



Grondwatermodellering Weerijs-Zuid

Waterschap Brabantse Delta

15 april 2013

Definitief rapport

BC1326

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.
RIVERS, DELTAS & COASTS

Boschveldweg 21
Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch
+31 73 687 41 11 Telefoon
+31 73 612 07 76 Fax
info@den-bosch.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoningdhv.com Internet
Amersfoort 56515154 KvK

Documenttitel Grondwatermodellering Weerij-Zuid

Verkorte documenttitel Grondwatermodellering Weerij-Zuid

Status Definitief rapport

Datum 15 april 2013

Projectnaam Grondwatermodellering Weerij-Zuid

Projectnummer BC1326

Opdrachtgever Waterschap Brabantse Delta

Referentie BC1326/R00001/904236/BW/DenB

Auteur(s) H. Vermue MSc.

Collegiale toets ir. B.J. van der Wal

Datum/paraaf 17-4-2013

Vrijgegeven door ir. J.A.P.H. Vermulst

Datum/paraaf 17-4-2013

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Aanleiding en probleemstelling	1
1.3 Doelstellingen van het onderzoek	3
1.4 Leeswijzer	3
2 BESCHRIJVING MODELGEBIED EN GEPLANDE INRICHTINGSMAATREGELEN	4
2.1 Algemeen	4
2.2 Beschrijving modelgebied	4
2.2.1 Begrenzing van het modelgebied	4
2.2.2 Geohydrologie en grondwater	5
2.2.3 Bodem en geomorfologie	6
2.2.4 Waterhuishouding	6
2.3 Probleemstelling en geplande inrichtingsmaatregelen Aa of Weerij	7
2.4 Probleemstelling en geplande inrichtingsmaatregelen Turfvaart-Bijloop	9
3 MODELSCHEMATISATIE	11
3.1 Inleiding en aanpak	11
3.2 Modelgebied en verdichting rekengrid	11
3.3 Oppervlaktewatersysteem	11
3.3.1 Bodemhoogtes	11
3.3.2 Kunstwerken	12
3.3.3 Peilen	12
3.4 Buisdrainage	13
3.5 Grondwateraanvulling	13
3.6 Definitie GxG	13
4 IJ KING	15
4.1 Aanpak	15
4.2 Uitgangssituatie	16
4.3 IJkingsslag 1	17
4.4 IJkingsslag 2	20
5 SCENARIO'S	24
5.1 Uitgangssituatie	24
5.1.1 Algemeen	24
5.1.1 Grondwaterstanden en kwel	24
5.1.2 Doelrealisaties en schades	24
5.2 Maatregelpakket A	25
5.2.1 Algemeen	25
5.2.2 Modellerings	25

5.2.3	Grondwaterstanden en kwel	27
5.2.4	Doelrealisaties en schades	28
5.3	Maatregelpakket B	29
5.3.1	Algemeen	29
5.3.2	Veranderingen in maatregelen ten opzichte van maatregelpakket A	29
5.3.3	Grondwaterstanden en kwel	29
5.3.4	Doelrealisaties en schades	30
5.4	Maatregelpakket C	30
5.4.1	Algemeen	30
5.4.2	Veranderingen in maatregelen ten opzichte van maatregelpakket B	30
5.4.3	Grondwaterstanden en kwel	31
5.4.4	Doelrealisaties en schades	31
6	CONCLUSIES EN AANBEVELING	32
7	LITERATUUR	34

BIJLAGEN

1. Kaartbijlage modelschematisatie
2. Resultaten uitgangssituatie
3. Resultaten maatregelenpakket A
4. Resultaten maatregelenpakket B
5. Resultaten maatregelenpakket C
6. Natschadeberekening paardenweitje

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Momenteel werkt de Dienst Landelijk Gebied het landinrichtingsplan Weerij-Zuid uit. In januari 2011 is het Ontwerp Inrichtingsplan / Plan MER Weerij-Zuid vastgesteld. Dit is een plan op hoofdlijnen. Het Ontwerp Inrichtingsplan en Plan MER heeft inmiddels ter inzage gelegen en het Kadaster heeft een voorlopig plan van toedeling opgesteld.

Gedurende het voorjaar van 2013 kunnen hier nog wijzigingen in optreden.

De hydrologische en ecologische onderbouwing van het Ontwerp Inrichtingsplan en het Plan MER Weerij-Zuid is grotendeels gebaseerd op de Integrale Gebiedsanalyse (IGA), die in 2007 door Royal Haskoning is uitgevoerd (Royal Haskoning, 2007). Ten behoeve van deze IGA is destijds een regionaal grondwatermodel gemaakt (grotendeels gebaseerd op het provinciale Waterdoelenmodel). Verder zijn op basis van leggergegevens oppervlaktewatermodellen gemaakt voor de volgende drie stroomgebieden van Weerij-Zuid:

- Hazeldonksche beek/Galdersche beek (IGA Bovenmark Tauw);
- Aa of Weerij;
- Turfvaart-Bijloop.

1.2 Aanleiding en probleemstelling

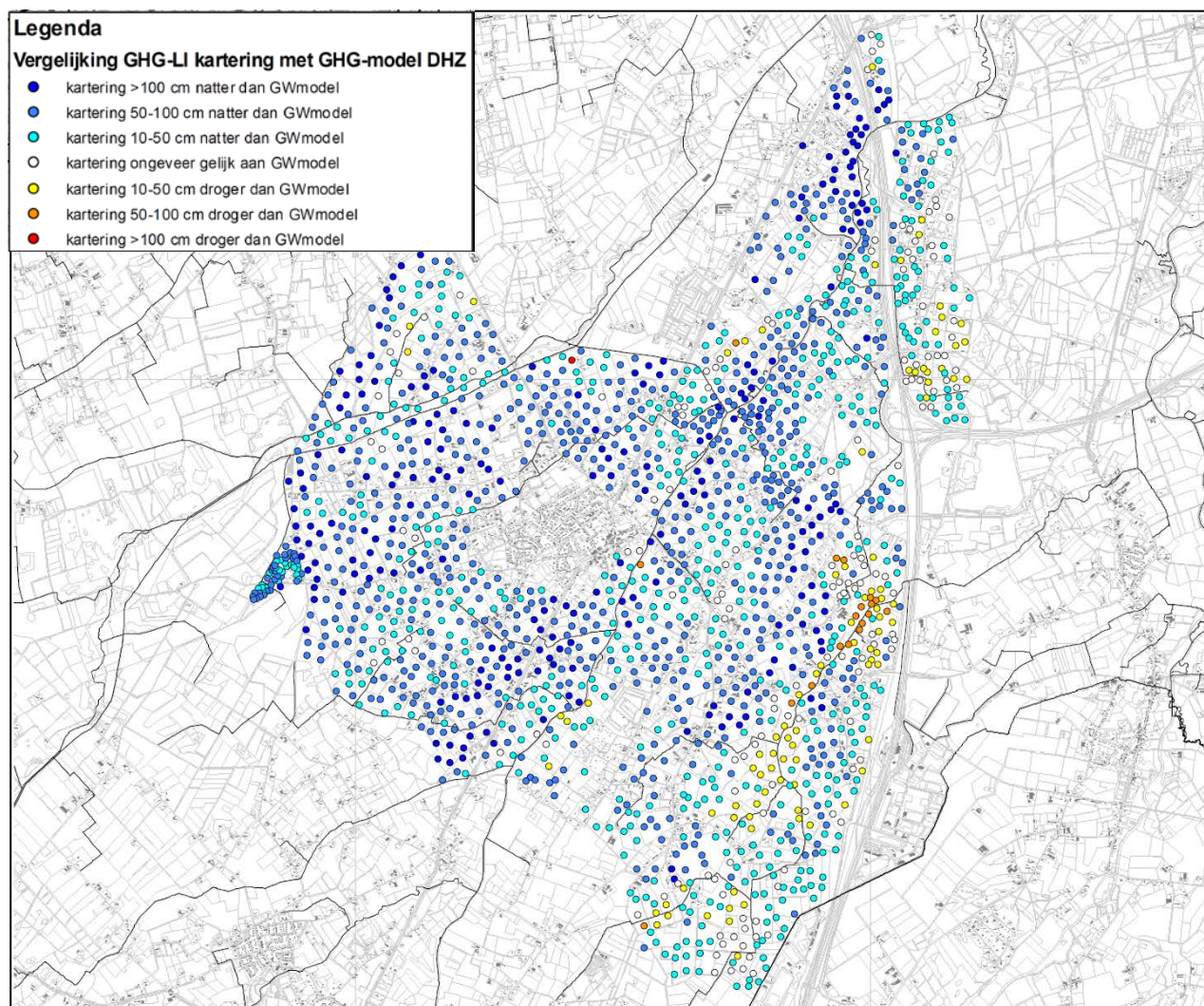
Nu duidelijk is welke gronden beschikbaar komen voor maatregelen op hydrologisch en ecologisch gebied kunnen de maatregelen verder geconcretiseerd worden. De effecten van de maatregelen op doelrealisatie maar ook de mogelijk negatieve effecten voor de landbouw (vernattingschade) dienen inzichtelijk gemaakt te worden.

In 2007 is door Alterra een nieuwe bodemkartering op schaal 1:10.000 gemaakt (Kiestra, 2008). Tijdens deze bodemkartering is op basis van ondiepe boringen, minimale diepte 1,50 m-mv, de GHG en de GLG ingeschat. De veldinschattingen van de GHG en GLG zijn getoetst aan werkelijk gemeten grondwaterstanden (GHG en GLG) in 15 bestaande en nieuwe peilbuizen in het gebied.

Het Waterschap Brabantse Delta heeft de GHG- en GLG-waarden uit de nieuwe bodemkartering vergeleken met de uitkomsten van het regionale grondwatermodel waarmee de IGA is onderbouwd. Hieruit bleek dat het IGA-model de GHG structureel lager berekent dan de gekarteerde grondwaterstanden. Ook het nieuwe Brabant model, dat is ontwikkeld in het kader van het Deltaplan Hoge Zandgronden (Royal HaskoningDHV, 2013), berekent structureel lage GHG-waarden (50 à 100 cm lager, zie figuur 1.1). De GLG wordt afwisselend lager en hoger berekend.

Met het IGA-model en het regionale Brabant-model zijn de hydrologische effecten van de inrichtingsmaatregelen en eventuele vernattingschade dus niet goed in beeld te brengen. Voor de detailuitwerking van de inrichtingsmaatregelen en het onderbouwen van de positieve en negatieve effecten van deze maatregelen dient de grondwatermodellering te worden verfijnd. De resultaten van de grondwatermodellering dienen beter overeen te komen met de metingen.

In 2012 is door B-Ware een fosfaatonderzoek gedaan. De fosfaatlast in het gebied is aanzienlijk. Om de condities voor schrale vegetatietypen te creëren adviseert B-ware om 20 tot 40 cm af te graven. Een vluchtige analyse met de bodemkaart levert op dat dan op een aantal plaatsen in de winter open water ontstaat, wat niet gewenst is. Er zal selectief afgegraven worden. Het model dient voldoende nauwkeurig (GHG, GVG, voorjaarskwel) te zijn om locaties te kunnen selecteren.



Figuur 1.1: Vergelijking gekarteerde GHG met berekende GHG IGA-modellen Weerijns en Turfvaart-Bijloop

Verbetering van het bestaande grondwatermodel is mogelijk op basis van de volgende ontwikkelingen, die hebben plaatsgevonden sinds 2007:

- verbetering van het hoogtebestand (m.b.v. 5x5 AHN 2010);
- nieuwe bodemkartering en GHG- en GLG-bepaling op schaal 1:10.000 (Kiestra, 2008);
- inmetingen van lengte- en dwarsprofielen van de hoofdwaterlopen, uitgevoerd door Waterschap Brabantse Delta in 2012.

1.3 Doelstellingen van het onderzoek

Op basis van de bovenstaande probleemstelling heeft Waterschap Brabantse Delta aan Royal HaskoningDHV opdracht gegeven voor een onderzoek met de volgende doelstellingen:

1. Verbetering van de grondwatermodellering van het plangebied van de Landinrichting Weerij-Zuid, zodanig dat de effecten van de geplande maatregelen met voldoende betrouwbaarheid kunnen worden berekend. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van de recentelijk beschikbaar gekomen aanvullende informatie (zie hierboven). De grondwatermodellering dient te worden verfijnd rond de ingreeplocaties in de deelgebieden Aa of Weerij en Turfvaart-Bijloop.
2. Met het verbeterde grondwatermodel doorrekenen van de maatregelenpakketten voor de deelgebieden Aa of Weerij en Turfvaart-Bijloop. Er worden twee varianten voor het maatregelenpakket doorgerekend. Het tweede (definitieve) maatregelenpakket is aangepast op basis van de berekende effecten van het eerste (voorlopige) maatregelenpakket. De effecten van de maatregelen op de oppervlaktewaterstanden zijn bepaald en aangeleverd door het Waterschap.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van deze rapportage volgt een beschrijving van het modelgebied. Tevens wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de probleemstelling en de geplande inrichtingsmaatregelen. Hoofdstuk 3 gaat in op de modelschematisatie. De opzet en resultaten van de modelijking volgen in hoofdstuk 4. De resultaten van de scenarioberekeningen worden gepresenteerd en toegelicht in hoofdstuk 5. Tot slot volgen in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek.

2 BESCHRIJVING MODELGEBIED EN GEPLANEDE INRICHTINGSMAAATREGELEN

2.1 Algemeen

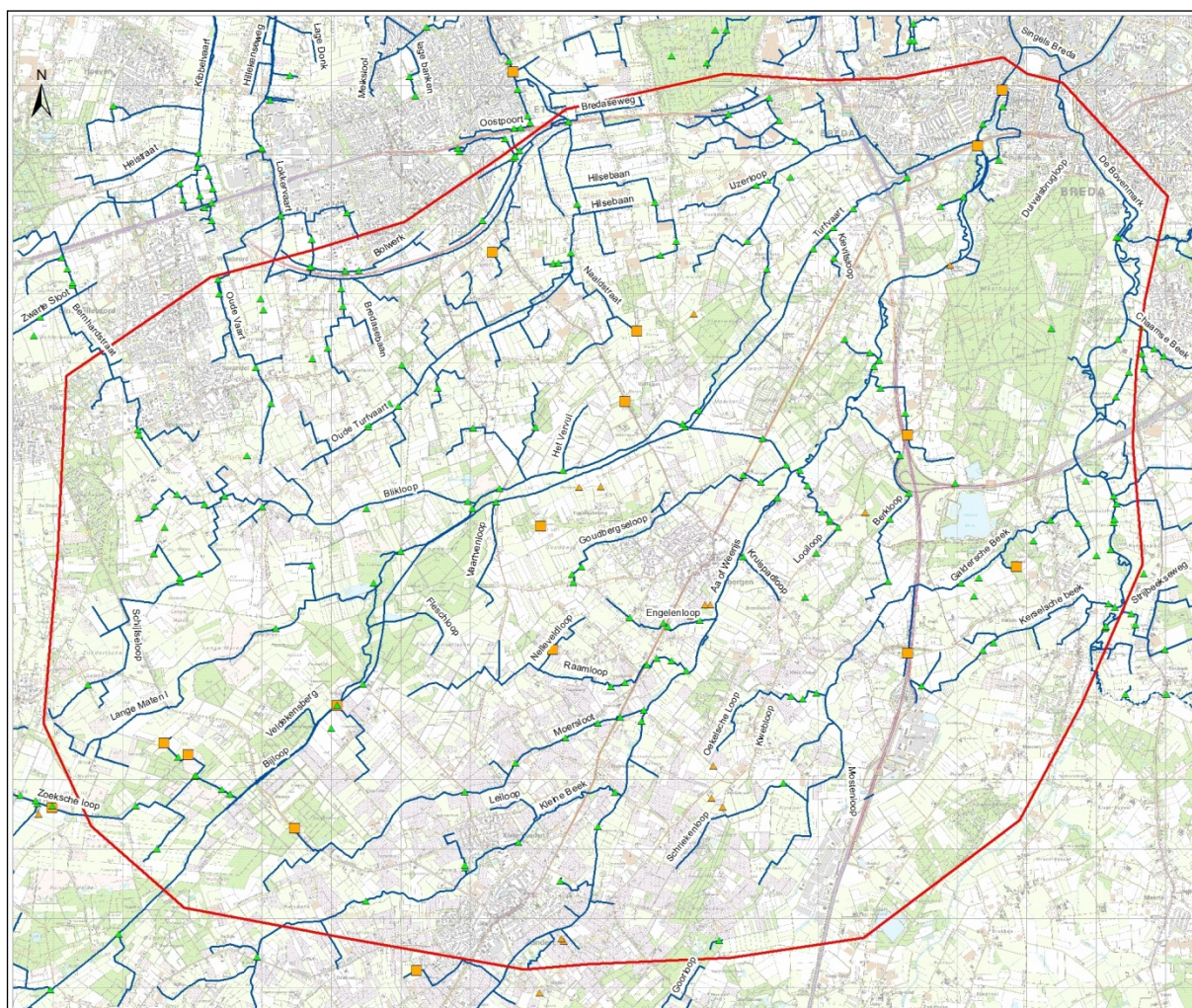
In dit hoofdstuk volgt eerst een beschrijving van het modelgebied. Achtereenvolgens wordt de ligging van het modelgebied gepresenteerd en toegelicht, wordt ingegaan op de geologische opbouw, bodem en landschap en de waterhuishouding.

Vervolgens wordt ingegaan op de probleemstelling en geplande inrichtingsmaatregelen voor de deelgebieden Aa of Weerij (§ 2.3) en Turfvaart-Bijloop (§ 2.4).

2.2 Beschrijving modelgebied

2.2.1 Begrenzing van het modelgebied

De begrenzing van het modelgebied is weergegeven in figuur 2.1.



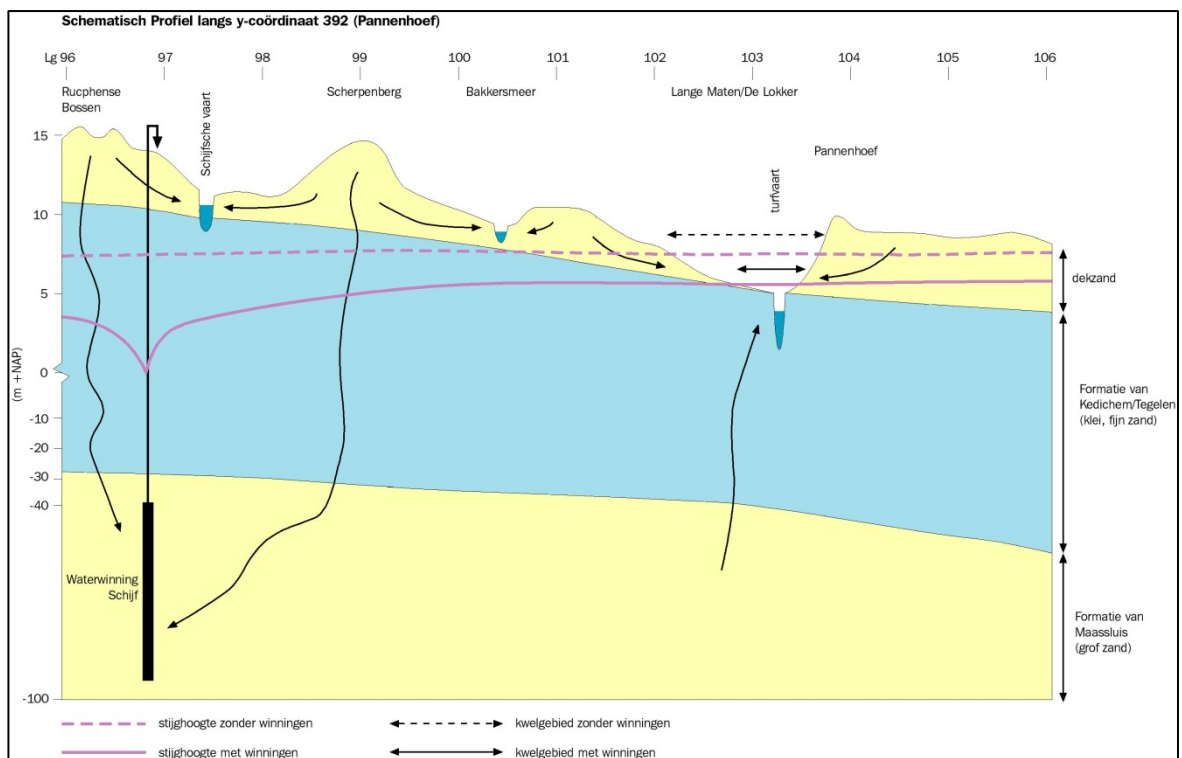
Figuur 2.1: Begrenzing modelgebied

Het modelgebied ligt ten zuidwesten van Breda op het grondgebied van de gemeenten Zundert, Rucphen en Etten-Leur. Het omvat het volledige landinrichtingsgebied Weerijz-suid. Met name ten westen en ten oosten is het modelgebied aanzienlijk ruimer gekozen dan dit landinrichtingsgebied, zodat de modelgrenzen geen invloed hebben op de berekende grondwaterstanden in het plangebied.

Het gebied bestaat uit een afwisseling van natuur, bebouwing en landbouw. De belangrijkste teelten in de landbouwgebieden zijn gras, maïs en boomteelt. In de praktijk bestaat er een spanningsveld tussen enerzijds herstel van natte natuurgebieden en anderzijds de optimale condities voor landbouwkundige teelten.

2.2.2 Geohydrologie en grondwater

De geohydrologische opbouw van het gebied is schematisch weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.2: Het grondwatersysteem

De bovenste laag van 5 à 10 meter betreft een dekzandpakket (Formatie van Peize / Waalre). Bovenin deze deklaag komen lokaal slecht doorlatende leem- en veenlagen voor. De deklaag rust op een slecht doorlatend pakket van klei en fijn zand. Dit is een scheidende laag met een dikte van enkele tientallen meters (Formatie van Waalre, vroeger aangeduid als de Formatie van Kedichem/Tegelen). Deze formatie is in het gehele modelgebied aanwezig. In het beekdal van de Bijloop heeft vermoedelijk aanzienlijke erosie van de scheidende laag plaatsgevonden.

Onder de scheidende laag is het diepe watervoerend pakket aanwezig. Dit pakket bestaat uit een tientallen meters dikke zandlaag van de Formatie van Maassluis.

De hogere ruggen in het gebied fungeren als infiltratiegebied. Neerslag die hier valt, infiltreert in de diepere ondergrond en komt als kwel omhoog in de beekdalen van onder meer de Bijloop en de Aa of Weerijs. De kwel komt direct in en langs de Turfvaart en de Bijloop omhoog en is lokaal van aard. De kwel is de afgelopen decennia afgenomen door de intensieve ontwatering van landbouwgronden, beregening en diepe grondwaterwinningen. De kwel is echter nooit regionaal van aard geweest.

2.2.3 Bodem en geomorfologie

Het gebied kan worden gekarakteriseerd als een golvend dekzandlandschap. Het reliëf wordt veroorzaakt door een afwisseling van dekzandruggen, landduinen, erosie- en beekdalen en afgesloten laagten.

In het gebied komen overwegend zandgronden voor (Veldpodzolgronden). Op de oude landgoederen hebben deze zandgronden door agrarisch gebruik een dikke teeltlaag gekregen en zijn Laarpodzolgronden ontstaan. In de beekdalen komen naast Veldpodzolgronden ook Gooreerdgronden en moerige gronden voor. Over een groot oppervlak komt binnen een diepte van 1.2 m een kleilaag voor. Deze kleilaag is op lokale schaal vanuit metingen niet goed bekend. Op basis van de ijking in de voorliggende modelstudie kon de verbreiding en weerstand van de ondiepe storende laag beter in kaart worden gebracht.

De maaiveldhoogte varieert van ruim 10 m + NAP in de hoogste delen van het gebied (omgeving Goudsberg ten zuidwesten van Rijsbergen en omgeving Oekelsbos ten zuidoosten van Rijsbergen) tot 0,5 à 2 m + NAP in de laagste delen (dal van de Aa of Weerijs stroomafwaarts van Rijsbergen).

2.2.4 Waterhuishouding

Een groot deel van het landinrichtingsgebied Weerijs-zuid watert via sloten en afwateringssloten, al dan niet gestuwd, in noordoostelijke richting af op de Aa of Weerijs. In het zuidoosten voeren de gronden voor een belangrijk deel hun water af naar de Hazeldonksche Beek, die buiten het landinrichtingsgebied, via de Galdersche Beek, uitkomt op de Mark. Ook de Aa of Weerijs komt uiteindelijk uit op de Mark.

De belangrijkste waterlopen in het zuidwestelijk deel van het modelgebied zijn de Turfvaart en de Bijloop. De Bijloop is een van oorsprong een natuurlijke beek, die ontspringt op landgoed de Moeren. De Bijloop ligt duidelijk in een beekdal. Op de Bijloop komen verschillende zijwaterlopen uit: 't Vervul, Zundertseweg, Blikloop, Fleschloop en Lange Matenloop. 't Vervul en de Zundertseweg liggen ten noorden van de Bijloop en Rondgors. De Lange Matenloop kent een natuurlijke oorsprong maar is stroomopwaarts verlengd om het achterliggende landbouwgebied te ontwateren. Ook de Blikloop heeft een groot achterliggend landbouwgebied. Voor de bovenstrooms gelegen landbouwgronden is het huidige waterpeil in de Blikloop nabij de uitmonding in de Bijloop kritisch te noemen. De Fleschloop ontspringt op de Klein Zundertse heide, een gebied dat momenteel nog een agrarische bestemming heeft.

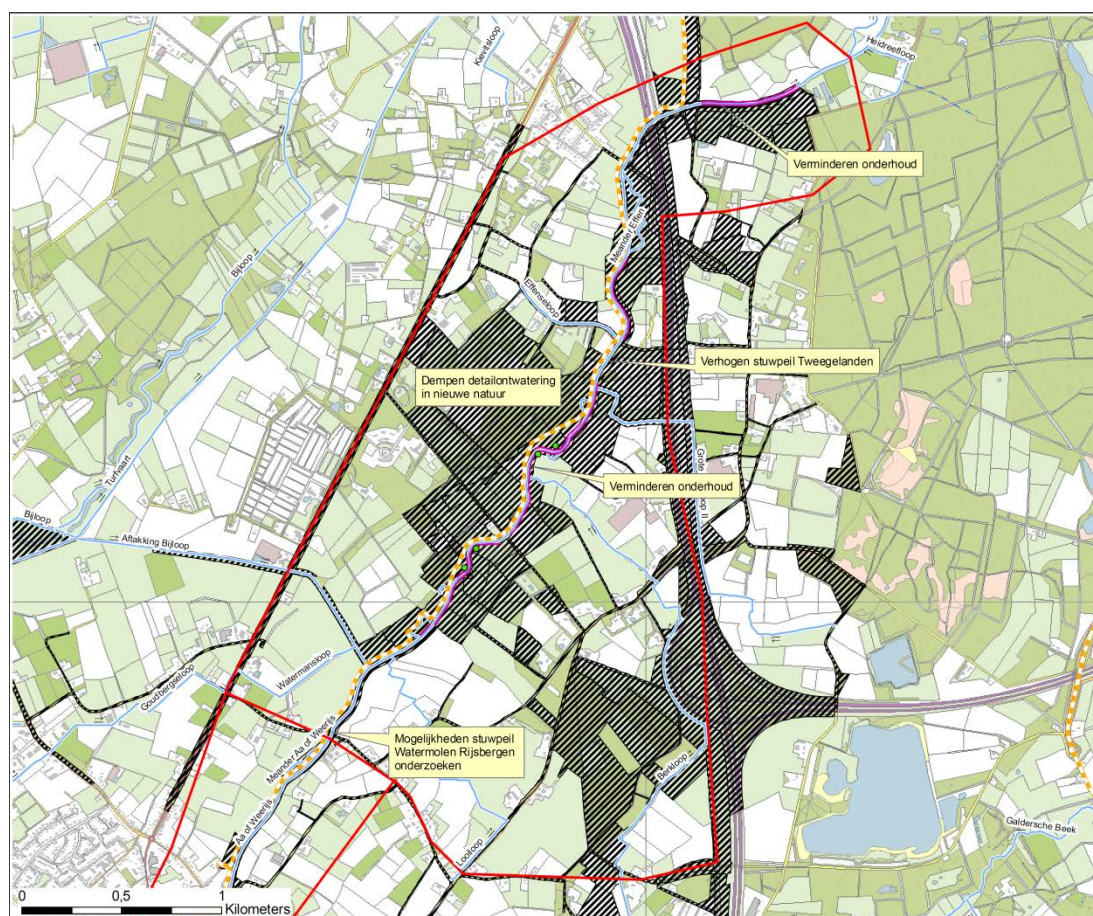
Daarnaast wateren enkele landbouwgebieden aan de oostkant van de Turfvaart via een sifon op de Bijloop af. Ten noorden van de woonkern Rijsbergen is een aftakking van de

Bijloop aangelegd, om in natte perioden overtollig water richting Aa of Weerij's af te kunnen leiden. Het verdeelwerk Hellegat regelt de waterafvoer naar de Bijloop en de aftakking.

In 1620 werd de Turfvaart gegraven voor de afvoer van Turf uit het gebied. De Turfvaart loopt van de Belgische grens tot aan Breda en ligt deels in een dalvormige laagte. In het zuidelijk deel van het gebied (tot aan de Rucphenseweg) is de Turfvaart de enige hoofdwaterloop, waarna de Bijloop ontspringt. Stroomafwaarts van dit punt ligt de Turfvaart op de oostflank van het beekdal van de Bijloop. Over een groot gedeelte van het traject is de Turfvaart voorzien van een kade. Een belangrijke zijwatergang van de Turfvaart betreft de Zoekse Loop. Deze loop voert landbouwwater vanuit het gebied de Zoek af op de Turfvaart, via het gebied Oude Buissche Heide/Moerse Heide.

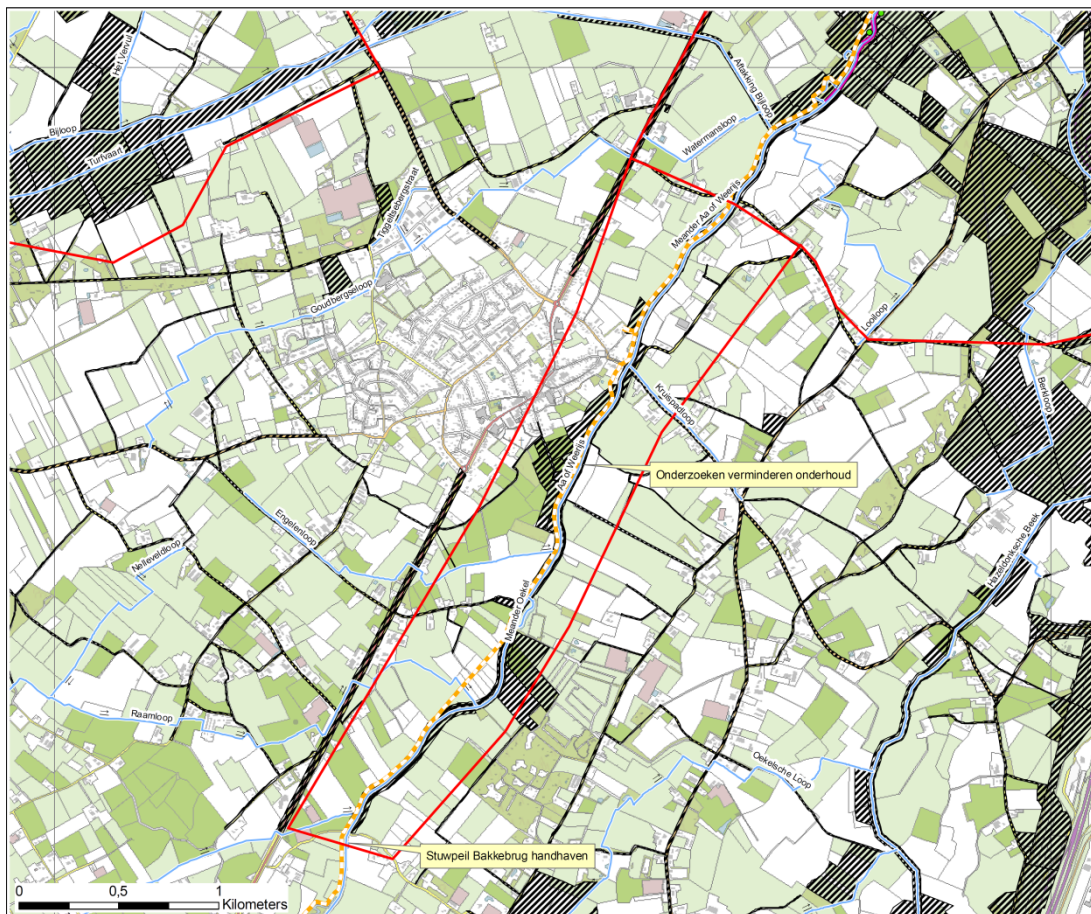
2.3 Probleemstelling en geplande inrichtingsmaatregelen Aa of Weerij's

Doel van de inrichtings- en beheersmaatregelen is het vernatten van de nieuwe en bestaande natuur en het verhogen van de natuurlijkheid van de Aa of Weerij's (KRW). Bij de Aa of Weerij's is in het gebied Krabbenbosschen, tussen de Aftak en de Tweegelandenstuw, de grondpositie dusdanig dat inrichtingsmaatregelen genomen worden. De geplande inrichtingsmaatregelen in dit noordelijk deel van het dal van de Aa of Weerij's zijn weergegeven in figuur 2.3.



Figuur 2.3: Geplande inrichtingsmaatregelen Aa of Weerij's, deelgebied Krabbenbosschen

In het peilvak tussen de stuw Bakkebrug en de stuw Watermolen Rijsbergen is de grondverwerving beperkt, waardoor uitsluitend het nemen van beheersmaatregelen onderzocht kan worden. Bovendien ligt over dit zuidelijke traject van de Aa of Weerij's een persleiding op circa 9 meter van de westelijke insteek. De maatregelen beperken zich hier daarom voornamelijk tot de oostelijke oever van de Aa of Weerij's. De geplande inrichtingsmaatregelen in dit noordelijk deel van het dal van de Aa of Weerij's zijn weergegeven in figuur 2.4.



Figuur 2.4: Geplande inrichtingsmaatregelen zuidelijk deel Aa of Weerij's

Rond de Aa of Weerij's worden onder meer de volgende maatregelen voorgesteld.

Inrichtingsmaatregelen

- Dempen van detailontwatering in nieuwe natuurgebieden.
- Plaatselijk verwijderen van de fosfaatrijke bovenlaag in nieuwe natuurgebieden.
- Verwijderen van oeversbeschoeiing langs de Aa of Weerij's, waardoor oeversafkalving optreedt in buitenbochten.
- Verflauwen van het talud in binnenbochten van de Aa of Weerij's.
- Aanleggen van een aantal paaiplaatsen langs de Aa of Weerij's.

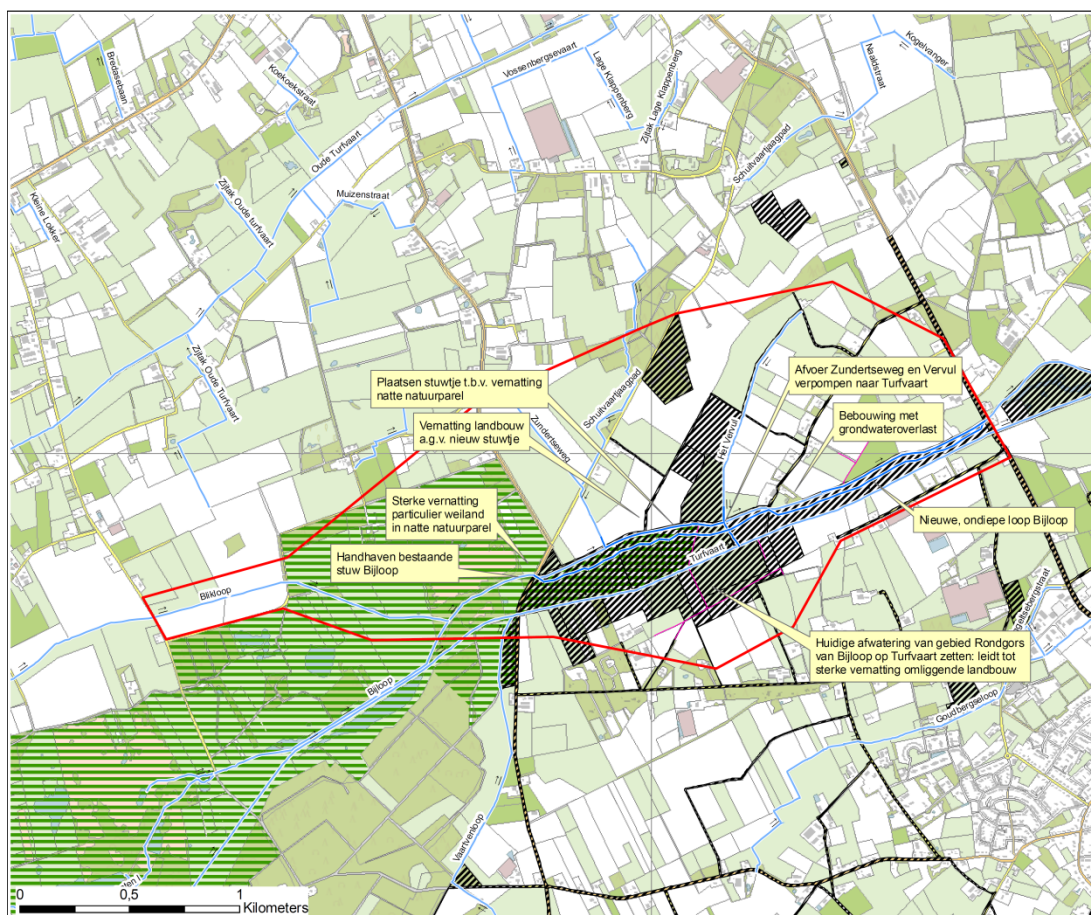
Beheersmaatregelen

- Stuwpeilverhoging van bijvoorbeeld 20 cm bij de stuw Tweegelanden in de Aa of Weerij's.

- Verminderen van het onderhoudsregime aan de Aa of Weerij.

2.4 Probleemstelling en geplande inrichtingsmaatregelen Turfvaart-Bijloop

Doel van de inrichtingsmaatregelen in het deelgebied Turfvaart-Bijloop is het vernatten van de nieuwe natuur, het verhogen van de natuurlijkheid van de Bijloop (KRW) en het vergroten van de waterbergingscapaciteit langs de Turfvaart en Bijloop. In dit gebied is een stevige grondpositie en de maatregelen zijn reeds verder uitgewerkt als bij de Aa of Weerij. De geplande inrichtingsmaatregelen in het deelgebied Turfvaart-Bijloop zijn weergegeven in figuur 2.5.



Figuur 2.5: Geplande inrichtingsmaatregelen deelgebied Turfvaart-Bijloop

In het deelgebied Turfvaart-Bijloop zijn onder meer de volgende maatregelen gepland:

- In het gebied tussen de huidige Bijloop en Turfvaart wordt een nieuwe, ondiepe loop voor de Bijloop gegraven. Het gehele gebied valt in de EHS met het natuurbeheertype moeras. Het westelijk deel van het gebied is natte natuurparel, het oostelijk deel ecologische verbingszone. Op de provinciale natuurdoeltypenkaart staat voor het hele gebied moeras aangegeven. De beheerder wil dit graag gerealiseerd zien. Begrazing wordt op draagkracht van het gebied afgestemd.
- De huidige Bijloop blijft aanwezig als kavelsloot. Het landbouwwater dat uit de waterloop Zundertseweg komt wordt via deze kavelsloot naar het Vervul geleid.

In deze kavelsloot wordt een nieuw stuwte geplaatst om zo de drainagebasis langs de natte natuurple te verhogen. Hier moet een afweging gemaakt worden tussen de hoeveelheid natschade versus het behalen van een voldoende hoge GVG/GLG. Vanaf het Vervul wordt dit landbouwwater in de toekomst verpompt naar de Turfvaart.

- Ook tussen de straat Vervul en de Ettenseweg blijft de huidige Bijloop als kavelsloot liggen. In deze kavelsloot kan eveneens een stuwte geplaatst worden. Dit stuwte moet zodanig ingesteld worden dat er geen natschade op de aanliggende landbouwgrond optreedt.
- Langs de straat Vervul ligt een aantal woonhuizen. Tenminste één woning heeft in de huidige situatie last van te hoge grondwaterstanden (vochtige kelder). Het effect van de maatregelen op de grondwaterstand ter plaatse van de straat Vervul moet inzichtelijk gemaakt worden.
- Direct ten westen van de Ettensebaan ligt een particulier weiland ("paardenweitje"). Momenteel kent dit perceel nog een ruime drooglegging, maar in de toekomstige situatie stijgt het oppervlaktewaterpeil met 60-70 cm. De effecten van deze peilstijging op de grondgebruiksmogelijkheden moeten met het grondwatermodel inzichtelijk gemaakt worden.
- Het gebied Rondgors, ten zuiden van de Turfvaart, watert nu via een sifon onder de Turfvaart af op de Bijloop. In de toekomst zal het Rondgors op de Turfvaart gaan afwateren. Dit om het landbouwwater op de Turfvaart te zetten en niet op de Bijloop. Het oppervlaktewaterpeil in de Turfvaart staat echter hoger dan het oppervlaktewaterpeil van de Bijloop. Hierdoor wordt een peilverhoging in het Rondgors veroorzaakt. Het Rondgors wordt ingericht als waterbergingsgebied en komt in beheer bij het Brabants Landschap. Peilverhoging in het Rondgors zelf is daarom geen probleem. Met het model wordt onderzocht of er natschade optreedt.

3 MODELSCHEMATISATIE

3.1 Inleiding en aanpak

Als basis voor het grondwatermodel is gekozen voor het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV, 2013). Dit model is opgebouwd conform de werkwijze van de hydrologische gereedschapskist. Dit houdt in dat het model op reproduceerbare wijze wordt gegenereerd uit basisgegevens die gestructureerd zijn opgeslagen in een databank. Het Brabantmodel is regionaal geijkt op basis van gemeten grondwaterstanden, stijghoogten en afvoeren. Het Brabantmodel beschrijft de werking en samenstelling van het regionale systeem op juiste wijze en vormt daarom een geschikte basis voor verdere modelverfijning.

Voor het berekenen en voorspellen van grondwaterstanden op perceelsniveau is een verdere detaillering van het model noodzakelijk. Niet alleen moet het rekengrid worden verfijnd, er moeten ook aanvullende data aan het model worden toegevoegd. Het gaat daarbij onder meer om de volgende data:

- peilen;
- informatie over (buis)drainage;
- afwatering van het lokale systeem;
- greppels.

Dit hoofdstuk beschrijft de conceptuele aanpassingen en verfijningen die zijn doorgevoerd om tot een geschikt grondwatermodel te komen. De ijking van het grondwatermodel wordt apart behandeld in hoofdstuk 4 van deze rapportage.

3.2 Modelgebied en verdichting rekengrid

Het modelgebied is weergegeven in kaart 1 van bijlage 1. In deze kaart is de begrenzing van het model weergegeven (rode lijn) en is een aandachtsgebied weergegeven (paarse lijn). Het aandachtsgebied omvat alle geplande maatregelen en verwachte knelpuntlocaties. Hier is het rekengrid verder verfijnd (knooppuntsafstand minder dan 30 m) en zijn alle watergangen, greppels en overige detailontwatering expliciet als lijn gemodelleerd. Bij kleine greppelafstanden en/of aandachtsgebieden zal het grid extra verdicht worden t.b.v. een correcte beschrijving van de hydrologie ter plaatse.

De ligging van de waterlopen is in eerste instantie afgeleid van de legger. Voor zover nodig is dit aangevuld met de informatie vanuit de Top10-kartering m.b.t. waterlopen.

3.3 Oppervlaktewatersysteem

3.3.1 Bodemhoogtes

Voor de grotere waterlopen in het plangebied zijn inmetingen van de bodemhoogte beschikbaar. Deze zijn in het model gebruikt.

Voor de greppels waarvoor vanuit het Brabant model of legger geen inschattingen van bodemhoogte beschikbaar zijn, zijn aannames ten aanzien van de bodemhoogte gedaan op basis van de landgebruikskaart. Deze aannames zijn weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Inschatting bodemhoogtes greppels en detailontwatering o.b.v. landgebruik

Landgebruik	Diepte greppel t.o.v. maaiveld (cm)
Gras/weiland	100
Akkerbouw	120
Bos	50
Overig	100

In en rondom het gebied Rondgors zijn deze standaardwaarden aangepast op basis van waarnemingen in het veld. Hier is voor de landgebruiksklassen `gras-weiland` en `overig` uitgegaan van een bodemhoogte van 50 cm beneden maaiveld (in plaats van 100 cm beneden maaiveld).

3.3.2 Kunstwerken

De volgende gemalen zijn geschematiseerd in het model (zie ook kaart 3 in bijlage 1):

- Nelleveld (peil: 7.24 m +NAP);
- Vervul (peil 5.25 m +NAP);
- Kogelvanger (peil: 5,5 m +NAP). Peil op basis van archief/vergunning;
- Tiggeltsebergsestraat (peil instroomzijde: 7,15 m +NAP, peil uitstroomzijde: 7,6 m +NAP);
- Eldert (peil: 7,3 m +NAP).

Het bemalingsgebied per onderbemaling is ingeschat door gebiedskenners en weergegeven op kaart 3 in bijlage 1.

Voor de volgende stuwen zijn inmetingen beschikbaar gekomen (zie kaart 3 in bijlage 1):

- KST01478 (stuwput X01B lop Rijsbergen) = 4,25 m +NAP;
- KST01479 (stuwput X01A lop Rijsbergen) = 4,45 m +NAP;
- KST01481 (stuwput W02 lop Rijsbergen) = 6,6 m +NAP;
- KST01482 (stuwput W01 lop Rijsbergen) = 7,5 m +NAP.

Voor de overige stuwen in het plangebied zijn de stuwpeilen overgenomen uit de legger.

3.3.3 Peilen

De peilen voor de hoofdwatgangen zijn bepaald met oppervlaktewatermodellen voor de Turfvaart en de Bijloop en Aa of Weerij (zie kaart 2 in bijlage 1). Met de oppervlaktewatermodellen zijn representatieve peilen voor de zomerperiode en de winterperiode bepaald (o.b.v. Q5 resp. Q20). Deze peilen zijn voor het zomerhalfjaar (1 april – 1 oktober) en winterhalfjaar (1 oktober – 1 april) opgelegd. Voor verschillende waterlopen zijn geen oppervlaktewaterpeilen berekend met oppervlaktewatermodellen. Om het systeem goed in de vingers te krijgen is het van belang dat de aansluitingen op het hoofdwatersysteem, alsmede de bodemhoogtes inzichtelijk zijn.

Met behulp van de berekende peilen, de informatie over de stuw in het gebied en ingemeten en/of ingeschatte bodemhoogtes zijn de berekende oppervlaktewaterpeilen vertaald naar alle aangetakte waterlopen in het gebied. Hierbij is het berekende peil en het bemalen gebied als randvoorwaarde opgelegd aan het grondwatermodel.

Vanuit deze peilen is aan de hand van de stuw- en bodemhoogte-informatie het peil gemodelleerd.

3.4 Buisdrainage

Een aantal jaren geleden heeft de provincie een kaart gemaakt met daarop de percelen met buisdrainage. Tijdens de veldinventarisatie is gebleken dat deze kaart onvoldoende betrouwbaar is. Dit is tevens gebleken in eerdere modelstudies.

Binnen het aandachtsgebied is geïnventariseerd op specifieke locaties waar wel en geen buisdrainage aanwezig is. Hierbij is de betreffende kaart wel als uitgangspunt gekozen (zie kaart 4 - bijlage 1). De volgende instellingen zijn gekozen voor de modellering van de buisdrainage (zie tabel 3.2).

Tabel 3.2: Modellering buisdrainage

Parameter	Waarde
Drainagediepte	90 cm – mv
Drainageweerstand	70 dagen

De buisdrainage is pas tijdens de tweede kalibratieslag aan het model toegevoegd, aangezien deze data niet eerder beschikbaar is gekomen. Buiten de geïnventariseerde locaties is geen buisdrainage in het model opgenomen.

3.5 Grondwateraanvulling

De methodiek van de bepaling van de grondwateraanvulling is ongewijzigd overgenomen uit het Brabantmodel. Er is geen gebruik gemaakt van het LGN6, aangezien deze voor deze studie niet beschikbaar was. Gezien de detaillering van het grid en de verbeterde informatie m.b.t. het maaiveld (AHN2010) is de grondwateraanvulling wel opnieuw bepaald. De grondwateraanvulling is gemiddeld uit de tijdsafhankelijke berekening, waardoor zowel droge als natte tijden goed verdisconteerd zijn in de gemiddelde grondwateraanvulling.

3.6 Definitie GxG

De waarden voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand, GHG, gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand, GVG en gemiddeld laagste grondwaterstand, GLG (GxG), die gepresenteerd zijn in deze studie, zijn berekend uit de resultaten van het grondwatermodel voor de periode 1997-2005 (hydrologisch gemiddelde periode) en als volgt gedefinieerd:

$$GxG = \frac{\sum_i^n GxG_{jaar}}{9}$$

Waarbij:

i = 1997

n = 2005

Per jaar is de GxG (GxG_{jaar}) als volgt gedefinieerd en bepaald:

- GHG: 6,25% overschrijdingswaarde;
- GLG: 93,75% overschrijdingswaarde;
- GVG: de grondwaterstand op 1 april.

4 IJKING

4.1 Aanpak

De aanpak voor de ijking van het grondwatermodel is weergegeven in figuur 4.1. Er zijn verschillende technieken en toetsingscriteria ingezet om het model te beoordelen.



Figuur 4.1: Aanpak ijking

Stationair

De stationaire berekening is beoordeeld door de gemiddelde grondwaterstand te vergelijken met het gemiddelde van de GHG en GLG van de bodemkartering (Kiestra, 2008). Daarnaast zijn de gemiddeldes van de meetreeksen van de peilbuizen in het aandachtsgebied geconfronteerd met de berekende gemiddelde grondwaterstand.

Aan de hand van de meetreeks van peilbuis B50A0407 is beoordeeld of het gemiddelde van de GHG en GLG bepaald uit de bodemkartering ook daadwerkelijk overeenkomt met de langjarig gemiddelde grondwaterstand. Vanwege een gebrek aan andere langere meetreeksen in het aandachtsgebied was het niet mogelijk om dit voor meerdere punten te controleren. In het meetpunt B50A0407 komt het gemiddelde van de metingen voor de periode 1997-2005 goed overeen met het gemiddelde bepaald op basis van GHG en GLG in de nabijgelegen boring, B10035. Het verschil is 3 cm. Hieruit is geconcludeerd dat het gemiddelde van GHG en GLG gebruikt kan worden in de stationaire ijking.

Tijdsafhankelijk

De afgeleide GHG en GLG uit de tijdsafhankelijke berekening is geconfronteerd met de GHG en GLG uit de bodemkartering. Daarnaast is kwalitatief een beoordeling gedaan van het ruimtelijke beeld van de afwijkingen. Voor twee peilbuizen is ook het tijdsafhankelijke resultaat afgezet tegen de meetreeks.

4.2 Uitgangssituatie

Het model beschreven in hoofdstuk 3, hierna de uitgangssituatie genoemd, is getoetst aan de bodemkartering m.b.t. de GHG, GLG en het gemiddelde hiervan voor het aandachtsgebied. Dit uitgangssmodel is niet gekalibreerd. Tabel 4.1 geeft de afwijkingen weer van het uitgangssmodel ten opzichte van de metingen.

Tabel 4.1: Afwijkingen model uitgangssituatie ten opzichte van metingen

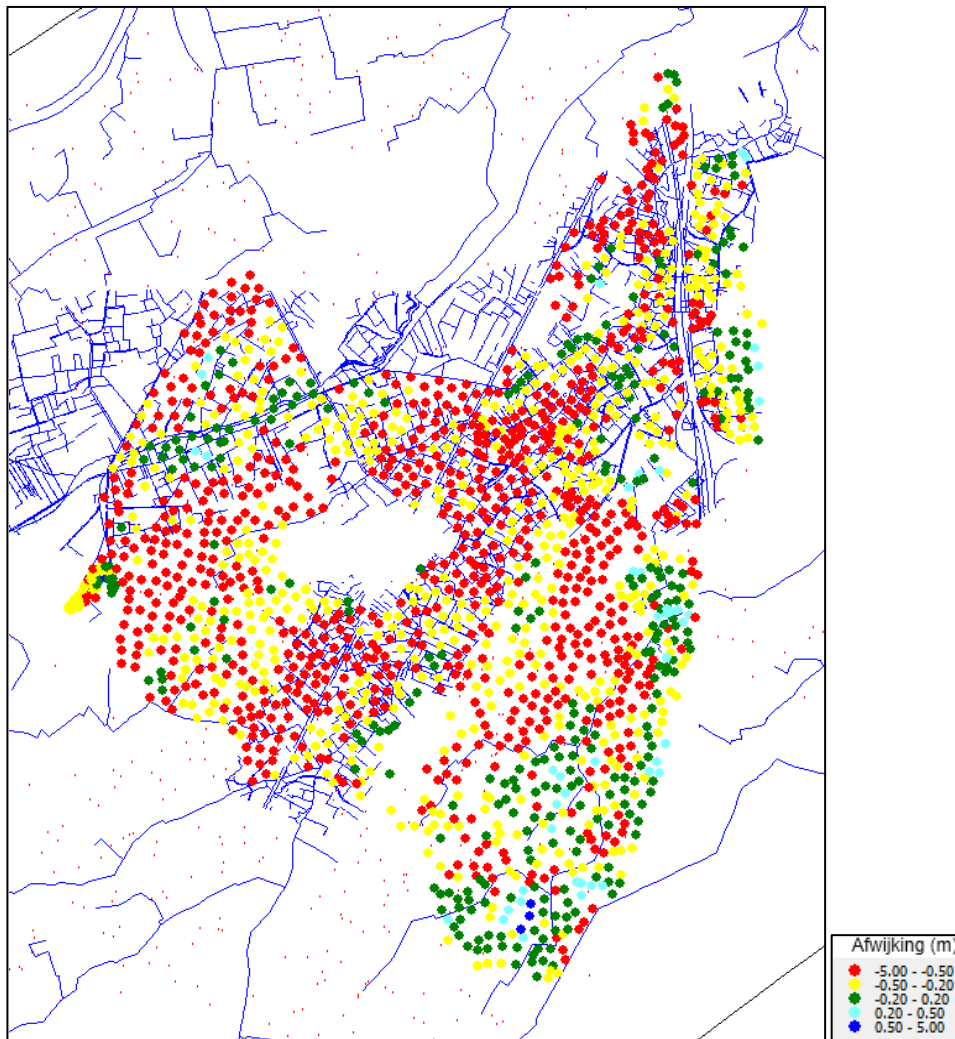
Model	Gemiddelde grondwaterstand (o.b.v. bodemkartering)	Gemiddelde grondwaterstand (o.b.v. meetpunten)	GHG	GLG
Afwijking gemiddeld	-21	0	-53	-8
Gemiddeld absoluut*	28	17	54	24

$$\frac{\sum_{i=1}^n |afwijking_i|}{n}$$

In de uitgangssituatie worden te lage grondwaterstanden berekend t.o.v. de bodemkartering, zowel gemiddeld als in het geval de GHG en GLG. Met name de GHG wijkt sterk af. De berekende grondwaterstanden ter plaatse van de peilbuizen komen gemiddeld wel goed overeen met de metingen.

In figuur 4.2 is het ruimtelijke beeld m.b.t. de GHG weergegeven, waarbij voor elk punt beschikbaar vanuit de bodemkartering een vergelijking is gemaakt met de berekende waarde.

Deze resultaten zijn aanleiding geweest om een ijkingslag in te zetten, waarbij parameterwaarden zijn aangepast om tot een betere fit te komen m.b.t. de bodemkartering.



Figuur 4.2: Ruimtelijk beeld GHG (uitgangssituatie vs. bodemkartering)

4.3 IJkingsslag 1

In deze kalibratieslag is middels Monte Carlo technieken gezocht naar een geschikte set parameters om het hydrologische systeem zo goed mogelijk te beschrijven in een gemiddelde situatie. De volgende parameters zijn in deze ijkingsslag gevarieerd:

- doorlatendheden deklaag;
- drainageweerstand waterlopen;
- verticale weerstand tegen stroming van de deklaag.

De ijking heeft geleid tot een parameterset met de volgende eigenschappen:

- hogere drainageweerstand waterlopen → zorgt voor hogere GWS;
- lagere doorlatendheid van de deklaag → hogere GWS en opbolling;
- hogere verticale weerstand deklaag → hogere GWS in infiltratiegebieden.

Het resultaat van deze eerste ijkingsslag is weergegeven in tabel 4.2.

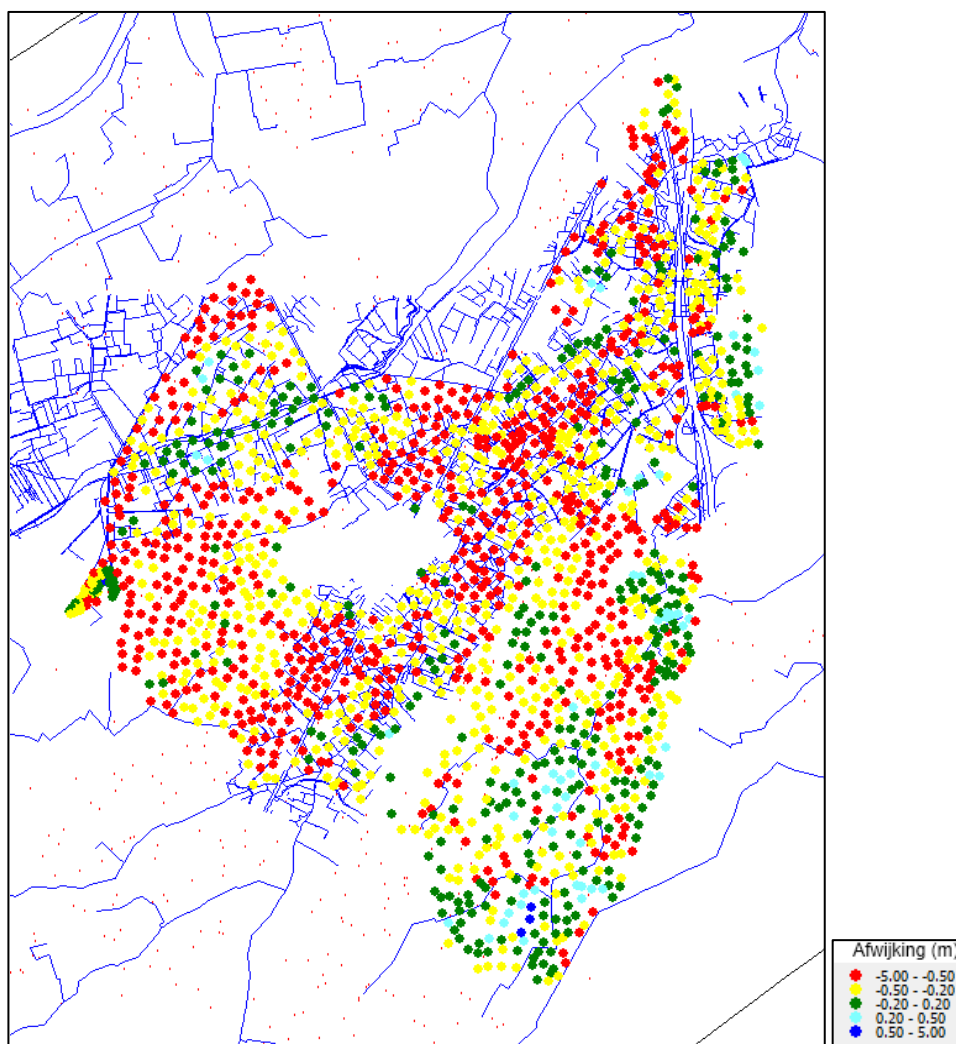
Tabel 4.2: IJkresultaat ijkingsslag 1

Model	Gemiddelde grondwaterstand (o.b.v. bodemkartering)	Gemiddelde grondwaterstand (o.b.v. meetpunten)	GHG	GLG
Afwijking gemiddeld	-7	11	-47	5
Gemiddeld absoluut	21	16	48	23

Het model is als gevolg van de kalibratieslag substantieel verbeterd t.o.v. toetsingswaardes. De gemiddelde afwijking over alle boorpunten is afgenomen met 14 cm en ook de gemiddeld absolute afwijking is met 7 cm afgenomen. De GLG wordt eveneens goed berekend. De GHG wijkt echter sterk af van de toetsingswaardes. De berekende grondwaterstanden in de meetpunten van peilbuizen komen gemiddeld nog altijd goed overeen, gemiddeld absoluut is de afwijking afgenomen. Het berekende gemiddelde komt ten opzichte van het gemeten gemiddelde na deze ijkingsslag wel wat hoger uit dan in de uitgangssituatie. Het ruimtelijke beeld voor de GHG is weergegeven in figuur 4.3.

Het beeld t.o.v. van de gekarteerde GHG in figuur 4.3 geeft weer dat het model de gekarteerde GHG sterk onderschat. Omdat het model uiteindelijk tot doel heeft om de vernattingsschade aan de landbouw als gevolg van de geplande maatregelen te kwantificeren, zijn de gevonden afwijkingen in GHG te groot. Immers, vernattingsschade wordt met name bepaald door de gemiddeld hoogste grondwaterstanden. Als deze structureel te laag worden berekend, wordt de vernattingsschade aanzienlijk onderschat. Om deze reden is een tweede ijkingsslag uitgevoerd.

Voorafgaand aan de tweede ijkingsslag zijn de mogelijke oorzaken van de afwijkingen geanalyseerd. Tabel 4.3 geeft een overzicht en samenvatting van mogelijke oorzaken van de onderschatting van de GHG.



Figuur 4.3: Ruimtelijk beeld GHG (ijkingsslag 1 vs. bodemkartering)

Tabel 4.3: Mogelijke oorzaken onderschatting GHG

Onderwerp	Toelichting	Vervolgactie ijkingsslag 2									
Berekende oppervlaktewaterpeilen	De Turfvaart laat in metingen een grote peilfluctuatie zien. In het grondwatermodel wordt enkel gebruik gemaakt van een winterpeil behorende bij een Q20 afvoer. Gedurende een GHG situatie kan het zijn dat deze peilen een onderschatting zijn van de werkelijke peilen horende bij een dergelijke situatie.	De peilen behorende bij een Q50 zijn 30-50 cm hoger dan de gebruikte Q20 peilen. Een Q50 afvoer komt gedurende 2 à 3 weken per jaar voor. Uiteindelijk is besloten om de Q50 peilen niet te gebruiken in het model, omdat de geplande maatregelen weinig effect hebben op de Q50 peilen en dus geen effect berekend zou worden.									
Bodemkartering	De precieze bepaling van de GHG en GLG in de bodemkartering is niet duidelijk en kan een bron van onzekerheid i.v.m. de modelresultaten geven. Een voorbeeld hiervan is de afwijking tussen de GHG en GLG voor peilbuis B50A0407 en de GHG en GLG voor het nabijgelegen boorpunt.	Voor peilbuis B50A0407 en het nabijgelegen boringspunt is de GHG en GLG vergeleken: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>GHG</th><th>GLG</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bodemkartering</td><td>5.98</td><td>5.03</td></tr> <tr> <td>Meting</td><td>5.80</td><td>4.95</td></tr> </tbody> </table> Voor dit punt komt de GHG uit de meting 18 cm lager uit.		GHG	GLG	Bodemkartering	5.98	5.03	Meting	5.80	4.95
	GHG	GLG									
Bodemkartering	5.98	5.03									
Meting	5.80	4.95									
Grondwateraanvulling	In eerste instantie is een stationair bepaalde grondwateraanvulling gebruikt, voor de volgende ijkingslag is er gewerkt met de gemiddelde grondwateraanvulling van het tijdsafhankelijke model. De stationair bepaalde grondwateraanvulling was hoger dan de gemiddelde tijdsafhankelijke grondwateraanvulling	Gebruik gemiddelde tijdsafhankelijke grondwateraanvulling t.b.v. ijkingslag met Monte Carlo technieken.									
Bergingscoëfficiënt	De bergingscoëfficiënt wordt per 5 dagen berekend. Ten tijde van (heftige) neerslag wordt hierdoor een te hoge bergingscoëfficiënt aangehouden en stijgt de grondwaterstand langzamer dan in de werkelijkheid. Andersom geldt ook dat de grondwaterstand sneller daalt in tijden van (hoge) verdamping.	De berekening van de bergingscoëfficiënt is aangepast aan dit fenomeen.									
IJkset	De gegevens van de bodemkartering bestrijken een groter gebied dan enkel het aandachtsgebied, dit zorgt ervoor dat de ijkingsparameters ook worden afgestemd op gebieden die in dit geval niet van belang zijn en mogelijk voor een suboptimaal resultaat.	De ijkset is aangepast zodat deze enkel geldig is voor het aandachtsgebied en niet voor de gebieden daarbuiten. Alle resultaten hier gepresenteerd betreffen de resultaten t.o.v. de ijkset van het aandachtsgebied (maar deze is dus niet gebruikt in de eerste ijkingslag).									

4.4 IJkingsslag 2

In de tweede ijkingslag zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd in de modellering (zie ook tabel 4.3):

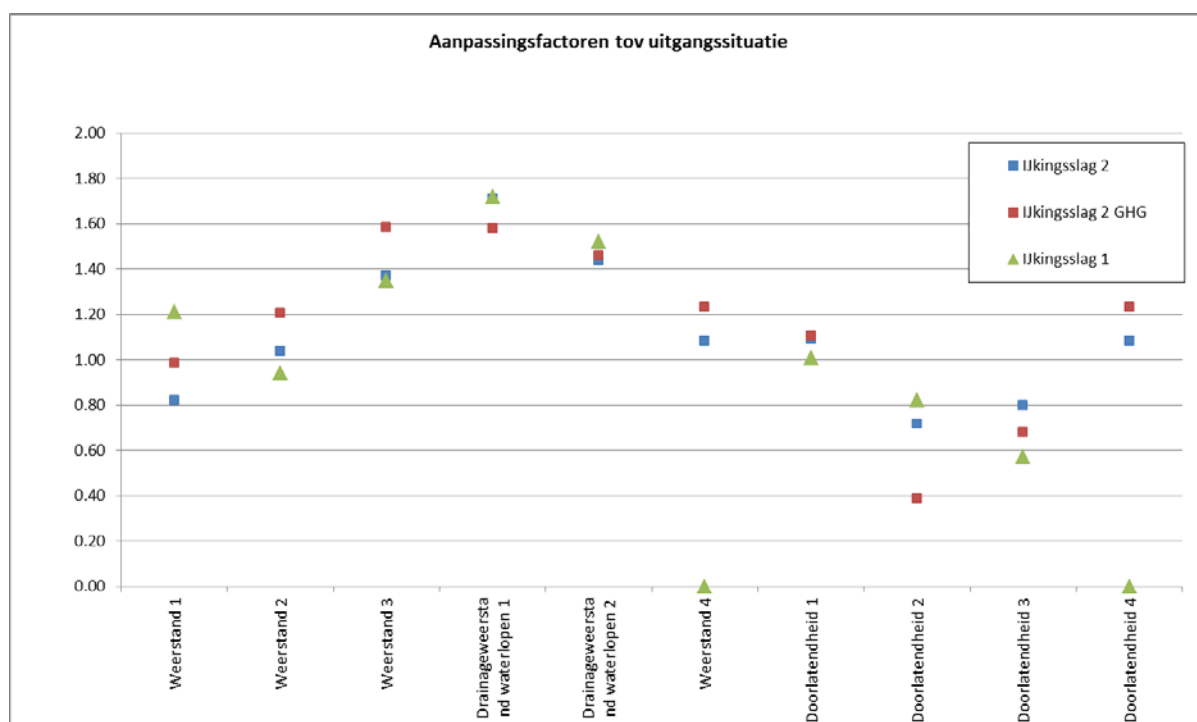
- Aangepaste berekening van de bergingscoëfficiënt in de tijdsafhankelijke berekening;
- Langjarig gemiddelde grondwateraanvulling i.p.v. stationair bepaald;
- Aanpassing ijkset (alleen boorpunten binnen het aandachtsgebied meegenomen);

- Invoeren buisdrainage (kwam pas in deze fase beschikbaar).

Ook in deze ijkingsslag is vervolgens met behulp van Monte Carlo analyse gezocht naar een geschikte set parameters voor de stationaire berekening. Er is echter ook gezocht naar een set geschikt voor een GHG situatie, dit is gedaan om te onderzoeken of dit tot substantiële andere waarden zou leiden, dit in verband met het doel van het model. De volgende parameters zijn gevarieerd gedurende de ijking:

- doorlatendheden deklaag;
- drainageweerstand waterlopen;
- verticale hydraulische weerstand van de deklaag.

In de eerste ijkingsslag zijn deze parameters enkel voor de eerste drie modellen aangepast (voor zover relevant). In deze ijkingsslag is modellaag 4 hieraan toegevoegd, omdat dit voor het noordoostelijke deel van het gebied nog van invloed was op de deklaag. In figuur 4.4 is samengevat hoe de parametersets er in de verschillende ijkingsslagen uitziet t.o.v. de uitgangssituatie (vermenigvuldigingsfactoren).



Figuur 4.4: Aanpassing parameters gedurende ijkingsslagen (weerstand 4 = weerstand modellaag 4 tegen verticale stroming)

Uiteindelijk is ervoor gekozen om het 'GHG model' te gebruiken t.b.v. dit project. Deze ijkset heeft de volgende eigenschappen:

- hogere drainageweerstand waterlopen → zorgt voor hogere GWS;
- lagere doorlatendheid van de deklaag → hogere GWS en opbolling;
- hogere verticale weerstand → hogere GWS in infiltratiegebieden.

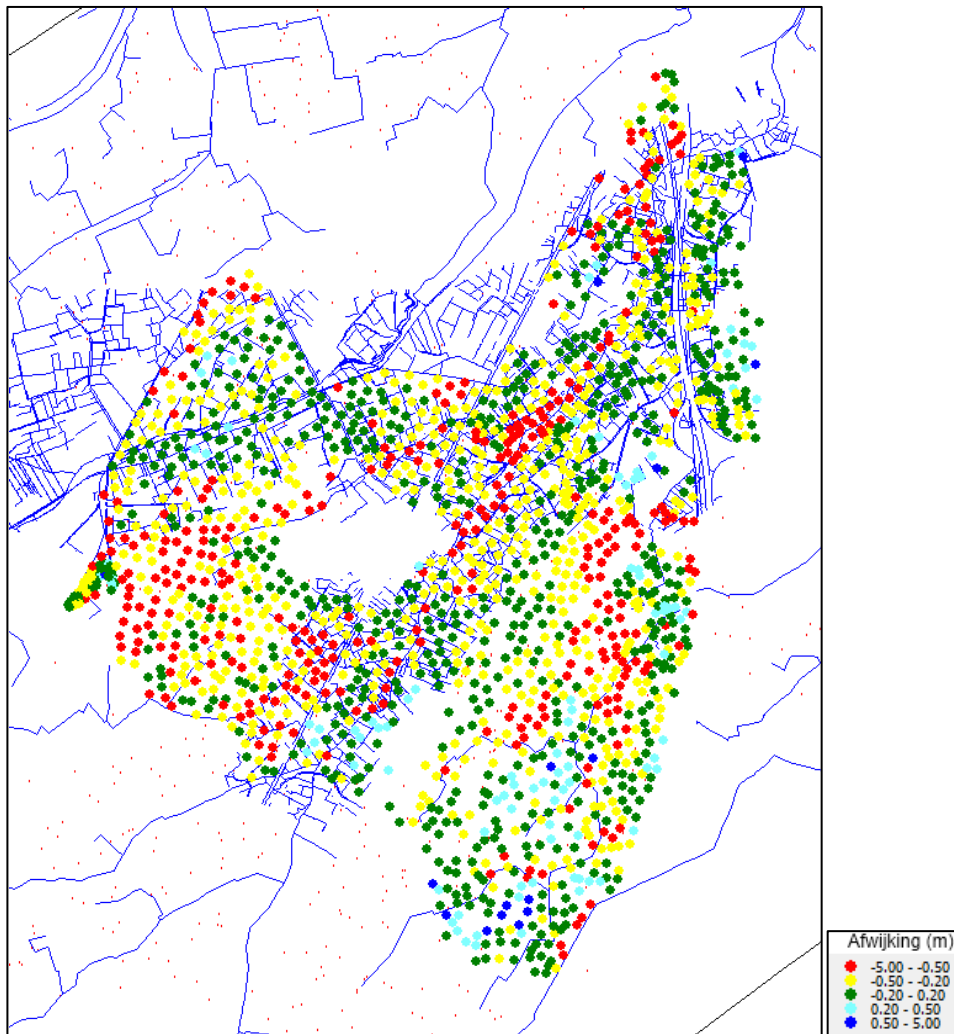
Ten opzichte van de eerste ijkingsslag springt het meest in het oog dat de doorlatendheidwaarden in het bovenste deel van de deklaag (modellaag 2) sterk gewijzigd zijn en teruggebracht tot 2 à 4 m/d. Deze waarden zijn representatief voor fijn tot matig fijn zand, hetgeen overeenkomt met de eigenschappen bekend uit boringen voor dit gebied. In de uitgangssituatie waren de doorlatendheden dus aan de hoge kant.

Het model met deze parameterset is vervolgens tijdsafhankelijk doorgerekend en getoetst aan de metingen (tabel 4.4).

Tabel 4.4: IJkresultaat ijkingsslag 2

Model	Gemiddelde grondwaterstand (o.b.v. bodemkartering)	Gemiddelde grondwaterstand (o.b.v. meetpunten)	GHG	GLG
Afwijking gemiddeld	3	19	-26	7
Gemiddeld absoluut	22	20	31	24

In figuur 4.5 is het ruimtelijke beeld t.o.v. GHG voor dit model weergegeven.



Figuur 4.5: Ruimtelijk beeld GHG (ijkingsslag 2 vs. bodemkartering)

De GHG is m.b.v. de nieuwe kalibratieslag sterk verbeterd (>20 cm in de goede richting). De GLG en de gemiddelde grondwaterstand zijn niet verslechterd t.o.v. de toetsingswaarden als gevolg hiervan. Wat wel opvalt, is dat de waarden t.o.v. peilbuizen richting de hoge kant gaan (19 cm gemiddeld te hoog). Daarnaast is niet duidelijk of de GHG afkomstig uit de bodemkartering betrouwbaar is; het is niet duidelijk hoe de GHG tot stand is gekomen en of dit wel representatief is voor een GHG.

Op basis van de volgende twee argumenten is besloten om dit model als representatief te beschouwen voor de huidige situatie:

1. Goede ijking t.o.v. de bodemkartering voor GLG en gemiddeld.
2. Ook voor de GHG een significante verbetering al blijft er een onderschatting aanwezig t.o.v. de bodemkartering. De ijking valt wel hoog uit t.o.v. peilbuisdata en gezien de onzekerheid over de juistheid van de GHG van de bodemkartering is besloten om niet meer verder te zoeken naar een parameterset die beter past bij de ijksset van de bodemkartering.

5 SCENARIO'S

5.1 Uitgangssituatie

5.1.1 Algemeen

In bijlage 2 zijn kaarten opgenomen met de berekende GxG en kwel voor de uitgangssituatie. Tevens zijn kaarten opgenomen met de berekende doelrealisatie landbouw inclusief nat- en droogteschade.

5.1.1 Grondwaterstanden en kwel

In het beekdal van de Aa of Weerijds wordt lokaal een GHG aan maaiveld berekend. Er zijn echter ook verscheidene plekken aan te duiden waar de grondwaterstanden, ook in deze natte situatie, tot meer dan een meter beneden maaiveld berekend worden. Opvallend is het grote verschil tussen de berekende GVG en GHG. In de GVG-situatie worden de grondwaterstanden 20 tot 40 centimeter lager berekend dan in de GHG-situatie, afhankelijk van de locatie in dit deelgebied. Het ruimtelijke patroon van natte en droge plekken komt wel grotendeels overeen. In een GLG-situatie zakken de grondwaterstanden rondom de Aa of Weerijds ver weg t.o.v. de GHG. Alleen in de directe nabijheid van de beek blijven de grondwaterstanden tot minder dan een meter beneden maaiveld. In het overgrote deel van het gebied ligt de berekende GLG tussen de 1 en 2 meter beneden maaiveld.

In het beekdal van de Turfvaart-Bijloop worden de grondwaterstanden in een GHG situatie tot 10 tot 50 cm onder maaiveld berekend. Het gebied van de Rondgors komt zeer nat uit de berekeningen. Hier wordt een GHG op maaiveld berekend. Ook het gebied ten westen van de Ettensebaan en rondom het Vervul worden zeer nat berekend. Wat verder van de beken af loopt het maaiveld dusdanig op, dat de grondwaterstanden tot meer dan een meter beneden maaiveld berekend worden. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het gebied direct ten zuiden van het Rondgors.

In het deelgebied Turfvaart-Bijloop zijn de verschillen tussen de GHG en de GVG vrijwel even groot als in het deelgebied Aa of Weerijds (GVG 20 à 40 cm lager dan de GHG). In een GLG-situatie zakken de grondwaterstanden in het gebied weg tot meer dan één meter beneden maaiveld en op een grote delen van het plangebied zelfs meer dan 2 meter beneden maaiveld. Enkel bij het Rondgors en rondom de watergang het Vervul worden GLG-waarden tot minder dan een meter beneden maaiveld berekend.

In de berekende kwelkaart komen de grotere waterlopen alsmede de (onder)bemalingsgebieden naar voren als gebieden met jaargemiddeld kwel. Dit is tevens het geval voor het gebied tussen de Turfvaart en de Bijloop. Het beekdal van de Aa of Weerijds geeft op sommige locaties grote vlekken van (intensieve) kwel weer. Tussen de Turfvaart en de Aa of Weerijds is te zien dat de aftakking van de Bijloop en ook de Goudbergse Loop een drainerende werking op het grondwater hebben.

5.1.2 Doelrealisaties en schades

Met behulp van het programma Waternood zijn doelrealisaties, nat- en droogteschades m.b.t. landbouw bepaald.

Rondom de waterloop het Vervul en het in het Rondgors wordt natschade berekend als gevolg van te hoge grondwaterstanden. In het Rondgors bedragen de berekende schades tot 50% en meer. In het beekdal van de Aa of Weerij worden in het noordelijke deel nabij de snelweg natschades berekend tot 40%. Ook nabij de Engelenloop en wat verder zuidelijk bij de Aa of Weerij zelf worden natschades van 20 tot meer dan 40% berekend.

5.2 Maatregelpakket A

5.2.1 Algemeen

Doel van de inrichtings- en beheersmaatregelen is het vernatten van de nieuwe en bestaande natuur, het verhogen van de natuurlijkheid van de Aa of Weerij en de Bijloop (KRW) en het vergroten van de waterbergingscapaciteit langs de Turfvaart en de Bijloop. In het gebied Aa of Weerij is in het gebied Krabbenbosschen, tussen de Aftak en de Tweegelandenstuw, de grondpositie dusdanig dat inrichtingsmaatregelen genomen worden. Ook in het gebied Turfvaart-Bijloop is sprake van een stevige grondpositie; ook in dit deelgebied zijn inrichtingsmaatregelen uitgewerkt. In het gebied Aa of Weerij, in het peilvak tussen de stuw Bakkebrug en de stuw Watermolen Rijsbergen is de grondverwerving beperkt. Over dit traject worden daarom alleen beheersmaatregelen voorgesteld.

5.2.2 Modelling

In maatregelpakket A zijn de volgende maatregelen gemodelleerd:

- dempen detailontwatering;
- afdammen detailontwatering;
- verondieping detailontwatering;
- aanleg nieuwe waterloopjes;
- nieuwe ligging Bijloop;
- wijziging dimensies oude Bijloop (= nieuwe kavelsloot);
- lokaal afgraven van het maaiveld;
- wijziging peilen in Turfvaart, Bijloop en Aa of Weerij.

De ruimtelijke invulling van de maatregelen is weergegeven in de maatregelkaart voor dit scenario (bijlage 3, kaart 12).

De maatregelen zijn als volgt gemodelleerd.

Dempen en afdammen

De detailontwatering die gedempt of afgedamd wordt, is met een zeer hoge drainageweerstand gemodelleerd, zodanig dat deze waterlopen in de berekening geen grondwater meer draineren. Bovendien is het peil in de betreffende waterloop op maaiveld gedefinieerd, zodat aanliggende ontwatering niet meer op deze waterlopen kan afwateren.

Verondiepen detailontwatering

De in de maatregelkaart te verondiepen watergangen zijn gemodelleerd tot 50 cm – mv. Vervolgens is via de filteringsroutine bepaald wat het peil in de betreffende en bovenstrooms gelegen watergangen is als gevolg van deze ingreep.

Aanleg nieuwe waterlopen

De nieuwe waterlopen, aangegeven met 'verdiepen tot 1m – mv' op kaart, zijn in het model gemodelleerd door de drainageweerstand op waardes overeenkomstig met de gekalibreerde drainageweerstand te zetten (3 dagen bij een natte omtrek van 1 meter).

Nieuwe ligging Bijloop

De nieuwe ligging van de Bijloop is gemodelleerd door de drainageweerstand zo in te stellen, dat deze waterloop het grondwater kan draineren. De weerstand is gekozen zo dat deze overeenkomt met de kalibratiewaardes (3 dagen in dit geval). De natte omtrek is op 4 m gesteld. Peilen van de nieuwe Bijloop zijn afkomstig uit de aangeleverde Sobek modellering.

Wijziging dimensies oude Bijloop (= nieuwe kavelstoot)

De dimensies van de oude Bijloop zijn gewijzigd door de natte omtrek van de waterloop in het grondwatermodel te wijzigen. Op aanwijzing van het Waterschap is de natte omtrek grofweg gehalveerd, dit betekent een natte omtrek in het model van 2.5 meter. In de huidige situatie varieert deze tussen de 3.5 en 5.5 meter.

Lokaal afgraven maaiveld

Op kaart 13 in bijlage 3 zijn de locaties weergegeven waar maaiveldsverlaging is gepland. Voor deze locaties is de maaiveldsverlaging doorgevoerd in het grondwatermodel, door het topsysteemniveau dat representatief is voor het maaiveld aan te passen. In overleg met DLG is uitgegaan van een afgraving van 20 cm. Het drainageniveau is net als in de huidige situatie wel gefilterd m.b.t. het drainageniveau (m.a.w. kan het wel afwateren op nabijgelegen watergangen op dit niveau).

Wijziging peilen in Turfvaart, Bijloop en Aa of Weerij

De peilwijziging in genoemde waterlopen en aangelegene waterlopen is in het model ingevoerd door de aangeleverde peilen afkomstig uit de oppervlaktewatermodellering voor dit scenario over te nemen (wederom Q5 en Q20). Door de filtering opnieuw toe te passen is aangelegene ontwatering qua drainageniveau aangepast op de nieuwe peilen.

Voor de Aa of Weerij geldt, dat de zomerpeilen niet aangepast worden¹. Voor de winterpeilen van de Aa of Weerij geldt dat stuw 'Tweegelanden' 30 cm wordt opgezet t.o.v. het huidige peil waardoor er een hoger winterpeil wordt gehandhaafd. Een uitgebreide beschrijving is gegeven in de memo 'Inrichtingsmaatregelen Aa of Weerij' (25 januari 2013).

¹ **Gebruikt zomerpeil voor Aa of Weerij**

in de aanlevering van de gegevens bleek dat het zomerpeil in maatregelenpakket A er abusief toch wat andere waardes gaf, het grondwatermodel is hier wel mee doorgerekend, maar (verdrogende) effecten als gevolg hiervan zijn niet als dusdanig bedoeld).

In de huidige Bijloop wordt het peil tot 70 cm verhoogd, waarbij de peilstijging met name in de westelijke helft van het plangebied plaatsvindt. Voor de waterloop het Vervul wijzigen de peilen nauwelijks door plaatsing van een gemaal. Voor de Zundertseweg stijgen de peilen in een zomersituatie met 60 cm, bij hogere afvoeren is de stijging 20 tot 40 cm. Voor de Turfvaart verandert er relatief weinig. Het Rondgors gaat in deze situatie afwateren op de Turfvaart, waardoor er in het Rondgors een peilstijging plaatsvindt van 25 tot 50 cm. De peilveranderingen in het gebied van de Turfvaart en Bijloop zijn uitgebreid beschreven in de memo 'Herinrichting Bijloop, Turfvaart en Rondgors in Landinrichting Weerij-Zuid' (10 januari 2013).

De berekende effecten van maatregelenpakket A op grondwaterstanden, kwel en doelrealisaties zijn in kaartvorm gepresenteerd in bijlage 3.

5.2.3 Grondwaterstanden en kwel

In de GHG-situatie worden rondom de Aa of Weerij's grondwaterstandsverhogingen berekend in de orde 10 tot 20 cm als gevolg van de peilstijging. De effecten reiken tot enkele honderden meters vanaf de beek. In de GLG-situatie zijn er rondom de Aa of Weerij's zelf nauwelijks vernattende effecten berekend. Lokaal worden echter wel verdrogende effecten berekend. Dit is het gevolg van een fout in de aangeleverde zomerpeilen.

Ter plaatse van de inrichtingsmaatregelen worden grotere effecten berekend. In het noordelijke deel van het deelgebied Aa of Weerij's, ten oosten van de snelweg, zorgt het plaatsen van nieuwe stuwtjes en het verondiepen van een sloot lokaal voor grondwaterstijgingen van meer dan 20 cm. Ten noorden van de Grauwmanloop worden GHG- en GVG-stijgingen berekend van meer dan 20 cm. De waterlopen worden hier verondiept tot 50 cm – mv waardoor de drainage van de waterlopen sterk afneemt en de grondwaterstand stijgt. De inrichtingsmaatregelen ten zuiden van de Grauwmanloop sorteren wat minder effect, mede doordat deze beperkter zijn en door de aanleg van een nieuwe waterloop die de effecten dempt.

Ten westen van de Aa of Weerij's hebben de inrichtingsmaatregelen meer effect. Hier worden GVG-stijgingen berekend tot meer dan 20 cm. Het dempen van de waterloop nabij de Effenseloop heeft enkel een lokaal effect. In de huidige situatie valt op dat er in het bovenstroomse deel van deze waterloop een nat gebied wordt berekend (mogelijk een lokale laagte, zoals een oud ven). Vervolgens doorsnijdt de waterloop een hogere kop, waar de grondwaterstand ook in de GHG-situatie nauwelijks gedraineerd wordt. Het dempen van de sloot heeft vervolgens dus ook geen invloed op de grondwaterstanden m.u.v. het meest bovenstroomse deel. Lokaal zijn er ook wat verlagingen zichtbaar. Deze zijn het gevolg van het afgraven van het maaiveld, waardoor er meer drainage via maaiveld plaatsvindt en de grondwaterstand t.o.v. NAP lager uitvalt. Uitgedrukt ten opzichte van maaiveld wordt de grondwaterstand juist ondieper (grondwaterstand komt dicht onder maaiveld te zitten). In de GLG-situatie worden ter plaatse van de inrichtingsmaatregelen geringere effecten berekend. Een groot deel van deze waterloopjes draineert in de GLG-situatie niet of nauwelijks, waardoor de berekende effecten kleiner zijn.

Ten noorden van het gebied Rondgors worden GHG-verhogingen van meer dan 20 cm berekend. Deze zijn het gevolg van de peilstijging en verandering van de dimensionering van de huidige Bijloop. Dit zorgt voor een grondwaterstandsstijging van 20-50 cm rondom de waterloop Zundertseweg. Rondom het Vervul blijven de grondwaterstandsveranderingen beperkt tot minder dan 5 cm. Verder benedenstrooms worden grondwaterstandsverlagingen berekend die het gevolg zijn van de aanleg van de nieuwe Bijloop die daar het grondwater lokaal draineert. De aanpassingen in de Bijloop beïnvloeden de grondwaterstanden in de GHG-situatie in het paardenweitje, direct ten noordwesten van de Ettensebaan, in geringe mate: effecten tussen de 5 en 10 cm).

In het gebied Rondgors en tussen de huidige Bijloop en Turfvaart worden ondanks de forse ingrepen slechts geringe effecten op de GVG berekend. De grondwaterstanden zitten in de huidige situatie al relatief dicht onder maaiveld. Verdere grondwaterstandsverhogingen worden hier geremd door drainage over maaiveld, toename van de verdamping en werking van lokale drainagemiddelen. In het gebied Rondgors worden bovendien niet alle ontwateringsmiddelen beïnvloed door de peilverhoging. De detailontwatering is in de huidige situatie al relatief ondiep. In combinatie met het verhang in het maaiveld zorgt dit ervoor dat de peilverhoging in de afwaterende sloot geen invloed heeft op het peil in de detailontwatering. De detailontwatering gaat door de peilverhoging van omliggende watergangen relatief meer draineren en draineert het grondwater sterker, waardoor de berekende grondwaterstandsstijging relatief gering blijft. Als laatste factor speelt de aanleg van de nieuwe Bijloop een rol. Deze zorgt ten opzichte van de huidige situatie voor extra drainage, mede omdat de nieuwe Bijloop dichter bij het gebied Rondgors ligt dan de huidige Bijloop. In de GLG-situatie zijn de effecten forser voor de waterlopen waar de peilverhoging voor wordt verwacht. Het zomerpeil gaat hier ook fors omhoog. Door de mindere drainage van andere middelen in deze situatie, als gevolg van de lagere grondwaterstanden, is de uitstraling van de effecten groter.

5.2.4 Doelrealisaties en schades

Ter plaatse van de inrichtingsmaatregelen (dempen, verondiepen en stuwen van sloten) is als gevolg van de hogere grondwaterstanden een toename van natschade te verwachten, waardoor de doelrealisatie voor de landbouw per saldo afneemt. Op deze locaties vindt functieverandering plaats: landbouwgrond wordt omgezet in natuur. Ook in een zone direct langs de Aa of Weerijis neemt de doelrealisatie af als gevolg van het opzetten van het winterstuwpeil. Tenslotte zijn op de kaart met het verschil in doelrealisatie op grotere afstand van de maatregelen en de beek "spikkels" met afname van doelrealisatie te zien. In deze gebieden wordt een zeer kleine verhoging van de grondwaterstand berekend (<5 cm). Door deze verhoging valt het berekend waterpeil net in een andere natschadeklasse, zoals deze in Waternood worden gebruikt. Bij deze afnames in de doelrealisatie worden de grenzen van de nauwkeurigheid van de Waternoodmodule bereikt. De schade die uit de doelrealisatie wordt berekend moet daarom niet zozeer als absolute waarde worden geïnterpreteerd, maar geeft eerder aan welke grond gevoelig is voor natschade.

Ten noorden van het Rondgors zijn ook locaties te zien waar de doelrealisaties toenemen als gevolg van de maatregelen. Dit is het gevolg van de hogere grondwaterstanden in de zomer, waardoor de droogteschade afneemt.

Dit speelt overwegend tussen de waterlopen het Vervul en de Zundertseweg. De doelrealisatie neemt toe met waardes tot 20%. Ter plaatse van het paardenweitje blijft de doelrealisatie landbouw nagenoeg gelijk, de natschade neemt toe, maar de droogteschade evenredig af (niet op kaart weergegeven, handmatig naberekend, zie bijlage 6).

5.3 Maatregelpakket B

5.3.1 Algemeen

Het type inrichtingsmaatregelen van maatregelpakket B is grotendeels vergelijkbaar met maatregelpakket A. In deze paragraaf zijn de verschillen aangegeven ten opzichte van maatregelpakket A. De berekende effecten van maatregelpakket B op de grondwaterstanden, kwel en doelrealisatie landbouw zijn in kaartvorm opgenomen in bijlage 4.

5.3.2 Veranderingen in maatregelen ten opzichte van maatregelpakket A

De maatregelen van maatregelpakket B zijn weergegeven op kaart 12 in bijlage 4.

Dempen watergangen

Aan de westkant van de Aa of Weerijis wordt meer detailontwatering gedempt i.p.v. verondiept. Ook ten oosten van de snelweg wordt een waterloopje gedempt i.p.v. verondiept. De detailontwatering tussen de huidige Bijloop en Turfvaart wordt in dit scenario ook gedempt.

Verondiepen detailontwatering

De in de maatregelkaart te verondiepen watergangen zijn gemodelleerd tot 50 cm – mv. Vervolgens is via de filteringsroutine bepaald wat het peil in de betreffende en bovenstrooms gelegen watergangen is als gevolg van deze ingreep.

Wijziging peilen in Turfvaart, Bijloop en Aa of Weerijis

De zomerpeilen voor de Aa of Weerijis zijn in dit scenario niet lager dan in de uitgangssituatie.

Voor de peilen in het Turfvaart-Bijloop gebied geldt dat het winterpeil in de nieuwe kavelsloot (huidige Bijloop) 25 cm lager is dan in het voorgaande scenario. Het peil in het Rondgors wordt met 30 cm verhoogd (zowel winter als zomer). Daarnaast wordt de peilverhoging tot net ten westen van de Ettensebaan tot aan de stuw doorgetrokken i.p.v. tot de Ettensebaan.

5.3.3 Grondwaterstanden en kwel

Voor de Aa of Weerijis zijn de effecten grotendeels vergelijkbaar met de effecten van maatregelpakket A. Enkele wijzigingen zijn wel:

- Ten westen van de Aa of Weerijis is als gevolg van het dempen van de detailontwatering wel grotere vernatting zichtbaar in de grondwaterstanden. Ten oosten van de snelweg speelt dit ook. Dit heeft effecten voor zowel de GHG, de GVG als de GLG.

- Als gevolg van het nu juiste zomerpeil worden rondom de Aa of Weerijns in de GLG-situatie geen effecten meer berekend.

Voor de Turfvaart-Bijloop zijn de volgende wijzigingen zichtbaar:

- In het Rondgors zijn (iets) grotere effecten zichtbaar als gevolg van het hogere peil in het gebied.
- Het gebied tussen de Bijloop en Turfvaart wordt sterker vernat als gevolg van het dempen van de watergangen ter plaatse. De effecten reiken in dit maatregelpakket tot meer dan 20 cm.
- Ten noorden van het Rondgors is de uitstraling kleiner geworden door het relatief lagere winterpeil. De effecten stralen minder ver uit, bijvoorbeeld niet meer tot ten westen van de Ettensebaan. Ook het doortrekken van de peilverhoging ten westen van de Ettensebaan heeft hier weinig invloed op.

5.3.4 Doelrealisaties en schades

Ten opzichte van het voorgaande maatregelpakket zijn de volgende wijzigingen zichtbaar:

- Ten westen van de Aa of Weerijns is een sterke afname van doelrealisatie zichtbaar ten opzichte van maatregelpakket A. Deze is het gevolg van de GHG-verhogingen als gevolg van het dempen i.p.v. verondiepen van de watergangen ter plaatse. Ook ten oosten van de snelweg is dit effect zichtbaar.
- In het Rondgors neemt de doelrealisatie verder af. Deze is het gevolg van de (extra) vernatting in het gebied.
- Tussen de huidige Bijloop en Turfvaart neemt de doelrealisatie verder af. Deze is het gevolg van de hogere grondwaterstand als gevolg van het dempen van watergangen ter plaatse.
- Ten noorden van de huidige Bijloop, direct ten oosten van de Ettensebaan, neemt de doelrealisatie minder af doordat de grondwaterstand hier minder stijgt t.o.v. het voorgaande maatregelpakket. Dit is het gevolg van het lagere stuwpeil in de winter.

5.4 Maatregelpakket C

5.4.1 Algemeen

Het type inrichtingsmaatregelen van maatregelpakket C is grotendeels identiek aan maatregelpakket C. In deze paragraaf zijn de verschillen aangegeven ten opzichte van maatregelpakket B. De berekende effecten van maatregelpakket C op de grondwaterstanden, kwel en doelrealisatie landbouw zijn in kaartvorm opgenomen in bijlage 5.

5.4.2 Veranderingen in maatregelen ten opzichte van maatregelpakket B

De maatregelen van maatregelpakket C zijn weergegeven op kaart 12 in bijlage 5.

Wijziging peilen in Turfvaart, Bijloop en Aa of Weerijns

De waterstanden nabij de nieuw te plaatsen stuw in de huidige Bijloop worden in de zomersituatie 30 cm lager dan in maatregelpakket B. In de wintersituatie zijn de peilen hier nagenoeg gelijk aan de huidige situatie (peilopzet van 5 cm).

In tabel 5.1 is weergegeven hoe de peilen in de nieuwe kavelsloot (huidige Bijloop) variëren in de verschillende maatregelpakketten.

Tabel 5.1: Peilen in de toekomstige kavelsloot (huidige Bijloop)

	Waterpeil (zomer) (mNAP)	Waterpeil (winter) (mNAP)
Huidige situatie	4,5	4,75
Maatregelpakket A	5,4	5,45
Maatregelpakket B	5,4	5,2
Maatregelpakket C	5,1	4,8

5.4.3 Grondwaterstanden en kwel

Voor de Aa of Weerijds zijn de effecten nagenoeg identiek aan maatregelpakket B en worden dan ook niet verder toegelicht.

Voor de Turfvaart-Bijloop zijn de volgende wijzigingen zichtbaar als gevolg van het verschil in peilbeheer:

- In het Rondgors zijn geen significante verschillen berekend t.o.v. maatregelpakket B.
- Het gebied tussen de Bijloop en Turfvaart wordt minder nat berekend dan in maatregelpakket B. Dit is het gevolg van de lagere peilen die in de kavelsloot gehanteerd worden. Het gebied waarvoor 20 tot 50 cm vernatting wordt berekend in de GVG situatie t.o.v. huidige situatie valt kleiner uit dan in maatregelpakket B.
- Ten noorden van het Rondgors is de uitstraling (veel) kleiner geworden dan in maatregelpakket B. Er worden in maatregelpakket C effecten berekend in de GHG situatie van 5 tot 10 cm ten noorden van de huidige Bijloop. Bovendien stralen de effecten minder ver uit, dit speelt ook bij het paardenweitje.

5.4.4 Doelrealisaties en schades

Ten opzichte van het voorgaande maatregelpakket (B) zijn de volgende wijzigingen zichtbaar:

- Ten noorden van de huidige Bijloop neemt als gevolg van de lagere GHG de natschade af in twee percelen tussen de Zundertseweg en 't Vervul. Met name bij het westelijke perceel is het verschil t.o.v. maatregelpakket B aanzienlijk; minder vlakdekkend aanwezig en ook absoluut per rekencel minder. Anderzijds geldt dat de vermindering van droogteschade juist afneemt t.o.v. maatregelpakket B.
- Voor het paardenweitje blijft de doelrealisatie nagenoeg gelijk.

CONCLUSIES EN AANBEVELING

Op basis van de schematisatie van het Brabantmodel is een grondwatermodel opgezet voor het plangebied van de landinrichting Weerijs-zuid. Dit grondwatermodel is vervolgens verder gedetailleerd rond de geplande inrichtingsmaatregelen in de deelgebieden Aa of Weerijs en Turfvaart-Bijloop en geijkt aan GHG- en GLG-bepalingen uit boringen en grondwaterstandsmetingen in peilbuizen. In de ijking moesten de volgende parameters aangepast worden om tot een acceptabele fit ten opzichte van de metingen te komen:

- verhoging van de drainageweerstand van de waterlopen;
- verhoging van de verticale weerstand van de deklaag;
- vermindering van de horizontale doorlatendheid van de deklaag.

Bovendien zijn de wijze van gebruik van de ijkset (enkel voor het aandachtsgebied), de berekeningswijze van de GxG, en de bergingscoëfficiënt aangepast om tot een betere overeenkomst te komen tussen de gekarteerde GxG en het model. De berekende gemiddelde grondwaterstand en de GLG komen goed overeen met de gekarteerde waarden. De berekende GHG komt significant lager uit dan de gekarteerde GHG. Uiteindelijk is besloten om geen verdere optimalisatie te zoeken t.o.v. de GHG om de volgende redenen:

- Onzekerheid over de wijze van totstandkoming van de gekarteerde GHG en hoe deze te interpreteren.
- De ijking t.o.v. de peilbuisdata komt te hoog uit. Als er gezocht wordt naar een nog betere fit t.o.v. de kartering van de GHG zal dit verder verslechteren.

Het grondwatermodel is vervolgens ingezet om de effecten van de inrichtingsmaatregelen in het plangebied door te rekenen voor twee maatregelpakketten (A en B). Met de resultaten van het grondwatermodel zijn vervolgens ook de gevolgen voor de doelrealisatie van de landbouw in het gebied berekend m.b.v. Waternood.

In grote lijnen komen de effecten van beide maatregelpakketten overeen. Er wordt vernatting berekend tot 10 à 20 cm in de directe omgeving van de Aa of Weerijs in de GVG- en GHG-situatie. In de GLG-situatie worden geen significante effecten berekend direct nabij de beek. Ter plaatse van de inrichtingsmaatregelen worden grotere effecten berekend, met name bij het dempen en/of afdammen van watergangen. De effecten reiken dan tot meer dan 20 cm. Ook in de GLG-situatie worden ter plaatse van deze maatregelen nog effecten berekend. De berekende doelrealisatie in het gebied van de Aa of Weerijs neemt als gevolg van de stijging in de berekende grondwaterstanden af. De natschades nemen toe, waardoor de doelrealisatie afneemt.

In het gebied van de Turfvaart en Bijloop worden grotere effecten berekend. De peilstijgingen voorgesteld in dit gebied zorgen ervoor dat grondwaterstandsverhogingen worden berekend van 20 tot 50 cm die vooral naar het noorden van het plangebied uitstralen. Dit heeft in de nattere landbouwpercelen een negatief effect op de doelrealisatie door een toename van natschade. Voor enkele hoger gelegen percelen leiden de grondwaterstandsstijgingen tot een toename van de doelrealisatie landbouw. Hier is per saldo sprake van een afname van droogteschade.

In het gebied van de Rondgors zelf zijn betrekkelijk geringe stijgingen van de grondwaterstanden te verwachten.

Het effect blijft beperkt tot de directe nabijheid van de afvoerwatergang. In het gebied van de Rondgors is een sterke afname van de doelrealisatie voor de landbouw te verwachten. De berekende doelrealisatie is hier zeer gevoelig voor zelfs kleine veranderingen in de grondwaterstand. Tussen de Bijloop en Turfvaart worden wel significante effecten berekend als de sloten daar gedempt worden.

Aanbevolen wordt om na te gaan hoe de GHG is afgeleid uit de bodemkartering en welke gevolgen dit vervolgens heeft voor de ijking.

7 LITERATUUR

Kiestra, E, 2008. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het landinrichtingsgebied Weerijs-Zuid. Alterra rapport 1594, Wageningen.

Royal Haskoning, 2007. Integrale hydrologische gebiedsanalyse Turfvaart-Bijloop. Royal Haskoning rapport 9R5208/R00006/501649/DenB. 7 februari 2007.

Royal HaskoningDHV, 2013. Kwaliteitsrapportage grondwatermodellen Noord-Brabant en Limburg. Royal HaskoningDHV rapport 9X1077/R00002/905050/BW/DenB. 8 februari 2013.

Bijlage 1

Kaartbijlage modelschematisatie

Kaart 1: Modelbegrenzing en begrenzing aandachtsgebied

Kaart 2: Gegevens oppervlaktewatermodellering

Kaart 3: Gegevens kunstwerken en onderbemalingen

Kaart 4: Gegevens buisdrainage

De onderstaande kaarten bij **Bijlage 1 - Kaartbijlage modelschematisatie** zijn digitaal op te vragen bij Waterschap Brabantse Delta:

- Kaart 1: Modelbegrenzing en begrenzing aandachtsgebied
- Kaart 2: Gegevens oppervlaktewatermodellering
- Kaart 3: Gegevens kunstwerken en onderbemalingen
- Kaart 4: Gegevens buisdrainage