Waterschap Rivierenland

Hydrologische onderbouwing GGOR Overasseltsche en Hatertsche Vennen

Witteveen+Bos

Louis Armstrongweg 6

postbus 10095

1301 AB Almere

telefoon 036 548 29 00

telefax 036 533 38 83

Witteveen+Bos

Waterschap Rivierenland

Hydrologische onderbouwing GGOR Overasseltsche en Hatertsche Vennen

referentie	projectcode	status
TL157-1/marr2/012	TL157-1	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
drs. A. van Vugt	ir. Th.G.J. Witjes	13 januari 2009

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. A. Biesheuvel	

Witteveen+Bos
Louis Armstrongweg 6
postbus 10095
1301 AB Almere
telefoon 036 548 29 00
telefax 036 533 38 83

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE **blz.**

1. INLEIDING **1**
1.1. Aanleiding 1
1.2. Doel 1
1.3. Leeswijzer 1

2. HYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE **2**
2.1. Inleiding 2
2.2. Situering modelgebied 2
2.3. Geohydrologische opbouw en schematisatie 2
2.4. Hatertsche - Overasseltsche vennen 4

3. MODELBOUW EN KALIBRATIE **6**
3.1. Inleiding 6
3.2. Kenmerken model 6
3.2.1. Modelranden en netwerk 6
3.2.2. Modelperiode 7
3.2.3. Stuwing en anisotropie 7
3.2.4. Ondergrond 7
3.2.5. Topsystemen en topsysteemparameters 7
3.2.6. Drainageweerstand 9
3.2.7. Onttrekkingen 9
3.2.8. Grondwateraanvulling 9
3.2.9. Bergingscoëfficiënten 10
3.3. Kalibratie van het stationaire model 10
3.3.1. Kalibratie gegevens en methode 10
3.3.2. Resultaten kalibratie 11
3.4. Resultaten aanvullende stationaire kalibratie 12
3.4.1. Aanvullingen en wijzigingen 12
3.4.2. Resultaten aanvullende kalibratie stationair model 13
3.5. Resultaten kalibratie instationair model actiegebied 14
3.6. Aanvullende instationaire kalibratie Overasseltsche Broek 15

4. BEREKENING HUIDIGE SITUATIE (AGOR EN AGOR+) **18**
4.1. Inleiding 18
4.2. AGOR 18
4.3. AGOR+ 21

5. MAATREGELEN **23**
5.1. Inleiding 23
5.2. Onderdelen verkennend maatregelpakket 23
5.3. Resultaten verkennend maatregelenpakket 24
5.4. Omschrijving maatregelscenario's I, II en losse maatregelen 24
5.5. Resultaten maatregelscenario's I, II en losse maatregelen 24
5.6. Omschrijving definitief maatregelenscenario 25
5.7. Resultaten definitief maatregelenscenario 26

6. RESULTATEN WATERNOODBEREKENINGEN **28**
6.1. Werkwijze bepaling doelrealisatie 28
6.2. Doelrealisatie AGOR+ 28
6.3. Doelrealisatie scenario A 28
6.4. Doelrealisatie scenario B 28

7. CONCLUSIE **29**

8. GEBRUIKTE LITERATUUR **30**

laatste bladzijde **30**

bijlagen		aantal bladzijden
I	Bollenkaart stationaire kalibratie	4
II	Berekende stijghoogte AGOR	1
III	Berekende grondwaterstand AGOR	1
IV	Berekende kwel AGOR	1
V	Resultaten instationaire kalibratie	5
VI	Resultaten aanvullende instationaire kalibratie	5
VII	GxG AGOR	3
VIII	Grondwaterstand, kwel en verandering grondwaterstand AGOR+	3
IX	GxG AGOR+	3
X	Resultaten scenario I en II	2
XI	Resultaten losse maatregelen	6
XII	Verschil GxG scenario A	3
XIII	GxG scenario A	3
XIV	Verschil GxG scenario A	3
XV	GxG scenario A	3
XVI	Natuurdoeltypen	1
XVII	Doelrealisatie landbouw en natuur AGOR+	2
XVIII	Doelrealisatie landbouw en natuur scenario A	4
XIX	Doelrealisatie landbouw en natuur scenario B	4

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

Op dit moment wordt in opdracht van waterschap Rivierland, de provincie Gelderland, enkele aanliggende gemeenten en natuurorganisaties een gebiedsplan opgesteld voor het gebied Overasseltsche en Hatertsche Vennen (- Hatertsche Broek). Door de provincie Gelderland is het gebied namelijk aangewezen als actiegebied. Deze actiegebieden zijn waardevolle (natuur)gebieden die een specifieke waterhuishoudkundige condities vereisen, maar die niet (meer) aan deze condities voldoen. Het gebiedsplan moet zorgen voor een betere afstemming van het water aan gebruiksfuncties/natuurdoeltypen in het gebied. Hiertoe wordt een aanpak doorlopen die gebaseerd is op de WaterNOOD-systematiek.

1.2. Doel

Gedurende het proces van het opstellen van het gebiedsplan, bleek behoefte te zijn aan een nadere kwantificering van de geohydrologische omstandigheden in het gebied. Door middel van een modelstudie is daarom het grondwatersysteem van het vennengebied in kaart gebracht. Omdat het waterschap behoefte had aan een grondwatermodel van het gehele bemalingsgebied Bloemers, is een grondwatermodel ontwikkeld waarin dit bemalingsgebied - inclusief de Overasseltsche en Hatertsche Vennen - is opgenomen. Met behulp van het WaterNOOD Instrumentarium zijn vervolgens op basis van de hydrologische resultaten de afgeleide effecten bepaald van diverse maatregelenpakketten op de natuur en de landbouw.

1.3. Leeswijzer

In dit rapport is het hydrologisch onderzoek beschreven. In hoofdstuk 2 is het resultaat opgenomen van een korte geohydrologische systeemanalyse die vooraangaande aan de modellering is uitgevoerd. In hoofdstuk 3 is de modelbouw en de kalibratie beschreven. Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten voor de huidige AGOR-situatie (Actueel Grond- en Oppervlaktewater Regiem) en AGOR+ (met peilverhoging in Maas-Waalkanaal). In hoofdstuk 5 zijn de maatregelen beschreven om te komen tot een meer gewenste hydrologische situatie. In dit hoofdstuk zijn tevens de hydrologische effecten beschreven. In hoofdstuk 6 zijn de afgeleide effecten voor natuur en landbouw beschreven. Het rapport sluit af met enkele conclusies in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 is een literatuurlijst opgenomen. Met het oog op de leesbaarheid zijn de kaarten in de bijlagen opgenomen.

2. HYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE

2.1. Inleiding

Een beschrijving van het ontstaan van het gebied en de belangrijkste kenmerken van het gebied is reeds opgenomen in het concept gebiedsplan [lit. 7]. Daarom zal de systeemanalyse zich met name richten op de te hanteren uitgangspunten voor de modellering.

2.2. Situering modelgebied

Het bemalingsgebied Bloemers ligt ten westen van Nijmegen en wordt begrensd door de 2 grote rivieren: de Waal en de Maas. De westelijke grens ligt bij het dorpje Appeltern, circa 7 km ten zuiden van Druten. Het plangebied ligt in het rivierengebied en grenst aan het stuwwalgebied bij Nijmegen. De grondwaterstroming wordt grotendeels beïnvloed door de aanwezige rivieren en door het stijghoogteverschil nabij de stuwwal. De maaiveldhoogte in het modelgebied varieert sterk van circa NAP + 5 m in het westen tot circa NAP + 90 m op de stuwwal. In het Vennengebied varieert de maaiveldhoogte van circa NAP + 8 m in de omgeving tot NAP + 20 m op de duintoppen.

2.3. Geohydrologische opbouw en schematisatie

Op basis van de door TNO geschematiseerde ondergrond in REGIS, is een geohydrologische schematisatie uitgevoerd. Deze is samengevat in tabel 2.1.

tabel 2.1. Geohydrologische schematisatie (REGIS II)

	stuwwalgebied	**rivierengebied/Vennengebied**			**dikte (m)**
	waarde	**waarde**		**modellaag**	
rivierleemlaag Beegden Formatie, laag van Wijchen	afwezig	deels afwezig	c = circa 1.900 dagen	1	0 - 3
stuifduinen Formatie van Boxtel, laagpakket van Kootwijk	afwezig	alleen in Vennengebied deels afwezig	kD = 7,5 - 30		0 - 15
deklaag Betuwe Formatie	afwezig		c = > 100 dagen		0 - 7
watervoerend pakket I Formatie van Boxtel, Kreftenheye, Woudenberg, Drente, Urk, Peelo, Sterksel, Appelscha, Stramproy en Waalre	kD = 100 - 1.500 m^2/dag	kD = 100 - 1.500 m^2/dag		2	15 - 30
scheidende laag I Formatie van Waalre	afwezig	afwezig	c = 30 - 1.700 dagen	3	0 - 15
watervoerend pakket II Formatie van Maasluis	kD = 20 - 650 m^2/dag	kD = 20 - 650 m^2/dag		4	5 - 40
scheidende laag II Formatie van Maassluis	afwezig	afwezig	c = 200 - 2.200 dagen	5	0 - 15
watervoerend pakket III Kiezeloöliet Formatie, Formatie van Oosterhout, Breda, Rupel en Tongeren	kD = 100 - 1.500 m^2/dag	kD = 100 - 1.500 m^2/dag		6	0 - 20
hydrologische basis Formaties van Breda, Oosterhout en Dongen					top op 40 m tot 125 m - NAP

algemeen
In de door TNO gehandhaafde schematisatie, wordt de ondergrond van het plangebied onderverdeeld in een 20-tal watervoerende pakketten. In de hierboven gegeven schematisatie zijn de watervoerende pakketten, waartussen geen scheidende laag aanwezig is, samengevoegd tot 1 pakket.

De schematisatie onder de stuwwal is meer complex. Het is waarschijnlijk dat de kleiige afzettingen van de jongere pleistocene formaties, die elders de scheidende laag vormen tussen watervoerend pakket I en II, geen aaneengesloten geheel vormen, nadat ze door stuwing zijn scheefgesteld. Deze kleilagen hebben een grote invloed op het verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte in de gestuwde gebieden. Door deze lagen wordt het eerste watervoerend pakket in een aantal compartimenten verdeeld, met ieder een eigen grondwaterstandverloop. Er wordt aangenomen dat in de gestuwde gebieden geen aaneengesloten scheidende lagen aanwezig zijn. In de ondergrond bevinden zich 2 breuken, tussen Nijmegen en Wijchen en tussen Wijchen en Ravenstein. Beide breuken lopen evenwijdig van zuidoost naar noordwest. De breuken hebben tot gevolg dat de verschillende watervoerende pakketten ten opzichte van elkaar niet altijd op gelijke hoogte voorkomen. De invloed van de breuken heeft met name gevolgen op de diepere grondwaterstroming.

stuifduinen
Het verzadigde deel van de stuifduinen in het Vennengebied zijn in het model opgenomen. In het midden van het Vennengebied kan de kD daardoor oplopen tot circa 30 m^2 per dag.

rivierleemlaag
De weerstand van deze laag is circa 1.900 dagen (Streefkerk). De laag komt onder het centrale deel van het vennengebied voor en bestaat uit zandige, zwak siltige compacte klei, met lokaal een veenlaag. De stuifduinen in het gebied zijn op deze leemlaag afgezet.

deklaag
De deklaag bestaat in het rivierengebied uit kleien en slibhoudende zanden. De deklaag is over het algemeen slecht doorlatend, waardoor ondiepe horizontale stroming beperkt is. Rondom Nijmegen en Wijchen is geen slecht doorlatende deklaag aanwezig. In de gestuwde gebieden is deze ook afwezig, omdat hier geen Holocene sedimenten zijn afgezet en oudere zandige sedimenten aan de oppervlakte komen.

scheidende laag I en II
In het rivierengebied is een tweetal scheidende kleilagen aanwezig, behorend tot de Formatie van Waalre en Maassluis. De eerste scheidende laag is in circa 30 % van het plangebied aanwezig, waarbij de dikte kan oplopen tot circa 15 m. Deze laag bevindt zich voornamelijk in de lijn Nijmegen - Wijchen. De top van deze scheidende laag varieert van NAP - 2,0 tot NAP - 20 m. De weerstand van dit pakket varieert van 30 tot 1.700 dagen. De tweede scheidende laag, behorend tot de Formatie van Maassluis, is aanwezig in circa 60 % van bemalingsgebied Bloemers. Ten zuiden van Wijchen komt deze laag niet meer voor. De weerstand van deze laag varieert van 200 tot 2.200 dagen bij een dikte van 5 tot 15 m.

watervoerend pakket I, II en III
In het studiegebied wordt het eerste watervoerend pakket voornamelijk gevormd door de zandige afzettingen van een 10-tal formaties (tabel 2.1). Plaatselijk komt klei voor, maar dit wordt van geringe invloed geacht op de grondwaterstroming. Het doorlaatvermogen varieert tussen 100 en 1.500 m^2 per dag (REGIS). Gegevens op de grondwaterkaart en uit eerdere modelstudies geven hogere waarden, variërend van 1.000 - 3.300 m^2 per dag. In het rivierengebied varieert de dikte van dit watervoerend pakket tussen 15 en 30 m. In de gestuwde gebieden is de situatie gecompliceerd. Omdat aangenomen is dat scheidende lagen niet aaneengesloten voorkomen, staan alle watervoerende pakketten in open verbinding met elkaar. De dikte van het totale watervoerend pakket bedraagt hierbij circa 100 m.

Het tweede watervoerend pakket bestaat uit zandige afzettingen van de Formatie van Maassluis. Dit pakket is gemiddeld 20 m dik, maar kan variëren van circa 5 - 40 m. Het doorlaatvermogen van dit pakket wordt geschat op 20 - 650 m^2 per dag.

Het derde watervoerend pakket komt in het hele plangebied voor met een maximale dikte van circa 20 m. Het doorlaatvermogen is gering (circa 250 m^2 per dag), uitgezonderd de locatie tussen de beide breuken waar het doorlaatvermogen kan oplopen tot 800 m^2 per dag. Ook rond de gestuwde afzettingen wordt een hoger doorlaatvermogen ingeschat.

basis
De hydrologische basis wordt gevormd door de bovenzijde van de Formatie van Breda, Oosterhout en Dongen op een diepte van NAP - 40 tot NAP - 125 m.

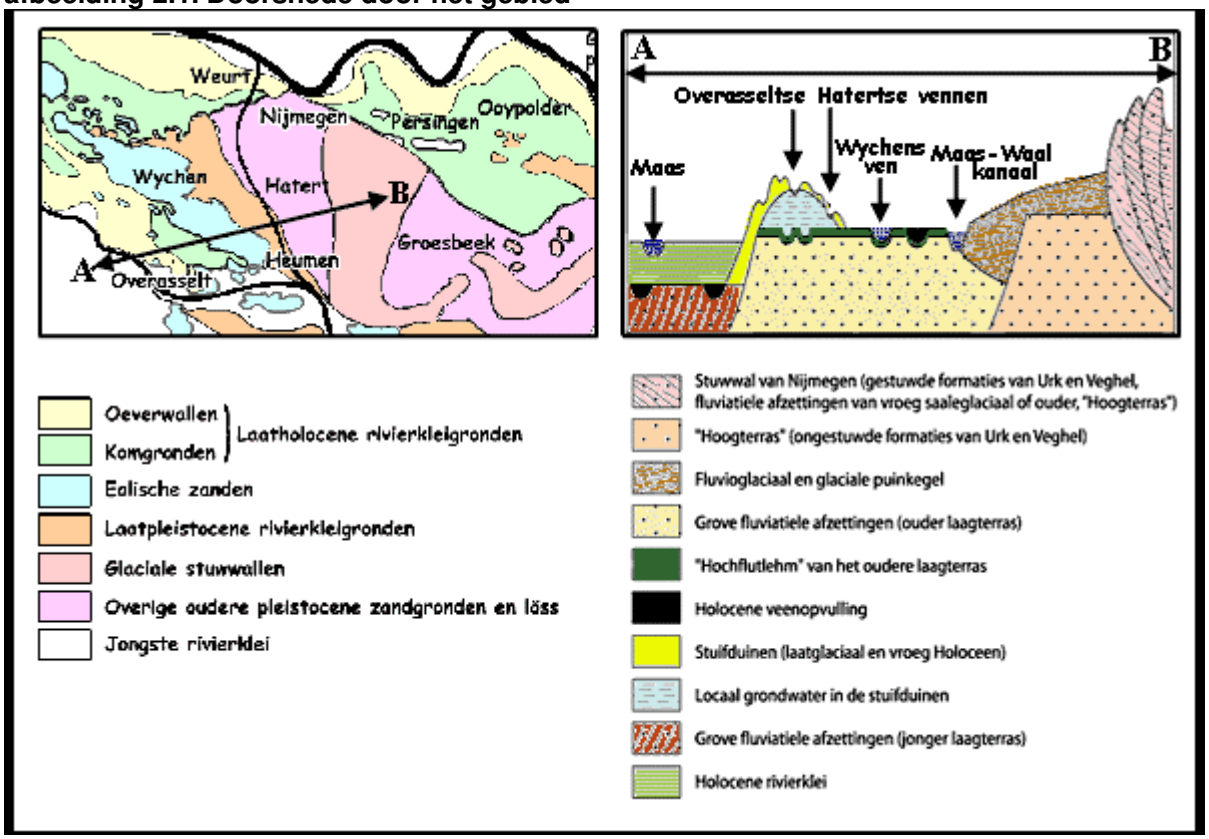
2.4. Hatertsche - Overasseltsche vennen

De Hatertsche - Overasseltsche vennen liggen in het stuifduincomplex, van het Heumense Bos ten zuiden van Nijmegen tot voorbij Alverna en Wijchen. Dit gehele complex stamt uit de overgang van de laatste ijstijd naar het Holoceen. Globaal komen er 2 weerstandbiedende lagen voor, namelijk de venbodem, waar onder andere veen is afgezet, en een rivierleemlaag. Op deze rivierleem is het stuifzandcomplex afgezet, terwijl eronder grove grindhoudende zanden wordt aangetroffen. De rivierleem loopt door tot het Maas-Waalkanaal en is daar onderdeel van de deklaag die bestaat uit Holocene rivierafzettingen.

De grondwaterstroming wordt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van de rivierleemlaag. De potentiaalverschillen tussen de waterstand in het stuifduincomplex en in het watervoerend pakket onder de rivierleemlaag zijn groot. Dit houdt in dat de weerstand van de rivierleemlaag eveneens groot is, waardoor weinig verticale grondwaterstroming plaatsvindt. Door Streefkerk wordt deze weerstand geschat op 1.900 dagen. Lokaal is deze leemlaag verwijderd ten gevolge van boomaanplant in vroegere jaren. In het overgrote deel van het studiegebied is deze echter aanwezig. Plaatselijk kan deze leemlaag zandig van karakter zijn (Streefkerk), maar de locaties van deze zandige plekken zijn niet bekend. Aan de randen van het Vennengebied gaat deze leemlaag over in de deklaag.

In het duincomplex is sprake van 3 verschillende waterniveaus:
1. de meest hooggelegen waterstand is die van de vennen zelf. De vennen zijn ontstaan in uitgestoven laagten van het stuifzandencomplex. Door veenvorming op de venbodem, is de doorlatendheid gering. Hierdoor is de waterstand in de vennen over het algemeen iets hoger dan de grondwaterpotentiaal in het stuifzandencomplex. Wel worden de vennen periodiek gevoed door het grondwater uit het stuifzandencomplex (Streefkerk);
2. in de matig fijnzandige stuifduinen zelf handhaaft zich een grondwaterniveau, vanwege de eronder liggende leemlaag. Deze leemlaag vertraagt de verticale stroming. Langs de flanken vindt afstroming plaats. Het water in de meer centraal gelegen vennen kan meer dan een meter hoger staan dan in de vennen die meer naar de rand van het gebied liggen;
3. het derde waterniveau bevindt zich onder de leemlaag (stijghoogte watervoerend pakket). Dit water vertoont overeenkomsten met het water uit de Maas en het Maas-Waalkanaal. Het grondwater boven de leemlaag wordt voornamelijk gevoed door regenwater en heeft een andere kwaliteit.

afbeelding 2.1. Doorsnede door het gebied



bron: www.vcbio.science.ru.nl

3. MODELBOUW EN KALIBRATIE

3.1. Inleiding

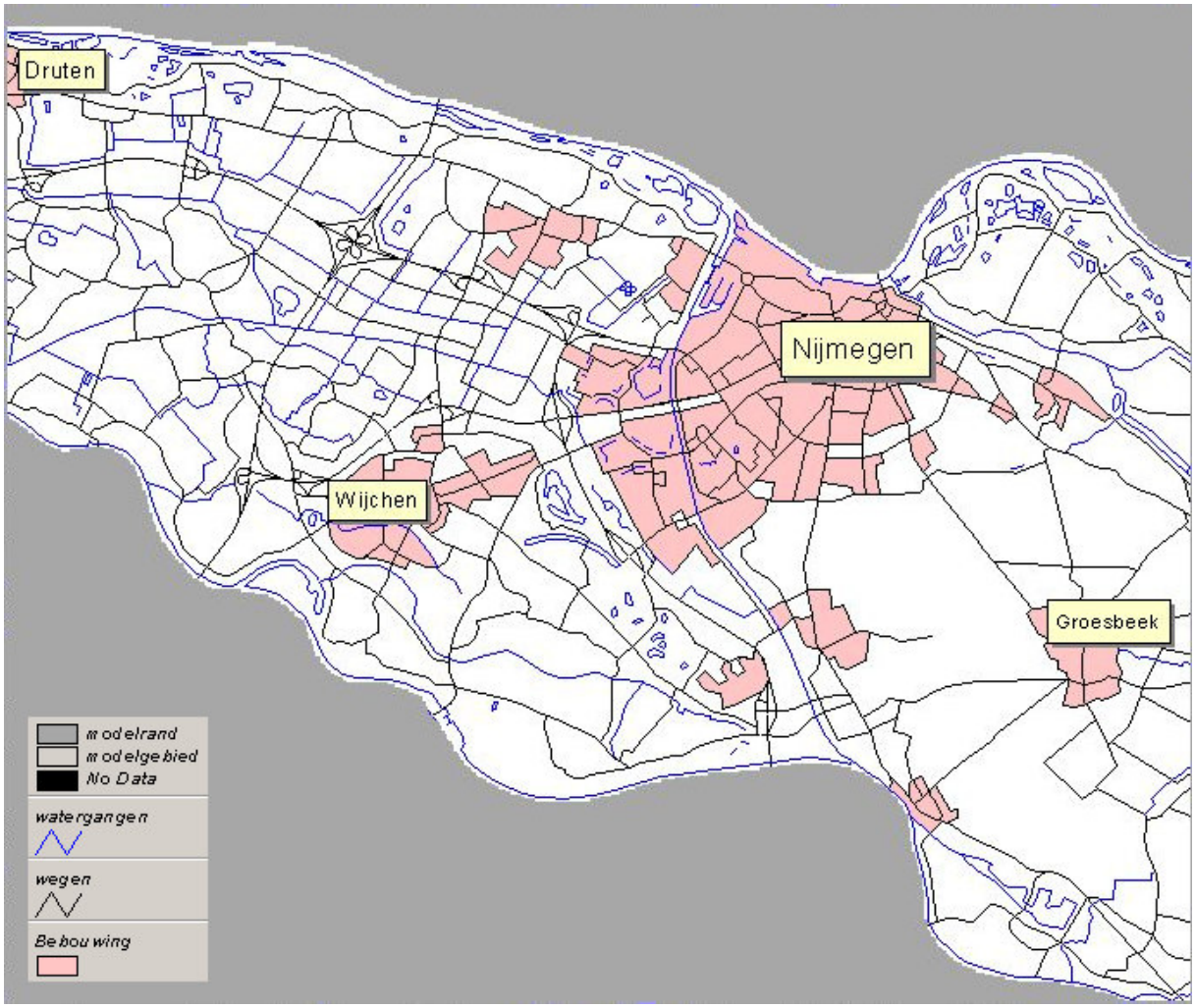
In dit hoofdstuk wordt de opzet van het model en de kalibratie beschreven. Bij de kalibratie is de betrouwbaarheid van het model vergroot door een toetsing aan metingen van het grondwatersysteem. Het resultaat hiervan in een betrouwbaar grondwatermodel waarmee diverse scenario's kunnen worden doorgerekend.

3.2. Kenmerken model

3.2.1. Modelranden en netwerk

Bij de keuze van de grootte van het modelgebied, is het van belang dat de effecten van ingrepen in het onderzoeksgebied niet door de gebruikte randvoorwaarden worden beïnvloed. Op alle modelranden zijn vaste stijghoogten ingevoerd. De westelijke modelgrens is gebaseerd op het isohypsenpatroon loodrecht op de 2 grote rivieren. De oostelijke modelgrens wordt gevormd door de noord-zuid lopende isohyps op de stuwwal. De noordelijke en zuidelijke modelranden worden gevormd door de Maas en de Waal. Het modelgebied ligt hiermee tussen Druten en Nijmegen (west - oost) en de Maas en de Waal (zuid - noord). Afbeelding 3.1 geeft het modelgebied en de locatie van de modelranden weer.

afbeelding 3.1. Modelgebied en modelranden (in grijs inactieve cellen)



Omdat het waterschap en de provincie zowel een gedetailleerd model voor de Overasseltsche en Hatertsche Vennen, als voor het gehele bemalingsgebied Bloemers willen hebben, wordt het model uitgevoerd in een uniforme celgrootte van 50 x 50 m. Het modelgebied heeft een grootte van 25 x 21 km.

3.2.2. Modelperiode

Het stationaire model is opgezet en gekalibreerd voor het jaar 1997. Het instationaire model is opgesteld over een periode van 8 jaar, van 1998 tot 2005. Voor het instationaire model zijn de volgende gegevens instationair ingevoerd:

- de grondwateraanvulling;
- de rivierwaterstanden;
- de grote grondwateronttrekkingen.

3.2.3. Stuwing en anisotropie

De ondergrond van de stuwwal is tijdens het Saalien opgestuwd door de ijstong die ons land binnendrong. Deze opstuwing heeft een scheefstelling veroorzaakt van de geologische afzettingen. Door de werking van het landijs zijn deze lagen min of meer dakpansgewijs over elkaar heen geschoven. De kleiige en lemige afzettingen vormen nu zogenaamde kleischotten. Deze kleischotten vormen een barrière tegen het in westelijke richting afstromend grondwater, waardoor opstuwing kan plaatsvinden. De verbreiding van deze kleiige afzettingen is erg gecompliceerd. Aangenomen wordt dat deze afzettingen geen aaneengesloten geheel vormen tussen het eerste en tweede watervoerend pakket, nadat ze door stuwing zijn scheefgesteld. Op de stuwwal kunnen deze kleilagen grote verschillen in stijghoogte veroorzaken in hetzelfde watervoerend pakket. Onderzoek heeft aangetoond dat er sprake is van een geohydrologische barrière (KIWA, 1990). Het effect van de scheefgestelde kleilagen is gemodelleerd door het plaatsen van verticale schotten met een weerstand van 10.000 dagen. De ligging van deze schotten is afgeleid uit het stijghoogtepatroon. Om het effect van kleilagen in verticale richting te modelleren is de horizontale en verticale doorlatendheid verkleind. Deze kleischotten zijn ingevoerd in modellaag 1, 2 en 3.

3.2.4. Ondergrond

In hoofdstuk 2 is de opbouw van de ondergrond beschreven. De in tabel 2.1 weergegeven parameters zijn in het model gebruikt.

3.2.5. Topsystemen en topsysteemparameters

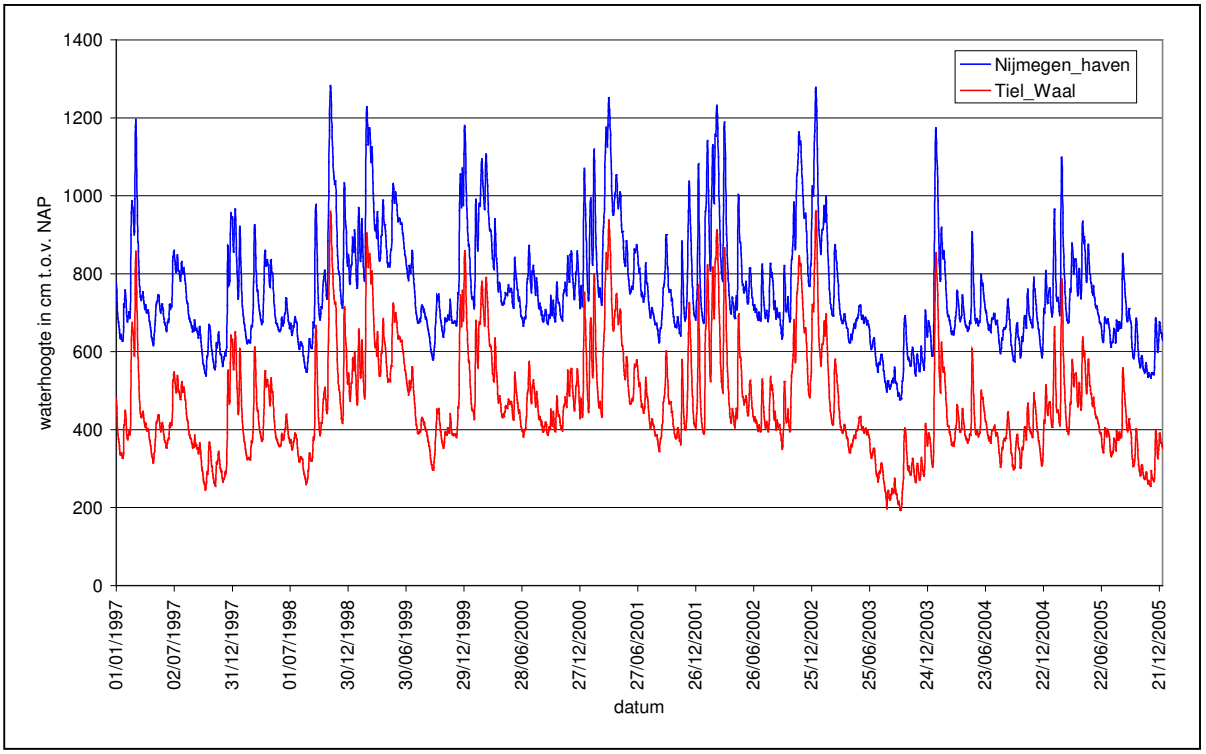
In het modelgebied wordt onderscheid gemaakt tussen 4 verschillende gebieden: vrij afwaterende gebieden, gebieden waar een streefpeil wordt gehanteerd (geen wateraanvoer mogelijk), poldergebieden en de rivieren. De indeling tussen vrij afwaterende gebieden, streefpeil- en poldergebieden is gemaakt op basis van gegevens van het waterschap Rivierenland. De streefpeilen zijn opgenomen in bijlage I. De stuwwal is vrij afwaterend.

In de poldergebieden zijn de waterlopen het hele jaar watervoerend. De waterlopen kunnen naast een drainerende werking ook een infiltrerende werking hebben. Daarom is er gekozen voor een topsysteem waarbij naast voeding door neerslag ook potentiaalafhankelijke voeding en drainage mogelijk is. De polderpeilen zijn verkregen van het Waterschap Rivierenland. De ingevoerde polderpeilen in het model zijn de gemiddelde van de zomer en winterpeilen.

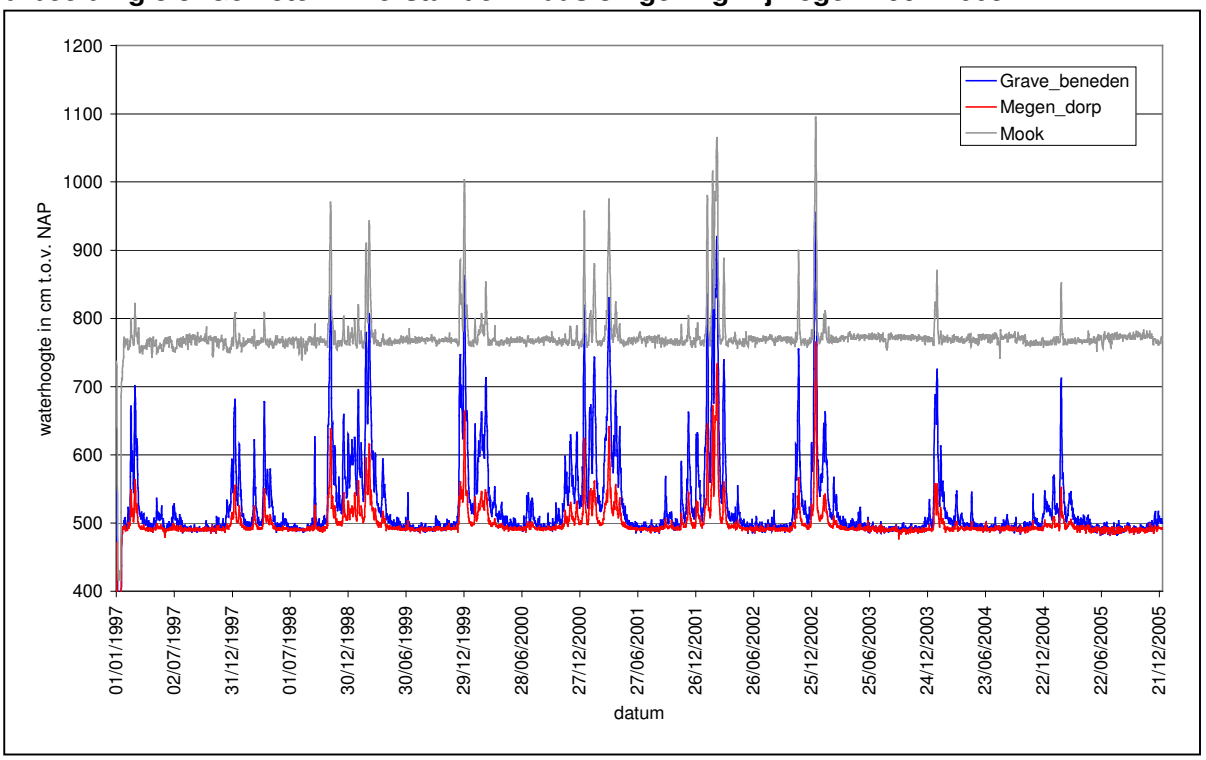
De rivieren Maas en Waal, het Maas-Waalkanaal en de plassen langs deze waterlopen zijn afzonderlijk ingevoerd. De waterlopen kunnen een drainerende maar ook een infiltrerende werking hebben. De ingevoerde rivierpeilen voor het stationaire model zijn gemiddelden van het rivierpeil in 1997. De plassen langs de grote waterlopen staan in direct contact met de nabijgelegen waterloop. Daarom is voor de plassen hetzelfde waterpeil ingevoerd. Voor het Maas-Waalkanaal is een vast peil gehanteerd van NAP + 7,6 m, omdat dit peil in de huidige situatie het grootste deel van de tijd tussen NAP + 7,6 m en NAP 7,7 m schommelt (lit 2).

Voor het instationaire model is voor de rivierpeilen gebruik gemaakt van meetgegevens van Rijkswaterstaat (www.waterbase.nl), zie afbeelding 3.2 en 3.3. De gemiddelde waterstand is tweemaandelijks ingevoerd van januari 1997 tot december 2005. De intreeweerstand van de rivierbodem is geschat op 5 dagen, van de kanaalbodem 10 dagen.

afbeelding 3.2. Gemeten rivierstanden Waal omgeving Nijmegen 1997-2005



afbeelding 3.3. Gemeten rivierstanden Maas omgeving Nijmegen 1997-2005



3.2.6. Drainageweerstand

De drainageweerstand van de poldergebieden, de gebieden met een streefpeil en de vrij afwaterende gebieden zijn bepaald aan de hand van literatuurwaarden die een schatting geven van de drainageweerstand op basis van de grondwatertrap. Hiervoor is de digitale bodemkaart gebruikt. In tabel 3.1 zijn de drainageweerstanden weergegeven zoals die per grondwatertrap zijn ingevoerd.

Tabel 3.1. Relatie grondwatertrap en drainageweerstand (initieel, voor kalibratie)

grondwatertrap	drainageweerstand in dagen
I	150
II	150
III	150
IV	200
V	500
VI	600
VII	700

3.2.7. Onttrekkingen

In het modelgebied bevinden zich een aantal grondwateronttrekkingen ten behoeve van drinkwater en industriële doeleinden. Zeer kleine onttrekkingen en kortdurende onttrekkingen zijn niet meegenomen in het model. Deze gegevens zijn opgevraagd bij de provincie Gelderland.

3.2.8. Grondwateraanvulling

De hoeveelheid effectieve neerslag is gekoppeld aan het landgebruik. De belangrijkste categorieën landgebruik in het modelgebied zijn gras, landbouw, bos, water en stedelijk gebied. De effectieve neerslag voor grasland is bepaald door de Makkinkverdamping (de verdamping van kort gemaaid grasland) van de neerslag af te trekken. Voor de aanvulling op landbouwgronden en bos is gekozen de effectieve neerslag te berekenen door een gewasfactor * Makkinkverdamping van de neerslag af te trekken. De gebruikte gewasfactoren zijn weergegeven in tabel 3.2. Voor het stedelijk gebied kan de grondwateraanvulling worden ingeschat door respectievelijk 0,5 maal de hoeveelheid neerslag.

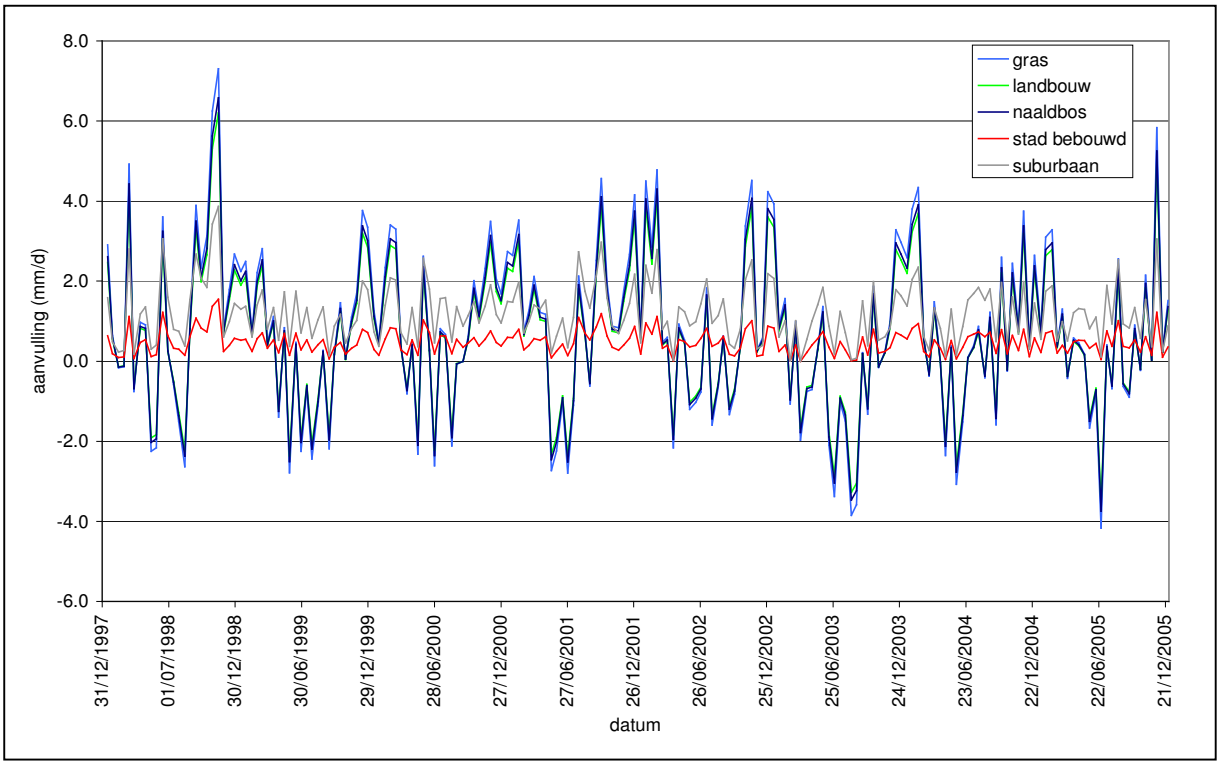
Tabel 3.2. Gemiddelde grondwateraanvulling afhankelijk van het landgebruik 1998-2005

landgebruik	gras	landbouw	naaldbos	loofbos	heide/stuifduin	stedelijk
aanvulling (mm/d)	0,8	1	0,7	0,9	1,3	0,5

Qua neerslag is het jaar 1997 een gemiddeld jaar. Gedurende dit jaar is in het modelgebied de verdamping echter aan de hoge kant, wat resulteert in een relatief lage grondwateraanvulling. In het instationaire model is de grondwateraanvulling op dezelfde manier berekend voor de periode 1998 tot 2005 en tweemaandelijks ingevoerd. In afbeelding 3.4 is het verloop van de grondwateraanvulling weergegeven.

De hoeveelheid neerslag is berekend als het gemiddelde van de KNMI stations Nijmegen en Tiel. Het dichtstbijzijnde station waar de Makkinkverdamping wordt bepaald is Herwijnen.

afbeelding 3.4. Aanvulling grondwatermodel per landgebruiktype 1998-2005



3.2.9. Bergingscoëfficiënten

Op grond van de samenstelling van de onderscheiden deelgebieden (zandige vaaggronden, rivierduingebied, kommengebied) worden freatische bergingscoëfficiënten toegekend. Voor het rivierengebied wordt deze ingeschat op 0,10, voor de stuwwal wordt deze ingeschat op 0,35 en voor het vennengebied op 0,20. Voor de diepere pakketten wordt de bergingscoëfficiënt ingeschat op 0,002.

Lage freatische bergingscoëfficiënten kunnen verklaard worden door de aanwezigheid van klei- en leemlagen aan of nabij het oppervlak. In grote delen van het modelgebied is dat dan ook daadwerkelijk het geval. De elastische bergingscoëfficiënten zijn voor de overige watervoerende pakketten bepaald op 0,002. Er is geen rekening gehouden met variaties in de freatische bergingscoëfficiënt door bijvoorbeeld variaties als gevolg van inundatie.

3.3. Kalibratie van het stationaire model

3.3.1. Kalibratie gegevens en methode

Voor de kalibratie van het stationaire model is gebruik gemaakt van de stijghoogtemetingen van een groot aantal peilbuizen. De peilbuisgegevens zijn gecontroleerd en geselecteerd op onderkant en bovenkant filter, bruikbaarheid, volledigheid meetreeks en verspreiding. In totaal zijn 170 bruikbare meetreeksen geselecteerd: 49 in de deklaag, 95 in het eerste watervoerend pakket, 9 in het tweede watervoerend pakket en 17 in het derde watervoerend pakket.

Het doel van de kalibratie is om verschilfouten (berekende grondwaterstanden - gemeten grondwaterstanden) te minimaliseren. Er zijn een paar gebruikelijke statistische parameters om objectief de gemiddelde verschilfout te bepalen:

- gemiddeld verschil (GV) = $\sum$ *(verschil berekend-gemeten) / n*;
- gemiddeld absoluut verschil (GAV) = $\sum$ | *verschil berekend-gemeten* | / *n*.

Bij de kalibratie kan de betrouwbaarheid van het model worden gekwantificeerd met deze statistische parameters. Vooraf zijn de de volgende criteria gehanteerd:
- de minimalisatie van het GV of optimalisatie van een minimaal GAV;
- de verschilfouten mogen niet systematisch zijn verdeeld.

De kalibratie van het stationaire model is voor die parameters uitgevoerd die niet betrouwbaar zijn vastgesteld en die duidelijk van invloed zijn op de berekende grondwaterstanden. Bovendien is uit een gevoeligheidsanalyse gebleken dat het model voor deze parameters gevoelig is. De betreffende parameters zijn:
- de doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket (diverse verhogingen REGIS-waarden);
- de ligging en doorlatendheid van scheidende kleilagen in de stuwwal (verhoging weerstand tot 10.000 dagen);
- de doorlatendheid van de rivierleemlaag onder het vennengebied (verlaging van 1.900 dagen tot 1.000 dagen);
- de bodemweerstand van de rivieren en A-watergangen. De bodemweerstand van de rivieren is verlaagd van 1 dag naar 0,8 dagen. Voor de A-watergangen is de bodemweerstand verhoogd tot 83 dagen, uitgezonderd het gebied ten noordoosten van Nijmegen en ter plaatse van de Nijmegense wijken Lindenholt en Dukenburg. In de desbetreffende gebieden is de bodemweerstand geschat op circa 1 dag.

3.3.2. Resultaten kalibratie
In tabel 3.3 zijn de statistische parameters weergegeven voor het gekalibreerde stationaire model.

tabel 3.3. Statistische parameters gekalibreerd stationair model

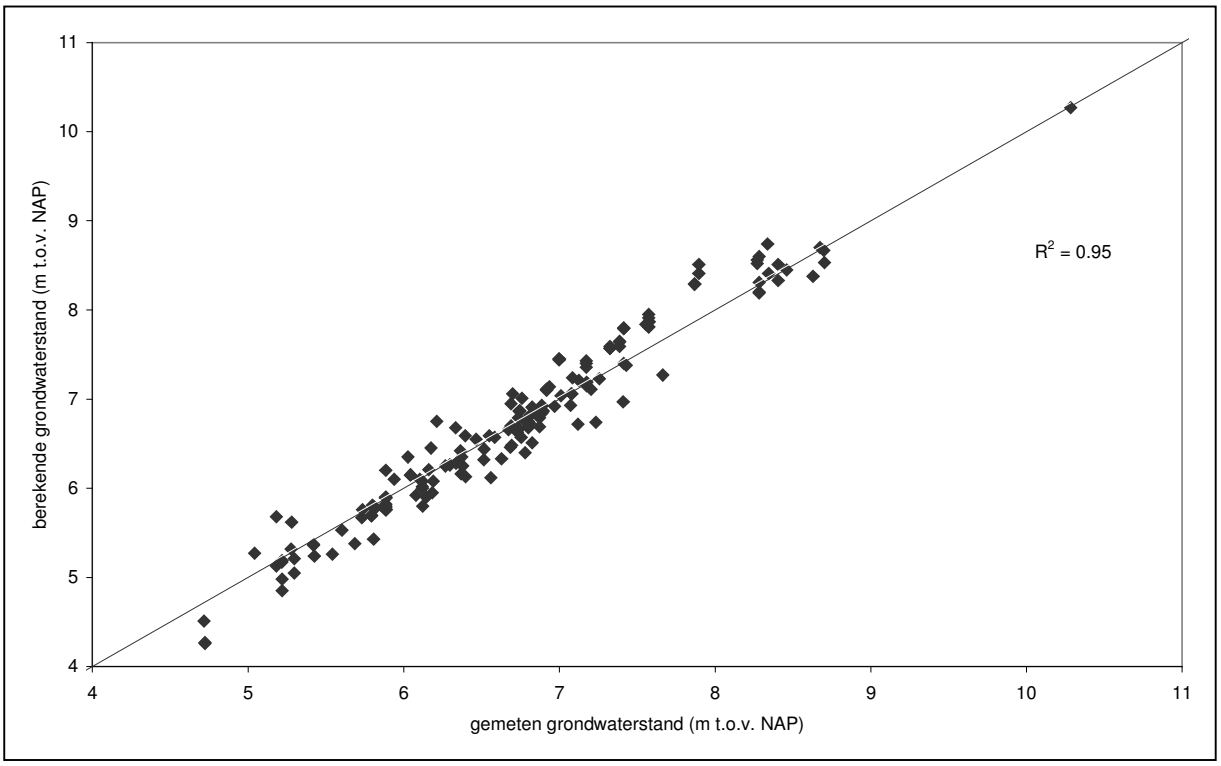
		statistische parameters (m)			
pakket	**aantal peilbuizen**	**GV**	**GAV**	**maximaal GV**	**minimaal GV**
deklaag	49	-0,04	0,19	0,44	-0,54
eerste watervoerend pakket	95	0,01	0,15	0,49	-0,39
tweede watervoerend pakket	9	-0,01	0,12	0,24	-0,32
derde watervoerend pakket	17	-0,13	0,28	0,38	-0,61
totaal	**170**	**-0,02**	**0,17**	**0,49**	**-0,61**

De gemiddelde aftwijking van de 170 peilbuizen bedraagt - 0.02 m. De gemiddelde absolute afwijking bedraagt 0,17 m. Dit is een goed kalibratie resultaat.

Als kalibratiecriterium wordt vaak uitgegaan van een toelaatbare maximale afwijking van 10 % van het verschil in stijghoogte in het grondwatermodel. Het maximale verschil in stijghoogte in het model (zonder de stuwwal) bedraagt 5,40 m. Dit houdt in dat de toelaatbare afwijking van de peilbuizen maximaal 0,54 m mag bedragen. Van de aanwezige peilbuizen voldoen 2 van de 170 peilbuizen niet aan dit criterium. Beide peilbuizen liggen vlak langs de Waal, zodat het grondwatermodel voldoende nauwkeurig is om effecten binnen het vennengebied te berekenen.

Ook uit afbeelding 3.5 blijkt dat de gemeten waarden goed benaderd worden. De standaardafwijking van de fouten bedraagt 0,22 m.

afbeelding 3.5. Vergelijking gemeten en berekende stijghoogtes



3.4. Resultaten aanvullende stationaire kalibratie

3.4.1. Aanvullingen en wijzigingen

Om de bestaande kennis van het studiegebied te verdiepen is in september 2006 een veldbezoek gebracht aan de Overasseltsche vennen. De nieuwe kennis van het gebied is ingepast in het gekalibreerde model. Door het veldbezoek en de gesprekken met Staatsbosbeheer en Waterschap Rivierenland zijn aanvullende gegevens beschikbaar gekomen om het watersysteem in de Overasseltsche vennen beter te begrijpen. Deze gegevens zijn:

- de aanwezigheid van belangrijke drainerende watergangen in het vennengebied en langs de flanken van het vennengebied;
- het oppervlaktewater in de vennen is grotendeels geïsoleerd van de grondwaterstand in het freatische pakket door de aanwezigheid van moerig materiaal. Bij enkele vennen is deze weerstandsbiedende laag doorbroken/niet aanwezig;
- van alle vennen kan alleen in het Wijchens ven wateraanvoer plaatsvinden via lozing vanuit het nabij liggende RZWI;

Op basis van deze gegevens, en een aanvullende kalibratieslag, zijn de volgende parameters gewijzigd:

- alle A-watergangen zijn doorlopend ingevoerd in het grondwatermodel. De bodemweerstand van deze A-watergangen varieert tussen 80 en 500 dagen (bij een celgrootte van 50 x 50 m), afhankelijk van de breedte van de watergang. Voor een watergang van circa 1,5 m breed, komt dit overeen met een bodemweerstand van circa 3 - 15 dagen;
- de doorlatendheid van de rivierleemlaag onder het vennengebied is verhoogd naar circa 1.750 dagen. Op de locatie van de vennen is een hogere weerstand meegenomen om de aanwezigheid van moerig materiaal te verdisconteren;
- de bodemweerstand van de rivieren is verhoogd naar 10 dagen. Voor het Maas-Waalkanaal is deze ingeschat op circa 5 dagen;

- de belangrijkste drainerende watergangen in het vennengebied zijn in het model ingebracht;
- de bergingscoëfficiënt in het vennengebied is verhoogd naar 0,35. Voor de dieper liggende watervoerende pakketten is deze verhoogd naar 0,02.

3.4.2. Resultaten aanvullende kalibratie stationair model

In tabel 3.4 zijn de statistische parameters weergegeven voor het gekalibreerde stationaire model. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een situatie inclusief en exclusief de stuwwal, omdat daar de grootste verschillen berekend worden. Voor het studiegebied (Overasseltsche Vennen, bemalingsgebied Bloemers) presteert het model beter. Dit komt in de statistiek over het gehele model nauwelijks tot uitdrukking.

tabel 3.4. Statistische parameters gekalibreerd stationair model (bemalingsgebied Bloemers)

		statistische parameters (m)			
pakket	**aantal peilbuizen**	**GV**	**GAV**	**maximaal GV**	**minimaal GV**
deklaag	50	-0,08	0,19	0,49	-1,30
eerste watervoerend pakket	93	0,02	0,15	0,54	-0,30
tweede watervoerend pakket	10	0,04	0,11	0,33	-0,20
derde watervoerend pakket	17	-0,03	0,26	0,54	-0,60
totaal	**170**	**-0,01**	**0,17**		

Voor het bemalingsgebied Bloemers bedraagt de gemiddelde aftwijking van de 170 peilbuizen - 0.01 m. De gemiddelde absolute afwijking bedraagt 0,17 m. Dit is een goed kalibratie resultaat. Als kalibratiecriterium wordt vaak uitgegaan van een toelaatbare maximale afwijking van 10 % van het verschil in stijghoogte in het grondwatermodel. Het maximale verschil in stijghoogte in het model (zonder de stuwwal) bedraagt 5,40 m. Dit houdt in dat de toelaatbare afwijking van de peilbuizen maximaal 0,54 m mag bedragen. Van de aanwezige peilbuizen voldoen 5 van de 170 peilbuizen niet aan dit criterium. Van deze peilbuizen liggen er 2 bij de winning ten noorden van Nijmegen, 2 langs de Waal bij de Ooijpolder en ligt er 1 in de uiterwaard langs de Maas. Voor het studiegebied is daarmee het model voldoende nauwkeurig om de effecten van hydrologische maatregelen te berekenen.

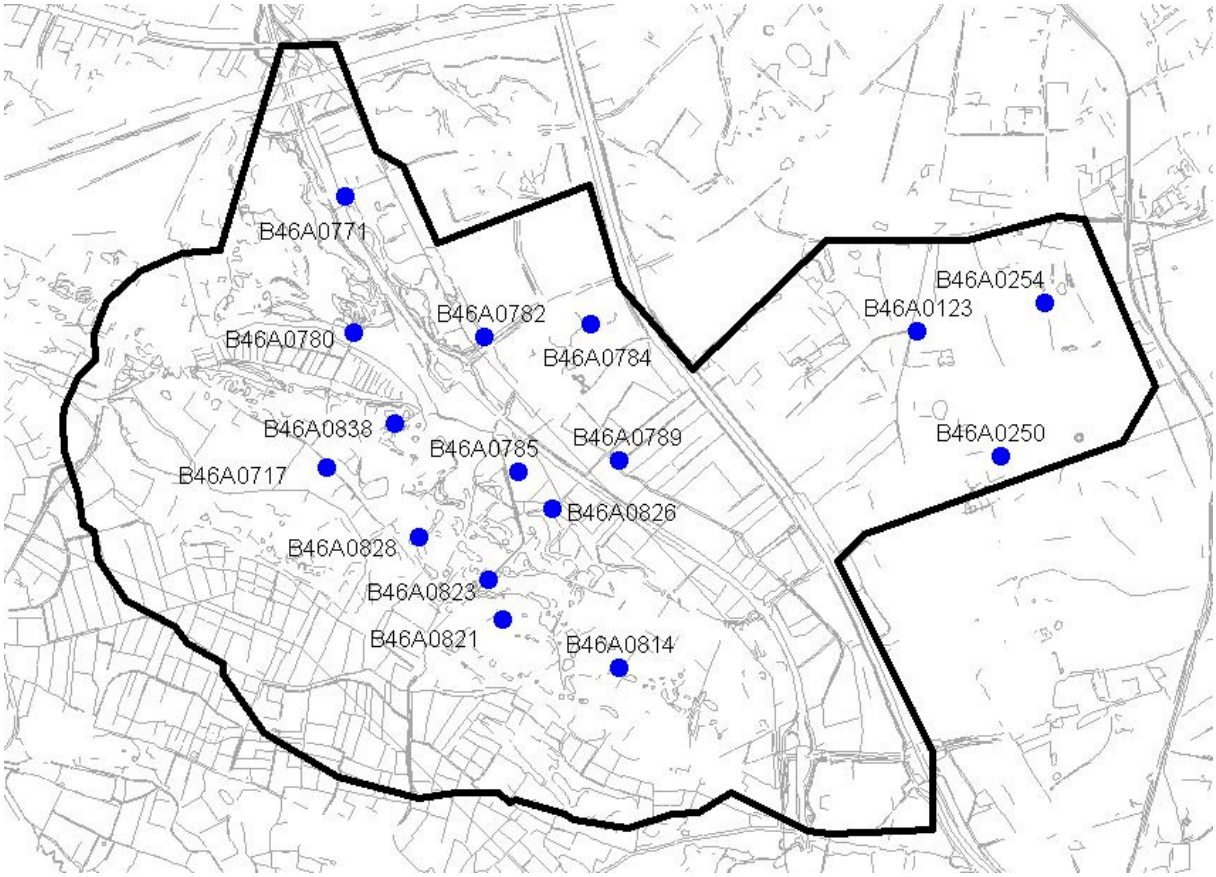
Wanneer de gehele stuwwal meegenomen wordt in de kalibratie, is het gemiddelde verschil tussen gemeten en berekende grondwaterstanden - 0,45 m. De gemiddelde absolute afwijking bedraagt 0,78 m. Met name op de overgang van de stuwwal naar het omliggende gebied is er sprake van afwijkingen. Dit komt omdat ter plekke van de metingen grote stijghoogteverschillen/grondwaterstandsverschillen voorkomen op korte afstand. Uitgaande van een maximale afwijking van 10 % van het verschil in stijghoogte in het grondwatermodel, voldoen 17 van de 256 peilbuizen niet aan dit criterium. Voor een complex gebied als de stuwwal is dit een redelijk kalibratieresultaat. Door een extra kalibratie met speciale aandacht voor de stuwwal is het mogelijk een beter resultaat te verkrijgen. De afwijkingen op de stuwwal hebben overigens een verwaarloosbare invloed op de berekeningen in het vennengebied.

In bijlage I zijn de bollenkaarten opgenomen, waarin de ruimtelijk spreiding van de gemiddelde afwijking is weergegeven. De bollen op de kaarten geven het verschil aan tussen de berekende minus, de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten. Uit de kaarten blijkt dat de grootte van de verschillen ruimtelijk varieert, onafhankelijk van de locatie. Voor het actiegebied worden de grondwaterstanden goed berekend. Wel worden met name aan de westzijde van het vennengebied de berekende grondwaterstanden/stijghoogten circa 15 - 20 cm te laag berekend. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er in het vennengebied naast de neerslag geen wateraanvoer mogelijk is. Wanneer hiermee wel rekening zou gehouden worden dan wordt het gemiddelde beter berekend, maar wordt de verdroging van het gebied onderschat. Een tweede oorzaak is dat het gebied in het model stationair wordt berekend, terwijl het een instationair systeem betreft. In de instationaire berekeningen wordt de gemiddelde grondwaterstand dan ook goed berekend.

3.5. Resultaten kalibratie instationair model actiegebied

De kalibratie van het instationaire model is gebaseerd op gemeten fluctuaties van stijghoogte en grondwaterstanden. De nadruk is gelegd op het goed simuleren van de grondwaterstand en stijghoogte in het actiegebied. Daarom zijn er peilbuizen geselecteerd die in de omgeving van Heumensoord en het vennengebied liggen. De locatie van deze peilbuizen is weergegeven in afbeelding 3.7. De met het stationaire model gekalibreerde parameters zijn in eerste instantie overgenomen naar het instationaire model. De kalibratie is vooral gericht geweest op het optimaliseren van de bergingscoëfficiënten en de drainageweerstanden.

afbeelding 3.6. Locatie kalibratie peilbuizen in actiegebied

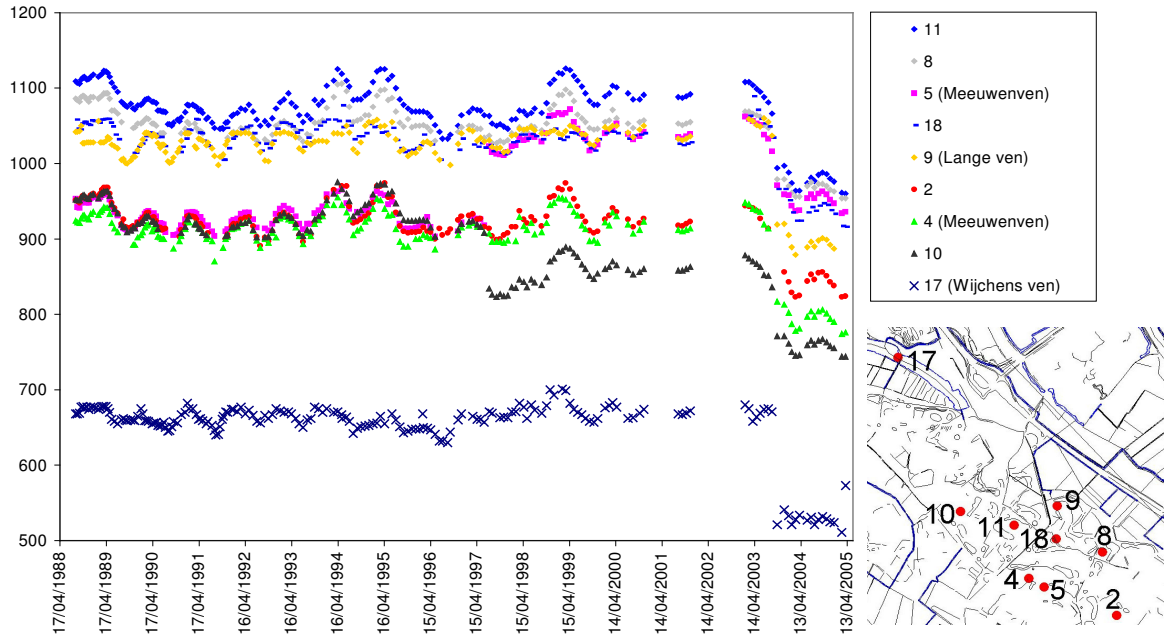


In het vennengebied zijn circa 23 peilbuizen beschikbaar voor de kalibratie, waarvan er 18 in het eerste watervoerend pakket gepositioneerd zijn en 5 in de deklaag. De bergingscoëfficiënt voor het vennengebied is niet gewijzigd. De bergingscoëfficiënt van de watervoerende pakketten is verhoogd van 0,002 naar 0,02.

In bijlage V zijn de berekende en gemeten stijghoogten opgenomen voor de peilbuizen in het actiegebied (voor de ligging zie afbeelding 3.6.). Hieruit blijkt dat in het vennengebied de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket goed wordt berekend. De variatie in de stijghoogte wordt goed voorspeld. De berekende stijghoogte in Heumensoord wordt sterk beïnvloed door de grote grondwateronttrekkingen in de omgeving. De gemiddelde stijghoogte wordt goed berekend, maar er is teveel fluctuatie in de berekeningen. Verhoging van de bergingscoëfficiënt naar 0,4 verlaagt de variatie met maximaal 10 cm, maar verlaagt tegelijkertijd de gemiddelde waarde. De te grote variatie wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat in het model de onttrekking geconcentreerd is in locaties met gelijk debiet, terwijl in werkelijkheid het aantal putten groter kan zijn met wisselend onttrekkingsdebiet.

De grondwaterstand in het freatische pakket in het vennengebied wordt qua gemiddelde en fluctuatie goed (Pb46A0828) tot redelijk goed (Pb46A0814, Pb46A0823) berekend. In enkele peilbuizen die in het freatisch pakket staan, valt het op dat na de zomer van 2003 de berekende grondwaterstand sterk gedaald is en vervolgens niet terugkomt op het oude gemiddelde. Onder de rivierleemlaag (eerste watervoerend pakket) is deze daling niet zichtbaar, waardoor dit fenomeen beperkt blijft tot het freatische pakket. De gemeten grondwaterstand laat echter deze sterke daling niet zien. Een vergelijking met de gemeten oppervlaktewaterpeilen in de vennen (zie afbeelding 3.7) laat zien dat op hetzelfde tijdstip een sterke daling heeft plaatsgevonden in het oppervlaktewaterpeil. Voor deze sterke daling is een verklaring gevraagd bij de beheerder van deze peilbuizen, het Staatsbosbeheer. Vooralsnog is het onduidelijk waardoor deze daling veroorzaakt is.

afbeelding 3.7. Oppervlaktewaterpeil vennen (in cm t.o.v. NAP) en ligging locaties



In de jaren na 2003 is de aanvulling niet voldoende om terug te komen op de situatie voor 2003. Omdat dit effect in de metingen niet zichtbaar is, moet geconcludeerd worden dat de grondwaterstand in het freatische pakket gedurende deze droge periode mogelijk aangevuld is vanuit de vennen.

3.6. Aanvullende instationaire kalibratie Overasseltsche Broek

invoer aanvullende gegevens buisdrainage

Tussen het opstellen van het model (in 2006) en heden, zijn nieuwe gegevens beschikbaar gekomen ten aanzien van de ligging van buisdrainage. Hiertoe zijn door het waterschap bestanden aangeleverd ten aanzien van de hoogteligging en de drainageweerstand (uniform 70 dagen). De diepteligging van de drainage is opgedeeld in 4 klassen: 80, 100, 120 en 170 cm -mv. In het studiegebied komen, met name de eerste 2 klassen, het meest voor. Deze nieuwe gegevens zijn opgenomen in het model.

fijnkalibratie en kalibratieresultaat extra peilbuizen

In 2006 is het model stationair gekalibreerd voor het gehele modelgebied. De instationaire kalibratie heeft zich met name gericht op het studiegebied. Op verzoek van de projectgroep is de instationaire kalibratie nu uitgebreid naar het deelgebied tussen het Vennengebied en de Maas (Neder- en Overasseltsche Broek). Voor dit gebied is de ligging van de peilbuizen opgevraagd in DINO. De ligging van de peilbuizen zijn weergegeven in afbeelding 3.8 en 3.9. Slechts een deel van deze peilbuizen heeft een geschikte meetreeks tussen 1998 en 2005 die geschikt is voor kalibratie.

Bij de fijnkalibratie van het model voor dit deelgebied, zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

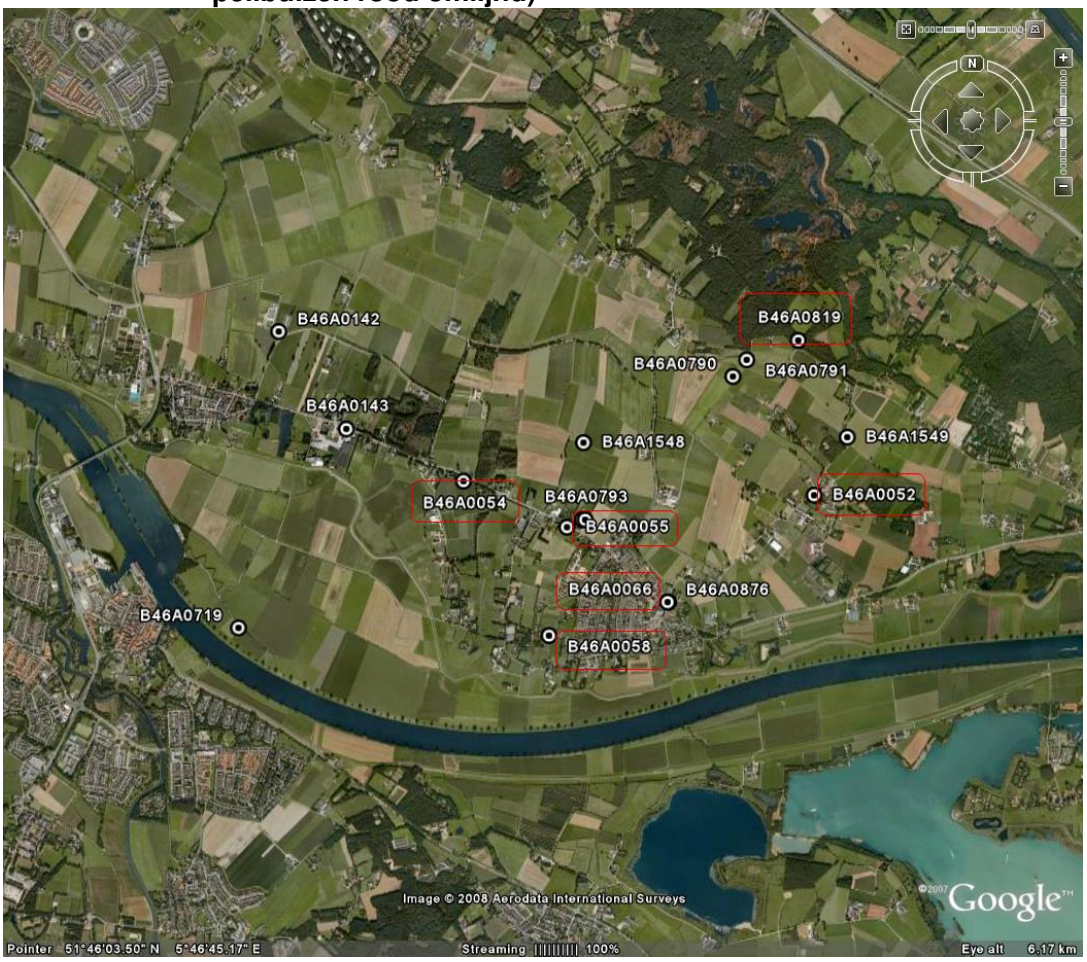
- in diverse stappen heeft een optimalisatie van de bergingscoëfficiënt plaatsgevonden. Dit heeft geresulteerd in een aanpassingen van de freatische bergingscoëfficiënt van 0,1 naar 0,25 en de elastische bergingscoëfficiënt van het eerste watervoerendpakket van 0,02 naar 0,1;
- de doorlatendheid die wordt gebruikt voor de General Head Boundary (peilen van B- en C-watergangen), varieert binnen het gebied en is als volgt aangepast:
  - van 5,5 naar 1,375 m^2 per dag;
  - van 4,2 naar 1,05 m^2 per dag;
  - van 3 naar 0,75 m^2 per dag.

In bijlage VI is het resultaat van de aanvullende instationaire kalibratie weergegeven. Uit de grafieken blijkt dat het model de stijghoogten door de tijd goed voorspelt. De pieken en dalen starten op het juiste moment, de steilte van de pieken en dalen is goed en bij een aantal peilbuizen zijn met name de dalen wat te laag berekend en worden enkele pieken gemist. Verdere aanpassing van de bergingscoëfficiënt zou kunnen leiden tot hogere pieken (en daarmee tot een betere **match**), maar dat zal leiden tot nog lagere dalen. Gemiddeld gezien lijkt verdere aanpassing daarom niet verstandig. Geconcludeerd kan worden dat het model nauwkeurig genoeg is voor het uitvoeren van de effectberekeningen. Omdat niet alle sloten los zijn ingevoerd kan bij het gebruik van het AHN 5*5 (ten opzichte van modelcellen van 50 bij 50) nabij watergangen de situatie gemiddeld wat natter dan de daadwerkelijke situatie berekend worden, midden op de percelen kan de situatie wat droger berekend worden. Interpretatie op perceelsniveau van dit regionale dient daarom met de nodige voorzichtigheid plaats te vinden.

Het aanvullend gekalibreerde model is gebruikt voor de effectberekening van de definitieve scenario's A en B.

afbeelding 3.8. Ligging peilbuizen volgens DINO in het westelijk deel van het gebied (kalibratie-peilbuizen rood omlijnd)

afbeelding 3.9. Ligging peilbuizen volgens DINO in het oostelijk deel van het gebied (kalibratie-peilbuizen rood omlijnd)



4. BEREKENING HUIDIGE SITUATIE (AGOR EN AGOR+)

4.1. Inleiding

De referentiesituatie voor de maatregelscenario's en dus ook voor het geohydrologisch onderzoek is de huidige situatie (AGOR), inclusief de voorgenomen peilverhoging (AGOR+). De referentiesituatie is met het gekalibreerde grondwatermodel berekend.

4.2. AGOR

Van deze referentiesituatie zijn de volgende resultaten gepresenteerd in de bijlagen:

- de gemiddelde stijghoogte van het eerste watervoerend pakket ten opzichte van NAP (bijlage II);
- de gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van NAP en maaiveld (bijlage III);
- de gemiddelde kwel- en infiltratie (bijlage IV);
- de GHG, GLG en GVG (bijlage VII).

In het vennengebied varieert de grondwaterstand van NAP + 6,2 m tot NAP + 10,8 m, grotendeels veroorzaakt door het aanwezige reliëf en de onderliggende rivierleemlaag. Ter plaatse van de vennen staat het water boven maaiveld, terwijl op de ruggen de ontwatering gemiddeld dieper is dan 5 m -mv. In het voorjaar staat de grondwaterstand op de landbouwgronden circa 25 - 100 cm onder het maaiveld. Lokaal kan er water aan maaiveld staan, zoals in het Noordwesten van de Teerse Sluispolder, ten noordoosten van het vennengebied (bijlage VII). Over het algemeen zijn de landbouwgronden langs de flanken van het vennengebied natter dan de omgeving. In de wintersituatie bij hoge grondwaterstanden kan het water op veel locaties aan maaiveld staan. In de zomer zakt de grondwaterspiegel weg en wordt in het grootste gedeelte van het vennengebied een grondwaterstand gemeten dieper dan 2 m -mv.

Het Maas-Waalkanaal heeft een verhogende invloed op de grondwaterstand in de directe omgeving. Dit effect is ook zichtbaar op de infiltratiekaart, omdat er in het kanaal sterke infiltratie plaatsvindt (> 2 mm per dag). In de watergangen in de Nijmegense wijken Lindenholt en Dukenburg, is er sprake van kwel, evenals in de poldergebieden tussen het vennengebied en de Maas. Het vennengebied zelf wordt gekenmerkt door infiltratie. Door de hoge grondwaterstand in het vennengebied is er tevens sprake van kwel aan de flanken. Ten zuiden van het vennengebied is er sprake van een kwelsituatie. De mate van kwel hangt samen met de aanwezige grondwatertrap. Dit verklaart de patronen ten zuiden van het vennengebied, waarin duidelijk het effect van de verschillende rivierafzettingen te zien is (zandig of kleiig ontwikkelde bodems). Het gebied tussen het vennengebied en het Maas-Waaskanaal wordt gekenmerkt door weinig infiltratie en kwel. Op de stuwwal zal het water infiltreren.

In afbeelding 4.1 wordt voor diverse locaties in het vennengebied de stroombanen weergegeven waarlangs het water zich beweegt gedurende een periode van 100 jaar.

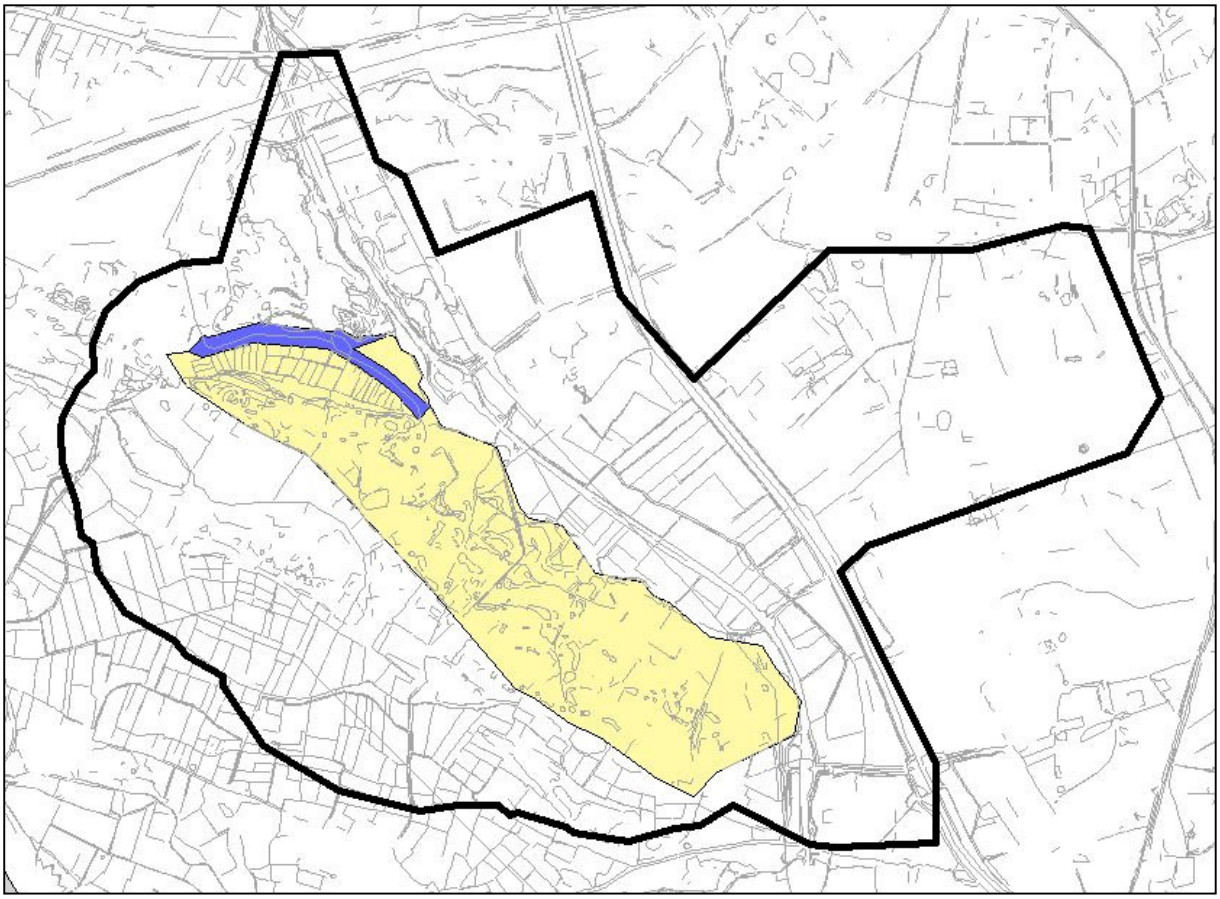
afbeelding 4.1. Stroombanen naar de omgeving vanuit het vennengebied

Hieruit blijkt dat het water uit het vennengebied zich voornamelijk verplaatst naar het westen. Alleen in een smalle strook in de noordoostelijke helft van het vennengebied stroomt het water richting het (noord)oosten. Het water in het vennengebied infiltreert namelijk naar het eerste watervoerend pakket, waarna het zich verplaatst loodrecht op het isohypsenpatroon (bijlage II). Het water dat infiltreert in het Maas-Waalkanaal stroomt ter plaatse van de Teerse Sluispolder richting het noordwesten, terwijl aan de andere zijde van het kanaal het water verdwijnt richting de onttrekking bij Heumensoord.

De grondwaterstroming in het eerste watervoerend pakket is (noord)westelijk gericht. De stijghoogte varieert van NAP + 5,8 m in het westen van het actiegebied (zie zwarte lijn in afbeelding 4.1) tot NAP + 7,6 m langs het Maas-Waalkanaal.

Van het Wijchens ven en het totale vennengebied is een waterbalans opgesteld. De locatie van deze gebieden is weergegeven in afbeelding 4.2. In het model hebben beide gebieden een oppervlakte van respectievelijk circa 32 en 611 ha.

afbeelding 4.2. Locaties bepaling waterbalans



In tabel 4.1 zijn de posten van de waterbalans opgenomen. Hieruit blijkt dat er in het freatische pakket in het vennengebied alleen water aangevoerd wordt via neerslag. Van uit het Wijchens ven wordt er gemiddeld per dag circa 1,8 mm water aangevoerd. Vrijwel al het water infiltreert richting het eerste watervoerend pakket. Dat is ook het geval in het vennengebied: circa 4760 m^3 per dag infiltreert er uit het freatische pakket naar het eerste watervoerend pakket. Via horizontale stroming stroomt er in het eerste watervoerend pakket veel water weg; circa 2-3 keer zoveel als de horizontale wateraanvoer.

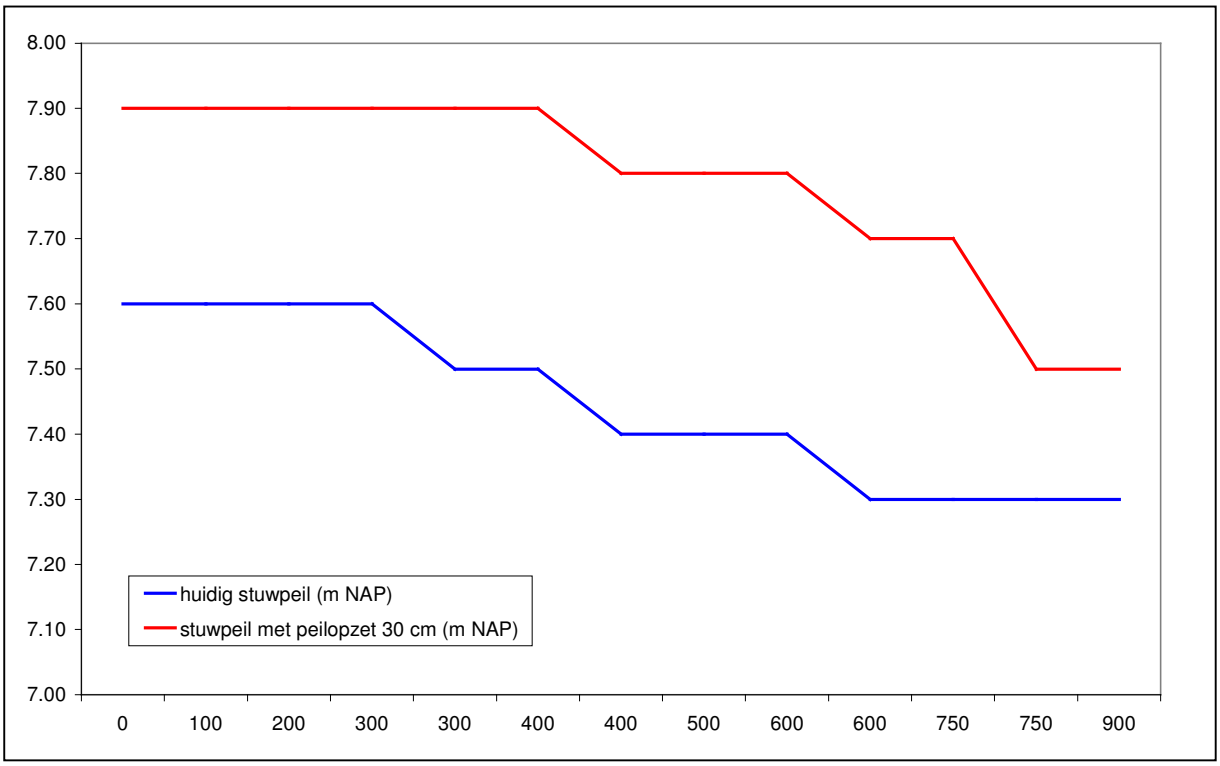
tabel 4.1. Waterbalans van het vennengebied en het Wijchens ven huidige situatie

		Wijchens ven		Vennengebied	
modellaag	**aan-/afvoer**	**in**	**uit**	**in**	**uit**
deklaag	horizontale stroming		21	17	713
	verticale stroming		741		4.759
	neerslag	159		5.458	
	oppervlaktewater	601			
watervoerend pakket I	horizontale stroming	384	978	2.027	4.404
	verticale stroming	741	146	4.802	2.423
watervoerend pakket II	horizontale stroming	45	59	189	627
	verticale stroming	146	132	2.512	2.080
watervoerend pakket III	horizontale stroming	319	450	1.164	3.101
	verticale stroming	132		2.027	89
totaal		**2.527**	**2.527**	**18.196**	**18.196**

4.3. AGOR+

Voor het AGOR+-scenario wordt rekening gehouden met een peilopzet van gemiddeld 30 cm in het stuwpand Grave. Dit stuwpeil is afhankelijk van het debiet; naarmate de afvoer toeneemt wordt het stuwpeil lager ingesteld. In afbeelding 4.3 is het getrapte stuwbeheer weergegeven, respectievelijk voor de huidige situatie en de situatie met een peilopzet van 30 cm. Hieruit wordt duidelijk dat bij lage afvoeren het peil wordt verhoogd met circa 30 cm. Bij een afvoer groter dan 750 m^3 per seconde (circa 50 dagen per jaar) wordt het stuwpeil verlaagd naar NAP + 7,5 m, circa 23 cm hoger dan in de huidige situatie. Bij een afvoer tussen de 300 en 750 m^3 per seconde (circa 190 dagen per jaar) is het stuwpeil gemiddeld 40 cm hoger.

afbeelding 4.3. Stuwpeil bij verschillende afvoeren in huidige situatie en na peilopzet



In het kader van de heroverweging peilopzet stuwpand Grave [lit. 1] zijn met behulp van het 1D-stromingsmodel SOBEK de effecten berekend op de waterstanden in het stuwpand Grave. De effecten zijn berekend voor een gemiddelde wintersituatie (langjarig gemiddelde afvoer circa 470 m^3 per seconde), voorjaarssituatie (langjarig gemiddelde afvoer circa 340 m^3 per seconde) en een gemiddelde zomersituatie (langjarig gemiddelde afvoer circa 50 m^3 seconde). Voor het gedeelte van de Maas dat langs het bemalingsgebied Bloemers loopt (Maaskilometers 167 - 175), heeft het peilopzet de volgende consequenties:

- in een gemiddelde wintersituatie stijgt het waterpeil met circa 40 cm bij Maaskilometer 175 (Grave) en circa 25 cm bij Maaskilometer 167 (aantakking Maas-Waalkanaal);
- in een gemiddelde voorjaarssituatie stijgt het waterpeil met circa 30 - 37 cm bij respectievelijk Maaskilometer 175 en 167;
- in een gemiddelde zomersituatie ligt het waterpeil over het gehele stuwpand circa 30 cm hoger.

Gedurende circa 50 dagen per jaar zal het waterpeil bij Grave circa 23 cm hoger staan dan in de huidige situatie. Uitgaande van een gemiddelde situatie ligt het waterpeil in de resterende dagen van het jaar circa 25 - 40 cm boven het huidige peil. Om de effecten van de peilopzet op de grondwaterstanden te berekenen (scenario AGOR+) is daarom rekening gehouden met een integrale verhoging van de rivierstand met 30 cm. Ook het peil in het Maas-Waalkanaal is verhoogd met 30 cm. Hierbij is rekening

gehouden met het peilbeheer bij sluis Heumen: bij een rivierstand hoger dan NAP + 8,3 m en lager dan NAP + 7,5 gaat de sluis dicht. Van deze situatie worden de volgende resultaten gepresenteerd in de bijlagen:

- de gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van NAP en maaiveld (bijlage VIII);
- de gemiddelde kwel- en infiltratie (bijlage VIII);
- de gemiddeld berekende verandering (bijlage VIII).

Verhoging van het stuwpeil resulteert voor de GLG in grondwaterstandsverhogingen. Langs het stuwpand Grave is in de directe nabijheid van de Maas een verhoging te verwachten van maximaal 30 cm. In het zuiden van het vennengebied stijgt de GLG met circa 5 - 15 cm. Ten oosten van het Maas-Waalkanaal ligt de GLG circa 5 - 25 cm, waarbij de grootste stijging optreedt naast het kanaal. Langs de Maas verandert de GHG en de GVG in gelijke mate als de GLG. Ten oosten van het Maas-Waalkanaal is de stijging echter circa 5 cm minder. De peilopzet resulteert hiermee dus in een verhoging van de GHG, de GLG en de GVG.

In tabel 4.2 is de waterbalans opgenomen van het Wijchens ven en het totale vennengebied (afbeelding 4.2). Uit een vergelijking met de waterbalans in de huidige situatie blijkt dat er na peilopzet meer water het vennengebied binnenkomt via horizontale stroming in het eerste watervoerend pakket. Netto komt er 9,4 % meer water binnen via het eerste watervoerend pakket.

tabel 4.2. Waterbalans van het vennengebied en het Wijchens ven na peilopzet

		Wijchens ven (m^3 per dag)				vennengebied (m^3 per dag)			
laag	**aan-/afvoer**	**in**	*Δ**	**uit**	*Δ*	**in**	*Δ*	**uit**	*Δ*
deklaag	hor. stroming			18	-16,7	16	-6,3	723	1,4
	vert. stroming			700	-5,9			4.765	0,1
	neerslag	159	0,0			5.458	0,0		
	opp. water	559	-7,5						
wvp I	hor. stroming	454	15,4	1.015	3,6	2.425	16,4	4.738	7,0
	vert. stroming	700	-5,9	139	-5,0	4.800	0,0	2.480	2,3
wvp II	hor. stroming	51	11,8	64	7,8	231	18,2	693	9,5
	vert. stroming	139	-5,0	126	-4,8	2.608	3,7	2.143	2,9
wvp III	hor. stroming	350	8,9	476	5,5	1.417	17,9	3.347	7,3
	vert. stroming	126	-4,8			2.062	1,7	128	30,5
totaal		**2.538**	0,4	**2.538**	0,4	**19.017**	4,3	**19.017**	4,3

* Δ = verandering ten opzichte van de huidige situatie in %

Door het hogere peil in het eerste watervoerend pakket kan het Wijchens ven ook minder water kwijt aan het eerste watervoerend pakket. De hoeveelheid oppervlaktewater dat infiltreert vermindert met circa 7,5 %.

In bijlage IX zijn de berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddelde voorjaars grondwaterstand (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) weergegeven voor de AGOR+ (Actueel Grond- en Oppervlaktewater Regiem)-situatie, waarbij rekening is gehouden met een verhoging van de stuw bij Grave van 30 cm. Deze verhoging werkt door in de waterstanden van het Maas-Waalkanaal. De GVG is berekend conform de formule voor vrij afwaterende gebieden (uit de publicatie van DLG: Grondwater als leidraad voor oppervlaktewater). Ten opzichte van de eerdere AGOR+-berekeningen zijn met name de GHG en GVG wat droger in het landbouwgebied. Dit is het gevolg van het toevoegen van de buisdrainage aan het model. Met name in het Overasseltsche Broek is in diverse percelen de GHG wat droger geworden. Het Vennengebied laat als gevolg van het reliëf een zeer variërend beeld zien ten aanzien van de GxG's; zowel zeer ondiepe als zeer diepe GxG's komen op relatief korte afstand van elkaar voor.

5. MAATREGELEN

5.1. Inleiding

Ten behoeve van het hydrologische onderzoek is een grondwatermodel gebouwd van de Overasseltsche Vennen de omgeving. Het model is daarna gekalibreerd door de gemeten en berekende waarden in overstemming te brengen door parameter aanpassing. Vervolgens is het actuele grondwaterregime berekend met een instationair model AGOR en AGOR+ (met peilverhoging in Maas-Waalkanaal en bij Grave). De kalibratie en de berekeningen van het AGOR en AGOR+ zijn in eerdere hoofdstukken toegelicht en door middel van kaarten in beeld gebracht.

In klein comité vanuit de projectgroep is het door te rekenen maatregelpakket vastgesteld om te komen tot betere hydrologische omstandigheden voor de natuur. Onderstaand volgt een beschrijving van het maatregelpakket. Uitgangspunt is het streven naar watersysteemherstel, binnen de randvoorwaarden van de mogelijkheden van het gebied.

Maatregelen die **niet** in beschouwing worden genomen zijn:
- omvormen bebouwd gebied;
- aanpassen van het peil van het Maas-Waalkanaal;
- aanpassen bermsloten rijksweg;
- kunstmatige wateraanvoer naar de vennen.

Drinkwaterwinning: het verminderen of afbouw van de drinkwaterwinning Heumensoord is reeds in andere studies berekend [lit 5]. De uitkomsten daarvan zullen in dit onderzoek betrokken worden.

5.2. Onderdelen verkennend maatregelpakket

In de projectgroep is besloten een verkennend maatregelpakket samen te stellen, bestaand uit de volgende onderdelen:
1. maatregelen binnen bestaande natuur;
2. ontwikkelen nieuwe natuur;
3. maatregelen het omliggende agrarische gebied.

ad. 1
Bestaande natuurgebieden intern:
a. bosomvorming;
b. afwatering Wychense ven verminderen door een peilverhoging van 50 cm en het dempen sloten in zone tussen Wychens ven en vennengebied. Dit is een sikkelvormige zone direct ten zuiden van het Wychensven;
c. dempen van de interne afwatering/greppels vanuit de vennen.

ad. 2.
Nieuwe natuur:
- tussen vengebied tot snelweg A73: sloten niet meer af laten voeren. A-watergang langs A73 niet aanpassen;
- Zuidwestkant vennengebied bij de Bullenkamp: watergang verondiepen en verbreden + verhoging van het peil van 50 cm;
- idem, meer zuidoost: uitkomende sloot geen afvoerende functie meer geven;
- Teersche Sluispolder: drainwater uit de Wezenhof in het gebied laten infiltreren via een infiltratiesloot achterlangs de betonfabriek. Dit levert maximaal circa 80 m^3/uur.

ad. 3.
Agrarisch gebied:
- geen aanpassingen aan de Tochtsloot; verondiepen en peilverhoging van 25 cm worden nu niet haalbaar geacht;
- Leigraaf: peilverhoging Leigraaf bovenstrooms deel, meest noordoostelijke tak, gaat om traject direct grenzend aan vennengebied. Heeft nu een peil van NAP 6,25 m, de opzet wordt 50 cm (dit onderdeel is toegevoegd na overleg met SBB).

5.3. Resultaten verkennend maatregelenpakket
Dit verkennend maatregelenpakket is na discussie verder bijgesteld. In klein comité vanuit de projectgroep zijn 2 aanvullende maatregelscenario's opgesteld om te komen tot betere hydrologische omstandigheden voor de natuur. Daarnaast zijn enkele maatregelen los doorgerekend om te worden beoordeeld op effectiviteit. Onderstaand volgt een beschrijving van de losse maatregelen en de nieuwe scenario's. Uitgangspunt is het streven naar watersysteemherstel, binnen de randvoorwaarden van de mogelijkheden van het gebied.

5.4. Omschrijving maatregelscenario's I, II en losse maatregelen
De volgende maatregelscenario's zijn met het model doorgerekend:
- scenario I: het eerder doorgerekende verkennende maatregelenpakket, aangevuld met:
  - 1. peilverhoging in het hele peilvak van de Tochtsloot met 50 cm;
  - 2. peilverhoging in het hele Overasselts Broek (peilvakken SIT 90 en SIT 91) met 50 cm;
  - 3. stopzetting van de grondwaterwinning Heumensoord (pompstation);
- scenario II: het eerder doorgerekende maatregelenpakket zonder de stopzetting van de afvoer in het landbouwgebied tussen de A73 en het vennengebied.

Daarnaast heeft de projectgroep verzocht de volgende maatregelen afzonderlijk door te rekenen:
1. stopzetting grondwaterwinning Heumensoord (op basis van eerder onderzoek);
2. de stopzetting van de afvoer in het landbouwgebied tussen de A73 en het vennengebied;
3. de peilverhoging in de bovenloop van de Leygraaf met 50 cm;
4. peilverhoging in het peilgebied van de Tochtsloot met 50 cm;
5. dempen sloten en greppels (voor zover geen A- of B-watergang) in het vennengebied zelf;
6. het verwijderen van bos in het vennengebied;
7. alle interne maatregelen in natuurgebied (verwijderen bos, zie 6 + dempen van sloten en greppels, zie 5 + peilverhoging Wychens Ven + dempen sloten in zone tussen Wychens Ven en vennengebied).

5.5. Resultaten maatregelscenario's I, II en losse maatregelen
De resultaten van scenario I en II zijn opgenomen in bijlage X. De effecten van de losse maatregelen op de grondwaterstand zijn opgenomen in bijlage XI. Als referentie is het AGOR+ gebruikt. Uit de resultaten van scenario I blijkt dat het stopzetten van de winning Heumensoord weliswaar tot grote grondwaterstandstijgingen leidt op de stuwwal, maar ten westen van het Maas-Waalkanaal is de invloed op de grondwaterstanden niet significant. Dit is het gevolg van het Maas-Waalkanaal en de aanwezigheid van voldoende ontwateringsmiddelen ten westen van het kanaal. In het watervoerend pakket zal het effect zich naar verwachting wel ten westen van het kanaal uitstreken.

Uit scenario II (bijlage X) blijkt dat de peilverhoging in het Overasselts Broek in het gehele Vennengebied leidt tot een extra verhoging van de grondwaterstanden. Dit effect doet zich met name voor in noordwestelijk deel van het gebied. In plaats van een stijging van 0,1 - 0,2 m wordt er nu een stijging van de grondwaterstand van 0,15 - 0,5 m berekend.

Ten aanzien van de losse maatregelen kan in het algemeen worden gesteld dat de losse maatregelen minder effectief zijn wanneer ze apart worden beschouwd. Dit effect doet zich bijvoorbeeld met name voor bij maatregel 2 en 3. Maatregel 4 (opzetten peilvak Tochtsloot) heeft slechts beperkt invloed op

het Vennengebied. Maatregel 5 (dempen van sloten en greppels in het vennengebied) heeft voor de berekend gemiddelde situatie geen significant effect. Hiervoor kunnen 2 verklaringen worden gegeven. Ten eerste is het effect van de greppels en sloten in een gemiddelde situatie beperkt, pas in wat meer natte omstandigheden is naar verwachting een significante invloed merkbaar. Daarnaast zijn niet alle greppels in het model ingevoerd omdat de exacte ligging en diepte niet bekend is. De greppels die tijdens het veldbezoek en op basis van de bestaande gegevens bekend zijn, zijn wel in het model ingevoerd. Deze blijken voor een gemiddelde situatie geen significant effect te hebben. De verwachting is dat in de praktijk het effect groter zal zijn, omdat niet alle greppels nu bekend zijn.

Het kappen van het bos blijkt een effectieve interne maatregel, al is het effect van de losse maatregel wel geringer dan in combinatie met de andere maatregelen.

Op basis van de bovenstaande berekeningen en de plaatsen met geringe doelrealisaties in de huidige situatie lijkt het uitgaande van de huidige natuurdoeltypen verstandig om minstens de volgende maatregelen te overwegen:
- het kappen van bos op een aantal plekken in het midden van het gebied;
- een peilverhoging in het Wijchens ven niet te combineren met het dempen van de sloten in de sikkelvormige zone, maar de watergangen open te laten of zelfs te verbreden. Hierdoor kan de peilverhoging meer doorwerken in de sikkelvormige zone en zo leiden tot een extra grondwaterstandverhoging. Uitgangspunt hierbij is wel dat er voldoende water is om deze peilverhoging te realiseren;
- het stopzetten van de afvoer in het gebied tussen de vennen en de A73;
- peilverhoging van de watergang langs de Bullenkamp en het stopzetten van de afvoer op de zuidwestflank van de vennen (zoals nu al onderdeel is van scenario II).

5.6. Omschrijving definitief maatregelenscenario

Het definitieve maatregelenscenario bestaat uit 2 pakketten: scenario A en B. Deze pakketten verschillen enkele in de mate van boskap. In scenario A is onderscheid te maken in de volgende maatregelen:
1. binnen bestaande natuur;
2. in nieuwe natuur;
3. in het omliggende agrarische gebied.

In afbeelding 5.1 zijn de maatregelen weergegeven die in het model zijn meegenomen.

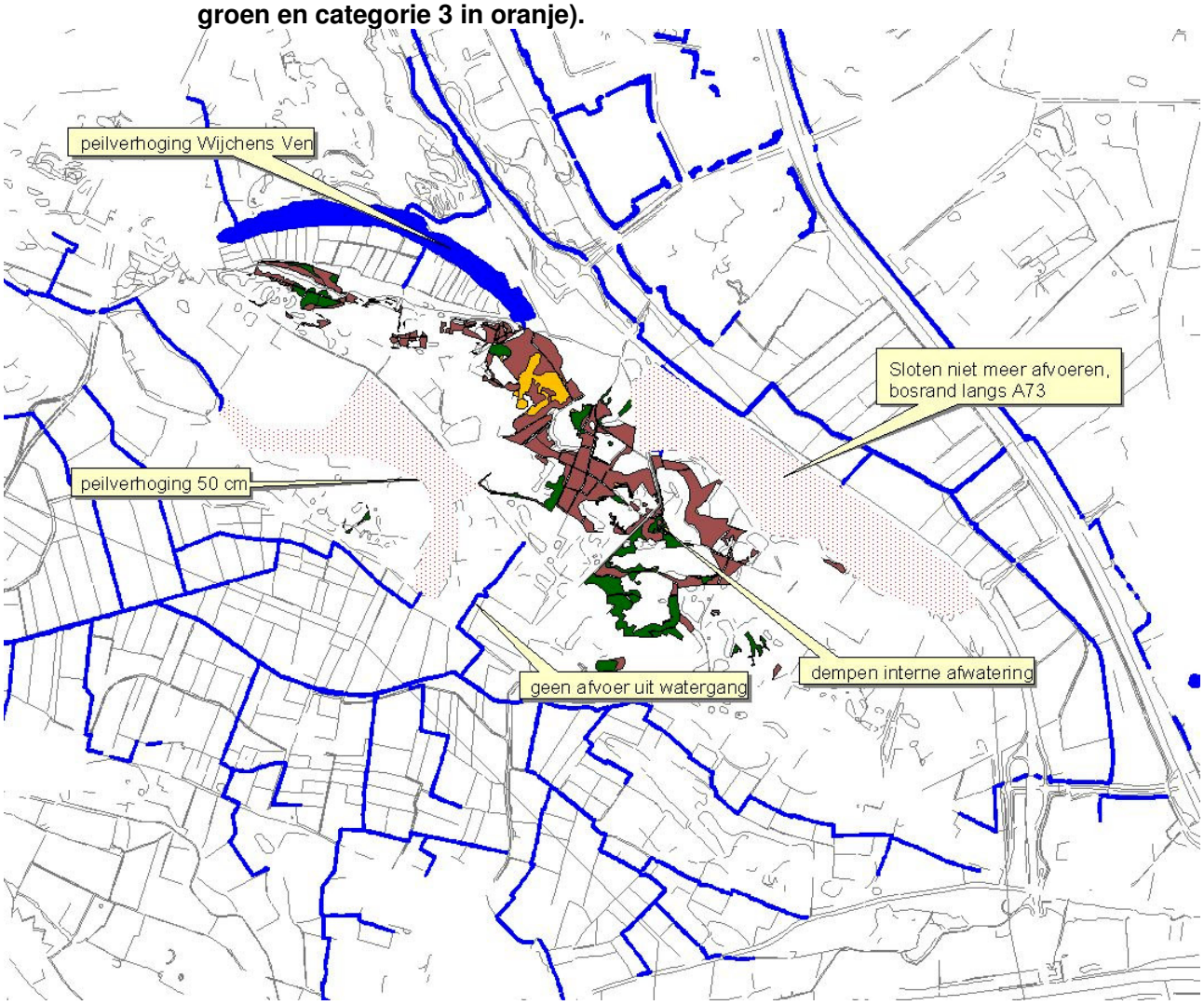
ad 1.
Bestaande natuurgebieden intern:
- bosomvorming voor 70 ha. Als verdampingsfactor is voor (naald)bos 1,05 gebruikt. Voor droge heide is een factor van 0,7 gebruikt en voor natte heide 1 (zie afbeelding 5.1);
- afwatering Wychense ven verminderen door een verhoging het afvoerpeil tot NAP + 7 m. In de zomermaanden mag het peil wegzakken. Vanwege het hogere stuwpeil is wateraanvoer niet mogelijk;
- in de percelen in de sikkelvormige zone geen sloten verwijderen;
- dempen van de interne afwatering/greppels vanuit de vennen.

ad 2.
Nieuwe natuur:
- tussen vengebied tot snelweg A73: sloten niet meer af laten voeren. De A-watergang langs A73 niet aanpassen. Bosrand langs snelweg A73, breedte circa 50 - 70 m. Bos compensatie in de omgeving op basis van kaart provincie (zie bijlage III);
- zuidwestkant vennengebied bij de Bullenkamp: watergang verontdiepen en verbreden + verhoging van het peil van 50 cm;
- idem, meer zuidoost: uitkomende sloot geen afvoerende functie meer geven;
- Teersche Sluispolder: geen infiltratie, draagt niet bij aan hydrologie Vennengebied.

ad 3.
Agrarisch gebied:
- geen aanpassingen aan de Tochtsloot; verontdiepen en peilverhoging van 25 cm worden nu niet haalbaar geacht;
- Leigraaf: geen peilverhoging Leigraaf in verband met de afwijzing van de begeleidingsgroep.

Scenario B is vrijwel gelijk aan scenario A. In scenario B wordt echter uitgegaan van de beperkte bosomvorming:
- 100 % verwijdering categorie 2 (alle bos weg);
- 50 % verwijdering in de categorieën 1 en 3 (50 % bos weg en 50 % laten staan). Voor deze categorie is de gemiddelde aanvulling gebruikt van heide en naaldbos.

afbeelding 5.1. Ligging van de maatregelen (bosomvorming categorie 1 in bruin, categorie 2 in groen en categorie 3 in oranje).



5.7. Resultaten definitief maatregelenscenario

In bijlage XII is het berekende effect van scenario A weergegeven. Als gevolg van het stopzetten van de afvoer van het gebied tussen de vennen en de A73 stijgen de grondwaterstanden hier fors. In feite zal de stijging in dit gebied worden bepaald door het toekomstig maaiveld. Omdat de hoeveelheid af te plaggen diepte op dit moment nog onderzoek van studie is (B-ware/Witteveen+Bos) is het toekomstig maaiveldniveau nog niet bekend. Wel is duidelijk dat in dit gebied afvoer via het maaiveld zal plaatsvinden en het gebied zeer nat zal zijn.

Als gevolg van de bosomvorming en het stopzetten van de interne afvoer, stijgt de grondwaterstand in het centrum van het Vennengebied met gemiddeld circa 50 cm. In het gebied langs de Bullenkamp is de berekende stijging maximaal 25 cm. Door het stopzetten van de afvoer uit de watergang ten zuid-oosten van de Bullenkamp stijgen de grondwaterstanden daar aanzienlijk. Dit wordt mede veroorzaakt door het feit dat het freatisch pakket hier dunner en minder zandig is dan in het centrum van Vennengebied en de perceelsloten die uitkomen op deze watergangen ook niet meer kunnen afvoeren. Ook in dit gebied zal het uiteindelijke maaiveldniveau bepalend zijn voor de afvoer uit het gebied. In het zuidelijke deel van dit gebied met verhoging is een grote overgang zichtbaar van de berekende verhoging van meer dan 1 m naar minder dan 5 cm. Dit wordt veroorzaakt doordat de grens van de beperkte doorlatendheid van de deklaag hier toevalligerwijs samenvalt met de begrenzing van een zone met een kleine drainageweerstand. Omdat de celgrootte 50 bij 50 m ontstaat hierdoor een schijnbare scherpe overgang, die in de praktijk naar verwachting wat meer zal uitgevlakt zal zijn. Uit de GxG kaarten blijkt dat de verhoging wordt beperkt door het maaiveld.

Rondom het Wijchens Ven wordt in het oostelijk deel van de sikkelvormige zone een verhoging van de grondwaterstanden berekend tot circa 25 cm. Hierdoor zal de infiltratie toenemen. In het westelijke deel van het Ven zelf wordt juist een verlaging berekend van meer dan 5 cm. Doordat wateraanvoer naar het ven niet meer mogelijk is zakken de grondwaterstanden ondanks het hogere peil van het ven hier onder de huidige gemiddelde grondwaterstand weg.

In bijlage XIII zijn de resulterende GxG's opgenomen van scenario A. De berekende verschillen in de GxG's zijn opgenomen in bijlage XII. Deze kaarten komen grotendeels overeen met de eerder stationair berekende verschillen. Wel wordt op enkele plaatsen het verschil beperkt door het maaiveld (er vindt afstroming over maaiveld plaats). Het weergegeven verschil is dus de afname van de GxG ten opzichte van het maaiveld. Ten zuiden van het Wijchens Ven verschilt de GLG niet, omdat de grondwaterstand in de zomermaanden nog even diep kan wegzakken (het Wijchens Ven kan bij het verhoogde peil niet meer infiltreren, omdat het peil ook wegzakt). De GHG en GVG kunnen in dit gebied wel veranderen, vanwege het hogere peil (in een afvoersituatie). Het gemiddelde verschil kan lokaal wat afwijken van het verschil in GxG (naast de invloed van het maaiveld). Dit wordt veroorzaakt doordat in een stationaire berekening wordt uitgegaan van een gemiddelde evenwichtstoestand en de GxG's veel meer uitgaan van optredende dynamiek in de grondwaterstanden.

berekend hydrologisch effect scenario B

De berekende hydrologische effecten van scenario B zijn opgenomen in bijlage XIV en XV. Dit scenario levert een vergelijkbaar beeld op als scenario A. In het centrum van het Vennengebied is de berekende verhoging als gevolg van de beperktere boskap lager dan in scenario A. Gemiddeld ligt de berekende verhoging nu rond de 25 - 50 cm.

6. RESULTATEN WATERNOODBEREKENINGEN

6.1. Werkwijze bepaling doelrealisatie

De doelrealisaties voor de landbouw en natuur zijn berekend met het WaterNOOD-Instrumentarium. De doelrealisatie voor de landbouw is berekend met de standaard geautomatiseerde HELP-tabellen in het WaterNOOD-Instrument. Voor de doelrealisatie bepaling van de natuurdoeltypen is gebruik gemaakt van de hydrologische randvoorwaarden natuur zoals deze zijn aangeleverd door de provincie Gelderland. Net als bij de eerdere berekeningen door Arcadis is de kwel als zodanig niet meegenomen, omdat het gaat om ecologische kwel (lateraal toestromend water nabij het maaiveld) in plaats van hydrologische kwel.

In de kaarten van de doelrealisaties komen op enkele plekken gaten voor. Dit is het gevolg van de beperkingen van het WaterNOOD-Instrument. Bepaalde combinaties van bodem en GxG en GxG's onderling kan het instrumentarium niet aan en zijn daarom als **nodata** weergegeven.

6.2. Doelrealisatie AGOR+

De berekende doelrealisatie voor het AGOR+ is opgenomen in bijlage XVII. De doelrealisatie natuurdoeltypen is in de kaarten afgekort tot **'doelNDT'**, de doelrealisatie landbouw tot **'doelreallb'**. Hieruit blijkt dat met name de drogere delen van de Vennen een hoge natuurdoelrealisatie score hebben van circa 90 - 100 %. In de lagere delen is de doelrealisatie veel lager en vaak zelfs 0. Voor deze nattere natuurdoeltypen is de situatie te droog.

De doelrealisatie voor de landbouw rondom het Vennengebied is suboptimaal tot optimaal en heeft veelal een doelrealisatie van meer dan 70 %. Op de percelen in het Vennengebied zelf is de doelrealisatie circa 60 - 70 %, met name vanwege te droge omstandigheden. In het gebied tussen de Vennen en de A73 komen veel plekken voor die te nat zijn voor de landbouw (doelrealisatie tot circa 50 %).

6.3. Doelrealisatie scenario A

De berekende doelrealisatie voor scenario A is opgenomen in bijlage XVIII. Om de effecten van de hydrologische veranderingen te kunnen beoordelen zijn de verschilkaarten in bijlage XVIII met name van belang. Hieruit blijkt dat als gevolg van scenario A de omstandigheden voor de landbouw in het gebied tussen de vennen en de A73 sterk verslechteren en te nat worden. Landbouw is in dit gebied niet meer mogelijk. Daarnaast zijn er enkele percelen in en ten zuiden van het vennengebied waar de omstandigheden ook wat verslechteren. Toch zijn er als gevolg van de afgenomen droogteschade enkele percelen waar de omstandigheden verbeteren. Dit is met name in het noordoostelijk deel van de vennen en rondom de Bullenkamp het geval.

Voor wat betreft de natuur verbeteren de omstandigheden met name in het gebied bij het Wijchens Ven en de zone tussen de vennen en A73. In het gebied ten oosten van de Bullenkamp, waar de afvoer uit de betreffende watergang wordt stopgezet zijn de omstandigheden wat te nat. Het geheel stopzetten van de afvoer lijkt een wat te vergaande maatregel. Waarschijnlijk zal het beter zijn om nog wel enige afvoer toe te staan en alleen een peilverhoging door te voeren.

6.4. Doelrealisatie scenario B

In bijlage XIX is de berekende doelrealisatie voor scenario B opgenomen en tevens is het verschil weergegeven. De resultaten qua doelrealisatie zijn klein in vergelijking met scenario A. Wat dat betreft lijkt een beperktere boskap niet te leiden tot een sterkere verslechtering van de abiotische randvoorwaarden voor de natte natuur. Voorwaarde is waarschijnlijk wel dat de boskap diffuus over het gebied zal plaatsvinden.

7. CONCLUSIE

In opdracht van Waterschap Rivierland, de provincie Gelderland, enkele aanliggende gemeenten en natuurorganisaties wordt een gebiedsplan opgesteld voor het gebied Overasseltsche en Hatertsche Vennen (- Hatertsche Broek). Door de provincie Gelderland is het gebied namelijk aangewezen als actiegebied. Deze actiegebieden zijn waardevolle (natuur)gebieden die een specifieke waterhuishoudkundige condities vereisen, maar die niet (meer) aan deze condities voldoen. Het gebiedsplan moet zorgen voor een betere afstemming van het water aan gebruiksfuncties/natuurdoeltypen in het gebied. Hiertoe wordt een aanpak doorlopen die gebaseerd is op de WaterNOOD-systematiek.

Gedurende het proces van het opstellen van het gebiedsplan bleek behoefte te zijn aan een nadere kwantificering van de geohydrologische omstandigheden in het gebied. Door middel van een modelstudie is daarom het grondwatersysteem van het vennengebied in kaart gebracht. Het model is op basis van metingen, veldbezoeken en aanvullende gegevens in diverse stappen gekalibreerd. Dit heeft geleid tot een gemiddelde afwijking van het model van 2 cm en een gemiddeld absolute afwijking van 17 cm.

Met het gekalibreerde model zijn enkele mogelijke pakketten van inrichtingsmaatregelen doorgerekend en enkele losse maatregelen. In samenwerking met de projectgroep is in diverse stappen gezocht naar reële, haalbare en inpasbare maatregelen om het hydrologisch systeem van het Vennengebied zoveel als mogelijk te herstellen. Dit proces heeft enkele jaren in beslag genomen. Met behulp van het WaterNOOD-Instrumentarium zijn vervolgens op basis van de hydrologische resultaten de afgeleide effecten bepaald van diverse maatregelenpakketten op de natuur en de landbouw. Hieruit blijkt dat de maatregelen leiden tot een sterke verbetering van de hydrologische omstandigheden voor de gewenste natuurdoeltypen.

De definitieve maatregelen bestaan uit (voor locaties zie afbeelding 5.3):

Bestaande natuurgebieden intern:
- bosomvorming voor 70 ha, een beperktere bosomvorming is mogelijk door een deel van het bos *random* te laten staan;
- afwatering Wychense ven verminderen door een verhoging het afvoerpeil tot NAP + 7 m. In de zomermaanden mag het peil wegzakken. Vanwege het hogere stuwpeil is wateraanvoer niet mogelijk;
- in de percelen in de sikkelvormige zone geen sloten verwijderen;
- dempen van de interne afwatering/greppels vanuit de vennen.

Nieuwe natuur:
- tussen vengebied tot snelweg A73: sloten niet meer af laten voeren. De A-watergang langs A73 niet aanpassen. Bosrand langs snelweg A73, breedte circa 50 - 70 m. Bos compensatie in de omgeving op basis van kaart provincie (zie bijlage III);
- zuidwestkant vennengebied bij de Bullenkamp: watergang verontdiepen en verbreden + verhoging van het peil van 50 cm;
- zuidwestkant vennengebied bij de Bullenkamp, meer zuidoost: uitkomende sloot geen afvoerende functie meer geven.

Agrarisch gebied:
- geen aanpassingen aan de Tochtsloot; verontdiepen en peilverhoging van 25 cm worden nu niet haalbaar geacht;
- Leigraaf: geen peilverhoging Leigraaf in verband met de afwijzing van de begeleidingsgroep.

8. GEBRUIKTE LITERATUUR

1. Witteveen+Bos, Heroverweging peilopzet Grave. Voorstel voorkeursvariant, d.d. 4 april 2005;
2. Witteveen+Bos, Achtergronddocument Peilopzet stuwpand Grave, d.d. 20 juni 2005;
3. Staatsbosbeheer, beheersplan object Vennengebied 1988-1998, d.d. 13 december 1990;
4. Tauw Water bv, Verkennend kwelonderzoek Nijmegen - West, d.d. 14 september 1998;
5. Witteveen+Bos, Integrale studie Nijmegen, d.d. 15 juli 1998;
6. Witteveen+Bos, Analyse grondwatersysteem Nijmegen, d.d. 11 april 2006;
7. Arcadis, Gebiedsplan Hatertse vennen - Hatertse broek, fase 1 en 2, d.d. 3 maart 2006.

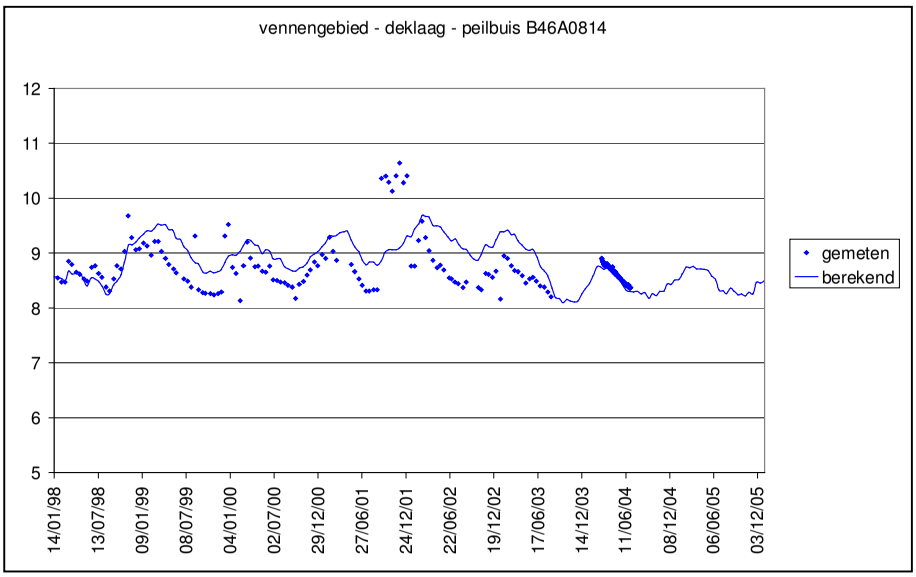
BIJLAGE I Bollenkaart stationaire kalibratie

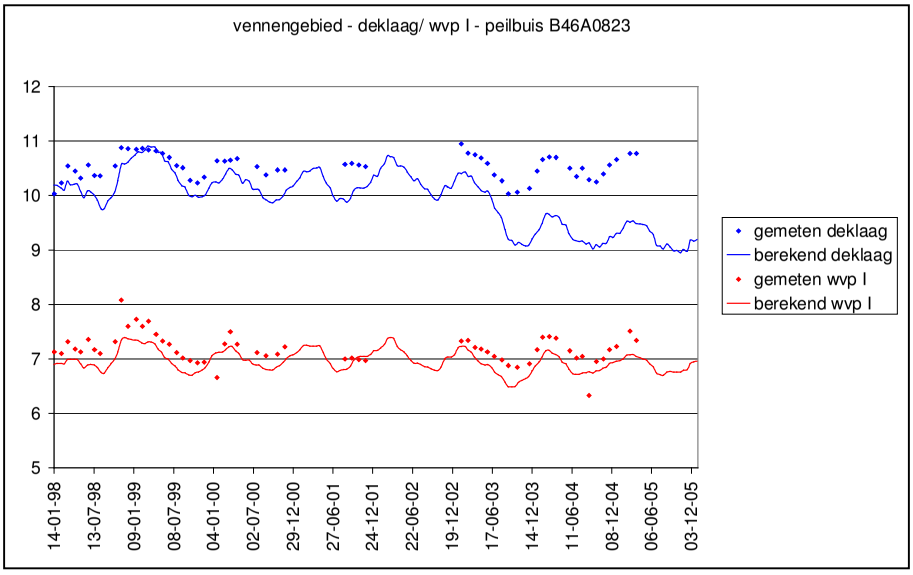
BIJLAGE II Berekende stijghoogte AGOR

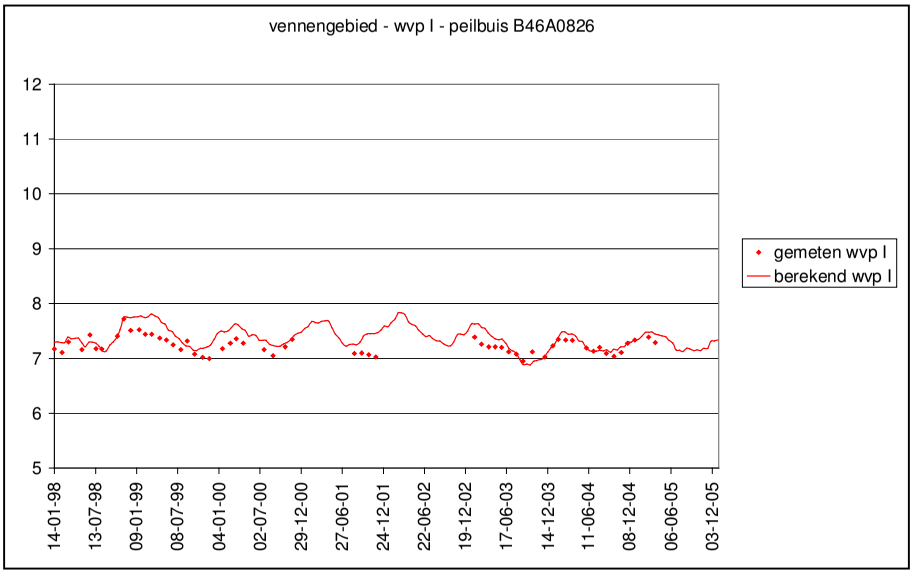
BIJLAGE III Berekende grondwaterstand AGOR

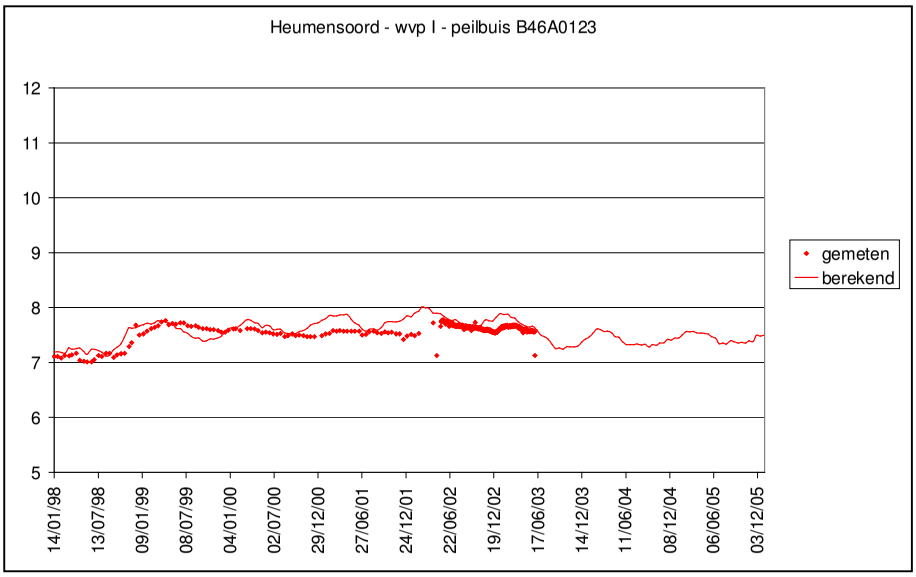
BIJLAGE IV Berekende kwel AGOR

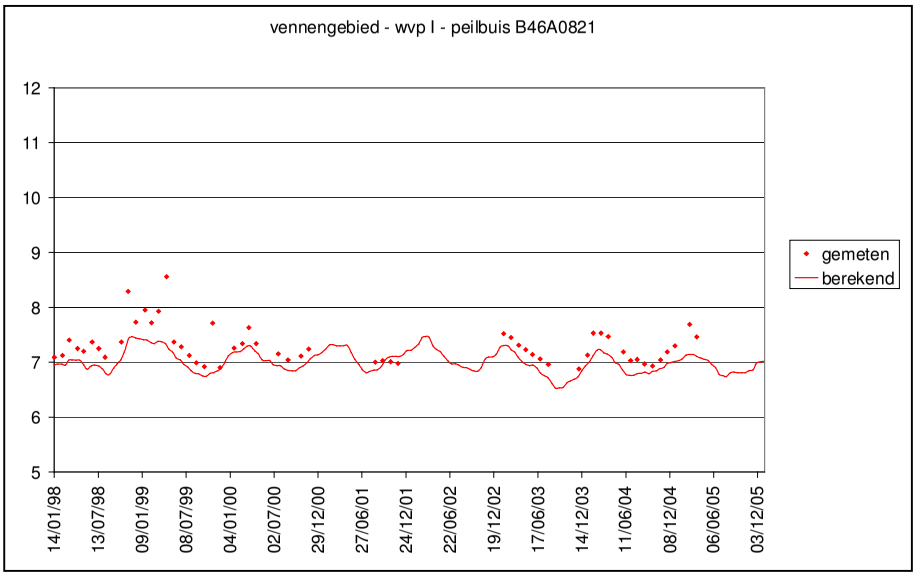
BIJLAGE V Resultaten instationaire kalibratie

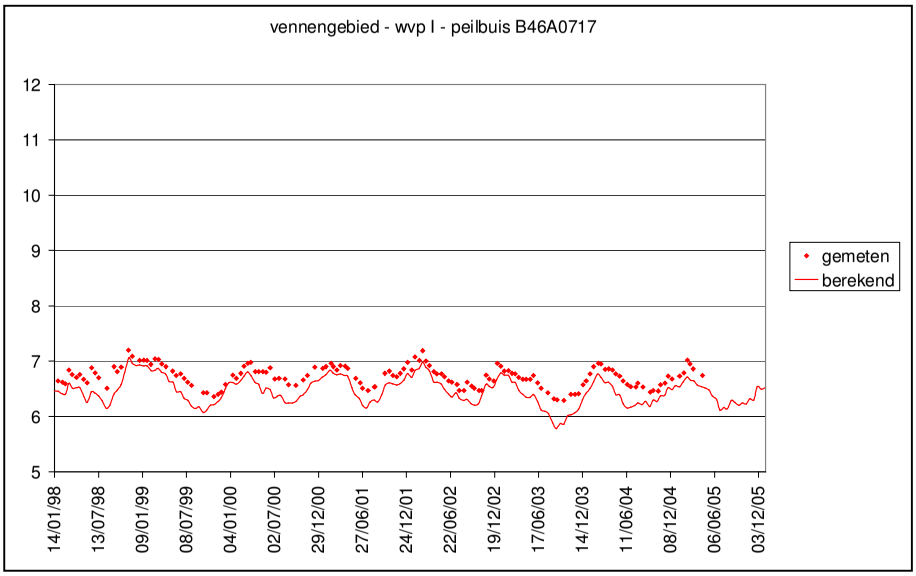

vennengebied - deklaag - peilbuis B46A0814
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

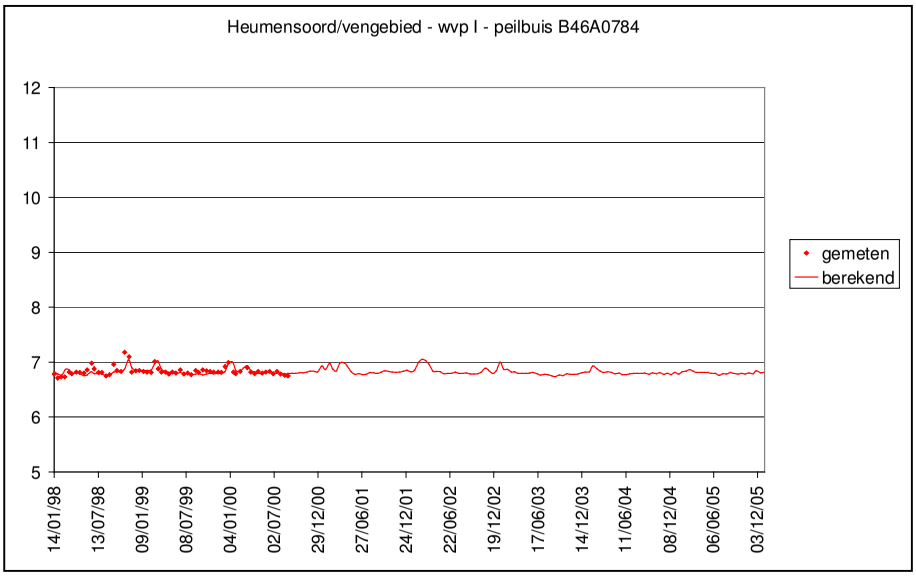

vennengebied - deklaag/ wvp I - peilbuis B46A0823
12
11
10
9
8
7
6
5
14-01-98
13-07-98
09-01-99
08-07-99
04-01-00
02-07-00
29-12-00
27-06-01
24-12-01
22-06-02
19-12-02
17-06-03
14-12-03
11-06-04
08-12-04
06-06-05
03-12-05
gemeten deklaag
berekend deklaag
gemeten wvp I
berekend wvp I

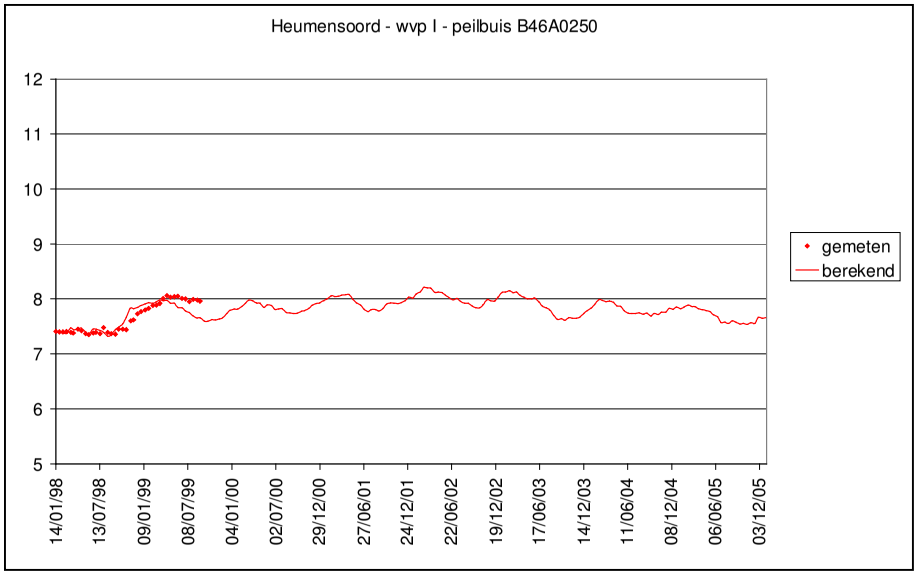

vennengebied - wvp I - peilbuis B46A0826
12
11
10
9
8
7
6
5
14-01-98
13-07-98
09-01-99
08-07-99
04-01-00
02-07-00
29-12-00
27-06-01
24-12-01
22-06-02
19-12-02
17-06-03
14-12-03
11-06-04
08-12-04
06-06-05
03-12-05
gemeten wvp I
berekend wvp I

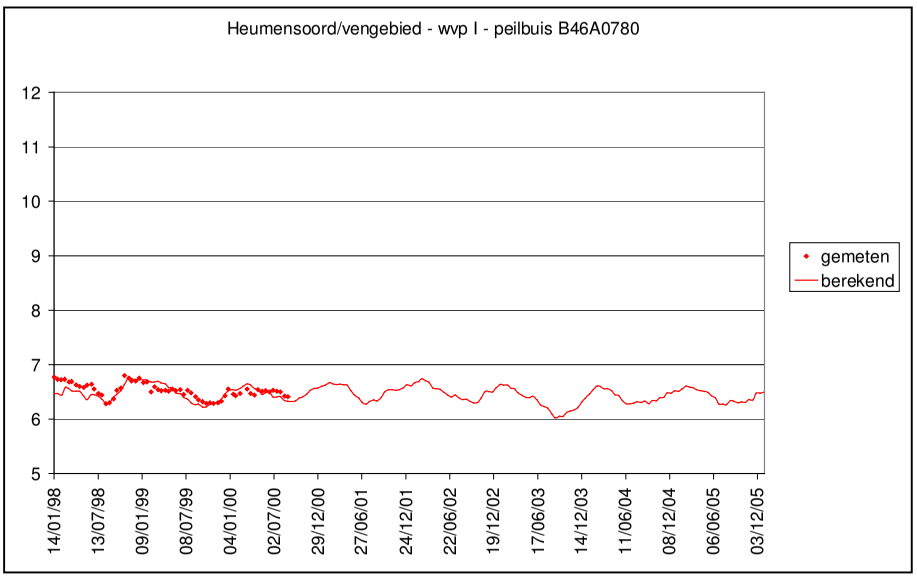

Heumensoord - wvp I - peilbuis B46A0123
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

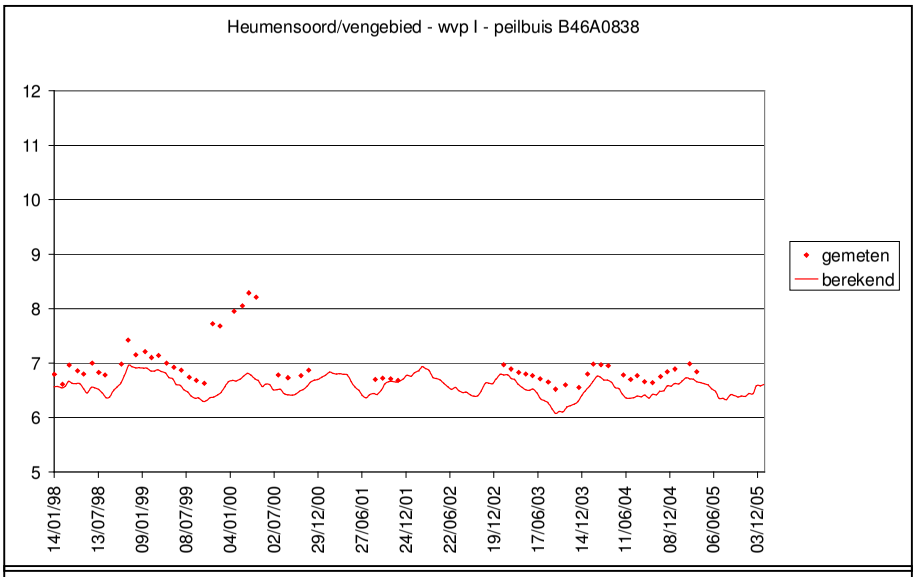

vennengebied - wvp I - peilbuis B46A0821
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

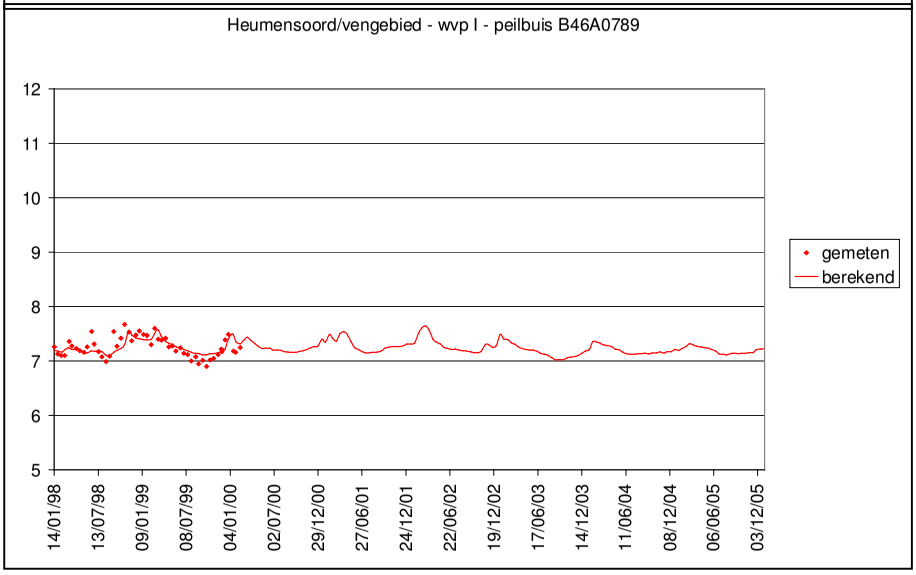

vennengebied - wvp I - peilbuis B46A0717
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

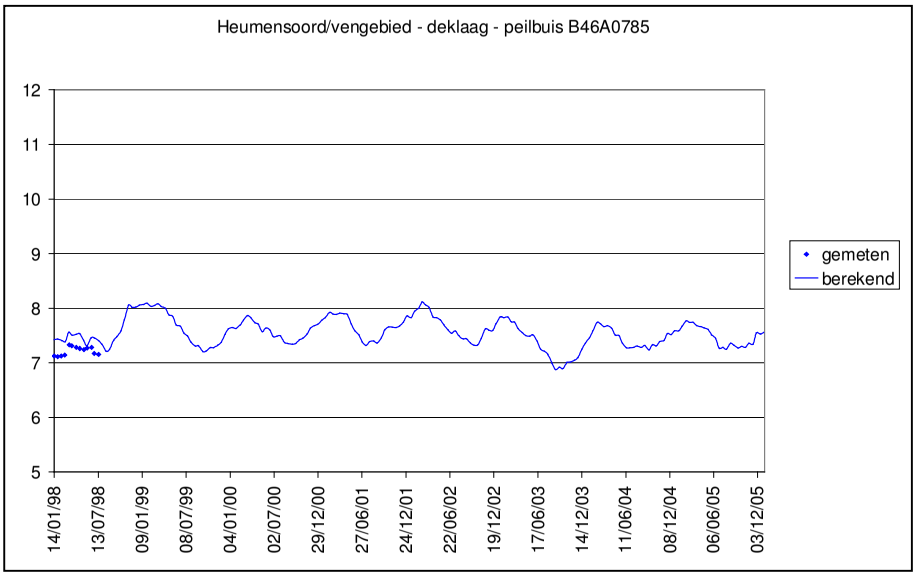

Heumensoord/vengebied - wvp I - peilbuis B46A0784
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

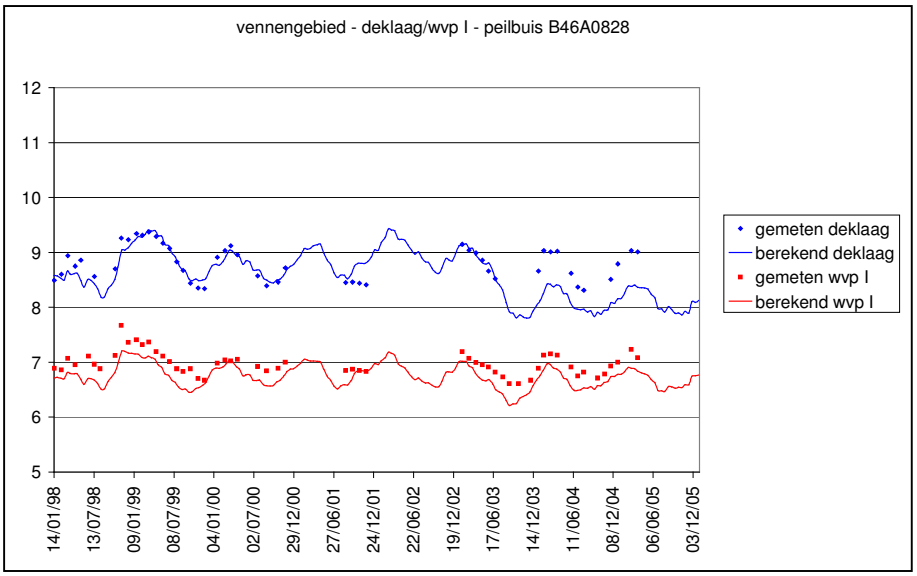

Heumensoord - wvp I - peilbuis B46A0250
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend


Heumensoord/vengebied - wvp I - peilbuis B46A0780
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

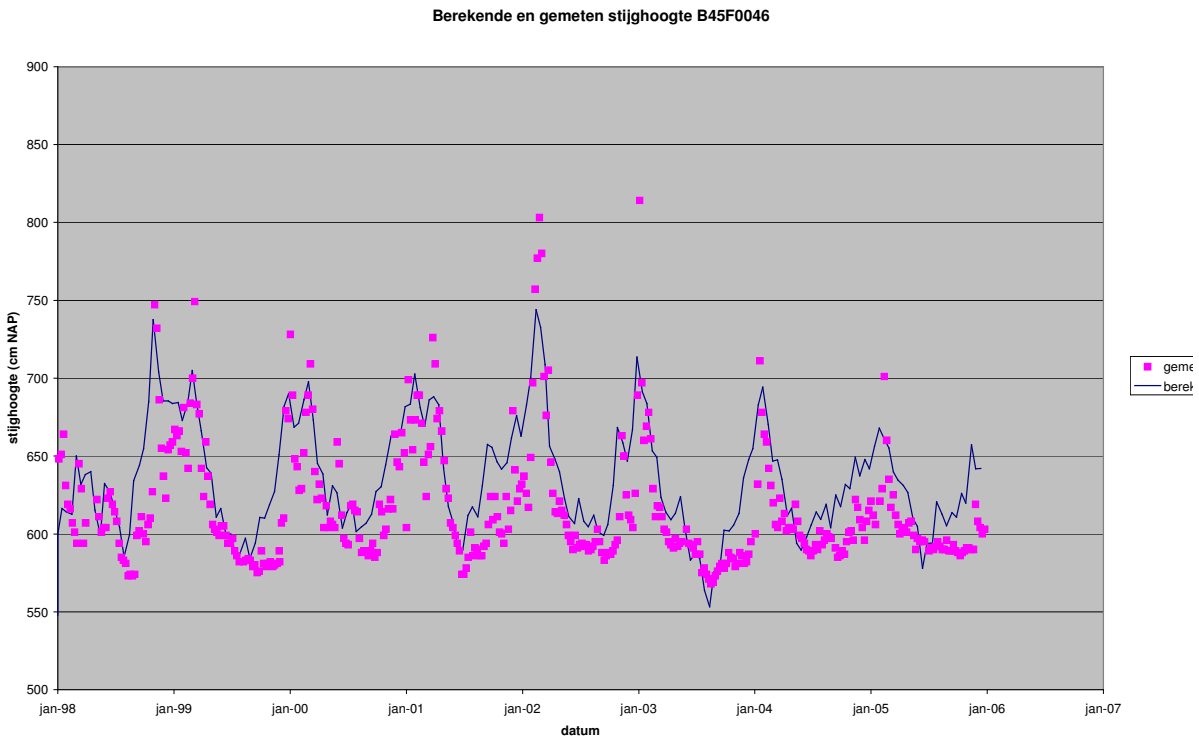

Heumensoord/vengebied - wvp I - peilbuis B46A0838
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

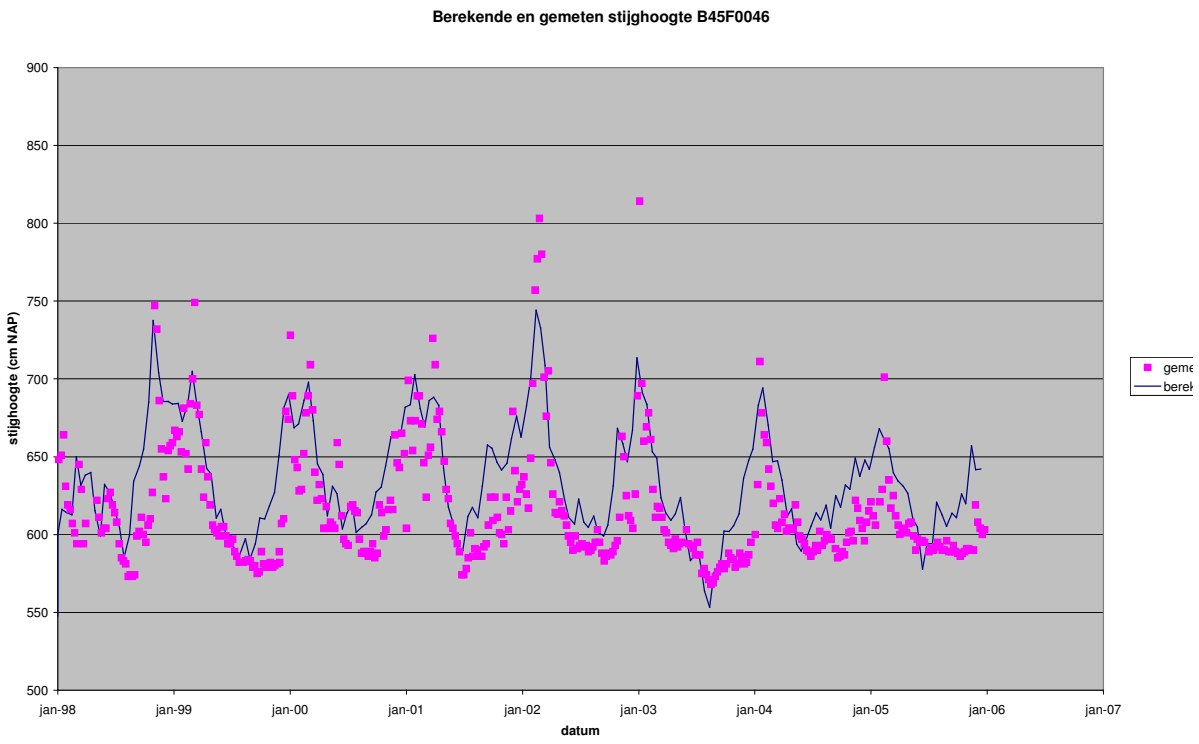

Heumensoord/vengebied - wvp I - peilbuis B46A0789
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend


Heumensoord/vengebied - deklaag - peilbuis B46A0785
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten
berekend

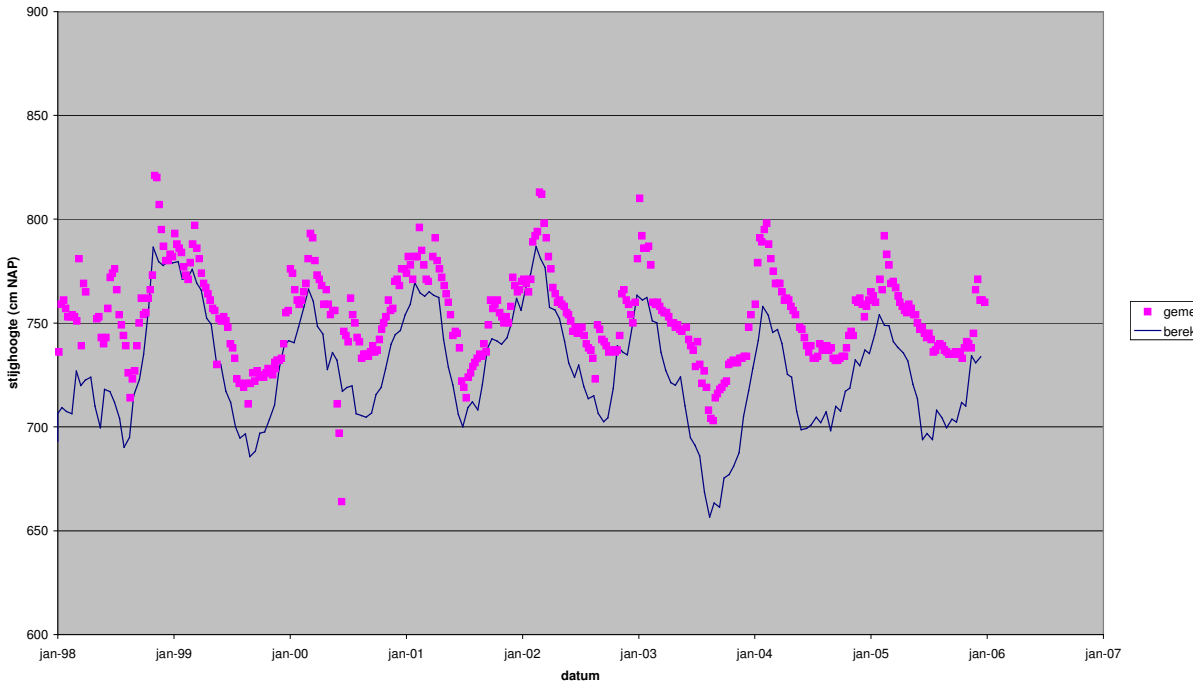

vennengebied - deklaag/wvp I - peilbuis B46A0828
12
11
10
9
8
7
6
5
14/01/98
13/07/98
09/01/99
08/07/99
04/01/00
02/07/00
29/12/00
27/06/01
24/12/01
22/06/02
19/12/02
17/06/03
14/12/03
11/06/04
08/12/04
06/06/05
03/12/05
gemeten deklaag
berekend deklaag
gemeten wvp I
berekend wvp I

BIJLAGE VI Resultaten aanvullende instationaire kalibratie

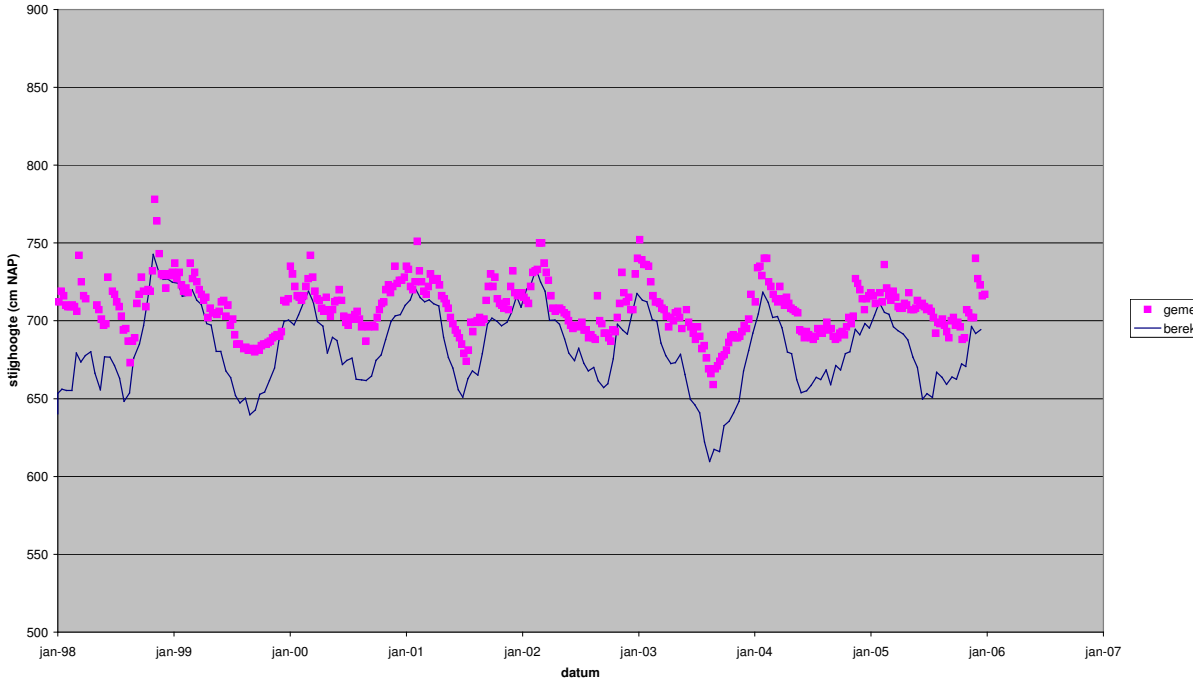

Berekende en gemeten stijghoogte B45F0046
900
850
800
750
700
650
600
550
500
stijghoogte (cm NAP)
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
jan-05
jan-06
jan-07
datum
geme
berek

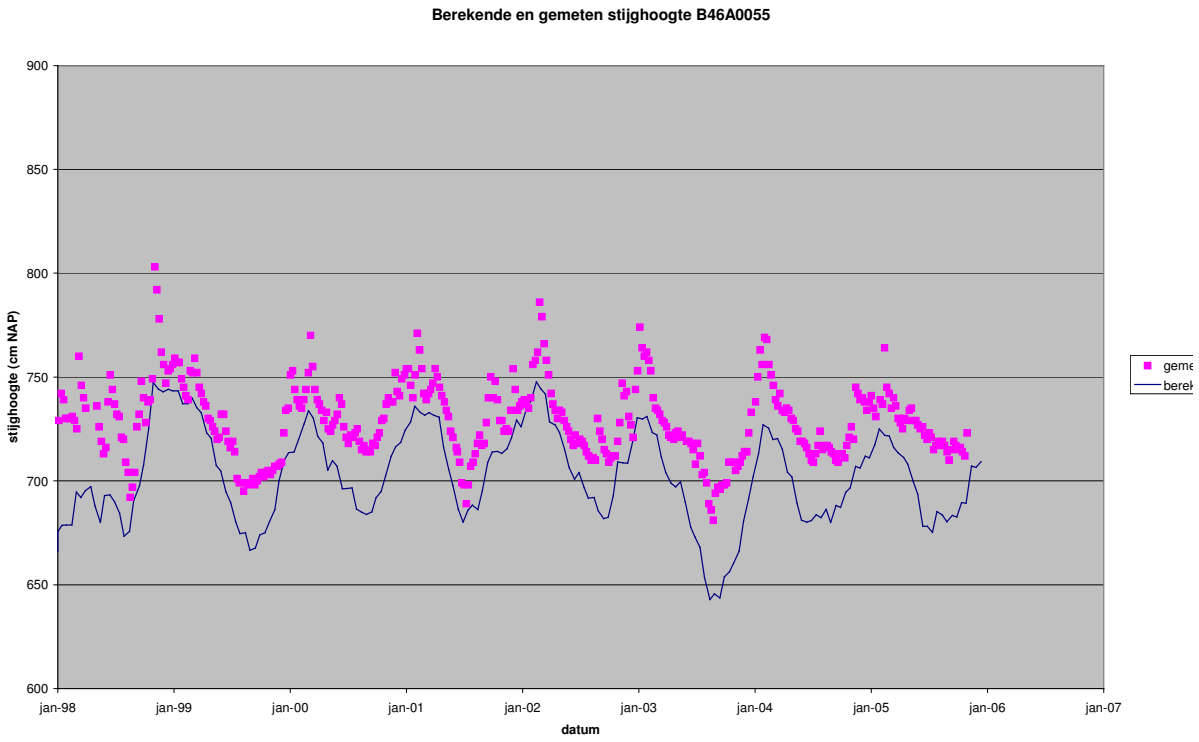

Berekende en gemeten stijghoogte B45F0046
900
850
800
750
700
650
600
550
500
stijghoogte (cm NAP)
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
jan-05
jan-06
jan-07
datum
geme
berek

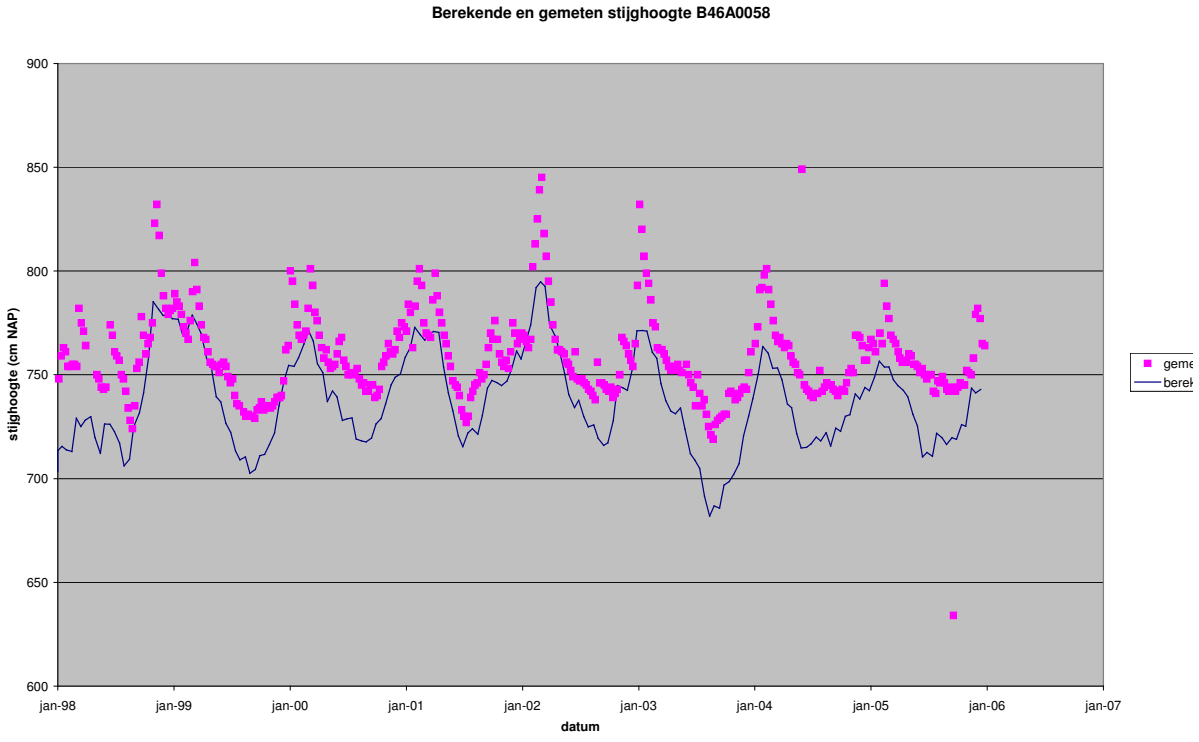
Berekende en gemeten stijghoogte B46A0052

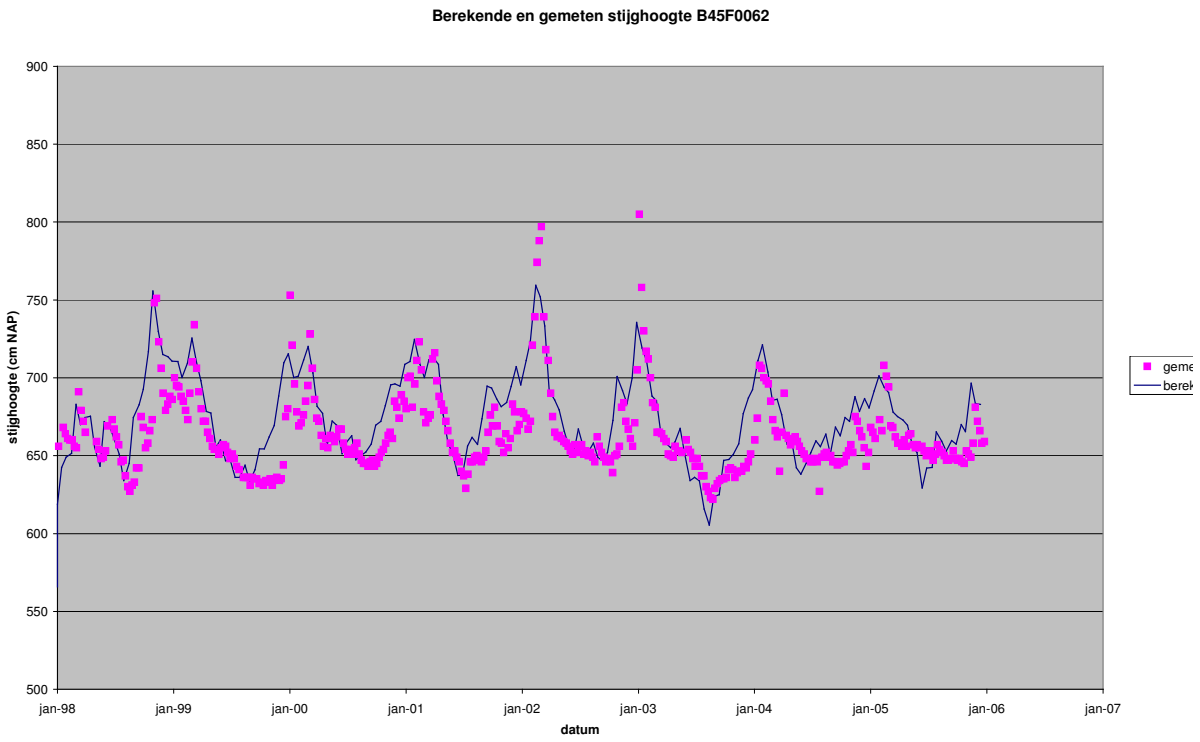


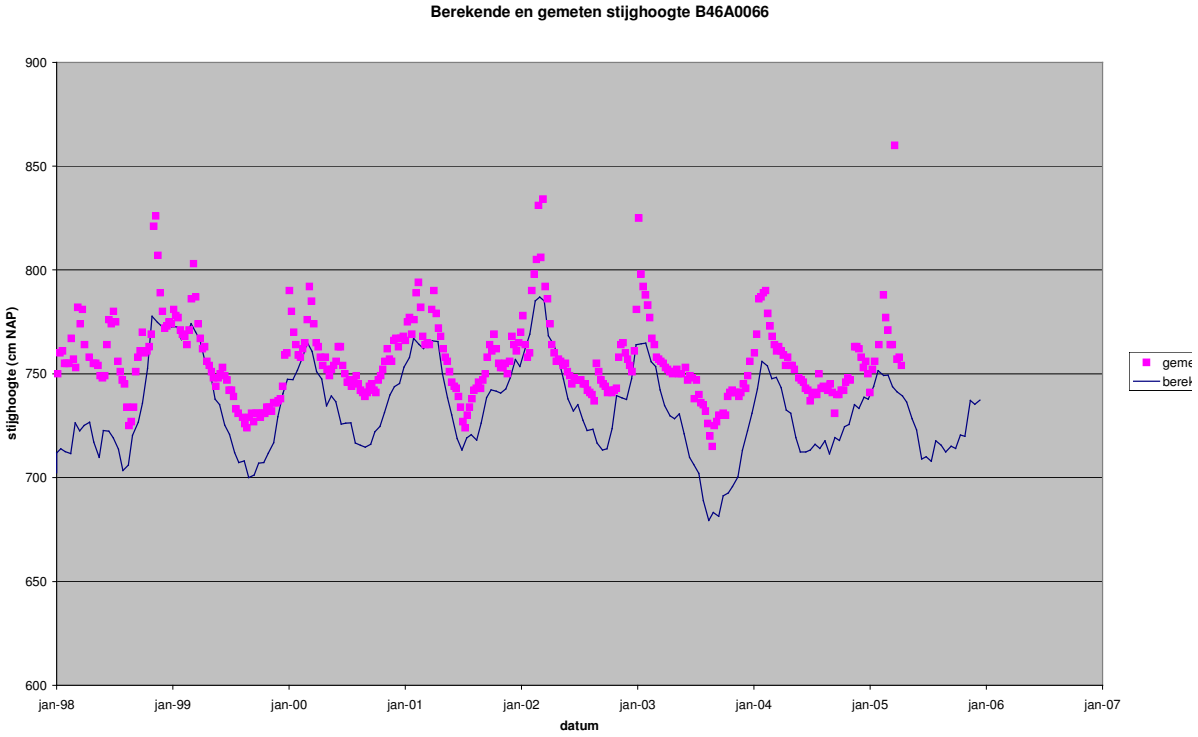
Berekende en gemeten stijghoogte B46A0054



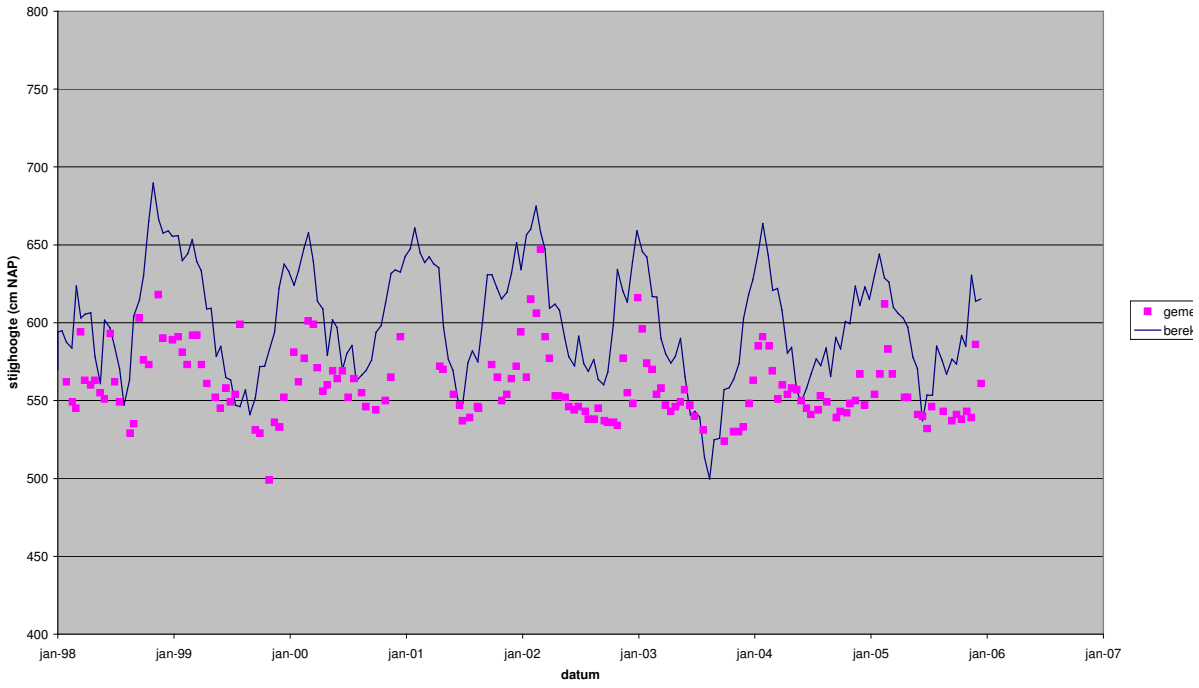

Berekende en gemeten stijghoogte B46A0055
900
850
800
750
700
650
600
stijghoogte (cm NAP)
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
jan-05
jan-06
jan-07
datum
geme
berek


Berekende en gemeten stijghoogte B46A0058
900
850
800
750
700
650
600
stijghoogte (cm NAP)
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
jan-05
jan-06
jan-07
datum
geme
berek

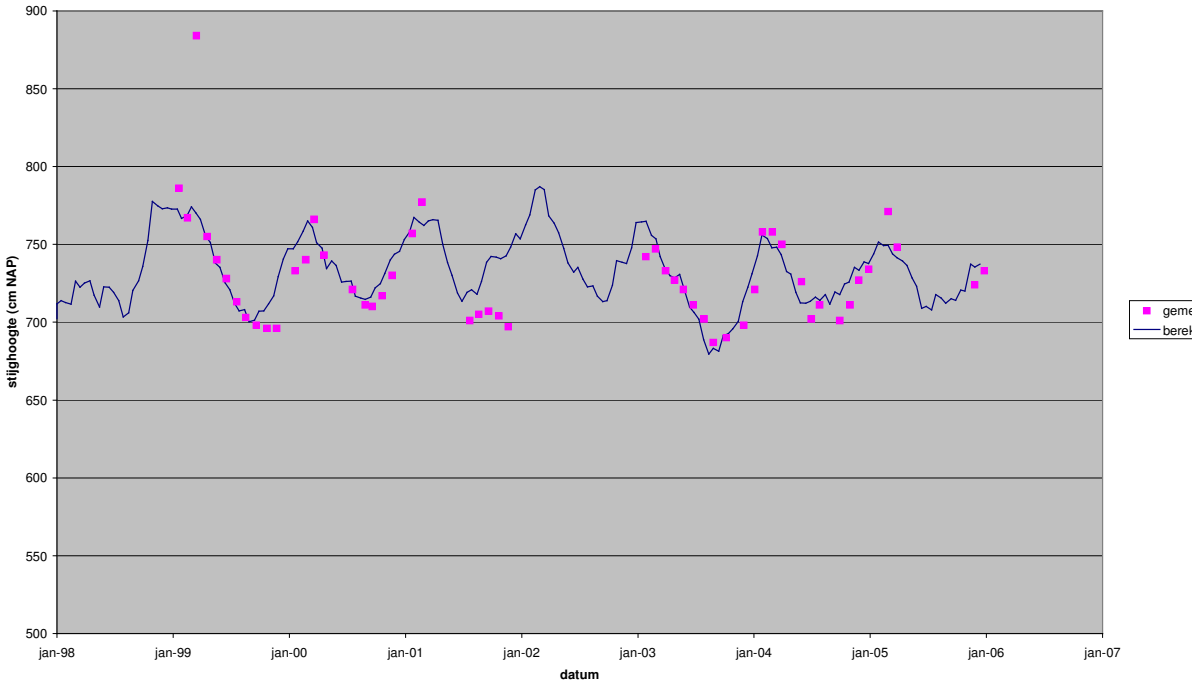

Berekende en gemeten stijghoogte B45F0062
stijghoogte (cm NAP)
900
850
800
750
700
650
600
550
500
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
jan-05
jan-06
jan-07
datum
geme
berek


Berekende en gemeten stijghoogte B46A0066
stijghoogte (cm NAP)
900
850
800
750
700
650
600
jan-98
jan-99
jan-00
jan-01
jan-02
jan-03
jan-04
jan-05
jan-06
jan-07
datum
geme
berek

Berekende en gemeten stijghoogte B45F0076



Berekende en gemeten stijghoogte B46A0819



BIJLAGE VII GxG AGOR

BIJLAGE VIII Grondwaterstand, kwel en verandering grondwaterstand AGOR+

BIJLAGE IX GxG AGOR+

BIJLAGE X Resultaten scenario I en II

BIJLAGE XI Resultaten losse maatregelen

BIJLAGE XII Verschil GxG scenario A

BIJLAGE XIII GxG scenario A

BIJLAGE XIV Verschil GxG scenario A

BIJLAGE XV GxG scenario A

BIJLAGE XVI Natuurdoeltypen

BIJLAGE XVII Doelrealisatie landbouw en natuur AGOR+

BIJLAGE XVIII Doelrealisatie landbouw en natuur scenario A

BIJLAGE XIX Doelrealisatie landbouw en natuur scenario B