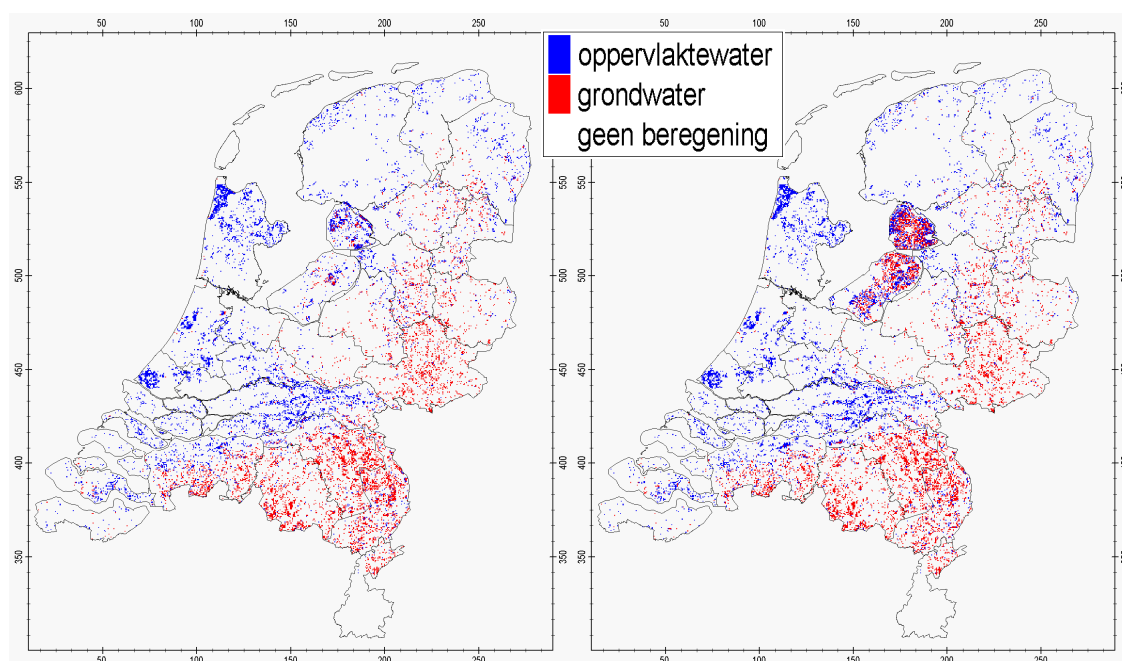
Figuur 3.13 De relatieve gewastranspiratie (T_{act}/T_{pot}) in 2003, voor NHI v2.1 (links) en NHI v2.2 (rechts)



Figuur 3.14 Verschil in relatieve gewastranspiratie in 2003 tussen NHI 2.2 en 2.1; blauwe kleuren duiden op een afname van de relatieve gewastranspiratie

3.4.4 Berekening

In het NHI wordt per cel bepaald of er wordt berekend of niet, en zo ja of die berekening plaats vindt vanuit oppervlaktewater of grondwater. In de onderstaande figuur is de kaart met beregeningslocaties voor het NHI weergegeven. In het NHI is de beregeningskaart voor Flevoland aangepast. In tabel 3.1 is af te lezen dat het beregeningsareaal in NHI2.2 met 38000 ha is toegenomen



Figuur 3.15 Herkomst van de berekening, NHI v2.1 (links), NHI v2.2 (rechts)

Tabel 3.1 Beregend areaal in ha

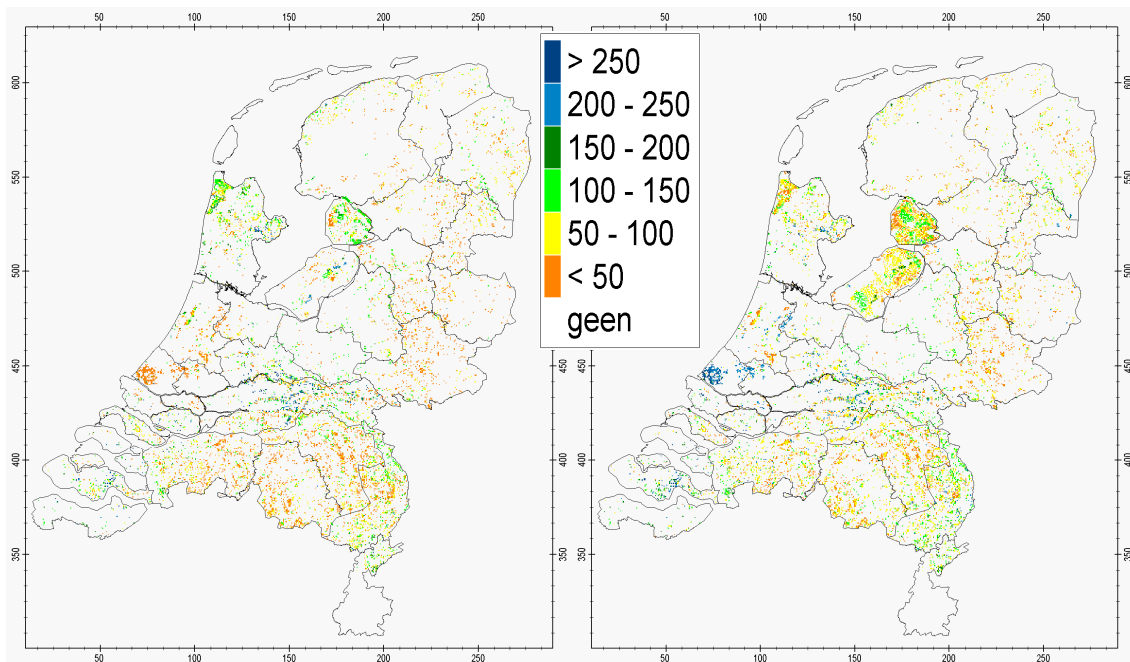
	NHI v2.1	NHI v2.2
Grondwater	143838	169863
Oppervlaktewater	154863	166881
Totaal	298700	336744

Het model bepaalt afhankelijk van het vochttekort of er ook daadwerkelijk beregend wordt. De totale berekening varieert dan ook sterk van jaar tot jaar, zie tabel 3.2. Zo is voor 2002 een jaarsom van 135 miljoen m³ (40 mm) berekend en voor 2003 492 miljoen m³ (146 mm).

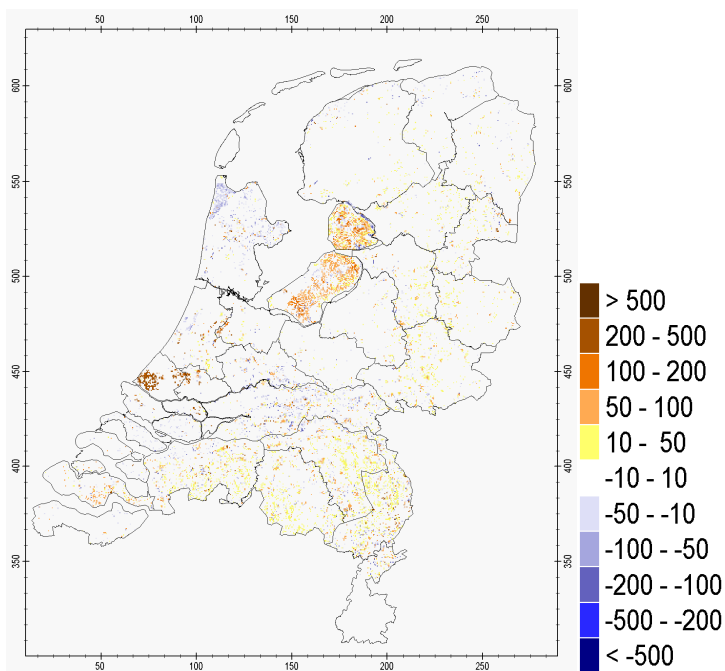
Tabel 3.2 Jaarsom van de berekening in miljoenen m³ en mm (naar beregend areaal) voor de jaren 2001-2005

Jaar	NHI 2.1 (Mm ³)	NHI 2.1 (mm)	NHI 2.2 (Mm ³)	NHI 2.2 (mm)
2001	209	70	281	83
2002	89	30	135	40
2003	364	122	492	146
2004	139	47	204	61
2005	143	48	216	64

De onderstaande figuren geven de berekende berekening weer. De verschillen tussen NHI2.2 en NHI2.1 zijn zichtbaar in de provincie Flevoland, in glastuinbouwgebieden en voor bloembollen. De verschillen worden met name veroorzaakt door de aanpassingen in de parameterisering van de berekening.



Figuur 3.16 Gemiddelde jaarsom van de berekening (mm) over de periode 1998-2006. NHI v2.1 (links), NHI v2.2 (rechts)



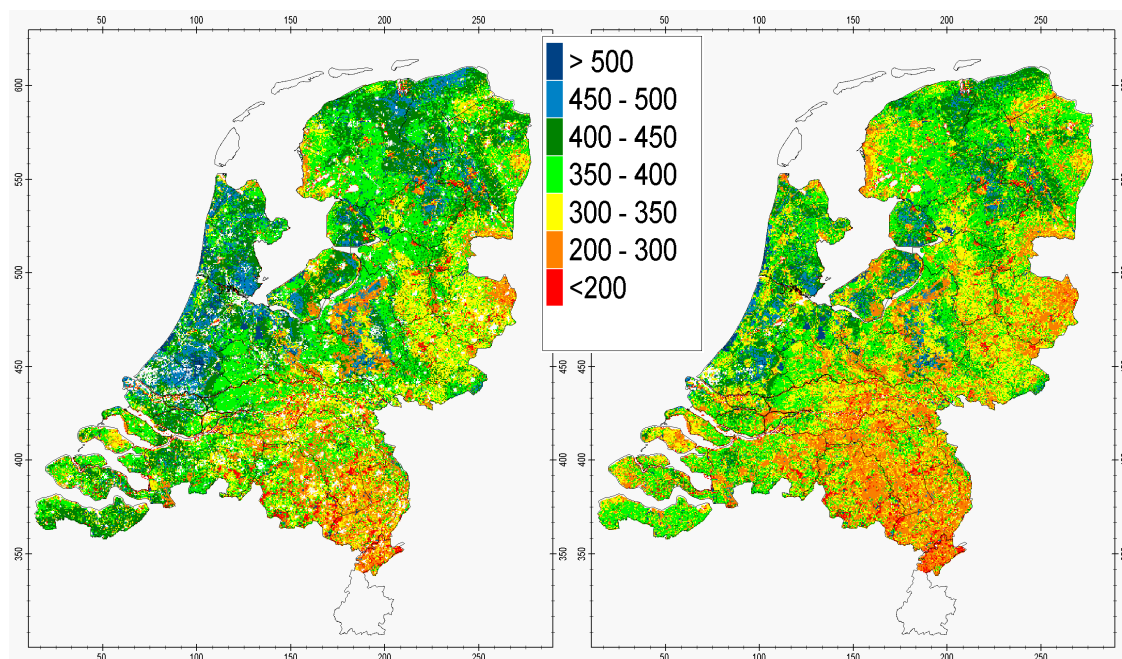
Figuur 3.17 Verschil in berekening (mm/j) over de periode 1998-2006 tussen NHI 2.2 en 2.1

3.4.5 Grondwateraanvulling

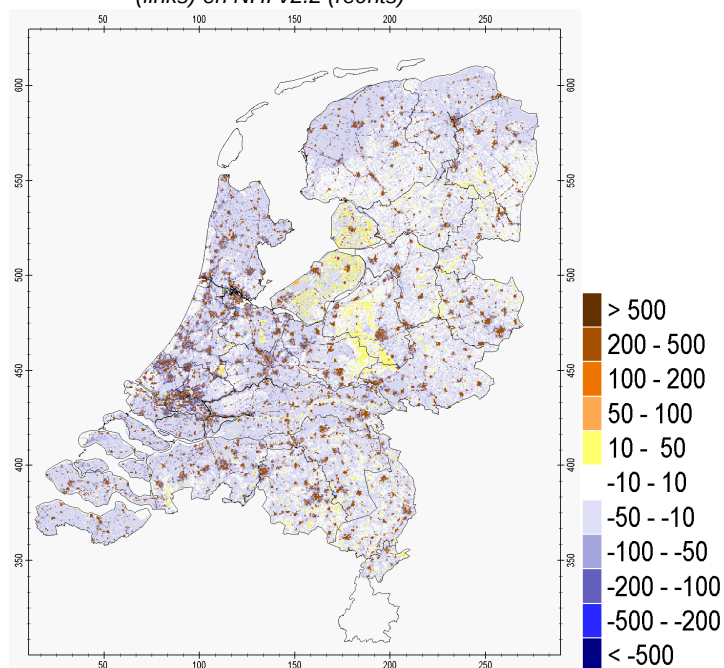
De grondwateraanvulling is gedefinieerd als het water dat via de onverzadigde zone het grondwater bereikt. De grondwateraanvulling varieert van 0 mm/jaar voor verharde gebieden tot 600 mm/jaar voor gebieden met veel kale grond. De grondwateraanvulling wordt gedomineerd door neerslag en verdamping, en in mindere mate door berekening. In de onderstaande figuur staat de grondwateraanvulling in NHI2.1 en NHI2.2. Het verschil is daaronder weergegeven; in deze figuur vallen onder andere de stedelijke gebieden op, wat



samenhangt met de aanpassing van de wijze waarop stedelijk gebied in het NHI is opgenomen. Verder is de geringere grondwateraanvulling in kleigebieden zichtbaar, veroorzaakt door de hogere verdamping. In Flevoland neemt de grondwateraanvulling toe door de toegenomen beregening.



Figuur 3.18 Gemiddelde jaarsom van de grondwateraanvulling (mm) over de periode 1998-2006 voor NHI v2.1 (links) en NHI v2.2 (rechts)



Figuur 3.19 Verschil in grondwateraanvulling (mm/j) over de periode 1998-2006 tussen NHI 2.2 en 2.1



3.4.6 Conclusie

De wijzigingen in NHI2.2 hebben enig effect op de waterbalanstermen van de onverzadigde zone. De berekening is toegenomen, vooral doordat het beregende areaal in Flevoland is uitgebreid. De verdamping is gemiddeld genomen toegenomen, vooral doordat de kleigronden na parameteraanpassing meer verdampen. Dit heeft tot gevolg dat de grondwateraanvulling gemiddeld is afgenomen, met uitzondering van Flevoland.

De transpiratiereductie van kleigronden valt flink lager uit. Op zandgronden neemt deze licht toe, als gevolg van de aanpassingen aan de bodemparameters. De verdampingsreductie van zandgronden is nog altijd vrij gering.

De verschillen in uitkomsten in de onverzadigde zone tussen NHI v2.2 en NHI v2.1 zich laten verklaren door de modelwijzigingen.

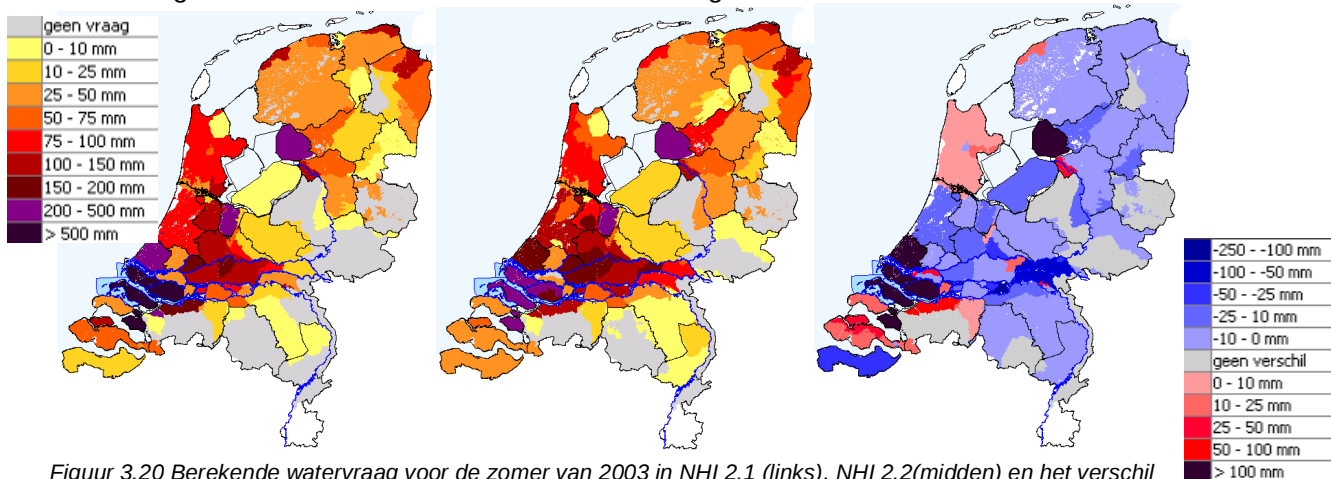
3.5 Oppervlaktewater

3.5.1 Inleiding

In het regionaal oppervlaktewater zijn slechts zeer beperkte wijzigingen doorgevoerd. Enkele districten zijn opgeknipt in kleinere districten, de open water verdamping is aangepast en modellering van stedelijk gebied is verhuisd van MetaSwap naar Mozart. Er is ook een bug in Mozart opgelost. Voor enkele districten zijn inlaatcapaciteiten en verdeelsleutels aangepast. In deze paragraaf worden de resultaten van NHI 2.2 voor het oppervlaktewater inzichtelijk gemaakt en vergeleken met de resultaten van NHI 2.1. Dit gebeurt door zowel op landelijke schaal een vergelijk te maken als ook voor enkele belangrijke doorvoerpunten in het oppervlaktewatersysteem.

3.5.2 Landelijke watervraag en tekorten

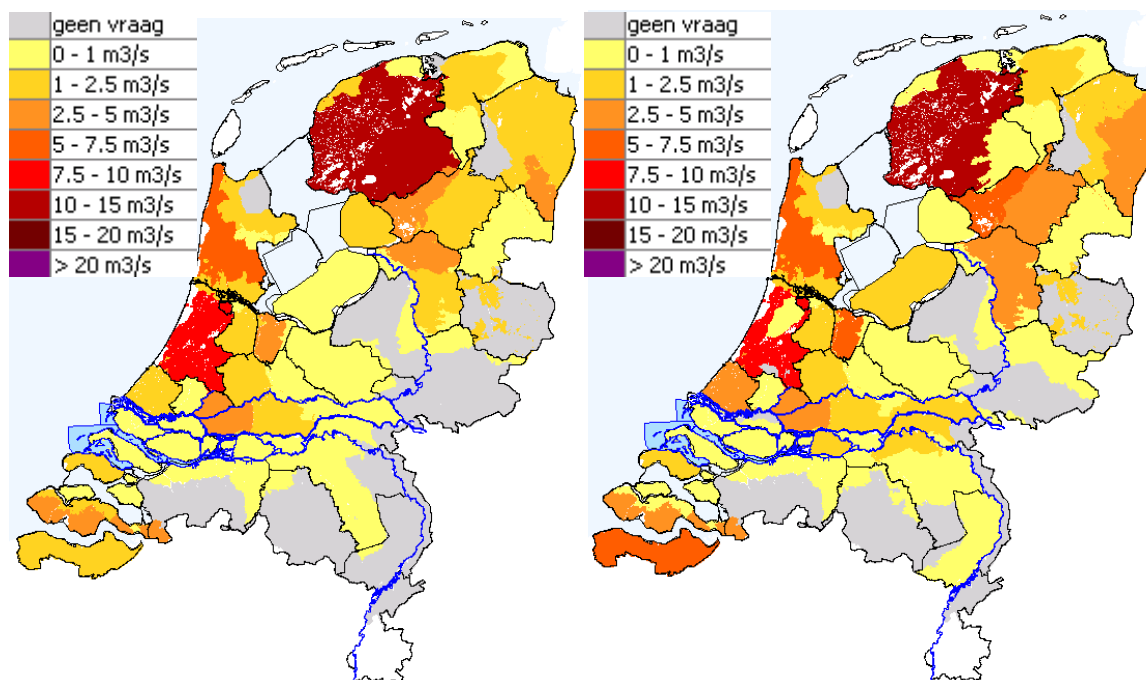
Een van de belangrijke resultaten van het NHI is de berekende watervraag. In onderstaande figuur is deze vraag voor NHI 2.1 en 2.2 weergegeven. Uit het verschilplaatje wordt duidelijk dat de watervraag soms fors verandert. Zo is in de zuidwestelijke delta de watervraag afgenomen als gevolg van het herstellen van een 'bug' en is in de Noordoostpolder de watervraag verminderd door een kleiner doorspoeldebiet. In de Flevopolder is de watervraag als gevolg van de extra berekening toegenomen. Landelijk gezien is de berekende watervraag voor de zomer van 2003 meestal licht toegenomen.



Figuur 3.20 Berekende watervraag voor de zomer van 2003 in NHI 2.1 (links), NHI 2.2(midden) en het verschil (rechts)

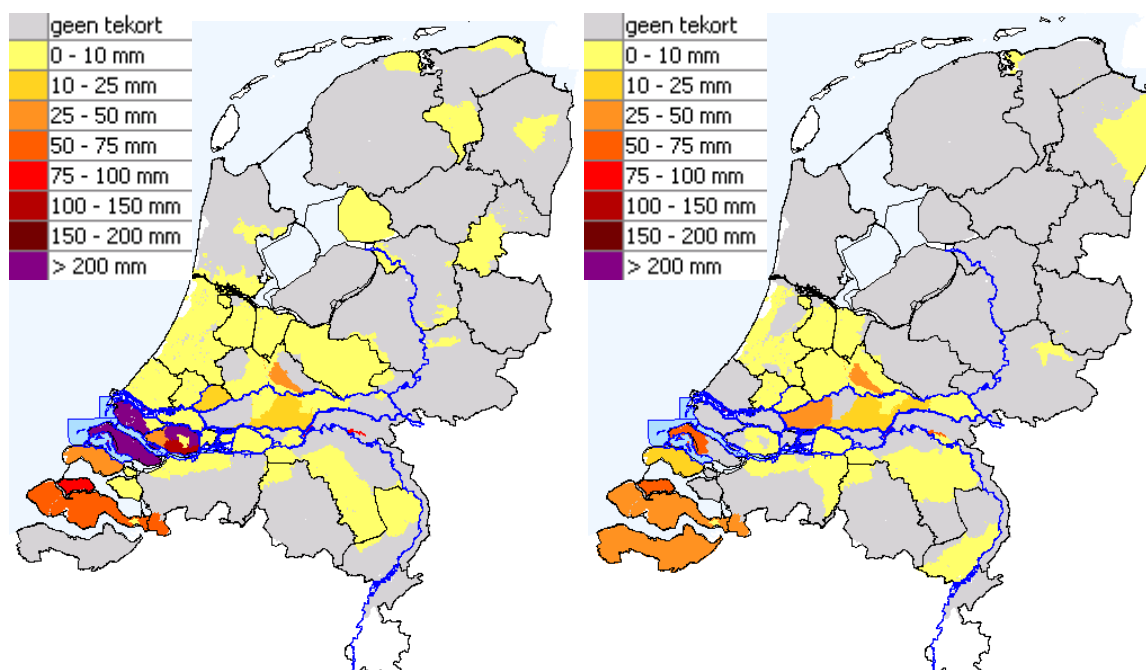


De watervraag voor peilbeheer is voor een groot deel verantwoordelijk voor de totale watervraag waar bijvoorbeeld ook beregning in is meegenomen. In onderstaande figuur wordt de maximaal berekende watervraag voor peilbeheer in 2003 weergegeven.



Figuur 3.21 Berekende maximale watervraag voor zomer, 2003 met NI 2.1 (links) en NHI 2.2 (rechts)

De nieuwe districtindeling wordt zichtbaar, zo is de Haarlemmermeer polder te onderscheiden door zijn gering watervraag ten opzichte van zijn omgeving. Hetzelfde geldt voor zuid-oost Friesland. De watervraag voor peilbeheer is gemiddeld genomen groter geworden. Dit komt mede doordat de openwater verdamping in de zomer is toegenomen.



Figuur 3.22 Berekend cumulatief watertekort in wateraanvoer gebieden met NHI 2.1 (links) en NHI 2.2 (rechts).

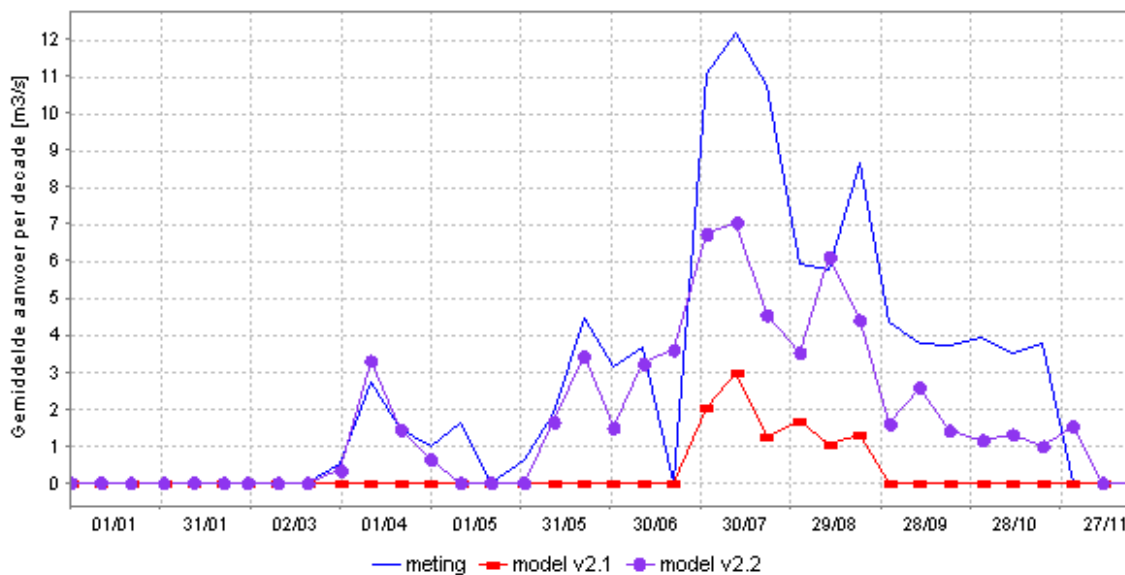
IN bovenstaande figuur staan de berekende watertekorten voor 2003 weergegeven. De tekorten zijn vaak relatief klein, in orde grootte van 1 mm. De grootste veranderingen treden op in Zuid-Holland en in Zeeland. In Zuid-Holland heeft het oplossen van de MOZART 'bug' het te kort doen afnemen, en in Zeeuws-Vlaanderen zijn de wateraanvoer mogelijkheden beperkt, waardoor in NHI 2.2 daar wel een tekort wordt berekend.

3.5.3 Water aan- en afvoeren.

Voor een aantal knooppunten zijn de water aan- en afvoeren in beeld gebracht. Er is een selectie gemaakt van punten waar een (sterke) wijziging in de schematisatie, of resultaten, is opgetreden. En alhoewel NHI deze rapportage nog niet formeel getoetst wordt, is er wel een vergelijk met metingen gemaakt voor zover deze aanwezig zijn. Voor een aantal knopen is in bijlage C nog een nadere beschrijving te vinden.

Eefde

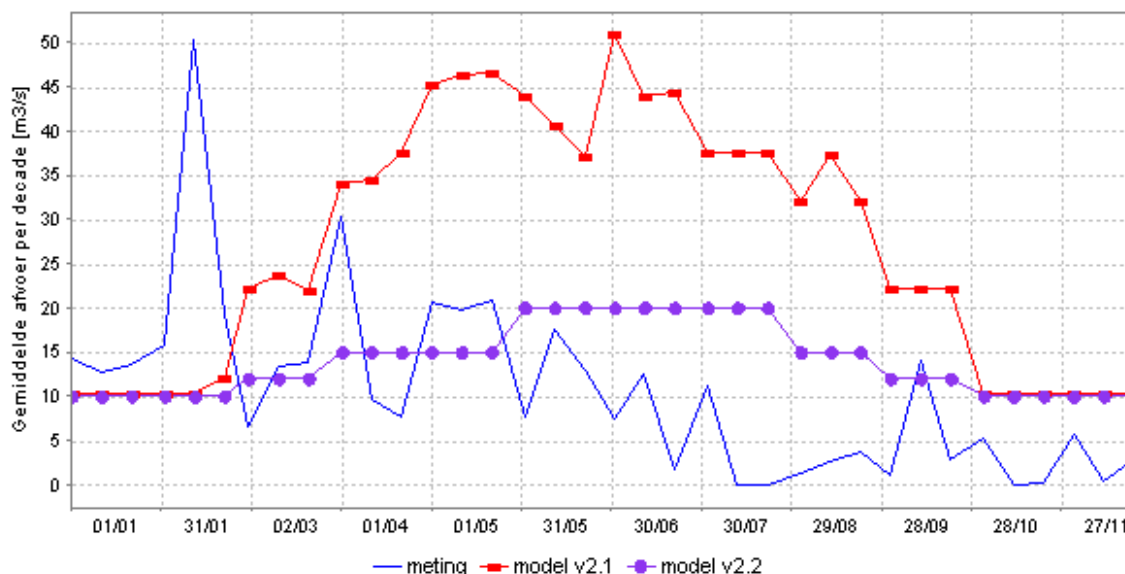
De berekende debieten bijemaal Eefde zijn in NHI 2.2 flink (tot $4\text{m}^3/\text{s}$) hoger geworden. Het verschil wordt veroorzaakt door aanpassingen van de schematisatie in DM (pompdebiet en schutverliesdebiet zijn apart zichtbaar gemaakt), het oplossen van de in paragraaf 2.5 beschreven Mozart bug, en door aanpassingen in het grondwater en onverzadigde zone model. De trend van de verandering is in de goede richting; het pompdebiet in Eefde in 2003 is in NHI 2.2. duidelijk hoger dan in NHI 2.1.



Figuur 3.23 Vergelijking van NHI 2.1. en NHI 2.2 takdebiet Eefde (2003)



Oranjesluizen

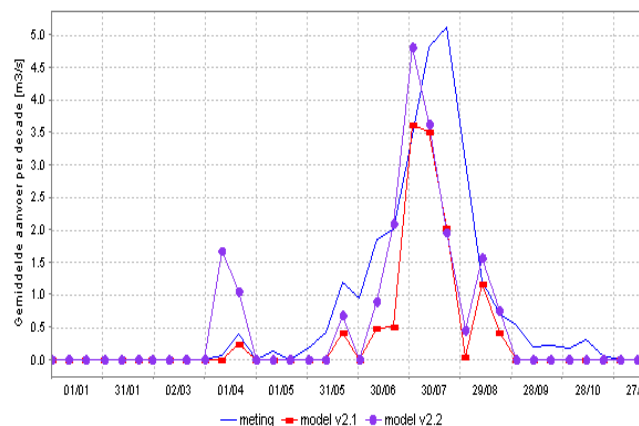
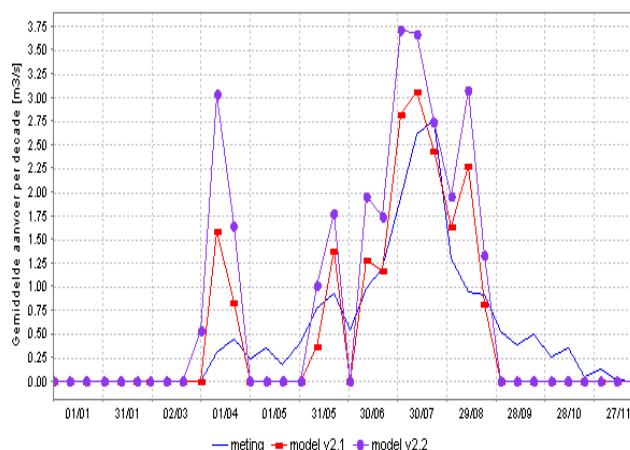


Figuur 3.24 Vergelijking van NHI 2.1. en NHI 2.2 takdebiet Markermeer-Noordzeekanaal (2003)

Het verschil bij Markermeer-Noordzeekanaal wordt veroorzaakt door de aanpassing van de tijdreeks gewenste debieten (doorspoeling) in DM. In NHI 2.1. varieert de in DM opgegeven gewenste doorspoeling van 10 m³/s in de winter tot een maximum waarde van 37,5 m³/s in de juli, min of meer conform de waarde van 40 m³/s die in regionale verdringingsreeks Noord-Nederland (IJsselmeer) staat. De metingen laten echter veel lagere afvoeren zien. In overleg met RWS-DIJG en RWS-NH is de gewenste doorspoeling van Markermeer naar Noordzeekanaal verlaagd tot maximaal 20 m³/s. Hierdoor verbetert het model.

Een punt van zorg is echter dat via een andere bron (Waternet) ook een set meetgegevens voor de Oranjesluizen is verkregen die afwijkt van de meetgegevens zoals die door HKV in de NHI oppervlaktewatermetingen database zijn gezet. De andere dataset heeft wel globaal hetzelfde patroon, maar wijkt (tot 30%!) af van de nu bij de toetsing gebruikte meetgegevens.

Drenthe



Figuur 3.25 Vergelijking van NHI 2.1. en NHI 2. aanvoer Paradijssluis (links) en Rogatsluis (rechts) voor 2003



In Zuidwest Drenthe zijn geen aanpassingen in DM doorgevoerd. Het verschil in de aanvoer van Zuidwest Drenthe via Rogatsluis en Paradijssluis wordt dus volledig veroorzaakt door aanpassingen in het grondwater- en onverzadigde zone model, en de opgeloste Mozart-bug. Het blijkt dat NHI 2.2. een grotere watervraag berekent dan NHI 2.1. (meer aanvoer naar Zuidwest Drenthe).

3.5.4 Conclusie

De veranderingen in de berekende watervraag zijn in de zuidwestelijke Delta soms groot (- 900mm) door het oplossen van een 'bug' in MOZART. Laten we deze 'bug' buiten beschouwing dan is de berekende watervraag licht voor 2003 toegenomen met 5 – 10 mm. De berekende watertekorten zijn op een enkele uitzondering na gelijk gebleven.



4 Conclusies

In 2011 hebben twee grote activiteiten plaatsgevonden die tot meer inzicht hebben geleid in de prestaties van het NHI. De zoetwaterverkenning is uitgevoerd met het NHI en heeft ertoe geleid dat veel regionale kennis en data beschikbaar is gekomen. De hydrologische analyses van binnen en buiten het NHI team hebben geleid tot conceptuele aanpassingen, verbeteringen in de schematisatie en wijzigingen in de software. Er is nog geen optimalisatie van modelparameters uitgevoerd, deze is voorzien in 2012.

Het voorleggen van resultaten uit de zoetwaterverkenning aan de regio 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)systeem ontsloten. Een groot deel van deze kennis is direct verwerkt in NHI 2.2. Voorbeelden hiervan zijn verbeteringen van de waterverdeelsleutels, het opknippen van enkele districten en verbeterde modellering van zand en klei bodems. Naar aanleiding van eerdere aanbevelingen is de chloride modellering conceptueel veranderd. Het concept van wellen is aan NHI toegevoegd evenals de laatste inzichten in chlorideconcentraties in de ondergrond. NHI 2.2 is een versie die op weg is naar NHI 3.0 in 2012. Een aantal aanpassingen zullen in NHI 3.0 verder uitgewerkt worden, zoals de te gebruiken bodemfysische parameters voor zandgronden en het verder verbeteren van de chloride modellering. De doorgevoerde veranderingen zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Wijziging	Onderdeel NHI
Nieuw concept zoutmodellering	MODFLOW/metaSWAP/MOZART
Invoer chlorideconcentraties ondergrond	MODFLOW
Aanpassing waterverdeelsleutels	DM
Opknippen districten en aanpassing koppeling aan netwerk	DM
Aanpassing debieten m.b.t zoutindringing	DM
Schematisatie klei en zand bodem	MetaSWAP
Aanpassing beregening	MetaSWAP
Minimale bergingscoëfficiënt in onverzadigde zone	MetaSWAP
Gewijzigde afvoermodellering stedelijk gebied	metaSWAP/MOZART
Gedebugde modelcodes	metaSWAP/MOZART
Aanpassen elastische bergingscoëfficiënt	MODFLOW
Aanpassingen in grondwaterwinningen	MODFLOW

De doorgevoerde veranderingen hebben voornamelijk de volgende effecten gehad op de uitkomsten van NHI 2.2:

- Op regionale schaal zijn de resultaten van de modellering van waterverdeling, watervraag, wateraanvoer en -afvoer verbeterd.
- De berekende chloride concentraties zijn verbeterd.
- De grondwaterdynamiek in NHI is toegenomen.

De samenwerking met regionale partners heeft geleid tot het beter ontsluiten en toepassen van regionale kennis, voornamelijk in het domein van de waterverdeling. Het belangrijkste functionele verschil met NHI 2.2 is dat de gemodelleerde chloride concentraties meer dynamisch richting de werkelijk gemeten waarden zijn geworden.





5 Aanbevelingen

Op hoofdlijnen komt de NHI-projectgroep tot de volgende aanbevelingen. Een deel van deze aanbevelingen zal worden uitgevoerd binnen het projectplan van NHI en deltamodel zoals dat is opgesteld voor 2011-2012.

- **Voortzetten regionale samenwerking. (voorzien)** De samenwerking met de regionale waterbeheerders in 2011 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. (voorzien)** De watervraag wordt voor een belangrijk deel gestuurd door het lokale oppervlaktewaterbeheer. Belangrijk is bijvoorbeeld wanneer de peilopzet exact plaatsvindt. In NHI 2.2 is een aantal verbeteringen doorgevoerd. Het verdient aanbeveling de kennis van de regionale partners over het lokale oppervlaktewaterbeheer in meer detail te ontsluiten, en wellicht 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 meetingen.
- **Criteria voor verdamping tijdafhankelijk specificeren.** Ook de verdamping speelt een belangrijke rol bij de watervraag. Het NHI 2.2 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 (voorzien).** De grondwatermodellering is mede als gevolg van de adviezen van de taskforce grondwaterdynamiek verbeterd. Er zijn echter nog een aantal aanbevelingen blijven liggen. Het uitvoeren van deze aanbeveling 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 en een verdere verbetering van de bodemschematisering. Ook wordt aanbevolen om een set betrouwbare meetreeksen van freatische buizen te verzamelen en de toetsingsmethode verder uit te werken.
- **Verdere verbetering chloridemodellering (voorzien).** De resultaten van de berekende chlorideconcentraties zijn vaak lastig te vergelijken met metingen. De gemeten chlorideconcentraties kunnen sterk verschillen per locatie en binnen kleine stroomgebieden. Voor een goed vergelijk zijn representatieve metingen nodig van een stroomgebied/polder. Verder is het lastig gebleken de absolute chlorideconcentraties



goed te modelleren. Verdere analyse van doorspoeling in polders en gebruikte zoutconcentraties onder de deklaag is nodig om de modellering te verbeteren.

- **Beheer van veranderingen (voorzien).** Veel partijen hebben gebruik gemaakt van NHI 2.2. Het blijft lastig 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. Een toepasselijke beheervorm is noodzakelijk voor het NHI-team, om regie te houden op veranderingen aan (de schematisatie) van het instrumentarium.



6 Literatuur

De Louw, P.G.B., Oude Essink, G. H. P., Stuyfzand, P. J., & van der Zee, S. E. A. T. M. (2010). Upward groundwater flow in boils as the dominant mechanism of salinization in deep polders, The Netherlands. *Journal of Hydrology*, 394(3-4), 494-506. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.10.009

De Louw, P. G. B., van der Velde, Y., & van der Zee, S. E. A T. M. (2011). Quantifying water and salt fluxes in a lowland polder catchment dominated by boil seepage: a probabilistic end-member mixing approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(7), 2101-2117. doi:10.5194/hess-15-2101-2011

Hoogewoud, J.C., A.A. Veldhuizen, G.F. Prinsen en M.J.M. Kuijper (2011), NHI toetsing, ontwikkeling en toepassing van methode voor toetsing van NHI 2.1 en vergelijking met NHI 2.0., Deltares, Utrecht

Hoogewoud, J.C., A.A. Veldhuizen, G.F. Prinsen en M.J.M. Kuijper (2011), Veranderingen in NHI 2.1., Deltares, Utrecht.

Hoogewoud, J.C., A.A. Veldhuizen, G.F. Prinsen en J. Hunink (2011), Toetsing van NHI 2.2., Deltares, Utrecht.

Hoogewoud et al, (2011), Taskforce dynamiek, analyse van grondwaterdynamiek in NHI 2.1, in prep. Deltares, Utrecht.

Nelen en Schuurmans consultants (2005), Watervraag kasgebied t.b.v. de droogtestudie.

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

Oude Essink, G.H.P., Houtman, H. and Goes B.J.M. (2005). Chloride-concentratie onderkant deklaag in Nederland, NITG 05-056-A, 17 p., Utrecht, TNO Bouw en Ondergrond.

Verkaik, J., Hunink, J. Baaren, E.S., van, Delsman J. and Oude Essink, G.H.P. (2010). Netherlands Hydrological modelling Instrument for fresh and saline groundwater in the Dutch coastal zone. *Proceedings 21nd SWIM*, 21-25 June 2010, Azores, Portugal.

Vries, F. de,(1999), Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken.Staring Centrum, Wageningen. Rapport 654.

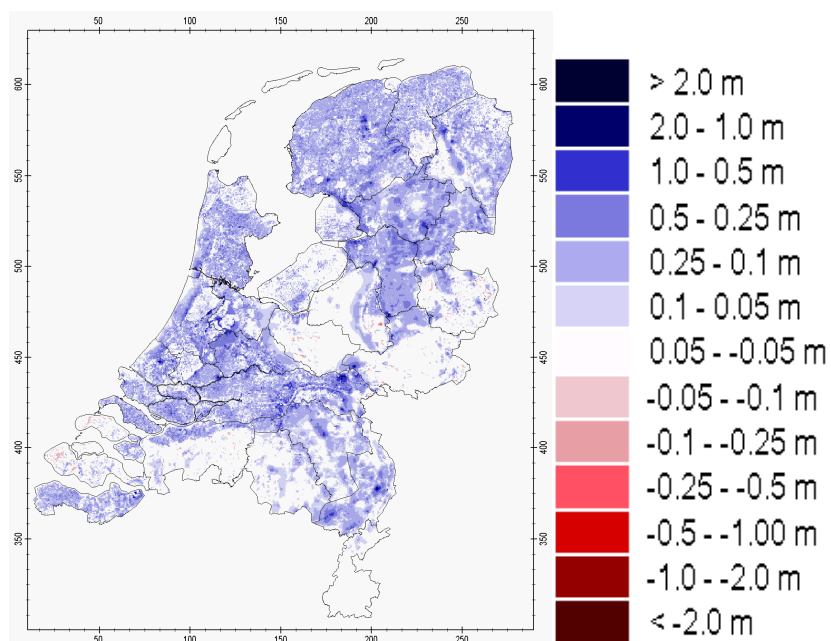
Zaadnoordijk, W. J., Velstra, J., Vergroesen, A. J. J., & Mankor, J. (2009). Groot Mijdrecht: inzicht in functioneren wellen. *Stromingen*, (2).



A Bijlage A: Grondwaterdynamiek

Veranderen infiltratieweerstand.

Uit de analyse van de taskforce dynamiek is naar voren gekomen dat de infiltratieweerstand vaak te hoog lijkt te zijn. Grondwaterstanden in NHI zakken te veel uit en alleen met een aangepaste infiltratieweerstand kon dit (plausibel) voorkomen worden. Voor heel Nederland is een som gemaakt waarbij de infiltratieweerstand met een factor 3 is verlaagd. De effecten op de watervraag zijn erg groot, en bijna altijd werd de watervraag te groot. Deze aanpassing wordt daarom niet landsdekkend doorgevoerd, maar zal worden beschouwd bij de verdere ontwikkeling van NHI.

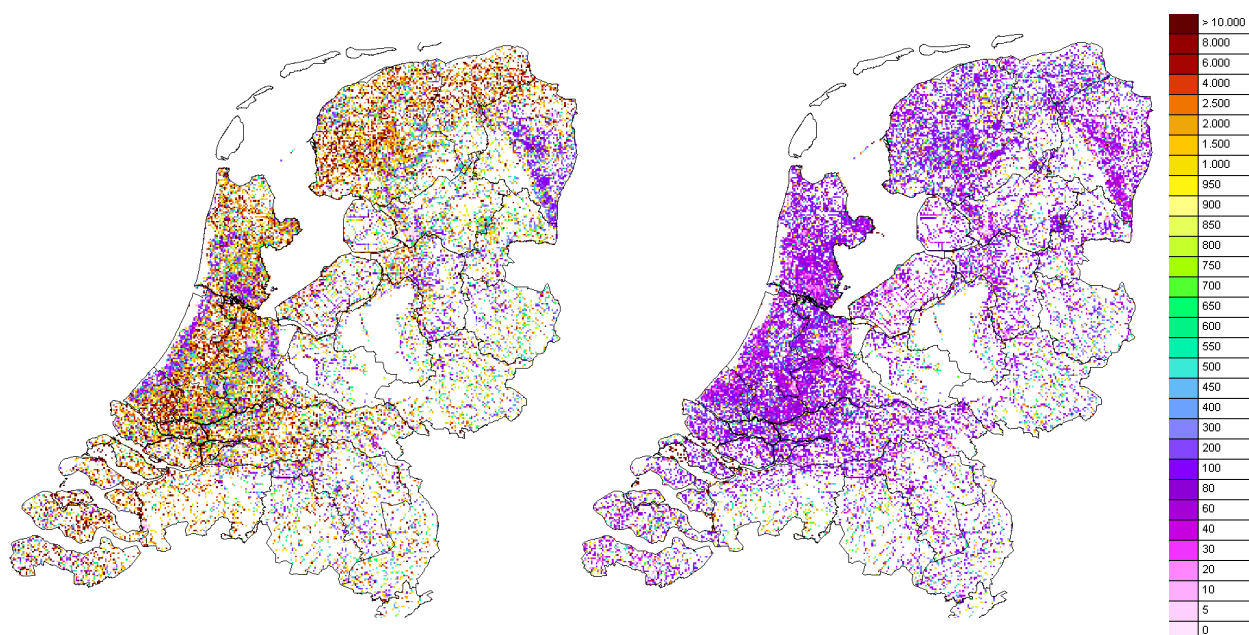


Figuur A.1 verandering in LG3 2003 als gevolg van aanpassen infiltratieweerstand



Nieuw freatische lekweerstanden

Inzichten van Wim de Lange in stromingen 2011 geven aanleiding om de freatische lekweerstanden aan te passen. Deze aanpassingen zijn 'quick and dirty' getoetst voor NHI 2.2. Echter om de veranderingen onderbouwd toe te passen in NHI moeten de gebruikte invoerbestanden beter geanalyseerd worden. De lekweerstanden die berekend worden met de huidige invoergegevens zijn nog niet plausibel, omdat de gebruikte basisinformatie 'gekalibreerd' is.



Figuur A.2 berekende freatische lekweerstanden[d] in NHI 2.1 links en rechts nieuwe (niet gebruikte) lekweerstanden t.b.v. NHI 2.2

B Bijlage B: Bodemprofielgegevens

Vergelijking enkele PAWN-eenheden met de belangrijkste profielen op basis De Vries (1999)

PAWN-eenheid 1

PAWN-nr/ Profiel De Vries (199)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN1		0	35	B18		103	64
PAWN1		35	120	O17			
1010	hVb	0	35	B17	14%	87	51
1010	hVb	35	120	O17			
1020	ohVb	0	25	B17	11%	110	71
1020	ohVb	25	120	O17			
1030	hVs	0	15	B17	9%	94	60
1030	hVs	40	120	O16			
1040	hVsc	0	15	B17	5%	94	60
1040	hVsc	15	120	O16			
1050	hVc	0	15	B17	20%	110	71
1050	hVc	15	120	O17			
1080	aVc	0	15	B16	6%	110	71
1080	aVc	15	120	O17			
1090	faVc	0	15	B16	3%	110	71
1090	faVc	15	120	O17			
1281	Vs	0	10	B18	6%	94	60
1281	Vs	10	120	O16			
1282	Vs	0	10	B16	20%	94	60
1282	Vs	10	120	O16			
1290	Vc	0	12	B18	9%	110	71
1290	Vc	12	120	O17			



PAWN-eenheid 3

PAWN-nr/ Profiel De Vries (199)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN3		0	35 B11			104	61
PAWN3		35	120 O17				
1130	pVb	0	7 B17		17%	101	59
1130	pVb	7	35 O13				
1130	pVb	35	120 O17				
1140	opVb	0	10 B17		4%	110	71
1140	opVb	10	30 O10				
1140	opVb	30	120 O17				
1150	pVs	0	5 B17		9%	94	60
1150	pVs	5	15 O13				
1150	pVs	15	30 O18				
1150	pVs	30	120 O16				
1160	opVc	0	8 B17		3%	110	69
1160	opVc	8	25 O10				
1160	opVc	25	35 O12				
1160	opVc	35	120 O17				
1170	pVc	0	7 B17		15% NA	NA	
1170	pVc	7	20 O12				
1170	pVc	20	35 O18				
1170	pVc	35	120 O17				
1190	kVb	0	8 B17		12%	110	71
1190	kVb	8	30 O13				
1190	kVb	30	120 O17				
1200	kVs	0	8 B17		13%	94	60
1200	kVs	8	30 O13				
1200	kVs	30	120 O16				
1210	kVsc	0	8 B17		4%	94	60
1210	kVsc	8	30 O13				
1210	kVsc	30	120 O16				
1220	kVc	0	10 B17		4%	101	59
1220	kVc	10	35 O13				
1220	kVc	35	120 O17				
1225	kVc	0	10 B17		17%	110	71
1225	kVc	10	30 O10				



1225	kVc	30	120	O17
------	-----	----	-----	-----



PAWN-eenheid 7

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN7		0	100	O1		158	122
PAWN7		100	120	O1			
10180	Zn21	0	20	B2	8%	158	122
10180	Zn21	20	120	O1			
10240	Zd21	0	6	B1	45%	158	122
10240	Zd21	6	10	O1			
10240	Zd21	10	15	O1			
10240	Zd21	15	120	O1			
11040	Zn40A	0	25	B2	8%	172	133
11040	Zn40A	25	40	O2			
11040	Zn40A	40	120	O2			
11040	Zn40A	0	5	B2			
11040	Zn40A	5	40	O2			
11040	Zn40A	40	120	O2			
11050	Zn50A	0	25	B2	21%	161	125
11050	Zn50A	25	45	O2			
11050	Zn50A	45	120	O1			
11050	Zn50A	0	5	B1			
11050	Zn50A	5	50	O1			
11050	Zn50A	50	120	O1			
11070	Zd20A	0	7	B1	12%	158	122
11070	Zd20A	7	120	O1			

PAWN-eenheid 8

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN8		0	35	B01		160	123
PAWN8		35	120	O01			
4140	Hd21	0	8	B1	45%	157	122
4140	Hd21	8	15	O1			
4140	Hd21	15	30	O1			
4140	Hd21	30	50	O1			
4140	Hd21	50	120	O1			
4150	Hd21g	0	8	B1	7%	122	103
4150	Hd21g	8	15	O1			
4150	Hd21g	15	30	O1			
4150	Hd21g	30	50	O1			
4150	Hd21g	50	80	O1			
4150	Hd21g	80	120	O5			
4170	cHd21	0	25	B2	3%	168	131
4170	cHd21	25	35	B2			
4170	cHd21	35	50	O2			
4170	cHd21	50	65	O2			
4170	cHd21	65	120	O1			
8120	EZ50A	0	30	B1	8%	160	121
8120	EZ50A	30	50	B1			
8120	EZ50A	50	120	O1			
10180	Zn21	0	20	B2	6%	158	122
10180	Zn21	20	120	O1			
10180	Zn21	0%	8	B1			
10180	Zn21	800%	40	O1			
10180	Zn21	4000%	120	O1			
10186	Zn21	0	8	B1	19%	158	122
10186	Zn21	8	40	O1			
10186	Zn21	40	120	O1			



PAWN-eenheid 9

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN9		0	50	B2		180	137
PAWN9		50	120	O2			
4010	Hn21	0	25	B2	69%	164	128
4010	Hn21	25	60	O2			
4010	Hn21	60	120	O1			
4010	Hn21	0	15	B2			
4010	Hn21	15	120	O1			
4090	cHn21	0	40	B2	13%	164	127
4090	cHn21	40	120	O1			
10010	pZg21	0	30	B2	4%	164	128
10010	pZg21	30	60	O2			
10010	pZg21	60	120	O1			
10110	pZn21	0	25	B2	6%	162	126
10110	pZn21	25	50	O2			
10110	pZn21	50	120	O1			

PAWN-eenheid 10

PAWN-nr/ Profiel De Vries (199)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN10		0	50	B2		142	121
PAWN10		50	100	O2			
PAWN10		100	120	O5			
4020	Hn21g	0	25	B2	52%	130	110
4020	Hn21g	25	90	O1			
4020	Hn21g	90	120	O5			
4020	Hn21g	0	8	B2			
4020	Hn21g	8	90	O1			
4020	Hn21g	90	120	O5			
4060	Hn23g	0	20	B3	7%	151	131
4060	Hn23g	20	55	O3			
4060	Hn23g	55	110	O2			
4060	Hn23g	110	120	O5			
4100	cHn21g	0	40	B2	8%	131	112
4100	cHn21g	40	90	O1			
4100	cHn21g	90	120	O5			
10012	pZg21g	0	30	B2	4%	164	128
10012	pZg21g	30	60	O2			
10012	pZg21g	60	120	O1			
10111	pZn21g	0	25	B2	14%	160	124
10111	pZn21g	25	40	O2			
10111	pZn21g	40	120	O1			
10140	pZn23g	0	25	B3	7%	172	135
10140	pZn23g	25	40	O3			
10140	pZn23g	40	70	O2			
10140	pZn23g	70	120	O1			



PAWN-eenheid 11

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN11		0	50	B3		116	96
PAWN11		50	100	O2			
PAWN11		100	120	O6			
4030	Hn21x	0	20	B2	13%	105	85
4030	Hn21x	20	40	O2			
4030	Hn21x	40	55	O2			
4030	Hn21x	55	90	O2			
4030	Hn21x	90	120	O6			
4031	Hn21t	0	20	B2	6%	146	107
4031	Hn21t	20	40	O2			
4031	Hn21t	40	50	O2			
4031	Hn21t	50	100	O2			
4031	Hn21t	100	120	O14			
4070	Hn23x	0	20	B3	35%	108	87
4070	Hn23x	20	40	O3			
4070	Hn23x	40	50	O3			
4070	Hn23x	50	90	O2			
4070	Hn23x	90	120	O6			
4071	Hn23t	0	20	B3	4%	158	111
4071	Hn23t	20	40	O3			
4071	Hn23t	40	50	O3			
4071	Hn23t	50	90	O2			
4071	Hn23t	90	120	O14			
4130	cHn23x	0	25	B3	14%	109	85
4130	cHn23x	25	40	B3			
4130	cHn23x	40	55	O3			
4130	cHn23x	55	85	O3			
4130	cHn23x	85	120	O6			
10060	pZg23x	0	20	B3	7%	104	80
10060	pZg23x	20	30	B3			
10060	pZg23x	30	80	O3			
10060	pZg23x	80	120	O6			
10061	pZg23t	0	20	B3	6%	175	116



10061	pZg23t	20	30	O3
10061	pZg23t	30	50	O3
10061	pZg23t	50	90	O3
10061	pZg23t	90	120	O14



PAWN-eenheid 12

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN12		0	100	B2		171	119
PAWN12		100	120	O2			
8030	bEZ21	0	75	B2	4%	174	126
8030	bEZ21	75	90	O2			
8030	bEZ21	90	120	O1			
8040	bEZ23	0	80	B3	11%	216	161
8040	bEZ23	80	120	O3			
8040	bEZ23	0	80	B3			
8040	bEZ23	80	120	O3			
8060	zEZ21	0	90	B2	36%	172	122
8060	zEZ21	90	105	O2			
8060	zEZ21	105	120	O1			
8060	zEZ21	0	90	B2			
8060	zEZ21	90	105	O2			
8060	zEZ21	105	120	O1			
8090	zEZ23	0	90	B3	31%	218	163
8090	zEZ23	90	120	O3			
8090	zEZ23	0	90	B3			
8090	zEZ23	90	120	O3			

PAWN-eenheid 13

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN13		0	25	B3		185	144
PAWN13		25	50	O3			
PAWN13		50	120	O2			
4050	Hn23	0	25	B3	24%	187	145
4050	Hn23	25	40	O3			
4050	Hn23	40	55	O3			
4050	Hn23	55	120	O2			
4050	Hn23	0	20	B3			
4050	Hn23	20	40	O3			
4050	Hn23	40	55	O3			
4050	Hn23	55	120	O2			
4050	Hn23	0	8	B3			
4050	Hn23	8	25	O3			
4050	Hn23	25	40	O3			
4050	Hn23	40	120	O2			
4120	cHn23	0	25	B3	11%	192	150
4120	cHn23	25	45	B3			
4120	cHn23	45	60	O3			
4120	cHn23	60	75	O2			
4120	cHn23	75	120	O2			
4120	cHn23	0	25	B3			
4120	cHn23	25	40	B3			
4120	cHn23	40	60	O3			
4120	cHn23	60	75	O2			
4120	cHn23	75	120	O2			
10030	pZg23	0	25	B3	28%	189	147
10030	pZg23	25	30	B3			
10030	pZg23	30	60	O3			
10030	pZg23	60	120	O2			
10030	pZg23	0	20	B3			
10030	pZg23	20	30	B3			
10030	pZg23	30	60	O3			
10030	pZg23	60	120	O2			
10030	pZg23	0	15	B3			
10030	pZg23	15	30	O3			



10030	pZg23	30	60	O3			
10030	pZg23	60	120	O1			
10040	pZg23g	0	20	B3	3%	183	144
10040	pZg23g	20	30	B3			
10040	pZg23g	30	60	O3			
10040	pZg23g	60	90	O2			
10040	pZg23g	90	120	O1			
10070	fpZg23	0	15	B3	5%	189	147
10070	fpZg23	15	30	O3			
10070	fpZg23	30	60	O3			
10070	fpZg23	60	120	O2			
10130	pZn23	0	25	B3	7%	201	148
10130	pZn23	25	40	O3			
10130	pZn23	40	120	O3			
10200	Zn23	0	15	B3	4%	189	147
10200	Zn23	15	35	O3			
10200	Zn23	35	60	O3			
10200	Zn23	60	120	O2			

PAWN-eenheid 14

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN14		0	15	B1		80	63
PAWN14		15	100	O5			
3030	gY30	0	15	B5	30%		
3030	gY30	15	35	O5			
3030	gY30	35	70	O5			
3030	gY30	70	120	O5			
4080	Hn30	0	20	B5			
4080	Hn30	20	45	O5			
4080	Hn30	45	120	O5			
4080	Hn30	0	8	B5	8%		
4080	Hn30	8	22	O5			
4080	Hn30	22	30	O5			
4080	Hn30	30	40	O5			
4080	Hn30	40	120	O5			
4160	gHd30	0	8	B5	33%		
4160	gHd30	8	15	O5			
4160	gHd30	15	30	O5			
4160	gHd30	30	60	O5			
4160	gHd30	60	120	O5			
10230	Zn30	0	20	B5	5%		
10230	Zn30	20	30	O5			
10230	Zn30	30	120	O5			
10260	Zd30	0	5	B5	6%		
10260	Zd30	5	120	O5			
10290	Zb30	0	20	B5	3%		
10290	Zb30	20	35	O5			
10290	Zb30	35	80	O5			
10290	Zb30	80	120	O5			



11060	Zn30A	0	120	O5	3%	80	63
-------	-------	---	-----	----	----	----	----

PAWN-eenheid 17

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN17		0	25	B12		41	24
PAWN17		25	120	O13			
15360	Mn45A	0	25	B11	21%	67	32
15360	Mn45A	25	60	O12			
15360	Mn45A	60	120	O11			
15360	Mn45A	0	25	B11			
15360	Mn45A	25	70	O12			
15360	Mn45A	70	120	O11			
15400	Mn86C	0	20	B11	3%	58	32
15400	Mn86C	20	80	O12			
15400	Mn86C	80	120	O11			
15460	gMn83C	0	25	B11	10%	79	33
15460	gMn83C	25	60	O12			
15460	gMn83C	60	120	O11			
15520	kMn63C	0	20	B10	3%	56	34
15520	kMn63C	20	40	O11			
15520	kMn63C	40	120	O12			
15540	kMn43C	0	20	B11	5%	56	32
15540	kMn43C	20	120	O12			
15550	kMn48C	0	20	B11	4%	56	32
15550	kMn48C	20	120	O12			
16060	Rn66A	0	20	B10	3%	46	30
16060	Rn66A	20	50	O11			
16060	Rn66A	50	120	O13			
16060	Rn66A	0	20	B10			
16060	Rn66A	20	40	O11			
16060	Rn66A	40	120	O13			
16130	Rn67C	0	20	B10	9%	53	37
16130	Rn67C	20	50	O11			
16130	Rn67C	50	100	O13			
16130	Rn67C	100	120	O10			
16160	Rn47C	0	15	B11	13%	41	24
16160	Rn47C	15	30	O12			
16160	Rn47C	30	80	O13			
16160	Rn47C	80	120	O11			



16190	Rn44C	0	15	B12	10%	41	24
16190	Rn44C	15	120	O13			

PAWN-eenheid 18

PAWN-nr/ Profiel De Vries (1999)	Bodem- eenheid	Diepte bovenkant cm tov mv	Diepte onderkant cm tov mv	Staring bouwsteen	Percentage areaal	krit z-af- stand bij 1 mm/d	krit z-af- stand bij 2 mm/d
PAWN18		0	25	B12		46	24
PAWN18		25	60	O13			
PAWN18		60	120	O17			
15100	Mv51A	0	40	O9	4%	108	71
15100	Mv51A	40	60	O11			
15100	Mv51A	60	120	O17			
15110	Mv81A	0	20	B10	3%	102	65
15110	Mv81A	20	55	O11			
15110	Mv81A	55	120	O17			
15120	Mv61C	0	15	B9	5%	105	66
15120	Mv61C	15	40	O10			
15120	Mv61C	40	60	O11			
15120	Mv61C	60	120	O17			
15130	Mv41C	0	20	B11	20%	93	45
15130	Mv41C	20	50	O12			
15130	Mv41C	50	120	O17			
15250	Mn15Av	0	25	B8	3%	110	75
15250	Mn15Av	25	50	O9			
15250	Mn15Av	50	85	O8			
15250	Mn15Av	85	105	O12			
15250	Mn15Av	105	120	O17			
15290	Mn25Av	0	25	B9	3%	121	79
15290	Mn25Av	25	105	O10			
15290	Mn25Av	105	120	O17			
15560	kMn48Cv	0	20	B11	3%	56	32
15560	kMn48Cv	20	90	O12			
15560	kMn48Cv	90	120	O17			
16010	pRv81	0	20	B11	3%	52	24
16010	pRv81	20	30	O12			
16010	pRv81	30	55	O13			
16010	pRv81	55	120	O17			
16040	Rv01C	0	20	B12	22%	46	24
16040	Rv01C	20	60	O13			
16040	Rv01C	60	120	O17			
16200	Rn44Cv	0	15	B12	8%	41	24
16200	Rn44Cv	15	90	O13			



16200	Rn44Cv	90	120	O17
-------	--------	----	-----	-----



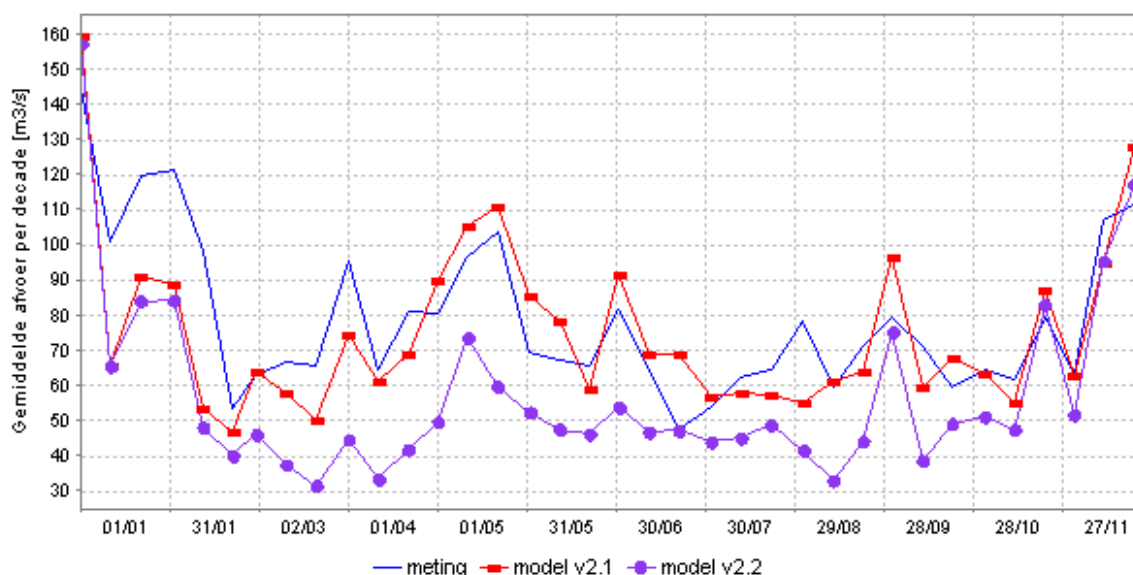
C Beschrijving van resultaten NHI 2.2 voor een aantal (DM) knooppunten

Inleiding

In de tekst van het hoofdrapport zijn de figuren voor de Oranjesluizen, Eefde en de inlaat van ZuidWest Drenthe opgenomen. Deze bijlage bevat de beschrijving van enkele andere resultaten voor lokaties waarbij er iets is het model is aangepast.

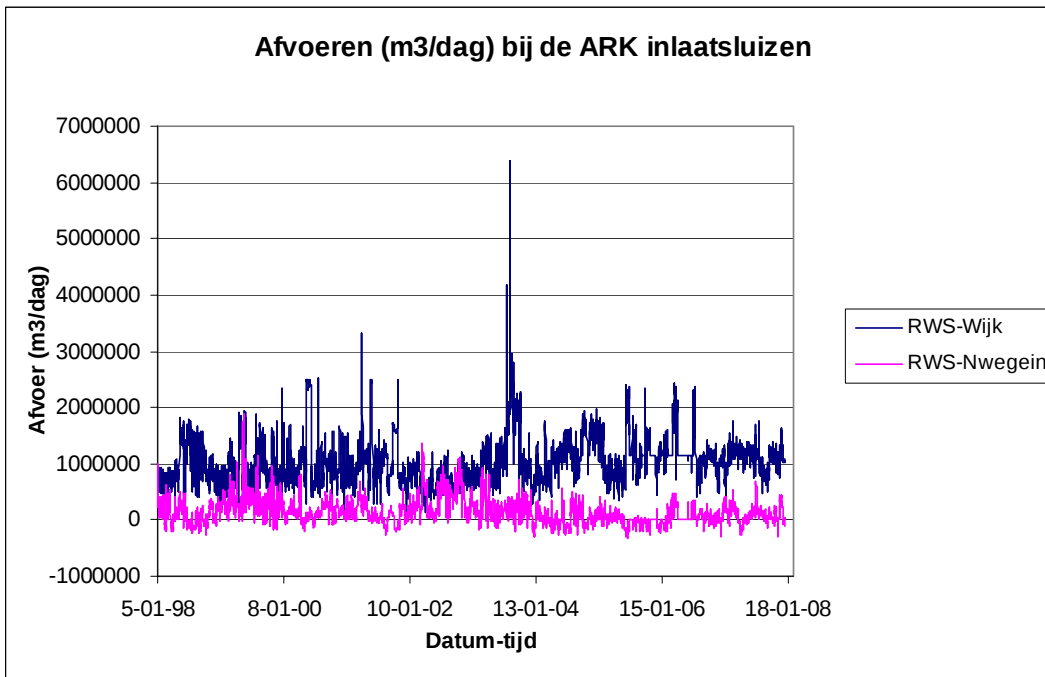
IJmuiden

De verbetering bij de Oranjesluizen leidt op het oog tot verslechtering bij IJmuiden (zie onderstaande figuur). Echter, door RWS-NH (Peter Beuse) zijn vraagtekens bij de meetgegevens geplaatst en is gesteld dat de afvoermetingen niet te vertrouwen zijn (er is naar verluidt geen rekening gehouden met de richting van de gemeten snelheden).

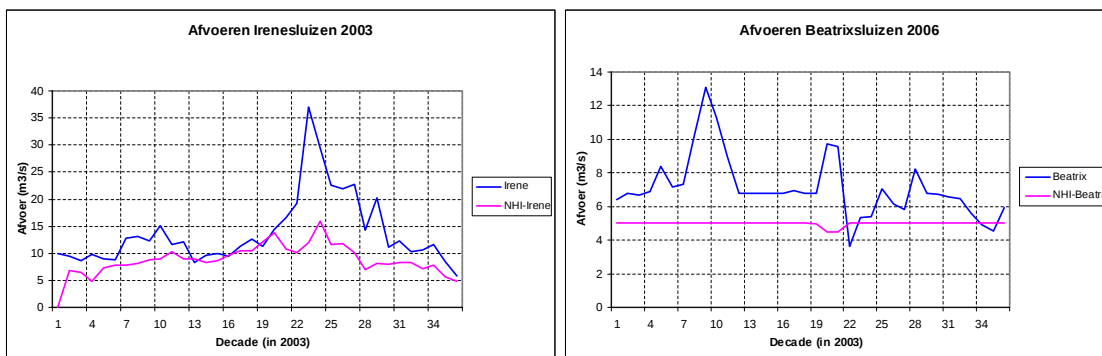


Figuur 6.1 Afvoer Noordzeekanaal IJmuiden 2003

Afgezien van de mogelijk discutabele kwaliteit van de metingen bij IJmuiden, blijkt voor het ARK dat de inlaat in 2003 in het model lager is dan de metingen laten zien. Aangezien het ARK uiteindelijk ook via IJmuiden loost, werkt een lager berekend debiet op het ARK ook door in de vorm van een lager berekend debiet bij IJmuiden. De volgende figuren tonen de gemeten dagcijfers bij de Irenesluizen en de Beatrixsluizen (data via Waternet ontvangen, tegelijk met de data Oranjesluizen), en een vergelijking op decadebasis met de NHI resultaten. Opvallend is overigens dat bij de Beatrixsluizen zowel positieve als negatieve debieten worden gemeten.



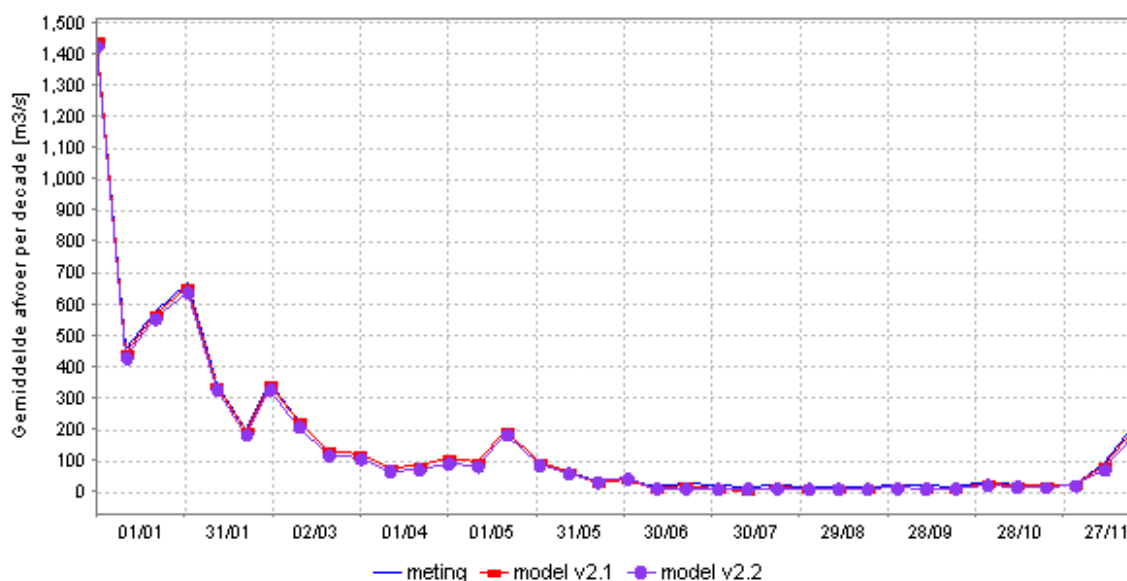
Figuur 6.2 Dagmetingen 2003 Irenesluizen en Beatrixsluizen



Figuur 6.3 Vergelijking metingen en door NHI 2.2 berekend debiet 2003 Irenesluizen(links) en Vergelijking metingen en door NHI 2.2. berekend debiet 2003 Beatrixsluizen (rechts)

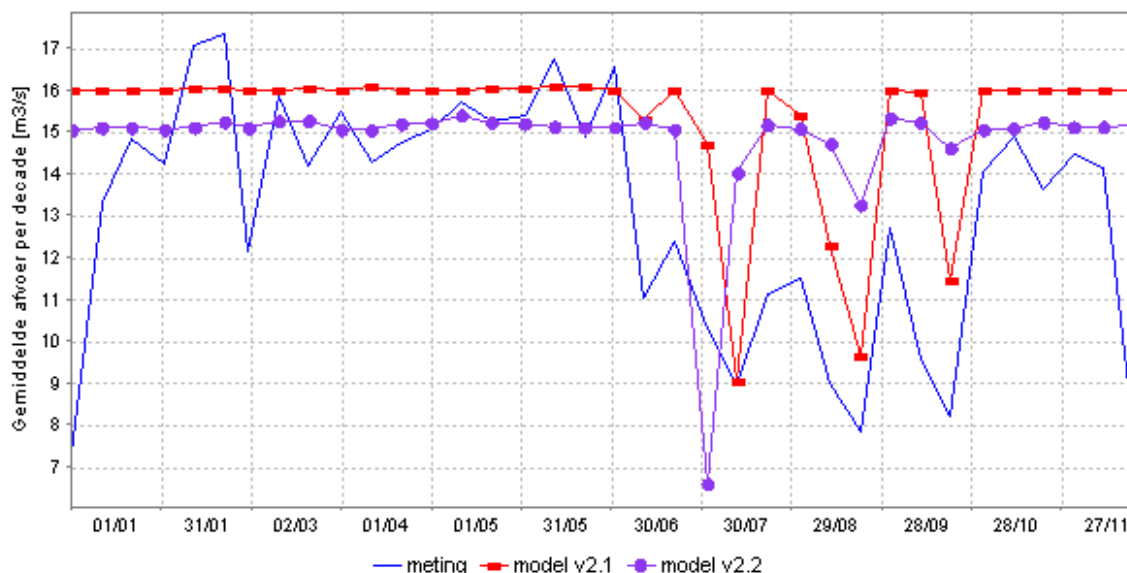
Maas en Brabantse kanalen

Voor de Maas begint de DM-schematisatie nu bij Monsin in plaats van bij Sint Pieter; het Maasafvoeroverdrag is nu in de DM-verdeelregels verwerkt. De volgende figuur laat zien dat het resultaat bij Borgharen vergelijkbaar is gebleven, dus dat de aanpassing wat dit betreft niet of nauwelijks gevolgen heeft gehad.



Figuur 6.4 Vergelijking afvoeren Borgharen Grensmaas voor 2003

Voor het Julianakanaal is de sturing volgens het Maasafvoercontract met een decadegemiddeld maximum van ongeveer $15 \text{ m}^3/\text{s}$, waar in NHI 2.1. nog een gewenst debiet van $16 \text{ m}^3/\text{s}$ was gedefinieerd. Bij lage Maasafvoeren kan op het Julianakanaal worden teruggepompt, maar dit is niet in de NHI-invoer geïmplementeerd omdat het lastig is en omdat water toch benedenstrooms in de Maas terug komt. Omdat het terugpompen bovenstrooms van het meetpunt Bunde gebeurt verklaart dit dat de lagere debieten minder goed worden gereproduceerd.

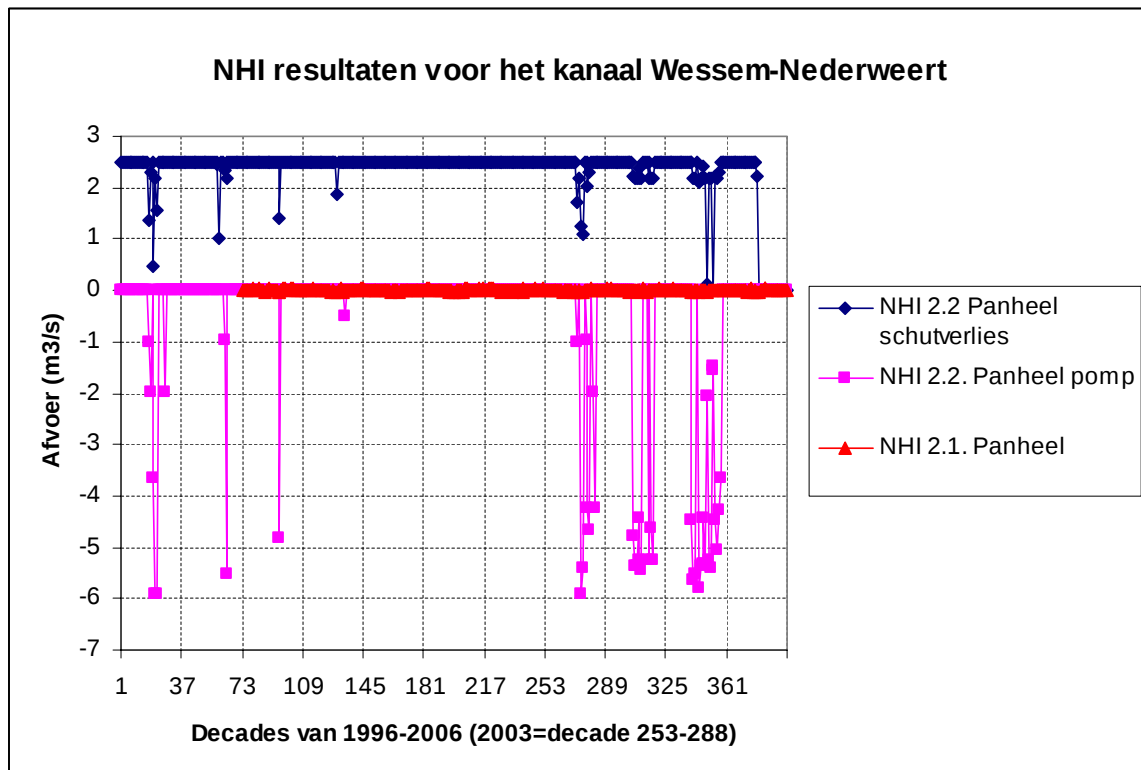


Figuur 6.5 Vergelijking afvoeren bij Bunde (Julianakanaal) voor 2003

Voor de Brabantse kanalen zijn de schut- en lekverliezen bij de sluizen aangepast. Voor het kanaal Wessum-Nederweert gebeurde in NHI 2.1. vrijwel niets (geen aanvoer en geen afvoer). In de praktijk is er volgens de RWS-regionale diensten Brabant en Limburg een schutverliesdebiet van orde $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ naar de Maas dat bij dreigende watertekorten door



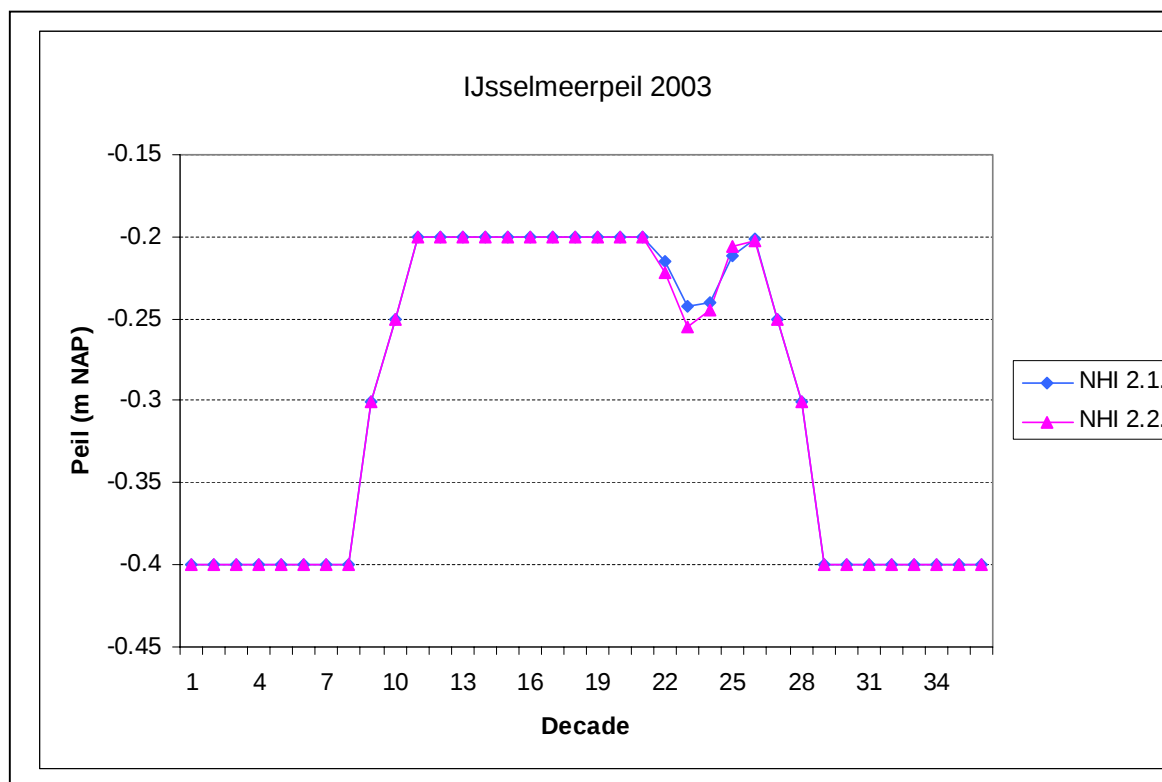
zuinig schutten wordt gereduceerd, en wordt er in droge perioden bij Panheel tot 6 m³/s opgepompt. NHI 2.2. toont duidelijk meer schutverlies- en pompdynamiek.



Figuur 6.6 Vergelijking afvoeren kanaal Wessem-Nederweert (Panheel) 2003

Peilen

DM rekent slechts op een beperkt aantal lokaties de waterstanden uit. De belangrijkste lokaties zijn het IJsselmeer, Markermeer en de randmeren.



Figuur 6.7 Vergelijking van NHI 2.1. en NHI 2. IJsselmeerpeil 2003

Het IJsselmeerpeil zakt in de zomer van 2003 in NHI 2.2 iets meer dan in NHI 2.1. Het verschil wordt veroorzaakt door de regionale watervragen en grotere open water verdamping in de zomer in NHI 2.2.