

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water & Maritime

Aan: DH
Van: WE en EK
Datum: 7 mei 2020
Kopie:
Ons kenmerk: BG6308WATNT2005070953
Classificatie: Projectgerelateerd
Goedgekeurd door: [Click or tap here to enter text.](#)

Onderwerp: Geohydrologische berekening Veerhaven/ Ochten

1 Inleiding

Voor het project Veerhaven Ochten wordt een geul aangelegd ten westen van de Veerhaven in Ochten. In voorliggende notitie zijn de geohydrologie effecten van deze geul bepaald en beoordeeld. Hiervoor zijn grondwaterberekeningen gemaakt met MORIA. Er zijn twee verschillende varianten van de geul doorgerekend. In deze notitie wordt informatie over de lokale geohydrologie, de methode, resultaten en interpretatie van de resultaten gegeven.

2 Beschrijving, beoordelingsmethodiek en wettelijk kader

Het herstel van de oude rivierstrang en de uiterwaardverlaging kan invloed hebben op het grondwatersysteem. Dit kan tot negatieve effecten en overlast leiden. Door het graven van een nieuwe geul of strang neemt de weerstand van de deklaag in de uiterwaarden af. Hierdoor neemt de interactie tussen de rivier en het eerste watervoerend pakket toe. Dit kan zorgen voor zowel vernattende als verdrogende effecten. Om vast te stellen of er effecten binnendijkse optreden is met het grondwatermodel MORIA het geohydrologisch effect van de voorgestelde vergraving in beeld gebracht. Op basis van de grondwatereffecten en de verandering in grondwaterstroming is bij de beoordeling gekeken naar effecten op het waterbezwaar binnendijks, drooglegging bij woningen en verdroging/vernatting van binnendijkse landbouw, zie ook Tabel 2-1. In Tabel 2-2 zijn de criteria verder uitgewerkt en is aangegeven hoe deze worden beoordeeld.

Om de geohydrologische effecten conform de richtlijn toetsing kwel en wegzijging (Waterschap Rivierenland, 23 oktober 2012) in beeld te brengen, dienen verschillende situaties onderzocht te zijn. Om het functioneren van de vergraving goed in beeld te brengen zijn de volgende situatie onderzocht:

- Een hoogwatergolf (T10)
- Een laagwaterperiode (OLR)
- Een langjarig gemiddelde situatie

Voor de verschillende situaties worden de effecten op de grondwaterstand, stijghoogte en grondwaterstroming in beeld gebracht. Op basis van deze effecten worden de criterium geanalyseerd en beoordeeld. In Hoofdstuk 4 is nader uitgewerkt hoe de verschillende hydrologische situaties in beeld gebracht zijn.

Tabel 2-1: Beoordelingscriteria en beoordelingsmethode van aspect Bodem en water

Code	Criterium	Beoordelingsmethode	(Wettelijk) kader / beleid
B2	Effect op waterbezwaar binnendijs	Kwantitatieve modelberekening met een kwalitatieve analyse	Watertoets Richtlijn toetsing kwel en wegzijging (WSRL, 23 oktober 2012)
B3	Drooglegging bij woningen	Kwantitatieve modelberekening met een kwalitatieve analyse	Watertoets Richtlijn toetsing kwel en wegzijging (WSRL, 23 oktober 2012)
B4	Verdroging/vernating binnendijkse landbouw	Kwantitatieve modelberekening met een kwalitatieve analyse	Watertoets Richtlijn toetsing kwel en wegzijging (WSRL, 23 oktober 2012)

Tabel 2-2 Beoordelingskader hydrologie

Code	Criterium	Score	Toelichting
B2	Effect op waterbezwaar binnendijs	++	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een significant positief effect op het waterbezwaar binnendijs te verwachten.
		+	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een gering/beperkt positief effect op het waterbezwaar binnendijs te verwachten.
		0	Er is naar verwachting geen of zeer beperkt effect op het waterbezwaar binnendijs.
		-	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een gering/beperkt negatief effect op het waterbezwaar binnendijs te verwachten.
		--	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een significant negatief effect op het waterbezwaar binnendijs te verwachten.
B3	Drooglegging bij woningen	++	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een significant positief effect op drooglegging bij woningen te verwachten.
		+	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een gering/beperkt positief effect op drooglegging bij woningen te verwachten.
		0	Er is naar verwachting geen of zeer beperkt effect op drooglegging bij woningen.
		-	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een gering/beperkt negatief effect drooglegging bij woningen te verwachten.
		--	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een significant negatief effect drooglegging bij woningen te verwachten.
B4	Verdroging/vernating binnendijkse landbouw	++	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een significant positief effect op de verdroging/vernating van binnendijkse landbouw te verwachten.
		+	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een gering/beperkt positief effect op verdroging/vernating van binnendijkse landbouw te verwachten.
		0	Er is naar verwachting geen of zeer beperkt effect op verdroging/vernating van binnendijkse landbouw.
		-	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een gering/beperkt negatief effect op verdroging/vernating van binnendijkse landbouw te verwachten.
		--	Er is, zonder mitigerende maatregelen, een significant negatief effect op verdroging/vernating van binnendijkse landbouw te verwachten.

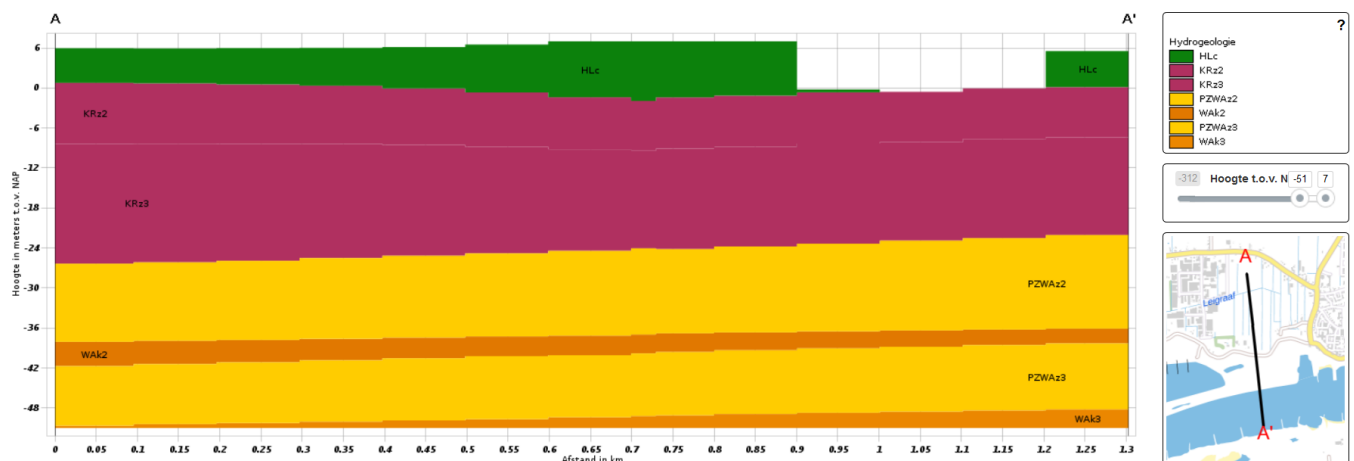
3 Huidige situatie

3.1 Opbouw ondergrond

3.1.1 Diepe ondergrond

Regionaal wordt het rivierengebied gekenmerkt door zandbanen, komgronden en hoger gelegen gestuwde complexen. Ochten ligt tussen het gestuwde complex van de Utrechtse Heuvelrug en de hoger gelegen gronden in Noord-Brabant.

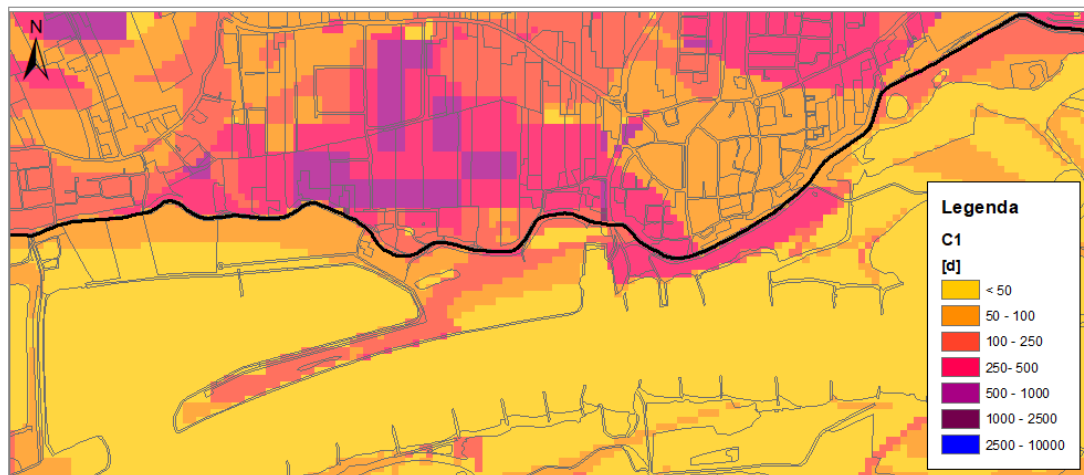
Figuur 3-1 laat de geohydrologische opbouw zien (doorsnede loodrecht op de rivier). Het maaiveld ligt op circa +7m NAP en de gemiddelde dikte van de Holocene laag is circa 7 meter. De Waal snijdt in het eerste watervoerende pakket. Het eerste watervoerende pakket bestaat uit de Formatie van Kreftenheye (KRz) en Formatie van Peize Waalre. De eerste scheidende laag bevindt zich op een diepte van circa -35 tot -40 m NAP (Formatie van Waalre, WA). De interactie tussen de waterstand op de Waal en de binnendijkse grondwaterstand vindt grotendeels plaats in het eerste watervoerend pakket. Daarom zijn de diepere lagen niet nader uitgewerkt.



Figuur 3-1: Geologische dwarsdoorsnede van REGISII.2 loodrecht op de Waal (Bron: Dinoloket).

3.1.2 Ondiepe ondergrond

Figuur 3-2 laat de deklaagweerstand in het gebied zien. De deklaag in het rivierengebied bestaat uit Holocene afzettingen. Afwisselend zijn klei, veen en ook zandige lagen afgezet. Kenmerkend voor het rivierengebied is het voorkomen van zandige afzettingen in oude stroomgeulen, de zogenaamde zandbanen. In Gelderland zijn deze vastgelegd in de zandbanenkaart (Figuur 3-3). De deklaagweerstand in MORIA is gebaseerd op GeoTOP (Royal HaskoningDHV, 2016). De stroomgeulen zijn goed terug te vinden in GeoTOP. Het blijkt echter dat er op veel plekken ook onder de stroomgeulen in GeoTOP nog weerstand voorkomt. Uit de zandbanenkaart van Gelderland is bekend dat dit in ieder geval in Gelderland niet altijd het geval is (Figuur 3-3). De stroomgeulen zijn zover bekend gefundeerd op de Pleistocene afzettingen onder de deklaag. De weerstandskaat voor de deklaag is aangepast door de stroomgeulen over te nemen uit de zandbanenkaart. De dikte van de klei boven de geulen is een onderdeel van de zandbanenkaart en deze weerstand is bepaald door een weerstand van 100 dagen per meter aan te houden.



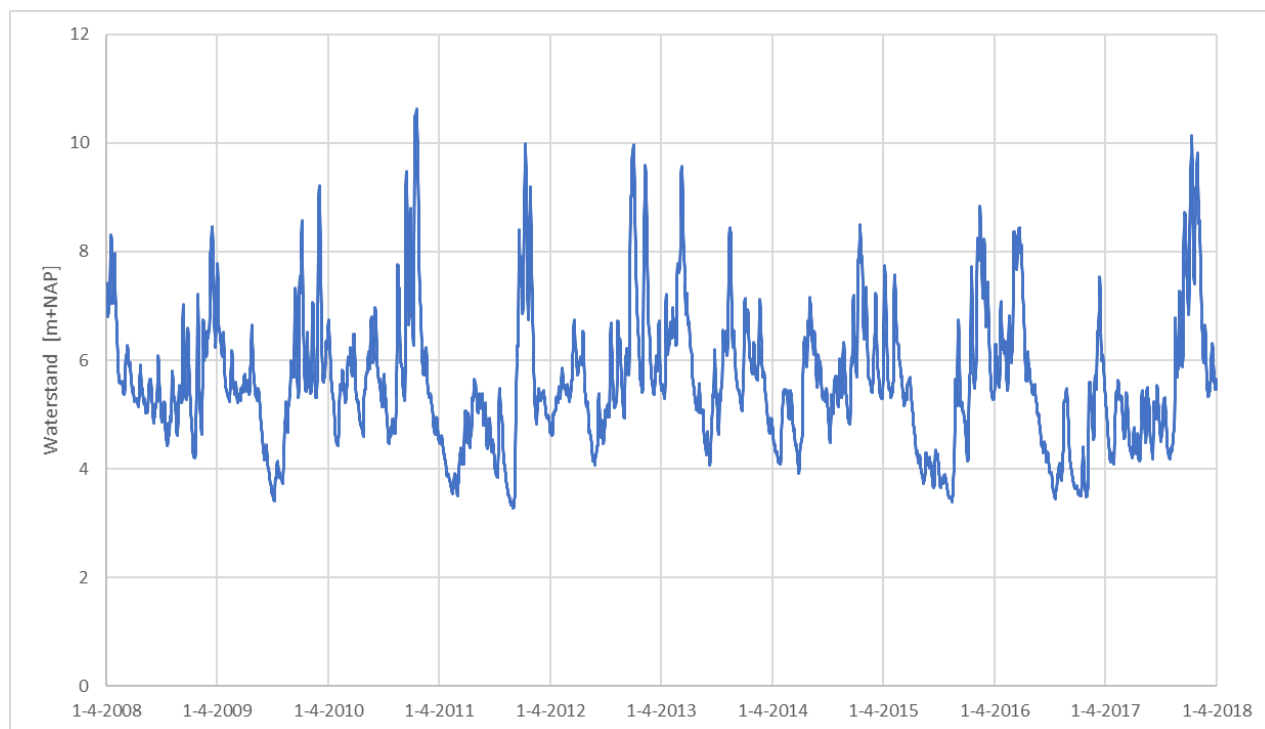
Figuur 3-2: Deklaagweerstand in dagen.



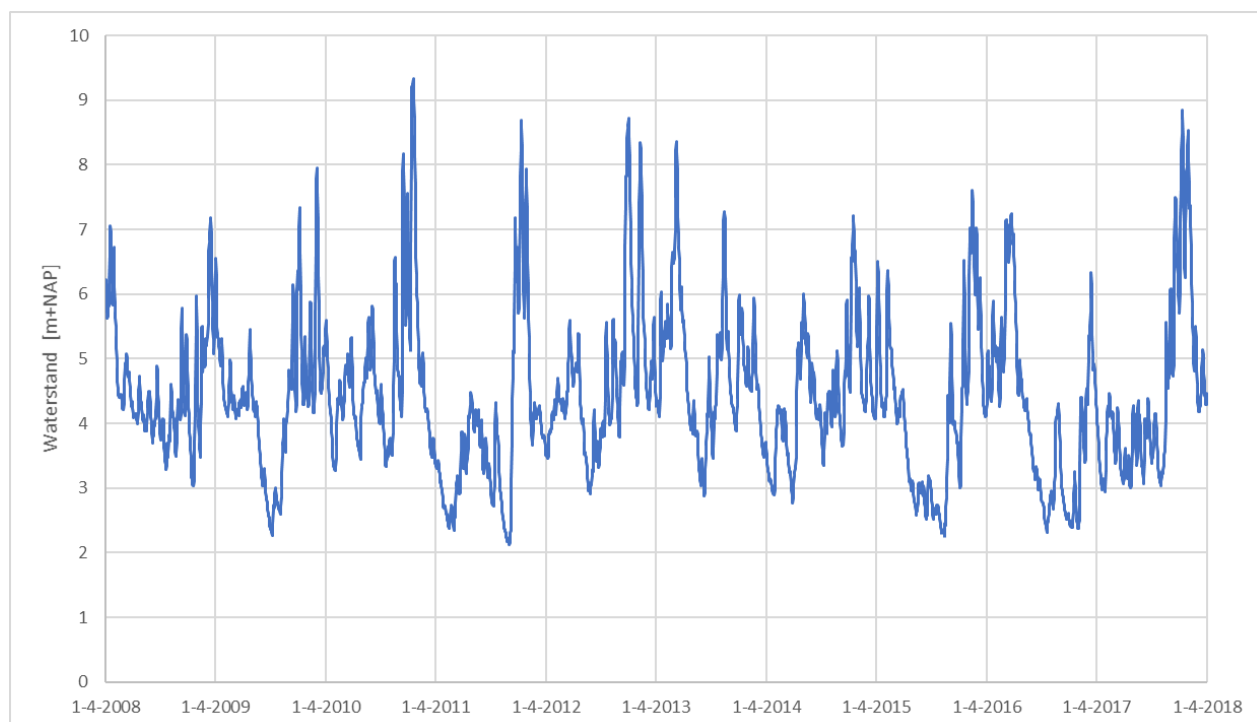
Figuur 3-3: Zandbanenkaart.

3.2 Waterstanden Waal

In het rivierengebied zijn de grote rivieren zeer bepalend voor de grondwaterstand. Vooral tijdens extreme situaties hebben de rivieren een grote drainerende of infiltrerende werking. In Figuur 3-4 en Figuur 3-5 zijn gemeten waterstanden op de Waal bij Dodewaard en Tiel weergegeven voor de periode 1 april 2008 tot 1 april 2018. De Waal is niet gestuwd en laat daardoor grote fluctuaties zien, een dynamiek van circa 7 meter tussen laagwater en hoogwater.



Figuur 3-4: Waterstand gemeten op de Waal bij Dodewaard.



Figuur 3-5: Waterstand gemeten op de Waal bij Tiel.

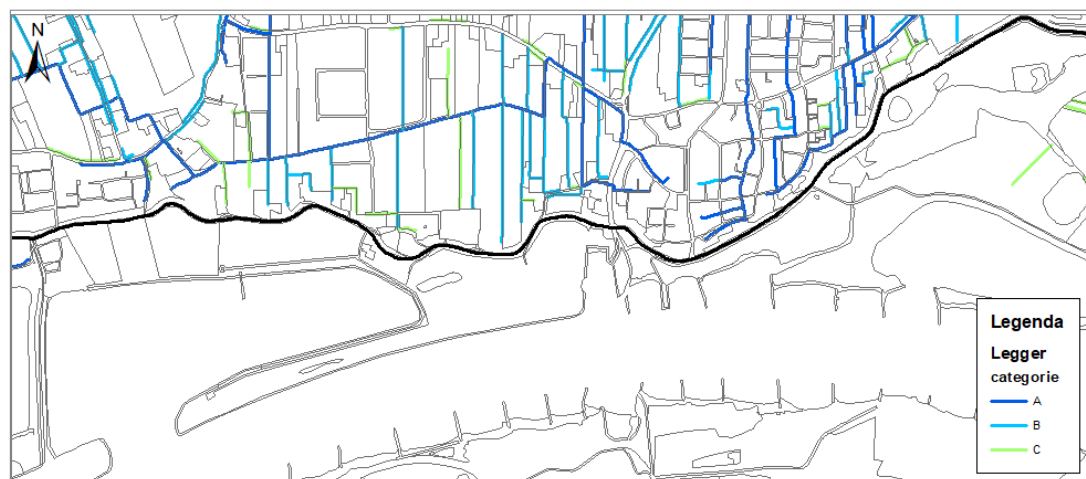
3.3 Oppervlaktewatersysteem

3.3.1 Legger watergangen

Waterschap Rivierenland legt essentiële informatie over wateren vast in de legger. In Figuur 3-6 is het oppervlaktewatersysteem in Ochten weergegeven. In het watersysteem wordt onderscheid gemaakt tussen A-, B- en C-watergangen:

- A-wateren: van primair belang voor het waterbeheer en worden daarom door het waterschap onderhouden.
- B-wateren: van secundair belang voor het waterbeheer en dienen door de aangrenzende eigenaren te worden onderhouden.
- C-wateren: wateren die van tertiair belang zijn voor het waterbeheer waarvoor geen jaarlijkse onderhoudsplicht geldt.

In de omgeving veerhaven Ochten zijn zowel A-, B-, als C-watergangen aanwezig (Figuur 3-6).

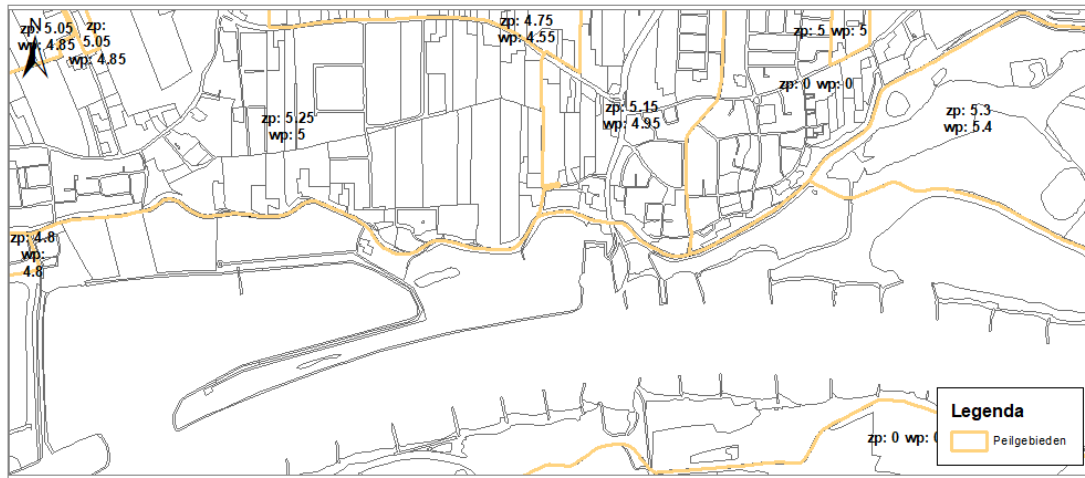


Figuur 3-6: Legger watergangen.

3.3.2 Peilgebieden

Voor het beheer van het watersysteem wordt in het gebied van Neder - Betuwe gewerkt met winter- en zomerstreefpeilen. Scheiding van peilgebieden is gereguleerd met stuwen en duikers. In Figuur 3-7 zijn de winter- en zomerpeilen weergegeven.

Ter hoogte van de ontwikkelingen liggen peilvakken: NDB114-P en NDB118-P. Deze peilvakken hebben een zomerpeil van 5.25/5.15 m+NAP en een winterpeil van 5.00/4.95 m+NAP.

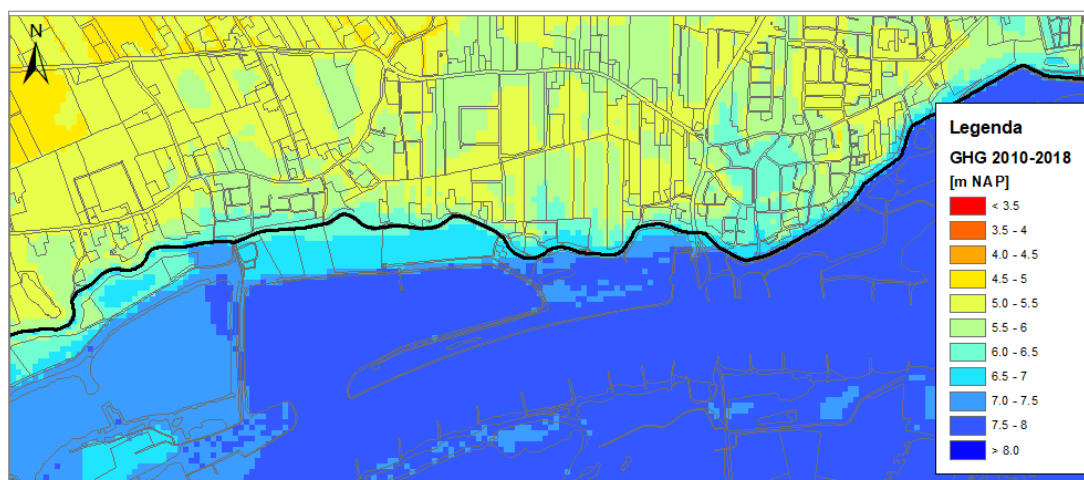


Figuur 3-7: Ligging peilgebieden met zomer- en winterpeil.

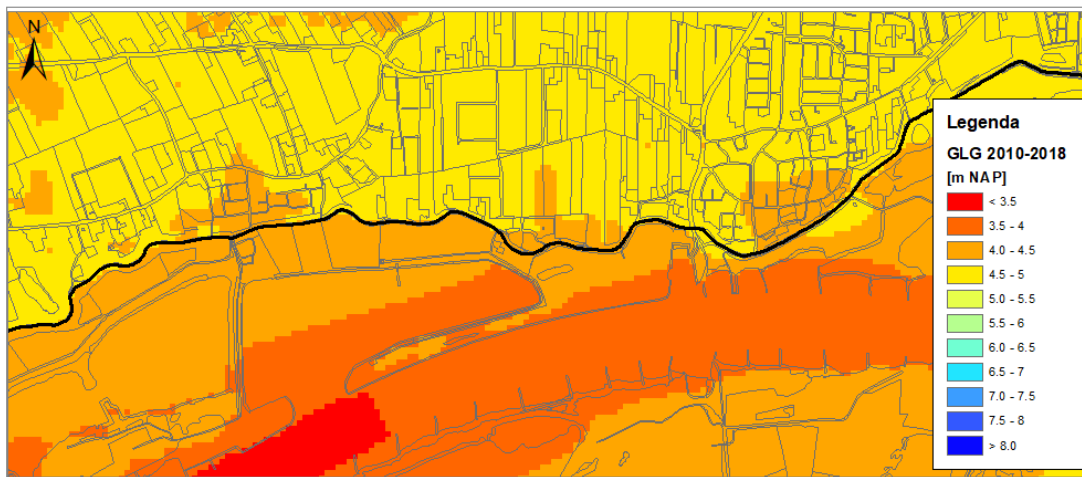
3.4 Grondwatersysteem

In het rivierengebied zijn de grote rivieren zeer dominant, waardoor de binnendijkse grondwaterstand en stijghoogten sterk onder invloed van de Waal staan. Daarnaast is voor de werking van het ondiepe grondwatersysteem de dikte van de deklaag zeer belangrijk. De dikte van de deklaag varieert sterk, die variatie is in kaart gebracht met de zandbanenkaart. De deklaag dempt de doorwerking van de stijghoogte naar de grondwaterstand.

De invloed van de Waal op de grondwaterstand varieert sterk en komt het meest tot uiting tijdens extreme situaties. Figuur 3-8 laat de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) zien. Hierbij is te zien dat de waterstand op de Waal hoger is dan de grondwaterstand binnendijs, wat duidt op een infiltrerende werking van de Waal. Figuur 3-9 laat de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) zien. Hier is te zien dat de waterstand op de Waal lager is dan de binnendijkse grondwaterstand, wat duidt op een drainerende werking van de Waal. Dit laat zien dat de interactie tussen de Waal en het grondwatersysteem wisselt afhankelijk van de waterstand op de Waal. Regionaal stroomt het grondwater van oost naar west grotendeels met het verhang van de Waal mee.



Figuur 3-8: Gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) in de huidige situatie.



Figuur 3-9: Gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in de huidige situatie.

4 Methode

4.1 Maatgevende rivierafvoeren

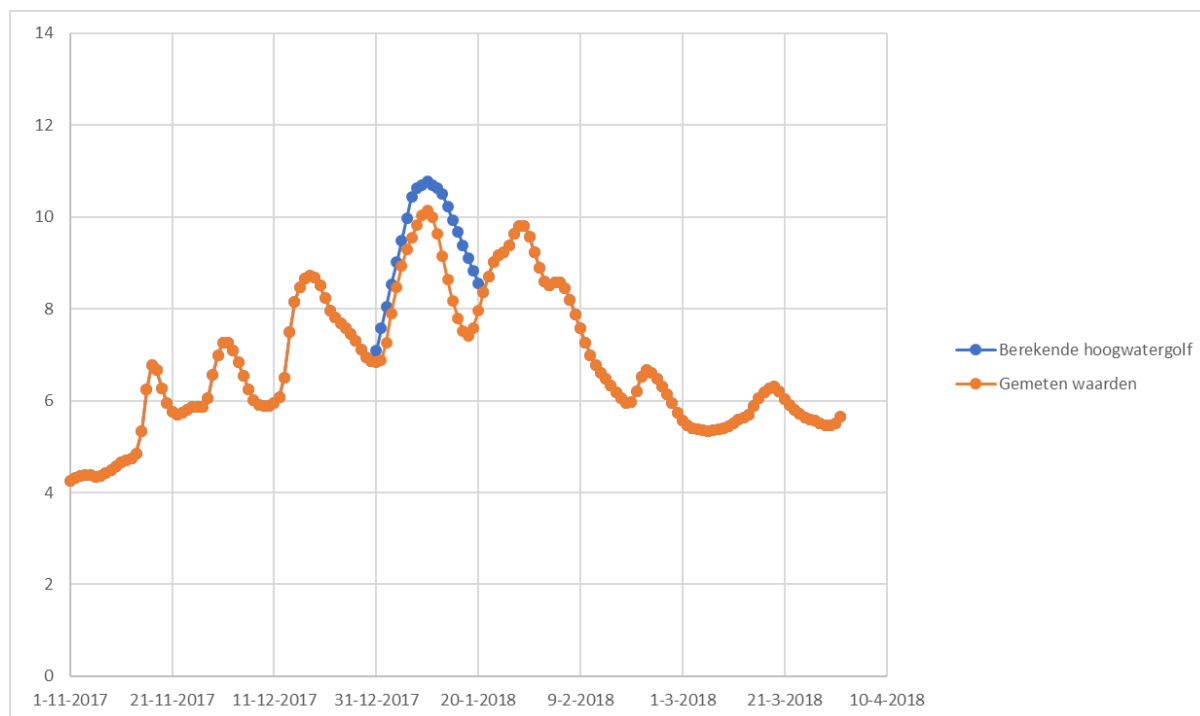
4.1.1 Hoogwater

Voor het hoogwater (T=10) is de geohydrologische situatie op 10 januari 2018 gebruikt met een verhoogde rivierwaterstand. Hiervoor is een hoogwatergolf met een opgegeven rivierwaterstand boven op de gemeten rivierwaterstanden gezet. De vorm van deze hoogwatergolf is aangeleverd door Waterschap Rivierenland. Indien de synthetische hoogwatergolf lagere rivierwaterstanden heeft dan de gemeten rivierwaterstanden, wordt het gemeten rivierwaterstand gebruikt. In Tabel 4-1 zijn de maximale rivierpeilen van de hoogwatergolf weergegeven. Deze is bepaald door de jaarlijkse maxima te bepalen tussen 1990 en 2019. Over deze tijdreeks van maximale waterstand is de waterstand met een 10% overschrijdingskans bepaald. Deze komt dan overeen met een herhalingstijd van eens in de tien jaar.

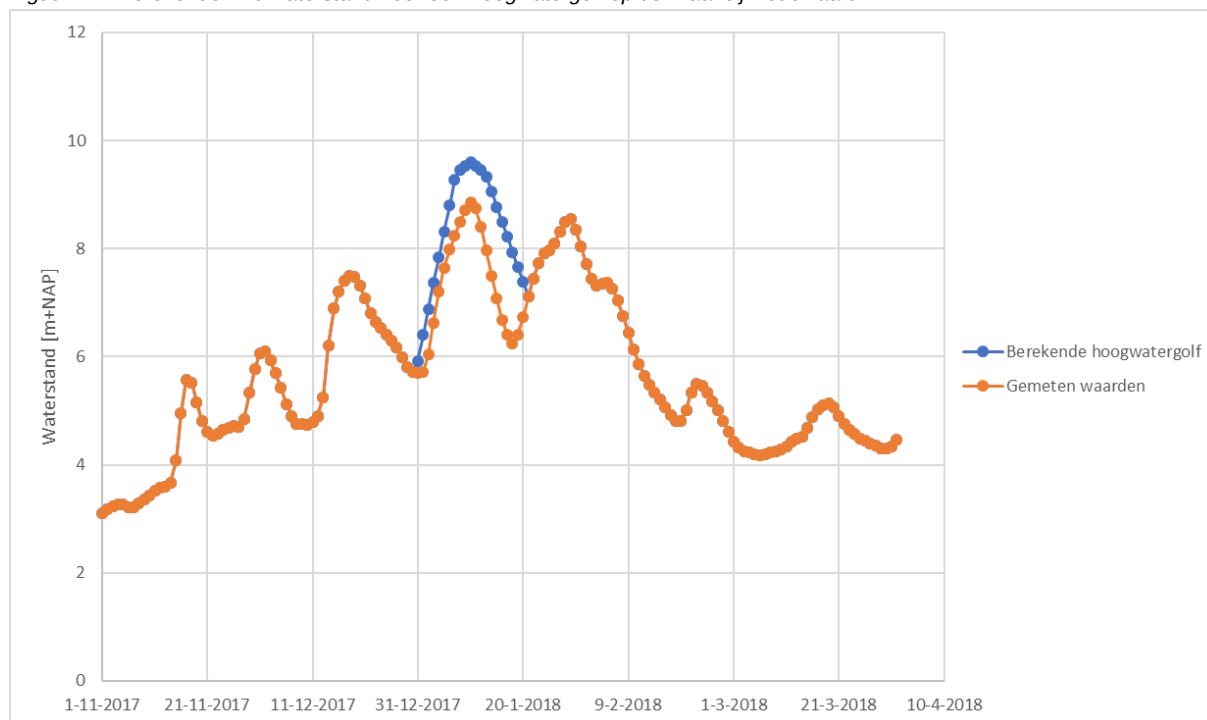
Tabel 4-1: De gemeten waterstand op 10 januari 2018 en de waterstand met een herhalingstijd van 10 jaar

Meetlocatie	10 januari 2018 [m+NAP]	Hoogwater T10 [m+NAP]
Dodewaard	10.14	10.77
Tiel (Waal)	8.85	9.6

Gebruikmakend van het maximale rivierpeil uit Tabel 2-1, laat **Error! Reference source not found.** het nieuwe rivierpeil op twee meetpunten in het modelgebied van Veerhaven Ochten zien. De effecten worden beoordeeld door de grondwaterstanden, stijghoogten en fluxen op 10 januari 2018 te beoordelen.



Figuur 4-1: Berekende T10 waterstand voor een hoogwatergolf op de Waal bij Dodewaard.



Figuur 4-2: Berekende T10 waterstand voor een hoogwatergolf op de Waal bij Tiel.

Om het hoogwater goed door te kunnen rekenen zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- De berging wordt op dagbasis aangepast aan de hand van de het overstroomde oppervlak.
- Er wordt gerekend met een vaste grondwateraanvulling (4 mm/dag), dit is de gemiddelde neerslag die is opgetreden in de periode tijdens en voorafgaand aan de hoogwatergolf
- Aanvullende drainage wordt in het model ingebracht om het gebied achter de zomerkades goed leeg te laten lopen.

4.1.2 Laagwater

De geohydrologische situatie van de zomer en najaar in 2011 wordt representatief geacht voor de T=10 laagwater situatie. De waterstand is in deze periode meerdere keren onder OLR gekomen. In Figuur 3-5 is te zien dat de waterstand in 2011 het laagst tijdens de doorgerekende periode. Ook laat het figuur zien dat er twee laagwaterperiodes achter elkaar aan waren in 2011. Daarom is voor het bepalen van de effecten de grondwaterstand, stijghoogten en grondwaterstroming de toestand op 1 december 2011 gebruikt. Op 1 december 2011 worden de laagste grondwaterstand rondom de Waal verwacht.

4.1.3 Gemiddelde situatie

Om de gemiddelde situatie in beeld te brengen is het grondwatermodel voor een periode van 10 jaar doorgerekend, namelijk van 1-4-2008 tot en met 1-4-2018. De statistische analyses worden uitgevoerd over een periode van 8 jaar, namelijk van 1-4-2010 tot en met 1-4-2018. Op basis van deze berekening worden de gemiddelde grondwaterstand, gemiddelde stijghoogten, GHG en GLG berekend. Het effect van de ingrepen wordt bepaald, door de gemiddelde situaties voor en na ingrepen met elkaar vergeleken.

4.2 Aanpassingen grondwatermodel

Voor de grondwaterberekeningen is het regionale grondwatermodel MORIA gebruikt. Specifiek is gebruik gemaakt van het grondwatermodel, wat gekalibreerd is voor het dijkversterkingsproject Neder-Betuwe (Royal HaskoningDHV, 2019). Dit model is gebaseerd op MORIA4.5 en gekalibreerd op basis van de beschikbare meetraaien. Ochten ligt midden in het traject van deze dijkversterking die van Wolferen tot Tiel loopt. Deze versie van het MORIA model is gebruikt voor de referentiesituatie. In deze versie van het grondwatermodel wordt het huidige maaiveld gebruikt. Met andere woorden het huidige dijkprofiel zit in het grondwatermodel. De verwachte effecten op de stijghoogte van de dijkversterking en het mogelijk hoogwatervrijterrein zijn verwaarloosbaar. Het dijkprofiel wijzigt ten opzichte van de celgrootte weinig (cellen zijn 25 meter groot) en het hoogwatervrijterrein zou mogelijk een klein positief effect kunnen opleveren. Echter is dit verwachte effect klein, dat het niet mee is genomen in de modellen. Om de twee varianten door te rekenen met het grondwatermodel, zijn de ontwerpen op de volgende manier verwerken in het grondwatermodel:

1. De geul is opgeschaald naar een raster van 25 bij 25 meter, waarbij de laagste waarde binnen deze cellen is aangehouden;
2. Binnen aanpassingscontour van de ingrepen is de opgeschaalde geul (stap 1) verwerkt in het maaiveld (ook het bodemhoogte bestand van de rivier);
3. Op basis van de doorsnijding van de deklaag is een nieuwe weerstand van de deklaag vastgesteld. De ingrepen doorsnijden de deklaag grotendeels (o.b.v. de zandbanenkaart). Daarom is voor de gehele geul een deklaagweerstand van 10 dagen aangehouden. Dit is conform andere plassen en geulen in het Neder – Betuwe model.
4. De rivier conductance in modellaag 1 aangepast, zodat de nieuwe geul een vergelijkbare conductance heeft als de andere geulen en plassen in het Neder – Betuwe model. Dit betekent dat de rivier conductance ter plaatse van de ingreep 1250 m²/dag is op basis van een celgrootte van 25 bij 25 meter.
5. Met het aangepast bodemhoogte bestand zijn voor de periode 1-4-2008 tot 1-4-2018 nieuwe waterstanden bepaald. Zodat de waterstand in de geul mee beweegt met de waterstand van de Waal. Bij het variant waarbij de strang niet in directe verbinding staat met de Waal gaat de strang pas meebewegen met de rivierwaterstand bij een waterstand van +7 m NAP of hoger op de Waal.

6. De storage¹ wordt aangepast naar een waarde van 0.001 voor alle cellen waar vanuit de Waal water staat.

Het grondwatermodel is geschikt om de effecten in beeld te brengen die doorwerken vanuit het watervoerend pakket. Onder andere de resolutie van het model maakt het dat de grondwaterstroming door dijk wordt overschat. Het model is niet gemaakt om grondwaterstand in de dijk te berekenen. Hierdoor kunnen vlak achter de dijk ook overschattingen plaats vinden van het effect plaats vinden.

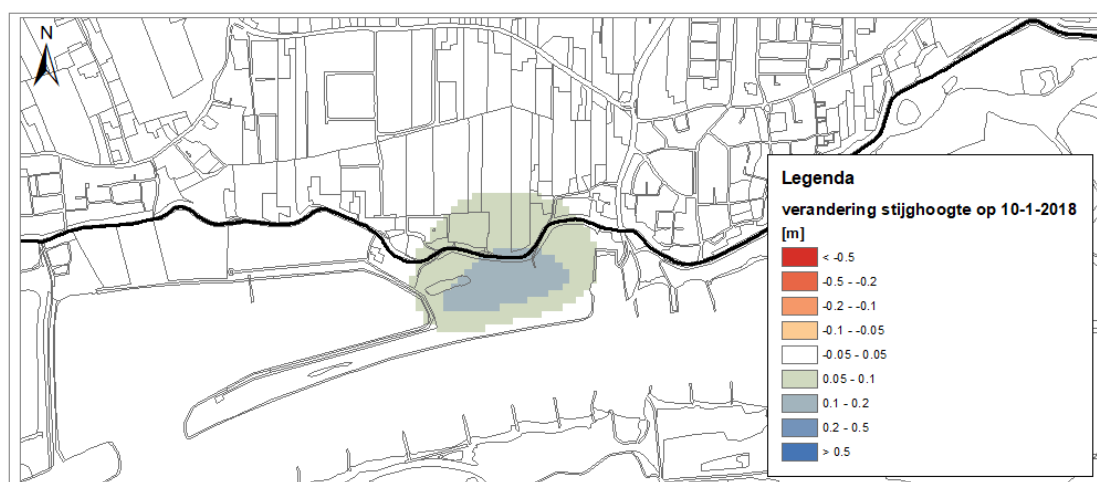
5 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de berekende effecten op een periode met hoogwater, laagwater en een gemiddelde situatie besproken.

5.1 Hoogwater

Stijghoogte

Tijdens hoogwater loopt de uiterwaarden onder water vanuit de Waal. Dit verandert niet door de ingreep. Het effect op de stijghoogte is vergelijkbaar voor variant 1 en 2 en is een verhoging van de stijghoogte van 5 tot 10 cm binnendijks tijdens een hoogwatergolf (Figuur 5-1 en Figuur 5-2). Bij de geul neemt de weerstand van de deklaag af, omdat voor deze geul de huidige deklaag wordt afgegraven. Hierdoor vindt meer uitwisseling plaats tussen de Waal en het eerste watervoerende pakket. De effecten van variant 2 zijn net wat groter, omdat het oppervlak waarin gegraven wordt groter is.



Figuur 5-1: Berekende effecten op de stijghoogte voor variant 1.

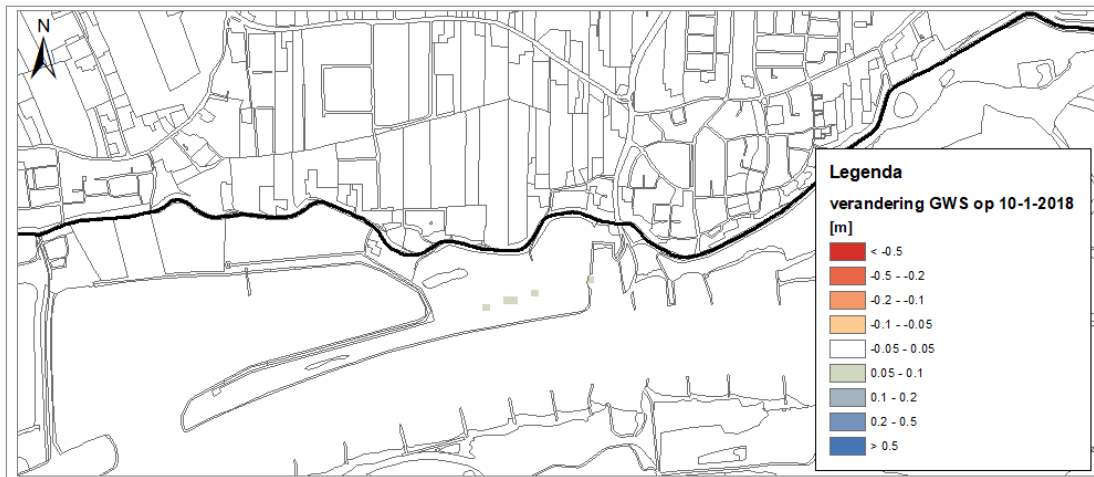
¹ Dit geldt alleen voor de hoogwater berekening.



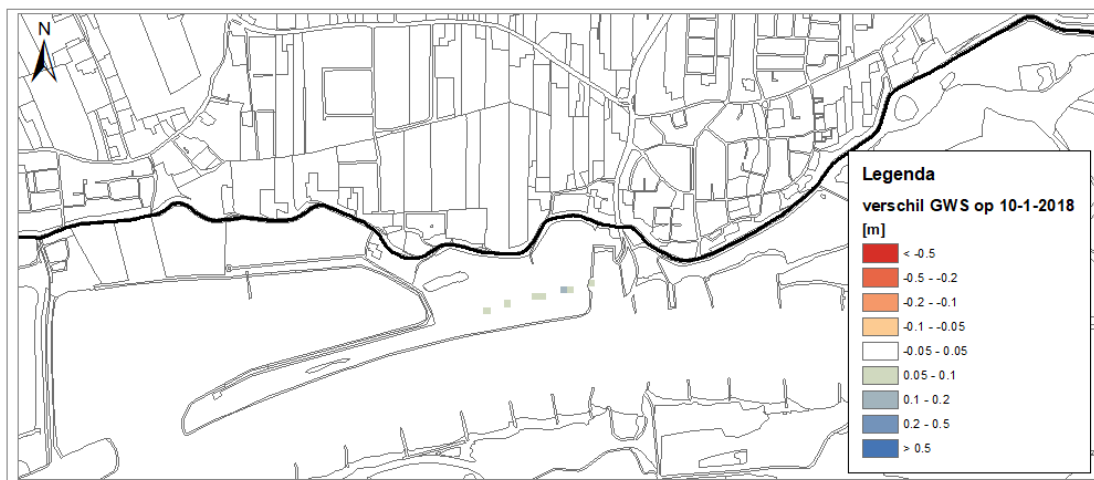
Figuur 5-2: Berekende effecten op de stijghoogte voor variant 2.

Grondwater

De berekende effecten op de stijghoogte van 5 tot 10 cm binnendijs werken niet door op de grondwaterstand (voor beiden varianten, zie Figuur 5-3 en Figuur 5-4). Buitendijs staat het water in de huidige situatie al boven maaiveld waardoor er daar ook geen verandering is van de grondwaterstand.



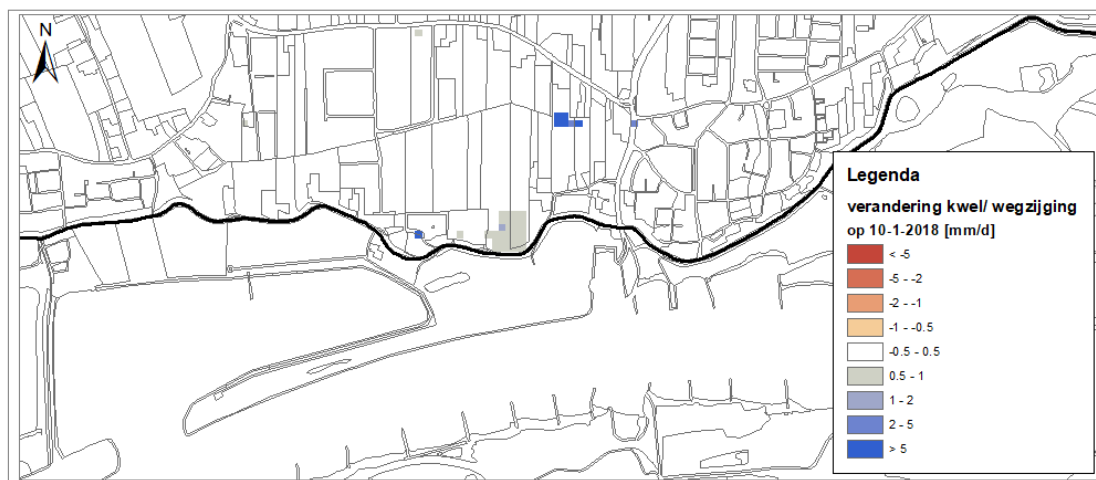
Figuur 5-3: Berekende effecten op de grondwaterstand voor variant 1.



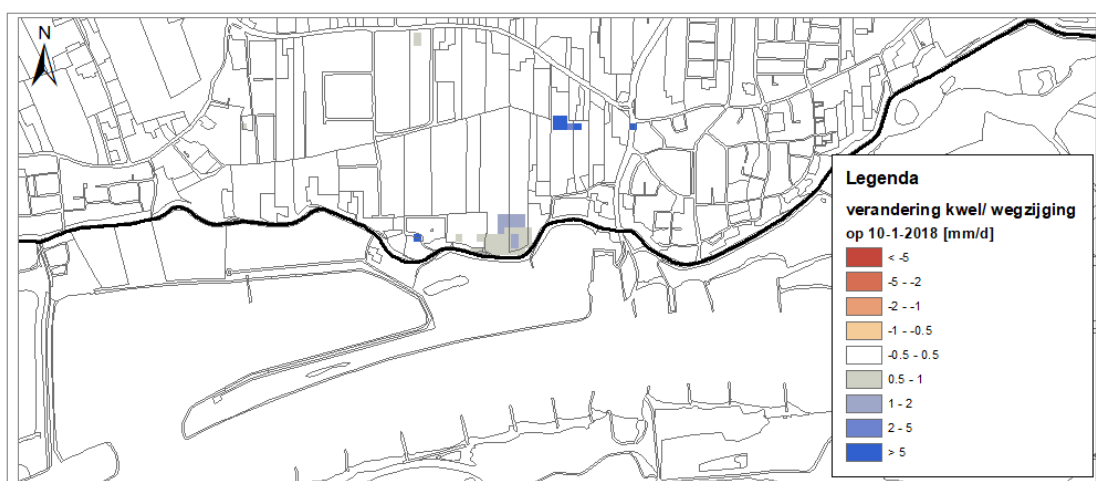
Figuur 5-4: Berekende effecten op de grondwaterstand voor variant 2.

Kwel

De Figuur 5-5 en Figuur 5-6 laten verandering in kwel flux zien tijdens hoogwater. Hierbij valt op dat de effecten optreden in de waterlopen die volledig door de deklaag heen snijden en plekken waar geen deklaagweerstand aanwezig is. Beiden staan in verbinding met het eerste watervoerend pakket, waar de (licht) verhoogde stijghoogte zorgt voor een toename van de kwel en het waterbezwaar (sommatie van RIV, DRN en OLF). De verandering van het waterbezwaar is in Tabel 5-1 per peilvak weergegeven voor variant 1 en in Tabel 5-2 voor variant 2. Het waterbezwaar neemt in variant 1 toe met 216,1 m³/dag en in variant 2 met 302,3 m³/dag (verdeeld over alle peilvakken achter de dijk). Hierbij zijn de peilvakken meegenomen waar de toename van het waterbezwaar groter is dan 0,1% of 0,005 mm/d. Zichtbaar in beide tabellen is dat het waterbezwaar voornamelijk optreedt in de peilvakken NDB114 en NDB118. Deze peilvakken liggen direct achter de dijk bij de geul. Conform de richtlijn toetsing kwel en wegzijging is het effect op het waterbezwaar kleiner dan 2%.



Figuur 5-5: Berekende effecten op de kwel/ wegzijging voor variant 1.



Figuur 5-6: Berekende effecten op de kwel/ wegzijging voor variant 2.

Tabel 5-1: Verandering van het waterbezwaar per peilvak tijdens een T=10 hoogwater situatie voor variant 1

Peilvak	Oppervlak (ha)	Verandering in mm/d	Verandering in m ³ /d	Verandering in %
LGN009	144.2	0.014	19.5	0.08
LGN010	80.9	0.005	4.2	0.04
NDB112	80	0.013	10.6	0.18
NDB114	164.4	0.062	103.3	0.49
NDB115	255.6	0.008	19.6	0.14
NDB118	66	0.089	58.9	0.73
Totaal			216.1	

Tabel 5-2: Verandering van het waterbezwaar per peilvak tijdens een T=10 hoogwater situatie voor variant 2

Peilvak	Oppervlak (ha)	Verandering in mm/d	Verandering in m ³ /d	Verandering in %
LGN009	144.2	0.022	31.5	0.13

LGN010	80.9	0.008	6.3	0.05
NDB112	80	0.020	15.9	0.27
NDB114	164.4	0.081	132.4	0.63
NDB115	255.6	0.011	28.2	0.20
NDB118	66	0.133	88.0	1.09
Totaal			302.3	

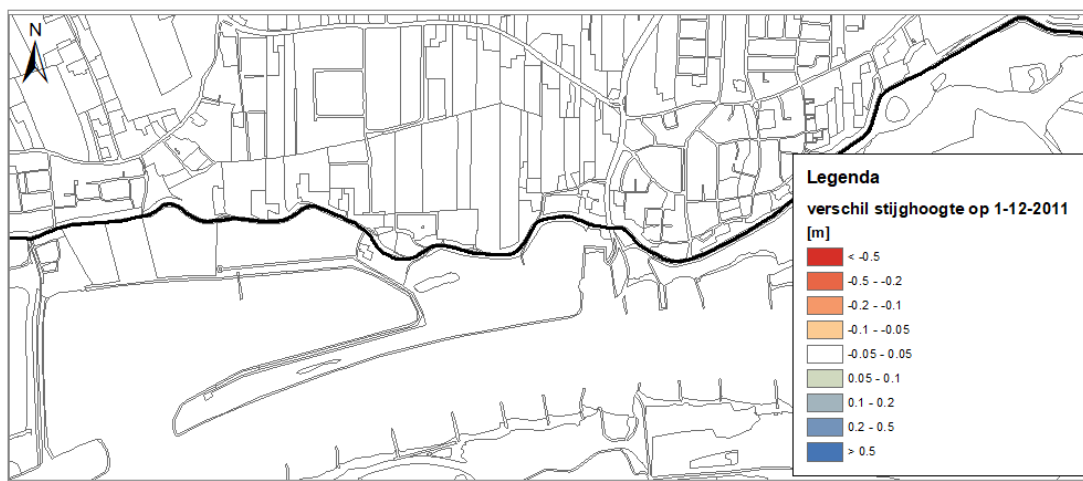
5.2 Laagwater

Stijghoogte

De berekende effecten van laagwater variëren tussen de 5 en 20 cm binnendijs voor variant 1 (Figuur 5-7). Dit betreffen verlagingen in het eerste watervoerend pakket. Deze verlagingen ontstaan door het Waalpeil ter plaatse van de geul lager is dan de grondwaterstand voorheen was. De nieuwe geul zorgt ervoor dat de dynamiek van de Waal verder doorwerkt. Voor variant 2 zijn er geen berekende effecten op de stijghoogte, omdat de plas bij lage waterstanden niet meer verbonden is met de Waal (Figuur 5-8). Waardoor er geen aanvullende interactie plaats vindt tussen het lage Waalpeil en eerste watervoerend pakket.



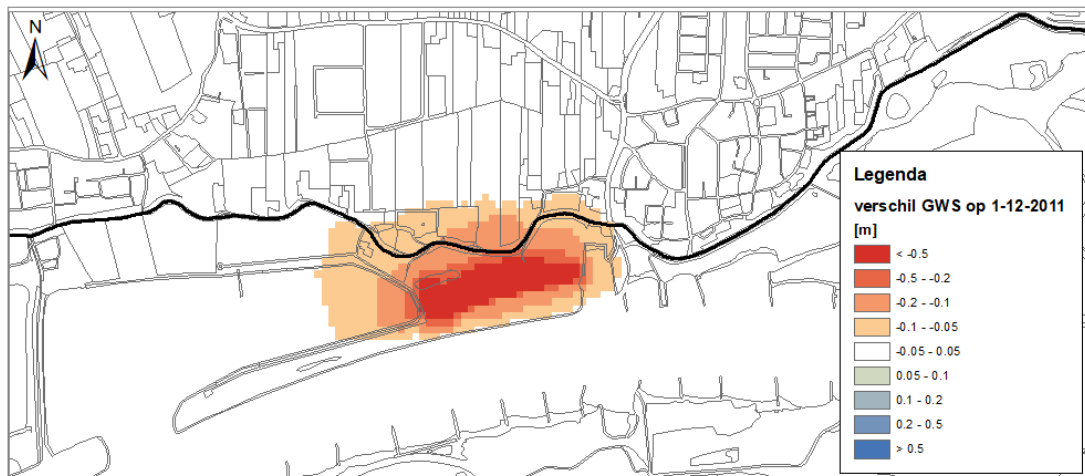
Figuur 5-7: Berekende effecten op de stijghoogte voor variant 1.



Figuur 5-8: Berekende effecten op de stijghoogte voor variant 2.

Grondwater

Lage grondwaterstanden door lage waterstanden op de Waal is traag proces. Door de nieuwe geul in variant 1 neemt de response toe tussen de waterstand op de Waal en de grondwaterstand. Hierdoor daalt de grondwaterstand sneller dan zonder geul, echter daalt het laagste punt maar heel beperkt. Dit komt doordat de lagere waterstand langere tijd aanhoudt, waardoor ook in de situatie zonder geul de grondwaterstand ver uit kan zakken. Voor variant 1 werken de effecten binnendijs door op de grondwaterstand (Figuur 5-9). Deze kunnen ervoor zorgen dat de grondwaterstanden 5 tot 20 cm lager worden in een laagwaterperiode. De grondwatereffecten worden ter plaatse van de dijk overschat, omdat het dijklichaam in de praktijk minder doorlatend zal zijn dan geschematiseerd in het MORIA model. De binnendijkse effecten zullen dus kleiner zijn dan in Figuur 5-9 weergegeven. Voor variant 2 waren er geen effecten op de stijghoogte binnendijs en deze werken dus ook niet door naar de grondwaterstand (Figuur 5-10). Buitendijks daalt de grondwaterstand door de aanleg van de plas.



Figuur 5-9: Berekende effecten op de grondwaterstand voor variant 1.



Figuur 5-10: Berekende effecten op de grondwaterstand voor variant 2.

5.3 Gemiddelde situatie

De resultaten van de GHG en GLG zijn in lijn met de besproken effecten op de hoogwatergolf en het laagwater. Deze effecten zijn van kleinere omvang dan de hoog- en laagwatereffecten. Daarom zijn deze

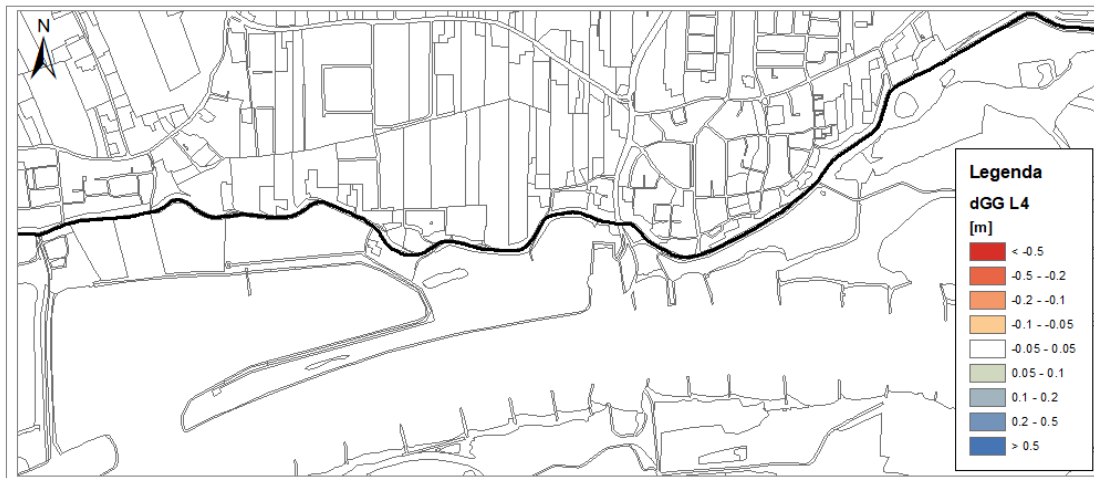
resultaten hier niet toegelicht, de berekende effecten zijn toegevoegd in Bijlage 1. De effecten op de gemiddelde grondwaterstand en stijghoogte (GG) zijn hieronder toegelicht.

Stijghoogte

De effecten op de stijghoogte zijn in beiden varianten binnendijs niet significant (kleiner dan 5 cm, zie Figuur 5-11 en Figuur 5-12). Er treedt alleen buitendijs ter plaatse van de geul een kleine verlaging van de stijghoogte op.



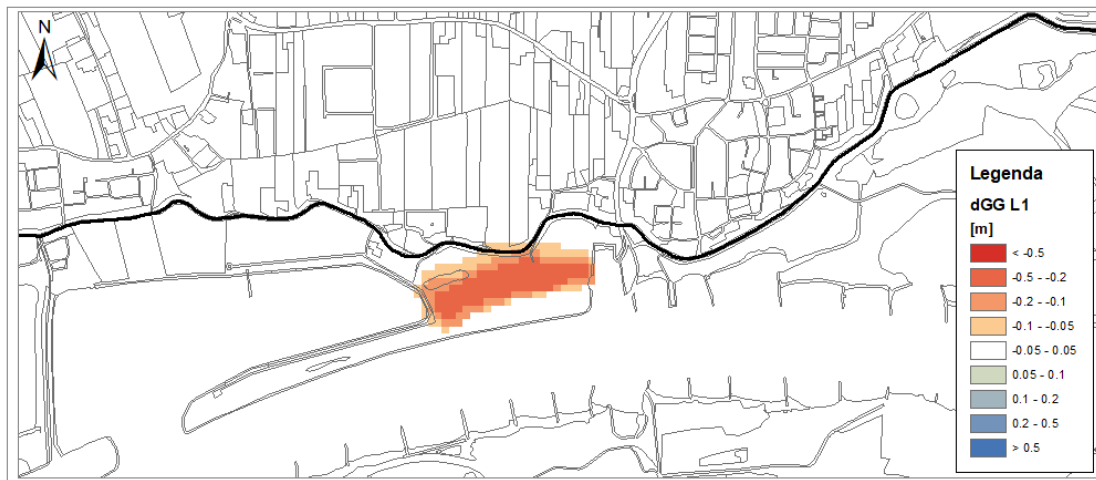
Figuur 5-11: Berekende effecten op de stijghoogte voor variant 1.



Figuur 5-12: Berekende effecten op de stijghoogte voor variant 2.

Grondwater

De effecten op de grondwaterstand zijn minimaal, omdat er geen significante effecten zijn op de stijghoogte die door kunnen werken op de grondwaterstand (Figuur 5-13 en Figuur 5-14). De verdrogende effecten die zichtbaar zijn in onderstaande figuren zijn ontstaan door het graven van de geul. Doordat het maaiveld lager is kan tot een lager niveau gedraineerd worden. De grondwatereffecten worden ter plaatse van de dijk overschat, omdat de dijk in de praktijk minder doorlatend zal zijn. Daarom worden geen binnendijsse effecten verwacht.



Figuur 5-13: Berekende effecten op de grondwaterstand voor variant 1.



Figuur 5-14: Berekende effecten op de grondwaterstand voor variant 2.

6 Beoordelingskader

6.1 B2 – effect op waterbezwaar binnendijs

Het waterbezwaar als gevolg van de ingrepen zal tijdens hoogwater binnendijs toenemen. Doordat de deklaagweerstand ter plaatse van de varianten afneemt, kan meer water infiltreren en neemt de stijghoogte in het watervoerend toe. Deze toename leidt tot een hogere kwelflux, wat resulteert in een hogere afvoer en waterbezwaar in de peilvakken. De toename in afvoer is beide varianten zeer beperkt, in variant 1 neemt het waterbezwaar tijdens de piek van de hoogwatergolf in de 6 gepresenteerde peilvakken met 0,26% (0,04% - 0,73%) toe en in variant 2 0,36% (0,05% – 1,09%). Variant 2 zorgt voor een grotere toename van het waterbezwaar. Dit komt doordat het oppervlak van de ingreep groter is dan variant 1. Wat leidt tot een grotere zone met een lagere deklaagweerstand. Dit betreft dus een kleine toename van het waterbezwaar. De toename is kleiner dan de eis van 2% in de richtlijn toetsing kwel en wegzijging.

De toename van het waterbezwaar, variant 1 216,1 m³/dag en variant 2 302,2 m³/dag, wordt beoordeeld, zonder mitigerende maatregelen, als een gering/beperkt negatief effect op het waterbezwaar binnendijs.

Tabel 6-1: Beoordeling van criterium B2 - Effect op waterbezwaar binnendijks

Beoordelingscriterium	Varianten	
	Variant 1	Variant 2
B2 – Effect op waterbezwaar binnendijks	-	-

6.2 B3 – Drooglegging bij woningen

Binnendijkse treden er alleen effecten aan maaiveld op als gevolg van de ingrepen tijdens de laagwatersituatie. Er is binnendijks een zone waarin de grondwaterstand 5 tot 10 centimeter daalt als gevolg van de geul. De meeste woningen liggen op de rand van deze zone, wat betekent dat het effect circa 5 centimeter is. Daarbij in acht nemend dat vanwege de eigenschappen van het model², dit een overschatting is, zijn de effecten beoordeeld als geen of zeer beperkt op de drooglegging bij woningen. Om toekomstige ontwikkelingen van de grondwaterstand en effecten nabij de woningen goed in beeld te brengen, wordt geadviseerd deze ontwikkelingen goed te monitoren.

Tabel 6-2: Beoordeling van criterium B3 - Drooglegging bij woningen

Beoordelingscriterium	Varianten	
	Variant 1	Variant 2
B3 – Drooglegging bij woningen	0	0

6.3 B4 – Verdroging / vernatting binnendijkse landbouw

Binnendijkse treden er alleen effecten aan maaiveld op als gevolg van de ingrepen tijdens de laagwatersituatie. Er is binnendijks een kleine zone waarin de grondwaterstand 5 tot 10 centimeter daalt als gevolg van de geul. In variant 2 is deze zone verwaarloosbaar klein en in variant 1 betreft het een kleine zone. In de zone met effecten is landbouw aanwezig. Dit betreft vaak een klein deel van de landbouwpercelen. Als daarbij de eigenschappen van het model³ in acht worden genomen, de overschatting vanwege de dijk, zijn de effecten beoordeeld als geen of zeer beperkt effect op verdroging/vernatting van binnendijkse landbouw voor beide varianten. Het verschil tussen de variant is dermate klein dat er geen onderscheid is gemaakt tussen de varianten.

Tabel 6-3: Beoordeling van criterium B4 – Verdroging / vernatting binnendijkse landbouw

Beoordelingscriterium	Varianten	
	Variant 1	Variant 2
B4 – Verdroging / vernatting binnendijkse landbouw	0	0

6.4 Samenvatting beoordeling

Samenvattend zijn de geohydrologische effecten als gevolg van de ingrepen beperkt en onderscheiden variant 1 en 2 zich nauwelijks van elkaar. In Tabel 6-4 is een overzicht van de beoordelingen gegeven.

² Toelichting zie paragraaf 5.2

³ Toelichting zie paragraaf 5.2

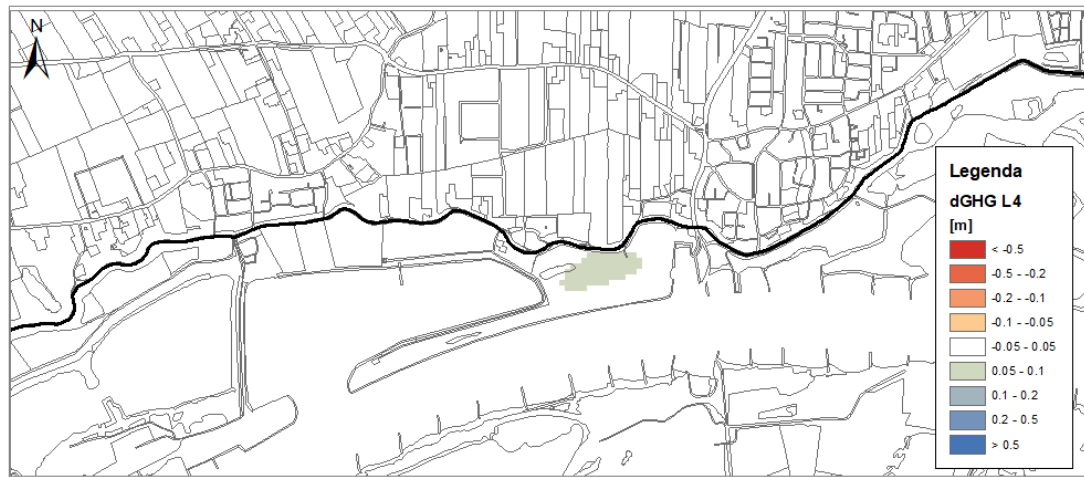
Tabel 6-4: Overzicht van de beoordelingen van criteria B2 – B4

Beoordelingscriterium	Varianten	
	Variant 1	Variant 2
B2 – Effect op waterbezwaar binnendijks	-	-
B3 – Drooglegging bij woningen	0	0
B4 – Verdroging / vernatting binnendijkse landbouw	0	0

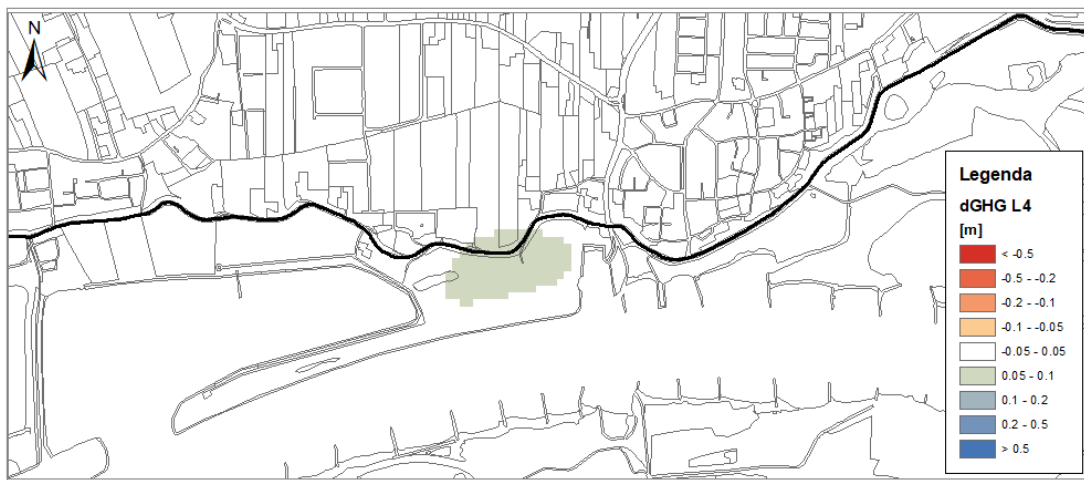
7 Bijlage 1 – effecten GHG en GLG

Deze bijlage bevat figuren van de berekende effecten voor de GHG en GLG.

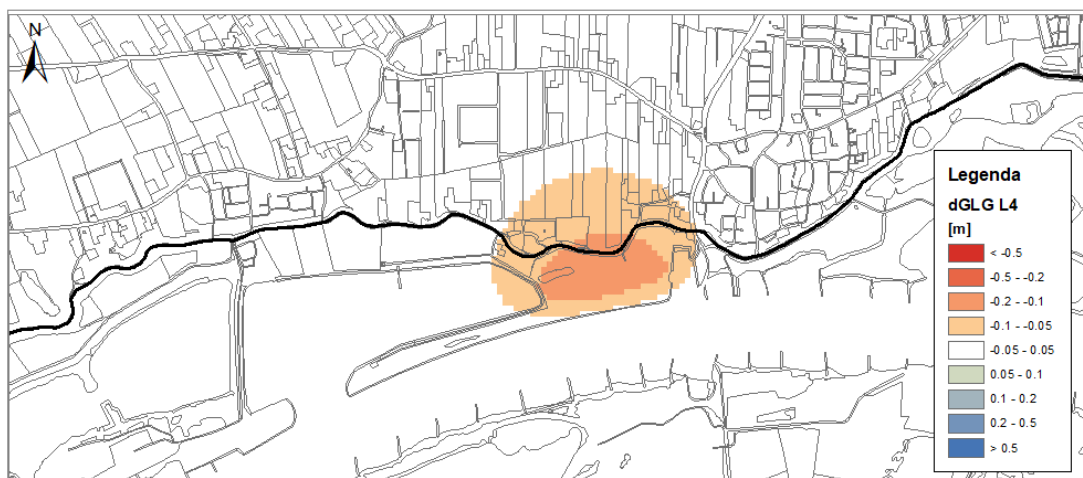
Stijghoogte



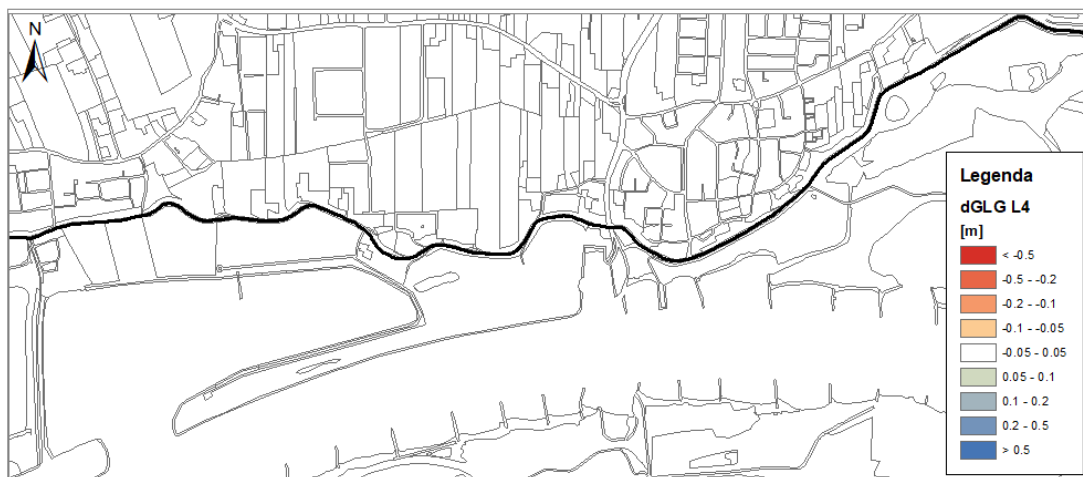
Figuur 7-1: Berekende effecten op de GHG van het watervoerend pakket voor variant 1.



Figuur 7-2: Berekende effecten op de GHG van het watervoerend pakket voor variant 2.



Figuur 7-3: Berekende effecten op de GLG van het watervoerend pakket voor variant 1.



Figuur 7-4: Berekende effecten op de GLG van het watervoerend pakket voor variant 2.

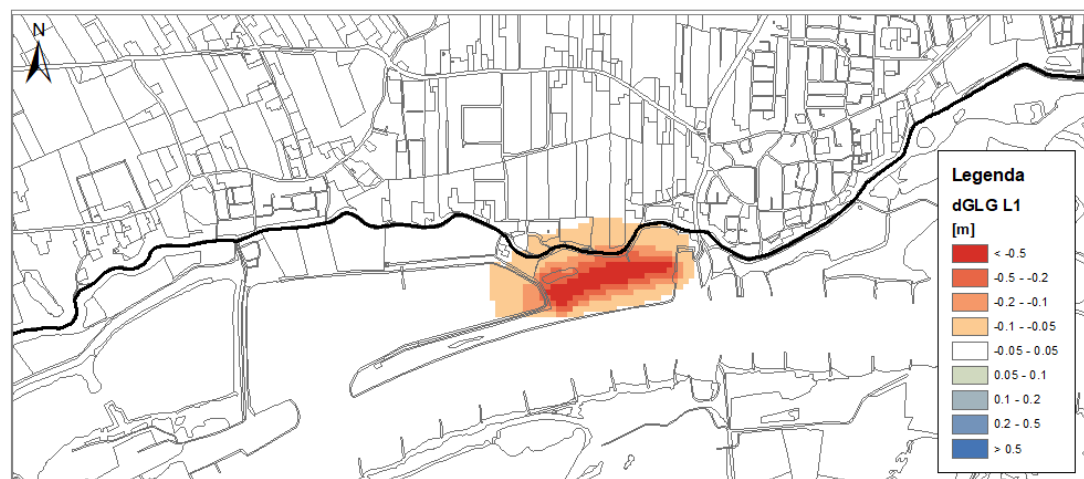
Grondwater



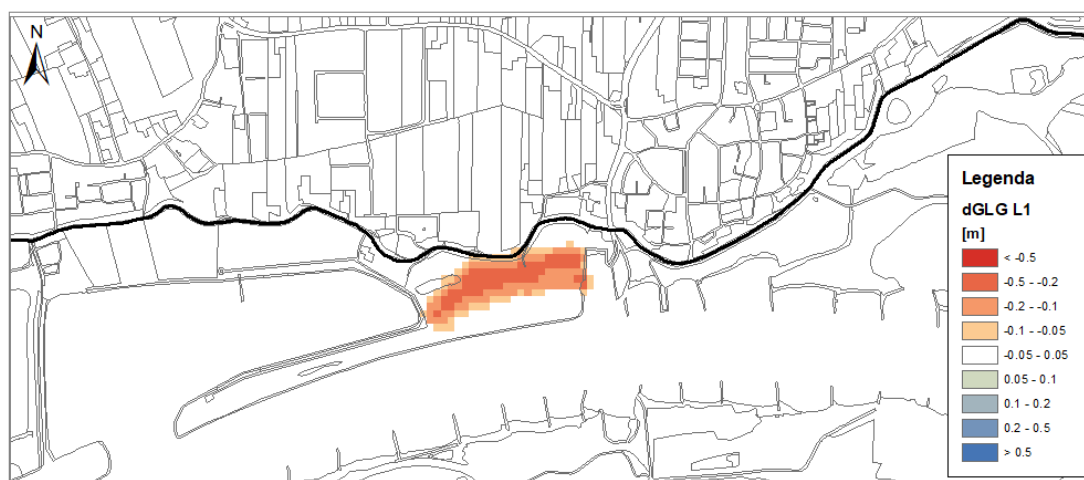
Figuur 7-5: Berekende effecten op de GHG voor variant 1.



Figuur 7-6: Berekende effecten op de GHG voor variant 2.



Figuur 7-7: Berekende effecten op de GLG voor variant 1.



Figuur 7-8: Berekende effecten op de GLG voor variant 2.