TNO Bouw en Ondergrond

Netherlands Geological Survey
Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T 030 256 42 56
F 030 256 48 55
info-BenO@tno.nl

TNO-rapport

2007-U-R0972/A

MIPWA
Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer

Datum	september 2007
Auteurs	Judith Snepvangers Wilbert Berendrecht Mede-auteurs: Bennie Minnema, Wim van der Linden, Peter Vermeulen (TNO) Mike Duijn, Gerald Jan Ellen, Hanneke Puts (TNO) Ab Veldhuizen, Jan van Bakel, Harry Massop (Alterra) Willem Jan Zaadnoordijk, Cor de Graaf (Royal Haskoning) Marcel Boerefijn, Andre Blonk, Arnout Heuven (TAUW)
Opdrachtgevers	Waterbedrijf Vitens, Waterleidingmaatschappij Drenthe, Waterbedrijf Groningen, Provincie Overijssel, Provincie Drenthe, Provincie Groningen, Provinsje Fryslân, Waterschap Groot Salland, Waterschap Velt en Vecht, Waterschap Reest en Wieden, Waterschap Hunze en Aa's, Waterschap Noorderzijlvest, Wetterskip Fryslân, Gemeente Smallingerland, Gemeente Assen, Gemeente Zwolle, Dienst Landelijk Gebied
Projectnummer	005.35107
Aantal pagina's incl. bijlagen	276
Aantal bijlagen	17
Goedgekeurd door	Bennie Minnema

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2007 TNO

Samenvatting

In opdracht van een groot aantal waterpartners in Noord-Nederland (drinkwaterbedrijven, provincies, waterschappen, gemeenten en DLG) is het MIPWA project (Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van WAterbeheer) uitgevoerd. Het doel van dit project was de ontwikkeling van een gedetailleerd, regionaal modelinstrumentarium ter ondersteuning van de vaststelling van GGOR (Gewenst Grond- en Oppervlaktewaterregime). Het instrumentarium moet eenvoudig en interactief gebruikt kunnen worden en voldoende draagvlak genieten om toepassing in een beleidsomgeving mogelijk te maken.

Het MIPWA project is uitgevoerd door een consortium van vier partijen: TNO, Alterra, Royal Haskoning en Tauw. Zij bundelden hun model- en gebiedskennis.

Het MIPWA instrumentarium bestaat uit:
- de grondwatermodel-referentiedatabase,
- de Impuls-Respons database (IR) en
- de interactieve toepassingsomgeving *iMOD*.

Het instrumentarium is een breed gedragen, gemeenschappelijk product. Tijdens het project is veel aandacht besteed aan de aansluiting van het project bij de wensen van de opdrachtgevers. In het begin van het project is een actoren- en krachtenveldanalyse uitgevoerd, gedurende het project zijn er diverse workshops georganiseerd en afsluitend is er een beleidsanalyse uitgevoerd. In de workshops werden keuzes met betrekking tot het instrumentarium in gezamenlijkheid gemaakt.

Alle basisinformatie van het MIPWA grondwatermodel is bijeengebracht in een grondwatermodel referentiedatabase. De referentiedatabase heeft een hoge resolutie (25x25 m) en bedekt de beheersgebieden van de opdrachtgevers ruim (145x167 km). De referentiedatabase is een afspiegeling van de kennis die de opdrachtgevers én opdrachtnemers op dit moment gezamenlijk hebben met betrekking tot het grondwatersysteem. In aanvulling hierop is het grondwatermodel verder verbeterd aan de hand van ruim 8000 locaties met gemeten grondwaterstanden en stijghoogten middels stationaire en niet-stationaire ijking. Het resultaat hiervan is dat van de 8000 meetlocaties:
- 25% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand < 12 cm heeft;
- 50% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand < 23 cm heeft;
- 75% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand < 44 cm heeft.

Voor wat betreft de dynamiek (verschil tussen GHG en GLG) kent het MIPWA model soortgelijke statistieken voor de 8000 meetlocaties:
- 25% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 8 cm;
- 50% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 18 cm;
- 75% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 32 cm.

Het model is na de calibratie getoetst op onafhankelijke GHG en GLG metingen en gemeten afvoeren. Het resultaat, de huidige versie van het MIPWA grondwatermodel, versie 1.0, is gezamenlijk door opdrachtgevers en opdrachtnemers goedgekeurd als maximaal haalbare op basis van tijd, geld en beschikbare kennis. Er zijn gebieden waar het model minder goed presteert dan in andere gebieden. Hieraan zal in toekomstige versies verder aandacht aan besteed worden.

Binnen het interactieve simulatie- en afwegingsinstrumentarium *iMOD* zijn diverse functionaliteiten beschikbaar voor het analyseren van de informatie in de referentiedatabase. *iMOD* biedt verder de mogelijkheid het grondwatermodel door te rekenen om bijvoorbeeld de effecten van mogelijke (GGOR) maatregelen te bepalen. Het MIPWA model is ontwikkeld met MODFLOW gekoppeld met het onverzadigde zone model CAPSIM. Er is een snelle versie ontwikkeld van deze MODFLOW-CAPSIM combinatie waarmee het mogelijk is om het model eenvoudig op te schalen naar een grovere schaal of een deelmodel uit te knippen. Hierdoor kan het MIPWA instrumentarium flexibel gebruikt worden voor zowel lokale detailstudies als regionale studies.

Ten behoeve van het snel analyseren van effecten van mogelijke maatregelen is de Impuls-Respons (IR) database ontwikkeld. In de IR-database zijn miljoenen effecten van mogelijke maatregelen opgeslagen; de database kan met *iMOD* geraadpleegd worden. De IR-database geeft binnen enkele seconden een schatting van het werkelijke effect en is vooral geschikt voor quickscans, bijvoorbeeld om aan de vergadertafel kansrijke en kansarme maatregelen te onderscheiden. Om de exacte effecten van maatregelen of combinaties van maatregelen te bepalen dient het model zelf de worden doorgerekend om zo met eventuele niet-lineaire reacties in het grondwatersysteem rekening te kunnen houden. Ook hiervoor zijn binnen *iMOD* gebruiksvriendelijke mogelijkheden ontwikkeld.

Het MIPWA instrumentarium biedt door de combinatie van de referentiedatabase, *iMOD* en de IR-database een krachtige interactieve omgeving om technische grondwaterkennis op een eenvoudige en efficiënte manier aan beleidsmakers aan te bieden. Het instrumentarium is bij uitstek geschikt voor het vaststellen van de actuele- en gewenste grondwatersituatie (AGOR en GGOR) en het geeft een beeld van de mogelijke maatregelen om van AGOR naar GGOR te komen. Het toepassen van MIPWA voor andere, niet-GGOR toepassingen is getest met behulp van drie pilots. Uit deze pilots kwam naar voren dat de data en de instrumenten van MIPWA breder inzetbaar zijn dan alleen GGOR.

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

Lijst van tabellen en figuren **6**

1 Inleiding **7**
1.1 Achtergrond 7
1.2 Probleemstelling 8
1.3 Doelstelling 8
1.4 Leeswijzer 8

2 MIPWA aanpak **10**
2.1 Algemeen 10
2.2 Ontwikkeling grondwatermodel referentiedatabase 10
2.3 Procesbegeleiding en beleidsondersteuning 12
2.4 Interactief simulatie- en afwegingsinstrumentarium (*iMOD*) 13
2.5 Pilots 15

3 Ontwikkeling grondwatermodel referentiedatabase **16**
3.1 Modelgebied: grenzen en resolutie 16
3.2 Modelperiode 17
3.3 Modelparametrisering 18
3.4 Modelanalyse en ijking 20

4 Actuele grondwatersistuatie (AGOR) MIPWA gebied **26**

5 Impuls Respons (IR)-database **33**
5.1 Inleiding 33
5.2 Impuls-respons methode 34
5.3 IR-database raadplegen 35

6 Procesbegeleiding en beleidsondersteuning **37**
6.1 Actoren-/Krachtenveldanalyse 37
6.2 Workshops 37
6.3 Beleidsexercitie 39

7 Interactief simulatie- en afwegingsinstrumentarium (*iMOD*) **41**
7.1 Inleiding 41
7.2 Overzicht functionaliteit *iMOD* 42

8 Pilots **44**
8.1 GD+ actualisatie en evaluatie 44
8.2 Zoetzout 45
8.3 Grondwatergestuurd peilbeheer. 46

9 Gebruiksmogelijkheden MIPWA instrumentarium **48**
9.1 Inleiding 48
9.2 Nauwkeurigheid van het model 48
9.3 Gebruiksmogelijkheden MIPWA instrumenten 53

9.4 Doorkijk naar niet-GGOR toepassingen 54

10 Conclusies en aanbevelingen 57
10.1 Conclusies 57
10.2 Aanbevelingen 58

Bijlage(n)

A Modelrand Waddenzee
B AHN filtering
C Ondergrond
D Grondwateraanvulling
E Oppervlaktewater
F Veldcampagne Oppervlaktewaterpeilen
G Drainage
H Onttrekkingen
I Beregening
J IJking
K Impuls-Respons Database
L Overzicht digitale modelbestanden en resultaten
M Actoren- en Krachtenveldanalyse
N Beleidsexercitie
O Pilot GD+ actualisatie en evaluatie
P Pilot Zoet-Zout
Q Pilot Grondwatergestuurd Peilbeheer

Lijst van tabellen en figuren

Figuren

Figuur 2.1 MIPWA onderdelen en hun uitdagingen 10
Figuur 2.2 Gemodelleerde processen in MIPWA grondwatermodel 11
Figuur 2.3 Model ontwikkelingsproces MIPWA 11
Figuur 2.4 Structuur procesbegeleiding en beleidsondersteuning 12
Figuur 2.5 Interactieve workshop 7 februari 2006 13
Figuur 2.6 iMOD 'hands-on', 26 april 2007 14
Figuur 2.7 Voorbeeld 'comment'-functionaliteit in *iMOD* 14
Figuur 3.1 Ligging actieve modelgebied bestaande uit interessegebied (blauw) en modelgebied (lichtblauw) en niet-actieve deel van het modelgebied (grijs) 17
Figuur 4.1 Berekende GHG 27
Figuur 4.2 Berekende GLG 28
Figuur 4.3 Berekende grondwaterdynamiek 29
Figuur 4.4 Berekende grondwatertrappen 30
Figuur 4.5 Berekende gemiddelde kwel-/wegzijgingsflux 31
Figuur 4.6 Berekende gemiddelde flux naar de waterlopen 32
Figuur 5.1 Impuls-Respons concept 34
Figuur 5.2 Met behulp van de IR-databasetool in *iMOD* zijn van het puttenveld van Nietap de 3 meest zuidwestelijk gelegen putten (omlijnd in de linkerfiguur) in debiet gehalveerd 35
Figuur 5.3 Met behulp van de IR-databasetool in iMOD zijn in een peilvak ten noorden van Ruinerwold (omlijnd in de linkerfiguur) de peilen verhoogd met 50 cm 36
Figuur 6.1 Analyse van modelresultaten, Workshop 27 juni 2006 38
Figuur 6.2 Afronding basismodel MIPWA, Workshop 30 november 2006 39
Figuur 7.1 *iMOD* 41
Figuur 8.1 Schematisch overzicht water- en chloridestromen 45
Figuur 9.1 Schematische weergave van een meet- of onttrekkingsfilter welke door de quasi-3D modelschematisatie in een scheidende laag terecht komen en daarmee lastig zijn te interpreteren 50
Figuur 9.2 MIPWA nauwkeurigheidskaart voor de gemiddelde grondwaterstand 51
Figuur 9.3 Vier grafieken uit tijd-stijghoogtegrafiekkaarten (zie Bijlage L). Boven: twee vlakke reeksen, onder: twee sterk variërende reeksen 52

Tabellen

Tabel 3.1 Kenmerken modelgebied 16
Tabel 3.2 Resultaat stationaire ijking, statistieken van residuen in [m] 23
Tabel 3.3 Resultaat niet-stationaire ijking; statistieken van residuen (GHG, GLG, dynamiek en vertificatie GHG locaties) in [m-maaiveld] 24
Tabel 5.1 Maatregelen IR-database MIPWA 33

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In de Vierde Nota Waterhuishouding (december 1998) is vastgelegd dat de provincies de gewenste grondwatersituatie vastleggen. De vierde nota stelt letterlijk: "Problemen (tussen landbouw en natuur) kunnen goeddeels worden voorkomen wanneer duidelijk is op welke functie het peilbeheer moet zijn afgestemd. Daarom vindt het Rijk dat het een taak van de provincie is (in regie) de gewenste grondwatersituatie vast te leggen, gekoppeld aan de toegekende gebruiksfuncties. Zodat daadwerkelijk ruimte ontstaat voor water als ordenend principe".

Het is lastig gebleken de gewenste grondwatersituatie of GGOR (Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime) vast te stellen. Provincies en waterschappen worstelen met de problematiek, mede door de soms tegengestelde belangen van de waterpartners in een gebied, b.v. drinkwaterbedrijven, de landbouw, natuurbeheerders en burgers.
Toch moet GGOR vastgesteld worden en in gebieden waar de huidige situatie (AGOR: Actueel Grond- en Oppervlaktewater Regime) niet overeenkomt met de gewenste situatie (knelpuntgebieden) moet, voor zover noodzakelijk en kosteneffectief, de waterhuishouding worden aangepast. Zowel maatregelen in het oppervlaktewater (b.v. aanpassing oppervlaktewaterpeil) als het grondwater (b.v. een vermindering of re-allocatie van een grondwaterwinning) zijn daarbij in beeld.
Gezien deze lastige opgave hebben de waterbeheerders en hun waterpartners in Noord-Nederland er voor gekozen om voor de uitwerking van de GGOR een gezamenlijk toepassingsinstrument te ontwikkelen, gebaseerd op een gebiedsdekkend en gedetailleerd grondwatermodel. TNO, Alterra, Royal Haskoning en Tauw zijn de uitdaging aangegaan dit modelinstrumentarium te ontwikkelen. Dit instrumentarium wordt in eerste instantie ontwikkeld voor de GGOR problematiek, maar moet in de toekomst ook voor allerhande andere grondwatergerelateerde problemen ingezet kunnen worden.

De opdrachtgevende partijen van dit MIPWA project (Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van WAterbeheer) zijn:

- Waterleidingbedrijf Vitens
- Waterleidingmaatschappij Drenthe
- Waterbedrijf Groningen
- Provincie Overijssel
- Provincie Drenthe
- Provincie Groningen
- Provinsje Fryslân
- Wetterskip Fryslân
- Waterschap Noorderzijlvest
- Waterschap Hunze en Aa’s
- Waterschap Velt en Vecht
- Waterschap Reest en Wieden
- Waterschap Groot Salland
- Gemeente Assen
- Gemeente Zwolle
- Gemeente Smallingerland
- Dienst Landelijk Gebied

Waterleidingbedrijf Vitens was penvoerder en verzorgde de projectaansturing vanuit de opdrachtgevers.

1.2 Probleemstelling

Het belangrijkste kenmerk bij de vraagstelling is de combinatie van het lokale schaalniveau van de beleidsvragen en de grote omvang van het gebied waarvoor deze beleidsvragen gesteld en beantwoord moeten worden. Vanwege de omvang van het gebied zal het grondwatermodel daardoor een **grootschalig karakter** moeten hebben. Echter, vanwege het lokale schaalniveau van de beleidsvragen zal dit gebiedsdekkende instrument toch **zoveel mogelijk detail** in zich moeten bergen.

Daarnaast is het van belang dat de beantwoording van de beleidsvragen op een **interactieve wijze** kan plaatsvinden, ondermeer om een **maximaal draagvlak** voor een maatregelenpakket mogelijk te maken.

De laatste eis die aan het instrumentarium gesteld is, is de **zelfstandige toepasbaarheid** door de individuele leden van de werkgroep: vanuit een toepassingsomgeving dient snel de meeste effectieve maatregel geïdentificeerd te kunnen worden en dienen combinaties van verschillende maatregelen snel te kunnen worden doorgerekend.

1.3 Doelstelling

In het kort is de doelstelling van opdrachtgevers en de uitdaging voor de uitvoerende partijen het maken van een instrument om GGOR vast te stellen.

Op basis hiervan kan de doelstelling als volgt nader worden uitgewerkt:
- Het samenstellen van een regionaal, gedetailleerd grondwatermodel voor Noord-Nederland;
- Het vervaardigen, vullen en implementeren van een methodiek die in staat is snel de meest efficiënte maatregelen te identificeren en analyseren;
- Het inbedden van bovenstaande in een interactieve toepassingsomgeving waarmee beleidsexercities interactief vorm kunnen krijgen.

Tijdens de voorbereidende bijeenkomsten zijn daarnaast de volgende aanvullende doelstellingen geformuleerd door de opdrachtgevers:
- Voldoende kwaliteit van de modeluitkomsten om een kwantitatieve watersysteembeschrijving mogelijk te maken;
- Acceptatie van het model door de waterbeheerwereld;
- Toepassing van het model binnen de waterschappen;
- Bieden van een basis voor gekoppelde grond- en oppervlaktewatermodellen en onverzadigde zone modellen.

1.4 Leeswijzer

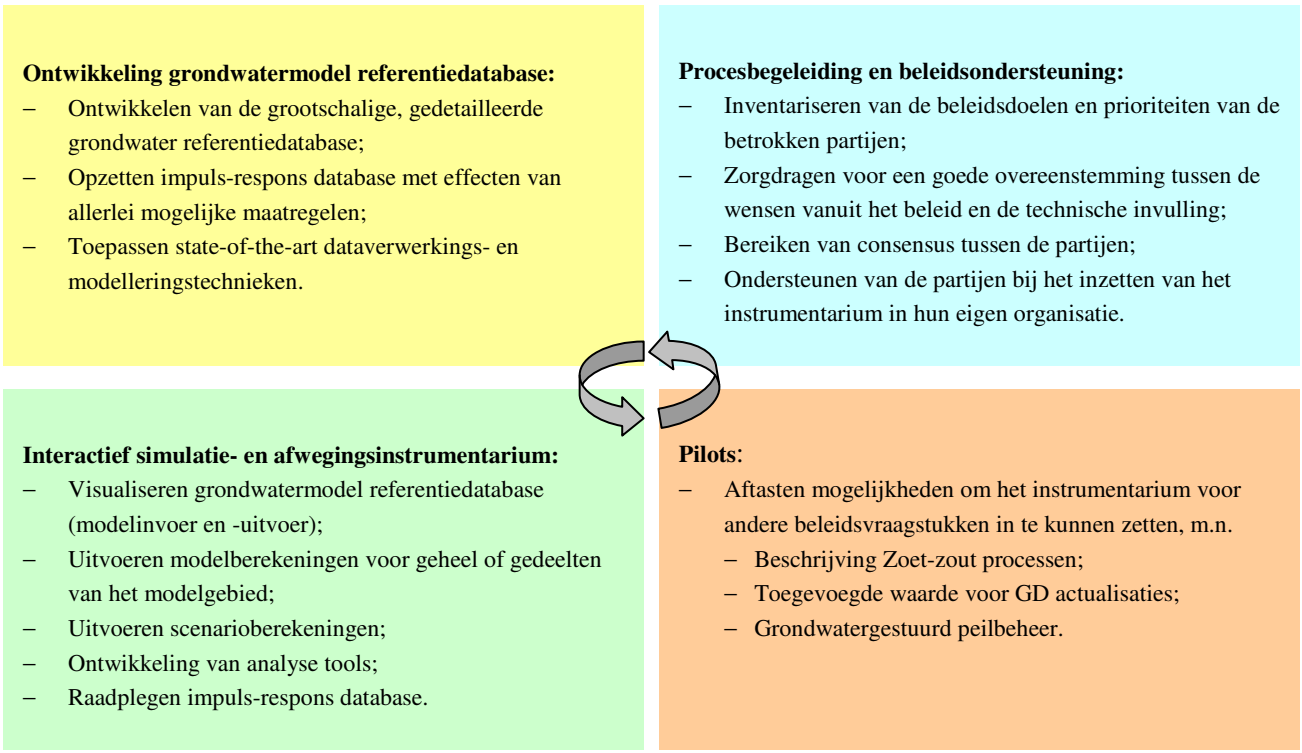
Dit hoofdrapport biedt een overzicht van het MIPWA project met betrekking tot de modelontwikkeling, procesbegeleiding en ontwikkeling van de interactieve toepassingsomgeving.

De toegepaste modelconcepten en een gedetailleerd verslag van de modelresultaten zijn opgenomen in aparte bijlagen.
Het grondwater modelinstrumentarium inclusief modelgegevens, modelresultaten en IR-database is toegankelijk op een externe server bij TNO en is ook geleverd op DVD.
Het rapport en de bijlagen zijn ook digitaal op CD-rom geleverd.

2 MIPWA aanpak

2.1 Algemeen

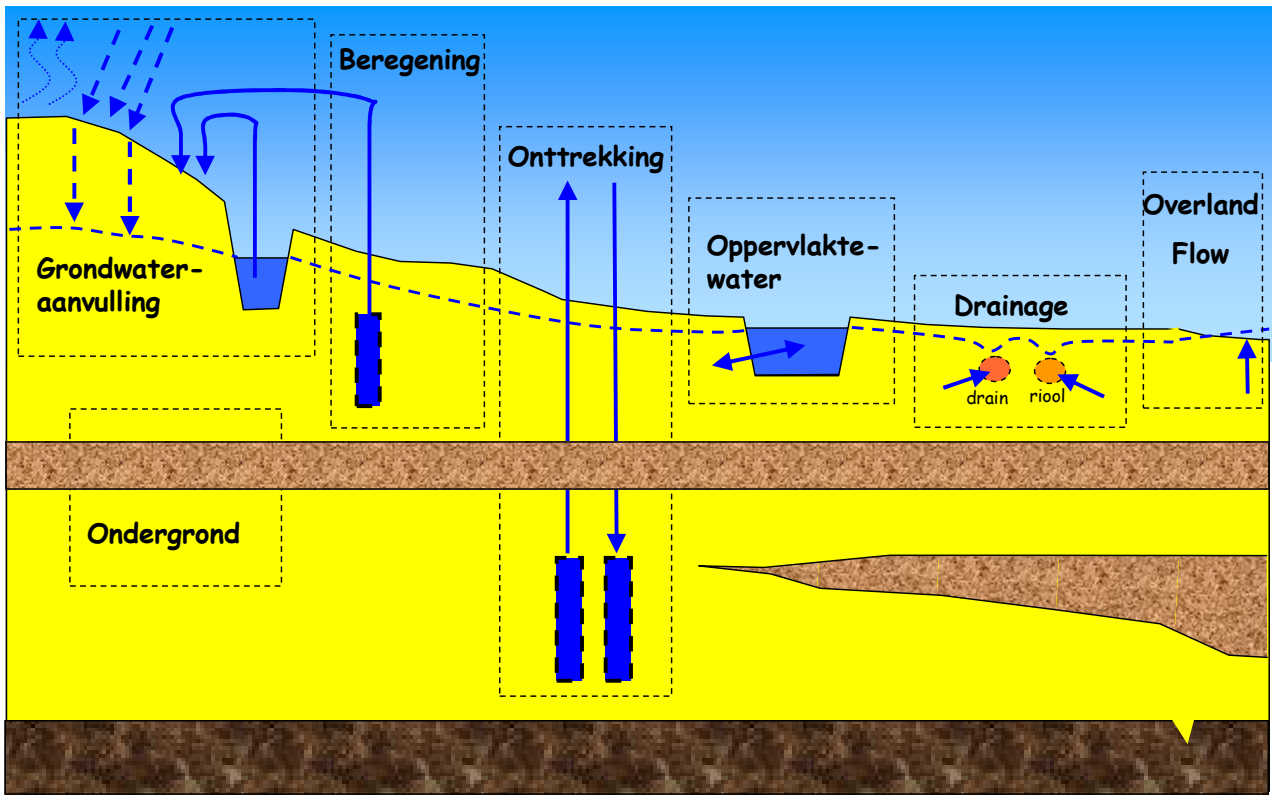
Gezien de uitdagende vragen met betrekking tot techniek én draagvlak voor het instrumentarium, kent het MIPWA traject een geheel eigen, innovatieve aanpak in vier onderdelen (Figuur 2.1).



Figuur 2.1 MIPWA onderdelen en hun uitdagingen

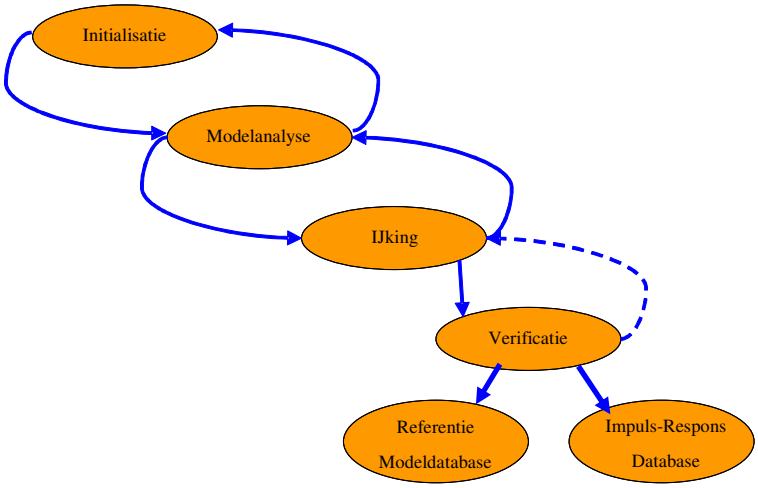
2.2 Ontwikkeling grondwatermodel referentiedatabase

De referentiedatabase van het MIPWA-project is het hart van het project de andere onderdelen gebruiken, danwel ondersteunen dit hart. Voor het gehele interessegebied (ca. 1.000.000 ha) plus een ruime randzone (in totaal ca. 2.000.000 ha) wordt op 25 m resolutie een MODFLOW grondwatermodel met een gekoppeld CAPSIM onverzadigde zone model gebouwd. De belangrijkste processen voor grondwaterstroming worden in dit zogenaamde casco-model gemodelleerd (Figuur 2.2).



Figuur 2.2 Gemodelleerde processen in MIPWA grondwatermodel

Het proces dat leidde tot een grondwatermodel referentiedatabase versie 1.0 bestond uit 4 fasen van initialisatie tot verificatie (Figuur 2.3), welke sequentieel en gedeeltelijk iteratief zijn uitgevoerd. Dit laatste gold voor de stappen modelanalyse en ijking die als cyclus een aantal malen zijn doorlopen.



Figuur 2.3 Model ontwikkelingsproces MIPWA

Tijdens de initialisatie zijn de grootschalige basisgegevens verzameld en verwerkt en verwerkt tot modelinvoer. Deze modelinvoer is vervolgens aangevuld met gegevens uit bestaande grondwatermodellen.

Tijdens de modelanalyse is het model verbeterd. Hierbij is gebruik gemaakt van verschillende analysetechnieken, waaronder een gevoeligheidsanalyse om bij verbetering en ijking de aandacht te kunnen vestigen op van de meest gevoelige en daarmee maatgevende parameters in het modelsysteem.

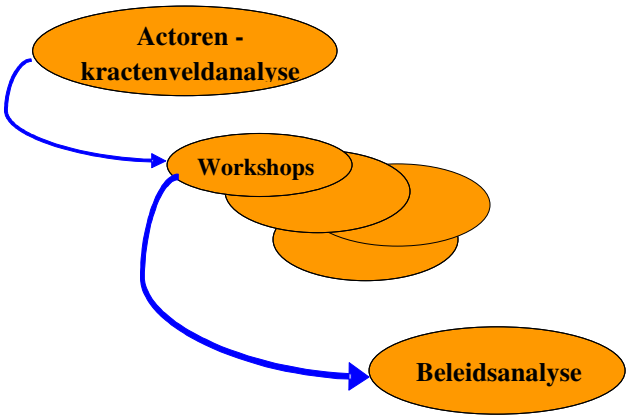
Tijdens de ijking zijn een aantal parameters automatisch geoptimaliseerd. De ijking is vanwege rekentijdtechnische grenzen uitgevoerd met een opgeschaald model met een resolutie van 1000x1000 meter.

Tussen de ijkingsslagen door zijn de resultaten beperkt geverifieerd. Een uitgebreide verificatie zal in de loop van tijd plaatsvinden, wanneer het model daadwerkelijk in gebruik is.

De modelinvoer en -uitvoer van het geijkte grondwatermodel (25x25 meter) vormen de grondwatermodel referentiedatabase. Op basis van deze modelinformatie is een Impuls-Respons database gevuld. Hierin worden effecten van allerlei mogelijke ingrepen op het grondwatersysteem opgeslagen.

2.3 Procesbegeleiding en beleidsondersteuning

Met de grondwatermodel referentiedatabase en *iMOD* worden technische handvatten geboden aan de waterbeheerders in Noord-Nederland. Techniek is echter niet de voertaal aan de beleidstafel en zeker niet in de bestuurlijke besluitvorming. Om de techniek op een goede manier te laten landen in de verschillende organisaties is in het MIPWA project veel aandacht besteed aan procesbegeleiding en beleidsondersteuning.



Figuur 2.4 Structuur procesbegeleiding en beleidsondersteuning

Het MIPWA project is gestart met een actoren- en krachtenveldanalyse waaruit gebleken is dat het projectplan goed past bij de beleidswensen (Figuur 2.4). Circa iedere twee maanden was er een workshop met de betrokken partijen. Tijdens deze workshops maakten zij in gezamenlijkheid keuzes met betrekking tot de modelbouw en brachten zij hun gebiedsspecifieke kennis in (Figuur 2.5). Deze workshops werden zeer goed bezocht. Een ieder was zich terdege bewust van het belang van de workshops voor

versterking van de onderlinge samenwerking en voor een breed draagvlak voor het in ontwikkeling zijnde grondwatermodel. Aan het einde van het MIPWA project heeft er een beleidsexercitie plaatsgevonden, waarin voor fictieve cases het gebruik van *iMOD* in beleidstrajecten is getoetst.

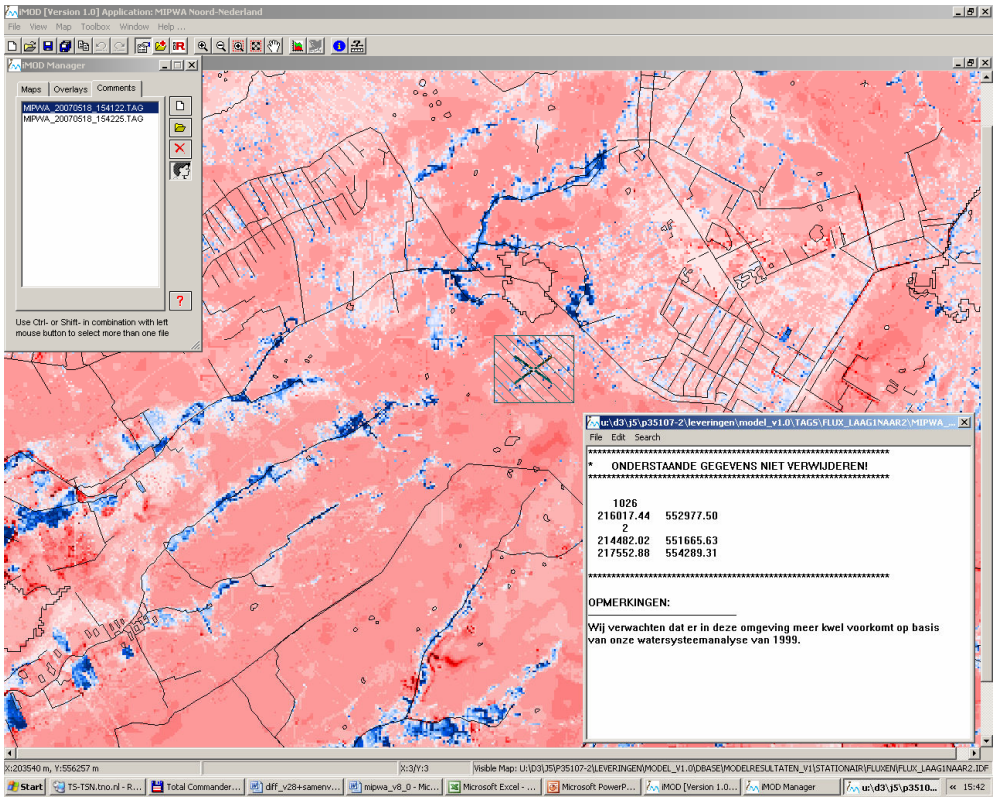
Figuur 2.5 Interactieve workshop 7 februari 2006

2.4 Interactief simulatie- en afwegingsinstrumentarium (*iMOD*)

Het interactieve simulatie- en afwegingsinstrumentarium *iMOD* was een levend product gedurende het MIPWA project. Op basis van opmerkingen en wensen van de deelnemers werden functionaliteiten toegevoegd of aangepast. Naast presentaties in de workshops zijn twee aparte *iMOD* 'hands-on' trainingen georganiseerd. De eerste training was gericht op de visualisatiemogelijkheden en werd in het begin van het traject georganiseerd. In de tweede training stonden met name de IR- en modeltools centraal. Deze training vond plaats aan het einde van het project (Figuur 2.6).

Tijdens de modelbouwperiode heeft *iMOD* gefungeerd als online communicatiemiddel om tussentijdse modelresultaten aan te bieden ter controle. Hiervoor draaide iMOD op een aparte server bij TNO. Via een 'remote-desktop' verbinding konden de partijen de server benaderen, kaarten bekijken en zo gewenst reacties achter laten via de *iMOD* 'comment'-functionaliteit. Als het ware kon er een punaise worden geprikt op een kaart om een gebiedspecifieke reactie te geven (Figuur 2.7). Hiervan is veelvuldig gebruik gemaakt in de modelanalyse periode (zie paragraaf 3.4).

Figuur 2.6 iMOD 'hands-on', 26 april 2007



Figuur 2.7 Voorbeeld 'comment'-functionaliteit in *iMOD*

2.5 Pilots

Het draagvlak van het modelinstrumentarium hangt niet alleen af van de inzetbaarheid binnen GGOR-context, maar ook van de mogelijkheden het instrumentarium voor andere beleidsvraagstukken in te kunnen zetten. Daarom is de toepasbaarheid voor niet-GGOR vraagstukken binnen dit project alvast op bescheiden schaal in drie pilots getest:

1. *GD+ actualisatie en evaluatie*
Met het grondwatermodel en IR-database kunnen maatregelen ten behoeve van GGOR worden gedefinieerd. Wanneer deze maatregelen daadwerkelijk ingezet worden, is het interessant te weten of de maatregel inderdaad het gewenste effect heeft. De kernvraag van deze pilot:
Wat is de actuele grondwaterstand en -dynamiek en wordt deze beïnvloed door de genomen maatregelen?

2. *Zoetzout*
Het grondwatermodel wordt gebruikt voor het berekenen van de zoutvracht vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater. Daarnaast zal een koppeling worden gemaakt met een routingsmodel om de verplaatsing van de zoutvracht door het oppervlaktewatersysteem te kunnen simuleren.

3. *Grondwatergestuurd peilbeheer.*
Voor een deelgebied in de Veenkoloniën zijn grondwatergestuurd peilbeheer strategieën doorgerekend met het casco-model en met een uitbreiding van dit model met meebewegende oppervlaktewaterpeilen. Vuistregels zijn afgeleid waarmee gebieden geselecteerd kunnen worden waar grondwatergestuurd peilbeheer nutig is.

3 Ontwikkeling grondwatermodel referentiedatabase

3.1 Modelgebied: grenzen en resolutie

De grondwatermodel referentiedatabase kent een resolutie van 25 m. De reden om te kiezen voor deze gedetailleerde schaal is de resolutie van het AHN op 5x5 m. De resolutie van het maaiveld bepaalt de maximaal haalbare resolutie om grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te bepalen. Echter 5x5 m resolutie voor geheel Noord-Nederland is niet mogelijk vanwege data-opslag en rekentijden, vandaar dat gekozen is voor een iets grovere variant van 25x25 m.

Het modelgebied is zodanig gekozen dat het beheergebied van alle partners (het zogenaamde interessegebied) ruim binnen het modelgebied valt (Tabel 3.1 en Figuur 3.1). Het model beslaat 145 km (=5800 kolommen, west-oost) bij 167 km (=6680 rijen, noord-zuid). Verder heeft het model 7 modellagen (zie verder paragraaf 3.3.2).

Tabel 3.1 – Kenmerken modelgebied

	minimum	maximum
x-coordinaat	145000	290000
y-coordinaat	448000	615000

	25x25 m	250x250 m
aantal kolommen	5800	580
aantal rijen	6680	668
aantal modellagen	7	7
aantal actieve cellen / laag	34.068.445	340.684

Met behulp van de spreidingslengte is bepaald hoe groot de afstand van het interessegebied tot de modelgrens moet zijn om te voorkomen dan randvoorwaarden een waarneembaar effect hebben binnen het interessegebied:

- **Noord- en westgrens (open water):** Deze grens wordt voor het grootste gedeelte gevormd door de Waddenzee, danwel het IJsselmeer. Er is gekozen voor een bufferzone van 4 km rond het vasteland (zie bijlage A).
- **Oostgrens**: De oostgrens ligt voor het gehele modelgebied in Duitsland. Op basis van de spreidingslengte (λ) en de beschikbaarheid van data ligt de grens op X = 290.000 m.
- **Zuid- en westgrens (land)**: de zuidgrens en westgrens zijn zo gekozen dat minimaal de gehele provincie Overijssel binnen het modelgebied valt, dit om toevoeging van het Waterschap Regge en Dinkel in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken.

De toegepaste randvoorwaarden zijn:

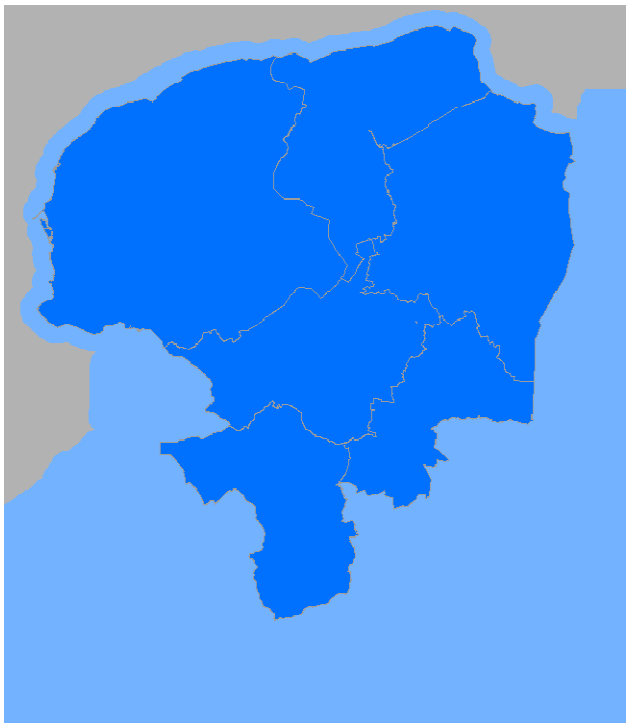
- Noord/Westrand: open rand, vaste stijghoogte, vastgesteld op Waddenzee-/IJsselmeerpeil voor alle modellagen;
- Oostrand: open rand, vaste stijghoogte;
- Zuidrand: open rand, vaste stijghoogte.

Om rekentechnische redenen (het doorrekenen van het gehele model op 25 meter schaal vergt ca. 80Gb aan geheugen) is het gebied opgedeeld in deelmodellen. Boviendien leverde dit mogelijkheden voor parallel rekenen (gridcomputing), wat haalbare rekentijden opleverde: de rekentijd door gridcomputing is afgenomen met 99.3%.

- Rekentijd niet-stationair model = 10.800 uur sequentieel = 72 uur parallel

(150 computers)

De deelmodellen zijn gedraaid met een overlap van 1250 meter. De randvoorwaarden op de buitenrand van deze zone zijn overgenomen uit het regionale grondwatermodel met een resolutie van 250 meter. Dit model kan wel in haar geheel doorgerekend worden.



Figuur 3.1 Ligging actieve modelgebied bestaande uit interessegebied (blauw) en modelgebied (lichtblauw) en niet-actieve deel van het modelgebied (grijs)

3.2 Modelperiode

De referentiedatabase is opgezet voor de periode 1989 – 2001. Uit onderzoek van Alterra in 2003 naar meteorologische condities is naar voren gekomen dat dit een representatieve periode voor het klimaat van de afgelopen 30 jaar is.

Op basis van de referentiedatabase kunnen 2 modelvarianten worden doorgerekend:

- Stationaire variant:
  - Wanneer stationair wordt gerekend, wordt het systeem in evenwicht gemodelleerd. In werkelijkheid treedt deze situatie nooit op, maar wordt benaderd door het gemiddelde van grondwaterstanden en stijghoogten. Voordeel van deze variant is dat deze snel rekent.
  - Deze variant is gebruikt voor de ijking op gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten (stationaire ijking);
- Niet-stationaire variant:
  - De niet-stationaire variant rekent het grondwatersysteem door voor de periode 1989-2001 op dagbasis. Deze variant rekent veel trager dan de stationaire variant;

– Deze variant is gebruikt voor de ijking op individuele grondwaterstanden in de tijd (niet-stationaire ijking.

3.3 Modelparametrisering

3.3.1 Maaiveld

De hoogte van het maaiveld fungeert als referentie voor de oppervlaktewaterpeilen en andere hoogtegegevens, zoals bodemhoogte en buisdrainageniveau. De maaiveldhoogte is afgeleid uit het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN, versie 2004). Dit bestand is gefilterd om de afwijkende hoogten veroorzaakt door gebouwen, begroeiing e.d. te verwijderen. Bij deze filtering is informatie uit het TOP10-bestand gebruikt voor het toevoegen van de ligging van het oppervlaktewater. Een gedetailleerde beschrijving van de AHN-filtering is opgenomen in bijlage B.

Het AHN is beschikbaar voor het gehele interessegebied (inclusief gehele provincie Overijssel), hierbuiten is maaiveld informatie van REGIS VII.0 (voor overige delen in Nederland) en SRTM (voor Duitsland) toegevoegd.

3.3.2 Ondergrond

MIPWA kent een zogenaamde quasi-3D benadering. Dit betekent dat de ondergrond wordt opgedeeld in watervoerende pakketten en scheidende lagen. In deze benadering van de werkelijke 3D stroming door de ondergrond, vindt in de watervoerende pakketten alleen horizontale stroming plaats en in de scheidende lagen alleen vertikale stroming.

- Geometrie

De diepteligging van de watervoerende pakketten en scheidende lagen (geometrie) binnen het modelgebied is gebaseerd op verschillende bronnen:

- De hydrogeologische indeling van REGIS VII.0 is gebruikt als leidraad. Echter, per provincie is in REGIS een eigen indeling gemaakt en deze is omgezet naar een Noord-Nederland dekkende indeling. Hieruit zijn 7 modellagen ontstaan.
- De diepteligging van de in Duitsland voorkomende lagen is verkregen uit REGIS Vegte (TNO, 2000) voor de gebieden die grenzen aan Nord-Rhein – Westfalen en Niedersachsen. Deze zijn handmatig zo goed mogelijk aangesloten op het Nederlandse geohydrologische systeem. Voor het noordelijke grensgebied waren geen geohydrologische gegevens beschikbaar en zijn de Nederlandse geohydrologische lagen geëxtrapoleerd;

Zie bijlage C voor een gedetailleerde beschrijving van de samenstelling van het lagenmodel.

- Parametrisatie

De parameters die toegekend worden aan de watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen zijn gebaseerd op:

- kD- en c-waarden uit REGIS VII.0;
- kD- en c-waarden uit ‘parels’. Onder ‘parels’ worden die parametrisaties van lagen of gedeelten van lagen in een bestaand grondwatermodel verstaan die toegevoegde waarde hebben ten opzichte van de REGIS parametrisatie, bijvoorbeeld doordat deze uitgebreid zijn geijkt of geverifieerd met metingen in het veld.
- Deklaagweerstand op basis van DINO boor-informatie. De (holocene) deklaag wordt in REGIS niet geparametriseerd. De deklaagweerstand is daarom bepaald

volgens de werkwijze van de landsdekkende topsysteem karakterisatie (Van der Linden, 2002).

Zie bijlage C voor een overzicht van de kD- en c-waarden per modellaag en voor een gedetailleerde beschrijving van de parametrisatie uit REGIS en de 'parels'.

3.3.3 Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling is berekend op basis van de gemeten neerslag en de referentiegewasverdamping, waarbij rekening is gehouden met interceptie en berging in de wortelzone. Hiervoor is MODFLOW gekoppeld met de CAPSIM functionaliteit uit SIMGRO (zie bijlage D) voor de niet-stationaire berekening. De grondwateraanvulling in de stationaire variant is bepaald als het gemiddelde zoals berekend met de niet-stationare variant over de periode 1989-2001.

3.3.4 Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater fungeert in het grondwatermodel als vaste bovenrandvoorwaarde. Afhankelijk van het verschil tussen de grondwaterstand en het oppervlaktewaterpeil treedt infiltratie van oppervlaktewater of drainage van grondwater op.

De ligging van het oppervlaktewater is overgenomen uit de vectorbestanden van het TOP10 en de digitale leggers van de waterschappen. De peilen zijn eveneens afgeleid van de digitale leggers. Voor kleinere waterlopen en droogvallende waterlopen is informatie uit het AHN gebruikt. Ter controle van de peilen is een korte veldcampagne uitgevoerd.

De overige eigenschappen van het oppervlaktewater die als modelinvoer nodig zijn, zijn bodemhoogte, drainageweerstand en watervoerendheid.

De wijze waarop deze modelinvoer is aangemaakt is toegelicht in bijlage E. De resultaten van de veldcampagne zijn beschreven in bijlage F.

3.3.5 Oppervlakkige afvoer

De afvoer van uittredend grondwater via het maaiveld (verzadigde oppervlakkige afvoer) is in het model gesimuleerd door gebruik te maken van het zogenaamde SOF-vlak ('Surface Overland Flow'). Als het model een grondwaterstand boven maaiveld berekent, dan wordt het grondwater op deze locatie afgevoerd. De hoogte van het SOF-vlak is gelijk aan de maaiveldhoogte (zie bijlage B) plus een marge van ±2 cm. Deze marge verdisconteert begroeiing en de ruimtelijke ongelijkheid van het maaiveldoppervlak binnen één modelcel. In depressies wordt rekening gehouden met het laagste uitstromingspunt rondom de depressie.

3.3.6 Drainage

De locaties van buisdrainage in het agrarisch gebied is veelal niet bekend. In het modelgebied is daarom de buisdrainagekaart gebruikt, die is aangemaakt door Alterra in het kader van de Verdrogingstudie van RIZA. Dit is een statistische kaart, d.w.z. dat voor grotere gebieden het areaal buisdrainage gemiddeld klopt, maar dat op perceelsniveau de kaart kan afwijken van de werkelijkheid. Alterra had voor de RIZA analyse slechts een beperkt aantal veldopnamen om de statistische regels te toetsen. In het kader van het MIPWA project is een inventarisatie uitgevoerd naar de ligging van buisdrainage in het MIPWA projectgebied (Boerefijn en De Graaf, 2006). Voor de

diepteligging van de drainage is rekening gehouden met nabij gelegen oppervlaktewaterpeilen.

Greppels zijn ook opgenomen in het drainage bestand. Met behulp van een AHN analyse, gebaseerd op de methode van de Provinsje Fryslân, zijn percelen met greppels vastgesteld. Het drainageniveau van de greppels is vastgesteld op 0.3 m onder het gemiddelde maaiveld van de cel.

Naast buisdrainage en begreppeling in het landelijk gebied wordt ook drainage verondersteld in het stedelijk gebied. Deze drainage wordt gevormd door lokale drainage onder wegen, huizen, tuinen en parken en eventuele lekkende drainage. De diepteligging van deze drainagevorm hangt af van het type drainage en de oppervlaktewaterpeilen in de omgeving.

De wijze waarop de modelinvoer van de drainage is aangemaakt is in detail toegelicht in bijlage G.

3.3.7 Onttrekkingen

De gegevens van de onttrekkingen in het gebied zijn zoveel verkregen van drinkwaterbedrijven en provincies. De ligging en de grootte van de onttrekkingen is gecontroleerd en de onttrekkingen zijn toegedeeld aan de modellagen op basis van de diepteligging van de onttrekkingsfilters.

De wijze waarop de modelinvoer van de onttrekkingen is aangemaakt is in detail toegelicht in bijlage H.

3.3.8 Beregening

De beregening uit grondwater is in het grondwatermodel opgenomen als onttrekking en als aanvullende gift in de wortelzone.

In het stationaire model is gebruik gemaakt van informatie uit STONE.
In het niet-stationaire model is het beregeningsalgoritme van CAPSIM gebruikt. De beregeningsgift is berekend op basis van het vochttekort in de wortelzone in de beregeningsperiode binnen een cel waar beregening mogelijk is. Als er wordt onttrokken aan het grondwater dan wordt de onttrekkingshoeveelheid doorgegeven aan het grondwatersysteem.

De wijze waarop de modelinvoer van de beregening is aangemaakt is in detail toegelicht in bijlage I.

3.4 Modelanalyse en ijking

3.4.1 Achtergrond

Op basis van de initiële parametrisatie van het model (paragraaf 3.3) is het model zowel stationair als niet-stationair doorgerekend. Dit initiële model is vervolgens geanalyseerd en geijkt om te komen tot het versie 1.0 basismodel. De modelanalyse en ijking is een cyclus die meerdere malen is doorlopen en bestaat uit de volgende onderdelen:

- Modelanalyse
- IJking
- Verificatie

3.4.2 Modelanalyse

Tijdens de **modelanalyse** wordt gespeurd naar afwijkingen tussen model en meting (residuen) ten gevolge van 'fouten' in de modelinvoer: het verkeerd inschatten van waterpeilen, het ontbreken van onttrekkingen, etc. Dit type 'fouten' heeft veel invloed op de modelresultaten en heeft bij verbetering een groter effect dan het 'finetunen' van het model door middel van een automatische ijking. Bij het verbeteren van het model is er daarom veel aandacht gegeven aan de verbetering van deze systematische fouten: de modelanalyse.
Daarnaast wordt is tijdens de modelanalyse de gevoeligheid van het model geanalyseerd.

Gevoeligheidsanalyse
De gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd om onderscheid te kunnen maken tussen gevoelige en niet-gevoelige modelparameters. Ongevoelige modelparameters kunnen niet worden geijkt, omdat een aanpassing van de parameter niet of nauwelijks effect heeft op de berekende stijghoogte. Daarnaast wordt in een gevoeligheidsanalyse nagegaan of modelparameters onderling gecorreleerd zijn. Wanneer dit het geval is, zal het model op de aanpassing van de eerste parameter op gelijke wijze reageren als bij een aanpassing van de gecorreleerde parameter. Er kan dan slechts één van de beide parameters worden geijkt.

De gevoeligheidsanalyse is stationair uitgevoerd voor alle ondergrondparameters (kD- en c-waarden) en de stationaire grondwateraanvulling. Door de grootte van het modelgebied is de correlatie tussen de ondergrondparameters onderling nergens zeer hoog. De correlatie tussen de kD van laag 1 en de grondwateraanvulling is wel sterk in vrijwel het gehele gebied. Dit betekent dat kD1 en grondwateraanvulling niet gelijktijdig geijkt kunnen worden. Er is daarom besloten alleen te ijken op de ondergrondparameters.

Niet-stationair is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor een aantal parameters uit het onverzadigde zone model (freatische bergingscoëfficiënt, maximale bergingsvolume in de wortelzone en de maximale capillaire flux) en de drainageweerstand van de waterlopen. Deze gevoeligheidsanalyse was vooral gericht op het verkrijgen van inzicht in de ruimtelijke patronen van gevoeligheid om zodoende tijdens de ijking de parameters in de juiste regio's aan te kunnen passen.

Controle op kaartbeelden
Kaartbeelden van kwelfluxen, gemiddelde grondwaterstanden en GHG, GLG zijn besproken tijdens 7 workshops en een groot aantal bilaterale overleggen. Reacties vanuit het gebied op deze beelden zijn vervolgens verwerkt tot modelverbeteringen. Naast reacties op de workshops konden ook binnen iMOD commentaar worden achtergelaten (comments). In totaal zijn er ruim 300 reacties verwerkt tijdens de verschillende modelanalysemomenten.

Om de bijlagen met betrekking tot de modelparametrisatie (bijlage A tot en met I) compleet te houden, zijn de aanpassingen op parameters die aan het licht kwamen tijdens de modelanalyse opgenomen in deze bijlagen.

Analyse op meetpuntniveau – bepalen van residuen
Tijdens de modelanalyse zijn veelvuldig vergelijkingen gemaakt tussen gemeten en gemodelleerde stijghoogten en grondwaterstanden. Deze zogenaamde ballenkaarten en

hun statistieken leveren snel inzicht in de toestand van het model: zijn er nog structurele afwijkingen in bepaalde regio's, zijn ruimtelijke verbanden zichtbaar, hoe groot zijn de afwijkingen gemiddeld, etc.?

3.4.3 IJking

Tijdens de ijking wordt met behulp van automatische ijkingsoftware getracht het model verder te verbeteren door modelparameters aan te passen op basis van beschikbare metingen. Er ontstaat een balans tussen:

- de grootte van de afwijkingen tussen metingen en modelsimulatie **en**
- de parameteraanpassingen die gedaan zijn om dit te bereiken.

IJking initieert een dilemma, omdat we niet weten wanneer de balans echt in evenwicht is. Afwijkingen tussen model en meting (zogenaamde residuen) kunnen ontstaan doordat:

- de initiële modelparameters afwijken van de werkelijkheid, maar **ook** doordat
- het initiële model nog steeds onvolkomenheden bevat en/of hiaten in de gehanteerde modelconcepten.

De modelanalyse- en ijkingscyclus wordt daarom meerdere malen doorlopen om beide foutenbronnen te kunnen minimaliseren.

In een perfecte wereld (lees: model = werkelijkheid) zullen residuen en parameteraanpassingen beide nul zijn. Helaas is dit nooit het geval: we kennen de werkelijkheid nooit volledig. Tijdens de ijking moeten we daarom keuzes maken:

- Hoeveel gewicht hangen we aan de metingen? Ofwel hoe goed zijn onze metingen? Kennen deze grote meetfouten etc.?
- Hoeveel gewicht hangen we aan onze eigen kennis over de initiële modelparameters?
- Hoe vertalen we gebiedskennis naar objectieve invoer?
- Welke model parameters willen we aanpassen?
- etc.etc. …

IJking is daarmee het zoeken naar een balans tussen **vertrouwen** in metingen en **vertrouwen** in initiële modelparameterwaarden.

Stationaire ijking

De stationaire ijking is uitgevoerd met de Representer methode (bijlage J.1.1). De Representer methode zorgt voor een optimale afweging tussen het geven van ruimte aan parameteraanpassing en het toestaan van residuen. Vanwege de lange rekentijden is het MIPWA model opgeschaald voor ijking naar een gridgrootte van 1000x1000 m. De ijkingsresultaten, in de vorm van aanpassingsvelden op deze grove schaal, zijn na ijking neergeschaald naar 25x25 m en vermenigvuldigd met de initiële parameterbeelden, waardoor lokale details behouden blijven.
In totaal is de Representer ijking zo'n 40 keer uitgevoerd tot het eindresultaat bereikt was. Tussen deze ijkingsronden door is het uitgangsmodel telkens verbeterd door modelanalyse en is regelmatig de weging tussen parameteraanpassing en toegelaten residuen aangepast.

Er zijn 8171 meetreeksen (ca. 25% van de totaal beschikbare meetreeksen) gebruikt tijdens de ijkingsronden. Van deze meetreeksen liggen er 5636 binnen het MIPWA gebied. De locatie en het gedrag van de meetreeksen is uitvoerig geevalueerd; reeksen met een beperkt aantal metingen, grote meetfouten of een niet-representatieve locatie zijn tijdens de ijking niet gebruikt.

In Tabel 3.2 zijn de stationaire ijkingsresultaten in de vorm van statistieken van de residuen op de meetlocaties die binnen het MIPWA gebied vallen, samengevat. De residuen zijn berekend als modelwaarde minus gemiddelde gemeten waarde *ten opzichte van NAP*. Dit betekent dat bij positieve waarden het model hogere ('nattere') waarden geeft dan de metingen en bij negatieve waarden juist dat het model lagere ('drogere') waarden geeft dan de metingen. In de tabel zijn naast de werkelijke residuen ook de statistieken van de absolute residuen weergegeven. De kolommen 25%, 50% en 75% geven de zogenaamde percentielwaarden weer van deze absolute residuen; voor laag 1 bijvoorbeeld hebben 25% van de reeksen een afwijking tussen meting en model die kleiner is dan 10 cm, 50% van de reeksen een afwijking kleiner van 21 cm en 75% van de reeksen een afwijking kleiner dan 45 cm., etc.

In bijlage J.2.1 worden de resultaten van de stationaire ijking uitgebreider beschreven.

Tabel 3.2 – Resultaat stationaire ijking, statistieken van residuen in [m]

(afwijking = model – meting; negatief = model droger dan werkelijkheid; positief = model natter dan werkelijkheid) (alleen locaties binnen MIPWA interessegebied)

modellaag	aantal	Statistieken van residuen			Statistieken van absolute residuen			
		minimum	maximum	gemiddelde	gemiddelde	25%	50%	75%
1	495	-5.01	1.20	-0.24	0.39	0.10	0.21	0.45
2	2139	-3.18	1.83	-0.10	0.24	0.07	0.14	0.30
3	1266	-1.98	2.54	-0.04	0.26	0.08	0.16	0.33
4	804	-3.45	1.61	-0.01	0.20	0.06	0.13	0.25
5	466	-2.07	1.45	0.01	0.21	0.06	0.15	0.31
6	151	-2.76	1.49	0.09	0.27	0.07	0.17	0.37
7	315	-0.77	1.80	0.02	0.15	0.04	0.09	0.20

Niet-stationaire ijking

Tijdens de ijking van het niet-stationaire model zijn er grofweg twee 'knoppen' waaraan gedraaid kan worden:

1. **Modellering van de onverzadigde zone**, in de vorm van de drie meest onzekere parameters binnen het CAPSIM model:
    a. Freatische bergingscoëfficiënt;
    b. Bergingsvolume in de wortelzone;
    c. Capillaire flux.
2. **Drainageweerstand van de waterlopen**.

Tijdens de niet-stationaire ijking zijn deze vier parameters met PEST (model onafhankelijke procedure voor parameter optimalisatie) geoptimaliseerd op gemeten dynamiek en gemeten gemiddelde grondwaterstanden. De ijking is gezoneerd uitgevoerd:

- Voor de drie onverzadigde zone parameters zijn op basis van de bodemfysische eenheden 10 zones per parameter gebruikt;
- Voor de drainageweerstand zijn de waterlopen opgedeeld in legger en niet-legger waterlopen en opgedeeld naar 5 hydrotype-zones (in totaal dus 10 zones).

Ook voor de niet-stationaire ijking is het MIPWA model opgeschaald naar een gridgrootte van 1000x1000 m.

Tabel 3.3 geeft een overzicht van de resultaten van de niet-stationaire ijking. De statistieken zijn bepaald voor residuen van GHG, GLG en de dynamiek in de reeksen, gedefinieerd als 'GHG minus GLG'. De GxG residuen zijn berekend als modelwaarde minus gemeten waarde *ten opzichte van maaiveld*, waardoor positieve waarden juist aangeven dat het model droger is dan de gemeten waarden en negatieve residuen juist aangeven dat het model natter is dan de gemeten waarden. Zoals in Tabel 3.2 zijn ook in deze tabel zowel statistieken van de werkelijke als van de absolute residuen weergegeven. Opvallend aan de resultaten is het grote verschil tussen gemiddeld residu voor GLG en GHG. De hoge positieve GHG afwijking wordt gewijd aan het voorkomen van schijngrondwaterspiegels in het MIPWA gebied, in het bijzonder boven de keileem (Drente-Gieten afzettingen). Ter behoeve van het beter modelleren van deze situaties is een apart onderzoek uitgevoerd (Berendrecht et al., 2007).

Tabel 3.3 – Resultaat niet-stationaire ijking; statistieken van residuen (GHG, GLG, dynamiek en verificatie GHG locaties) in [m-maaiveld]

(afwijking = model – meting; negatief = model natter dan werkelijkheid; positief = model droger dan werkelijkheid)

	aantal	**Statistieken van residuen**			**Statistieken van absolute residuen**			
		minimum	maximum	gemiddelde	gemiddelde	25%	50%	75%
GLG	1127	-2.19	5.52	-0.06	0.32	0.12	0.23	0.40
GHG	1127	-2.50	4.40	0.26	0.32	0.10	0.21	0.44
dynamiek	1127	-1.08	1.08	-0.03	0.23	0.08	0.18	0.32
verificatie GHG	*3710*	*-1.49*	*9.81*	*0.31*	*0.47*	*0.13*	*0.30*	*0.54*

In bijlage J.2.3 worden de resultaten van de niet-stationaire ijking uitgebreider beschreven.

3.4.4 Verificatie

Tijdens de verificatie zijn de modelresultaten aan de hand van twee bronnen getoetst aan onafhankelijke metingen:

Vergelijking met gerichte opnamen Alterra

Een andere bron voor verificatie is de vergelijking van gemeten GHG's met GHG's uit gerichte opnamen van Alterra. Hiervoor was een selectie van het totaal aantal gerichte opnamen beschikbaar. In totaal 3710 reeksen uit de waterschappen Groot Salland, Velt en Vecht en gedeelten van Hunze en Aa's, Noorderzijlvest en Fryslân.

In Tabel 3.3 zijn de statistieken van de verificatie statistieken opgenomen. Hieruit mag geconcludeerd worden op deze onafhankelijke locaties het model goed presteert. De afwijkingen zijn iets groter, maar soortgelijk dan de afwijkingen met de ijkset. Dit is normaal aangezien informatie uit de ijkset meegenomen wordt om het model plaatselijk aan te passen.

Vergelijken met gemeten afvoeren

Tijdens deze verificatieslag zijn berekende afvoeren van het stationaire model vergeleken met gemeten afvoeren. Deze vergelijking met gemeten afvoeren is een 'ordegrootte toetsing'. Dit heeft twee redenen: 1) een stationaire situatie komt in werkelijk niet voor en kan dus niet gemeten worden en 2) afvoermetingen kennen over

het algemeen een grote foutenmarge (±25-50%, bron: mondelinge informatie waterschappen).
Voor 120 afvoergebieden zijn berekende afvoeren vergeleken met gemeten gemiddelde winterafvoeren en verdeeld in drie groepen:

- *Goed:*
  - wanneer de stationair berekende afvoer tussen ¼ en 1 keer van de winterafvoer gelegen is;
- *Te weinig afvoer:*
  - wanneer de stationair berekende afvoer kleiner is dan ¼ van de winterafvoer;
- *Te veel afvoer:*
  - wanneer de stationair berekende afvoer groter is dan de winterafvoer.

Uit de analyse bleek dat voor 59 % van de afvoergebieden de berekende afvoer goed is, voor 9 % van de afvoergebieden wordt te veel afvoer berekend en voor 32% van de gebieden wordt te weinig afvoer berekend. Het te weinig aan afvoer kan mogelijk verklaard worden doordat de berekende afvoer alleen de grondwatercomponent van de afvoer betreft en niet de directe neerslag op het oppervlaktewater en mogelijke snelle afvoer die niet via het grondwater gaat. Deze component kan in sommige gebieden zeer groot zijn. Daarnaast kunnen de lage afvoeren voor sommige gebieden, bijvoorbeeld op het Drents plateau worden toegeschreven aan de te lage grondwaterstanden met name in de winter doordat schijnspiegels niet gemodelleerd zijn.

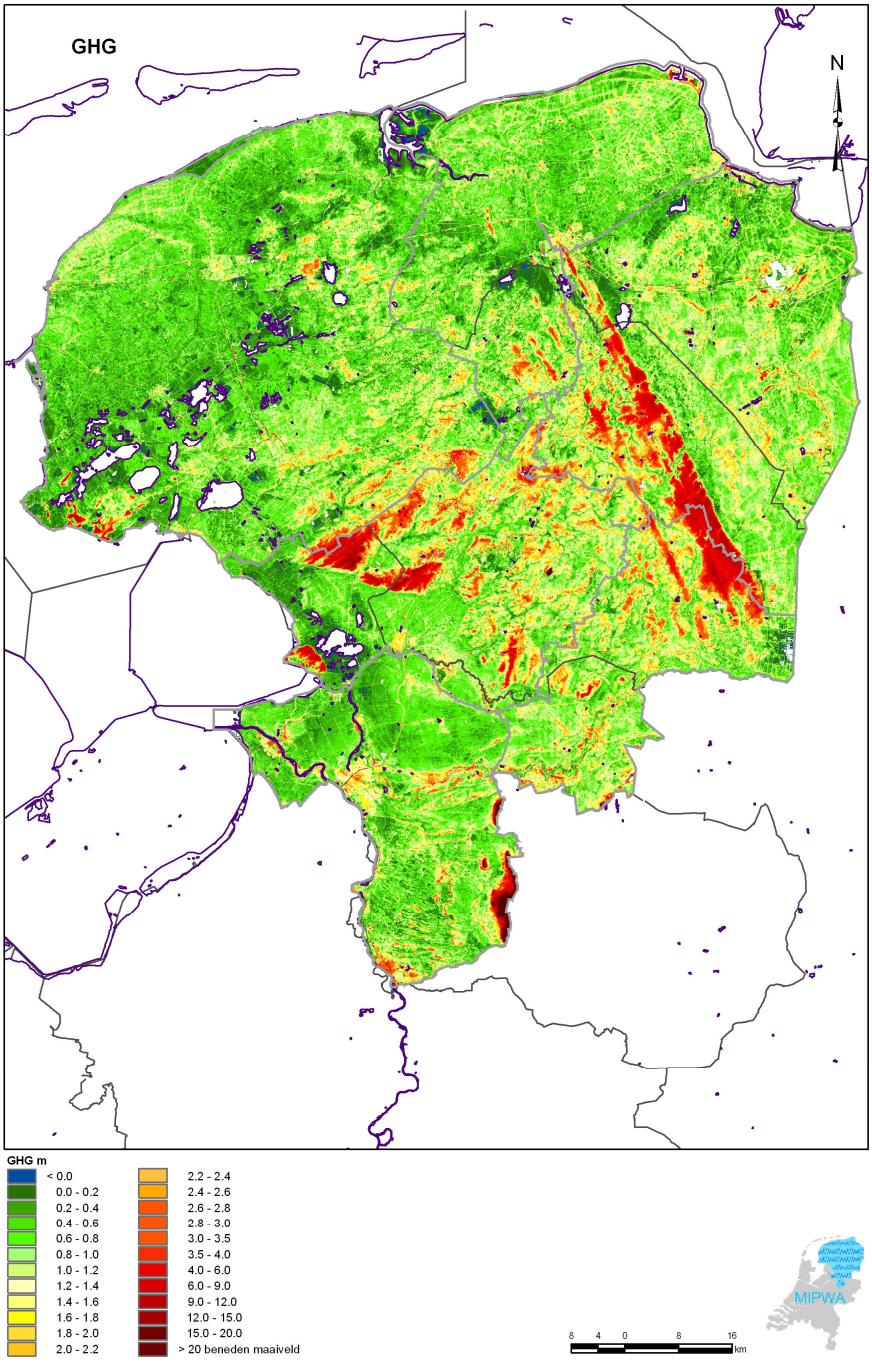
Concluderend kan gesteld worden dat de afvoeren in ordegrootte goed berekend worden.

4 Actuele grondwatersistuatie (AGOR) MIPWA gebied

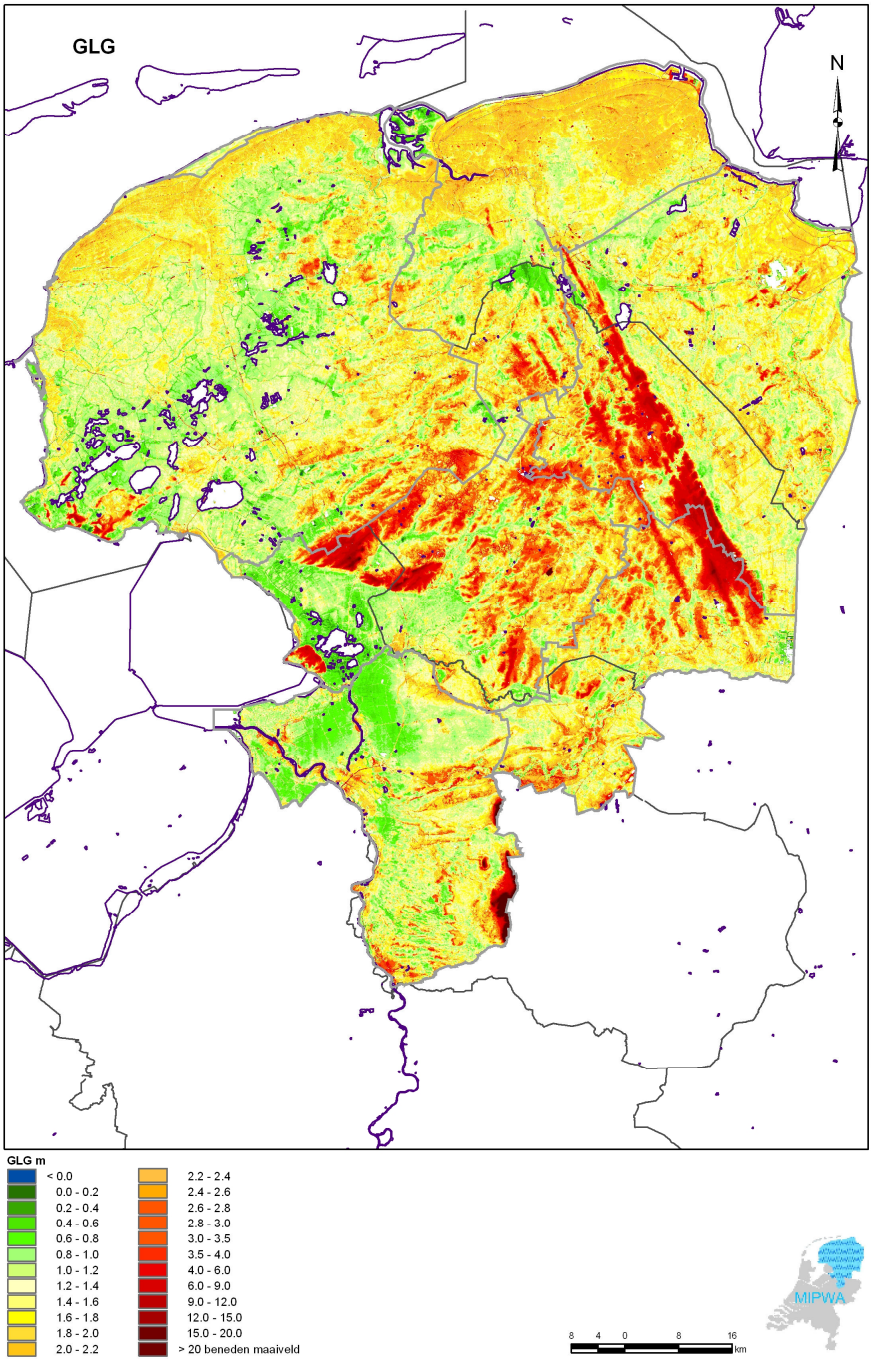
Op basis van de resultaten van het stationaire en het niet-stationaire model kan de actuele grondwatersituatie vlakdekkend weergegeven worden.
De actuele grondwatersituatie wordt hier gepresenteerd in 6 kaartbeelden:

- GHG
    - de gemiddeld hoogste grondwaterstand, gedefinieerd als het 8-jaar rekenkundig gemiddelde voor 14-daagse metingen van de drie **hoogste** per jaar, de GHG (Figuur 4.1);
- GLG
    - de gemiddeld laagste grondwaterstand, gedefinieerd als het 8-jaar rekenkundig gemiddelde voor 14-daags metingen van de drie **laagste** per jaar, de GLG (Figuur 4.2);
- Dynamiek
    - het verschil tussen de GHG en de GLG (Figuur 4.3);
- Grondwatertrappen
    - Grondwatertrap indeling volgens bodemkaart, bepaald op basis van de berekende GHG en GLG (Figuur 4.4).
- De verticale grondwaterflux (kwel/wegzijging) door de deklaag (op basis van het stationaire model) (Figuur 4.5);
- De grondwaterflux van en naar de waterlopen (afvoer/infiltratie) (op basis van het stationaire model) (Figuur 4.6);

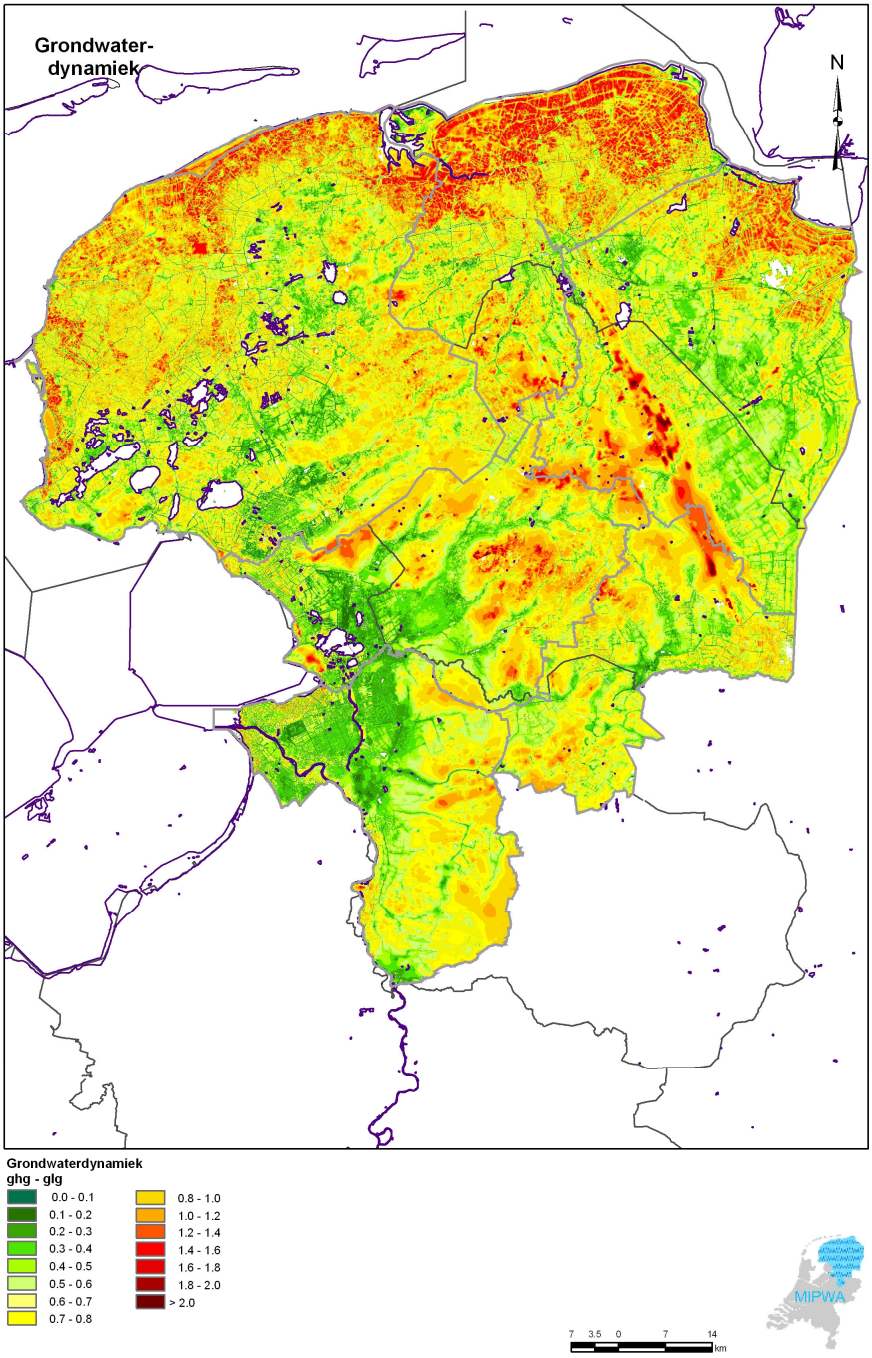
Digitaal zijn deze modelresultaten in iMOD formaat opgeleverd op de MIPWA DVD set. In bijlage L is een overzicht gegeven van de geleverde modelbestanden en –resultaten.



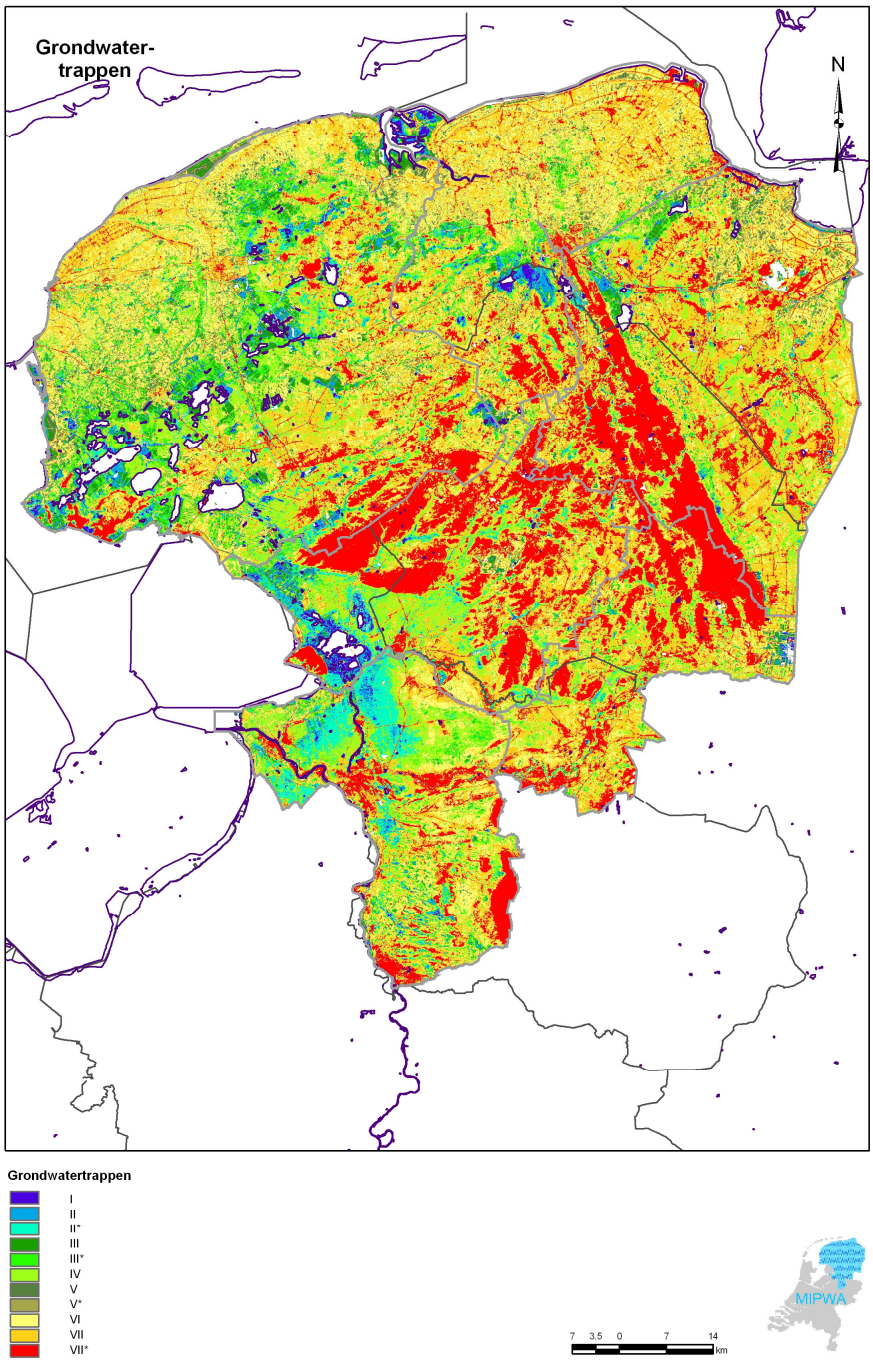
Figuur 4.1 Berekende GHG



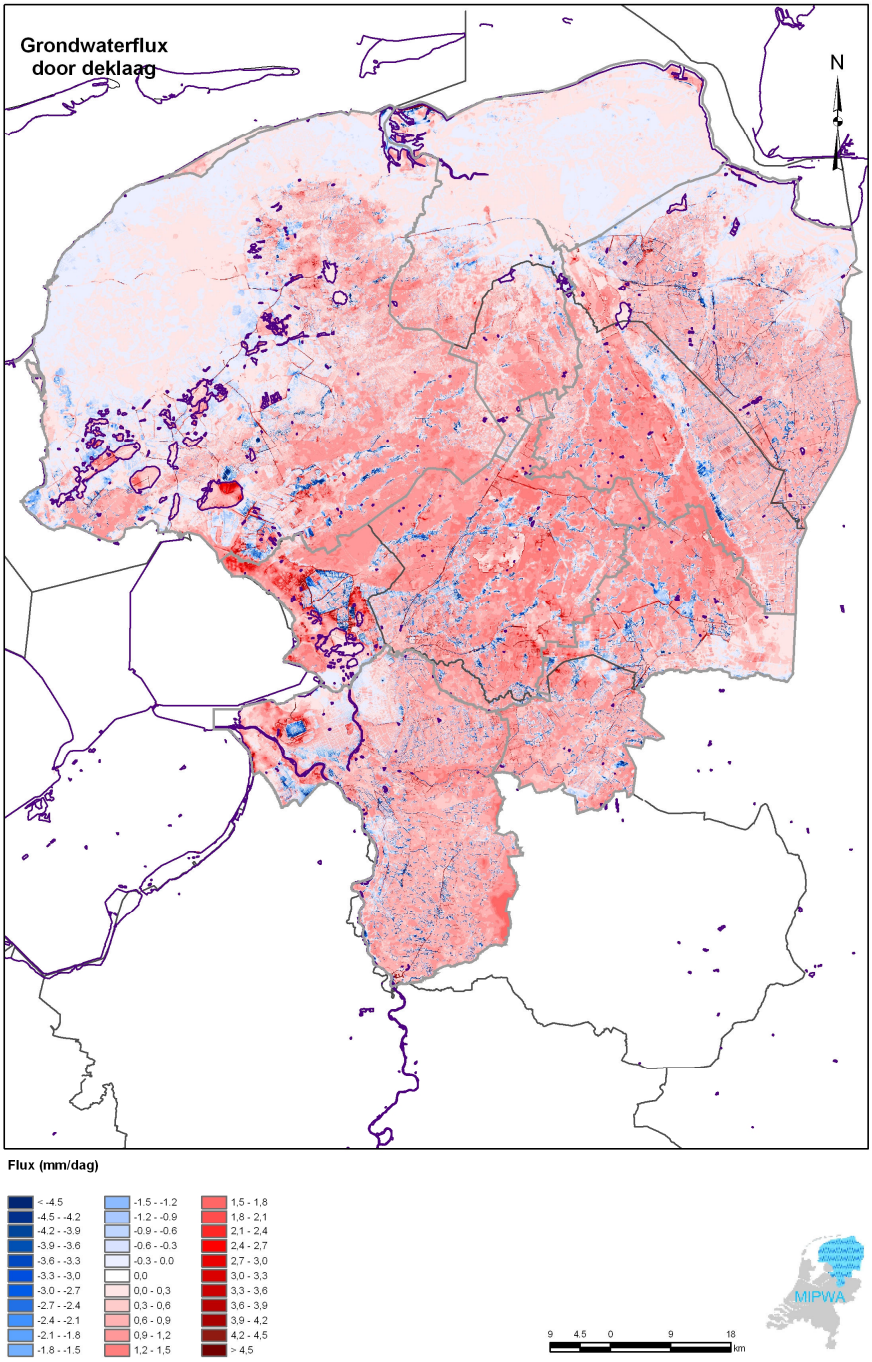
Figuur 4.2 Berekende GLG



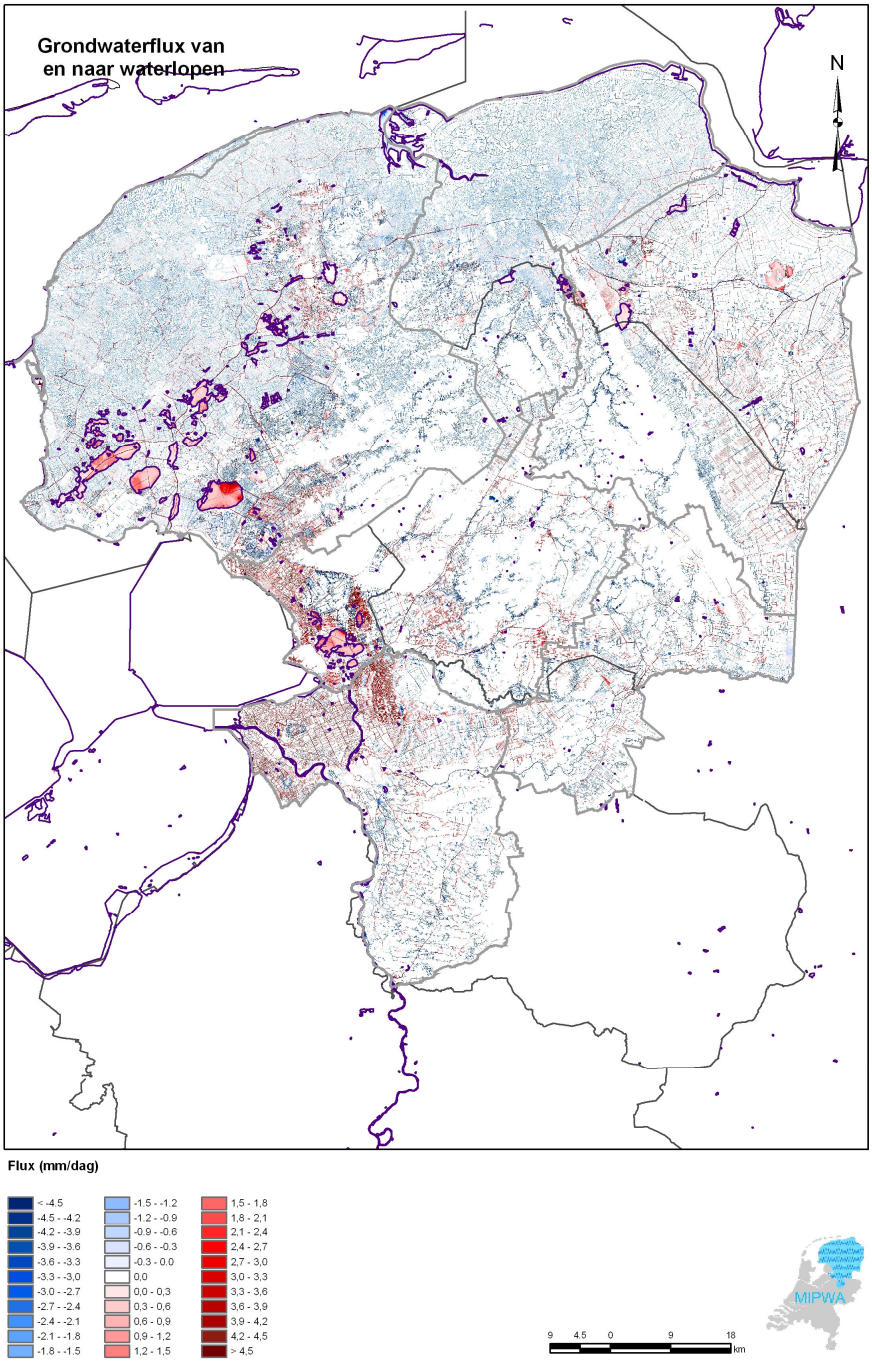
Figuur 4.3 Berekende grondwaterdynamiek



Figuur 4.4 Berekende grondwatertrappen



Figuur 4.5 Berekende gemiddelde kwel-/wegzijgingsflux



Figuur 4.6 Berekende gemiddelde flux naar de waterlopen

5 Impuls Respons (IR)-database

5.1 Inleiding

De Impuls-Respons (IR) database is een hulpmiddel om snel het effect van mogelijke ingrepen in het watersysteem inzichtelijk te maken. Van een aantal standaard ingrepen in het watersysteem, 27 maatregelen (Tabel 5.1), zijn de effecten vooraf berekend en opgeslagen in een database. De effecten zijn berekend voor 6 parameters:

- GHG;
- GLG;
- afvoer van/naar de waterlopen in de winter;
- afvoer van/naar de waterlopen in de zomer;
- kwel-/wegzijgingsflux in de winter;
- kwel-/wegzijgingsflux in de zomer.

Met behulp van *iMOD* (zie hoofdstuk 7) kan de IR-database worden geraadpleegd. Effecten van verschillende ingrepen of op verschillende locaties worden bij het raadplegen van de IR-database simpelweg opgeteld, uitgaande van het zogenaamde 'lineariteitsbeginsel' (zie volgende paragraaf). Omdat het grondwatersysteeem in werkelijkheid niet lineair is, geeft de IR-database *een indicatie van de effecten* en niet de werkelijke effecten. De IR-database is er om snel, 'aan de vergadertafel', de effectiviteit van maatregelen of combinaties van maatregelen af te tasten. Uiteindelijk geformuleerde scenario's kunnen met het volledige model worden doorgerekend, waardoor de effecten dan ook alle eventuele niet-lineairiteiten bevatten.

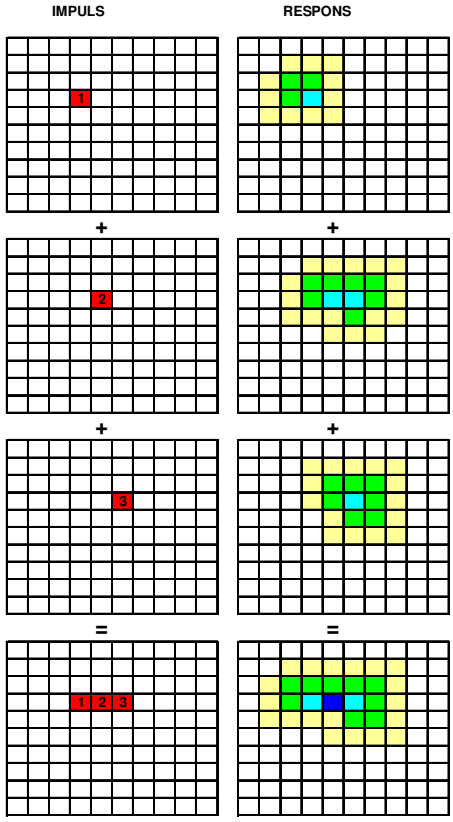
Tabel 5.1 – Maatregelen IR-database MIPWA

Type Maatregel	**Grootte**	**Aantal maatregelen**
Peilverhoging watergangen hoofdcategorie	50, 100, 25, 10, 5 cm hoger peil	5
Extensivering watergangen hoofdcategorie	50%, 25% en 75% drainagecapaciteit	3
Peilverlaging watergangen hoofdcategorie	25, 50, 10 en 5 cm lager peil	4
Verhoging ontwateringsbasis nevencategorie	30 cm hogere drainagebasis	1
Extensivering ontwatering nevencategorie	50%, 25%, 75% drainagecapaciteit	3
Stoppen wateraanvoer	Uitzetten wateraanvoer	1
Winningen uitzetten per pompstation/industriële onttrekking	50%, 0%, 25%, 75% onttrekkingsdebiet	4
Ontkoppeling in stedelijk gebied	50% van bestaande infiltratie	1
Wandelende winning	Winning toevoegen: 1 mln m^3/jaar middeldiep en 5 mln m^3/jaar diep	2
Wandelende stad	In niet stedelijk gebied stad 'aangelegd', met en zonder drainage op 100 cm onder maaiveld	2
Beregening uit	Uitzetten beregening	1
Totaal		**27**

Opmerking: 100 cm peilverhoging is tot maximaal 10 cm onder maaiveld.

5.2 Impuls-respons methode

Voor het vullen van de IR-database is het model miljoenen keren malen doorgerekend. Steeds is een maatregel op een individuele cel opgelegd en het effect berekend en opgeslagen. De IR-database maakt gebruik van het *lineariteitsbeginsel* om effecten van maatregelen op meerdere cellen uit te rekenen: ‘totaal effect = som effecten van de individuele ingrepen’. In Figuur 5.1 wordt dit uitgelegd met een fictief modelgebied van 10 bij 10 cellen. In de linkerkolom zijn de cellen aangegeven waarop een bepaalde maatregel is opgelegd (‘impuls’). In de rechterkolom staan de bijbehorende opgeslagen effecten (‘respons’). In de IR-database zijn alleen de individuele effecten van de cellen 1, 2 en 3 opgeslagen. Wanneer het effect van deze drie cellen tezamen wordt gevraagd worden deze individuele effecten simpelweg opgeteld (onderste twee plaatjes in Figuur 5.1). Zoals hierboven reeds gezegd geeft de database een goede indicatie van de effecten, maar niet de werkelijke effecten, hiervoor is altijd een ‘echte’ modelrun nodig.



Figuur 5.1 Impuls-Respons concept

Het maken van miljoenen modelberekeningen kost veel tijd. Om rekentijd te besparen is het grondwatermodel zowel in de ruimte als in de tijd vereenvoudigd ten behoeve van de IR-respons berekeningen.

In de ruimte wordt gebruik gemaakt van submodellen in plaats van het doorrekenen van het gehele modelgebied. De grootte van de submodellen hangt natuurlijk af van de ruimtelijke verbreiding van de effecten. Effecten mogen niet buiten het submodel uitsteken. Hiervoor is een automatische zoekmethodiek ontwikkeld die er voor zorgt dat de submodellen nooit te klein zijn, maar ook niet te groot worden waardoor ze de rekentijd negatief beïnvloeden.

Voor vereenvoudiging in de tijd ten behoeve van beperking van de rekentijd is het zogenaamde ‘kwartaalmodel’ ontwikkeld. Het volledige niet-stationaire model met 4748 tijdstappen is omgezet naar een kwartaalmodel (4 tijdstappen per jaar voor 5 jaar). Dit kwartaalmodel beschrijft geen werkelijke periode, maar de met dit model berekende effecten op GHG en GLG zijn bij benadering gelijk aan die van het werkelijke model.

Alhoewel de rekentijd sterk beperkt wordt door bovenstaande aanpassingen, heeft het vullen van de IR-database toch 32 computerprocessoren 3(!) maanden bezig gehouden!

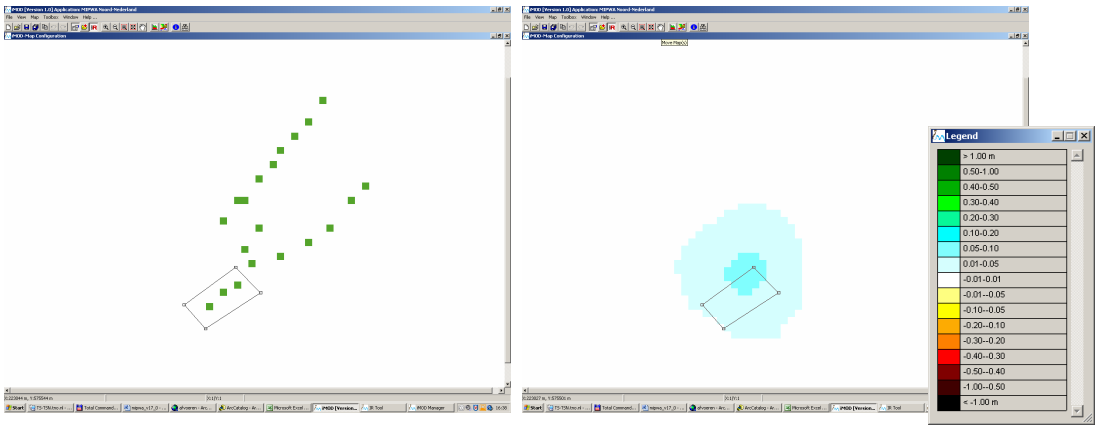
In Bijlage K zijn de IR-methode en het vereenvoudigen van het model in ruimte en tijd verder uitgewerkt.

5.3 IR-database raadplegen

In *iMOD* kan zowel het effect van een individuele maatregel als van een scenario of pakket van maatregelen worden opgevraagd.

Hieronder worden twee voorbeelden van bevragingen van de IR-database met *iMOD* (zie hoofdstuk 7) weergegeven.

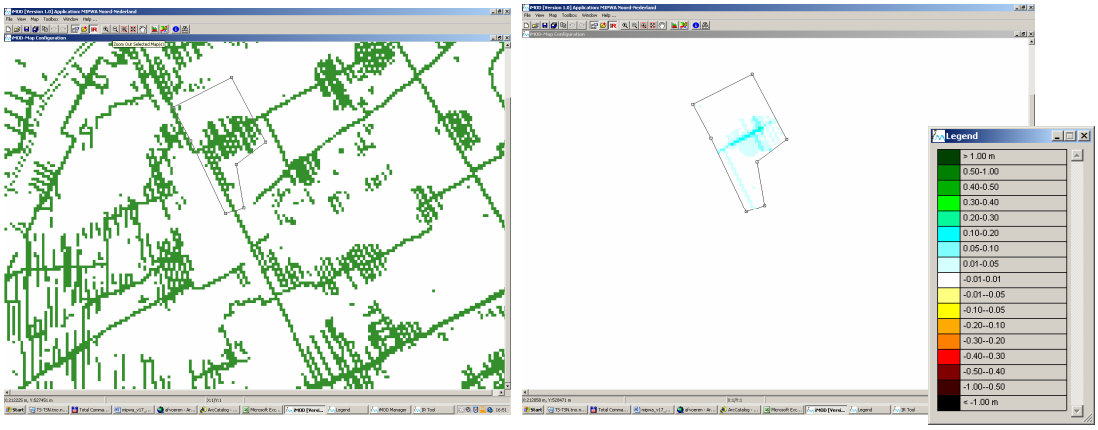
Allereerst zijn van het puttenveld van Nietap de 3 meest zuidwestelijk gelegen putten (Figuur 5.2 – links*)* in debiet gehalveerd. Het effect van deze halvering op de GLG is in het centrale deel 5 – 10 cm met een min of meer cirkelvormige zone daaromheen met effecten van 0-5 cm (Figuur 5.2 – rechts*)*. De IR-‘opzoektijd’ van deze exercitie is enkele seconden, terwijl de werkelijke rekentijd zo’n 10-20 uur zou bedragen.



Figuur 5.2 Met behulp van de IR-databasetool in *iMOD* zijn van het puttenveld van Nietap de 3 meest zuidwestelijk gelegen putten (omlijnd in de linkerfiguur) in debiet gehalveerd

Het effect van deze halvering op de GLG is weergegeven in de rechterfiguur.

Voor een peilgebied ten noorden van Ruinerwold zijn de peilen verhoogd met 50 cm Figuur 5.3 – links). Het effect van deze verhoging op de GHG is maximaal 20 cm in dit gebied (– rechts). Ook voor deze som wordt met de IR-database een rekentijd van 10-20 uur verkleind tot enkele seconden.



Figuur 5.3 Met behulp van de IR-databasetool in iMOD zijn in een peilvak ten noorden van Ruinerwold (omlijnd in de linkerfiguur) de peilen verhoogd met 50 cm.

Het effect op de GHG is weergegeven in de rechterfiguur.

6 Procesbegeleiding en beleidsondersteuning

6.1 Actoren-/Krachtenveldanalyse

Het doel van de actoren- en krachtenveld analyse is het in kaart brengen van belangen en (toekomstige) afwegingsvraagstukken (waterhuishoudkundige en ruimtelijke opgaven) van de partijen die beleidsverantwoordelijkheid dragen voor het waterbeheer en de ruimtelijke planning in Noord-Nederland. De nadruk ligt op het kwantitatieve waterbeheer omdat dat in het beoogde modelinstrumentarium centraal staat; het kwalitatieve waterbeheer blijft in de actoren- en krachtenveld analyse goeddeels buiten beschouwing. De dataverzameling vindt plaats door een beleidsanalyse van relevante waterbeheerdocumenten en diepte-interviews met beleidsambtenaren van de bij MIPWA-Noord Nederland betrokken partijen.
De data voor de actoren- en krachtenveldanalyse zijn grotendeels in het najaar van 2005 verzameld door TNO, Royal Haskoning en Tauw. De samenvattende conclusies van de analyse zijn besproken in een workshop op 24 januari jl. met beleidsmedewerkers van de bij MIPWA-Noord Nederland betrokken partijen. Op basis van de uitkomsten van deze workshop is het voorliggende rapport over de actoren- en krachtenveld analyse opgesteld.
Het rapport laat zien wat de beleidsmatige en bestuurlijke context van het op handen zijnde GGOR-beleid is. Daarnaast is inzicht verkregen in de vraag of het modelbouwproces nog in voldoende mate aansluit op deze context.
De rapportage biedt tevens een kennisbestand voor een testomgeving van het modelinstrument, in de vorm van de MIPWA-beleidsexercitie die voor eind 2006 voorzien is.

De volledige rapportage van de actoren-/krachtenveldanalyse is terug te vinden in bijlage M.

6.2 Workshops

Gedurende 20 plenaire bijeenkomsten zijn de concepten van het MIPWA project ontwikkeld en getoetst met de opdrachtgevers:

21 juli 2005: Startbijeenkomst
21 oktober 2005: Workshop Ontvangen Bestanden
17 november 2005: Workshop Ontvangen Bestanden
01 december 2005 Officiële start MIPWA project
15 december 2005: iMOD cursus 1
24 januari 2006: Workshop Actoren-/Krachtenveldanalyse
7 februari 2006: Workshop Uitgangsmodel
14 maart 2006: Workshop IJking/modelanalyse 1
25 april 2006: Workshop IJking/modelanalyse 2
16 mei 2006: Workshop IJking/modelanalyse 3
27 juni 2006: Workshop IJking/modelanalyse 4
1 augustus 2006: Workshop Resultaten stationair model
19 september 2006: Workshop IJking/modelanalyse 5
30 november 2006: Workshop Resultaten niet-stationair model (Figuur 6.2)
19 december 2006: Workshop Impuls-Respons Database 1
24 januari 2007: Workshop Impuls-Respons Database 1

23 februari 2007: Workshop Impuls-Respons Database 1
20 maart 2007: Workshop Beleidsexercitie
26 april 2007: Oplevering + cursus iMOD 2
31 mei 2007: Officiële afsluiting MIPWA project

Tijdens deze workshops werd veel gebruik gemaakt van een carrousselvorm. Waarbij groepen met deelresultaten uiteengingen, deze resultaten bespraken en vervolgens weer aan de groep terugcommuniceerden. Deze werkvorm gaf ruimte aan de deelnemers om in kleine groepen inbreng te kunnen leveren aan het project. Veel deelnemers raadpleegden in de voorbereiding voor een workshop diverse collega's en brachten hun inbreng in het project.

Figuur 6.1 Analyse van modelresultaten, Workshop 27 juni 2006

Figuur 6.2 Afronding basismodel MIPWA, Workshop 30 november 2006

6.3 Beleidsexercitie

De beleidsexercitie kan worden onderverdeeld in twee gedeelten:

1. Bijeenkomst 20 maart 2007 en
2. MIPWA Roadshow.

Deze onderverdeling is gekozen om eerst met collega's van de eigen organisaties kennis te maken met de MIPWA instrumenten om vervolgens middels de Roadshow ook partijen buiten de organisaties te laten kennismaken met de MIPWA instrumenten en aanpak.

De beleidsexercitie bijeenkomst stelde de verschillende deelnemende partijen in de gelegenheid om uitgebreid te oefenen met het MIPWA-model en de Impuls-Respons Database ten behoeve van beleidsondersteuning. Ter voorbereiding aan dit overleg was door het MIPWA-team een viertal cases met bijbehorende knelpunten uitgewerkt. Tijdens de bijeenkomst werd in vier groepen gewerkt aan het oplossen van de knelpunten van deze cases met behulp van de IR-database en mogelijke andere informatiebronnen (met name kaarten) van het MIPWA project.

De reacties op de beleidsexercitie bijeenkomst waren overwegend positief. De deelnemers gaven aan meer en beter inzicht in de werking én de toepassingsmogelijkheden van de IR-database te hebben gekregen. Ook gaf men aan zeer uit te kijken naar het moment van overdracht van het model en de IR-database. Het werkelijk toepassen van de IR-database met externen werd niet iedereen op korte termijn verwacht. Sommigen wilden zelf eerst meer gevoel krijgen met het instrument, anderen houden de techniek liever binnenshuis en gaan liever met papieren kaarten het gebied in. Deze kunnen natuurlijk wel gemaakt worden met de IR-database.

Technisch kwamen er vooral reacties op de werking in *iMOD* en de werking van het model. De IR-databasetool in *iMOD* is naar aanleiding van deze reacties nog verder ontwikkeld.

Een verslag van de beleidsexercitiebijeenkomst is terug te vinden in bijlage N.

De MIPWA Roadshow zal bestaan uit drie regionale bijeenkomsten:

1. Friesland: juni 2007;
2. Noord-Drenthe – Groningen: september 2007;
3. Zuid-Drenthe – Overijssel: september 2007.

Tijdens de Roadshowbijeenkomsten zal in de ochtend aandacht zijn voor de technisch inhoudelijk specialisten in een regio. Vragen die beantwoord worden: Hoe werkt het model? Welke informatie is gebruikt? Hoe is het model getoetst met de werkelijkheid? etc.
Het middagprogramma van de Roadshowbijeenkomsten zal meer gericht zijn op de beleidsmedewerkers. Typische vragen voor de middag zijn: Hoe kunnen we de MIPWA instrumenten toepassen in een beleidsomgeving? Hoe werkt de IR-database? etc.

Aangezien de Roadshowbijeenkomsten nog moeten plaatsvinden, zijn geen verslagen van deze bijeenkomsten opgenomen in dit rapport.

7 Interactief simulatie- en afwegingsinstrumentarium (*iMOD*)

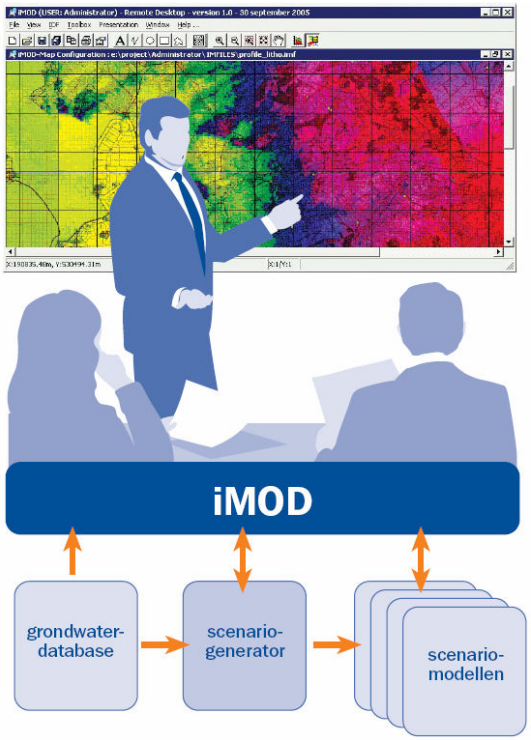
7.1 Inleiding

Het ontwikkelde MIPWA grondwatermodelinstrumentarium bestaat uit:

- de grondwatermodel referentie-database (hoofdstuk 3 en 4);
- de impulse respons database (IR) (hoofdstuk 5) en
- de toepassingsomgeving *iMOD* ('**i**nteractief **MOD**eleren')

iMOD is het interactieve simulatie- en afwegingsinstrumentarium waarmee de grondwater referentie-database en de IR-database gebruiksvriendelijk te benaderen zijn (Figuur 7.1). *iMOD* kan zowel lokaal als op een internetserver draaien en kent geen streng licentiesysteem. Daarmee is iMOD een flexibel communicatiemiddel dat zowel binnen als buiten de eigen organisaties gebruikt kan worden voor de analyse van grondwatersystemen ter ondersteuning van beleidsprocessen.

Naast grondwatermodelfunctionaliteiten, zoals het maken van modelruns en de analyse van invoer en uitvoer, zijn ook eenvoudige GIS functionaliteiten ontwikkeld in *iMOD* ter ondersteuning van de grondwatermodellering. In de volgende paragraaf wordt een overzicht gegeven van de functionaliteiten.



Figuur 7.1 *iMOD*

7.2 Overzicht functionaliteit *iMOD*

Visualisatie
- Rasterkaarten
  - Snelle visualisatie met variërende resolutie
  - Legenda aanpassen
  - Kaartwaarden opvragen
  - Profielen tekenen
- Vectorkaarten
  - Gebruiken als overlay over rasterkaarten
  - Puntinformatie weergeven
- Bitmaps
  - Gebruiken als overlay over rasterkaarten
  - *Bijvoorbeeld topografische kaarten*

Modelruns
- Modelruntool
  - Volledige modelrun
  - Stationair en niet-stationair voor periode naar keuze
  - Resolutiekeuze / deelgebiedkeuze
- Scenariotool
  - Snelle modelrun
  - Stationair en niet-stationair voor periode naar keuze
  - Resolutiekeuze / deelgebiedkeuze

In-/Uitvoeranalyse
- Waterbalans berekenen
- GxG bepalen
- Tijdserie-visualisatie middels grafieken
- Rasterberekeningen ((+, -, * en /)

IR-database analyse
- Effecten van maatregelen opvragen en vergelijken
- Effecten van scenario's (combinaties van maatregelen) opvragen en vergelijken

Overige
- Toevoegen en organiseren metadata
- Toevoegen en organiseren van opmerkingen op modelinformatie
- Organiseren en bewaren van kaarten / modelinformatie in projecten
- Import en export van en naar ESRI GIS formaten

iMOD heeft een online help-functionaliteit en snelcursus waarin de werking beschreven wordt en geoefend kan worden met het gebruik. De iMOD executable is meegeleverd met de MIPWA data DVD's.

Ook andere waterpartijen in Nederland gebruiken *iMOD*. Functionaliteit welke op dit moment in ontwikkeling is voor andere partijen:
- RO-database:
  - Door vertaling IR resultaten naar ruimtelijke ordeningstermen: effecten op landbouw en natuur (waternoodsystematiek) en effecten op stedelijk gebied.
  - Verwacht: najaar 2007.

- Stroombaananalyse:
  - Berekenen van stroombanen, zowel stationair als niet-stationair;
  - Verwacht: najaar 2007.

8 Pilots

8.1 GD+ actualisatie en evaluatie

De ‘GD+ actualisatie en evaluatie’ pilot is gericht op het gebruik van het MIPWA model in combinatie met metingen om jaarlijkse evaluaties van grondwaterstanden en –dynamiek mogelijk te maken. Deze pilot is uitgevoerd in de omgeving van Dwingelo (Waterschap van Reest en Wieden). Deelvragen van deze pilot zijn:

- Hoe goed kennen we de onzekerheid van het grondwatermodel?
- Hoe kunnen we het grondwatermodel gebruiken om de interpolatie tussen gemeten grondwaterstanden te ondersteunen om vlakdekkende GxG-beelden te verkrijgen?
- Kunnen we op basis van deze vlakdekkende AGOR trends richting GGOR signaleren?

De pilot is gericht op het vinden van een eenvoudige methode die door de organisaties zelf gebruikt kan worden om jaarlijkse evaluatie van AGOR uit te voeren.

Conclusies

Hoe goed kennen we de onzekerheid van het grondwatermodel?
Uit de analyse blijkt dat verschillen tussen metingen en model in dit hydrologisch lastige gebied groter zijn dan de geschatte onzekerheid van het model bij ijking en verificatie. Deze verschillen kunnen echter grotendeels verklaard door de aanwezigheid van keileem in de ondergrond en de daarop voorkomende schijnspiegels.

Hoe kunnen we het grondwatermodel gebruiken om de interpolatie tussen gemeten grondwaterstanden te ondersteunen om vlakdekkende GxG-beelden te verkrijgen?
Vlakdekkende AGOR beelden kunnen worden afgeleid uit meetreeksen van grondwaterstanden mits het meetnetwerk voldoende locaties bevat. Voor de interpolatie kan gebruik gemaakt worden van ‘kriging with external drift’ waarbij hulpinformatie in de vorm van met MIPWA berekende GHG- en GLG-vlakken wordt meegenomen. Deze vlakken vormen immers de best mogelijke beschrijving van de lokale variaties tussen de metingen.

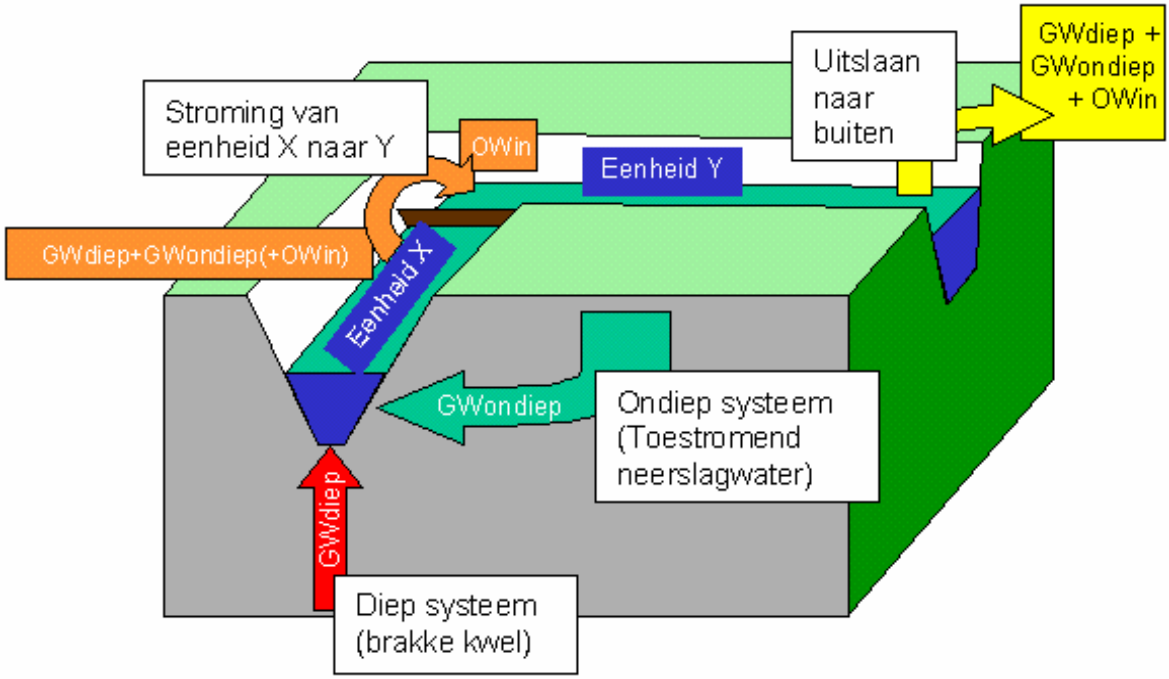
Kunnen we op basis van deze vlakdekkende AGOR-trends richting GGOR signaleren?
Er is een eenvoudige methode voorgesteld om het weersignaal en de modelafwijking uit de tijdreeksen te isoleren om zo het effect van GGOR-maatregelen zichtbaar te maken. Uit de evaluatie van deze methode is de conclusie getrokken dat de natuurlijke temporele en ruimtelijke variatie van uit meetreeksen afgeleide HG3- of LG3-reeksen dermate groot is dat effecten van maatregelen hier niet significant bovenuit steken. Voor actuele GxG-waarden is de methode wel geschikt.

De volledige rapportage van de ‘GD+ actualisatie en evaluatie’ pilot is terug te vinden in bijlage O.

8.2 Zoetzout

De ‘Zoet-Zout Friesland’ pilot heeft als doel om de mogelijkheden van het cascomodel als instrument voor verziltingbestrijding te verkennen. Meer in het algemeen draagt de pilot bij aan de vraag in hoeverre het cascomodel reeds inzetbaar is voor niet-GGOR vraagstukken.
De pilot is in samenwerking met de provincie en het Wetterskip Fryslan uitgevoerd. Als pilotgebied is Dongeradeel gekozen. Dit gebied ligt ten noorden van Dokkum en wordt begrensd door het Lauwersmeer in het oosten, de Waddenzee in het noorden, de Holwerdervaart in het westen en de Dokkumer Ee in het zuiden.

Voor de verzilting zijn de waterstromen en de Chloridestromen van belang (Figuur 8.1).



Figuur 8.1 Schematisch overzicht water- en chloridestromen

In de pilot worden de waterstromen berekend door het MIPWA model en de chloridestromen benaderd door een concentratie toe te kennen aan elke waterstroom. Middels een bakjes benadering wordt de stroming in het oppervlaktewater voorgesteld.

Conclusies
De pilot toont aan dat op basis van het MIPWA instrumentarium ook berekeningen van zoutbelastingen en chloride concentraties van het oppervlaktewater gemaakt kunnen worden voor een gemiddelde situatie. De resultaten suggereren dat het model de waterfluxen redelijk berekend, maar dat de kennis van het chloridegehalte in de ondergrond een beperkende factor is.
De gepresenteerde berekeningen kunnen met behulp van tijdsafhankelijke fluxen van het MIPWA instumentarium eenvoudig uitgebreid worden van een gemiddelde

situatie naar seizoensfluctuaties, als de chlorideconcentratie in de ondergrond constant verondersteld wordt.
Om in te kunnen schatten hoe snel chlorideconcentraties in de ondergrond zullen veranderen zouden stroomlijnberekeningen gebruikt kunnen worden (die echter momenteel nog niet met het instrumentarium bepaald kunen worden). Gekoppelde zouttransportberekeningen zijn pas zinvol als een beter inzicht is verkregen in de verdeling van de zoutgehalten in de ondergrond.

De volledige rapportage van de 'Zoet-Zout Friesland' pilot is terug te vinden in bijlage P.

8.3 Grondwatergestuurd peilbeheer.

In de pilot 'grondwatergestuurd peilbeheer' worden de mogelijkheden voor het gebruik van het MIPWA model voor het analyseren van de mogelijkheden van grondwatergestuurd peilbeheer afgetast. Hiertoe is MIPWA model gekoppeld aan het topsysteem van Simgro 6.0. Met dit gekoppelde model zijn verschillende analyses uitgevoerd met betrekking tot het rekenen met flexibele peilen en het sturen op grondwater in plaats van oppervlaktewater.

Het pilotgebied is een veenontginningsgebied ten zuidwesten van Stadskanaal in het beheersgebied van het Waterschap Hunze en Aa's. Het gebied (ca. 7.5 x 12 km) wordt doorsneden door grote watergangen en wijken die zijn gebruikt om het gebied te ontwateren en voor het afvoeren van het veen.

Het doel van de pilot grondwatergestuurd peilbeheer is het beantwoorden van de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de verschillen wanneer gerekend wordt met een Simgro 6.0 topsysteem in plaats van Capsim?
2. In het cascomodel wordt gerekend met vaste winter- en zomerpeilen. In gebieden met grondwatergestuurd peilbeheer wordt gewerkt met flexibele peilen. Hoe groot is het verschil bij het bepalen van de GxG met het cascomodel?
3. Wat is de toegevoegde waarde van grondwatergestuurd peilbeheer voor de gebruiksfuncties?
4. In welke mate zijn de peilbuislocaties die worden gebruikt voor grondwatergestuurd peilbeheer representatief voor de peilgebieden die worden gestuurd op basis van de gemeten grondwaterstanden bij deze locaties?
5. In welke mate zijn de peilbuislocaties die worden gebruikt voor grondwatergestuurd peilbeheer ook representatief voor andere peilgebieden?
6. Wat is de toegevoegde waarde van grondwatergestuurd peilbeheer voor de gebruiksfuncties?
7. Met welk tijdsinterval kan de oppervlaktewaterstand het beste worden bijgestuurd?

Conclusies

- De modelconcepten van Mipwa zijn makkelijk bruikbaar voor andere doeleinden
- Omdat het binnen Simgro mogelijk is de effecten van peilverhogingen en flexibel peilbeheer door te rekenen vormt de combinatie van Mipwa met Simgro een toegevoegde waarde. Door het combineren van de twee modelconcepten kan in meer detail en nauwkeurigheid effecten van maatregelen worden gemodelleerd

- Flexibel peilbeheer in het pilotgebied is nuttig. Aanpassingen van het peil in de watergangen heeft binnen enkele dagen een verhogend effect op de grondwaterstand. Flexibel peilbeheer is bovendien gunstig voor waterconservering
- De toepassing van grondwatergestuurd peilbeheer is in het model sterk afhankelijk van de reactietabel. Wanneer grondwatergestuurd peilbeheer wordt gemodelleerd zal deze tabel geoptimaliseerd moeten worden. De effectiviteit van het grondwatergestuurd peilbeheer is sterk afhankelijk van de relatietabel tussen grondwater en stuwhoogte
- Grondwatergestuurd peilbeheer kan ook tot doel hebben om grondwaterstandstijgingen af te vlakken. Dit doel wordt met de door ons gevolgde (reactieve) strategie niet bereikt. Het verdient de aanbeveling om uit te zoeken of er betere resultaten worden bereikt als wordt geanticipeerd op neerslagvoorspellingen

De volledige rapportage van de ‘Grondwatergestuurd Peilbeheer’ pilot is terug te vinden in bijlage Q.

9 Gebruiksmogelijkheden MIPWA instrumentarium

9.1 Inleiding

Het MIPWA model en de bijbehorende instrumenten zijn over een periode van 2 jaar ontwikkeld ten behoeve van de ondersteuning van beleidsmakers met technisch georiënteerde grondwatersysteeminformatie.
Er is getracht om zo veel mogelijk kennis en kunde te benutten om het grondwatersysteem in Noord-Nederland te modelleren en instrumenten te ontwikkelen om de informatie eenvoudig en overzichtelijk aan te bieden aan beleidsmakers. Echter, een model is *"slechts"* een model en niet de werkelijkheid. Zowel de referentiedatabase als de verschillende instrumenten kennen hun eigen onzekerheden en gebruiksmogelijkheden. In dit hoofdsuk wordt ingegaan op de interpretatie en gebruiksmogelijkheden van de MIPWA databestanden en modelinstrumenten. Er wordt getracht antwoord te geven op vragen als: Hoe nauwkeurig is het MIPWA model? Wat bepaalt de nauwkeurigheid? Hoe gebruik ik de IR-database en wanneer moet ik met werkelijke berekeningen aan de slag?

9.2 Nauwkeurigheid van het model

9.2.1 Inleiding

Het MIPWA model tracht de werkelijkheid zo goed mogelijk na te bootsen, hiertoe is maximaal gebruik gemaakt van de beschikbare data en kennis van de deelnemende partijen. Door te kiezen voor een hoge resolutie (25x25 m.) kunnen ook kleinschalige variaties in de grondwaterstroming in beeld worden gebracht. Nooit eerder is op deze regionale schaal een dergelijk detailmodel opgezet. Het MIPWA model versie 1.0 is het resultaat van een uitgebreid analyse traject (zie hoofdstuk 3) waarbij veel tijd besteed is aan overleg en kennisuitwisseling. Uiteindelijk zijn opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen gezamenlijk overeengekomen dat MIPWA versie 1.0 het maximaal haalbare is gelet op tijd, geld en beschikbare kennis. Er zijn gebieden waar het model minder goed presteert dan in andere gebieden, veroorzaakt door verschillen in ingewikkeldheid van het systeem en kennis en data over het systeem. Hieraan zal in toekomstige versies verder aandacht besteed moeten worden. Het MIPWA model zal het sterkst verbeteren door het model veel te gebruiken in projecten en nieuwe kennis uit deze projecten te blijven toevoegen.

De verschillen tussen model en werkelijkheid kunnen voortkomen uit verschillende bronnen. In deze paragraaf wordt een aantal mogelijke onzekerheidsbronnen van het MIPWA model beschreven. Daarnaast wordt een nauwkeurigheidskaart voor de gemiddelde grondwatersituatie gepresenteerd en wordt ingegaan op het verschil tussen de nauwkeurigheid van de actuele grondwatersituatie en de nauwkeurigheid van in te schatten effecten van ingrepen op deze grondwatersituatie.

9.2.2 Ruimtelijke onzekerheden

Het MIPWA model versie 1.0 is ontwikkeld op een 25x25 m resolutie. Echter, niet alle vlakdekkende informatie die gebruikt wordt in het MIPWA model kent ook dit hoge detailniveau. Met name de ondergrondinformatie heeft dit hoge detailniveau niet. REGIS is ontwikkeld op een resolutie van 100x100 m.

Hoe dieper je komt in de ondergrond, des te lager het detailniveau van de kennis is. Het detailniveau hangt af van de hoeveelheid beschikbare boringen en het afzettingsmilieu van de sedimenten.
Details in de ondergrondinformatie hebben niet overal evenveel effect op het uiteindelijke modelresultaat. Details in de ondiepe ondergrond (± de eerste 15 meter onder maaiveld) zijn van groot belang voor de berekende grondwaterstanden. Voor de nauwkeurigheid van het MIPWA model zijn ondiep de keileemafzettingen en het verspreid voorkomen van lokale veen(rest)gebieden zo nu en dan beperkend. In de diepere ondergrond is detailkennis van de ondergrond vooral belangrijk in gebieden met sterke grondwaterstroming, bijvoorbeeld in de omgeving van een grondwateronttrekking. In sommige delen van het modelgebied is door de combinatie van glaciale ingewikkelde afzettingen in de omgeving van drinkwateronttrekkingen het MIPWA model minder goed bruikbaar.

De locatie en de ligging van buisdrainage en greppels en de locatie van beregeningsputten zijn tevens niet exact bekend voor iedere 25x25 m. cel. Deze zijn daarom op basis van statistische schattingen in het model verwerkt. Het kan dus voorkomen dat, door gebrek aan kennis, percelen te veel of te weinig afvoermogelijkheden hebben in het model of dat beregeningsputten ontbreken of juist voorkomen op plaatsten waar deze in werkelijkheid niet zijn.

Daarnaast is met betrekking tot het oppervlaktewater niet voor alle waterlopen evenveel kennis beschikbaar. Peilvakpeilen waren over het algemeen voor 90% van het gebied bekend. Het aanwezig zijn van informatie over bodemhoogten en bodembreedten varieerde sterk tussen de waterschappen: van 70 – 90% van de watergangen. Op basis van kennistabellen zijn de gegevens aangevuld.
Kenmerken van niet door de waterschappen beheerde sloten zijn minder goed bekend. Deze zijn afgeleid uit de klassen van de Top10Vector. Peilen zijn hieraan toegevoegd op basis van de peilvakken in combinatie met het AHN.

Uit de veldanalyse (bijlage F) is gebleken dat het maaiveld gemiddeld 10 cm (standaard deviatie = 10 cm) afwijkt. Peilen wijken gemiddeld 13 cm af, maar kennen een grotere spreiding afhankelijk van waterlooptype en grondsoort kan dit oplopen tot 60 cm voor greppels in kleigebieden (zie tabel 1 van bijlage F). Bodemhoogten en –breedten kunnen decimeters afwijken (zie tabel 4 van bijlage F). Met name de peil- en bodemhoogteverschillen zullen lokale afwijkingen tussen model en meting veroorzaken.

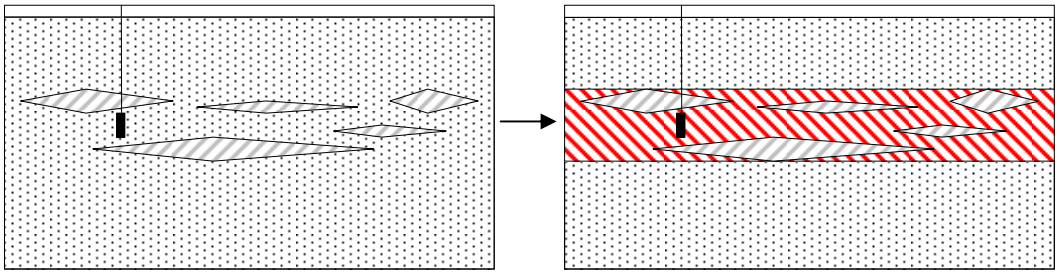
9.2.3 Temporele onzekerheden

Het MIPWA model versie 1.0 is opgesteld voor de periode 1989-2001. Variaties door de tijd voor de verschillende invoergegevens zijn zo goed mogelijk verwerkt in het model. Neerslag- en verdampingscijfers zijn op dagbasis ingevoerd. Tesamen met CAPSIM levert dit een nauwkeurige grondwateraanvulling op dagbasis op.
Landgebruik is gedurende de modelperiode constant gehouden, dit zorgt voor onzekerheden in de grondwateraanvulling. Onttrekkingshoeveelheden zijn zo veel mogelijk per maand verzamelt en gebruikt in het model. Voor het oppervlaktewatersysteem zijn vaste zomer- en winterpeilen gebruikt voor de gehele periode. De meest recente peilinformatie is hiervoor gebruikt. Variaties van peilen in de tijd, zoals kortdurende afvoergolven of aanpassingen van het peilbesluit door de jaren heen, zijn in het model niet opgenomen. Van deze temporele onzekerheden zijn de constante peilen de belangrijkste onzekerheidsbron. Wanneer de werkelijke

peilfluctuaties bekend zijn, kan het effect hiervan op de grondwaterstand ingeschat worden. Deze kennis is echter niet vlakdekkend beschikbaar.

9.2.4 Conceptuele onzekerheden

Ondergrondschematisatie
Het MIPWA model versie 1.0 voorspelt grondwaterstanden en stijghoogten gebaseerd op een zogenaamde quasi-3D modelopbouw. Dit betekent dat de ondergrond verdeeld wordt in watervoerende pakketten en scheidende lagen. In MIPWA zijn 7 watervoerende en 6 scheidende lagen gemodelleerd. Details, zoals de opvolging van dunne zand- en kleilaagjes in de vertikaal, kunnen hiermee niet gemodelleerd worden. Dit betekent ook dat meet- of onttrekkingsfilters die in werkelijkheid tussen twee kleine scheidende lagen voorkomen, maar in het model geschematiseerd zijn als één scheidende laag, lastig in te passen zijn (Figuur 9.1). In feite wordt de grondwaterstand of stijghoogte op de betreffende locatie niet gemodelleerd. Tijdens de ijking zijn meetfilters welke gedeeltelijk of geheel in een scheidende laag voorkomen niet meegenomen bij de ijking. Onttrekkingsfilters zijn in een bovenliggende of onderliggende laag opgenomen, al naar gelang de geohydrologische situatie. Wanneer nieuwe meetfilters worden gebruikt voor toetsing of onttrekkingsfilters worden toegevoegd aan het model is controle op een correcte ligging binnen de MIPWA modelschematisatie noodzakelijk.



Figuur 9.1 Schematische weergave van een meet- of onttrekkingsfilter welke door de quasi-3D modelschematisatie in een scheidende laag terecht komen en daarmee lastig zijn te interpreteren

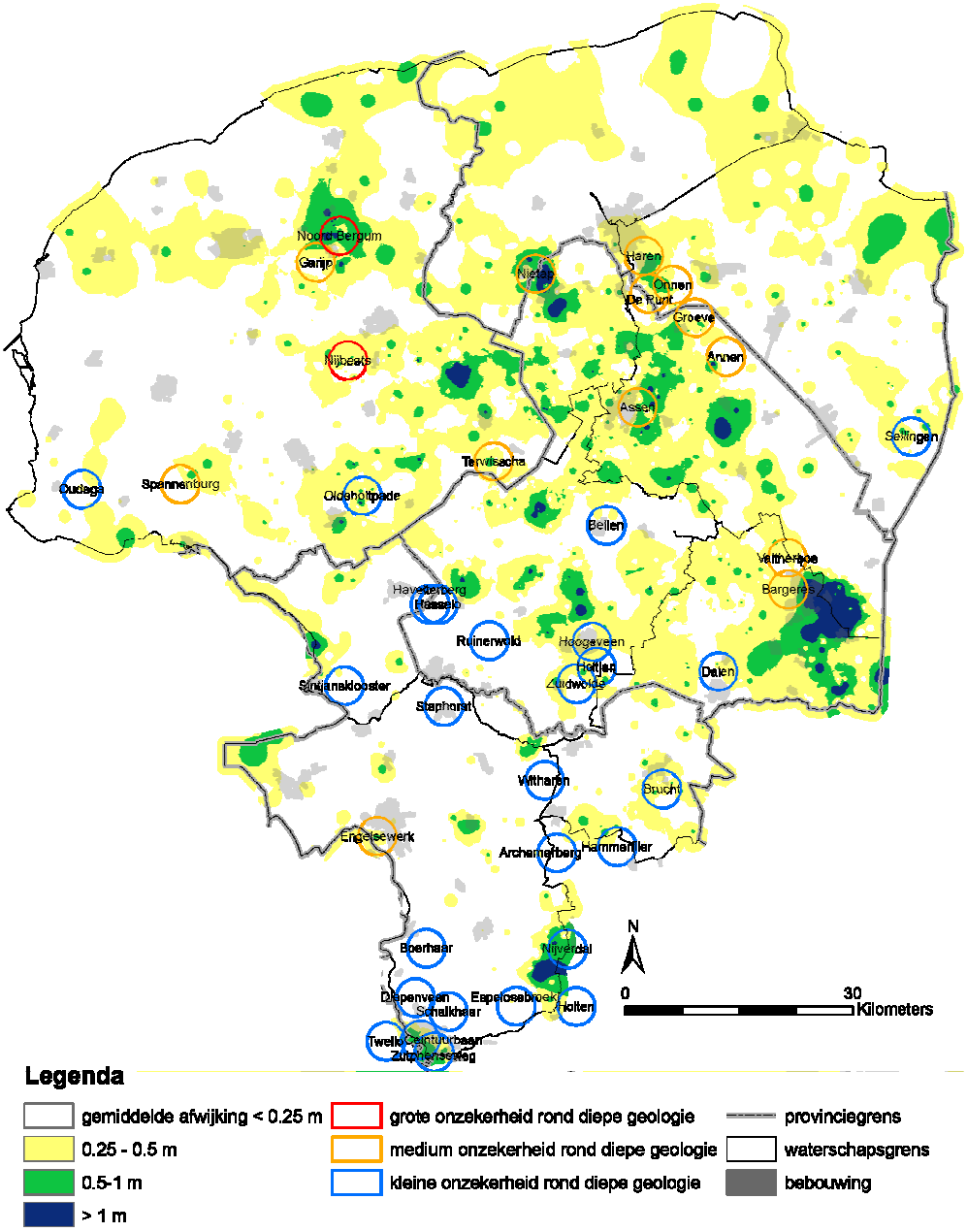
Links: werkelijke schematisatie, filter is gelegen in dunne zandlaag tussen twee kleilagen. Rechts: modelschematisatie, kleilagen zijn geschematiseerd als een scheidende laag, filter ligt nu ook in deze laag.

Schijngrondwaterspiegels
In Noord-Nederland treden met name op de keileem regelmatig schijngrondwaterspiegels op. Boven de keileem is het systeem dan verzadigd en vindt er mogelijk ook afvoer plaats naar waterlopen; onder de keileem is het systeem dan niet verzadigd. In de huidige versie van het MIPWA model kunnen schijnspiegels niet ontstaan omdat alleen het werkelijk verzadigde grondwatersysteem wordt gemodelleerd.
In een apart traject is een nieuwe MODFLOW package ontwikkeld waarmee de vorming van schijnspiegels kan worden gemodelleerd (Berendrecht et al., 2007). In de volgende MIPWA versie zal deze package naar verwachting gebruikt gaan worden.

9.2.5 *Regionale nauwkeurigheid van het MIPWA model*

Actuele grondwatersituatie

1. De mate van nauwkeurigheid van het MIPWA model hangt sterk samen met de hierboven genoemde onzekerheidsbronnen. Op basis van de ballenkaarten (kaart met afwijkingen tussen modelwaarden en metingen; zie bijlage J) is een vlakdekkend beeld geschetst van de nauwkeurigheid van het model met betrekking tot de actuele gemiddelde grondwatersituatie.

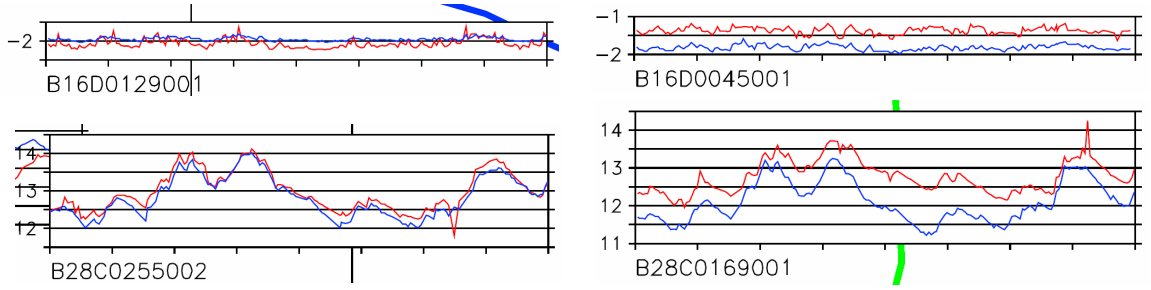


Figuur 9.2 MIPWA nauwkeurigheidskaart voor de gemiddelde grondwaterstand

De afwijkingen zijn ruimtelijk gemiddeld met behulp van een interpolatietechniek en geklassificeerd in 4 categorieën (Figuur 9.2):

2. gemiddelde absolute afwijking < 0.25 m;
3. gemiddelde absolute afwijking tussen 0.25 en 0.5 m;
4. gemiddelde absolute afwijking tussen 0.5 en 1 m;

gemiddelde absolute afwijking > 1 m.Hoe ‘erg’ de groene en blauwe gebieden zijn is niet overal gelijk. Dit hangt onder andere af van de dynamiek in de reeks. Over het algemeen geldt: hoe kleiner deze dynamiek, des te belangrijker een kleine afwijking. In Figuur 9.3 zijn vier reeksen weergegeven uit de kaarten met tijdstijghoogtegrafieken (bijlage L). De vlakke reeksen (boven) komen uit een poldergebied. De sterk variërende reeksen (onder) uit de Sallandse Heuvelrug. De linkerplaatjes laten kleine afwijkingen zien. In de rechterplaatjes komen grotere afwijkingen voor: de afwijking ten opzichte van de vlakke reeks is ‘erger’ dan die in de sterk variërende reeks, omdat de gemodelleerde standen lager zijn dan welke gemeten stand dan ook over de volledige periode.
Uit het nauwkeurigheidskaart blijkt dat vooral in gebieden met grote hoogteverschillen (bijvoorbeeld Hondsrug en Sallandse Heuvelrug) de afwijkingen tussen model en meting groter zijn (groene of blauwe klasse). Toch is dit minder ‘erg’ dan groene of blauwe klassen in poldergebied.



Afwijking klein: 13 cm & 11 cm *Afwijking groot: 40 cm & 66 cm*

Figuur 9.3 Vier grafieken uit tijd-stijghoogtegrafiekkaarten (zie Bijlage L). Boven: twee vlakke reeksen, onder: twee sterk variërende reeksen

Links: reeksen met kleine afwijking tussen model en meting; rechts: reeksen met grotere afwijking tussen model en meting (rood = meting; blauw = model).

Naast de nauwkeurigheidsklassen wordt in de nauwkeurigheidskaart ook aandacht gegeven aan de mogelijk hogere onzekerheid rond diepe geologie in de omgeving van pompstations. Door middel van drie klassen wordt aangegeven hoe groot deze onzekerheid is. In gebieden waar een grote onzekerheid in de geologie in het huidige model en met grote afwijkingen tussen model en meting, zoals bij pompstation Noord-Bergum, verdient het model nog extra aandacht en kan deze versie van het model op dit moment beperkt gebruikt worden. Deze indeling in drie klassen in gebaseerd op overleg met de drinkwaterbedrijven tijdens de MIPWA workshops.

In de nauwkeurigheidskaart is alleen gekeken naar de nauwkeurigheid van de gemiddelde grondwaterstand. Er is geen aandacht besteedt aan de nauwkeurigheid van de dynamiek, bepaling van kwel-infiltratie, berekening van afvoeren, etc. Terwijl hier in het modelproces uitgebreid aandacht aan is besteed. Toch denken we dat deze kaart een

eerste beeld geeft van de nauwkeurigheid van het MIPWA model ten behoeve van GGOR, wat veelal uitgewerkt wordt op basis van standen (GHG, GLG).

Effecten van mogelijke ingrepen op de actuele grondwatersituatie
De nauwkeurigheidskaart van Figuur 9.2 geeft inzicht in de nauwkeurigheid van de actuele gemiddelde grondwatersituatie. De nauwkeurigheid waarmee effecten van mogelijke ingrepen op de actuele grondwatersituatie kunnen worden berekend is naar verwachting groter. Structurele afwijkingen tussen model en meting vallen bij het berekenen van het effect tegen elkaar weg, omdat zowel in de actuele situatie als in de situatie met ingreep met hetzelfde model wordt gerekend.
Echter, in tegenstelling tussen de actuele grondwatersituatie zijn van effecten van toekomstige maatregelen geen metingen beschikbaar en kunnen de effecten niet onafhankelijk getoetst worden. Het is daarom zinvol tijdens en na de uitvoering van maatregelen, de effecten te meten en te vergelijken met de gemodelleerde effecten. Dit verhoogt de kennis omtrent de nauwkeurigheid van de gemodelleerde effecten en geeft de mogelijkheid tijdig bij te sturen als de werkelijkheid toch anders reageert dan op basis van het model te verwachten was.

Conclusie
Een eenduidig antwoord op wat de kwaliteit van het MIPWA model is niet gemakkelijk te geven, omdat het gebied zowel door geohydrologische verschillen als door verschillen in informatiedichtheid (metingen etc.) zeer divers is. Echter, voorop staat dat in het MIPWA traject *maximaal* gebruik gemaakt is van alle vlakdekkende kennis over het grondwatersysteem. De werking van het model is uitgebreid geanalyseerd en geijkt op gemeten grondwaterstanden en dynamiek. Daarnaast is het model geverifieerd met onafhankelijke metingen. Het gebruik van het model voor specifieke gebieden zal in de toekomst moeten uitwijzen waar het model en de referentiedatabase nog verdere aanpassing behoeven.

De huidige nauwkeurigheidskaart kan dienen als leidraad voor vervolgonderzoeken en detailverbeteringen (‘Waar is verbetering in een volgende fase nodig?’) of als ondersteuning in planvormingsprocessen (‘Hoe zeker zijn we dat dit de huidige situatie is?’). Voor gebruik in specifieke gebieden wordt aangeraden de kaarten met tijdstijghoogtegrafieken (bijlage L) te analyseren om inzicht te krijgen in de lokale nauwkeurigheid.

9.3 Gebruiksmogelijkheden MIPWA instrumenten

Binnen *iMOD* worden diverse mogelijkheden geboden om de MIPWA databestanden (modelinvoer en –uitvoer) te raadplegen en analyseren en om effecten van mogelijke ingrepen te bepalen.

iMOD heeft snelle grafische functies voor het visualiseren van kaarten, profielen en grafieken. Daarnaast heeft *iMOD* beperkte GIS functionaliteiten. Er is bewust gekozen om deze GIS functionaliteiten beperkt te houden, GIS functionaliteiten zijn in bestaande pakketten volop aanwezig, maar juist de interactie tussen *iMOD* en deze GIS-pakketten te faciliteren.

Het bepalen van effecten kan binnen *iMOD* op twee manieren: het raadplegen van de IR-database of het doorrekenen van het volledige model. Het raadplegen van de IR-database kost weinig tijd en rekenkracht, maar is daarentegen weinig flexibel en niet

exact. Het doorrekenen van het volledige model kost veel meer tijd en rekenkracht, maar geeft wel exacte resultaten.
De IR-database dient vooral gebruikt te worden als eerste scan van de mogelijkheden in een bepaald gebied. Mogelijke maatregelen kunnen met de IR eenvoudig worden afgewogen en scenario's worden gedefinieerd. Door de snelheid van de IR kunnen veel meer mogelijkheden snel worden afgetast. Wanneer uiteindelijk een goed beeld is van wat er in een gebied moet gebeuren, zullen exacte effectberekeningen met behulp van het volledige model worden uitgevoerd.

Voor het doorrekenen van het volledige model zijn ook nog verschillende mogelijkheden door variaties in:
- Tijd: stationair en niet-stationair voor de gehele periode of gedeelten;
- Ruimte: grove resolutie of fijne resolutie, voor het gehele gebied of een detail.

Het doorrekenen van maatregelen met het stationaire model, levert gemiddelde effecten op het systeem. De rekentijden zijn aanzienlijk korter dan voor het niet-stationaire model, maar je kunt hiermee niets zeggen over bijvoorbeeld GxG's of andere temporele variabele uitvoer. Wanneer GxG's of andere temporele uitvoer juist wel gewenst is, dient gerekend te worden met een niet-stationair model van minimaal 8 jaar, maar liefst de volledige modelperiode.
iMOD kent handige tools om het model op te schalen naar grovere resoluties. Hoe grover de resolutie des te sneller het model rekent. Het doorrekenen van een deelgebied gaat natuurlijk altijd sneller dan het volledige modelgebied, maar kent risico's: mogelijk heeft de gekozen modelrand effect op de modelberekening. De *iMOD* model tool adviseert altijd een bufferzone (=afstand interessegebied tot modelrand van het deelgebied) van minimaal 1500 m, echter voor het doorrekenen van ingrijpende maatregelen is een grotere bufferzone aan te raden. De gebruiker dient altijd te checken of de effecten niet toch de rand van het deelmodel hebben bereikt.

Hieronder een overzicht met indicatieve rekentijden voor een gebied van 10x10 km met een bufferzone van 2 km:
- Stationair, 25x25 m: 5 minuten
- Stationair, 250x250 m: 4 minuten
- Niet-stationair, 25x25 m, 13 jaar: 100 uur
- Niet-stationair, 250x250 m, 13 jaar: 10 uur

De rekentijden zijn indicatief omdat deze afhangen van de ingewikkeldheid van het grondwatersysteem dat wordt doorgerekend en de gebruikte computer. Ook het aantal keren dat de invoer ingelezen moet worden is belangrijk. Dit is bijvoorbeeld de oorzaak van het kleine verschil in rekentijd tussen een stationair model op 25 en op 250 m resolutie: het grootste deel van de tijd zit in het inlezen van de modelinvoer en dit is voor beide gelijk.

9.4 Doorkijk naar niet-GGOR toepassingen

Tijdens de ontwikkeling van het MIPWA project in de periode 2003-2005 is veelvuldig gesproken over het toepasbaar zijn van de MIPWA instrumenten voor meer dan alleen GGOR. In de pilots is hiertoe een aanzet gegeven. In Tabel 9.1 is een overzicht gegeven van mogelijke niet-GGOR toepassingen.

Tabel 9.1 – Doorkijk naar niet-GGOR toepassingen van MIPWA (codering toepasbaarheid in 5 klassen: ++ + ± – — van direct toepasbaar tot veel aanpassing nodig)

Thema	**Toepasbaarheid**	
Ruimtelijke ordening en waterbeheer	De IR-database biedt echter goede mogelijkheden om doelstellingen als "Water als ordenend principe" bij de planning/reconstructie van het landelijk gebied te incorporeren. Het bepalen van integrale effecten (kwantiteit, kwaliteit) van ingrepen in het watersysteem zal daarbij een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Het instrumentarium is geschikt voor uitbreiding om effecten van veranderend landgebruik op de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit mee door te gaan rekenen. Exacte standplaatsfactoren zijn door de lokale variatie binnen de 25x25 m. cel beperkt te modelleren met MIPWA.	++
Koppeling klimaatverandering en waterbeheer	Effect van grotere extremen in neerslag op verandering in piekafvoeren (op uur- of kwartierbasis) kunnen met het huidige model niet worden bepaald. Echter, effecten van veranderingen in dagelijkse neerslag en verdampingshoeveelheden of gemiddelden van neerslag en verdamping kunnen wel worden doorgerekend, onder de aanname dat de grotere extremen in de neerslag de andere randvoorwaarden gemiddeld niet beïnvloeden. Effecten van zeespiegelrijzing op (zoute) kwel kunnen wel worden berekend, echter veranderingen van het zoutgehalte van het grondwater analyseren is nog niet mogelijk, hiervoor kan een stoftransport model (b.v. MT3D) gekoppeld worden aan MIPWA.	+
Ondersteuning uitwerking Europese Kaderrichtlijn Water	De uitwerking van de Europese Kaderrichtlijn Water vereist het uitvoeren van een hydrologische systeemanalyse, het identificeren van grondwaterlichamen, het beschrijven van de zoetzout grondwaterverdeling, het beschrijven van grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit, etc. De vlakdekkende basisdatabestanden van MIPWA zijn hiervoor geschikt. Kwaliteit van grond- en oppervlaktewater maakt geen deel uit van het cascomodel, maar het model vormt hier wel een uitstekende basis voor (zie pilot Zoet-Zout; bijlage P). Hiervoor dient overigens nog wel een significante inspanning op het gebied van informatievergaring plaats te vinden, alsook een verdere detaillering van onderdelen van het modelconcept (bijv. onverzadigde zone uitspoeling met b.v. ANIMO).	–
Opstellen van peilbesluiten	Voor het opstellen van peilbesluiten volgens de waternood (GGOR) systematiek is het noodzakelijk dat met behulp van een niet-stationair grondwatermodel de GHG en GLG berekend wordt. MIPWA is hier prima voor geschikt.	++

Ontwikkeling alternatieve beheerstrategieën	Het modelinstrumentarium kan een basis vormen om op de lange termijn gerichte doelstellingen in het grondwaterbeleid vorm te geven. Scenario's kunnen worden doorgerekend met alternatieve beheerstrategieën die misschien niet op korte termijn in te passen zijn in het huidige waterbeheer, maar wel op lange termijn de doelen ondersteunen. Voorbeelden zijn: vermindering van of meer effectievere doorspoeling (hiervoor moet water worden doorgegeven tussen peilvakken), peilbeheer gericht op vermindering zoutbelasting in kwelvensters, grondwatergestuurd peilbeheer (zie Pilot grondwatergestuurd peilbeheer; bijlage Q), etc. Koppeling MIPWA met meebewegende oppervlaktewaterpeilen in plaats van vaste zomer- en winterpeilen verdient nog extra inspanning.	±
Ondersteuning verziltingsbestrijding	Met het modelinstrumentarium kan de hoeveelheid af te voeren kwelwater worden berekend, waaruit de zoutbelasting op de boezem kan worden afgeleid. Daarmee kunnen ook effecten van waterbeheermaatregelen op de hoeveelheid brakke kwel worden doorgerekend. In de pilot Zoet-Zout (bijlage P) is het 'routen' van oppervlaktewater van gebied naar gebied uitgevoerd.	+
Uitwerking Waterbeheer 21^{e} Eeuw	Door het modelinstrumentarium uit te breiden met de optie van meebewegende oppervlaktewaterpeilen, is het geschikt om scenario's door te rekenen waarin de doeltreffendheid wordt onderzocht van maatregelen gericht op onder andere 'vasthouden, bergen en afvoeren'.	±
Basis voor evaluatie van monitoring	Het modelinstrumentarium kan fungeren om de huidige monitoringinspanning te evalueren (zie pilot GD+ actualisatie en evaluatie; bijlage O) of te verminderen. Bij de evaluatie en/of optimalisatie van grondwaterkwaliteitsmeetnetten biedt het model goede basisinformatie. Homogene gebiedstypen (op basis van bijvoorbeeld kwel/infiltratie) kunnen beter worden vastgesteld.	+
Basis voor detailstudies	Het modelinstrumentarium kan fungeren als basis voor allerlei detailstudies. De ontwikkeling van de automatisch gegenereerde modelgrids rondom een specifieke locatie maakt het mogelijk om snel en eenvoudig een gedetailleerd, lokaal grondwatermodel te maken. Hieronder worden enkele voorbeelden opgesomd van mogelijke detailstudies: – Optimalisatie van grondwaterontrekkingen – Ondersteunen van gemeentelijke waterplannen. – Effecten van civiele constructies op het grondwatersysteem zoals bijvoorbeeld de aanleg van wegen, tunnels of parkeergarages. – Het berekenen van de verplaatsingen van puntbronverontreinigingen in het grondwater. Het model dient dan niet alleen in de xy-richting maar ook in de z-richting te worden verfijnd. Het model biedt ondersteuning bij saneringen.	 ++ ++ + –

10 Conclusies en aanbevelingen

10.1 Conclusies

Binnen het MIPWA project is een grondwatermodelinstrumentarium ontwikkeld bestaande uit:

- de grondwatermodel-referentiedatabase,
- de impulse respons database (IR) en
- de interactieve toepassingsomgeving *iMOD*.

Het instrumentarium is een breed gedragen, gemeenschappelijk product geworden door de actieve procesbegeleiding en beleidsondersteuning. Door de actoren- en krachtenveldanalyse aan het begin, de workshops gedurende het project en de afsluitende beleidsanalyse is continu een vinger aan de pols gehouden of het MIPWA instrumentarium aansluit bij de wensen van de opdrachtgever. In de vele workshops werden in gezamenlijkheid met alle betrokken partijen keuzes met betrekking tot het instrumentarium gemaakt.

Alle basisinformatie van het MIPWA grondwatermodel is bijeengebracht in een grondwatermodel referentiedatabase. De referentiedatabase heeft een hoge resolutie (25x25 m) en bedekt de beheersgebieden van de opdrachtgevers ruim (145x167 km). De referentiedatabase is een afspiegeling van de kennis die de opdrachtgevers én opdrachtnemers op dit moment gezamenlijk hebben met betrekking tot het grondwatersysteem. In aanvulling hierop is het grondwatermodel verder verbeterd aan de hand van ruim 8000 locaties met gemeten grondwaterstanden en stijghoogten middels stationaire en niet-stationaire ijking. Het resultaat hiervan is dat van de 8000 meetlocaties:

- 25% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand < 12 cm heeft;
- 50% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand < 23 cm heeft;
- 75% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand < 44 cm heeft.

Voor wat betreft de dynamiek (verschil tussen GHG en GLG) kent het MIPWA model soortgelijke statistieken voor de 8000 meetlocaties:

- 25% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 8 cm;
- 50% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 18 cm;
- 75% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 32 cm.

Het model is na de calibratie getoetst op onafhankelijke GHG en GLG metingen en gemeten afvoeren. Het resultaat, de huidige versie van het MIPWA grondwatermodel versie 1.0, is gezamenlijk door opdrachtgevers en opdrachtnemers goedgekeurd als maximaal haalbare op basis van tijd, geld en beschikbare kennis. Er zijn gebieden waar het model minder goed presteert dan in andere gebieden. Hieraan zal in toekomstige versies verder aandacht aan besteed worden.

Binnen het interactieve simulatie- en afwegingsinstrumentarium *iMOD* zijn diverse functionaliteiten beschikbaar voor het analyseren van de informatie in de referentiedatabase. *iMOD* biedt verder de mogelijkheid het grondwatermodel door te rekenen om bijvoorbeeld de effecten van mogelijke (GGOR) maatregelen te bepalen. Het MIPWA model wordt doorgerekend met MODFLOW gekoppeld met een onverzadigde zone model (CAPSIM). Er is een snelle versie ontwikkeld van deze MODFLOW-CAPSIM combinatie met de mogelijkheid om het model eenvoudig op te schalen naar een grovere schaal of een deelmodel uit te knippen. Hierdoor kan het

MIPWA instrumentarium flexibel gebruikt worden voor lokale detailstudies of regionale studies.

Het doorrekenen van scenario's kost, zeker voor grote gebieden, soms veel tijd (uren tot dagen). De Impuls-Respons (IR) database is ontwikkeld om snel en efficiënt effecten van maatregelen te bepalen. In de IR-database zijn miljoenen effecten van mogelijke maatregelen opgeslagen; de database kan met iMOD bevraagd worden. De IR-database geeft een schatting van het werkelijke effect en is vooral geschikt voor quickscans, bijvoorbeeld om aan de vergadertafel kansrijke en kansarme maatregelen te onderscheiden. Om de exacte effecten van maatregelen of combinaties van maatregelen te bepalen dient het model zelf de worden doorgerekend om zo met eventuele niet-lineaire reacties in het grondwatersysteem rekening te kunnen houden. Ook hiervoor zijn binnen *iMOD* gebruiksvriendelijke mogelijkheden ontwikkeld.

Het MIPWA instrumentarium biedt door de combinatie van de referentiedatabase, *iMOD* en de IR-database een krachtige interactieve omgeving om technische grondwaterkennis op een eenvoudige en efficiënte manier aan beleidsmakers aan te bieden. Het instrumentarium is bij uitstek geschikt voor het vaststellen van de actuele- en gewenste grondwatersituatie (AGOR en GGOR) en de mogelijke maatregelen om van AGOR naar GGOR te komen. Op basis van de pilots mag worden geconcludeerd dat het model een goede basis vormt voor andere, niet-GGOR toepassingen.

10.2 Aanbevelingen

- Om de gerealiseerde kwaliteit van het modelinstrumentarium alsmede de consensus hierover te behouden, is het van belang om een traject van beheer en onderhoud als gezamenlijke MIPWA partijen op te zetten. Het is hierbij van belang dat alle informatie betreffende mogelijke (detail)verbeteringen aan het MIPWA data of software centraal verzameld en verwerkt wordt. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt bij alle betrokken partijen.

- Met het MIPWA instrumentarium kunnen de effecten van mogelijke ingrepen in het grondwatersysteem worden berekend. De nauwkeurigheid van de berekende effecten is naar verwachting groter dan die van de actuele grondwatersituatie (zie nauwkeurigheidskaart; Figuur 9.2). Echter, in tegenstelling tussen de actuele grondwatersituatie zijn van effecten van toekomstige maatregelen geen metingen beschikbaar en kunnen de effecten niet onafhankelijk getoetst worden. Het is daarom zinvol tijdens en na de uitvoering van maatregelen, de effecten te meten en te vergelijken met de gemodelleerde effecten. Dit verhoogt de kennis omtrent de nauwkeurigheid van de gemodelleerde effecten en geeft de mogelijkheid tijdig bij te sturen als de werkelijkheid toch anders reageert dan op basis van het model te verwachten was. Daarnaast kunnen deze metingen gebruikt worden om MIPWA in de toekomst verder te verbeteren.

- Naast REGIS is er met name in de omgeving van pompstations vaak meer hydrogeologische kennis aanwezig. Binnen het MIPWA model is getracht deze kennis met behulp van de parelmodellen op te nemen. Gebleken is dat dit niet altijd optimaal is, zeker niet in geologisch ingewikkelde omgevingen (zie nauwkeurigheidskaart; Figuur 9.2). In deze gebieden is een geologische detailkartering nodig op basis van REGIS, de aanwezige boringen en detail expert kennis om het model te verbeteren.

- In het MIPWA model wordt gerekend met vaste peilen, echter als reactie op neerslag ontstaan in het oppervlaktewater, met name in de vrijafwaterende gebieden en in de grote(re) rivieren (IJssel en Vecht), afvoergolven. De peilverschillen door deze afvoergolven kunnen de grondwaterstanden in de directe omgeving sterk beïnvloeden. Het meenemen van meebewegende peilen in het model, bijvoorbeeld door het MIPWA model te koppelen aan SIMGRO of SOBEK Channel Flow, zal de modellering van grondwaterstanden verbeteren.

Referenties

Berendrecht, W.L., A. Lourens en J. van Bakel (2007): Ontwikkeling en implementatie MODFLOW-schijngrondwaterspiegelconcept in MIPWA model Noord-Nederland. TNO rapport CONCEPT.

Boerefijn, M. en C. de Graaf (2006): Inventarisatie buisdrainage in het MIPWA projectgebied. Tauw rapport R001-4436391MPB-aws-V01-NL. Tauw, Utrecht.

Van der Linden e.a., 2002, Landsdekkende karakterisatie topsysteem, TNO-rapport, NITG 02-112-B. TNO, Utrecht.

TNO (2005): REGIS VII.0, REgionaal Geohydrologisch Informatie Systeem, database TNO, Utrecht. http://www.dinoloket.nl/, versie mei 2005.

TNO (1999 e.v.): DINO - Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond, database TNO. Utrecht. http://www.dinoloket.nl/.

TNO (2000): Digitale Waterweg Vechte – waterhuishoudkundige informatieuit-wisseling voor het Duits-Nederlandse grensgebied. REGISv3-Vechte. EUREGIO Infor-matiesysteem voor Grensoverschrijdend Waterbeheer. Eindrapport met de resultaten van de deelrapporten. TNO-NITG, Delft, 35 pp. & bijlagen.

A Modelrand Waddenzee

A.1 Ligging modelrand

De ligging van de modelrand ter plaatse van de Waddenzee is van belang vanwege een correcte randvoorwaarde aan de noordzijde van het model. Van belang is hierbij:

- Het doorwerken van randeffecten; een maat hiervoor is de spreidingslengte λ;
- Het effect van de dichtheidsverdeling van het grondwater door toename van het zoutgehalte in de diepte en de beweging van het zoute grondwater in de richting van het vasteland;
- Het voorkomen van de invloed op het model van afwijkende omstandigheden ter plaatse van de Waddeneilanden

De combinatie van deze voorwaarden heeft geleid tot een modelrand **4 kilometer** uit de kust van Groningen en Friesland. Dit wordt hieronder toegelicht.

Spreidingslengte

De spreidingslengte (λ) is een maat voor de afstand waarover veranderingen in het grondwatersysteem uitdempen. Over een afstand van 3 spreidingslengten (3λ) wordt aangenomen dat er geen significante effecten meer voelbaar zijn.
De spreidingslengte wordt bepaald uit de ondergrondparameters, kD en c, middels $\lambda = \sqrt{kDc}$.
De kD- en c-waarden zijn nog niet definitief bekend voor het modelgebied.
Een eerste globale schatting van de maximale spreidingslengte is: K = 10 m/d, D = 200 m, c = 2000 dgn: 3λ = 6 kilometer.

Dichtheid

De stroming van het zoute water wordt in het casco-model niet gesimuleerd. Het zoute grondwater wordt wel gecorrigeerd naar een zoet-water stijghoogte (vuistregel 100 m zout water is 2.5 meter extra water kolom).
Voor scenarioberekeningen van 50 jaar of meer dient de rand van het model voldoende ver te liggen, om te voorkomen dat de zoutwater omstandigheden voorbij de rand ten onrechte niet worden gemodelleerd. In het dichtheidsmodel van Texel is de rand op 3 kilometer gelegd. De ervaring is hier dat de rand op minimaal 5 kilometer moet liggen voor berekeningen over 200 jaar.
Voor het omrekenen van de stijghoogtemetingen (voor de calibratie) naar een zoetwaterhoogten is een initieel dichtheidsmodel noodzakelijk. Dit wordt samengesteld op basis van analyses, VES-metingen en boorgatmetingen.

Waddeneilanden

De minimale afstand tot de Waddeneilanden is ongeveer 6 km ter plaatse van Ameland en Schiermonnikoog. Een goede afstand voor de rand van het model maximaal 4 kilometer uit de kust om effecten van de Waddeneilanden te voorkomen.

A.2 Waterpeil op de modelrand

Het toe te passen waterpeil in de Waddenzee voor de stationaire en de niet-stationaire berekeningen wordt constant genomen. De invloed van het getij is slechts over een korte afstand (enkele honderden meters) waarneembaar en wordt niet van belang geacht voor het casco-model.
Het peil van de Waddenzee is vastgesteld op 0.5 m+NAP (zie bijlage E)

A.3 Ondergrond onder de Waddenzee

Het REGIS VII.0 lagenmodel is onder de Waddenzee uitgebreid. Deze extrapolatie van de lagen is gestuurd door de aanwezige kennis van de grensvlakken in het geologisch model.

B AHN filtering

B.1 Introductie

Het AHN (Algemeen Hoogtebestand Nederland) is een digitaal bestand dat de maaiveldhoogte representeert. Dit bestand is verkregen door middel van "laser-altimetrie" vanuit een vliegtuig. Laseraltimetrie is gebaseerd op het meten van het tijdsverschil tussen uitgaande en inkomende (laser)lichtpulsen. Door verschillende verstoringen (reflecties op spiegelende oppervlakken, volledige absorptie van de lichtpuls) is het AHN bestand niet volledig vlakdekkend en bevat het gebieden waar geen maaiveldhoogte bepaald is. Dit zijn over het algemeen grotere open waterlocaties en spiegelende oppervlakken, waar de lasersignalen worden verstoord door spiegelingen (Figuur 1). Alleen direct onder het vliegtuig zijn de signalen in dat geval in een smalle band op te vangen.

Ten behoeve van een hydrologische modellering is het niet gewenst om maaiveld objecten (huizen, viaducten, bomen, etc.) in het hoogte bestand te hebben. Bovendien is het zo dat niet overal een maaiveldshoogte aanwezig is (spiegelende oppervlakken geven niet altijd een (correcte) hoogte). Ten behoeve van een vlakdekkend maaiveld is bij TNO een filtermethode ontwikkeld. Deze methode heeft als resultaat twee bestanden, te weten:

1. bestand met maaiveldhoogten, wat is samengesteld uit:
    a. gefilterde maaiveldhoogten (zonder huizen, bomen, auto's, etc.)
    b. geïnterpoleerde gegevens op plaatsen waar geen gegevens beschikbaar zijn (de zgn. no-data waarden)
    c. de waterbodemhoogte ter plaatse van watervlakken met bekende waterbodemhoogte (ligging uit TOP10 vlakken en lijnen)
    d. de 5 percentiel waarde van het AHN op watervlakken/-lijnen zonder bekende waterbodemhoogte (hiermee wordt een minimumwaarde verkregen met geringe kans op uitschieters)
2. bestand met geschatte waterpeilen voor de locaties in het TOP10 vlakken en lijnen bestand.

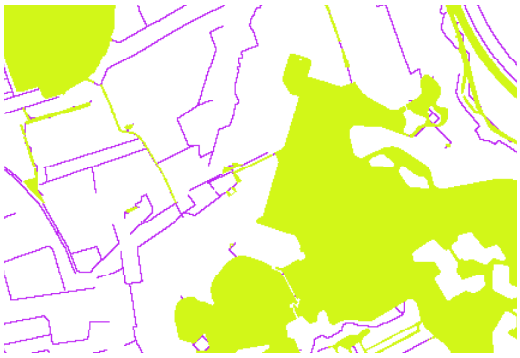
Naast het AHN bestand wordt ook het TOP10-vector bestand gebruikt in de filtering. De informatie over oppervlaktewater uit dit vectorbestand is omgezet naar een oppervlaktewaterbestand (5x5 meter) dat alleen de watervoerende elementen beschrijft. Hierin zijn een aantal groepen onderscheiden (Figuur 1a):

1. sloten;
2. greppels,
3. stuwen/sluizen;
4. rivieren/beken
5. kanalen;
6. meren.

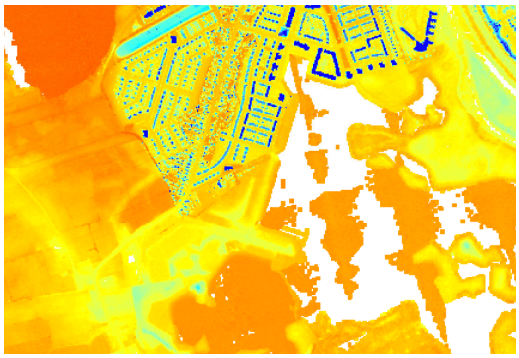
Ieder van deze groepen heeft binnen het filterproces een andere uitwerking op de bepaling van haar waterpeil. Dit wordt hieronder beschreven.

De gebruikte versies van AHN en Top10Vector zijn:

- AHN versie 2004;
- Top10Vector versie: 2004.



Figuur 1a: TOP10 vector waarbij de sloten (paars) en de meren (groen) zijn weergegeven.



Figuur 1b: AHN presentatie van een gebied ten zuiden van de stad Groningen.

B.2 AHN-Filter

Het AHN filter bepaalt op basis van het AHN grid en het TOP10-vector grid een hydrologisch maaiveld (HSURF) en een waterpeil voor oppervlaktewater elementen (HWL). Dit filter bestaat uit een aantal stappen en gedefinieerde criteria die hieronder beschreven worden. De criteria zijn bewust apart onderstreept aangegeven, omdat deze de essentie van de filtertechniek vormen.

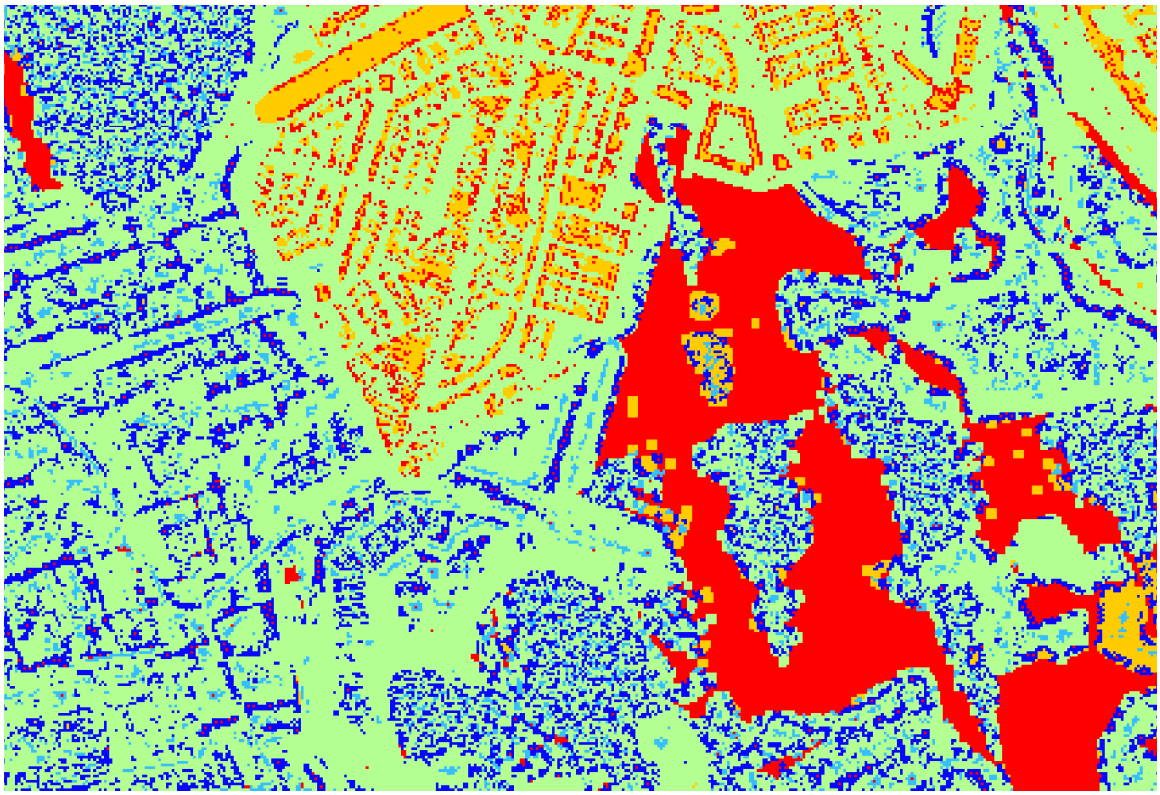
Stap 1: Inlezen

Aangezien de afmetingen van het AHN en TOP10-vector grid te groot zijn om in 1 keer te filteren wordt de filtering in overlappende 'banden' uitgevoerd. Hierbij wordt telkens een band van 8000 rijen (dit is gelijk aan 8.000*5m=40km) bij het totaal aantal kolommen (32.676) uit de basisbestanden gelezen. Er wordt hierbij rekening gehouden met een overlap van 500 rijen (dit is gelijk aan 500*5m).

Stap 2: Traceren maaiveld

In deze stap worden gebieden gekarakteriseerd die 'vlak' zijn en gebieden die uit het maaiveld 'steken' en mogelijk niet natuurlijk zijn. Gebieden worden als 'vlak' gedefinieerd als twee naastliggende gridcellen in het AHN bestand minder dan 0,50 m in hoogte verschillen. Daarnaast wordt geëvalueerd of een 'vlak' terrein gedeelte als een lokale depressie of verhoging kan worden gezien. Hiervoor wordt een gebied beschouwd van 3.025 m^2 (11 rijen x 11 kolommen) rondom de huidige lokatie. De procedure bepaalt of het maaiveld op deze lokatie toebehoort aan de 30% laagste waarden binnen de 11x11 cellen (depressie) of behoort tot de 10% hoogste waarden binnen de 11x11 cellen (verhoging).

Als het totale 'vlakke' terreingedeelte meer dan 10,000 cellen beslaat dan wordt het herkend als maaiveld. Is het een kleiner gebied, dan wordt het gebied aangemerkt als 'potentieel' maaiveld dat in een later stadium (Stap 5) nog maaiveld *kan worden*. Dit betreft bijvoorbeeld platte daken van huizen en gebouwen of juist kleine percelen omgeven door sloten (**Error! Reference source not found.**2).



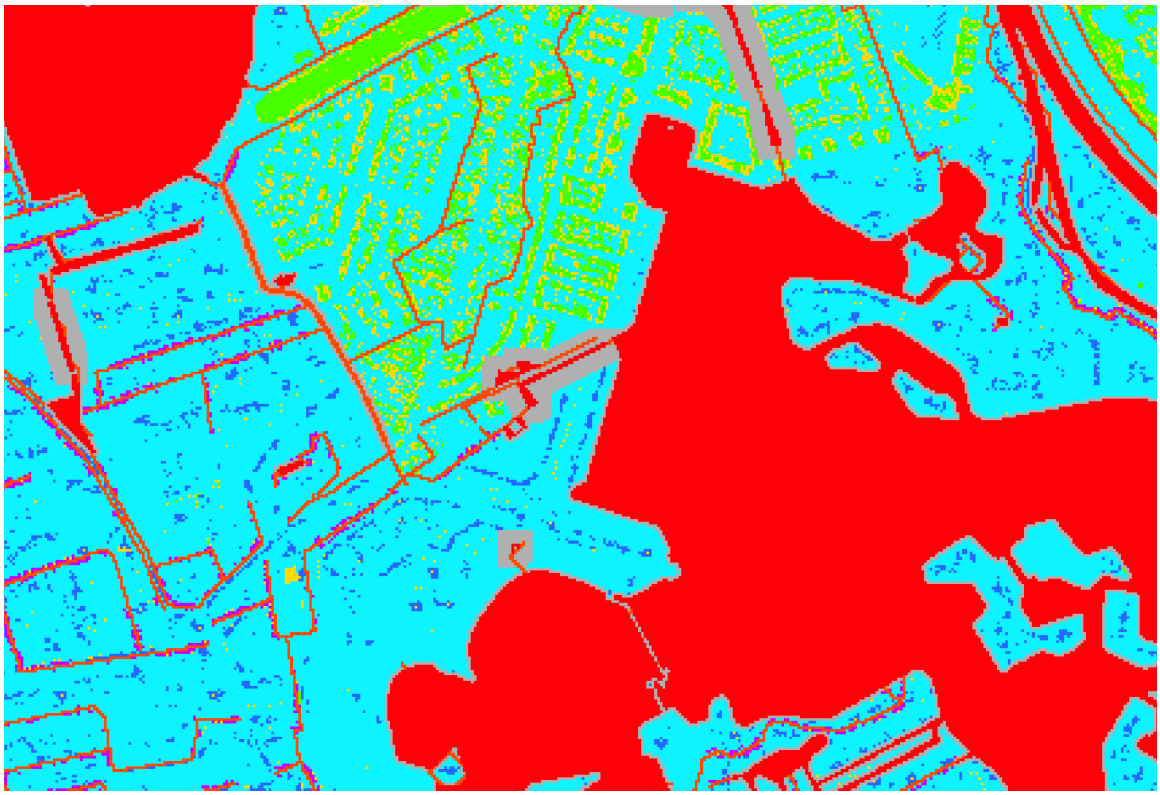
Figuur 2: *Bepaling* van gebieden die maaiveld (groen), potentieel maaiveld (oranje), lokale depressies (blauw) en verhogingen (licht blauw) en overig (rood) representeren na Stap 2 Traceren maaiveld.

Stap 3: Traceren meren

Bij de bepaling van peilen in meren wordt uitgegaan van het TOP10 oppervlaktewaterbestand. Aangezien kanalen en rivieren in dit TOP10-vector grid bestand ook binnen de TOP10 code 2 vallen, moeten deze meren eerst worden herkend. Een automatisch algoritme heeft zoveel voordelen als nadelen zodat de toekenning van meren in het TOP10 vector bestand veelal 'handwerk' is.
Vervolgens wordt het peil in het meer vastgesteld op een vaste waarde voor het gehele meer. Dit is de 5 percentielwaarde van de AHN waarden (5% laagste waarde van alle 5x5 m cellen binnen het meer). Deze peilen komen in het waterpeilenbestand HWL.

Stap 4: Traceren - sloten

Na de meren worden de sloten, beken en rivieren behandeld. Voor iedere cel gekarakteriseerd als waterloop in de Top10, wordt het waterpeil geschat door in de omgeving van de waterloopcel 'over' aangrenzende waterloopcellen te speuren naar het 5-percentiel. De 'zoekradius' is 100 meter en 1000 voor de kanalen. Opgemerkt dient te worden dat het zoeken naar peilen alleen binnen gelijke codering geschiedt. Indien we zoeken naar het waterpeil voor sloten (code is bijvoorbeeld 1) dan zoekt het filter alleen over waterpeilen die gelijk zijn aan de code voor sloten. Tevens treedt de codering voor stuwen/sluizen op als barriere in het zoekgebied. De uiteindelijk waterpeilen komen in het waterpeilenbestand HWL.



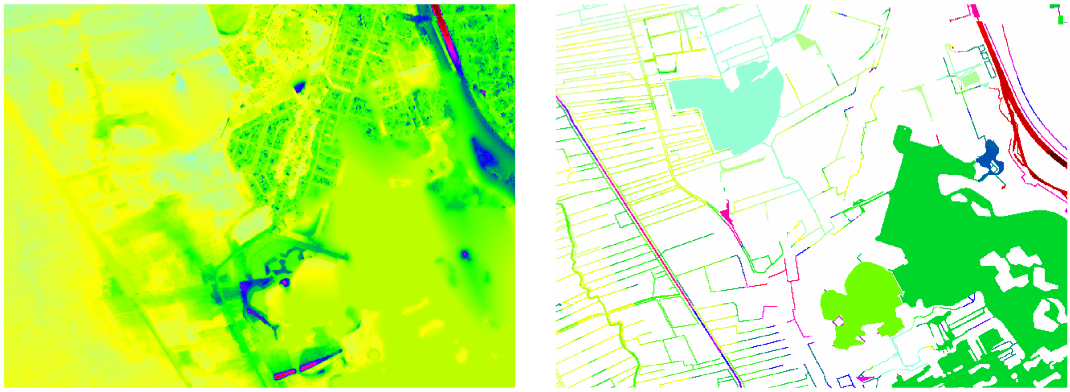
Figuur 3: Bepaling van gebieden die maaiveld (licht blauw), potentieel maaiveld (groen), lokale depressies (paars) en verhogingen (blauw), rood (sloten/meren uit TOP10-vector) en overig (geel) representeren na Stap 3 Traceren meren.

Stap 5: Interpoleren

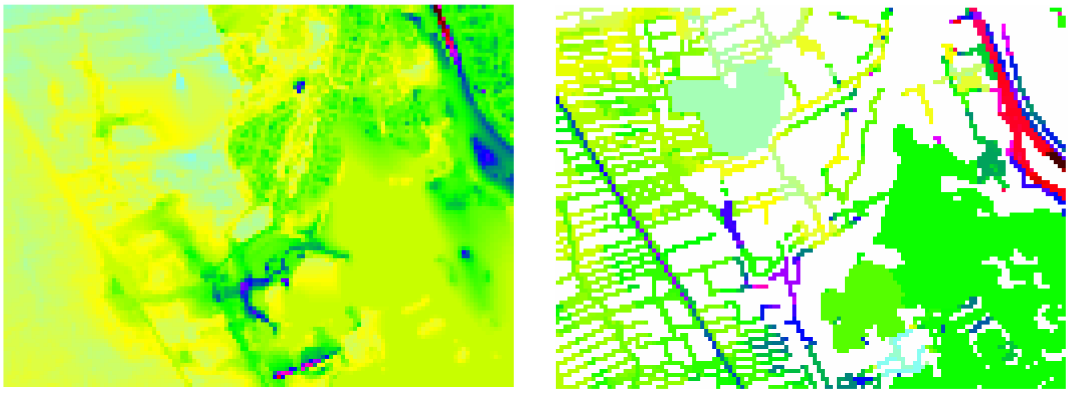
Uiteindelijk willen we in iedere cel een maaiveldhoogte krijgen. Voor alle cellen welke na stap 3 (Figuur 3) gemarkeerd zijn als maaiveld wordt het AHN genomen. Voor de gebieden die na stap 3 niet gemarkeerd zijn als maaiveld, wordt een HSURF-waarde bepaald door te interpoleren vanaf locaties die wel zeker maaiveld zijn. Dit mag maximaal over 10 cellen. Vervolgens worden deze gebieden gladgemaakt, door het gemiddelde van omliggende cellen te gebruiken.
Na deze interpolatie worden voor alle gebieden die dan nog steeds geen maaiveld zijn gekeken in hoeverre hun waarde in het AHN afwijkt van HSURF. Indien dit minder is dan 0.50 m dan worden deze gebieden alsnog gekenmerkt als ‘maaiveld’. Anders wordt de interpolatie en het glad maken herhaald. Dit gebeurt net zolang tot van alle cellen een maaiveldwaarde bekend is.

Stap 6: Upscaling Filter

De laatste stap is het opschalen naar de modelschaal van het maaiveld (HSURF) en de waterlooppeilen (HWL). Hiervoor wordt de mediane waarde bepaald van alle punten uit HSURF, die binnen de opgeschaalde cel vallen (Figuur 4, Figuur 5). Er wordt opgeschaald van 5x5 naar 25x25. Dit betekent dus dat de mediane waarde van 25 cellen wordt bepaald.



Figuur 4: Maaiveld (HSURF) 5x5 presentatie van een gebied ten zuiden van de stad Groningen (links). Waterpeilen (HWL) presentatie ditzelfde gebied (rechts).



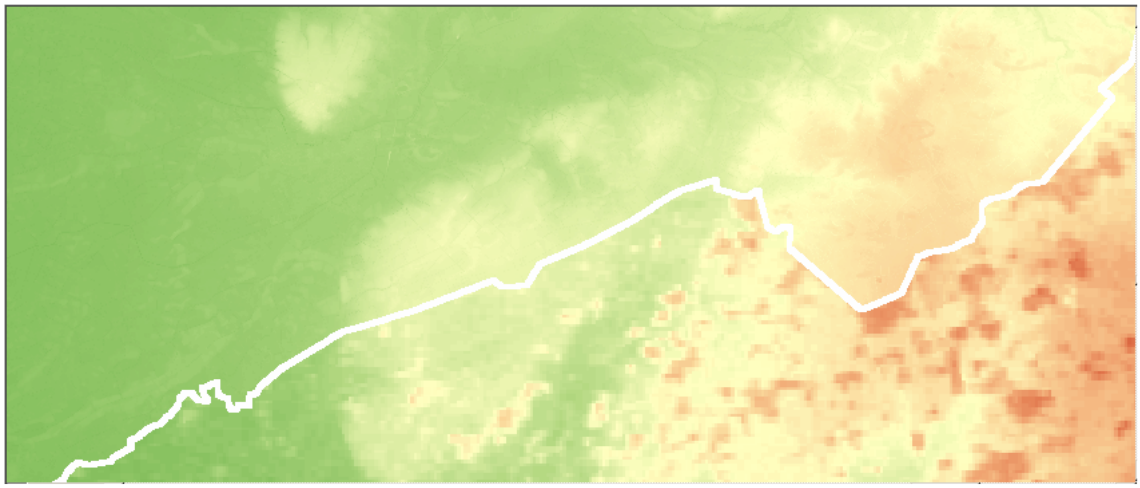
Figuur 5: Maaiveld (HSURF) 25x25 presentatie van een gebied ten zuiden van de stad Groningen (links). Waterpeilen (HWL) presentatie ditzelfde gebied (rechts).

B.3 Ontbrekende delen

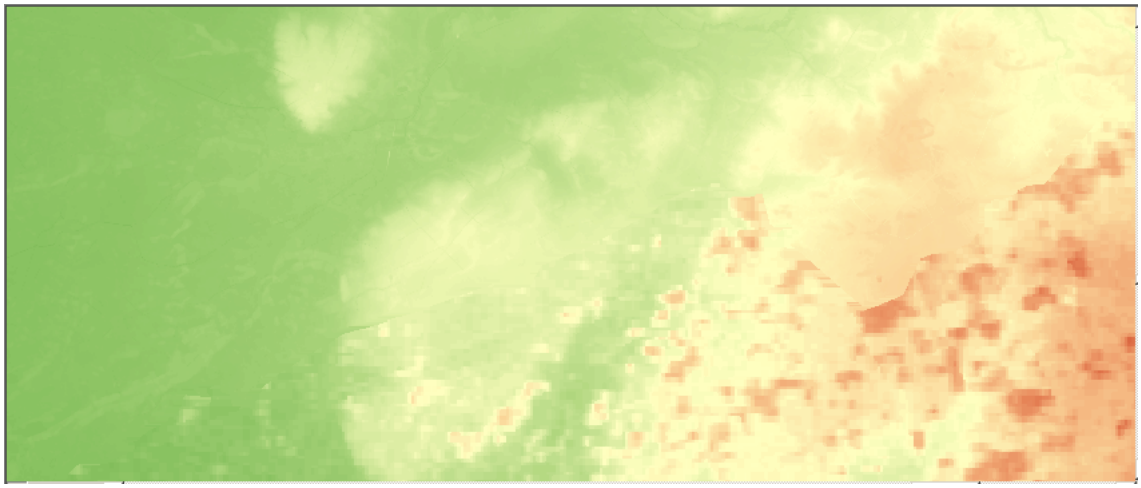
Buiten het interessegebied is geen AHN informatie beschikbaar en is het dan ook niet mogelijk om bovenstaande filtering uit te voeren. Om het maaiveld beeld aan te vullen zijn de volgende bronnen gebruikt.:

- Binnen Nederland: Maaiveld van REGIS VII.0, gebaseerd op punt maaiveldhoogten van de topografische dienst;
- Voor Duitsland: SRTM (wereldwijde hoogte data, nauwkeurigheid enkele meters, resolutie 90 meter, http://srtm.csi.cgiar.org (Google Earth KML file op deze site te vinden, zodat ontsluiting op gemakkelijke wijze mogelijk is)).

De aansluiting tussen SRTM en AHN vindt plaats door aan weerszijden van de grens een zone van 10 cellen te verwijderen (Figuur 6). Binnen deze witte rand (geen gegevens over 500 m rond de grens) is het mogelijk om voor een geleidelijke overgang door een interpolatie uit te voeren met informatie aan weerskanten van de grens (Figuur 7).



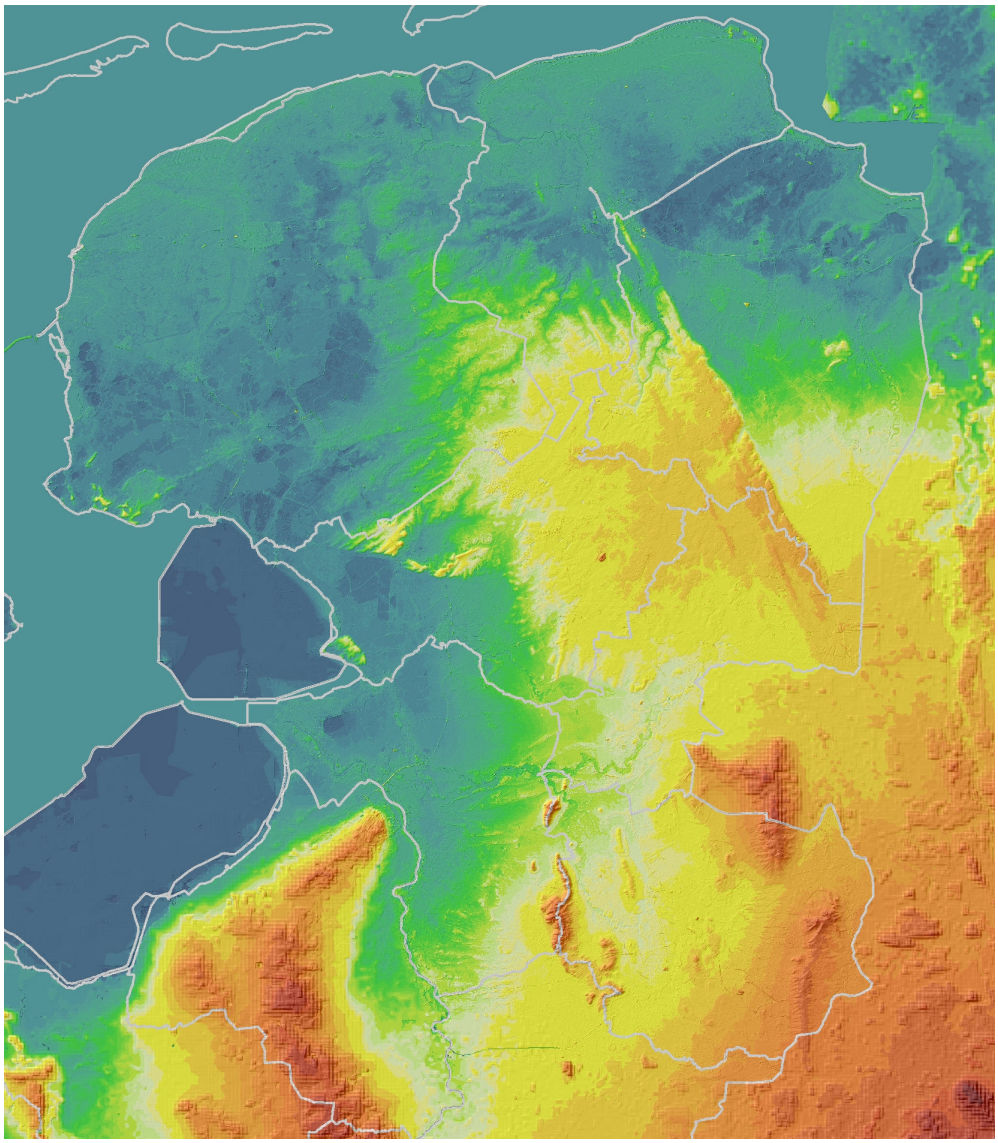
Figuur 6: Actueel Hoogte bestand Nederland en SRTM Duitsland als twee aparte bestanden met hoogtegegevens.



Figuur 7: AHN en SRTM als een bestand waarbij cellen zonder gegevens zijn geïnterpoleerd tussen beide bestanden.

B.4 Gefilterd maaiveld

In het resultaat van de AHN-filtering (Figuur 8) gecombineerd overige maaiveld informatie zijn de resolutieverschillen nabij de Duitse grens of op de Veluwe duidelijk zichtbaar, maar sluiten de verschillende bronbestanden goed aan qua hoogteverloop.



Figuur 8: Resultaat van de AHN-filtering gecombineerd met overige maaiveld informatie.

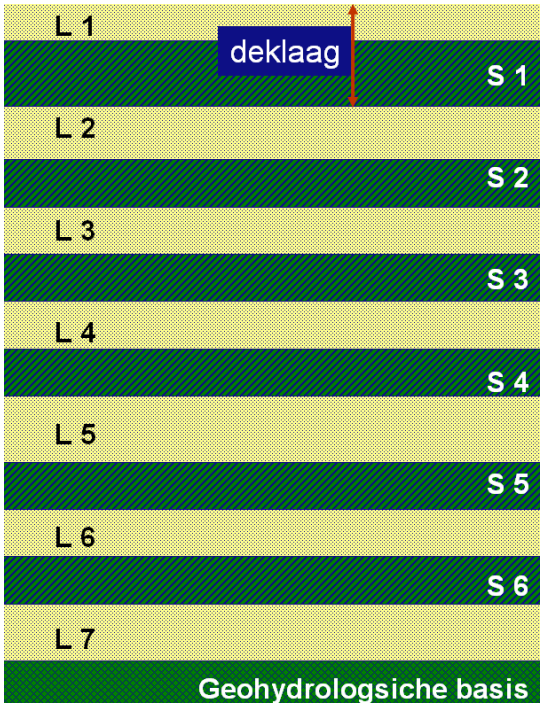
C Ondergrond

C.1 Geometrie: indeling in watervoerende pakketten en scheidende lagen

MIPWA kent een zogenaamde quasi-3D benadering. Dit betekent dat de ondergrond wordt opgedeeld in watervoerende pakketten en scheidende lagen. In deze benadering van de werkelijke 3D stroming door de ondergrond vindt horizontale stroming alleen plaats in de watervoerende pakketten en vertikale stroming alleen in de scheidende lagen.

Bronbestanden
REGIS VII.0 (versie mei 2005; hierna REGIS genoemd) is gebruikt als basis voor het ondergrondmodel van MIPWA. Er zijn twee gebieden waarvoor geen REGIS data beschikbaar zijn: Noord-Groningen en Duitsland. De gridcelgrootte van REGIS (100 x 100 m) is aangehouden tijdens de analyse van de modellagen en parametrisaties, uiteindelijk zijn de parameters omgezet naar de fijne modelschaal van 25x25 m. Dit is een eenvoudige opschaling, zonder kennis toe te voegen. De informatie resolutie van de ondergrond is de REGIS resolutie van 100x100 m.
De belangrijkste kleilagen in Noord-Groningen (EE-k-1, Pe-k-1, Pe-k-2 en PZ-c en OO-c, zie Tabel 1 voor verklaring afkortingen) zijn grof binnen GIS gekarteerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de geologische formatiegrenzen en boringen met een geologische interpretatie (~150 in totaal voor de regio Noord-Groningen), die door de REGIS groep zijn aangeleverd.
Voor Duitsland is maar één digitale ondergrondschematisatie beschikbaar; het REGIS Vegte Ondergrondmodel. Het REGIS Vegte gebied beslaat het grensgebied met Nord-Rhein – Westfalen en Niedersachsen in Duitsland. Een REGIS Vegte laag is aan een REGIS kleilaag gekoppeld wanneer in het grensgebied de ligging van een Duitse kleilaag in het REGIS Vegte Model redelijk aansluit bij een REGIS kleilaag in Nederland. De volgende REGIS kleilagen zijn op deze manier uitgebreid: HL-C (Vegte laag G2), BX-k-1 (G4), KRZU-k1 (G6) en DRGI-k-1 (G8). Voor de rest van Duitsland, met name in het grensgebied van Groningen en Drenthe, zijn REGIS kleilagen die tot de grens doorlopen met de hand verder Duitsland in geëxtrapoleerd op basis van expert judgement. Dit is gebeurd voor de volgende REGIS kleilagen: Pe-k-1, PZ-k-1, OO-c en Br-k-1.

Indeling in slecht doorlatend lagen en watervoerende pakketten
De ondergrond is voor het MIPWA model onderverdeeld in watervoerende pakketten (WVP) en slecht doorlatende lagen (SDL) op basis van de REGIS kleilagen en gestuurd door de keuzes die in de provinciale geohydrologische modellen reeds zijn gemaakt. Omdat meerdere provinciale schematisaties samengebracht zijn in het MIPWA model, konden de provinciale schematisaties niet overal precies gevolgt worden. De uiteindelijke schematisatie bestaat uit 7 watervoerende pakketten en 6 slecht doorlatende lagen (Figuur 1). De deklaag (D) wordt in deze schematisatie modeltechnisch opgesplitst in een watervoerend deel en een scheidend deel, omdat horizontale stroming door de deklaag mogelijk moet zijn om grondwaterstanden in de deklaag te kunnen berekenen.



Figuur 1: MIPWA modelschematisatie: watervoerende lagen (L1-L7) en scheidende lagen (S1 – S6). De deklaag bestaat uit watervoerende laag 1 en scheidende laag 1.

Als startpunt zijn alle REGIS weerstandbiedende, klei-, veen- en complexe (klei en zand) lagen (in totaal 22) verdeeld over vijf slecht doorlatende lagen (SDL) en de deklaag (D). Enkele REGIS weerstandbiedende lagen die een zeer beperkte verbreiding hebben en alleen nabij de randen van het modelgebied voorkomen zijn niet meegenomen in de laagindeling, dit zijn KR-k-1, WB-v-1 en ST-k-1 (‘verw.’ (=verwaarloosd) in Figuur 1). Aaneengesloten individuele weerstandbiedende lenzen die behoren tot dezelfde REGIS laag kunnen dus, afhankelijk van hun diepte ligging en de nabijheid van andere lagen, voor diverse regio's in verschillende SDL’s terecht zijn gekomen. In Tabel 1 staat per REGIS weerstandbiedende laag aangegeven hoeveel individuele lenzen er zijn ingedeeld bij welke SDL.

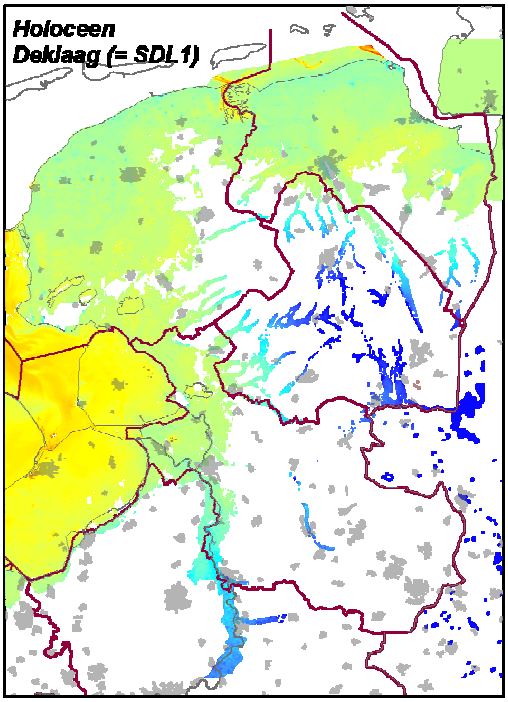
Omdat de formaties die de scheidende lagen vormen als het ware de kapstok vormen waaraan een geohydrologisch model wordt opgehangen zijn deze ook terug te vinden in tabel 1. De exacte formaties welke in de watervoerende pakketten voorkomen, zijn hier niet specifiek genoemd.

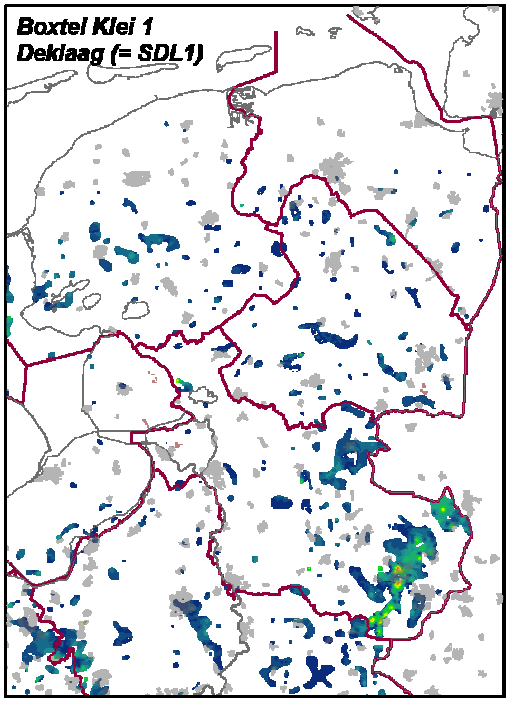
In Figuur 2 is op kaarten van alle hydrogeologische REGIS eenheden in Noord-Nederland aangegeven in welke scheidende laag deze voorkomen in de schematisatie door middel van rode cijfers per gearceerd deel. Een cijfer 3 betekent hierin scheidende laag 3, etc.

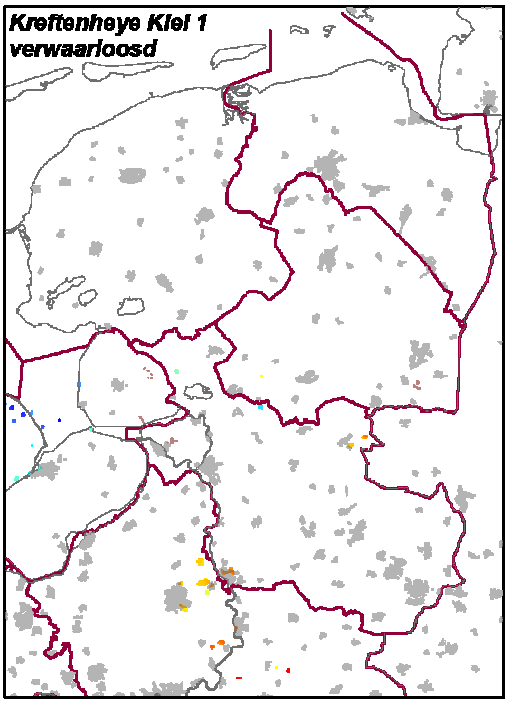
Tabel 1. Overzicht van REGIS kleilenzen en de verdeling over de modellagen.

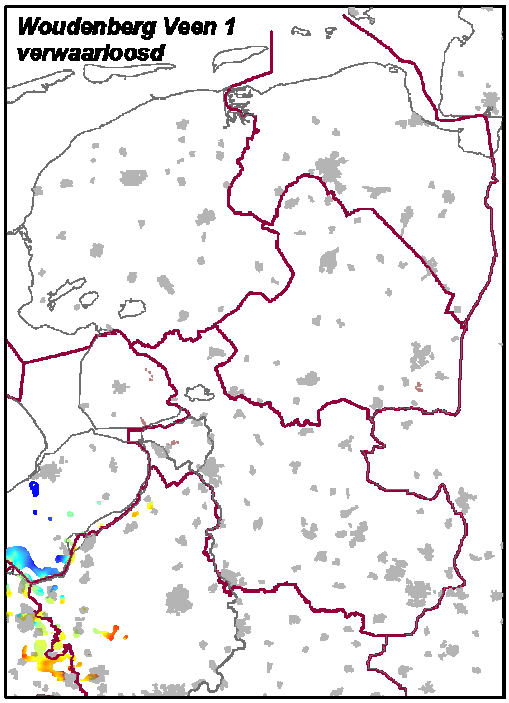
REGIS klei-/veenlaag	**Modellaag**	Deklaag D	SDL2	SDL3	SDL4	SDL5	SDL6	GHB
Holoceen	Hl-c	107	0	0	0	0	0	0
Boxtel klei 1	bx-k-1	147	0	0	0	0	0	0
Boxtel klei 2	bx-k-2	50	37	2	0	0	0	0
Kreftenheye klei 1	KR-k-1	2	5	0	0	0	0	0
Woudenberg veen 1	WB-v-1	1	20	0	0	0	0	0
Eem klei 1	EE-k-1	0	17	0	0	0	0	0
Eem klei 2	EE-k-2	0	0	5	0	0	0	0
Kreftenheye Zutphen klei 1	KRZU-k-1	0	26	5	0	0	0	1
Kreftenheye Twello klei 1	KRTW-k-1	0	1	3	0	0	0	0
Drenthe Uitdam klei 1	DRUI-k-1	0	3	19	0	0	0	1
Drenthe Gieten klei 1	DRGI-k-1	57	39	35	0	0	0	7
Drenthe Complex	DT-c	0	20	9	0	0	0	4
Urk klei 1	UR-k-1	0	17	20	0	0	0	0
Urk klei 2	UR-k-2	0	3	17	0	0	0	0
Peelo klei 1	PE-k-1	0	8	15	1	0	0	0
Peelo klei 2	PE-k-2	0	0	0	14	0	0	0
Urk klei 3	UR-k-3	0	1	17	32	0	0	0
Sterksel klei 1	ST-k-1	0	1	5	3	0	0	0
Peize Waalre klei 1	PZ-k-1	0	0	2	24	18	1	0
Peize Waalre Complex	PZ-c	0	1	3	1	0	10	1
Maassluis Complex	OOC	0	0	0	0	0	12	0
Oosterhout Complex	MSC	0	0	0	0	0	1	0

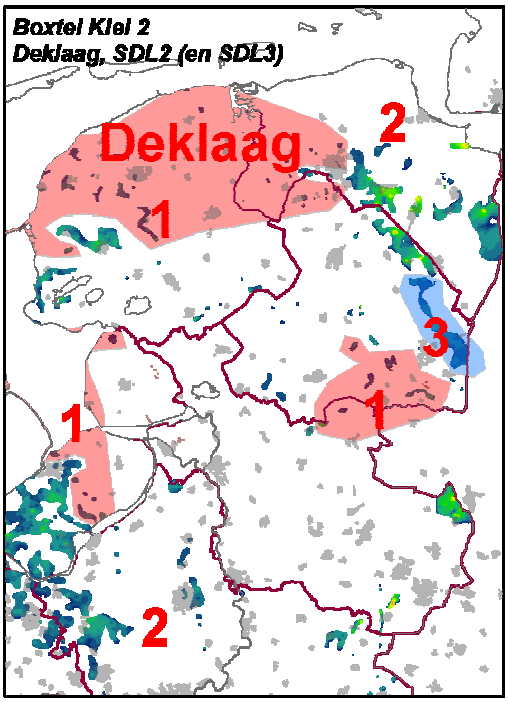
SDL = Slecht Doorlatende Laag, GHB=Geohydrologische Basis

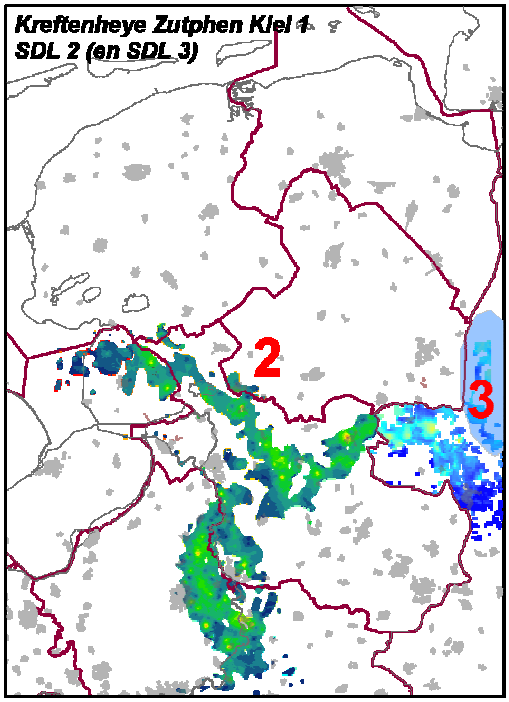

Holoceen
Deklaag (= SDL1)

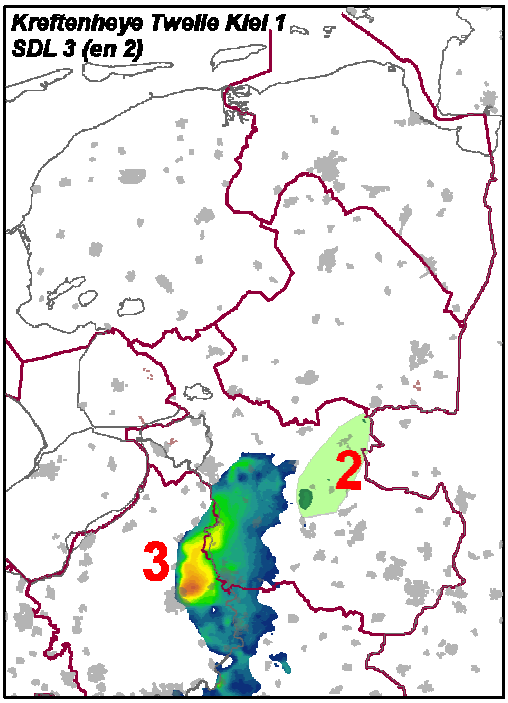

Boxtel Klei 1
Deklaag (= SDL1)

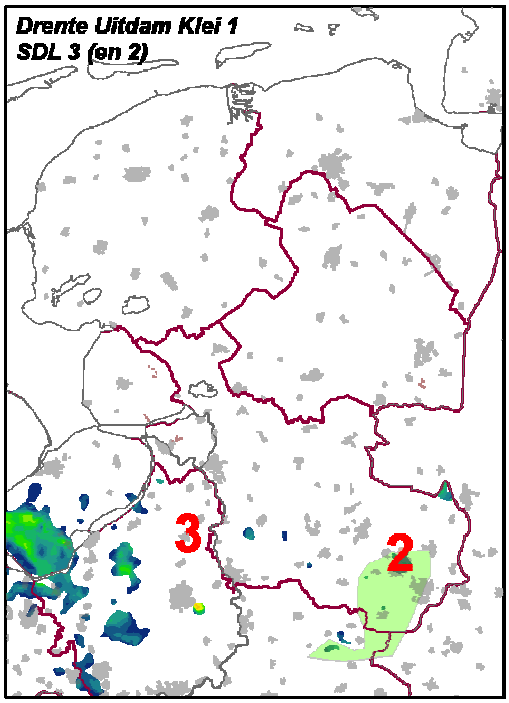

Kreftenheye Klei 1
verwaarloosd

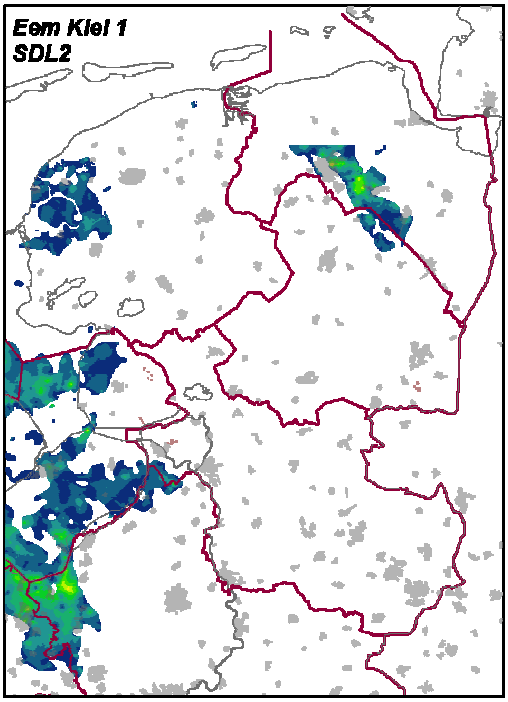

Woudenberg Veen 1
verwaarloosd

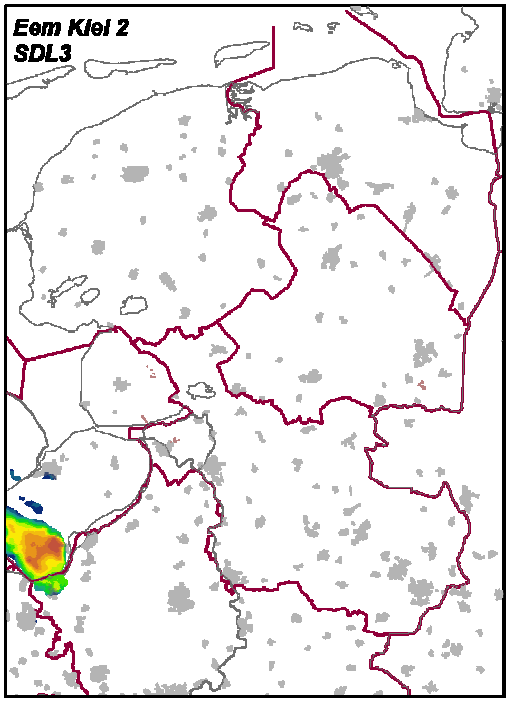

Boxtel Kiel 2
Deklaag, SDL2 (en SDL3)
Deklaag
1
2
3
1
1
2

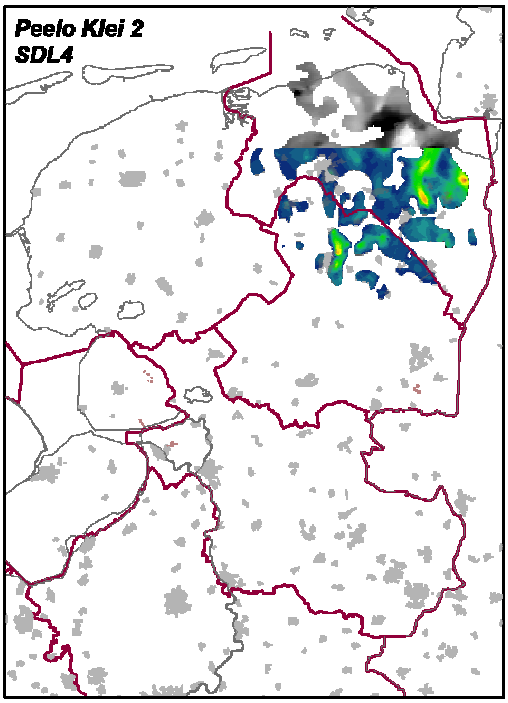

Kreftenheye Zutphen Kiel 1
SDL 2 (en SDL 3)
2
3

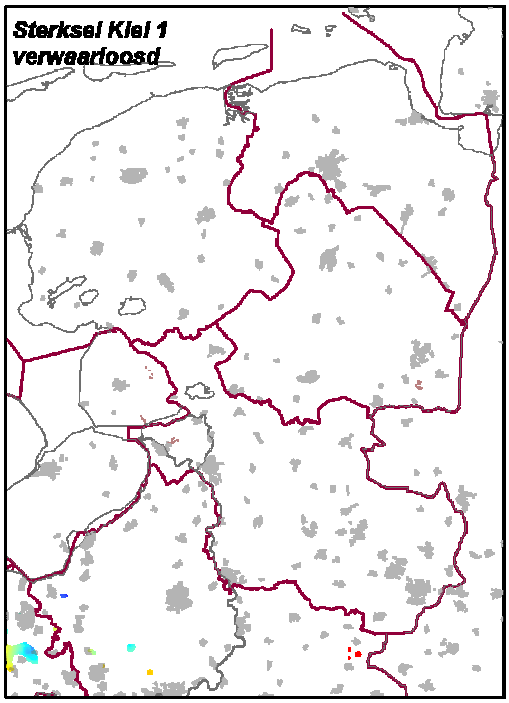

Kreftenheye Twelle Kiel 1
SDL 3 (en 2)
2
3

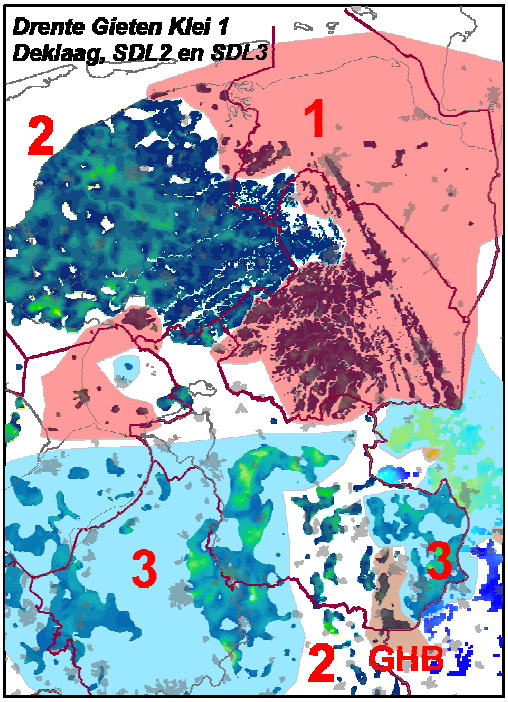

Drente Uitdam Kiel 1
SDL 3 (en 2)
3
2

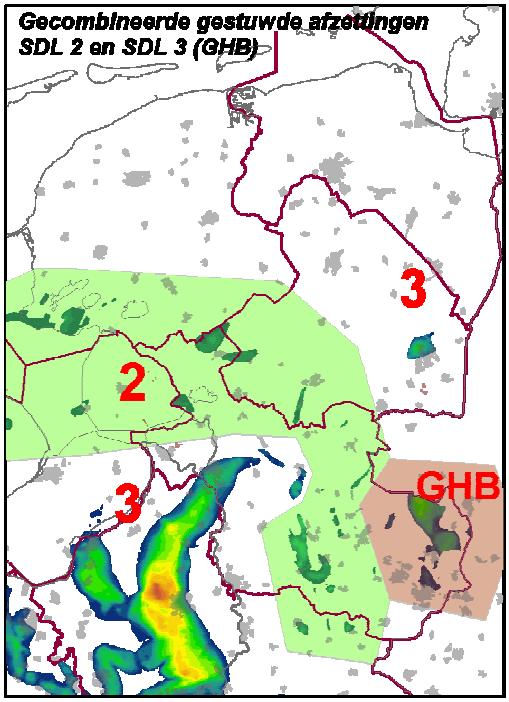

Eem Klei 1
SDL2

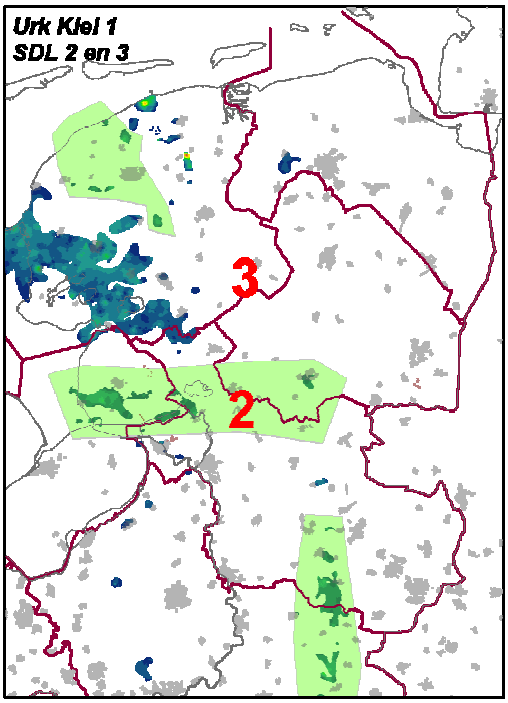

Eem Klei 2
SDL3

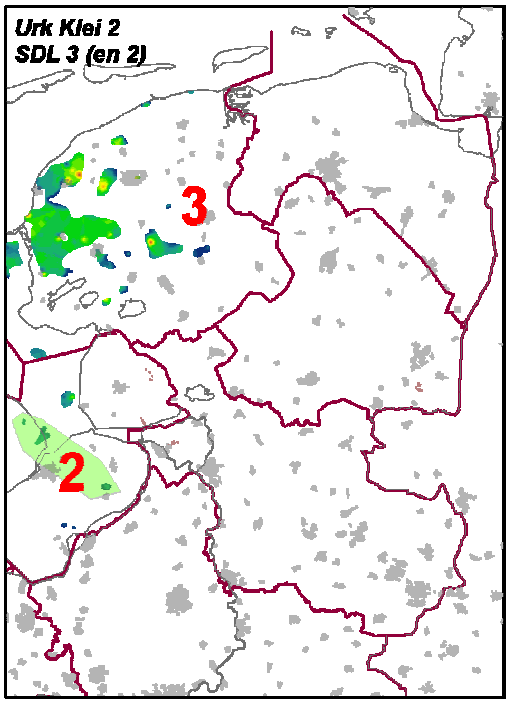

Peelo Klei 2
SDL4

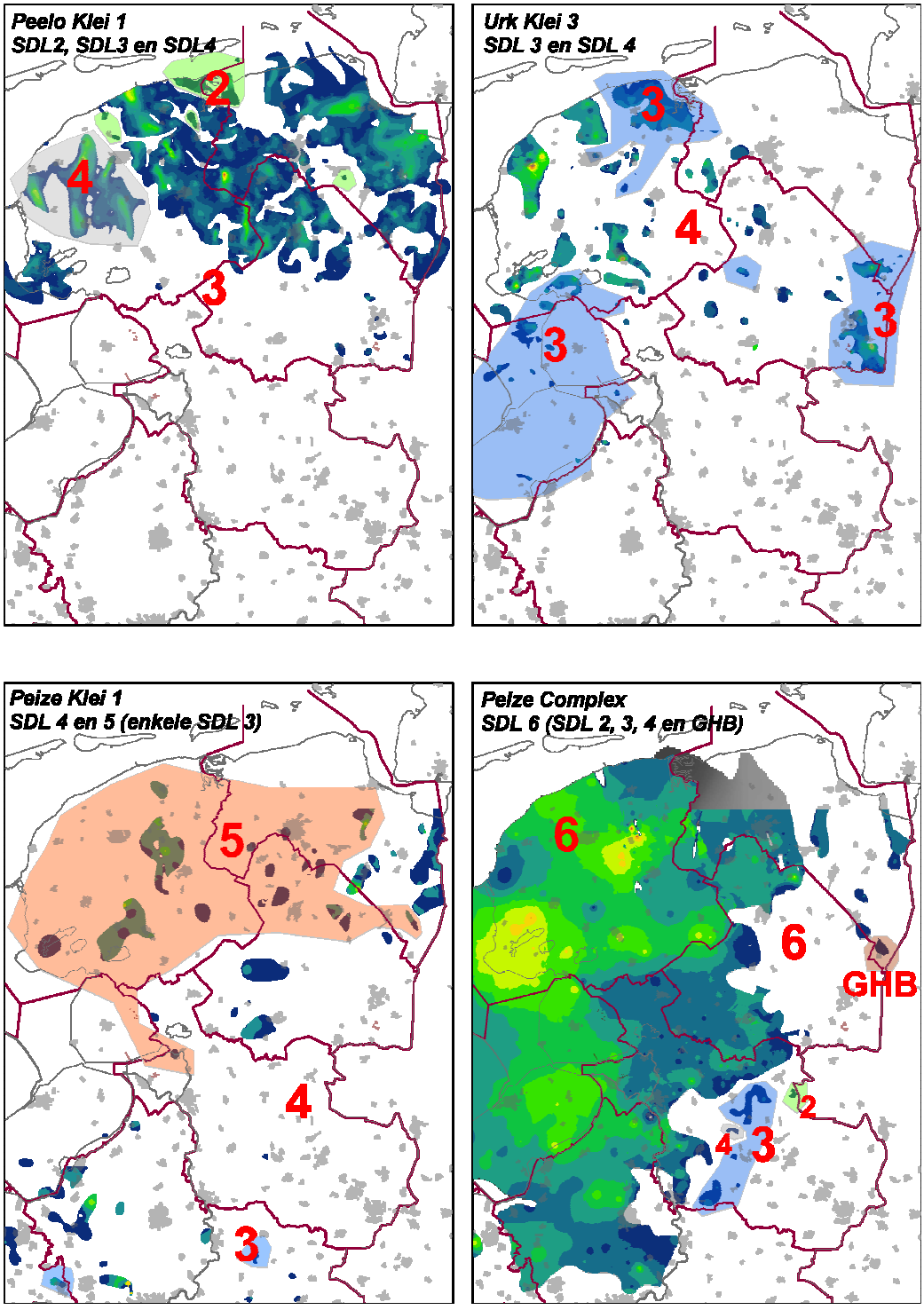

Sterksel Klei 1
verwaarloosd


Drente Gieten Klei 1
Deklaag, SDL2 en SDL3
1
2
3
3
2
GHB


Gecombineerde gestuwde afzettingen
SDL 2 en SDL 3 (GHB)
3
2
3
GHB


Urk Klei 1
SDL 2 en 3
3
2


Urk Klei 2
SDL 3 (en 2)
3
2

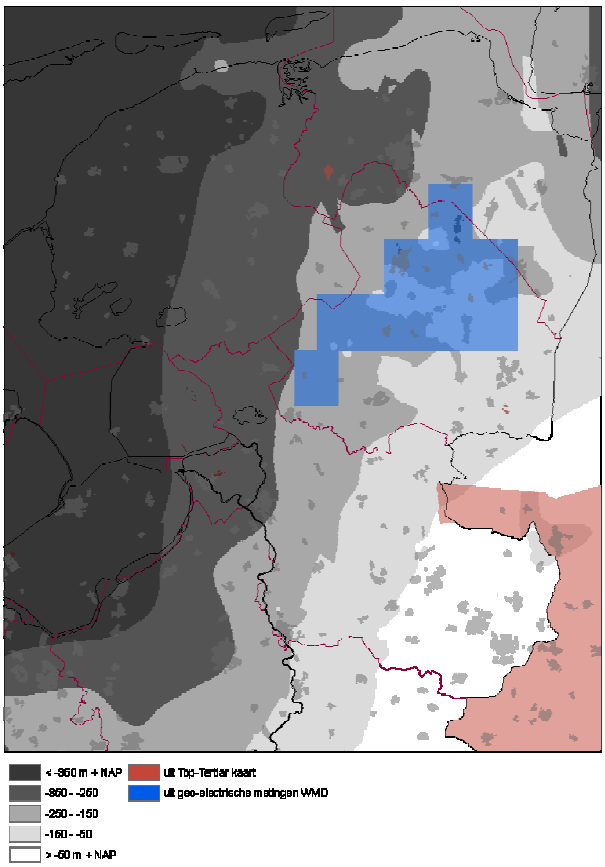


Figuur 2: Voorkomen en toekenning van klei- en veenlagen aan MIPWA modellagen. Gekleurde arceringen geven aan wanneer een selectie van kleilenzen tot een scheidende laag (cijfer) behoren.

Geohydrologische Basis (GHB)

De geohydrologische basis (= onderkant van het gemodelleerde grondwatersysteem) wordt gevormd door:

- Top formatie van Breda voor het grootste deel van het gebied. Dit kan zijn (Figuur 3):
  - de binnen REGIS gekarteerde Breda Klei 1 of
  - de bovenkant van het geologische niveau waarop de Formatie van Breda start (zie Digitaal Geologisch Model DGM; www. dinoloket.nl), wanneer de Breda Klei 1 te diep zit en niet binnen REGIS gekarteerd is;
  - een aanpassing van de Breda Klei 1 op basis van geo-electrische metingen van WMD (beperkt deel van Drenthe).
- De bovenkant van het Tertiair op basis van de Top Tertiair kaart voor Duitsland ter hoogte van Overijssel;
- Interpolatie van diepte van de Formatie van Breda voor overige delen van Duitsland.



Figuur 3: Ligging van de geohydrologische basis en de bronnen welke voor dit niveau gebruiks zijn (geen kleur arcering: bron = REGIS / DGM; ligging top Formatie van Breda Klei 1)

C.2 Parametrisatie - toekennen geohydrologische parameters

De watervoerende pakketten en scheidende lagen welke gedefinieerd zijn in de schematisatie zijn tijdens de initiële parametrisatie voorzien van geohydrologische parameters.
Watervoerende pakketten krijgen een kD-waarde [m^2/dag] toegekend en zonodig een anisotropierichting en anisotropiefactor. De anisotropie bepaalt dat in een bepaalde laag de doorlatendheid in de horizontaal in verschillende richtingen niet even sterk is (zie volgende paragraaf). Dit geldt met name voor gestuwde formaties, bijvoorbeeld in de Veluwe (DT-c). Daarnaast krijgen de watervoerende pakketten, ten behoeve van de niet-stationaire (tijdsafhankelijke) modelberekeningen, ook een bergingscoëfficiënt [-] toegekend.
Scheidende lagen krijgen een c-waarde [dagen] toegekend tijdens de parametrisatie.

We spreken hier van een initiële parametrisatie, omdat de verschillende parameters nog wijzigingen ondergaan tijdens door parelmodellen en tijdens de ijking en modelanalyse. In eerste instantie worden de parameterwaarden toegekend op basis van horizontale (bekend voor REGIS zand- en complexe lagen) en vertikale (bekend voor REGIS klei-, veen- en complexe lagen) doorlatendheden (k_h, resp. k_v).
Voor de complexe holocene afzettingen (HL-c) kent REGIS geen k_h en k_v. kD- en c-waarden voor de deklaag worden daarom apart bepaald op basis van de landsdekkende topsysteem karakterisatie (van der Linden, 2002).
Voor de complexe gestuwde afzettingen (DT-c) kent REGIS ook geen k_h en k_v. Deze zijn geschat op 10 m/dag.
Voor Duitsland en Noord Groningen zijn de k_h- en k_v-waardes tevens geschat. De k_h is bepaald middels extrapolatie vanuit de REGIS parameterkaarten. Voor k_v is een constante waarde genomen die gebaseerd is op de waarde van de betreffende laag in het aangrenzende gebied waarvoor wel REGIS waardes bekend zijn.

Deze freatische bergingscoëfficiënten zijn afhankelijk van de bodemsoort en grondwatersituatie en worden binnen het CAPSIM concept (zie grondwateraanvulling, bijlage D) ingeschat op basis van standaard tabellen van Alterra). De bergingscoëfficiënten van de afgesloten pakketten 2 tot en met 7 (=elastische bergingscoëfficiënten) zijn vast verondersteld met een waarde van 0.0001.

C.3 Parametrisatie – anisotropie

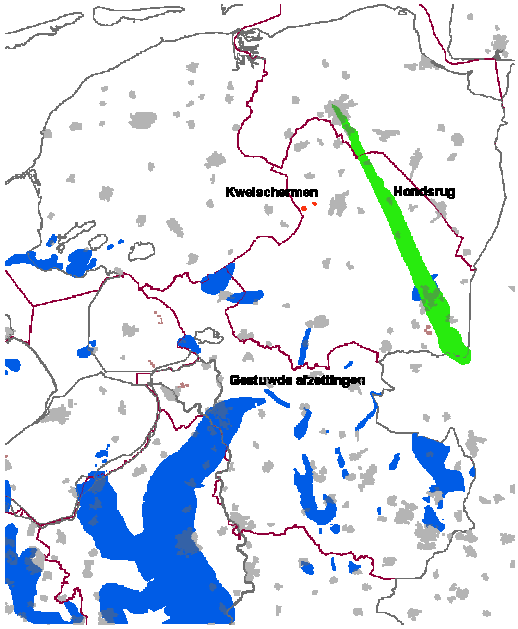
Anisotropie in de horizontaal komt voor wanneer in de ene richting de doorlatendheid groter is dan in de richting loodrecht op deze hoofdrichting. In de Nederlandse situatie wordt anisotropie vaak veroorzaakt door stuwing.

Informatie over de richting en sterkte van anisotropie, respectievelijk de anisotropiehoek en anisotropiefactor genoemd, is afkomstig uit diverse bronnen en aangevuld met expert judgement (Figuur 4).
Voor de Veluwe zijn in een onderzoek van Gehrels (1999) schattingen gemaakt van anisotropiehoeken en –factoren. Deze zijn gebruikt in de Veluwe en de schattingen zijn verder vertaald naar andere gestuwde eenheden in het MIPWA gebied.
Daarnaast kwam uit enkele parels (zie volgende paragraaf) naar voren dat er ook anisotropie aanwezig is in de Hondsrug. Op basis van de parels is de parametrisering van de anisotropie voor de Hondsrug ingevuld.

Een derde bron voor anisotropie kennis is afkomstig uit het onderzoek Engelse Werk bij Zwolle.

Naast anisotropie door stuwing of andere geologische oorzaken kunnen ook menselijke ingrepen anisotropie veroorzaken. Rond Fochteloërveen zijn kwelschermen geplaatst welke binnen MIPWA met extreme anisotropiewaarden zijn gemodelleerd.

Het modelleren van de kwelschermen met de aparte MODFLOW package voor ondoorlatende zones in watervoerende pakketten (HFB: horizontal flow barrier package) is niet gebruikt. Het parametriseren en doorrekenen van deze package zou onevenredig veel schijfruimte en rekentijd met zich meebrengen.



Figuur 4: Locatie van anisotropie in het MIPWA model. De kleuren geven verschillende vormen van de parametrisatie van de anisotropie weer.

C.4 Parametrisatie - het gebruik van ‘parels’ uit grondwatermodellen

Introductie

De parametrisaties op basis van REGIS zijn aangepast wanneer ‘parels’ uit de verzamelde grondwatermodellen hiertoe aanleiding geven. Onder ‘Parels’ worden die parametrisaties van lagen of gedeelten van lagen in een bestaand grondwatermodel verstaan die toegevoegde waarde hebben ten opzichte van de REGIS parametrisatie, bijvoorbeeld doordat deze gebaseerd zijn op extra boringen of geverifieerd zijn met metingen in het veld.

Criteria selectie grondwatermodellen

Informatie uit bestaande grondwatermodellen kan van toegevoegde waarde zijn voor het casco grondwatermodel. Niet elk bestaand grondwatermodel is echter even goed

bruikbaar. De geschiktheid van bestaande grondwatermodellen is bepaald aan de hand van een aantal criteria. Deze criteria zijn:

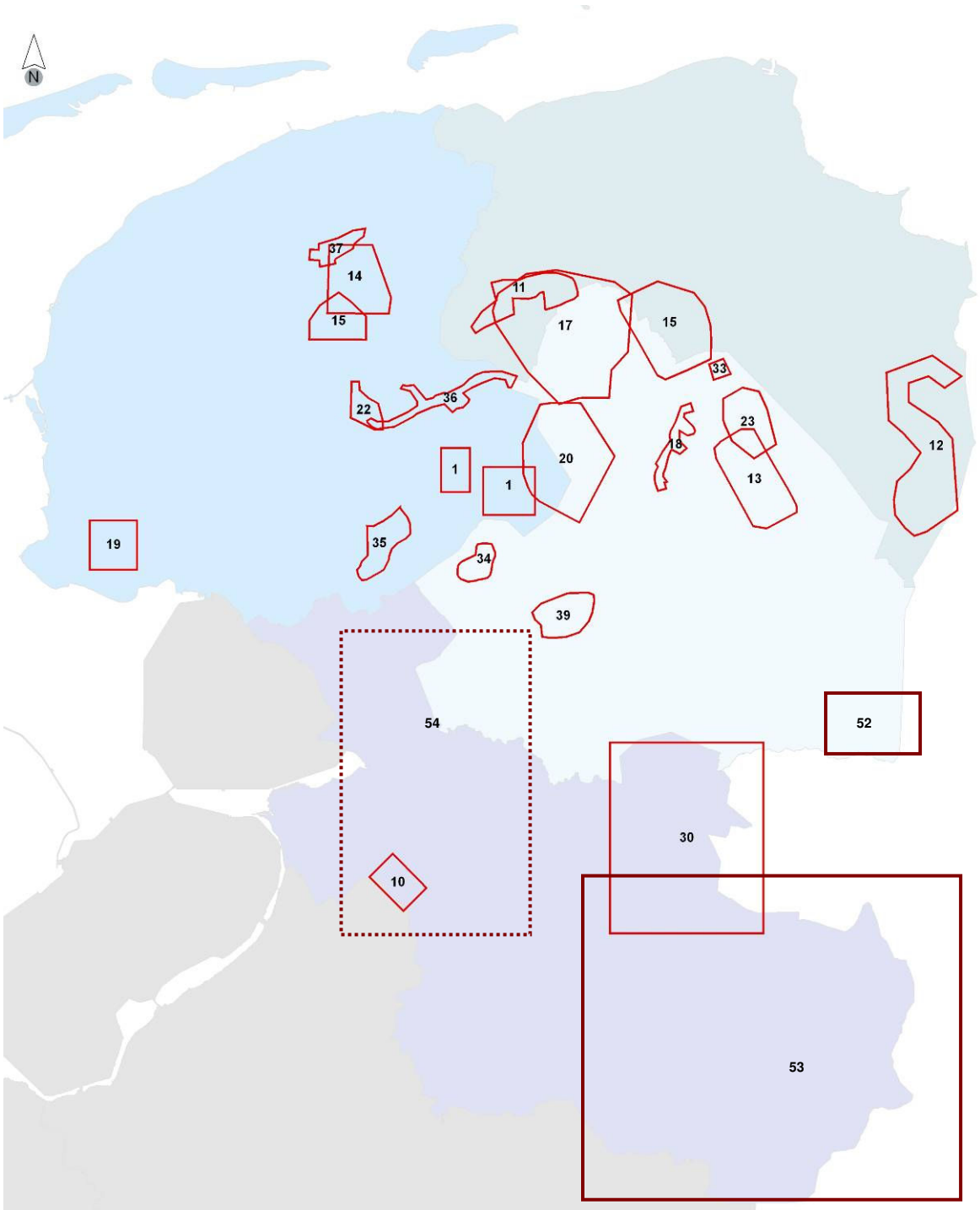
- Het doel waarvoor een model is opgezet is indicatief voor de betrouwbaarheid. Een voorbeeld: een model ten behoeve van een verdrogingsonderzoek heeft doorgaans een relatief hoge betrouwbaarheid in de bovenste meters (het topsysteem en het daaronder voorkomende watervoerende pakket). Een model dat de mogelijke verzilting van waterwinputten beschrijft is doorgaans betrouwbaarder in de diepere watervoerende pakketten.
- Is het model geijkt? Er bestaat een sterke voorkeur voor geijkte modellen, wat was het 'afbreekcriterium'? Een model dat zowel stationair als niet-stationair geijkt is heeft de voorkeur boven een model dat uitsluitend stationair geijkt is. Er is een voorkeur voor modellen die zowel geijkt zijn op grondwaterstand/stijghoogte als op de waterbalans.
- Het is van belang dat de modelrand voldoende ver verwijderd is van het centrum van het model.
- Er bestaat een voorkeur voor modellen met relatief kleine cellen. Dit is weliswaar niet van doorslaggevende betekenis, maar de betrokken modelleur heeft de mogelijkheid gehad rekening te houden met variaties van bodemparameters op lokale schaal.
- Oordeel van de modelleur: 'was hij/zij tevreden met het betrokken model?'
- Nieuwere versies van een model zijn doorgaans betrouwbaarder dan eerdere versies.
- Modellen die gebruik maken van invoer met GIS-datafiles zijn doorgaans nauwkeuriger dan modellen die geen gebruik van GIS maken.

Voorstel te analyseren grondwatermodellen

Op basis van zowel het waardeoordeel van de betrokken instanties als de kennis van het consortium zijn in eerste instantie 58 grondwatermodellen geselecteerd ten behoeve van nader analyse. Om een bestaand model van nut te laten zijn voor het MIPWA model, dient inzicht te bestaan in de relatie tussen de watervoerende en slecht doorlatende lagen in het parel grondwatermodel en de geologische formaties. Na bestudering van bijbehorende rapportages resteerden 24 modellen. De locaties van deze modellen zijn weergegeven in Figuur 5.

Beschrijving van geselecteerde parel grondwatermodellen

De grondwatermodellen zijn per laag nader geanalyseerd op het al dan niet aanwezig zijn van parels in deze modellen. Hieronder verstaan wij die informatie met betrekking tot de ondergrond welke een significante toegevoegde waarde heeft boven de REGIS parametrisatie (zie criteria). Tabel 1 biedt een beschrijving van de parels uit de bestaande grondwatermodellen.



Figuur 5: Ligging van de geselecteerde parelmodellen.

Tabel 2: Beschrijving van de parelmodellen.

Naam grondwatermodel	*Nummer (in figuur)*	*Beschrijving 'parel'*
Terwisscha	1	De parels zitten boven in het model. Het model is stationair geijkt en is gebruikt voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur en verandering van landbouwkundige opbrengst. Er is gebruik gemaakt van REGIS-gegevens; bij de ijking zijn gegevens van 165 peilbuizen gebruikt; bij de ijking was het noodzakelijk aanpassingen door te voeren in de weerstand van de keileem
Engelse Werk	10	De parel bestaat uit een nauwkeurig bepaald doorlaatvermogen van het watervoerend pakket dat zich bevindt tussen de Holocene deklaag en de Tegelenklei (tegenwoordig Peize/Waalre). Het model is uitvoerig geijkt (stationair en niet-stationair) op DINO-peilbuisgegevens. Daarnaast is geijkt aan de hand van temperatuurprofielen en met concentraties van opgeloste stoffen.
Zuidelijk Westerkwartier/ De Dijken	11	Model De Dijken is gebaseerd op het model Zuidelijk Westerkwartier. Het ZWK-model is uitgebreid geijkt (stationair en niet-stationair). Model de Dijken heeft ter plaatse van polder De Dijken een extra ijkingsslag ondergaan. IJking heeft daarbij plaatsgevonden op drainageweerstand en drainagebasis. – De parels komen, in verticale zin, voor vanaf maaiveld tot en met de potklei. De gebruikte peilbuisdata staan voor een deel in DINO maar zijn tevens afkomstig van terreinbeherende instanties (in en rondom de natuurgebieden).
Westerwolde	12	De parels zitten boven in het model. Uitgebreide stationaire en niet-stationaire ijking op ondiepe grondwaterstanden en diepe stijghoogten. Aanvullend is bij de ijking rekening gehouden met grondwatertrappen.
Gasselte	13	De parels zitten zowel boven als onder in het model. Ter plaatse van de flanken van de Hondsrug is rekening gehouden met anisotropie van de doorlaatvermogens. De mate van anisotropie is bepaald met behulp van de ijking. De stationaire ijking heeft plaatsgevonden aan de hand van ondiepe grondwaterstanden, diepere stijghoogten en gegevens verkregen uit boringen. Daarnaast is informatie uit geo-elektrisch onderzoek en uit pompproeven verwerkt. Ten zuiden van Gasselte is rekening gehouden met een doorbraak door de Hondsrug.
Noordbergum	14	De parels zitten aan de onderzijde van het model

Naam grondwatermodel	*Nummer (in figuur)*	*Beschrijving 'parel'*
		(de modellagen S3 t/m/ L7). Bij de ijking is gebruik gemaakt van peilbuisgegevens die in DINO zijn opgeslagen, maar ook is gebruik gemaakt van pompproefgegevens van zowel onder als boven de Tegelenklei. Daarnaast is een ijking uitgevoerd op chloridegehalten (zowel de opgepompte chlorideconcentratie bij pompstation Ritskebos als op de chloridegehalten bij nabijgelegen peilbuizen). Bij deze parametrisatie wordt ook de verhouding calciumchloride/natriumchloride goed verklaard: dit wordt veroorzaakt door een gat in de Tegelenklei. Een andere parel bestaat uit het inbrengen van een geul onder de potklei, in de Peelo-formatie.
Garyp	15	Het model is zowel stationair als niet-stationair geijkt op grondwaterstanden en op diepere stijghoogten. Een parel uit het model bestaat uit de ligging van een geul met grote hydraulische weerstand. De ligging van deze geul is in kaart gebracht aan de hand van boringen en geo-elektrisch onderzoek.
Gorecht	16	De parels bestaan uit de verbreiding en parametrisering van de deklaag, de potkleilaag (Peelo, Hondsrug) en de Eemklei (Hunzedal) tot en met de formatie van Scheemda (Peize). Deze parameters konden worden bepaald aan de hand van een stationaire en niet-stationaire ijking op ondiepe grondwaterstanden en diepere stijghoogten. Bij de ijking is tevens rekening gehouden met de ligging van kwel- en infiltratiegebieden. Deze gebieden zijn mede vastgesteld aan de hand van hydro-ecologisch onderzoek.
Nietap	17	De parels zitten vooral aan de bovenkant van het model. Er is zowel stationair als niet-stationair geijkt op ondiepe grondwaterstanden en op diepere stijghoogten. Aanvullend is gebruik gemaakt van aanvullende, eigen sonderingen. Goede detaillering in aandachtsgebieden: Hazematen, Broeklanden, Achterste Stukken, Tolberter Petten en Polder Matsloot-Roderwolde. Bij uitbreiding van de vergunde hoeveelheid (van 12 naar 15 miljoen m^3/jaar) is m.b.v. statistische technieken het effect in WVP2 (L3) vastgesteld. Daar is een pompproefinterpretatie op gedaan. De gevonden waarden komen goed

Naam grondwatermodel	*Nummer (in figuur)*	*Beschrijving 'parel'*
		overeen met een eerdere pompproefinterpretatie door het (voormalige) RID. De potkleiverbreiding kon nauwkeurig worden vastgesteld aan de hand van waargenomen diepe en ondiepe verlagingen (als gevolg van verandering vergunningshoeveelheid).
Assen/Drentsche A	18	Het model is stationair en niet-stationair geijkt op grondwaterstanden, stijghoogten en op kwelflux. Er is gebruik gemaakt van boorgegevens uit het WMD-archief, van resultaten van geo-elektrische metingen en van sondeergegevens
Oudega	19	De parels bevinden zich, in de nabijheid van het pompstation, in de potklei en het diepere watervoerende pakket. Een uitgebreide ijking kon plaatsvinden door een (sinds 1999) verdicht meetnet van 51 peilbuizen rondom de winning. Bij de winning is gebruik gemaakt van een door TNO aangepaste keileemkartering.
Smilde/Fochteloërveen	20	Basis van dit model bestond uit een bestaand Simgro-model. Het Simgro-model was stationair en niet-stationair geijkt op grondwaterstanden en stijghoogten. In dit model is dit ook gedaan plus op GHG/GLG, maar tevens is geijkt op aanvullende buizen (niet opgenomen in DINO) van terreinbeherende instanties. De parels bevinden zich, in de vertikaal, vanaf maaiveld tot en met de potklei.
Nij Beets	22	Er is stationair geijkt op grondwaterstanden en diepere stijghoogten. In een latere fase is ook geijkt op de waterbalans van de nabijgelegen zandwinplas. De parels bevinden zich, in de vertikaal, vanaf maaiveld tot en met de potklei.
Annen/Breevenen	23	De parels zitten zowel boven als onder in het model. Ter plaatse van de flanken van de Hondsrug is rekening gehouden met anisotropie van de doorlaatvermogens. De mate van anisotropie is bepaald met behulp van de ijking. De stationaire ijking heeft plaatsgevonden aan de hand van ondiepe grondwaterstanden, diepere stijghoogten en gegevens verkregen uit boringen. Daarnaast is informatie uit geo-elektrisch onderzoek en uit pompproeven verwerkt.
Hardenberg/Brucht	30	Er is stationair en niet-stationair geijkt op grondwaterstanden en diepe stijghoogten. De parels betreffen de parametrisering van de bovenste watervoerende pakketten en de hydraulische weerstand van de

Naam grondwatermodel	*Nummer (in figuur)*	*Beschrijving 'parel'*
		Eemklei/Drentheklei. kD's en weerstanden zijn geschat op basis van literatuurgegevens, boorbeschrijvingen, pompproef en een gedegen calibratie/betrouwbaarheidsanalyse.
De Groeve	33	Er is stationair geijkt met behulp van in DINO opgeslagen peilbuisgegevens. IJking heeft plaatsgevonden op grondwaterstanden, diepe stijghoogten en op waterbalans proefgebied. Er is rekening gehouden met informatie over de bodemopbouw vanuit boringen en uit pomp- en waarnemingsputten.
Middenloop Vledder A	34	Er is stationair en niet-stationair geijkt op grondwaterstanden en diepe stijghoogten. Voor de bodemopbouw is gebruik gemaakt van REGIS-data en van DINO-peilbuizen. Aanvullende peilbuisgegevens zijn gebruikt van Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer. De parels hebben betrekking op de drainageweerstand en de weerstand van de keileem.
Oldeholtpade	35	Stationaire en niet-stationaire ijking op grondwaterstanden, stijghoogten, waterbalansen, kwel/infiltratiesysteem in natuurgebieden en grondwatertrappen. In verticale zin komen de parels voor in het traject tussen maaiveld en de Tegelenklei.
Koningsdiep	36	Er is stationair en niet-stationair geijkt op grondwaterstanden en diepe stijghoogten. Voor de bodemopbouw is gebruik gemaakt van REGIS-data. De parels hebben betrekking op de drainageweerstand en de weerstand van de keileem.
Bûtenfjild	37	Stationaire en niet-stationaire ijking op grondwaterstanden en stijghoogten. Er is uitsluitend gebruik gemaakt van peilbuisgegevens afkomstig uit DINO. De bodemconstanten zijn ontleend aan REGIS. De ijking heeft geleid tot een beter inzicht in de parametrisering van de drainageweerstand.
Dwingelderveld	39	Stationaire en niet-stationaire ijking op grondwaterstanden en stijghoogten. Aanvullend is geijkt op kwel/infiltratiepatroon. Er is gebruik gemaakt van aanvullende gegevens uit lokale boringen over de keileemdikte. De parels betreffen de drainageweerstand en de weerstand van de keileem.
Drentse Beken	41	Dit model bestaat uit keileem en beekleem. De verspreiding van de keileem komt vrijwel

Naam grondwatermodel	*Nummer (in figuur)*	*Beschrijving 'parel'*
		overeen met de verspreiding van de REGIS keileem (DRGI-k-1) en is daarom niet overgenomen. De verspreiding van de beekleem is gebruikt als een nabewerking in de parametrisatie van de deklaag.
Bargerveen	52	Het Bargerveen model is ontwikkeld door Alterra. Digitaal is dit model niet meer te traceren. De parel is de nauwkeurig ingeschatte veendikte- en c-waardekaarten.
Regge en Dinkel	53	Het Regge en Dinkel model is recent ontwikkeld door TNO. IJking heeft stationair en niet-stationair plaatsgevonden op gemeten stijghoogten. Verificatie is uitgevoerd met behulp van vergelijking met oppervlaktewaterfluxen en het voorkomen van kalkrijk grondwater. De parels bestaan uit de geijkte parameters van het volledige Regge en Dinkel model behalve de ondiepe c1 weerstand waarvan de verbreiding binnen REGIS sterk verbeterd is.
Kaarten Kreftenheye Zutphen (voorheen Eem klei IJsseldal)	54	Vitens Overijssel heeft van de zeer sterk variabel voorkomende Kreftenheye Zutphen (voorheen Eem klei in het IJsseldal) diverse verbreidingskaarten welke meer gedetailleerd zijn dan REGIS. De als parel gebruikte kaarten zijn: • Fortmond • Vechterweerd • Schalkhaar • Liederholthuis • Koppelerwaard • Boerhaar

Verwerking van de parel parameters in de MIPWA modellagen

Tabel 2 geeft een overzicht van de parelmodellen die gebruikt zijn om de C en KD-waardes van de betreffende modellagen aan te passen. Het komt regelmatig voor dat de C of KD-waarde van een parellaag in hydrogeologische gezien in meerder MIPWA modellagen thuishoort. In dit geval is de parameter verdeeld volgens dezelfde verhouding als de diktes van betreffende MIPWA modellagen. Bij een gebiedsoverlap tussen verschillende parels onderling is door de lokale modelexpert een voorkeur uitgesproken voor de parel die het best aan de selectiecriteria voldoet (zie hierboven). Met behulp van een statistische kriging techniek zijn de parel parameters zo goed mogelijk in REGIS ingepast.

Tabel 2: Overzicht van parelmodellen die gebruikt zijn om de C en KD-waarden van de betreffende modellagen aan te passen.

	Modellaag	C1	C2	C3	C4	C5	C6	KD1	KD2	KD3	KD4	KD5	KD6	KD7
no.	**Parelmodel**													
1	Terwisscha		x											
10	Engelse Werk								x	x	x	x		
11	Zuidelijk Westerkwartier/ De Dijken	x	x	x					x	x				
12	Westerwolde	x							0.5					
13	Gasselte	x	x	x		x		0.5	x	x	x	x	x	x
14	Noordbergum			x	x	x	x				x	x	x	x
15	Garyp					x	x						x	
16	Gorecht	x		x			x				x	x	x	
17	Nietap	x	x	x					x	x	x	x	x	
18	Assen/Drentsche A	x	o	x				x	x	x				
19	Oudega			o							x	x	x	
20	Smilde/Fochteloërveen	x	o	x						x	x	x	x	
22	Nijbeets	x	x	x			x		x	x	x	x	x	x
23	Annen/Breevenen	x		x	x					x	x	x	x	x
30	Hardenberg/Brucht			x					x	x	x			
33	De Groeve	x		x						x				
34	Middenloop Vledder A													
35	Oldeholtpade		x						0.5		x	x		
36	Koningsdiep		x											
37	Bûtenfjild	x												
39	Dwingelderveld	x												
52	Bargerveen	x												
53	Regge & Dinkel		x					x	x	x	x	x	x	x
54	Kreftenheye Zutphen		x											

x: parelmodel overgenomen, o: parelmodel niet overgenomen (REGIS behouden), 0.5: (50% REGIS, 50% parelmodel)

C.5 Parametrisatie - deklaagweerstand

De deklaag wordt in REGIS niet geparametriseerd. De deklaagweerstand is daarom bepaald volgens de werkwijze van de landsdekkende topsysteem karakterisatie (van der Linden, 2002). De c-waarde van de deklaag is berekend, gebaseerd op de boor-informatie die in de DINO database beschikbaar is.

De gevolgde procedure is als volgt:

1. De trajecten van het gedeelte van de boringen binnen de deklaag zijn bepaald door de boringen te doorsnijden met het maaiveld als bovengrensvlak en de onderkant van de eerste modellaag.
   Het maaiveld bestand is samengesteld uit de top van laag01 uit het model uitgebreid met het maaiveld van de Waddenzee uit REGIS. Het ondergrensvlak is samengesteld uit de onderkant van de eerste modellaag uit het model (laag_bot01) uitgebreid met de onderkant van het Holoceen (hl_bc) in de Waddenzee. Dit is handmatig uitgevoerd.
2. In totaal zijn er 144245 boringen geselecteerd uit de dataset voor de parametrisatie van de deklaag in Noord Nederland. De horizontale en verticale doorlatendheid parameters zijn overgenomen uit de landsdekkende topsysteem karakterisatie.

Hierbij is de verticale weerstand van de keileem (DRGI) niet meegenomen (door het verhogen van de kv van keileem), omdat de variatie van de keileemweerstand niet voldoende nauwkeurig uit de boorbeschrijvingen kan worden afgeleid.
Onderscheiden zijn: Klei, Veen, fijn Zand, grof Zand, Leem.

3. Voor elke gridcel van 25 bij 25 meter is bepaald wat het aandeel van de verschillende lithologieën is. Voor elke lithologie is een c-waarde berekend. Op deze manier is voor iedere gridcel een c-waarde berekend voor de deklaag.
   Het doorlaatvermogen van laag 01 is op vergelijkbare wijze bepaald.
4. Op de berekende deklaagweerstand zijn een aantal bewerkingen uitgevoerd:
   - Modellaag 1 heeft een dikte gelijk aan nul in een groot deel van het modelgebied. Ter voorkoming van modelstabiliteitsproblemen zijn de parameters hier niet op nul gesteld:
     - De weerstand is gesteld op <= 0.1 dagen
     - Het doorlaatvermogen is gesteld op <= 1 m2/dag
   - De weerstand van de keileem en beekleem is achteraf toegevoegd.
     - Keileem:
       De ligging en dikte is afgeleid uit REGIS
       De weerstand is gesteld op dikte / kv = dikte / 0.0432,
     - Beekleem:
       Veronderstelling: alle beekleem wordt toegekend aan laag 1, ook als de dikte van laag 1 gelijk is aan nul
       De weerstand van de beekleem wordt binnen het Drentse beken model afgeleid uit het modelgrid
       Buiten het model wordt binnen regio 20 (Drenths Plateau, beekdalen) de weerstand van de beekleem gesteld op 50 (mits de berekende deklaag c-waarde < 50 dagen)
       De weerstand is gesteld op dikte / kv = dikte / 0.007 (50 dagen = 0.35 m)
   - Ter plaatse van een insnijding door grote oppervlaktewaterlichamen is een reductie van de weerstand en het doorlaatvermogen toegepast.
     De ligging van het oppervlaktewater is bepaald uit het grid met het percentage oppervlaktewater: opptop10vlak. Alle cellen met meer dan 80% oppervlaktewater zijn geselecteerd. In deze cellen is de weerstand en het doorlaatvermogen gecorrigeerd op basis van de verhouding insnijding / dikte deklaag (grid factor).
   - De minimum c-waarde is gesteld op 0.1 dagen. De minimum kd-waarde is gesteld op 1 m2/dag.
   - De maximum c-waarde is gesteld op 12000 dagen. De maximum kd-waarde is gesteld op 3500 m2/dag.

Bijzonderheden:

- In Noord-Groningen worden hoge weerstanden berekend. De boringen met maximale weerstand zijn bekeken:
  - 07A0001: 34 meter klei, > 100% doorboring, C = 14900 dagen
  - 06F0012-17, 20 en 21: tot 29 meter klei, > 70% doorboring, C = 10800 – 14470 dagen
  - 01D0027: 10 meter klei, 34% doorboring, C = 14100 dagen

  De weerstand is berekend met een kv van 0.002 m/dag. Voor REGIS wordt een kv van 0.0525 m/dag gebruikt. Een factor 25 verschil! Toepassing van deze waarde zou een weerstand van ongeveer 1000 dagen opleveren! Door de interpolatie wordt een maximum waarde berekend van 37000 dagen. Dit komt door twee boringen op korte afstand van elkaar gelegen met afwijkende c-waarden. Deze c-waarde is te

hoog en wordt gecorrigeerd door het maximum van het c-waarde grid op 12000 dagen te stellen.
- De zones zonder deklaagweerstand (de gaten in de verbreiding van de kleilagen) worden gekenmerkt door scherpe overgangen. Dit is het gevolg van de verbreidingskaarten van de ondiepe afzettingen welke afgeleid zijn van een een geologische kartering met een resolutie van 100 meter is afgeleid. Verbetering van het patroon van de deklaagparametrisatie voor een resolutie van 25 meter kan alleen worden bereikt met een meer gedetailleerde deklaagkartering. Hierin dient alle beschikbare informatie uit onder andere boringen, geofysische metingen, bodemkaarten en maaiveldhoogte te worden gecombineerd.

De berekende deklaagweerstanden zijn vergeleken met de waarden toegepast in de parels en komen over het algemeen goed overeen.

C.6 Parametrisatie - nabewerkingen

Naar aanleiding van resultaten van diverse test runs met het MIPWA ondergrondmodel en commentaar vanuit de MIPWA groep zijn de volgende nabewerkingen zijn uitgevoerd op parameter waarden:

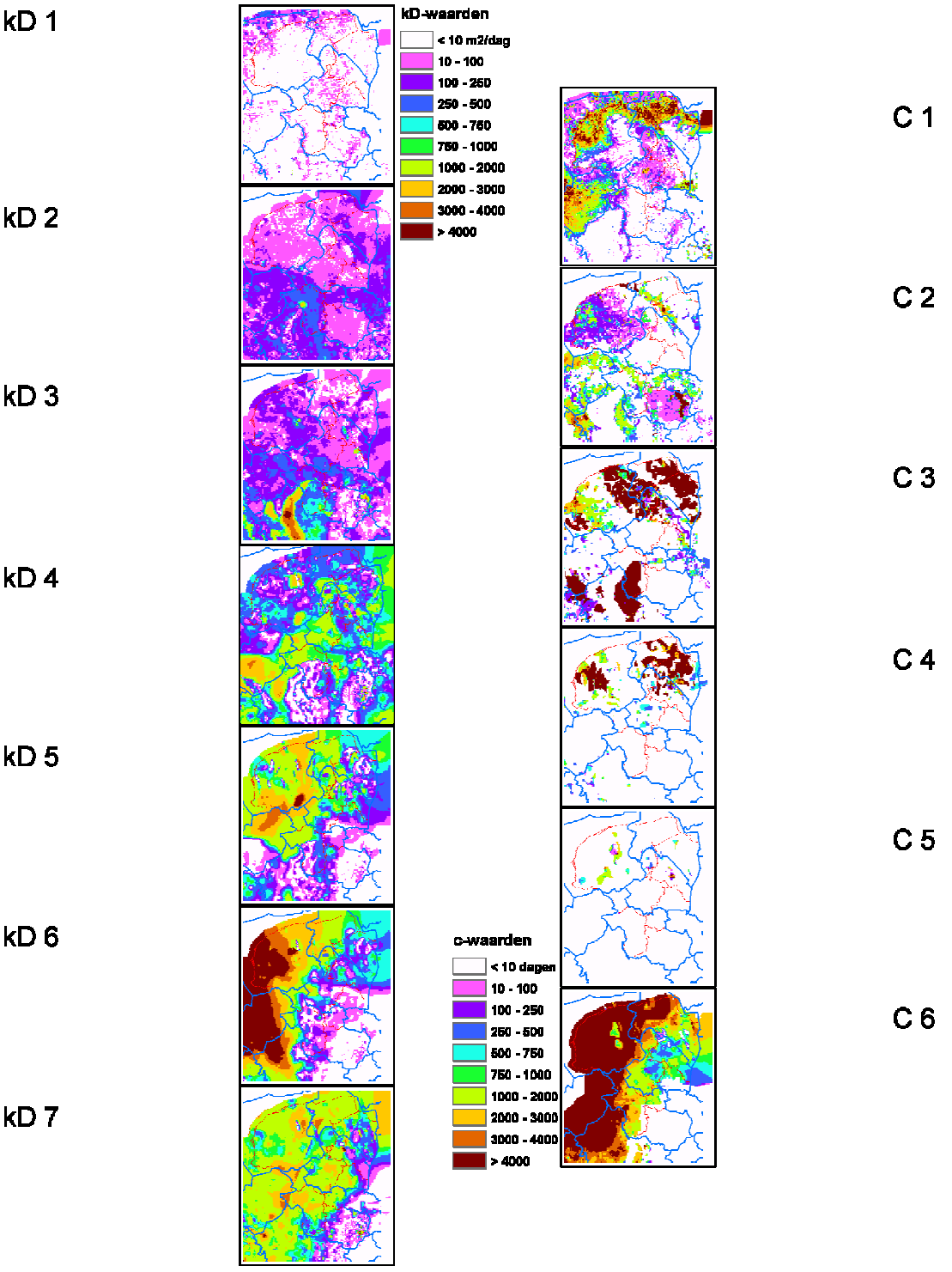
- KD4, KD5, KD6 en KD7: de KD (buiten de parels) is vermenigvuldigd met een factor 2.
- KD1 is gesteld op minimaal 5 m^2/d.
- Zandwinputten zijn als volgt ingevoegd: a) de c waarde van een SDL wordt 0.1 dagen als de erboven gelegen WVP volledig is doorsneden, b) KD wordt KD * 1000 als de laag voor 20% of meer is doorsneden (er wordt een andere factor gebruikt als de doorsnijding minder dan 20% is).
- In gebieden met natte natuurgebieden is C1 gesteld op minimaal 100 dagen. Natte natuurgebieden zijn gedefinieerd als gebieden welke op de Militaire kaart van 1860 natte natuur hadden en op de huidige natuurgebiedenkaart (2003) nog steeds natuurgebied zijn.
- In gebieden waarvoor de veendikte bekend is (bron kaart: Alterra) is C1 berekend volgens de formule: veendikte / k_v (waarbij k_v gesteld is op 0.01).
- Voor de zandbult bij Norg (binnen de Nietap parel model, gemarkeerd als maaiveld > ~5 m NAP) is C1 verlaagd naar 5 dagen.
- In de parel Bargerveen is C1 gesteld op maximaal 3000 dagen.
- In gebied van Engelse Werk model (Zwolle) is, in verband met de aanwezigheid van een scheve kleilaag, KD2, KD3 en KD4 gesteld op 0.1 m^2/d.

In Figuur 5 zijn de uiteindelijke initiële kD- en c-waarden voor de verschillende modellagen in het modelgebied weergegeven.

C.7 Referenties

Gehrels (1999): Groundwater level fluctuations – Separation of natural from anthropogenic influences and determination of groundwater recharge in the Veluwe area, The Netherlands. Academisch Proefschrift, Vrije Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.

Ondergrondparameters uitgangsituatie



Figuur 5: Ongeijkte kD- en c-waarden voor de watervoerende en scheidende lagen.

D Grondwateraanvulling

D.1 Concept

Grondwateraanvulling is de uitwisselingsflux tussen het freatische grondwater en de onverzadigde zone of atmosfeer. Voor de bepaling van de grondwateraanvulling wordt het CAPSIM-modelconcept toegepast. Onderstaand wordt aan de hand van Figuur 1 uitgelegd hoe het concept grondwateraanvulling in de modelcode is verwerkt.

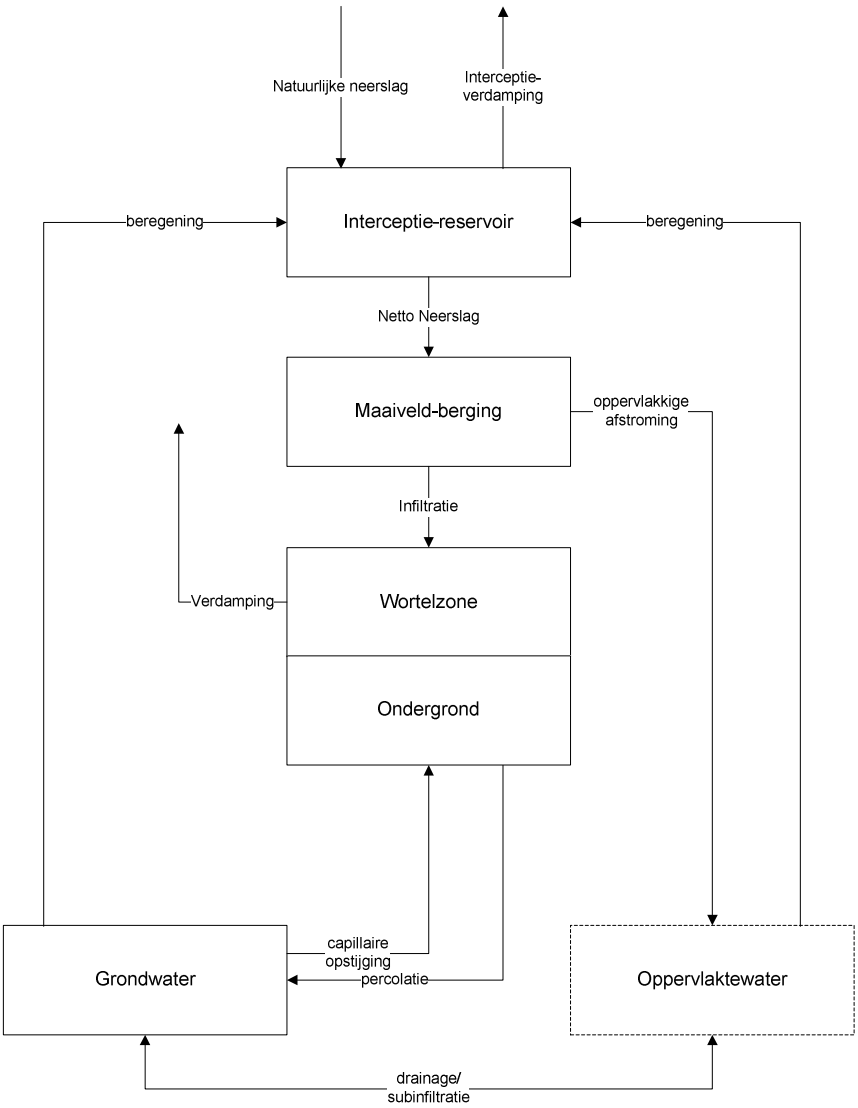
De drijvende kracht achter de grondwateraanvulling is de atmosfeer. Twee termen zijn hier van belang: de neerslag en de verdampingsvraag. De neerslag die op de bodem of op de vegetatie terecht komt maakt deze om te beginnen eenvoudigweg nat. De atmosfeer kan er voor zorgen dat dit water weer verdampt. We spreken in dat geval van *interceptieverdamping*. Conceptueel zien wij de vegetatie als interceptiereservoir. Dit reservoir overstroomt doorgaans snel. Het water komt dan op de bodem terecht en komt dan voor de keuze te staan: *infiltreren* of (nog even) niet. Er ontstaan hier en daar plassen, vooral waar de infiltratiecapaciteit beperkt is. Deze plassen zijn conceptueel bergingsreservoirs aan maaiveld. Als het door blijft regenen, stroomt er water over het maaiveld en zoekt dan vaak het oppervlaktewater op: dit heet *oppervlakkige afstroming*. Met deze door hoge regenintensiteit veroorzaakte oppervlakkige afvoer hebben we in dit project geen rekening mee gehouden. Verzadigde oppervlakkige afvoer (grondwater treedt via maaiveld uit) wordt wel gemodelleerd (zie paragraaf 3.3.5 van het hoofddocument).

Het water dat het bodemoppervlak heeft bereikt weet derhalve in de bodem te dringen, te *infiltreren*. De toplaag van de bodem is de zone waaruit de vegetatie met zijn wortels direct water kan onttrekken t.b.v. de *gewasverdamping*: wij noemen deze zone de wortelzone, conceptueel is dit een bergingsreservoir. Zoals alle reservoirs heeft ook dit reservoir een maximale opslagcapaciteit. Als deze wordt overschreden verlaat het teveel aan de onderkant de wortelzone richting de ondergrond. De ondergrond (en in voorkomende gevallen de wortelzone) staat in direct contact met het freatische grondwater; de stroming van de onverzadigde zone richting het freatische grondwater heet *percolatie*. Gedurende de zomer droogt de wortelzone evenwel uit, waardoor een tegengestelde stroming kan ontstaan: zogenaamde *capillaire opstijging*.

De grondwaterstand beïnvloedt (in)direct de grondwateraanvulling op de volgende manier:

- De capillaire opstijging is mede afhankelijk van de grondwaterstand
- De maximale inhoud van de onverzadigde zone is mede afhankelijk van de grondwaterstand

Er is daarom besloten het grondwateraanvullingsconcept in het niet-stationaire model on-line op te nemen in de MODFLOW-code. Dat wil zeggen dat op tijdstapbasis per cel de grondwaterstand wordt doorgegeven aan de grondwateraanvullingsmodule en dat de grondwateraanvullingsmodule per tijdstap een grondwateraanvulling teruggeeft.



Figuur 1: Schematische weergave processen aan maaiveld

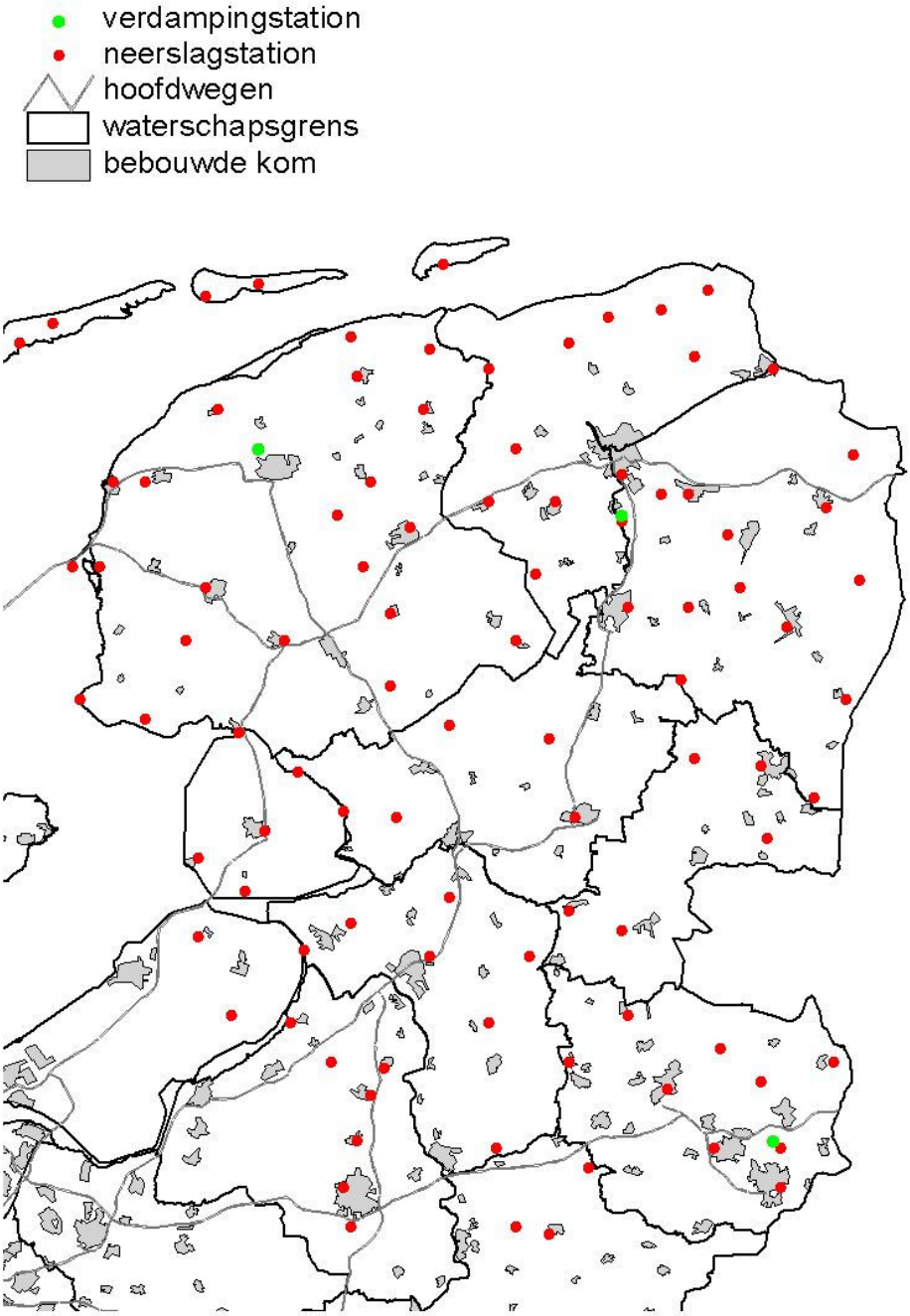
De stationaire grondwateraanvulling is de gemiddelde grondwateraanvulling voor de kalibratieperiode.

Met betrekking tot de grondwateraanvulling moeten voor iedere cel in het modelgebied acht parameters bekend zijn:

- Neerslag;
- Verdamping;
- Landgebruik;
- Percentage verhard;
- Percentage permanent oppervlaktewater;
- Bodemfysische eenheid;
- Infiltratiecapaciteit van de bodem;
- Wortelzonedikte.

D.2 Neerslag

Voor de simulatieperiode zijn tijdreeksen beschikbaar met dagelijkse sommen van de neerslag en verdamping. In Figuur 2 staan de neerslagstations aangegeven die gebruikt zijn voor het berekenen van de grondwateraanvulling. Neerslaggegevens zijn beschikbaar voor de in rood en groen aangegeven stations. Verdampingsgegevens zijn alleen beschikbaar voor de in groen aangegeven stations.



Figuur 2: Ligging neerslag- en verdampingstations (bron: KNMI)

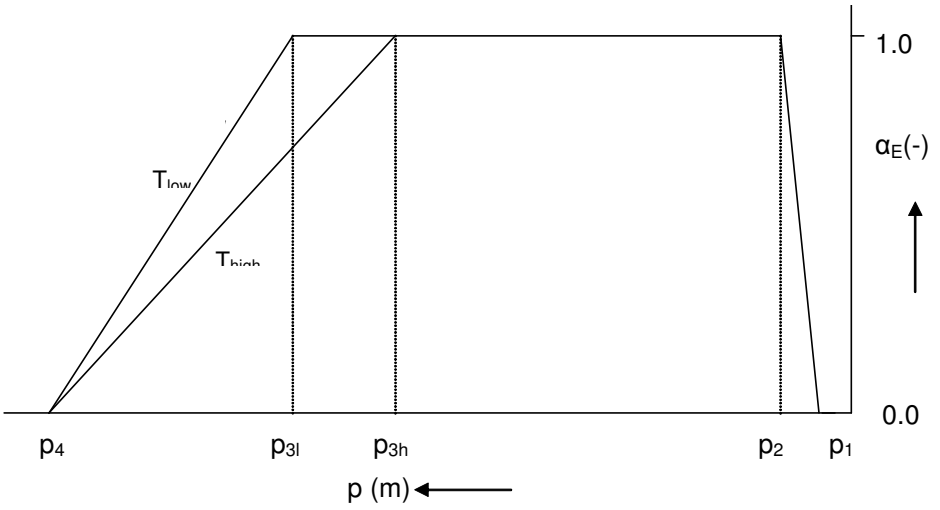
Voor invoer in het CAPSIM-modelconcept dienen voor alle, als invoer te gebruiken stations, complete reeksen voor neerslag en verdamping beschikbaar te zijn.

Meetgegevens (dagsommen) van de neerslag zijn beschikbaar voor de in groen en rood aangegeven stations. Niet voor alle stations zijn gegevens beschikbaar voor de gehele simulatieperiode. De ontbrekende daggegevens zijn aangevuld met de waarden van het meest dichtstbijzijnde station waar wel een meting beschikbaar is. De gemeten neerslaghoeveelheden worden bij het berekenen van het gemiddelde eerst gecorrigeerd voor het verschil in langjarig neerslagoverschot tussen de betreffende stations.

D.3 Verdamping

De verdamping is een combinatie van de gewasverdamping en de verdamping van kale grond. Aangezien we gebruik maken van de methode van Makkink om de verdamping te berekenen maken we geen onderscheid tussen bodemverdamping en gewastranspiratie. De gewasfactoren zijn immers afgeleid om de evapotranspiratie (combinatie van bodemevaporatie en gewastranspiratie) te berekenen. In geval van inundatie wordt aangenomen dat de verdamping gelijk is aan die van open water. Indien er sprake is van interceptie, reageert het water in het interceptiereservoir als open water (zolang de voorraad strekt).

De potentiële gewasverdamping kan worden berekend door de Makkink-verdamping te vermenigvuldigen met de gewasfactor van het betreffende gewas. De potentiële verdamping is de maximale verdamping en kan afhankelijk van de beschikbaarheid van vocht in de wortelzone reduceren. Hiervoor gebruiken we de methode van Feddes (1978) (Figuur 3).



Figuur 3: De Feddes functie voor het berekenen van de verdampingsreductie als functie van de drukhoogte in de wortelzone (p) en de potentiële evapotranspiratie (T)

Voor de simulatieperiode moeten tijdreeksen beschikbaar zijn met dagelijkse sommen van referentieverdamping volgens Makkink. Meetgegevens (dagsommen) van verdamping zijn beschikbaar voor de in groen aangegeven stations uit figuur 2. Voor alle overige stations zijn verdampingsgegevens toegekend met behulp van thiessenpolygonen.

Om de potentiële verdamping te berekenen zijn voor een aantal gewassen gewasfactoren verzameld. Dit zijn tabellen met een gewasfactor per kalenderdag (Cultuurtechnisch Vademecum).

De verdampingsreductie wordt bepaald met de Feddes-functies. Deze kennistabellen gekoppeld aan bodem/landgebruik zijn beschikbaar gesteld door Alterra, evenals de tabellen voor wortelzonedikte en de infiltratiecapaciteit.

D.4 Landgebruik

Het landgebruik is van belang voor de bepaling van:

- De gewasfactoren (omrekening referentieverdamping naar potentiële verdamping)
- De grootte van het interceptiereservoir

Het landgebruik is per gridcel overgenomen uit het LGN4. Voor het Duitse deel van het modelgebied is het landgebruik bouwland.
Aangenomen is dat verhard gebied niet meedoet bij de bepaling van de grondwateraanvulling. Het percentage verhard in het aandachtsgebied is als volgt bepaald. Er is aangenomen dat 40 % van de LGN-codes 18 en 25 verhard is. Voor het beheergebied Velt en Vecht is de door het waterschap aangeleverde kaart gebruikt. Voor het gehele modelgebied geldt dat 80 % van LGN-code 8 (glastuinbouw) als verhard is aangemerkt.
De grondwateraanvulling van (permanent) oppervlaktewater is op nul gesteld.

D.5 Bodemfysische eenheid

De bodemfysische eenheid is de vertaling de bodemkaart 1:50000 naar een van de 21 PAWN-eenheden. Hiervoor wordt de door Alterra vervaardigde koppeltabel gebruikt.
De bodemfysische eenheid is van belang voor:

- De berekening van de capillaire opstijging
- De berekening van de vochtvoorraad van de wortelzone

Voor Duitsland is de bodemcode 9 (fijn zand) gekozen.

Infiltratiecapaciteit van de bodem
De infiltratiecapaciteit van de bodem bepaalt met welke snelheid neerslagwater in de bodem kan indringen en is daarmee voor een belangrijk deel sturend voor de berekening van onverzadigde oppervlakkige afstroming.
De infiltratiecapaciteit is afgeleid van de verzadigde doorlatendheid van de toplaag van de bodem.

D.6 Wortelzonedikte

De dikte van de wortelzone is bepalend voor de bepaling van de vochtvoorraad in de wortelzone. De dikte wordt in de praktijk bepaald door:

- Het gewas;
- De bodem;
- Het grondwaterregime.

Waarbij het gewas doorgaans de meest bepalende factor is: in het casco-model is de wortelzonedikte alleen afhankelijk gesteld van het gewas.

De vochtvoorraad in de wortelzone bepaalt of de verdamping wordt gereduceerd. In combinatie met de ondergrond blijkt of er sprake is van percolatie (bij oververzadiging) dan wel capillaire opstijging (bij vochttekort); een van beide is waar het om gaat: de grondwateraanvulling.
De maximale vochtvoorraad in de onverzadigde zone en de bergingscoëfficiënt van het freatische grondwatersysteem is een functie van de bodem, de wortelzonedikte, de verticale flux en de grondwaterstand. Deze wordt afgeleid uit kennistabellen die zijn berekend met het model CAPSEV. In deze kennistabellen is ook de capillaire opstijging vastgelegd als functie van de grondwaterstand, de wortelzonedikte en de vochtvoorraad in de wortelzone.

E Oppervlaktewater

E.1 Oppervlaktewater als bovenrandvoorwaarde

In het voortraject zijn afspraken gemaakt over de afbakening en het detailniveau van het casco-grondwatermodel. Eén van die afspraken was dat de waterstanden van het oppervlaktewatersysteem in het casco-grondwatermodel worden opgegeven als bovenrandvoorwaarde[1]. Het model zal infiltratie vanuit en drainage naar het oppervlaktewatersysteem simuleren, geen oppervlaktewaterstandsveranderingen in het oppervlaktewatersysteem.

De oppervlaktewaterrandvoorwaarde wordt beschreven met vier variabelen:

1. Peil (m NAP);
2. Bodemhoogte (m NAP);
3. Weerstand voor drainagesituatie (in dagen);
4. Verhouding tussen weerstanden in drainage- en infiltratiesituatie (dimensieloos).

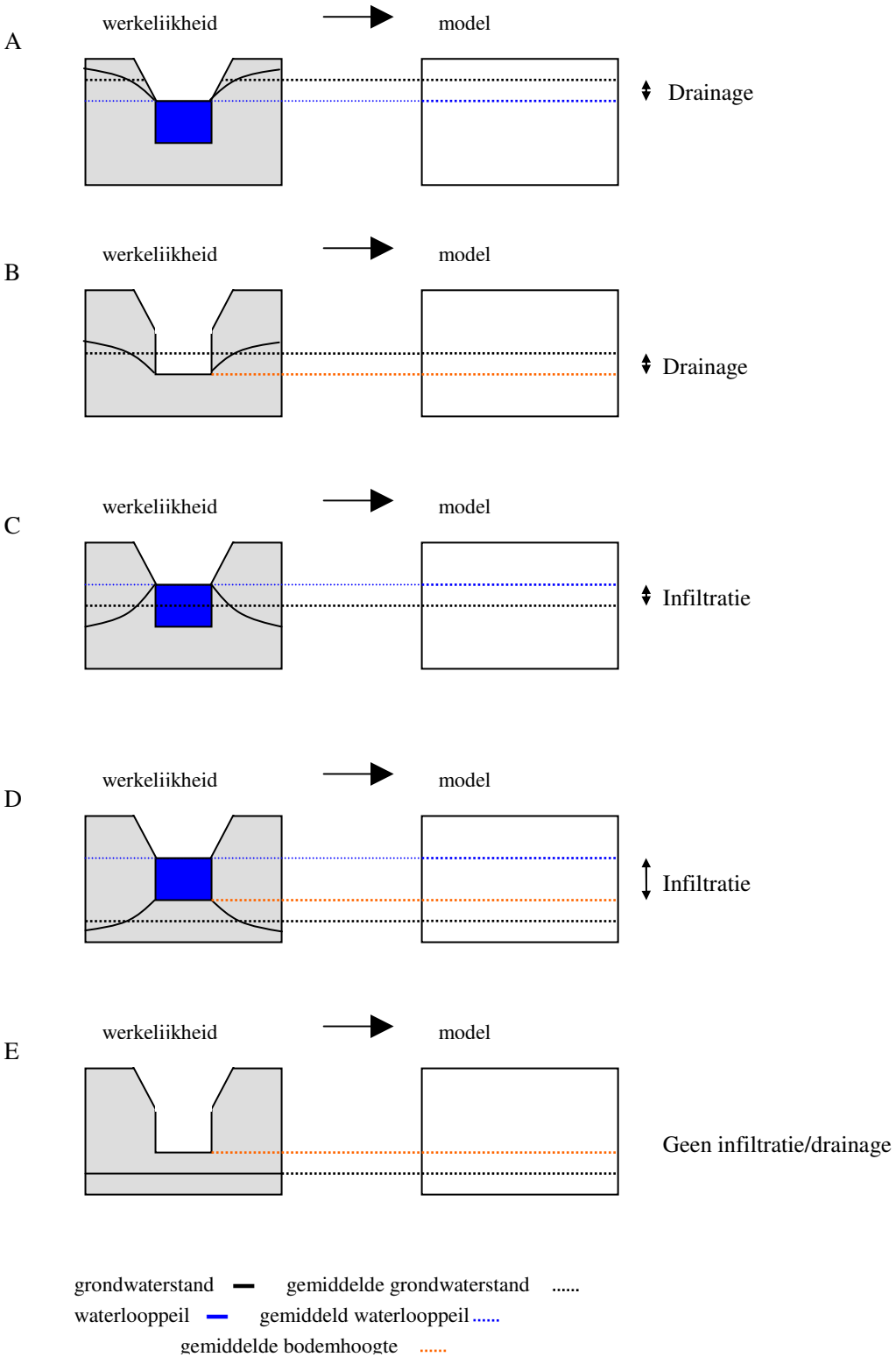
Deze variabelen worden toegekend aan het nat oppervlak per 25 m x 25 m cel van het casco model.

De relatieve hoogte van enerzijds het peil en de bodemhoogte en anderzijds de grondwaterstand bepalen de richting en de grootte van de drijvende kracht voor de uitwisseling tussen het oppervlaktewater en het grondwater. Stroming naar de waterlopen vanuit het grondwater (drainage) vindt in het model plaats als de berekende grondwaterstand boven de oppervlaktewaterstand of, in het geval van een droge waterloop, boven de bodem ligt (figuur 1 – A, B).
Infiltratie vanuit de waterlopen naar het grondwater vindt in het model plaats als de berekende grondwaterstand onder de oppervlaktewaterstand in de modelcel zakt (figuur 1 – C). Wanneer de berekende grondwaterstand onder de waterloopbodem zakt zal de maximale infiltratie optreden (figuur 1 – D), droge waterlopen kunnen niet infiltreren (figuur 1 – E).

Het meenemen van het oppervlaktewatersysteem als een bovenrandvoorwaarde heeft de volgende consequenties:

- De oppervlaktewaterstanden worden als vaste waarden voor een bepaalde periode opgegeven, in principe zomer- en winterperioden (zie voetnoot vorige bladzijde). Variaties en tijdelijke aanpassingen (b.v. als gevolg van opstuwing of opwaaiing en maalstops of tijdelijke inlaat) worden verwaarloosd. Voor de stationaire berekeningen wordt het gemiddelde van zomer- winterwaterstand gebruikt.
- Drainage en infiltratie hangen af van het verschil tussen de vaste oppervlaktewaterstanden en de berekende grondwaterstanden. Infiltratie zal *altijd* plaatsvinden zolang het waterlooppeil zich boven de grondwaterstand bevindt én er een waterlaag in de waterloop staat (figuur 1 - D), ongeacht of dat water in het oppervlaktewatersysteem (van elders) beschikbaar is. Met andere woorden er wordt geen balans bijgehouden van de betreffende waterloop. De invoervariabelen worden wel aangepast als bekend is dat geen wateraanvoer plaatsvindt voor het betreffende gebied.

[1] Voor de pilot grondwatergestuurd peilbeheer zal gekeken worden naar het gebruik van variabele peilen.



Figuur 1: Grafische weergave drainage en infiltratie in het model.

E.2 Modelparameters m.b.t. oppervlaktewater

De bovenrandvoorwaarde voor het oppervlaktewater in het casco-model wordt beschreven met een aantal parameters zoals in het vorige hoofdstuk is beschreven. Voor het gebied van de zes MIPWA-waterschappen worden deze afgeleid van basisgegevens met betrekking tot het oppervlaktewater. Voor het buitengebied worden ze zoveel mogelijk overgenomen uit bestaande modellen:

- TNO-model van het waterschap Regge en Dinkel (Modflow, 25m x 25m cellen);
- TNO-model van de Veluwe (Modflow, 100m x 100m cellen);
- TNO-model van de Noordoostpolder (MicroFem, omgezet naar Modflow, 125m x 125m cellen, waarbij een waterdiepte van 2 meter is aangehouden).

De bovenrandvoorwaarde voor het buitengebied wordt gecompleteerd door drainage ter hoogte van het maaiveld in Duitsland en een oppervlaktewaterrandvoorwaarde met een peil uit de bodemkaart voor de strook tussen het Veluwe- en het Regge-en-Dinkelmodel.

Voor het gebied van de 6 MIPWA-waterschappen worden de modelparameters met betrekking tot het oppervlaktewater niet overgenomen uit bestaande modellen, maar opgebouwd uit basisgegevens, zoals die door de waterschappen en provincies zijn aangeleverd. Dit betreft de volgende eigenschappen van het oppervlaktewater:

- Oppervlaktewaterstand;
- Peilgarantie;
- Bodemhoogte;
- Nat oppervlak;
- Lekweerstand in drainagesituatie;
- Lekweerstand in infiltratiesituatie.

De oppervlaktewaterstand wordt opgenomen in het model ten opzichte van NAP [m-NAP]. De waarden worden gebaseerd op de zomer- en winterpeilen die door de waterschappen zijn aangeleverd. Buiten de peilvakken van de waterschappen worden andere bronnen voor de oppervlaktewaterstanden gebruikt zoals data aangeleverd door de provincies, van Rijkswaterstaat. We kijken hierbij niet naar de historie van de peilvakpeilen, maar gebruiken alleen de beschrijving van de actuele situatie. Hierbij gaan we er vanuit dat ook onderbemalingen opgenomen zijn in de peilvakbestanden.

Onder de peilgarantie van iedere waterloop wordt verstaan of de oppervlaktewaterstand in de zomer minimaal op het zomerpeil gegarandeerd is (door wateraanvoer) of niet. Hierbij wordt alleen onderscheid gemaakt tussen wel en niet.
In waterlopen waar het peil niet gegarandeerd is, wordt de bodemhoogte gelijkgesteld aan het peil, waardoor er geen infiltratie naar het grondwater kan optreden.

Onder de bodemhoogte wordt de onderkant van een eventuele sliblaag in de waterloop verstaan. De bodemhoogte is van belang voor het bepalen van drainage voor een droogvallende waterloop (figuur 1 – B). Daarnaast is de bodemhoogte van belang om in het model de infiltratie te kunnen bepalen, wanneer de grondwaterstand onder de waterloopbodem zakt (zie figuur 1 – D). Ook de bodemhoogte wordt in het model opgenomen ten opzichte van NAP [m-NAP].
Als de bodemhoogte boven het peil ligt van betreffende peilvak dan wordt aangenomen dat drainage optreedt als de grondwaterstand zich boven de bodemhoogte bevindt en dat er geen infiltratie optreedt (zie figuur 1 – E).

Het oppervlak aan oppervlaktewater wordt per cel bepaald op basis van de top10vectorbestanden. Deze bestanden bevatten lijnelementen voor de kleinere waterlopen (breedte < 6m). Aan deze waterlopen wordt een natte omtrek toegekend om het oppervlak te bepalen waarover contact met het grondwater plaatsvindt [m^2]. De grotere waterlopen (breedte > 6m) zijn in de top10vector weergegeven met polygonen, waaruit direct een oppervlak per cel kan worden bepaald.

De lekweerstanden in de drainage- en infiltratiesituatie van de waterloop vormen een maat voor het gemak waarmee het water de waterloop kan binnendringen, respectievelijk verlaten. Deze weerstand is een samenstelling van de radiale weerstand en de weerstand van de waterloopbodem door o.a. slibvorming. De lekweerstand wordt uitgedrukt in dagen [d].

Toekenning aan modellagen
De oppervlaktewaterrandvoorwaarde wordt in eerste instantie overal toegekend aan de bovenste modellaag. Vervolgens wordt de bodemhoogte vergeleken met de bovenkant van de diepere lagen. Als de bodemhoogte zich bevindt beneden het niveau van de bovenkant van een laag dan wordt de randvoorwaarde ook toegepast op de betreffende diepere laag. Hierbij wordt de lekweerstand aangepast zodat de totale weerstand tussen het betreffende oppervlaktewater en de ondergrond gelijk blijft. De oppervlaktewaterrandvoorwaarden in op elkaar liggende cellen zijn in het model parallel geschakeld zijn. Daarom moeten de weerstanden per cel verhoogd worden om totaal een zelfde resulterende weerstand op te leveren als een oppervlaktewaterrandvoorwaarde in een cel alleen in de bovenste modellaag. De weerstand voor de onderste laag tot waar het oppervlaktewater insnijdt is steeds het dubbele van de oorspronkelijke waarde voor de enkele cel in laag 1. Zijn er meerdere lagen boven dan wordt de weerstand naar boven toe steeds verdubbeld.
In Modflow termen betekent dit dat de reciproke waarde van de lekweerstand, de ‘conductance’ telkens gehalveerd wordt.De totale conductance voor alle lagen waarin het oppervlaktewater insnijdt is dus gelijk aan de oorspronkelijk opgeven waarde voor enkel de bovenste modellaag].

Tabel 1: Toelichting verdeling conductances over modellagen bij diepe insnijding waterlopen.

	Factor voor conductance per laag				
Aantal lagen	*Laag 1*	*Laag 2*	*Laag 3*	*Laag 4*	*Laag 5*
1	*1.0*				
2	*0.5*	*0.5*			
3	*0.25*	*0.25*	*0.5*		
4	*0.125*	*0.125*	*0.25*	*0.5*	
5	*0.0625*	*0.0625*	*0.125*	*0.25*	*0.5*

E.3 Informatiebronnen voor de modelparameters

Nat oppervlak
Het nat oppervlak vormt de basis voor het toekennen van de oppervlaktewater-randvoorwaarden. Er zijn twee verschillende bronnen beschikbaar met relevante informatie:

- Top10vector;
- Beheersregisters van de waterschappen.

Het nat oppervlak wordt bepaald uit de top10vectorbestanden. De grotere waterlopen (breedte > 6m) zijn in de top10 opgenomen als polygonen en hieruit kan direct het nat oppervlak per cel bepaald worden. Voor de kleinere waterlopen bevat de top10 lijnelementen. Deze worden met een natte omtrek gecombineerd om het natte oppervlak te bepalen. Voor de leggerwatergangen kan hierbij gebruik gemaakt worden van de waterloopbreedte, taludhellingen samen met de bodemhoogte en de vaste peilen (zie paragraaf). Verder wordt gebruik gemaakt van de breedteklassen om een natte omtrek (c.q. breedte) aan de waterlopen toe te kennen.

In het leggerbestand zijn voor ca. 75% van de leggerwaterlopen bodembreedten en taludhellingen opgenomen.

Niet alle oppervlaktewater wordt in de bovenrandvoorwaarde verwerkt. Geisoleerd oppervlaktewater zoals vennen en zandwinplassen zonder beheerst peil, worden niet hierin opgenomen. Het betreffende nat oppervlak wordt in de GIS-bewerkingen verwijderd. Afhankelijk van de diepte worden de zandwinplassen wel in het lagenmodel voor de ondergrond opgenomen, waarbij de weerstanden binnen het betreffende bodemvolume worden verlaagd. Hierdoor ontstaat toch het effect dat dit geisoleerde oppervlaktewater de grondwaterstand rondom vlak trekt.

Oppervlaktewaterstanden
Er zijn twee verschillende informatiebronnen beschikbaar om oppervlaktewaterstanden in te vullen voor het grondwatermodel:

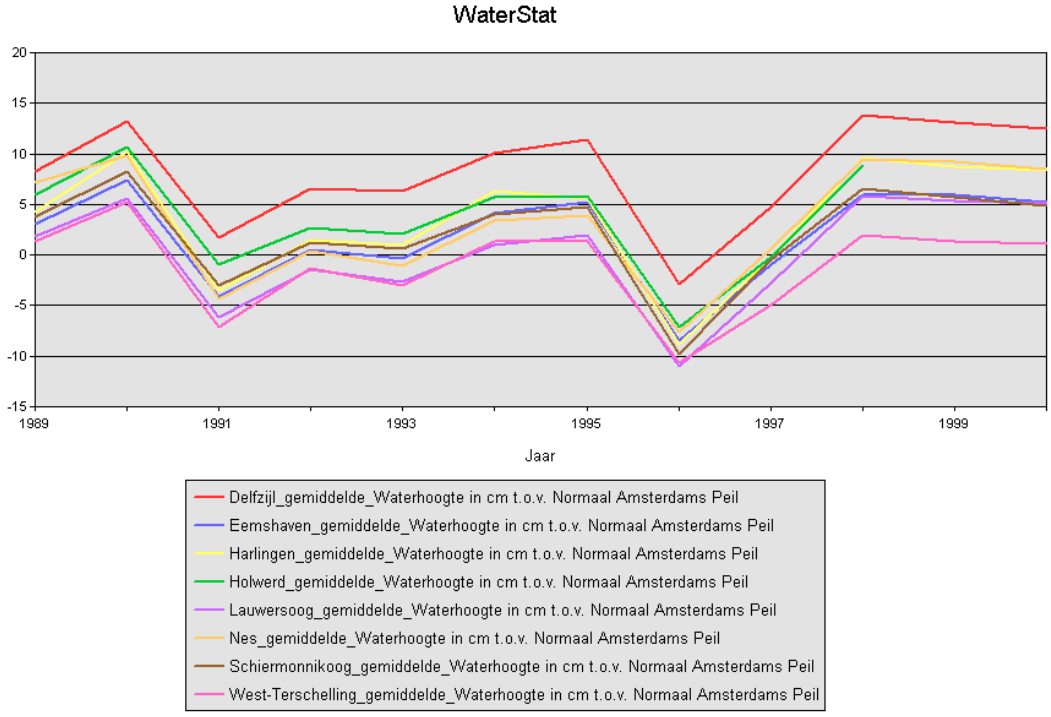
- Peilvakken met beheerspeilen;
- Waterstanden RWS;
- Gefilterde peilen uit het AHN hoogtebestand.

De eerste databron, peilvakken met winter- en zomerpeilen, zijn voor de regio Noord-Nederland zo goed als vlakdekkend bekend. Uitzondering vormen grote waterlopen zoals de IJssel en het buitenwater (IJsselmeer en Waddenzee). Hiervoor zijn bij Rijkswaterstaat (RWS) gegevens beschikbaar.
Voor de IJssel is gebruik gemaakt van RWS gegevens. De gemiddelde standen voor de periode 1989-2000 zijn opgehaald bij http://www.waterstat.nl voor de meetstations vanaf het Ketelmeer tot Zutphen-Noord. De gemiddelden zijn met een kwadratische functie geïnterpoleerd langs de IJssel, waarbij de waarde -0.3m NAP is gebruikt bij de monding.

Voor de Waddenzee is uitgegaan van een waterstand gelijk aan +0.5m NAP. Dit is gebaseerd op een ervaringsgetal uit diverse modelleringen rond de Waddenzee. Dit is representatief voor de platen in de Waddenzee die bij vloed onder water staan en bij eb droogvallen. Vanaf het moment dat de platen droogvallen, daalt de grondwaterstand in

de platen veel langzamer dan het open water. Hierdoor is de gemiddelde waterdruk in de platen veel hoger dan overeenkomt met de gemiddelde oppervlaktewaterstand.
De waarde van +0.5m NAP is bepaald in de ijking van modellen voor Vlieland en Terschelling van Royal Haskoning. De waarde is ook gebruikt voor diverse grondwatermodellen langs de waddenkust, waarin hij echter niet gekalibreerd of geverifieerd is.

In de tijd is de variatie groter zoals blijkt uit de jaargemiddelden voor de periode 1989-2000 (Figuur 2).



Figuur 2: Variatie van Waddenpeilen door de tijd.

Voor het IJsselmeer is een gemiddeld peil van -0.3m NAP gehanteerd dat gelijk is aan het gemiddelde van het zomerpeil van -0.2m NAP en het winterpeil van -0.4m NAP.

Bij het vaststellen van de oppervlaktewaterstand is geen rekening gehouden met verschillen door verhang binnen een peilvak, verschillen door opwaaiing, of verschillen door maalstops en dergelijke.

Wat echter niet bekend is, is of alle waterlopen (incl. greppels) daadwerkelijk onder invloed staan van het betreffende peilvak. In hellende gebieden bijvoorbeeld worden niet alle waterlopen beïnvloedt door een stuw. Zelfs in peilbeheerste gebieden kunnen in percelen greppels aanwezig zijn, welke alleen een afvoerende werking hebben. Hiervoor wordt de parameter ‘peilgarantie’ gebruikt (zie volgende paragraaf).

De tweede databron, gefilterde peilen uit het AHN, is vlakdekkend bekend voor geheel Noord-Nederland. TNO heeft recentelijk een techniek ontwikkeld waarmee in drie stappen het AHN bestand op 5x5 m in combinatie met het Top10vector bestand wordt omgewerkt naar waterlooppeilen (AHN-peil). De techniek van de AHN-filtering wordt in een apart document toegelicht. De AHN-peilen kunnen worden gezien als een

indicatie van de oppervlaktewaterstanden in de winter. Deze worden bijvoorbeeld gebruikt voor het oppervlaktewater in het gebied bij de Zwarte Haan (Noord-Friesland) waar geen andere peilen beschikbaar zijn.
Ook zijn de AHN-peilen toegepast voor de Overijsselse Vecht. De waarden bleken bij de stuwen redelijk overeen te komen met meetwaarden die door het waterschap Velt en Vecht zijn aangeleverd.

Peilgarantie
Voor wat betreft peilgarantie zijn drie databronnen beschikbaar, welke gecombineerd worden:

- Wateraanvoerkaarten van de waterschappen;
- Verschilkaart tussen bodemhoogten (volgende paragraaf) en peilvakpeilen.
- Peilgarantiekaarten van specifieke waterlopen die ook in zomer altijd watervoeren.

De eerste bron geeft voor de peilvakken aan waar de waterschappen actief de oppervlaktewaterstanden minimaal handhaven op het peil. De tweede bron geeft inzicht in de specifieke waterlopen binnen deze peilvakken waarvoor deze gegarandeerde oppervlaktewaterstand geldt. De derde informatiebron geeft specifieke waterlopen die in de zomer wel altijd watervoeren met de mogelijkheid tot infiltratie, maar in het vrijafwaterende gebied liggen. Een combinatie van deze bronnen zal de peilgarantie per waterloop opleveren.

Bodemhoogte
Voor wat betreft bodemhoogten zijn ook twee databronnen beschikbaar:

- Leggerbestanden;
- Schatting op basis van het AHN-peil.

De door de waterschappen beheerde waterlopen zijn opgenomen in leggerbestanden. Dit zijn lijnenbestanden met diverse attributen, o.a. de bodemhoogte. Een bodemhoogte is voor ca. 90% van de leggerwaterlopen bekend, dit kunnen bodemhoogten aan het begin of eind van een waterloop zijn of gemiddelde bodemhoogten.

Op basis van het AHN-peil kan een bodemhoogte vlakdekkend voor het gehele gebied worden geschat door voor alle klassen van waterlopen in het Top10Vector bestand een waterdiepte in te schatten. De bodemhoogte is dan gelijk aan de waterstand in de waterloop minus de waterdiepte. Op basis van de veldmetingen (zie bijlage F) zijn hiervoor de waarden uit de Tabel 3 aangehouden.

Tabel 3: Toekenning waterdiepten per waterloopklasse uit de Top10Vector.

Waterloop klasse uit Top10vector		Waterdiepte [meter]
1	Greppel/droogvallende sloot	0.2
2	Breedte tot 3 meter	0.4
3	Breedte 3-6 meter	0.8
>3	Breedte >6 meter	1.2

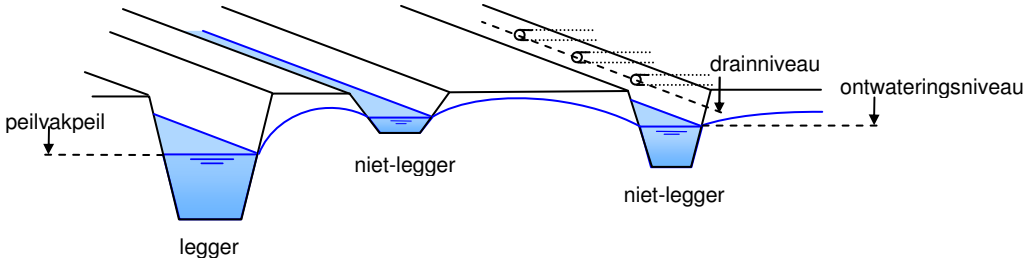
Lekweerstanden
Lekweerstanden in drainage- en infiltratiesituatie zijn over het algemeen niet bekend per waterloop. Wel is expertkennis aanwezig over de orde van grootte van deze parameter. De grootte varieert van minder dan een dag tot ±100 dagen, al naar gelang de onderhoudsituatie van de waterloop en het materiaal waaruit de waterloopbodem is opgebouwd.
Deze parameter wordt door de uitvoerende modelspecialisten zo goed mogelijk geschat. In eerste instantie wordt voor alle oppervlaktewater een lekweerstand in de drainagesituatie aangehouden van 1 dag. De lekweerstand in de infiltratiesituatie wordt in principe twee keer zo groot aangenomen. Dit doet recht aan de verschillen tussen de infiltratie- en drainagesituatie. In de drainagesituatie zijn de grondwaterstanden hoog en vindt de meeste drainage plaats hoger in het talud van de waterlopen, terwijl de lagere grondwaterstanden bij infiltratie er voor zorgen dat de infiltratie meer optreedt door de onderkant van het talud en de bodem waar zich in het algemeen een sliblaag bevindt. Voor cellen die onderdeel zijn van groot oppervlaktewater wordt de lekweerstand voor de infiltratiesituatie gelijk gesteld aan die voor drainagesituatie. Hiervoor wordt als criterium aangehouden dat het nat oppervlak gelijk is aan het celoppervlak.
Voor waterlopen zonder peilgarantie wordt de lekweerstand in de infiltratiesituatie veel groter gezet dan die in de drainagesituatie, zoals hiervoor uiteen is gezet.

E.4 Aanpassing waterlopen op basis van ijking

Inleiding
Tijdens de ijking bleven de resultaten in het zeekleigebied lang onder de maat. De automatische parameteroptimalisatie bood geen soelaas, dus moest er ruimte in het concept gevonden worden. Daarom is een overleg met gebiedsdeskundigen georganiseerd om de problemen te onderzoeken en een extra workshop gehouden om te komen tot een voorstel tot aanpassingen binnen het MIPWA-model. Hierbij waren aanwezig Waterschap Noorderzijlvest, Waterschap Hunze en Aas, Wetterskip Fryslân, Provincie Friesland, Vitens, Alterra, Royal Haskoning en TNO.

Het voorstel dat vervolgens geïmplementeerd is en tot wezenlijk betere resultaten leidde bevatte voor het oppervlaktewater een aanpassing in de peilen van de niet-leggerwaterlopen aan de hand van de uit het AHN afgeleide peilen.

Om een duidelijk onderscheid te maken tussen de peilvakpeilen (zomer- en winterpeil) in de legger waterlopen en de peilen in de niet-legger waterlopen, zullen we hier voor de niet-legger waterlopen verder spreken over het ontwateringsniveau, waarbij het ontwateringsniveau is gedefinieerd als de hoogte van de waterspiegel in een niet-legger waterloop ten opzichte van NAP (figuur 3).



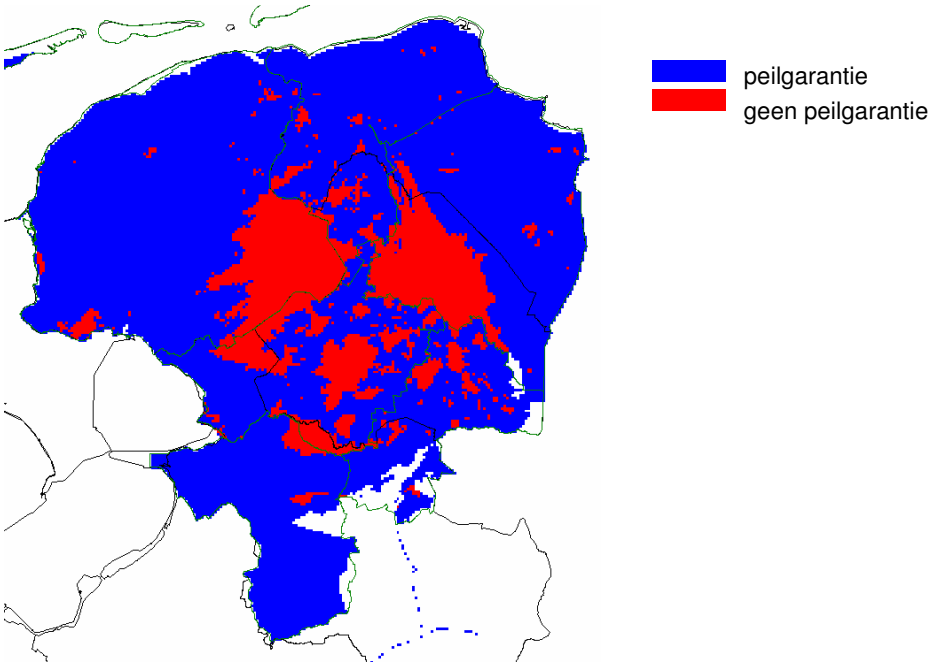
Figuur 3: Definitie ontwateringsniveau en drainniveau.

Ontwateringsniveau niet-legger waterlopen
Volgens het oorspronkelijke modelconcept wordt er in het grootste deel van het modelgebied voor het ontwateringsniveau uitgegaan van de peilen zoals opgenomen in de peilvakkenkaart. Voor de niet-legger waterlopen wordt vervolgens de bodemhoogte afgeleid van het AHN-peil (zie bijlage B). Indien deze bodemhoogte boven het ontwateringsniveau uitkomt, wordt het ontwateringsniveau gelijkgesteld aan deze bodemhoogte. Voor enkele gebieden waar geen peilen bekend zijn, worden de uit het AHN afgeleide peilen gebruikt om het ontwateringsniveau te schatten.

Tijdens de inventariserende sessie bleken in een groot deel van het zeekleigebied de uit het AHN afgeleide peilen hoger liggen dan de peilen in de peilvakkenkaart. Ook de metingen uit de meetcampagne (zie bijlage F) wijzen in deze richting. Als we kijken naar het modelgebied in zijn geheel, dan is de gemiddeld te lage grondwaterstand die wordt gemodelleerd ook een indicatie dat het geïmplementeerde ontwateringsniveau op diverse plekken mogelijk te laag ligt. Deze paragraaf bespreekt daarom de aanpassingen in het modelconcept, waarbij het AHN-peil gebruikt wordt als een verbeterde schatting van het ontwateringsniveau.

Zowel het ontwateringsniveau als de bodemhoogte is gerelateerd aan de mogelijkheid tot wateraanvoer in een waterloop. Bij het bepalen of er wateraanvoer mogelijk is worden twee criteria gehanteerd:

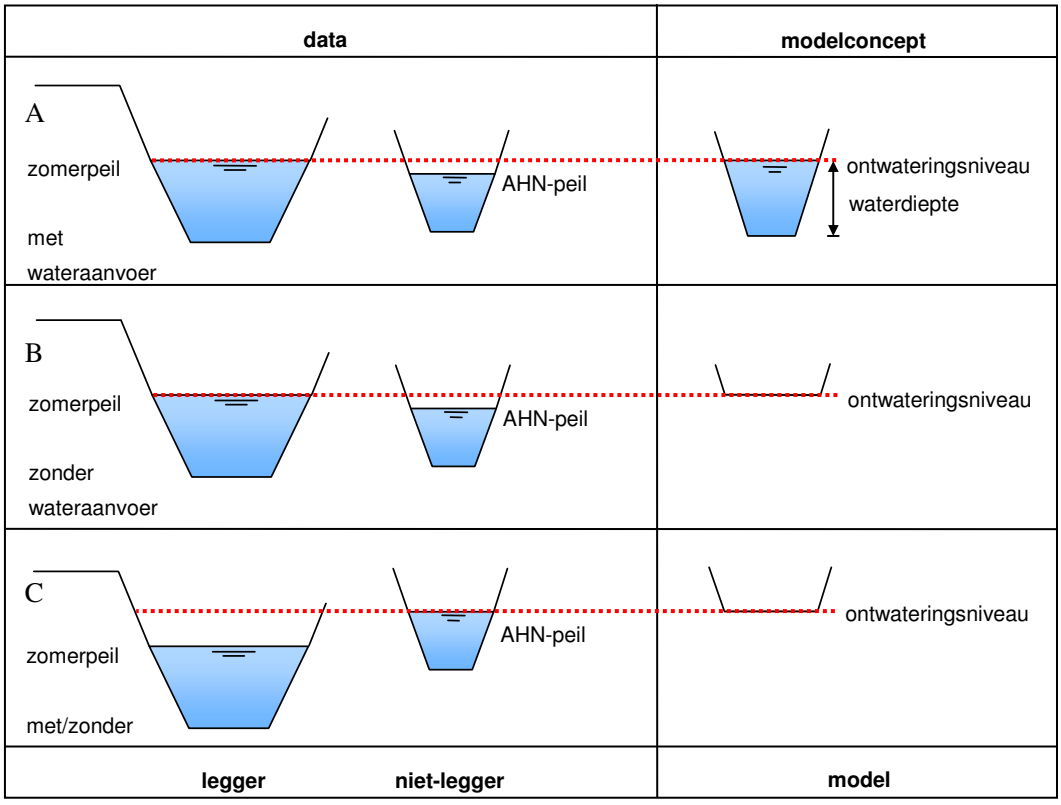
1. Allereerst is het van belang of het zomerpeil in de legger waterlopen gegarandeerd is. Op basis van informatie van de waterschappen is hiervoor een peilgarantiekaart gemaakt (Figuur 4). Op de peilgarantiekaart staat aangegeven in welke gebieden water wordt aangevoerd of van nature altijd aanwezig is in de zomer (peilgarantie) en in welke gebieden niet (geen peilgarantie).



Figuur 4: Peilgarantiekaart.

2. Het tweede criterium is het verschil tussen het AHN-peil en het zomerpeil. Als in een bepaalde niet-legger waterloop het AHN-peil hoger is dan het zomerpeil, dan wordt verondersteld dat in deze waterloop geen wateraanvoer plaatsvindt. Aan de hand de peilgarantiekaart uit bovenstaande figuur en het verschil tussen AHN-peil en zomerpeil is de wateraanvoerkaart gemaakt.

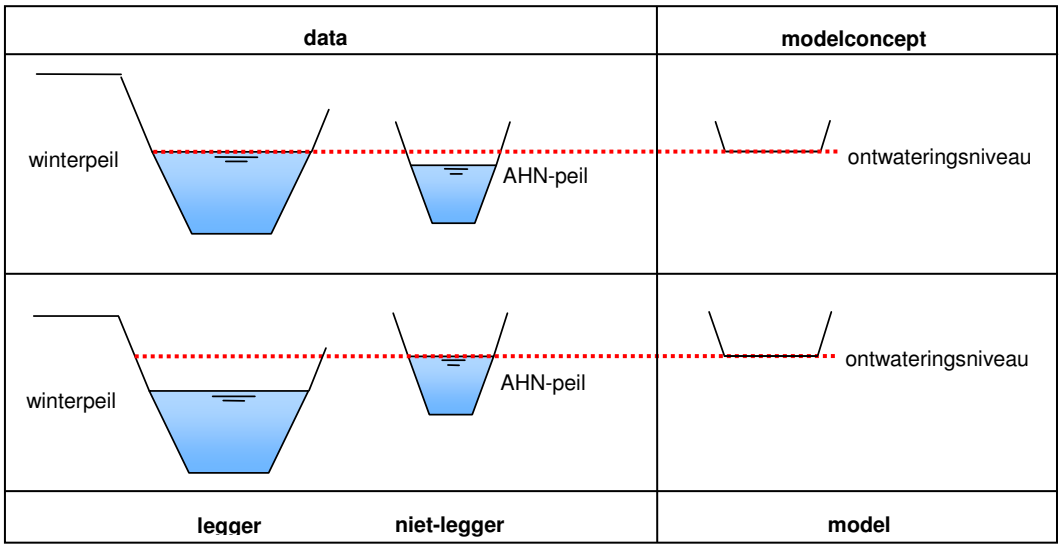
Op basis van bovenstaande criteria is in Figuur 5 en Figuur 6 aangegeven hoe het ontwateringsniveau en de bodemhoogte worden afgeleid uit het AHN-peil en het peil uit de peilvakkenkaart.
Figuur 5 geeft de zomersituatie weer. Indien in de niet-legger waterloop het AHN-peil lager is dan het zomerpeil, dan wordt voor het ontwateringsniveau het zomerpeil aangenomen (Figuur 5A). Als er in de legger wateraanvoer plaatsvindt, dan wordt er een waterdiepte aan de niet-legger toegekend. Hieruit volgt dan de bodemhoogte als ontwateringsniveau minus waterdiepte (Figuur 5A – rechts). Als er in de legger geen wateraanvoer plaatsvindt, mag er geen infiltratie plaatsvinden. Dit wordt gerealiseerd door in het model de bodemhoogte gelijk te stellen aan het ontwateringsniveau (Figuur 5B). Indien in de niet-legger waterloop het AHN-peil hoger is dan het zomerpeil, dan wordt voor het ontwateringsniveau het AHN-peil aangenomen (Figuur 5C). In tegenstelling tot de Figuur 5 A en B zal hier echter nooit wateraanvoer plaatsvinden. Ook hier wordt dus in het model de bodemhoogte gelijkgesteld aan het ontwateringsniveau.



Figuur 5: Ontwateringsniveau en bodemhoogte in zomersituatie.

Figuur 6 toont de wintersituatie. In de winter wordt geen wateraanvoer verondersteld. Dit betekent dat ook hier de bodemhoogte in het model altijd gelijkgesteld wordt aan het ontwateringsniveau. Het ontwateringsniveau komt overeen met het winterpeil als het AHN-peil lager is dan het winterpeil. Als het AHN-peil hoger is dan het winterpeil,

dan wordt het AHN-peil toegekend aan het ontwateringsniveau. Conceptueel zijn de twee rijen van onderstaande figuur voor de winter gelijk aan de onderste twee rijen van Figuur 5 voor de zomer (geen wateraanvoer mogelijk in niet-legger waterloop).



Figuur 6: Ontwateringsniveau en bodemhoogte in wintersituatie.

Op basis van Figuur 5 en 6 is voor het gehele model het ontwateringsniveau en de bodemhoogte in de niet-legger waterlopen vastgesteld en als zodanig ook geïmplementeerd.

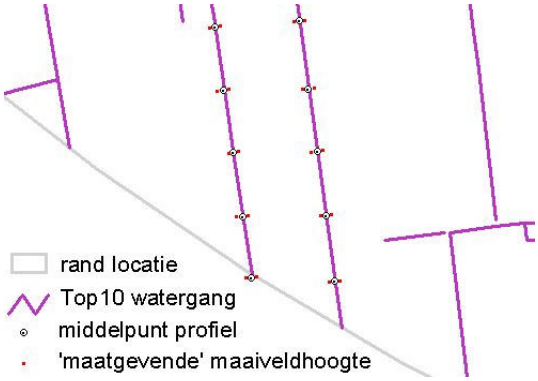
F Veldcampagne Oppervlaktewaterpeilen

F.1 Inleiding

Het is belangrijk om inzicht te krijgen in de kwaliteit van de in het model ingevoerde gegevens over oppervlaktewaterstanden en bodemhoogten. Zeker omdat er verschillende mogelijkheden zijn om de benodigde modelinvoer te verzamelen (legger-gegevens, AHN-methode en eventueel per gebiedstype een schatting van de gemiddelde bodemhoogte ten opzichte van de waterstand). Naast de absolute hoogte bepaalt vooral de consistentie van de waterstand met de maaiveldhoogte en de bodemhoogte de kwaliteit van de gebruikte gegevens. Met behulp van veldmetingen is inzicht verkregen in de bodemhoogte, maaiveldhoogte nabij de waterloop en oppervlaktewaterstanden.

F.2 Methodiek

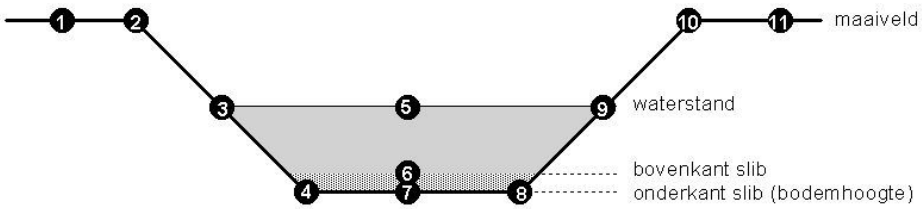
Er zijn 22 locaties geselecteerd, verdeeld over de gebiedstypen en waterschappen. Per locatie zijn 5 keer 2 dichtbij elkaar gelegen sloten ingemeten, waarbij vooral greppels en sloten van 1 tot 3 meter breed zijn ingemeten. Per sloot zijn ca. 5 profielmetingen verricht (Figuur 1). In totaal zijn er 1238 profielen gemeten.



Figuur 1: Voorbeeld van een meetlocatie

Per profiel is op punten 1 en 11 de maaiveldhoogte bepaald (Figuur 2). Tevens is de absolute hoogte bepaald van de waterspiegel, en de boven- en onderkant sliblaag. De breedte is drie keer bepaald (bodem, waterspiegel en insteek).

Om een vergelijking te maken met de in het model gebruikte waarden is op punt 1 en 11 de maaiveldhoogte uit het AHN bepaald en is op het middelpunt de door TNO uit dit AHN berekende waterstand en drooglegging bepaald. Tevens is het gebiedstype (klei, veen, etc.) en het type Top10 watergang vastgesteld.



Figuur 2: Overzicht meetpunten binnen een profiel

F.3 Resultaten

In Tabel 1 staat een tabel met de resultaten van de vergelijking. In de meeste gevallen is het verschil (AVE) tussen de door Geomaat gemeten waarde en de door TNO uit AHN berekende waarde weergegeven. Voor de maaiveldhoogte en de drooglegging is ook de gemiddelde waarde voor de absolute afwijking weergegeven (AVE absoluut). Van waterdiepte en breedte is de gemiddeld gemeten waarde in de tabel opgenomen.

Tabel 1 – Overzicht resultaten van de vergelijking.

TOP10CODE	GRONDSOORT	N	MAAIVELDHOOGTE			PEIL	DROOGLEGGING				WATER	BREEDTE
			Geomaat - AHN	Geomaat - AHN	Geomaat - AHN	Geomaat - TNO	Geomaat	TNO	Geomaat - TNO	Geomaat - TNO	DIEPTE	WATERGANG
			AVE	SD	AVE (absoluut)	AVE	AVE	AVE	AVE	AVE (absoluut)	AVE	AVE
greppel	Drents plateau	230	-0.070	0.104	0.098	-0.034	0.880	0.920	-0.041	0.265	0.185	0.688
greppel	dekzand	90	-0.100	0.100	0.120	-0.151	0.821	0.777	0.044	0.282	0.197	0.834
greppel	hoogveen	37	-0.124	0.114	0.142	-0.109	0.877	0.818	0.060	0.331	0.258	0.960
greppel	klei met zand	11	-0.158	0.049	0.158	-0.140	1.308	1.274	0.034	0.246	0.446	2.160
greppel	klei op veen	5	-0.259	0.022	0.259	-0.608	1.741	1.454	0.290	0.290	0.260	1.138
greppel	veen	9	-0.080	0.110	0.120	-0.512	1.069	0.679	0.393	0.447	0.117	1.050
greppel	veenkoloniaal	91	-0.093	0.113	0.104	-0.302	1.029	0.794	0.236	0.350	0.232	1.067
sloot 1-3 m	Drents plateau	154	-0.053	0.120	0.095	-0.122	0.961	0.880	0.081	0.250	0.274	1.217
sloot 1-3 m	dekzand	64	-0.087	0.104	0.102	-0.156	0.843	0.766	0.078	0.259	0.329	1.349
sloot 1-3 m	hoogveen	22	-0.109	0.063	0.119	-0.326	0.941	0.730	0.213	0.279	0.302	0.912
sloot 1-3 m	klei met zand	155	-0.109	0.101	0.123	-0.214	1.292	1.172	0.121	0.254	0.467	2.040
sloot 1-3 m	klei op veen	102	-0.074	0.107	0.097	-0.004	1.100	1.160	-0.061	0.162	0.549	1.960
sloot 1-3 m	rivierklei	54	-0.119	0.080	0.125	-0.174	0.799	0.750	0.050	0.210	0.348	1.971
sloot 1-3 m	veen	96	-0.109	0.074	0.111	-0.156	0.859	0.834	0.026	0.268	0.441	1.685
sloot 1-3 m	veenkoloniaal	44	-0.098	0.149	0.127	-0.144	1.144	1.060	0.084	0.226	0.291	1.578
sloot 3-6 m	Drents plateau	14	-0.005	0.073	0.054	-0.249	0.993	0.768	0.228	0.244	0.770	4.283
sloot 3-6 m	dekzand	12	-0.063	0.186	0.129	-0.184	1.289	1.169	0.121	0.204	0.534	3.506
sloot 3-6 m	klei met zand	5	-0.084	0.043	0.084	0.120	1.045	1.130	-0.084	0.084	0.764	6.554
sloot 3-6 m	veen	5	-0.098	0.022	0.098	-0.048	0.928	0.980	-0.052	0.052	0.826	4.966
sloot 3-6 m	veenkoloniaal	24	-0.140	0.131	0.151	-0.069	1.295	1.304	-0.009	0.229	0.585	4.008
sloot > 6 m	veenkoloniaal	14	-0.200	0.177	0.200	-0.103	1.321	1.368	-0.047	0.209	0.574	4.320
greppel	totaal	473	-0.088	0.107	0.110	-0.132	0.920	0.870	0.050	0.293	0.208	0.856
sloot 1-3 m	totaal	691	-0.089	0.107	0.109	-0.145	1.029	0.966	0.063	0.238	0.394	1.661
sloot 3-6 m	totaal	60	-0.085	0.132	0.114	-0.117	1.172	1.111	0.063	0.201	0.653	4.264
sloot > 6 m	totaal	14	-0.200	0.177	0.200	-0.103	1.321	1.368	-0.047	0.209	0.574	4.320
totaal	Drents plateau	398	-0.061	0.110	0.095	-0.076	0.915	0.899	0.016	0.259	0.240	1.019
totaal	dekzand	166	-0.092	0.109	0.114	-0.155	0.864	0.801	0.063	0.268	0.272	1.225
totaal	hoogveen	59	-0.118	0.098	0.133	-0.190	0.901	0.785	0.117	0.311	0.274	0.942
totaal	klei met zand	171	-0.111	0.098	0.124	-0.199	1.286	1.177	0.109	0.249	0.475	2.180
totaal	klei op veen	107	-0.083	0.111	0.104	-0.032	1.130	1.174	-0.045	0.168	0.536	1.922
totaal	rivierklei	54	-0.119	0.080	0.125	-0.174	0.799	0.750	0.050	0.210	0.348	1.971
totaal	veen	110	-0.106	0.076	0.111	-0.180	0.879	0.828	0.052	0.273	0.432	1.782
totaal	veenkoloniaal	173	-0.109	0.134	0.124	-0.214	1.119	0.979	0.141	0.290	0.324	1.868
totaal	totaal	1238	-0.090	0.110	0.111	-0.138	0.998	0.941	0.057	0.257	0.338	1.509

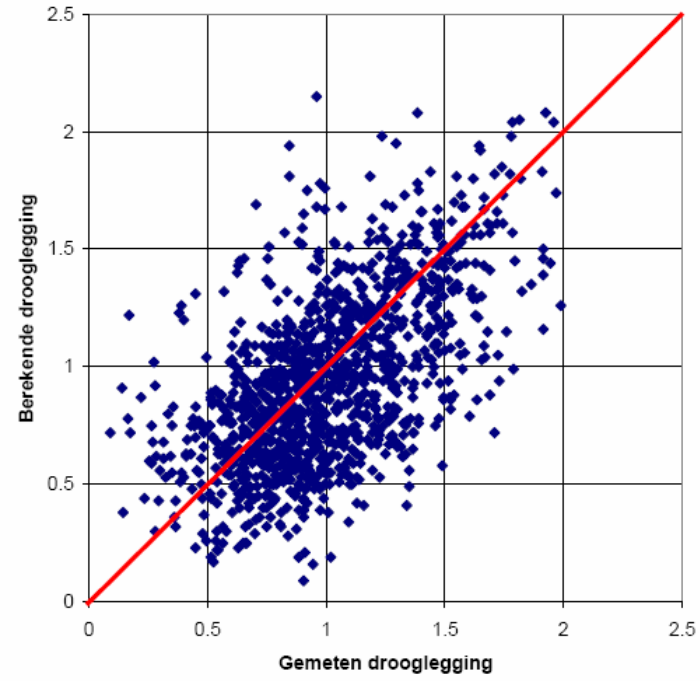
Maaiveldhoogte

In Tabel 1 is het verschil weergegeven tussen de in het veld gemeten maaiveldhoogte en de maaiveldhoogte uit het AHN(5x5). Per profiel is uitgegaan van het gemiddelde

verschil op ca. 5 meter links en rechts van de insteek. Een negatieve waarde geeft aan dat het AHN een hogere waarde heeft.
Gemiddeld ligt het AHN nabij de waterlopen 9 cm hoger. De standaard deviatie is relatief gering (11 cm). Het gemiddelde van absolute afwijking is 11 cm.

Waterstand
De absolute waterstand wordt in de modelbouw gebruikt voor het bepalen van de drooglegging en tevens voor het bepalen van de bodemhoogte (uitgaande van een geschatte waterdiepte per type watergang).
Het verschil tussen de gemeten en door TNO berekende waterstand (op basis van het AHN) is 14 cm, waarbij de berekende waterstand in alle gevallen hoger is dan in het veld wordt waargenomen.
Oorzaken van de verschillen zijn in ieder geval het gebruikte bronbestand (AHN). Tevens speelt de variabiliteit van de (winter) waterstand een rol. De indruk bestaat dat het ten tijde van de veldmetingen relatief droog is geweest.

Drooglegging
De verschillen tussen de gemeten en berekende drooglegging zijn een belangrijke indicatie voor de kwaliteit van de in het model gebruikte gegevens.
De gemeten drooglegging toont aan dat er regionale verschillen zijn, waarbij de drooglegging globaal varieert tussen de 80 en 130 cm.
De berekende drooglegging is gemiddeld 6 cm kleiner dan de gemeten drooglegging. Het gemiddelde van de absolute afwijking is echter 26 cm (Figuur 3). Het verschil van 6 cm wordt sterk beïnvloed door de waterstandshoogte (ten tijde van de veldmetingen was het relatief droog) en het verschil van 26 cm is waarschijnlijk het gevolg van een grote variabiliteit in de ruimte van de maaiveldhoogte/drooglegging. Figuur 3 en de verschillen per gebiedstype geven aan dat er geen systematische fout is te ontdekken.



Figuur 3 – Scattergram van gemeten (deze veldcampagne) en door TNO berekende drooglegginge.

Bij verschillen in drooglegging is tevens gekeken naar de afwijkingen met de Gd-metingen van Alterra (Tabel 3). De door TNO berekende drooglegging komt nagenoeg overeen met de door Alterra gemeten drooglegginge.

Tabel 2 – Vergelijking tussen Alterra Gd-metingen en door TNO berekende drooglegginge.

TOP10	N	DROOGLEGGING					
		GEOMAAT		GD-METING		TNO	
		AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
greppel	31	0.893	0.287	0.839	0.330	0.839	0.363
sloot 1-3 m	16	1.071	0.349	0.909	0.338	0.935	0.246

Waterdiepte en breedte

De in het model ingevoerde waterloopbreedtes komen goed overeen met de gemeten breedtes (Tabel 3). De waterdiepten komen eveneens goed overeen met uitzondering van de sloten breder dan 3 meter, waar de waterdiepten aanmerkelijk kleiner zijn. Voor de klasse 3-6 meter stellen we voor de gemeten waterdiepte op te nemen in het model. Voor de sloten breder dan 6 meter is het aantal meetlocaties laag en waarschijnlijk niet representatief. Hier houden we de waterdiepte vast op 1.20 m.

TOP10	N	WATERDIEPTE		BREEDTE	
		Model	Geomaat	Model	Geomaat
greppel	473	0.20	0.21	1.00	0.86
sloot 1-3 m	691	0.40	0.39	1.50	1.66
sloot 3-6 m	60	0.80	0.65	4.00	4.26
sloot > 6 m	14	1.20	0.57		4.32

Tabel 3 – Vergelijking tussen gemeten en door TNO ingeschatte waterdiepten en -breedten.

Kwaliteit Legger-gegevens

Een aantal (174) van de gemeten profielen van de top10 watergangen is tevens Legger-watergang. Er is een vergelijking gemaakt tussen de door Geomaat gemeten waarde en de door het waterschap aangeleverde waarde van bodembreedte en bodemhoogte (Tabel 4).

Vooral bij Groot Salland, Noorderzijlvest en Fryslân zijn de afwijkingen groot. Een mogelijke verklaring is dat de aangeleverde gegevens niet actueel zijn of dat de theoretische legger is aangeleverd en niet het actuele beheerregister.

Tabel 4 – Vergelijking tussen gemeten bodemhoogten- en breedten en informatie uit de leggers van de waterschappen.

Waterschap	N	BODEMHOOGTE Geomaat - legger				BODEMBREEDTE Geomaat - legger			
		AVE	SD	MIN	MAX	AVE	SD	MIN	MAX
Groot Salland	52	-0.169	0.248	-0.780	0.650	0.781	0.687	-0.190	2.280
Hunze en Aa's	19	-0.078	0.174	-0.450	0.160	0.157	0.325	-0.270	0.880
Noorderzijlvest	28	-0.244	0.271	-0.880	0.460	1.137	1.834	-0.320	5.760
Reest en Wieden	36	-0.085	0.304	-0.650	0.580	0.184	0.525	-0.370	1.330
Velt en Vecht	9	-0.031	0.191	-0.340	0.190	-0.197	0.409	-0.770	0.390
Fryslan	30	-0.359	0.229	-0.830	0.160	1.350	0.925	-0.270	3.960

F.4 Conclusie

De gemeten maaiveldhoogten nabij de waterloop (nabij de insteek en 5 m perceel in) zijn 9 cm lager dan de waarden uit het 5x5 AHN. De gemeten waterlooppeilen zijn gemiddeld 14 cm kleiner dan de uit AHN berekende waarden.

Stelling:
Het AHN en de waterpeilen moeten met deze afwijkingen worden gecorrigeerd*;*

- Tegens:
  - Metingen van 'AHN nabij waterlopen' geeft geen goed beeld van het volledige AHN, aanpassing op basis van deze meetset is niet correct;
  - Aanpassing van het AHN maakt vergelijking met andere projecten en databases die van AHN zijn afgeleid lastig en zal zorgen voor onnodige fouten in analyses;
- Voors:
  - Werkelijke peilen en modelpeilen zijn direct vergelijkbaar;
  - Toekomstige verbeterde AHN versies kunnen direct in het model worden verwerkt.

Uiteindelijk is in overleg gezamenlijk besloten de afwijkingen niet te corrigeren.

G Drainage

G.1 Achtergrond

Bij de grondwatermodellering van Noord-Nederland is een van de onderscheiden drainagemiddelen de buisdrainage. Buisdrainage is in Nederland niet landsdekkend geïnventariseerd en de aanwezigheid van buisdrainage is veelal slecht bekend. Kennis over de aanwezigheid van buisdrainage in combinatie met de diepte en de weerstand is van belang om bij modellering de grondwaterstand juist te kunnen voorspellen. Deze behoefte is ook bij eerdere studies gevoeld, zoals bij STONE en bij de verdrogingstudie (RIZA). Voor STONE is aanvankelijk gebruik gemaakt van een eenvoudige kennistabel. Voor de Verdrogingstudie is een landelijke kaart gemaakt. Hiervoor zijn gebieden geïnventariseerd waarvoor de buisdrainage gebiedsdekkend bekend is. Voor deze gebieden zijn vervolgens relaties gelegd tussen aanwezigheid van buisdrainage en karteerbare kenmerken zoals landgebruik, bodem en GT. De gevonden relaties zijn vervolgens gebruikt om een landsdekkende kaart met buisdrainage te maken. Deze kaart is vervolgens voorgelegd aan de waterschappen, de inbreng van de waterschappen heeft vervolgens tot een aantal aanpassingen geleid. De resulterende kaart is gebruikt in de Verdrogingstudie en voor STONE. De buisdrainagekaart is een statistische kaart, dwz dat voor grotere gebieden het areaal buisdrainage ongeveer klopt, echter op perceelsniveau zal de kaart veelal niet kloppen. Deze kaart is in eerste instantie gebruikt als drainagekaart binnen het MIPWA-NN-project en gepresenteerd tijdens de eerste workshop op 17 november 2005 Tijdens deze workshop zijn door de waterschappen een aantal opmerkingen gemaakt mbt de aanwezigheid van buisdrainage en de drainagediepte voor een aantal specifieke gebieden. Tevens is toen het idee geopperd om een aantal draineerbedrijven in de regio te confronteren met deze kaart en deze te vragen of ze op basis van hun ervaring en expertise konden aangeven welk percentage van het areaal in omschreven delen van het waterschap zijn gedraineerd, wat de bijbehorende draindiepte bedraagt en wat de meest toegepaste drainafstand is. Dit onderzoek is uitgevoerd bij 5 draineerbedrijven en heeft geresulteerd in drie digitale kaarten, nl. kaarten voor:

- Percentage gedraineerd,
- Draindiepte,
- Drainafstand.

Deze kaarten zijn vervolgens gebruikt om op basis van de beschikbare methodiek een verbeterde buisdrainagekaart af te leiden.

G.2 Uitwerking

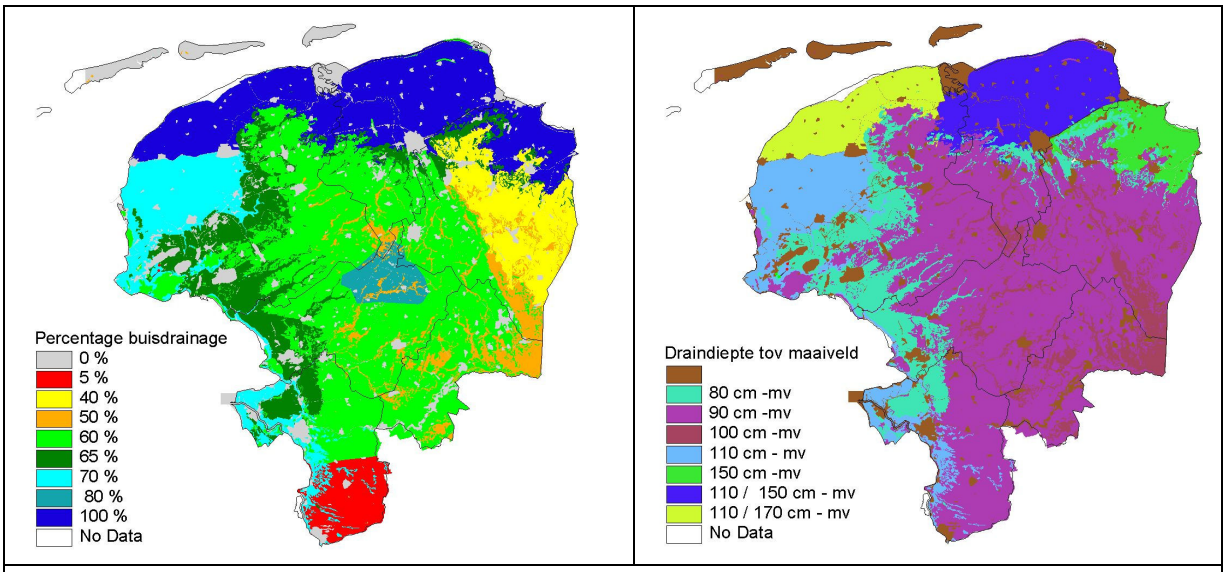
De kennis over de aanwezigheid van buisdrainage splitst zich in hoofdzaak toe op landbouwkundig in gebruik zijnde percelen. Ook niet landbouwkundig in gebruik zijnde percelen, kunnen gedraineerd zijn. De uiteindelijke drainagekaart voor het projectgebied is daarom gebaseerd op de samenvoeging van twee deelkaarten. De eerste deelkaart heeft betrekking op landbouwkundig in gebruik zijnde percelen. In de twee deelkaart zijn daaraan vlakken toegevoegd die zijn gedraineerd maar veelal niet landbouwkundig in gebruik zijn.

G.3 Drainage in het landbouwgebied

De toekenning van buisdrainage heeft plaatsgevonden aan vlakken of percelen. Als bron voor deze percelen is de Top10-vectorkaart gebruikt. De Top10-vector kaart is een landsdekkende kaart met landgebruiksvlakken. De vlakken op de Top10-vector komen niet altijd overeen met gebruikspercelen. De begrenzing van Top10-vector-percelen wordt gevormd door wegen, waterlopen en verschil in landgebruik. Als eerste stap zijn alle gras- en bouwlandpercelen uit de Top10-vector kaart geselecteerd. Aan elk vlak is vervolgens informatie toegevoegd, zoals:

Bodemtype (Pawn-eenheid),
Grondwatertrap,
Landgebruik (LGN3plus),
Geohydrologie (Hydrotype),
Perceelsgrootte,
Fractie gedraineerd.

Voor de eerste versie van de drainagekaart was de fractie van het areaal dat is gedraineerd, afgeleid op basis van beschikbare gebiedsinventarisaties. De beschikbare gebiedsinventarisatie binnen het projectgebied zijn beperkt, terwijl de indruk bestaat dat in gebieden met ondiepe slecht doorlatende lagen, zoals keileem, veel drainage aanwezig zal zijn. Om een beter beeld te krijgen van de drainagedichtheid is een enquete uitgevoerd bij aan aantal draineerbedrijven, die (delen van) het projectgebied goed kennen (Boerefijn et al, 2006). Deze inventarisatie heeft gebiedsdekkende kaarten opgeleverd voor het percentage gedraineerde percelen, de draindiepte en de drainafstand (Figuur 1).



Figuur 1 Percentage gedraineerd en draindiepte tov maaiveld op basis inventarisatie

Het percentage buisdrainage is bepalend voor het aantal hectares dat is gedraineerd. Om te bepalen of een perceel is gedraineerd is allereerst een gewicht toegekend, dat gewicht wordt bepaald door de grootte van het perceel, grotere percelen zijn eerder gedraineerd dan kleinere percelen, het landgebruik en een random getal. Op basis van LGN3 is het dominante landgebruik bepaald, omdat bij sommige intensieve landgebruiksvomen er een grotere kans is op drainage, hebben deze een hoger gewicht meegekregen, hiervoor is Tabel 1 gebruikt (Massop, 2001).

Tabel 1 gewichten met betrekking tot het voorkomen van buisdrainage voor verschillende landgebruiksvormen.

Landgebruik	Gewicht
gras	1.0
mais	1.0
aardappelen	2.0
bieten	2.0
granen	2.5
overige landbouwgewassen	2.5
glastuinbouw	2.0
boomgaard	1.5
bollen	3.3

Vervolgens is aan percelen met het hoogste gewicht buisdrainage toegekend, waarbij het areaal is opgevuld totdat dit gelijk is aan areaal op basis van de enquete. Bij deze aanpak is minder rekening gehouden met verschillen in bodemtype en GT, dan bij de oorspronkelijke kaart. Naast de toekenning van buisdrainage is draindiepte toegekend eveneens op basis informatie uit de enquete.
Op deze kaart zijn vervolgens een aantal correcties toegepast voor:

- Nieuwe natuurgebieden,
- Polderpeil,
- Keileem/potklei.

Om deze correcties uit te voeren zijn 3 kaarten vervaardigd, nl een kaart met huidige en recent aangekochte natuur (deze percelen staan nog als weiland/bouwland op de kaart), een vlakdekkende kaart met diepte winterpeil tov maaiveld, en een vlakdekkende kaart met bovenkant keileem/potklei tov maaiveld. Dit betreft drie gridkaarten. Voor elk Top10-vectorperceel is vervolgens bepaald het percentage huidige en recent aangekochte natuur, de gemiddelde diepte winterpeil en gemiddelde diepte keileem/potklei tov maaiveld. Hoewel bij de toekenning van buisdrainage rekening is gehouden met aanwezige natuur op basis van LGN(gewicht 0, geen buisdrainage), is hiermee niet alle huidige natuur onderkend. Per onderscheiden perceel is nagegaan of meer dan 50% binnen de kaart met natuurgebieden ligt, zo ja dan is aangenomen dat dit perceel niet is gedraineerd. Vervolgens is per perceel nagegaan of de drains boven of onder het winterpeil liggen. Indien de drainage boven winterpeil ligt is de drainage ongewijzigd. Indien de buisdrainage meer dan 20 cm onder water staat dan is buisdrainage verwijderd. In de tussenliggende gevallen is de draindiepte verhoogd, nl.:

- als de drains 10-19 cm onder water staan is de draindiepte 20 cm verhoogd en
- als de drains 0-9 cm onder water staan is de draindiepte 10 cm verhoogd.

Drains met draindiepte 110/150 en 110/170 zijn behandeld als drains op 110 cm-mv. Dezelfde procedure als bij het winterpeil is gevolgd met betrekking tot de bovenkant van de keileem/potklei. Hiermee zijn de vlakken waar drainage voorkomt definitief vastgesteld. In twee gebieden worden twee draindiepten weergegeven, nl 1
10/150 resp. 110/170 cm-mv. Voor deze gebeiden is nagegaan voor welke percelen de draindiepte kan worden verlaagd tot 150 resp. 170 cm –mv, zonder dat dit strijdig is met het winterpeil en bovenkant keileem/potklei. Naast de draindiepte dient ook een drainageweerstand te worden toegekend. Voor de drainageweerstand zijn de waarden uit Tabel 2 gebruikt.

Tabel 2 Drainageweerstanden bij gekozen opbollingen voor verschillende draindiepten.

Draindiepte (cm-mv)	Maximale opbolling (cm)	Drainage-weerstand (d)
60	30	70
70	40	70
80	50	70
90	50	70
100	50	70
110	60	85
120	70	100
130	80	115
140	90	130
150	100	140
170	120	170

Op deze wijze is de kaart met buisdrainage voor het landbouwgebied van de deelnemende waterschappen samengesteld. Omdat het modelgebied ruimer is dan het beheergebied van de 7 deelnemende waterschappen is de kaart aangevuld op basis van de oorspronkelijke drainagekaart (Massop, 2002). Dit geldt oa. voor delen van het beheergebied van de waterschappen Regge en Dinkel, Rijn en IJssel, Veluwe Zuiderzeeland etc.

G.4 Drainage buiten het landbouwgebied

Ook buiten het landbouwgebied komt buisdrainage voor, hierbij kunnen we denken aan stedelijk gebied en bepaalde intensieve vormen van landgebruik.
Of er gedraineerd is binnen de stedelijke omgeving is vooral afhankelijk van de hoogteligging cq GT. Echter voor oude woonwijken is de GT niet gekarteerd. Deze zijn wel vaak op hogere delen gesitueerd, terwijl de meer recente uitbreidingen vaak in de nattere delen liggen. Door ophoging met zand, peilverlaging of buisdrainage zal aan vereiste drooglegging worden voldaan. Een ander probleem is dat mogelijk de hoogteligging van het maaiveld onvoldoende bekend is. Voor deze studie is aangenomen dat alle stedelijke gebieden gedraineerd zijn. Als echter de hoogteligging dusdanig hoog is dat buisdrainage overbodig is, dan zal de buisdrainage in het model ook niet werken
Andere terreinen die mogelijk zijn gedraineerd, zijn:

- Sportvelden en campings,
- Permanent grasland, speel- en ligweiden,
- Stedelijk gebied en bedrijfsterreinen,
- Golfterreinen,
- Begraafplaatsen,
- Wegenbouw/Spoorlijnen, deze zullen ook vaak zijn opgehoogd.

De te hanteren draindiepte is in Tabel 3 weergegeven, waarbij is uitgegaan van een afvoer van 7 mm/d bij opbolling van 50 cm.

Tabel 3 Drainageparameters voor niet-agrarische drainagevormen in het MIPWA model

Landgebruik	Minimale Ontwateringsdiepte (m-mv)	Draindiepte (m)	Drainageweerstand (d)
Gebouwen met kruipruimte	0,7	1,2	70
Gebouwen zonder kruipruimte	0,5	1,0	70
Wegen	0,7	1,2	70
Openbaar groen/ sportvelden, campings	0,5	1,0	70
Bedrijfsgebouwen	0,5	1,0	70
Golfterreinen	0,5	1,0	70
Begraafplaatsen	1,7	2,2	70

Voor de bepaling van de ligging van stedelijk gebied en infrastructuur is de LGN4-kaart gebruikt, waarbij 4 onderscheidingen zijn beschouwd als stedelijk gebied (Tabel 4).

Tabel 4 Landgebruiksvormen welke tot stedelijk gebied zijn gerekend.

LGN4	Landgebruik	code
18	Stedelijk bebouwd gebied	1800
19	Bebouwing in buitengebied	1900
25	Wegen en spoorwegen	2500
26	Bebouwing in agrarisch gebied	2600

Daarnaast zijn een aantal gedraineerde objecten ontleend aan de Top10-vector kaart, die niet zijn meegenomen in de eerder genoemde kaart, nl.:

- Vliegvelden
- Boomgaarden
- Begraafplaatsen
- Boomkwekerij
- Fruitkwekerij

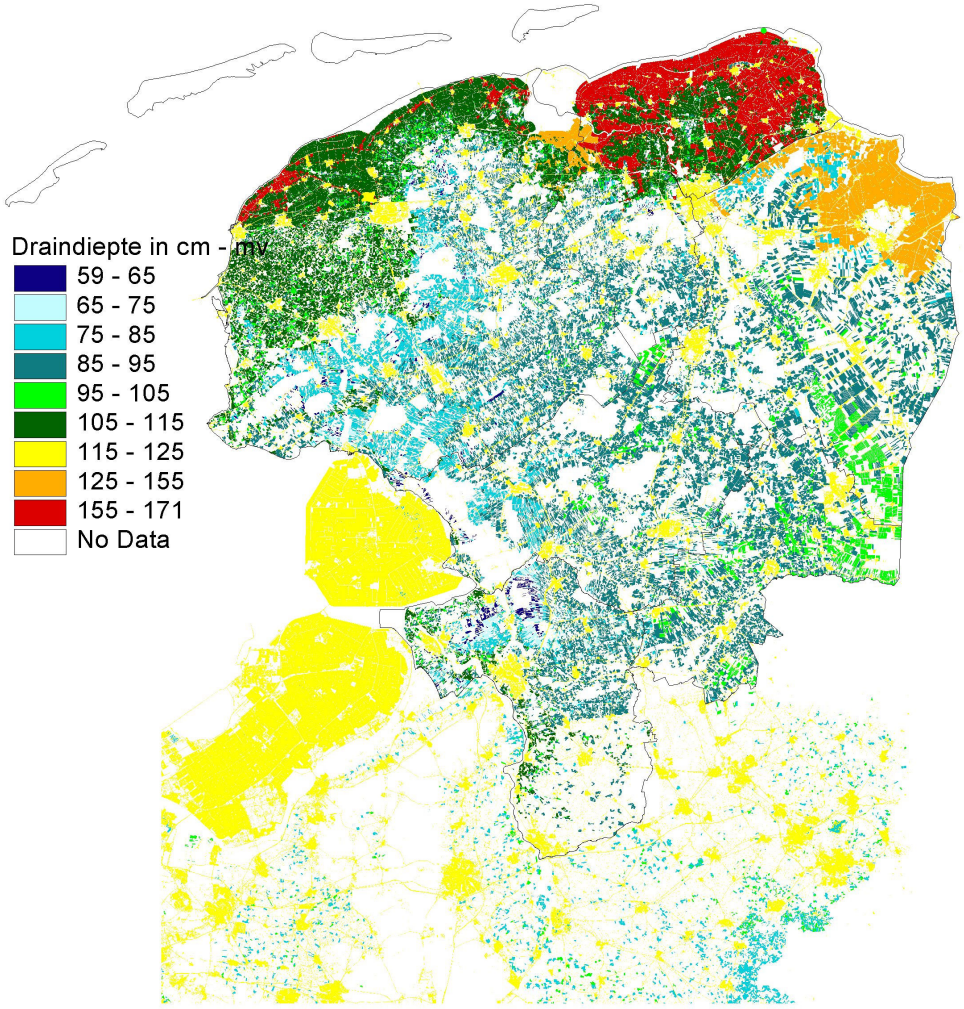
Voor deze objecten is aangenomen dat deze voor 100% zijn gedraineerd.
De volgende vliegvelden zijn meegenomen:
Vliegvelden: Eelde
Leeuwarden
Hoogeveen
Lelystad
Twenthe
De vlakken zijn omgezet in gridkaart en samengevoegd met de geselecteerde grids voor stedelijk gebied.

G.5 Drainagekaart voor projectgebied

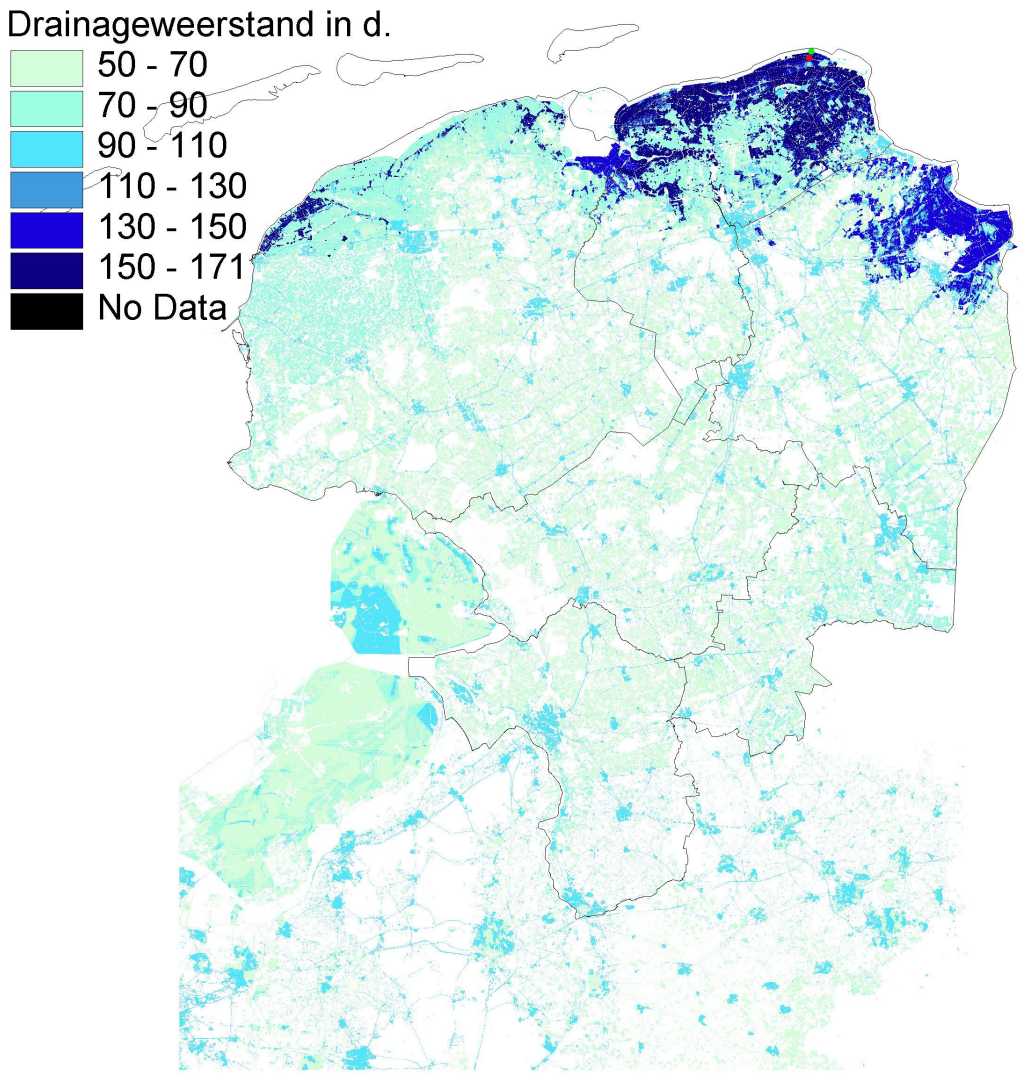
De drainagekaart voor het landbouwgebied is een vlakkenkaart deze is omgezet in een gridkaart. Deze kaart is samengevoegd met de aanvullende drainagekaart voor het stedelijk gebied. Bij overlappende grids in de twee kaarten is een keuze gemaakt, volgens een herclassificatietabel.

G.6 Resultaten

In figuur 2 is weergegeven waar buisdrainage is toegekend, alsmede de toegekende draindiepte. In het gebied ten zuiden van de Dollard komen draindiepten van 150 cm-mv voor, en in de kop van Groningen en een beperkt deel van Friesland zelfs tot 170 cm-mv, verder zijn de kleigebieden in Groningen en Friesland veelal tot 110 cm-mv gedraineerd. Het zandgebied van Drenthe, Friesland en Groningen is veelal gedraineerd op 90 cm-mv. Het gebied van Blija Buitendijks in Friesland is niet gedraineerd. Het veengebied in Friesland is veelal gedraineerd op 80 cm-mv.



Figuur 2 Draindiepte



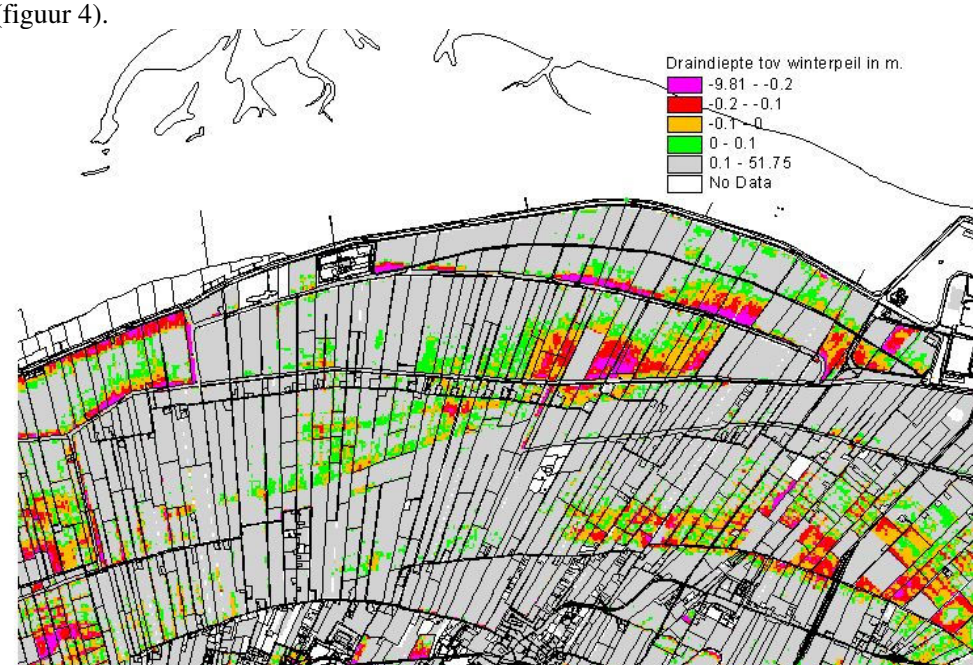
Figuur 3 Drainageweerstand.

Om aan de vereiste ontwateringsdiepte te kunnen voldoen bij een een bepaalde afvoerintensiteit dient de drainageweerstand niet te hoog te zijn, hiermee is rekening gehouden bij de toekenning van de drainageweerstand. Veelal is een drainageweerstand van 70 dagen toegepast, bij diepere aanleg van buisdrainage hoort een grotere drainafstand en daarmee een grotere drainageweerstand. Een grotere drainageweerstand komen we vooral tegen in de noordelijke kleigebieden.

De uiteindelijke drainagekaart is een gridkaart met een resolutie van 25*25 m. De kaart met de draindiepte tov maaiveld is vervolgens met behulp van het AHN omgezet in een draindiepte tov NAP.

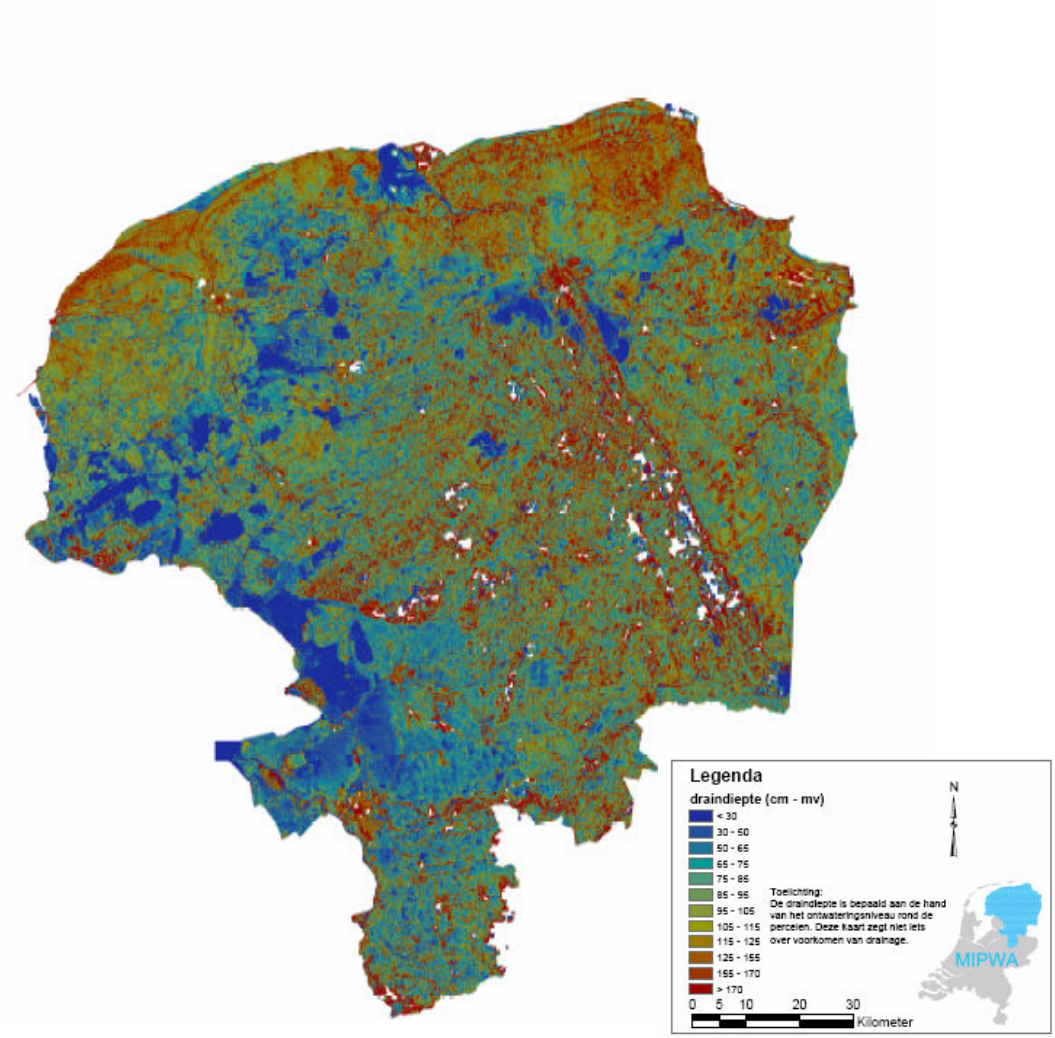
G.7 Aanpassingen aan de drainagekaart

Als de afgeleide kaart vervolgens wordt vergeleken met de peilenkaart dan kan het voorkomen dat in delen van percelen de drains toch onder water komen te liggen (figuur 4).



Figuur 4 Gedeelten van percelen waar drains onder water liggen

De oorzaak hiervan is dat bij de toekenning is gewerkt met gemiddelde maaiveldshoogten per Top10-vector-perceel en TOP10-vector-percelen zijn veelal groter dan landbouwgebruikskavels. In de kop van Groningen liggen percelen met een duidelijke noord-zuidhelling, hoog aan de zeedijk en laag aan de zuidzijde van het perceel. Omdat het niet reëel is dat drains onder water worden aangelegd is een extra controle uitgevoerd. Hierbij is het drainniveau direct gekoppeld aan het ontwateringsniveau in de waterlopen. Voor elke modelcel is gekeken wat het ontwateringsniveau is in de dichtstbijzijnde waterloop. Hierbij is een zoekstraal van 300 m gehanteerd, zijnde de aangenomen maximale lengte van een drainbuis. Het drainniveau is vervolgens bepaald door bovenop het gevonden niveau 10 cm op te tellen voor de gemiddelde vrije uitstroomhoogte van een drain ter plaatse van een waterloop. Tevens wordt er gerekend met een gemiddeld verval van 1 cm per 10 m afstand tot de waterloop. Indien het aldus geschatte drainniveau resulteert in een ondiep liggende drain (< 50 cm - mv), dan wordt er eerst nog verder gezocht naar een waterloop met een lager ontwateringsniveau. Op deze manier wordt er voorkomen dat drains onterecht worden gekoppeld aan ondiepe greppels of slootjes. Het resultaat van de beschreven procedure is weergegeven in Figuur 5. Deze kaart is vervolgens gecombineerd met de kaart van Alterra waarin het voorkomen van buisdrainage is aangegeven. De draindieptekaart bevat enkele witte vlekken. Dit zijn locaties die meer dan 300 m van een waterloop liggen. Indien hier toch drainage blijkt te liggen, dan is de draindiepte alsnog afgeleid van de buisdrainagekaart van Alterra (Figuur 2). Ook zijn percelen waaraan aanvankelijk drainage was toegekend en die op basis van het critererium drains onder water waren verwijderd wederom toegevoegd. Alleen vlakken met keileem binnen 40 cm-mv zijn als niet gedraineerd opgenomen.



Figuur 5 Draindiepte op basis van omliggende waterlooppeilen

Bij de calibratie, oa in het beheergebied van Noorderzijlvest, werd een duidelijk verschil gevonden tussen berekende en gemeten grondwaterstand. De berekende grondwaterstanden waren te diep. Met de formule van Hooghoudt kan dit verschil tenminste voor een deel worden verklaard.

De formule luidt:

$$q = \frac{8k_2dm + 4k_1m^2}{L^2}$$

Hierin is k_1 is doorlatendheid boven drainniveau en k_2 is doorlatendheid beneden drainniveau en.

Als de doorlatendheid beneden drainniveau erg laag is in verhouding tot de doorlatendehied boven drainniveau dan vervalt de eerste term en resteert alleen de kwadratische tweede term. Weerstand is te definiëren als quotiënt van de opbolling (m)

en de afvoer (q), dus dit betekent een afname van de weerstand bij een oplopende opbolling c.q afvoer, uiteraard stationair beschouwd.

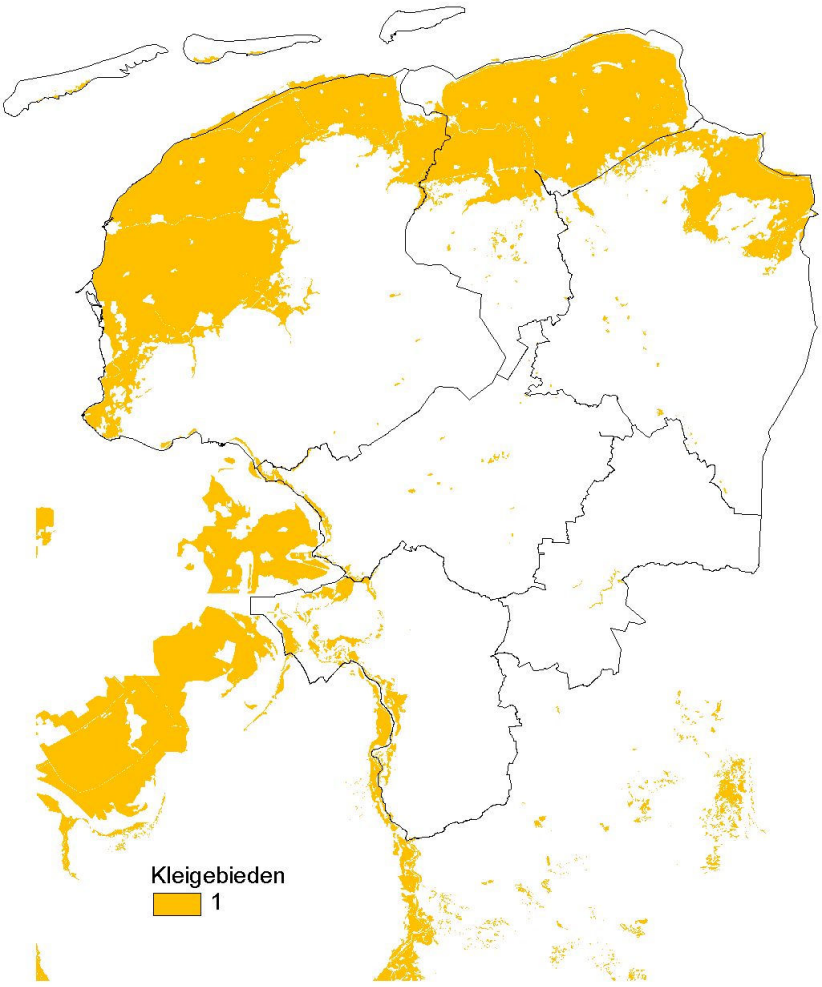
De drainageweerstand voor buisdrainage is bepaald bij flux = 7 mm per dag en een ontwateringsdiepte van 50 cm voor bouwland en 30 cm voor grasland. Als voorbeeld; stel de draindiepte voor bouwland is 1,50 m. In dit geval is de opbolling 1,0 m en de weerstand is 140 dagen. Bij een flux van 1 mm/dag is volgens MODFLOW de opbolling 14 cm maar volgens het kwadratisch verband 38 cm. Dus bijna een verdrievoudiging van de weerstand. Bij andere draindieptes volgen andere verhoudingen.

Voor zowel kleigronden als gronden met keileem geldt dat de doorlatendheid beneden drainiveau gering is. In ieder geval geldt dat voor drains boven op de keileem. Bij een verloop van de k met de diepte zoals in kleigronden is te verwachten zou je ook vlak boven drainniveau nog lagere k-waarden kunnen vinden en kan de weerstand zelfs meer dan kwadratisch afnemen met de opbolling. Ook zou je met deze kennis opnieuw moeten nadenken over het nemen van de mediaanwaarde voor de grondwaterstand waarmee je vergelijkt.

Voor zandgronden geldt dat de doorlatendheid van het dekzand lager is dan van het pakket daaronder dus daar is een lineaire relatie prima toepasbaar.

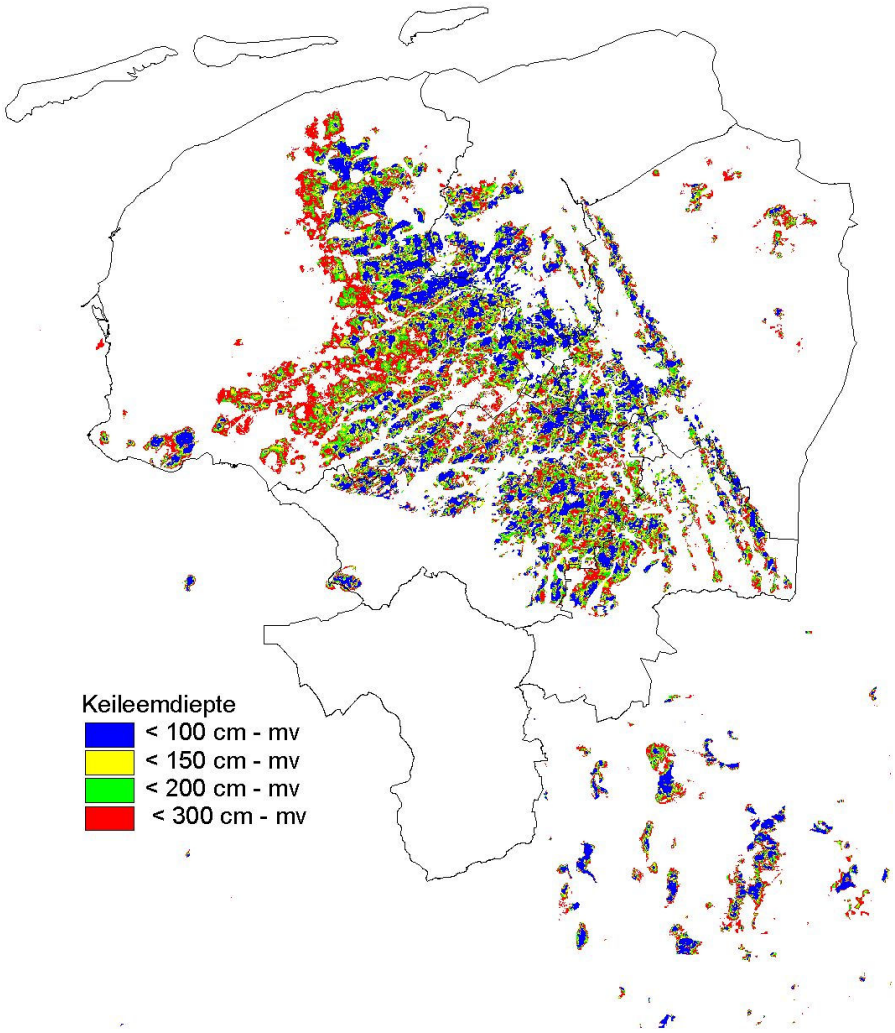
Op basis van deze overwegingen is voor kleigronden de weerstand van de buisdrainage voor de stationaire ijking met een factor 2,5 verhoogd, hiervoor is een kaart samengesteld voor gebieden waar dit fenomeen zich voordoet.

Allereerst zijn de kleigebieden bepaald, waarvoor dit fenomeen zou kunnen gelden, hierbij is gebruik gemaakt van de indeling in PAWN-eenheden, en zijn de PAWN-eenheden 15 t/m 18 geselecteerd. De gebieden zijn in onderstaande kaart weergegeven (figuur 5).



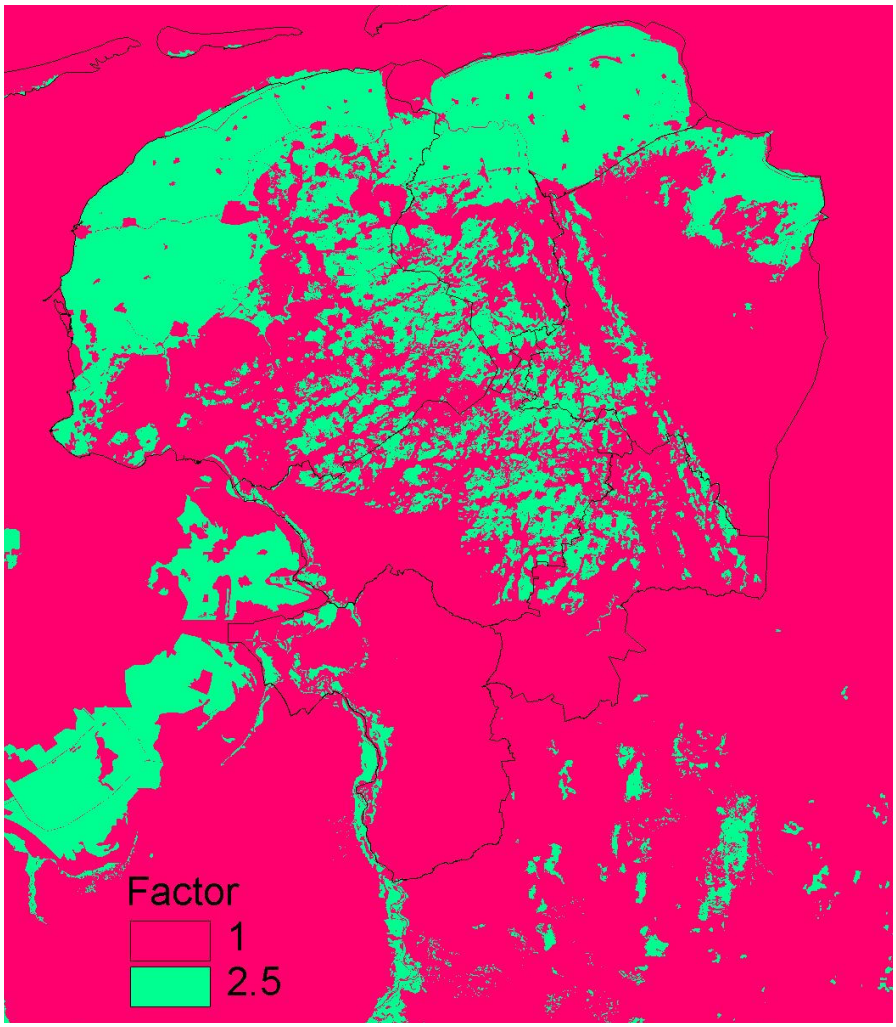
Figuur 6 Kleigebieden

Voor de keileemgebieden is gekeken naar het areaal met keileem binnen resp 300, 200, 150 en 100 cm –mv. Het areaal bij een begrenzing op 100 cm-mv tov 300 cm-mv verschilt aanzienlijk. Door de grens op 150 en 200 te leggen zien we een geringe toename tav het areaal bij 100 cm-mv. Er is daarom gekozen om uit te gaan van de begrenzing van 200 cm-mv.



Figuur 7 Begindiepte keileem

Deze beide basisgridkaarten (figuur 6 en 7) zijn vervolgens vergrid en samengevoegd tot één kaart met gebieden waar rekening moet worden gehouden met de niet lineariteit van de drainageweerstand, zie figuur 8.



Figuur 8 Gebieden waavoor de niet linariteit van de drainageweerstand is meegenomen

G.8 Greppels

Tijdens de ijking bleek dat greppels, welke niet in de Top10Vector opgenomen waren, niet als afwateringsniveau in MIPWA aanwezig waren. De zogenaamde maaiveldgreppels zijn vervolgens toegevoegd aan het drainagebestand.

Net als voor buisdrainage is voor begreppeling geen inventarisatie op perceelniveau beschikbaar. Een belangrijk verschil tussen begreppeling is dat deze zichtbaar is in het veld, op gedetailleerde luchtfoto's en op de hoogtekaart.

De hoogtekaart is gebruikt om een indicatie van begeppeling per perceel te maken. Door greppels krijgt een perceel een zeer onregelmatig maaiveld. De variatie in maaiveld hoogte over een perceel als geheel kan relatief klein zijn, maar de variatie in maaiveldhoogte over korte afstand is relatief groot.

Om dit in beeld te brengen is de standaarddeviatie van de hellingshoek van het AHN (5 meter grid) bepaald. Sloten, wegen en dergelijke zijn van te voren uit het bestand gefilterd. De standaarddeviatie van de hellingshoek is vervolgens gemiddeld per

perceel. Het bestand met landbouwpercelen is gebaseerd op de TOP10 vector. Een hogere waarde komt overeen met een onregelmatiger perceel.

Vervolgens is een grenswaarde (65) vastgesteld gerelateerd aan de visuele waarneembaarheid van greppels op de hoogtekaart (met hillshade). Op basis van deze grenswaarde zijn de percelen gegroepeerd naar percelen die met grote kans geen greppels bevatten (standaard deviatie < 65) en percelen die met grote kans wel greppels bevatten (≥ 65).

Resultaat levert een kaart op, die een redelijk beeld op, waar zich greppels bevinden. Het gaat onder andere fout op percelen

- met een bol maaiveld tussen sloten
- in situaties waarbij de grenzen van de percelen (top10vector) anders zijn, dan op basis van het AHN verwacht kan worden.
- vlakke percelen met sleufvormige greppels

De laatste situatie komt voor in een aantal natuurgebieden met hoge grondwaterstanden. Deze gebieden zijn los geïnventariseerd op de aanwezigheid van greppels met behulp van hoogtekaart en luchtfoto.

Aan de greppels zijn de volgende parameters toegekend:

- greppeldiepte 30 cm onder maaiveld;
- drainageweerstand: 45 dagen.

G.9 Literatuur

Bakel P.J.T, H. Massop, J. van der Gaast en J. te Beest, 2003.*Ontwatering in beeld. H2O*, 6-2003, 13- 15.

Boerefijn M. en C. de Graaf, 2006. *Inventarisatie buisdrainage in het MIPWA projectgebied.* TAUW, Utrecht.

Elsevier bedrijfsinformatie en Vereniging voor Landinrichting, 2000. *Cultuurtechnisch Vademecum, Handboek voor inrichting en beheer van het landelijk gebied.* Krips, Meppel.

Grontmij, Waterschap Rijn en IJssel en Provincie Gelderland, 1998. *Waterkansenkaart; Water en de locatiekeuze voor wonen en werken toegepast op de Zuidelijke Oude IJsselstreek.*

Massop H. Th. L., 2001*, Drainagekaart Noord-Brabant. Toekenning van buisdrainage gebaseerd op statistische kenmerken uit veldonderzoek in een beperkt aantal proefgebieden, aangevuld met gebiedsdekkende inventarisaties en expert kennis.*

Massop H. Th. L. en J. G. te Beest, 2001*, Informatie-inwinning oppervlaktewater-stelsel; Kenmerken van het tertiair ontwateringsstelsel in Noord-Brabant.*

Massop, H.Th.L. 2002. *Landelijke karakterisering buisdrainage.*

Vos S.F., S.A. Kroes en K. Kooistra, 2005 *Drainage in Fryslân. Inventarisatie van de drainagesituatie in Friesland van nu en in de toekomst.* Oranjewoud.

.

.

H Onttrekkingen

H.1 Kleine onttrekkingen

Alle onttrekkingen groter dan 50.000 m^3/jaar (circa 5 m^3/uur) worden meegenomen in het Casco-model.
In het modelgebied bevinden zich een groot aantal (zeer) kleine onttrekkingen die niet tot nauwelijks van invloed zijn op de grondwaterstand en/of de grondwaterstroming. Ter indicatie: Van de 371 onttrekkingen in Friesland hebben er 340 (91%) een omvang van minder dan 50.000 m^3/jaar. Samen onttrekken deze kleine onttrekkingen 0,66 Mm3/jaar (1,1% van het totaal). Er zijn een aantal redenen waarom deze kleine onttrekkingen niet in het Casco-Model worden meegenomen:

1. het betreft een Casco model met een bovenlokaal detailniveau terwijl de invloed van dergelijke kleine onttrekkingen zeer lokaal is.
2. gegevens van kleine onttrekkingen zijn meestal niet gedetailleerd/betrouwbaar beschikbaar. Voor meldingen geldt bijvoorbeeld dat meestal niet het werkelijke debiet is geregistreerd maar het verwachte debiet. Daarnaast is van kleine onttrekkingen ook de locatie van de onttrekking niet altijd betrouwbaar bekend.
3. De kleine onttrekkingen betreffen voor een groot deel beregeningen welke in het Casco model worden geschat binnen het grondwateraanvullingsconcept (Bijlage D).

Als grens wordt gehanteerd een onttrekking van 50.000 m^3/jaar (circa 5 m^3/uur). Deze grens is algemeen geaccepteerd en is onder meer toegepast bij het aangrenzende model van het beheersgebied van Waterschap Regge en Dinkel.

H.2 Koude Warmteopslag

(Netto) onttrekking ten behoeve van Koude-Warmteopslag wordt niet meegenomen in het Casco-model.
Bij koude-warmteopslag wordt in enkele gevallen netto enig grondwater onttrokken. Bijvoorbeeld voor spoeling. De omvang hiervan is echter in alle gevallen minder dan de hierboven gestelde grens van 50.000 m^3/jaar. In het hele deelstroomgebied Rijn-Noord wordt bijvoorbeeld totaal 30.000 m^3/jaar onttrokken ten behoeve van KW-opslag. Dat is 0,04% van de totale onttrekking in Rijn Noord (Karakterisering van het grondwater in deelstroomgebied Rijn-Noord). Voor Rijn Oost zijn deze getallen respectievelijk 10.000 m^3/jaar en 0,0003%.

H.3 Bestaande zandwinplassen

Zandwinplassen waaruit jaarlijks meer dan 50.000 m^3 grondwater wordt onttrokken worden meegenomen in het Cascomodel.
Er zijn zandwinplassen waaruit water wordt onttrokken. Als dit water, behalve door neerslag, alleen door grondwater wordt aangevuld is sprake van een grondwateronttrekking. Dergelijke onttrekkingen worden meegenomen als de omvang groter is dan 50.000 m^3/jaar. Overigens wordt de verdamping uit

zandwinplassen (en ander oppervlaktewater) verdisconteerd bij de grondwateraanvulling.

H.4 Zandwinplassen in ontwikkeling

Zandwinplassen die nog in ontwikkeling zijn worden niet meegenomen in het Casco-model.
Bij enkele zandwinplassen wordt nog gegraven. Het verwijderde zand wordt daar aangevuld vanuit het grondwater en/of vanuit het oppervlaktewater. In het eerste geval is sprake van een grondwateronttrekking. Het gaat in het kader van deze studie (doel: cascomodel) te ver om ontgravingscijfers te verwerken tot onttrekkingscijfers.

H.5 Tijdelijke onttrekkingen

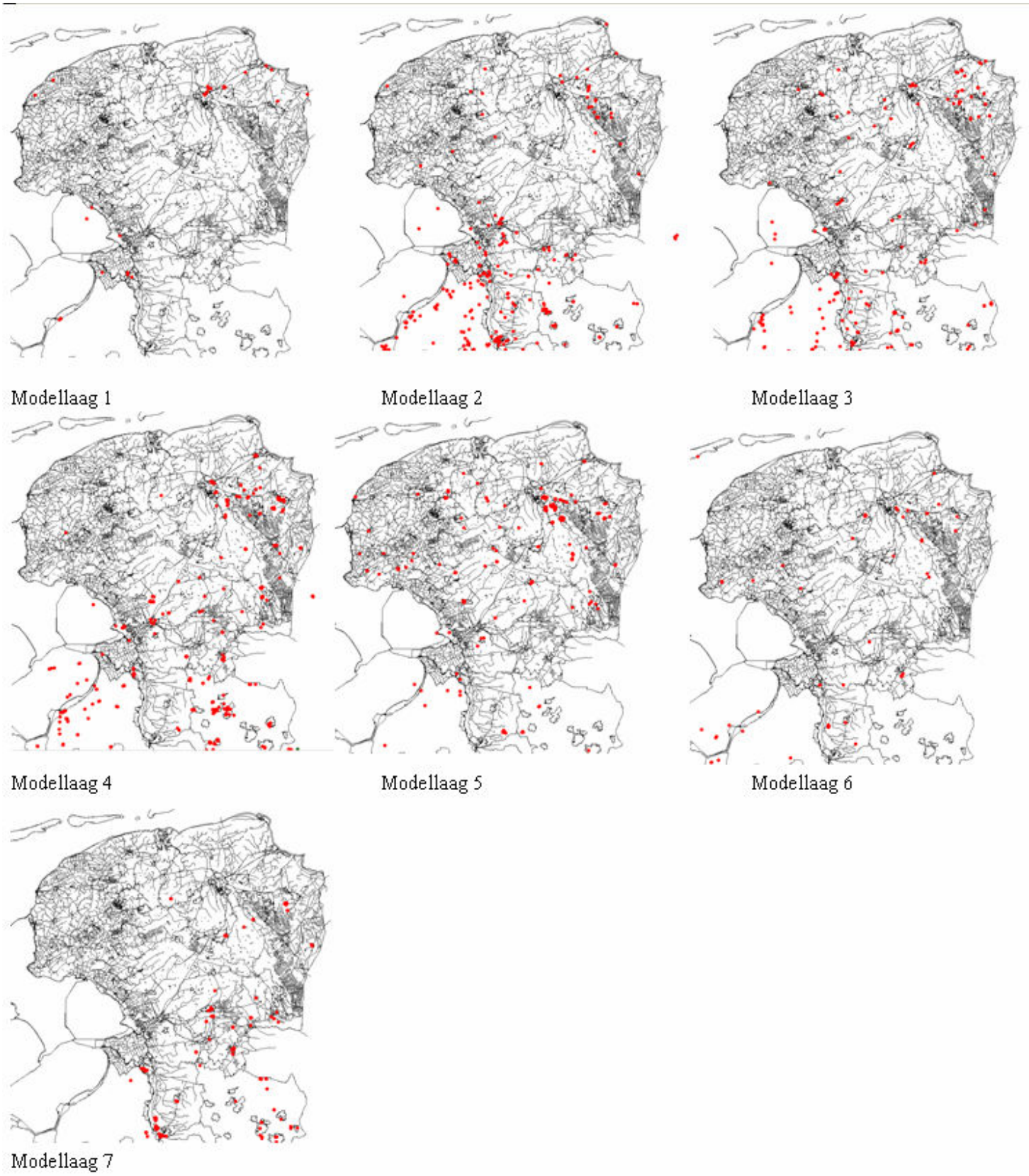
Tijdelijke onttrekkingen met een omvang groter dan 50.000 m^3/jaar worden meegenomen in het Casco-model
Alle onttrekkingen groter dan 50.000 m^3/jaar worden meegenomen, dus ook als een onttrekking slechts 1 of 2 jaar in actief is geweest. Wel is het zo dat de jaren dat er minder dan 50.000 m^3/jaar werd onttrokken buiten beschouwing worden gelaten. Of de tijdelijke onttrekkingen ook daadwerkelijk onderdeel uitmaken van het stationaire of niet stationaire model hangt af van de modelperiode in relatie tot de onttrekkingsperiode.

H.6 Beregeningen

De exacte locaties en hoeveelheden van beregeningsputten zijn niet voor het gehele MIPWA gebied bekend. Locaties en hoeveelheden worden daarom geschat op basis van de berekening van de grondwateraanvulling, zie bijlage D.

H.7 Resultaten

In Figuur 1 zijn de locaties van de onttrekkingen in het MIPWA model weergegeven per modellaag.



Figuur 1 – Locaties onttrekkingen per modellaag

I Beregening

I.1 Beregening in een stationaire situatie

Om het effect van beregening op het grondwater in de stationaire situatie te benaderen is de netto grondwateraanvulling aangepast. Deze is hoger dan de grondwateraanvulling in een onberegende situatie; beregening is nooit voor 100% effectief, een deel van het beregeningswater percoleert uiteindelijk naar het freatische grondwater en bovendien zal er door de beregening minder water capillair opstijgen.

Allereerst is er bepaald in welke gebieden wordt beregend. Hiervoor is de kennis uit het STONE-instrumentarium gebruikt. Dit levert in eerste instantie een kaart op met gridcellen van 250 meter. Het bestand is m.b.v. het landgebruiksgrid neergeschaald. Dit houdt in dat beregening alleen mogelijk is gemaakt voor de landgebruiksvormen grasland en bouwland.

Er wordt in de beregening aan/uit onderscheid gemaakt tussen beregening uit oppervlaktewater en grondwater, omdat beregening uit het grondwater wordt verdisconteerd in het grondwatersysteem, uit oppervlaktewater niet. De uitgangsituatie is dat er uit het oppervlaktewater wordt beregend als er sprake is van wateraanvoer, behalve in gebieden waar vanwege bijvoorbeeld bruinrot niet uit het oppervlaktewater wordt beregend. De kaart is door de waterschappen nagekeken en op enkele plaatsen aangepast.
De grootte van de beregening hangt af van de hydrologische condities. We veronderstellen het volgende: de grondwatertrappen I/II worden niet beregend, de grondwatertrappen III/IV krijgen 60 mm per jaar, de grondwatertrappen V en hoger 100 mm per jaar.
De neerslagaanvulling wordt als volgt berekend: we veronderstellen dat 10 % van onttrekking verloren gaat en dat netto 50 % van het onttrokken water extra wordt verbruikt door de gewassen. 40 % van de beregeningsonttrekking komt weer terug in het grondwatersysteem. Dit is bewerkstelligd door deze term op te tellen bij de grondwateraanvulling.

I.2 Beregening in een niet-stationaire situatie

Voor de beregening in het niet-stationaire model wordt het beregeningsalgoritme van CAPSIM gebruikt. Volgens dit algoritme wordt er beregend als aan de volgende voorwaarden is voldaan:
1. Het betreft een cel waar beregening mogelijk is;
2. De datum valt binnen de beregeningsperiode;
3. Er is een vochttekort in de wortelzone zodanig dat de beregening wordt geactiveerd; dit wordt per rekentijdstap (1 dag) bepaald door het model.

De nettogift is gelijk aan een vooraf opgegeven beregeningsgift (2 mm per dag) verminderd met een beregeningsverlies (10 %). De onttrekking wordt in het geval van beregening uit grondwater on-line doorgegeven aan het grondwatersysteem.

De start- en einddatum kunnen verschillen per gewas volgens onderstaande Tabel 1.

Tabel 1 – Inschatting start- en eindtijden van beregening per landgebruikstype.

Landgebruik	**Start**	**Eind**
Gras	15 mei	1 oktober
Aardappelen	1 juli	1 september
Bieten	1 juli	1 september
Overig*	1 mei	1 september

Een boer besluit tot beregening als hij verwacht dat de kosten van de beregening lager zijn dan de baten. Dit is een economische afweging die wij in het modelconcept vertalen in een fysische trigger, een maat voor de droogte van de wortelzone. Deze is gebaseerd op expert judgement. Als de pF boven 2,5 uitkomt, gaat de beregeningstrigger in werking.

J IJking

J.1 Werkwijze

J.1.1 IJkset

Voor de ijking (stationair en niet-stationair, zie hieronder) zijn zo veel mogelijk betrouwbare meetreeksen ingewonnen. Betrouwbaar wil hier zeggen dat de meetreeksen ruimtelijk en temporeel passen bij het modelgebied en de modelperiode. Hiertoe is uit de DINO database en de door diverse partijen aangeleverde datasets een selectie gemaakt van meetlocaties die een temporeel en ruimtelijk representatieve schatting leveren van de gemiddelde grondwaterstand in de stationaire periode 1989-2001. Deze selectie is gemaakt op basis van een aantal criteria:

Meetreeks moet metingen bevatten binnen de stationaire periode 1989-2001.
Om een representatieve schatting van de gemiddelde grondwaterstand c.q. stijghoogte te verkrijgen dient er tenminste in de stationaire periode gemeten te zijn. Is dit niet het geval, dan kan de betreffende locatie niet gebruikt worden voor de ijking van het stationaire grondwatermodel.

Indien aan bovenstaand criterium wordt voldaan, wordt er in meer detail gekeken naar het aantal metingen en de reekslengte in de betreffende periode. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee situaties: locaties waarbij de grondwaterstand wordt beïnvloed door onttrekkingen en locaties waarbij dit niet het geval is. Indien gedurende de stationaire periode de stijghoogte is veranderd als gevolg van onttrekkingen, dan is er een lange meetreeks nodig om het gemiddelde over de gehele periode te bepalen, dan indien dit niet het geval is. Om te bepalen of de grondwaterstand op een meetlocatie wordt beïnvloed door onttrekkingen, is gebruik gemaakt van stationaire modelresultaten. De grens voor wel/geen invloed van onttrekkingen is gesteld op 5 cm verlaging.

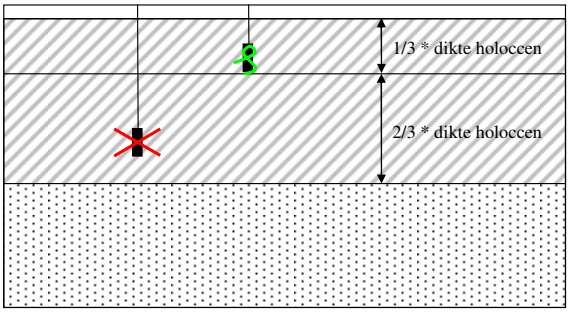
Indien een meetlocatie meer dan 5 cm verlaging heeft ten gevolge van onttrekkingen dan moet de meetreeks voor 1992 beginnen, na 1998 eindigen en in minimaal 8 verschillende jaren metingen hebben.
Op deze wijze beslaat de meetreeks het grootste deel van de stationaire periode en zullen niet-stationaire effecten ten gevolge van onttrekkingen door de metingen gerepresenteerd worden.

Indien een meetlocatie minder dan 5 cm verlaging heeft ten gevolge van onttrekkingen, dan moet de meetreeks in minimaal 4 verschillende jaren metingen hebben.
Als er niet of nauwelijks sprake is van een verlaging, dan mag ervan uitgegaan worden dat binnen de stationaire periode de meetreeks daadwerkelijk stationair is. In dat geval kan een meetreeks van vier jaar al voldoende zijn om een schatting te maken van het stationaire gemiddelde. Dit criterium is aanmerking minder “streng” dan voorgenoemd criterium, waardoor meer meetlocaties geselecteerd kunnen worden.

Het meetfilter moet aan een modellaag toegekend kunnen worden.
Tijdens de ijking worden berekende stijghoogten vergeleken met metingen. De metingen moeten daarom toegekend worden aan modellagen. Dit gebeurt op basis van

beschikbare filterdieptes en de laagindeling zoals in het model is gebruikt. Hierbij worden filters aan een laag toegekend, indien tenminste het hart van het filter in een watervoerend pakket ligt.

Uit eerdere modelonderzoeken (bijvoorbeeld in Utrecht) is gebleken dat ijken op meetwaarden in de Holocene deklaag vaak lastig is. De weerstand neemt geleidelijk toe van de bovenkant naar de onderkant in de laag. Wanneer gemeten wordt dan zal bovenin een andere druk worden gemeten dan onderin. In het model is de eerste modellaag een dubbellaag: zowel watervoerend als scheidend. De laag wordt echter geschematiseerd als ware dat de watervoerendheid boven de scheiding ligt. Dit betekent dat metingen onder uit de deklaag eigenlijk niet representatief zijn voor de modelberekeningen omdat deze slechts een beperkt deel van de scheidende laag onder zich hebben in werkelijkheid. Daarom zijn alleen metingen uit het Holoceen gebruikt die in de bovenste derde van het holocene pakket liggen (Figuur 1).



Figuur 1 – Alleen meetfilters uit de bovenste derde van de holocene deklaag worden gebruikt om op te ijken.

Een andere uitzondering in de laagtoekenning en selectie van metingen is de Zuidoost hoek van de Hondsrug en de omgeving van Bargerveen. Hier is gedurende de ijking gekozen voor een nieuwe schematisatie waarbij Holoceen materiaal en Drente Gieten Keileem gezamenlijk de eerste modellaag vormen. Op basis van deze nieuwe schematisatie zijn alle meetfilters die in het watervoerend pakket tussen deze lagen liggen verwijderd uit de ijkset.

De meetlocatie moet minimaal 100m vanaf een onttrekking liggen.
Het model rekent met een grid van 25 bij 25 m. Dit betekent dat er rond onttrekkingen niet exact een pompkegel gemodelleerd wordt. Dicht bij onttrekkingen (straal van 100 m) zal het model dus numerieke afwijkingen geven ten opzichte van de metingen. Om te voorkomen dat deze metingen onterecht aanpassingen in ondergrondparameters veroorzaken, worden deze meetlocaties niet meegenomen tijdens de ijking.

De meetlocatie moet minimaal 25m vanaf een waterloop liggen.
Wanneer een meting in dezelfde cel ligt als een waterloop dan is het model in deze cel nauwelijks gevoelig voor de te ijken parameters. Deze meetlocaties worden daarom niet gebruikt worden tijdens ijking.

Ter plaatse van de meetlocatie mag geen schijngrondwaterspiegel aanwezig zijn.
Aan de hand van modeluitkomsten en de ligging van keileem en potklei wordt vastgesteld of er mogelijk schijngrondwaterspiegels aanwezig zijn ter plaatse van de meetlocatie. Aangezien het concept van schijngrondwaterspiegels niet in het model is meegenomen, is de gemeten grondwaterstand niet representatief voor wat het

grondwatermodel beschrijft. Daarom wordt een meetlocatie waar de aanwezigheid van schijngrondwaterspiegels waarschijnlijk is, niet meegenomen tijdens de ijking.

De meetreeks dient van goede kwaliteit te zijn.
Een meetreeks is kwalitatief goed als

- er geen grote uitbijters aanwezig zijn,
- er geen grote sprongen in zitten,
- er geen extreme variatie in de dynamiek zit,
- de locatie representatief is voor de omgeving (op basis van informatie van meetnetbeheerders).

J.1.2 Stationaire ijking

Voor de stationaire ijking is gebruik gemaakt van de Representer methode. De kD- en c-waarden van alle modellagen zijn met deze methode geoptimaliseerd op basis van de gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten in de geselecteerde meetreeksen (paragraaf J.1.1). In verband met de lange rekentijden is voor de stationaire ijking opgeschaald naar 1000x1000 m. Aanpassingsfactoren zijn op deze schaal bepaald en worden op de fijne schaal vermenigvuldigd met de initiële kD- en c-waarden waardoor lokale variaties behouden blijven.

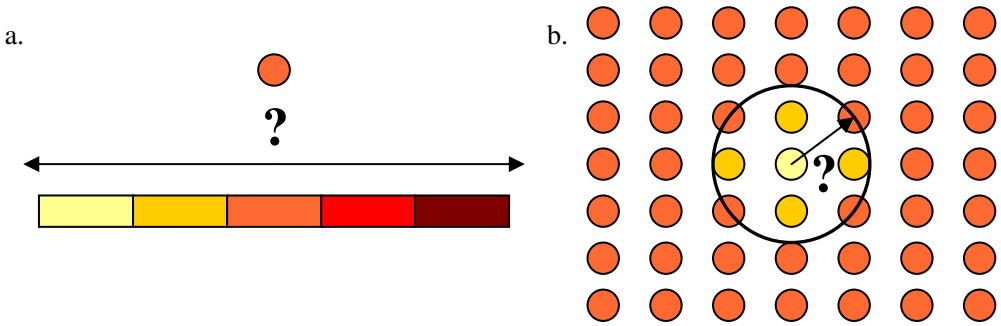
Representers zijn functies die de relatie tussen de ruimtelijke variatie van modelparameters en individuele metingen beschrijven (Valstar, 2001). Het voordeel van de Representer Methode is dat geen zones met een gelijke parameterwaarde gedefinieerd hoeven te worden en dat de in de stijghoogtemetingen aanwezige informatie over parameterwaarden optimaal benut wordt. Dit is de kracht van de Representer methode: op een zeer slimme manier de gevoeligheid tussen parameters en metingen vertalen in een optimale ‘zonering’ en op basis hiervan de parameterwaarden aanpassen.
De mate van aanpassing hangt af van keuzen van de modelleur. De kwaliteit van het geijkte model hangt net als bij willekeurige andere ijkmethoden af van de kwaliteit van het uitgangsmodel en de hoeveelheid en de kwaliteit van de metingen. Wel ‘kijkt’ de representer methode genuanceerder dan enig andere (automatische) methode, zodat de kwaliteit van de metingen optimaal wordt benut en wat misschien wel belangrijker is, is dat het ontbreken van kwaliteit van het uitgangsmodel eerder wordt afgestraft en de methodiek de modelleur op deze wijze beter signaleert dat het concept en niet de parameters moeten worden verbeterd.

Een uitgebreidere technische beschrijving van de Representer Methode is terug te vinden in J.R. Valstar (2001): ‘Inverse modeling of groundwater flow and transport’, Proefschrift TU Delft.

De bandbreedten rond de initiële kD- en c-waarden zijn gebaseerd op de onzekerheden die binnen REGIS aan de inschatting van deze parameters worden toegekend. Hiertoe zijn 132 regio’s vastgesteld waarin de sedimenten gelijksoortige bandbreedten kennen, dat wil zeggen dat binnen deze regio’s de parameters een bepaalde maximale aanpassing mogen ondergaan. Waar deze aanpassing gebeurt hangt af van de metingen in en rond de betreffende regio (de afwijkingsruimte, zie hieronder).

De bandbreedten bestaan uit de zogenaamde aanpassingsruimte van de parameters, verdeelt in twee typen: ‘sill’ en ‘range’ (Figuur 2). De ‘Sill’ bepaalt hoe ver een

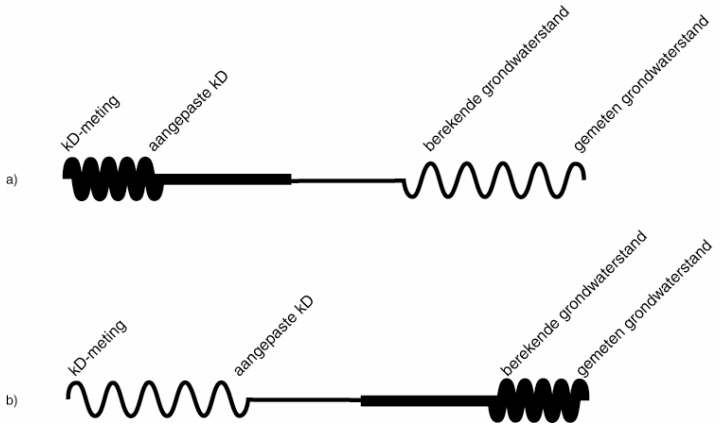
parameterwaarde mag afwijken van zijn initiële waarde (een variantie). In principe geeft de sill aan hoe veel geloof er aan de initiële waarde wordt gehecht. De 'Range' bepaalt over welke afstand de parameters in gridcellen mee moeten veranderen met een aanpassing in een nabij gelegen gridcel (een correlatielengte). De range bepaalt hoeveel ruimtelijke samenhang er is in het parameterveld: uniforme pakketten hebben een veel grotere ruimtelijke samenhang dan rommelig afgezette pakketten.



Figuur 2 – Schematische weergave van de aanpassingsruimte van parameterwaarden: a. sill en b. range.

Naast de aanpassingsruimte van de te ijken parameters moet er voor de ijking ook een afwijkingsruimte bepaald worden voor de metingen. De afwijkingsruimte geeft aan hoe dicht een meting benaderd moet worden tijdens de ijking. Deze afwijkingsruimte hangt af van de paragraaf J.1.1 van de variatie binnen de gemeten tijdreeks: sterk variërende reeksen krijgen een grote afwijkingsruimte, heel vlakke tijdreeksen daarentegen krijgen een heel kleine afwijkingsruimte toebedeeld.

De afwijkingsruimte van de metingen en de aanpassingsruimte van de parameters zijn concurrerende krachten tijdens de ijking. Hele kleine residuen kun je bereiken door de toe te laten afwijkingsruimte heel klein te maken, maar dat betekent dat er mogelijk grote veranderingen van de parameters (grote aanpassingsruimte) nodig zijn. Dit geldt ook omgekeerd. In Figuur 3 is getracht de werking van de balans tussen afwijkingsruimte en aanpassingsruimte weer te geven in de vorm van twee concurrerende veren.



Figuur 3 – Visualisatie van de balans tussen de aanpassingsruimte van een kD-waarde en de afwijkingsruimte van een grondwaterstandmeting; a.kleine aanpassingsruimte voor kD-waarde; b. kleine afwijkingsruimte voor grondwaterstandmeting.

IJken met de Representer methode werkt iteratief. De Representer software zorgt voor de parameteraanpassing, maar geeft door middel van vreemde voorgestelde aanpassingen ook inzicht in verbeterpunten van het modelconcept. Modelanalyse wisselt de ijking met de Representer methode dan ook af. Tijdens de modelanalyseronden werd het model getoetst op (zie hiervoor de hoofdtekst paragraaf 3.4.2):

- Ballenkaarten van de afwijkingen in berekende gemiddelde grondwaterstanden / stijghoogten en;
- Kaarten van de belangrijkste fluxen: kwel-/wegzijging en waterlopen;

J.1.3 Niet-Stationaire ijking

Niet-stationair is het model geijkt op zowel de dynamiek als de gemiddelde grondwaterstand. Hiervoor is PEST gebruikt. In verband met de lange rekentijden is ook tijdens de niet-stationaire ijking het model opgeschaald naar 1000x1000 m. Aanpassingsfactoren zijn op deze schaal bepaald en worden op de fijne schaal vermenigvuldigd met de initiële parameters waardoor lokale variaties behouden blijven.

De niet-stationaire ijking is getoetst op de volgende kaartbeelden:

- Ballenkaarten van de afwijkingen in berekende gemiddelde grondwaterstanden;
- Staafdiagrammen van de berekende en gemeten dynamiek;
- Tijd-stijghoogtelijnen van initieel model en geijkte varianten voor grondwaterstanden en diepere stijghoogten.

Tijdens de ijking van het niet-stationaire model zijn er grofweg twee ‘knoppen’ waaraan gedraaid kan worden:

1. Modellering van de onverzadigde zone;
2. Drainageweerstand van de waterlopen.

Ad 1. Modellering van de onverzadigde zone
Het onverzadigde zone model CAPSIM maakt onderscheid tussen 23 verschillende bodemfysische eenheden. Deze eenheden zijn weergegeven in Figuur 1. Iedere bodemfysische eenheid bevat een set parameters. De waarden in CAPSIM zijn een gemiddelde van deze metingen. Rond deze gemiddelde waarden zit echter ook een bandbreedte. De parameters met de grootste bandbreedte zijn:

1. **Freatische bergingscoëfficiënt**. Bepaalt hoe sterk de grondwaterstand reageert op stress-termen.
2. **Bergingsvolume in de wortelzone**. Heeft invloed op o.a. verdamping en de grondwateraanvulling.
3. **Capillaire flux**. Bepaalt de mate waarin capillaire opstijging kan plaatsvinden.

Deze drie parameters worden dan ook in de niet-stationaire ijking geoptimaliseerd

Ad 2. Drainageweerstand van de waterlopen
De drainageweerstand van de waterlopen beschrijft de weerstand die grondwater ondervindt in de stroming van en naar waterlopen. Evenals bij de parameters in de onverzadigde zone geldt hier dat er een bandbreedte is rond de gebruikte weerstandswaarden.

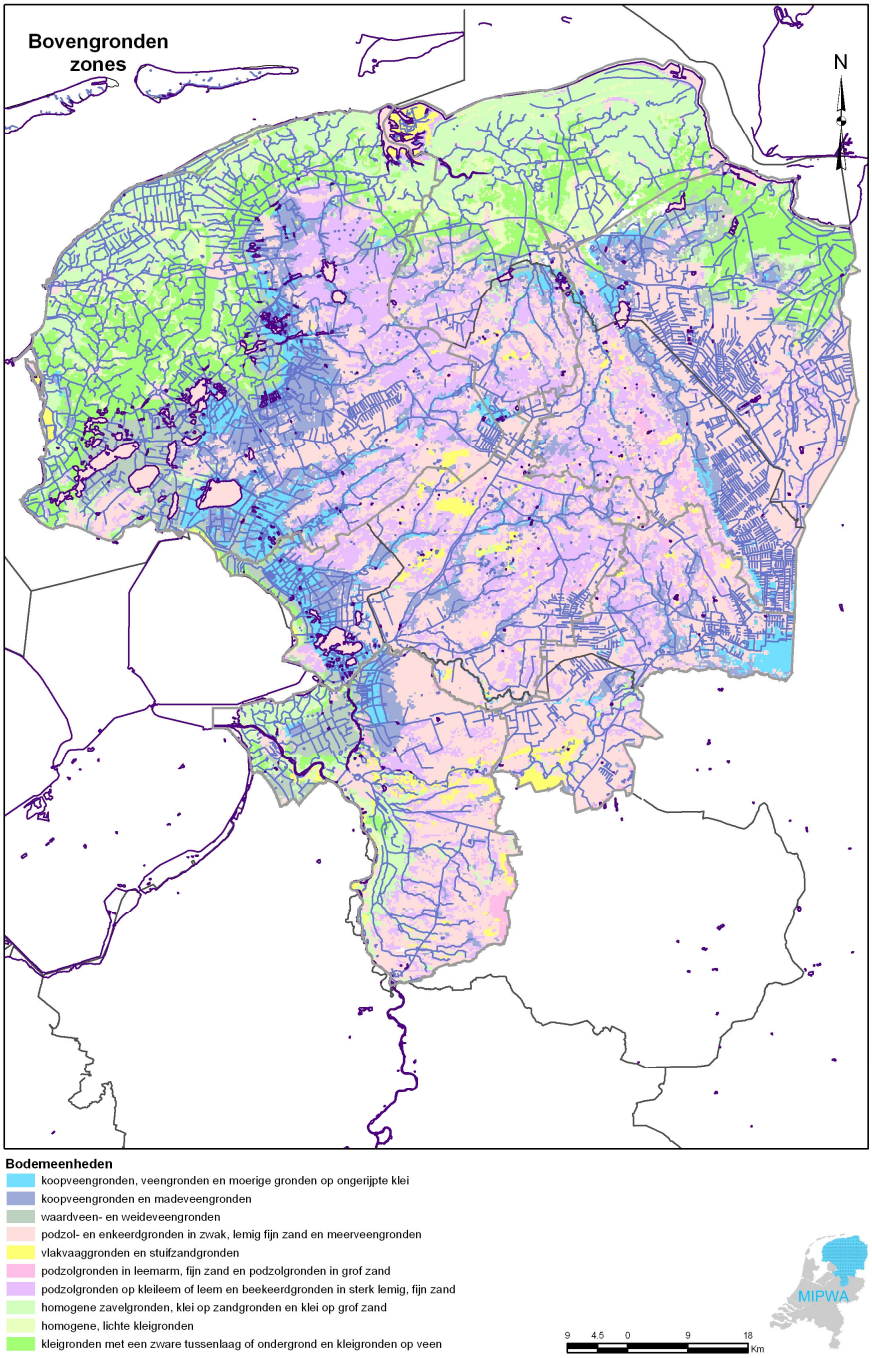
In totaal zijn er dus 4 parameters waarmee we het niet-stationaire model willen gaan ijken. Voor elke van deze parameters zijn door Alterra onder- en bovengrenzen voor de aanpassing aangegeven. Deze waarden zullen als randvoorwaarden worden meegenomen. Tabel 1 toont per parameter deze onder- en bovengrenzen.

Tabel 1 – IJkingsparameters met boven- en ondergrens

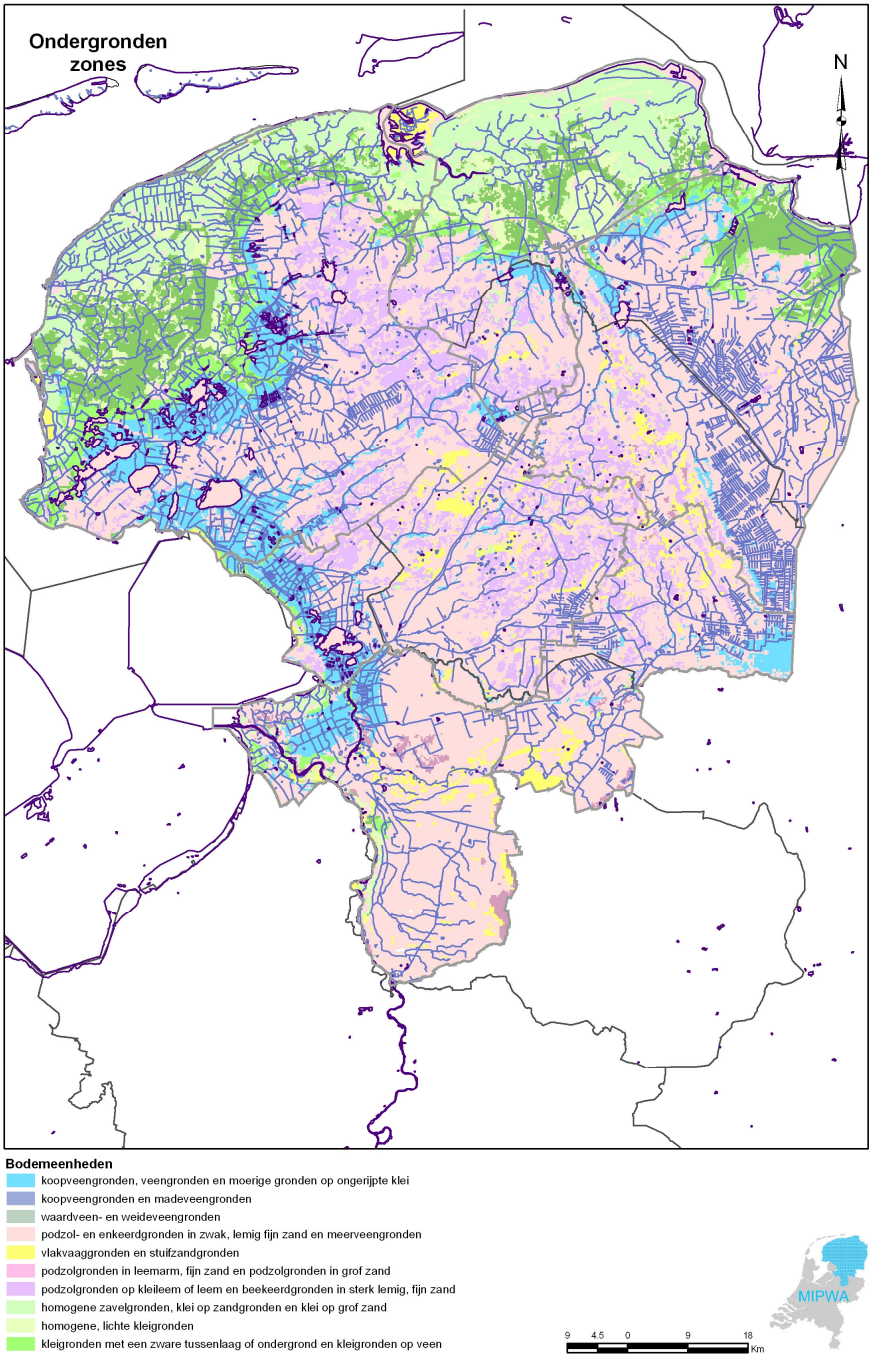
Parameter	**Ondergrens aanpassingsfactor**	**Bovengrens aanpassingsfactor**
Freatische bergingscoëfficiënt	0.50	2.00
Bergingsvolume in wortelzone	0.50	2.00
Capillaire flux	0.25	1.50
Weerstand waterloopbodem	0.20	5.00

Zonering parameters onverzadigde zone
Zoals in de vorige paragraaf is aangegeven, bevat elke bodemfysische eenheid drie te ijken parameters. CAPSIM onderscheidt 23 verschillende bodemfysische eenheden. Indien de parameters in al deze eenheden los van elkaar aangepast mogen worden, dan zou dit 20 maal 3 = 60 te ijken parameters opleveren. Sommige eenheden lijken echter op elkaar en kunnen geclusterd worden. Let wel: CAPSIM blijft wel met 23 losse bodemfysische eenheden rekenen. De clustering betreft hier slechts de parameteraanpassing. Eenheden die in één cluster liggen krijgen dus een gelijke aanpassing van de betreffende modelparameter.
De clustering heeft twee voordelen. Allereerst ontstaan er minder correlaties tussen eenheden. Dit maakt het optimalisatieprobleem makkelijker oplosbaar. Ten tweede zijn door samenvoeging van zones, meer metingen per zone beschikbaar. Dit verkleint de kans op ‘overfitten’ van parameters.

Een voor de hand liggende criterium voor het samenvoegen van bodemfysische eenheden is de bodemopbouw. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de bovengrond (over het algemeen de bovenste decimeters) en de ondergrond (tot ca 120-200 cm beneden maaiveld). De parameter ‘bergingsvolume in de wortelzone’ is geclusterd op basis van de bovengrond. Dit levert 10 zones op (Figuur 4). Voor de andere twee parameters is de ondergrond een goede basis voor clustering. Ook dit levert 10 zones per parameter op (Figuur 5). Hiermee komt het totaal aantal te ijken parameters voor de onverzadigde zone op 30.



Figuur 4 – Indeling bovengronden in 10 zones ten behoeve van PEST niet-stationaire ijking.



Figuur 5 – Indeling ondergronden in 10 zones ten behoeve van PEST niet-stationaire ijking.

Zonering drainageweerstand waterlopen
De zonering ten behoeve van de waterlopen is uitgevoerd in twee stappen. Allereerst wordt onderscheid gemaakt tussen legger en niet-legger waterlopen. Dit is gebaseerd op het feit dat legger waterlopen in ieder geval periodiek worden 'geschoond'; van niet-legger waterlopen is dit niet altijd bekend.
Ten tweede is de ondergrond onderscheidend. Hiervoor is gebruik gemaakt van de geologische overzichtskaart van Nederland die is gebaseerd op boringen tot 5 m minus maaiveld. Figuur 3 bevat de ondergrondzonering op basis van deze kaart. Deze vijf zones leveren samen met het onderscheid legger/niet-legger 10 te ijken parameters op.

Het totaal aantal parameters waarmee geijkt is:
30 (CAPSIM parameters) + 10 (drainageweerstand waterlopen) = 40.

J.2 Resultaten

J.2.1 IJkset

In totaal zijn er 8171 meetreeksen gebruikt tijdens de ijkingsronden (Tabel 2).

Tabel 2 – Aantal meetreeksen gebruikt voor ijking per modellaag.

modellaag	aantal
1	636
2	3341
3	1816
4	1161
5	531
6	275
7	411

In digitale bijlage L is een shapefile met het selectieset voor ijking opgenomen.

J.2.2 Stationaire ijking

Tijdens het MIPWA traject zijn ca. 40 keer iteraties van modelanalyse en parameter aanpassing met de Representer uitgevoerd totdat MIPWA versie 1.0 bereikt was. Belangrijke conceptuele verbeteringen die tijdens de ijking en de modelanalyseronden naar boven kwamen waren:

- Greppels maakten ten onrechte initieel geen deel uit van het oppervlaktewatersysteem in het model, omdat deze ontbraken in de basisdata (Top10Vector) (zie bijlage G);
- Anisotropie werd initieel alleen toegekend aan gestuwde pakketten (REGIS Dtc). Op basis van kennis uit modellen van de Hondsrug is anisotropie ook in de Hondsrug toegekend (zie bijlage C.3);
- Van enkele parelmodellen (zie bijlage C.4) bleek dat de parameterinformatie niet goed samen te voegen was met het MIPWA model. Daarom is besloten deze parels minder weging toe te kennen tijdens de ijking (m.n. rond Oldeholtpade en Noord-Bergum);

- De weerstand van de deklaag kende in sommige holocene veengebieden en beekdalen erg lage waarden. De weerstand is verbetert door kennis van de lokatie van historische natte natuurgebieden toe te voegen (zie bijlage C.5).
- Meren en plassen zijn apart behandeld, zodat deze niet ten onrechte water kunnen afvoeren uit het grondwatersysteem als dit in werkelijkheid ook niet zo is. Hiertoe is een automatische routine ontwikkeld waarmee met ca. 80% zekerheid kan worden vastgesteld of een meer kan afvoeren of niet;
- De kwaliteit van de modelresultaten in de kustzone langs de Waddenzee bleven na diverse ijkronden achter bij de rest van het gebied. Daarom is een aanpassing gedaan in de peilen van de niet-leggerwaterlopen en de diepteligging van de buisdrainage en greppels aan de hand van de uit het AHN afgeleide peilen. Dit is voor het gehele modelgebied uitgevoerd (zie bijlage E.4);

Daarnaast zijn ruim 300 lokale reacties verwerkt die via iMOD, email, telefoon of tijdens workshops zijn binnengekomen.

In de ballenkaarten (in digitale bijlage L) zijn de afwijkingen tussen model en meting weergegeven:
- Rode ballen: model te hoog;
- Blauwe ballen: model te laag;
- Het getal geeft het aantal meters afwijking weer.

Opvallende regio's op basis van deze kaarten:
- Laag 1:
  - Kustzone grotendeels kleine afwijkingen;
  - Verspreidvoorkomend in centraal deel van het gebied grote(re) blauwe afwijkingen, waarschijnlijk samenhangend met schijnspiegelvoorkomens;
- Laag 2:
  - Met name in Salland een zeer effen beeld van kleine afwijkingen;
  - In hogere gebieden hier en daar grote(re) blauwe afwijkingen.
- Laag 3:
  - Merendeels kleine afwijkingen;
  - Rond enkele winningen en Fochteloerveen iets grotere afwijkingen (rood en blauw);
- Laag 4 en 5:
  - Merendeels kleine afwijkingen;
  - Rood cluster in zuid-west Friesland (reden onbekend);
- Laag 6 en 7:
  - Weinig metingen, alleen nabij pompstations;

De statistieken van de afwijkingen (Tabel 3) laten zien dat er gemiddeld een kleine afwijking is tussen model en meting. Voor laag 2 tot en met 7 bevat het model geen structurele afwijking (grotendeels te laag of te hoog; grotendeels blauwe of rode ballen). Voor laag 1 is dit wel het geval. Het gemiddelde van de afwijkingen in laag 1 is -0.24 m. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het minder goed modelleren van schijnspiegellocaties. Het model geeft in schijnspiegellocaties op veel plaatsen een te lage grondwaterstand (blauwe ballen in ballenkaarten).
Tabel 3 laat verder zien dat 25% van de afwijkingen tussen model en meting kleiner is dan 10 cm en 75% van de afwijkingen tussen model en meting kleiner is dan 45 cm. Dit is voor een regionaal model een goede score.

Tabel 3 – Resultaat stationaire ijking, statistieken van residuen in [m] (afwijking = model – meting; negatief = model droger dan werkelijkheid; positief = model natter dan werkelijkheid) (alleen locaties binnen MIPWA interessegebied).

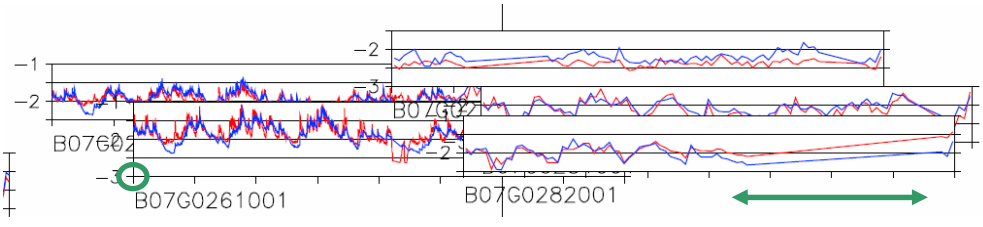
modellaag	aantal	Statistieken van residuen			Statistieken van absolute residuen			
		minimum	maximum	gemiddelde	gemiddelde	25%	50%	75%
1	495	-5.01	1.20	-0.24	0.39	0.10	0.21	0.45
2	2139	-3.18	1.83	-0.10	0.24	0.07	0.14	0.30
3	1266	-1.98	2.54	-0.04	0.26	0.08	0.16	0.33
4	804	-3.45	1.61	-0.01	0.20	0.06	0.13	0.25
5	466	-2.07	1.45	0.01	0.21	0.06	0.15	0.31
6	151	-2.76	1.49	0.09	0.27	0.07	0.17	0.37
7	315	-0.77	1.80	0.02	0.15	0.04	0.09	0.20

J.2.3 Niet-stationaire ijking

De niet-stationaire ijking kende ca. 10 ijkingsronden.
Een belangrijke conceptuele aanpassing tijdens de niet-stationaire ijking was het aanpassen van het zogenaamde SOF vlak dat de oppervlakkige afvoer bepaalt (paragraaf 3.3.5).
Gedurende verschillende niet-stationaire ijkingsronden is verder vooral aandacht geschonken aan welke parameters te ijken en de zonering van deze ijkparameters. Verschillende varianten zijn getest, waarbij de variant zoals beschreven bij *werkwijze* hierboven als optimaal werd beschouwd.

In de tijd-stijghoogtekaarten (in digitale bijlage L) zijn de grafieken te zien met de afwijkingen tussen gemodelleerde en gemeten tijdreeksen:

- Rood = gemeten tijdreeks;
- Blauw = gemodelleerde tijdreeks;
- Locatie van het meetpunt is de lokatie van de as-kruising (groene cirkel in Figuur 6) van de grafiek op de kaart. De code is de locatie codering van het meetpunt (uit DINO danwel van de partij die de gegevens heeft aangeleverd). Deze codering is ook terug te vinden in het meetpunten overzicht in bijlage L;
- Gemeten en gemodelleerde tijdreeksen kennen dezelfde meetmomenten. Dit wil zetten dat met het model waarden op de exacte meetmomenten zijn gemodelleerd. Gaten in de meetreeks (zoals in Figuur 6, groene pijl) worden dus ook in de modelreeks niet opgevuld en vormen in de grafieken doorgetrokken lijnen.



Figuur 6 –Detail uit tijd-stijghoogtekaart.

Opvallend in de tijd-stijghoogtekaarten is dat de dynamiek over het algemeen goed gereproduceerd wordt. Regionale conclusies zijn lastig te trekken.

De dynamiek residuenkaart (in digitale bijlage L) geeft het verschil tussen gemeten (rode staaf) en gemodelleerde (grijze staaf) dynamiek in de grondwaterstand (GHG – GLG). Over het algemeen lijkt de dynamiek van de grondwaterstand in de zandgebieden iets onderschat. Dit heeft met name te maken met te natte GLG niveaus (zie hieronder).

Naast tijd-stijghoogtekaarten zijn de resultaten van de niet-stationaire ijking af te lezen in de ballenkaarten en statistieken van de afwijkingen tussen gemodelleerde en gemeten GHG en GLG. In Tabel 4 zijn de statistieken van de afwijkingen tussen gemodelleerde en berekende GHG en GLG weergegeven. Deze statistieken zijn soortgelijk als de stationaire statistieken. Opvallend is dat in de GLG situatie er geen structurele afwijking is tussen model en meting, maar in de GHG situatie wel. De gemiddelde afwijking in de GHG situatie is 0.26 m. Dit betekent dat de GHG over het algemeen te droog wordt verondersteld. Opnieuw is de verwachting dat dit veroorzaakt wordt door schijnspiegels.

Let op: de afwijkingen voor GHG en GLG worden bepaald t.o.v. maaiveld. Dit in tegenstelling tot de stationaire afwijkingen. Een negatieve afwijking betekent dat de modelwaarde lager is dan de gemeten waarde en dus dat het model natter is dan gemeten; een positieve afwijking betekent dat het model juist droger is dan gemeten.

Tabel 4 – Resultaat niet-stationaire ijking; statistieken van residuen (GHG, GLG, dynamiek en verificatie GHG locaties) in [m-maaiveld] (afwijking = model – meting; negatief = model natter dan werkelijkheid; positief = model droger dan werkelijkheid).

	aantal	**Statistieken van residuen**			**Statistieken van absolute residuen**			
		minimum	maximum	gemiddelde	gemiddelde	25%	50%	75%
GLG	1127	-2.19	5.52	-0.06	0.32	0.12	0.23	0.40
GHG	1127	-2.50	4.40	0.26	0.32	0.10	0.21	0.44
dynamiek	1127	-1.08	1.08	-0.03	0.23	0.08	0.18	0.32
verificatie GHG	*3710*	*-1.49*	*9.81*	*0.31*	*0.47*	*0.13*	*0.30*	*0.54*

In de ballenkaarten van GHG en GLG (zie digitale kaarten in bijlage L) zijn ook soortelijke beelden zichtbaar als in de stationaire ballenkaarten. De ballenkaart van de GHG kent over het algemeen kleine ballen met in het centrale gebied hier en daar iets grotere blauwe ballen. De ballenkaart van de GLG kent ook merendeels kleine ballen, Opvallend op de GLG ballenkaart is wel dat de GLG in de zandgebieden van Salland en Noord-West Overijssel / Zuid-West Drenthe structureel iets te hoog lijkt. De exacte reden voor deze afwijking is onbekend, maar verwacht wordt dat dit te maken heeft met de mate van effect van wateraanvoer in de zomer. Infiltratie vanuit waterlopen in een droge ondergrond is een lastig te modelleren fenomeen.

K Impuls-Respons Database

K.1 Introductie

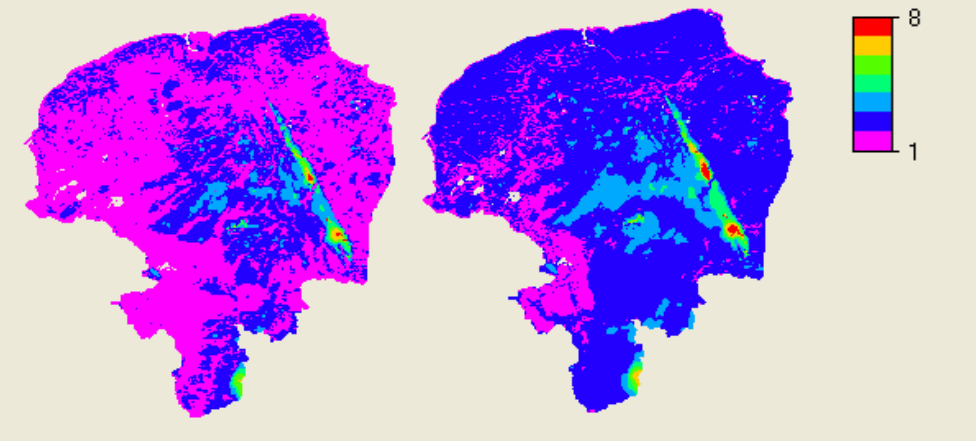
Gedurende de afgelopen jaren is het concept van de Impuls-Respons database (IR-database) ontwikkeld en toegepast voor de grondwatermodellen van Noord-Brabant en Regge & Dinkel. Waar bij Noord-Brabant voor het vullen van de database nog een modelresolutie van 1000x1000 m werd gehanteerd, werd er voor het Regge & Dinkel model een tweede-generatie IR-database ontwikkeld, waarbij gewerkt werd met een resolutie van 500x500 m. Voor beide databases werd een zogenaamd representatief weerjaar gebruikt. Voor Noord-Brabant werd hiermee het model gedraaid met tijdstappen van 10 dagen. Voor Regge & Dinkel werd een verbeterde variant van het representatief weerjaar gebruikt met tijdstappen van 14 dagen. Dit sluit namelijk beter aan bij de berekening van GxG's.

Voor het vullen van de database van het MIPWA model staan we voor de uitdaging om een nieuwe – derde-generatie – IR-methodiek te ontwikkelen. We hechten namelijk groot belang aan behoud van het hoge detailniveau (25x25 m). In de tweede plaats is het modelgebied aanzienlijk groter dan van de eerdergenoemde modellen. Ten derde willen we ook meer maatregelen doorrekenen (zie Tabel 1 voor een overzicht van de maatregelen). Dit betekent dat er een extreme hoeveelheid modelberekeningen uitgevoerd moet worden, namelijk circa 300 miljoen. Een snelle en efficiënte rekenmethodiek is dus een vereiste.

Tabel 1 – Maatregelen IR-database MIPWA

Type Maatregel	**Grootte**	**Aantal maatregelen**
Peilverhoging watergangen hoofdcategorie	50, 100, 25, 10, 5 cm hoger peil	5
Extensivering watergangen hoofdcategorie	50%, 25% en 75% drainagecapaciteit	3
Peilverlaging watergangen hoofdcategorie	25, 50, 10 en 5 cm lager peil	4
Verhoging ontwateringsbasis nevencategorie	30 cm hogere drainagebasis	1
Extensivering ontwatering nevencategorie	50%, 25%, 75% drainagecapaciteit	3
Stoppen wateraanvoer	Uitzetten wateraanvoer	1
Winningen uitzetten per pompstation/industriële onttrekking	50%, 0%, 25%, 75% onttrekkingsdebiet	4
Ontkoppeling in stedelijk gebied	50% van bestaande infiltratie	1
Wandelende winning	Winning toevoegen: 1 mln m^3/jaar middeldiep en 5 mln m^3/jaar diep	2
Wandelende stad	In niet stedelijk gebied stad 'aangelegd', met en zonder drainage op 100 cm onder maaiveld	2
Beregening uit	Uitzetten beregening	1
Totaal		**27**

Opmerking: 100 cm peilverhoging is tot maximaal 10 cm onder maaiveld.



Figuur 1: Benodigd aantal jaren voordat effect op GHG (links) en GLG (rechts) volledig is opgetreden.

Naast het besef dat korte rekentijden essentieel zijn, zijn er ook inhoudelijke argumenten om de IR-methodiek verder te verbeteren. Allereerst hebben berekeningen aangetoond dat in een groot deel van het MIPWA gebied effecten van maatregelen niet binnen een jaar volledig zijn opgetreden. Er moeten dus meerdere jaren doorgerekend worden om het volledige effect op GHG en GLG te bepalen. Figuur 1 toont dat voor het bepalen van het GLG-effect gemiddeld 2 tot 3 jaar doorgerekend moet worden. Eén representatief weerjaar schiet hier dus tekort. Ten tweede wordt in het MIPWA model gebruik gemaakt van CAPSIM voor het berekenen van de grondwateraanvulling. Deze grondwateraanvulling is ruimtelijk gedifferentieerd door gebruik van lokale meteodata, landgebruik en lokatiespecifieke bodemeigenschappen. Het verdient daarom de voorkeur om de grondwateraanvulling voor de IR-database berekeningen zo dicht mogelijk bij deze ‘CAPSIM grondwateraanvulling’ te blijven, in plaats van gebruik te maken van een representatief weerjaar.

De ontwikkeling van de nieuwe IR-methodiek is er op gericht om rekensnelheid te combineren met goed bruikbare uitkomsten. Op basis van bovenbeschreven argumenten wordt in de komende paragrafen de uiteindelijk voorgestelde IR-methodiek beschreven. Tevens worden testberekeningen beschreven die hieraan ten grondslag liggen.

K.2 Gebruik van submodellen

Voor het doorrekenen van het effect van een lokale ingreep is het niet nodig om het gehele modelgebied door te rekenen. Een zogenaamd submodel is voldoende. De grootte van een dergelijk submodel wordt bepaald op basis van de berekende effecten:

1. Per effect wordt een startgrootte voor het submodel vastgesteld;
2. Het effect van de maatregel wordt bepaald;
3. Er wordt een controle gedaan of de fluxen over de modelrand voor en na de ingreep aan elkaar gelijk zijn:
    a. Zo ja, dan wordt de modelberekening afgerond en de effecten opgeslagen;

b. Zo nee, dan worden de modelranden verder weg gelegd en het effect van de maatregel opnieuw bepaald (dus terug naar 2).

Op deze manier hoeft niet het gehele gebied telkens te worden doorgerekend *en* wordt voorkomen dat er fouten in de effectenberekening ontstaan door te kleine submodellen.

K.3 Temporele discretisatie

De GHG en GLG zijn binnen MIPWA berekend met een 13-jaar model op dagbasis. Zoals in paragraaf 1.1 al is genoemd, is het op dit moment praktisch niet haalbaar om voor 300 miljoen submodellen met een dergelijke hoeveelheid tijdstappen te rekenen. Zowel het inlezen van de invoer per tijdstap als het doorrekenen van al die individuele tijdstappen is te tijdrovend. Er is daarom gezocht naar een methode waarmee met een gering aantal tijdstappen de effecten op de GxG voldoende benaderd worden. Hiertoe is een analyse gemaakt van de grondwateraanvulling van het MIPWA basismodel () en een analyse van het benodigde aantal tijdstappen per jaar. De testmaatregel die hierbij wordt gebruikt, is een peilverhoging in de waterlopen van 50 cm.

Met betrekking tot het aantal tijdstappen zijn de volgende varianten geanalyseerd:

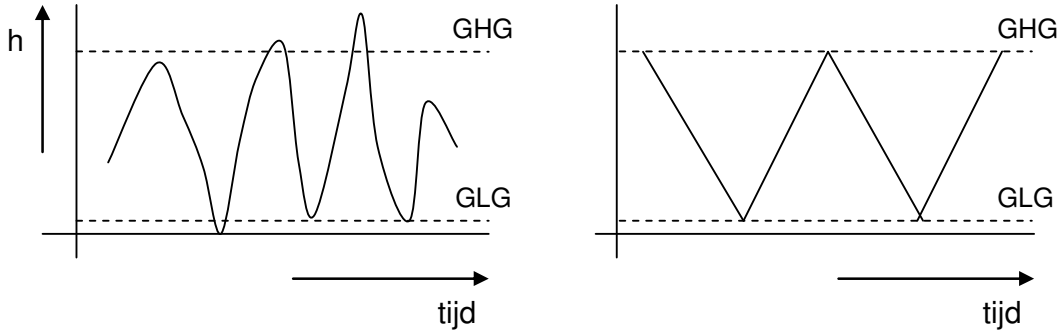
1. 2 tijdstappen per jaar;
2. 4 tijdstappen per jaar;
3. 20 tijdstappen per jaar.

Met betrekking tot de grondwateraanvulling zijn onderstaande varianten geanalyseerd:

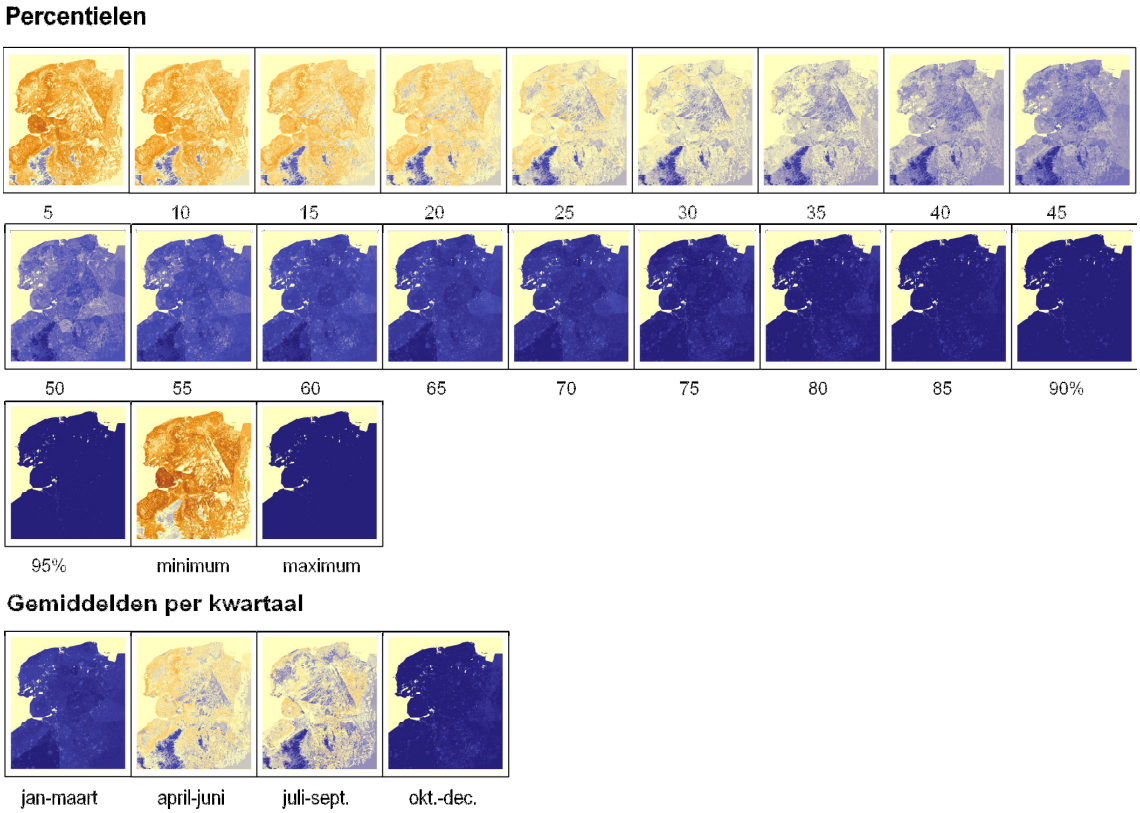
1. Grondwateraanvulling zodanig ‘gefit’ dat aan het eind van halfjaarlijkse periode in het gehele model altijd de GHG c.q. GLG optreedt (dit is geïllustreerd in Figuur 2);
2. Gemiddelde grondwateraanvulling op kwartaalbasis;
3. Percentielen van de grondwateraanvulling op kwartaalbasis;
4. Representatief weerjaar (de methode die was voorzien in projectplan; ter vergelijking).

Voor 1 t/m 3 geldt dat, indien er meerdere tijdstappen per halfjaar c.q. kwartaal worden gebruikt, de grondwateraanvulling gelijkmatig over de tijdstappen wordt verdeeld. Het doel hiervan is om met meerdere (en dus kleinere) tijdstappen het niet-lineaire proces beter te beschrijven. Voor 2 en 3 is de de grondwateraanvulling bepaald uit de waarden voor de 13 jaar van het MIPWA basismodel (Figuur 3).

De referentie is het effect van de maatregel zoals berekend met de 13-jarige run op dagbasis.



Figuur 2: Schematische voorstelling van een reductie van het aantal tijdstappen.



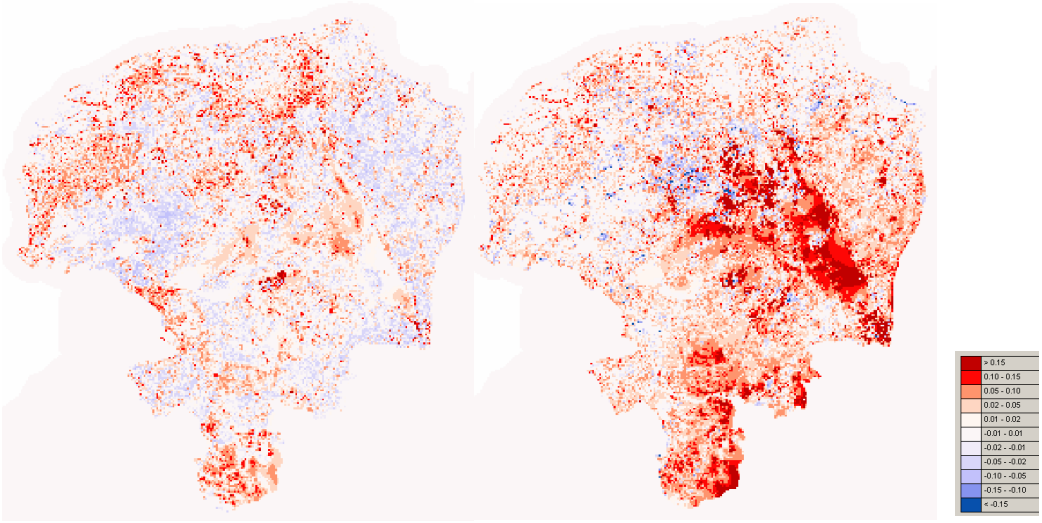
Figuur 3: Percentielen en gemiddelden per kwartaal van de grondwateraanvulling in het MIPWA model.

K.4 Resultaten

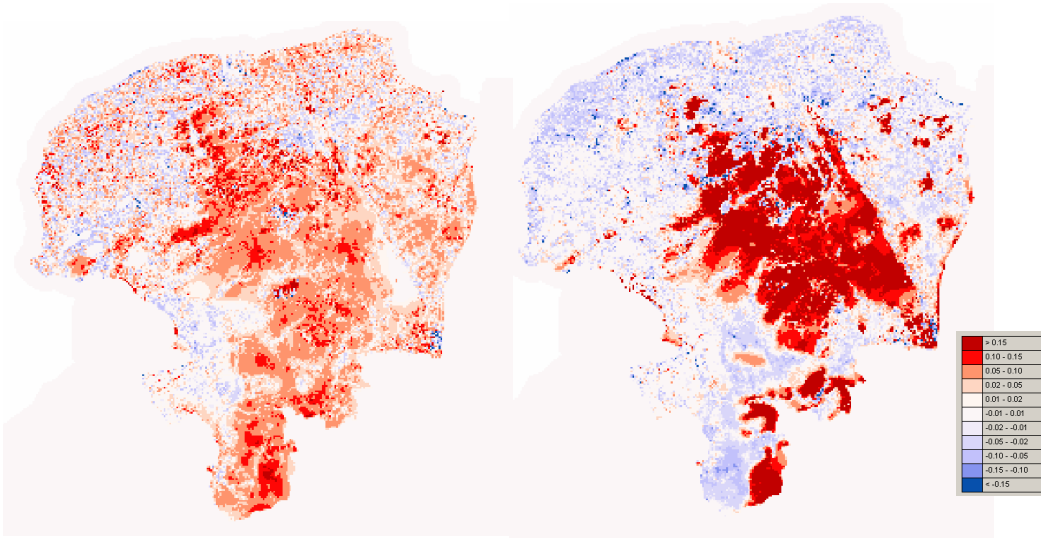
Voor de combinaties van de varianten voor de grondwateraanvulling met een verschillend aantal tijdstappen zijn berekeningen uitgevoerd. Deze zijn vergeleken met de referentieberekening. Uiteindelijk bleek de volgende variant de beste resultaten (goede kwaliteit in combinatie met hanteerbare rekentijden) op te leveren:

- Een model met 4 tijdstappen per jaar, gedurende 5 jaar (totaal 20 tijdstappen);
- De grondwateraanvulling in deze tijdstappen wordt als volgt geschat:
  - Tijdstap 1 = kwartaal 2 (april-juni): GWA = 30-percentiel (zie Figuur 3);
  - Tijdstap 2 = kwartaal 3 (juli-september): GWA = 15-percentiel;
  - Tijdstap 3 = kwartaal 4 (oktober-december): GWA = 70-percentiel;
  - Tijdstap 4 = kwartaal 1 (januari-maart): GWA = 90-percentiel.

De resultaten zijn gevisualiseerd in Figuur 4 en 5. De figuren tonen voor de GHG respectievelijk GLG de afwijking in het berekende effect ten opzichte van het referentiemodel (13 jaar op dagbasis). Ter vergelijking is in het rechterdeel van de figuren de afwijking met het representatief weerjaar model getoond. In Tabel 2 zijn tevens per bodemfysische eenheid de gemiddelde afwijkingen in beeld gebracht (volgens nieuwe methodiek). Hierbij zijn alleen afwijkingen meegenomen bij effecten groter dan 5 cm.



Figuur 4: Afwijking berekende effect op GHG (in meters) t.o.v. referentiesituatie volgens nieuwe methodiek (links) en met behulp van representatief weerjaar (rechts). Bij een positieve afwijking wordt het berekende effect overschat.



Figuur 5: Afwijking berekende effect op GLG (in meters) t.o.v. referentiesituatie volgens nieuwe methodiek (links) en met behulp van representatief weerjaar (rechts). Bij een positieve afwijking wordt het berekende effect overschat.

Tabel 2 – Gemiddelde afwijking van het effect (afwijking = effectIR – effectReferentie), waarbij alleen effect groter dan 5 cm zijn meegenomen

Bodemfysische eenheid	Gemiddeld effect (m)		Gem. afwijking (m)		Gem. abs. afw. (m)	
	GHG	GLG	dGHG	dGLG	dGHG	dGLG
1 (veengrond)	0.30	0.32	0.072	0.019	0.086	0.085
2 (veengrond)	0.30	0.30	0.065	0.055	0.081	0.078
3 (veengrond)	0.24	0.26	0.063	-0.028	0.083	0.077
4 (veengrond)	0.23	0.26	0.059	0.008	0.080	0.077
5 (veengrond)	0.32	0.32	0.062	0.076	0.078	0.079
6 (veengrond)	0.18	0.19	0.052	-0.066	0.076	0.073
7 (zandgrond)	0.33	0.33	0.080	0.089	0.089	0.093
8 (zandgrond)	0.31	0.31	0.078	0.083	0.080	0.083
9 (zandgrond)	0.32	0.32	0.068	0.085	0.080	0.086
10 (zandgrond)	0.27	0.28	0.068	0.077	0.068	0.080
11 (zandgrond)	0.33	0.31	0.077	0.082	0.081	0.084
12 (zandgrond)	0.34	0.35	0.054	0.082	0.071	0.082
13 (zandgrond)	0.33	0.33	0.075	0.084	0.081	0.085
14 (zandgrond)	0.34	0.34	0.061	0.070	0.061	0.070
15 (zandgrond)	0.25	0.22	0.084	0.054	0.089	0.084
16 (kleigrond)	0.26	0.23	0.087	0.058	0.090	0.080
17 (kleigrond)	0.25	0.20	0.081	0.022	0.084	0.071
18 (kleigrond)	0.24	0.24	0.080	0.025	0.085	0.073
19 (kleigrond)	0.31	0.31	0.067	0.066	0.081	0.082
20 (kleigrond)	0.40	0.42	0.021	0.081	0.075	0.081
21 (leemgrond)	0.43	0.43	0.092	0.073	0.092	0.073
22 (bebouwd)	0.30	0.30	0.014	0.071	0.066	0.072
Gemiddeld voor alle eenheden	0.30	0.29	0.074	0.070	0.083	0.082

K.5 Conclusie

De figuren en statistieken laten zien dat de gekozen methode zeer bruikbare resultaten levert en een duidelijke verbetering is ten opzichte van de methode met een representatief weerjaar. Daarnaast levert het gebruik van een gering aantal tijdstappen ook nog eens aanzienlijke tijdwinst op in rekentijden.

L Overzicht digitale modelbestanden en resultaten

Digitale kaartbeelden [PDF formaat]
Stationaire residuen (model-meting):
- ballenkaart_laag1.pdf
- ballenkaart_laag2.pdf
- ballenkaart_laag3.pdf
- ballenkaart_laag4.pdf
- ballenkaart_laag5.pdf
- ballenkaart_laag6.pdf
- ballenkaart_laag7.pdf

Niet-stationaire residuen (model-meting):
- ballenkaart_laag1_ghg.pdf
- ballenkaart_laag1_glg.pdf

Tijd-stijghoogtegrafieken op de kaart:
- tijd-stijghoogte_laag1.pdf
- tijd-stijghoogte_laag2.pdf
- tijd-stijghoogte_laag3.pdf
- tijd-stijghoogte_laag4.pdf
- tijd-stijghoogte_laag5.pdf
- tijd-stijghoogte_laag6.pdf
- tijd-stijghoogte_laag7.pdf

Overzicht ijklocaties [ESRI shape formaat]
- ijkset_selectie.shp

Kaartbestanden [*iMOD* formaat]
Overzicht van deze kaarten staat in:
- metadata_overzicht_iMODkaarten.xls

M Actoren- en Krachtenveldanalyse

Auteurs: Gerald Jan Ellen en Mike Duijn (TNO)

M.1 Inleiding

In de Vierde Nota Waterhuishouding (december 1998) is vastgelegd dat de provincies het Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR) vast moeten leggen. In 2003 zijn in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) afspraken gemaakt over het vaststellen van het GGOR. Uiterlijk 2005 moeten de provincies de kaders voor het GGOR opgesteld hebben. Op basis van deze kaders stellen de waterschappen in de periode 2005-2010 de uiteindelijke GGOR op in nauwe samenwerking met gemeenten, grondwaterbeheerders, grondwatergebruikers en belanghebbenden. Door het gewenste grondwaterregime (GGOR) vervolgens te vergelijken met het actuele grondwaterregime (AGOR) kunnen probleemsituaties worden geïdentificeerd en opgelost. De praktijk leert dat het benodigde overleg tussen de vele overheden en belanghebbenden tijdrovend is. Tevens blijkt het realiseren van het oplossen van belangenconflicten voor de betrokken partijen van groot belang te zijn.

Om de GGOR-opgave op een goede manier op te pakken heeft een consortium van belanghebbende waterberheerders besloten om gezamenlijk naar een oplossing te zoeken. TNO, aangevuld met experts van Alterra, Royal Haskoning en TAUW, bouwt momenteel aan een modelinstrumentarium waarmee de (grond)waterbeherende partijen in Noord-Nederland hun toekomstige beslissingen kunnen bespreken en onderbouwen. Het modelinstrumentarium heeft tot doel om interactief en op een laag schaalniveau de effecten van een groot aantal verschillende waterbeheermaatregelen over grotere gebieden te kunnen berekenen en afwegen, in samenspraak met de betrokken belangenhebbenden bij grondwater. Het gat dat nu nog bestaat tussen het waterbeheer op perceelschaal en het waterbeheer op provinciale schaal wordt daarmee overbrugd. Dit kan een doorbraak in de besluitvorming in het waterbeheer betekenen.

Naast het opstellen van het model heeft het project ook bewust aandacht voor de beleidsmatige context van het (grond)waterbeheer. Middels een actoren- en krachtenveld analyse is deze context in kaart gebracht. De analyse is uitgevoerd door bestudering van relevante nationale, regionale en lokale beleidsnota's. Aanvullend hierop zijn interviews gehouden met personen uit de betrokken organisaties. De voorliggende rapportage is daarvan een weerslag.
De beleidsmatige context wordt gevormd door de vigerende belangen en de actuele en toekomstige afwegingsvraagstukken – waterhuishoudkundige én ruimtelijke opgaven – van de partijen die beleidsverantwoordelijkheid dragen voor het waterbeheer en de ruimtelijke planning in Noord-Nederland. De nadruk ligt op het kwantitatieve waterbeheer omdat dat in het beoogde model centraal. Het kwalitatieve waterbeheer blijft in de actoren- en krachtenveld analyse goeddeels buiten beschouwing.

M.2 I. Samenvattende conclusies

De actoren- en krachtenveld analyse MIPWA Noord-Nederland valt in drie delen uiteen. Deel A gaat in op de nationale en internationale beleidskaders waarin 'integraal waterbeheer' vorm en inhoud moet krijgen. Deel B. geeft inzicht in de doorwerking van deze beleidskaders naar het provinciale en regionale waterbeheer. Deel C. is een regionale inkleuring van deze doorwerking door specifiek in te zoomen op Noord-Nederland. In het onderstaande zijn de samenvattende conclusies voor de drie delen geformuleerd.

Samenvattende conclusies over deel A.
Uit de geanalyseerde nationale en internationale beleidsstukken komt een viertal rode draden naar voren:

1. benadrukken van het belang van integraal waterbeheer als leidende concept voor de beleidsvorming;
2. expliciteren van het belang van systeemgerichte oplossingen;
3. benadrukken van het belang van samenwerking tussen de actoren in de beleidsketen;
4. signaleren van de verandering van de verdeling van (maatschappelijke) kosten en baten in het (duurzame en integrale) waterbeheer.

De eerste rode draad benadrukt het belang van *integraal* duurzaam waterbeheer, zowel in de nationale beleidsstukken als in de KRW. Een noodzakelijke verbetering van de waterkwaliteit en de gevolgen van (verwachte) ontwikkelingen vanuit klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling worden in de nationale beleidsstukken expliciet genoemd als belangrijke aanleidingen voor deze benadering. Integraal duurzaam waterbeheer stelt dat keuzes in waterbeheer ook effecten hebben op andere ruimtelijke functies en vice versa. Waterbeheer moet dan ook niet gezien worden als een 'verkokerde' activiteit, maar als een activiteit die deel uit maakt van een systeem. Het aspect van duurzaamheid komt naar voren in de afwegingen die in de balans met betrekking tot aspecten van ecologie, economie en maatschappij (duurzaam) moeten worden gemaakt.
De tweede rode draad maakt expliciet dat specifieke oplossingen zoveel mogelijk systeemgericht moeten worden gezocht, waarbij deze op zowel locaal, regionaal, nationaal als internationaal niveau kunnen liggen. De KRW, bijvoorbeeld, vertaalt deze filosofie naar de praktijk door het toepassing van een stroomgebiedsgerichte benadering, waarbij institutionele grenzen niet richtinggevend meer zijn voor het beheer van water.
Daarnaast wordt in het NBW bijvoorbeeld het stedelijk water en het grondwatersysteem als specifieke aandachtspunten genoemd.
De derde rode draad laat zien dat op de verschillende schaalniveaus, veel meer wordt aangestuurd op samenwerking tussen actoren in de beleidsketen. Niet alleen tussen overheden, die regionale of locale bestuursakkoorden zullen gaan opstellen, maar ook met maatschappelijke partijen. Uit de beleidsnotities, vooral WB 21 en het NBW, komt nadrukkelijk naar voren dat zonder een dialoog met de maatschappij het zoeken en realiseren van oplossingen onmogelijk zal zijn.
De vierde en laatste rode draad hangt sterk samen met de integrale en duurzame benadering van waterbeheer en duidt op de in gang gezette verandering in de afweging en verdeling van kosten en baten. Het primaat voor het waterbeheer en ook de hiermee gemoeide kosten zullen niet langer bij de overheid liggen. De overheid zal samen met maatschappelijke actoren afweging moeten maken over de verdeling van kosten en

baten. Hoe dit precies kan worden aangepakt is in de ogen van de beleidsmakers een van de belangrijke uitdagingen voor de komende jaren.

Samenvattende conclusies over deel B.
De visie die in de nationale notities en in de Kaderrichtlijn Water zijn neergezet komen duidelijk terug in de regionale en locale beleidsnotities. De verschillende provincies, waterschappen, gemeentes en waterleidingbedrijven erkennen allen het belang van klimaatverandering en de gevolgen hiervan voor het waterbeheer. Het streven naar een duurzaam beheer van het (grond)watersysteem speelt in alle stukken dan ook een belangrijke rol.
Ook de beleidsdoelen sluiten (uiteraard) goed aan bij WB21, NW4, NBW en de KRW. Het inrichten van een duurzaam en veerkrachtig waterbeheer gaat uit van de trits Vasthouden, Bergen en Afvoeren. Dit wordt vormgegeven door vooral ruimte voor water te creëren op plaatsen die het beste aansluiten bij het natuurlijke watersysteem. Ook de waterleidingbedrijven streven naar een duurzame ruimtelijke inpassing van drinkwaterwinningen. Daarnaast spreken ook de waterschappen zich nadrukkelijk uit voor het afstemmen van het invullen van de ruimtelijke ordening en het waterbeheer. Dat dit soms in het gedrang komt met ruimtelijke functies blijkt bijvoorbeeld uit het waterhuishoudingsplan van Fryslân dat duidelijk aangeeft water voor duurzame concurrerende landbouw veilig te willen stellen, maar ook natuurdoelen wil realiseren. De gemeenten richten zich vooral op het zoveel mogelijk versterken van bestaande waterstructuren, dit is te verklaren door de minder flexibele situatie in stedelijke gebieden.

Naast de ruimte voor water speelt ook het thema veiligheid in relatie tot water, zoals nadrukkelijk verwoord in NW4, een belangrijke rol voor het waterbeheer. Voor de provincies die grenzen aan de zee heeft dit thema nog een extra lading, vanwege de verwachte zeespiegelstijging. Zo geeft de provincie Groningen expliciet aan dat de zeedijken bestand moeten zijn tegen extreme omstandigheden, maar dat de provincie daarnaast ook goed voorbereid moet zijn op calamiteiten. Ondanks dat Drenthe en Overijssel niet grenzen aan de zee, wordt het thema veiligheid in relatie tot waterbeheer ook als een belangrijk beleidsdoel gezien, hetzelfde geldt voor de waterschappen.

Tenslotte is een belangrijk thema wat doorklinkt in de beleidsnotities op regionaal niveau het beheer van het grondwater. Het opstellen van een GGOR (een directe aanwijzing vanuit het NBW) komt dan ook in alle provinciale notities terug. Het grondwatersytseem is van groot belang voor de waterleidingbedrijven. Zij geven dan ook het belang aan van een goede kwaliteit en kwantiteit hiervan.

Om de hiervoor genoemde beleidsdoelen te realiseren worden een (groot) aantal maatregelen voorgesteld. Deze maatregelen lopen uiteen van het aanwijzen van bergingsgebieden tot het ontwikkelen van natuurvriendelijke oevers. De provincies hebben hierbij een duidelijk sturende rol en in de beleidsnotities worden ook specifieke maatregelen benoemt die waterschappen en gemeenten moeten nemen. Zo noemt de provincie Drenthe nadrukkelijk een aantal bergingsgebieden, waarvan zij aangeeft dat deze ook door waterschappen en gemeenten moeten worden overgenomen in het beheersplan en het bestemmingsplan.
De waterschappen richten zich, naast de aandacht voor waterberging, vooral op het vaststellen van een GGOR, in samenhang met de aanwezige ruimtelijke functies. Hieraan gaat in sommige gevallen het invullen van nog ontbrekende peilbesluiten aan vooraf.

Voor de gemeenten gaat het vooral om maatregelen in het stedelijk gebied. Bij de gemeente Assen richt zich dit vooral op het afkoppelen van het verharde oppervlak op het riool en bij de gemeente Zwolle gaat het vooral om het beheren en saneren van de grondwaterverontreinigingen in het stedelijke gebied.
Tenslotte geeft Vitens aan het 'verduurzamen' van de waterwinningen op te pakken met maatregelen vanuit twee sporen: bescherming (van waterwingebieden door het stimuleren van natuur en milieuvriendelijke landbouw) en beïnvloeding (hierbij gaat het vooral om zoveel mogelijk beperken van de impact van waterwinning op de omgeving, bijvoorbeeld door het infiltreren van oppervlakte water).

Naast de inzet van de wettelijke beleidsinstrumenten (bestemmingplan en beheersplan) worden vooral beleidsmiddelen ingezet die uitgaan van samenwerking, onderlinge afstemming en het principe van duurzaamheid. De afstemming tussen economie, maatschappij en ecologie komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in het afsluiten van op samenwerking gerichte regionale bestuursakkoord water, waterakkoorden en het uitvoeren van de watertoets. Daarnaast wordt ook nadrukkelijk ingezet op communicatie met de maatschappij en worden ook financiële middelen ingezet bijvoorbeeld ter compensatie van wateroverlast.

De structuur tenslotte van het beleidsveld is erg op samenwerking en onderlinge afstemming gericht. Het feit dat er een (deel) stroomgebiedsvisie is opgesteld door de verschillende waterbeheerders heeft hierop zeker een positieve invloed gehad. Met deze opgave in het achterhoofd is bijvoorbeeld de stuurgroep water 2000+ opgericht. In deze stuurgroep hebben de provincies Groningen en Drenthe, de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's, de verenigingen van Drentse en Groningse gemeenten en de ministeries van LNV en VROM gezamenlijk onderzoek gedaan naar maatregelen tegen wateroverlast voor de eerstkomende jaren.

Samenvattende conclusies over deel C.
De samenvattende conclusies van de actoren- en krachtenveld analyse zijn getoetst ineen workshop met de betrokken projectpartijen. Deze workshop is gehouden op 24 januari te Assen. Het complete verslag van de workshop is bijgevoegd als bijlage 2.
In de workshop zijn de belangrijkste conclusies met betrekking tot de aanpak en implementatie van het GGOR besproken. Daarnaast is een viertal opvallende zaken uit de actoren- en krachtenveld analyse besproken aan de hand van stellingen. Tevens is de (actuele) aansluiting tussen het modelbouwproces en de beleidsmatige context waarin het MIPWA-model toegepast zal worden, in beeld gebracht.

De belangrijkste conclusies met betrekking tot de aanpak en implementatie van het GGOR zijn besproken aan de hand van onderstaande tabel. De tabel is alleen uitgewerkt voor de provincie en het waterschap omdat zij de kern-actoren zijn voor het opstellen en handhaven van het GGOR.

Thema's in GGOR aanpak	**Provincies**	**Waterschappen**
Gebiedsgerichte aanpak?	Ja	Ja
Prioritering aangebracht?	Ja	Ja
	Vaststelling prioriteiten in het opstellen van GGOR: 1. knelpuntgebieden (o.a. VHR-gebieden); 2. lopende projecten (o.a. Landinrichtingsprojecten); 3. overige gebieden.	
Vaststelling grondgebruik?	Vastgestelde grondgebruiksfuncties in provinciale beleidskaders (POP / Waterhuishoudingsplan).	Idem
GGOR opgesteld?	GGOR is taak waterschappen, nog niet provinciedekkend opgesteld; wel Kader voor GGOR.	In sommige gebieden is al een GGOR (-achtig) opgesteld, met name in knelpuntgebieden.
AGOR opgesteld?	• GD/GT-kaarten • MIPWA model • In niet-knelpuntgebieden geldt AGOR = GGOR.	Idem
OGOR opgesteld?	Volgt uit doelstelling Landbouw en Natuur (DoeLand - DoeNat).	Specifiek voor landbouw wordt bijvoorbeeld uitgegaan van een gemiddeld bouwplan
GGOR als beleidsinstrument		
Inhoudelijk	In mono-functionele gebieden: kaderstellen en toetsen van inhoudelijke richtlijnen.	In mono-functionele gebieden: opstellen en handhaven
Procesmatig	In multifunctionele gebieden: Afweging en vaststellen van GGOR is een iteratief proces tussen waterschap en provincie.	In multifunctionele gebieden: Opstellen van GGOR is een interactieproces tussen waterschap en belanghebbenden. ("=" de communicatie-verplichting bij GGOR).

De informatie in de tabel wordt onderschreven als een goede samenvatting van de wijze waarop de noordelijke provincies en waterschappen met het GGOR-beleid omgaan.

Daarnaast is een viertal opvallende zaken uit de actoren- en krachtenveld analyse besproken aan de hand van stellingen. Hieronder zijn kort (per stelling) de reacties weergegeven.

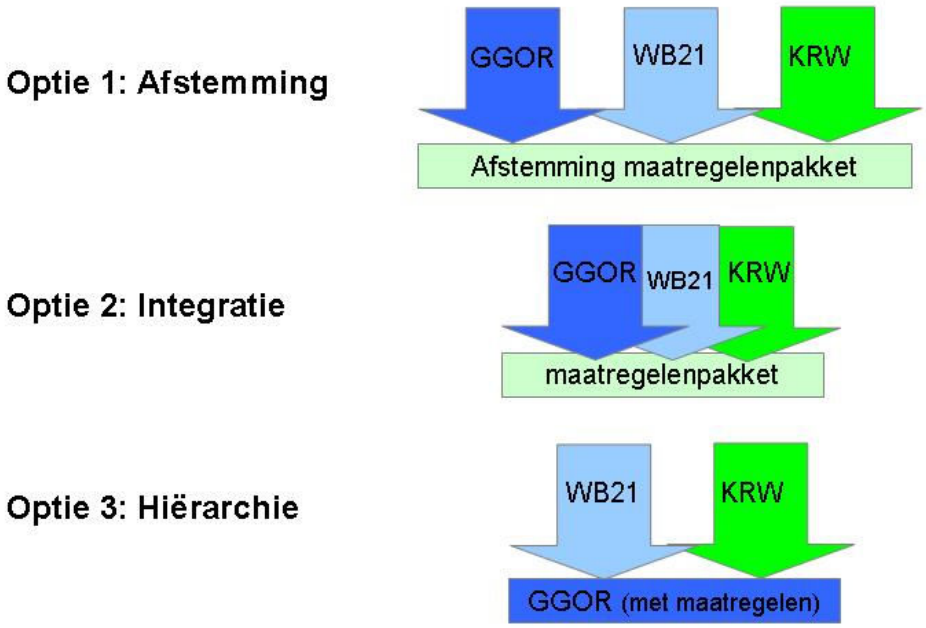
Stelling 1: Alle partijen willen GGOR gebiedsgericht opstellen
Hiermee zijn de partijen het eens. Als het om een gebied gaat wordt vaak op basis van praktische overwegingen vastgesteld waar dit gebied wordt afgebakend. Vuistregels hierbij zijn: • Het moet een logisch waterstaatkundig gebied zijn; • Meestal een paar honderd hectare groot; • Er moet sprake zijn van verschillend grondgebruik.

Stelling 2: GGOR heeft alleen betrekking op het landelijk gebied.
Volgens de deelnemers heeft het GGOR alleen betrekking op het landelijk gebied. Dit zorgt wel voor een 'blinde' vlek in de GGOR systematiek, omdat stedelijke gebieden nu nog niet worden meegenomen bij het vaststellen van het GGOR[2].
Stelling 3: GGOR is alleen (eenduidig) op te stellen voor mono-functionele gebieden.
Met deze stelling zijn de aanwezigen het niet eens. De deelnemers zijn van mening dat GGOR zowel voor mono- als multifunctionele gebieden kan worden opgesteld. Bij multifunctioneel ruimtegebruik wordt een belangenafweging gemaakt. Dit gebeurt samen met de belanghebbenden, maar als dit proces vastloopt dan zijn er altijd nog twee opties open: 1) een brief naar de provincie met het verzoek tot het nemen van een besluit mbt de ruimtelijke functies (bijvoorbeeld de natuurdoelen). Dat besluit wordt dan gebaseerd op het ruimtelijke beleidskader van de provincie, i.c. het streekplan of het omgevingsplan. 2) de juridische weg, die eist dat een afweging transparant moet zijn gemaakt. De gemaakte afweging moet dan in een rechtsgang op procedurele punten houdbaar blijken te zijn. Als het gaat om het afwegen van belangen is de ruimtelijke ordeningscomponent belangrijk. Het GGOR heeft ook ruimtelijke consequenties.
Stelling 4: verhouding van GGOR tot de beleidskaders KRW en WB21.
De eerste opmerking bij deze stelling is dat bij het vaststellen van het GGOR kwaliteit wel wordt meegenomen door ook kwel in de GGOR op te nemen. Daarnaast kan bij het opstellen van de GGOR bijvoorbeeld rekening worden gehouden met de lozingspunten van RWZI's. Verder maakt de 'reguliere' grondwaterstand onderdeel uit van WB21. Namelijk door de effecten van het bergen van piekafvoeren op de grondwaterstand (cq –aanvulling).

De vierde stelling is gevisualiseerd aan de hand van de volgende figuren. Voor de afstemming van GGOR ten opzichte van het totale maatregelen pakket van waterbeheer zijn drie opties geschetst:

[2] Naar aanleiding van de stelling wordt de vraag gesteld het MIPWA-model betreft ook beperkt is tot het landelijk gebied. De toepassing van het model blijkt breder te zijn, omdat:

- het te gebruiken is voor grote grondwater onttrekkingen en de effecten daarvan;
- het in kaart brengen van "oude" winningen - wat zijn de effecten van stopzetting hiervan - meegenomen wordt;
- het de effecten bepaald van de nieuwe aanleg van een nieuwe woonwijk;
- er een koppeling ligt tussen GHG en ontwateringsdiepte;
- er medebepaald wordt wat de maatgevende functies in een gebied zijn (bijvoorbeeld infrastructuur).



De deelnemers aan de workshop geven aan dat hun voorkeur uitgaat naar optie 3 (hiërarchie). Uit WB21 en KRW volgen namelijk randvoorwaarden voor het GGOR en niet andersom. Daarnaast is het GGOR proces meer operationeel van aard (uitvoering, beheer etc.) dan KRW en WB21 die meer tactisch van aard zijn. Ten slotte geven de aanwezigen aan dat ze vaak eerst een watersysteemvisie opstellen en pas daarna inzoomen op details of verdere maatregelen. Deze benadering is echter wel afhankelijk van de insteek: zoek je als waterschap juist naar beperkingen of juist naar mogelijkheden van een gebied.

Als laatste punt in de actoren- en krachtenveld analyse is de aansluiting tussen het lopende modelbouwproces en de actuele beleidscontext aan de orde gekomen.

De actoren- en krachtenveld analyse biedt inzicht in de vraag of de genoemde toekomstige waterhuishoudkundige en ruimtelijke opgaven ondersteund kunnen worden door de maatregelen die in het MIPWA-model gesimuleerde kunnen worden. Met andere woorden, zijn de maatregelen in de IR-database van het MIPWA-model voldoende adequaat om de waterhuishoudkundige en ruimtelijke opgaven effectief aan te pakken?

Een confrontatie – op theoretisch-hydrologische inzichten – tussen de genoemde opgaven en de lijst van maatregelen die in de IR-database worden opgenomen, leert dat dit inderdaad het geval is[3]. We kunnen dus concluderen dat het modelbouwproces en de beleidsmatige context waarin het in ontwikkeling zijnde model, met elkaar in overeenstemming zijn. Het modelbouwproces ligt wat de toekomstige beleidsmatige toepassing betreft, dus goed op koers.

[3] Deze confrontatie is uitgevoerd door Tauw en Royal Haskoning.

M.3 II. Detailinformatie

Leeswijzer

In het eerste hoofdstuk van het achtergrondrapport is een beeld geschetst van de ontwikkelingen rond integraal waterbeheer op internationaal en nationaal niveau. Hierbij is ingegaan op de beleidsvisies die achter het vigerende beleid schuil gaan en welke doelen, maatregelen, middelen hierbij van belang zijn. Daarnaast is aandacht besteed aan de institutionele inbedding en structuren die hiervoor zijn opgezet. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de doorwerking van de nationale en internationale beleidskaders naar het provinciale, gebiedsgerichte en stedelijk waterbeheer. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de regionale inkleuring: contouren van integraal waterbeheer in Noord-Nederland. Hierbij wordt ingegaan op de taken en verantwoordelijkheden en de visies die leven bij de verschillende belanghebbenden in het MIPWA-project. Tot slot wordt in hoofdstuk 4 een aantal conclusies en reflecties door de geïnterviewde belanghebbenden gepresenteerd. Dit hoofdstuk is gebaseerd op het verslag van de workshop die met deze belanghebbenden is gehouden op 24 januari.

A. Algemeen beeld van integraal waterbeheer in Nederland, op basis van nationale en internationale beleidsnota's

Inleiding

Waterbeheer was van oudsher een sterk op (waterkwantiteits)beheersing en risicoreductie gerichte beleidsactiviteit waarin een groot aantal actoren elk een eigen rol spelen. Onze wereld is echter voortdurend aan veranderingen onderhevig bijvoorbeeld als gevolg van het toegenomen belang van waterkwaliteit en ecologische waarden, de invloed van klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling. Door de veranderende omstandigheden veranderen ook de eisen die worden gesteld aan het gebruik en beheer van ons land. De 'nieuwe' benadering van het waterbeheer wordt vaak omschreven als integraal en duurzaam waterbeheer.

Integraal duurzaam waterbeheer
Het concept van integraal en duurzaam waterbeheer werd al door beleidsmakers op nationaal niveau vastgelegd in de nota 'Omgaan met water, naar een integraal waterbeleid' (1985). Het begrip werd daarna nader uitgewerkt in de Derde en de Vierde Nota Waterhuishouding (1989 en 1998) waarin het landelijke beleid op het gebied van waterbeheer nader is vormgegeven. In de loop van 2006 zal de integrale benadering van waterbeheer worden gecodificeerd in de vorm van de Waterwet. Het bekrachtigen van deze Waterwet is gepland in 2008.

De aanleiding om koers te zetten naar een meer integrale benadering van het waterbeheer vindt zijn oorsprong in gevolgen van de eerder genoemde ontwikkelingen: de noodzaak om de verwachte toename in ruimtegebruik ten behoeve van ruimte voor water beter af te stemmen met andere ruimtelijke functies. Dat betekent dat er meer gebiedsgericht naar het waterbeheer gekeken moet worden. Deze gebiedsgerichte benadering is ook terug te vinden in de Europese Kaderrichtlijn Water die uitgaat van stroomgebieden als 'geografische eenheden' voor het toekomstige waterbeheer. Stroomgebieden houden zich niet aan de bestaande bestuurlijke grenzen. Dat betekent dat voor een stroomgebiedbenadering de besturende en beherende partijen hun onderlinge inspanningen op elkaar moeten afstemmen. Daarnaast wordt het watersysteem in toenemende mate structurerend voor het ruimtegebruik. Dat leidt ertoe dat ook ruimtelijke ambities op elkaar afgestemd moeten worden. Kortom, genoeg aanleiding om de taken en verantwoordelijkheden voor de waterbeherende actoren waarmee zij het toekomstige waterbeheer integraal en interactief kunnen gaan organiseren, in beeld te brengen.

In dit hoofdstuk wordt een beeld geschetst van beleidssituatie rond integraal waterbeheer in Nederland[4]. Hiertoe is een aantal beleidsstukken, van nationaal en Europees niveau geanalyseerd[5]. In chronologische volgorde zijn dat:

- De Nota Waterhuishouding 4 (NW4) 1998;
- Waterbeleid 21e eeuw, Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw (WB21) uit 2000;
- Europese Kader Richtlijn Water (KRW) uit 2000;
- Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) uit 2003;

De analyse is onderverdeeld in een aantal aandachtspunten:

[4] In deze notitie zullen alleen de aspecten van waterkwantiteit worden besproken, deze keuze is gemaakt omdat dit project is ingestoken vanuit het realiseren van het GGOR.
[5] Naast de hiergenoemde beleidsnotities wordt ook in de nota ruimte de nodige aandacht aan waterbeheer besteedt. De nota Ruimte bouwt echter voort op de visie die reeds in WB21 en NBW naar voren is gebracht en zal daarom hier niet worden meegenomen.

- Beleidsvisie: welke visie komt er in de notities naar voren als het gaat om waterbeheer?
- Beleidsdoelen: welke doelen moeten worden gerealiseerd bij het uitvoeren van de beleidsnota?
- Beleidsmaatregelen: welke opgaven moet de maatschappij aanpakken om deze doelen te bereiken?
- Beleidsmiddelen: welke middelen staan overheid en maatschappij ter beschikking?
- De structuur van het beleidsveld: hoe ziet de organisatie van visie, doelen, maatregelen en middelen eruit?

II.A.1 Beleidsvisie

De visie die op het beleid naar voren komt is van groot belang voor de verdere uitwerking omdat het al een doorkijk geeft naar een nuttige en wenselijke toekomst en de benadering en ambities als het gaat om het bereiken van deze toekomst.

4e Nota Waterhuishouding
Evenals de Derde nota waterhuishouding, gaat de Vierde nota waterhuishouding uit van integraal waterbeheer en een watersysteembenadering. De Nota is tevens gebaseerd op het stand-still-beginsel, het voorzorgprincipe en het principe dat de vervuiler betaalt. De bijna-overstromingen van de Rijntakken en de overstromingen in het Maasstroomgebied uit 1993 en 1995 maakten duidelijk dat rivieren meer ruimte moeten krijgen. Voor het bereiken van de doelstellingen is meer samenhang tussen het beleid voor water, ruimtelijke ordening en milieu noodzakelijk. Gebiedsgericht beleid is daarbij een sleutelbegrip. Problemen die lokaal en regionaal spelen moeten ook zo veel mogelijk op dat niveau worden aangepakt.

Waterbeleid 21e eeuw
Het beleidsdocument 'Waterbeheer in de 21e eeuw' is op zichzelf al op te vatten als een visie. Naar aanleiding van de overstromingen in 1993 en 1995 kwam de noodzaak voor een ander soort waterbeleid duidelijk op de politieke agenda. Dit blijkt ook uit het voorwoord van WB21:
"Wij kunnen er niet omheen dat in Nederland, het putje van Europa, een andere aanpak nodig is. Er is te veel sprake van technisch beheer, terwijl het hoog tijd is voor een ander waterbeleid. Waterbeleid met een brede oriëntatie, gericht op inhoud, draagvlak en sturing, voorzien van een duidelijke taakstelling. Een beleid, waar water minder als een te bestrijden vijand wordt beschouwd, maar meer als bondgenoot bij natuur, landbouw en verstedelijking….Ruimte voor water staat centraal, naast meer aandacht voor politiek en burger, een betere sturing en regie en een afweging van kosten en baten".

Europese Kader Richtlijn Water
De KRW is vooral gericht op het verbeteren van de waterkwaliteit, zoals uit overweging 19 in het publicatiedocument bij de KRW ook aangeeft "*deze richtlijn beoogd het aquatische milieu in de Gemeenschap in stand te houden en te verbeteren. Deze doelstelling betreft in de eerste plaats de kwaliteit van de betrokken wateren. Beheersing van de beschikbare hoeveelheid is een bijkomend element bij het garanderen van een goede waterkwaliteit en derhalve dienen ook maatregelen*

betreffende de kwantitatieve aspecten te worden getroffen met het oog op de doelstelling om een goede waterkwaliteit te waarborgen".

In het publicatie document zijn 50 overwegingen opgenomen waarom de KRW in het leven is geroepen. Het gaat voor deze analyse te ver om ze allemaal te noemen.
Hieronder zijn de belangrijkste overwegingen (ook voor waterkwantiteit) opgenomen.

- *Overweging 3:* In de verklaring van het in 1991 te Den Haag gehouden ministeriële seminar over grondwater werd de noodzaak onderkend van maatregelen die erop gericht zijn een achteruitgang op lange termijn van kwantiteit en kwaliteit van de zoetwatervoorraden te voorkomen.
- *Overweging 4:* Het water in de Gemeenschap komt onder steeds grotere druk te staan vanwege de voortdurend stijgende vraag naar voldoende hoeveelheden water van goede kwaliteit voor allerlei doeleinden. Het Europees Milieuagentschap heeft op 10 november 1995 in zijn verslag over "Environment in the European Union 1995" (Europees Milieuagentschap, Kopenhagen, 1995) een bijgewerkt verslag over de toestand van het milieu ingediend, waarin de noodzaak van maatregelen ter bescherming van het water in de Gemeenschap in kwalitatief en kwantitatief opzicht wordt bevestigd.
- *Overweging 5:* De Raad heeft op 18 december 1995 conclusies aangenomen waarin onder meer wordt verzocht om een nieuwe kaderrichtlijn houdende basisbeginselen voor een duurzaam waterbeleid in de Europese Unie en waarin de Commissie wordt verzocht zo'n voorstel in te dienen.
- *Overweging 9:* De Gemeenschap dient een geïntegreerd waterbeleid te ontwikkelen
- *Overweging 23:* Gemeenschappelijke beginselen zijn nodig voor de coördinatie van de inspanningen van de lidstaten om het water in de Gemeenschap in kwantitatief en kwalitatief opzicht beter te beschermen, het duurzame watergebruik te bevorderen, bij te dragen tot de beheersing van grensoverschrijdende waterproblemen, aquatische ecosystemen en de daarvan rechtstreeks afhankelijke terrestrische ecosystemen en wetlands te beschermen en de gebruiksmogelijkheden van de wateren in de Gemeenschap te vrijwaren en te ontwikkelen.
- *Overweging 34:* Ten behoeve van milieubescherming is er behoefte aan een grotere integratie van de kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van het oppervlakte- en grondwater, rekening houdend met de natuurlijke stromingsomstandigheden van het water binnen de hydrologische cyclus.
- *Overweging 41:* Wat de kwantitatieve aspecten betreft dienen algemene beginselen voor de beperkte toepassing van wateronttrekking en opstuwing te worden vastgesteld, zodat de ecologische duurzaamheid van de aangetaste watersystemen wordt gegarandeerd.

Nationaal Bestuursakkoord Water
Het NBW is gericht op een op vernieuwende wijze aanpakken van de structurele uitdagingen in het waterbeheer zoals die in WB21 worden genoemd, zijnde (voornamelijk): klimaatveranderingen, zeespiegelstijging, bodemdaling en verstedelijking.

In het kader van het bestuursakkoord wordt dan ook aangegeven dat:
"Vaststaat dat voor een Nederland dat leeft met water, het water meer ruimte zal moeten krijgen. Vaststaat ook dat water de maatschappij daarmee meer geld zal gaan kosten; Nederland leeft met water zal ook betekenen: Nederland investeert in water. Met dit NBW leggen de overheden vast op welke wijze, met welke middelen en langs

welk tijdpad zij gezamenlijk de grote wateropgave voor Nederland in de 21e eeuw willen aanpakken."

II.A.2 Beleidsdoelen

Inleiding
Bij beleidsdoelen gaat het om het "vertalen" van de visie op een bepaald beleidsveld naar doelstellingen voor specifieke gebieden en situaties: wat willen de 'waterverantwoordelijke' overheden precies bereiken rond bepaalde 'waterthema's'.

4e Nota Waterhuishouding
De hoofddoelstelling van de NW4 is: "Het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land en het instandhouden en versterken van gezonde en veerkrachtige watersystemen, waarmee een duurzaam gebruik blijft gegarandeerd."

Waterbeleid 21e eeuw
Het beleidsdoel dat de commissie waterbeleid in de 21e eeuw meekreeg wordt kort en bondig in het voorwoord van WB21 weergegeven: hoe krijgen we in Nederland het 'waterhuishoudboekje' weer kloppend in de 21e eeuw? De commissie vat deze opdracht breed op en behalve voor veiligheid, overlast en schade vraagt zij aandacht voor een andere aanpak van het waterbeheer, ruimte voor water, meer betrokkenheid van burgers en overheid, een betere sturing en regie bij het waterbeleid en voor de kosten en baten van een ander beleid. Ook geeft de Commissie aandacht aan kwaliteit van water, waar die in het geding is door problemen als verdroging en verzilting.

Europese Kader Richtlijn Water
De doelen van de KRW worden als volgt opgesomd in Artikel 1 van de KRW: *"Het doel van deze richtlijn is de vaststelling van een kader voor de bescherming van landoppervlaktewater, overgangswater, kustwateren en grondwater waarmee:*

a) aquatische ecosystemen en, wat de waterbehoeften ervan betreft, terrestrische ecosystemen en waterrijke gebieden die rechtstreeks afhankelijk zijn van aquatische ecosystemen, voor verdere achteruitgang worden behoed en worden beschermd en verbeterd;
b) duurzaam gebruik van water wordt bevorderd, op basis van bescherming van de beschikbare waterbronnen op lange termijn;
c) verhoogde bescherming en verbetering van het aquatische milieu worden beoogd, onder andere door specifieke maatregelen voor de progressieve vermindering van lozingen, emissies en verliezen van prioritaire stoffen en door het stopzetten of geleidelijk beëindigen van lozingen, emissies of verliezen van prioritaire gevaarlijke stoffen;
d) wordt gezorgd voor de progressieve vermindering van de verontreiniging van grondwater en verdere verontreiniging hiervan wordt voorkomen;
e) wordt bijgedragen tot afzwakking van de gevolgen van overstromingen en perioden van droogte, en dat zodoende bijdraagt tot:
   a. *de beschikbaarheid van voldoende oppervlaktewater en grondwater van goede kwaliteit voor een duurzaam, evenwichtig en billijk gebruik van water;*
   b. *een significante vermindering van de verontreiniging van het grondwater;*
   c. *de bescherming van territoriale en mariene wateren;*
   d. *het bereiken van de doelstellingen van de relevante internationale overeenkomsten, met inbegrip van die welke tot doel hebben de verontreiniging*

van het mariene milieu te voorkomen en te elimineren, door communautaire maatregelen uit hoofde van artikel 16, lid 3, tot stopzetting of geleidelijke beëindiging van lozingen, emissies en verliezen van prioritaire gevaarlijke stoffen, om uiteindelijk te komen tot concentraties in het mariene milieu die voor in de natuur voorkomende stoffen dichtbij de achtergrondwaarden liggen en voor door de mens vervaardigde synthetische stoffen vrijwel nul bedragen"

Nationaal Bestuursakkoord Water
Het doel van het NBW zoals verwoordt in artikel 1 lid 1 is: *"Het NBW heeft tot doel om in 2015 het watersysteem op orde te hebben en daarna op orde te houden anticiperend op veranderende omstandigheden, zoals onder andere de verwachte klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en toename van verhard oppervlak "*

II.A.3 Beleidsopgaven

Inleiding

Om de geformuleerde beleidsdoelen te realiseren is het essentieel dat deze worden geconcretiseerd in specifieke beleidsopgaven. Deze geven namelijk invulling aan de vraag op welke wijze de waterbeherende overheden de 'abstracte' beleidsdoelen willen gaan realiseren door middel van concrete waterhuishoudkundige opgaven.

4e Nota Waterhuishouding
In de NW4 worden bij het nemen van beleidsmaatregelen zowel een aantal watersystemen als een aantal thema's genoemd (die ook weer nauw met elkaar samenhangen). De watersystemen en de bijbehorende beleidsmaatregelen zijn:

- Het water in de stad: De potenties van het stedelijke watersysteem worden slechts beperkt benut. Een opwaardering hiervan kan zowel voor de stedelijke wateren als voor de regionale systemen als geheel positief uitwerken. Voorbeelden die hieraan kunnen bijdragen zijn waterbesparende maatregelen in de woning en het afkoppelen van verhard oppervlak van de riolering.
- Regionale wateren: Landgebruik en waterbeheer kunnen dan ook niet los van elkaar worden gezien. Een benadering waarbij waterhuishouding, ruimtelijke ordening en natuur- en milieubeleid op elkaar zijn afgestemd en waarin de gewenste grondwatersituatie voor gebieden is vastgelegd als basis voor de regionale inrichting. Water als ordenend principe, daar draait het om bij het beheer van de regionale wateren.
- De Grote Rivieren: de voornaamste uitdaging voor de grote rivieren in de volgende decennia is het handhaven van de veiligheid, ook bij hogere maatgevende afvoeren, in combinatie met het behoud van LNC-waarden, het bevorderen van de scheepvaartfunctie en de ontwikkeling van nieuwe natuur. Integraal rivierbeheer dus. Duurzame hoogwaterbescherming: water vasthouden, ruimte voor de rivieren en voorzorgsmaatregelen. Integraal rivierbeheer vereist een stroomgebiedbenadering. Nauwe samenwerking met Rijn-, Schelde- en Maasoeverstaten is van groot belang. Hierbij gaan waterbeheer, ruimtelijke ordening en natuurontwikkeling gaan hand in hand.
- Het Natte Hart: IJsselmeer, Markermeer, de Randmeren van Kampen tot Almere. Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal worden in de NW4 omschreven als het natter hart. Dit vervult een centrale functie in de waterhuishouding van de noordelijke helft van Nederland. De inrichting van dit hard en de (ruimtelijke)

claims die hier worden gemaakt vanuit landbouw, recreatie en scheepvaart. De NW4 stelt dan ook dat het: ”tijd [is] voor het opstellen van een integrale visie op de gewenste ontwikkeling van het IJsselmeergebied”.

- De zuidelijke Delta: deze delta heeft veel veranderingen doorgemaakt. Hierbij is zowel geinvesteerd in bescherming het maatschappelijke systeem als in haar ecosysteem. Gedeeltelijk herstel van de verbindingen tussen deze systemen biedt naast vergroting van de veerkracht mogelijkheden om de bestaande natuurwaarden verder te versterken doordat zout-zoet gradiënten worden hersteld.
- Kust en Zee: De waterkwaliteit van Noordzee en kustwateren is in de tien jaar voorafgaand aan de NW4 duidelijk verbeterd, maar dat komt nog onvoldoende tot uiting in een herstel van het ecosysteem. De kust en zee moeten een veerkrachtig systeem bljven, wat ook betekent dat deze ruimte nodig hebben om mee te kunnen groeien met de verwachte stijging van de zeespiegel.
- Oceanen: de oceanen bevatten grote vaak zelfs nog onbekende natuurlijke rijkdommen; zij leveren veel zuurstof en zijn een bepalende factor voor ons klimaat. Zij zijn echter, direct of indirect, in toenemende mate voorwerp van menselijke activiteiten, en daarbij vrij toegankelijk. Die vrijheid draagt het risico in zich van overexploitatie van biotische en abiotische rijkdommen; zij kan de oceanen doen verworden tot de uiteindelijke vergaarbak van afbraak- en restproducten van menselijke activiteiten. Nederland blijft zich daarom inzetten voor een duurzaam gebruik van de oceanen, zowel in internationale organisaties als met concrete activiteiten.

Naast de opgaven binnen de hierboven beschreven watersystemen worden nog de volgende thema’s met betrekking tot waterbeheer genoemd:

- Veiligheid: zonder dijken en duinen zou meer dan de helft van Nederland regelmatig onder water lopen. Ons uitgebreide stelsel van dijken en duinen is dan ook essentieel voor een veilig en leefbaar Nederland en een basisvoorwaarde voor een gezonde economische ontwikkeling. Bescherming tegen hoogwater is eeuwenlang vrijwel synoniem geweest aan het bouwen en onderhouden van waterkeringen. De hoogwaters van de afgelopen jaren hebben ons echter doen beseffen dat duurzame bescherming meer is dan het periodiek versterken van de waterkeringen. Duurzame hoogwaterbescherming kan het beste worden gerealiseerd door zoveel mogelijk met natuurlijke processen mee te werken. De mens doet een stapje terug om rivieren, estuaria en kust meer ruimte te geven.
- Verdroging: Verdroging geldt als één van de belangrijkste oorzaken voor het achteruitgaan van de kwaliteit van de natuur in Nederland. In de derde Nota waterhuishouding is het verdrogingsprobleem dan ook herkend en erkend en sindsdien wordt over een breed front aan de bestrijding van de verdroging gewerkt. Voor het herstel van verdroogde gebieden zijn maatregelen nodig in het gebied zelf, maar ook in het omliggende gebied. Omliggend gebied dat een breed scala van gebruik kent van bewoning tot gebruik als landbouwgrond. Daarom zal voor veel gebieden een integrale aanpak nodig zijn die zich uitstrekt tot buiten het verdroogde gebied zelf. Een aanpak die samenhang aanbrengt in de benodigde kwalitatieve en kwantitatieve eisen van natte natuur aan regionale watersystemen. Die werkwijze is noodzakelijk maar complex. Het Rijk wil daarbij in de planperiode een stimulerende en ondersteunende rol blijven vervullen.

Naast deze thema’s worden met betrekking tot waterkwaliteit nog de thema’s emissies en waterbodems genoemd, beide thema’s richting zich op waterkwaliteitsverbetering met name door de reductie van (de uitstoot van) difuse bronnen.

Waterbeleid 21e eeuw

De commissie herkent een aantal opgaven waarbij zij onderscheid maken naar een drietal gebieden. Het maatschappelijke systeem, het watersysteem en sturing en regie. Per gebied herkennen zij de volgende opgaven:

- Voor het maatschappelijke systeem van burgers en politiek: de verantwoordelijke overheid, zonder draagvlak geen beleid en versterking eigen zorgplicht;
- Voor het watersysteem: betrouwbaar, duurzaam en bestuurbaar, water als bondgenoot, geen afwenteling van problemen, verplichte drietraps strategie: vasthouden, bergen of afvoeren;
- Voor sturing en regie: samenwerking per stroomgebied, eigen verantwoordelijkheden per bestuursniveau, eenduidige regie en brede inzet van sturingsmiddelen.

Deze opgaven moeten nader gespecificeerd aan de hand van drie 'beleidsprincipes':

1. Specifieke aanpassingen van het watersysteem;
2. Meer ruimte voor water;
3. Afweging van kosten en baten.

Deze beleidsprincipes zijn verder uitgewerkt voor concrete (stroom) gebieden en functionele eisen voor het watersysteem. Dat is in het onderstaande beknopt weergegeven.

Ad 1. Specifieke aanpassingen van het watersysteem:

- een nationaal plan voor het stroomgebied Rijn/IJsselmeer;
- aanwijzen van gebieden voor de opvang van water;
- vergroting spuicapaciteit op de afsluitdijk;
- extra ruimte voor de Maas;
- bouwverbod voor Rijn, Maas en IJsselmeer;
- hogere en bredere zeewering;
- bijstelling veiligheidsnormen rivieren en kust;
- regionaal beleid per stroomgebied;
- kwantitatief en kwalitatief beleid tegen verdroging en verzilting;
- normering invoeren voor de regionale watersystemen;
- schaderegelingen en verzekering beperkt invoeren;

Ad 2. Meer ruimte voor water:

- Geen verder ruimte verlies voor water: de watertoets.
- Water stuurt mee bij de ruimtelijke inrichting.
- Extra ruimte voor water berging.
- Meervoudig gebruik van de ruimte.
- Concrete taakstellingen voor ruimte voor water in beleidsnota's en plannen.

Ad 3. Afweging van kosten en baten:

- Ruimte voor water kost 250 miljoen euro extra per jaar.
- Een ander waterbeleid geeft aanzienlijke baten, zorgt voor meer veiligheid, minder overlast en schade en meer flexibiliteit, is duurzamer, goede voor landbouw en natuur en verhoogt de ruimtelijke kwaliteit.
- Meer kosten nu zijn verantwoord vanwege maatschappelijke en economische baten in de toekomst.

Europese Kader Richtlijn Water

De beleidsmaatregelen waar in de KRW op gedoeld wordt zijn gericht op kwaliteitsverbetering. In de beheersplannen voor de stroomgebieden is het behalen van resultaten de belangrijkste leidraad. Daartoe zullen daarvoor normen worden vastgesteld. Met betrekking tot kwantiteit is de beleidsopgave geformuleerd in artikel 4 lid b, sub ii: *beschermen, verbeteren en herstellen de lidstaten alle grondwaterlichamen en zorgen voor een evenwicht tussen onttrekking en aanvulling van grondwater, met de bedoeling uiterlijk 15 jaar na de datum van inwerkingtreding van deze richtlijn een goede grondwatertoestand overeenkomstig de bepalingen van bijlage V te bereiken.*

Nationaal Bestuursakkoord Water
De opgaven die in het NBW worden genoemd zijn onderverdeeld naar een aantal categorieën:

1. Het regionale watersysteem: de opgaven op dit niveau richten zich specifiek op de stroomgebieden die voor Nederland relevant zijn vanuit de (KRW).
   a. Eems: maatregelen vooral gericht op het vergroten van de bergingscapaciteit.
   b. Maas- en Rijn: in dit stroomgebied worden wateropgaven vooral veroorzaakt door verstedelijking en toename van verhard oppervlak. Daarnaast wordt in het Maasstroomgebied en het oostelijk deel van het Rijnstroomgebied water vooral vastgehouden door hermeanderen van beken, aanleggen van retentiegebieden, verontdiepen van waterlopen en beperken van de afvoer van hogere delen. De maatregelen zijn in de westelijke en noordelijke veen- en poldergebieden dan ook met name gericht op het vasthouden van water in polderwatergangen of grotere plassen, het uitbreiden van boezemwateren, het vergroten van afvoercapaciteit, het oplossen van veenweide- en verziltingsproblematiek en vergroten van waterlopen en gemaalcapaciteit.
   c. Schelde: maatregelen vooral gericht op het vasthouden van water in de poldergebieden door het vergroten van waterlopen, herstel van kreken, vergroten van de gemaalcapaciteit en het aanleggen van plassen of drassige gebieden.
2. Het stedelijke watersysteem: in dit systeem zijn de belangrijkste opgaven het buiten haar oevers treden van oppervlakte water en een te beperkte afvoer van regenwater van verharde oppervlakten en vanuit het grondwater.
3. Grondwater in het landelijk gebied: het opstellen van een GGOR
4. Hoofdwatersysteem:
   a. het op orde brengen en houden van het hoofdwatersysteem.
   b. de planontwikkeling voor de zwakke schakels in de Nederlandse Kust, waarbij oog voor veiligheid en ruimtelijke kwaliteit.
5. Samenhang hoofd- en regionaal systeem:
   a. Benoemen van blauwe knooppunten (dit zijn de belangrijkste uitwisselingspunten tussen het hoofd- en regionaal watersysteem).
6. Internationaal
   a. Het Rijk spant zich in om voor de hoogwaterproblematiek tot een aanpak in Europees verband te komen.

II.A.4 Beleidsmiddelen

Inleiding
Beleidsmiddelen zijn als het ware het gereedschap van de beleidsuitvoerder. Welke middelen staan overheidsorganisaties ten dienste bij het uitvoeren van beleid?
Opvallend is dat de klassieke benadering voor het inrichten van de overheidsmiddelen – belonen (subsidie) en straffen (boetes) en regulering – nog vaak voorop blijkt te staan

(de middelenindeling van Hood, 1976). Maar sinds de jaren 60 is ook een verschuiving richting een meer op dialoog gerichte beleidsmiddelen zichtbaar (zoals inspraak, consultatie, of burgerfora). Ook laten De Bruijn en Ten Heuvelhof (1992) zien dat er in de huidige netwerksamenleving behoefte is aan een 'tweede generatie sturingsinstrumenten' die gericht zijn op het faciliteren van 'netwerkmanagement'.

4e Nota Waterhuishouding
De NW4 benadrukt dat maatschappelijke vraagstukken complexer, dynamischer en vaak ook grootschaliger zijn geworden. Het omgevingsbeleid, waarvan het waterbeleid een onderdeel is, ontkomt niet aan de gevolgen van deze ontwikkelingen. Zo worden op het niveau van de provincies diverse initiatieven genomen om te komen tot een (meer) integrale planvorming. Wat betreft financiële instrumenten wordt de verdrogingbestrijding zal de Gebiedsgerichte Bestrijding van Verdroging (GEBEVE)-regeling nog enige jaren voortgezet. Met betrekking tot wet- en regelgeving vermeld de NW4 dat: "er voorlopig nog geen initiatieven worden genomen om te komen tot een integrale waterwet". Wel geeft de NW4 aan dat "ontwikkelingen op het gebied van de financiering van het waterbeheer en de Europese regelgeving op termijn een verdere integratie van de huidige wetgeving tot gevolg kunnen hebben"[6]. Over communicatie en meer interactieve besluitvorming vermeld de NW4 dat "Voor het realiseren van de verschillende plannen rond de grote watersystemen de methode van het open planproces [zal] worden gebruikt". Hiermee wordt een duidelijke stap gezet in een meer op een maatschappelijke dialoog gerichte wijze van beleidsuitvoering.

Waterbeleid 21e eeuw
WB21 pleit niet specifiek voor het inzetten van een palet aan beleidsmiddelen. Het volgende citaat geeft helder dit helder weer:
"De commissie benadrukt de noodzaak om bij sturing en regie per stroomgebied gebruik te maken van een breed pakket aan sturingsmiddelen. Naast de klassieke sturingsmiddelen van regelgeving en financiering vraagt de andere aanpak van het waterbeleid om sturing via de politieke agenda, om nieuwe vormen van bestuurlijke en ambtelijke organisatie en om communicatie en draagvlak verwerving"

Vervolgens geeft WB21 ook concreet invulling aan dit palet van – weinig actiegerichte – beleidsmiddelen:
- draagvlak creëren door gerichte communicatie en instellen Nationaal Platform Water;
- nota Water beleid met concrete taakstellingen voor het kabinetsbeleid;
- nationaal bestuursakkoord water;
- bestuursallianties en regionale platforms;
- aanpassen ambtelijke organisaties op beleid per stroomgebied;
- nationale regie water beleid bij de minister van Verkeer en Waterstaat;
- regionale regie bij de provincie;
- beperkte aanvulling regelgeving.

Opvallend is dat het pakket aan voorgestelde beleidsmiddelen tamelijk eenzijdig en 'zacht' van aard is. Er wordt vooral ingezet op overleg en organisationele en communicatieve beleidsmiddelen, terwijl meer 'harde' middelen zoals wet- en regelgeving en financiële prikkels, goeddeels buiten beeld blijven.

[6] Dit proces is in juli 2004 in gang gezet, toen heeft de staatssecretaris de notitie hoofdlijnen integratie waterwetgeving naar de kamer gestuurd (Tweede Kamerstuk 29694, 2003/2004). Inmiddels ligt er een ontwerp voor de 'Waterwet' zoals de wet officieel zal gaan heten. Het streven is om de wet per 1 januari 2008 in werking te laten treden. Voor een uitgebreid overzicht verwijzen wij u naar www.waterwet.nl.

Europese Kader Richtlijn Water
Een zeer belangrijk beleidsmiddel in de KRW zijn de Stroomgebiedbeheersplannen, zoals genoemd in artikel 13 van de KRW. In lid 1 wordt vermeld dat "*De lidstaten zorgen ervoor dat voor elk volledig op hun grondgebied liggend stroomgebiedsdistrict een stroomgebiedsbeheersplan wordt opgesteld*". De stroomgebiedbeheersplannen moeten uiterlijk in 2009 zijn opgesteld en de stroomgebied beheersplannen worden uiterlijk in 2015, en vervolgens om de zes jaar, getoetst en bijgesteld.

Ook communicatie wordt als belangrijk gezien in de KRW. In artikel 14 is daarover het volgende te vinden: *"De lidstaten moedigen de actieve participatie van alle betrokken partijen bij de uitvoering van deze richtlijn aan, met name bij de opstelling, de herziening en de aanpassing van de stroomgebiedbeheersplannen. De lidstaten zorgen ervoor dat voor elk stroomgebieddistrict de volgende documenten worden gepubliceerd en voor opmerkingen ter beschikking worden gesteld van het publiek, met inbegrip van de gebruikers"*

Nationaal Bestuursakkoord Water
Om de opgaven uit het NBW aan te pakken worden er op verschillende niveaus beleidsmiddelen ingezet:

Nationaal niveau:
- Beschikbaar stellen van financiële middelen voor het uitvoeren van noodzakelijke maatregelen.
- Beleidslijnen op het gebied van buitendijkse ontwikkeling en kust
- Planologische Kernbeslissing (PKB) ruimte voor de rivieren
- Watertoets: het instrumentarium voor het opstellen van de watertoets, gericht op de afstemming van waterbeheer tussen provincie, gemeente en waterschap, zal door de nationale overheid worden opgesteld.
- Partijen voeren gezamenlijk de communicatiestrategie 'Nederland leeft met water' uit. Partijen benutten hierbij hun bestaande kanalen in de regio zoals uitgaven en periodieke overleggen voor het informeren en stimuleren van de achterban en specifieke doelgroepen.

Regionaal niveau:
- (deel)stroomgebiedsbeheersplannen welke zowel invulling geven aan de EKRW als aan de bovenstaande opgaven;
- opstellen van kaders voor het Gewenst Grond en Oppervlakte Waterregime (GGOR) (uiterlijk 2005);
- mogelijkheid tot het afsluiten van nieuwe waterakkoorden op regionaal of lokaal niveau;
- provincies komen met een integrale afweging van de ruimtebehoefte;
- waterschappen toetsen, de regionale watersystemen aan de werknormen, rekening houdend met de deelstroomgebiedsvisies, en geven op basis daarvan de ruimteclaim op aan gemeenten en provincies.

Lokaal niveau:
- de gemeenten zullen voor de eerste helft van 2006 gemeentelijke waterplannen opstellen;
- mogelijkheid tot het afsluiten van nieuwe waterakkoorden op regionaal of lokaal niveau.

II.A.5 Structuur beleidsveld

Inleiding
Bij de structuur van het beleidsveld staat de organisatorische inbedding van het beleid en de (beleids)omgeving waarin het beleid moet worden uitgevoerd centraal. Bijvoorbeeld: welke overlegorganen zijn er? En welke andere beleidsprocessen zijn er actueel? In relatie tot water kan daarbij worden gedacht aan de reconstructie platteland, ontwikkeling ecologische hoofdstructuur (EHS), ontwikkeling/aanleg infrastructuur.

4e Nota Waterhuishouding
Voor de feitelijke vormgeving van integraal waterbeheer werden in de NW3 waterschappen noodzakelijk geacht die zo veel mogelijk geïntegreerd zorg dragen voor het kwantiteits- en kwaliteitsbeheer. Voor de vorming van deze “all-in” waterschappen was een fusieproces noodzakelijk dat tot een aanzienlijke vermindering van het aantal waterschappen heeft geleid. De uitgangspunten van NW3 worden ook door de NW4 gehanteerd. De voorgestelde aanpassingen betreffen 'fine tuning'. Het accent verschuift van een structuurdiscussie naar optimalisatie van de uitvoering. Dit kan, volgens de NW4, delegatie inhouden van een deel van de operationele taken voor het grondwaterbeheer en het provinciale vaarwegbeheer naar de waterschappen. Inmiddels is in de huidige situatie rond waterbeheer deze verschuiving duidelijk zichtbaar.

Waterbeleid 21e eeuw
De structuur van het beleidsveld mag duidelijk veranderen volgens WB21. Concreet geeft WB21 hier onder andere invulling aan door het instellen en organiseren van een aantal platforms en bestuursallianties en door het advies voor het opstellen van een nationaal bestuursakkoord water. Daarnaast geeft de commissie aan dat zij, in navolging van de kaderrichtlijn water, voorstander is van een aansturing van waterbeleid naar stroomgebied. Volgens de commissie moeten overheden zich ook op dit niveau organiseren door samenwerking, bij de beleidsontwikkeling moeten dan ook maatschappelijke organisaties en burgers worden betrokken.

Europese Kader Richtlijn Water
De kaderrichtlijn water is Europese wetgeving en wordt op 4 niveaus verder invulling gegeven:

- Europees Niveau: richtlijnen. Hoe de Kaderrichtlijn Water wordt uitgewerkt, bepalen de Europese Waterdirecteuren uit de verschillende lidstaten. Onder hun leiding gaan Europese werkgroepen met thema’s uit de KRW aan de slag. Europa stelt richtlijnen op, bijvoorbeeld normen voor verontreinigde stoffen of de data waarop aan die normen moet zijn voldaan. Op Europees niveau worden ook de ‘guidance documents’ opgesteld. Daarin worden de algemene richtlijnen van de KRW nader uitgewerkt.
- Nationaal niveau: regie. In Nederland vertaalt de rijksoverheid de KRW in landelijke beleidsuitgangspunten, kaders en instrumenten. De staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat is eindverantwoordelijk voor de implementatie van de KRW. Zij overlegt met andere ministeries en de provincies, waterschappen en gemeenten.
- Stroomgebieddistricten: uitvoering. Per stroomgebied moet in 2009 in stroomgebiedbeheerplannen zijn aangegeven hoe de waterkwaliteit kan worden verbeterd. Nederland is verdeeld over vier internationale stroomgebieddistricten: Rijn, Maas, Schelde en Eems. Tot een stroomgebieddistrict behoort niet alleen het water van de hoofdrivier, maar al het water in het betreffende gebied. Binnen elk

district werken provincies, gemeenten, waterschappen en Rijkswaterstaat samen aan schoner water. Er is één overkoepelende stroomgebiedscoördinator aangesteld, en per gebied (Maas, Schelde, Eems) een adjunct-coördinator. Voor de Rijn bleek het praktischer om een onderverdeling te maken in Rijn-West, Rijn-Noord, Rijn-Midden en Rijn-Oost.

- Internationale stroomgebieddistricten. Een stroomgebiedbeheerplan moet bij voorkeur op internationaal niveau worden vastgesteld. Lukt dat niet, dan moet er voor het nationale deel een stroomgebiedbeheerplan komen, dat aansluit op de plannen van de andere landen. Zulk overleg vindt plaats in de Internationale Maascommissie (IMC), de Internationale Scheldecommissie (ISC) en de internationale Stuurgroep Eems. Voor het beheer van de Rijn zijn Rijnwaterdirecteuren aangesteld.

Nationaal Bestuursakkoord Water
In het NBW staat de samenwerking centraal tussen Rijk, Provincies (vertegenwoordigd door het interprovinciaal overleg), Waterschappen (vertegenwoordigd door de Unie van Waterschappen) en Gemeenten (vertegenwoordigd door de Vereniging van Nederlandse Gemeenten). Daarnaast wordt er in de regio's ook intensief samengewerkt met Rijkswaterstaat. De samenwerking op de verschillende niveaus is niet alleen het geval vanuit het NBW, maar ook vanuit de KRW waarin per (deel)stroomgebied, een gebiedscoördinator is aangesteld die de samenwerking tussen betrokken instanties coördineert.

II.A.6 Conclusies

Uit de beleidsstukken komt een viertal rode draden naar voren:

1. Benadrukken van het belang van integraal waterbeheer als leidende concept voor de beleidsvorming;
2. Expliciteren van het belang van systeemgerichte oplossingen;
3. Benadrukken van het belang van samenwerking tussen de actoren in de beleidsketen;
4. Signaleren van de verandering van de verdeling van (maatschappelijke) kosten en baten in het (duurzame en integrale) waterbeheer.

De eerste rode draad benadrukt het belang van *integraal* duurzaam waterbeheer, zowel de nationale beleidsstukken als in de KRW. De gevolgen van (verwachte) ontwikkelingen vanuit klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling worden in de nationale beleidsstukken expliciet genoemd als belangrijke aanleidingen voor deze benadering. Integraal duurzaam waterbeheer stelt dat keuzes in waterbeheer ook effecten hebben op andere ruimtelijke functies en vice versa. Waterbeheer moet dan ook niet gezien worden als een 'verkokerde' activiteit, maar als een activiteit die deel uit maakt van een systeem. Het aspect van duurzaamheid komt naar voren in de afwegingen die in de balans met betrekking tot aspecten van ecologie, economie en maatschappij (duurzaam) moeten worden gemaakt.
De tweede rode draad maakt expliciet dat specifieke oplossingen zoveel mogelijk systeemgericht moeten worden gezocht, waarbij deze op zowel locaal, regionaal, nationaal als internationaal niveau kunnen liggen. De KRW, bijvoorbeeld, vertaalt deze filosofie naar de praktijk door het toepassing van een stroomgebiedsgerichte benadering, waarbij institutionele grenzen niet richtinggevend meer zijn voor het beheer van water. Daarnaast wordt in het NBW bijvoorbeeld het stedelijk water en het grondwatersysteem als specifieke aandachtspunten genoemd.

De derde rode draad laat zien dat op de verschillende schaalniveaus, veel meer wordt aangestuurd op samenwerking tussen actoren in de beleidsketen. Niet alleen tussen overheden, die regionale of locale bestuursakkoorden zullen gaan opstellen, maar ook met maatschappelijke partijen. Uit de beleidsnotities, vooral WB 21 en NBW, komt nadrukkelijk naar voren dat zonder een dialoog met de maatschappij het zoeken en realiseren van oplossingen onmogelijk zal zijn.
De vierde en laatste rode draad hangt sterk samen met de integrale en duurzame benadering van waterbeheer en duidt op de in gang gezette verandering in de afweging en verdeling van kosten en baten. Het primaat voor het waterbeheer en ook de hiermee gemoeide kosten zullen niet langer bij de overheid liggen. De overheid zal samen met maatschappelijke actoren afweging moeten maken over de verdeling van kosten en baten. Hoe dit precies kan worden aangepakt is in de ogen van de beleidsmakers een van de belangrijke uitdagingen voor de komende jaren.

B. Doorwerking van de nationale en internationale beleidskaders naar het provinciale, gebiedsgerichte en stedelijk waterbeheer

Inleiding

Het vertalen van doestellingen op nationaal naar regionaal en lokaal niveau is de taak van de provincies, waterschappen en gemeenten. In het verleden was de afstemming tussen deze bestuurslagen niet altijd optimaal. Het NBW is opgesteld om de afstemming en samenwerking van deze partijen op het gebied van waterbeheer te verbeteren. Zo wordt in het NBW een aantal instrumenten/uitgangspunten beschreven die de stroomgebieden op orde moeten brengen en houden. Het NBW geeft echter geen inhoudelijke invulling aan concrete opgaven of projecten[7]. Om een goed beeld te krijgen van de wijze waarop provinciale, regionale en lokale overheden de vertaalslag maken van de strategische nationale en Europese doelstellingen naar concrete uitvoeringsmaatregelen, zijn de volgende plannen van een aantal waterbeherende partijen die in MIPWA participeren bestudeerd.

a. Provincies:
- het provinciaal omgevingsplan van de provincie Drenthe;
- het tweede waterhuishoudingsplan van de provincie Fryslân;
- het provinciaal omgevingsplan van de provincie Groningen;
- het waterhuishoudingsplan van de provincie Overijssel.

b. Waterschappen:
- het waterbeheersplan van het waterschap Noorderzijlvest;
- het waterbeheersplan van het waterschap Hunze en Aa's.

c. Gemeenten:
- het waterbeleid van de gemeente Assen;
- het stedelijk grondwaterproblematiek van de gemeente Zwolle.

d. Waterleidingbedrijven:
- het jaarplan van waterleidingbedrijf Vitens (zowel Fryslân als Overijssel);
- het jaarplan van waterleidingbedrijf Groningen.

Om een vergelijking met de hiervoor beschreven nationale en Europese beleidstukken mogelijk te maken is eenzelfde analyse stramien gebruikt waarbij wordt ingegaan op de volgende onderwerpen:
- Beleidsvisie: welke visie komt er in de notities naar voren als het gaat om waterbeheer?
- Beleidsdoelen: welke doelen moeten worden gerealiseerd bij het uitvoeren van de beleidsnota?
- Beleidsmaatregelen: welke opgaven moet de maatschappij aanpakken om deze doelen te bereiken?
- Beleidsmiddelen: welke middelen staan overheid en maatschappij ter beschikking?

[7] In het NBW worden in artikel 17 wel een aantal zogenaamde koploperprojecten benoemd. Deze projecten zijn in 2003 gestart en dienen als pilots voor het maatregelen programma zoals dat in het NBW wordt beschreven. Het gaat hierbij om de volgende pilots: De Oostpolder bij Anna Paulowna (Noord-Holland), de polders Lappenvoort, Glimmermade en het Oostenland (Groningen/Drenthe), het reservaatgebied Groote Brekken bij Lemmer (Fryslan) en het glastuinbouwgebied in Delfland (gietwaterbassins) (Zuid-Holland).

- De structuur van het beleidsveld: hoe ziet de organisatie van visie, doelen, maatregelen en middelen eruit?

Beleidsvisie

a. De provincies

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Drenthe

De provincie Drenthe streeft naar integraal ruimtelijk beheer en doet dit onder andere door het integreren van verschillende plannen die zij wettelijk moet opstellen. Deze worden in het Provinicale Omgevingsplan (POP) samengevoegd.

Het centrale uitgangspunt voor het provinciaal beleid is en blijft het streven naar een duurzame ontwikkeling. Daarin past dat de mens nadrukkelijk een plaats krijgt in het omgevingsbeleid. Drenthe benadert haar POP vanuit het perspectief van duurzame ontwikkeling. Op basis van dit gezichtspunt zijn zowel hoofd- als subdoelstellingen opgesteld. Drenthe streeft naar het tot stand brengen van een evenwicht tussen enerzijds ontwikkeling en anderzijds handhaving en vergroten van de kwaliteit van Drenthe. Kwaliteiten van Drenthe zijn onder andere veel ruimte, het Drentse Landschap, relatief goede milieuomstandigheden, sporen van het verleden en herkenbare watersystemen. Een van de gevolgen van de klimaatverandering is dat er meer neerslag valt en dat daarmee de kans op wateroverlast, ook in Drenthe, groter wordt. In de Stroomgebiedvisies Groningen/NO-Drenthe en Vecht-Zwarte Water zijn de noodzakelijke maatregelen op een rij gezet. Ze vormen de basis voor het toekomstige waterbeheer in Drenthe dat POP II in kaart brengt.

Drenthe beschrijft in hoofdstuk B3 van het POP dat haar omgevingsbeleid op de volgende grondslagen is gebouwd:

- De Drentse samenleving: het maatschappelijk leven (voorzieningen, gezondheid, veiligheid)
- De Waterstromen: de Drentse Watersystemen vinden allen hun oorsprong in Drenthe zelf, dit biedt een unieke kans en Drenthe kiest ervoor om water als ordenend principe te bestempelen. Hierbij blijft de veerkracht van het systeem op extreme omstandigheden op te vangen in stand, of zal worden hersteld. Dit betekent dat het watersysteem meer ruimte dan nu nodig heeft.
- De fysieke infrastructuur; bundeling van infrastructuur is doel voor de toekomst;
- Een landschappelijke kwaliteit: veel ruimte en hoge mate van variatie in het landschap moet worden behouden en waar nodig herstelt;
- Zuinig ruimtegebruik: kwantitatief betekent dit dat de indeling van ruimte zich blijft vernieuwen, hierdoor kan de bewegingsruimte van bepaalde functies in de knel komen, kwalitatief komt dit neer op het behouden van karakteristieke ruimtelijke indelingen.
- Duurzame energie huishouding; een ontkoppeling tussen groei en uitstoot.

Tweede waterhuishoudingsplan van de provincie Fryslân

De hoofddoelstelling van het tweede waterhuishoudingsplan van de provincie Fryslân is gelijk aan de hoofddoelstelling uit NW4 ‘het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land en het instandhouden en versterken van gezonde en veerkrachtige watersystemen, waarmee een duurzaam gebruik blijft gegarandeerd’. Het gaat daarbij om watersystemen, waarbij economische en ecologische ontwikkelingen met elkaar in evenwicht zijn.

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Groningen
Centraal voor het POP staat volgens de schrijvers: *"Duurzame ontwikkeling: voldoende werkgelegenheid en een voor mens en natuur leefbaar Groningen met behoud en versterking van de kwaliteiten van de fysieke omgeving, waarbij toekomstige generaties voldoende mogelijkheden houden om zich te ontplooien."*

Voor Groningen moet dit worden vormgegeven door een:
- Dynamische economie: vooral gericht op een gunstig vestigingsklimaat, het creëren van werkgelegenheid, goede bereikbaarheid van de provincie en sterke economische kernzones
- Sterke Steden: Om een stedelijk gebied met een prettig leefklimaat voor de inwoners en met goede vestigingsvoorwaarden voor bedrijven te realiseren zetten we ons de komende jaren in voor
- Leefbare omgeving: Wij zetten ons in voor een provincie waar je als bewoner prima een boterham kunt verdienen en tot op hoge leeftijd goed kunt wonen in een omgeving waar ook plaats is voor natuur. Voor een omgeving waar de mensen oog hebben voor elkaar en waar kwetsbare groepen niet verstoken blijven van de nodige voorzieningen en verzorging

Natuurlijk waterbeheer is, volgens het POP, de basis voor een duurzaam gebruik van de Groningse leefomgeving. In het POP wordt dan ook gekozen voor een natuurlijker inrichting van de waterhuishouding, hoewel technische voorzieningen als dijken en gemalen altijd nodig zullen blijven. Als het even kan geen nieuwe, sterkere gemalen om het water weg te pompen, maar meer waterberging en zoveel mogelijk vrije afwatering. Dat kan, aansluitend op de landschappelijke hoofdstructuur, door vergroting of aanleg van meren en plassen en door herstel van beken, die ruimte krijgen om te overstromen. Zo wordt ook de verdroging van natuurgebieden teruggedrongen.

Verderop wordt nog genoemd:
"We hebben het water in het verleden in een steeds kleinere ruimte teruggedrongen, waardoor de natuurlijke veerkracht grotendeels uit onze waterhuishouding is verdwenen. Er is onvoldoende ruimte om als buffer te dienen bij extreem hoge pieken in de wateraanvoer. In de toekomst worden de problemen naar verwachting zelfs nog groter door klimaatverandering (meer regen in de winter en een hogere zeespiegel) en bodemdaling (vooral door aardgaswinning).We hebben ook ruimte nodig om zoveel mogelijk water vast te houden voor droge perioden, zodat we verdroging van natuur en droogteschade in de landbouw kunnen tegengaan."

Als we meer ruimte hebben om water vast te houden, kan de aanvoer van gebiedsvreemd water verder worden beperkt. Ondanks een grotere waterretentie komen we met het gebiedseigen water de zomer normaal gesproken niet door. Om het water op peil te houden moet aanvoer van elders plaatsvinden. Ook moeten de landbouwgebieden in het noorden en oosten worden doorgespoeld met zoet water om verzilting tegen te gaan. Daar is in principe voldoende water voor beschikbaar. Voordelen van een natuurlijker waterbeheer zijn beperking van de kosten en het energiegebruik van gemalen en een grotere landschappelijke waarde met kansen voor recreatie en wonen aan het water. Meer ruimte voor water, zodat meer schoon water kan worden vastgehouden, is ook goed voor natuur en landbouw. Op de hoge gronden, ook in Drenthe,moet in natte perioden water worden vastgehouden, zodat benedenstrooms minder maatregelen nodig zijn.

Waterhuishoudingsplan van de provincie Overijssel
Het waterhuishoudingsplan van de provincie Overijssel is strategisch van aard. Dat wil zeggen dat in de vorm van hoofdlijnen de koers voor de waterhuishouding in de provincie Overijssel is aangegeven voor een periode van circa 20 jaar. Voor de planperiode (acht jaar) is deze hoofdkoers geconcretiseerd in doel- en taakstellingen per gebied of beleidsthema. De formulering van het beleid is zodanig dat het plan voldoende ruimte biedt voor nieuwe ontwikkelingen.

De Provincie streeft naar het veiligstellen van de leefomgeving, voor de huidige bevolking maar ook voor de volgende generaties. Richtinggevend voor onder meer het waterhuishoudingsplan is de hoofdkoers uit de Strategische visie 'Overijssel, kwaliteit in vernieuwing'. In deze visie kiest de provincie voor sociale kwaliteit en welzijn als hoofdmotieven voor het beleid. Dit betekent dat economische groei en nieuwe ingrepen in de leefomgeving moeten bijdragen aan de hoofdkoers van de Strategische visie. Het bieden van ontwikkelingsruimte voor economische groei en het behouden en versterken van de kroonjuwelen van de provincie spelen daarbij een essentiële rol.

b. De waterschappen
Waterbeheersplan van het waterschap Noorderzijlvest
Waterschap Noorderzijlvest is belast met de zorg voor de waterkering en de zorg voor de waterhuishoudkundige systemen en de zuivering van afvalwater in het noordelijk en westelijk deel van de provincie Groningen, het noordwestelijk deel van de provincie Drenthe en in een klein deel van de provincie Fryslân: het Lauwersmeergebied.

De missie van het waterschap is: een overheidsonderneming voor een veilig en duurzaam waterbeheer. Met veilig wordt bedoel het bieden van bescherming tegen overstroming en het bieden van een vertrouwd gebruik van water. Een duurzaam waterbeheer staat voor het verkrijgen en versterken van gezonde en veerkrachtige watersystemen. Het handelen is daarbij afgestemd op een zo zuinig mogelijk gebruik van energie en materialen en het zoveel mogelijk voorkomen van vervuiling en verspilling van grondstoffen.

Waterbeheersplan van het waterschap Hunze en Aa's
Het waterbeheersplan beschrijft het voorgenomen beheer in de periode 2003 tot en met 2007. Daarmee ligt echter niet alles vast. De opgestelde visie bevat elementen met een verdere horizon: 2010 - 2020. De huidige beleidslijnen gaan mee tot ergens in 2010. De concrete maatregelen liggen slechts voor de eerst komende vijf jaren vast. Het waterschap ziet het beheersplan dan ook als een vlottend plan waarmee moeiteloos ingespeeld kan worden op nieuwe ontwikkelingen.

Waterschap Hunze en Aa's staat voor een goed, integraal en duurzaam beheer van de watersystemen, voor toegankelijke vaarwegen en voor veilige waterkeringen binnen het beheersgebied.

Het waterschap hanteert de volgende thema's in het waterhuishoudingsplan:
1) veiligheid
2) watersystemen
3) schoon water

4) functies
5) Water en maatschappij
6) Financiering
7) Organisatie

Het thema waterkwantiteit beperkt zich tot de thema's veiligheid (1), watersystemen (2) en functies (4).

c. De gemeenten

Waterbeleid van de gemeente Assen

De gemeente Assen is bezig met het opstellen van een gemeentelijk waterplan, de uitkomsten van de beschreven aspecten van het waterbeleid van de gemeente Assen zijn gebaseerd op het verslag van een interne memo ('Resultaten sessie actuele situatie') het Gemeentelijke Rioleringsplan 2005-2008 en de Milieuvisie 2005-2008: Milieu op koers (inspraakversie april 2004).

Eén van de speerpunten uit de milieuvisie is: Assen wordt een duurzame stad en wil nieuwe woonwijken en bedrijventerreinen duurzaam ontwikkelen (o.a. waterbesparing). Een ambitie op het gebied van water die hierbij hoort is het versterken van de belangrijke en herkenbare plek voor water in de ontwikkeling van de gemeente, om de huidige waterstructuren waar mogelijk te behouden en te versterken en de huidige (ecologische) kwaliteiten van water te beschermen.

Het gemeentelijk rioleringsplan (GRP) richt zich op '*de zorg voor het goed functioneren van de buitenriolering met zo laag mogelijk jaarlijkse lasten'*. Riolering is nodig uit oogpunt van bescherming van de volksgezondheid, tegengaan van wateroverlast en bescherming van milieu. Ook voor het stedelijk watersysteem vindt een watersysteembenadering (wsb) plaats. Door alle componenten van een stedelijk watersysteem in samenhang te beschouwen, ontstaan mogelijkheden voor optimalisatie van water- en verontreinigingsstromen. Voor stedelijke gebieden betekent de wsb dat gezocht wordt naar combinaties van maatregelen, waarbij bezuinigd wordt op het gebruik van drinkwater, minimale vuiluitworp plaatsvindt en de RWZI zo gelijkmatig mogelijk wordt belast. Voor de riolering betekent de wsb dat problemen met vuiluitworp en piekafvoeren minder vaak dan nu het geval is worden opgelost binnen de grenzen van het rioolsysteem zelf.

Het stedelijk grondwater van de gemeente Zwolle

Het waterplan voor de gemeente Zwolle is nog in wording. Zwolle wordt op dit moment geconfronteerd met een aantal grote grondwaterverontreinigingen. Bij de aanpak van deze problemen is duurzaamheid een belangrijk uitgangspunt. Zwolle wil niet alleen een oplossing voor de korte termijn, maar wil de grondwaterproblematiek ook vanuit een breder perspectief benaderen. Is het wel zo logisch om grondwaterverontreiniging alleen vanuit het beleidsveld bodem op te lossen? De belangen zijn toch breder? Daarom streeft Zwolle naar een aanpak waarbij sprake is van integratie met bijvoorbeeld ruimtelijke ordening en water. Niet alleen in de planvorming maar ook in het beheer.

d. De waterleidingbedrijven

Jaarplan van waterleidingbedrijf Vitens

Vitens wil door klanten, samenleving, medewerkers en aandeelhouders herkend worden als een betrouwbaar en toonaangevend drinkwaterbedrijf, dat met een uitstekende

bedrijfsvoering maatschappelijk verantwoord onderneemt. Vitens staat voor een duurzame drinkwatervoorziening, waarbij de belangen van onze klanten, de omgeving en de vereisten vanuit de bedrijfsvoering in onderlinge samenhang worden afgewogen.

Jaarplan van waterleidingbedrijf Groningen
Met betrekking tot het beleid hecht het Waterbedrijf Groningen groot belang aan de duurzaamheidsdefinitie van de grondwaterwinning. Er wordt gestreefd naar een duurzame drinkwatervoorziening. De de**finitie van Duurzame Drinkwatervoorziening luidt:**

1. **permanente beschikbaarheid van de bron;**
2. **goede kwaliteit van de bron;**
3. **zo klein mogelijke negatieve interacties met andere functies (natuur, landbouw, stad);**
4. **gering gebruik van grondstoffen en energie;**
5. **geringe afvalproductie;**
6. **maatschappelijk aanvaardbare kosten**

Deze duurzaamheidsdefinitie wordt mede gedragen door de provincies Groningen en Drenthe, de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's, de MilieuFederaties, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten.

Beleidsdoelen

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Drenthe
Het omgevingsbeleid draagt bij aan een duurzame ontwikkeling van afzonderlijke functies, zonder daarbij de samenhang tussen functies uit het oog te verliezen. Een uitgangspunt daarbij is de afwenteling van eventuele negatieve effecten naar andere functies, andere gebieden en naar de toekomst toe, zoveel mogelijk wordt vermeden.

Specifiek worden op het gebied van Ruimte en Water de volgende beleidsdoelen genoemd (pag. 21 van het POPII):

- een zuinig gebruik van ruimte;
- een kwaliteit van de bebouwde omgeving, mede op basis van de principes van duurzaam (stede)bouwen, gericht op ontwikkeling en vernieuwing;
- een verkeersinfrastructuur die uitgaat van de behoefte aan mobiliteit met als randvoorwaarden, bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid;
- voldoende bedrijventerreinen, waarop bedrijven actief invulling geven aan parkmanagement;
- woongebieden afgestemd op de behoefte en geconcentreerd in stedelijke gebieden;
- een aantrekkelijk en doelmatig ingericht landelijk gebied op basis van watersystemen, samenhang tussen stedelijk en landelijk gebied en cultuurhistorische kenmerken;
- incidentele wateroverlast wordt beperkt tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau;
- een transparante, integrale uitvoering van het provinciale beleid op basis van programmering en samenwerking en een daarbij passend instrumentarium.

Het realiseren van de Ecologische HoofdStructuur in Drenthe vordert, maar is wel een punt van aandacht. Door externe factoren zoals grondprijsontwikkeling is dit niet eenvoudig te realiseren.

Met betrekking tot water ziet Drenthe klimaatverandering, met als gevolg zeespiegelstijging en neerslagtoename, in combinatie met bodemdaling als een belangrijke maatschappelijke opgave. Dit heeft tot gevolg dat meer ruimte voor water moet komen.

Bij het opstellen van het POP is gebruik gemaakt van de stroomgebiedsvisie Groningen/Noord- en Oost-Drenthe en de stroomgebiedsvisie Vecht en Zwarte Water. Dit proces, wat is opgezet in het kader van de kader richtlijn water, valt onder het stroomgebied van de Eems en Rijn (Neder-Eems, Rijn-Noord en Rijn-Oost). Hierin is ook de visie van de waterbeheerder meegenomen.

De wateropgaven zijn in het POP als volgt weergegeven:

- In het noorden van de provincie zijn bergingsgebieden weergegeven.
- In het zuiden van de provincie is het aanwijzen van bergingsgebieden een uitwerkingsopdracht.
- Voor de beekdalen geldt het ‘nee-tenzij’ beleid.
- Het kader van het GGOR is gekoppeld aan de zonering.
- Hydrologische aandachtsgebieden zijn op kaarten aangegeven.
- Het POP is de ontwerprichtlijn in het kader van de watertoets.

Het voorkomen van wateroverlast en watertekort worden ook als beleidsdoel genoemd in het POP.
Met betrekking tot wateroverlast wordt gemeld dat deze zich vooral voordoet bij overstromingen vanuit de kanalen en de boezemwateren. Daarnaast wordt ook nog grondwateroverlast als oorzaak van wateroverlast genoemd. Deze laatste vorm treedt op als het ont- en afwateringsstelsel van het gebied niet in staat is het water af te voeren. Deze wateroverlast wordt ook wel regionale wateroverlast genoemd (schade is vaak beperkter dan bij de eerste vorm). Tenslotte komt het voor dat in bebouwd gebied de riolering de wateraanvoer niet kan verwerken, normen hiervoor zijn minder streng vanwege hoge kosten en vanwege de mogelijkheid tot afkoppeling van het stelsel.

Het doel van het lange termijn beleid, aangaande wateroverlast en watertekort, is om gebruik te maken van de veerkracht van het watersysteem. Deze veerkracht wordt daarvoor gehandhaafd en waar nodig hersteld. Dit betekent dat er ruimte voor water is, waarbij zowel wateroverlast als water tekort wordt voorkomen. Bij het uitwerken van beleid gelden de volgende voorkeursvolgorden voor oplossingsrichtingen:

- voorkomen van wateroverlast: vasthouden, bergen en als het niet anders kan afvoeren;
- voorkomen van watertekort: conserveren, bergen, en als het niet anders kan aanvoeren.

De doelen voor korte termijn (de planperiode) voor wateroverlast en watertekort zijn vooral gericht op het beperken van wateroverlast tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau. De normen hiervoor zijn nog niet bekend. Voor de kans op overstroming uit de boezemwateren zal de norm uitkomen tussen de 1 keer per 100 jaar en de 1 keer per 1000 jaar. Voor regionale wateroverlast ligt de norm tussen de 1 keer per 10 jaar en 1 keer per 100 jaar. Verder is het beleid gericht op het maximaal vasthouden van water binnen de kaders van het gewenst- grond- en oppervlaktewater regime (GGOR).

Het POP maakt voorts onderscheid tussen jaarlijks beheer en beheer bij extreme neerslag:

- Het jaarlijkse beheer wordt uitgewerkt in het GGOR. Hierbij wordt het waterbeheer afgestemd op de ruimtelijke functies. Dit betekent ondermeer dat zoveel mogelijk water wordt vastgehouden om een bijdrage te leveren aan verdrogingbestrijding. Het vasthouden van water wordt bereikt door het anders aanleggen van waterlopen: breder en minder diep, waarbij het oppervlakte waterpeil gelijk blijft. Dit betekent dat in droge perioden het water minder ver uitzakt en dus meer water in het gebied achterblijft. Daarnaast worden waterbekkens, voor zover dit mogelijk is, natuurlijk ingericht. Het effect hiervan is vergelijkbaar met de gewone waterlopen maar omdat de beekdalen de drainage basis vormen voor een heel watersysteem, is het effect veel groter geacht.
- Naast de maatregelen gericht op normaal waterbeheer worden de volgende maatregelen genomen voor het beperken van de effecten van extreme neerslag. Het gaat hierbij om het voorkomen dat de overlast van afvoer bij extreme neerslag nog gaat toenemen. In WB 21-termen heet dit ‘het niet afwentelen van wateroverlast op benedenstrooms gelegen gebieden’. Dit betekent hoofdzakelijk dat niet gebouwd zal worden in laaggelegen gebieden. In Drenthe zijn dit de beekdalen waarvoor een “nee-tenzij beleid” geldt. Kapitaalintensieve functies (woningen en bedrijven en bepaalde vormen van agrarisch grondgebruik) zullen dus zoveel mogelijk geweerd worden maar er kunnen uitzonderingen gemaakt worden als:
  - er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang;

- er geen alternatieven zijn;
- de functie op locatie geen feitelijke belemmering vormt om in de toekomst de afvoer en bergingscapaciteit van het regionale watersysteem te vergroten;
- compensatie van het negatieve effect op het watersysteem deel uitmaakt van het plan.

Wat betreft de opvang van neerslagwater in het stedelijk gebied zijn voor bestaand en nieuw stedelijk gebied eisen gesteld aan de opvang daarvan. De watertoets wordt toegepast om ervoor te zorgen dat het stedelijk gebied aan de eisen voldoet. Verder zijn op een aantal plaatsen bergingsgebieden nodig.
Ten aanzien van watertekorten in de zomer staat in het provinciale beleid waterconservering voorop. Dit beleid zal in samenhang met het GGOR beleid worden vormgegeven. De huidige capaciteit voor aanvoermogelijkheden vanuit het IJsselmeer zal niet worden vergroot.

Met het realiseren van het GGOR worden op de lange termijn, niet voor 2030, de volgende doelen nagestreefd:
- Duurzame inrichting van het stroomgebied.
- Water als mede ordenend principe, technische oplossingen moeten op natuurlijke processen aansluiten. Dit betekent een ruimtegebruik dat rekening houdt met de potenties van het watersysteem.
- Grondgebruik ondersteunen door krachtige watersystemen.

Op de korte termijn wordt dit vertaald in de doelstelling dat provincies in 2005 het GGOR vaststellen. Het GGOR wordt vervolgens door de waterschappen ingevuld, dat in 2010 wordt vastgesteld door de provincie. Dit vastgestelde GGOR wordt vervolgens opgenomen in de beheersplannen van de waterschappen. Hydrologische aandachtsgebieden zijn gebieden waarbij beïnvloeding van natuur door landbouw en vice versa niet wenselijk is. Schadelijke beïnvloeding tussen functies dient dan ook te worden voorkomen. Bij vernatting dient dit te gebeuren door:
- voorkomen;
- ondervangen door technische maatregelen;
- ondervangen met behulp van kavelruil;
- compenseren met geld of grond;
- indien schade compensatie te duur is of niet mogelijk dan dient een bestuurlijke heroverweging plaats te vinden.

Wat betreft de grondwaterkwantiteit stelt de provincie als doelstelling voor de lange termijn: ‘het hebben en houden van een zo groot mogelijke voorraad zoet grondwater’.

Doelstellingen op de korte termijn zijn: de effecten van het gebruik van grondwater voor drinkwater, industrie en landbouw op de overige bij het grondwaterbeheer betrokken belangen beperken zich tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau. De provincie is grondwaterbeheerder en voor zover noodzakelijk is het beleid vertaald in regels in de provinciale omgevingsverordening.

Tweede waterhuishoudingsplan van de provincie Fryslân
De beleidsdoelen zijn gesplitst in algemeen beleid (basisniveau) en specifiek beleid (functies). Hiervoor is de gewenste situatie voor de langere periode (2015) en het beleid voor de kortere termijn (2008) beschreven. De gewenste situatie 2015 staat hieronder opgesomd:

- Basisniveau veiligheid: Veilige keringen tegen zee-, IJsselmeer-, boezem-, polder- en beekwater in de gehele provincie en voldoende lozings- en/of bergingscapaciteit.
- Basisniveau grondwater: Het grondwater vervult een essentiële functie voor tal van maatschappelijke belangen, menselijke en ecologische. Onze zorg is dat deze essentiële functie voor mens, dier en plant in stand blijft. Om die reden wordt er zorgvuldig omgegaan met zowel het ondiepe als het diepe grondwater, dat de van nature aanwezige kwaliteit bezit.
- Basisniveau inrichting: watersystemen zijn zo ingericht dat een grotere veerkracht binnen die systemen aanwezig is. Dit biedt zowel ruimte aan het opvangen van wateroverschotten of –tekorten als aan de ecologische mogelijkheden van het watersysteem.

Functies:
- Water voor landbouw: de waterhuishoudkundige voorwaarden die nodig zijn voor een duurzame en concurrerende landbouw zijn aanwezig.
- Water voor natuur: een zodanige kwaliteit van water, waterbodem en oevers en een zodanig grond- en oppervlaktewaterregiem dat de bij de potenties van de watersystemen behorende natuurdoeltypen kunnen worden gerealiseerd.
- Boezemwater: de aan- en doorvoer van voldoende IJsselmeerwater en de afvoer van overtollig boezemwater zijn in principe verzekerd met inachtneming van de ecologische potenties en het multifunctionele karakter van de boezem.
- De oppervlaktewateren in bebouwd gebied zijn geschikt voor meervoudig gebruik dat recht doet aan de potenties van de watersystemen. Dit zal de ecologische, landschappelijke en recreatieve betekenis en de belevingswaarde van de oppervlaktewateren vergroten.
- Drink- en industriewater: de levering van water aan huishoudens en bedrijfsleven is veiliggesteld. Deze watervoorziening is in harmonie met het streven naar het behoud en het scheppen van mogelijkheden voor de ontwikkeling van duurzame watersystemen. Er wordt zuinig omgegaan met grondwater.

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Groningen
Het POP beschrijft 42 beleidsdoelen die voor de provincie Groningen centraal staan. De beleidsdoelen die relevant zijn voor waterbeheer zijn te vinden in drie thema's:

Ruimte voor water:
24) Naar een natuurlijk waterbeheer: Natuurlijk waterbeheer is, volgens het POP, de basis voor een duurzaam gebruik van de Groningse leefomgeving. In het POP wordt dan ook gekozen voor een natuurlijker inrichting van de waterhuishouding, hoewel technische voorzieningen als dijken en gemalen altijd nodig zullen blijven. Als het even kan geen nieuwe, sterkere gemalen om het water weg te pompen, maar meer waterberging en zoveel mogelijk vrije afwatering. Dat kan, aansluitend op de landschappelijke hoofdstructuur, door vergroting of aanleg van meren en plassen en door herstel van beken, die ruimte krijgen om te overstromen. Zo wordt ook de verdroging van natuurgebieden teruggedrongen.

25) Water op peil: Op de middellange termijn (2020) moet het gewenste grondwaterregiem overal in onze provincie zijn gerealiseerd, toegesneden op de functie van een gebied. Daardoor is de verdroging van natuurgebieden opgeheven, zijn de productieomstandigheden voor de landbouw verbeterd en is de bodemdaling door klink vertraagd. De oppervlaktewaterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten.

Schoon milieu
Met betrekking tot grondwaterbeheer worden daarnaast nog de volgende beleiddoelen onderscheiden

37) Grondwatergebruik aan banden:
Er moet steeds voldoende grond- en oppervlaktewater beschikbaar zijn voor een veilige en continue productie van drinkwater en/of industriewater. Dat water moet een geschikte kwaliteit hebben en met aanvaardbare gevolgen voor de omgeving worden gewonnen. De schrijvers willen de grondwaterwinning voor de drinkwatervoorziening niet laten toenemen en de grondwaterwinning door de industrie nog verder verminderen dan de afgelopen jaren al gebeurd is (pag. 63, POP)

Beheersen van risico's
41) Dijken als (levens)verzekering
De schrijvers van het POP beschouwen het bieden van voldoende veiligheid tegen overstroming als een absolute voorwaarde voor de leefbaarheid en de economie. Onze zeedijken, de primaire waterkeringen, moeten Waddenzee, Eems en Dollard ook onder extreme omstandigheden buiten de deur houden. Anders vallen er ongetwijfeld slachtoffers. De boezemkaden, de regionale waterkeringen die langs kanalen en meren liggen, moeten voldoende veiligheid bieden tegen overstroming van binnenwater. Daarbij wordt dan alleen gesproken over economische schade (pag. 67, POP).

42) Calamiteiten
Wanneer zich ondanks al onze voorzorgen toch ergens in onze provincie een ramp voordoet, moeten we daar goed op voorbereid zijn. En de crisissituatie zo goed mogelijk zien te beheersen, de veiligheid waarborgen en de schade beperken, of het nu om een overstroming of een milieuramp gaat. Daarover moeten we vooraf goede afspraken maken, ook met onze buren. En we moeten goede systemen hebben die ons tijdig waarschuwen als er iets dreigt fout te gaan.

Waterhuishoudingsplan van de provincie Overijssel
Een belangrijk algemeen beleidsdoel is om waterkwaliteits- en kwantiteitsaspecten zwaarder te laten meewegen bij besluitvorming over ruimtelijke ordening. Daarnaast wordt in het waterhuishoudingsplan onderscheid gemaakt in 4 thema's:
1. veerkracht watersysteem;
2. verbetering van de kwaliteit en inrichting van watersystemen;
3. stedelijk waterbeheer en het beheer van de waterketen;
4. grondwaterkwantiteitsbeheer.

Het derde thema blijft hier verder buiten beschouwing omdat de doelstelling en maatregelen bij dit thema vrijwel uitsluitend betrekking hebben op waterkwaliteit.

Veerkracht: hoofddoel voor dit thema is: het herstellen van de veerkracht van het watersysteem door de opvangcapaciteit van watergangen te verhogen, de spongiteit van de bodem te vergroten, ruimte te geven aan de hoofdafvoersystemen, het inrichten van wateropvanggebieden en het hanteren van de beleidslijn 'Ruimte voor de rivier'. Voortvloeiend hieruit zijn de volgende doelstelling opgenomen:
- voorkomen van een verdere aantasting van de veerkracht van watersystemen in Overijssel (stand-still);
- compensatie van de aantasting van de veerkracht;

- projecten, waarbij aanpassing van het watersysteem aan de orde is of waar zich kansen daarvoor voordoen, worden zo uitgevoerd dat een bijdrage wordt geleverd aan het vergroten van de veerkracht en de duurzaamheid van het watersysteem;
- het zoveel mogelijk zelfvoorzienend maken van gebieden op het vlak van waterbehoefte, waterkwaliteit, ecologie en waterzuivering;
- herstelmaatregelen worden met prioriteit gerealiseerd in 'wateraandachtsgebieden';
- 20% van de waterlopen is in 2015 heringericht: breder en minder diep;
- het peilbeheer wordt dynamischer gevoerd, in samenhang met het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime;
- het peilbeheer in veenweidegebieden wordt zodanig gevoerd dat maaiveldsdaling tot een minimum wordt beperkt. Daarbij wordt uitgegaan van graslandgebruik;
- reduceren van de maatgevende afvoer uit stroomgebieden;
- realiseren van voldoende wateropvanggebieden;
- waterkwantiteit en -kwaliteit is afgestemd op functies en belangen;
- verminderen van de vochttekorten in de landbouw;
- verminderen van het verdroogd areaal natuurgebieden met ca. 7000 ha in 2010;
- aanpassen van watersystemen en terugdringen van de verdroging vinden met prioriteit plaats in de wateraandachtsgebieden.

Hoofddoelen voor het thema *Stedelijk water & Waterketen* zijn:
- het opheffen van grondwateroverlast, het verbeteren van rioolstelsels en het verbeteren van de waterkwaliteit en de inrichting van wateren in stedelijk gebieden
- het optimaliseren en duurzaam maken van de waterketen

Voortvloeiend hieruit zijn de volgende doelstelling opgenomen:
- reduceren van grondwateroverlast;
- bevorderen dat bij uit- en inbreidingen en de inrichting van het stedelijk gebied expliciet rekening wordt gehouden met een duurzaam beheer van het watersysteem en de waterketen.

Grondwater: opgenomen doelen betreffen:
- zuinig en effectief gebruik van grondwater, dat primair wordt aangewend of gereserveerd voor hoogwaardige doelen, zoals drinkwater en produktiedoeleinden die een goede waterkwaliteit nodig hebben, op grond van de Warenwet;
- gebruik van goed grondwater voor laagwaardige toepassingen wordt verder teruggedrongen;
- een duurzame drinkwaterwinning in 2010.

Waterbeheersplan van het waterschap Noorderzijlvest
In het waterbeheersplan worden de volgende drie belangrijke opgaven genoemd:
- Dagelijks peilbeheer richt zich erop om peilbesluiten zo efficiënt en consistent mogelijk uit te voeren. Voor de afwateringseenheden waar nog geen peilbesluiten voor zijn genomen, worden deze vastgesteld.
- In de polders wordt gestreefd naar een zodanige dimensionering en onderhoud van het hoofdwatergangenstelsel dat volgens berekeningen bij een maatgevende afvoer de maximale verhoging van de waterstand nergens groter is dan 0,25 m.
- Waar mogelijk opheffen onderbemalingen.

De waterfuncties zoals beschreven in het POP Groningen en POP Drenthe, zijn vertaald naar functies voor het waterbeheerplan. Voor de algemene waterfunctie zijn doelstellingen opgenomen in het waterbeheerplan. Voor specifieke waterfuncties wordt

verwezen naar de Nota Normdoelstelling Water van de provincie Groningen en het POP Drenthe. Kwantitatieve doelstellingen zijn:

- geen aantasting systeemeigen kenmerken van wateren, daar waar deze kenmerken essentieel zijn voor watertype en daarmee verbonden levensgemeenschappen;
- oever vervult de rol als overgang tussen land en water.

Per waterfunctie zijn de doelstellingen:

- Water voor aanvoer, afvoer en berging
  - Beperking van waterinlaat om waterkwaliteit in gebieden met natuurfunctie/ zone 4,5,6 uit POP niet ongunstig te beïnvloeden.
  - Wateronttrekking voor beregening alleen toegestaan vanuit watergangen die met wateraanvoer op peil gehouden kunnen worden.
  - Ontwerp van hoofdwatergangen en kunstwerken gebaseerd op maatgevende afvoer van 1,33 l/sec/ha oftewel 11,5 mm/etmaal.
  - Verplichte compensatie bij dempen van watergangen.
- Ecologische verbindingszone
  - Actief participeren in aanleg, beheer en onderhoud enz, voorzover dit het functioneren van het watersysteem ten goede komt.

Waterbeheersplan van het waterschap Hunze en Aa's
Het waterbeheersplan is onderverdeeld in een aantal thema's welke hieronder aan bod komen:

Veiligheid

- Het voorkomen van levensbedreigende situaties als gevolg van een overvloed aan water of een slechte waterkwaliteit.

Watersystemen:

- Het watersysteembeheer voert het waterschap uit op basis van de stroomgebiedbenadering
- het afstemmen van de ruimtelijke ordening op het watersysteem (onderzoek en planvorming)
- Het afstemmen van de ruimtelijke ordening op het watersysteem (voorlichting en informatie)
- Het watersysteem wordt als eenheid beheerd
- Integratie van het beheer van water, grondwater en bodem
- Integratie Watersysteem en waterketen
- Het watersysteem is veerkrachtig
- Voorkomen van (onvoorziene) wateroverlast
- Een adequaat peilbeheer
- Het verbeteren van de kwaliteit van het systeem (Beheer).
- Het waterschap heeft inzicht in en controle op het functioneren van het watersysteem

Functies

- Landbouw: Een optimale waterhuishouding in gebieden met de functie landbouw.
- Natuur: Een optimale waterhuishouding in gebieden met de functie natuur.
- Natuur: Waterhuishoudkundige- en gebruiksfuncties afstemmen op de functie natuur
- Stedelijk gebied: Optimale waterhuishouding in stedelijk gebied

Waterbeleid van de gemeente Assen
De milieuvisie die de gemeente Assen heeft opgesteld vermeldt dat:
- bij stedelijke ontwikkeling behoudt en versterkt de gemeente zoveel mogelijk bestaande waterstructuren;
- in het Waterplan legt de gemeente vast op welke wijze de waterfuncties en -structuren beschermd en ontwikkeld worden;
- hemelwater wordt schoon gehouden en waar mogelijk gescheiden;
- de ecologische functies van oppervlaktewater (en grondwater) blijven behouden en worden verbeterd;
- de gemeente stimuleert burgers en bedrijven om het gebruik van de hoeveelheid (drink)water te verminderen.

Uit het Gemeentelijk RioleringsPlan blijkt dat men inzet op de volgende doelen:
- Op kwantitatief gebied is één doelstelling van belang, namelijk '*ontwatering van de bebouwde omgeving*'. het watersysteem zorgt voor de ontwatering van de bebouwde omgeving door naast het afvalwater van huishoudens en bedrijven ook het grondwater en regenwater van daken, pleinen, wegen e.d. in te zamelen en af te voeren.
- Voor de planperiode worden o.a. de volgende doelen nagestreefd (alleen kwantiteit):
  - voorkomen van wateroverlast;
  - duurzaam omgaan met water.
- Uitgangspunten inzake de riolering zijn o.a.:
  - Grondwater wordt in geval van overlast bij reconstructies indien mogelijk afgevoerd naar oppervlaktewater.
  - Er wordt gestreefd naar verantwoord afkoppelen van verhardingen van het gemengde rioolstelsel.

Concept Gemeentelijk Waterplan onderscheidt twee thema's – Wateropgave en Water in de Leefomgeving – waarvoor de onderstaande doelen zijn geformuleerd:
- Thema 1: Wateropgave
  - Uitgangspunt om wateroverlast te voorkomen bij RO-plannen is vasthouden – bergen – afvoeren.
  - Uitbreiding van stedelijk gebied in beekdalen worden niet toegestaan.
  - Het watersysteem moet voor 2015 op orde zijn. Voor 2006 moet inzicht zijn in ruimteclaim water (wateropgave).
  - Bij RO plannen anticiperen op wateropgave door waterberging in de plannen op te nemen.
- Thema 2: Water in de leefomgeving
  - Grondwaterniveau monitoren.
  - Afspraken maken over verantwoordelijkheden t.a.v. het ondiep grondwaterbeheer binnen bebouwde kom.
  - Kaders voor uitwerking van GGOR worden door de provincie geschetst en uitgewerkt door de waterschappen.
  - Diep grondwater moet geschikt zijn als grondstof voor drinkwater.

Het stedelijk grondwater in de gemeente Zwolle
Het grondwater in stedelijk gebied kan worden onderverdeeld in ondiep grondwater en diep grondwater en in waterkwantiteit en waterkwaliteit. Problemen met de waterkwantiteit, zoals grondwateroverlast of zetting, heeft Zwolle nauwelijks.
Problemen met verontreinigd grondwater zijn er wel. Het ondiepe grondwater, waarmee

de bewoners in direct kunnen komen, wordt zo goed mogelijk gesaneerd. De technische wijze waarop deze sanering plaatsvindt, ontwikkelt zich steeds verder. Het diepere grondwater in Zwolle is op veel locaties verontreinigd. Soms zelfs tot een diepte van circa 90 onder maaiveld. De nabijgelegen drinkwaterwinning Het Engelse Werk wordt bedreigd door enkele van deze grondwaterverontreinigingen. Het per geval saneren van die veelal omvangrijke grondwaterverontreinigingen is complex, kent vele beleidsmatige en technische knelpunten en is bovendien erg kostbaar. Zwolle is daarom op zoek naar een meer gebiedsgerichte aanpak van de grondwaterproblematiek (in plaats van een gevalsgerichte aanpak).

Jaarplan van waterleidingbedrijf Vitens
De beleidsdoelen van Vitens zijn opgebouwd vanuit drie aandachtgebieden:
- Bescherming: Het achteraf zuiveren van de grondstof voor de drinkwatervoorziening, waar hogere kosten en meer milieubelasting aan verbonden zijn, ziet Vitens als een minder gewenste en tijdelijke maatregel. Vitens geeft de voorkeur aan een preventieve zorg voor een goede kwaliteit van het grondwater.
- Beïnvloeding: Het beleid is erop gericht de belasting van het milieu (zoals verdroging) als gevolg van de bedrijfsactiviteiten te beheersen en zo mogelijk te beperken.
- Waterwingebieden: Vitens streeft naar een duurzame ruimtelijke inpassing van de waterwinningen/waterwingebieden in de omgeving.

Jaarplan van waterleidingbedrijf Groningen
Geen informatie over beschikbaar.

Beleidsopgaven

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Drenthe
Naar aanleiding van de wateroverlast in 1998 is de provincie samen met de waterschappen overgegaan tot het aanwijzen van waterbergingsgebieden. Deze bergingsgebieden zijn noodzakelijk om naast de andere maatregelen de wateroverlast tot een maatsschappelijk acceptabel niveau te reduceren. In een werkgroep waarbij zowel provincies als waterschappen waren betrokken zijn de volgende gebieden geschikt bevonden als bergingsgebied:
- Peizer en Eeldermaten West
- Peizer en Eeldermaten Oost
- Een gedeelte van Matsloot/Roderwolde
- Leutingewolde en Polder Lappenvoort
- Tusschenwater

Als criteria voor bergingsgebieden gelden:
1) bergend vermogen: voldoende diepte;
2) locatie: van hellend naar vlak gebied;
3) locatie in het boezemsysteem: tegen of dichtbij boezemwater;
4) bebouwing en infrastructuur: niet te veel bebouwing en infrastructuur (vanwege schade/kosten);
5) aanwezige functies: gebieden waarin de functie natuur belangrijk is;
6) leefbaarheid: geen berging in diepe polders, omdat bijvoorbeeld hoge kaden de leefbaarheid schaden;
7) inrichtingskosten: gezocht wordt naar gebieden met lage inrichtingskosten.

De waterschappen en gemeenten zullen de hierboven weergegeven bergingsgebieden overnemen in hun beheersplan respectievelijk bestemmingsplan. Zolang de bergingsgebieden niet officieel zijn vastgelegd in deze plannen is gebruik van het gebied, anders dan bergingsgebied ongewenst. Als toch een planologische reservering wordt gemaakt in het bergingsgebied dient een afdoende schaderegeling ter beschikking te worden gesteld.

Ten aanzien van watertekorten in de zomer staat in het provinciaal beleid waterconservering voorop. De waterschappen nemen in hun beheersplannen maatregelen op die gericht zijn op het conserveren van water op plateaus. Deze maatregelen sluiten aan bij het gevoerde beleid inzake GGOR en het watersnoodprogramma. De provincie verwacht dat de waterschappen bij het invullen van het GGOR invulling geven aan de integrale zonering. Procedure afspraken daarbij zijn: Het GGOR wordt gebiedsgericht uitgewerkt. Voor de huidige situatie wordt een optimaal grondwaterregiem vastgesteld. Dit resulteert in een zg. “knelpuntenkaart”. Het daadwerkelijk realiseren van het GGOR gaat tot 2030 duren.

Waterschappen geven hydrologische aandachtsgebieden aan op de functie kaart in hun beheersplan. Op grond van artikel 25 wet op de waterhuishouding kunnen vergunningaanvragen voor lozingen uit drainage mede op effect op de grondwaterstand beoordeeld worden. Hiermee heeft het waterschap een instrument in handen om het GGOR te handhaven. Gemeenten en waterschappen maken daarnaast afspraken rond de invulling van bestemmingsplannen. Hierbij gaat het om de verlening van vergunningen voor drainage en om de aanleg en het dempen van sloten. Hierbij bepalen gemeente (bestemmingsplan) en waterschap (aanlegvergunning) wie van hen aanspreek punt is voor de burger.

In het POP wordt onderscheid gemaakt naar het stedelijk en landelijk gebied. Binnen deze twee verschillende gebieden worden een aantal beleidsmaatregelen onderscheiden die van belang zijn:

Stedelijk waterbeheer
Uit ervaringen in Meppel en Coevorden blijkt dat wateroverlast ook in steden in Drenthe kan plaatsvinden. Naast de toe- en doorvoer vanuit de hoger gelegen gebieden, veroorzaakt ook het grote, verharde oppervlak een snelle piekafvoer van water. Voor de toekomst is het de bedoeling dat deze pieken binnen het stedelijk gebied worden opgevangen. Daarom moet er inzicht komen in de kansen op wateroverlast binnen stedelijke gebieden en hoe daar op een creatieve wijze mee kan worden omgegaan.
Een tweede belangrijk aandachtspunt is dat de waterhuishouding in de stedelijke gebieden niet zorgt voor problemen in het watersysteem buiten het stedelijk gebied. Er dient bij de inrichting van stedelijke gebieden ook rekening te worden gehouden met het creëren van oplossingen voor de buiten stedelijke gebieden. Dit kan bijvoorbeeld door het waterbergende systeem in steden te vergroten en te benutten.
Tenslotte is water ook een toevoeging als het gaat om ruimtelijke kwaliteit, dit moet niet uit het oog worden verloren.

Water in het landelijk gebied
Ten eerste heeft water ruimte nodig. Dit heeft direct te maken met klimaatverandering. Mede op financiële gronden wordt niet meer gekozen voor snel afvoeren, maar juist voor waterberging (herstel van de natuurlijke veerkracht van het watersysteem). Omdat

Drenthe via beken voor een belangrijk deel afwatert naar Groningen en Overijssel liggen in de beekdalen goede kansen voor het terugbrengen van de veerkracht van het watersysteem. Hiermee wordt wateroverlast in Drenthe en de aangrenzende provincies zoveel mogelijk voorkomen.
Ten tweede speelt water een belangrijke rol bij de ontwikkelingsmogelijkheden van functies als natuur en landbouw. Voor natuur zijn meer natte omstandigheden wenselijk en voor landbouw juist meer droge omstandigheden. Daarnaast beïnvloed het ene gebied het andere gebied, dus moeten de functies zo optimaal mogelijk worden gerangschikt.

Voor zowel landelijk gebied als stedelijk gebied geldt dat als het gaat om kwantiteitsbeheer wordt gestreefd naar het zoeken van oplossingsrichtingen naar het principe van vasthouden, bergen en - als het niet anders kan – afvoeren.

Tweede waterhuishoudingsplan van de provincie Fryslân
Het beleid voor de kortere termijn wordt in het waterhuishoudingsplan beschreven voor een aantal basisniveaus en functies. Hieronder wordt dit opgesomd, voor zover relevant voor deze notitie:

Basisniveau veiligheid:
- Eens in de 30 jaar mag een maalbeperking worden ingesteld. Deze frequentie wordt na onderzoek kritisch bekeken.
- Voor extreme situaties wordt een studie uitgevoerd die moet leiden tot een lijst met gebieden die onder extreme omstandigheden onder water gezet kunnen worden en tot mogelijke aanvullende maatregelen.

Basisniveau grondwater:
- In het veenweidegebied wordt, in afwachting van de resultaten van GGOR, voor nieuwe peilbesluiten gemiddeld per peilgebied een drooglegging van maximaal 90 cm toegestaan waarbij drainage tot 80 cm mogelijk is. Een gevarieerd peilbeheer met een jaargemiddelde van 90 cm is mogelijk, mits de bandbreedte wordt vastgelegd in het peilbesluit. Afwijkingen zijn alleen bij uitzondering mogelijk.
- Na vaststelling van GGOR zal worden bezoek of het preventief provinciaal toezicht (goedkeuring peilbesluiten) kan worden vervangen door repressief toezicht.
- Er wordt naar gestreefd het GGOR uiterlijk in 2002 vast te stellen. Als onderdeel van het GGOR traject wordt een waterkansenkaart opgesteld.

Basisniveau inrichting:
- Bevorderen dat in inrichtingsplannen en –projecten meer aandacht wordt besteed aan vergroting van veerkracht in landelijk gebied.
- Waar mogelijk en zinvol wordt het bergend oppervlak van de boezem vergroot door mee te liften met andere ontwikkelingen.
- Verkenning uitvoeren naar mogelijkheid voor vertraging van afvoer van water uit polders (relatie met GGOR).
- Bestaand waterhuishoudkundig beleid voor natuurvriendelijke inrichting van watersystemen wordt voortgezet. Dit betekent o.a. conserveren van water, verdrogingsbestrijding en natuurvriendelijke oevers.

Functie water voor landbouw:
- Oplossing vinden voor verziltingsproblematiek, door bijv. afkoppelen Kimswerd/ Ferwerderadiel van boezem. Op hoofdlijnen bepalen, als onderdeel van vaststellen

GGOR, welke streefwaarden voor zoutgehalte van oppervlaktewater haalbaar en wenselijk zijn (met oog op beregening voor landbouw).
- Waterbeheerders in vrij afwaterende zandgebieden dienen initiatieven te nemen om watervoorziening (vanuit gedacht buffering en waterconservering) voor de landbouw in de toekomst veilig te stellen, rekening houdend met provinciaal beleid voor verdrogingsbestrijding.
- Stimuleren van grondwatergestuurd peilbeheer in gebieden waar dat perspectiefvol is, en zien in hoeverre dit onderdeel kan worden van het vast te stellen GGOR.

Functie water voor natuur:
- Afstemmen natuurdoeltypen met hydrologische potenties van het systeem. Indien aanpassing van de waterhuishouding rond of in een natuurgebied niet haalbaar is of wordt daarmee geen duurzame oplossing gediend, dan worden de natuurdoeltypen aangepast. Tegelijk met vaststellen van GGOR worden, voor zover nodig, de natuurdoeltypen gewijzigd vastgesteld.
- Tevens worden natuurdoelen voor de aquatische natuurfunctie vastgesteld.
- Huidig beleid voor bestrijding van verdroging en voor realisering van natte ecologische verbindingszones wordt voortgezet.

Functie boezemwater:
- Op korte termijn: maatregelen om bij kritieke boezemstanden water te bergen in natuurgebieden.
- Langere termijn: structurele maatregelen voor waterberging in natuur- en landbouwgebieden of aanvullende bemalingscapaciteit van de boezem of afkoppelen van gebieden. Eerst nader onderzoek ter onderbouwing keuzes, vervolgens besluitvorming.
- Onderzoek naar mogelijkheden voor betere afstemming tussen waterhuishouding en natuur in het Lauwersmeer, samen met provincie Groningen en waterschappen.

Functie Water voor bebouwd gebied:
- Waterbeheerders en gemeenten stellen een gezamenlijke visie op voor het waterbeheer, voor zowel bebouwd als landelijk gebied. Hierbij wordt de watersysteembenadering nadrukkelijk betrokken.
- Bij goedkeuren van bestemmings- en waterbeheersplannen zal de provincie controleren of ruimtelijke en waterhuishoudkundige aspecten voldoende op elkaar zijn afgestemd.

Functie drink- en industriewater:
- Bestaand waterhuishoudkundige beleid voor drink- en industriewatervoorziening wordt voortgezet, hierbij wordt grondwater beschouwd als primaire bron voor drinkwatervoorziening.
- Zodra GGOR is vastgesteld wordt dit leidraad voor beoordeling van aanvragen tot grondwateronttrekkingen.

Grondwaterbeheer:
- Beleid gericht op beperken gebruik grondwater.
- Bij een aanvraag voor nieuwe onttrekking dienen hydrologische effecten van de winning op de omgeving te worden beschreven. Zodra GGOR vastgesteld is, dient hieraan te worden getoetst.

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Groningen
In het POP worden in relatie tot ruimte en water de volgende opgaven beschreven:
- Stimuleren landschapsontwikkeling en -beheer.
- Realiseren EHS en verbindingszones.
- Verbeteren kwaliteit natuurgebieden.
- Herstel natuur- en landschapswaarden in het witte gebied.
- Opstellen soorten beschermingsplannen.
- Beekherstel.
- Ontwikkelen strategische visie waterhuishouding 21e eeuw.
- Waterhuishoudkundige maatregelen bodemdaling.
- Maatregelen tegen wateroverlast

Waterhuishoudingsplan van de provincie Overijssel
Het onderdeel beleidsmaatregelen en beleidsmiddelen (volgende paragraaf) wordt hier samengevoegd omdat het vaak diffuus is of een bepaalde actie die de provincie uitvoert een beleidsmaatregel of een beleidsmiddel is.

Veerkracht (richtlijnen):
- Voor het creëren van veiligheid en het voorkomen van schade door wateroverlast en droogte, wordt bij het nemen van maatregelen de volgende strategie (volgorde) gehanteerd: vasthouden, bergen en afvoeren van water. Aantastingen van onderdelen van deze veerkracht dienen daarom te worden gecompenseerd
- Kapitaalsintensieve functies zoals woningbouw, industrie, recreatieparken en glastuinbouw worden uit wateropvanggebieden geweerd

Veerkracht (actie door de provincie): De provincie:
- past verordening waterhuishouding en Handleiding beleidsregels RO aan om stand-still veerkracht van instrumenten te voorzien;
- stelt een ‘programmeringsoverleg veerkracht’ in;
- bevordert onderzoek naar de mogelijkheden van het vergroten van de spongiteit van de bodem;
- onderzoekt een financieringsstructuur voor de herinrichting van waterlopen;
- legt reductiedoelstellingen voor de maatgevende afvoer op blauwe knooppunten vast;
- selecteert de voorgestelde wateropvanggebieden, neemt ze op in Streekplan en Waterhuishoudingsplan met een bijbehorend instrumentarium (2002);
- spreekt met de gemeente af wanneer en op welke wijze de wateropvanggebieden worden vastgelegd in de bestemmingsplannen;
- geeft aan welke opvanggebieden binnen de planperiode moeten worden ingericht;
- neemt initiatief voor het ontwerpen van een vergoedingsregeling voor wateropvanggebieden;
- begrenst de natuurontwikkelingsgebieden bij voorkeur in de wateropvanggebieden;
- ziet erop toe dat nieuwe ontwikkelingen zoveel mogelijk schadevrij en waterneutraal worden gerealiseerd;
- scherpt vergunningenbeleid aan voor grondwateronttrekkingen in wateraandachtsgebieden;
- bevordert onderzoek dat wordt verricht naar rendabele teeltmogelijkheden in natte omstandigheden.

Stedelijk water & waterketen (richtlijnen)

- Het onttrekken van grondwater om wateroverlast tegen te gaan zonder dat dit water nuttig wordt aangewend, vindt de provincie laagwaardig gebruik, waarvoor in principe geen vergunning wordt verleend in het kader van de Grondwaterwet. Een tijdelijke vergunning voor een periode van max. 10 jaar ter overbrugging, kan worden overwogen, indien voorbereidingen worden gedaan voor het treffen van maatregelen in de sfeer van bouwkundige aanpassingen of het aanleggen van ontwateringsmiddelen.
- Een vergunning voor een permanente grondwateronttrekking zal in principe alleen worden verleend indien uit een gemeentelijk waterplan blijkt dat alternatieve maatregelen geen afdoende oplossing kunnen bieden voor de wateroverlast.
- Afkoppeling van schoon water is standaard voor nieuwbouw, tenzij zwaarwegende waterhuishoudkundige belangen zich daartegen verzetten.

Stedelijk water & waterketen (actie door provincie): de provincie:

- continueert het 'waterpact van Twente' en verbreedt deze pilot tot andere grote gemeenten (Zwolle, Hengelo, Enschede en Deventer);
- toetst besluiten en plannen van gemeenten en waterschappen op wateraspecten;
- dringt bij het Rijk aan op een wettelijke verdeling van de verantwoordelijkheden met betrekking tot de ontwatering en afwatering in het stedelijk gebied;
- dringt aan op aanpassing van het Bouwbesluit, waardoor 'watervoorschriften' kunnen worden opgenomen en afkoppeling van regenwater op de riolering kan worden bevorderd;
- zet met de actoren in het waterbeheer voorlichtingsacties op, gericht op gedragsbeïnvloeding.

Grondwater (richtlijnen):

- De GGOR zal de basis vormen voor het te voeren waterbeheer en dus ook het grondwaterbeheer.
- Het beleid is er ook op gericht schade door grondwateronttrekkingen of infiltratie voor derden tot een minimum te beperken en een verdere daling van de grondwaterstand te voorkomen.
- Om een verdere daling van de grondwaterstand te voorkomen zullen wij steeds vaker verlangen dat wordt nagegaan of ook oppervlaktewater als grondstof kan worden benut.

Grondwater (actie door provincie): de provincie:

- legt de te realiseren duurzame situatie van de openbare drinkvoorziening via een uitwerking van het Waterhuishoudingsplan, Streekplan en Milieubeleidsplan vast;
- onderzoekt de mogelijkheden voor het winnen van drinkwater in Twente;
- wil in landelijk verband komen tot een afwegingssystematiek voor een verantwoord gebruik van de ondergrond als opslagmedium voor behandeld grondwater;
- geeft actief voorlichting over het slaan van bronnen;
- herziet de heffingsverordening en zet een subsidieregeling op voor het duurzaam maken van grondwateronttrekkingen.

Waterbeheersplan van het waterschap Noorderzijlvest

Zorg voor watersystemen:

- Onderzoek naar optimalisatie WAAR rekenschema (= Water Aanvoer en Afvoer Regeling), t.a.v. dagelijkse peilregeling Electraboezem.

- Vaststellen peilbesluiten waar deze nog ontbreken. Bij het voorbereiden van peilbesluiten en verbeteringsplannen voor poldergebieden nagaan of aan criterium van toelaatbare waterstandsstijging wordt voldaan. Zo niet: treffen verbeteringsmaatregelen.
- Opstellen GGOR als basis voor peilbesluiten.
- Opstellen waterakkoorden (met de waterschappen Hunze en Aa's, Reest en Wieden en Fryslân).

Voor de diverse waterfuncties zijn functiegerichte maatregelen opgenomen. Deze zijn (alleen kwantitatieve maatregelen):

- Waterfunctie algemeen:
  - peilbeheer gericht op functie;
  - natuur- en watermilieuvriendelijke inrichting van watergangen gebaseerd op WATERNOOD methodiek;
  - onderhoud van watergangen gebaseerd op aan-/afvoerbelang en op functie van aangrenzende gronden.
- Water voor landbouw:
  - peilbeheer gericht op landbouwkundig gebruik, voor waterstand geldt 'stand still' beginsel en er gelden beperkingen voor wateraanvoer en aanpassing van de waterstand aan maaiveldverzakking;
  - natuur- en watermilieuvriendelijke inrichting van watergangen gebaseerd op WATERNOOD methodiek;
  - onderhoud van watergangen gericht op aan-/afvoerbelang van landbouwkundig grondgebruik.
- Water voor landbouw en natuur:
  - Peilbeheer gericht op landbouwkundig grondgebruik en aanwezige natuurwaarden. In beginsel peilregeling niet wijzigen, tenzij belangen van landbouw en natuur zich hier beide niet tegen verzetten. Bodemdaling als gevolg van gaswinning mag met peilaanpassingen worden gecompenseerd, natuurlijke maaiveldverzakking mag beperkt (Groningen) of niet (Drenthe) worden gecompenseerd;
  - natuur- en watermilieuvriendelijke inrichting van watergangen gebaseerd op WATERNOOD methodiek;
  - onderhoud van watergangen gericht op aan-/afvoerbelang van landbouwkundig grondgebruik, in samenhang met aanwezige natuurwaarden.
- Water voor natuur:
  - peilbeheer gericht op het betreffende natuurdoeltype;
  - natuur- en watermilieuvriendelijke inrichting van watergangen gebaseerd op WATERNOOD methodiek;
  - onderhoud van watergangen gericht op aan-/afvoerbelang in samenhang met het behoud/versterken van de levenskansen van de tot het betreffende natuurdoeltype behorende waterplanten.
- Water voor recreatie
  - peilbeheer: rekening houden met recreatief gebruik;
  - inrichting van watergangen gelijk aan de standaardprofielen zoals weergegeven in notitie Stedelijk Water;
  - onderhoud van watergangen gericht op aan-/afvoerbelang en het recreatief gebruik.
- Stedelijk water:
  - peilbeheer gericht op stedelijk grondgebruik;
  - inrichting van watergangen gelijk aan de standaardprofielen zoals weergegeven in notitie Stedelijk Water;

  - onderhoud van watergangen gericht op aan-/afvoerbelang en op het stedelijk gebruik van de aangrenzende gronden.
- Water voor aanvoer, afvoer en berging
  - Waterconservering, omleiding of geïsoleerde doorvoer gebiedsvreemd water, beperken effecten waterinlaat (om negatieve beïnvloeding door gebiedsvreemd water te beperken).
  - Keuzes maken ter voorkoming wateroverlast (vergroten van bergingsoppervlak en/of bergingshoogte en/of afvoercapaciteit).
  - Planvoorbereiding voor vergroten berging en inrichtingsmaatregelen noodberging.
- Zwemwater
  - Met peilbeheer rekening houden met zwemwaterfunctie (peilverandering = wijziging strandlengte, waterdiepte)
- Hydrologisch aandachtsgebied
  - Hydrologische aandachtsgebieden (uit POP) uitwerken op kaart.

Waterbeheersplan van het waterschap Hunze en Aa's
Het waterschap heeft in haar waterhuishoudingsplan een groot aantal acties opgenomen. Een selectie van beleidsmaatregelen is hieronder opgenomen inclusief representatieve voorbeelden. Het betreft dus geen totaaloverzicht.

Veiligheid
Monitoring: van lozingen die een negatief effect kunnen hebben op (zwem)water-kwaliteit.
Onderzoek: naar de aanpassing van de waterhuishouding op de klimaatsverandering en de actuele toestand van het watersysteem.
Planvorming: actualisatie van onder meer het calamiteitenbestrijdingsplan.

Watersystemen
Planvorming: bijvoorbeeld opstellen van peilbesluiten (met GGOR als leidraad), watersysteemvisies, waterkansenkaarten en stroomgebiedbeheersplan (KRW).
Inrichting: herprofilering van watergangen, maatregelen om water vast te houden en te bergen
Beheer: beheer afstemmen op grondwaterstanden
Monitoring: gerichte monitoring van (grond)waterstanden, effectiviteit van genomen maatregelen etc.
Onderzoek: opstellen van risicokaarten en faalkansenkaarten. Onderzoek naar onder meer de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding, geschikte maatregelen om wateroverlast tegen te gaan, de effecten van waterberging op natuur en landbouw,

Functies
Onderzoek: onder meer naar knelpunten en de meest optimale waterhuishouding voor de functies
Uitvoering: aanvoer van oppervlaktewater, mede voor beregening.

Waterbeleid van de gemeente Assen
Uit milieuvisie:
- Voor nieuwe bestemmingsplannen (en actualisatie) voert de gemeente een watertoets uit. Hierin krijgen alle wateraspecten die van belang zijn een herkenbare plek.

- Afkoppeling van tenminste 60% van verhard oppervlak in nieuwbouw en bij herinrichting.
- Opstellen Waterplan waar ambities ten aanzien van water worden vastgelegd.

Uit het Gemeentelijk RioleringsPlan zijn de volgende doelen te destilleren:
- verbeteren van de inspectie en toestand van drainagestelsels ten behoeve van het verlagen van de grondwaterstand bij wegen en andere onderdelen van de openbare ruimte;
- het verminderen van transport van 'schoon' hemelwater door bij revitaliseringsplannen te streven naar het afkoppelen van schone verhardingsoppervlakken.

Voor het waterplan zijn nog geen beleidsmaatregelen uitgewerkt.

Het stedelijk grondwater in de gemeente Zwolle
De gemeente heeft een prijsvraag uitgeschreven met als doel het inventariseren van ideeën voor het oplossen van de stedelijke grondwaterproblematiek. Belangrijke overeenkomst bij een aantal van de prijswinnaars is het idee om het aantal verontreinigingsgevallen te reduceren door middel van een systeemgerichte aanpak (het zg. clusteren). Verontreinigingen worden tot op heden vrijwel altijd als losse gevallen beschouwd en als zodanig gesaneerd. In een stad als Zwolle lopen veel verontreinigingen inmiddels in elkaar over en is het onderscheid tussen de verschillende gevallen soms praktisch onmogelijk. Bij een systeemgerichte benadering worden meerdere verontreinigingen als één geval beschouwd waarbij een meer regionale benadering wordt toegepast. Er vindt dus opschaling plaats van lokaal niveau (het geval) naar regionaal niveau (het systeem).

Jaarplan van waterleidingbedrijf Vitens
Vanuit haar drie thema's hanteert Vitens de volgende beleidsmaatregelen
- Bescherming : Vitens kiest nadrukkelijk voor grondwater als bron voor de huidige en toekomstige watervoorziening in het verzorgingsgebied. Er is voldoende grondwater beschikbaar en omdat grondwater van nature schoon is, heeft de zuivering van grondwater de laagste milieubelasting. Hierdoor zijn de kosten van zuivering ook relatief laag. Bovendien is grondwater de meest stabiele bron. Bescherming van de kwaliteit van het grondwater in de grondwaterbeschermingsgebieden is een verantwoordelijkheid van de overheid. Zelf werkt Vitens aan de bescherming door de ontwikkeling van natuur in haar wingebieden en door stimulering van (milieuvriendelijke) landbouw nabij de wingebieden. Andere beleidsmaatregelen zijn: milieuzorgplannen voor bedrijven en sanering en monitoring van bodemverontreiniging.
- Beïnvloeding: om de invloed van de drinkwaterwinning op de omgeving te beperken staat een bewuste omgang met drinkwater, het gebruik van minder of duurzame energie, een verantwoorde omgang met rest- en afvalstoffen en een ecologisch verantwoord beheer van de waterwingebieden centraal. Het infiltreren van oppervlaktewater nabij de waterwinning is een voorbeeld van een maatregel om verdroging tegen te gaan. Deze maatregel wordt ondermeer toegepast bij de waterwinning Epe en Noordijkerveld.
- Waterwingebieden: de waterwingebieden beschermen de bronnen voor het winnen van drinkwater. Vitens beheert deze terreinen al jarenlang volgens ecologische principes. Bij het beheer ervan wordt niet alleen gekeken naar de waterwinning, maar ook naar mogelijkheden voor natuur, herstel van cultuurhistorie en recreatief medegebruik in het gebied.

Jaarplan van waterleidingbedrijf Groningen
Geen informatie beschikbaar.

Beleidsmiddelen

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Drenthe
Als context voor de in te zetten beleidsmiddelen wordt in het POP verwezen naar de toenemende invloed van Europese Unie. In het POP is aangegeven dat de Europese Unie steeds belangrijker wordt voor wetgeving inzake waterbeleid. Dit komt naar voren in de aandacht die de EU geeft aan het verbinden van economische kerngebieden door vervoersnetwerken, de aansluiting van relatief zwak ontwikkelde regio's, landsgrensoverschrijdende samenwerking, stroomgebieden, ecologische relaties en duurzame ontwikkeling. In het kader van de Kader Richtlijn Water (KRW) is voor de provincie het stroomgebiedbeheersplan (dat voor 2009 gereed moet zijn).
Een ander belangrijk punt als het gaat om context is dat Drenthe haar beleid wil vormgeven volgens het principe van duurzame ontwikkeling wat ook in uitdrukking komt in het beleidsproces. Zo wordt "het belang van een optimale procesvoering die een optimale participatie van betrokkenen vereist, waaronder burgers" expliciet genoemd (pag. 45 POP). Verder wordt de watertoets toegepast om er ook in de praktijk voor te zorgen dat rekening wordt gehouden met de waterhuishouding in een gebied.

Als het gaat om het bouwen in beekdalen zal het waterschap aan de gemeente advies geven over de gebruiksmogelijkheden van het beekdal met in achtneming van het "nee-tenzij" beleid. De volgende instrumenten zullen hierbij worden benut:
- beoordelen van beheersplannen van waterschappen;
- het opstellen van twee regionale bestuursakkoorden over wateroverlast tussen provincie, waterschap en gemeente. Hierin worden afspraken gemaakt over financiering en uitvoering van maatregelen uit de stroomgebiedsvisies.
- het bevorderen van maatregelen gericht op herstel van natuurlijke beeksystemen, in het kader van een gebiedsgerichte aanpak, voor zover instrumenten beschikbaar zijn.
- onderzoek naar de effecten van langdurige perioden met droogte op de grondwatervoorraad.

Voor het inrichten van bergingsgebieden zullen de volgende instrumenten worden ingezet:
- het opstellen van een regionaal bestuursakkoord aangaande wateroverlast tussen provincies, gemeenten en waterschappen. Hierin worden afspraken gemaakt over financiering en uitvoering van maatregelen uit de stroomgebiedsvisies;.
- toezicht op de waterschappen, i. c.: toetsing van beheersplannen;
- beoordeling van bestemmingsplannen.

Als het gaat om de conservering van water:
- beoordelen van beheersplannen van waterschappen en de gebiedsgerichte aanpak.

Verder wordt ook via de gemeenten het waterplan ingezet als instrument wat uiterlijk 2006 moet zijn opgesteld. Met betrekking tot regelgevende instrumenten zet Drenthe haar beleid onder andere uit op basis van: gebiedsplannen, structuurvisies en vergunningen. Wat betreft communicatieve instrumenten geeft de provincie duidelijk

aan dat communicatie en participatie van belanghebbenden, zowel bij planvorming als bij uitvoering zal worden nagestreefd.

Tenslotte zullen financiële instrumenten worden ingezet in de vorm van:
- compensatie bij wateroverlast;
- grondwaterheffing;
- waterschapslasten (via de waterschappen)

Tweede waterhuishoudingsplan van de provincie Fryslân
Beleidsmiddelen die de provincie ter beschikking staan zijn:
- het waterhuishoudingsplan;
- waterbeheersplannen (op te stellen door de waterschappen, goedkeuring van provincie vereist);
- waterakkoorden (op te stellen door de waterschappen);
- peilbesluiten (op te stellen door de waterschappen, goedkeuring van provincie vereist);
- meld-, meet- en vergunningplicht voor aanvoer, afvoer, lozen of onttrekken van oppervlaktewater;
- vergunningverlening grondwateronttrekkingen;
- voorlichting over beleidsdoelen richting gemeenten en waterschappen.

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Groningen
- Juridische Instrumenten: Gemeentelijke bestemmingsplannen en beheersplannen van waterschappen zijn belangrijk voor een goede doorwerking van het provinciale omgevingsbeleid. Daarom toetst de provincie deze plannen aan haar beleid. Zij streeft ernaar het toezicht op gemeenten en waterschappen zoveel mogelijk te beperken. Wanneer vanaf het begin van de planvorming door gemeenten en waterschappen goed overleg met de provincie plaatsvindt, zal de plantoetsing op hoofdlijnen kunnen geschieden. De provincie is van mening dat gebiedsgerichte samenwerking hieraan een belangrijke bijdrage kan leveren. Bij de vergunningverlening zal de provincie de aanvrager meer vrijheid bieden bij het voldoen aan de vergunningsvoorwaarden, naarmate blijkt dat die aanvrager een grotere of beter georganiseerde bijdrage aan de na te streven doelstellingen levert. Bij het uitvoeren van onze handhavingstaken streeft de provincie zoveel mogelijk naar het voorkómen van overtredingen.
- Financiële Instrumenten: Voor de uitvoering van het beleid wordt uit verschillende financiële bronnen geput. Eigen middelen stellen wij ter beschikking via de jaarlijkse provinciale begroting. Vaak vindt (mede)financiering plaats door partners als gemeenten en waterschappen. Belangrijke financieringsbronnen zijn voorts de subsidies van het Rijk en de Europese Unie. De provincie streeft er naar de verschillende geldstromen zoveel mogelijk te bundelen (Kompas, LEADER, SGB, Interreg, ISV, etc).
- Communicatie: het opstellen van het POP heeft al op interactieve wijze plaatsgevonden door middel van twee grote campagnes. Hierdoor kan het POP, volgens het document, rekenen op een groot draagvlak onder de Groningse bevolking. Een open en doorzichtige wijze van planvorming vraagt om een intensieve communicatie met partners, doelgroepen en bevolking. Bij de voorbereiding van dit plan heeft de provincie van verschillende vormen van communicatie gebruik gemaakt en daar de voordelen van ondervonden. Ook voor de uitvoering van haar beleid ziet de provincie communicatie als een belangrijk instrument. Wij willen voortdurend met de betrokkenen in gesprek blijven over de

uitvoering en verdere ontwikkeling van het omgevingsbeleid. De vaststelling van het POP is immers niet meer dan een moment in een doorgaand proces. De provincie streeft er naar de mogelijkheden van moderne communicatiemiddelen als internet optimaal benutten.

Waterhuishoudingsplan van de provincie Overijssel
Zie beleidsmaatregelen

Waterbeheersplan van het waterschap Noorderzijlvest
- opstellen waterkansenkaarten;
- uitvoeren watertoets bij ruimtelijke plannen (verplicht);
- opstellen gemeentelijke waterplannen, waterschap participeert;
- opstellen peilbesluiten, streven naar peilbesluit per gebied, op basis van GGOR;
- sluiten waterakkoorden met buurwaterschappen, over aan- en afvoer over waterschapsgrenzen heen;
- verlenen van vergunningen en ontheffing van de Keur. Hierbij kan het bestuur mede acht slaan op andere, met de waterstaatkundige verzorging verbonden, belangen (zogenaamd principe van de 'brede kijk');
- opstellen stroomgebiedsvisie (is opgesteld samen met Hunze en Aa's);
- regionaal Bestuursakkoord Water.

Waterbeheersplan van het waterschap Hunze en Aa's
Het waterschap heeft in haar waterhuishoudingsplan een groot aantal acties opgenomen. Een selectie van beleidsmiddelen is hieronder opgenomen inclusief representatieve voorbeelden. Logischerwijs hebben de acties voor het thema functies met name betrekking op beleidsmiddelen.

Veiligheid
Stimuleren: van inspecties van het veiligheidssysteem van bepaalde bedrijven

Watersystemen
Afstemming: Onder meer met gemeenten, de duitse deelstaat Niedersachsen, de provincies, en aangrenzende waterschappen. Mede ten behoeve van KRW, watertoets etc.
Communicatie: opstellen van onder meer een jaarlijkse rapportage over de waterhuishoudkundige
situatie van ons watersysteem om het gedachtegoed van WB21 warm te houden. Tevens opstellen van een waterloket voor de burger.
Vergunningen: opnemen van een vergunningplicht voor de aanleg van drainage in de keur

Functies
Samenwerking: stimuleren van gemeenten om gezamenlijke waterplannen op te stellen.
Afstemming: met provincies over onder meer de (on)mogelijkheden om de waterhuishouding in bepaalde gebieden af te stemmen op de gebruiksfuncties en nut en noodzaak van milieuvriendelijke landbouw. Tevens overleg met de andere belanghebbenden in het gebied. Minimaal eens per jaar bijvoorbeeld zowel ambtelijk als bestuurlijk met alle gemeenten in het beheersgebied.
Stimuleren: van onder meer initiatieven om op lokale schaal het waterbeheer af te stemmen op actuele, lokale metingen van bijvoorbeeld het vochttekort.

Communicatie: met grondgebruikers over de mate waarin wateroverlast kan ontstaan in hun gebied. Tevens over efficiënte beregening.

Waterbeleid van de gemeente Assen
Milieuvisie:
- Regelgeving (GRP, vergunningverlening, handhaving, opstellen gemeentelijke APV [= Algemene Plaatselijke Verordening])
- Communicatie/voorlichting
- Financiën (subsidie, boetes)

Het Gemeentelijk RioleringsPlan maakt melding van de volgende beleidsmiddelen:
- Alle kosten voor het beheer inzake de waterhuishouding worden ten laste van het rioolbeheerfonds gebracht (100%).
- Dekking van de uitgaven wordt gerealiseerd via de heffing van een rioolrecht op basis van een (langere) termijnplanning.

Voor Waterplan zijn nog geen beleidsmiddelen uitgewerkt.

Het stedelijk grondwater van de gemeente Zwolle
Het waterplan is nog in wording en nog niet openbaar. Er is daarom nog geen overzicht van beleidsmaatregelen voorhanden.

Jaarplan van waterleidingbedrijf Vitens
Per thema onderkent Vitens de volgende beleidsmiddelen:
- Bescherming: voor de bescherming van de waterwinningen kijkt Vitens niet alleen naar de overheid als eindverantwoordelijke voor de kwaliteit van grondwater. Zelf gaat Vitens op zoek naar strategische partners en combinaties met andere duurzame gebiedsfuncties. Soms lukt het Vitens niet om zelfstandig een waterwinning compleet duurzaam in te richten. In dat geval let Vitens extra streng op de handhaving van regelgeving in grondwaterbeschermingsgebieden.
- Beïnvloeding: bij de aanpak van verdroging is in de meeste gevallen een integrale gebiedsgerichte benadering noodzakelijk. In dit streven naar een duurzame inrichting van watersystemen moet ook de waterwinning zorgvuldig worden ingepast. Generieke concepten, zoals verplaatsing van winningen naar het uiteinde van watersystemen, zijn weinig effectief. De oplossing moet worden gezocht in maatwerk, samen met betrokken partijen.
- Waterwingebieden: de waterwingebieden zijn grotendeels in eigendom van Vitens. Financiering van het beheer en de inrichting vindt plaats door Vitens, in enkele gevallen aangevuld met een subsidie of bijdragen van derden. Afstemming over het beheer en de inrichting vindt plaats op lokaal niveau met direct betrokkenen.

Jaarplan van waterleidingbedrijf Groningen
Het Waterleidingbedrijf Groningen zet de volgende beleidsmiddelen in: modelstudies, wettelijk verplichte MilieuEffectRapportages (MER) en vergunningsaanvragen worden genoemd als beleidsmiddelen.

De structuur van het beleidsveld in Noord-Nederland

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Drenthe
Bij het opstellen van het POP is gebruik gemaakt van de stroomgebiedsvisie Groningen/Noord- en Oost-Drenthe en de stroomgebiedsvisie Vecht en Zwarte Water.

Dit proces, wat is opgezet in het kader van de kader richtlijn water, valt onder het stroomgebied van de Eems en de Rijn.

In de stuurgroep Water 2000+ is door de provincies Groningen en Drenthe, de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's, de verenigingen van Drentse en Groningse gemeenten en de ministeries van LNV en VROM gezamenlijk onderzoek gedaan naar maatregelen tegen wateroverlast voor de eerstkomende jaren. In 2002 hebben zij de notitie Over leven met water uitgegeven, waarin de stroomgebiedsvisie Groningen / Noord- en Oost-Drenthe worden weergegeven.

De Stuurgroep Water 2000+ zorgt ook voor de vertaling van WB21 naar plannen voor de regio Groningen/Drenthe. De stuurgroep 2000+ heeft onder andere onderzoek heeft uitgevoerd naar de locaties en inzet van bergingsgebieden. De bevindingen van deze werkgroep zijn overgenomen in het POP II.

Drenthe geeft aan dat samenwerkingsverbanden in het krachtenveld van Europese en Nationale ontwikkelingen erg belangrijk zijn. Belangrijke samenwerkingsverbanden binnen Nederland zijn volgens Drenthe:
- het Samewerkingsverband Noord-Nederland (SNN);
- de bestuurlijke organisaties voor de regiovisies c.q. stedelijke netwerken (Noord-Oost Nederland);
- het Interprovinciaal Overleg (IPO).

Daarnaast zijn binnen Drenthe nog van belang:
- de vereniging van Drentse gemeenten;
- de interprovinciale waterschappen.

Tenslotte zijn grensoverschrijdende samenwerkingsverbanden nog:
- de Nieuwe Hanze Regio;
- de Eems-Dollard Regio;
- de subcomissie Noord, van de Nederlands-Duitse Grenscommissies.

Het gemeenschappelijk doel van deze samenwerkingsverbanden is de bevordering van een gewenste ruimtelijk-economische ontwikkeling. Drenthe ziet verder een vergroting van het belang van (inter)regionale samenwerking in de toekomst

Tweede waterhuishoudingsplan van de provincie Fryslân
Een belangrijke factor is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en de nationale Nota Waterhuishouding. Ten tijde van opstellen van dit tweede waterhuishoudingsplan, was de KRW nog niet vastgesteld en waren de implicaties hiervan nog niet bekend.

Sinds het opstellen van dit waterhuishoudingsplan, zijn de verschillende kwantiteitswaterschappen in Fryslân gefuseerd met het zuiveringsschap tot één all-in organisatie: Wetterskip Fryslân.

Het waterhuishoudingsplan vormt:
- het provinciale strategische beleidskader op hoofdlijnen voor het integraal waterbeheer;
- een strategisch kader van waaruit initiatieven van andere partijen of beleidsvelden met effecten op water worden gecoördineerd, gestimuleerd en zo nodig gestuurd;.

- een toetsingskader voor de taakuitoefening op het gebied van water door waterschappen en gemeenten.

Het grondwaterbeheer (kwantitatief) wordt mogelijk overgedragen aan het waterschap, hiertoe is echter nog niet besloten in het 2e waterhuishoudingsplan.

Provinciaal omgevingsplan van de provincie Groningen
In de stuurgroep Water 2000+ is door de provincies Groningen en Drenthe, de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's, de verenigingen van Drentse en Groningse gemeenten en de ministeries van LNV en VROM gezamenlijk onderzoek gedaan naar maatregelen tegen wateroverlast voor de eerstkomende jaren. In 2002 hebben zij de notitie Over leven met water uitgegeven, waarin de stroomgebiedsvisie Groningen / Noord- en Oost-Drenthe worden weergegeven.

De Stuurgroep Water 2000+ zorgt ook voor de vertaling van WB21 naar plannen voor de regio Groningen/Drenthe.

Waterhuishoudingsplan van de provincie Overijssel
De provincie heeft gevarieerde taken en instrumenten op de terreinen ruimte, water en milieu. Ze lopen uiteen van regelgeving en kaderstellende planvorming tot toezicht, vergunningverlening, heffingen, (financiële) stimulering. Er vindt daarbij een nauwe belangenafweging/afstemming plaats tussen de verschillende beleidsterreinen. Het opstellen van het waterhuishoudingsplan heeft bijvoorbeeld synchroon gelopen met het opstellen van het streekplan en het Milieubeleidsplan.

Er is sprake van een groot aantal ambtelijke en bestuurlijke overlegorganen, zowel themagericht (bijvoorbeeld over blauwe diensten) als gebiedsgericht (bijvoorbeeld de Werkgroep Waterland Wierden, een pilot in de reconstructie).

Waterbeheersplan van het waterschap Noorderzijlvest
Als overheid met een specifieke zorgtaak neemt het waterschap een bijzondere positie in tussen Rijk, provincies en gemeenten. Het takenpakket van het waterschap is vastomlijnd op het gebied van de waterhuishouding. De provincies zijn toezichthouders van het waterschap en hebben 'goedkeuringsrecht', ook het waterbeheerplan dient goedgekeurd te worden door de provincies.

Beleid van provincie, Rijk en Europa zijn richtinggevend en bepalen op hoofdlijnen het beleid van het waterschap. In staatsrechtelijk opzicht hebben waterschap en gemeente ten opzichte van elkaar een nevengeschikte, niet-hiërarchische positie.

Van belang is het Regionaal Bestuursakkoord Water. Dit beschrijft de taak-, rol- en kostenverdeling tussen de waterbeheerders (gemeenten, provincies, waterschappen en Rijkswaterstaat Noord), met als doel een goed en betaalbaar watersysteem.

Waterbeheersplan van het waterschap Hunze en Aa's
Er vindt op verschillende niveau's overleg plaats met betrokkenen:
Bovenregionaal/landelijk: bijvoorbeeld ten behoeve van de Unie van Waterschappen of het stroomgebied (KRW)
Regionaal/beheersgebied: met bijvoorbeeld de provincie of belangenorganisaties over het waterbeheersplan of algemeen beleid voor het hele beheersgebied.
Lokaal/projectniveau: over concrete gebiedsprojecten met belanghebbenden.

Waterbeleid van de gemeente Assen
In de Wet milieubeheer (Wm) is vastgelegd dat gemeenten verplicht zijn een GRP op te stellen. De gemeente is als eerste verantwoordelijk voor de riolering op hun grondgebied. Op grond van de Wm moet de gemeente overleg over het GRP voeren met gedeputeerde staten, beheerder van de zuiveringstechnische werken (waterschap), beheerder van het oppervlaktewater waarop wordt geloosd (waterschap) en de regionale inspecteur van de milieuhygiëne. Ook zijn belangenverenigingen geraadpleegd.

Het stedelijk grondwater van de gemeente Zwolle
De gemeente Zwolle heeft haar waterplan uit 2001 vormgegeven binnen het Waterpact Zwolle. Hiertoe behoren gemeente Zwolle, provincie Overijssel, Waterschap Groot Salland en Waterleidingmaatschappij Overijssel.

Jaarplan van waterleidingbedrijf Vitens
Vitens neemt deel aan een groot aantal samenwerkingsverbanden en overlegorganen. Voorbeelden hiervan zijn:
- *landelijk*: algemene belangenbehartiging bij VEWIN[8];
- *regionaal*: regionale planvorming zoals in het kader van de reconstructie of de KRW (stroomgebieden);
- *lokaal*: opstellen van gebiedsvisie's met gemeenten, afstemming over gemeentelijke waterplannen met gemeenten, oprichten van een externe klankbordgroep voor de verplaatsing van een waterwinning etc.

Het zwaartepunt van de afstemming ligt op lokaal niveau.

Jaarplan van waterleidingbedrijf Groningen
Niet beschikbaar.

Conclusies

De visie die in de nationale notities en in de Kaderrichtlijn Water zijn neergezet komen duidelijk terug in de regionale en locale beleidsnotities. De verschillende provincies, waterschappen, gemeentes en waterleidingbedrijven erkennen allen het belang van klimaatverandering en de gevolgen hiervan voor het waterbeheer. Het streven naar een duurzaam beheer van het (grond)watersysteem speelt in alle stukken dan ook een belangrijke rol.

Ook de beleidsdoelen sluiten goed aan bij WB21, NW4, NBW en de KRW. Het inrichten van een duurzaam en veerkrachtig waterbeheer gaat uit van de trits Vasthouden, Bergen en Afvoeren. Dit wordt vormgegeven door vooral ruimte voor water te creëren op plaatsen die het beste aansluiten bij het natuurlijke watersysteem. Ook de waterleidingbedrijven streven naar een duurzame ruimtelijke inpassing van waterwingebieden. Daarnaast spreken ook de waterschappen zich nadrukkelijk uit voor het afstemmen van het invullen van de ruimtelijke ordening en het waterbeheer. Dat dit soms in het gedrang komt met ruimtelijke functies blijkt uit het bijvoorbeeld van het waterhuishoudingsplan van fryslân wat duidelijk aangeeft water voor duurzame concurrerende landbouw veilig te willen stellen, maar ook natuurdoelen wil realiseren. Het feit dat de economie van de noordelijke provincies op dit moment nog een sterke band heeft met de agrarische sector kan een belangrijk knelpunt worden in het

[8] Vereniging van Waterbedrijven in Nederland

waterbeheer. Hier ligt in de ogen van de auteurs dan ook een grote uitdaging voor de toekomst. De gemeenten richten zich vooral op het zoveel mogelijk versterken van bestaande waterstructuren, dit is te verklaren door de minder flexibele situatie in stedelijke gebieden.

Naast de ruimte voor water speelt ook het thema veiligheid in relatie tot water, zoals nadrukkelijk verwoord in NW4, een belangrijke rol voor het waterbeheer. Voor de provincies die grenzen aan de zee heeft dit thema nog een extra lading, vanwege de verwachte zeespiegelstijging. Zo geeft de provincie Groningen expliciet aan dat de zeedijken bestand moeten zijn tegen extreme omstandigheden, maar dat de provincie daarnaast ook goed voorbereid moet zijn op calamiteiten. Ondanks dat Drenthe en Overijssel niet grenzen aan de zee, wordt het thema veiligheid in relatie tot waterbeheer ook als een belangrijk beleidsdoel gezien, hetzelfde geldt voor de waterschappen.

Tenslotte is een belangrijk thema wat doorklinkt in de beleidsnotities op regionaal niveau het beheer van het grondwater. Het opstellen van een GGOR (een directe aanwijzing vanuit het NBW) komt dan ook in alle provinciale notities terug. Het grondwaterniveau is van levensbelang voor de waterleidingbedrijven zij geven dan ook het belang van een goede kwaliteit en kwantiteit hiervan aan.
Om de hiervoor genoemde beleidsdoelen te realiseren worden een (groot) aantal maatregelen voorgesteld. Deze maatregelen lopen uiteen van het aanwijzen van bergingsgebieden tot het ontwikkelen van een strategische visie voor waterbeheer in de 21^{e} eeuw. De provincies hebben hierbij een duidelijk sturende rol en in de beleidsnotities worden ook specifieke maatregelen benoemt die waterschappen en gemeenten moeten nemen. Zo noemt de provincie Drenthe nadrukkelijk een aantal bergingsgebieden, waarvan zij aangeeft dat deze ook door waterschappen en gemeenten moeten worden overgenomen in het beheersplan en het bestemmingsplan.
De waterschappen richten zich, naast de aandacht voor waterberging, vooral op het vaststellen van een GGOR, in samenhang met de aanwezige ruimtelijke functies. Hieraan gaat in sommige gevallen het invullen van nog ontbrekende peilbesluiten aan vooraf.
Voor de gemeenten gaat het vooral om maatregelen in het stedelijk gebied. Bij de gemeente Assen richt zich dit vooral op het afkoppelen van het verharde oppervlak op het riool en bij de gemeente Zwolle gaat het vooral om het terugbrengen van de grondwaterverontreinigingen in dit gebied.
Tenslotte geeft Vitens aan het beheer van het grondwater op te pakken met maatregelen vanuit twwe sporen: bescherming (van waterwingebieden door het stimuleren van natuur en milieuvriendelijke landbouw) en beïnvloeding (hierbij gaat het vooral om zoveel mogelijk beperken van de impact van waterwinning op de omgeving, bijvoorbeeld door het infiltreren van oppervlakte water).

Naast de inzet van de wettelijke beleidsinstrumenten (bestemmingplan en beheersplan) worden vooral beleidsmiddelen ingezet die uitgaan van het principe van duurzaamheid. De afstemming tussen economie, maatschappij en ecologie komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in het afsluiten van op samenwerking gerichte regionale bestuursakkoord water, waterakkoorden en het uitvoeren van de watertoets. Daarnaast wordt ook nadrukkelijk ingezet op communicatie met de maatschappij en worden ook financiële middelen ingezet bijvoorbeeld ter compensatie van wateroverlast.

De structuur tenslotte van het beleidsveld is erg op samenwerking en onderlinge afstemming gericht. Het feit dat er een (deel) stroomgebiedsvisie is opgesteld door de

verschillende waterbeheerders heeft hierop zeker een positieve invloed gehad. Met deze opgave in het achterhoofd is bijvoorbeeld de stuurgroep water 2000+ opgericht. In deze stuurgroep hebben de provincies Groningen en Drenthe, de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's, de verenigingen van Drentse en Groningse gemeenten en de ministeries van LNV en VROM gezamenlijk onderzoek gedaan naar maatregelen tegen wateroverlast voor de eerstkomende jaren.

In het volgende hoofdstuk zal verder worden ingegaan op de achterliggende verantwoordelijkheden en invulling van het waterbeheer in de regio Noord-Nederland.

C. Regionale inkleuring: de context voor integraal waterbeheer in Noord-Nederland

Inleiding

Door middel van interviews met technische en beleidsmedewerkers van de organisaties die participeren in het MIPWA-project voor Noord-Nederland zijn de contouren van integraal waterbeheer in dit landsdeel in beeld gebracht. Het integrale waterbeheer zal de facto in de regio plaatsvinden omdat daar ruimtelijke functies in samenhang bekeken kunnen worden. Tevens moet een aanpak op stroomgebieds- cq. watersysteemniveau op een regionaal schaalniveau ingebed zijn.

II.C.1 Context en opgaven

Om van de belangrijkste opgaven van de verschillende partijen een beeld te krijgen zijn de volgende vragen gesteld:

- *Wat zijn de (grote) vraagstukken in het beheer van het watersysteem in uw beheergebied? Met betrekking tot:*
  - *Het grondwatersysteem? Benoem zowel knelpunten als kansen.*
  - *Het oppervlaktewater systeem? Benoem zowel knelpunten als kansen.*
- *Wat zijn de (grote) ruimtelijke vraagstukken / projecten in uw beheergebied? (indien relevant). Benoem zowel knelpunten als kansen.*

De vragen zijn beantwoord vanuit de vier verschillende categorieen van organisaties die zijn geinterviewd: de provincies, de waterschappen, de gemeentes en de waterleidingbedrijven.

Provincies

De provincies Drenthe, Fryslan, Groningen en Overijssel blijken de volgende waterbeheer- en ruimtelijke opgaven te hebben:

Grondwater:

- verdroging van met name natuurgebieden door daling van het grondwaterpeil, o.a. als gevolg van drinkwaterwinning en drainage, waardoor de ecologische waarden onder druk komen;
- evaluatie van de bepaling van de beschermingsgebieden rond drinkwaterwinningen kan leiden tot heroverweging van de nu geldende begrenzingen;
- wateroverlast in lager gelegen gebieden door (te snelle) piekafvoer van grondwater afkomstig uit hogere gelegen gebieden;
- nitraatverontreiniging van grondwaterlichamen;
- afbouwen grondwaterwinning en omschakeling naar oppervlaktewaterwinning;
- effecten van kleinere grondwaterwinningen (o.a. voor beregening) op de grondwaterstand zijn onbekend.

Enkele provincies maken melding van verzilting van het grondwater (Fryslan, Groningen); de andere twee provincies hebben daar minder mee te kampen. De effecten van het gevoerde peilbeheer en de mate van verzilting van het grondwater zijn onbekend. Ook in Fryslan en Groningen speelt het vraagstuk van de bodemdaling. In Fryslan is dat een gevolg van de inklinking van veenweidegebieden, in Groningen wordt dit veroorzaakt door de gaswinning. Het gevoerde grondwaterpeil is hierop ook van invloed. Enkele waterschappen (o.a. Wetterskip Fryslan en waterschap Noorderzijlvest) hebben tevens te maken met een toename van zoute kwel als gevolg van de zeespiegelstijging.

Oppervlaktewater:
- verdroging van met name natuurgebieden door daling van het oppervlaktewaterpeil waardoor dat de ecologische waarden onder druk komen;
- aanwijzen van nieuwe bergingsgebieden voor de opvang van overtollig water. Als gevolg daarvan zal de aanleg van extra boezemwater noodzakelijk zijn;
- wateroverlast in lager gelegen gebieden door (te snelle) piekafvoer van oppervlaktewater afkomstig uit hogere gelegen gebieden. Gevolg: herijking van de maatregelen om water af te voeren en te bergen is noodzakelijk;
- nitraatverontreiniging van oppervlaktewater met als gevolg een (nieuwe) noodzaak tot verbetering oppervlaktewaterkwaliteit.

Ruimtelijke ingrepen:
- herinrichting van het landelijk gebied (reconstructie), in de vorm van natuurontwikkelings- en landinrichtingsprojecten;
- ontwikkeling van waterbergingsgebieden, robuuster maken van het watersysteem voor de gevolgen van klimaatverandering;
- ontwikkeling van grootschalige ruimtelijke projecten (zoals de Blauwe Stad en Meerstad) waarin waterberging, wonen, natuurontwikkeling en recreëren gecombineerd moeten worden (meervoudig ruimtegebruik);
- ontwikkeling van nieuwe (verkeers-)infrastructurele werken;
- dijkverbeteringen, en de verbetering cq. aanpassing van oevers en kades.

Waterschappen:
De waterschappen Hunze en Aa's, Noorderzijlvest, Groot-Salland, Reest en Wieden, Velt en Vecht blijken de volgende waterbeheer- en ruimtelijke opgaven te hebben:

Grondwater:
- bewaken van het freatische grondwater in natuurgebieden en hydrologische aandachtsgebieden;
- verstorende effecten van de drinkwaterwinning op de grondwaterstand (verlaging grondwaterpeil);
- afwegen van conflicterende eisen aan de grondwaterstand in gebieden met verschillend grondgebruik, bijvoorbeeld landbouw of stedelijke bebouwing en natuur. Met name de grenszones van deze gebieden zorgen voor knelpunten;
- meer structurele aandacht voor de omgang met stedelijk grondwater. Het achterstallig onderhoud aan lokale drainagesystemen (op perceels- of straatniveau) kan leiden tot te hoge grondwaterstanden in het stedelijk gebied.

Oppervlaktewater:
- wateraanvoerplannen opstellen en uitvoeren;
- piekafvoeren opvangen in het buitengebied;
- beheer van waterkeringen langs oppervlaktewater;
- aanpassingen in (hoofd-) oppervlaktewaterstructuren.

Ruimtelijke ingrepen:
- transformatieprocessen in het grondgebruik, o.a. van landbouw naar natuur en van landbouw naar stedelijke bebouwing;
- herstel van ecologische waterstructuren, o.a. beekdalen;
- ontwikkeling van nieuwe waterbergingsgebieden, die deels nodig zijn om verdwenen bergingsmogelijkheden te compenseren.

Opvallend is dat een aantal waterschappen ruimtelijke ingrepen niet van toepassing vinden op hun beleidsopgaven. Zij beperken zich – al dan niet bewust – tot het aanpakken van waterhuishoudkundige opgaven.

Gemeenten
De gemeenten Zwolle, Smallingerland en Assen hebben de volgende waterbeheer- en ruimtelijke opgaven:

Grondwater:
- schijngrondwaterspiegels, o.a. als gevolg van keileemlagen. Gevolg: slecht voorspelbare grondwaterstanden en te hoge grondwaterstanden in bebouwd gebied;
- veranderingen in grondwateronttrekkingen, o.a. door stopzetting van industriële onttrekkingen en van onttrekkingen voor realisatie van het gewenste peil in stedelijk oppervlaktewater. Gevolg: te hoge grondwaterstanden in bebouwd gebied;
- vervullen zorgplicht voor opvang (overtollig) grondwater en voor de drooglegging openbare ruimte. Gevolg: aanspreekpunt zijn voor belanghebbenden in het stedelijk gebied met betrekking tot vragen / klachten over grondwater.

Oppervlaktewater:
- herstel van oude watergangen in het stedelijk gebied. Gevolg: bagger-opgave (uitdiepen) en aanpassing (verbreding) waterlopen;
- opvang piekafvoer in stedelijk gebied. Gevolg: benutten van bestaande cq. reserveren van nieuw ruimte voor binnenstedelijke waterberging, in relatie tot andere ruimtelijke functies;
- beperking / uitsluiting van overstort van riolering naar oppervlaktewater. Gevolg: nagaan mogelijkheden tot afkoppeling en aanpassing rioleringsystemen.

Ruimtelijke ingrepen:
- herstructurerings- cq. inbreidingsprojecten vormgeven op basis van het bestaande watersysteem. Gevolg: noodzaak tot inschatten en monitoren van deze ingrepen op basis van het principe van ‘waterneutraal bouwen’ (cq. watertoetsrichtlijn volgen), o.a. door ruimte te reserveren voor herstel oude waterlopen en voor waterberging;
- nieuwe bouwlocaties voor wonen en werken ontwerpen en inrichten naar de mogelijkheden van het natuurlijke watersysteem. Gevolg: alternatieve ontwerpen en keuzes op basis van een waterkansenkaart en een MER, o.a. door ruimte te reserveren voor waterberging, in combinatie met andere ruimtelijke functies.

Waterleidingbedrijven
De waterleidingbedrijven WM Drenthe, Vitens en Waterleidingbedrijf Groningen hebben vanuit hun meer eendimensionale taak meer beperkte waterbeheeropgaven.

Voor het grondwaterbeheer gaat het om de verbetering van de grondwater*kwaliteit* in grondwater-beschermingsgebieden en de ‘verduurzaming’ van de grondwaterwinning. Ten aanzien van de grondwater*kwantiteit* wordt maar één regio-specifieke opgave genoemd, namelijk het ontrekken van brak grondwater voor niet-consumptieve doeleinden, bijvoorbeeld voor industrieel gebruik.
Opvallend (maar niet verrassend) is dat de verdroging van natuurgebieden niet wordt gezien als gevolg van de drinkwaterwinning.

Voor het oppervlaktewater beheer worden geen opgaven gesignaleerd. Dat kan eventueel aan de orde komen indien er in de drinkwaterwinning omgeschakeld wordt van grond- naar oppervlaktewater maar dat lijkt nu nog niet aan de orde te zijn.

Bij de ruimtelijke ingrepen wordt alleen het combineren van de drinkwaterwinning met natuurontwikkeling genoemd. Dat kan mogelijk tot knelpunten leiden.

II.C.2 Taken en verantwoordelijkheden vanuit de 4 actorperspectieven; verschillen en overeenkomsten

Voor dit onderdeel zijn aan de geïnterviewde personen een aantal clusters van vragen voorgelegd. Cluster 1 bestond uit:

- *Welke (beheer-) taken en verantwoordelijkheden heeft u in uw (beheer) gebied?*
- *Welke taken en verantwoordelijkheden heeft u op het gebied van grondwater?*
- *Verwacht u hierin de komende 5 jaar een verandering? (zoals bijvoorbeeld de overdracht van verantwoordelijkheden voor het ondiepe grondwater naar de waterschappen).*

Provincies
Provincies zijn actief met twee typen taken en verantwoordelijkheden. Ten eerste houden zij zich bezig met het opstellen van beleidskaders inzake ruimtelijke ordening en waterhuishouding, in de vorm van een Omgevings- of Streekplan en een provinciaal waterhuishoudingsplan. Ten tweede toetsen zij de kwaliteit van de regionale waterkeringen. Inzake grondwater houden provincies zich bezig met het beleid en beheer inzake het ondiepe grondwater en met bescherming van het grondwater. Dat doen zij door aanwijzing van grondwaterbeschermingsgebieden en vergunningverlening voor grondwateronttrekkingen.

Waterschappen
De taken en verantwoordelijkheden van deze organisaties richten zich op:

Oppervlaktewater:

- beheer van de kwantiteit en kwaliteit van het oppervlaktewater;
  1. Kwantiteit: peilbeheer, aan- en afvoerbeheer, waterberging en baggeren;
  2. Kwaliteit: handhaving op basis van de WVO, transport rioolwater en zuivering;
- beheer van dijken en andere waterkeringen;
- beheer van de vaarwegen[9];
- opstellen stroomgebiedbeheersplannen in het kader van KRW (stroomgebiedsindeling uit het KRW);
- advisering van de initiatiefnemers van ruimtelijke projecten (gemeenten, projectontwikkelaars, RWS) ten aanzien van de effecten op het watersysteem.

Grondwater:

- beheer freatisch grondwater (in relatie tot het peilbeheer), met als doel de bestrijding van verdroging.

De overdracht van het beheer van het ondiepe grondwater van provincie naar waterschap is voorzien voor 2007. Naar verwachting zal een en ander geregeld worden

[9] niet zijnde rijksvaarwegen/rijkswateren.

in de Integrale Waterwet (IWW) die eind 2006 in de politieke besluitvorming gebracht zal worden. Naar verwachting treedt deze wet dan in 2008 in werking. Vooralsnog is onduidelijk hoe de verantwoordelijkheden en taken voor het diepe grondwater in de toekomst geregeld zullen worden.

Gemeenten

Oppervlaktewater:
- zorgdragen voor de juiste oppervlaktewaterpeilen;
- zorgdragen voor het onderhoud en de inrichting van de watergangen die in beheer zijn;
- zorgdragen voor binnenstedelijke waterberging (van piekafvoeren).

Grondwater:
- de wettelijk voorgeschreven gemeentelijke zorgplicht voor het opvangen van grondwater;
- aanspreekpunt voor klachten over grondwater (voor burgers en bedrijven);
- op ad hoc basis verstrekken van adviezen over grondwater aan burgers en bedrijven;
- met de invoering van de IWW (per 2008) zal de gemeente verantwoordelijk worden voor de drooglegging van de openbare ruimte.

Waterleidingbedrijven
Het winnen (en verhandelen) van grondwater voor menselijke consumptie en andere doeleinden binnen de door de provincie(s) gestelde juridische kaders (vergunningen voor grondwaterwinning).

Het uitvoeren van de taken gebeurd in een maatschappelijke omgeving. Om een beeld van te krijgen welke partijen hierbij een rol spelen is de volgende vraag gesteld:
d Met welke partijen heeft u te maken bij de uitvoering van deze taken en verantwoordelijkheden?

Provincie
Oppervlaktewater:
- vaarwegbeheer, met name voor de grotere vaarwegen;
- bevoegd gezag voor de waterkeringen;
- goedkeuringsrecht voor peilbesluiten en het integraal waterhuishoudkundig plan en/of waterbeheerplan.

Grondwater:
- grondwaterbeheer voor het diepe grondwater. Formeel ligt het beheer van het ondiepe (freatische) grondwater nog bij de provincie maar in de praktijk ligt dit bij de waterschappen;
- zorgdragen voor een goede grondwaterkwaliteit (grondwaterbeschermingsgebieden);
- begeleiding van projecten voor verbetering van de grondwaterkwaliteit en saneringen in stedelijk gebied;
- vergunningverlening en –handhaving voor grondwateronttrekkingen (tbv de drinkwatervoorziening, industriële en andere onttrekkingen, zoals beregening);
- toezichthouder voor de waterschappen;
- kaderstellen, vastleggen en toetsen van normeringen in het kader van de KRW;

Ruimtelijke ingrepen:
- zorgen voor de handhaving cq. naleving van de Provinciale Omgevingsplannen, Streekplannen en/of Porvinciale Waterhuishoudingsplannen;
- bevoegd gezag voor het toetsen van ingrepen in Vogel- en Habitatrichtlijn-gebieden (zg. VHR-gebieden);

Waterschap

Oppervlaktewater:
- beheer waterkeringen: regionale directie Rijkswaterstaat, provincie;
- beheer oppervlaktewater: provincie, naburige waterschappen, inliggende gemeenten, belangenorganisaties (landbouw, natuur, recreatie). Indien er in het beheergebied Rijkswateren aanwezig zijn (o.a. kust) is ook Rijkswaterstaat een netwerkpartner;

Grondwater:
- peilbeheer en beheer freatisch grondwater: provincie, gemeenten en belangenorganisaties (met name landbouw en natuur);
- beheer vaarwegen: gemeenten, provincie en watersport- cq. recreactie-organisaties.

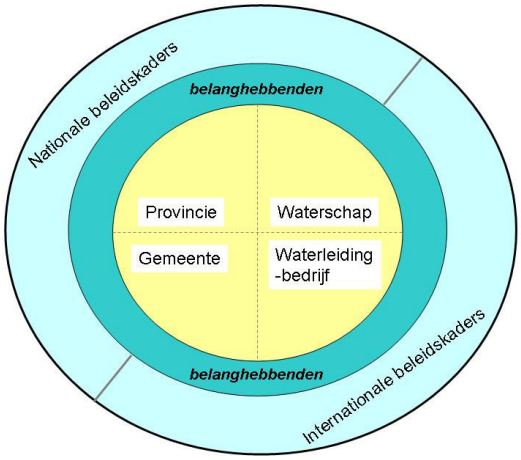
Gemeenten:
Grondwater: provincie en waterschap als kaderstellende instanties, individuele burgers en bedrijven als belanghebbenden (bij calamiteiten).

Oppervlaktewater: waterschap en provincie.

Bij ruimtelijke ingrepen zijn projectontwikkelaars (als initiatiefnemer), provincie (als toetsende instantie), waterschap (als adviseur), bewonersorganisaties en bedrijfsleven veelal gesprekspartners van de gemeenten. In sommige gevallen zullen ook Staatsbosbeheer en DLG gesprekspartners zijn. Met name bij ruimtelijke ingrepen die het landelijk gebied raken.

Waterleidingbedrijven
Alle partijen die in waterwingebieden (cq. het buitengebied) actief zijn: provincie, gemeente, waterschap, natuur verenigingen, landbouworganisaties, omwonenden en andere belanghebbenden.

Schematisch kan de hierboven beschreven situatie als volgt worden weergegeven:

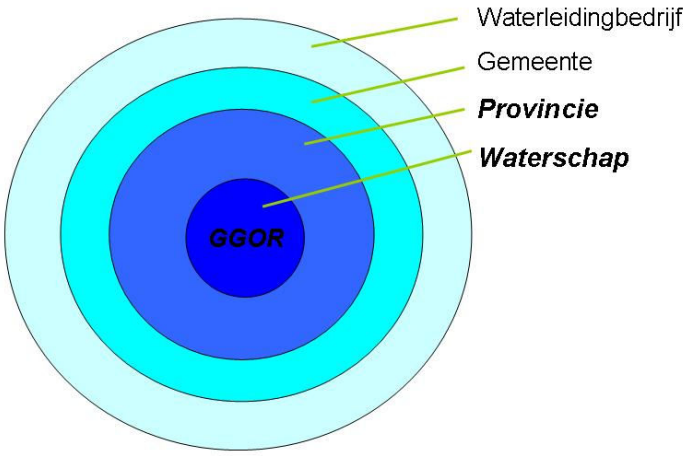


Figuur 4: Overzicht van het krachtenveld rond grondwater

Tot slot kwam tijdens de interviews ook de toekomstige rolverdeling tussen de bovenstaande partijen naar voren. De op handen zijnde nieuwe Wet Integraal Waterbeheer (2006) gaat uit van de volgende rolverdeling tussen provincie en waterschap: de strategische beleidsvorming ligt bij de provincie, en de uitvoering daarvan komt voor rekening van het waterschap.

II.C.3 GGOR

De realisatie van AGOR, GGOR en OGOR ligt voornamelijk op het bord van provincie en waterschap. Gemeenten en waterbedrijven zijn niet direct betrokken bij het opstellen van deze regimes. De opstelling van het GGOR is in eerste aanleg een opgave voor de waterschappen. Zij doen dat binnen de kaders die door de provincie in het Omgevings- of Streekplan zijn vastgesteld. In deze plannen is aangegeven in welke deelgebied welk type grondgebruik aanwezig is cq. geprogrammeerd staat. Het waterschap is verantwoordelijk voor het maken van specifieke keuzes maar de onderliggende argumenten zullen altijd aan de door de provincie gestelde randvoorwaarden getoetst worden.
Een opgestelde GGOR wordt vervolgens juridisch verankerd in een peilbesluit en praktisch vertaald in concrete uitvoeringsprojecten.



Figuur 5: Structuur beleidsveld GGOR

Om een beeld te krijgen van de huidige ervaringen met betrekking tot GGOR zijn de volgende vragen gesteld.

- *Heeft u al een GGOR voor deelgebieden opgesteld? En een AGOR of OGOR?*
  In veel gevallen is een AGOR vastgesteld voor de onderscheiden deelgebieden. Het opstellen van een GGOR of OGOR moet plaatsvinden in relatie tot het actuele cq. geprogrammeerde grondgebruik in de deelgebieden. Het opstellen van het GGOR wordt momenteel voorbereid en zal vanaf 2007 gaan plaatsvinden, aan de hand van een prioriteitstelling (zie onder).
- *Hoe gaat u om met deze deelgebieden?*
- *Gaat u het GGOR gebiedsgericht opstellen als onderdeel van gebiedsgerichte plannen (zoals watergebiedsplannen of uitgebreidere peilbesluiten) of gebeurt dat voor het hele beheersgebied?*
  Zowel de provincies als de waterschappen willen GGOR gebiedsgericht gaan opstellen. Eén GGOR voor het gehele grondgebied van een provincie of beheergebied van een waterschap is niet zinvol vanwege de grote verschillen tussen de onderscheiden deelgebieden. Deze verschillend vloeien voort uit de geohydrologische en geomorfologische structuur van de verschillende deelgebieden alsmede uit de uiteenlopende ruimtelijke functies in de deelgebieden. Op relatief kleine oppervlakten komt een grote variëteit aan bodemsoorten en maaiveldhoogten én aan ruimtegebruik voor. Deze variëteit aan gebiedseigen kenmerken maakt een gebiedsgerichte vaststelling van GGOR noodzakelijk.
- *Hanteert u een prioritering met betrekking tot het opstellen van het GGOR, en waarom?*
  Zowel de provincies als de waterschappen geven aan een prioritering te (gaan) hanteren bij het opstellen van het GGOR. Daarbij zal voor de gebieden die nu als knelpuntgebieden zijn aangemerkt als eerste een GGOR worden opgesteld (looptijd tot en met 2010). Deze gebieden zijn vaak de waardevolle natuurgebieden, ook wel VHR-gebieden genoemd (Vogel- en HabitatRichtlijn-gebieden). Tussen 2010 en

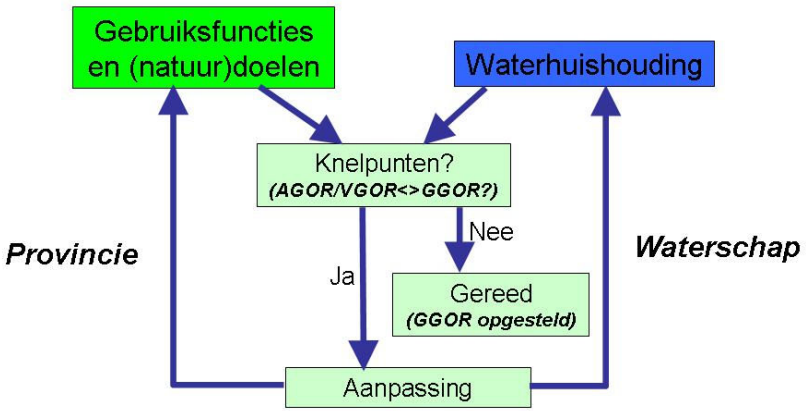
2015 volgen dan de andere gebieden, met als laatste de gebieden die onlangs nog geactualiseerd zijn.
In 2015 moet er dan sprake zijn van een 'vlakdekkend beeld' voor het GGOR in de betreffende provincie.

- *Van welk landgebruik gaat u uit bij het opstellen van het GGOR (bijvoorbeeld huidig landgebruik, streekplan etc.)?*
  De provincies en waterschappen gaan alle uit van het actuele grondgebruik bij het opstellen van het GGOR in de deelgebieden. De vastgestelde typen grondgebruik in de provinciale beleidskaders fungeren daarbij als uitgangspunt.
- *Op welke wijze houdt u rekening met de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater?*
  Aangegeven wordt dat de kwaliteit van het grondwater alleen voor kwel in natuurgebieden wordt meegenomen. Uiteraard is de kwaliteit van het grondwater ook van belang bij de winning voor de menselijke consumptie.
- *Op welke wijze vindt koppeling plaats met de EKRW?*
  De EKRW stelt een goede kwaliteit van het (grond)watersysteem centraal. Het komende GGOR-beleid en de uitvoeringsmaatregelen zijn er mede opgericht op dat te realiseren. Maar ook een goed kwantitatief beheer van het grondwater is van invloed op de kwaliteit ervan, met name in kwel- en inzijgingsgebieden. Dat is mede afhankelijk van de wijze waarop de aanwezige grondwaterlichamen worden afgebakend en welke doelstellingen voor deze lichamen worden vastgesteld. De normen die in het kader van de EKRW voor de (grond)waterkwaliteit zullen worden opgesteld, zullen mede input zijn voor het opstellen van het GGOR.
  Met name de waterschappen staan aan de lat (of proberen nu al) om de drie belangrijke beleidssporen – EKRW, NBW/GGOR en WB21 – onderling op elkaar af te stemmen (zie bijvoorbeeld waterschap Reest en Wieden's Water-op-Maat projecten).

Kader	Accent ligt op grondwater…	
	kwantiteit	kwaliteit
GGOR	normale situaties (GXG)	vrijwel niet
WB21	geringe mate (bv. Waternood)	vrijwel niet
KRW	VHR gebieden	ja

Figuur 6: Verhouding van GGOR ten opzichte van andere beleidskaders gericht op waterbeheer

- *Hoe wordt de GGOR in uw beheergebied opgesteld? En welke partijen zijn daar (inhoudelijk en/of procesmatig) bij betrokken?*
  In grote lijnen wordt het GGOR volgens de volgende systematiek opgesteld:



Figuur 7: Structuur beleidsveld: GGOR-proces & kernactoren

- *Wat zal volgens u de rol van GGOR zijn in het vervullen van de bovengenoemde taken en verantwoordelijkheden?*
  Naar verwachting kan het GGOR gebruikt worden voor het afwegen van de effecten van verschillende peilniveaus op de gebruiksfuncties in het betreffende gebied. Op basis van die afweging kan vervolgens de beleids- en besluitvorming gefundeerd worden. Het GGOR kan helpen om meer inzicht te krijgen in lastige besluitvormingsvraagstukken zoals verdroging en verzilting.

- *Welke belangen zijn in het geding bij het realiseren van GGOR?*
  In grote lijnen geeft men aan dat alle belangen die behoren bij de in het deelgebied aanwezige ruimtelijke functies, bij het realiseren van een vastgestelde GGOR betrokken zullen raken. Bij monofunctionele gebieden zullen dus minder belangen in het geding zijn dan bij multifunctionele gebieden. Overigens worden veel van de multifunctionele gebieden, namelijk de stedelijke gebieden, (voorlopig) nog buiten het GGOR gelaten.

- *Welke partijen in uw beheergebied kunnen door de realisering van GGOR beïnvloed worden, zowel positief als negatief? En op welke wijze?*
  Uit de vorige vraag volgt al dat de partijen geassocieerd kunnen worden met de in het gebied aanwezige ruimtelijke functies, door de vaststelling en realisering van het GGOR beïnvloed zullen worden.
  Door het GGOR wordt beter inzichtelijk welke belangen door een bepaald peilniveau gewaarborgd dan wel geschaad worden. Verwacht wordt dat de discussie daarover dan meer op een geobjectiveerde manier gevoerd kan worden. De uitdaging zal nog steeds liggen in de grenszones tussen landbouw- en

natuurgebieden, en tussen natuurgebieden en het stedelijke gebied. Met name als bedrijfseconomische belangen (lees: in de agrarische sector) in het geding zijn, zal de discussie waarschijnlijk scherp gevoerd worden. Uiteraard geldt dat de vraag welke partijen precies in hun belangen beïnvloed zullen worden door de realisering van GGOR, sterk afhankelijk is van de lokale (ruimtelijke) situatie en het concrete water- en/of ruimtelijke project. In die gevallen zal er – op basis van het GGOR-instrumentarium – een afweging tussen het algemene en het individuele belang plaatsvinden.

II.C.4 Beleidskaders en (bestuurlijk) speelveld

- *Wat zijn de belangrijkste beleidskaders voor de uitvoering van uw taken en verantwoordelijkheden?*
  Door de geïnterviewde partijen worden de voor de hand liggende beleidskaders genoemd:
  - De nationale beleidskaders voor de korte termijn en middellange termijn zijn: het NBW – als basis voor het GGOR-beleid –, Waterbeheer 21ste Eeuw en De Vierde Nota waterhuishouding. Op de achtergrond speelt ook de Nota Ruimte een rol.
  - Het internationale beleidskader voor de wat langere termijn is vanzelfsprekend de Europese Kaderrichtlijn Water.
  - Op provinciaal niveau worden de beleidskaders gevormd door de integrale Provinciale Omgevingsplannen (Drenthe en Groningen) en door de Streekplannen en Waterhuishoudingsplannen (Fryslan en Overijssel).
  - Op regionaal niveau fungeren de waterbeheerplannen van de waterschappen de belangrijkste kaders voor uitvoering van beleid.
  - Op lokaal niveau zijn de gemeentelijke waterplannen (voor zover opgesteld) en de gemeentelijke rioleringsplannen (GRP's) het beleidskader. Uiteraard zijn deze ingebed in de ruimtelijke structuurvisies van de gemeenten en hebben zij een sterke relatie met de bestemmingsplannen.

- *Hoe ziet het (bestuurlijke) speelveld eruit met betrekking tot de vraagstukken in het waterbeheer (en de ruimtelijke ordening)?*
  Het bestuurlijke speelveld krijgt steeds meer een regionaal karakter, onder anderen vanwege de (gedwongen) samenwerking op het schaalniveau van de stroomgebieden.
  Tevens lijkt het speelveld zich te ontwikkelen in de richting van een netwerk van onderlinge afhankelijke waterbeherende partijen. De partijen in de beleidsketen van het waterbeheer zijn steeds vaker met elkaar in de slag bij de beleidsvorming en –uitvoering. Dat geldt zowel voor overheids- als voor maatschappelijke partijen (belangenorganisaties, private partijen). Dit wordt bijvoorbeeld geïllustreerd in het Water 2000+ initiatief waarin de provincies Groningen en Drenthe, de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's, een groot aantal Groningse en Noord-Drenthse gemeenten, RWS Noord-Nederland, DLG-Noord en VROM-directie Noord samenwerken. Op termijn zal het waterbedrijf Groningen ook aanschuiven.
  Dat stelt wel aanvullende eisen aan de professionaliteit van partijen die het waterbeheer niet als kernactiviteit hebben (kleinere gemeenten, bedrijven). Ook stelt dit andere eisen aan de beleidsmiddelen, bijvoorbeeld reductie en/of beter op elkaar afstemmen van regulering en procedures.

- *Hoe ziet de bestuurlijke agenda (prioriteiten, 'stokpaardjes') eruit met betrekking tot de genoemde vraagstukken in het waterbeheer (de ruimtelijke ordening)?*

Provincies:
- vernieuwing cq. stroomlijning van het waterbeheer, in het licht van de bovenbeschreven 'grote' beleidssporen (EKRW, NBW en WB21);
- een anticiperende houding voor het stellen van kaders voor en het toetsen van (waterhuishoudkundige en ruimtelijke) projecten, in het licht van de bovengenoemde beleidssporen;
- een (verdere) verandering in de rolopvatting naar een coördinatie- cq. regisseursrol;
- concrete knelpunten op het gebied van verzilting, verdroging en bescherming van VHR-gebieden.

Waterschappen:
- een oplossingsgerichte en kosteneffectieve uitvoeren van concrete maatregelen;
- uitvoering van concrete waterbeheermaatregelen met als uitgangspunt het (zoveel mogelijk) beschermen cq. instandhouden van het natuurlijke watersysteem. Het natuurlijke watersysteem moet de leidraad zijn voor de ontwikkeling van (nieuwe) ruimtelijke functies, waaronder de recreatie en de landbouw;
- (verdere) afstemming en stroomlijning van het waterbeheer, in het licht van de bovenbeschreven 'grote' beleidssporen (EKRW, NBW en WB21). Kunnen concrete maatregelen zo ingericht en op elkaar afgestemd worden dat ze in overeenstemming zijn met alle drie beleidssporen?

Gemeenten:
- een ruimtelijke ontwikkeling die in lijn is met de mogelijkheden die het natuurlijke (water)systeem biedt (o.a. aan de hand van de watertoets);
- het structureel op de agenda krijgen en houden van de grondwaterbeleid op gemeentelijk niveau;
- het stedelijk waterbeheer verder verbeteren door het aanpak van de baggerproblematiek en het herstel van (oude, natuurlijke) stedelijke watergangen;

Waterleidingbedrijven:
- de belangen van een (duurzame) waterwinning veiligstellen, ook op de langere termijn;
- het omgaan met het spanningsveld tussen landbouw, natuur en drinkwaterwinning (met name op het gebied van de verdrogingsdiscussie).

M.4 Referenties

Commissie Waterbeheer 21e eeuw (2000), Waterbeleid 21e eeuw, Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw (WB21), Den Haag.

Europese Unie (2000), Richtlijn 2000/60 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid, Brussel.

Gemeente Assen (2005), Milieu op koers, milieu-visie 2005-2008, Gemeente Assen, Assen.

Gemeente Assen (2005), Gemeentelijk Riolerings Plan 2005-2008, Gemeente Assen, Assen.

Ministerie van verkeer en waterstaat (1998), 4e Nota Waterhuishouding, Den Haag.

Nationaal Bestuus Akkoord Water (2003).

Provinciale Staten van Drenthe (2004), Provinciaal Omgevingsplan II Drenthe, Provinciaal Bestuur Drenthe, Assen.

Provinciale Staten Fryslân (2000), Tweede Waterhuishoudingsplan Fryslân, Dreaun troch it wetter, Provincie Fryslân, Leeuwarden.

Provinciale Staten van Groningen (2000), Provinciaal Omgevingsplan Groningen, koersen op karakter, Provincie Groningen, Groningen.

Provinciale Staten van Overijssel (2000), Waterhuishoudingsplan Overijssel, Provincie Overijssel, Zwolle.

Vitens (2005), Veiligstellen bronnen drinkwatervoorziening, Vitens

Waterschap Hunze en Aa's (2003), Waterbeheerplan 2003-2007, Waterschap Hunze en Aa's, Veendam.

Waterschap Noorderzijlvest (2003), Waterbeheerplan Noorderzijlvest, 2003-2007, Waterschap Noorderzijlvest, Groningen.

Websites

www.hunzeenaas.nl/ (website van het waterschap Hunze en Aa's)

www.vitens.nl (website van waterleidingbedrijf Vitens)

www.kaderrichtlijnwater.nl (website rond de implementatie van de kaderrichtlijn water in Nederland)

http://www.waterbedrijfgroningen.nl/ (website van het waterbedrijf Groningen)

www.zwolle.nl (website van de gemeente Zwolle)

N Beleidsexercitie

Auteur: Hanneke Puts (TNO)

Inleiding
De beleidsexercitie bijeenkomst gaf de verschillende partijen in de gelegenheid te stellen om uitgebreid te oefenen met het MIPWA-model en de Impuls-Respons Database. Ter voorbereiding aan dit overleg was door het MIPWA-team een viertal cases met bijbehorende knelpunten uitgewerkt. Tijdens de bijeenkomst werd in vier groepen gewerkt aan het oplossen van de knelpunten van deze cases met behulp van de IR-database en mogelijke andere informatiebronnen (met name kaarten) van het MIPWA project.

Opzet van de dag
Na de ontvangst startte het inhoudelijke gedeelte van de dag met een toelichting van Mike Duijn. Tijdens het ochtendgedeelte konden de aanwezigen, onder leiding van een aantal begeleiders, werken aan de oplossing van een aantal knelpunten verbonden aan een van de vier cases. De aanwezigen konden zelf kiezen voor een voor hen interessante cases. Aan het einde van de ochtend werden de eerste bevindingen plenair teruggekoppeld. De middagsessie betrof in feite een vervolg op de ochtendsessie: wederom werd gewerkt aan de case gevolgd door een plenaire terugkoppeling. Aan het einde van de middag hebben alle aanwezigen een reactie op de dag gegeven. Van deze reacties is het onderstaande verslag opgetekend.

Toelichting cases
De 4 cases hadden betrekking op de gebieden/locaties Spannenburg (Fryslan), Reestdal (grens Overijssel – Drenthe), Emmen e.o. en Haren/Zuidlaren. Van elke case werd een tekstuele toelichting van enkele pagina's verstrekt. Per case kwamen de volgende elementen aan de orde:

- Betrokken actoren
- Gebiedsomschrijving en geografische ligging
- Economische ontwikkelingen
- GGOR Beleidskaders
- Beleidsopgaven
- Lijst van mogelijke maatregelen

Van elke betrokken case was relevant kaartmateriaal beschikbaar zoals kaarten met grondwaterstanden, GHG, GLG, waterlopen, drainage en oppervlaktewaterpeilen.
De knelpunten waren in feite afgeleid uit de bestaande "conflicten tussen landgebruik en watersysteem" en hadden zo een duidelijke relatie met het bij de case behorende gebied. Het was de bedoeling dat de deelnemers de aangereikte knelpunten als gegeven zouden accepteren, om vervolgens aan een oplossing te werken met behulp van de IR database. Het was mogelijk om gebruik te maken van 8 maatregelen. De effecten van de maatregelen konden uit de IR database worden opgehaald.
De ter beschikking staande maatregelen waren:

1. Afkoppelen (neerslag naar grondwater i.p.v. naar het riool)
2. Beregening uitzetten
3. Peilverlaging
4. Peilverhoging

5. Winning (winningen uitzetten)
6. Extensivering oppervlaktewatersysteem (bestaande waterlopen inactiveren)
7. Wateraanvoer uitzetten
8. Wandelend pompstation toevoegen (niet voor de case Emmen).

Er moest op worden toegezien dat met het oplossen van een knelpunt geen problemen elders in het gebied van de case zouden ontstaan. Naast de 'afgeleide' knelpunten (op basis van de knelpuntenkaarten) is voor elk casegebied een fictieve opgave ingebracht die ook door middel van de IR-database, opgelost moest worden.

Bevindingen
In het onderstaande is een samenvatting gegeven van de bevindingen van de aanwezigen. Het betreft hier het totale commentaar van ochtend- en middagsessie. Het commentaar is per case gerangschikt en is opgesplitst in technisch commentaar en beleidsmatig commentaar. De reacties zijn door de groepen zelf in een plenaire processtap gepresenteerd (aan de andere groepen en aan de begeleiders) en zijn hieronder puntsgewijs weergegeven. Er wordt niet ingegaan op de maatregelen die per case zijn "uitgeprobeerd".

1. Case Spannenburg

Technisch commentaar

- Er is behoefte aan een standaardopmaak voor de legenda
- De i-knop: lastige presentatie met weergave exponent (bv E^{-02}).
- Werkt de "Undo"-knop ook via IMOD
- Er is behoefte aan een 1-dimensionale doorsnede van de ondergrond (met kD- en c-waarden)
- Behoefte aan documentatie en handleiding m.b.t. IR database
- Werkt de maatregel "extensivering van waterlopen" ook voor grotere wateroppervlakken
- Behoefte aan kaarten genereren met behulp van printer
- Betere legenda bij effectknoppen (bv kwel/infiltratie)

Beleidsmatig commentaar

- In verband met gebruik IR database wordt opgemerkt: de voorbereiding van peilbesluiten vindt plaats door waterschap; de goedkeuring door de Provincie. Houden zo, niet samen tegelijkertijd aan werken.
- IR database alleen gebruiken op werkplek of interactief inzetten bij gebiedscommissies?
- Behoefte aan transparantie in informatie die achter IR zit (bijvoorbeeld de geologie)
- Nog niet duidelijk of IR geschikt is om samen met externen vanachter de laptop te bekijken. Misschien wel om dit met bestuurders te doen; hangt af van de desbetreffende bestuurder.
- GGOR heeft betrekking op grove analyse. Eerst aan de slag met gebieden met een duidelijk knelpunt op basis van AGOR
- Classificatie van doelrealisatie

2. Case Haren/Zuidlaren

Technisch commentaar

- Wens om shapes en maatregelen op te slaan
- Goede legenda blijvend naast plaatje
- Witte vlekken in de polygoon?
- Hoe worden plassen in peilmaatregelen meegenomen? Lijkt niet te werken.
- Kunnen we effecten (inclusief diepe stijghoogte) op de knelpunten zien? (met name voor natuurgebieden)
- Kan je scenario's naast elkaar laten zien? (toggle knop?)
- Kan er geëxporteerd worden naar Arcview?
- Kan je overlays overheen leggen?
- Hoe kan je als gebruiker onderscheid maken tussen primaire en secundaire watergangen?
- Kunnen er maatregelen worden toegepast in winter- en zomerpeil?
- Zit beregening uit grondwater in de maatregel, of alleen beregening uit oppervlaktewater?

Beleidsmatig commentaar

- IR database gebruiken bij verkennen van effecten van maatregelen
- Projectteam: intern gebruiken! Het model kan wel op tafel bij overleg met andere hydrologen
- Output IR database kan worden ingebracht bij overleg. In dat geval toevoegen van topografie plus communicatie (blauw dient "nat" te zijn!)
- Toetsend gebruiken in overleg met bijvoorbeeld agrariërs
- IR database te gebruiken als beleidsvoorbereidende studie om alternatieven te vergelijken
- Wat doe je nadat je met het model maatregelen hebt doorgerekend?
- Hoe maak je de tool toegankelijker richting extern
- Is de materie niet te complex om met externen te delen

3. Case Emmen

Technisch commentaar

- Drainage zit niet als actieve maatregel in IR database
- Intensivering oppervlaktewatersysteem ontbreekt als maatregel
- Kan het peil uitsluitend met 50 cm omhoog/omlaag?
- Mogelijkheden bij natschade zijn kleiner dan de mogelijkheden bij droogteschade
- In hoeverre is begrenzing toplaag van invloed op de effecten? (geldt specifiek bij hoogveengebied)
- Zijdelingse uitstraling van een matregel is kleiner dan verwacht. Moet het beeld van een berekend effect worden bijgesteld?
- Selectief infiltreren (negatieve onttrekking) blijkt niet mogelijk
- Is het mogelijk gebiedsspecifiek bepaalde maatregelen toe te voegen of creatief toe te passen? Denk aan: behoefte aan gebiedsspecifieke informatie; beheer van het model/valorisatie; gezamenlijk kennis delen
- Is koppeling met oppervlaktewatermodellen mogelijk?

Beleidsmatig commentaar

- IR database gebruiken t.b.v. plan-MER. Inzichtelijk maken effecten WATERNOOD-principe
- IR database is alleen bruikbaar om maatregelen af te tasten. Er is een echt model nodig als toets met de "realiteit"
- IR is belangrijk voor geloofwaardigheid van keuze voor een specifieke maatregel
- In hoeverrre kan je een beleidsmaker "op pas sturen" met output van IR?mits de bestuurder over voldoende achtergrondkennis beschikt dient hij/zij vroeg in het proces betrokken te worden
- Behoefte aan een koppeling tussen IR database en GIS
- Kunnen (de effecten van) klimaatscenario's worden opgenomen in het MIPWA-model?
- MIPWA kan gebruikt worden om waterkansenkaart te updaten
- MIPWA kan gebruikt worden als input voor beheerplannen in het kader van Natura 2000 en in het kader van beekherstel/natuurontwikkeling
- MIPWA kan dienen als check bij vergunning aanvragen

4. Case Reestdal

Technisch commentaar

- Kunnen waterlopen worden toegevoegd?
- Zijn tijdstijghoogtelijnen overal uit te lezen?
- Uitstralingseffecten van maatregelen zijn te beperkt. Berekening te snel afgebroken?
- Wat zit er precies wel/niet in IR maatregelen?
- Kunnen er shape-files worden ingelezen?
- Wat is kwel? Stroming van laag 2 naar laag 1?
- Is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd?

Beleidsmatig commentaar

- IR eerst gebruiken op bureau; dan pas extern gebruiken
- Gebruik van de IR database is afhankelijk van de setting
- Hoe zit het met de betrouwbaarheid? De GHG in Koekangen lijkt te laag. Vergelijk de IR met een model
- In Groot Salland wordt brede toepassing IR database voorzien
- Bij toepassing van de IR database dient goed op de betrouwbaarheid te worden gelet.

Afsluitende opmerkingen bij rondvraag

De reacties op de beleidsexercitie waren overwegend positief. De deelnemers gaven aan meer en beter inzicht in de werking én de toepassingsmogelijkheden van de IR-database te hebben gekregen. Ook gaf men aan zeer uit te kijken naar het moment van overdracht van het model en de IR-database. Enkele 'losse' opmerkingen ter illustratie:

- IR-database werkt sneller dan verwacht
- Goede sessie; totstandkoming van versie 1.0 beschouwen als inwerkperiode
- De werkelijkheid is vaak veel complexer dan een model
- Subgroepjes tijdens uitwerking cases waren wat rommelig
- Onderhoud en beheer van IR database vraagt aandacht

O Pilot GD+ actualisatie en evaluatie

Auteurs: Frank Wilschut, Judith Snepvangers (TNO) en Jaco van der Gaast (Alterra)

O.1 Inleiding

Met het grondwatermodel en IR-database kunnen maatregelen ten behoeve van GGOR worden gedefinieerd. Wanneer deze maatregelen daadwerkelijk ingezet worden, is het interessant te weten of de maatregel inderdaad het gewenste effect heeft. De kernvraag van de pilot 'GD+ actualisatie en evaluatie' is dan ook:

Wat is de actuele grondwaterstand en -dynamiek en in welke wordt deze beïnvloed door de genomen maatregelen?

De pilot is gericht op het gebruik van het MIPWA model in combinatie met metingen om jaarlijkse evaluaties van grondwaterstanden en -dynamiek mogelijk te maken. De belangrijkste deelvragen van deze pilot zijn:

- Hoe goed kennen we de onzekerheid van het grondwatermodel?
- Hoe kunnen we het grondwatermodel gebruiken om de interpolatie tussen gemeten grondwaterstanden te ondersteunen om vlakdekkende GxG-beelden te verkrijgen?
- Kunnen we op basis van deze vlakdekkende AGOR trends richting GGOR signaleren?

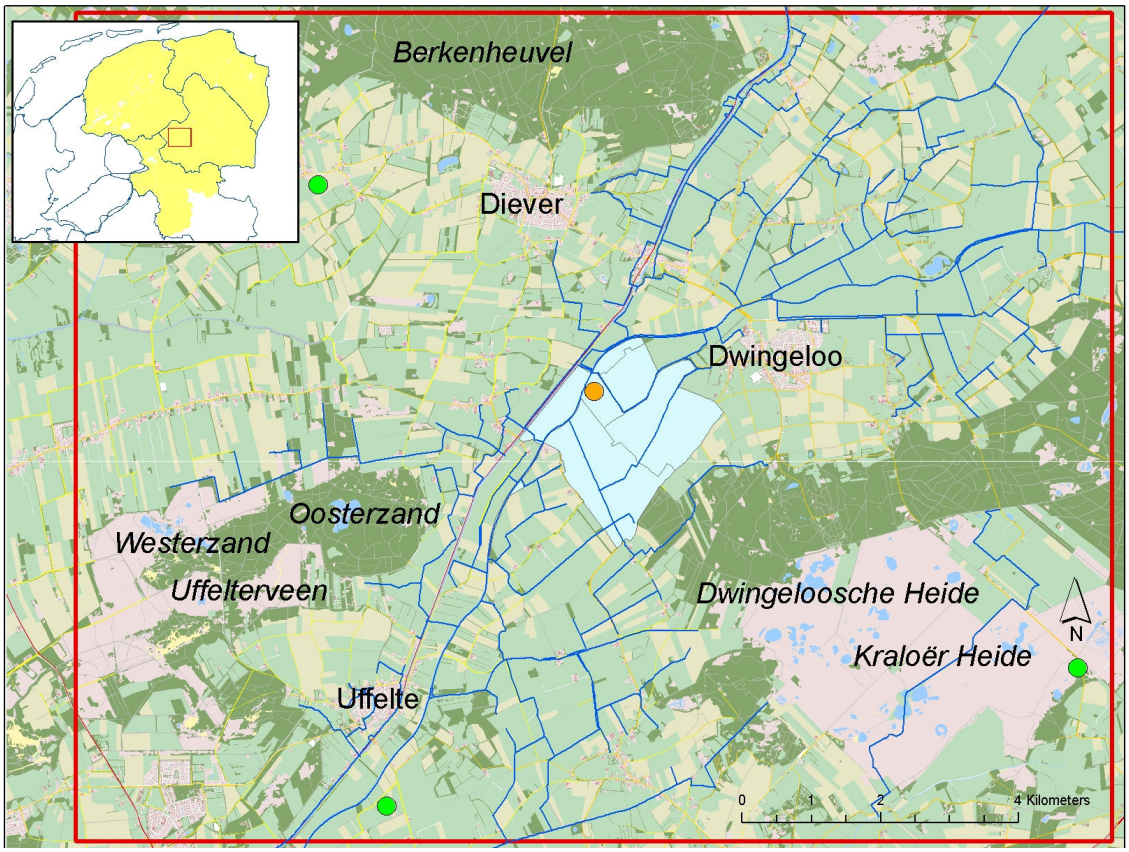
Er is in de pilot bewust voor gekozen om met eenvoudige methoden te werken welke door de betrokken organisaties zelf uitgevoerd kunnen worden.

O.2 Onderzoeksgebied

Het pilotgebied is een rechthoekig gebied in het zuidwesten van de provincie Drenthe rond Dwingeloo (zie figuur 1), met een afmeting van 15 km in oost-west richting (X=211.000 – 226.000 m) en 12 km in noord-zuid richting (Y=532.000 – 544.000 m). Centraal in het gebied loop de Drentse Hoofdvaart met aan weerszijden beekdalgronden. De zuidwesthoek van het gebied bestaat uit de hogere bos- en heidegebieden van het Westerzand, Oosterzand en Uffelterveen. Ook de zuidoosthoek is hoger gelegen, de Dwingeloosche en Kraloër Heide en bijbehorende zandgebieden. Aan de noordkant van het pilotgebied liggen hogere gronden van Berkenheuvel en de Boswachterij Smilde.
Deze hogere gronden bevinden zich op keileemrestanten, in de dalen hebben beken zich door deze slechtdoorlatende pakketten heen gesneden. De verbreidingskaart van de keileem (Formatie van Drente, laagpakket van Gieten) toont deze insnijdingen. In het MIPWA model maakt deze keileem onderdeel uit van scheidende laag 1. Voor dit gebied is deze scheidende laag, waarin ook de weerstand van veen- en beekleemafzettingen is opgenomen, sterk bepalend voor het niveau en de dynamiek van de grondwaterstanden.

Het pilotgebied is uitgekozen omdat:

1. in dit gebied een voldoende grote set van gerichte opnamen uit de Alterra GD-actualisatiestudies voorhanden was, om verificatie mogelijk te maken;
2. het een hydrologisch divers gebied is met diepe en ondiepe grondwaterstanden;
3. het een hydrologisch lastig gebied is, in verband met het voorkomen van keileem. Hierdoor zal de onzekerheidsschatting van het model eerder een onderschatting zijn dan een overschatting.



Figuur 1: Locatie en topografie van het pilotgebied

O.3 Hoe goed kennen we de onzekerheid van het grondwatermodel?

Ten behoeve van de beantwoording van deze vraag zijn metingen uit eerdere studies van Alterra met betrekking tot de GD-actualisatie vergeleken met modelresultaten uit het MIPWA-model. Er zijn verschillende onafhankelijke metingen gebruikt:

1. gerichte opnamen: werkelijke metingen
   op 185 locaties in het gebied zijn metingen aan de grondwaterstand gedaan verdeeld over 3 data in maart 1995 en tevens metingen verdeeld over twee 2 data in juli 1995.
2. GxG-waarden afgeleid uit gerichte opnamen:
   op de locaties van gerichte opnamen zijn de werkelijke metingen vertaald naar GxG-waarden met behulp van de relatie met zogenaamde stambuizen in de

regio, volgens de methode beschreven in Van der Gaast et al. (2006). Dit betreft 730 GLG-locaties en 649 GHG-locaties.

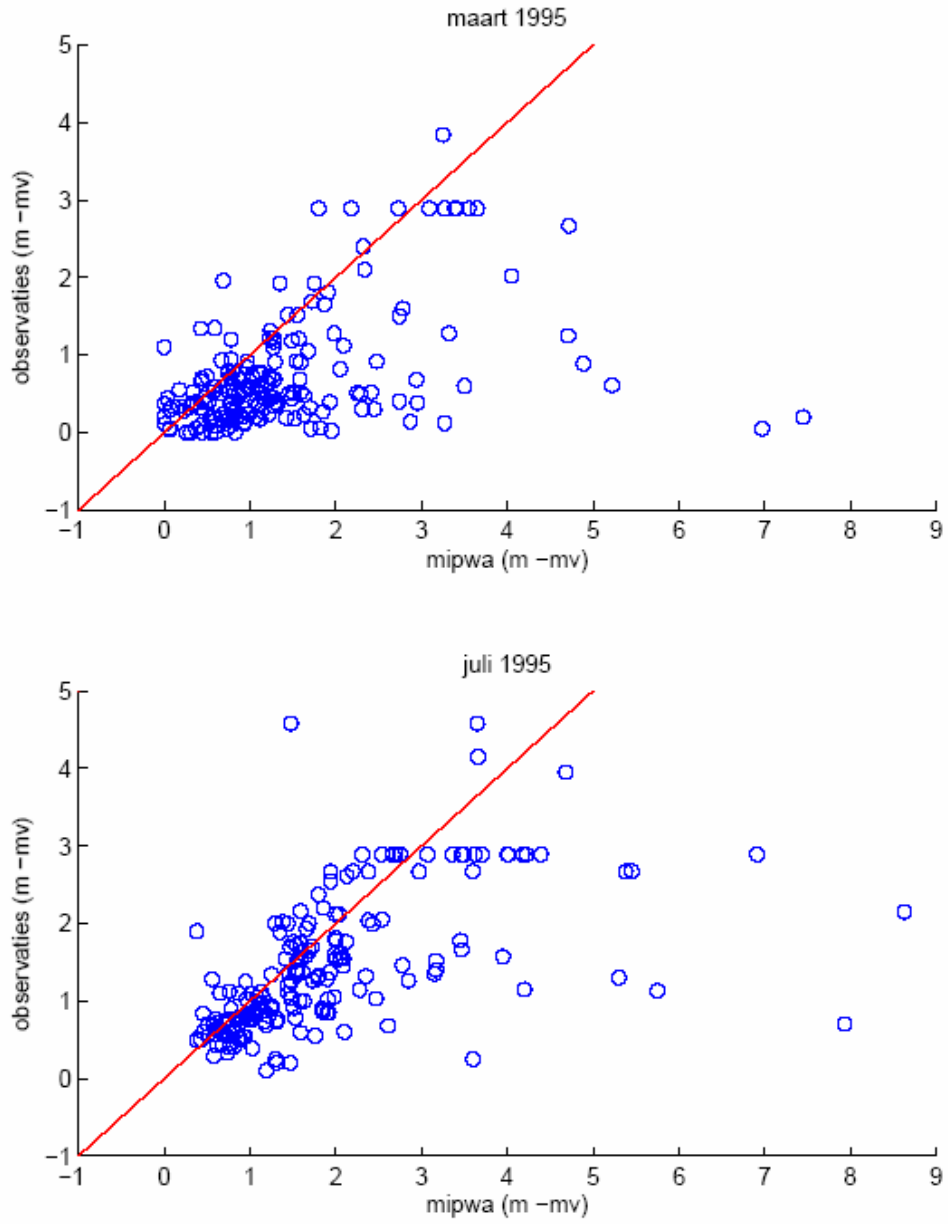
Bij de vergelijking wordt uitgegaan van standen ten opzichte van het maaiveld. De verschillen tussen meting en model worden op drie manieren geanalyseerd:
1. Statistiekentabel voor een algemeen beeld;
2. Scatterplots om systematische afwijkingen te analyseren;
3. Ruimtelijke verschilbeelden om locaties te kunnen vergelijken.

Statistiekentabel
In Tabel 1 zijn de statistieken van de residuen weergegeven conform de ijkingsresiduen uit paragraaf 3.4.3 van de hoofdtekst. Opvallend aan de residuen van dit specifieke gebied zijn de grote maximum afwijkingen (tot 13 m.!). Dit betekent dat de GLG op deze plaatsen veel te laag wordt ingeschat. Zoals eerder in het hoofdrapport ook naar voren kwam heeft dit waarschijnlijk te maken met schijnspiegels. Bij de ruimtelijke verschilbeelden komen we hierop terug.

Tabel 1 Overzicht statistieken van de residuen in [m-maaiveld] (afwijking = model – meting; negatief = model natter dan werkelijkheid; positief = model droger dan werkelijkheid) ghg / glg: meting is afgeleid uit gerichte opname; maart/juli 1995: meting is werkelijke gerichte opname;

	aantal	**Statistieken van residuen**			**Statistieken van absolute residuen**			
		minimum	maximum	gemiddelde	gemiddelde	25%	50%	75%
ghg	649	-1.58	10.96	0.70	0.81	0.19	0.46	0.89
ghg_keileem	456	-1.58	10.96	0.87	0.99	0.25	0.57	1.13
ghg_beekdal	193	-1.13	6.79	0.30	0.38	0.12	0.26	0.52
glg	730	-3.26	13.78	0.39	0.78	0.16	0.38	0.75
glg_keileem	524	-3.26	13.78	0.61	0.97	0.20	0.43	1.01
glg_beekdal	206	-1.64	1.90	-0.18	0.31	0.13	0.24	0.42
maart 1995	185	-1.27	7.25	0.66	0.78	0.22	0.52	0.91
juli 1995	187	-3.10	7.23	0.48	0.69	0.18	0.39	0.73

Scatterplots
Wanneer de gerichte opnames staan uitgezet tegen de met MIPWA berekende standen in een scatterplot, wordt inzicht verkregen in structurele afwijkingen tussen model en meting voor diepe of juist ondiepe grondwaterstanden.



Figuur 2: vergelijking observaties met model voor gerichte opname in maart en juli 1995.

In Figuur 2 zijn de scatterplots van de werkelijke gerichte opnamen opgenomen. Deze figuur laat bij de diepere gemeten grondwaterstanden (y-as) horizontale banden zien. Dit komt doordat bij de gerichte opnames in deze gevallen de grondwaterstand niet gedetecteerd kan worden binnen de maximale boordiepte van 2,5 meter onder het maaiveld. In deze gevallen is een schatting gemaakt van de metingen op basis van een “maximum likelihood-grondwaterstand” waarbij standen op andere meetlocaties op dezelfde datum worden gebruikt. Deze benadering wordt beschreven in (Cohen, 1991). Een nadeel van deze methode is dat per meetdatum voor alle standen de maximum-likelihoodschatting dezelfde is. Hierdoor moet de vergelijking beperkt worden tot standen tot 2.5 m.

Uit de scatterplots in Figuur 2 blijkt dat de met MIPWA berekende grondwaterstanden over het algemeen dieper ten opzichte van maaiveld liggen dan de observaties (MIPWA is droger). Dit geldt vooral voor de observaties in maart 1995 (wanneer de grondwaterstanden zich rond de GHG bevinden) en in mindere mate voor de observaties in juli (wanneer de grondwaterstanden zich rond de GLG bevinden). Dit blijkt ook uit de gemiddelde waarde in de statistiekentabel (Tabel 1).

De GxG-waarden geven een gemiddeld beeld over een lange periode en zijn daardoor meer geschikt om systematische afwijkingen te beschouwen dan de gerichte opnames. Het is immers mogelijk dat juist in de periode van de gerichte opnames het model toevallig verder of dichter bij de metingen ligt. Bij de geobserveerde GxG-waarden moet worden opgemerkt dat deze geen directe metingen zijn. De onzekerheid van deze waarden is groter dan die van de gerichte opnames, omdat ook de methode om van gerichte opnames naar GxG-waarden te komen aannames en onzekerheden bevat. Bij de gemodelleerde GxG-waarden moet worden opgemerkt dat de periode waarover deze zijn berekend (1989-2001) verschilt van de periode waarover de GxG-waarden uit veldobservaties zijn berekend (via statistische technieken klimaatonafhankelijk gemaakt).

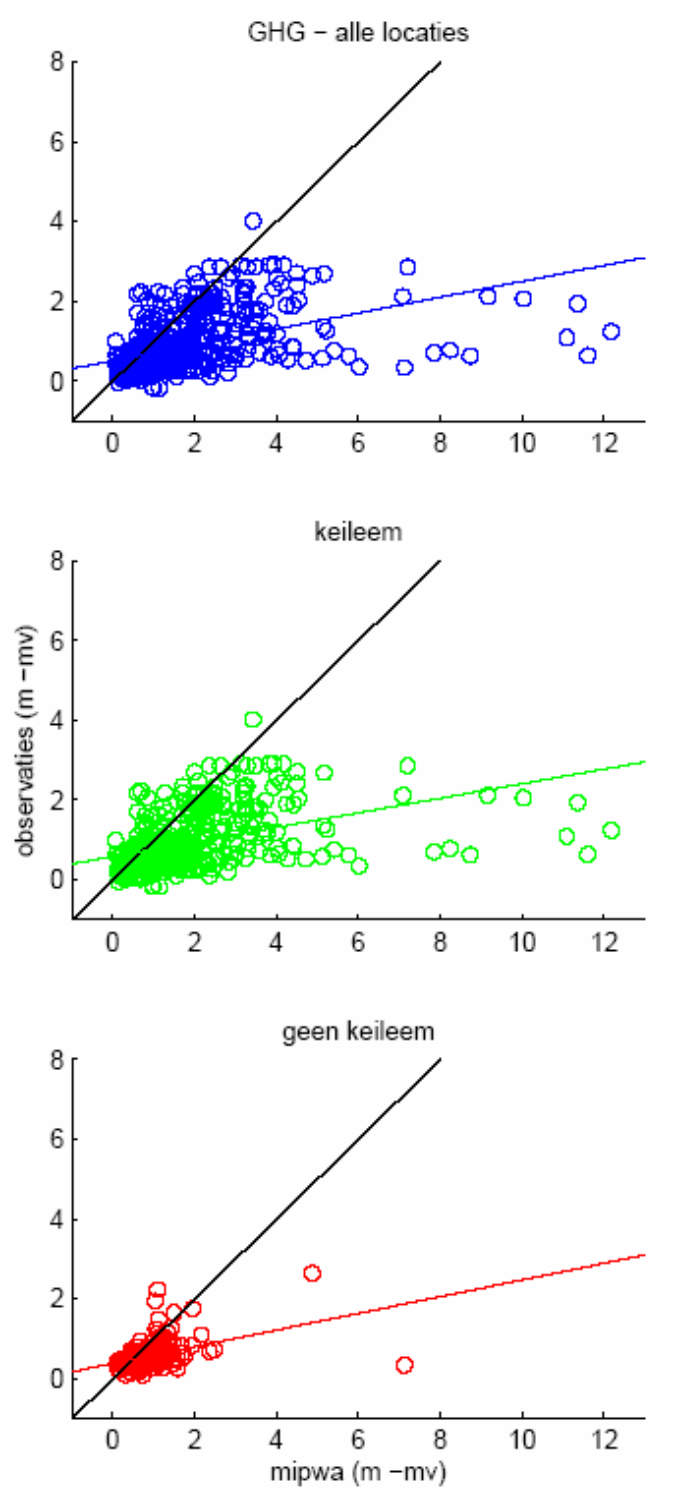
Bij de GxG-vergelijking (Figuur 3 en 4) wordt onderscheid gemaakt tussen meetlocaties waar keileem aanwezig is in de deklaag en meetlocaties gelegen in het beekdal, waar weinig tot geen keileem wordt aangetroffen.

De GHG-waarden zijn systematisch droger in de MIPWA-berekeningen dan geobserveerd. Dit geldt ook voor de GLG-waardes in de gebieden waar keileem aanwezig is. Het beeld uit de gerichte opname dat verschillen tussen model en metingen in maart (dichtbij de GHG) groter zijn dan in juli (dichtbij de GLG) wordt bevestigd, vooral in de meetlocaties gelegen in het beekdal. De verwachting is dat in de GLG situatie een aantal schijnspiegels zijn ‘opgedroogd’ waardoor het model van het werkelijke verzadigde systeem beter presteert. Hetzelfde beeld is waargenomen bij een vergelijking tussen gericht opnames en daaruit afgeleide GxG-waarden en detailkarteringen in het waterschap Regge en Dinkel (Van der Gaast et al, 2006): het voor deze studie gebruikte MODFLOW-model heeft moeite met het simuleren van GHG-patronen, met name in gebieden waar keileem of tertiaire klei aanwezig is. Ook in dit gebied verwachten we dat sprake is van schijnspiegels. Waterschap Regge en Dinkel voert op dit moment metingen uit om dit te kunnen staven.

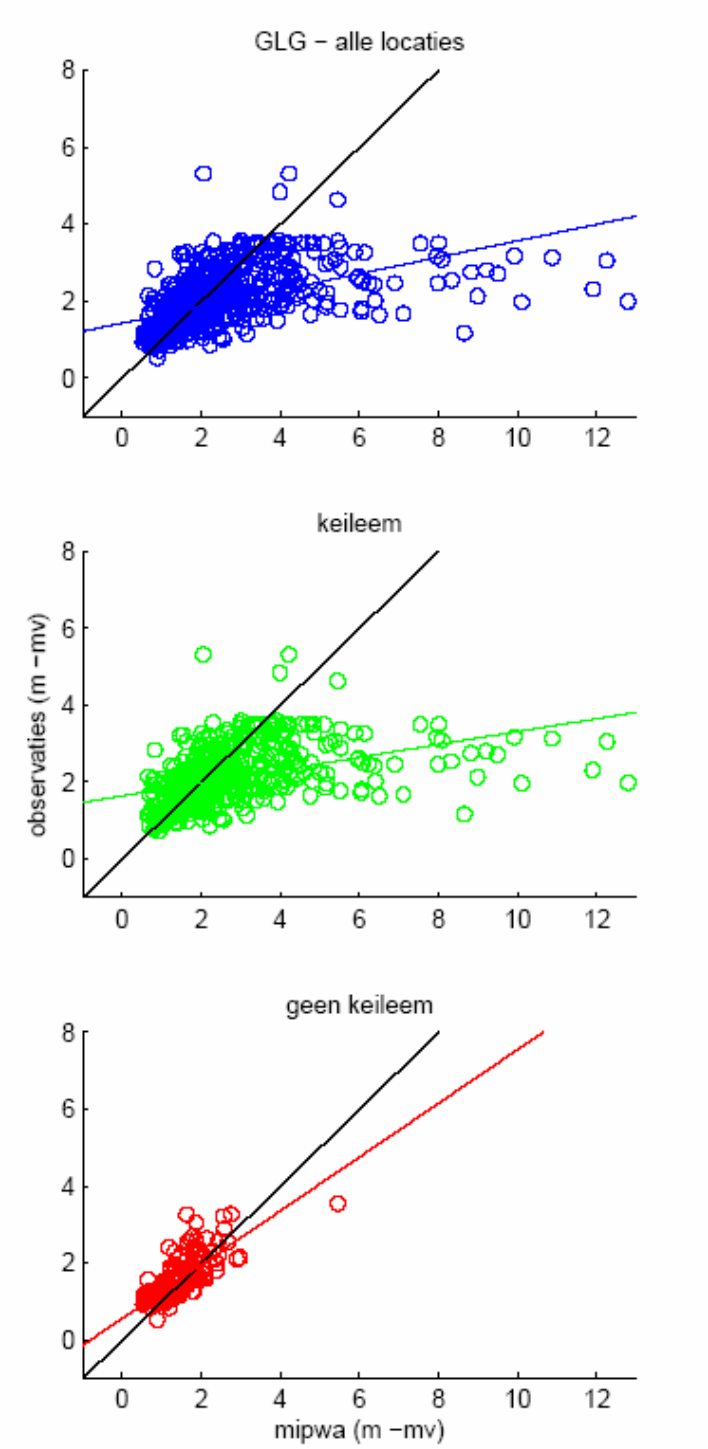
Het voorkomen van keileem speelt zichtbaar een belangrijke rol. In plaatsen waar keileem in de ondergrond aanwezig is kan het grondwater als het ware blijven hangen, zodat de gemeten grondwaterstand een schijnspiegel betreft. In het model kunnen schijnspiegels niet ontstaan omdat alleen het werkelijk verzadigde grondwatersysteem wordt gemodelleerd. De grondwaterstanden zullen hierdoor in het model vanzelfsprekend dieper onder het maaiveld liggen. In een apart traject is een nieuwe MODFLOW-package ontwikkeld waarmee de vorming van schijnspiegels kan worden gemodelleerd (Berendrecht et al., 2007). In de volgende MIPWA-versie zal deze package naar verwachting gebruikt gaan worden.

Een andere mogelijke oorzaak voor de gemiddelde drogere gemodelleerde situatie is het hoog in het bodemprofiel voorkomen van anisotropie welke niet in het model kan

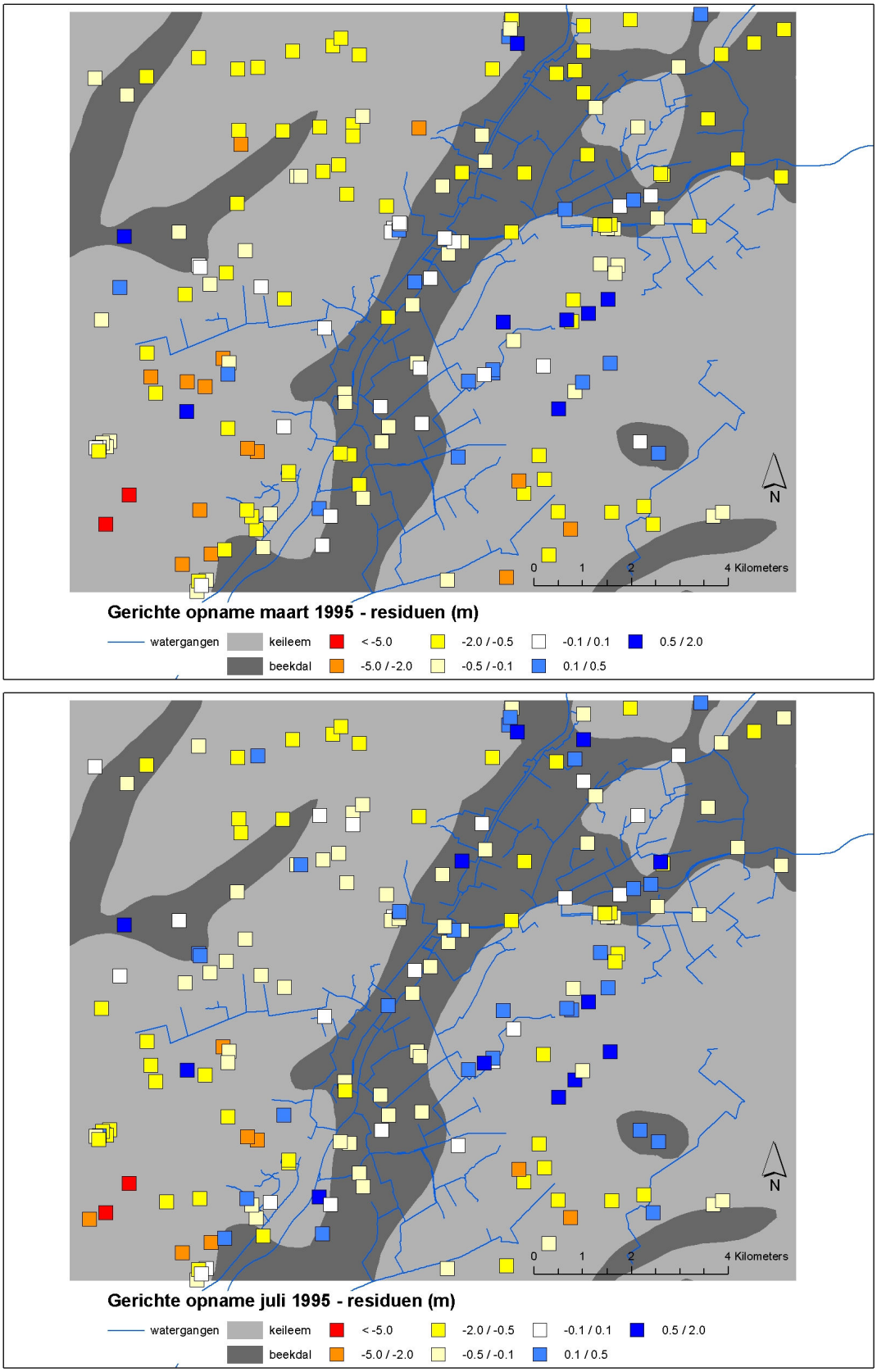
worden meegenomen. Hierdoor zakken grondwaterstanden in het model te snel uit (zie voor verdere uitleg Van der Gaast et al (2006)).



Figuur 3: Vergelijking GHG-observaties met model, met onderscheid tussen gebieden met en zonder keileem.



Figuur 4: Vergelijking GLG-observaties met model, met onderscheid tussen gebieden met en zonder keileem.

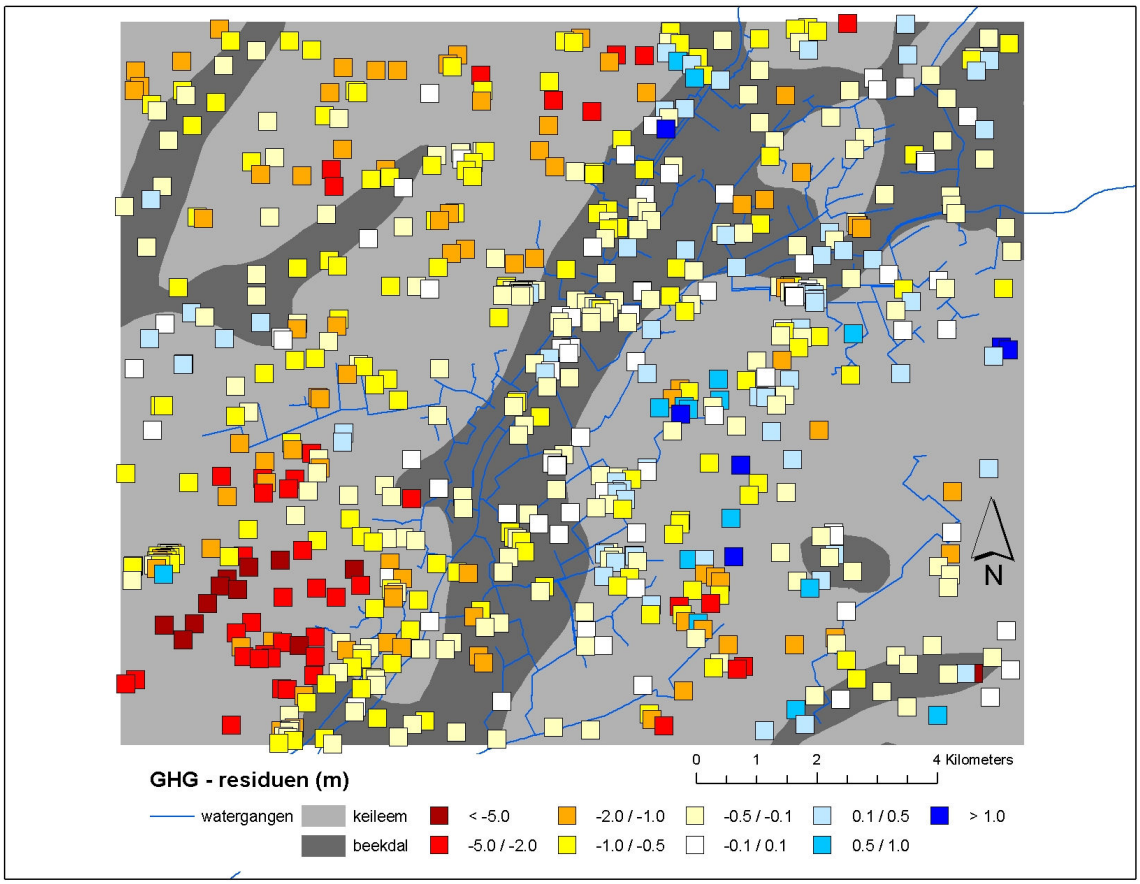


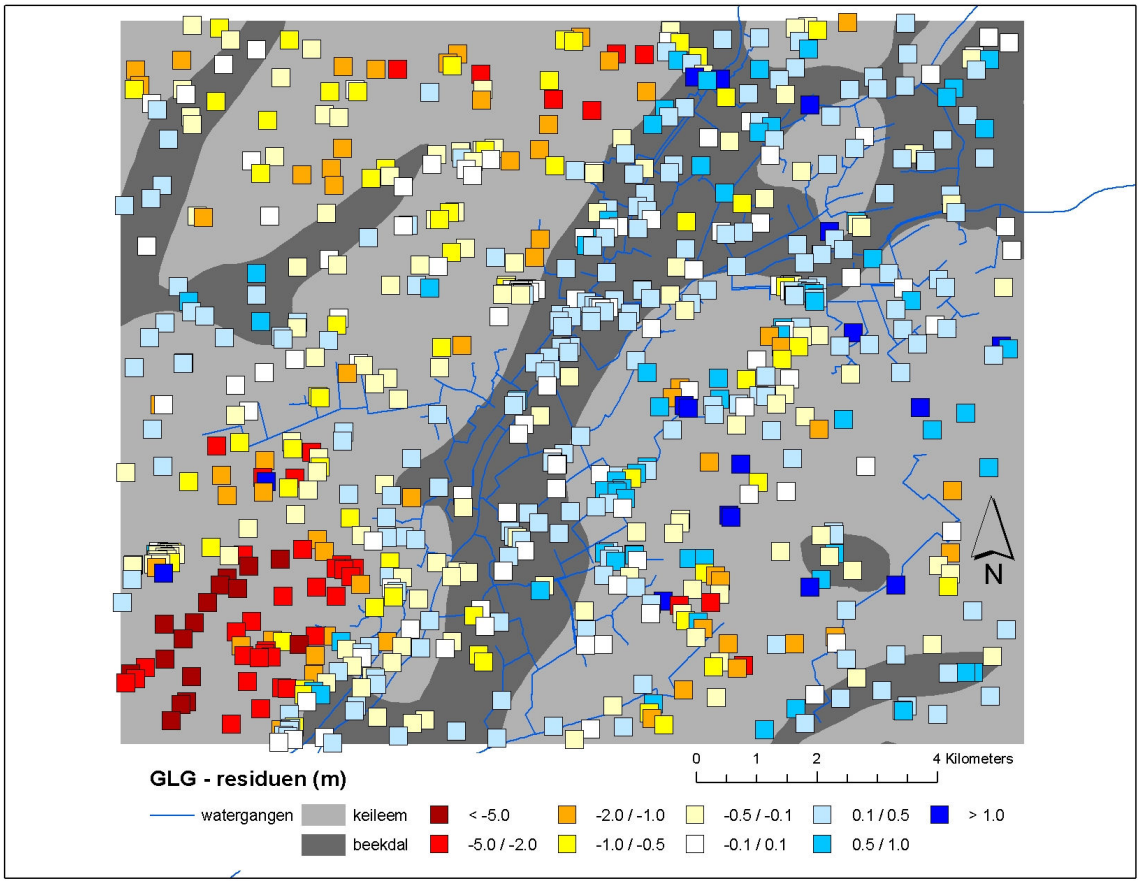
Figuur 5: kaartbeeld van de verschillen tussen gerichte opname en modelresultaten; rood (negatieve residuen): mipwa is droger; blauw (positieve residuen): mipwa is natter.

Ruimtelijke verschilbeelden
De ruimtelijke verschilbeelden (Figuur 5) ondersteunen de opmerkingen hierboven en geven ons verder inzicht in de verschillen tussen keileem en beekdalen.

Allereerst valt in Figuur 5 op dat in het bos- en heidegebied in zuidwesten van het studiegebied, zoals hierboven beschreven, de MIPWA-berekeningen een droger beeld laten zien dan de observaties. Hierbij speelt de detectielimiet zoals hierboven beschreven een rol. Opmerkelijk is echter de meting op het Uffelter Veen, waar de observatie juist droger is dan het model. Verschillen tussen het model en de observaties zijn ook te zien nabij het Dwingelderveld. Ten zuidwesten hiervan zijn de MIPWA-berekeningen te droog, terwijl op het veld en in het bosgebied ten noorden ervan de observaties een droger beeld laten zien. Ten noorden van het bosgebied, in het noordoosten van het studiegebied, is het opvallend dat de verschillen in juli kleiner zijn dan de verschillen in maart. Dit geldt ook voor het gebied ten westen van Diever.

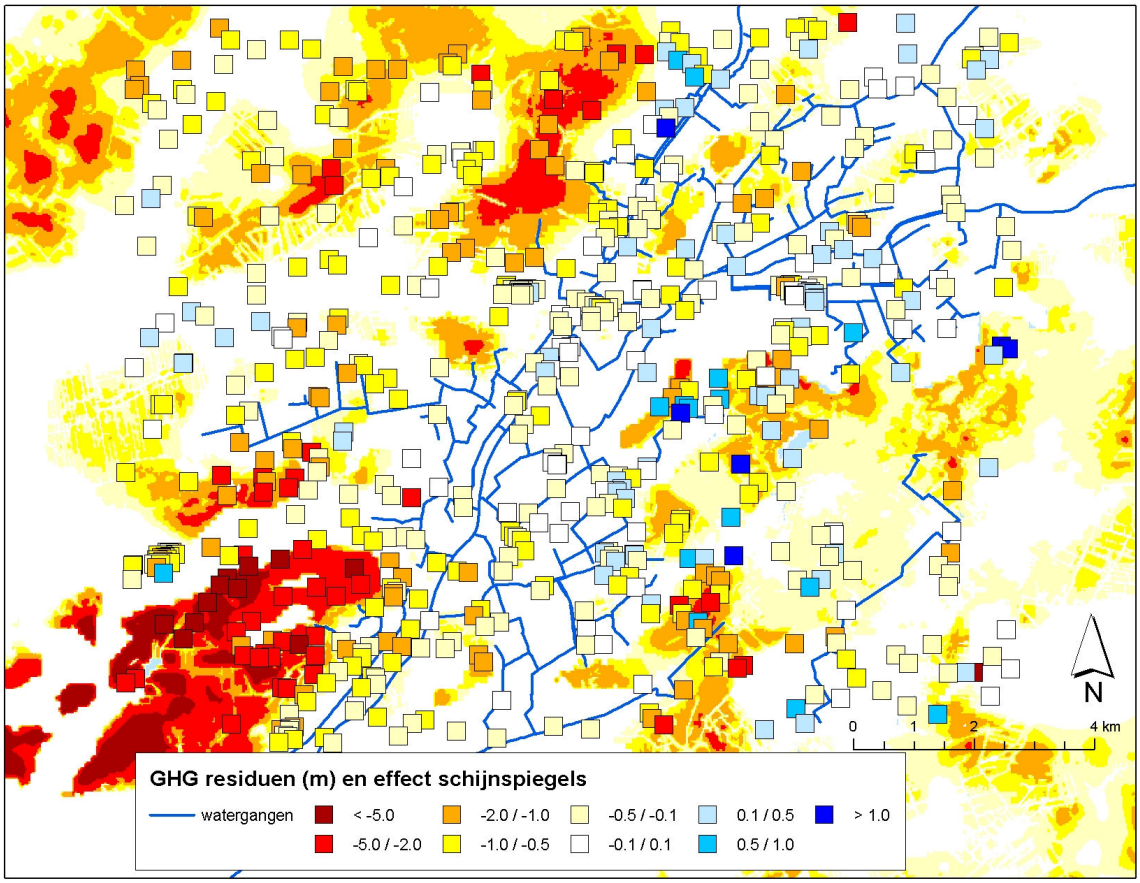
Het kaartbeeld van de verschillen die te zien is bij de gerichte opname van maart en juli 1995 zijn vergelijkbaar met de kaartbeelden van respectievelijk de GHG en GLG (Figuur 6).





Figuur 6: kaartbeeld van de verschillen tussen uit gerichte opname afgeleide GxG-waarden en modelresultaten; rood (negatieve residuen): mipwa is droger; blauw (positieve residuen): mipwa is natter.

Zoals eerder is genoemd, simuleert MIPWA het werkelijk verzadigde grondwatersysteem terwijl bij de observaties dikwijls schijnspiegels worden waargenomen. In Figuur 7 worden verschillen tussen de GHG-waarden van het model en de waarden afgeleid uit de observaties gerelateerd aan het effect van de schijnspiegels zoals dat met de schijnspiegelpackage kan worden uitgerekend (Berendrecht et al., 2007).



Figuur 7: kaartbeeld van de verschillen tussen afgeleide GHG-waarden en modelresultaten en het effect van het modelleren van schijnspiegels; rood (negatieve residuen): mipwa is droger; blauw (positieve residuen): mipwa is natter.

Geconcludeerd kan worden dat dit effect de verschillen tussen model en metingen voor een groot deel verklaart.

conclusies

- De modelresultaten geven een systematisch droger beeld dan de gerichte opnamen.
- Verschillen in de beekdalen zijn conform verificatiestatistieken van het MIPWA model.
- Verschillen tussen model en metingen zijn het grootst daar waar door aanwezigheid van keileem een ondiepe schijngrondwaterspiegel in de metingen wordt waargenomen, terwijl in het model de grondwaterstand diep wegzakt door een overschatting van de verticale doorlatendheid. Het “schijnspiegeleffect” verklaart een zeer groot gedeelte van de afwijkingen tussen het model en de uit metingen afgeleide GHG-waarden.
- Mogelijk speelt ook het voorkomen van anisotropie hoog in het bodemprofiel een rol. Doordat dit kleinschalige proces niet te parametriseren is op dit moment, wordt het niet gemodelleerd binnen MIPWA. Extra onderzoek hiernaar is gewenst.
- Voor grondwaterstanden dieper dan 2,5 meter onder het maaiveld is vergelijking niet mogelijk gebleken door de detectielimiet in de gerichte opnamen.

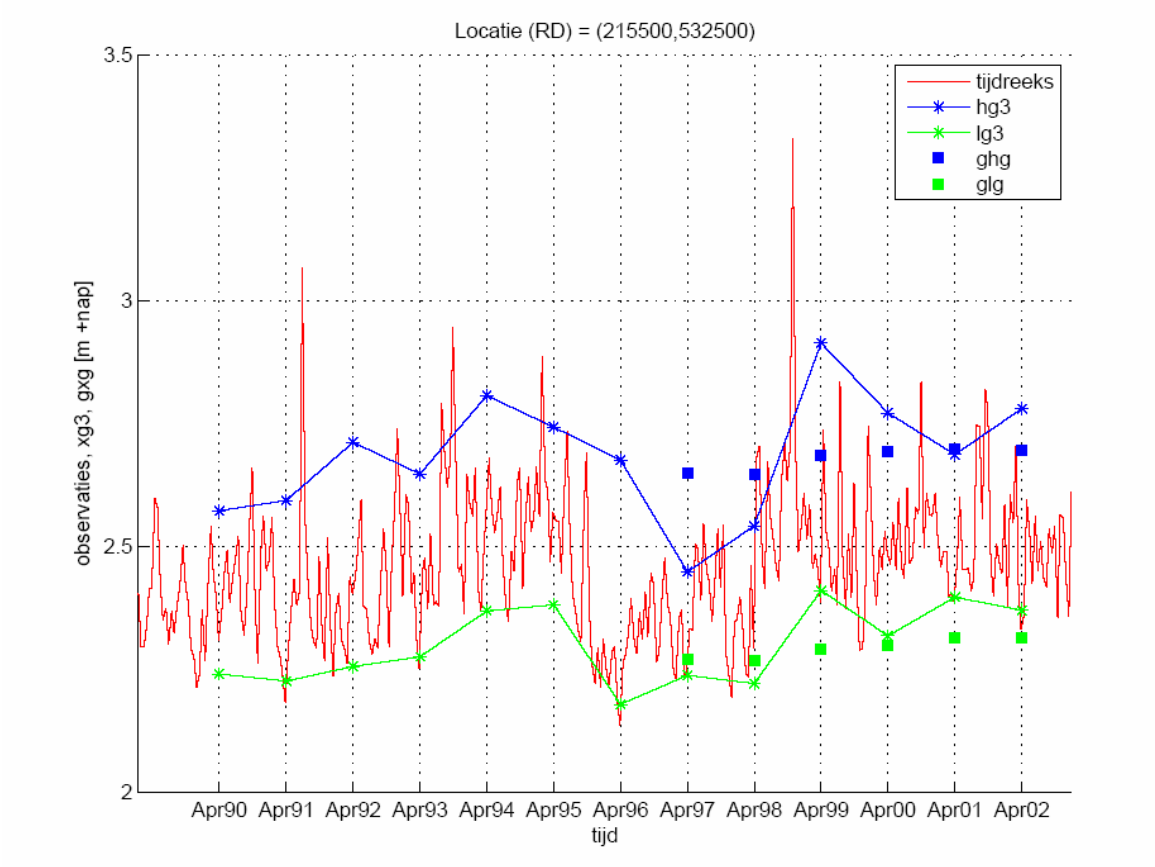
O.4 Hoe kunnen we het grondwatermodel gebruiken om de interpolatie tussen gemeten grondwaterstanden te ondersteunen om vlakdekkende GxG-beelden te verkrijgen?

Om jaarlijks vlakdekkende GxG-beelden ofwel AGOR-beelden te kunnen krijgen zijn zowel jaarlijkse GxG-puntwaarden nodig uit metingen en een correcte methode om deze puntwaarden om te zetten naar vlakdekkende kaartbeelden.

Actuele GxG op puntniveau
De GxG (GHG en GLG) op bepaalde meetlocaties (op puntniveau) worden berekend per hydrologisch jaar, dat loopt van 1 april tot en met 31 maart van het volgende kalenderjaar. Van het hydrologische jaar worden de drie hoogste en de drie laagste gemeten grondwaterstanden genomen, uitgaande van een meetfrequentie van tweemaal per maand (meestal op de 14e en 28e dag). Het gemiddelde van deze drie waarden is de HG3 (respectievelijk LG3). De GxG is het gemiddelde van de HG3 (en LG3) over een klimaatrepresentatieve periode van ten minste acht aaneengesloten hydrologische jaren. In het MIPWA model is de periode 1989-2001 gekozen De actuele GxG is het gemiddelde van de HG3 (en LG3) over de laatste acht hydrologische jaren.

Figuur 8 toont een met MIPWA berekende tijdreeks van grondwaterstanden voor een fictieve peilbuislocatie in het pilotgebied over de periode 1-1-1989 tot en met 12-31-2002. Vanaf 1-4-1990, wanneer het eerste volledige hydrologische jaar is verstreken, zijn jaarlijks de HG3 en LG3 beschikbaar en vanaf 1-4-1997, na acht hydrologische jaren, eveneens jaarlijks de actuele GxG.

De fictieve peilbuis is gelegen op ongeveer 1,5 km ten zuiden van Uffelte, 300 meter ten oosten van de Oude Vaart (zie Figuur 1, groene stip linksonder), in het beekdal uit de laagpakket van Singraven. Een geheel andere setting heeft een tweede fictieve peilbuis (figuur 1, oostelijke groene stip). Deze fictieve peilbuis ligt op het Dwingeler Veld in het zuidoosten van het studiegebied. Van deze peilbuis is de met MIPWA berekende tijdreeks van grondwaterstanden afgebeeld in figuur 9. Deze locatie wordt gekenmerkt door een korte reactietijd van het grondwatersysteem op de variërende neerslag en een lage bergingscapaciteit. Hierdoor zijn de variaties van de grondwaterstand groot. De hoogste grondwaterstanden op deze locatie zijn op het niveau van het maaiveld. Deze natuurlijke begrenzing van de HG3-waardes zorgt ervoor dat natte periodes een kleinere invloed hebben op de GHG dan droge periodes. Hierdoor liggen er veel HG3-waardes net boven de GHG en enkele ruim eronder. De LG3- en GLG-waarden zijn niet begrensd en tonen een veel grotere variatie dan de HG3- en GHG-waarden.

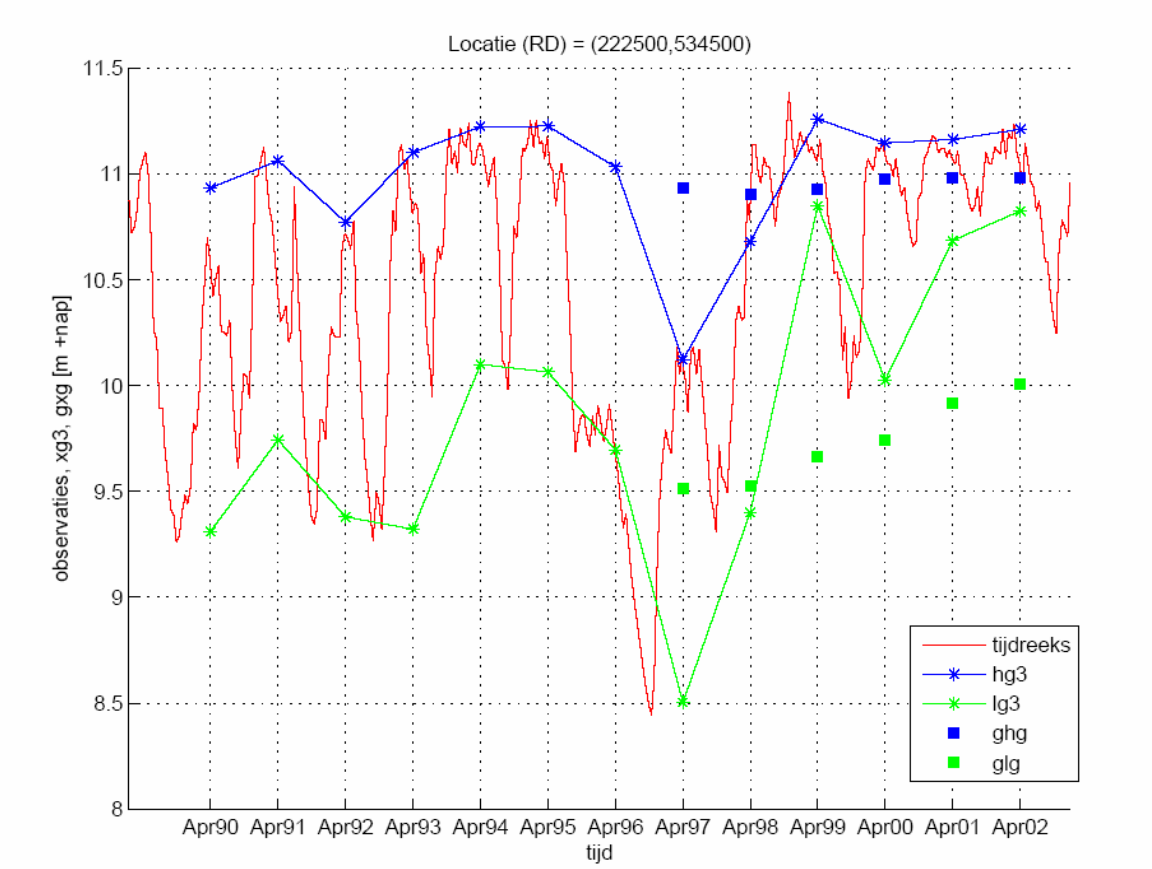


Figuur 8: tijdreeks van grondwaterstanden op een fictieve meetlocatie en de uit met de tijdreeks berekende waarden voor HG3, LG3 en GxG.

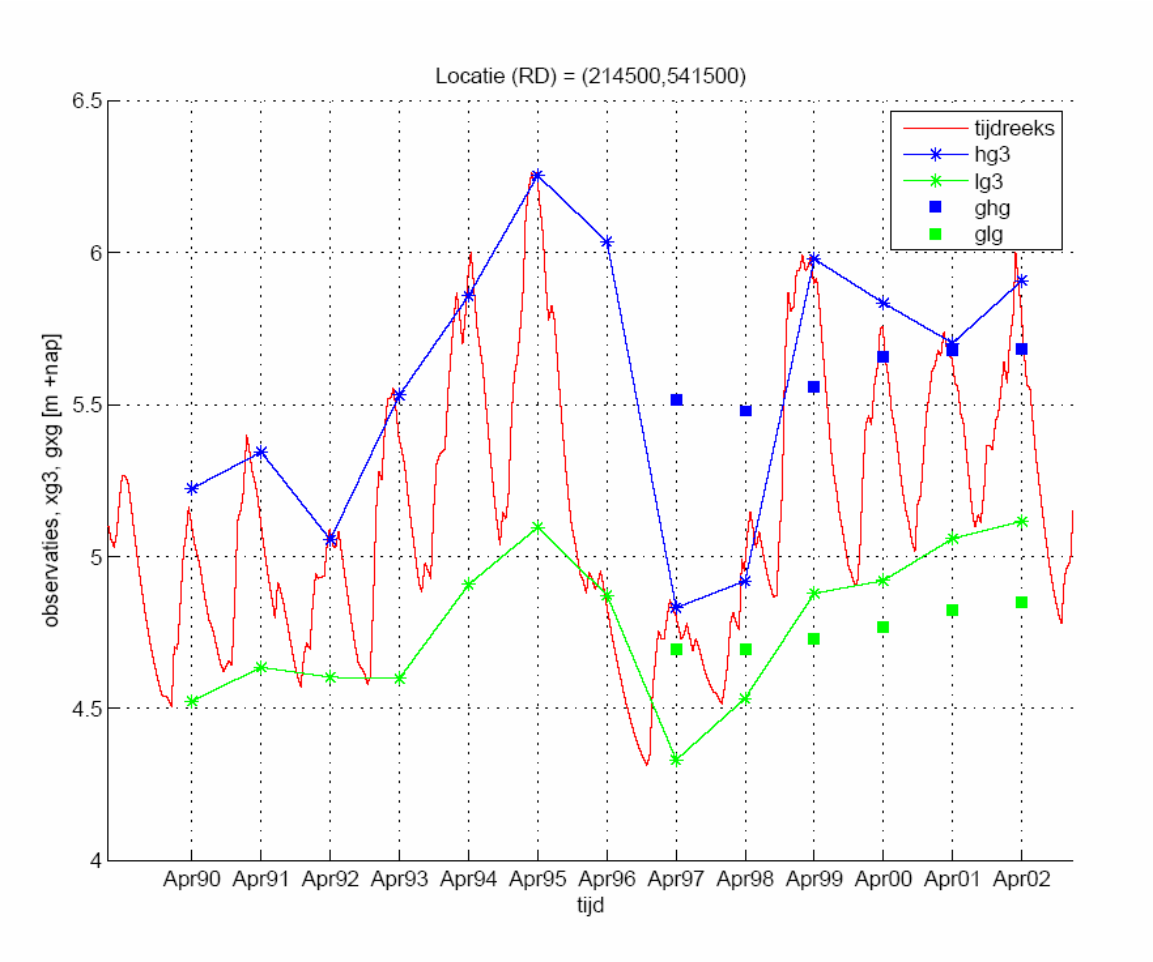
Een derde fictieve meetlocatie ligt ten westen van Diever (Figuur 1, noordelijkste groene locatie) (Figuur 10).

Uit de Figuren 8, 9 en 10 wordt duidelijk dat uitzonderlijk natte of droge seizoenen of jaren, zoals het in het kalenderjaar 1996 waarin in de zeer droge winter de grondwaterstand nauwelijks opliep om vervolgens in de zomer verder te zakken, niet alleen de LG3 en HG3, maar ook de actuele GxG beïnvloeden.

De conclusie kan worden getrokken dat de actuele GxG niet alleen sterk afhankelijk is van de locatie van het meetpunt, maar ook op puntniveau in de tijd verandert door de opeenvolging van natte en droge perioden. Conform diverse onderzoeken uit het verleden (m.n. van Alterra), kunnen we op basis van de Figuren 8, 9 en 10 vaststellen dat een goede klimaatrepresentatieve periode noodzakelijk is om klimaatonafhankelijke GxG's te kunnen schatten. Verschillen in de actuele GxG in de voorbeelden lopen van 5 cm in Figuur 8 tot 50 cm in Figuur 10!



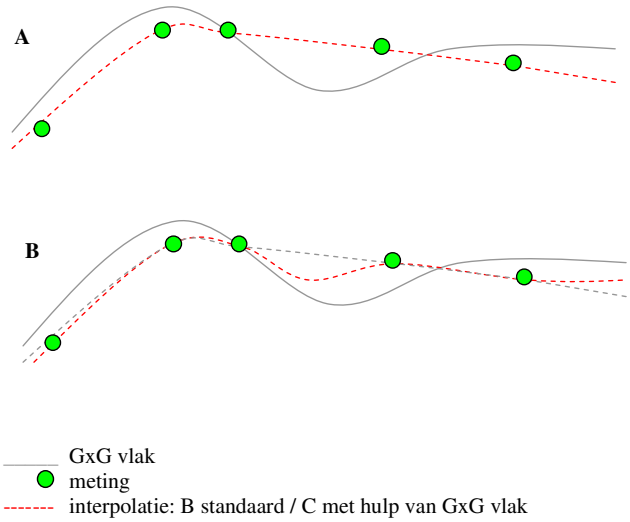
Figuur 9: tijdreeks van grondwaterstanden op een fictieve meetlocatie en de uit met de tijdreeks berekende waarden voor HG3, LG3 en GxG.



Figuur 10: tijdreeks van grondwaterstanden op een fictieve meetlocatie en de uit met de tijdreeks berekende waarden voor HG3, LG3 en GxG.

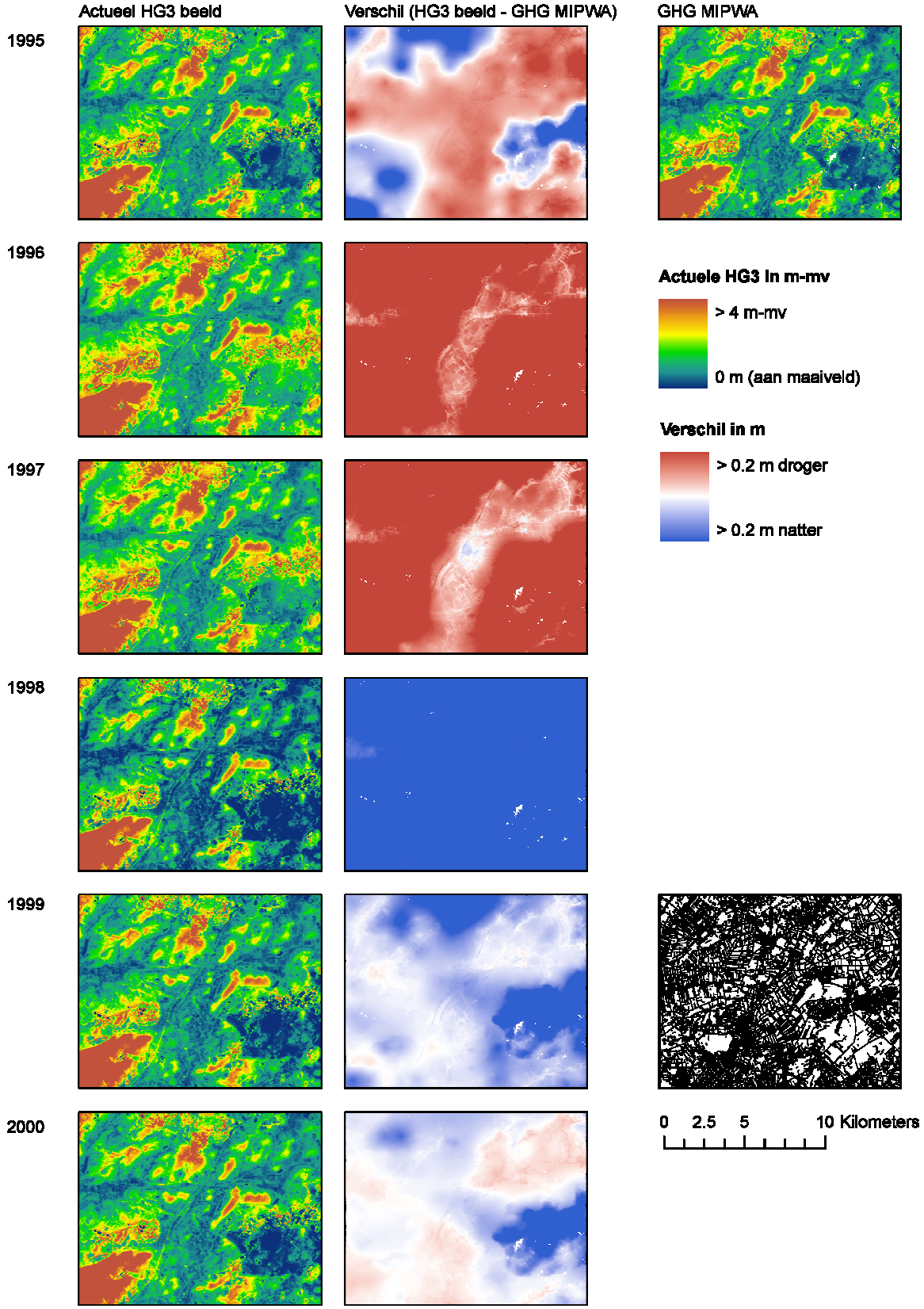
Actuele kaartbeelden

Met behulp van HG3-, LG3- of GxG-reeksen bepaald aan de hand van metingen van de grondwaterstand op bepaalde locaties kunnen schattingen van deze waarden worden gemaakt op tussenliggende onbemeten locaties. Dit proces heet interpolatie. Er bestaan diverse interpolatiemethoden, die sterk in hun complexiteit varieren. Voor de interpolatie van HG3- en LG3-waarden wordt een methode voorgesteld die gebruik maakt van hulpinformatie: 'kriging with external drift' (Burrough en McDonnell, 1998). De hulpinformatie bestaat uit de GxG-vlakken, die met MIPWA worden uitgerekend. Deze vlakken vormen immers de best mogelijke beschrijving van de lokale variaties tussen de metingen. De afwijkingen ten opzichte van deze verwachte GxG-vlakken worden geïnterpoleerd, waardoor de vorm van het GxG-vlak gehouden blijft in de actuele GxG. In Figuur 11 is geprobeerd dit te visualiseren: het dal in het midden van de doorsnede blijft behouden in de interpolatie van B, terwijl deze wegvalt in A.

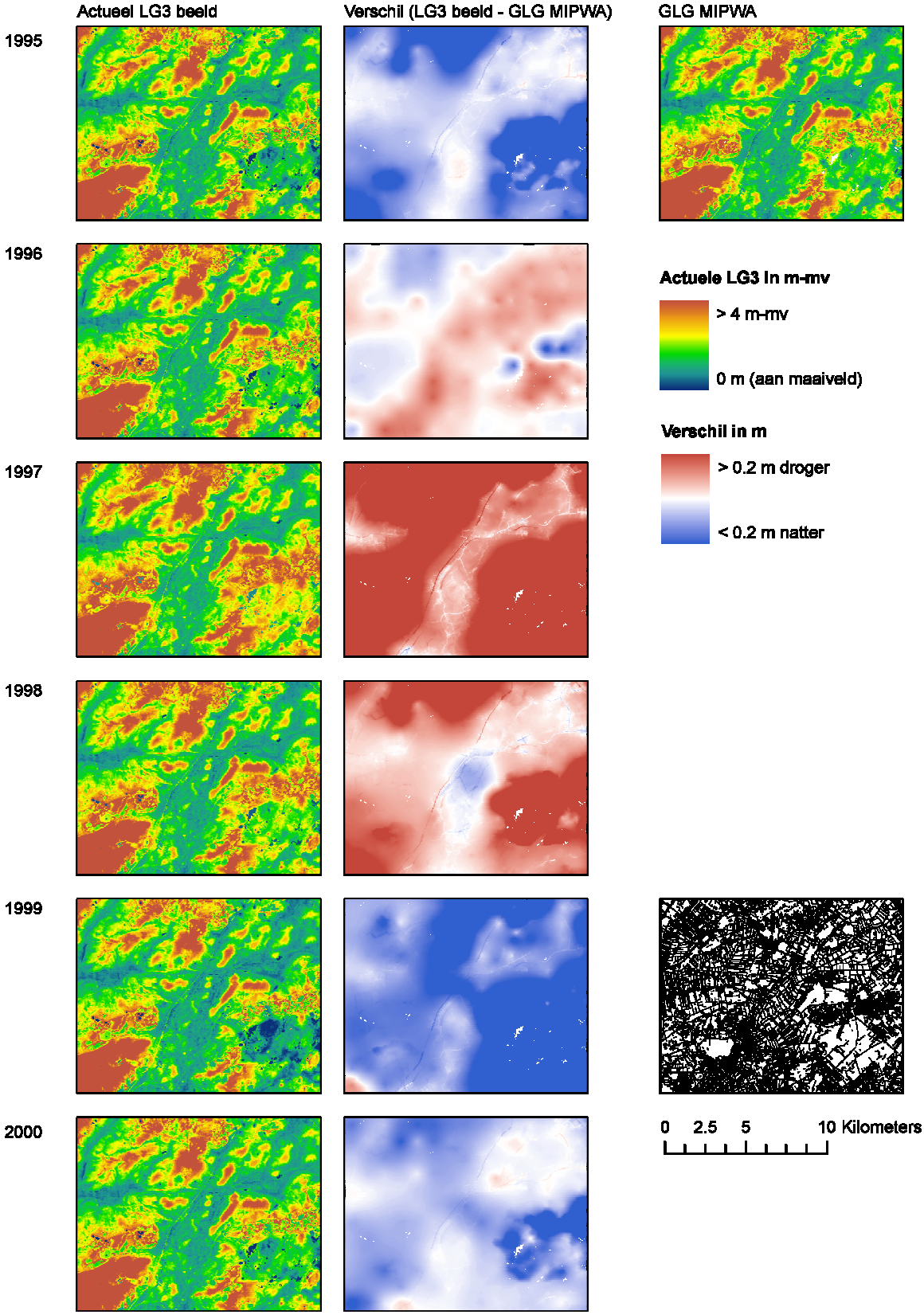


Figuur 11:Schematische (1D doorsnede) vergelijking tussen interpolatie zonder hulp informatie (A) en interpolatie met hulpinformatie (B).

In Figuur 12 en 13 zijn de geïnterpoleerde AGOR beelden voor de jaren 1995 – 2000 weergegeven. Zoals verwacht lijken de patronen sterk op het gebruikte GxG beeld (rechtsboven in de Figuren). Voor deze interpolatie is gebruik gemaakt van het gratis pakket GSTAT (www.gstat.org). Er zijn fictieve meetpunten gebruikt (1 per km vak) afgeleid van het model. Deze dichtheid is mogelijk groter dan de normale meetdichtheid in deze regio.
Het verschil tussen de jaarlijkse HG3 beelden is weergegeven in de tweede kolom. In deze verschillen komen nattere of drogere jaren naar voren, maar mogelijk ook de effecten van ingrepen. De winter van 1998 was zoals bekend erg nat en geeft dan ook een overduidelijk blauw verschil. De winter van 1997 laat juist een drogere toestand zien. Toch blijkt midden in het beeld een natte (blauwe) vlek voor te komen. Hierop gaan we in de volgende paragraaf verder in.



Figuur 12:Geïnterpoleerde AGOR beelden van de HG3 situatie van de jaren 1995-2000 (1995 = april 1995 – maart 1996, etc.).



Figuur 13:Geïnterpoleerde AGOR beelden van de LG3 situatie van de jaren 1995-2000 (1995 = april 1995 – maart 1996, etc.).

Conclusies

- Jaarlijks kunnen uit meetreeksen HG3's en LG3's worden bepaald, deze geven inzicht in de grondwatertoestand van het specifieke jaar. Daarnaast kunnen actuele GxG's worden bepaald door te kijken naar minimaal de afgelopen 8 jaar. Deze actuele GxG's geven een gemiddeld beeld van de afgelopen periode, maar zijn niet klimaatonafhankelijk zoals de door het MIPWA model gemodelleerde GxG's. De actuele GxG's kunnen inzicht in de trends van AGOR naar GGOR (zie volgende paragraaf).
- De HG3- en LG3-waarden uit de meetreeksen kunnen worden geïnterpoleerd met hulp van de berekende GxG-vlakken uit MIPWA om te komen tot actuele (AGOR) kaarten. Door de verschillen met het bijbehorende GxG-beeld te bepalen kan inzicht worden verkregen in de verhouding van de grondwaterstand ten opzichte van de gemiddelde verwachte situatie.

O.5 Kunnen we op basis van deze vlakdekkende AGOR trends richting GGOR signaleren?

Met behulp van de MIPWA GHG- en GLG-hulpvlakken kunnen jaarlijks vlakdekkende AGOR beelden worden verkregen. In de vorige paragraaf is naar voren gekomen dat deze beelden sterk beïnvloed worden door de weersituatie van een jaar. Eveneens van invloed op AGOR-beelden zijn verschillen de tussen metingen en modelresultaten, die eerder in dit rapport beschreven zijn. Het gaat hier ondere andere om het schijnspiegeleffect en de detectielimiet van de metingen.

Voor de evaluatie van GGOR-maatregelen is het van belang het effect van de maatregel los te koppelen van het effect van het weer en het effect van de modelafwijking. In deze paragraaf lichten we een eenvoudige methode om dit te doen toe en toetsen deze op een fictieve ingreep in het watersysteem in het pilotgebied.

Weer-, modelafwijking- en maatregelsignalen loskoppelen

Voor het isoleren van het effect van modelafwijkingen nemen we aan dat dit effect weliswaar ruimtelijk varieert, maar op een bepaalde locatie niet in de tijd verandert. Hierdoor kan het effect van de afwijkingen worden geïsoleerd door te kijken naar trends in de AGOR gedurende enkele jaren in plaats van naar absolute waarden op het moment van de maatregel.

Voor het isoleren van het weersignaal nemen we aan dat het weersignaal voor elk moment en elke locatie door twee factoren bepaald wordt. Ten eerste door hoe nat of droog een hydrologisch jaar of periode van acht jaar is; we nemen aan dat het in een natte periode overal in het studiegebied nat is en in een droge periode overal droog. De tweede factor is de gevoeligheid op een bepaalde locatie voor natte of droge periode. Waar in een nat jaar de HG3 op de ene plek bijvoorbeeld 20 cm boven gemiddeld ligt, is dat op een andere locatie wellicht 40 cm. In dit geval is de gevoeligheid van de tweede locatie twee maal zo groot als die van de eerste. De waarde van de gevoeligheid varieert niet in de tijd en kan per locatie als volgt worden berekend met het MIPWA-model. De MIPWA-GxG zijn het gemiddelde van de HG3 en LG3 in een lange periode (ten minste 8 jaar) waarin geen ingrepen zijn gedaan in het watersysteem. De

gevoeligheid wordt bepaald door de standaardafwijking van de HG3- en LG3-reeksen ten opzichte van hun gemiddelde, de GxG. Hieruit volgt een hoge gevoeligheid als bijvoorbeeld LG3's sterk variëren rond de GLG zoals in Figuur 9. De HG3's van Figuur 8 variëren niet zo sterk rond de GHG en kennen een lage gevoeligheid.

Het weersignaal kan op deze manier beter worden geëvalueerd met uit tijdreeksen afgeleide actuele GHG-waarden per locatie dan als HG3-waarden worden gebruikt. Dit komt doordat de temporele variatie in de GHG-waarden kleiner is dan in de HG3-waarden. Gebruik van actuele GHG-waarden vereist wel een langere meetinspanning. Er zijn immers eerst voor zeven hydrologische jaren gegevens nodig, voordat vanaf het achtste jaar ieder hydrologisch jaar een waarde kan worden berekend. Verderop zal blijken dat evaluatie met behulp van actuele GxG-waarden inderdaad veel betere resultaten oplevert dan gebruik van LG3- of HG3-waarden.

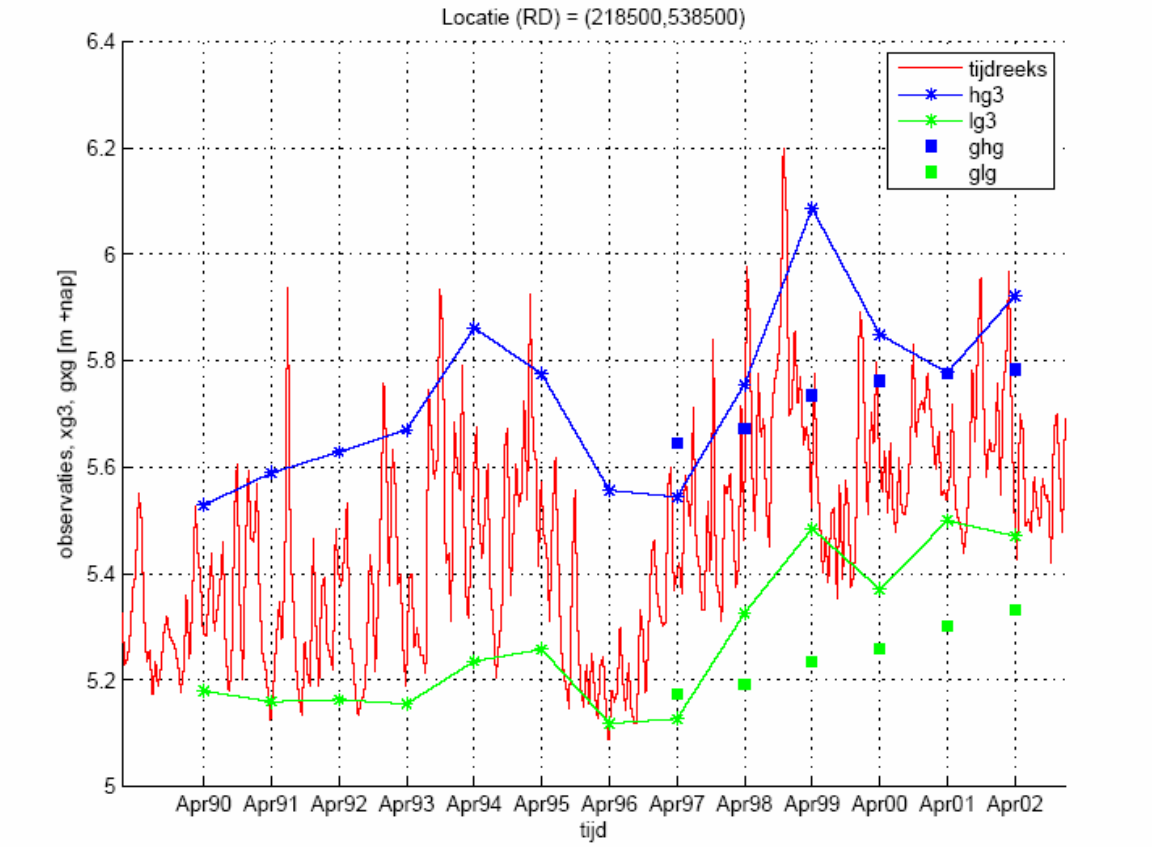
Wij stellen de volgende procedure voor om het maatregelsignaal eenvoudig te analyseren.

1. Uit de meetreeksen worden voor elk hydrologisch jaar LG3, HG3 en actuele GxG bepaald (zie paragraaf O.4).
2. Het verschil tussen deze waarden en de bijbehorende GxG-waarde van MIPWA wordt gedeeld door de gevoeligheidswaarde per locatie.
3. Van de zo verkregen tijdreeksen wordt per jaar de mediaan van alle waarden in het modelgebied van dat jaar (de ruimtelijke mediaan) afgetrokken (het weersignaal is nu losgekoppeld).
4. Vervolgens kijken we naar de variatie in de tijd van de verkregen tijdreeksen (dit noemen we hier de **signaalreeks**):
    a. de tijdreeksen zullen constant zijn in gebieden die niet beïnvloed door de maatregelen en
    b. de tijdreeksen zullen een significante trend vertonen in de gebieden die wel door de maatregelen zijn beïnvloed.

Toetsing methode

Om de hierboven beschreven methode te toetsen is een simulatie met MIPWA doorgerekend met een fictieve ingreep in het watersysteem. De ingreep betreft een peilverhoging van 30 cm per 1-1-1997 in alle waterlopen binnen een viertal peilgebieden. Deze peilgebieden staan aangegeven als lichtblauw vlak in figuur 1. De periode van 1-1-1989 tot en met 31-12-2002 is gesimuleerd. De vraag is nu of we significant een trend in grondwaterstanden kunnen detecteren op een eenvoudige manier. In Figuur 13 zagen we reeds een blauwe vlek in de relatief droge zomer van 1998 welke kan duiden op een significante verandering, echter in 1999 en 2000 zien we deze verandering niet terug omdat het hele systeem toen natter was.

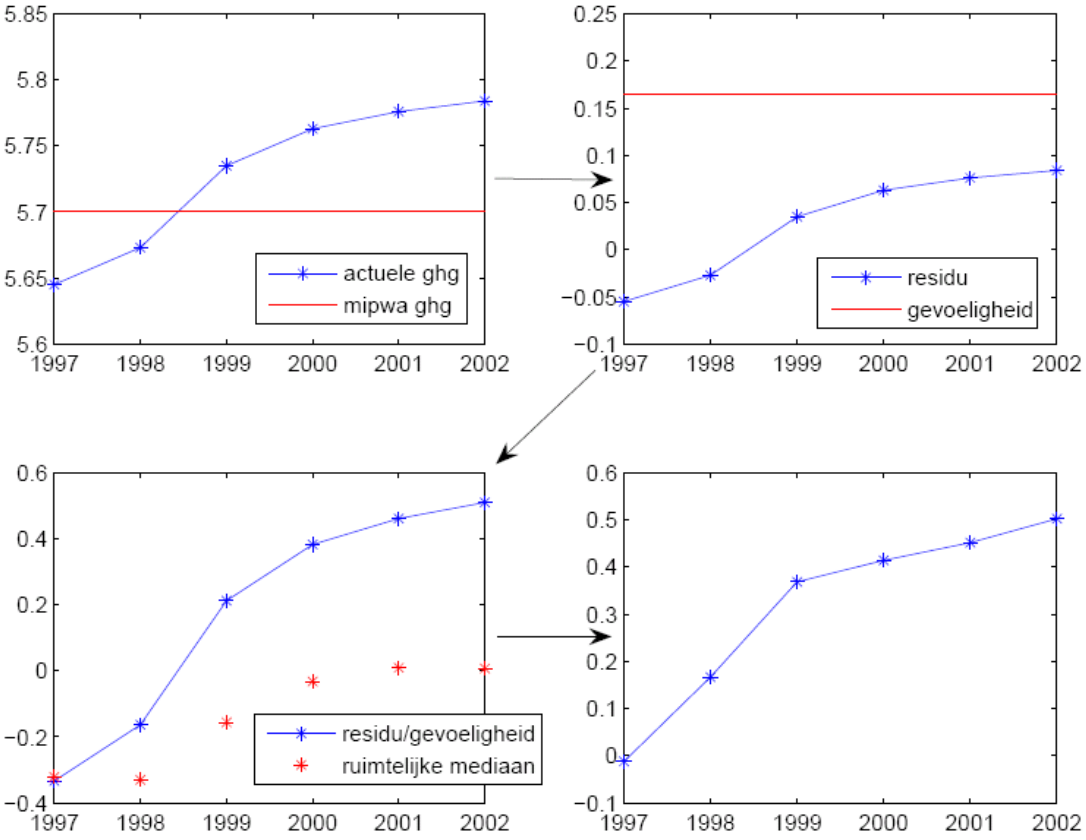
De grafiek van Figuur 12 toont de met MIPWA berekende tijdreeks van grondwaterstanden op een fictieve meetlocatie (Figuur 1, oranje punt) in het gebied waar de peilverandering is doorgevoerd. In de grafiek is de peilverandering niet direct te zien.
Voor de toetsing van de methode wordt gekeken naar de HG3-, LG3- en actuele GxG-reeksen op deze en de overige drie fictieve meetlocaties (uit paragraaf O.4). Omdat deze vier tijdreeksen met het MIPWA-model zijn gesimuleerd is de modelafwijking verwaarloosbaar.



Figuur 12:Tijdreeks van grondwaterstanden op een fictieve meetlocatie en de met de tijdreeks berekende waarden voor HG3, LG3 en GxG.

Tabel 2: MIPWA-resultaten voor de GHG- en GLG- waarden en de daaraan gekoppelde gevoeligheidswaarden (σ) voor de vier fictieve meetlocaties.

nr	X (m, RD)	Y (m, RD)	GHG (m +nap)	σ-GHG (m)	GLG (m +nap)	σ-GLG (m)
1	215500	532500	2.70	0.13	2.31	0.08
2	225500	534500	10.99	0.32	9.84	0.64
3	214500	541500	5.66	0.47	4.80	0.24
4	218500	538500	5.70	0.17	5.23	0.14



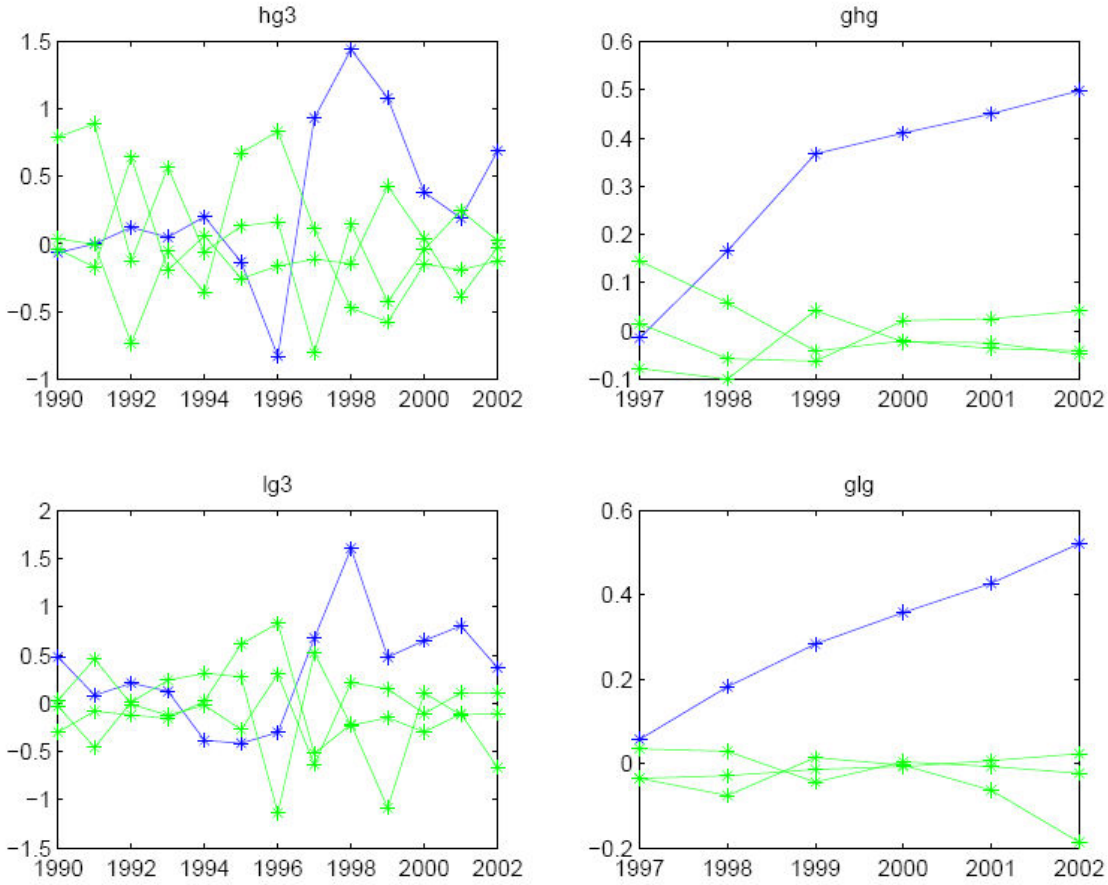
Figuur 13: procedure om weersignaal en modelafwijking te isoleren uit een GxG-tijdreeks. Linksboven naar rechtsboven: bepaal verschil actuele GHG met MIPWA-GHG; rechtsboven naar linksonder: deel residu door gevoeligheid; linksonder naar rechtsonder: trek ruimtelijke mediaan af om uiteindelijk de signaalreeks te krijgen.

In Figuur 13 is de uitgevoerde procedure (stappen 1-4) in grafieken weergegeven. Na aftrek van de ruimtelijke mediaan per jaar blijven tijdreeksen over die nagenoeg constant moeten zijn als een locatie niet is beïnvloed door een GGOR-maatregel. De reeks op de locatie die wel beïnvloed is zal een duidelijke trend vertonen.

In Figuur 14 zijn de signaalreeksen van de vier tijdreeksen weergegeven. De blauwe reeks is van het punt in het peilvak dat aangepast wordt, de andere reeksen van niet door ingrepen beïnvloede locaties zijn groen.
De signaalreeksen van de individuele HG3 en LG3 waarden zijn weergegeven in de linker grafieken van Figuur 14. De blauwe reeksen vertoont redelijk heftige sprongen omhoog rond 1997 ten opzichte van de groene reeksen. Soortgelijke sprongen komen echter ook in de andere reeksen voor.
De signaalreeksen van de actuele GHG en GLG waarden zijn weergegeven in de rechter grafieken van Figuur 14. In deze grafieken laten de blauwe signaalreeksen significant een positieve trend zien. Het wordt significant natter in deze reeks!

Conclusies
Geconcludeerd kan worden dat het effect van de maatregel met de voorgestelde methode goed zichtbaar gemaakt kan worden als wordt gekeken naar de actuele GxG-waarden. De uiteindelijke reeksen laten een duidelijke trend zien vanaf het moment van

de maatregel (1997). De LG3 en HG3 signaalreeksen tonen een dermate grillig verloop dat deze simpele methode tekort schiet.



Figuur 14: Tijdreeksen na toepassing van de beschreven methode voor de fictieve meetlocatie in het gebied van de peilverandering (blauw) en de overige drie fictieve meetlocaties (groen).

O.6 Conclusies en aanbevelingen

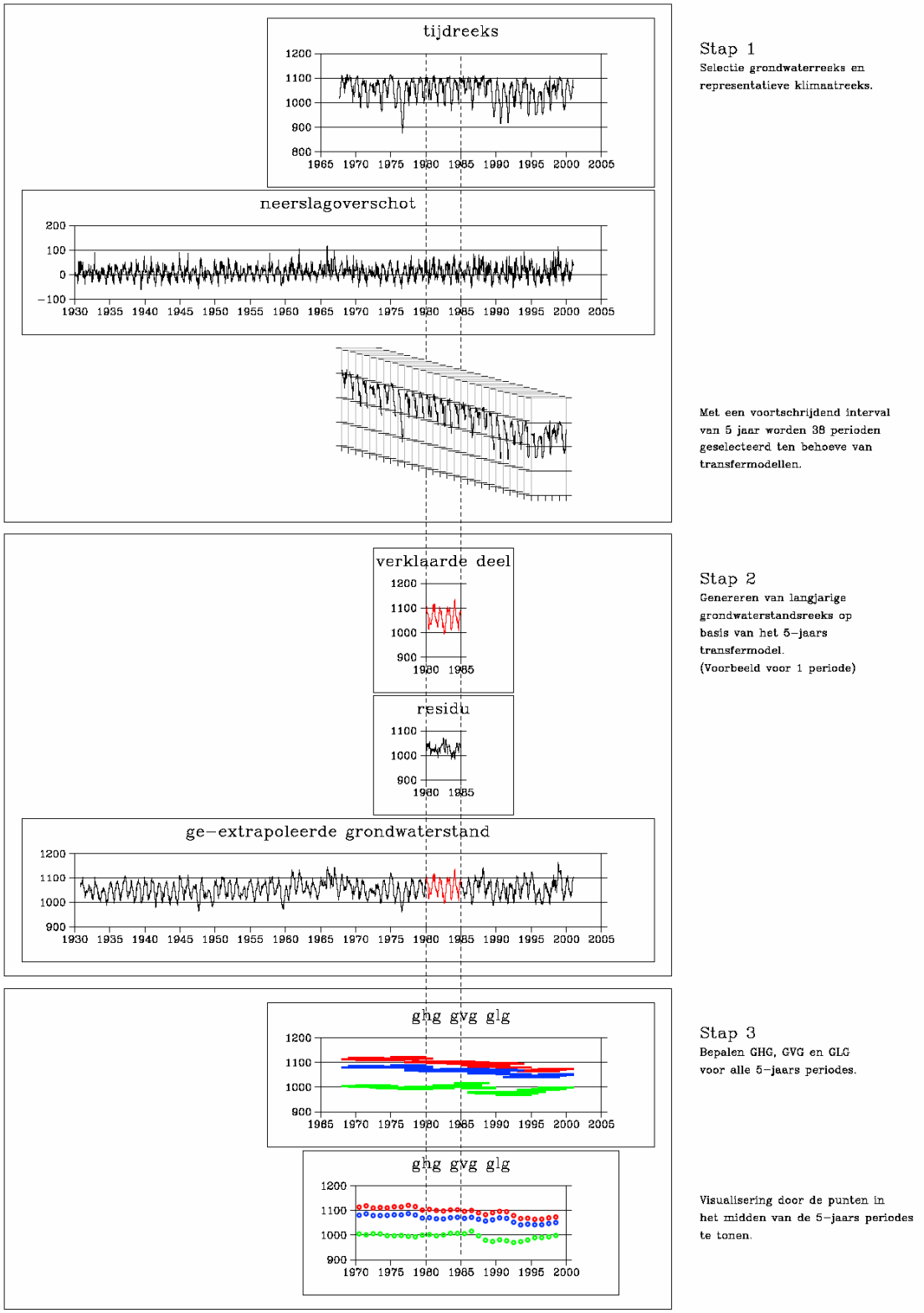
Conclusies
In deze pilot hebben we drie deelvragen beantwoord:

Hoe goed kennen we de onzekerheid van het grondwatermodel?
Uit de analyse blijkt dat verschillen tussen metingen en model in dit hydrologisch lastige gebied groter zijn dan de geschatte onzekerheid van het model bij ijking en verificatie. Deze verschillen kunnen echter grotendeels verklaard worden door de aanwezigheid van keileem in de ondergrond en de daarop voorkomende schijnspiegels.

Hoe kunnen we het grondwatermodel gebruiken om de interpolatie tussen gemeten grondwaterstanden te ondersteunen om vlakdekkende GxG-beelden te verkrijgen?
Vlakdekkende AGOR beelden kunnen worden afgeleid uit meetreeksen van grondwaterstanden mits het meetnetwerk voldoende locaties bevat. Voor de interpolatie kan gebruik gemaakt worden van ‘kriging with external drift’ waarbij hulpinformatie in de vorm van met MIPWA berekende GHG- en GLG-vlakken wordt meegenomen. Deze vlakken vormen immers de best mogelijke beschrijving van de lokale variaties tussen de metingen.

Kunnen we op basis van deze vlakdekkende AGOR-trends richting GGOR signaleren?
Er is een eenvoudige voorgesteld om het weersignaal en de modelafwijking uit de tijdreeksen te isoleren om zo het effect van GGOR-maatregelen zichtbaar te maken. Uit de evaluatie van deze methode is de conclusie getrokken dat de natuurlijke temporele en ruimtelijke variatie van uit meetreeksen afgeleide HG3- of LG3-reeksen dermate groot is dat effecten van maatregelen hier niet significant bovenuit steken. Voor actuele GxG-waarden is de methode wel geschikt.

Er is gezocht naar een eenvoudige, snelle methode, welke mogelijk ook op de geïnterpoleerde kaartbeelden kan worden uitgevoerd. Dit laatste is niet gelukt binnen de tijd van de pilot. De gepresenteerde methode gaat uit van trendanalyse op puntniveau. We zijn ons ervan bewust dat in de tijdreeksanalyse reeds diverse technieken beschikbaar zijn om trends te analyseren. Hieronder zijn twee voorbeelden van recent TNO onderzoek weergegeven. Beide methoden zijn echter behoorlijk rekenintensiever dan de hier beschreven methode.

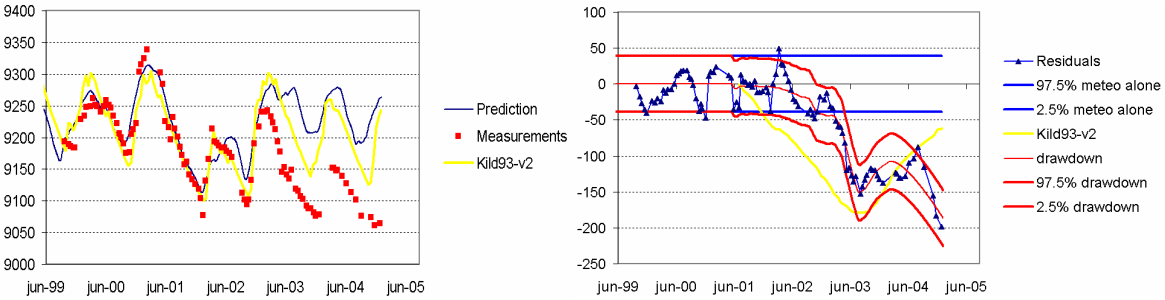


Figuur 15: Methode om klimaatonafhankelijke GxG bepalen voor tijdreeksen ten behoeve van het analyseren van trends in GxG's.

Bij de monitoring van maatregelen rond natuurgebieden in Brabant worden de effecten van maatregelen op puntniveau geanalyseerd middels de methode in Figuur 15. Door voor steeds korte perioden tijdreeksmodellen op te stellen, op basis van deze modellen

klimaatonafhankelijke GxG's te berekenen en het verloop van deze klimaatonafhankelijke GxG's door de tijd te analyseren kunnen trends niet veroorzaakt door klimaat eenduidig worden afgeleid.

In een lopende TNO studie in Ierland naar de effecten van de aanleg van een snelweg op de grondwatersituatie is een kwetsbaar veengebied is een andere techniek ontwikkeld om te toetsen of gemeten trends verklaard kunnen worden door de ingreep of het gevolg zijn van de natuurlijke reactie op het weer. Hiertoe wordt een grondwatermodel doorgerekend voor de huidige situatie zonder ingreep en met ingreep. Steeds wanneer een actuele meting binnenkort wordt middels tijdreeksanalyse bekeken of deze thuishoort bij de wel of niet beïnvloede modelsituatie. Figuur 16 toont twee grafieken uit dit onderzoek.



Figuur 16: Links: gemodelleerde tijdreeks zonder (blauw) en met ingreep (geel) vergeleken met metingen (rood). Rechts: modeltijdreeksen zijn ontdaan van weerinvloeden en vergeleken met de meetreeks ontdaan van weerinvloeden: nu pas wordt helder dat de metingen passen bij de situatie met ingreep (geel).

REFERENTIES

Berendrecht, W.L., A. Lourens en J. van Bakel (2007): Ontwikkeling en implementatie MODFLOW-schijngrondwaterspiegelconcept in MIPWA model Noord-Nederland. TNO rapport CONCEPT.

Burrough, P.A. en R.A. McDonnell (1998): Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press. Oxford, 333 p.

Cohen, A. (1991): Truncated and censored samples: theory and applications. Dekker Inc., New York.

Van der Gaast, J.W.J., H.R.J. Vroon en M. Pleijter (2006): De grondwaterdynamiek in het waterschap Regge en Dinkel. Alterra rapport 1335.

De Louw, P., W. Borren en W. Berendrecht (2006): Meetplan monitoring water in het landinrichtingsgebied Peelvenen. TNO rapport 2006-U-R0193/A.

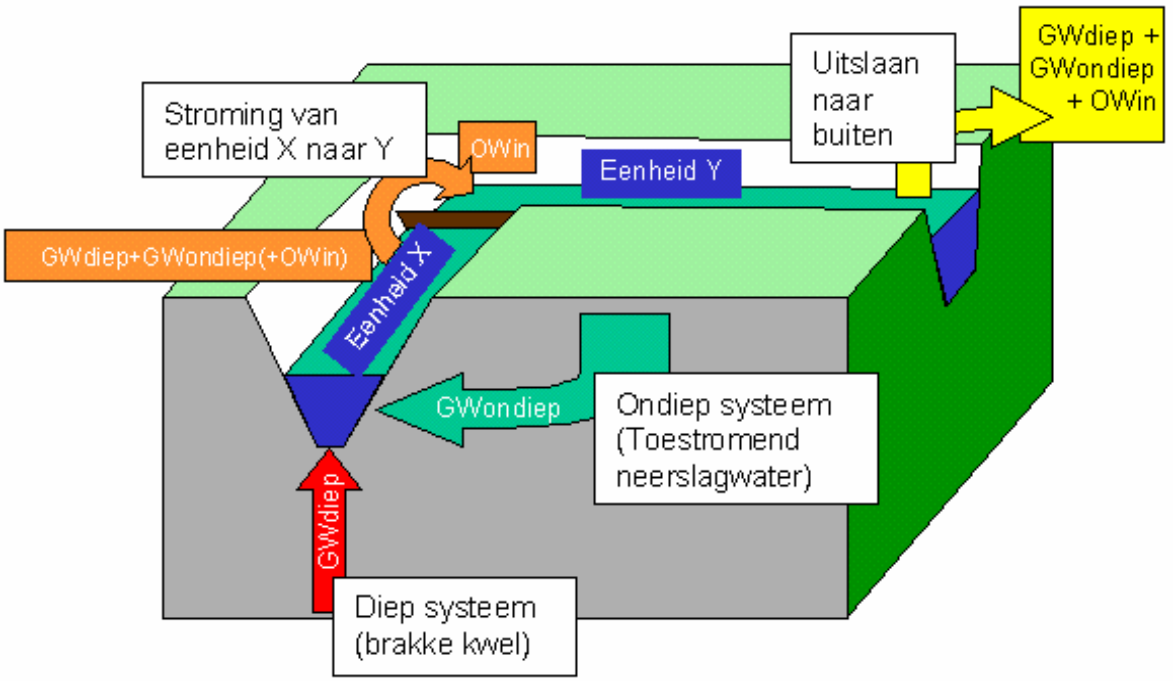
P Pilot Zoet-Zout

Auteur: Willem Jan Zaadnoordijk (Royal Haskoning)

P.1 Inleiding

De pilot Zoet-Zout Friesland heeft als doel om de mogelijkheden van het cascomodel als instrument voor verziltingbestrijding te verkennen. Meer in het algemeen draagt de pilot bij aan de vraag in hoeverre het cascomodel reeds inzetbaar is voor niet-GGOR vraagstukken.
De pilot is in samenwerking met de provincie en het Wetterskip Fryslan uitgevoerd. Als pilotgebied is Dongeradeel gekozen. Dit gebied ligt ten noorden van Dokkum en wordt begrensd door het Lauwersmeer in het westen, de Waddenzee in het noorden, de ... in het westen en de Dokkumer Ee in het zuiden. Het is een duidelijk afgebakend gebied waar de zoutbelasting voor problemen zorgt. Naar verwachting zullen deze in de toekomst toenemen doordat er ook significante bodemdaling in het gebied optreedt en de oppervlaktewaterpeilen naar beneden bijgesteld zullen moeten worden. Ook zal de waterstand in de Waddenzee de komende decennia naar verwachting toenemen.

Voor de verzilting zijn de waterstromen en de Chloridestromen van belang (Figuur 1).



Figuur 1 Schematisch overzicht water- en chloridestromen.

De waterstromen worden door het model berekend en de chloridestromen kunnen benaderd worden door een concentratie toe te kennen aan elke waterstroom. De toestroming naar het oppervlaktewater wordt gevormd door de diepe kwel samen

met de laterale toestroming (van neerslagwater). De chlorideconcentratie in de ondergrond is reeds bepaald voor MIPWA op basis van metingen (MIPWA-zoetzout van Gualbert Oude Essink: MIPWA-zoetzout, 23 januari 2006). Voor de chlorideconcentratie in de neerslag kan een lage waarde aangenomen worden waarin diffuse bronnen verwerkt zijn zoals natte en droge depositie, en strooizout. Bovendien kan er toestroming zijn door wateraanvoer via het oppervlaktewater vanuit een andere oppervlaktewatereenheid.
Het oppervlaktewater kan water verliezen door afstroming naar een volgende oppervlaktewatereenheid (onder vrij verval of door bemaling) en door wegzijging naar het grondwater. Aan deze stromen kan de gemiddelde chlorideconcentratie van de betreffende oppervlaktewatereenheid toegekend worden. Via verdamping verdwijnt alleen water en geen chloride.

Voor deze pilot is het oppervlaktewatersysteem opgedeeld in eenheden (een bakjesmodel). De omvang van de eenheden wordt bepaald door een aantal overwegingen:

- Per eenheid is er één gemiddelde c.q. representatieve waarde van de concentratie;
- De eenheden zijn topografisch af te bakenen (bijv. met polygonen);
- De afstromingsrelaties tussen de eenheden zijn bekend.

De water- en chloridestromen in het oppervlaktewatersysteem kunnen bepaald worden door – stroomopwaarts beginnend – de water- en chloridebalansen voor elke oppervlaktewatereenheid te bepalen. De hoeveelheid neerslagwater die per cel naar het oppervlaktewater stroomt is gelijk aan de grondwateraanvulling eventueel verminderd met de infiltratie naar de diepe ondergrond (als de stroming van modellaag 1 naar modellaag 2 naar beneden is gericht voor deze cel):

Qgwondiep = Qgwaanvulling – Qgwinfiltratie

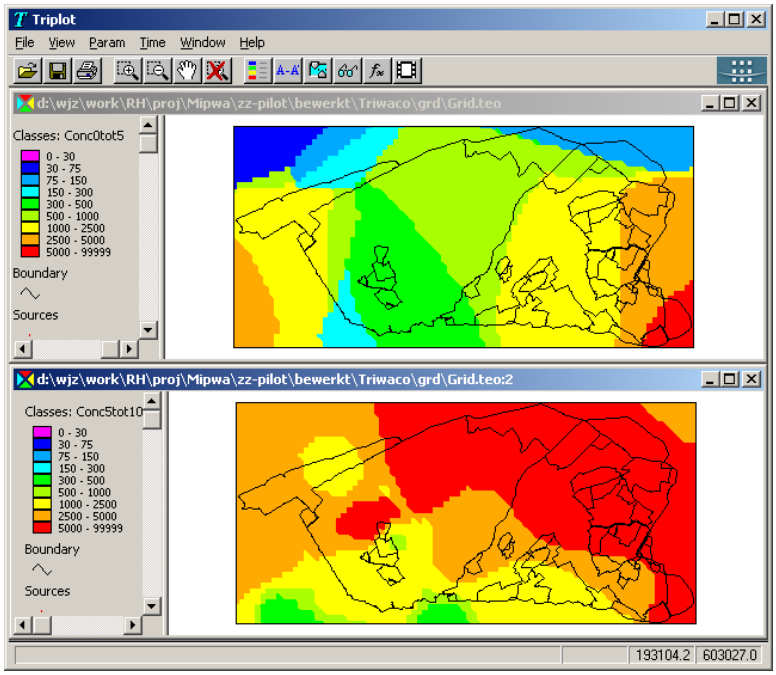
De hoeveelheid diepe kwel naar het oppervlaktewater per cel is gelijk aan de stroming van modellaag 1 naar modellaag 2 als deze omhoog gericht is voor de betreffende cel:

Qgwdiep = Qgwkwel

Voor een oppervlaktewatereenheid worden de bijdragen van alle betreffende cellen gesommeerd om de totale bijdrage uit het grondwater te bepalen.

P.2 Chloridegehalte kwelwater

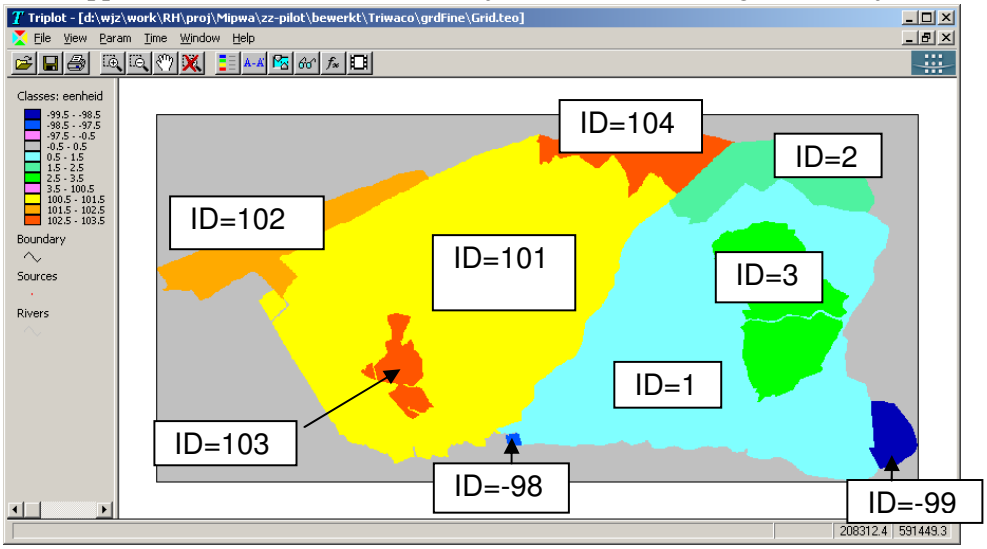
De pilot beperkt zich tot de huidige chlorideverdeling in de ondergrond. In de tijd veranderende concentraties maken de aanpak niet wezenlijk anders, maar leveren wel zeer veel extra werk. Overigens zijn er technieken beschikbaar om de verandering in de tijd te berekenen en deze hebben zich met Modflow ook bewezen (bijv. stroomlijnenaanpak, SWI-package, MocDense3d, en SeaWat).
Binnen het MIPWA-project is een driedimensionaal beeld gemaakt van het chloridegehalte in het grondwater. Hierbij is gebruik gemaakt van metingen en niet van de grondwaterstroming. Het beeld is daardoor vrij grof en heeft niet het schaalnivo van het MIPWA-grondwaterstromingsmodel. Zo is optrekken van zout naar kwellende watergangen niet in het beeld verdisconteerd. Aan de kwel is het chloridegehalte voor het grondwater op een diepte van 5 tot 10 meter toegekend. De gehalten van 0 tot 5 meter zijn duidelijk te laag op basis van de gebiedsinformatie. Het lijkt niet verantwoord om de chloridegehalten op een diepte van 10 tot 20 meter te koppelen aan de kwel naar de ontwateringsmiddelen.



P.3 Verzilting oppervlaktewater

Met de waterfluxen uit het stationaire MIPWA-model kan een gemiddelde situatie berekend worden. Dit is uitgevoerd voor het opgeleverde MIPWA model en voor twee varianten. In de eerste variant zijn de oppervlaktewaterpeilen verlaagd overeenkomstig de bodemdaling in het gebied. In de tweede variant is de waterstand in de Waddenzee met een halve meter verhoogt. Bij deze varianten is de extra kwel door de ingreep berekend, maar is geen rekening gehouden met de verandering die na verloop van tijd op zullen treden in de chloridegehalten in het grondwater.

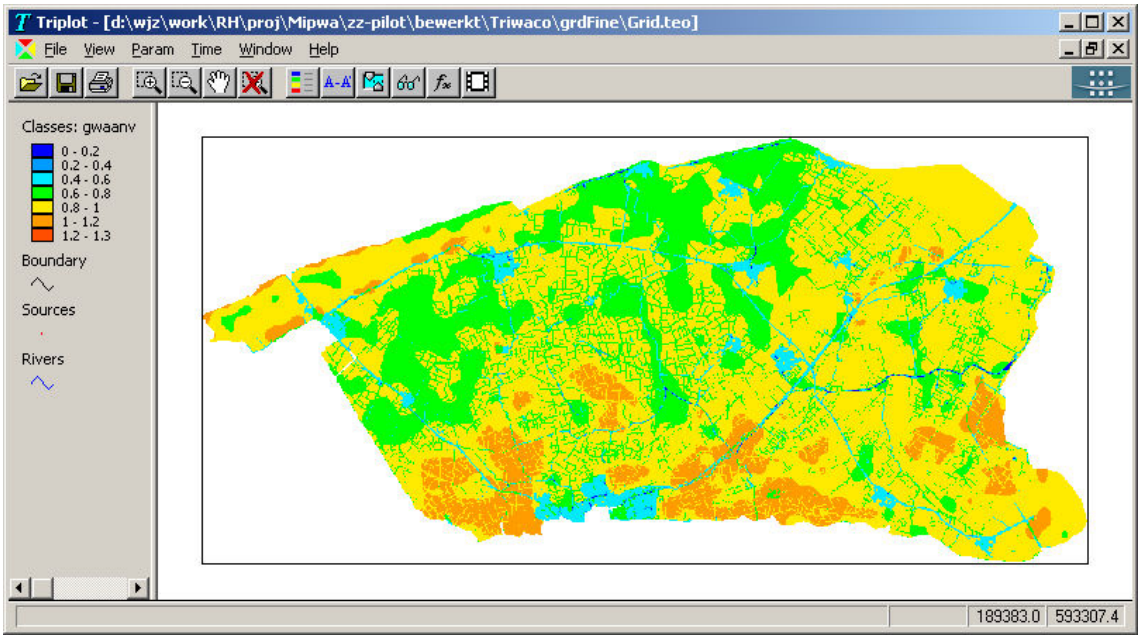
Met behulp van de tijdsafhankelijk berekende waterstromen voor een representatief jaar kan ook de seizoensfluctuatie in de chlorideconcentraties en zoutbelasting berekend worden. Dat is in deze pilot echter niet uitgevoerd.
De oppervlaktewatereenheden en de bijbehorende afstromingsrelaties zijn



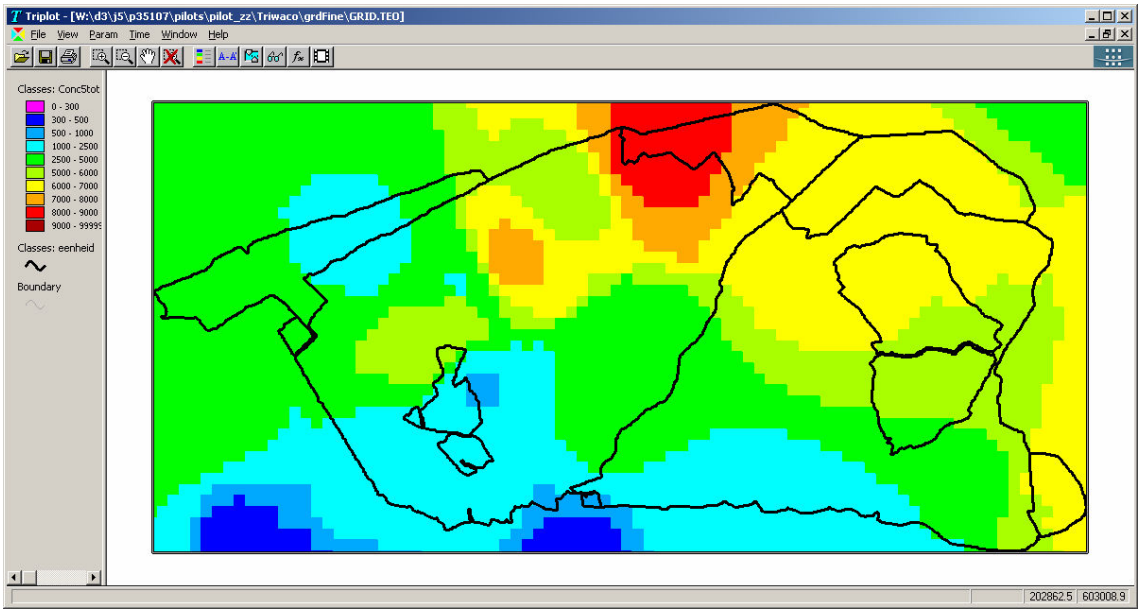
vastgelegd.

In West-Dongeradeel zijn 4 deelgebieden onderscheiden (101-104), waarvan 101 het grootste is. Hierop wateren 102-104 af. 101 watert zelf af naar de grootste eenheid van Oost-Dongeradeel. De twee andere Oostelijke deelgebieden water hier ook op af. Verder zijn er nog twee buitendijkse eenheden (-98 en -99).

Voor de berekeningen is de chloridebelasting in het neerslagwater verwaarloosd. De omvang van de grondwateraanvulling uit de neerslag is gemiddeld 0,8 mm/d.

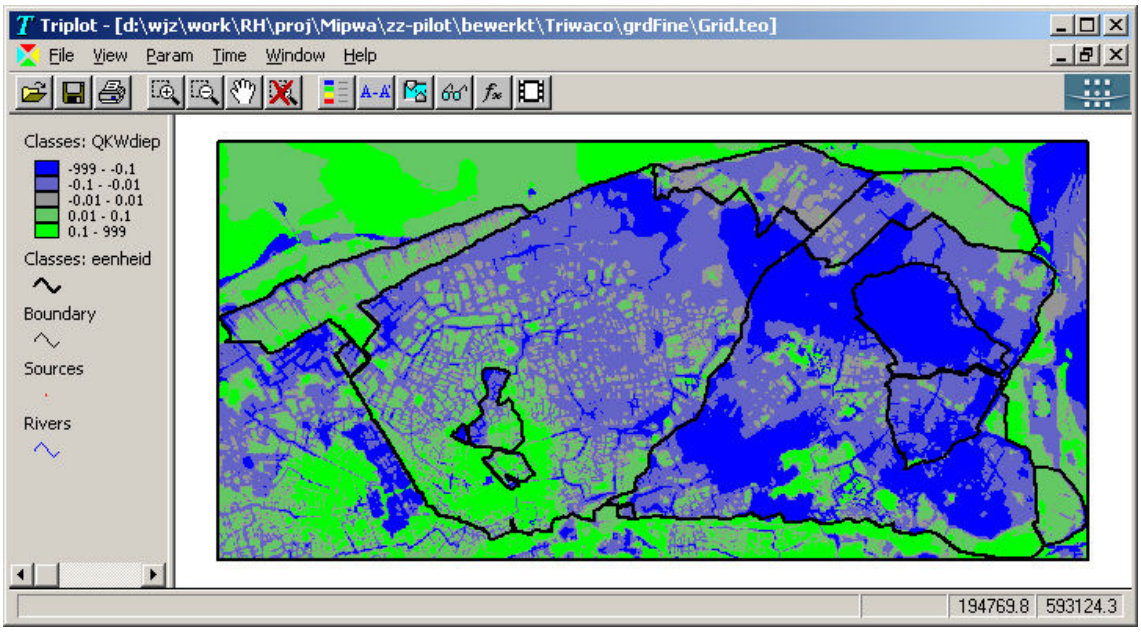


De fluxen van laag 2 naar laag 1 zijn gebruikt als kwelfluxen. Hieraan wordt het chloridegehalte gekoppeld zoals dat uit metingen bepaald is voor een diepte van 5 tot 10 meter.



P.4 Uitgangssituatie

De kwel in de uitgangssituatie is gegeven in de onderstaande figuur. Een groene kleur duidt op infiltratie. Hier stroomt geen diep grondwater naar het oppervlaktewater. Bovendien komt niet alle grondwateraanvulling uit de neerslag in het oppervlaktewater maar infiltreert een deel naar de diepere ondergrond. Een blauwe kleur duidt op kwel. Hier stroomt wel diep grondwater (met chloride) naar het oppervlaktewater, waar ook alle grondwateraanvulling uit de neerslag (zonder chloride) in terecht komt.



De onderstaande tabel geeft de sommatie over de deelgebieden van de celfluxen voor de ondiepe afstroming van de grondwateraanvulling uit de neerslag (GWondiep) en voor de diepe kwel (GWdiep). De kolom OWin geeft de instroming uit bovenstroomse oppervlaktewatereenheden zoals die gedefinieerd is voor gebied 101 (uit 102, 103 en 104) en gebied 1 (uit 101, 2 en 3). Aan de celfluxen voor de diepe kwel zijn chlorideconcentraties gekoppeld (de celwaarden uit de verdeling tussen 5 en 10 meter diepte) en de instroming van oppervlaktewater bevat de oppervlaktewaterconcentratie uit de betreffende deelgebieden. Op basis hiervan is de chlorideconcentratie voor het oppervlaktewater in de deelgebieden bepaald (kolom [Cl]).

ID	m2 Oppervlak	m3/d GWondiep	m3/d GWdiep	m3/d OWin	mg/l [Cl]
104	5914375	4454	156	0	244
103	2359375	2039	81	0	117
102	7716875	6337	96	0	48
101	57516875	44744	2896	13164	301

3	10953125	9381	1866	0	970
2	7096875	5756	172	0	178
1	44153125	36836	5294	77980	440
-99	1772500	1551	13	0	52
-98	111250	74	4	0	42

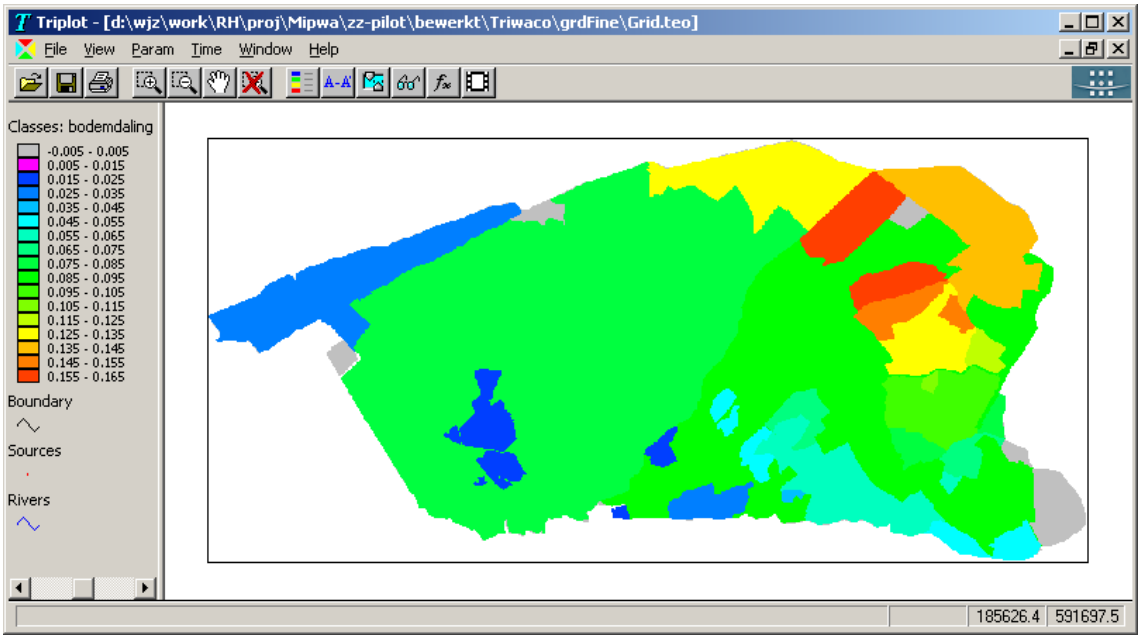
Met behulp van de oppervlakken van de deelgebieden kunnen de waterfluxen ook vertaald worden van m3/d naar intensiteiten in m/d zoals gegeven in de onderstaande tabel. Nu is de kwel intensiteit in de verschillende deelgebieden onderling te vergelijken. Deze vormt een belangrijke factor voor de verschillen in berekende chloridegehalten. Verder worden de verschillen verklaard door de verdeling van de concentraties in het diepere grondwater.

ID	m/d GWondiep	m/d GWdiep	m/d OWin	mg/l [Cl]
104	0.00075	0.00003	0.00000	244
103	0.00086	0.00003	0.00000	117
102	0.00082	0.00001	0.00000	48
101	0.00078	0.00005	0.00023	301
3	0.00086	0.00017	0.00000	970
2	0.00081	0.00002	0.00000	178
1	0.00083	0.00012	0.00177	440
-99	0.00088	0.00001	0.00000	52
-98	0.00066	0.00003	0.00000	42

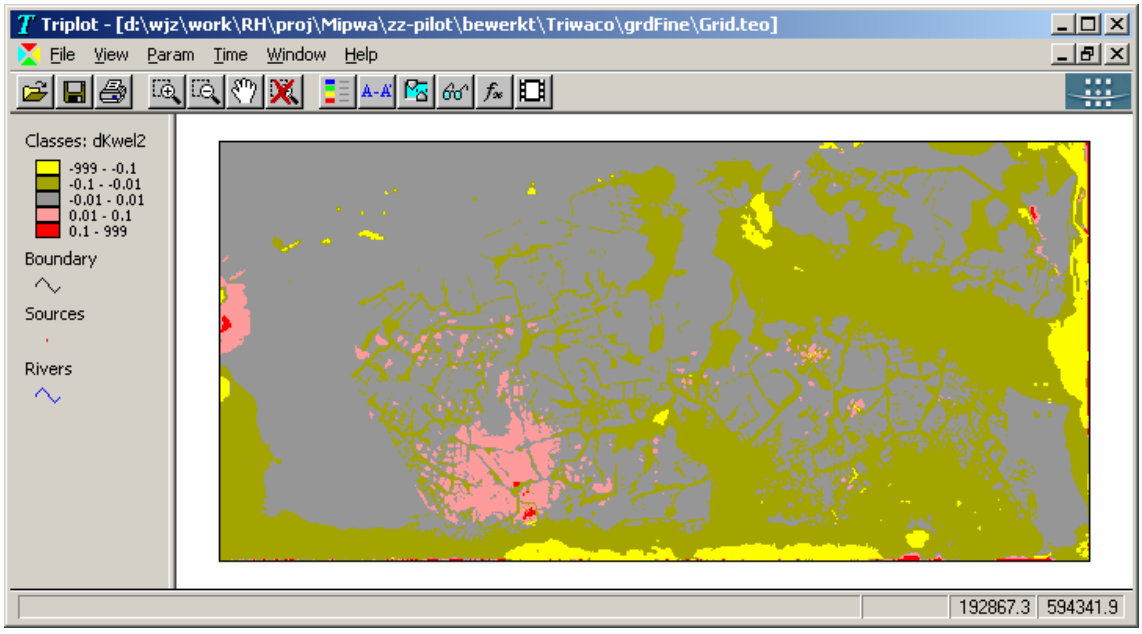
Deelgebied 3 valt op met de hoogste concentraties zoals verwacht. De concentraties in deelgebied 103 lijken aan de lage kant. De buitendijkse gebieden (-98, -99) en de strook langs de Waddenzee (102) hebben zeer lage chloride gehalten omdat hier nauwelijks kwel berekend is. Hier wreekt zich vooral de vereenvoudiging dat het neerslagwater geen chloride bevat.

P.5 Variant met aangepaste peilen

Binnen het Dongeradeel gebied treden significante bodemdalingen op. Vanwege deze bodemdaling zullen de oppervlaktewaterstanden aangepast moeten worden om de huidige gebruiksfuncties te kunnen handhaven. In deze variant zijn de oppervlaktewaterpeilen verlaagd met de gemiddelde bodemdaling per deelgebied. De daling varieert van 1 tot 16 cm.



De lagere oppervlaktewaterpeilen beïnvloeden de diepe kwel. De toename ten opzichte van de huidige situatie is weergegeven in geel in de onderstaande figuur (extra infiltratie naar de diepe ondergrond is rood).



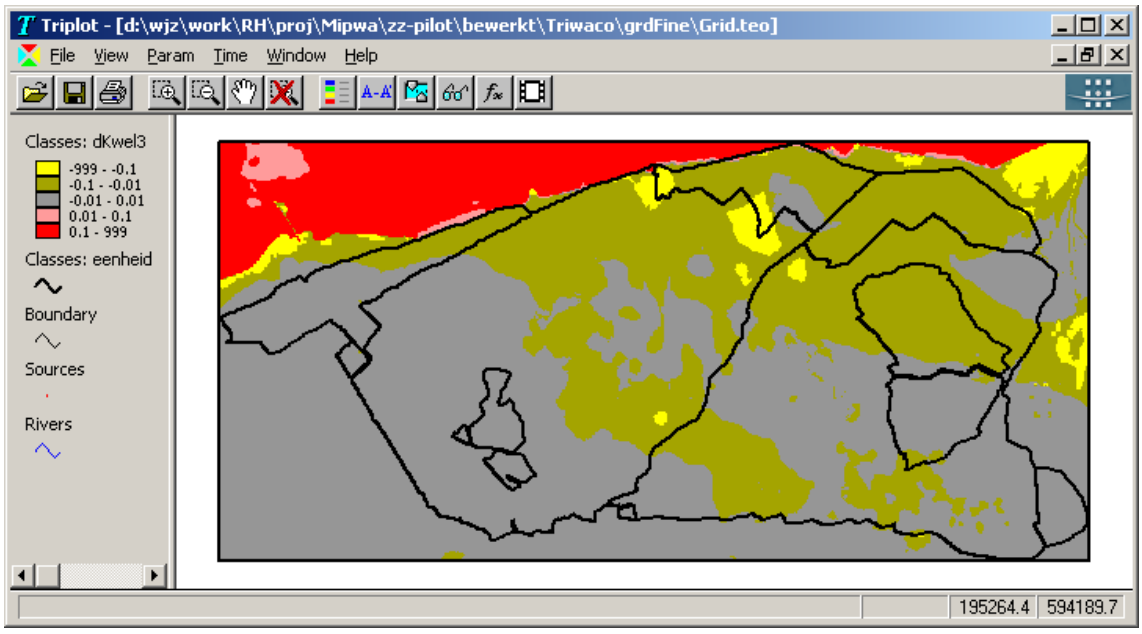
Het gebied met extra infiltratie (roze) heeft een peil dat minder verlaagd wordt dan de omgeving.
De veranderingen in de diepe kwel beïnvloeden vooral de diepe kwel naar het oppervlaktewater. De ondiepe afstroming van de grondwateraanvulling uit regenwater naar het oppervlaktewater wordt ook beïnvloed doordat de infiltratie naar de diepe ondergrond verandert.

De onderstaande tabel geeft de waarden.

ID	m/d GWondiep	m/d GWdiep	m/d OWin	mg/l [Cl]
104	0.00075	0.00004	0.00000	394
103	0.00085	0.00003	0.00000	105
102	0.00082	0.00001	0.00000	44
101	0.00078	0.00006	0.00023	349
3	0.00086	0.00019	0.00000	1061
2	0.00082	0.00003	0.00000	226
1	0.00084	0.00014	0.00178	496
-99	0.00088	0.00001	0.00000	60
-98	0.00066	0.00003	0.00000	43

P.6 Variant met hogere waterstand in Waddenzee

In deze variant is de randvoorwaarde in de Waddenzee aangepast. De effectieve waterstand is verhoogd van 0,5m +NAP naar 1m + NAP. Deze waarde heeft invloed op de kwel in het Dongeradeelgebied. De volgende figuur geeft de toename ten opzichte van de huidige situatie in geel (extra infiltratie naar de diepe ondergrond is rood).



Berekende chloride gehalten zijn gegeven in de volgende tabel

ID	m/d GWondiep	m/d GWdiep	m/d OWin	mg/l [Cl]
104	0.00075	0.00007	0.00000	594
103	0.00087	0.00004	0.00000	123
102	0.00083	0.00002	0.00000	72
101	0.00078	0.00007	0.00023	417

3	0.00086	0.00019	0.00000	1047
2	0.00082	0.00004	0.00000	270
1	0.00084	0.00013	0.00180	530
-99	0.00088	0.00001	0.00000	53
-98	0.00066	0.00003	0.00000	42

P.7 Vergelijking van de varianten

Beide varianten leiden overwegend tot een toename van de diepe kwel naar het oppervlaktewater en – hiermee samenhangend – een toename van het chloridegehalte in het oppervlaktewater. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de percentuele toenamen.

ID	*mm/d* *GWdiep_org*	Toename var.peil	Toename var.wadden	*mg/l* *[Cl]org*	Toename var.peil	Toename var.wadden
104	*0.030*	33%	133%	*244*	61%	143%
103	*0.030*	0%	33%	*117*	-11%	5%
102	*0.010*	0%	100%	*48*	-8%	51%
101	*0.050*	20%	40%	*301*	16%	39%
3	*0.170*	12%	12%	*970*	9%	8%
2	*0.020*	50%	100%	*178*	27%	52%
1	*0.120*	17%	8%	*440*	13%	21%
-99	*0.010*	0%	0%	*52*	15%	1%
-98	*0.030*	0%	0%	*42*	2%	1%

P.8 Conclusies

De pilot toont aan dat op basis van het MIPWA instrumentarium ook berekeningen van zoutbelastingen en chloride concentraties van het oppervlaktewater gemaakt kunnen worden voor een gemiddelde situatie. De resultaten suggereren dat het model de waterfluxen redelijk berekend, maar dat de kennis van het chloridegehalte in de ondergrond een beperkende factor is.
De gepresenteerde berekeningen kunnen met behulp van tijdsafhankelijke fluxen van het MIPWA instumentarium eenvoudig uitgebreid worden van een gemiddelde situatie naar seizoensfluctuaties, als de chlorideconcentratie in de ondergrond constant verondersteld wordt.
Om in te kunnen schatten hoe snel chlorideconcentraties in de ondergrond zullen veranderen zouden stroomlijnberekeningen gebruikt kunnen worden (die echter momenteel nog niet met het instrumentarium bepaald kunen worden). Gekoppelde zouttransportberekeningen zijn pas zinvol als een beter inzicht is verkregen in de verdeling van de zoutgehalten in de ondergrond.

Q Pilot Grondwatergestuurd Peilbeheer

Auteurs: Arnout Heuven, Joachim Hunink (Tauw), Ab Veldhuizen, Harry Massop (Alterra)

Q.1 Inleiding

Q.1.1 Aanleiding en achtergrond

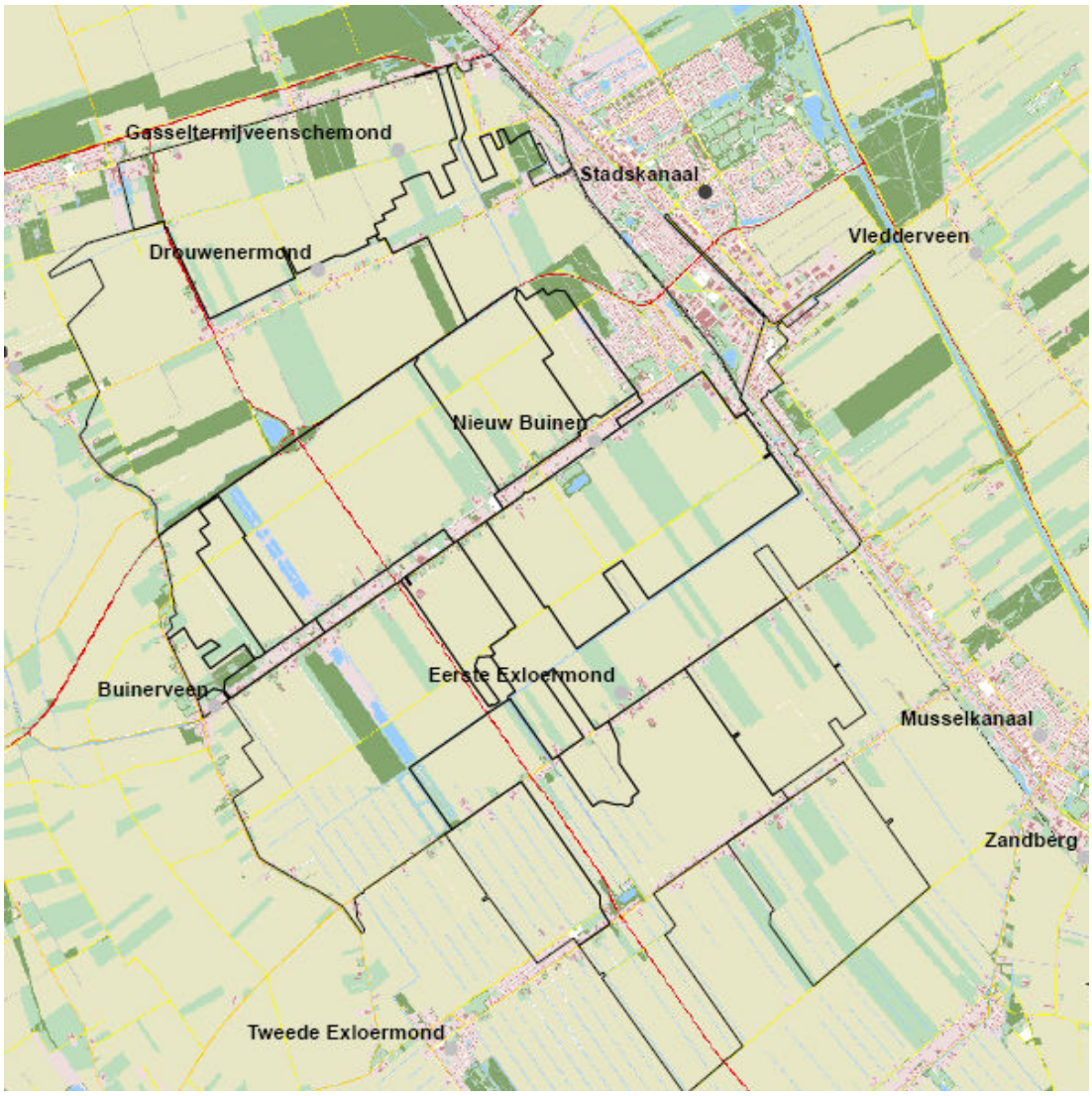
In het kader van het Mipwa (Methodiekontwikkeling Interactieve Planvorming ten behoeve van het Waterbeheer) is een ruimtelijk gedetailleerd grondwatermodel voor Noord-Nederland ontwikkeld. In het MIPWA-project is rekening gehouden met een drietal pilotstudies. Deze studies hebben als doel om (1) het gerealiseerde model in de praktijk toe te passen voor andere dan GGOR-studies en (2) te analyseren hoe het model uitgebreid kan worden met nieuwe/extra modelconcepten.
Eén van de pilot-studies betreft een onderzoek naar grondwatergestuurd peilbeheer in het beheersgebied van het Waterschap Hunze en Aa's.

Het Mipwa-grondwatermodel rekent voor de verzadigde zone met Modflow. De onverzadigde zone wordt gemodelleerd met Capsim. Capsim is een rekenmodule voor de onverzadigde zone ontwikkeld door Alterra. Het Mipwa-model rekent, indien sprake is van peilgarantie, met vaste winter- en zomerpeilen in de watergangen.
In het pilotgebied wordt het streefpeil in de watergangen bepaald door de waterbeheerders van het Waterschap Hunze en Aa's. Zij bepalen dit peil op basis van het seizoen, grondwaterstanden en meteorologische voorspellingen.
In deze detailstudie zal voor het modelleren van het topsysteem gebruik worden gemaakt van Simgro 6.0. waarbij deze wordt gekoppeld aan de Modflow ondergrond van Mipwa. In het door Alterra ontwikkelde hydrologische model Simgro 6.0, is grondwatergestuurd peilbeheer mogelijk. Ook rekent Simgro 6.0 met de nieuwe module voor de onverzadigde zone, METASWAP.

De pilotstudie grondwatergestuurd peilbeheer is uitgevoerd door Tauw en Alterra, met input van gebiedskennis van medewerkers van Waterschap Hunze en Aa's.

Q.1.2 Gebiedsomschrijving

Het pilotgebied ligt in het beheersgebied van het Waterschap Hunze en Aa's. Een overzichtskaart met de grenzen van het pilotgebied is weergegeven in Figuur 1. Het pilotgebied betreft een veenontginningsgebied. De voorkomende bodemtypes zijn veengronden met veenkoloniaal dek en moerige eerd- en podzolgronden. Het veen is afgegraven tot aan de zandige ondergrond. Bij het veen dat nog aan het oppervlak aanwezig is zand aanwezig ondieper dan 120 cm beneden maaiveld.
Het gebied wordt doorsneden door grote watergangen en wijken die zijn gebruikt om het gebied te ontwateren en voor het afvoeren van het veen.



Figuur 1 Overzichtskaart met de grenzen van het pilotgebied

Q.1.3 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van de pilot grondwatergestuurd peilbeheer is het beantwoorden van de volgende onderzoeksvragen:

8. Wat zijn de verschillen wanneer gerekend wordt met een Simgro 6.0 topsysteem in plaats van Capsim?
9. In het cascomodel wordt gerekend met vaste winter- en zomerpeilen. In gebieden met grondwatergestuurd peilbeheer wordt gewerkt met flexibele peilen. Hoe groot is het verschil bij het bepalen van de GxG met het cascomodel?
10. Wat is de toegevoegde waarde van grondwatergestuurd peilbeheer voor de gebruiksfuncties?
11. In welke mate zijn de peilbuislocaties die worden gebruikt voor grondwatergestuurd peilbeheer representatief voor de peilgebieden die worden gestuurd op basis van de gemeten grondwaterstanden bij deze locaties?
12. In welke mate zijn de peilbuislocaties die worden gebruikt voor grondwatergestuurd peilbeheer ook representatief voor andere peilgebieden?
13. Wat is de toegevoegde waarde van grondwatergestuurd peilbeheer voor de gebruiksfuncties?
14. Met welk tijdsinterval kan de oppervlaktewaterstand het beste worden bijgestuurd?

Q.2 Werkwijze

Q.2.1 Inleiding

Simgro
Simgro 6.0 is een geïntegreerd hydrologisch model voor grond-, bodem- en oppervlaktewater (Walsum *et al.* 2006*)*
De MetaSwap module voor de onverzadigde zone is een onderdeel van Simgro 6.0 dat de berekeningen uitvoert voor de onverzadigde zone. Naast MetaSwap rekent Simgro met een module voor het oppervlaktewater en een module voor de runoff. De grondwaterberekeningen worden uitgevoerd door Modlfow.

Modelomschrijving
De (ondergrond)parameters uit het MIPWA-model worden als basis gebruikt. Deze parameters zijn niet nogmaals gekalibreerd. Simgro 6.0 is alleen toegepast voor de gedefinieerde peilgebieden. Buiten deze peilgebieden wordt voor de onverzadigde zone wel gerekend met MetaSwap maar wordt voor het oppervlaktewater de Modflow river en drainage package gebruikt. Het model rekent aan de modelgrenzen met constant head randvoorwaarden. De modelrand ligt op circa 2 km van het onderzoeksgebied.
Bijlage Q.7.1 geeft een omschrijving van de verschillende modellen. Deze worden in de paragrafen Q.2.2 en Q.2.3 verder omschreven.

Q.2.2 Grondwatergestuurd peilbeheer
Om de effecten van grondwatergestuurd peilbeheer op de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand), GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) en GVG (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) te bepalen, worden drie verschillende modellen met elkaar vergeleken.

Het MIPWA-model bevat vaste winter- en zomerpeilen. Met de gegevens uit het MIPWA-model, aangevuld met gegevens over het oppervlaktewatersysteem, worden drie Simgro-modellen gerealiseerd. Voor het bepalen van de effecten van het grondwatergestuurd peilbeheer is er sprake van totaal vier modellen (zie tevens bijlage Q.7.1):

- MIPWA/Modflow niet stationair model met vaste winter- en zomerpeilen. Dit model is al gereed en wordt verder niet aangepast
- Simgro-model met vaste peilen voor winter en zomer. Bij verandering van stuwhoogtes wordt het nieuwe waterpeil door extra inlaat van water direct of binnen enkele dagen bereikt. Er is geen begrenzing wat betreft de capaciteit
- Simgro-model met vaste zomer- en winterstreefpeilen Er vindt echter geen inlaat plaats wanneer er een tekort is aan water. Doorvoer van water van bovenstrooms liggende gebieden wordt niet gemodelleerd
- Simgro-model met het huidige grondwatergestuurd peilbeheer. Bij verandering van stuwhoogtes wordt het nieuwe waterpeil door extra inlaat van water direct of binnen enkele dagen bereikt

Sturing

Grondwatergestuurd peilbeheer is gemodelleerd door de automatische sturing van stuwhoogtes op basis van berekende grondwaterstanden. Deze sturing is verschillend voor de zomer en de winter.

In de wintersituatie is de sturing gericht op een grondwaterstand tussen de GHG en de GLG. Wanneer deze waarden overschreden worden zal een peilverhoging of peilverlaging plaatsvinden. In de zomersituatie is de sturing gericht op een optimale situatie voor de landbouw. Door middel van sturing wordt getracht de grondwaterstand binnen de bandbreedte van 10 cm boven of onder de GVG te houden.

Elke stuw is gekoppeld aan een peilbuis waarvoor een GHG, GLG en GVG gedefinieerd is. Sturing vindt plaats op basis van deze waarden. Stuwen met bijbehorende peilbuizen staat omschreven in tabel 2.

De maximale verhoging of verlaging van de stuwen is 40 cm in de zomer en wintersituatie. Tabel 1 omschrijft de sturing voor de winter en zomersituatie. De wintersituatie is geldig voor de maanden oktober tot en met maart en de zomersituatie is geldig voor de maanden april tot en met september. Wanneer de grondwaterstand zich tussen twee waarden bevindt, wordt de bijbehorende verlaging van de stuw geïnterpoleerd.

Dit betekent dat de grondwaterstand in de peilbuis in de wintersituatie boven de GHG of onder de GLG komt, er een verlaging of verhoging van de stuwhoogte plaatsvindt. In de zomersituatie wordt het stuwpeil aangepast wanneer de grondwaterstand 10 cm afwijkt van de GVG.

Tabel 1 – Relatietabel met grondwaterstand en stuwverlaging voor de winter (oktober – februari) en zomersituatie (april – september). Een negatieve verlaging betekent een verhoging

Winter		**Zomer**	
Grondwaterstand	Verlaging stuw (cm)	Grondwaterstand	Verlaging stuw (cm)
Extreme bovengrens	40	GVG - 40 cm	-40
GHG	0	GVG - 20 cm	-20
GLG	0	GVG - 10 cm	0
GLG -10 cm	-20	GVG + 10 cm	0
Extreme ondergrens	-40	GVG + 20 cm	20
		GVG + 40 cm	40

Per model is gekeken naar de GHG/GLG en het verloop in de tijd van de stuwhoogtes, slootpeilen en grondwaterstanden. Op basis van deze gegevens is gekeken welke invloed het grondwatergestuurd peilbeheer heeft op de hydrologie van het pilotgebied.

Q.2.3 Peilverhoging

Door middel van een peilverhoging in het gehele gebied kan gekeken worden of delen van het gebied anders reageren op een verandering van het waterpeil. Hiervoor is een 5^{e} model ontwikkeld. In dit model is voor het gehele gebied tijdens een droge periode (juli en augustus 1995) het waterpeil in alle watergangen met 0,5 m verhoogd. Na deze twee maanden worden de originele zomer- en winterstreefpeilen weer ingesteld. In dit model vindt geen grondwatergestuurd peilbeheer plaats.

Ook is het effect van 0,5 m peilverhoging op de GHG en GLG doorgerekend met het Mipwa model.

Q.3 Resultaten

Q.3.1 Algemeen

In de meeste peilgebieden zijn de zomerpeilen hoger dan de winterpeilen. Voor dit project worden de GHG en de GLG bepaald per hydrologisch jaar. Door hoge waterstanden in de zomer in de directe omgeving van de watergangen kan het voorkomen dat de waterstanden waarop de GHG bepaald wordt in de zomer voorkomen. In dit hoofdstuk worden per model de resultaten besproken.

Q.3.2 Mipwa – Simgro

De GHG en GLG van het Mipwa-model zijn weergegeven in kaart 1 van bijlage Q.7.2. De GHG en GLG van het basismodel van Simgro (Model 1) zijn weergegeven in kaart 2. De verschillen in de GHG en GLG tussen het originele Mipwa model en het Simgro model zijn weergegeven in kaart 3. Voor het basismodel van Simgro worden zowel hogere als lagere GHG waarden berekend. Verschillen in de GHG variëren tussen de -25 en +25 cm.
De berekende GLG van het Simgro-model is over het algemeen hoger. Deze verhoging kan oplopen op tot 25 cm. Enkele gebieden geven een verlaging van de GLG. Deze verlaging concentreert zich rond enkele wijken in het gebied. Deze onregelmatigheid kan veroorzaakt worden door een fout in de definitie van de wijken.
Op één locatie binnen de peilgebieden neemt de GHG toe. Deze verhogingen van de grondwaterstanden staan in verbindingen met verhogingen die buiten de gedefinieerde peilgebieden waar geen Simgro model aanwezig is. De verhoging van de GHG in Stadskanaal wordt veroorzaakt door een verschil in definitie van stedelijk gebied in Mipwa en het Simgro-model.

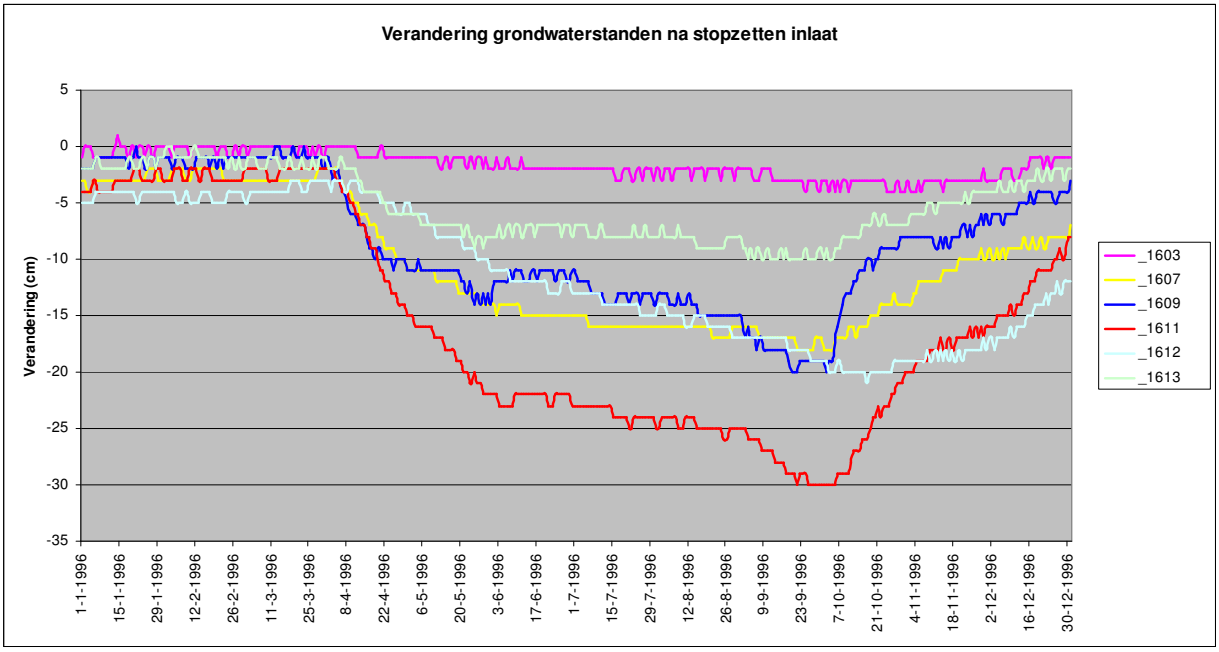
De vaste randvoorwaarden kunnen een effect hebben op de berekende grondwaterstanden van het nieuwe model. In vergelijking met de Mipwa-resultaten resulteert dit in een onderschatting van de GHG en GLG.
De verschillen in de berekeningen van de twee modellen kunnen verklaard worden door verschillen in detailontwatering, het onverzadigde-zone concept, het concept voor stedelijk waterbeheer, het feit dat de Simgro-modellen voor een kortere periode zijn doorgerekend dan MIPWA en het instellen van vaste randvoorwaarden.

Er is ook gekeken naar de verschillen tussen Mipwa en Simgro na het instellen van een peilverhoging. Deze effecten worden besproken in paragraaf Q.3.5.

Q.3.3 Stopzetten waterinlaat.

Wanneer er geen waterinlaat in de droge perioden mogelijk is, kan het peil in de watergangen uitzakken. Dit heeft ook gevolgen voor de grondwaterstanden.
De effecten van het stopzetten van de waterinlaat op de GHG en de GLG zijn zichtbaar op kaart 4 van bijlage Q.7.2. De verlaging van de grondwaterstanden als gevolg van het stopzetten van de inlaat voor de grondwaterstand in enkele peilbuizen tijdens een droge zomer is weergegeven in Figuur 2.

De verlagingen van de grondwaterstanden treden vooral op in de hoger gelegen peilgebieden. Hier is een maximale verlaging van de GHG en GLG van circa 35 cm mogelijk. In het noorden van het gebied is de daling van de GHG en GLG beperkt tot enkele centimeters. Deze verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt door laterale stroming van water van de hoger gelegen delen naar de lager gelegen delen.



Figuur 2 Verandering van de grondwaterstand in enkele peilbuizen als gevolg van het stopzetten van de inlaat in het gebied. Locaties van de peilbuizen zijn weergegeven in kaart 4 van bijlage Q.7.2.

Q.3.4 Grondwatergestuurd peilbeheer

De verschillen in de GHG en GLG van het grondwatergestuurd peilbeheerst model met het basis Simgro model zijn weergeven in kaart 5 van bijlage Q.7.2. Het ingevoerde grondwatergestuurd peilbeheer heeft in het model een vernattend effect. Zowel de GHG en de GLG nemen toe.

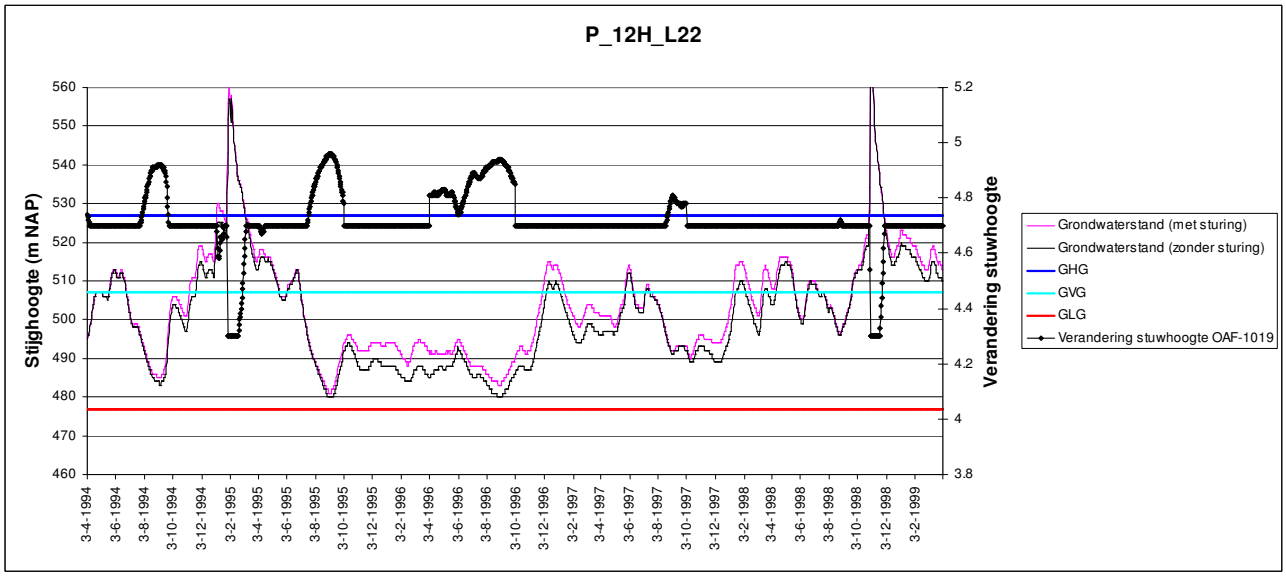
Voor de peilbuizen die de stuwhoogtes aansturen is de stijghoogte van de peilbuis uitgezet tegen de GHG, GVG GLG en stuwhoogte. Voorbeelden hiervan zijn zichtbaar in Figuur 3 en Figuur 4. Hierin is zichtbaar dat wanneer de grondwaterstand de GHG overschrijdt, de stuwhoogte omlaag gaat. Ook wanneer de grondwaterstand dieper komt te liggen dan de GLG of GVG – 10 cm zorgt dit voor een verhoging van de stuw.
De aanpassingen van de stuw zijn seizoensgebonden. Verhogingen van het stuwpeil zijn zichtbaar in de zomer en verlagingen van het stuwpeil zijn zichtbaar in de winter. Een jaarlijkse trend is echter niet zichtbaar. Zo is tijdens het droge jaar van 1996 geen verlaging van de stuw noodzakelijk om binnen de gestelde bandbreedte te blijven.

In het model wordt per dag de stuwhoogte bepaald. Een periode van meerdere dagen is modeltechnisch niet mogelijk. Uit de veranderingen van de stuwen is wel af te leiden dat een dagelijkse aanpassing van de stuwhoogte niet noodzakelijk is. De veranderingen van stuwhoogtes zijn over het algemeen geldig voor meerdere dagen. Dit wordt veroorzaakt door de vertraagde reactie van het grondwater op het oppervlaktewater.

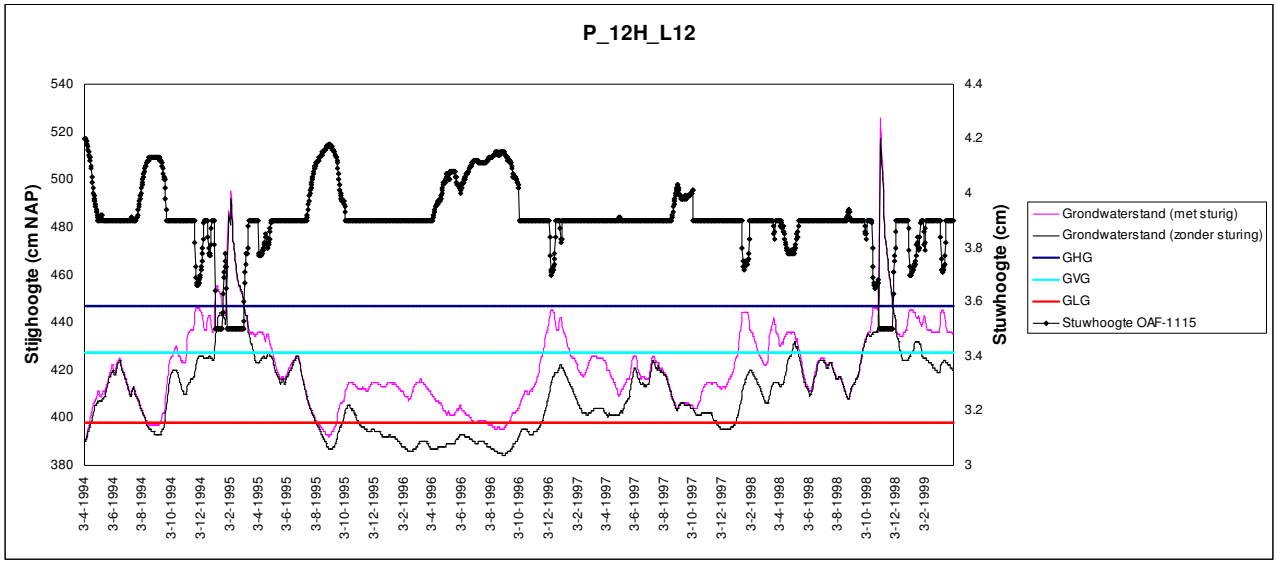
In de praktijk wordt de hoogte van de stuw niet alleen bepaald door de grondwaterstand op een bepaalde locatie maar ook door de meteorologische voorspelling en de veldervaring van de hydrologische medewerker.

Tabel 2 – Peilbuizen met bijbehorende stuwen voor het grondwatergestuurd peilbeheer (peilbuislocaties zijn weergegeven op kaart 8 van bijlage 2).

Code peilbuis	OAF-code stuw
P_12H-L12	OAF-V-1115
P_12H-L204	OAF-V-1659
P_12H-L22	OAF-V-1019
P_12H-L36	OAF-V-1123
P_12H-L37	OAF-V-1745
P_12H-L38	OAF-V-1022
P_12H-R202	OAF-V-775



Figuur 3 Stijghoogtelijn van de berekende grondwaterstand met bijbehorende GHG, GVG, GLG en stuwhoogte van peilbuis P-12H-L22 met stuw OAF-1019.



Figuur 4 Stijghoogtelijn van de berekende grondwaterstand met bijbehoordende GHG, GVG, GLG en stuwhoogte van peilbuis P-22H-L12 met stuw OAF-1115.

Q.3.5 Peilverhoging

De peilverhoging in de watergangen van 0,5 m zorgt in het gehele gebied voor een verhoging van de grondwaterstanden in de peilbuizen. De reactie op de verhoging is verschillend in de peilbuizen.

De verhoging van de grondwaterstanden is gevisualiseerd in Figuur 5 en is omschreven in Tabel 3. De locaties van de peilbuizen zijn weergegeven in kaart 6 van bijlage 2. Alle peilbuizen reageren binnen zes dagen na de peilverhoging. De grondwaterstanden stijgen na de peilverhoging langzaam en bereiken geen van alle een stabiele eindsituatie. De grootse grondwaterstijgingen zijn zichtbaar bij de peilbuizen 1603, 1604 en 1611.
De piek aan het eind van de periode van peilverhoging wordt veroorzaakt door een bui met een hoge neerslag op 28-08-1995. Doordat de grondwaterstanden door de peilverhoging dichter bij het maaiveld staan, reageert het grondwatersysteem sneller op een grote hoeveelheid neerslag dan bij het originele model.

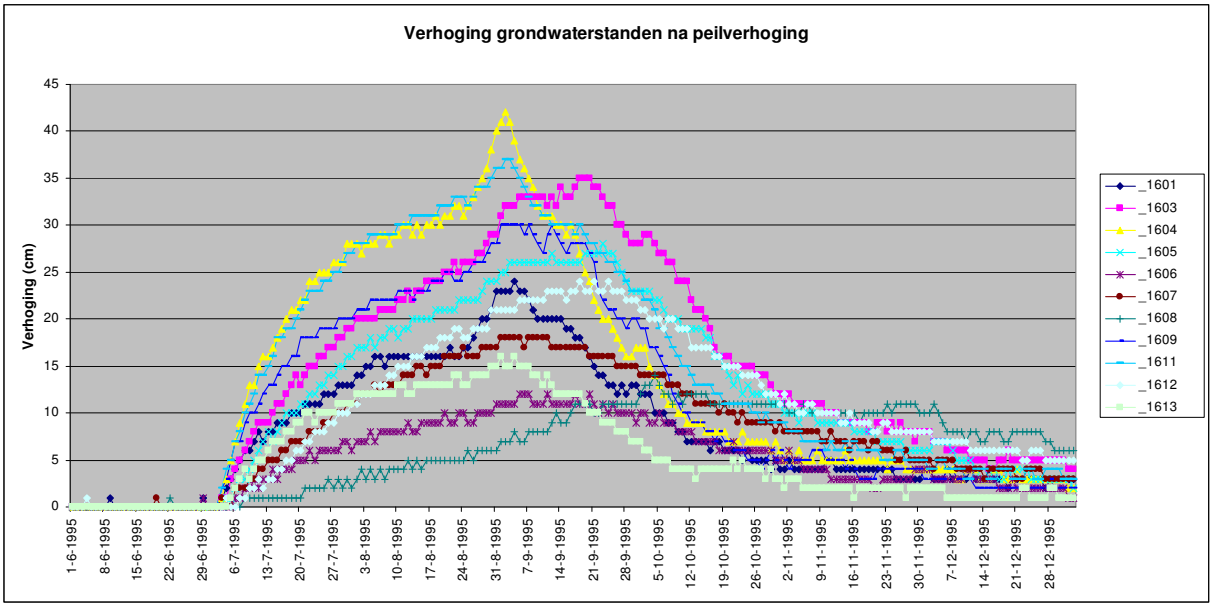
Kaart 6 van bijlage 2 visualiseert de verandering in grondwaterstand na één en twee maanden na het begin van de peilverhoging. De verhoging van de grondwaterstand concentreert zich voornamelijk rond de watergangen. In het midden van het gebied bevindt zich een regio waarbij de stijging van het grondwater na twee maanden minder is dan 10 cm. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat in deze regio relatief minder wijken aanwezig zijn.

De randeffecten zijn duidelijk zichtbaar. Aan de randen van de peilgebieden neemt de stijging van het grondwater sterk af. Dit wordt veroorzaakt door de vaste randvoorwaarden van het model en omdat er geen peilverhoging is ingesteld buiten het pilotgebied. Hierdoor kan water aan de randen wegstromen naar buiten het gebied.

Aangezien de peilbuizen geen stabiele eindsituatie bereiken kan geconcludeerd worden dat de maximale effecten van de peilverhoging nog niet bereikt is. Een langere periode van peilstijging zal voor deze peilbuizen een grotere stijging veroorzaken.

Tabel 3 Peilbuizen met bijbehoorende grondwaterstandsverhoging na peilverhoging in de watergangen

Code peilbuis	Peilbuis code VOV	Maximale verhoging (cm)	Tijdstip piek
PB_12H-L32	1601	24	04-09-1995
PB_12H-L36	1603	35	15-09-1995
PB_12H-L37	1604	42	02-09-1995
PB_12H-L12	1605	27	20-09-1995
PB_12H-L22	1606	12	05-09-1995
PB_12H-R202	1607	18	01-09-1995
PB_12H-L38	1608	10	05-09-1995
PB_12H-L39	1609	30	01-09-1995
-	1611	37	01-09-1995
-	1612	24	18-09-1995
PB_12H-R-204	1613	16	01-09-1995



Figuur 5 *Verhoging van de grondwaterstanden van verschillende locaties na een peilverhoging van 0,5 m in de watergangen. Peilverhoging vind plaats tussen 1-7-1995 en 31-8-1995.*

Mipwa peilverhoging

De effecten van een peilverhoging in de watergangen is verschillend voor Mipwa en het Simgro model. De reactie van Mipwa op een peilverhoging concentreert zich voornamelijk rond de sloten. Binnen enkele percelen is geen enkele invloed van de peilverhoging berekend. Simgro berekent wel een gebiedsdekkende verhoging van het grondwaterpeil. Dit verschil wordt veroorzaakt worden door verschillen in de gebruikte weerstanden tussen de twee modellen.

Het is aan te bevelen deze verschillen in een vervolgonderzoek verder te kwantificeren. In deze studie is daar helaas geen tijd voor, mede doordat de resultaten uit MIPWA (met name de GxG's) in de loop van deze pilot zijn herzien en aangepast.

Q.4 Onderzoeksvragen

1. *Wat zijn de verschillen wanneer gerekend wordt met een Simgro 6.0 topsysteem in plaats van Capsim.*

   Het Simgro model voorspelt een drogere situatie dan Mipwa. De effecten van een peilverandering in de watergangen zijn in het Simgro model groter dan in Mipwa. Mipwa berekent alleen verandering van de grondwaterstanden rond de watergangen en nauwelijks binnen de percelen.

   De verschillen in grondwaterstanden worden waarschijnlijk veroorzaakt door de constante randvoorwaarden in Simgro, een gedetailleerdere ontwatering in Simgro en een te hoge weerstand in Mipwa.

   De resultaten uit Simgro komen beter overeen met het beeld wat leeft bij de gebiedsdeskundigen.

2. *In het cascomodel wordt gerekend met vaste winter- en zomerpeilen. In gebieden met grondwatergestuurd peilbeheer wordt gewerkt met flexibele peilen. Hoe groot is het verschil bij het bepalen van de GxG met het cascomodel?*
   Voor het bepalen van het effect van flexibele peilen zijn twee Simgro modellen met elkaar vergeleken. Er is een vergelijking gemaakt tussen het basismodel en een model waarbij geen inlaat van gebiedsvreemd water mogelijk is. Voor de effecten van grondwatergestuurd peilbeheer is een vergelijking gemaakt tussen het basismodel en een model waarbij de grondwaterstand op een peilbuislocatie de stuwhoogte bepaald.

   Als in het pilotgebied de inlaat van water gestopt wordt, is er een sterke daling van de grondwaterstanden zichtbaar. Deze daling kan oplopen tot 35 cm in de zomer. Dit effect is in het pilotgebied vooral zichtbaar in de hoger gelegen delen.
   De verlaagde grondwaterstanden in de zomerperiode kunnen een toename van de droogteschade betekenen. Een optimaal peil kan dus zorgen voor het beperken van de droogteschade.

   Grondwatergestuurd peilbeheer leidt in de gemodelleerde situatie tot een vernatting in de zomer en de winter.

3. *Wat is de toegevoegde waarde van grondwatergestuurd peilbeheer voor de gebruiksfuncties?*
   De berekeningen tonen aan dat grondwatergestuurd peilbeheer effect heeft op de grondwaterstanden. Door middel van grondwatergestuurd peilbeheer is het mogelijk een vastgesteld grondwaterpeil te handhaven. De effecten na peilverhoging wijzen op een snelle reactie van het grondwater in het gehele gebied.
   De effecten van grondwatergestuurd peilbeheer is sterk afhankelijk van de reactietabel. Deze relatie is in deze studie gebaseerd op de gegevens van het Waterschap Hunze en Aa's.
   Grondwatergestuurd peilbeheer leidt in de gemodelleerde situatie tot een vernatting in de zomer en de winter. De reactietabel zal verder geoptimaliseerd moeten worden om de grondwaterstanden betere te kunnen voorspellen.

4. *In welke mate zijn de peilbuislocaties die worden gebruikt voor grondwatergestuurd peilbeheer representatief voor de peilgebieden die worden gestuurd op basis van de gemeten grondwaterstanden bij deze locaties?*
   Wanneer gekeken wordt naar de effecten van peilverhoging op de grondwaterstand is te zien dat binnen een peilgebied de effecten sterk kunnen verschillen. Wel is zichtbaar dat de effecten het sterkst zijn in de buurt van de watergangen. Een representatieve peilbuis bevindt zich dus buiten de directe invloed van een sloot.

5. *In welke mate zijn de peilbuislocaties die worden gebruikt voor grondwatergestuurd peilbeheer ook representatief voor andere peilgebieden?*
   Gezien de beperkte tijd in deze pilot kan deze onderzoeksvraag niet naar behoren worden beantwoord, maar het is niet waarschijnlijk dat peilbuislocaties binnen een peilgebied representatief zijn voor een ander peilgebied. Door verschillen in reliëf en dichtheid van sloten binnen het pilotgebied reageren de verschillende peilgebieden anders op een eventuele verandering van het slootpeil. Alleen in gebieden met een vergelijkbare hydrologie zou het mogelijk zijn om peilbuislocaties te gebruiken voor een groter gebied dan het peilgebied zelf.

6. Met welk tijdsinterval kan de oppervlaktewaterstand het beste worden bijgestuurd?
In het model wordt er per dag een nieuwe stuwhoogte berekent. Dit is in de praktijk geen reële situatie. Uit de veranderingen van de stuwen is af te leiden dat een dagelijkse aanpassing van de stuwhoogte niet noodzakelijk is. De veranderingen van stuwhoogtes zijn over het algemeen geldig voor meerdere dagen. Afhankelijk van het seizoen en de meteorologische omstandigheden is een tijdsinterval van één tot twee weken voldoende.

Q.5 Conclusies en aanbevelingen

- De modelconcepten van Mipwa zijn makkelijk bruikbaar voor andere doeleinden
- Omdat het binnen Simgro mogelijk is de effecten van peilverhogingen en flexibel peilbeheer door te rekenen vormt de combinatie van Mipwa met Simgro een toegevoegde waarde. Door het combineren van de twee modelconcepten kan in meer detail en nauwkeurigheid effecten van maatregelen worden gemodelleerd
- Flexibel peilbeheer in het pilotgebied is nuttig. Aanpassingen van het peil in de watergangen heeft binnen enkele dagen een verhogend effect op de grondwaterstand. Flexibel peilbeheer is bovendien gunstig voor waterconservering
- De toepassing van grondwatergestuurd peilbeheer is in het model sterk afhankelijk van de reactietabel. Wanneer grondwatergestuurd peilbeheer wordt gemodelleerd zal deze tabel geoptimaliseerd moeten worden. De effectiviteit van het grondwatergestuurd peilbeheer is sterk afhankelijk van de relatietabel tussen grondwater en stuwhoogte
- Grondwatergestuurd peilbeheer kan ook tot doel hebben om grondwaterstandstijgingen af te vlakken. Dit doel wordt met de door ons gevolgde (reactieve) strategie niet bereikt. Het verdient de aanbeveling om uit te zoeken of er betere resultaten worden bereikt als wordt geanticipeerd op neerslagvoorspellingen

Q.6 Literatuur

- P.E.V. van Walsum, A.A. Veldhuizen, P.J.T. van Bakel, F.J.E. van der Bolt, P.E. Dik, P. Groenendijk, E.P. Querner, M.F.R. Smit. 2006. *SIMGRO 6.0.2, Theory and model implementation.* Wageningen, Alterra. Alterra-Report 913.1

Q.7 Bijlagen

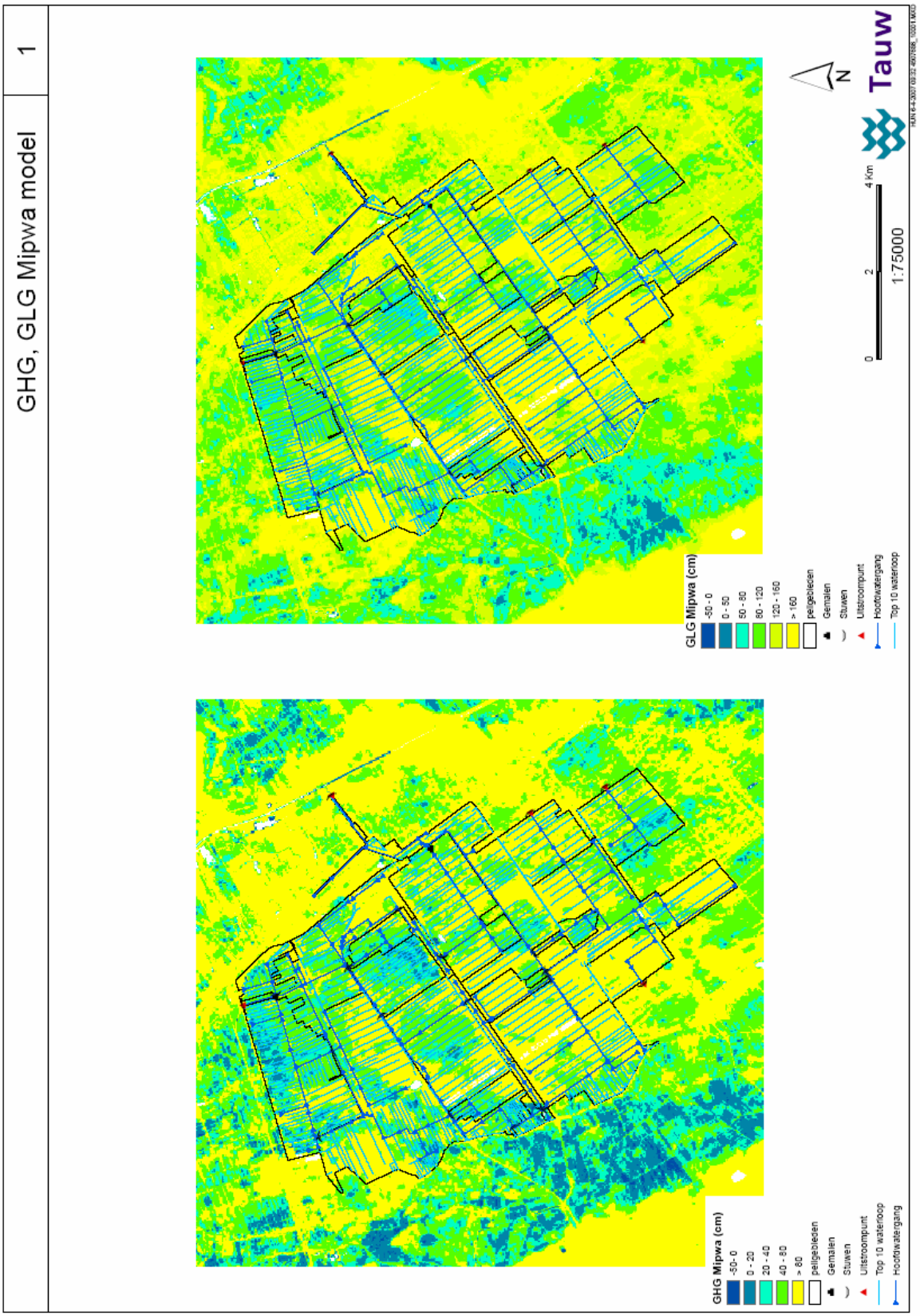
Q.7.1 Beschrijving modellen

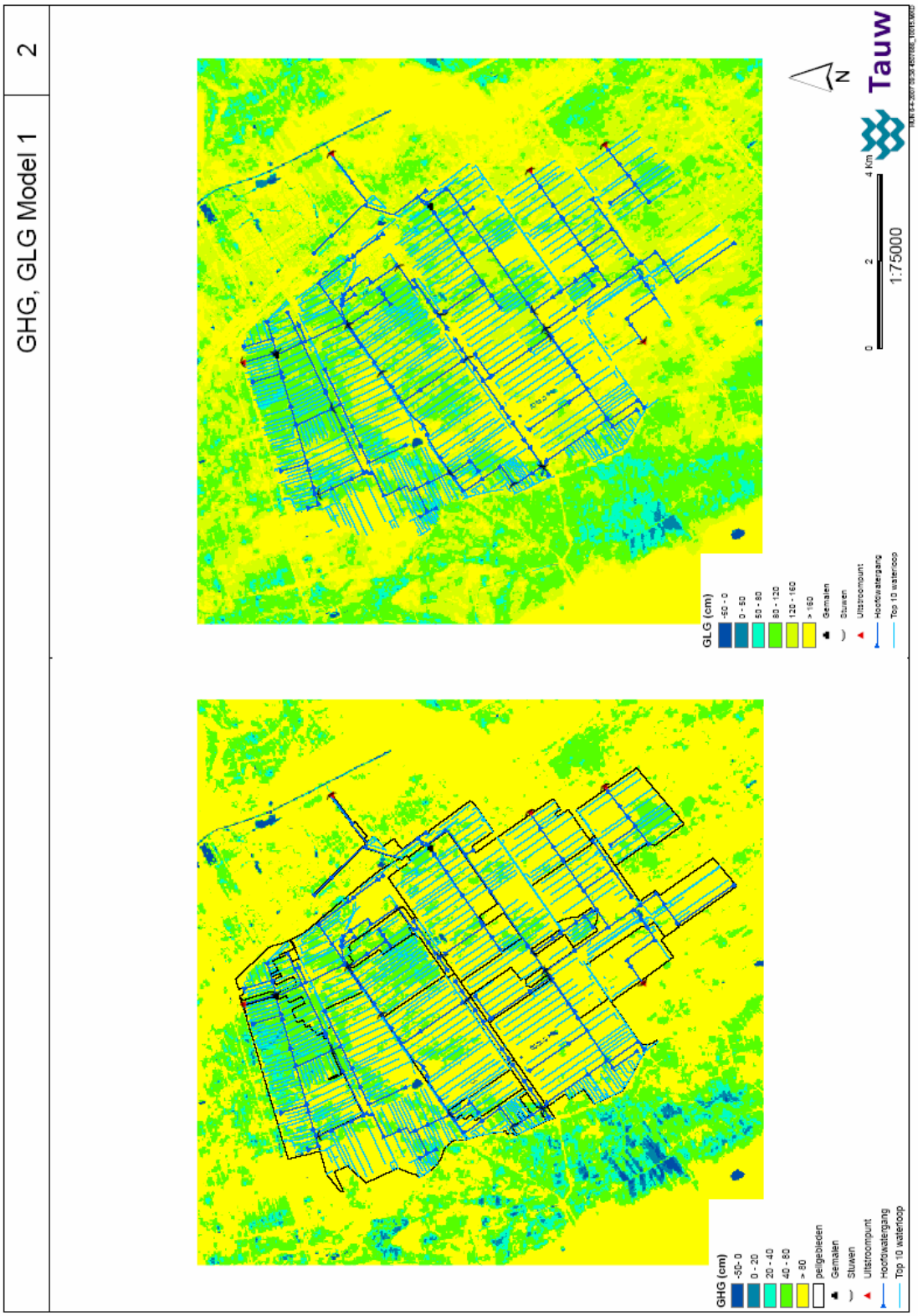
Naam	Omschrijving
MIPWA	**MIPWA model**. Het originele Mipwa model. Dit model rekent met koppeling tussen Modflow voor de verzadigde zone en Capsim voor de onverzadigde zone.
Model 1	**Basismodel Simgro 6.0**. Dit model rekent met een koppeling tussen Modflow voor de verzadigde zone en Simgro 6.0 voor de onverzadigde zone en het oppervlaktewater. Dit model benadert zo goed mogelijk de modelconcepten van het Mipwa model. Er wordt gerekend met vaste zomer en winterpeilen en waterhoogtes zijn gelijk

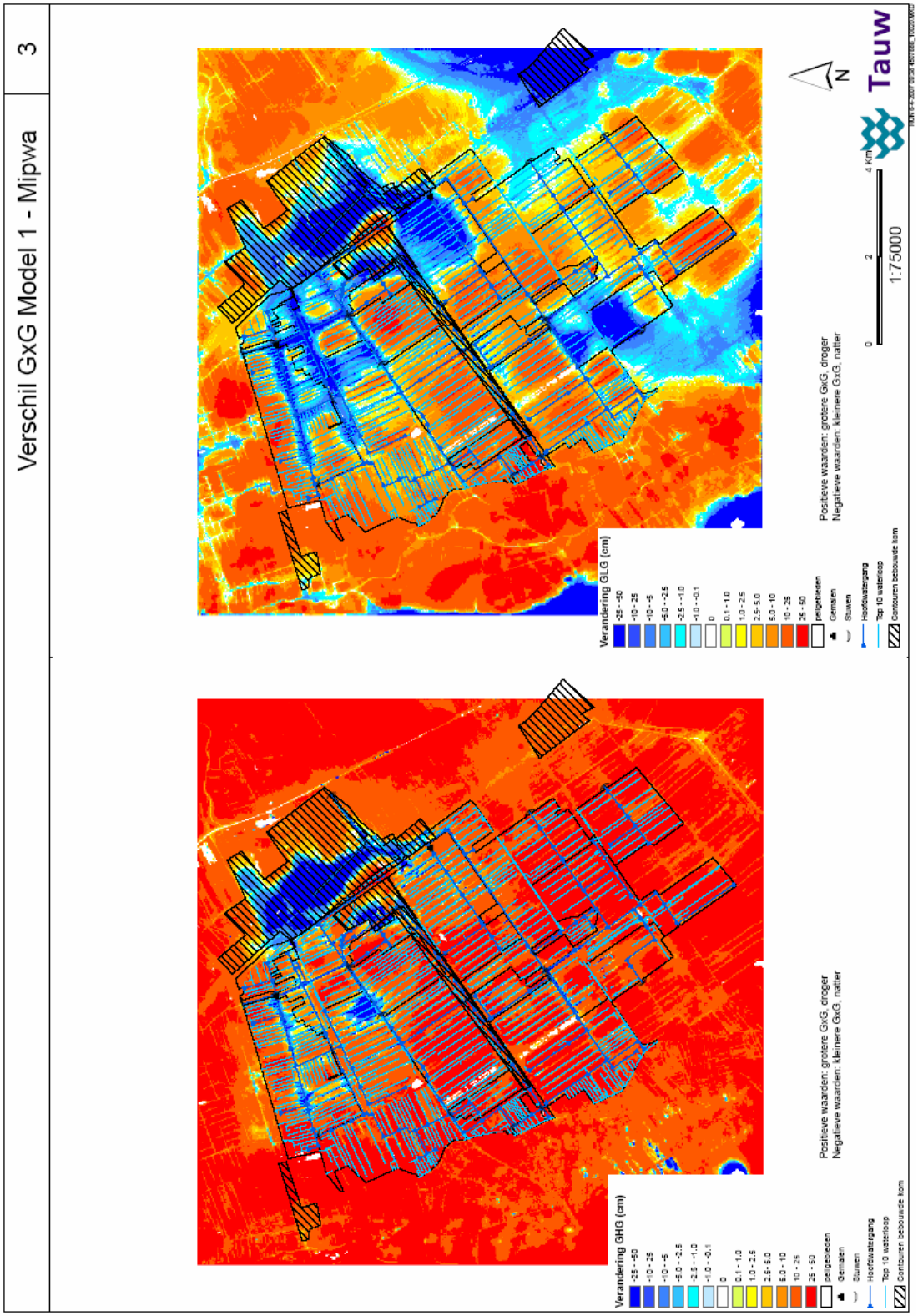
	aan stuwhoogtes. Modeltijd: 1-4-1994 tot 31-3-1999.
Model 2	**Geen inlaat**. Modflow – Simgro 6.0. In dit model waterinlaat buiten het gebied niet mogelijk. Er wordt gerekend met vaste zomer en winter stuwpeilen. Waterhoogtes kunnen echter wel verschillen met stuwhoogtes. Modeltijd: 1-4-1994 tot 31-3-1999.
Model 3	**Grondwatergestuurd peilbeheer**. Modflow – Simgro 6. Bij dit model worden de stuwhoogtes van enkele stuwen bepaald door een grondwaterstand op een locatie. Deze sturing is gebaseerd op gegevens van het Waterschap Hunze en Aa's. In **Error! Reference source not found.** staan de peilbuizen met de bijbehorende stuwen. De relatie tussen grondwaterstand en stuwhoogtes staat omschreven in **Error! Reference source not found.**. Modeltijd: 1-4-1994 tot 31-3-1999.
Model 4	**Peilverhoging**. Modflow – Simgro 6.0. Bij dit model wordt gerekend met een peilverhoging in het gehele gebied in de maanden juli en augustus 1995. De andere maanden is het peil gelijk aan het zomer of winterpeil. Modeltijd: 1-1-1994 tot 31-12-1995.

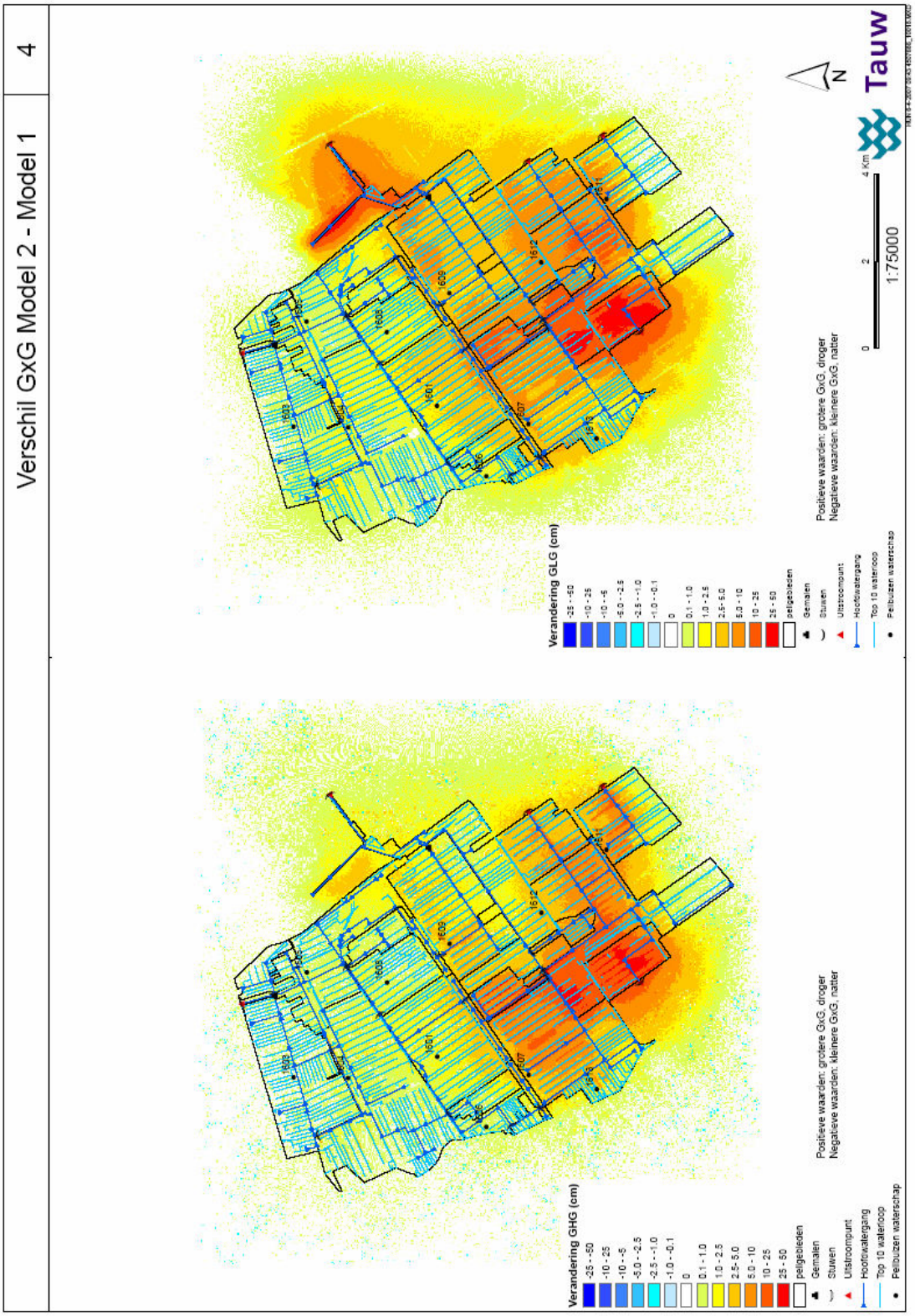
Q.7.2 Kaarten

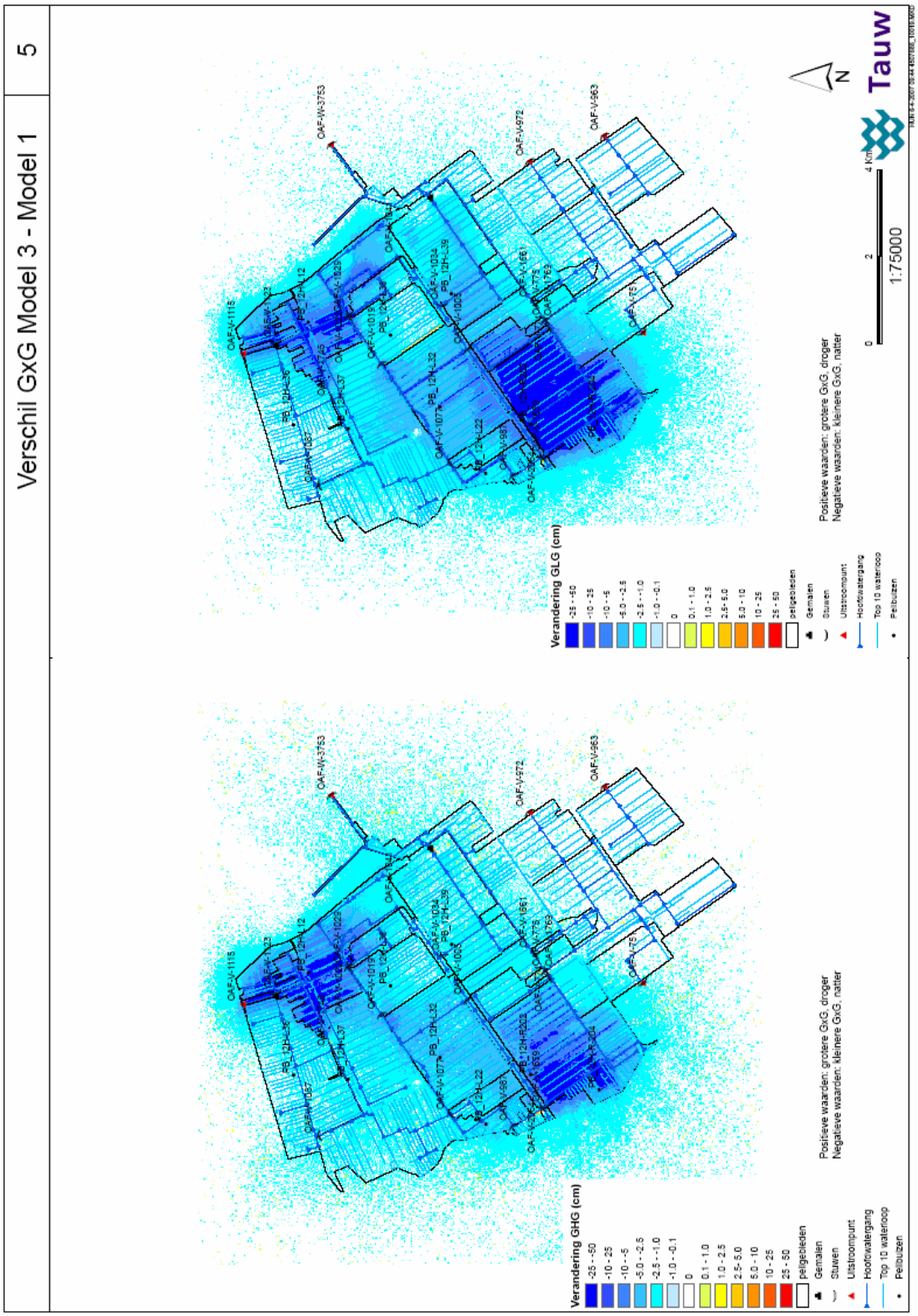
1 GHG, GLG Mipwa
2 GHG GLG Model 1
3 Verschillen Model 1 – Mipwa
4 Verschil GHG, GLG Model 2
5 Verschil GHG, GLG Model 3
6 Grondwaterstanden na peilverhoging (Model 4)
7 Berekende verandering GHG en GLG na peilverhoging Mipwa
8 Overzichtskaart grondwatergestuurd peilbeheer.

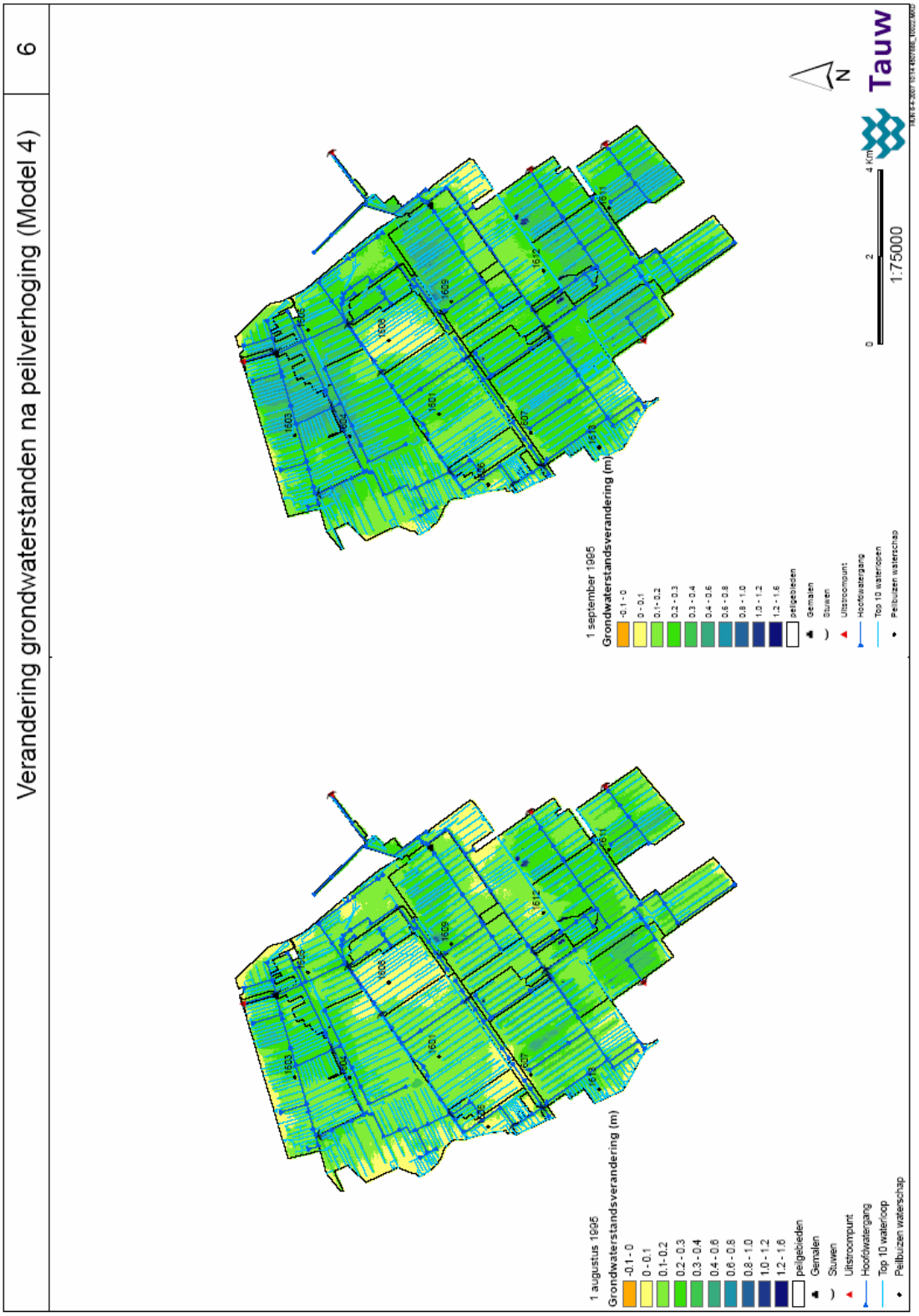

GHG, GLG Mipwa model
1
GLG Mipwa (cm)
-50 - 0
0 - 50
50 - 80
80 - 120
120 - 160
> 160
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
GHG Mipwa (cm)
-50 - 0
0 - 20
20 - 40
40 - 80
> 80
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Top 10 waterloop
Hoofdwatergang
N
0
2
4 Km
1:75000
Tauw

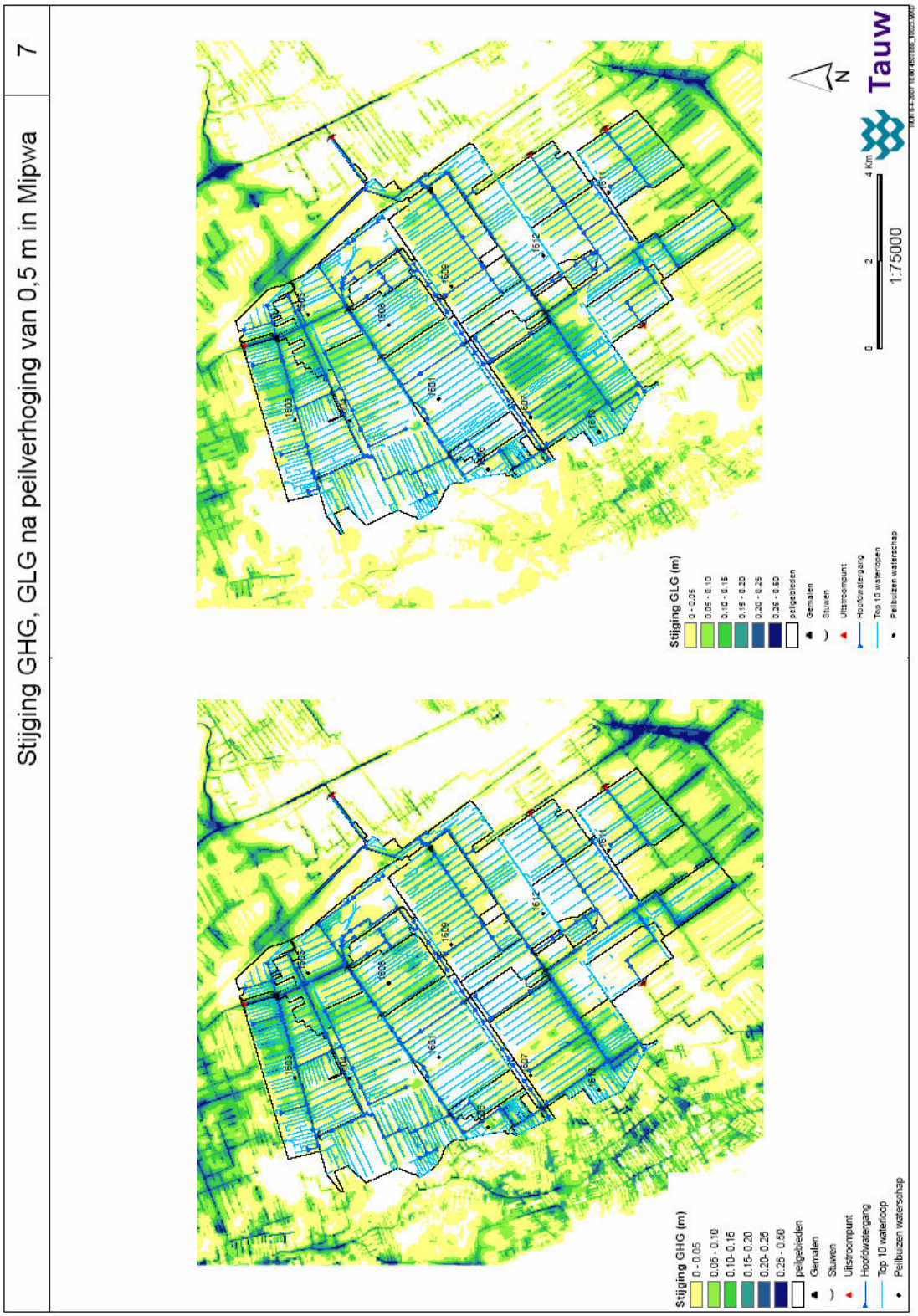

GHG, GLG Model 1
2
GLG (cm)
-50 - 0
0 - 50
50 - 80
80 - 120
120 - 160
> 160
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
GHG (cm)
-50- 0
0 - 20
20 - 40
40 - 60
> 80
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
N
0
2
4 km
1:75000
Tauw


Verschil GxG Model 1 - Mipwa
3
Tauw
N
0
2
4 Km
1:75000
Verandering GLG (cm)
-25 - -50
-10 - -25
-5.0 - -10
-2.5 - -5.0
-1.0 - -2.5
-0.1 - -1.0
0
0.1 - 1.0
1.0 - 2.5
2.5 - 5.0
5.0 - 10
10 - 25
25 - 50
peilgebieden
Gemalen
Sluizen
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
Contouren bebouwde kom
Positieve waarden: grotere GxG, droger
Negatieve waarden: kleinere GxG, natter
Verandering GHG (cm)
-25 - -50
-10 - -25
-5.0 - -10
-2.5 - -5.0
-1.0 - -2.5
-0.1 - -1.0
0
0.1 - 1.0
1.0 - 2.5
2.5 - 5.0
5.0 - 10
10 - 25
25 - 50
peilgebieden
Gemalen
Sluizen
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
Contouren bebouwde kom
Positieve waarden: grotere GxG, droger
Negatieve waarden: kleinere GxG, natter


Verschil GxG Model 2 - Model 1
4
Verandering GLG (cm)
Verandering GHG (cm)
Positieve waarden: grotere GxG, droger
Negatieve waarden: kleinere GxG, natter
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
Peilbuizen waterschap
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
0
2
4 Km
1:75000
Tauw


Verschil GxG Model 3 - Model 1
5
Verandering GLG (cm)
Verandering GHG (cm)
Positieve waarden: grotere GxG, droger
Negatieve waarden: kleinere GxG, natter
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
Peilbuizen
peilgebieden
1:75000
Tauw


Verandering grondwaterstanden na peilverhoging (Model 4)
6
1 augustus 1995
Grondwaterstandsverandering (m)
-0.1 - 0
0 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.4
0.4 - 0.6
0.6 - 0.8
0.8 - 1.0
1.0 - 1.2
1.2 - 1.6
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
Peilbuizen waterschap
1 september 1995
Grondwaterstandsverandering (m)
-0.1 - 0
0 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.4
0.4 - 0.6
0.6 - 0.8
0.8 - 1.0
1.0 - 1.2
1.2 - 1.6
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterlopen
Peilbuizen waterschap
N
0
2
4 Km
1:75000
Tauw


Stijging GHG, GLG na peilverhoging van 0,5 m in Mipwa
7
Stijging GLG (m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.50
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterlopen
Peilbuizen waterschap
Stijging GHG (m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10- 0.15
0.15- 0.20
0.20- 0.25
0.25 - 0.50
peilgebieden
Gemalen
Stuwen
Uitstroompunt
Hoofdwatergang
Top 10 waterloop
Peilbuizen waterschap
N
0
2
4 Km
1:75000
Tauw