

# Omschrijving hydrologische werkwijze bij project Hagenbeek

Van: 5.1.2e , Datum: 6 mei 2024

## **Algemene projectinformatie:**

*In de periode 2006-2013 heeft het waterschap een GGOR-studie uitgevoerd (GGOR-studies Baakse Beek – Veengoot en Baakse Beek – Landgoederenzone). In deze studie is met een grondwatermodel gekeken naar het gewenste grond en oppervlaktewaterregime (GGOR) per functie. Zo is er ook aandacht besteed aan natuurgebied Hagenbeek. Uit de studie blijkt dat de kwaliteit en duurzaamheid van het terrein verbeterd kan worden door watergangen rondom Hagenbeek te verondiepen cq. hoger te stuwen. Hierdoor zal de grondwaterinvloed (kwel) toenemen waardoor verzuring wordt voorkomen. In 2020 heeft de provincie in de LESA een verdere uitwerking gedaan van wat er aan watermaatregelen nodig is. Om de maatregelen te bewerkstelligen zijn er in een Samenwerkingsovereenkomst (SOK) door de provincie Gelderland met Waterschap Rijn en IJssel afspraken gemaakt over de verdere uitwerking. Het waterschap heeft een effectberekening gedaan met de nieuwst beschikbare versie van het grondwatermodel in 2022. In de afgelopen jaren is in totaal 12 hectare extra beschikbaar gekomen voor nieuwe natuurontwikkeling. Dit maakt ook onderdeel uit van de beoogde maatregelen.*

## **Effectberekeningen Hagenbeek:**

In Hagenbeek zijn watermaatregelen gedefinieerd. Het waterschap heeft de effecten hiervan op de omgeving in beeld gebracht. Er is op verschillende manieren gekeken naar de effecten;

- Met het oppervlaktewatermodel Sobek is in beeld gebracht wat de verwachte waterstanden worden bij extreme afvoeren en waar mogelijk inundatie optreedt bij extreme omstandigheden. (In dit model zitten alle leggerwatergangen en kunstwerken (stuwen/duikers) met de NAP hoogtes. In dit oppervlaktewatermodel is dus niet sprake van die afwijking waar in het bezwaar over gesproken wordt (dat gaat over het grondwatermodel).
- Door middel van GIS-analyses en inmetingen zijn de nieuwe peilen vergeleken met de huidige maaiveldhoogtes en de ingemeten afwaterende sloten en hemelwaterafvoeren om te beoordelen of alle percelen nog kunnen afwateren in de nieuwe situatie.
- Met het grondwatermodel Amigo is in beeld gebracht wat de verwachte effecten op het grondwater zijn (hoeveel effect de peilopzet in de beek heeft op het grondwater in de omliggende percelen en tot hoever dat uitstralingseffect loopt).

## **Grondwatermodel Amigo**

Om een vertaling te doen van de effecten van de watermaatregelen op het grondwater is gebruik gemaakt van het grondwatermodel Amigo. Zoals gebruikelijk hebben we een validatie gedaan om te zien hoe het grondwatermodel zich verhoudt tot de gemeten grondwaterstanden in de omgeving. Na kalibratie bleek er in de GHG (de gemiddeld hoogste grondwaterstand) een afwijking van 10 tot 20cm te zijn. De GLG (de gemiddeld laagste grondwaterstand) wordt wel goed berekend. De GHG in het gehele gemodelleerde gebied is gemiddeld 9cm te droog, in het natuurgebied Hagenbeek is het model 20cm te droog in de GHG.

In dit model wordt het grondwaterpatroon, het opbollen en het uitzakken van het grondwater en de bandbreedte waarin dat gebeurt, goed gesimuleerd. In 2022 is daarom de keuze gemaakt dat het model met deze afwijking in de GHG geschikt is om de grondwaterstandverandering in beeld te brengen.

Een onzekerheidsmarge in een grondwatermodel is gebruikelijk, een marge van 10 à 20cm komt vaker voor. Het model komt nooit helemaal overeen met de werkelijkheid het gaat erom hoe je ermee omgaat. Deze modelonzekerheid is ook gepresenteerd in de hydrologische memo die als bijlage bij de projectplan waterwet zat, zodat dit voor iedereen terug te lezen is.

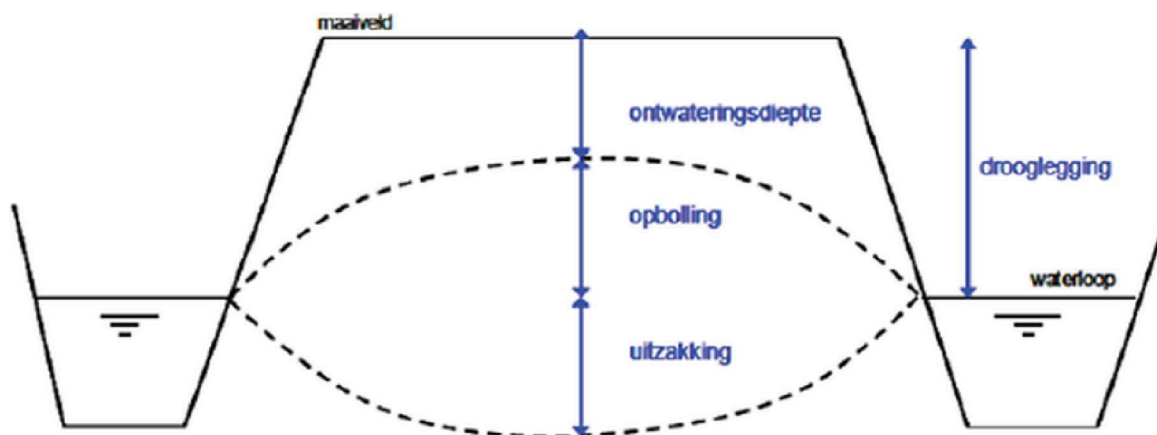
Waarvoor is het grondwatermodel gebruikt:

- bebouwing

Het grondwatermodel is gebruikt voor het selecteren van de bebouwingslocaties en de interpretatie van de effecten. Omdat we weten dat er een afwijking in de grondwaterstanden zat, hebben we door het adviesbureau Aveco, welke de bebouwingsopnames heeft gedaan, een memo laten opstellen over hoe we met de modelonzekerheid omgaan (zie bijgevoegde memo).

Voor de bebouwingslocaties is overal rekening gehouden met +20cm op de berekende grondwaterstand. We hebben rekening gehouden met dat het model te droog is in de GHG en daarvoor gecorrigeerd.

Voor optrekkend vocht in woningen wordt rekening gehouden met de GHG (de gemiddeld hoogste grondwaterstand). Afhankelijk van het jaar zijn er momenten waarop de grondwaterstand hoger is dan de GHG. Voor opbarst- en opdrijfberekening wordt gebruik gemaakt van de maximale grondwaterstand. Uit analyses van omliggende peilbuizen blijkt dat deze 25cm boven de GHG ligt. Voor de opdrijfberekening is daarom uitgegaan van +45cm bovenop de GHG (+20cm voor de modelonzekerheid en +25cm voor het verschil tussen maximale grondwaterstand en GHG).



*Figuur 1: In bovenstaande figuur zijn de verschillende termen te zien. Ontwateringsdiepte, opbolling (GHG) en uitzakking (GLG) zijn berekend met het grondwater Amigo. Met een GIS-analyse (dus zonder grondwatermodel) is de drooglegging bepaald.*

Naast de grondwaterresultaten is middels een GIS-analyse beoordeelt of alle bebouwing nog kan afwateren met de toekomstige peilen. De drooglegging is in beeld gebracht; dit is het verschil tussen de maaiveldhoogte en het peil in de beek. Dit is een vergelijking van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) met de huidige en toekomstige beekpeilen. (Hierbij maak je geen gebruik van het grondwatermodel, hierin zit dus ook niet die modelafwijking).



Voor de analyse of alle erven nog kunnen afwateren, zijn alle hemelwaterafvoeren ingemeten. Deze hoogtes zijn vergeleken met de nieuwe peilen in het gebied. Dit is gedaan op basis van de nieuwe stuwpeilen en bodemhoogte in m+NAP (zonder model).

Concluderend; de vergelijking van de drooglegging en hemelwaterafvoer is gedaan met de ingemeten hoogtes en maaiveldhoogtes. Voor de bouwkundige analyses voor vochtoverlast waar wordt gekeken naar de ontwateringsdiepte (GHG of maximale grondwaterstand) en waarvoor gebruik is gemaakt van de output van het Amigomodel, is gecorrigeerd voor de afwijking die in het Amigo model zat.

- Landbouw

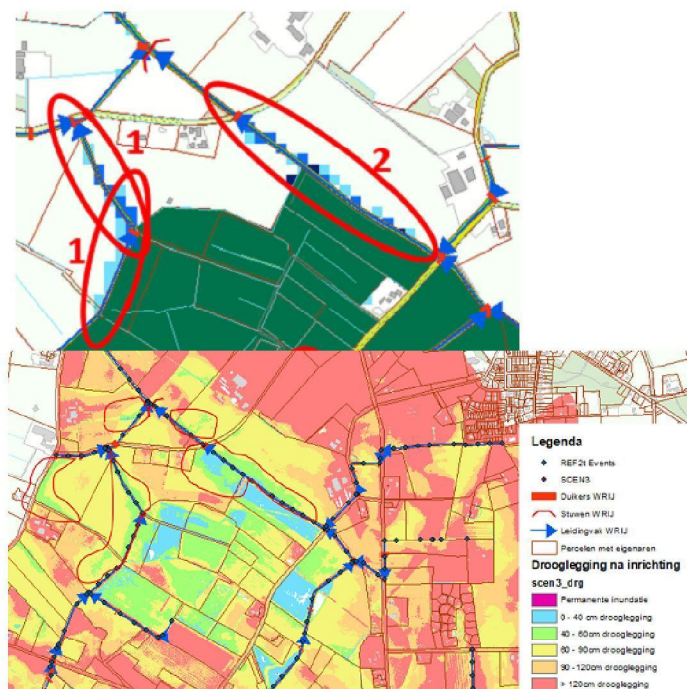
Voor het in beeld brengen van de effecten op de landbouw is gebruik gemaakt van het Amigo grondwatermodel met schadeberekeningen met de waterwijzer landbouw. Daarnaast is als extra controle de toekomstige drooglegging van de percelen in beeld gebracht.

Met het grondwatermodel en de waterwijzer landbouw is in beeld gebracht op welke locaties verwacht wordt dat de grondwaterstandsverandering leidt tot gewasschade. Vanwege de absolute afwijking in het model zijn niet de huidige en toekomstige gewasopbrengsten weergegeven, maar alleen de verschillen. Op de locaties waar gewasschade wordt berekend, dient mitigatie plaats te vinden of kan de schade worden afgekocht. Mitigatie kan door middel van ophogen. Uitgangspunt hierbij is ophogen met ten minste het aantal centimeters dat de grondwaterstand omhoog gaat, zodat je weer dezelfde ontwateringssituatie krijgt.

Het grondwatermodel met de waterwijzer landbouw is niet geschikt om de financiële schade per perceel te taxeren. Als schade afgekocht wordt, moet dit op een andere manier (bijvoorbeeld door een grond/ of gewastaxateur) gebeuren.

Direct langs de Barchemse Veengoot en langs de Afwatering van Broekhuis wordt natschade berekend vanuit het grondwatermodel.

- *Uit de in het bezwaar genoemde percelen wordt vanuit Amigo en de waterwijzer landbouw natschade berekend op de percelen: LCM00-K-88, LCM00-K-432 en LCM00-K40/42. Hier vinden mitigerende maatregelen plaats.*



Figuur 2: Links de berekende natschade vanuit het grondwatermodel; rechts de toekomstige drooglegging, met in groen en blauw waar de drooglegging minder van 60 cm-maaiveld wordt.

Naast dat er naar de uitkomst van het grondwatermodel is gekeken, is ook de huidige en toekomstige drooglegging van de percelen in beeld gebracht. Dit is gebeurd met een GIS-analyse op basis van de peilen en de maaiveldhoogte. Het waterschap heeft als interne richtlijn 60 cm-maaiveld als ondergrens voor de drooglegging.

- Uit de in het bezwaar genoemde percelen komen vanuit de drooglegging nog de volgende percelen naar voren (naast de percelen waar al natschade wordt berekend): LCM00-K-83 en LCM00-K-104. In dit project is rekening gehouden met een drooglegging van 70cm-maaiveld (10 cm meer), op basis van advies vanuit onze onderhoudsdienst. Daaruit volgt nog perceel LCM00-K-86.

Op al bovengenoemde percelen worden mitigerende maatregelen genomen (zie de DO tekeningen). In het DO is ophoging van de percelen opgenomen om ervoor te zorgen dat de afwateringssituatie niet verslechterd.

#### Wat als wat buiten ontstaat toch anders is dan we van tevoren verwacht hadden?

Alle analyses zijn met modellen gedaan en op basis van GIS. We doen een zo goed mogelijke inschatting van de effecten, maar het kan altijd blijken dat de effecten buiten straks anders zijn dan vooraf ingeschat.

Hierom is een monitoringsnetwerk geplaatst. Er zijn 15 peilbuizen geplaatst om te monitoren wat er gebeurt. Daarnaast staan er nog enkele langjarig bemeten peilbuizen in de omgeving van Vitens en de Provincie. 5 jaar na uitvoering wordt de meetdata geëvalueerd. Het verhogen van het peil wordt uitgevoerd middels stuwen en niet middels bodemverhoging. Mochten de effecten anders zijn dan verwacht, dan is er nog de mogelijkheid om bij te sturen.

Mocht er in de tussentijd of daarna sprake zijn van onvoorziene schade, dan is er de natschaderegeling van het waterschap waar de betrokken aanspraak op kunnen maken.





## **Beoordeling Analyse AtlaTerra:**

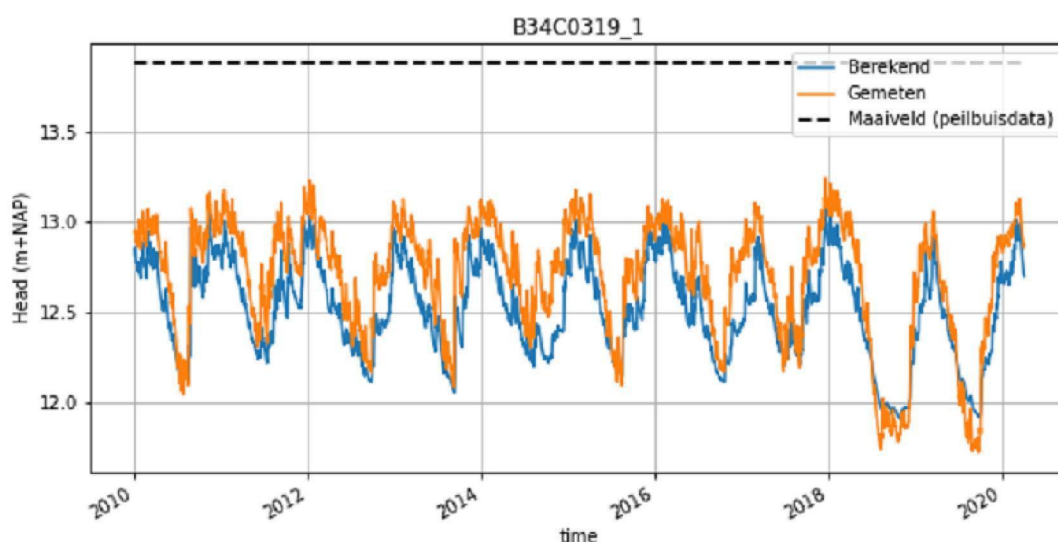
### Uitgangspunt grondwatersituatie:

AtlaTerra maakt gebruik van de grondwatertrappenkaart als uitgangspunt voor de hydrologische situatie. Deze kaart hebben ze vergeleken met de metingen van oktober 2022 t/m 2024. Alle langjarig bemeten peilbuizen zijn niet beschouwd. 1 nat jaar is te weinig voor een goede validatie.

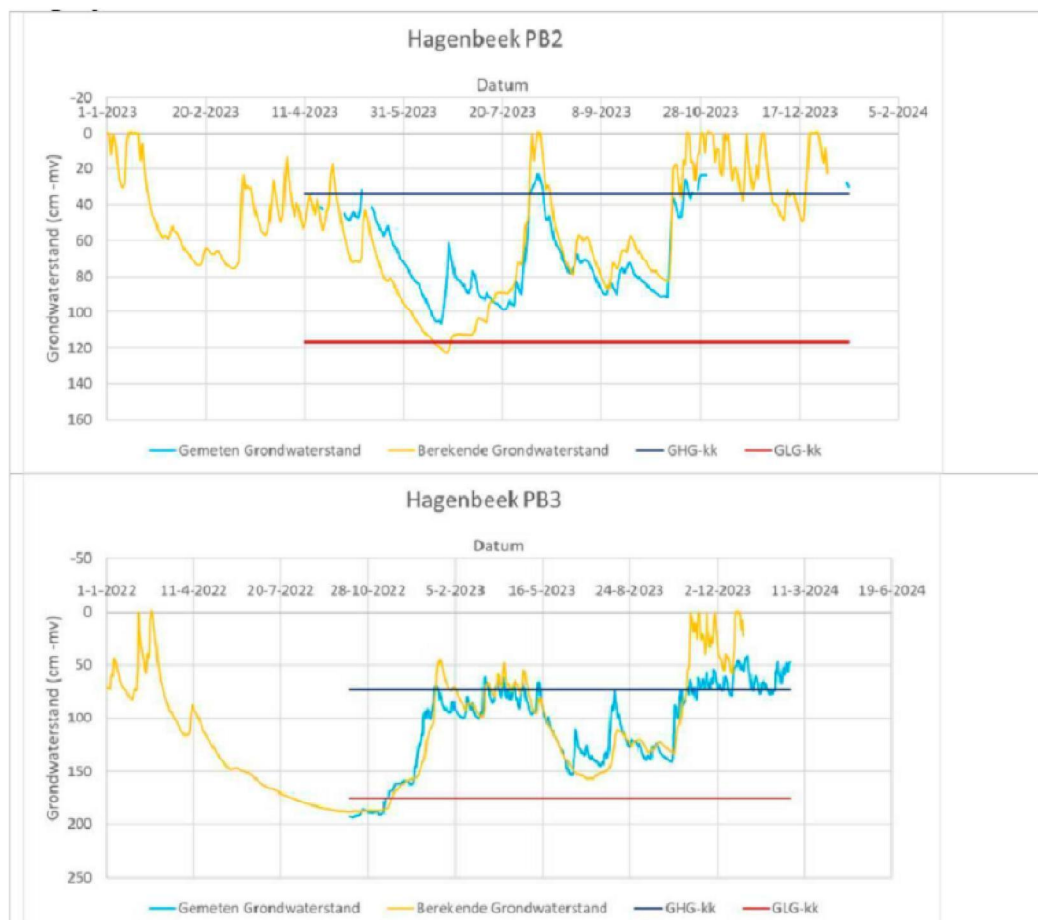
### Gebruikte grondwatermodel:

Vervolgens is gebruik gemaakt van het model SWAP voor de grondwaterberekeningen. Zoals te zien in figuur 13 geeft dit model berekende grondwaterstanden die 25 tot 50 cm hoger liggen dan de gemeten grondwaterstanden. Daarnaast is de berekende fluctuatie van het grondwater 40-50cm groter dan gemeten. De afwijking in het model van AtlaTerra is een stuk groter dan de afwijking in het Amigomodel van het waterschap. AtlaTerra concludeert dat het model van het waterschap ongeschikt is omdat het een onderschatting van 20cm in de GHG geeft. Het model van AltaTerra heeft echter een nog grotere fout.

Onderstaande figuren geven de modelafwijking in Amigo (waterschap) en in SWAP (AtlaTerra) weer.



*Figuur 3: afwijking in het Amigo model. In het kerngebied van Hagenbeek is de afwijking het grootste, namelijk ca 20cm op de GHG. De lage grondwaterstanden worden goed berekend, met als uitzondering het in de meting verder wegzakken van het grondwater in de extreem droge zomer van 2028 en 2019.*



Figuur 4: Afwijking in het SWAP model van AtlaTerra. Er is slechts alleen naar het jaar okt 2022-mrt 2024 gekeken. De hoge grondwaterstanden worden 25 tot 50cm natter berekend dan gemeten. Bij peilbuis 2 wordt de lage grondwaterstand ook nog een 20cm droger berekend. De totale fluctuatie van het grondwater is bij peilbuis 2; gemeten ca 85 cm, berekend 125cm en bij peilbuis 3 gemeten ca 150cm vs 200cm. Het model is te nat in de hoge grondwaterstand en de fluctuatie komt niet goed overeen met de gemeten situatie.

AtlaTerra heeft de GHG bepaald over het jaar 2023, wat een nat jaar is. Voor de GHG wordt dus van een nat jaar uitgegaan, daarnaast is de berekende grondwaterstand een stuk natter dan gemeten. Waar het model van het waterschap (Amigo) van een te droge situatie uitgaat, wordt hier van een te natte situatie uitgegaan.

#### Berekende effecten

Met SWAP zijn effectberekening gedaan. Als effect van de stuwverhoging van stuw Enkweg bereken ze op de droge percelen een verhoging van de grondwaterstanden van 25cm en op de natte percelen 10cm. Het is onduidelijk uit de analyse van AtlaTerra waar deze verhoging optreedt (alleen direct langs de beek of tot een bepaalde afstand van de beek).

*De verwachte verhoging van 10cm voor de natte percelen komt overeen met het verwachte grondwatereffect wat met Amigo berekend is. Amigo berekend namelijk 10 tot 15cm verhoging van de GHG rondom de Barchemse Veengoot.*

Omdat hier van een te natte situatie is uitgegaan, kunnen de berekende schade een overschatting geven van de natschade. Op de droge percelen wordt een toename van schade van 4% berekend. Op 2 percelen wordt meer natschade berekend. De verwachte toename in schade door AtlaTerra is ofwel 11% (volgens de conclusie) ofwel 14% volgens de analyse in hoofdstuk 5.1 (in de analyse in



hoofdstuk 5 en de conclusie en samenvatting worden andere getallen genoemd). Het is uit de analyse niet af te leiden wat de verwachte schade per perceel is, of voor welk deel van het perceel dit geldt (de meeste percelen kennen namelijk een grote variatie in verhang en grondwaterstanden binnen het perceel).

#### Conclusie percelen AtlaTerra

AtlaTerra heeft gekeken naar onderstaande 8 percelen. Hiervan wateren perceel 1 en 2 (K-386 en K-83), deels af benedenstrooms van de nieuwe stuwen welke in peil verhoogd worden. De overige 6 percelen zitten allemaal bovenstrooms van de (nieuwe) stuwen.



*Tabel 1 Berekende opbrengstderving voor de beschouwde percelen voor de huidige situatie.*

nr	Kadestraalnr	Eigenaar	Gewas	GHG	GLG	Bodem	Droogte	Zuurstof	Indirect	Totaal
1	LCM00-K-386	Griemelink	Grasland	63	158	3021	1.6	1.0	0.0	2.6
2	LCM00-K-83	Welbergen	Grasland	33	107	3021	0.1	7.3	0.7	8.1
3	LCM00-K-83	Welbergen	Bouwland, mais	37	119	3021	1.7	1.7	3.5	6.9
4	LCM00-K-86	Blankenburg	Grasland	43	126	3021	0.3	3.4	0.3	4.0
5	LCM00-K-104	Griemelink	Grasland	48	132	3021	0.4	2.2	0.1	2.7
6	LCM00-K-40/42	Welbergen	Grasland	38	120	3021	0.2	3.3	0.3	3.8
7	LCM00-K-432	De With, voormalig Barink	Bouwland, mais	49	138	3021	2.9	1.0	2.0	5.9
8	LCM00-K-88	De With, voormalig Barink	Grasland	34	102	3021	0.1	7.3	0.8	8.2

AtlaTerra geeft aan dat ze bij de stuwpeilverhoging voor de 3 droge percelen (K-386, K-1004 en K-432) een toename in schade van 4% verwachten en voor de 2 natte percelen (K-83 en K-88) een grotere toename (11% of 14%, de conclusies in hoofdstuk 5 en de samenvatting zijn niet gelijk). Voor de overige 3 percelen wordt niet aangegeven of en hoeveel schade er verwacht wordt door AtlaTerra.

*Op perceel 1 (LCM00-K-386) na, komen deze 7 percelen ook uit de analyse van het waterschap vanuit de grondwaterberekening of de droogleggingskaart. Op die 7 zijn in het DO reeds mitigerende maatregelen voorzien in het project. De uitkomst dat hier maatregelen t.b.v. de afwatering van de percelen, is dus niet anders dan de conclusie van het waterschap.*

Het enige verschil is perceel LCM00-K-386. In de analyse van AtlaTerra wordt van 1 grondwaterstand uitgegaan voor het gehele perceel en wordt de aanname gedaan dat het hele perceel beïnvloed wordt door de peilopzet van stuw Enkweg. In onderstaande figuur is de door AtlaTerra gebruikte



grondwaterstandskaart te zien, met de locatie van stuw Enkweg als rode stip. Stuw Enkweg ligt halverwege dit perceel. Het lagere, nattere deel van dit perceel watert af benedenstrooms van stuw Enkweg, hier verandert het peil in de Barchemse Veengoot niet. Dit is in de berekening van AtlaTerra niet meegenomen, omdat zij berekend hebben alsof het stuwpeil omhoog langs het gehele perceel. Het hogere oostelijke deel heeft (ook volgens de kaart van AtlaTerra) een diepere grondwaterstand die tussen de 90 en 120 cm-maaiveld ligt. Op dit deel bovenstrooms van stuw Enkweg zal geen sprake zijn van natschade.

## GHG-Kaart



AtlaTerra doet een oproep nader te kijken naar de bebouwing. Voor de bebouwingsanalyses is reeds rekening gehouden met +20(voor GHG) en +45cm(voor maximale grondwaterstand) bovenop de berekende grondwaterstandsverhoging uit Amigo.