

Geohydrologische Effecten MER Munnikenland

Grondwatermodellering

Definitief rapport

Waterschap
Rivierenland



Dienst Landelijk Gebied
voor ontwikkeling en beheer

**Waterschap Rivierenland - Tiel en
Dienst Landelijk Gebied - Arnhem**

5 november 2009



ROYAL HASKONING

thinking in
all dimensions

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

**HASKONING NEDERLAND B.V.
KUST & RIVIEREN**

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
(024) 328 42 84 Telefoon
(024) 360 54 83 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Geohydrologische Effecten MER
Munnikenland
Grondwatermodellering
Verkorte documenttitel Geohydrologische Effecten Munnikenland
Status Definitief rapport
Datum 5 november 2009
Projectnaam MER Munnikenland
Projectnummer 9S9885.C1
Opdrachtgever Waterschap Rivierenland – Tiel en
Dienst Landelijk Gebied -Arnhem
Referentie 9S9885.C1/R0004/407250/JEBR/Nijm

Auteur(s) Jasper Jansen
Collegiale toets Ad de Goffau
Datum/paraaf 5 november 2009 i.o.
Vrijgegeven door Gert-Jan Meulepas
Datum/paraaf 5 november 2009

INHOUDSOPGAVE

| | Blz. | |
|-------|---|----|
| 1 | INLEIDING | 1 |
| 1.1 | Aanleiding voor studie | 1 |
| 1.2 | Beoordelingskader | 1 |
| 1.3 | Uitvoering en begeleiding van de studie | 2 |
| 2 | GRONDWATERMODELLERING | 3 |
| 2.1 | Eisen en randvoorwaarden aan de hydrologische modellering | 3 |
| 2.2 | TNO Model als basis | 3 |
| 2.2.1 | Algemeen | 3 |
| 2.2.2 | Topografie | 5 |
| 2.2.3 | Geohydrologische schematisatie | 5 |
| 2.2.4 | Water peilen, grondwaterstanden en stijghoogtes | 7 |
| 2.3 | Aanpassingen in oorspronkelijk model | 9 |
| 2.4 | Kalibratie | 9 |
| 2.4.1 | Gemiddelde situatie | 9 |
| 2.4.2 | Jaar 2003 – jaar van ijking voor niet stationaire condities | 13 |
| 2.4.3 | Validatie | 17 |
| 2.4.4 | Bepaling GXG | 18 |
| 3 | INGREPEN VOLGENS VOORKEURSALTERNATIEF | 20 |
| 4 | MODELRESULTATEN VOOR VOORKEURSALTERNATIEF | 22 |
| 5 | EFFECTEN VAN VOORGESTELDE INGREPEN | 25 |
| 5.1 | Effecten op grondwaterstand en stijghoogte | 25 |
| 5.2 | Effecten op kwel | 31 |
| 5.3 | Effecten op GxG | 34 |
| 5.4 | Afgeleide affecten | 37 |
| 5.4.1 | Landbouw | 37 |
| 5.4.2 | Natuur | 38 |
| 5.4.3 | Bebouwing | 39 |
| 6 | WATERBEHEERSASPECTEN | 41 |
| 6.1 | Inundatie polder Munnikenland | 41 |
| 6.2 | Natuurwaarden Boezem van Brakel | 41 |
| 6.3 | Oostelijk gelegen polders | 42 |
| 6.4 | Strook land tussen Den Nieuwendijk en de Wakkere Dijk | 42 |
| 6.5 | DZH terrein | 43 |
| 7 | CONCLUSIES | 44 |

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding voor studie

In het kader van de PKB “Ruimte voor de Rivier” wordt door Royal Haskoning een Integrale Planstudie/ Milieueffectrapport (MER) uitgevoerd voor de voorgenomen herinrichting van het Munnikenland. In het concept MER Munnikenland (versie 3.0) zijn de geohydrologische effecten van de inrichtingsalternatieven A en B *kwalitatief* ingeschat. Deze staan beschreven in het rapport “Integrale Planstudie Munnikenland Milieueffectrapport (versie 3.0, 9S9885, 19 september 2008).

Tijdens de uitvoering van deze Planstudie bleek aanvullend inzicht gewenst ten aanzien van de kwantitatieve geohydrologische effecten als gevolg van de uitvoering van de maatregelen volgens het Voorkeursalternatief (VKA). De initiatiefnemer van de herinrichtingsplannen (Waterschap Rivierenland in samenwerking met de Dienst Landelijk Gebied) heeft besloten dat een aanvullende studie naar de kwantitatieve effecten op de geohydrologie wenselijk is. Aan Royal Haskoning is opdracht verleend tot het uitvoeren van een kwantitatieve geohydrologische effectstudie.

1.2 Beoordelingskader

Voor de beoordeling van de effecten van uitvoering van het VKA op de geohydrologische condities zijn de volgende criteria gehanteerd:

- effect op de waterkwaliteit van kwetsbare gebieden;
- risico op wateroverlast / zetting bebouwd gebied;
- nat-/droogschade landbouw.

De hydrologische en waterhuishoudkundige relevante aspecten zijn de volgende:

- Drempelniveau van de Waalkade; deze parameter bepaalt hoe vaak de Waal de voormalige polder Munnikenland zal overstromen;
- De ligging van de “Wakkere Dijk”; deze nieuwe waterkering bepaalt de omvang van het nieuwe buitendijks gebied en de effecten op het binnendijks gebied;
- Het stoppen van peilbeheersing in de voormalige polders;
- Ontgraven van klei in de uiterwaarden (Brakelse Benedenwaarden en Gandelwaard);
- Peilbeheer of vrije afwatering in het gebied tussen Den Nieuwendijk en de Wakkere Dijk.

Bij de analyse van de hydrologische effecten wordt speciale aandacht gevraagd voor de impact van de verschillende ingrepen op de natuurwaarden in de Boezem van Brakel. De Boezem van Brakel is een Natura2000-gebied en de instandhouding en uitbreiding van de natuurwaarden van dit gebied is een belangrijk thema. Recent is met een quick-scan een analyse van het gebied gemaakt om te bepalen welke natuurdoeltypen haalbaar zijn onder de denkbare hydrologische regimes (B-ware, 8 februari 2008). Hierbij heeft de nadruk gelegen op de waterkwaliteit in relatie tot de natuurwaarden. Opgemerkt dient te worden dat niet noodzakelijk alle conclusies van het rapport van B-ware onderschreven worden door alle partijen betrokken bij het herinrichtingsproject.

Voor het VKA en de te doorlopen (vergunning-)procedures is het van belang om de (geo)hydrologische effecten en vervolgens de afgeleide effecten (natuur, landbouw, bebouwing) kwantitatief in beeld te brengen. Hiervoor is de inzet van een grondwatermodel gewenst.

1.3 Uitvoering en begeleiding van de studie

Deze studie is uitgevoerd in nauwe samenwerking tussen een begeleidingsgroep en de adviseurs van Royal Haskoning. De begeleidingsgroep werd gevormd door dhr. Jan van der Braak, als vertegenwoordiger van het Waterschap Rivierenland, en de heren Jan-Kees Luijt en Harry Huyskes als vertegenwoordigers van de Dienst Landelijk Gebied – Arnhem. Van de kant van Royal Haskoning waren bij deze studie betrokken Jasper Jansen (modellering), Roel van Laar (Ecologie), Ad de Goffau (rapportage en coördinatie) en Gert-Jan Meulepas (directie).

2 GRONDWATERMODELLERING

2.1 Eisen en randvoorwaarden aan de hydrologische modellering

In een overleg tussen Waterschap Rivierenland, DLG en Royal Haskoning is besproken wat de belangrijke aspecten zijn in de hydrologische effectbepaling en waar de grondwatermodellering aan dient te voldoen. De volgende onderwerpen zijn aan de orde gekomen:

- Gelet op de ingrepen is voor de hydrologische effectbepaling een tijdsafhankelijke modellering vereist waarbij voor verschillende hydrologische situaties (laagwater, gemiddeld, hoogwater) de effecten in beeld worden gebracht;
- Met de modellering dient het uitzakken van water in de kommen (na inunderen) gesimuleerd te worden (hoe lang staat het gebied onder water?);
- De kwaliteit van de hydrologische modellering zal onder meer zitten in de aandacht voor de wijze waarop de lokale bodemopbouw in het model verwerkt wordt (op basis van de beschikbare boringen van het waterschap, de zandbanenkaart en de analyse van de archeoloog); Recent zijn 60 boringen geplaatst in het gebied (t.b.v. reconstructie ontstaanswijze van het gebied). Deze boringen zijn verwerkt in profielen;
- De diepte van de oude zandwinplassen en de wielen (inclusief sliblaag) in de Boezem van Brakel (staan ze in contact met het eerste watervoerend pakket) zijn belangrijke factoren in de hydrologische modellering;
- Voor de ijking van het model is een stationaire en tijdsafhankelijke ijking op basis van gemeten grondwaterstanden en stijghoogten in de omgeving gewenst; Aansluitend is het van belang om de resultaten van het model (GxG-kaarten) te toetsen bij mensen die goed bekend zijn in het gebied;
- De hydrologische effecten van de modellering dienen in beeld gebracht te worden door de verandering van de grondwaterstand, verandering in kwelintensiteit en verandering in afvoer (waterbalans binnendijs gebied) onder verschillende hydrologische situaties in beeld te brengen;
- Voor het bepalen van afgeleide effecten (natuurwaarden en landbouw) is de inzet van het instrument Waternood gewenst.

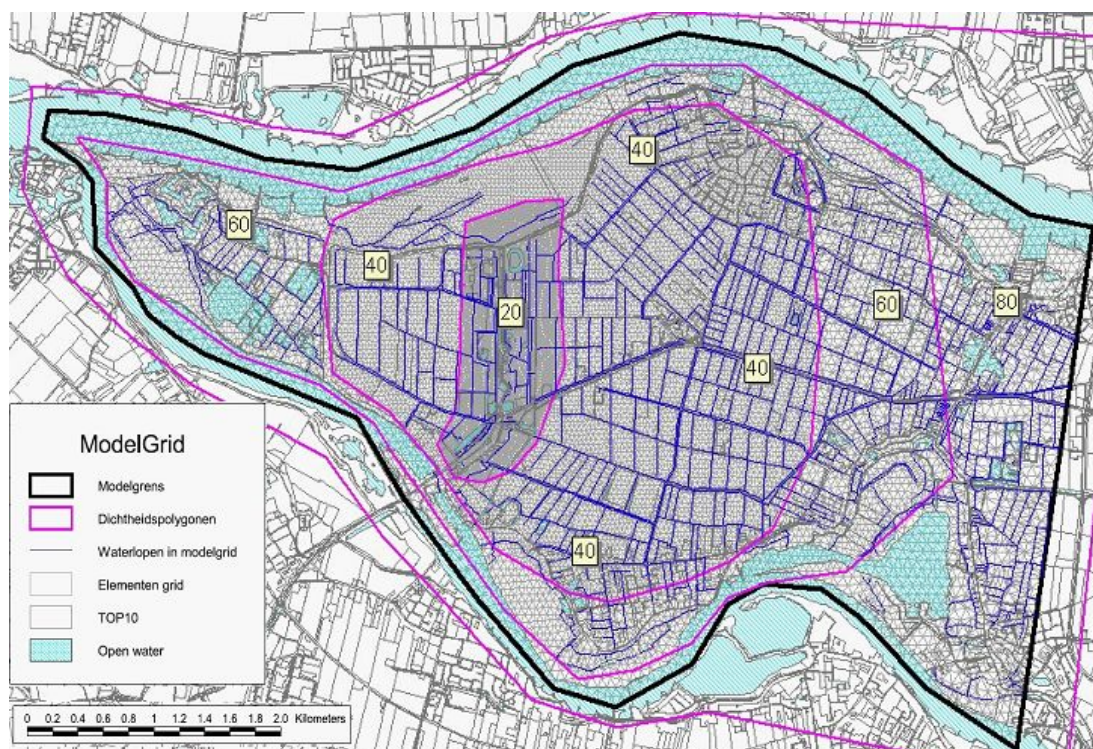
2.2 TNO Model als basis

2.2.1 Algemeen

Het Waterschap Rivierenland heeft voor zijn beheersgebied een regionaal grondwatermodel tot zijn beschikking. Dit model is opgesteld en wordt beheerd door TNO (Deltares). Besloten is dit model als basis te gebruiken bij de inschatting van de geohydrologische effecten van de herinrichting.

Uit het bestaande TNO model voor Munnikenland zijn de gegevens over bodemopbouw, doorlatendheden, weerstanden, drainageniveaus, drainageweerstanden, neerslagoverschot (stationair), rivierpeilen, slootpeilen, etc overgenomen. Hiervoor zijn de bestaande idf files (imod invoer) omgezet naar ascii files zodat ze in Triwaco ingelezen kunnen worden.

Als modelgrens is het midden van de grote rivieren gekozen; de oostelijke begrenzing is aanvankelijk gekozen op ongeveer 2 km oostelijk van het de Boezem van Brakel. Het model kan relatief klein zijn omdat de randvoorwaarden uit het bestaande TNO model overgenomen kunnen worden (ook voor de tijdsafhankelijke berekening). Tijdens de evaluatie bleek echter dat de gekozen oostelijk rand op onvoldoende afstand lag. Hernieuwde berekeningen zijn uitgevoerd met de oostelijke modelrand op 5 km ten oosten van de Boezem van Brakel.



Figuur 2.1: Begrenzing van het modelgebied gebruikt voor kalibratie

In het model voor Munnikenland zijn het oorspronkelijk door TNO gedefinieerde topsysteem en de eerste modellaag vervolgens verfijnd. Dit is enerzijds gebeurd door met een fijner grid te werken (knooppuntafstand in het aandachtsgebied 20 m) waarin de waterlopen als lijnelement zijn opgenomen. Anderzijds zijn enkele parameters die de ondiepe ondergrond en het drainagesysteem beschrijven opnieuw samengesteld uit de basisgegevens.

Aan de hand van de zandbanenkaart is de weerstand van de toplaag opnieuw bepaald. Hierbij is ook de tijdens een archeologisch onderzoek gevonden zandbaan toegevoegd aan het model. De bestaande zandwingaten en andere kleine plassen zijn in het model ingebracht. Aan de hand van de diepte van de plassen is ook de weerstand van de bodem aangepast. In figuur 2.4 wordt de weerstand van de bovenste modellaag (deklaag) weergegeven.

2.2.2 Topografie

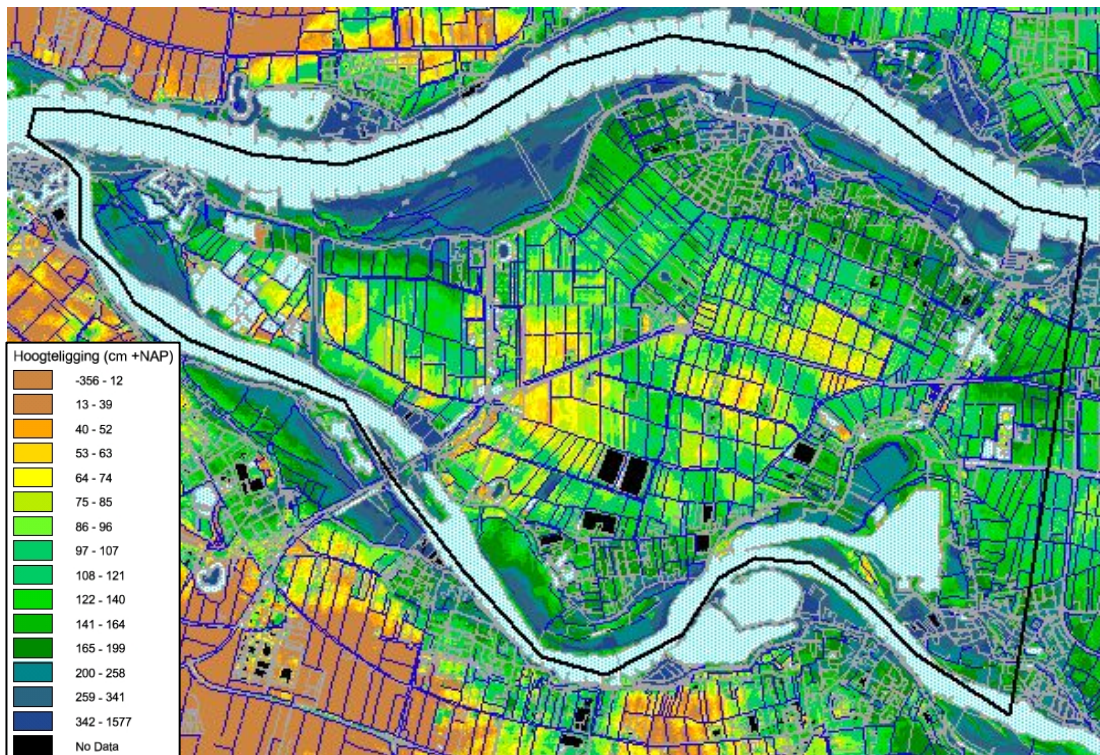
De topografische kaart van het projectgebied en omstreken is weergegeven in figuur 2.2. De topografische hoogtes, zoals die in het grondwatermodel zijn gebuikt, zijn op kaart weergegeven in figuur 2.3. Wat opvalt, is de aanzienlijk hogere ligging van de uiterwaarden (en het industriegebiedje aan de zuidkant van het plangebied) in vergelijking met het aangrenzende polderland. Er is duidelijk sprake van een zogenaamd kommen landschap, waarbij zich langs de rivier een oeverwal heeft gevormd (vandaar hoge ligging) en tussen de oeverwallen ontstond een laag liggend gebied dat van oudsher regelmatig onderliep.



Figuur 2.2: Topografische kaart van het modelgebied

2.2.3 Geohydrologische schematisatie

De opbouw van de ondergrond ter plaatse van Munnikenland wordt gekenmerkt door een afwisseling van goed en slecht doorlatende fluviatiele afzettingen (zand/grind en klei). De Holocene deklaag behoort tot de Formatie van Echteld (voorheen Betuwe Formatie) en bestaat in het gebied voornamelijk uit komkleien. Deze kleilaag varieert hier in dikte van 2 tot 10 m. Lokaal komen in de deklaag geulafzettingen voor. Deze zijn gevormd als gevolg van erosie door rivierstrengen. Deze erosiegeulen zijn opgevuld met zand. Dit zijn de zogenaamde zandbanen. Ter plaatse van deze zandbanen is de kleilaag dus dunner (zie figuur 2.4).

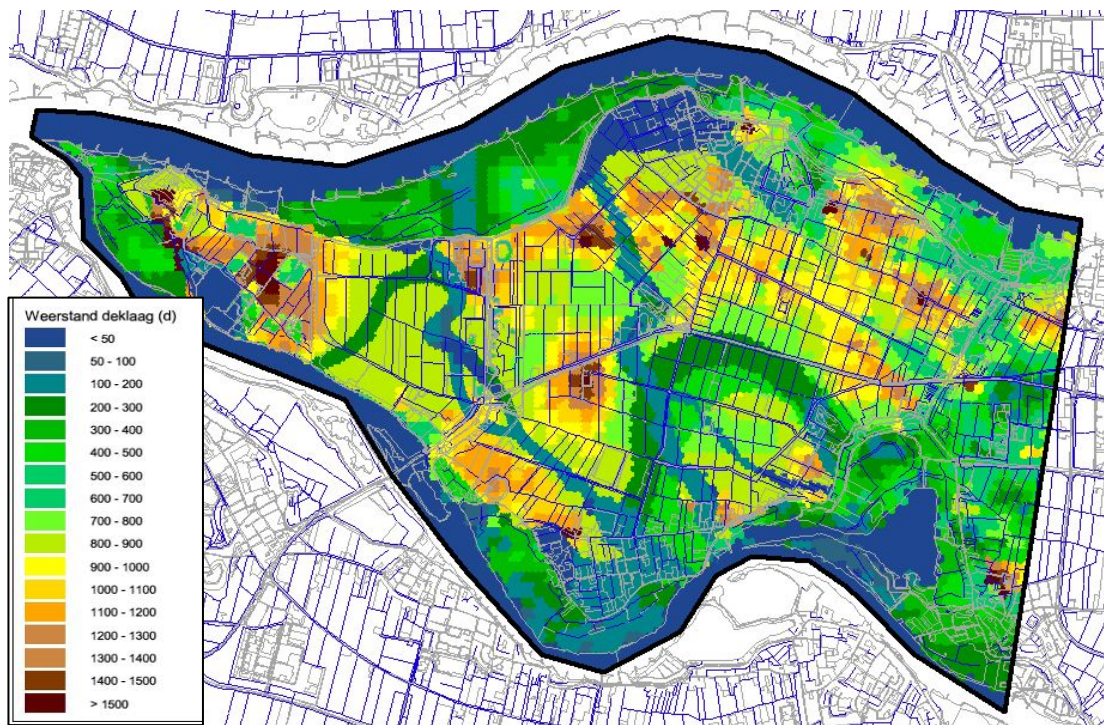


Figuur 2.3: Hoogtekaart van het modelgebied

Onder de deklaag bevinden zich goed doorlatende zanden behorende tot de Kreftenheye Formatie. In de Formatie van Kreftenheye komen ook (lokale) kleilagen voor die de formatie in afzonderlijke watervoerende pakketten verdelen. In het model is deze formatie daarom ook in een aantal losse modellagen opgesplitst.

De geohydrologische schematisatie is overgenomen uit het bestaande TNO model. De weerstand van de deklaag is verfijnd en plaatselijk aangepast (er is onder andere een zandbaan toegevoegd die tijdens het archeologisch onderzoek is gevonden). De doorlatendheid van het 1^e watervoerende pakket is grotendeels gelijk gehouden aan de gebruikte waarden in het TNO model. In Figuur 2.4 wordt de weerstand van de deklaag weergegeven. De ligging van de zandbanen in het gebied is duidelijk te herkennen, aan de smalle langgerekte banen met relatief lage weerstand van de deklaag.

Een aaneengesloten gebied met een lage weerstand van de deklaag wordt aangetroffen in de zuidpunt van het project gebied.

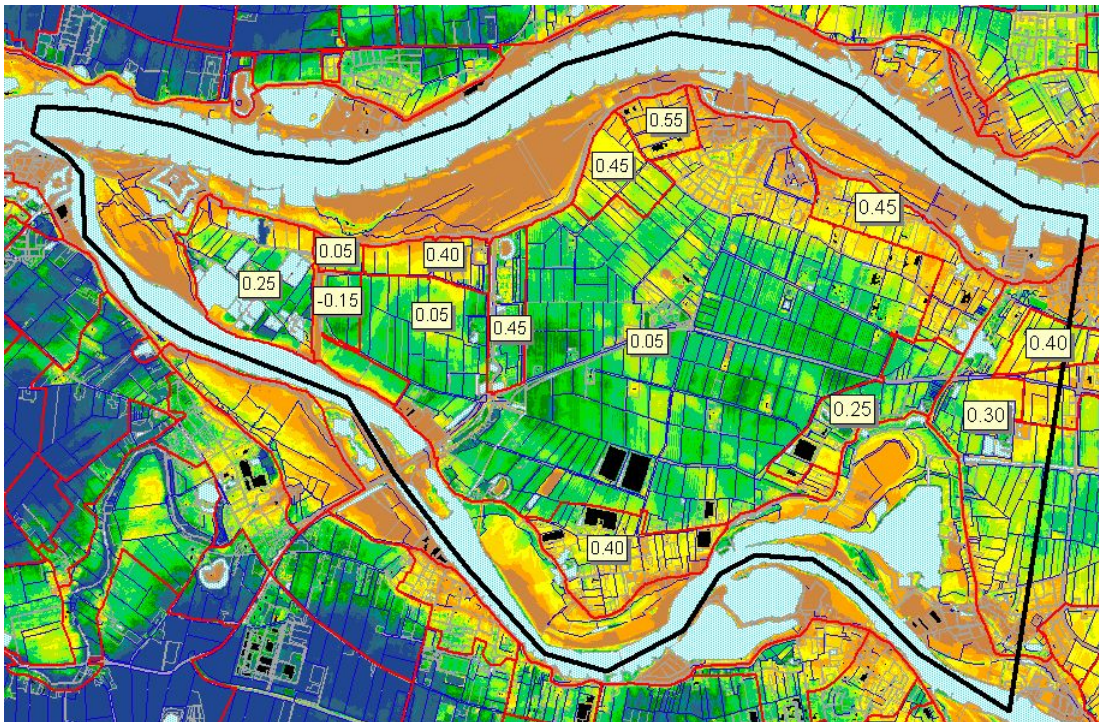


Figuur 2.4: Weerstand van de deklaag (in dagen)

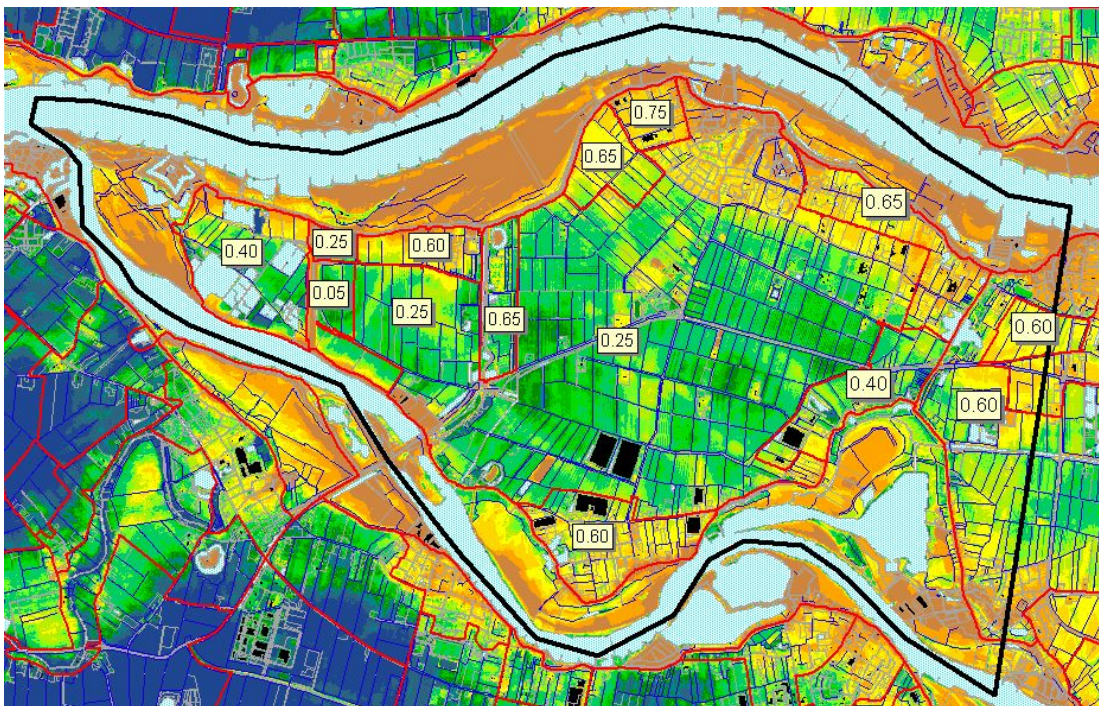
2.2.4 Water peilen, grondwaterstanden en stijghoogtes

Het oppervlaktewater in de polders wordt in de huidige situatie met behulp van gemalen op peil gehouden. In figuur 2.5 en figuur 2.6 zijn de waterstanden volgens de vigerende peilbesluiten voor winter en zomer periode weergegeven. Opvallend is het hogere grondwaterpeil in de Boezem van Brakel in relatie tot het omliggende polderland. Dit is het gevolg van het vasthouden van alle neerslagwater. Sinds 1998 is er geen gemaal meer om het waterpeil te reguleren. Opgemerkt dient te worden dat in de grondwatermodellering iets lagere peilen (5 à 10 cm) gehanteerd zijn dan de waardes volgens de peilbesluiten.

De Waarden bij Loevestein stromen na inundatie leeg via een sluisje. Het achterblijvende water wordt uitgeslagen via een gemaaltje. Het duurt ongeveer 8 dagen voordat het slootpeil weer op normaal niveau is.



Figuur 2.5: Waterstanden volgens peilbesluit in winter periode (ondergrond: AHN)



Figuur 2.6: Waterstanden volgens peilbesluit in zomer periode (ondergrond: AHN)

2.3 Aanpassingen in oorspronkelijk model

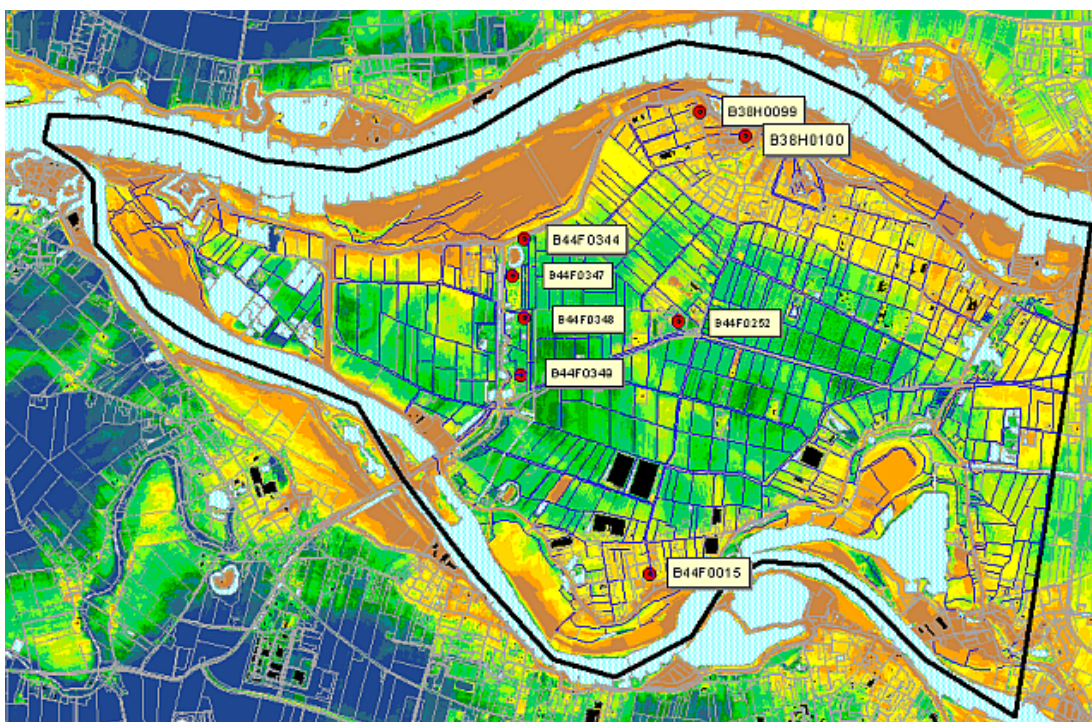
De aanpassingen die in het model zijn aangebracht, hebben, zoals in voorgaande tekst al is vermeld, vooral betrekking op:

- verfijning van het grid (nieuwe knooppuntafstand in het aandachtsgebied is 20 m);
- de waterlopen zijn als lijnelement zijn opgenomen;
- aan de hand van de zandbanenkaart is de weerstand van de toplaag opnieuw bepaald. De tijdens een archeologisch onderzoek gevonden zandbaan is toegevoegd aan het model;
- de bestaande zandwingaten en andere kleine plassen zijn in het model ingebracht;
- aan de hand van de diepte van de plassen is ook de weerstand van de bodem aangepast;
- waar het grid verfijnd is, zijn geleidelijke overgangen aangebracht in de geohydrologische parameters.

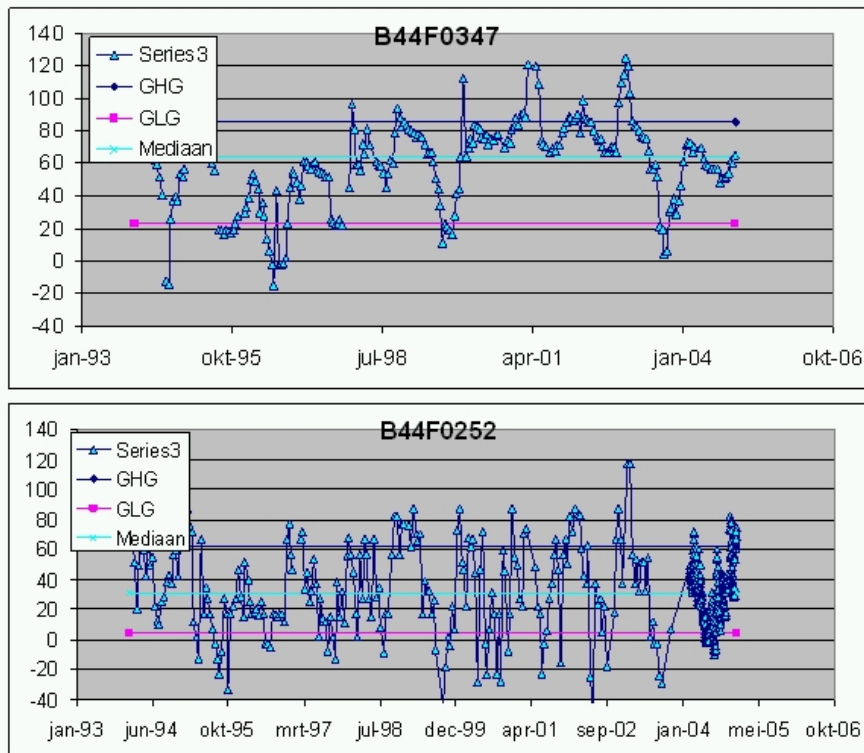
2.4 Kalibratie

2.4.1 Gemiddelde situatie

De stationaire ijking van het model is gebaseerd op metingen van grondwaterstanden in de periode 1994-2004. Het oorspronkelijke TNO model is ook geijkt op deze periode. In figuur 2.7 zijn de verschillende peilbuislocaties weergegeven. Helaas is voor de meeste peilbuizen de beschikbare meetreeks incompleet. In figuur 2.8 zijn de meetreeksen van de 2 meest complete peilbuizen in de periode 1994-2004 weergegeven. In de figuren is ook de gemiddelde waarde aangegeven.



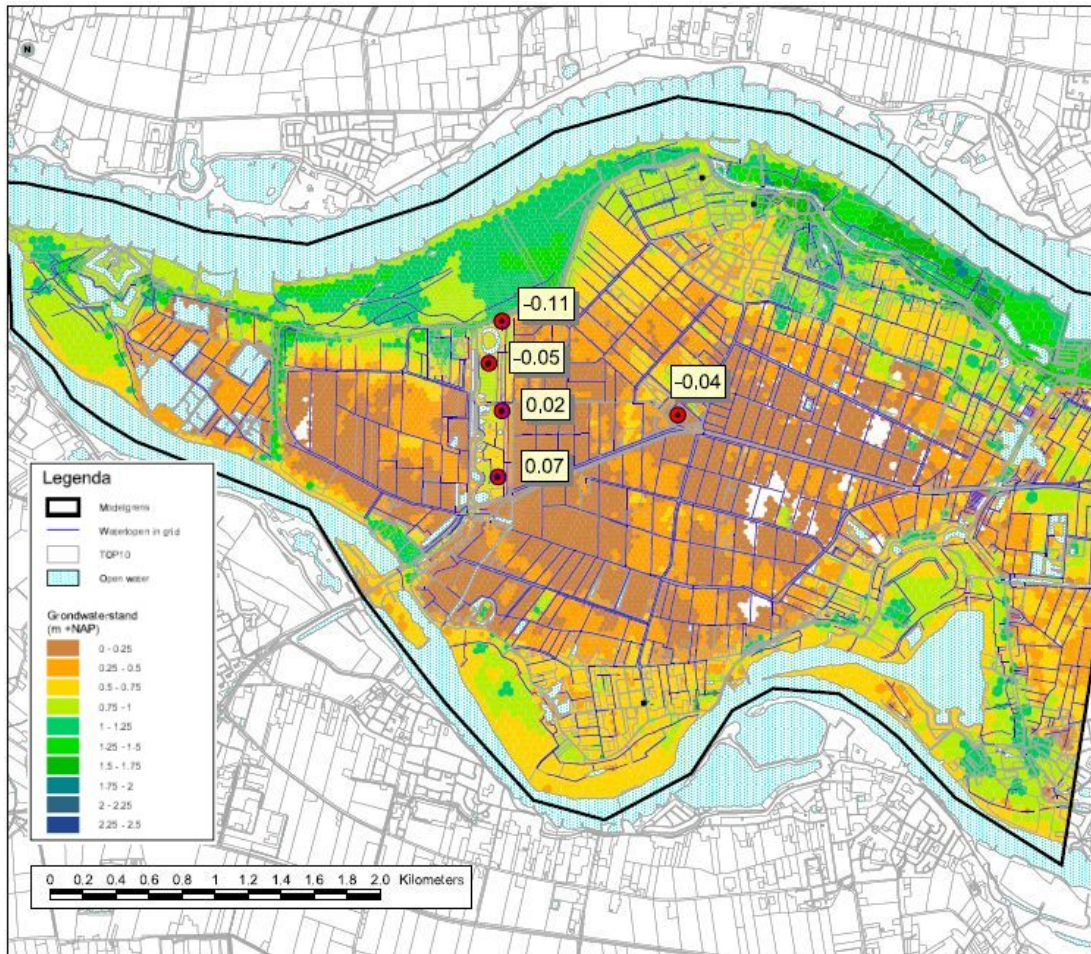
Figuur 2.7: Locatie van monitoring peilbuizen (ondergrond: AHN)



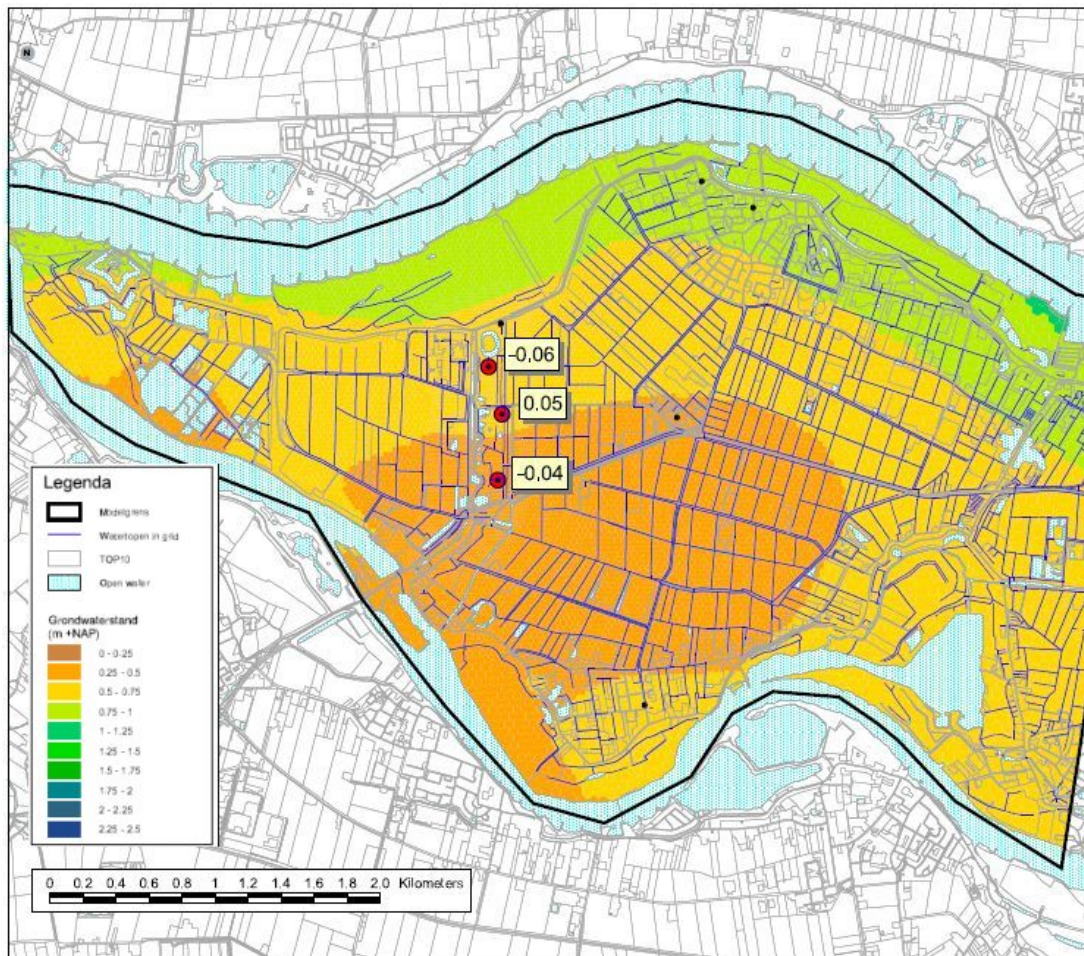
Figuur 2.8: Verloop gemeten waterstanden en stijghoogtes

Voor de stationaire ijking was het niet nodig om de verfijnde bovenste modellaag verder aan te passen. Ook voor de diepere modellaag was het niet nodig om de doorlatendheid en weerstand aan te passen. In figuur 2.9 en figuur 2.10 zijn de resultaten van de ijking weergegeven voor modellaag 1 (grondwaterstand) en 2 (1^e watervoerend pakket).

De omkaderde getallen duiden aan het verschil in m tussen de berekende waterstand/-stijghoogte en het gemiddelde van de waarnemingen (een positief getal duidt op een te hoog resultaat van de berekening).

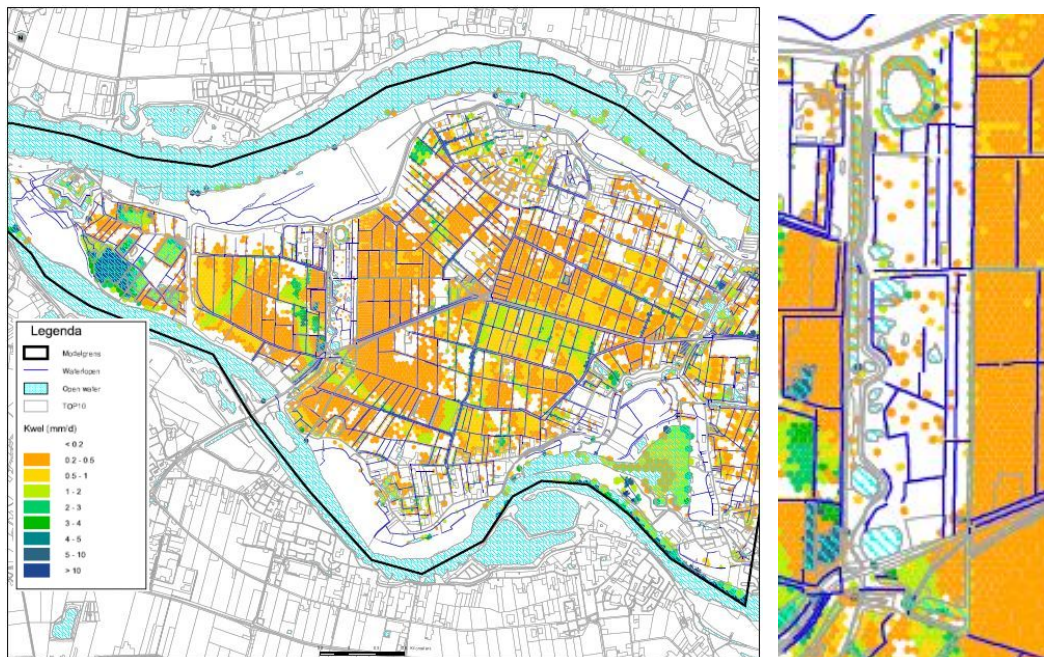


Figuur 2.9: Berekende grondwaterstand stationaire situatie



Figuur 2.10: Berekende stijghoogte in 1^e watervoerende pakket

In figuur 2.11 is de berekende gemiddelde kwel (hoeveelheid water die uit de toplaag van het modelgebied verdwijnt; drainage en evapotranspiratie), weergegeven, met rechts een uitvergroting van het gebied Boezem van Brakel). De 'kwel' beperkt zich, zoals te verwachten, grotendeels tot de lagere gebieden van het modelgebied. In de polders zijn duidelijk de zandbanen te herkennen. Doordat de deklaag hier een dunnere kleilaag bevat is de kwel groter dan in het omliggende gebied. In de Boezem van Brakel is kwel beperkt tot eigenlijk alleen enkele uitgegraven gebiedjes.

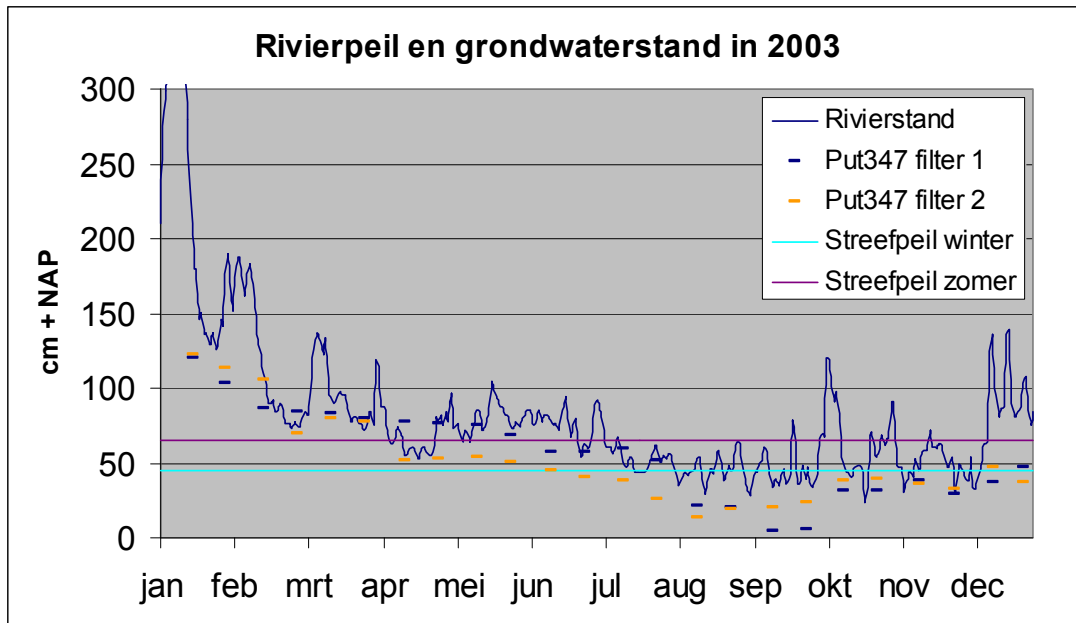


Figuur 2.11: Gemiddelde kwel in mm/dag

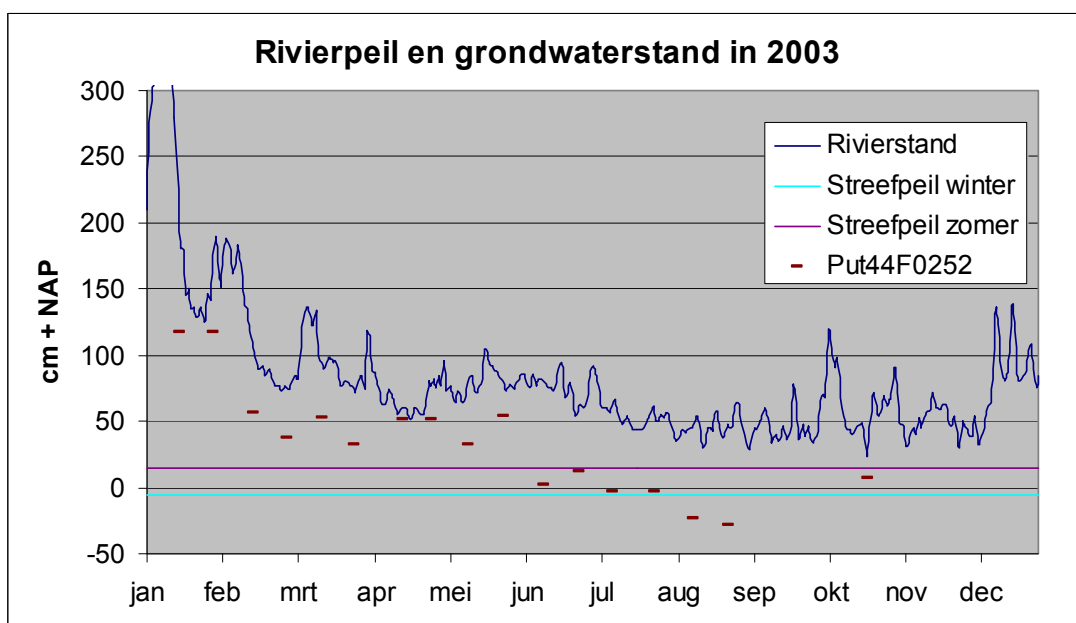
2.4.2 Jaar 2003 – jaar van ijking voor niet stationaire condities

Omdat het doorrekenen van een volledige reeks van 10 jaar zeer tijdrovend is, is ervoor gekozen om het jaar 2003 door te rekenen, en hier de tijdsafhankelijke ijking op te baseren. Dit jaar wordt namelijk gekarakteriseerd door het voorkomen van extreme natte en ook droge omstandigheden. Het jaar begint met zeer hoge rivierstanden waarbij het Munnikenland inundeert. De zomer van 2003 was juist zeer droog, met lage rivierstanden. Met dit jaar kunnen dus de extremen van de grondwaterstand goed in beeld worden gebracht.

Voor dit jaar heeft alleen peilbuis B44F0347 een volledige meetreeks beschikbaar (figuur 2.12). Voor peilbuis B44F0252 is ook een meetreeks beschikbaar, maar deze peilbuis is zeer onregelmatig bemeten. In figuur 2.13 zijn de Rivierstand van de Waal bij Vuren en de grondwaterstanden in peilbuis B44F0252 weergegeven.



Figuur 2.12: Gemeten peil in de Waal en grondwaterstand/stijghoogte in peilbuis B44F0347

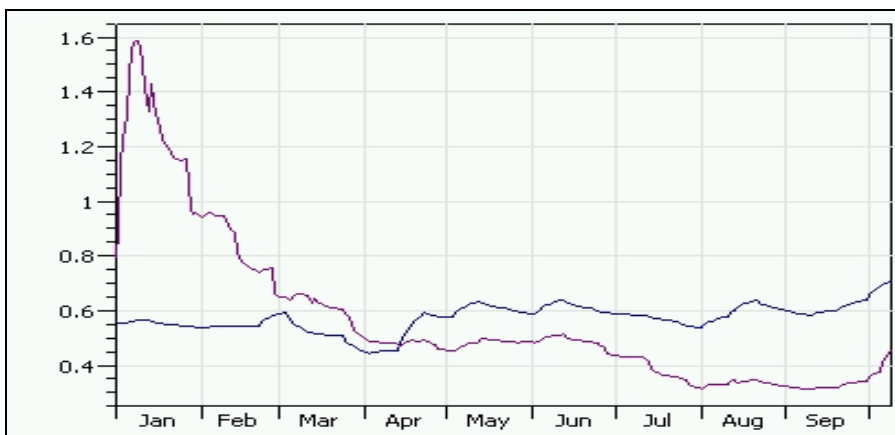


Figuur 2.13: Gemeten peil in de Waal en grondwaterstand/stijghoogte in peilbuis B44F0252

Bij de tijdsafhankelijke kalibratie van het model bleek dat de berekende grondwaterstanden te weinig variatie vertoonden. Het grootste deel van het jaar werd een grondwaterstand berekend die minder dan 5 cm afwijkt van het streefpeil in dat deel van het jaar (figuur 2.14 bovenste figuur). In figuur 2.14 (onderste figuur) is te zien dat er veel meer variatie in de gemeten grondwaterstanden zit (ongeveer 1 meter).

Om dit beter in het model te krijgen is de infiltratie en drainageweerstand van het topsysteem verhoogd. Verder is ook de horizontale doorlatendheid van de deklaag verlaagd. Hierdoor heeft het drainage systeem minder effect op de grondwaterstand tussen de sloten in.

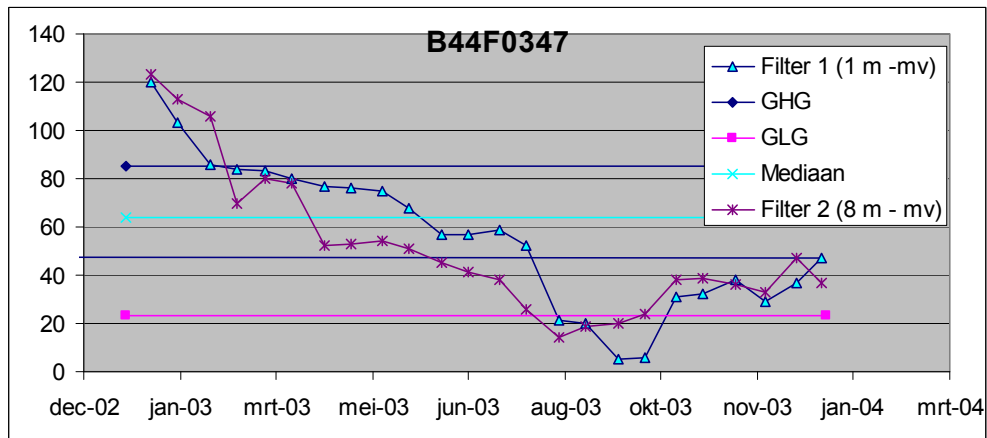
In de middelste grafiek van figuur 2.14 worden de berekende grondwaterstanden ter plaatse van peilbuis B44F0347 weergegeven. Eronder worden de gemeten grondwaterstanden weergegeven. Nu wordt er nu wel een variatie in grondwaterstanden berekend die redelijk overeenkomt met de gemeten variatie (behalve voor de allerhoogste grondwaterstanden).



Voor kalibratie: Berekende variatie in gws (blauw) en stijghoogte (paars)

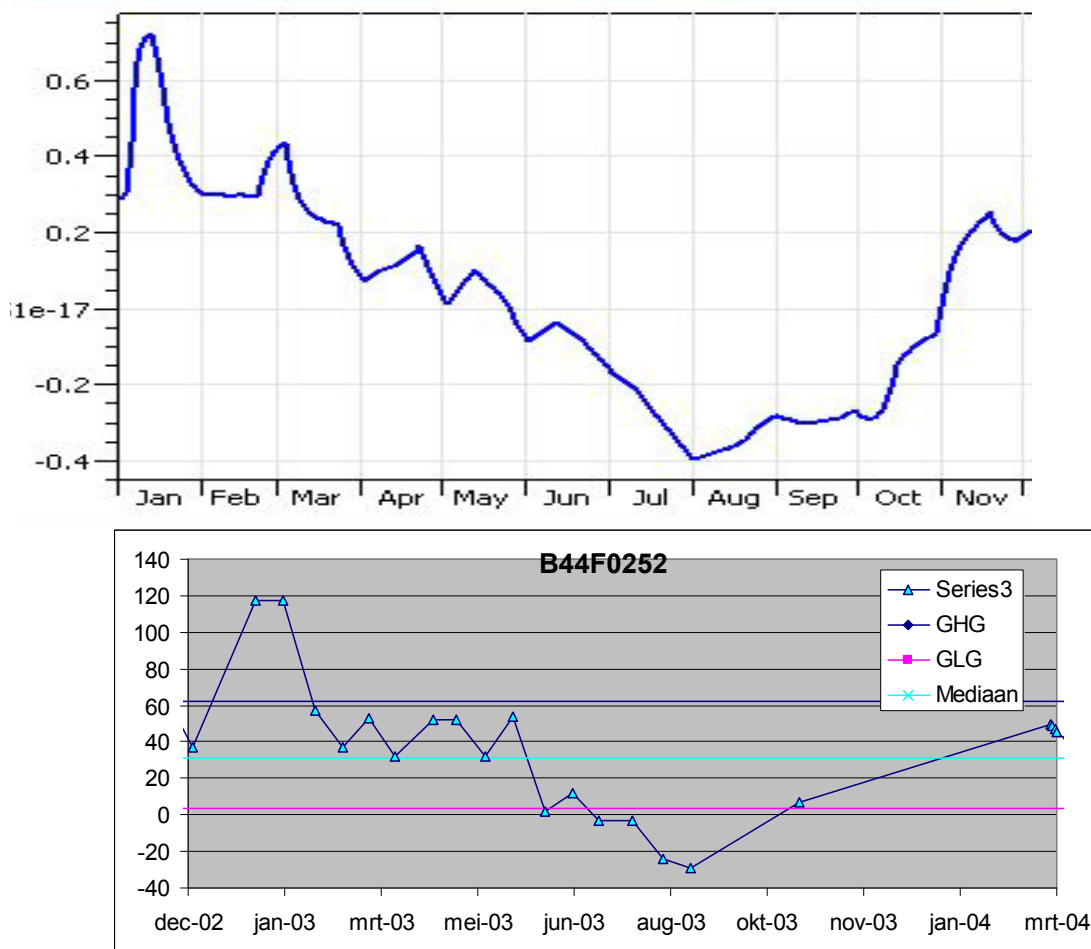


Na kalibratie: Berekende variatie in gws (blauw) en stijghoogte (paars)



Figuur 2.14: Berekende grondwaterstanden/stijghoogten (voor en na calibratie) en gemeten variatie in grondwaterstand (filter 1) en stijghoogte (filter 2)

Een zelfde exercitie is uitgevoerd voor de grondwaterstand ter plaatse van peilbuis B44F0252 (figuur 2.15)



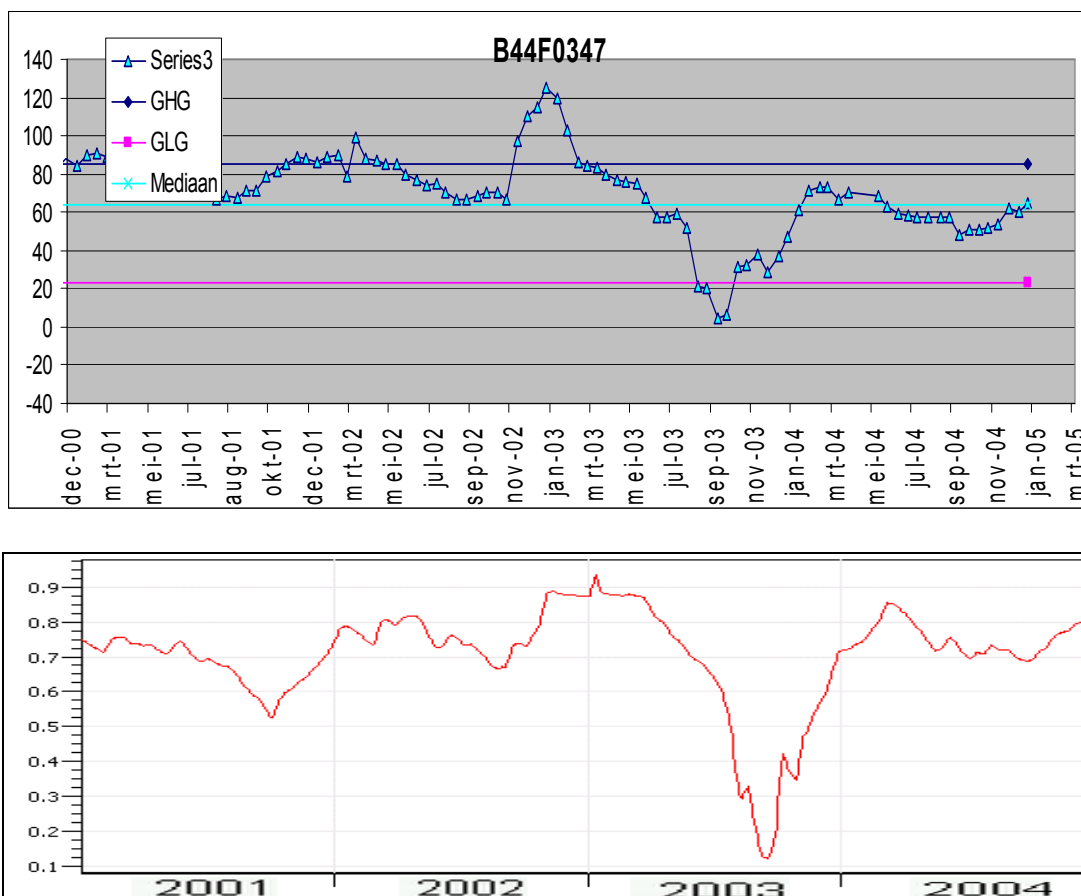
Figuur 2.15: Berekende (boven) en gemeten (onder) grondwaterstand ter plaatse van peilbuis B44F0252

Geconstateerd wordt dat de gesimuleerde grondwaterstand tijdens een afvoergolf op de Waal lager is dan de gemeten grondwaterstand. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het model de freatische waterstand simuleert, terwijl de peilbuis gegevens de waterstand op iets grotere diepte representeren, en dus meer beïnvloed worden door de stijghoogte in het onderliggende watervoerend pakket.

2.4.3 Validatie

In figuur 2.16 is het verloop van de gemeten (boven) en berekende (onder) grondwaterstand voor de periode 2001 – 2004 weergegeven. Hierin is te zien dat de grondwaterstand ook in de jaren waarop niet specifiek is geïcht goed wordt berekend. In 2003 komen duidelijk de hoogste en laagste grondwaterstanden voor (in zowel de berekening als de meting).

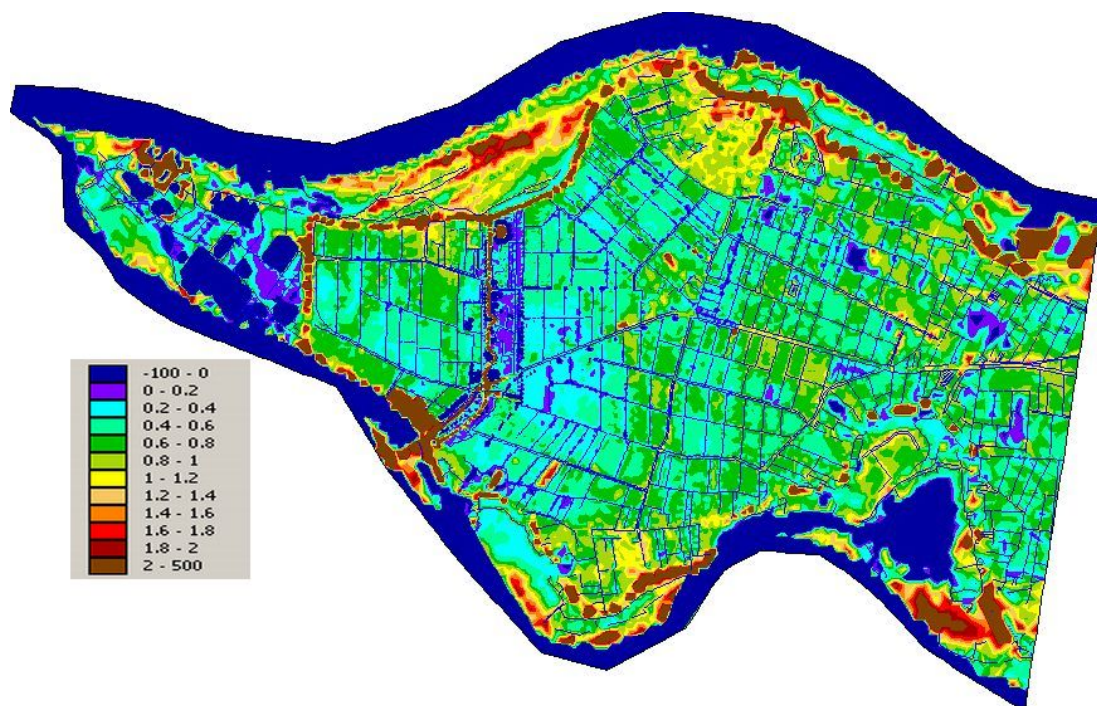
De berekende waterstanden vertonen iets minder variabiliteit dan de gemeten waarden. Hierbij dient aangetekend te worden dat de grondwaterstand zeer variabel is en binnen beperkte afstand substantieel kan variëren, bijvoorbeeld als functie van de nabijheid van een sloot of greppel. Daarnaast wordt de gemeten grondwaterstand sterk beïnvloed door de diepte waarop gemeten wordt.



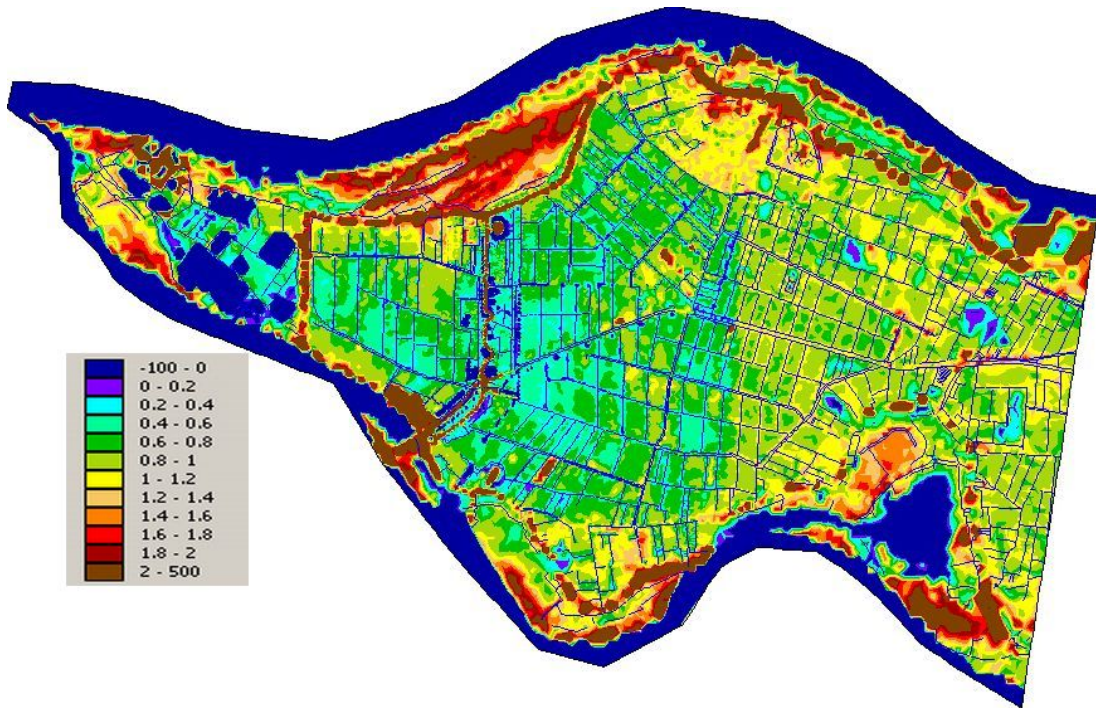
Figuur 2.16: Gemeten en berekende grondwaterstand in de periode 2001 – 2004 ter plaatse van peilbuis B44F0347

2.4.4 Bepaling GXG

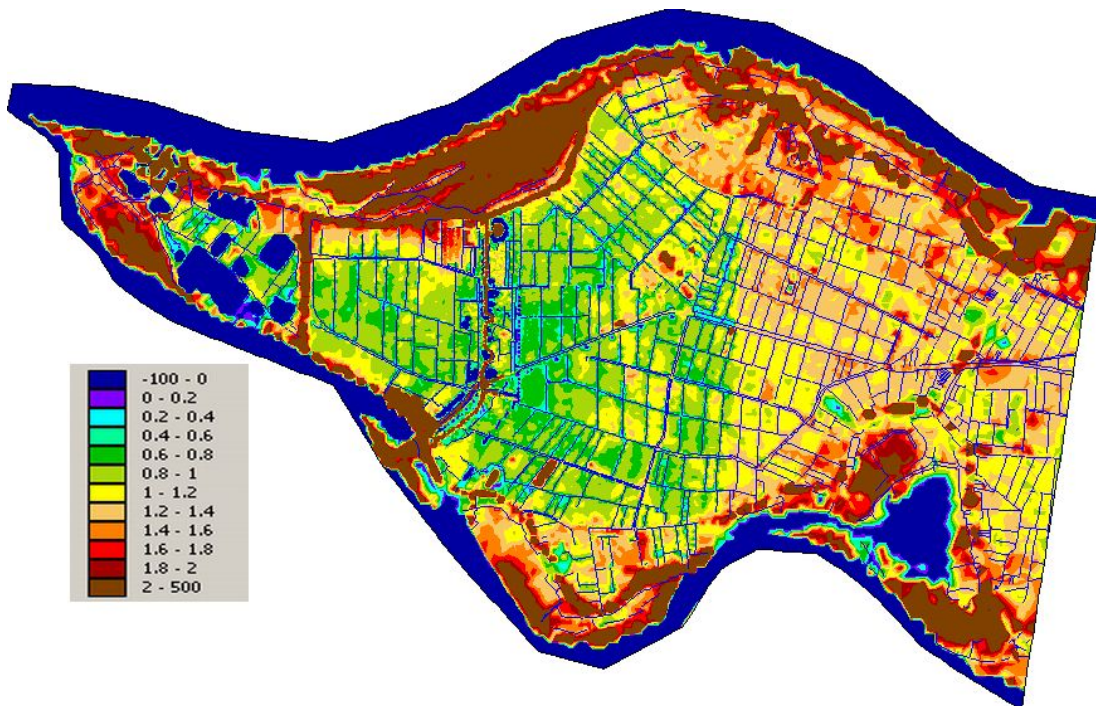
Voor de bepaling van de gemiddeld hoogste (GHG), laagste (GLG) en voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is een reeks van 10 jaar (1994-2004) doorgerekend. Voor de periode 01 januari 1994 t/m 31 december 2004 is vervolgens de GxG bepaald. In de hierna volgende figuren zijn achtereenvolgens de GHG, GVG en GLG weergegeven (alle waarden ten opzichte van maaiveld).



Figuur 2.17: Berekende GHG in m ten opzichte van maaiveld



Figuur 2.17b: Berekende GVG in m ten opzichte van maaiveld



Figuur 2.18: Berekende GLG in m ten opzichte van maaiveld

3 INGREPEN VOLGENS VOORKEURSALTERNATIEF

Het Voorkeursalternatief geeft door een vergaande dijkeruglegging en verlaging van de Waalkade veel ruimte voor het binnenlaten van rivierdynamiek in de voormalige polder Munnikenland. Er komt een nieuwe ontsluitingsweg op de Maaskade aan de zuidzijde, maar ook de weg op de (net iets boven maaiveld gelegen) Schouwendijk blijft intact. De uiterwaarden krijgen een hoogdynamisch karakter door het graven van enkele geulen. Vernatting en natuurlijke beheersvormen (begrazing) leiden tot een grote variatie in de vegetatie in het gehele plangebied. In figuur 3.1 en figuur 3.2 zijn de ingrepen weergegeven. Voor een beter leesbare versie van de tweede figuur wordt verwezen naar het MER.

Begin 2009 zal de Stuurgroep het definitieve ontwerp voor de herinrichting vaststellen. Er kunnen nog kleine aanpassingen aan het VKA gemaakt worden (met name de exacte ligging van de Wakkere dijk). De verwachting is dat dit niet veel zal afwijken van het VKA zoals nu gebruikt. Bij de interpretatie van de model resultaten zal rekening worden gehouden met deze onzekerheid.

Maaskade: De bereikbaarheid van Slot Loevestein verbetert door het aanleggen van een hoge toegangsweg via de Maaskade. Hiertoe wordt de huidige Deltadijk verlaagd tot op het niveau van de Maaskade (NAP+3,8 meter). Ook het parkeerterrein wordt opgehoogd tot het niveau van de Maaskade. De locatie van het voormalige Munnikhof wordt voor het eerst voor autoverkeer en fietsers toegankelijk vanaf de weg op de Maaskade.

Waalkade: De Waalkade wordt verlaagd tot op het niveau van NAP+2,5 meter om vernatting en de dynamiek van het komgebied te stimuleren. Bij een peil hoger dan NAP+2,5 zal het gebied inunderen. Het traject vanaf de Wakkere Dijk tot aan de hoge pol van het voormalige Rechthuys ligt op NAP+3,5 meter.

Brakelse Benedenwaarden: Het vergraven van de Brakelse Benedenwaarden is voor het bereiken van de rivierkundige doelstelling ondersteunend aan de dijkeruglegging. Door reliëfvolgend te ontkleien en daarbij de aanwezige DZH-leiding te ontzien, ontstaat een natte uiterwaard met deels behoud van beschermde habitats.

Wakkere dijk: De Wakkere dijk (Wakkere Dijk) wordt zo oostelijk mogelijk gesitueerd om het winterbed te maximaliseren en om de kans op de gewenste kwel in de Boezem van Brakel te vergroten.

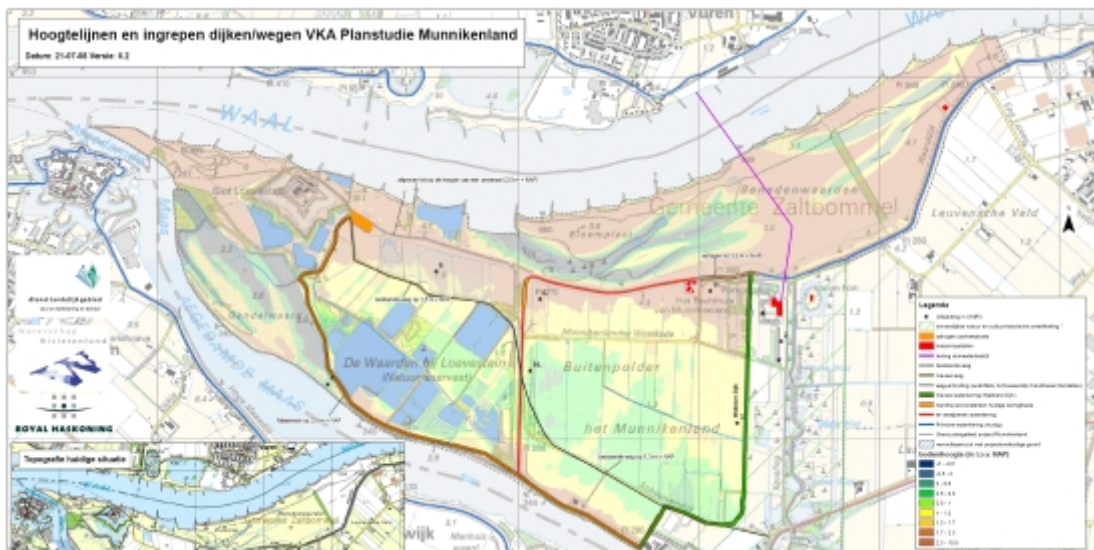
Schouwendijk: De weg over de Schouwendijk blijft intact.

Munnikenland: De huidige buitenpolder wordt onderdeel van de komnatuur en krijgt daardoor een nat karakter. De grootste put in het zuidwesten wordt “verondiept” en dat geldt ook voor de putten aan de zuidzijde van Slot Loevestein.

Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat de inunderende voormalige polders onder vrij verval (b.v. via een sluisje) kunnen afwateren op de Maas. In het model is afwatering uit deze gebieden dus alleen mogelijk tot op het niveau van de rivier.



Figuur 3.1: Situatieschets Voorkeursalternatief

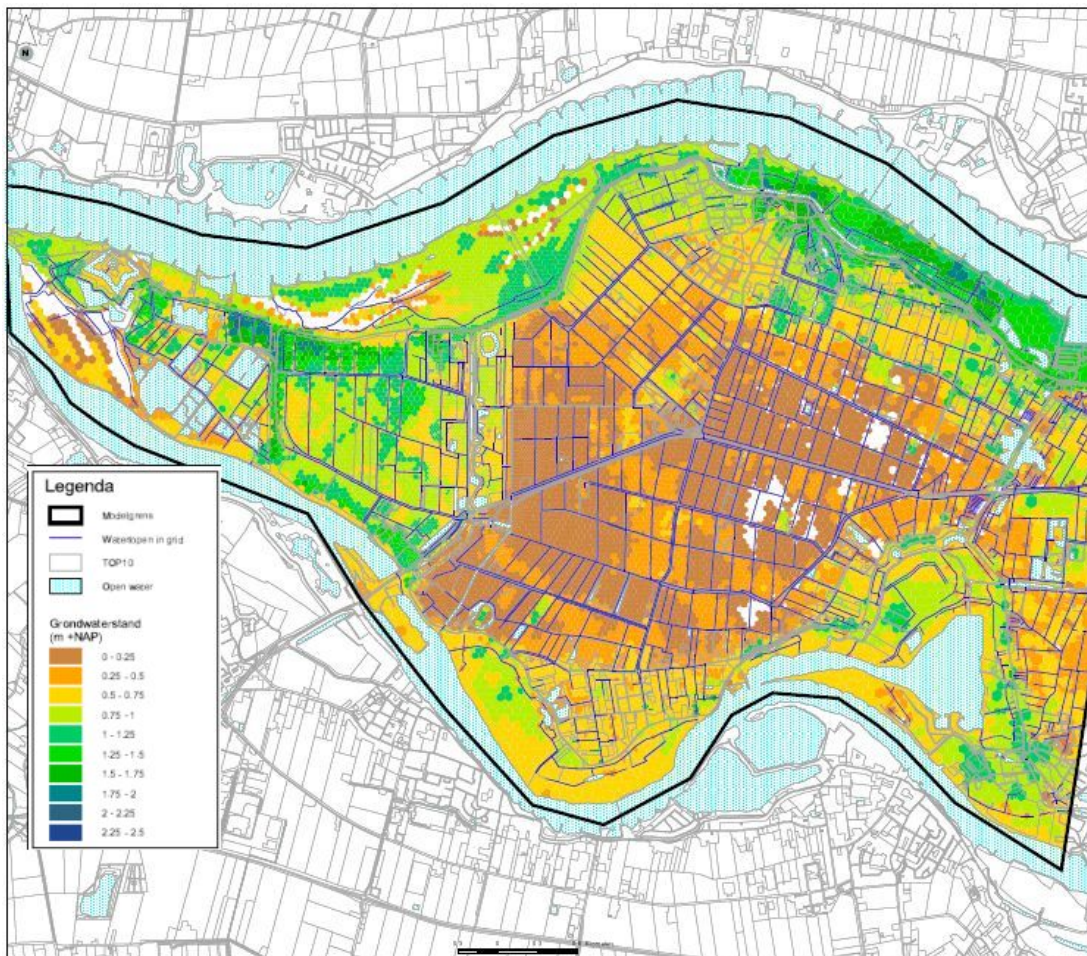


Figuur 3.2: Ingrepen in het kader van het Voorkeursalternatief

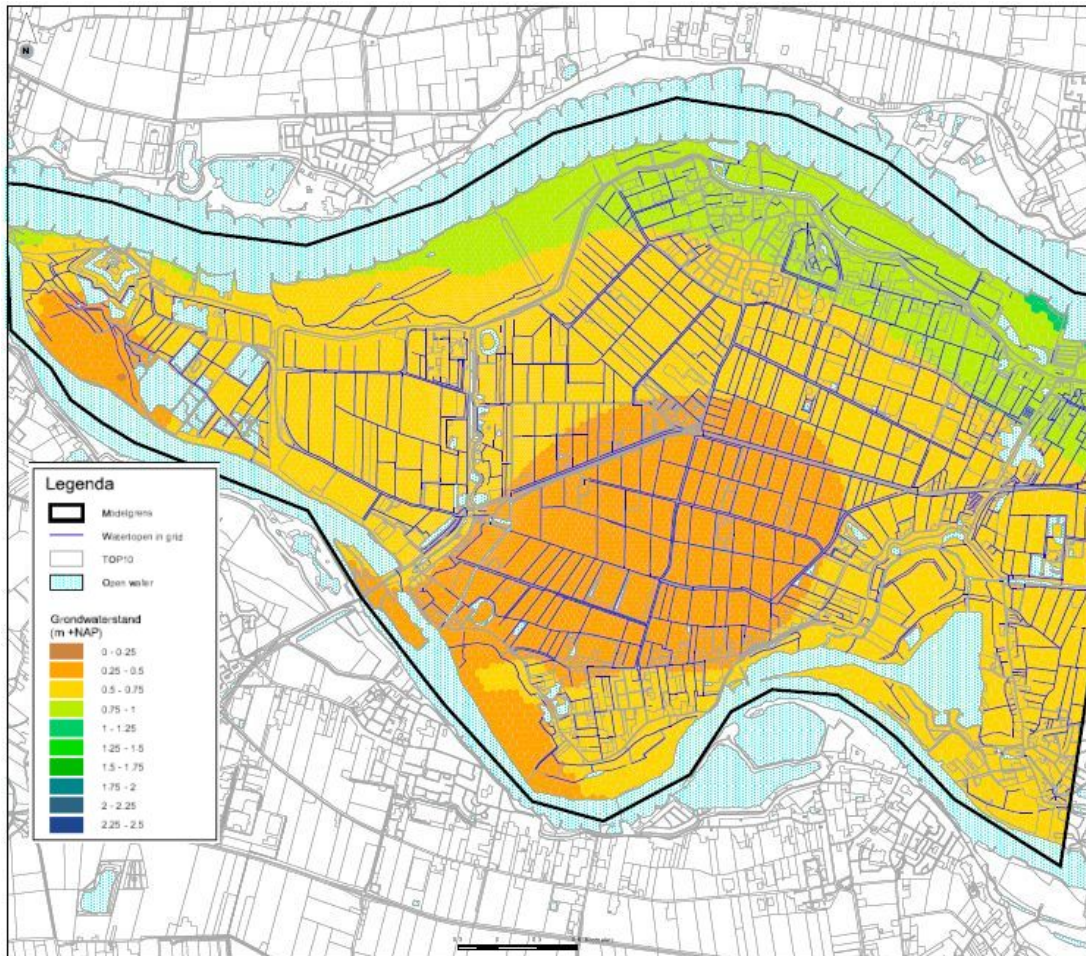
4 MODELRESULTATEN VOOR VORKEURSALTERNATIEF

Met behulp van het grondwatermodel zijn eerst stationair de grondwaterstand, stijghoogte en de hoeveelheid kwel berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de figuur 4.1 t/m figuur 4.3.

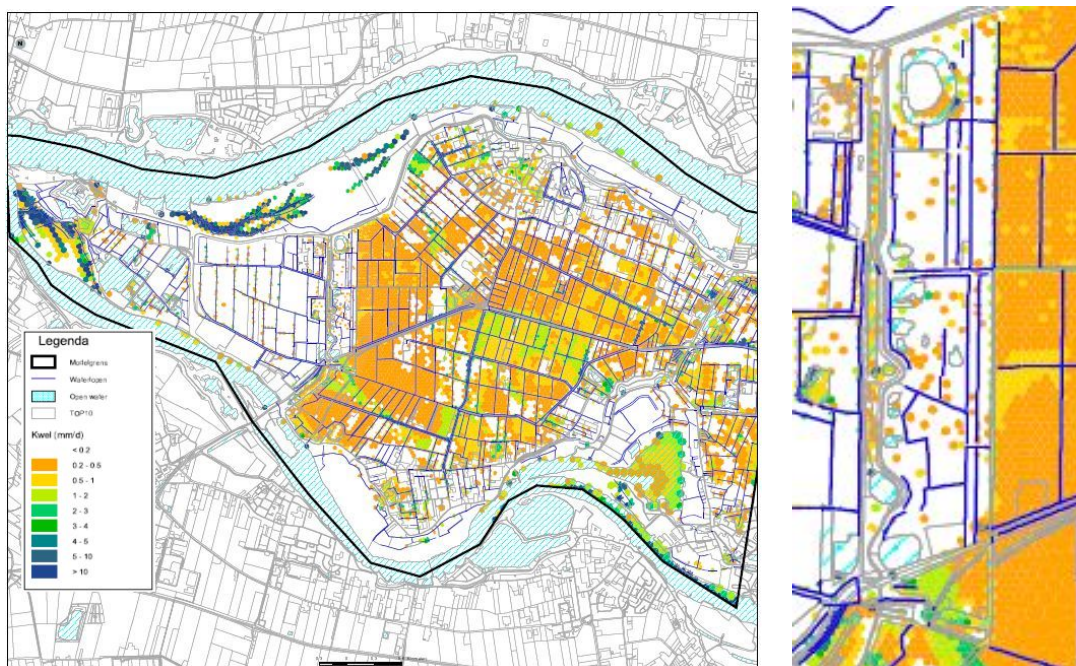
De ontgravingen in de uiterwaarden hebben plaatselijk een drainerend effect, c.q. een verlagend effect op de grondwaterstand.



Figuur 4.1: Berekende grondwaterstand bij VKA voor stationaire situatie



Figuur 4.2: Berekende stijghoogte bij VKA voor stationaire situatie



Figuur 4.3: Berekende kwel bij VKA voor stationaire situatie

Bij de vergelijking van Figuur 2.9 met Figuur 4.1 (gemiddelde grondwaterstanden in huidige situatie en situatie met VKA) vallen de volgende zaken op:

- In het uiterwaarden gebied zal in de situatie met VKA een grotere mate van drainage zijn dan nu het geval is (door de ontgravingen);
- In het gebied westelijk van de teruggelegde dijk (Wakkere Dijk) en vooral in het gebied tussen deze dijk en de bestaande Schouwendijk zal de gemiddelde grondwaterstand aanzienlijk stijgen. (in de huidige situatie is de grondwaterstand overwegend tussen 0,0 en 0,25 m+NAP; in de situatie met VKA zal de gemiddelde grondwaterstand veelal liggen tussen 0,50 en 0,75 m+NAP);
- Uitvoering van het VKA zal nauwelijks leiden tot verandering van de grondwaterstand in de Boezem van Brakel of in de meer oostelijke polders. Hierbij dient aangetekend te worden dat de stationaire situatie waar voor de berekening is uitgevoerd, een imaginaire situatie is.

Met betrekking tot wijzigingen van de stijghoogte in het water voerend pakket (vergelijking van Figuur 2.10 en Figuur 4.2), is er sprake van een geringe stijging in het centrum van het gebied, waar inzijging van oppervlakte water plaatsvindt. Langs de Waal daarentegen vindt enige verlaging in stijghoogte plaats, als gevolg van de vergravingen van het uiterwaardengebied. Hier zal de stijghoogte sterker gecorreleerd zijn aan de waterstand in de Waal.

De verandering in kwelintensiteit wordt vooral waargenomen westelijk van de teruggelegde dijk. Terwijl daar nu kwel optreedt (als gevolg van het handhaven van een laag streefpeil), zal in de situatie met VKA de kwel ophouden. In de Boezem van Brakel en verder oostelijk zal het effect op de kwel, nog steeds refererend aan een imaginaire stationaire situatie, heel gering zijn.

Een verdere beschrijving van de (geo-)hydrologische effecten als gevolg van uitvoering van het VKA is gepresenteerd in Hoofdstuk 5.

5 EFFECTEN VAN VOORGESTELDE INGREPEN

De effecten van de voorgestelde ingrepen volgens het VKA zijn voor het jaar 2003 doorgerekend met het grondwatermodel. Hiermee kunnen de effecten (d.w.z. de verschillen in grondwaterstand en stijghoogte tussen situatie “zonder” en situatie “met” ingrepen) tijdens extreem natte en extreem droge omstandigheden in beeld gebracht worden.

5.1 Effecten op grondwaterstand en stijghoogte

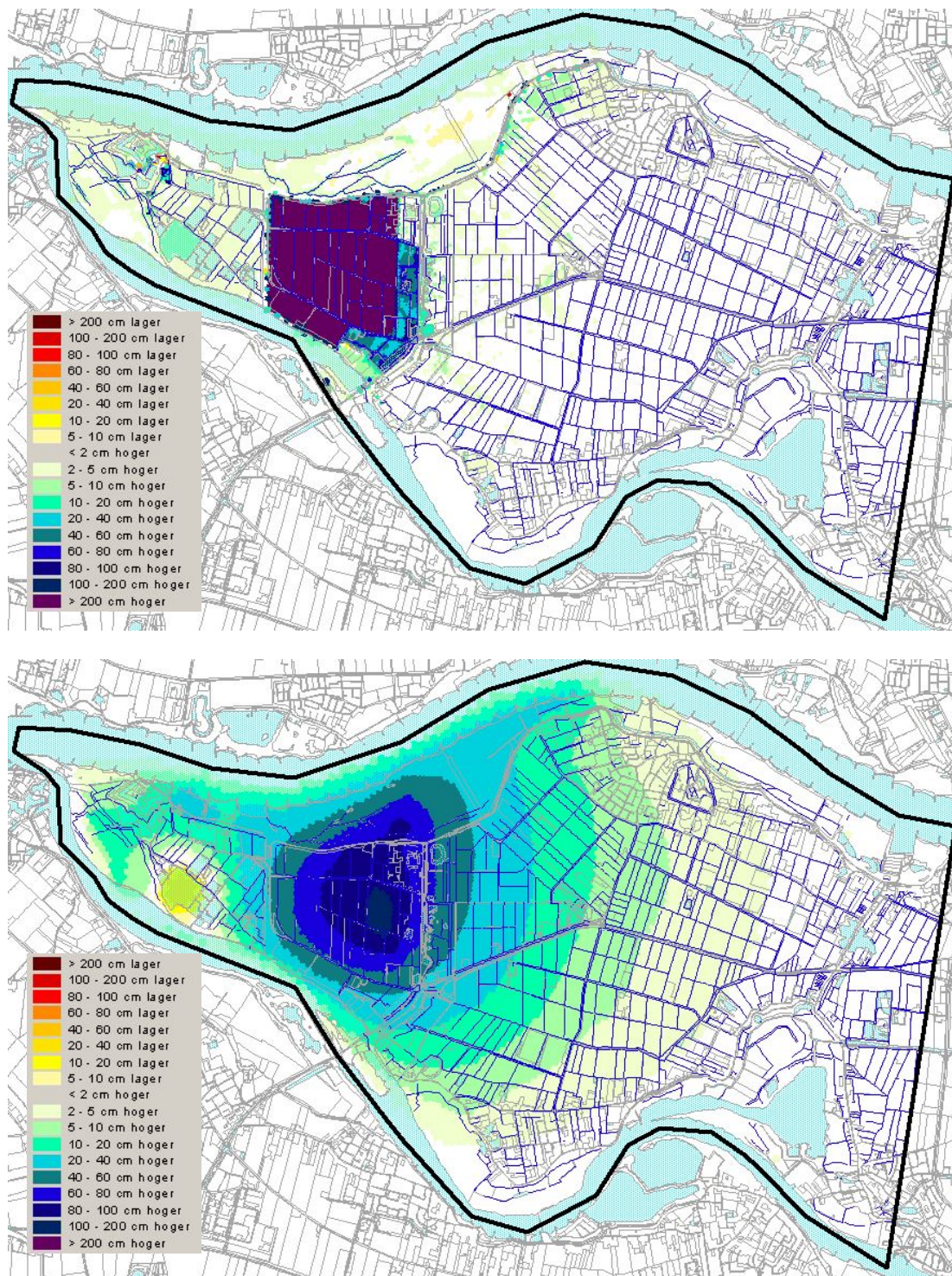
In figuur 5.1 t/m 5.3 zijn de effecten op de grondwaterstand en stijghoogte te zien:

- tijdens inundatie van het nieuwe buitendijkse gebied, ten tijde van hoogste stijghoogtes (januari 2003);
- voorjaar 2003 (april);
- periode met laagste grondwaterstanden (eind augustus 2003).

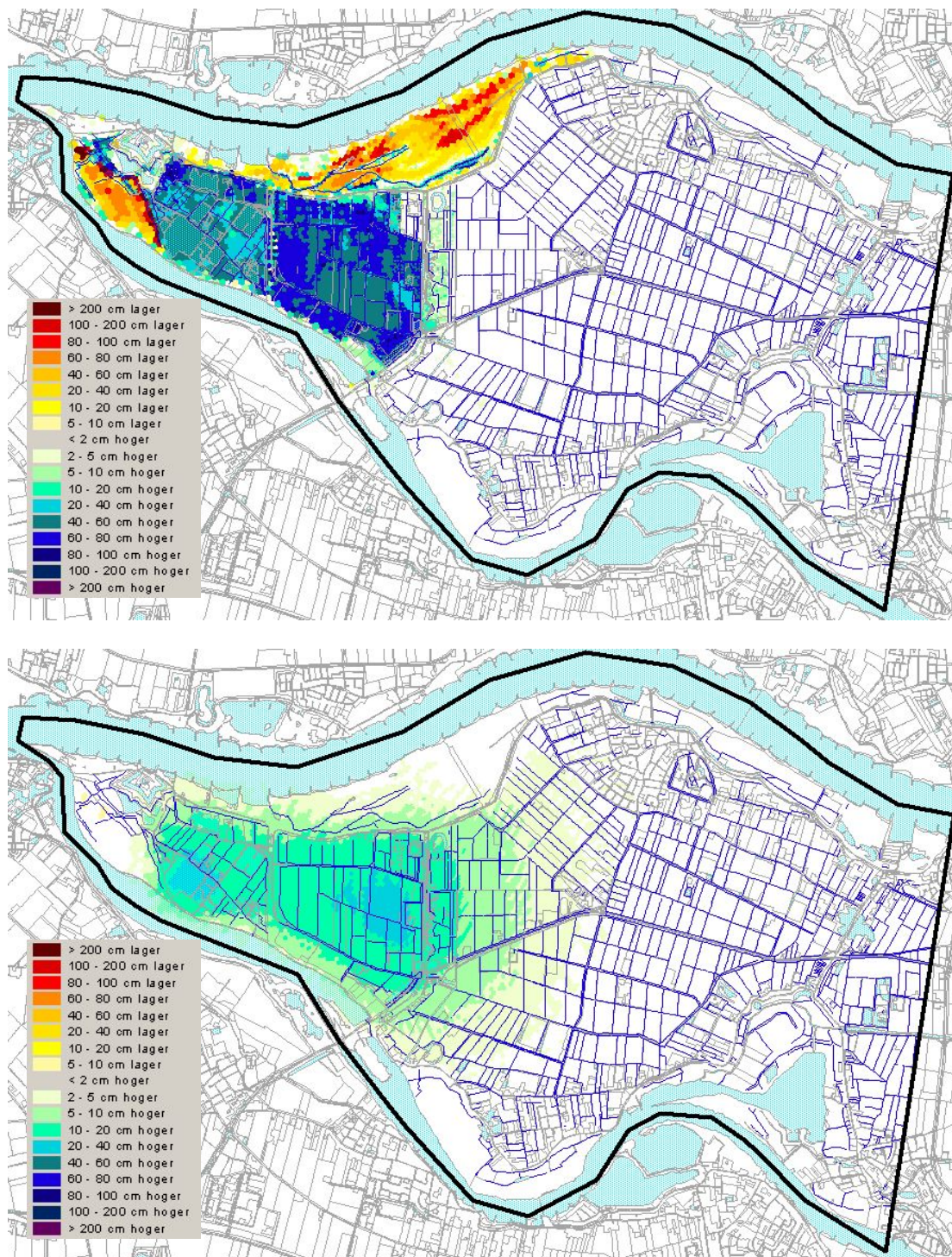
Tijdens de hoogwatergolf op de Waal vindt inundatie van Munnikenland plaats. Een verhoging van de grondwaterstand is grotendeels beperkt tot het (nieuw) geïnundeerde gebied en het gebied tussen de Wakkeredijk en Den Nieuwendijk (10 tot 80 cm hoger). In de Boezem van Brakel blijven de verhogingen beperkt; in enkele kleinere stukken 10 tot 20 cm, maar in het grootste deel minder dan 5 cm. In de polders oostelijk van de Boezem van Brakel is nog geen invloed op de grondwaterstand merkbaar, behalve aan de westzijde van het dorp Brakel, als gevolg van de geringe weerstandswaarde van de toplaag en de vergravingen in de uiterwaarden en geringe drainagedichtheid. De stijghoogte ondervindt de sterkste verhoging onder het nieuw geïnundeerde gebied (80 – 100 cm), met een uitstralend effect naar de omgeving. Onder de Boezem van Brakel is de verhoging onder het merendeel van het gebied nog 40 – 60 cm. Het uitstralende effect reikt ook tot onder de oostelijke polders. Aan de westkant van Brakel is de geschatte verhoging van de stijghoogte nu 5 tot 10 cm.

In de voorjaarssituatie is de verhoging van de grondwaterstand t.o.v de huidige situatie het sterkst in het nieuw ‘ontpolderde’ gebied en in de strook tussen de Wakkeredijk en Den Nieuwendijk (60 – 80 cm). In de Boezem van Brakel zijn de verhogingen t.o.v. de situatie zonder VKA beperkt tot 5 – 10 cm. Oostelijk van de Boezem van Brakel zijn de verhogingen van de waterstand verwaarloosbaar. Het feit dat hier geen verhoging in de grondwaterstand wordt aangetroffen wordt veroorzaakt door het effectieve drainagesysteem in dit gebied.

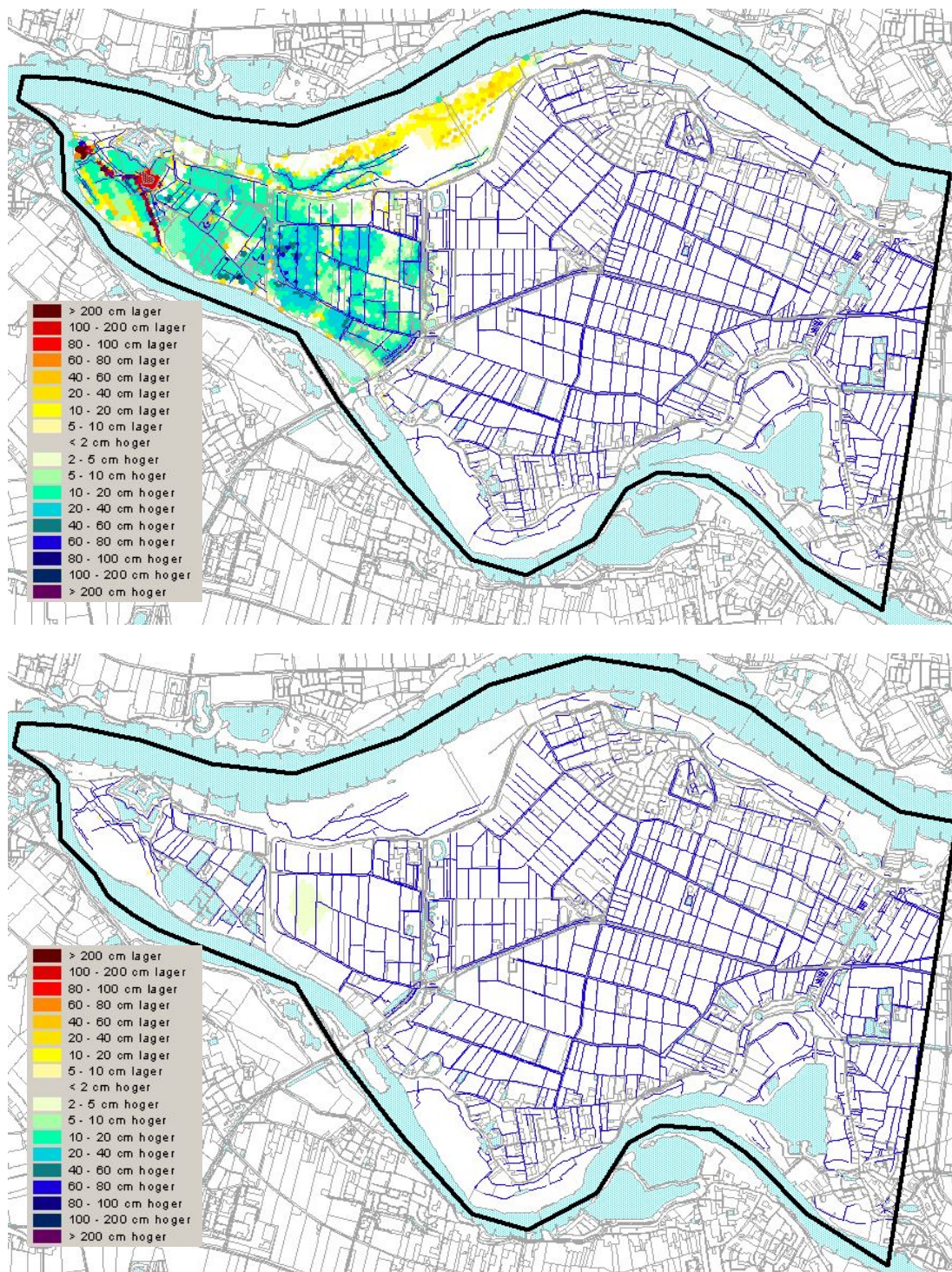
De verhoging van de stijghoogte in de voorjaarssituatie van 2003 vertoont hetzelfde patroon als tijdens de hoogwatergolf, maar met aanzienlijk lagere waarden. De verhoging van de grondwaterstand onder het nieuw ontpolderde gebied bedraagt nog 20 – 40 cm. In de Boezem van Brakel en het merendeel van de westelijk gelegen polders bedraagt de verhoging van de stijghoogte 10 tot 20 cm. In een flink deel van de polders oostelijk van de Boezem van Brakel is de stijghoogte verhoging nog 5 tot 10 cm. Deze verhoging gecombineerd met een niet gewijzigde grondwaterstand zal extra kwel in dit gebied veroorzaken.



Figuur 5.1: Verschil in berekende grondwaterstand (boven) en stijghoogte (onder) op moment van hoogste stijghoogtes tijdens afvoergolf van januari 2003 (VKA vergeleken met huidige situatie)



Figuur 5.2: Verschil in berekende grondwaterstand (boven) en stijghoogte (onder) tijdens voorjaar (april) 2003 (VKA vergeleken met huidige situatie)



Figuur 5.1: Verschil in berekende grondwaterstand (boven) en stijghoogte (onder) voor situatie met laagste grondwaterstanden eind augustus 2003 (VKA vergeleken met huidige situatie)

In de droge tijd is de grondwaterstand in de polders ten westen van de Boezem van Brakel nog 10 tot 20 cm hoger dan in de situatie zonder VKA, en lokaal wel 20 – 40 cm. Ter plaatse van de zandbanen is deze verhoging geringer. In de Boezem van Brakel is geen effect meer zichtbaar.

Met betrekking tot de stijghoogte wordt gedurende lage rivierstanden in het hele gebied geen verhoging of verlaging van stijghoogtes verwacht vergeleken met de huidige situatie.

Het grondwaterpeil in de Boezem van Brakel blijkt een traag reagerend systeem, waarvan het gedrag naaijt op de veranderingen in stijghoogte. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door de hoge weerstand van de ondergrond, en anderzijds door het ontbreken van een afwaterings-/beheerssysteem.

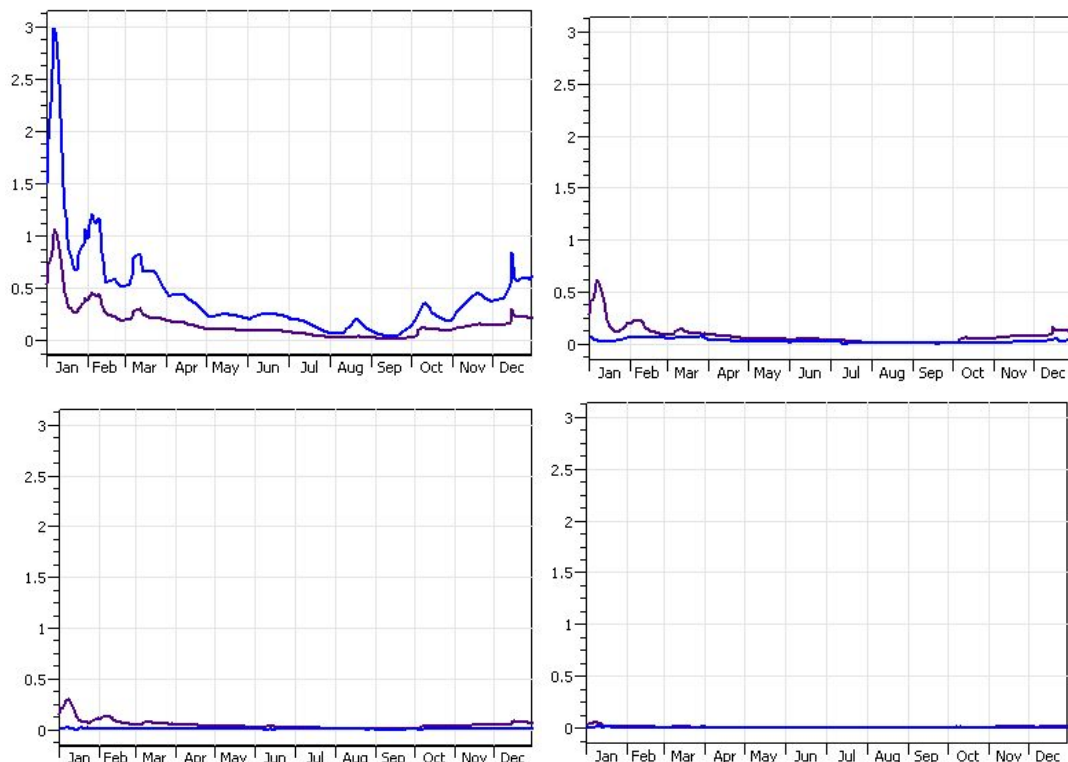
In figuur 5.4 staan voor het jaar 2003, ter plaatse van peilbuis B44F0347 de berekende waterstanden en stijghoogten weergegeven voor de huidige situatie en de situatie alsof het VKA uitgevoerd zou zijn. Duidelijk is dat gedurende het merendeel van het jaar de verschillen tussen beide situaties gering zijn, zeker voor wat betreft de grondwaterstand. De grondwaterstand zou alleen gedurende het voorjaar (na hoge afvoeren op de Waal en overstroming van Munnikenland) in het VKA scenario licht hoger zijn dan in de huidige situatie. Met betrekking tot de stijghoogte zou de VKA-situatie leiden tot sterkere extremen: significant hogere stijghoogte tijdens piekafvoeren op de Waal, en enigszins lagere waarden gedurende periodes van droogte, c.q. een laag rivierpeil.



Figuur 5.2: Berekende verloop grondwaterstand en stijghoogte in de huidige situatie (donkerblauw / paars) en bij het VKA (lichtblauw / roze). Ter plaatse van peilbuis B44F0347

De verhoogde dynamiek van grondwaterstanden in het buitendijkse gebied vertaalt zich volgens de modellering niet of nauwelijks in een verhoogde dynamiek van de grondwaterstanden in de Boezem van Brakel. De verklaring hiervoor is gelegen in de 'bufferende' werking van de strook land tussen de Wakkeredijk en Den Nieuwedijk, waarin volgens de modelaannname geen peilbeheer zal plaatsvinden.

In de volgende figuur 5.5 is over een van west naar oost gericht tracé de verandering in grondwaterstand en stijghoogte grafisch weergegeven. Het tracé verloopt vanuit de polder Munnikenland, door de Boezem van Brakel tot in de oostelijke polder. Het is duidelijk te zien dat de effecten van de ingrepen naar het oosten toe snel uitdempen.



Figuur 5.5: Verandering van grondwaterstand (blauw) en stijghoogte (paars) gedurende 2003 over een tracé van west naar oost

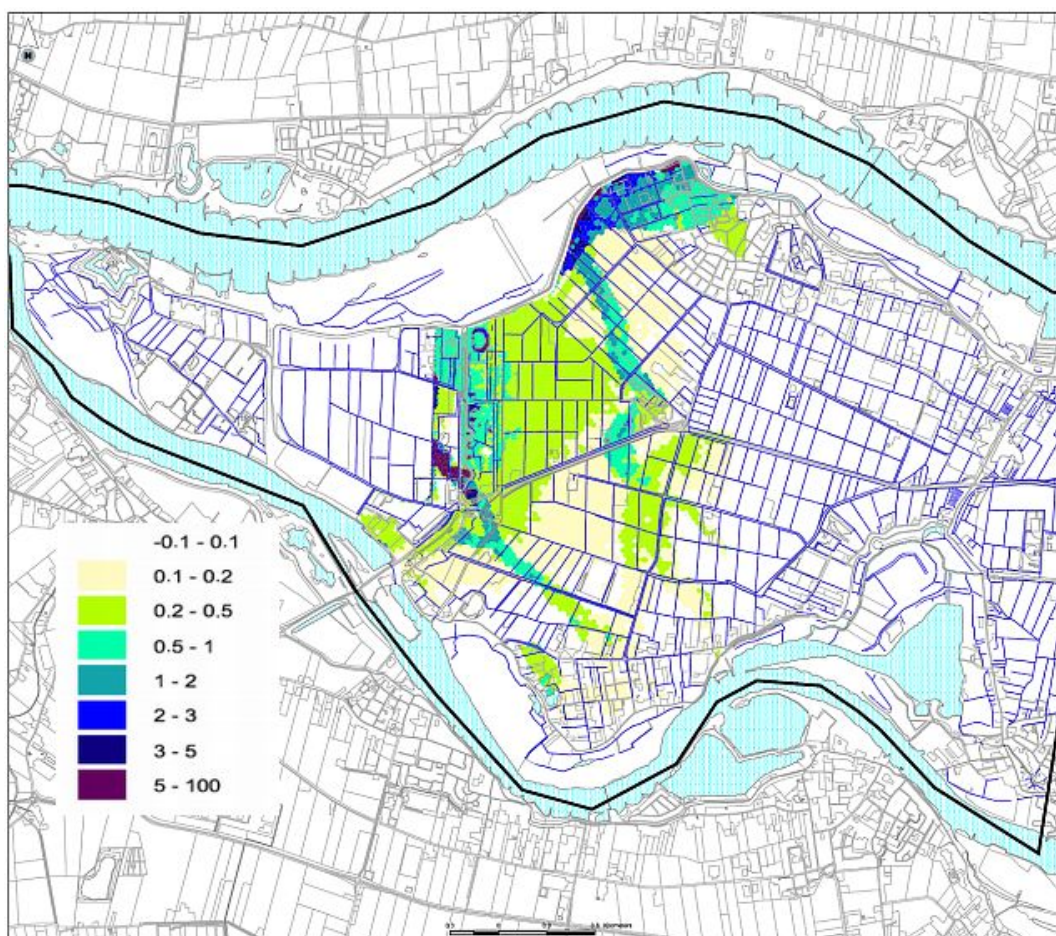
Linksboven: Buitenpolder Munnikenland;
 Rechtsboven: Boezem van Brakel;
 Linksonder: oostelijke polder, vlakbij boezem van Brakel;
 Rechtsonder: oostelijke polder, ver van boezem van Brakel.

Het geïnundeerde gebied verschilt in één aspect duidelijk van de oostelijk gelegen gebieden. In de polder Munnikenland is het de (ondiepe) grondwaterstand die de grootste fluctuaties vertoont als gevolg van het onder water lopen van de polder. In de punten verder oostelijk is het de fluctuatie in stijghoogte die domineert. De verhoging van stijghoogte wordt maar zeer gedeeltelijk vertaald in hogere grondwaterstanden. Natuurlijk wordt dit ook bepaald door het waterbeheer in de oostelijke polders.

Daar waar de weerstand van de deklaag klein is door de aanwezigheid van zandbanen zal het effect op de grondwaterstand groter zijn dan waar de deklaag een grote weerstand heeft.

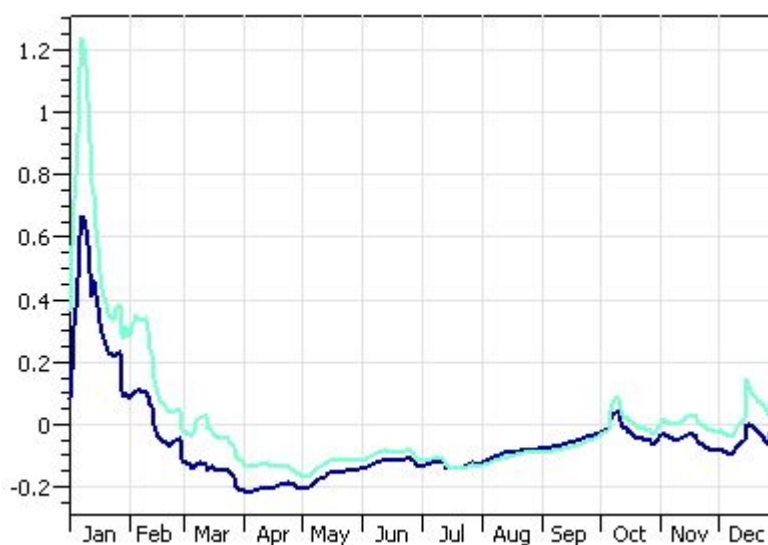
5.2 Effecten op kwel

In perioden met hoog water (waarbij de Buitenpolder Munnikenland inundeert), heeft het VKA ook effect op de hoeveelheid kwel in het binnendijkse gebied. In de Boezem van Brakel, het gebied tussen de Boezem van Brakel en de Wakkere dijk en in een groot deel van de oostelijk polders leidt het VKA tot een toename van de kwel (hoeveelheid water die uit de toplaag verdwijnt) (zie figuur 5.6). In deze figuur is het verschil in kwelhoeveelheid (in mm/d) tussen de situaties zonder en met VKA, tijdens het maximum van de hoogwatergolf in 2003 weergegeven. In de boezem van Brakel bedraagt de extra kwel veelal 0,5 tot 1 mm. In een flink deel van de polder oostelijk van de Boezem van Brakel bedraagt de extra kwel 0,2 tot 0,5 mm. Ter plaatse van zandbanen in deze polders, en aan de westkant van het dorp Brakel zal de toename in kwelintensiteit 0,5 tot 2 mm bedragen, en lokaal onder aan de dijk in het dorp Brakel nog meer.

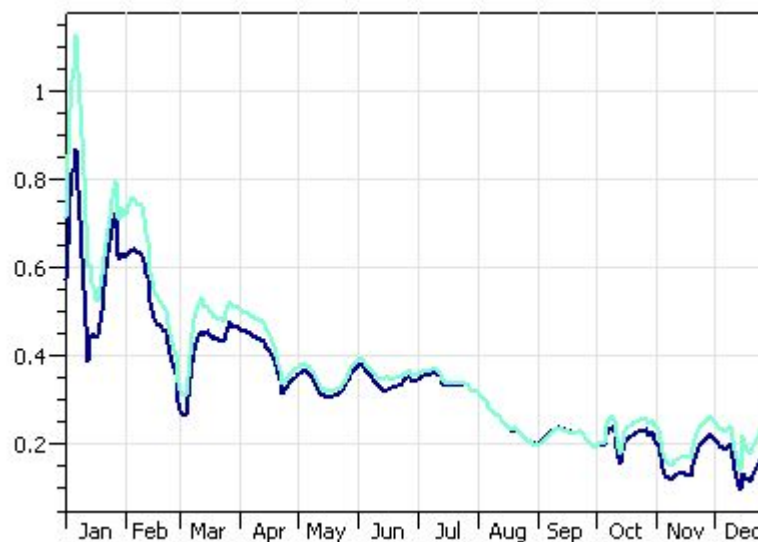


Figuur 5.6: Verandering van de kwel (hoeveelheid water die uit de toplaag verdwijnt) tijdens de piek van de hoogwatergolf in januari 2003 (mm/d)

In figuur 5.7 en figuur 5.8 is de hoeveelheid water die gedurende de loop van het jaar uit de toplaag verdwijnt (drainage en evapotranspiratie) gedurende 2003 weergegeven voor de huidige situatie en bij het VKA. De betreffende punten liggen respectievelijk in de Boezem van Brakel ten zuidoosten van het Kleine Wiel, en in de oostelijk gelegen polders, 1 km ten oosten van de Boezem v Brakel (op dezelfde hoogte als het vorige punt). Het is duidelijk te zien dat de hoeveelheid 'overtollig water' in de oostelijke polder nauwelijks wordt beïnvloed door de ingrepen uit het VKA. In de Boezem van Brakel is wel effect te zien. De hoeveelheid 'overtollig water' neemt hier toe gedurende de hoogwatergolf. Vervolgens neemt het verschil in de hoeveelheid 'overtollig water' gedurende het voorjaar langzaam af.



Figuur 5.7: Hoeveelheid water (in mm/d) die uit de toplaag verdwijnt op een punt in de Boezem van Brakel



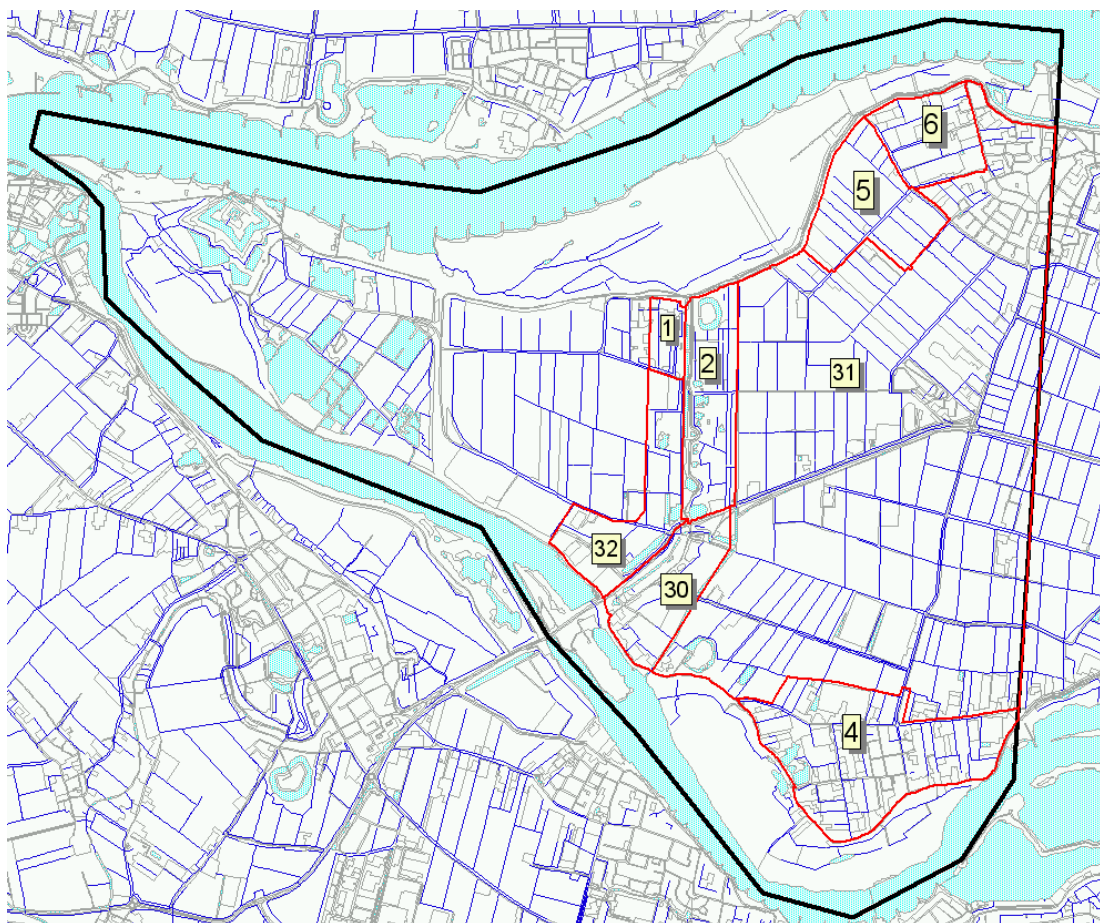
Figuur 5.8: Hoeveelheid water (in mm/d) die uit de toplaag verdwijnt op een punt de polder ten oosten van de Boezem van Brakel

NB: De donkerblauwe lijn correspondeert met de huidige situatie en de lichtblauwe lijn met de VKA –situatie

In tabel 5.1 is de hoeveelheid kwel (in mm/d en m³/d tijdens de hoogwatergolf van januari 2003 weergegeven voor de peilgebieden zoals die in het VKA gebruikt zijn. In figuur 5.9 zijn deze peilgebieden weergegeven.

Tabel 5.1: Kwelintensiteit in verschillende peilgebieden, ten tijde van de hoogste kwelintensiteit tijdens de hoogwatergolf op de Waal in Januari 2003

| Peilvak | Huidig (mm/d) | Huidig (m3/d) | VKA (mm/d) | VKA (m3/d) | Vershil (%) |
|---------|---------------|---------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 0.9 | 88 | 1.7 | 162 | 85.3 |
| 2 | 1.6 | 695 | 2.6 | 1135 | 63.3 |
| 4 | 3.2 | 2863 | 3.3 | 3012 | 5.2 |
| 5 | 4.7 | 2034 | 5.8 | 2520 | 23.9 |
| 6 | 10.6 | 3153 | 12.0 | 3578 | 13.5 |
| 30 | 1.8 | 663 | 2.2 | 799 | 20.5 |
| 31 | 1.7 | 9351 | 1.9 | 10614 | 13.5 |
| 32 | 3.8 | 1630 | 5.3 | 2254 | 38.3 |



Figuur 5.9: Peilgebieden in VKA waarvoor de hoeveelheid kwel bepaald is

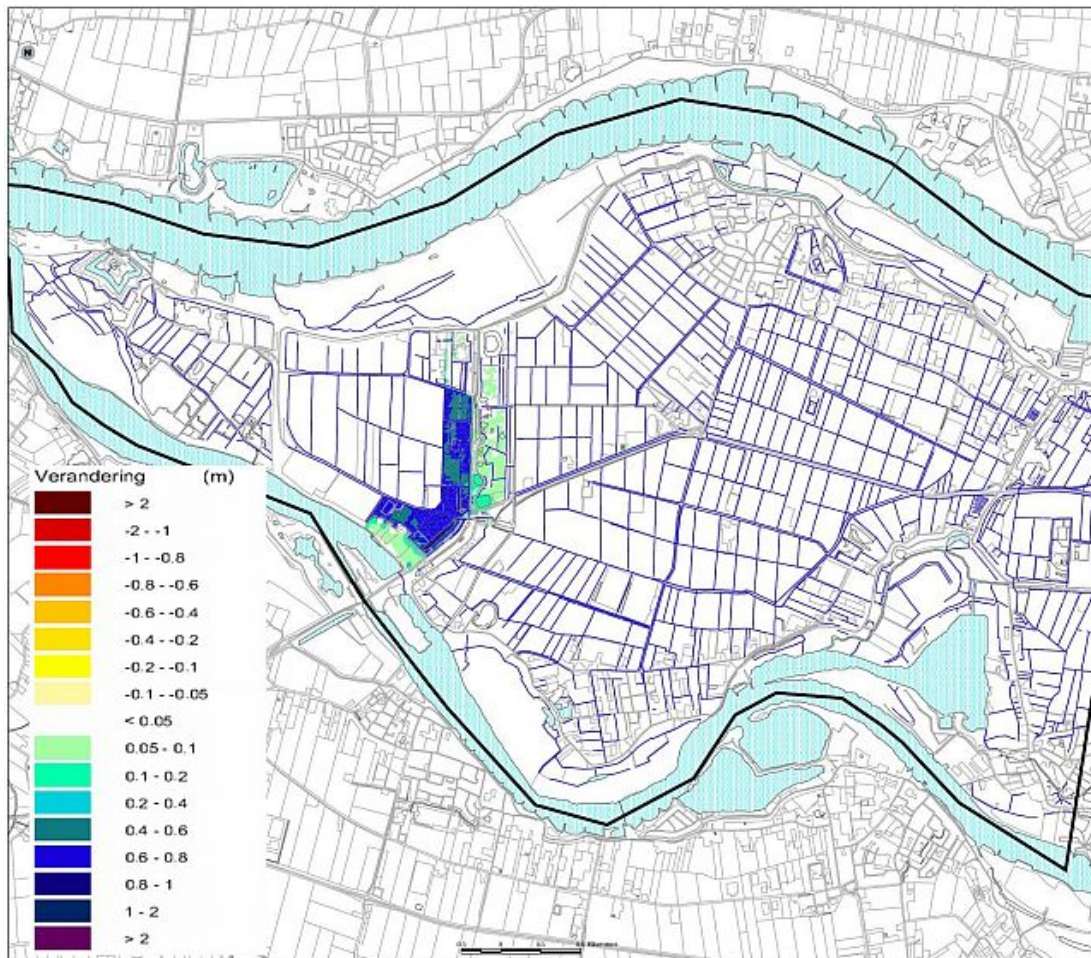
De grootste relatieve toename van kwel vindt plaats op het DZH-terrein (ruim 85% extra kwel). Reden is dat dit gebied pal tegen het inunderende gebied aan komt te liggen, terwijl hier nog wel een streefpeil gehandhaafd wordt. Het absolute verschil is echter relatief klein: ongeveer 0.8 mm/d.

In de overige gebieden langs de Wakkere Dijk is de toename van de hoeveelheid kwel minder groot omdat hier geen peil gehandhaafd wordt. In de Boezem van Brakel is de toename van de hoeveelheid kwel ongeveer 65%. Benadrukt wordt dat deze toename in kwel van beperkte duur is. In principe is de duur van de kweltoename direct gerelateerd aan de duur van de afvoergolf op de Waal.

Door de ontgravingen in de uiterwaarden neemt, tijdens hoog water op de Waal, de hoeveelheid kwel in de twee peilvakken ten westen van het dorp Brakel toe met 15 tot 25%. In de polder ten oosten van de Boezem van Brakel blijft, in die omstandigheid, de toename beperkt tot ongeveer 10 a 15%. Opnieuw wordt benadrukt dat deze toename geldt voor korte periodes met een hoog rivierpeil.

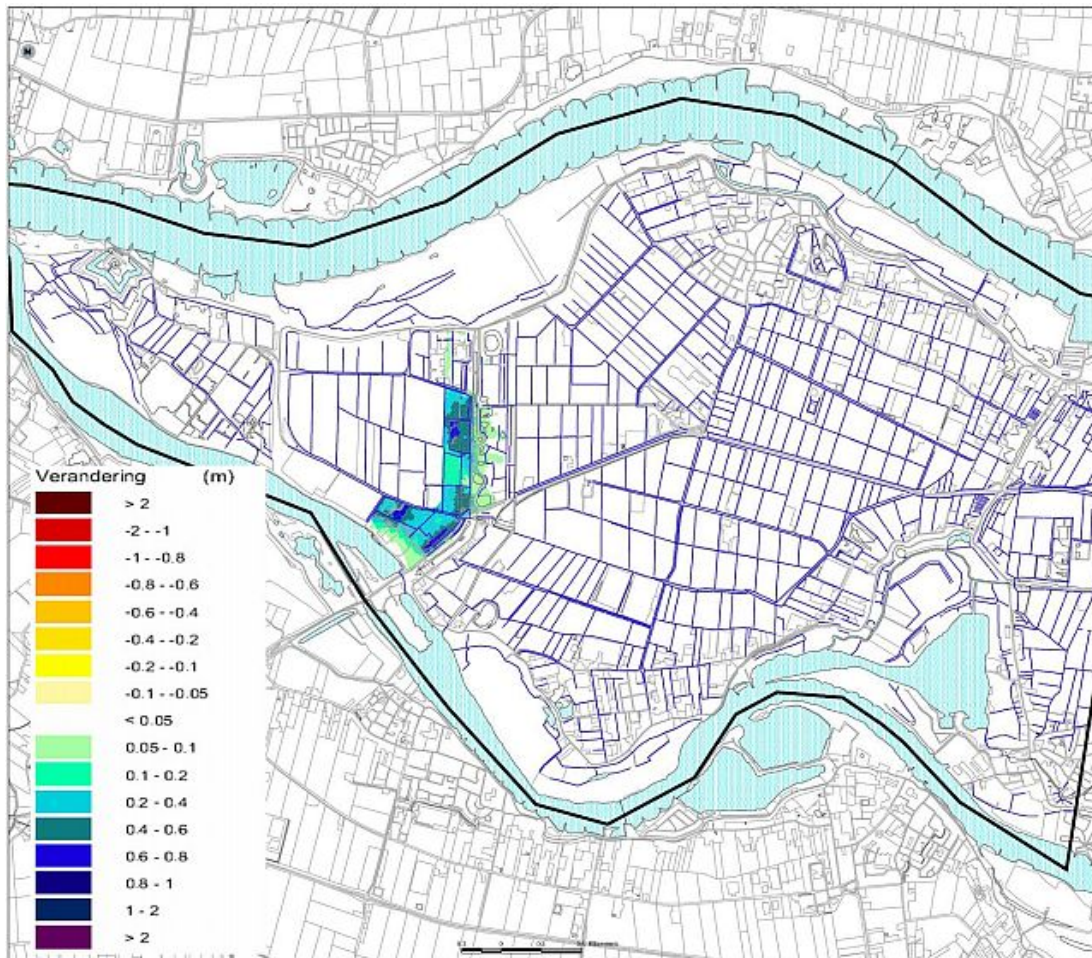
5.3 Effecten op GxG

In onderstaande figuren is het effect van het uitvoeren van het VKA op de GXG weergegeven (gemiddeld hoogste, laagste en voorjaarsgrondwaterstand). Dit is alleen gedaan voor het nieuwe *binnendijkse* gebied. In de polder Munnikenland is de precieze GXG zeer sterk afhankelijk van het al dan niet handhaven van het slotenpatroon en de gekozen manier van ontwateren (in het model is aangenomen dat de polder na inundatie onder vrij verval leeg kan stromen).



Figuur 5.10: Verandering in GHG [m] (voor het binnendijkse gebied)

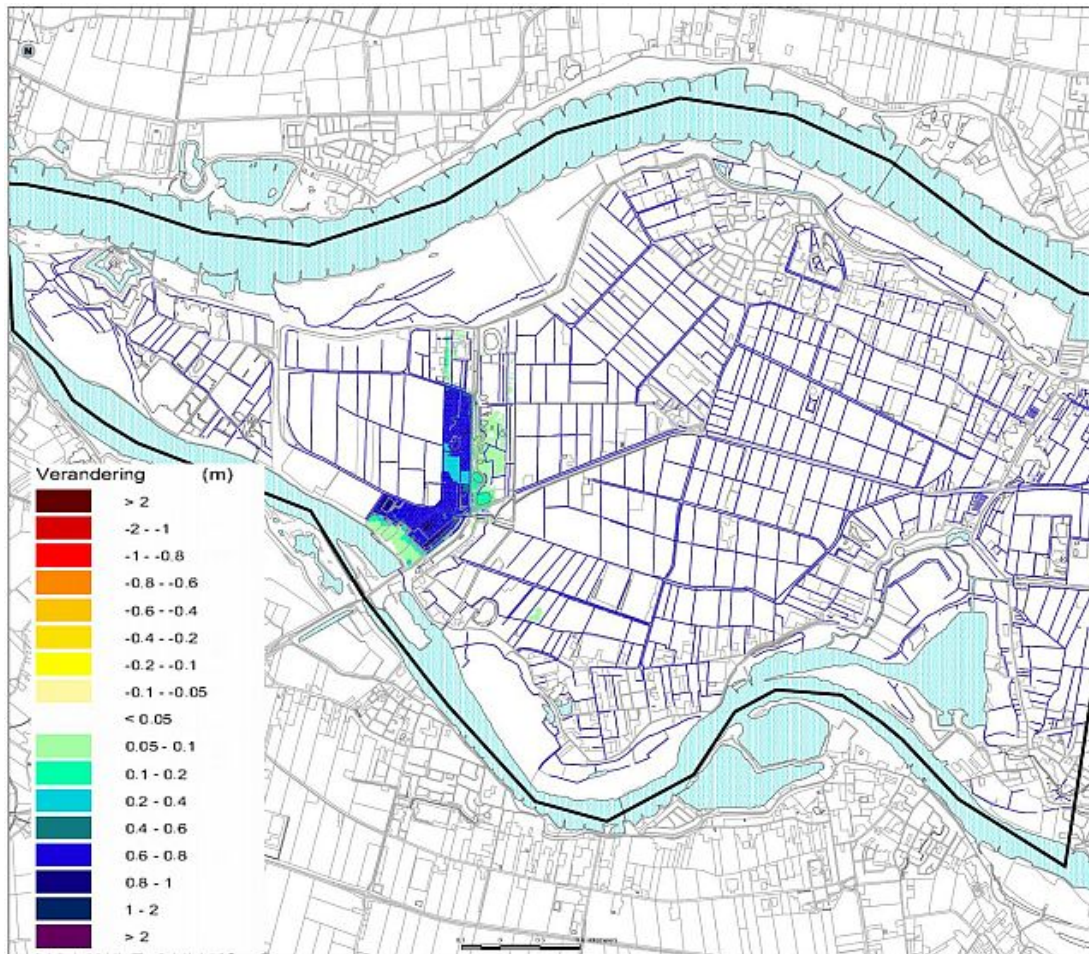
In de figuren is te zien dat veranderingen in de GxG uitsluitend beperkt blijven tot de strook land tussen de Wakkeredijk en Den Nieuwendijk en de Boezem van Brakel. De belangrijkste veranderingen treden op bij de GHG. De gemiddeld hoogste grondwaterstanden gaan in de Boezem van Brakel gaat op de meeste plaatsen omhoog met 0,05 tot 0,10 m; ter plaatse van ontgravingen kan de GHG stijgen met 0,10 tot 0,20 m. Het 'tussendijkse' gebied bedraagt de stijging tussen 0,40 en 0,80 m.



Figuur 5.11: Verandering in GLG [m] (voor het nieuwe binnendijkse gebied)

De veranderingen in de GVG is vrijwel gelijk aan die van de GHG, maar iets minder geprononceerd. De veranderingen in de GLG betreffen weer dezelfde 2 gebieden, maar in mindere mate dan de GHG en GVG.

De verhoogde waterstanden zoals waargenomen in de polders oostelijk van de Boezem van Brakel, vertalen zich blijkbaar niet of in verwaarloosbare mate in verhoging van de GHG in betreffende polders. Hetgeen beschreven is in paragraaf 5.1 en 5.2 betreft een uitzonderlijke situatie die van heel beperkte invloed is op de gemiddelde situatie over 10 jaar.



Figuur 5.12: Verandering in GVG [m] (voor het nieuwe binnendijkse gebied)

Voor de volledigheid wordt erop gewezen dat de verandering in grondwaterstanden in figuur 5.1, niet zomaar vergeleken kunnen worden met de GHG en GLG uit figuur 5.10 en figuur 5.11. Immers, het beeld van figuur 5.1 correspondeert met specifieke tijdstippen die op geen enkele wijze hoeven te corresponderen met GHG of GLG.

5.4 Afgeleide effecten

5.4.1 Landbouw

Nadelige effecten voor de landbouw treden op als er door de voorgenomen ingrepen extra natschade en/of droogteschade optreedt. Uit de berekeningen blijkt niet dat er in de oostelijke polder extra natschade zal ontstaan (de GHG wordt niet verhoogd). De GLG wordt er ook niet lager. Er zal dus hier ook geen droogteschade optreden; die is er in de huidige situatie ook niet.

Het bovenstaande is gebaseerd op de veronderstelling dat het drainagenetwerk in de polders ten oosten van de Boezem van Brakel voldoende afvoercapaciteit heeft. Zoals aangegeven in paragraaf 5.2 zal de hoeveelheid af te voeren water hier wel toenemen, ten gevolge van de hogere stijghoogtes in het gebied in de periodes met hoge rivierstanden. Het drainagenetwerk moet hierop berekend zijn. Mogelijkerwijs moet daarvoor de capaciteit van het drainagesysteem hier vergroot worden.

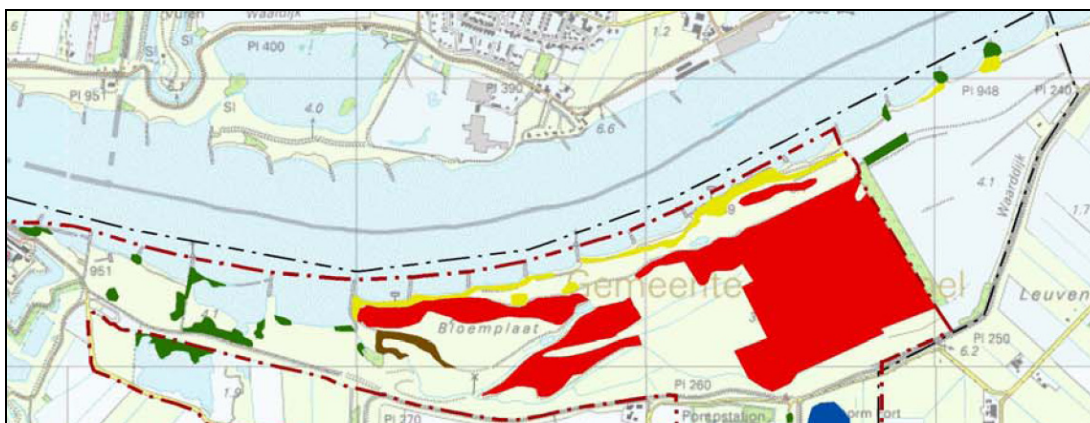
In het grootste deel van het gebied ten westen van de Boezem van Brakel neemt de GHG en GLG toe. Hier kan dus natschade optreden als dit gebied voor landbouw gebruikt zou blijven worden.

5.4.2 Natuur

Verdrogingeffecten op natuur worden afgeleid aan de hand van de berekende veranderingen in grondwaterstanden. Uit de inventarisatie van natuurwaarden (EcoGroen Advies, 2007) blijkt dat waardevolle vegetatietypen zijn gelegen in de Brakelse Benedenwaarden (uiterwaard) en de Boezem van Brakel (binnendijks gebied). Het gebied tussen de Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk heeft de potentie voor de ontwikkeling van een waardevolle vegetatie.

Brakelse Benedenwaarden

De aangetroffen waardevolle habitattypen in de Brakelse Benedenwaarden betreffen Stroomdallandschappen (H6120) en Glanshaverhooilanden (H6510_A). Beide typen worden gekenmerkt door een hogere grondwaterstand in de winter en een lage grondwaterstand in het voorjaar (GVG van 60 cm of meer beneden maaiveld) voor een goede doorluchting van de bodem aan het begin van het groeiseizoen (Runhaar *et al.*, 2002). Onderscheidend zijn de vegetatietypen voor wat betreft de droogtestress, waarbij het optimum voor stroomdalgrasland ligt bij meer dan 20 dagen (droog) en glanshaverhooiland minder dan 20 dagen (matig vochtig). Voor de verspreiding van de vegetatietypen wordt verwezen naar figuur 5.13.



Figuur 5.13: Verspreiding van vegetatietypen in de Brakelse Benedenwaarden (Stroomdalgrasland = geel, Glanshaverhooiland = rood) (EcoGroen Advies, 2007)

Uit de berekende waterstanden (zie figuur 5.2) is af te leiden dat door het graven van de geulen en maaiveldverlaging in het voorjaar ter plaatse van waardevolle vegetatietypen een lichte daling (10-20 cm) van de grondwaterstand optreedt. Doordat beide habitattypen in het voorjaar een lage grondwaterstand nodig hebben, heeft de daling van de GVG vrijwel geen effect op de ontwikkeling van stroomdalgrasland en glanshaverhooiland. Glanshaverhooiland kan echter wel gevoelig zijn voor langdurige verdroging.

Boezem van Brakel

In de Boezem van Brakel zijn verschillende soorten van de Rode lijst waargenomen. Het betreft met name water- en oeverplanten als Brede waterpest, Groot Blaasjeskruid, Holpijp, Stijve zegge en Waterviolier (Pranger & Tolman, 2002). Daarnaast zijn tevens twee orchideesoorten (Rietorchis en Vleeskleurige orchis) nabij de Kaveling waargenomen met een middelhoge beschermingsstatus in het kader van de Flora- en Faunawet. Figuur 5.12 geeft aan dat op de Kaveling en het gebied ten oosten van Den Nieuwendijk de GVG met ca. 10 cm zal toenemen.

Tevens is er een toename van de kwelstroom na hoogwater (zie Figuur 5.4). Deze kwel is vaak voedselarm en heeft derhalve een licht positief effect op de standplaatsen van beide orchideesoorten en de watergerelateerde vegetatie in de Boezem van Brakel.

Om de natuurpotenties in de Boezem van Brakel verder te optimaliseren kan er gekozen worden voor een variabel peil in combinatie met een actief vegetatiebeheer (B-Ware, 2007). Dit aspect is verder toegelicht in paragraaf 6.2.

Gebied tussen Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk

Uit de verandering in de GVG (Figuur 5.12) blijkt dat de effecten het grootst zijn in het gebied tussen de Wakkere dijk en Den Nieuwendijk. Hier kan de grondwaterstand plaatselijk 60 cm toenemen. Doordat het hier enkel landbouwgronden met lage botanische waarden betreft, zijn er geen nadelige effecten te verwachten.

Volgens de huidige planvorming, wordt gestreefd naar een natuurlijke ontwikkeling van de vegetatie in het tussendijks gebied. Uit het grondwateronderzoek blijkt dat er, zonder peilbeheer, sterke vernatting optreedt, hetgeen leidt tot ontwikkeling van een riet-/zeggenmoeras met plaatselijk open water. Iets hogere gronden raken begroeid met zachthoutoibos (zwarte els, wilg).

De ecologische waarde van het tussendijkse gebied kan worden verhoogd door het introduceren van peilbeheer, waarbij een sterkere variatie in grondwaterstand gerealiseerd kan worden. Het verdient aanbeveling dit peilbeheer te combineren met een geschikt vegetatiebeheer. De toepassing van een vast peil, leidt tevens tot een andere vegetatiesamenstelling. In plaats van moeras en open water (conform VKA) zal er een mozaïek van (vochtige) graslanden en hardhoutoibos ontstaan.

5.4.3 Bebouwing

Nadelige effecten voor bebouwing kunnen optreden als de maximale grondwaterstand te hoog wordt (wateroverlast) of als de laagste grondwaterstand lager wordt (kans op zettingen).

Ter plaatse van de bebouwing van Brakel en Poederoijen wordt geen verandering in GHG en GLG verwacht. Deze bewering gaat uit van een voldoende capaciteit van het drainagestelsel. Er dient te worden nagegaan of het bestaande drainagestelsel de te verwachten toename in af te voeren kwel aankan.

Het glastuinbouwgebied aan de westkant van Brakel is gelegen in een gebied waar de kwelintensiteit toe zal nemen. Dit levert een potentieel probleem op voor de waterkwaliteit in het slotenstelsel dat dit gebied draineert. Hetzelfde, maar in veel mindere mate geldt voor de glastuinbouw rond de plaats Poederrijen.

6 WATERBEHEERSASPECTEN

6.1 Inundatie polder Munnikenland

Als gevolg van de verlaagde Waaldijk zal het gebied van Munnikenland vaker inunderen dan nu het geval is. Zonder extra uitwateringsmiddelen (gemaal of uitlaat onder zwaartekracht) zou het gebied maandenlang onder water blijven. Bij de inrichting van het gebied dient dus voldoende capaciteit aan uitwateringsmiddelen opgenomen worden. (In het grondwatermodel is nu aangenomen dat het gebied onder vrij verval kan afwateren, waarbij de grondwaterstand het rivier peil volgt).

6.2 Natuurwaarden Boezem van Brakel

De uitvoering van het VKA zal slecht beperkte invloed hebben op het grondwaterregiem in het gebied. Bij inundatie van de buitendijkse polders zal een geringe verhoging van grondwaterstand optreden. De maximaal te verwachten verhoging zal ongeveer 10 cm bedragen, en ter plaatse van ontgravingen lokaal iets meer. De bijbehorende verhoging in kwelintensiteit kan wel aanzienlijk zijn (ongeveer 60% meer dan in de huidige situatie), maar zal beperkt zijn tot korte periodes tijdens en onmiddellijk na hoge rivierafvoeren.

Indien een meer dynamisch grondwaterregiem in de Boezem van Brakel wenselijk geacht wordt, zou een actief (water)beheer van het gebiedje meer effect ressorteren dan de beperkte effecten van de uitvoering van het VKA.

In de "Quickscan Boezem van Brakel" door BWare (februari 2007) wordt de volgende situatie geschetst:

Ondanks de botanische waarden, zijn het jarenlang vooral de avifaunische waarde van de Boezem van Brakel geweest die de aandacht hebben getrokken en in belangrijke mate het gevoerde beheer hebben bepaald. In het verleden werden grote oppervlakten van de Boezem van Brakel door lokale mensen met de hand gemaaid. Dit is na aankoop door Staatsbosbeheer (in de jaren 70) nog lang zo gebleven. Door het langzaam maar zeker in onbruik raken van de producten is het maaibeheer langzaam maar zeker in versukkeling geraakt. Het gebied is in botanisch opzicht sterk achteruit gegaan en wordt nu gekenmerkt door soortenarme riet-, zegge- en ruigtevegetaties. Onze indruk is dat de vegetatie sinds 1992 verder is achteruitgegaan.

Van oudsher zijn de laag gelegen kleiige komgronden waartoe de Boezem van Brakel behoort, gebieden met, vooral in de winter, natte tot zeer natte omstandigheden. Plaatselijk trad kwel op vanuit het watervoerend pakket, onder invloed van hoge waterstanden in de Waal. In de laatste decennia zijn de polderwaterpeilen in het rivierengebied sterk verlaagd. Het is onduidelijk of nu nog kwel optreedt. Het is onduidelijk of er nu nog kwel optreedt. Ook ligt het voor de hand dat door het in onbruik raken van de boezemfunctie, en hiermee de toevoer en doorvoer van mesotroof polderwater, de waterstanden in het gebied sinds de 19^e eeuw zijn gedaald. Objectieve data ontbreken echter.

Na het afronden van de ruilverkaveling in 1975 kreeg het gebied een eigen waterbeheer. Het waterschap installeerde aan de oostzijde een elektrisch gemaal met een voelersysteem. Dit gemaal bracht oppervlaktewater vanuit de naastgelegen poldersloot het gebied in en draaide vooral in de zomermaanden om verdroging te voorkomen. In het winterhalfjaar was inlaten meestal niet nodig vanwege voldoende kwel vanuit het riviersysteem. In het winterhalfjaar werd water afgelaten ten behoeve van de rietoogst.

Dit kon met behulp van een verstelbare damwand aan de zuidzijde (naast de Bevingsteeg). Deze damwand is inmiddels opgeheven en volgestort. In 1998 werd het gemaal buiten werking gesteld, de uitwaterende greppel is dichtgemaakt and de kade vrij van lekken gemaakt. Hierdoor is het gemiddelde waterpeil met 0,15 cm (??) omhooggegaan en is een 'badkuip' situatie ontstaan. Binnen enkele jaren na deze maatregelen werd het afsterven van grote wilgen- en populierenbomen geconstateerd. Ook vond er lokaal afsterven van riet plaats. De huidige situatie is dat er alleen water wordt vastgehouden en dat er niets wordt ingelaten of afgevoerd. Er vindt wel uitzijging plaats naar oostelijke richting”

In de nieuwe situatie met VKA zal de kwel enigszins toenemen. Daarmee zou de constante vernatting, en de daarmee gepaard gaande anaërobe omstandigheden verder toenemen. Afgaande op het rapport van BWare lijkt dit zonder aanvullende maatregelen geen wenselijk situatie. Om de door BWare voorgestelde vergroting van de (grondwater) dynamiek te bewerken kan meer effect bereikt worden door uitwateringsmiddelen te creëren. Hiermee kan op bepaalde tijdstippen water afgelaten worden en droogvallen van de bodem bereikt worden. Daarnaast zou een actief beheer van de vegetatie (begrazing en/of maaien) de voedselrijkdom van het gebied terug kunnen brengen en ten goede komen aan de soortenrijkdom.

6.3 Oostelijk gelegen polders

Uitvoering van het VKA zal geen noemenswaardige effecten hebben op de grondwaterstand in de polders, gelegen ten oosten en zuidoosten van de Boezem van Brakel. Wel zal de af te voeren hoeveelheid water, als gevolg van toegenomen kwel, groter worden. Onderzocht dient te worden of de huidige drainage infrastructuur toereikend is om de toegenomen kwel te verwerken. In de voorgaande Tabel wordt een indicatie gegeven van de toename in kwelintensiteit tijdens piekperioden. Deze toename zal het sterkst merkbaar zijn in de peilgebieden ten westen van Brakel (15 tot 25%). Verder zal er een lichte toename zijn van de hoeveelheid kwel in de gebieden dicht langs de Boezem van Brakel, en dan met name ter plaatse van de zandbanen (gemiddeld ongeveer 10 tot 15%).

6.4 Strook land tussen Den Nieuwendijk en de Wakkere Dijk

Bij uitvoering van het VKA zal, in de strook land tussen de nieuw aan te leggen Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk (nu landbouwgrond), zonder peilbeheer, de grondwaterstand aanzienlijk stijgen.

Volgens de huidige planvorming, wordt gestreefd naar natuurlijke ontwikkeling van vegetatie in het tussendijks gebied. Uit het grondwateronderzoek blijkt dat er sterke vernatting optreedt.

In de praktijk is het niet wenselijk het peilbeheer in het tussendijkse gebied volledig te stoppen. Het DZH terrein zal bemalen moeten blijven. Aan de zuidzijde van het gebied staat de installatie van 'Northern Petroleum Netherlands' (NPN).

Er zijn twee opties voor peilbeheer in het betreffende gebied:

- Een bemaling die voor het gehele tussendijkse gebied werkzaam is;
- Compartimentalisatie, waarbij het DZH terrein apart wordt bemalen en een isolatie en bemaling van het gebied waar NPN zijn installatie heeft.

Er zijn twee overwegingen om een gemaal in te zetten voor peilbeheer (aan beide zijden van Den Nieuwendijk): het realiseren van de ecologische potentie, en het handhaven, c,q, creëren van gebruikersfuncties in het tussendijkse gebied. In concreto biedt een gebiedspeilbeheer de volgende voordelen:

- De mogelijkheid behouden om periodiek gronden te ontwateren om eutrofiering en zuurstofloosheid (door de afbraak van organisch materiaal) tegen te gaan.
- De mogelijkheid behouden om in de winter (tussendijs) gebied droog te leggen en te laten dienen als hoogwatervrije vluchtplaats voor vee.
- Behoud van bestaande (en eventuele toekomstige) gebruikersfuncties ten zuiden van Schouwendijk (o.a. gaswinlocatie).

Een peilbeheer van het tussendijkse gebied zal tot gevolg hebben dat de bescheiden grondwaterstandverhoging in de Boezem van Brakel en dito kweltoename waarschijnlijk kleiner zal worden. De facto zal een peilbeheer in het tussendijkse gebied impliceren dat de situatie in de Boezem van Brakel in de situatie met VKA vrijwel minder zal verschillen van de huidige situatie dan in een situatie zonder peilbeheer in het tussendijkse gebied.

6.5 DZH terrein

Het DZH-terrein, direct grenzend aan de Wakkere Dijk zal, in relatieve zin, het sterkst een toename in kwelintensiteit ervaren (circa 85% meer kwel tijdens een afvoergolf of de Waal). De situatie in dit gebied wijkt af van de situatie in de rest van het gebied tussen de Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk, omdat voor het DZH-terrein aangenomen is dat peilbeheer plaatsvindt, en in het zuidelijk ervan gelegen gebied niet.

7 CONCLUSIES

Onder de volgende punten worden de belangrijkste (geo)hydrologische effecten als resultaat van de herinrichting van de polder Munnikenland volgens het VKA benoemd:

Polder Munnikenland (buitendijks)

- Door de verlaging van de Waaldijk zal de polder Munnikenland vaker inunderen dan nu het geval is (gemiddeld minimaal eens per jaar).
- Na een inundatie verdwijnt het water door wegzijging. Dit proces van wegzijging is echter bijzonder traag door de aanwezigheid van de slecht doorlatende kleiige top laag. Indien waterstandsverlaging alleen afhankelijk is van wegzijging, zal na inundatie het gebied enkele maanden onder water blijven. In het model is aangenomen dat het gebied na inundatie onder vrij verval kan leegstromen (mits de rivierstand laag genoeg is).
- Het gedeeltelijk opvullen van de diepe zandgaten in het gebied met de klei die vrijkomt bij de vergraving van de uiterwaarden, zal de wegzijging verder verminderen.
- De inrichting van het gebied zal leiden tot een vernatting van de polder Munnikenland, waarbij de gemiddelde waterstand met enkele centimeters tot wel 75 cm zal stijgen.

Het tussendijkse gebied tussen de Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk

- De modellering is uitgevoerd onder de aanname dat er onder het VKA geen peilbeheer zal plaatsvinden in de strook tussen de Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk (uitgezonderd het DZH terrein). Hierdoor kan in deze strook aanzienlijke vernatting optreden, met als gevolg een ontwikkeling van een riet-/zeggenmoeras met plaatselijk open water.
- Op het terrein van DZH wordt, tijdens hoog water op de Waal een toename van de hoeveelheid kwel van ongeveer 85% verwacht.

De Boezem van Brakel

- De stijging van de grondwaterstand in de Boezem van Brakel is veelal minder dan 10 cm, en dan alleen tijdens hoge waterstanden van de Waal. De kwel in de Boezem van Brakel zal toenemen, maar ook weer vooral tijdens inundaties van Munnikenland (bij inundatie van Munnikenland ca. 60% extra kwel). Voor de polder Munnikenland zal het effect van de vernatting het sterkst zijn tijdens hoge rivierafvoeren (als gevolg van inundatie).
- Uitvoering van het VKA zal leiden tot een beperkte verhoging van de GHG in het gebied van de Boezem van Brakel (5 tot 10 cm in het merendeel van het gebied en lokaal 10 tot 20 cm); in de oostelijk gelegen polder zal de GHG vrijwel onveranderd blijven, onder voorwaarde dat het drainagestelsel de toename in kwel zal kunnen afvoeren.
- Met betrekking tot de GLG wordt verwacht dat deze eveneens zal toenemen in de Boezem van Brakel, maar in mindere mate dan de GHG).
- De lichte verhoging van de GHG in de Boezem van Brakel, gecombineerd met de minder sterke verhoging van de GLG in hetzelfde gebied, impliceert dat de dynamiek van de grondwaterstandsvariatie in het gebied zal toenemen.
- Het opleggen van peilbeheer in het tussendijkse gebied impliceert dat het effect van uitvoering van het VKA op de verhoging van waterstand en kwel in de Boezem van Brakel vermindert.

De oostelijk gelegen polders

- Voor de polder oostelijk van de Boezem van Brakel, zal het effect van vernatting beperkt zijn, mits voldoende water kan worden afgevoerd. De GHG verandert vrijwel niet, evenals de GLG.
- Er zal een toename van de kwel optreden, met name tijdens en in de periode na hoge rivierafvoeren. De te verwachten toename van de kwel zal maximaal zijn in de peilgebieden ten westen van het dorp Brakel (15-25%). Mogelijkerwijs dient de capaciteit van het drainagestelsel in dit gebied vergroot te worden om de verhoogde kwel in dit gebied af te kunnen voeren.
- De aanwezigheid van glastuinbouw in combinatie van een toename in kwelintensiteit kan een nadelig effect hebben op de waterkwaliteit in de drainagesloten. Dit probleem speelt ook rond Poederloijen.

Ecologie

- Waardevolle vegetatietypen worden aangetroffen in de Brakelse Benedenwaarden (uiterwaard) en de Boezem van Brakel (binnendijks gebied). Het gebied tussen de Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk heeft de potentie voor de ontwikkeling van een waardevolle vegetatie. Uitvoering van het VKA zal weinig effect hebben op de vegetatie in de Brakelse Benedenwaarden en de Boezem van Brakel.
- Om de natuurwaarden van de Boezem van Brakel te vergroten is aanvullend water beheer nodig, liefst in combinatie met vegetatiebeheer, en mogelijk een initiële verwijdering van de voedselrijke toplaag.
- In het tussendijkse gebied zal uitvoering van het VKA resulteren in een belangrijke verhoging van de ecologische waarde: ontwikkeling van landbouwgrond naar een riet-/zeggenmoeras met plaatselijk open water, en iets hogere gronden raken begroeid met zachthoutoibos (zwarte els, wilg). De natuurwaarden kunnen nog verder verhoogd worden door peilbeheer, gericht op periodieke droogval, in het tussendijkse gebied in te stellen.

Schade landbouw en bebouwing

- In de oostelijk gelegen polders zal de GHG vrijwel gelijk blijven aan de huidige situatie. Deze conclusie gaat uit van een voldoende grote capaciteit van het drainagestelsel. Er dient nader onderzocht te worden of het huidige drainagestelsel over voldoende capaciteit beschikt om de toename in kwel te kunnen afvoeren.
- In hetzelfde gebied wordt voor de GLG ook geen verandering voorzien.
- In het verlengde van het tussendijkse gebied tussen de Wakkere Dijk en Den Nieuwendijk, aan de zuidkant van de Schouwendijk, zal zonder peilbeheer de grondwaterstand aanzienlijk stijgen. Deze hogere waterstand kan conflicteren met de bestaande landgebruikfuncties aan de zuidkant van de Schouwendijk (gaswinlocatie van Northern Petroleum Netherlands). Om huidige en toekomstige gebruiksfuncties te waarborgen is peilbeheer nodig. Dit peilbeheer kan worden toegepast voor het tussendijkse gebied als geheel, of voor de deelgebieden die de meeste hinder zouden ondervinden van de hogere waterstanden. De toepassing van een vast peil, leidt tevens tot een andere vegetatiesamenstelling. In plaats van moeras en open water (conform VKA) zal er een mozaïek van (vochtige) graslanden en hardhoutoibos ontstaan.