



Geohydrologisch onderzoek uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerewaarden

Rapportage

Provincie Gelderland

23 september 2016

Project Geohydrologisch onderzoek uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerewaarden
Document Rapportage
Status Definitief
Datum 23 september 2016
Referentie AH710-1/16-016.014

Opdrachtgever Provincie Gelderland
Projectcode AH710-1
Projectleider ir. T.H. van Wee
Projectdirecteur ir. H.J. Mondeel

Auteur(s) mw. M. Duineveld MSc en F.G. Versteegen MSc
Gecontroleerd door ir. T.H. van Wee
Goedgekeurd door ir. T.H. van Wee

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Leeswijzer	1
2	BESCHRIJVING MAATREGELEN	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Huidige situatie	2
2.3	Beschrijving maatregelen scenario 1	3
2.3.1	Wamel	3
2.3.2	Dreumel	4
2.3.3	Heerwaarden	5
2.3.4	Overzicht aanlegdieptes maatregelen	5
2.4	Maatregelen scenario 2	6
2.4.1	Mitigerende maatregel: aanbrengen drempels in strangen	6
2.4.2	Mitigerende maatregel: versmallen strangen	6
2.5	Overzicht verschillen scenario's	7
2.6	Eisen waterschap Rivierenland	7
3	WATERHUISHOUDING	9
3.1	Wamel	9
3.2	Dreumel	10
3.3	Heerwaarden	11
4	MODELCONTROLE	12
4.1	Modelversie	12
4.2	Modelperiode	12
4.3	Modelgebied	12
4.4	Modelschematisatie	13
4.5	Controle modelprestatie basismodel	14
4.5.1	Peilbuizen DINO-Loket	14

4.5.2	Controle peilbuizen deklaag	14
4.5.3	Controle peilbuizen bovenin 1 ^e WVP	15
4.5.4	Controle peilbuizen middenin 1 ^e WVP	16
4.6	Controle inundatie rivieren	17
4.6.1	Rivierpeil	17
4.6.2	Weerstand rivierbodem	18
4.7	Controle deklaagweerstand aan kleidiktekaart	19
4.7.1	Initiële deklaagweerstand basismodel	19
4.7.2	Vergelijking kleidiktekaart met MORIA v2.2 model	20
4.7.3	Aanpassing deklaagweerstand referentiesituatie	22
5	MODELAANPASSINGEN REFERENTIEMODEL	24
5.1	Referentiemodel	24
5.1.1	Bestaande strangen	24
5.1.2	Invoer Vonkerplas	24
5.1.3	Verwijderen binnendijkse inundatie bij Heerwaarden	24
6	SCENARIOBEREKENINGEN TOEKOMSTIGE SITUATIE	26
6.1	Scenario 1	26
6.1.1	Aanpassingen aan rivierbestanden	26
6.1.2	Aanpassing deklaagweerstand bij vergravingen	26
6.1.3	Aanpassing deklaagweerstand bij strangen	27
6.2	Scenario 2	29
7	RESULTATEN MODELBEREKENING	30
7.1	Effecten grondwaterstand	30
7.1.1	Berekende freatische grondwaterstand referentiesituatie	30
7.1.2	Effect op freatische grondwaterstand scenario 1	32
7.1.3	Effect op freatische grondwaterstand scenario 2	35
7.2	Effecten stijghoogte	38
7.2.1	Berekende stijghoogte 1 ^e watervoerende pakket referentiesituatie	38
7.2.2	Effect op stijghoogte 1 ^e watervoerende pakket maatregelen scenario 1	40
7.2.3	Effect op stijghoogte 1 ^e watervoerende pakket maatregelen scenario 2	43
7.3	Effecten op afvoer en kwel/wegzijging	45
7.3.1	Effecten op afvoeren - jaarsom	46
7.3.2	Effect op afvoeren - tijdens T10 hoogwater	47
7.3.3	Effecten op kwel/wegzijging	48
7.4	Afgeleide effecten	50
7.4.1	Effecten scenario 1 i.r.t. aanwezige woningen	50
7.4.2	Effecten scenario 2 i.r.t. aanwezige woningen	53
7.4.3	Doelrealisatie	54

8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	56
8.1	Samenvatting	56
8.2	Effecten	56
8.3	Conclusie	57
9	REFERENTIES	59
	Laatste pagina	59
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Locaties peilbuizen	1
II	Tijdstijghoogtegrafieken	14

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

In het kader van het programma WaalWeelde wordt gewerkt aan een veilige, natuurlijke en economisch sterke Waal. Eind 2013/begin 2014 heeft de provincie Gelderland, als trekker van WaalWeelde, samen met Dienst Landelijk Gebied een preverkenning uitgevoerd naar de Waaluitwaarden bij Wamel, Dreumel en Heerewaarden. De partijen ministerie I&M, RWS, Staatbosbeheer en provincie Gelderland starten nu een gezamenlijke verkenning. In de preverkenningsfase zijn de doelen vertaald naar een inrichtingsvisie, die het vertrekpunt vormt voor de verkenningfase.

Centraal in de inrichtingsvisie staat het aantakken op de Waal van in totaal vier te vergraven geulen, waarvan één meestromend. Daarmee ontstaat meer dynamiek en gradiënten in de uiterwaarden; meer open water, slikkige oevers en meer gradiënten van nat naar droog. Ook wordt ingezet op oibosontwikkeling en stroomdalgraslanden op de hoge zandige oeverwallen. De zandwinplas wordt deels verontdiept, waardoor natuurwaarden toenemen doordat er meer diversiteit in aquatische milieus ontstaat.

1.2 Doel

Het doel van dit project is om inzicht te geven in de effecten van de voorgenomen maatregelen op de binnendijkse grondwaterstanden en kwel, alsmede de afgeleide effecten op landbouw en woningen [zie ref. 1].

De effecten van de maatregelen worden getoetst aan de eisen van waterschap Rivierenland, zoals die zijn opgesteld in het document Richtlijn kwel en wegzijging [ref. 5].

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de voorgenomen maatregelen beschreven. Hoofdstuk 3 gaat in op het huidige functioneren van de waterhuishouding in uiterwaard en het functioneren in de toekomstige situatie. In hoofdstuk 4 is de controle van het grondwatermodel beschreven. Hierbij is tevens ingegaan op de deklaagweerstand in de uiterwaard. De modelaanpassingen in aan het referentiemodel zijn beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 zijn de modelaanpassingen om de scenario's te berekenen beschreven. Vervolgens zijn de resultaten van de modelberekeningen in hoofdstuk 7 gepresenteerd. Tot slot zijn de conclusies gegeven in hoofdstuk 8.

2

BESCHRIJVING MAATREGELLEN

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is eerst beknopt de huidige situatie beschreven (paragraaf 2.2). Vervolgens zijn de maatregelen zoals deze oorspronkelijk voorzien zijn beschreven in paragraaf 2.3. De maatregelen zoals deze oorspronkelijk voorzien zijn worden in dit rapport als 'Scenario 1' gedefinieerd. Er is ook een scenario opgesteld waarin mitigerende maatregelen zijn opgenomen. In dit rapport is dit 'Scenario 2'. Dit is samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 2.1 Overzicht scenario's en locatie beschrijvingen.

Scenario	Omschrijving	Locatie beschrijving in rapport	Wat is er beschreven
Scenario 1	Oorspronkelijke maatregelen	paragraaf 2.3	Beschrijving maatregelen per deelgebied
		paragraaf 6.1	Methode invoer maatregelen in MORIA grondwatermodel
		hoofdstuk 7	Berekende hydrologische effecten maatregelen
Scenario 2	inclusief mitigerende maatregelen	paragraaf 2.4	Beschrijving mitigerende maatregelen
		paragraaf 6.2	Methode invoer mitigerende maatregelen in MORIA grondwatermodel
		hoofdstuk 7	Berekende hydrologische effecten

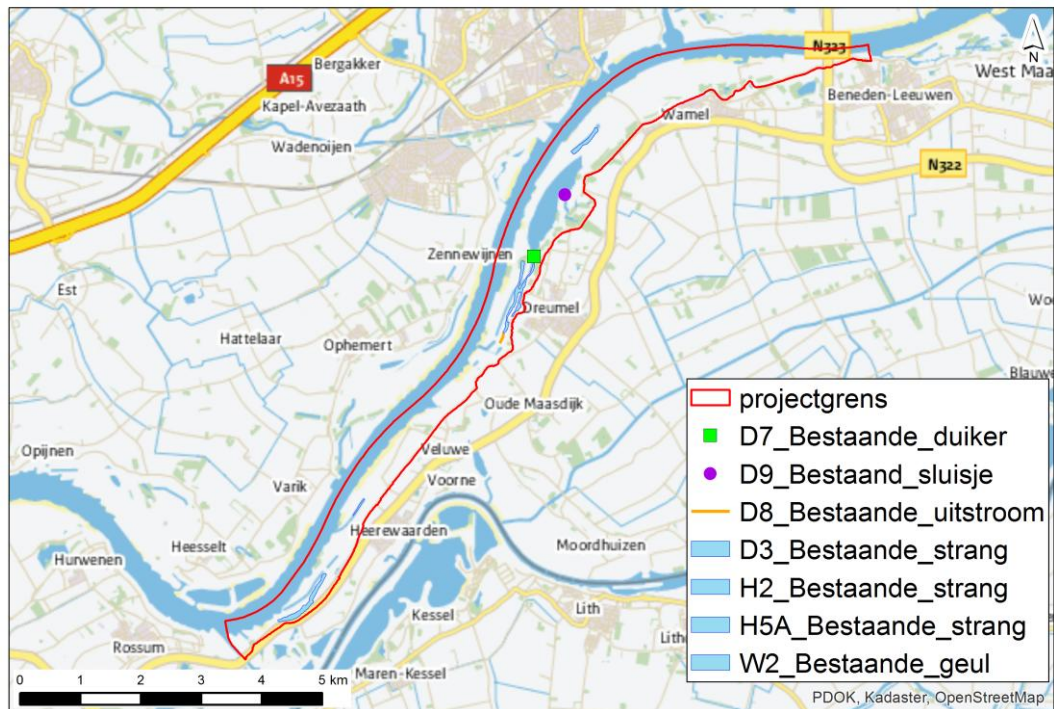
2.2 Huidige situatie

Afbeelding 2.1 toont de projectlocatie. De locatie is gelegen langs de Waal tussen Beneden-Leeuwen en Rossum. De uiterwaarden waarin de maatregelen uitgevoerd zullen gaan worden bevinden zich aan de (zuid)oostelijke zijde van de Waal. Het gebied is circa 15 kilometer lang.

In de huidige situatie zijn in de uiterwaarden strangen gelegen bij Wamel, Dreumel en Heerewaarden. Ten noorden van Dreumel ligt de Vonkerplas. Dit is een diepe zandwinplas met een oppervlakte van 57 ha. In de diepste delen is de bodem van de plas NAP -30 m. De Vonkerplas is verbonden met de bestaande strang middels een duiker. De bestaande strang is verbonden met de rivier met een uitstroomvoorziening.

Afbeelding 2.1 toont de projectlocatie.

Afbeelding 2.1 Projectlocatie



2.3 Beschrijving maatregelen scenario 1

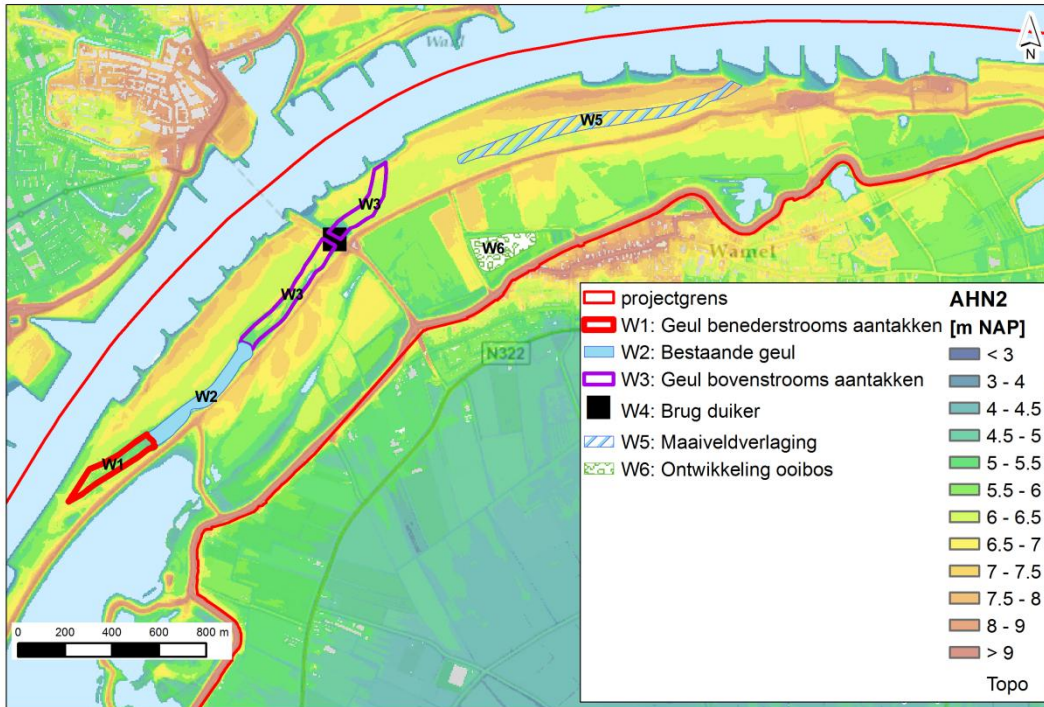
Deze paragraaf beschrijft per deelgebied de te nemen maatregelen.

2.3.1 Wamel

De maatregelen die in de uiterwaarden bij Wamel voorzien zijn staan afgebeeld in afbeelding 2.2. Het gaat om de volgende maatregelen:

- een meestromende nevengeul (ca. 2 km) in de bocht bij Wamel (W1, W2 en W3);
- maaiveldverlaging bij Wamel (W5);
- oobosontwikkeling (W6).

Afbeelding 2.2 Maatregelen bij Wamel

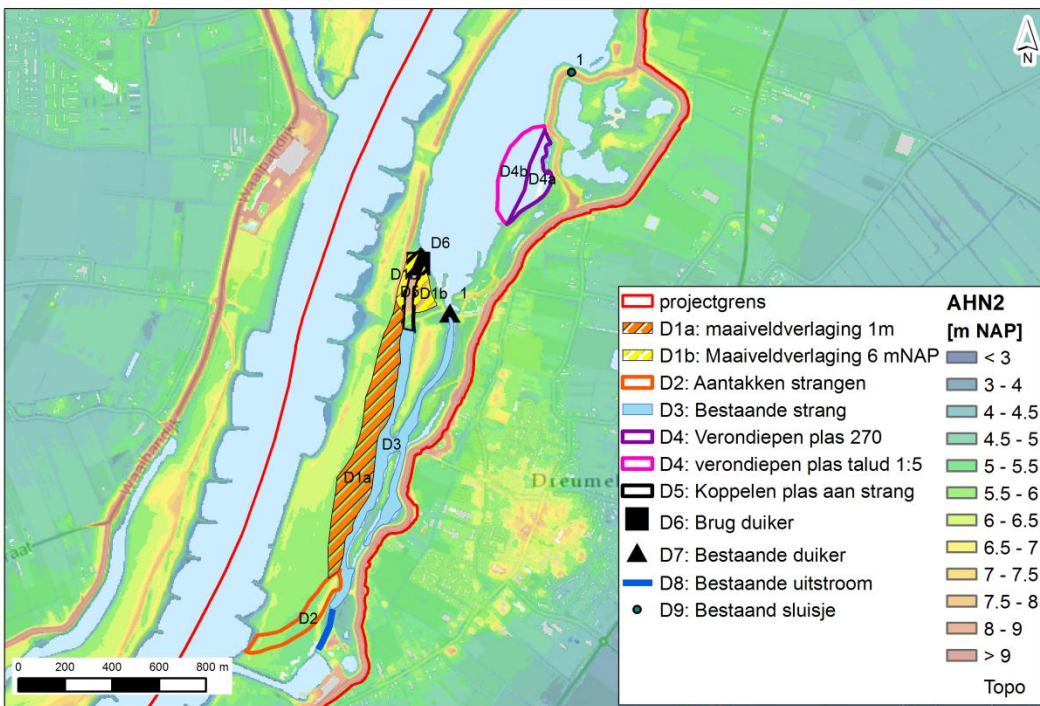


2.3.2 Dreumel

De maatregelen die in de uiterwaarden bij Dreumel voorzien zijn staan afgebeeld in afbeelding 2.3. Het gaat om de volgende maatregelen:

- plas dras situaties/slikkige oevers door deels verondiepen van de Vonkerplas (D4a en b);
- het aantakken van de plas bij Dreumel op de Waal (D5 en D2);
- maaiveldverlaging bij Dreumel (D1a en b).

Afbeelding 2.3 Maatregelen bij Dreumel

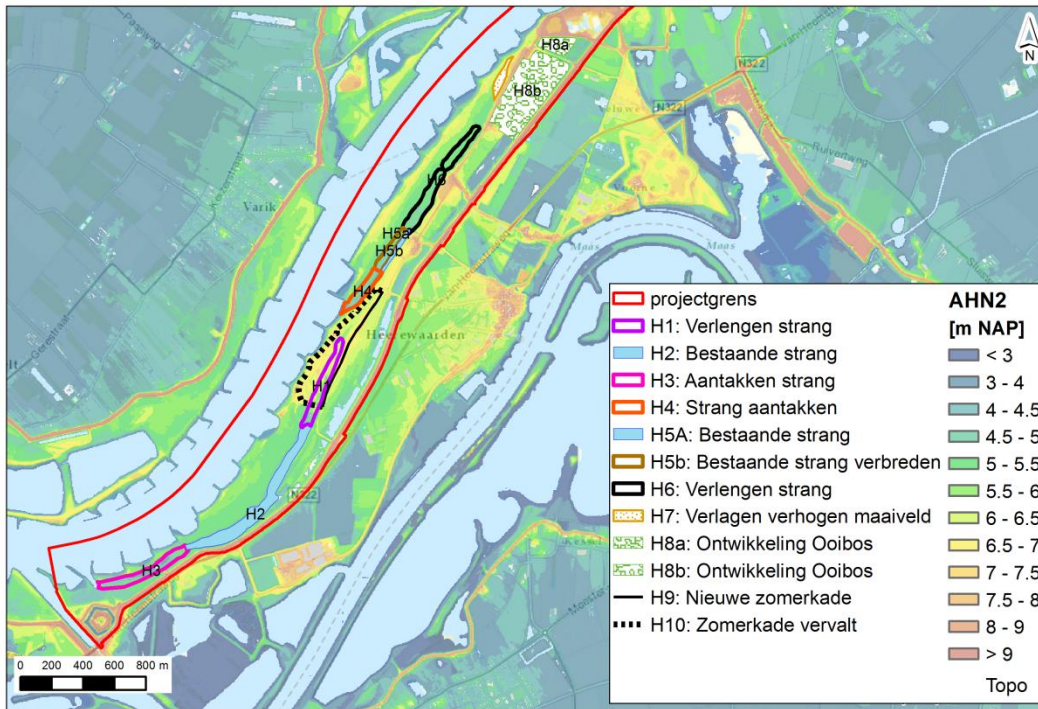


2.3.3 Heerewaarden

De maatregelen die in de uiterwaarden bij Heerewaarden voorzien zijn staan afgebeeld in afbeelding 2.4 Het gaat om de volgende maatregelen:

- oobosontwikkeling (ca. 15 ha) in de stroomluwte van Bato's Erf bij Heerewaarden (H8a en b);
- aantakken en vergroten bestaande geulen bij Heerewaarden (H1, H3, H4, H5b en H6);
- aanpassing (peilbeheer) in zomerpolders bij Heerewaarden (H9 en H10).

Afbeelding 2.4 Maatregelen bij Heerewaarden



2.3.4 Overzicht aanlegdieptes maatregelen

In tabel 2.1 is zijn de toekomstige hoogtes van de stangen en maaiveldafgravingen opgenomen.

Tabel 2.2 Diepte strangen en afgravingen

Locatie	Nummer	Maatregel	Diepte
Wamel	W1	geul benedenstrooms aantakken	bodemhoogte NAP +1,9 m
	W3	geul bovenstrooms aantakken	bodemhoogte NAP +2,0 m
	W5	maaiveldverlaging	afgraven 1 m
Dreumel	D1a	maaiveldverlaging	afgraven 1 m
	D1b	maaiveldverlaging depot	afgraven tot NAP +6 m
	D2	eenzijdig aantakken strangen	bodemhoogte NAP +1,6 m
	D4	verondiepen plas	NAP +2,7 m met 1:5 talud
	D5	koppelen plas aan strang	bodemhoogte NAP +1,6 m
Heerewaarden	H1	verlengen strang	bodemhoogte NAP +1,2 m
	H3	eenzijdig aantakken strang	bodemhoogte NAP +1,2 m

Locatie	Nummer	Maatregel	Diepte
	H4	eenzijdig aantakken strang	bodemhoogte NAP +1,4 m
	H5b	verbreden bestaande strang	bodemhoogte NAP +1,4 m
	H6	verlengen strang	bodemhoogte NAP +1,4 m

2.4 Maatregelen scenario 2

Scenario 2 bevat de maatregelen zoals in Scenario 1. Daarbij zijn echter mitigerende maatregelen opgesteld. Dit is gedaan omdat de maatregelen getoetst worden aan de eisen van het bevoegde waterschap (i.e. Waterschap Rivierenland). Deze eisen zijn beschreven in de volgende paragraaf 2.6. Indien de maatregelen uit Scenario 1 niet voldoen aan de gestelde eisen, kan bepaald worden of er wel voldaan wordt wanneer mitigerende maatregelen worden uitgevoerd.

Concreet betekent dit dat de motivatie van Scenario 2 enerzijds vermindering verdroging is door drempels aan te brengen in de strangen, en anderzijds vermindering van kwel door versmalling van de strangen. Deze maatregelen zijn hieronder toegelicht.

2.4.1 Mitigerende maatregel: aanbrengen drempels in strangen

Ook in Scenario 2 worden strangen eenzijdig aangetakt en een meestromende nevengeul aangebracht. Het verschil ten opzichte van Scenario 1 is dat er drempelwaarden zijn aangebracht in de strangen, waardoor de strangen niet te allen tijde meebewegen met het rivierpeil. Er komen drempels in alle strangen behalve in de strang bij Wamel want die is tweezijdig aangetakt.

Onderstaande tabel toont de drempelwaarden voor de verschillende strangen.

Tabel 2.3 drempels in strangen, drempelniveau en gemiddelde overschrijdingsduur

Maatregelnummer	Drempel	Drempelniveau (m+NAP)	Gemiddelde overschrijdingsduur (dagen/jaar)
H2 en H3	H3a	2,7	235
H1	H1a	5,0	35
H4 en H5	H4a	3,0	235
H6	H6a	4,7	60
Vonkerplas*	D6+bestaande duiker	3,68	180
D2, D3 en D5*	D2a	3,3	235
D9	D9 is de zomerpolder bij Dreumel. Hier wordt niets gewijzigd in de scenario's dus ook niets aangepast in het model		

* In D5 en Vonkerplas drempel niveau gelijk aan huidige (referentie) situatie.

2.4.2 Mitigerende maatregel: versmallen strangen

Een ander verschil ten opzichte van Scenario 1 is dat de strangen versmald zijn ten opzichte van het ontwerp in Scenario 1. In Scenario 1 worden strangen van circa 50 m breed voorzien. In Scenario 2 worden de strangen gemiddeld 28 m breed. Ook is het profiel aangepast ten opzichte van profiel in scenario 1. De bodemhoogtes blijven hetzelfde.

2.5 Overzicht verschillen scenario's

In tabel 2.4 zijn de maatregelen uit beide scenario's beknopt beschreven.

Tabel 2.4 Vergelijking scenario's

Locatie	Nummer	Maatregel	Kenmerken maatregel in Scenario 1	Verandering maatregel in Scenario 2 t.o.v. Scenario 1
Wamel	W1	geul benedenstrooms aantakken	bodemhoogte NAP +1,9 m	versmallen geul
	W3	geul bovenstrooms aantakken	bodemhoogte NAP +2,0 m	versmallen geul
	W5	maaiveldverlaging	afgraven 1 m	gelijk aan scenario 1
Dreumel	D1a	maaiveldverlaging	afgraven 1 m	gelijk aan scenario 1
	D1b	maaiveldverlaging depot	afgraven tot NAP +6 m	gelijk aan scenario 1
	D2	aantakken strangen	bodemhoogte NAP +1,6 m	versmallen geul + aanbrengen drempel
	D4	verondiepen plas	NAP +2,7 m met 1:5 talud	gelijk aan scenario 1
	D5	koppelen plas aan strang	bodemhoogte NAP +1,6 m	versmallen geul + aanbrengen drempel
Heerewaarden	H1	verlengen strang	bodemhoogte NAP +1,2 m	versmallen geul + aanbrengen drempel
	H3	aantakken strang	bodemhoogte NAP +1,2 m	versmallen geul + aanbrengen drempel
	H4	aantakken strang	bodemhoogte NAP +1,4 m	versmallen geul + aanbrengen drempel
	H5b	verbreden bestaande strang	bodemhoogte NAP +1,4 m	versmallen geul + aanbrengen drempel
	H6	verlengen strang	bodemhoogte NAP +1,4 m	versmallen geul + aanbrengen drempel

2.6 Eisen waterschap Rivierenland

De effecten van de maatregelen moeten getoetst worden aan de eisen van Waterschap Rivierenland.

In het document 'Richtlijn kwel en wegzijging' van waterschap Rivierenland is beschreven hoe ingrepen in het (grond)watersysteem gekwantificeerd dienen te worden. Bij de ruimtelijke ontwikkeling nevengeul wordt als minimaal benodigde berekening een semi 3d-niet-stationaire berekening vereist.

In deze studie wordt gebruik gemaakt van het MORIA grondwatermodel, welke instationair wordt doorgerekend. Daarmee wordt aan de minimaal benodigde berekening volgens waterschap Rivierenland voldaan.

De toetscriteria waarop het waterschap ruimtelijke ingrepen toetst staan ook beschreven in de richtlijn. In onderstaand kader zijn de toetscriteria overgenomen zoals opgenomen in [ref. 5].

Toetscriteria waterschap Rivierenland bij ruimtelijke ingrepen [ref. 5.]

'Ruimtelijke ontwikkelingen moeten (grond)waterneutraal worden ontwikkeld. Daarom is het nodig de effecten in beeld te brengen. Effecten kunnen er zijn op grondwaterstanden en/of aan- en afvoerbehoeftes. Hoewel het waterschap niet direct verantwoordelijk is voor de grondwaterstand adviseren we wel hierover. Indien er sprake is van negatieve effecten dienen mitigerende maatregelen te worden genomen.

Voor de effecten op het peilbeheer en de aan- en afvoer is het waterschap wel verantwoordelijk en stellen we daaraan ook eisen. Alleen als de initiatiefnemer zich maximaal heeft ingespannen om de effecten te beperken en er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang om tot uitvoering te komen zijn compenserende maatregelen toegestaan.

In principe moet elke verslechtering ten aanzien van kwel of wegzijging worden gemitigeerd en/of gecompenseerd. Indien het effect beperkt is (< 2 %), een beperkt gebied beslaat, er geen wateropgave is en er geen kwetsbare functies aanwezig is, kan mitigatie achterwege blijven. In de meeste gevallen is dan nog steeds compensatie nodig. Alleen bij kleine toenames (in m³/dag) en/of beperkte mogelijkheden om compensatie uit te voeren, kan compensatie achterwege blijven (bekende trits!).

Samenvattend

- (grond)waterneutraal!
- kwelverandering max. 2 %;
- grondwaterstandsveranderingen van max. 5 cm. In veenweidegebieden 2 cm;
- veranderende aan- en/of afvoerdebieten altijd compenseren door extra berging.'

In het volgende hoofdstuk is eerst het functioneren van het watersysteem bij de deelgebieden beschreven. Vervolgens is in hoofdstuk 5 het grondwatermodel beschreven waarmee de effecten van de ingrepen op de grondwaterstand en fluxen is berekend.

3

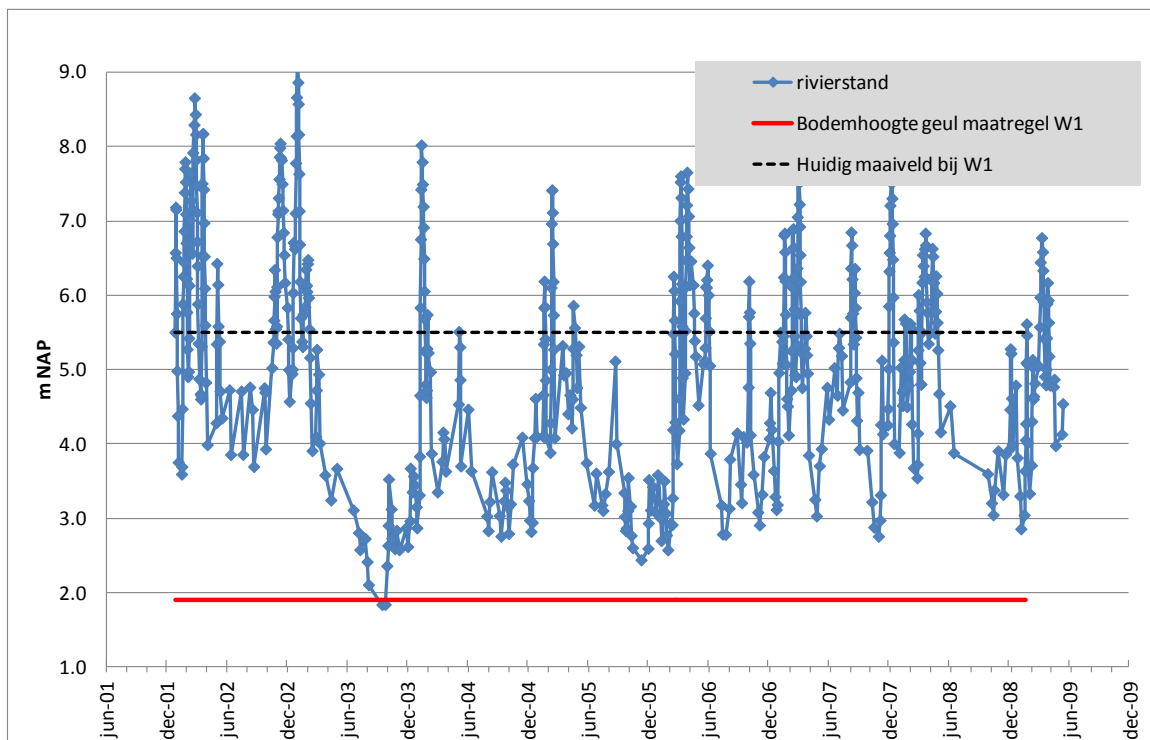
WATERHUISHOUDING

In dit hoofdstuk is per deelgebied het waterhuishoudkundig functioneren in de huidige en toekomstige situatie beschreven.

3.1 Wamel

Behalve maatregel W6 (bosontwikkeling) liggen de maatregelen bij Wamel buiten de zomerkade. Bij hogere Waalpeilen inundeert het gebied in de huidige situatie geleidelijk. De bodemhoogtes van de nieuwe strangen liggen dermate laag ten opzicht van de rivierstanden, dat de strangen te allen tijde verbonden worden met de Waal. Afbeelding 3.1 laat dit zien voor de strang W1.

Afbeelding 3.1 Rivierstand in relatie tot toekomstige bodemhoogte strang W1



Dit betekent dat in de toekomstige situatie de strang het Waalpeil volgt. In tabel 3.1 is per maatregel het huidige en toekomstige functioneren beschreven.

Tabel 3.1 Waterhuishouding Wamel

Locatie	Maatregel	Verandering (drempel)hoogte	Huidig functioneren	Toekomstig functioneren
W1	geul benedenstrooms aantakken	bodemhoogte NAP +1,9 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
W2	bestaande geul	gelijk aan huidig	alleen bij inundatie aangetakt aan de rivier	altijd verbonden met rivier
W3	geul bovenstrooms aantakken	bodemhoogte NAP +2,0 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
W5	maaiveldverlaging	afgraven 1 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld (ca. NAP +6,6 m)	inundeert bij rivierstanden hoger dan nieuw maaiveld (ca. NAP +5,6 m)

3.2 Dreumel

De locaties van maatregelen D1 t/m D5 bij Dreumel liggen buiten de zomerkade. Bij hogere Waalpeilen stroomt het gebied in de huidige situatie geleidelijk onder. De bodemhoogtes van de nieuwe strangen liggen dermate laag ten opzicht van de rivierstanden, dat de strangen te allen tijde verbonden worden met de Waal. Door de maatregelen wordt de Vonkerplas ook verbonden met de rivier. Aan de oostzijde wordt een deel van de plas verontdiept met vrijkomende grond. Dit heeft geen effect op het waterhuishoudkundig functioneren van de plas.

In tabel 3.2 is per maatregel het huidig en toekomstig functioneren beschreven.

Tabel 3.2 Waterhuishouding Dreumel

Locatie	Maatregel	Verandering (drempel)hoogte	Huidig functioneren	Toekomstig functioneren
D1a	maaiveldverlaging	afgraven 1 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld (ca. NAP +5,7 m)	inundeert bij rivierstanden hoger dan nieuw maaiveld (ca. NAP +4,7 m)
D1b	maaiveldverlaging depot	afgraven tot NAP +6 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld (ca. NAP +8 m)	inundeert bij rivierstanden hoger dan nieuw maaiveld (ca. NAP +6 m)
D2	aantakken strangen	bodemhoogte NAP +1,6 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
D3	bestaande strang		verbonden met rivier via uitstroomvoorziening. Hoogte van deze voorziening is NAP +3,30 m. In huidige situatie doet strang mee met Waal bij peil > NAP +3,30 m	altijd verbonden met rivier
D5	koppelen plas aan strang	bodemhoogte NAP +1,6 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
Vonker plas	verondiepen	bodemhoogte locatie verondiepen: NAP +2,7 m met 1:5 talud	Vonkerplas is verbonden met bestaande strang via duiker. Hoogte is NAP +3,68 m. In huidige situatie doet strang mee met Waal bij peil > NAP +3,68 m	altijd verbonden met rivier

3.3 Heerewaarden

De locaties van maatregelen H2 t/m H6 bij Heerewaarden liggen buiten de zomerkade. Bij hogere Waalpeilen stroomt het gebied in de huidige situatie geleidelijk onder. De bodemhoogtes van de nieuwe strangen ligt dermate laag ten opzicht van de rivierstanden, dat de strangen te allen tijde verbonden worden met de Waal. In de uiterwaard bij Heerewaarden is een zomerpolder gelegen. Deze wordt in de huidige situatie begrensd door de zomerkade (zie maatregel H10 in afbeelding 2.4). Deze zomerkade wordt in de toekomstige situatie ca. 170 m naar het zuidoosten verlegt (zie maatregel H9 in afbeelding 2.4).

In tabel 3.3 is per maatregel het huidig en toekomstig functioneren beschreven.

Tabel 3.3 Waterhuishouding Heerewaarden

Locatie	Maatregel	Toekomstige hoogte	Huidig functioneren	Toekomstig functioneren
H1	verlengen strang	bodemhoogte NAP +1,2 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
H2	bestaande strang		bij inundatie verbonden met de rivier	altijd verbonden met rivier
H3	aantakken strang	bodemhoogte NAP +1,2 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
H4	aantakken strang	bodemhoogte NAP +1,4 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
H5b	verbreden bestaande strang	bodemhoogte NAP +1,4 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
H6	verlengen strang	bodemhoogte NAP +1,4 m	inundeert bij rivierstanden hoger dan huidig maaiveld	altijd verbonden met rivier
H9/H10	verplaatsen zomerkade		<ul style="list-style-type: none"> - winter (1dec-1apr): gebied is verbonden met de Waal via duiker met drempel op NAP +4,4 m; - zomer (1apr-1dec) is het inlaatwerk dicht en wordt het water gekeerd tot een hoogte van NAP +6,67 m; - zomerhoogwater: bij hoge waterstand wordt de inlaat in de zomerkade geopend, om erosie van de zomerkade te voorkomen. 	de verplaatsing van de zomerkade heeft geen effect op het waterhuishoudkundig functioneren in hoog- en laagwatersituatie (T=10)

4

MODELCONTROLE

4.1 Modelversie

De berekeningen zijn uitgevoerd met de meest recente versie van het MORIA model, versie 2.2. Door Witteveen+Bos zijn in voorgaande projecten lokaal verbeteringen aangebracht aan dit model. Voor het project Land van Maas en Waal is de schematisatie van de zandwinplassen verbeterd, zijn verticale damwandschermen in waterkeringen ingevoerd en zijn de waterlopen in het Land van Maas en Waal gecontroleerd en verbeterd op infiltreren/draineren. Vervolgens zijn in hetzelfde model voor het peilbesluit Quarles van Ufford de peilen in dit peilgebied geactualiseerd [ref. 2.].

Dit model wordt in dit rapport aangeduid als basismodel.

4.2 Modelperiode

De te modelleren periode voor de verschillende scenario is 2000-2009 zodat zowel T10 hoogwater als T10 laagwatersituaties zijn meegenomen. In [ref. 5.] is 2003 als maatgevend jaar gedefinieerd voor het vaststellen van de effecten van ruimtelijke ingrepen op de grondwaterstand en fluxen. Dit jaar valt binnen de gekozen modelperiode.

4.3 Modelgebied

Er is gerekend met een uitsnede uit MORIA v2.2, met tijdsafhankelijke stijghoogten aan de randen van het deelmodel. Het modelgebied is zo gekozen dat de randen op voldoende afstand van de maatregelen liggen, zodat de randen niet van invloed zijn op de effectberekeningen. Het modelgebied meet 18 bij 16 kilometer. Afbeelding 4.1 toont het modelgebied in relatie tot het projectgebied. De modellen worden doorgerekend met modelcellen van 50x50 m. Er is niet gerekend op 25x25m vanwege de rekenduur.

Afbeelding 4.1 modelgebied

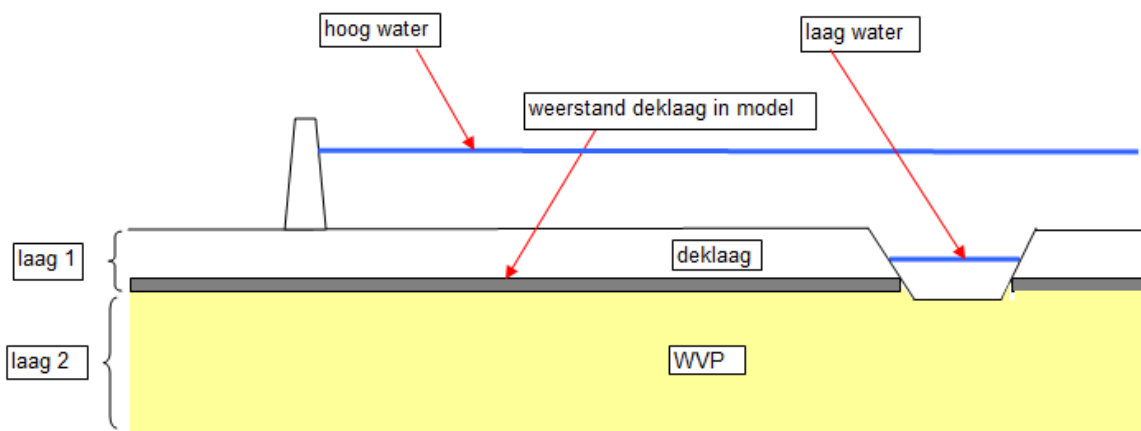


4.4 Modelschematisatie

In onderstaande afbeelding is de modelschematisatie in MORIA v2.2 toegelicht. Modellaag 1 stelt de toplaag (deklaag) voor. De deklaag wordt gekenmerkt door een lage horizontale doorlatendheid en een verticale weerstand. Grondwaterstroming is met name vertikaal gericht. Modelmatig bevindt de gehele weerstand van de deklaag zich tussen modellaag 1 en 2. Modellaag 2 representeert het bovenste deel van het onderliggend watervoerend pakket.

Ter hoogte van de Waal is de weerstand van de deklaag klein in het model (c-waarde L1 is 2 dagen), omdat de Waal in direct contact staat met het onderliggende watervoerend pakket.

Afbeelding 4.2 Modelschematisatie uiterwaard



4.5 Controle modelprestatie basismodel

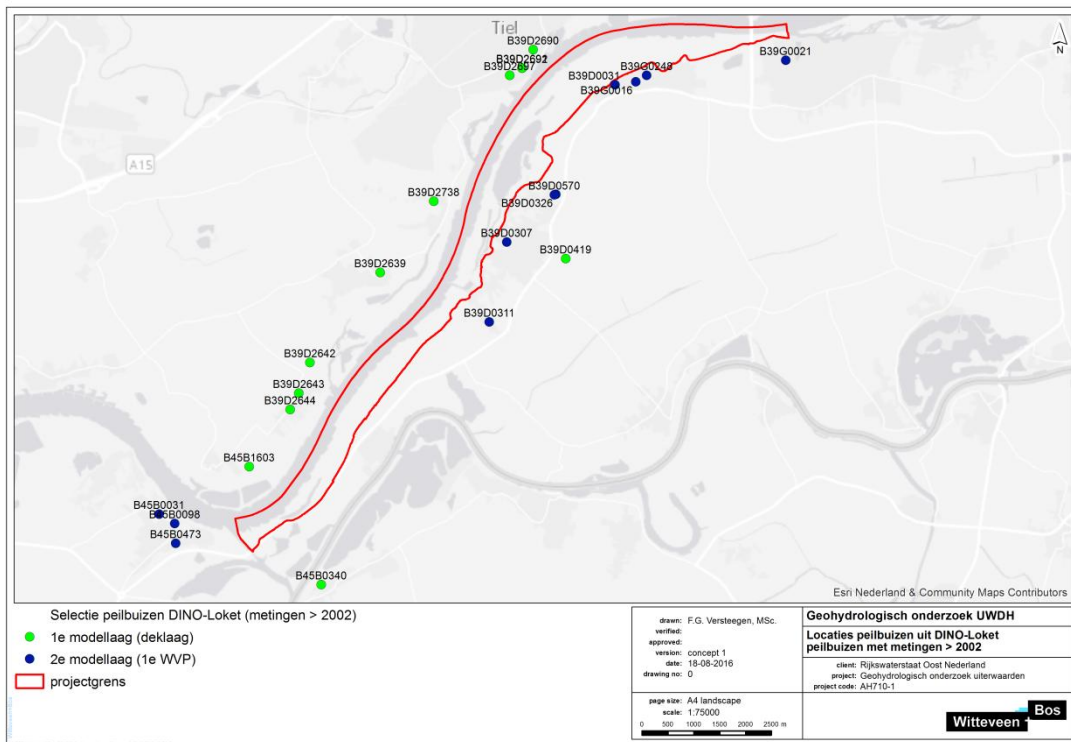
Dit hoofdstuk beschrijft de controle van de gemeten en berekende grondwaterstanden en stijghoogte aan de hand van peilbuiswaarnemingen (binnendijks en buitendijks).

4.5.1 Peilbuizen DINO-Loket

Voor de controle van de berekende grondwaterstanden en stijghoogtes is een selectie gemaakt van de beschikbare peilbuizen uit het DINO-Loket [zie ref. 3.]. Peilbuizen die in de omgeving van de uiterwaarden liggen en waarvan het laatste meetjaar na 2002 geweest is, zijn meegenomen bij de controle. Afbeelding 4.3 toont de geselecteerde peilbuizen. Deze afbeelding is ook opgenomen als bijlage I.

Uit de afbeelding volgt dat er ter hoogte van de uiterwaarden van Wamel, Dreumel en Heerewaarden beperkt peilbuizen beschikbaar zijn. Merendeel van de beschikbare peilbuizen is gelegen aan de andere kant van de Waal. In de uiterwaarden zelf zijn geen peilbuizen beschikbaar.

Afbeelding 4.3 Selectie peilbuizen DINO-Loket in directe omgeving uiterwaarden



In bijlage II zijn de meetreeksen van de peilbuizen weergegeven. In de tijdstijghoogtegrafieken zijn eveneens de berekende grondwaterstand en stijghoogte van het MORIA v2.2 model weergegeven zoals berekend door het basismodel zoals beschreven in paragraaf 4.1. In dit model zijn geen verdere aanpassingen ingevoerd.

4.5.2 Controle peilbuizen deklaag

De peilbuizen waarvan het filter in de deklaag staan presteren wisselend. Er is aan de zijde van Wamel/Dreumel/Heerewaarden slechts één peilbuis beschikbaar waarin de grondwaterstand in de deklaag gemeten wordt. Deze presteert redelijk goed. De grondwaterstand wordt goed berekend, alleen zakt in

droge tijden de berekende grondwaterstand minder ver uit dan berekend. In onderstaande tabel is per peilbuis aangegeven hoe de prestatie is.

Tabel 4.1 Vergelijking meetreeks peilbuis met berekende grondwaterstand - peilbuizen modellaag 1

Peilbuis	Prestatie model t.o.v. gemeten grondwaterstand	Mogelijke verklaring eventuele afwijking
B39D0419	Grondwaterstand wordt goed berekend. Alleen in zeer droge situatie (2003) zakt de berekende grondwaterstand niet voldoende uit.	-
B39D2639	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-
B39D2642	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-
B39D2643	Grondwaterstand wordt te laag berekend (circa 80 cm).	Peilbuis circa 50 m van watergang. In het model ligt watergang dichterbij. Daardoor in peilbuis meer opbolling dan in het model berekend. Dit kan ook te maken hebben met schaaffecten. Het MORIA v2.2 model heeft een resolutie van 25 m. Een peilbuis op 50 m van een watergang is daarom geen geschikte buis om op te valideren.
B39D2644	Grondwaterstand te laag berekend (circa 40 cm).	Peilbuis gelegen in bebouwd gebied, dat iets hoger gelegen is. In model is deze locatie lager gelegen en is een watergang dichterbij geschematiseerd.
B39D2690	Grondwaterstand flink te laag berekend (2 m verschil).	Peilbuis ligt midden in centrum Tiel. Ter plaatse van bebouwd gebied kunnen grote verschillen ontstaan tussen berekende en gemeten grondwaterstanden. Mogelijk is er in de praktijk meer infiltratie dan dat er in het model berekend is.
B39D2691	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-
B39D2697	Berekende grondwaterstand lijkt verder uit te zakken dan gemeten grondwaterstand. Echter de meetreeks van de peilbuis is relatief kort.	-
B39D2738	Grondwaterstand te laag berekend (circa 50 cm). Dynamiek wel goed berekend.	Peilbuis in model in cel met watergang gelegen. In werkelijkheid circa 15 m afstand van watergang.
B45B0340	Peilbuis circa 2 m te laag berekend.	Peilbuis in model lager gelegen. In praktijk ligt de peilbuis hoger. Peilbuis ligt in model nabij water.
B45B1603	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-

4.5.3 Controle peilbuizen bovenin 1^e WVP

De berekende grondwaterstand in modellaag 2 komt over het algemeen goed overeen met de gemeten grondwaterstand in de peilbuizen met een filterdiepte overeenkomend met de 2^e modellaag. Ook hiervoor geldt dat het uitzakken van de grondwaterstand in droge periodes niet goed wordt berekend. Dit kan mogelijk veroorzaakt worden doordat in werkelijkheid de rivier meer ontwaterd dan wat er met het model berekend wordt. Dit zou dan duiden op een te hoge intreeweerstand van de rivier. De berekende grondwaterstanden blijven hoger dan de gemeten grondwaterstanden. In onderstaande tabel is per peilbuis aangegeven hoe de prestatie is.

Tabel 4.2 Vergelijking meetreeks peilbuis met berekende grondwaterstand - peilbuizen modellaag 2

Peilbuis	Verschil berekende waarde t.o.v. gemeten waarde	Mogelijke verklaring
B39D0326	Grondwaterstand wordt goed berekend. Alleen in zeer droge situatie (2003) zakt de berekende grondwaterstand niet voldoende uit.	-
B39D0570	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-
B39D2692	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-
B39G0248	Grondwaterstand wordt goed berekend. Al lijken de maxima iets onderschat te worden met het model.	Mogelijk verbeterd dit als weerstand in uiterwaarden wordt aangepast. Te weinig dynamiek in de berekende grondwaterstanden kan worden veroorzaakt door te weinig interactie met de rivieren of te grote bergingscoëfficiënt.
B45B0098	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-
B45B0340	Structureel niveau van grondwaterstand is iets te hoog. De pieken zijn iets te laag.	Mogelijk verbeterd dit als weerstand in uiterwaarden wordt aangepast.

4.5.4 Controle peilbuizen middenin 1^e WVP

De extremen (hoge en lage stijghoogten) worden niet goed berekend door het MORIA v2.2 model. De gemiddelde stijghoogte komt wel goed overeen met de gemeten waarden in de peilbuizen. Maar extreme fluctuatie wordt door het model niet goed berekend. Dit kan mogelijk verbeterd worden door een aanpassing van de bergingscoëfficiënt. In onderstaande tabel is per peilbuis aangegeven hoe de prestatie is.

Tabel 4.3 Vergelijking meetreeks peilbuis met berekende grondwaterstand - peilbuizen modellaag 5

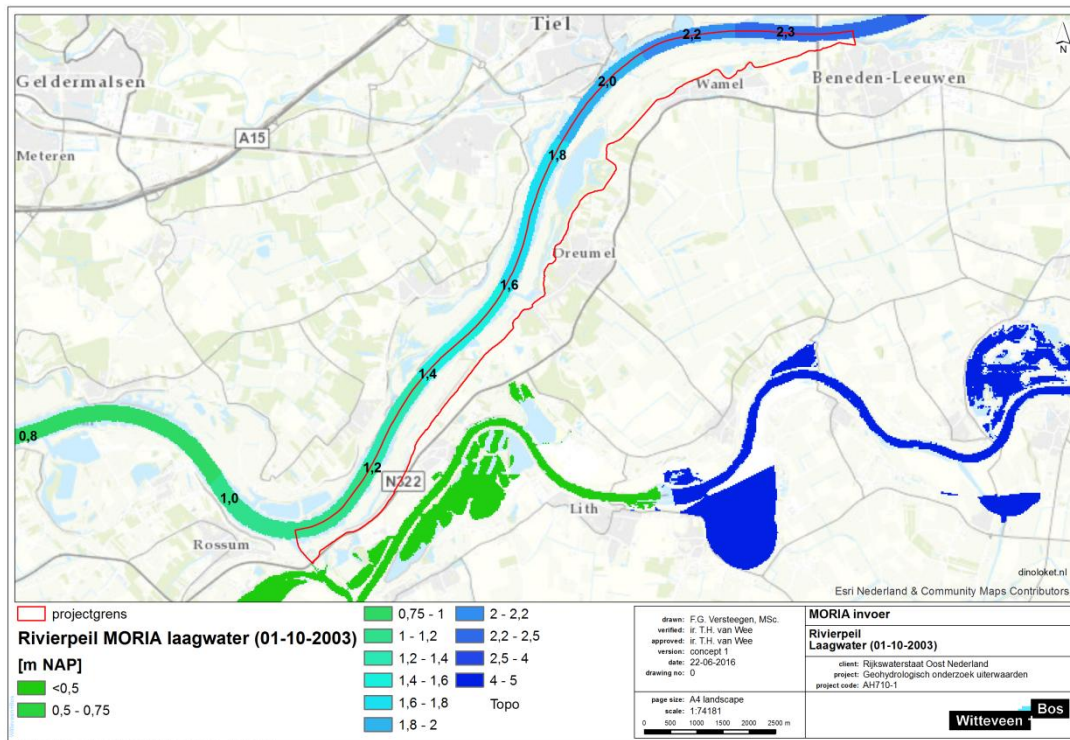
Peilbuis	Verschil berekende waarde t.o.v. gemeten waarde	Mogelijke verklaring
B39D0031	Fluctuatie wordt te gering berekend. Pieken goed berekend. Uitzakken in model te gering.	-
B39D0307	Fluctuatie wordt te gering berekend. Pieken goed berekend. Uitzakken in model te gering.	-
B39D0311	Fluctuatie wordt te gering berekend. Pieken goed berekend. Uitzakken in model te gering.	-
B39G0016	Fluctuatie wordt te gering berekend. Pieken goed berekend. Uitzakken in model te gering.	-
B39G0021	Fluctuatie wordt te gering berekend. Pieken goed berekend. Uitzakken in model te gering.	-
B45B0031	Pieken worden overschat door model.	-
B45B0340	Structureel niveau van grondwaterstand is iets te hoog. De pieken zijn iets te laag.	-
B45B0473	Grondwaterstand wordt goed berekend.	-

4.6 Controle inundatie rivieren

4.6.1 Rivierpeil

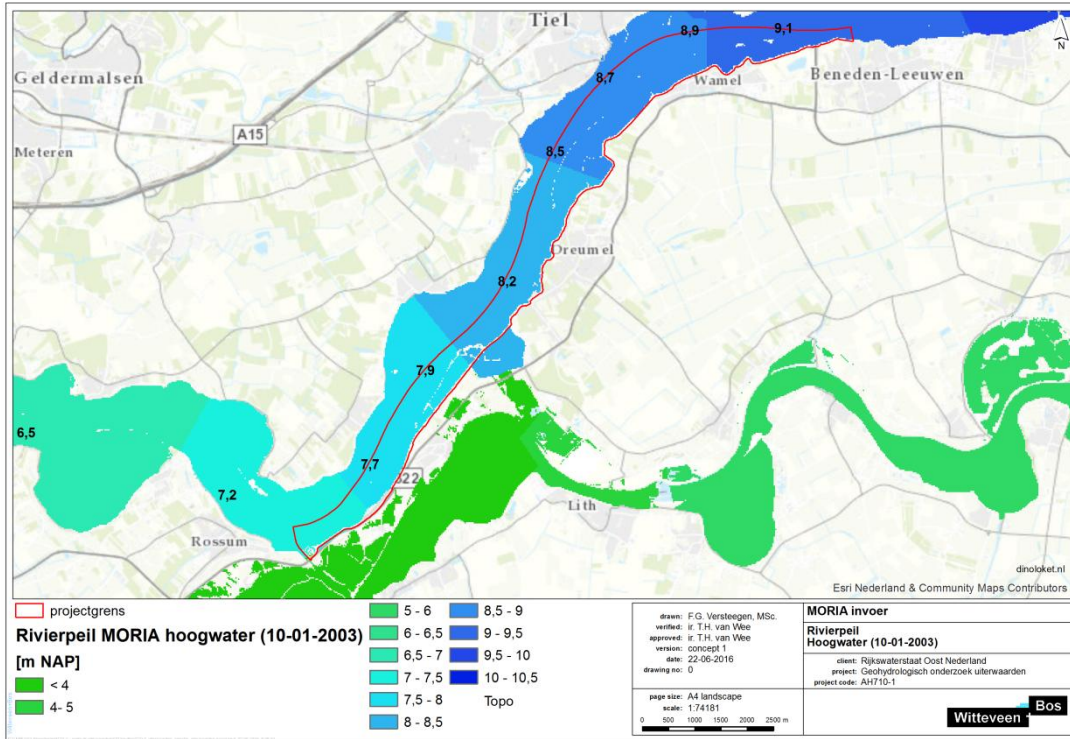
Afbeelding 4.4 toont het rivierpeil op 1 oktober 2003 zoals ingevoerd in het MORIA v2.2 model. Het peil varieert in het projectgebied van NAP +2,3 m ter hoogte van Beneden-Leeuwen, tot NAP +1,0 m ter hoogte van Rossum. De rivier beslaat in deze situatie het zomerbed, en is circa 260 tot 300 m breed.

Afbeelding 4.4 Rivierpeil in laagwatersituatie



Afbeelding 4.5 toont het rivierpeil op 10 januari 2003 zoals ingevoerd in het MORIA v2.2 model. In deze situatie varieert het rivierpeil langs het projectgebied van maximaal NAP +9,1 m tot NAP +7,2 m. Het winterbed is circa 1.000 m tot maximaal 2.000 m breed. De rivier vult in deze situatie volledig de uiterwaarden. Opvallend is dat de rivier in een hoogwatersituatie een deel van het binnendijkse gebied ten zuiden van Heerewaarden inundeert. Dit gebied maakt onderdeel uit van het peilbesluit Bommelerwaard en zal in werkelijkheid niet inunderen bij hoogwater. Dit is daarom aangepast.

Afbeelding 4.5 Rivierpeil in hoogwatersituatie (binnendijks gebied ten zuiden van Heerewaarden)



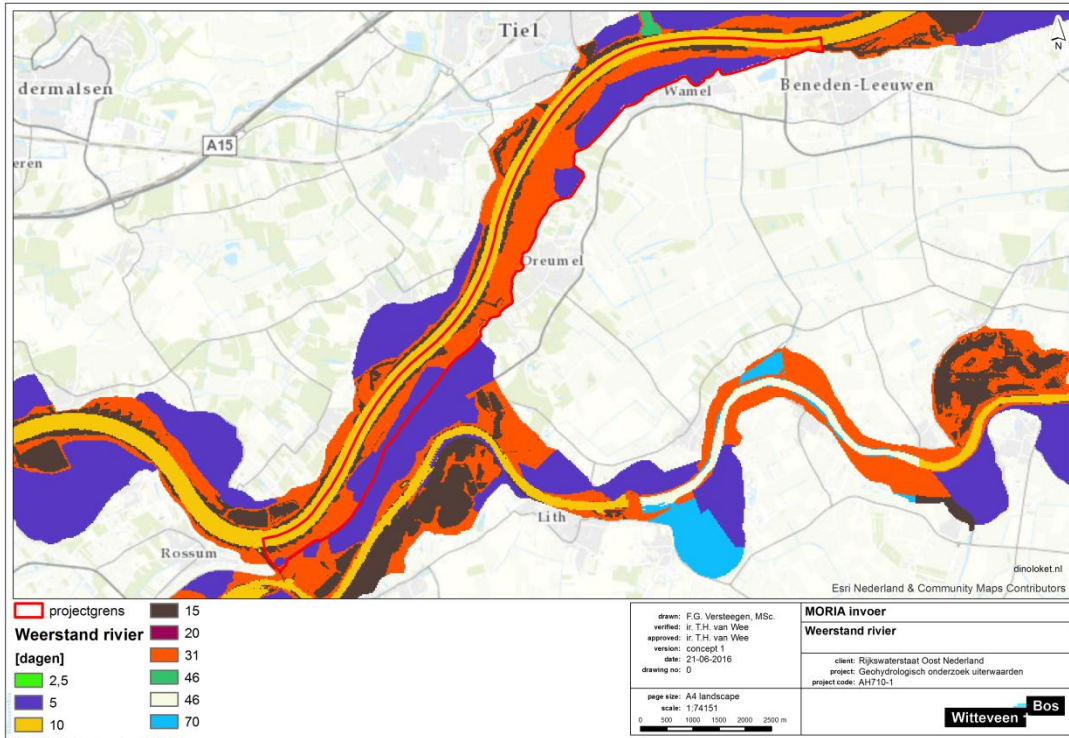
4.6.2 Weerstand rivierbodembodem

In MORIA v2.2 is de bodemweerstand van de rivier meegenomen in de river conductance. De bodemweerstand is als volgt in het basismodel:

- riviergeul: 10 dagen;
- zomerpolders in uiterwaarden: 30 dagen;
- overige uiterwaarden: 5 dagen;
- enkele zandwinplassen: 15 dagen.

Afbeelding 4.6 toont de weerstand zoals ingevoerd in het basismodel. Uit de afbeelding blijkt dat het deel aan de zuidkant van Heerewaarden als rivier gemodelleerd is. Hier wordt in een hoogwatersituatie ook een peil toegekent, waardoor dit binnendijkse gebied als rivier is gemodelleerd. Dit zal worden aangepast in het model waarmee de referentiesituatie wordt doorgerekend.

Afbeelding 4.6 Weerstand rivier in MORIA v2.2 model



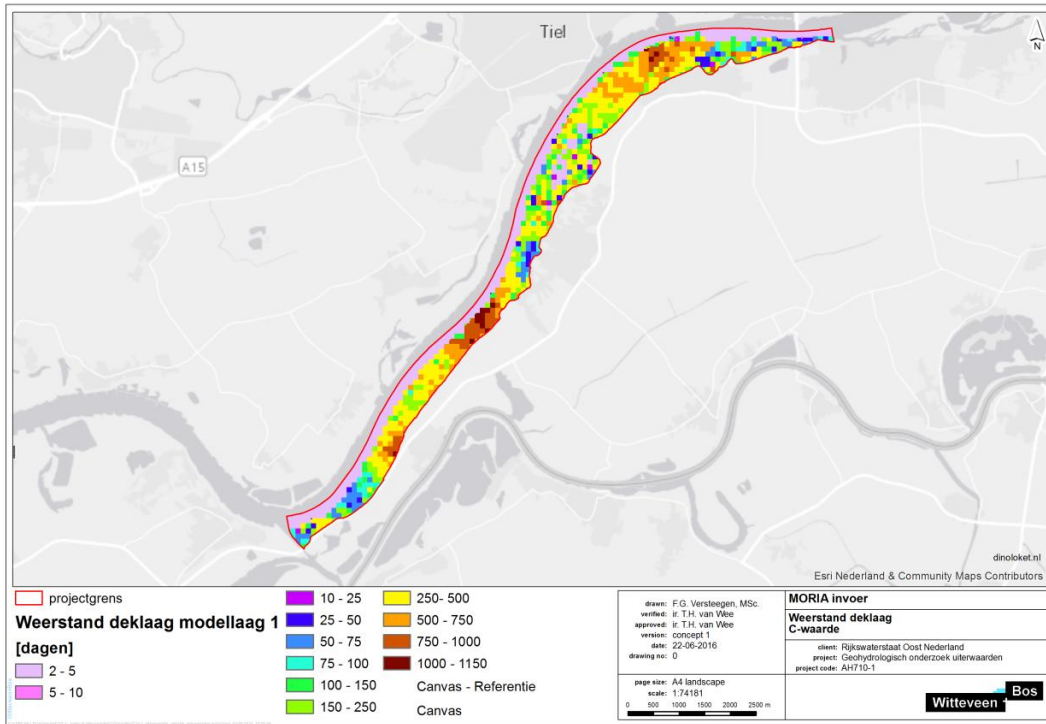
4.7 Controle deklaagweerstand aan kleidiktekaart

De bodemopbouw in de uiterwaard bestaat uit een kleiige toplaag waaronder matig fijn tot grof zand aangetroffen. De aanvankelijke dikte van de kleiige toplaag is van belang voor het bepalen van het effect van de uiterwaard vergravingen. Er is een controle van de deklaagweerstand in de uiterwaarden rond de ingrepen uitgevoerd aan de hand van de beschikbare kleidiktekaart [ref. 4.].

4.7.1 Initiële deklaagweerstand basismodel

Afbeelding 4.7 toont de weerstand van de deklaag (modellaag 1) zoals deze is opgenomen in het MORIA v2.2 model. Alleen de weerstand binnen het projectgebied is weergegeven. De weerstand varieert van minimaal 2 dagen tot maximaal circa 1.150 dagen.

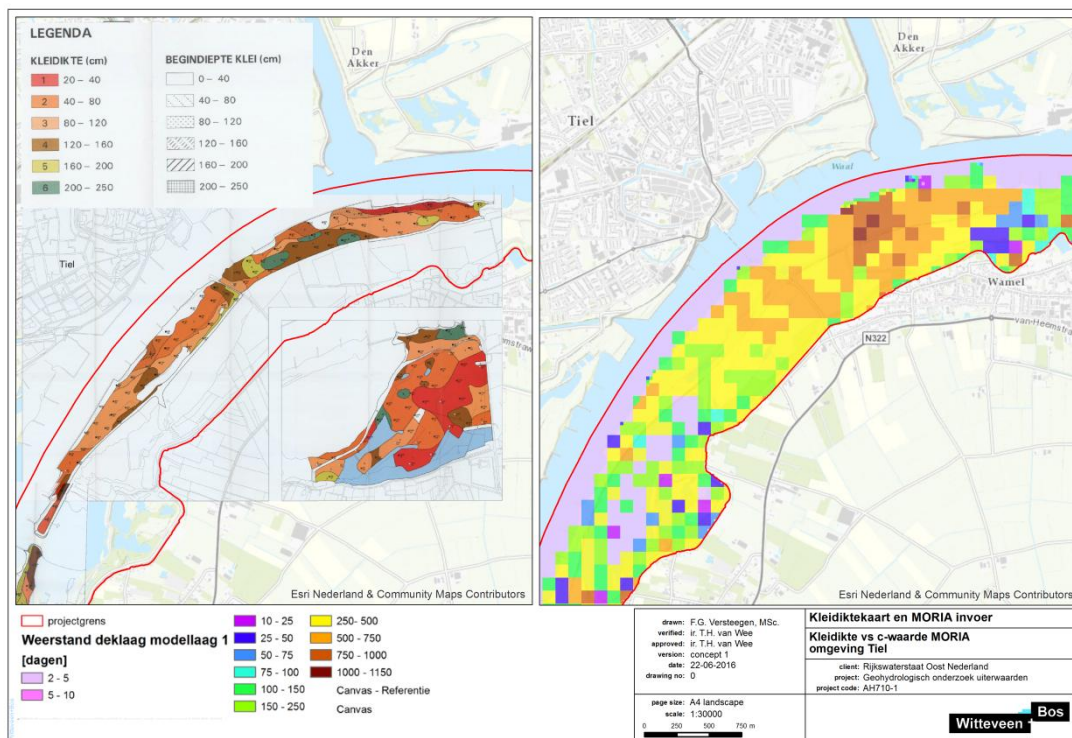
Abbeelding 4.7 Weerstand deklaag modellaag 1 binnen projectgebied



4.7.2 Vergelijking kleidiktekaart met MORIA v2.2 model

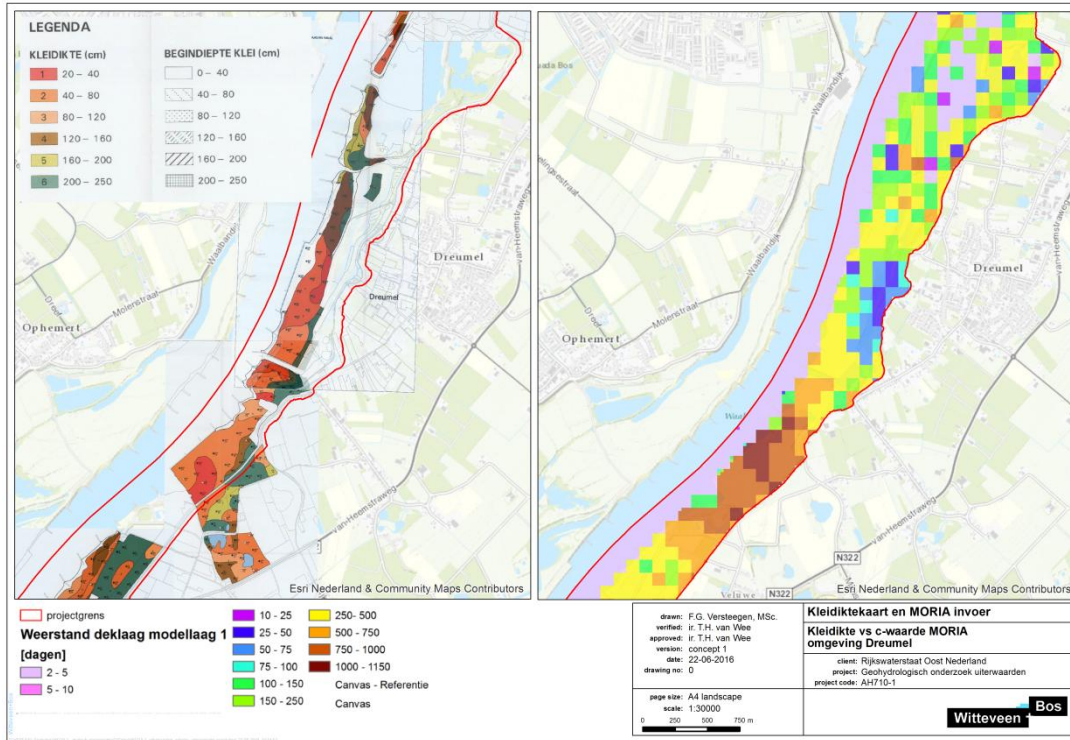
In afbeelding 4.8 tot en met afbeelding 4.10 is de kleidiktekaart naast de c-waarde uit MORIA v2.2 weergegeven. Onder de afbeeldingen zijn de bevindingen beschreven.

Abbeelding 4.8 Kleidiktekaart in vergelijking met c-waarden deklaag - omgeving Wamel



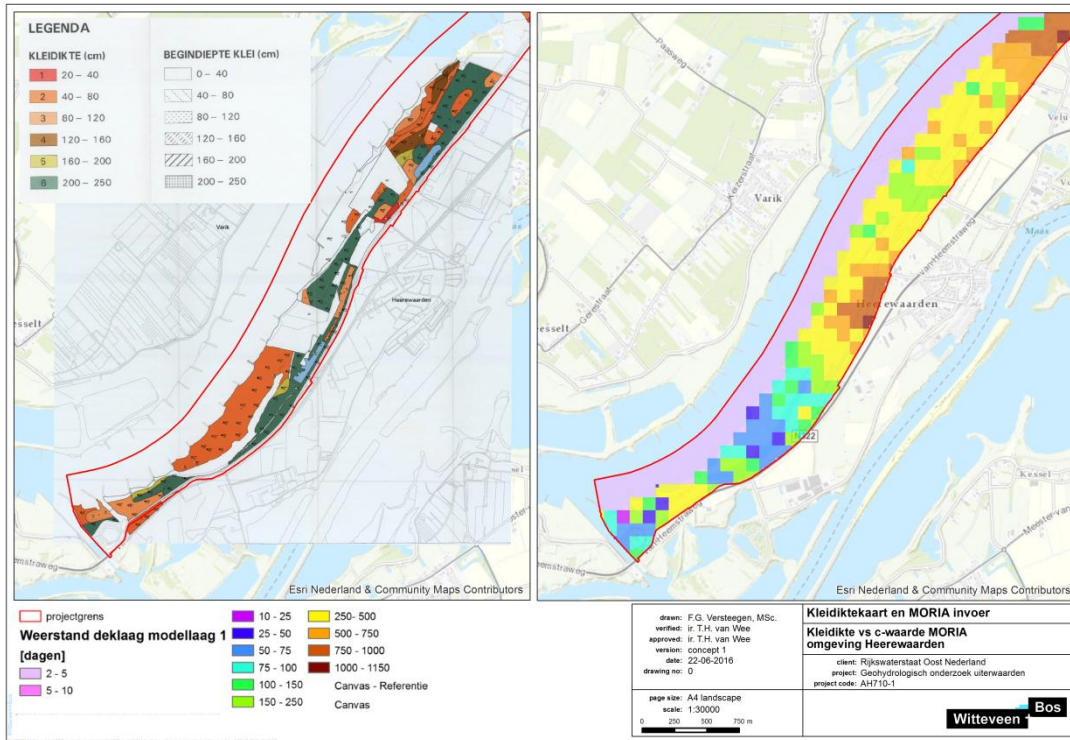
In het deel waar een kleidikte van > 1m dikte wordt aangegeven is hogere verticale weerstand te zien. Dit komt redelijk overeen. Verder is in het model gemiddeld een weerstand van circa 500 dagen aangegeven. Bij een weerstand van 1.000 dagen/meter komt dit overeen met circa 0,5 m klei. De kleidiktekaart laat voornamelijk een dikte van 40 cm tot 120 cm zien. Dit lijkt dus redelijk overeen te komen.

Afbeelding 4.9 Kleidiktekaart in vergelijking met c-waarden deklaag - omgeving Dreumel



Opvallend is het gebied waar in de kleidiktekaart een rode zone is aangegeven (kleidikte van circa 20 tot 40 cm). In MORIA v2.2 wordt hier juist een hoge weerstand (>1.000 dagen) aan het model toegekend.

Afbeelding 4.10 Kleidiktekaart in vergelijking met c-waarden deklaag - omgeving Heerewaarden



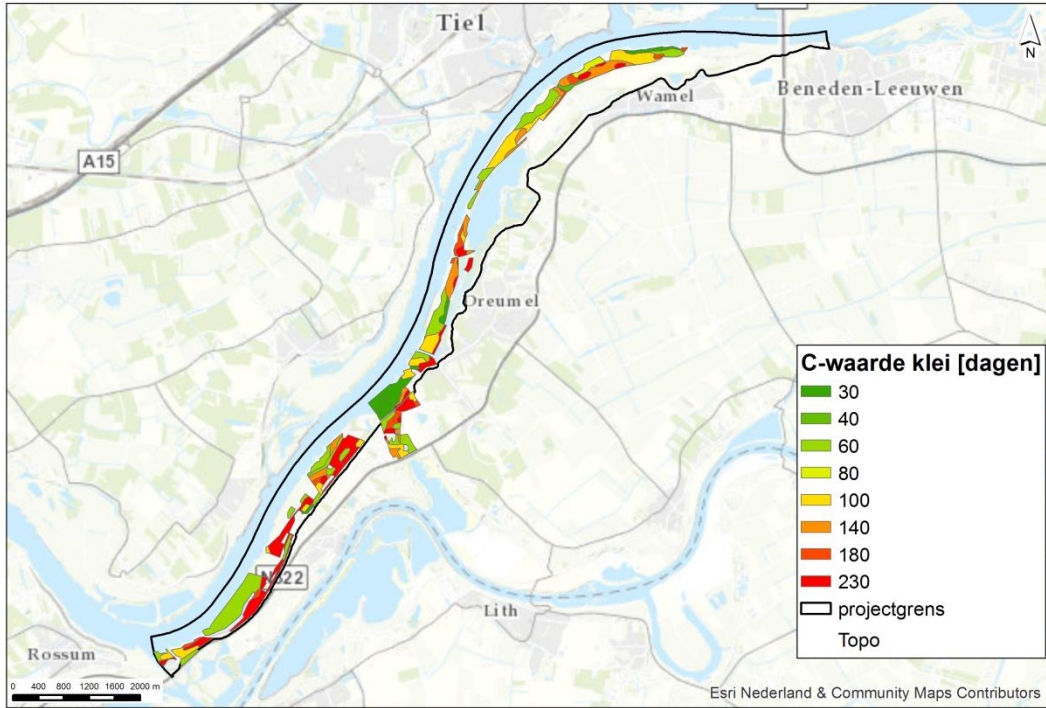
De zonering zoals die in de kleidiktekaart is te zien, is niet goed terug te zien in de c-waarden zoals ingevoerd in MORIA v2.2.

4.7.3 Aanpassing deklaagweerstand referentiesituatie

In MORIA v2.2 is de weerstand regionaal ingevoerd op basis van Geotop. De kleidiktekaart die nu beschikbaar is, kent veel meer detail. De kleidiktekaart is daarom gebruikt om de deklaagweerstand in het referentiemodel te verbeteren.

De diktes uit de kaart zijn per klasse omgezet naar een gemiddelde dikte. Vervolgens is deze dikte omgerekend naar een weerstand, door uit te gaan van een verticale weerstand van klei van 100 dagen/m. De omgerekende weerstand is terug ingevoerd in het MORIA v2.2 grondwatermodel. De aangepaste deklaagweerstand is opgenomen in afbeelding 4.11. In deze afbeelding zijn de ontgravingen nog niet opgenomen in de deklaagweerstand. In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan welke deklaagweerstand is aangehouden ter plaatse van de ontgravingen.

Afbeelding 4.11 C-waarde op basis van kleidiktekaart (weerstand klei 100 dagen/meter)



5

MODELAAANPASSINGEN REFERENTIEMODEL

Dit hoofdstuk beschrijft de modelaanpassingen die zijn ingevoerd in het referentiemodel, en hoe de voorgestelde maatregelen in het model zijn ingevoerd in de scenario's.

5.1 Referentiemodel

In deze paragraaf zijn de aanpassingen aan het referentiemodel ten opzichte van het basismodel beschreven.

5.1.1 Bestaande strangen

In het referentiemodel kennen de bestaande strangen een weerstand van 20 dagen.

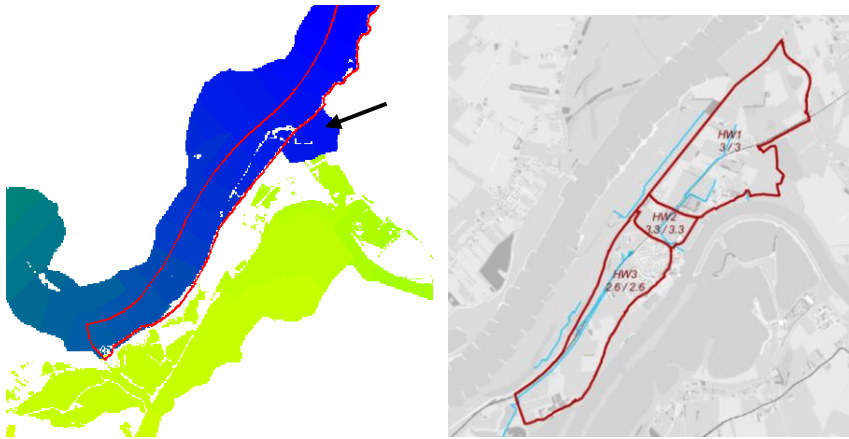
5.1.2 Invoer Vonkerplas

De Vonkerplas is in de huidige situatie aangetakt aan de rivier met een duiker. Bij een peil van NAP +3,68 m stroomt de plas mee met de rivier. In het basismodel is dit bij een peil van NAP +4,25 m. Het referentiemodel is aangepast zodat de Vonkerplas mee stroomt met de Waal vanaf een peil van NAP +3,68 m.

5.1.3 Verwijderen binnendijkse inundatie bij Heerewaarden

Het gebied ten zuiden van Heerewaarden is in het basismodel aangemerkt als buitendijks gebied. Een deel van het gebied inundeert bij hoge waterstanden en de watergangen zitten in het uiterwaardenbestand van MORIA v2.2 gevoegd. In werkelijkheid is het gebied binnendijks. Er is dus geen inundatie. Dit gebied is uit de rivierbestanden geknipt. De waterlopen zijn verplaatst naar het normale binnendijkse waterlopenbestand. Tevens zijn de peilen van de watergangen aangepast aan de hand van de zomer- en winterpeilen zoals ontvangen van waterschap Rivierenland (zie onderstaande afbeelding 5.1).

Afbeelding 5.1 Links: gebied bij Heerewaarden dat in basismodel als buitendijks gebied is aangemerkt (zie zwarte pijl). Rechts: peilen in dat gebied bij Heerewaarden (bron: waterschap Rivierenland)



6

SCENARIOBEREKENINGEN TOEKOMSTIGE SITUATIE

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpassingen die gedaan zijn ten opzichte van het referentiemodel om de voorgestelde maatregelen in te voeren. Er zijn twee scenario's voor het invoeren van de voorgestelde maatregelen:

- scenario 1: De maatregelen worden conform het oorspronkelijke ontwerp ingevoerd: met geulen van 50 m breed en meestromende strangen (ook in laagwatersituatie);
- scenario 2: In dit scenario worden de maatregelen ingevoerd met mitigerende maatregelen: de geulen zijn versmald naar 25¹ m en er zijn drempels aangebracht.

Hieronder is beschreven hoe de maatregelen in het grondwatermodel zijn ingevoerd.

6.1 Scenario 1

6.1.1 Aanpassingen aan rivierbestanden

De volgende aanpassingen zijn gemaakt om er voor te zorgen dat de nieuwe en bestaande strangen op het juiste moment mee gaan stromen, conform de aanlegdieptes zoals gegeven in tabel 2.2:

- aanpassing van alle rivierpeilbestanden (gehele modelperiode) zodat ter plaatse van elke aangepaste strang het rivierpeil wordt opgelegd zodra rivierpeil hoger komt dan de drempelhoogte of bodemhoogte van de strang. Daarvoor zijn de waardes uit tabel 2.2 gebruikt;
- aanpassing river conductancebestand. In de bestaande strangen staat de river conductance op 41 m²/dag. Uitgaande van een watergang over de volledige modelcel (625 m²) komt dit overeen met een weerstand van 15 dagen. Dit is iets hoger dan in de hoofdloop van de rivier (10 dagen). Dit is conform het modelconcept van Deltares, die ook 15 dagen hebben aangehouden voor plassen en strangen in de uiterwaard. Ter plaatse van nieuwe strangen is een waarde van 10 dagen weerstand ingevoerd;
- aanpassing van nat oppervlak. In origineel bestand van Deltares is te zien dat alle aangetakte plassen in de uiterwaarden een nat oppervlak van 625 m² hebben toegekend gekregen. In de nieuwe strangen is deze waarde ook toegekend. Bij de maaiveldverlagingen is het nat oppervlak niet aangepast omdat deze niet altijd onder water staan.
- aanpassing c-waarden deklaag. Zie verder volgende subparagraaf.

6.1.2 Aanpassing deklaagweerstand bij vergravingen

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden bij het invoeren van de vergravingen:

- op locaties van vergravingen is op basis van de kleidiktekaart de weerstand in de referentiesituatie vastgesteld;
- uitgangspunt is dat de klei aan het maaiveld begint;

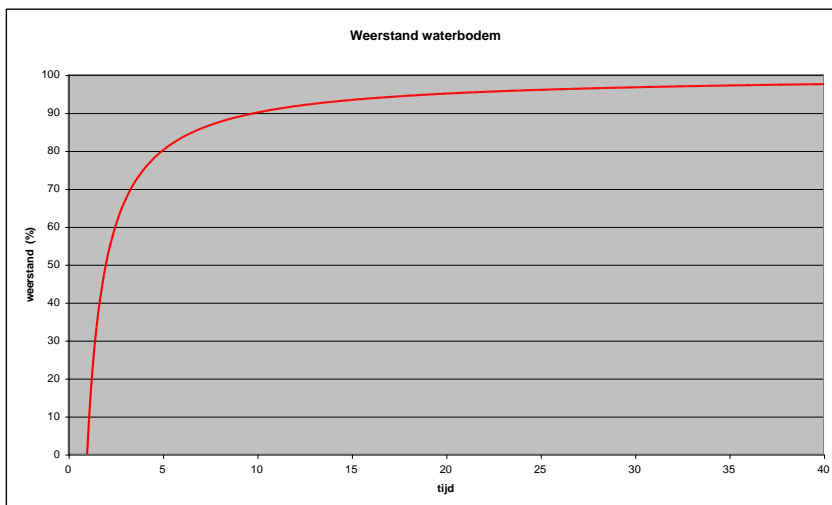
¹ De geulen zijn versmald naar 25 m. De aanpassingen aan de geulen zijn in de MORIA bestanden van de c-waarden en de Riverbestanden ingevoerd. Deze bestanden zijn beschikbaar op 25x25 m. Er is echter gerekend met modelcellen van 50x50 m. Het MORIA model verschaald de ingevoerde waarden naar 50x50 m.

- de klei heeft een weerstand van 100 dagen/meter;
- bij een ontgraving van 1 m wordt dan 100 dagen weerstand verwijderd uit de deklaagweerstand;
- als op basis van de te vergraven diepte en aanwezige kleidikte blijkt dat in de streng de klei geheel wordt vergraven, dan wordt een minimum verticale weerstand van 20 dagen aangehouden. Dit is dan de totale verticale weerstand (deklaagweerstand en bodemweerstand tezamen). Dit in verband met aanslibbing. Dit is conform Stadswaard en Beuningen, zie onderstaand kader;
- de weerstand tussen de watergang en het 1^e watervoerende pakket wordt dus bepaald door de bodemweerstand (river conductance, zie paragraaf 5.2.1) en de deklaagweerstand tezamen. Deze bestanden zijn gezamenlijk verwerkt. Dus als bijvoorbeeld een strang de deklaag volledig doorsnijdt, en een verticale weerstand van 20 dagen toegewezen heeft gekregen, dan is dit verdeeld over de beide bestanden.

Aanslibbing in nieuwe plassen/strangen

De huidige kleiige deklaag wordt ter plaatse van de ontgravingen in de uiterwaard volledig vergraven. Op basis van praktijkervaring en -metingen bij een nieuw gegraven plas (bijvoorbeeld het depot IJsseloog) blijkt dat binnen enkele weken al flinke weerstand kan zijn ontstaan, als gevolg van aanslibbing (zie onderstaande afbeelding).

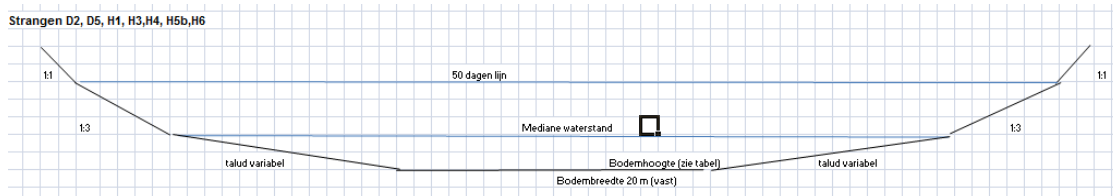
Bij vertaling naar de situatie bij de Klimaatbuffer Beuningen, is een weerstand van 15 à 25 dagen toegepast, die na enkele weken zal optreden; op langere termijn wordt een grotere weerstand verwacht. Om geen onderschatting te maken van mogelijke effecten op grondwaterstanden is er in de berekeningen een deklaagweerstand van 20 dagen gehanteerd in de ontgravingen buiten de beschermingszone, om rekening te houden met deze aanslibbing, zonder dat mogelijke effecten worden onderschat.



6.1.3 Aanpassing deklaagweerstand bij strangen

De deklaagweerstand ter plaatse van de strangen dient aangepast te worden. Daarvoor is het principeprofiel van de strangen gebruikt. Deze is weergegeven in afbeelding 6.1.

Afbeelding 6.1 Principeprofiel



Voor alle locaties van de strangen (Wamel, Dreumel, Heerwaarden) is per strang het huidige gemiddeld maaiveldniveau bij de strang vastgesteld op basis van het AHN2. Op basis van de kleidiktekaart is vastgesteld op welk niveau de onderkant van de klei gelegen is. Uitgangspunt is dat de klei vanaf maaiveldniveau aanwezig is.

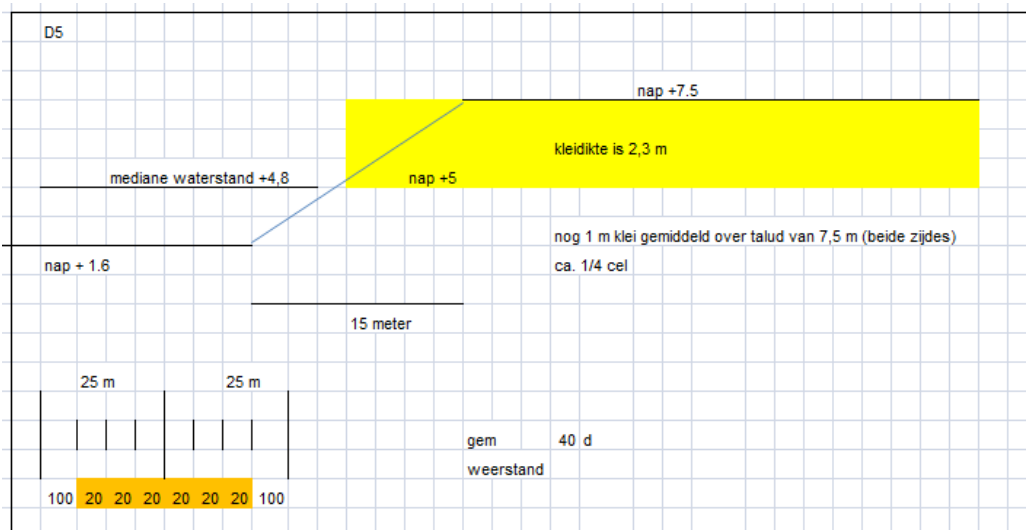
Op basis van het bodemniveau van de (aan te passen/aan te leggen) strang is vastgesteld hoeveel klei er onder de strang over blijft (of dat de strang de kleilaag volledig doorsnijdt). Voor de taluds is berekend hoeveel weerstand er verdeeld over de taluds over blijft. In onderstaand kader is de berekening van de deklaagweerstand ter plaatse van strang D5 weergegeven. Dezelfde methode is voor alle aanpassingen bij de strangen toegepast.

Berekenen deklaagweerstand ter plaatse van aanpassing/aanleg van strangen - voorbeeld berekening voor strang D5

Het maaiveld ligt bij strang D5 gemiddeld op circa NAP +7,5 m (AHN2). De kleidikte is er op basis van de kleidiktekaart circa 2,3 m. De onderkant van de kleilaag ligt dan op NAP +5,2 m, uitgaande dat de top van de kleilaag aan maaiveld ligt.

De bodemhoogte van de streng wordt NAP +1,6 m. De bodembreedte is 20 m, dat is circa 1 cel breed van het c-waarden bestand (dit bestand heeft een resolutie van 25x25m). De breedte aan maaiveld van de strang is circa 50 m (2 modelcellen). De taluds zijn dan aan beide zijdes circa 15 m.

De situatie is in onderstaand profiel schematisch weergegeven.



Bij deze strang komt ongeveer de helft van het talud in de deklaag. Dit is 7,5 m. De kleidikte is daar dan gemiddeld circa 1 m dik. Dus in $\frac{1}{4}$ modelcel is er nog 100 dagen weerstand aanwezig. Dit geldt voor beide taluds. In het midden is de weerstand weg omdat de strang de kleilaag volledig doorsnijdt. Daar is het minimum van 20 dagen ingevoerd (zie paragraaf 5.2.2). Gemiddeld zit je dan op 40 dagen weerstand in de 2 modelcellen.

6.2 Scenario 2

In scenario 2 zijn de maatregelen op dezelfde wijze ingevoerd als hierboven beschreven. Het verschil ten opzichte van scenario 1 is dat er drempelwaarden zijn aangebracht in de strangen, waardoor de strangen niet te allen tijde meebewegen met het rivierpeil. Er komen drempels in alle strangen behalve in de strang bij Wamel want die is tweezijdig aangetakt.

Onderstaande tabel toont de drempelwaarden voor de verschillende strangen.

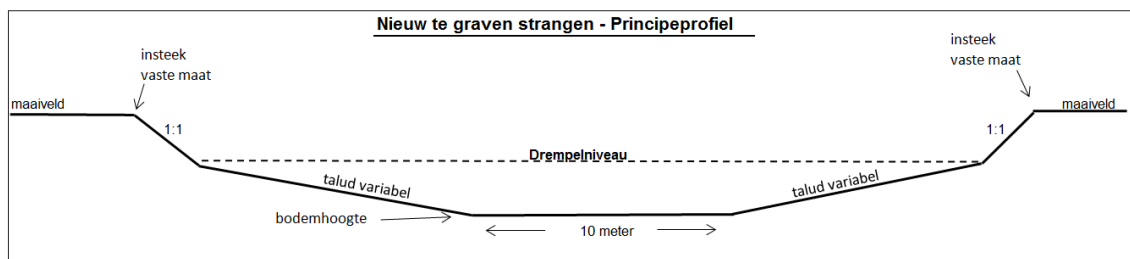
Tabel 6.1 Drempels in strangen, drempelniveau en gemiddelde overschrijdingsduur

Maatregelnummer	Drempel	Drempelniveau (m+NAP)	Gemiddelde overschrijdingsduur (dagen/jaar)
H2 en H3	H3a	2,7	235
H1	H1a	5,0	35
H4 en H5	H4a	3,0	235
H6	H6a	4,7	60
Vonkerplas*	D6+bestaande duiker	3,68	180
D2, D3 en D5*	D2a	3,3	235
D9	D9 is de zomerpolder bij Dreumel. Hier wordt niets gewijzigd in de scenario's dus ook niets aangepast in het model		

* In D5 en Vonkerplas drempel niveau gelijk aan huidige (referentie) situatie.

Ook zijn de strangen versmald ten opzichte van het ontwerp in scenario 1. In scenario 2 worden de strangen circa 25 m breed. Dit is verwerkt conform de methode zoals beschreven in het voorbeeld van strang D5 in vorige paragraaf. Ook is het profiel aangepast ten opzichte van profiel in scenario 1. De bodemhoogtes blijven hetzelfde. Afbeelding 6.2 toont een prinscheschets van het profiel van de strangen zoals deze in scenario 2 zijn ingevoerd [ref. 6].

Afbeelding 6.2 Prinscheschets profiel strangen voor scenario 2 [ref. 6.]



7

RESULTATEN MODELBEREKENING

In dit hoofdstuk worden de hydrologische effecten gepresenteerd van de modelberekeningen met het MORIA v2.2 grondwatermodel:

- referentiesituatie;
- scenario 1 (oorspronkelijke ontwerp met geulen van 50 m breed en strangen die mee fluctueren met rivierpeil, ook in laagwatersituatie);
- scenario 2 (ontwerp met mitigerende maatregelen, geulen van 25 m breed en met drempels in strangen, zodat de strangen alleen mee fluctueren met rivierpeil als rivierpeil hoger is dan de drempels).

7.1 Effecten grondwaterstand

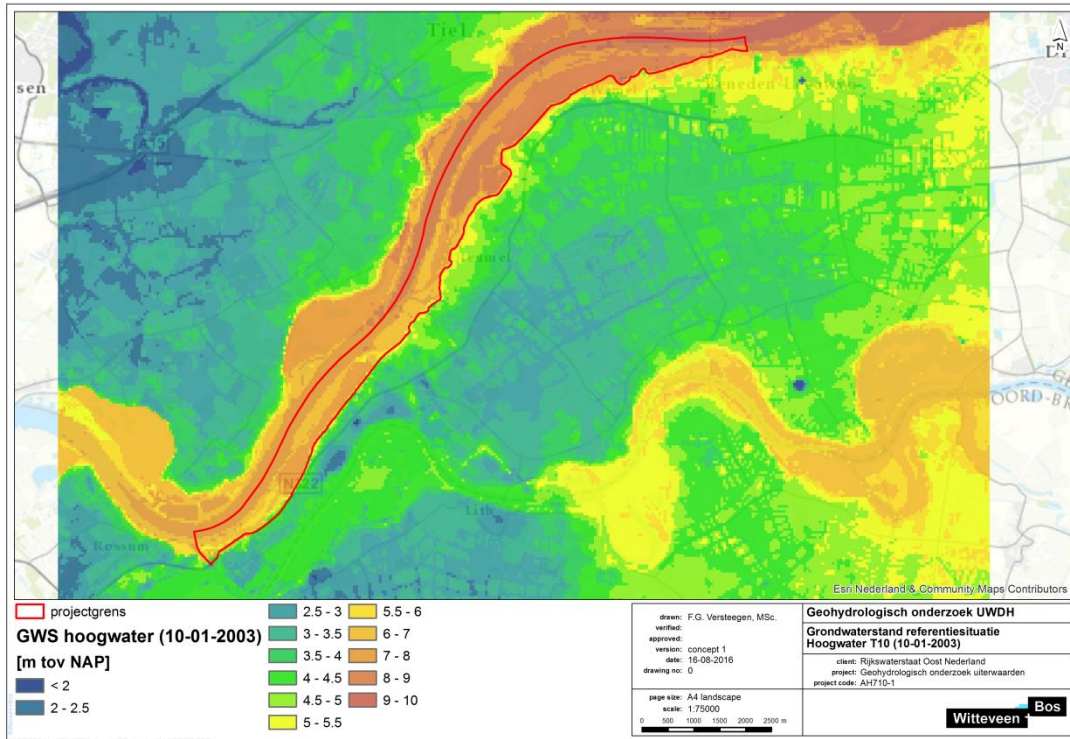
Deze paragraaf beschrijft het effect op de freatische grondwaterstand (modellaag 1).

7.1.1 Berekende freatische grondwaterstand referentiesituatie

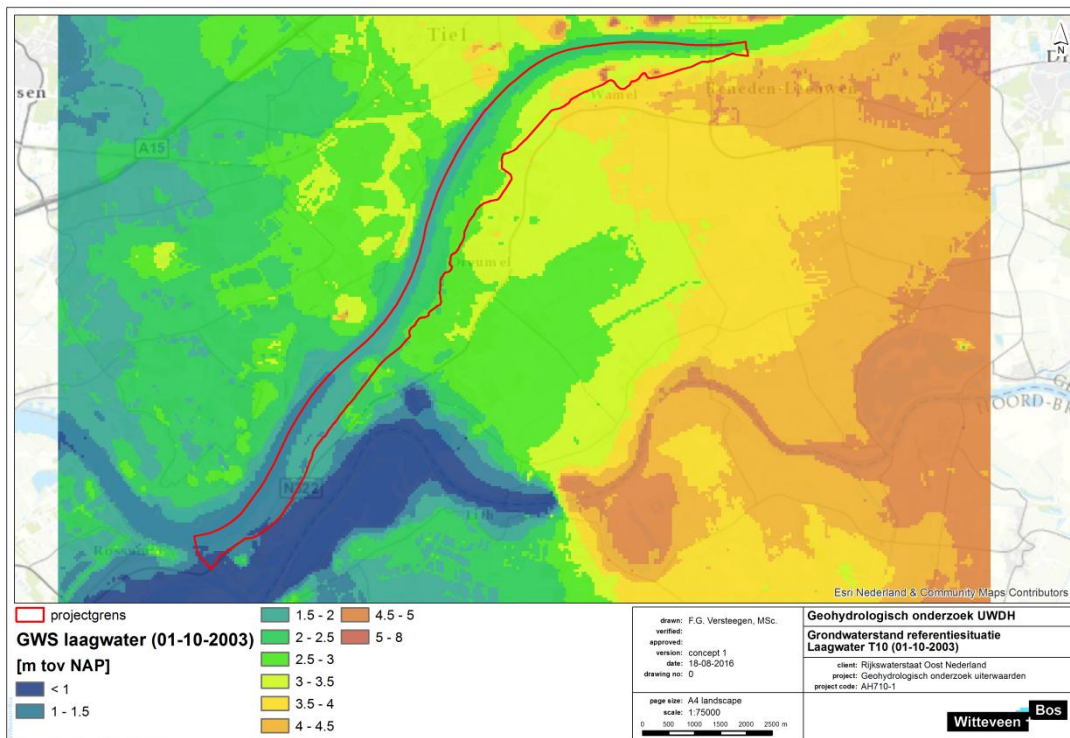
Afbeelding 7.1 toont de berekende freatische grondwaterstand voor de T10 hoogwatersituatie in de referentiesituatie.

Afbeelding 7.2 toont deze voor de T10 laagwatersituatie. De weergegeven waarden zijn in m t.o.v. NAP. Een hoge waarde heeft daarom rode tinten (hoog), een lagere waarde een blauw/groene kleur (laag).

Afbeelding 7.1 Berekende freatische grondwaterstand in hoogwatersituatie



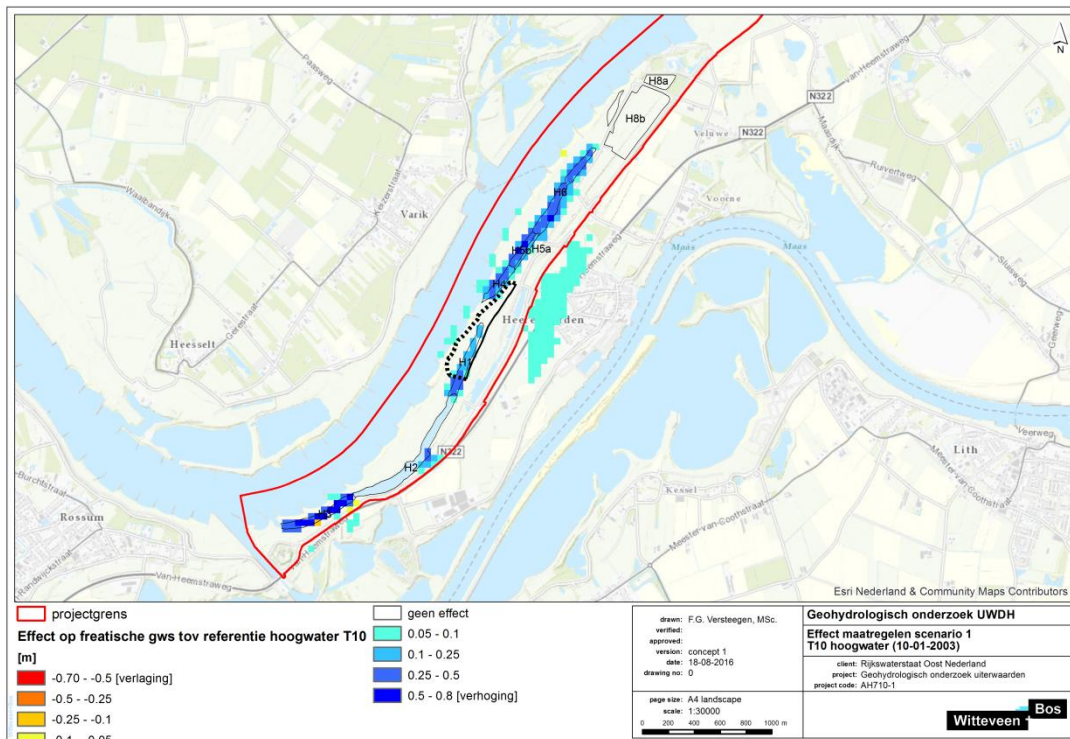
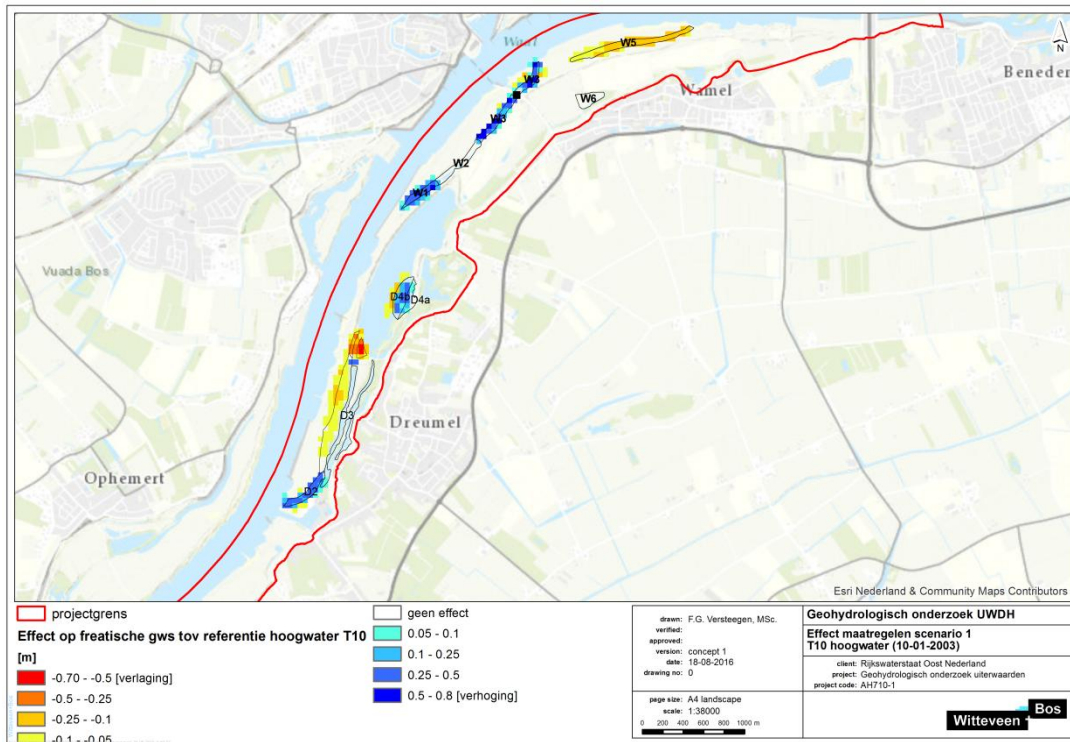
Afbeelding 7.2 Berekende freatische grondwaterstand in laagwatersituatie



7.1.2 Effect op freatische grondwaterstand scenario 1

Afbeelding 7.3 toont de berekende effecten van de maatregelen uit scenario 1 in de T10 hoogwatersituatie.

Afbeelding 7.3 Berekend effect tijdens hoogwater situatie (sc1)

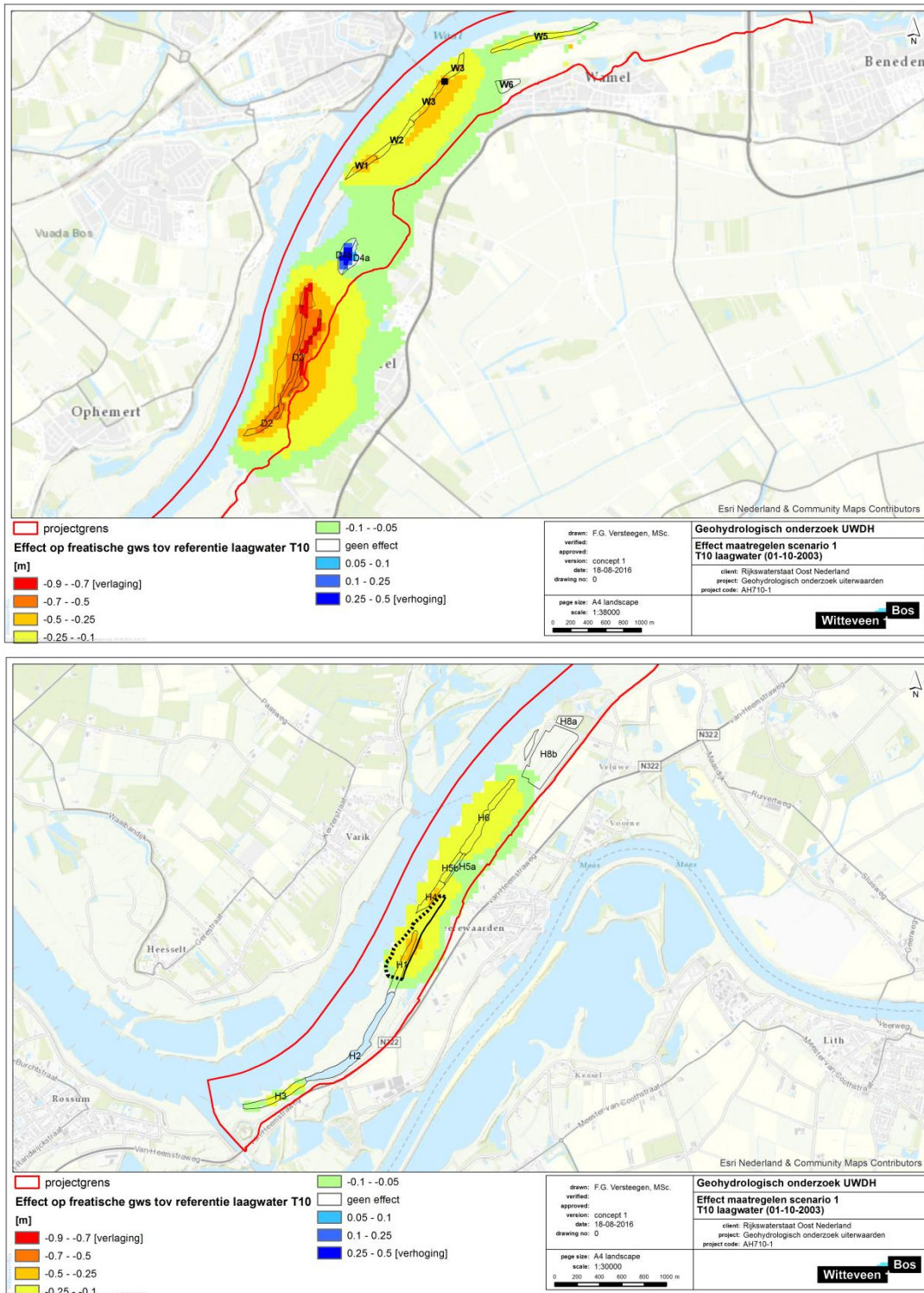


De effecten op de freatische grondwaterstand blijven binnen de contour van het projectgebied. Binnendijks worden er in de hoogwatersituatie geen effecten op de freatische grondwaterstand verwacht. Op de locaties van de maaiveldverlagingen bij Wamel (W5) en Dreumel (D1) is een verlaging van de freatische grondwaterstand te zien. Dit wordt verklaard doordat op deze locaties de freatische grondwaterstand in de T10 hoogwatersituatie hoger staat dan de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket. Door de maaiveldverlagingen is weerstand uit de deklaag verwijderd. Daardoor infiltreert het water gemakkelijker richting het watervoerende pakket en wordt een lagere freatische grondwaterstand berekend.

Op de locaties waar de strangen zijn aangepast is een vernatting te zien. Dit wordt verklaard doordat als gevolg van de aanpassing aan de strangen er minder weerstand in de deklaag aanwezig is (vergraven). In de referentiesituatie was hier nog enige weerstand van aanwezige dekgrond, waardoor de grondwaterstand lager dan rivierpeil berekend wordt.

Afbeelding 7.4 toont de berekende effecten op de freatische grondwaterstand voor de T10 laagwatersituatie.

Afbeelding 7.4 Berekend effect tijdens laagwater situatie (sc1)



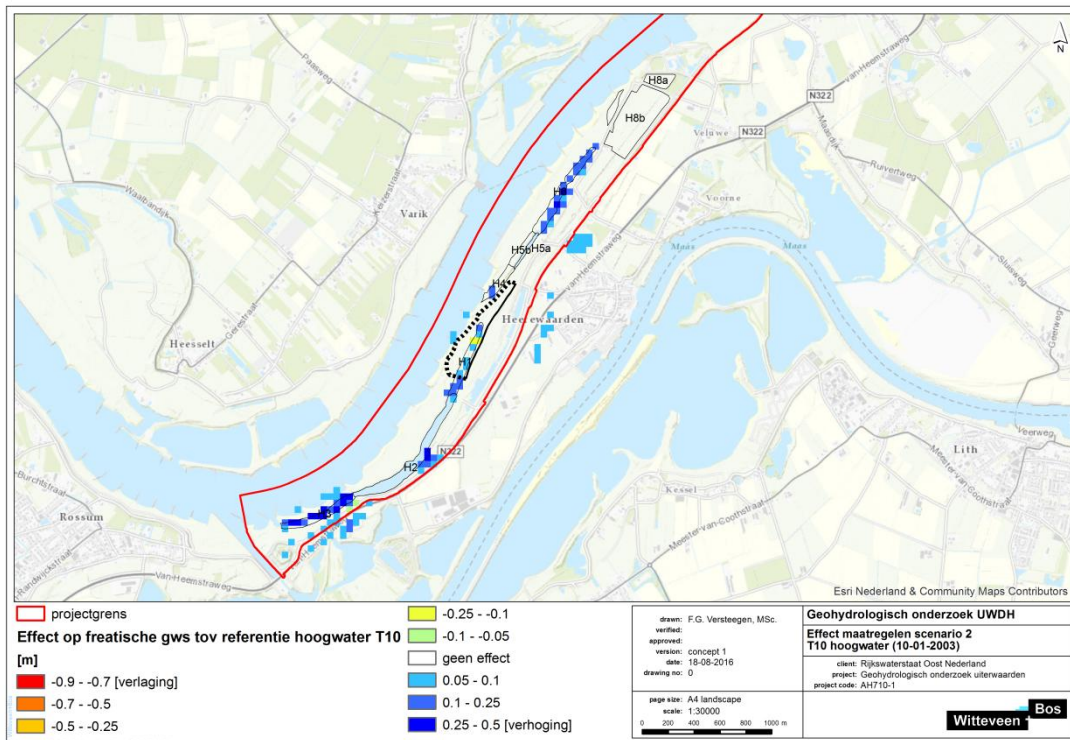
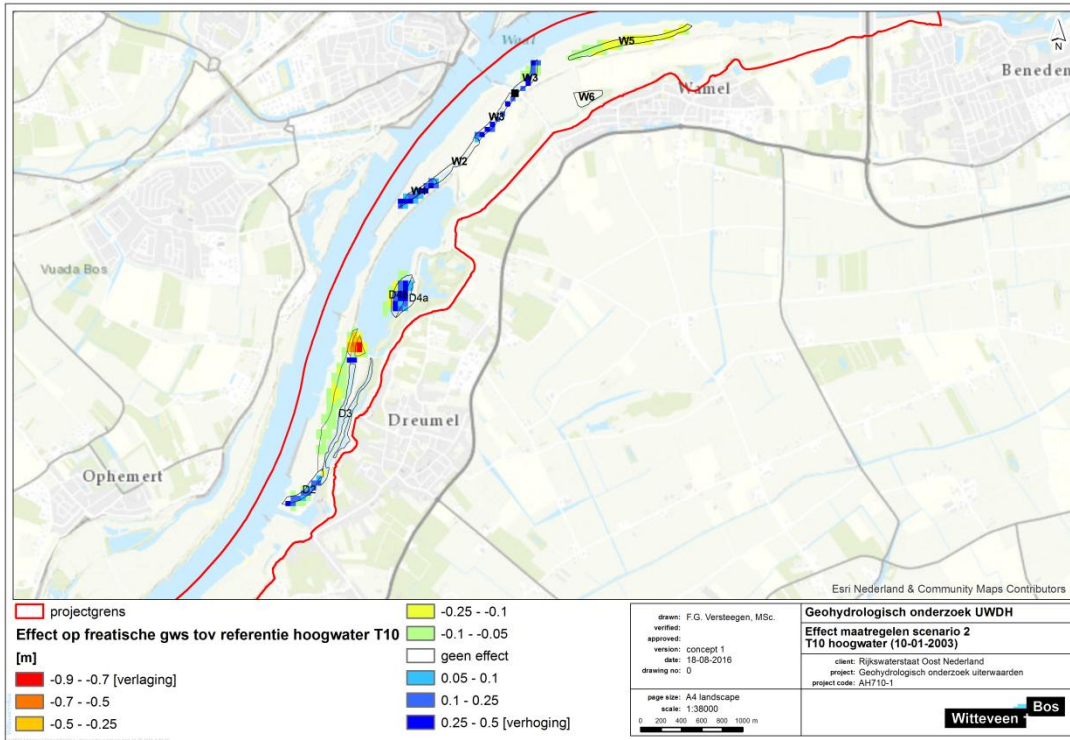
Het effect van de maatregelen op de freatische grondwaterstand is groter in de laagwatersituatie dan in de hoogwatersituatie. In de laagwatersituatie is het drainerende effect van de watervoerende strangen te zien, wat leidt tot een lagere grondwaterstand in de omgeving. Ter plaatse van de verontdieping van de Vonkerplas is een verhoging van de freatische grondwaterstand van maximaal 0,5 m berekend. Op deze locatie was in het referentiescenario de freatische grondwaterstand gelijk aan de stijghoogte. Door het

toevoegen van weerstand in de deklaag wordt een hogere freatische grondwaterstand berekend in de laagwatersituatie.

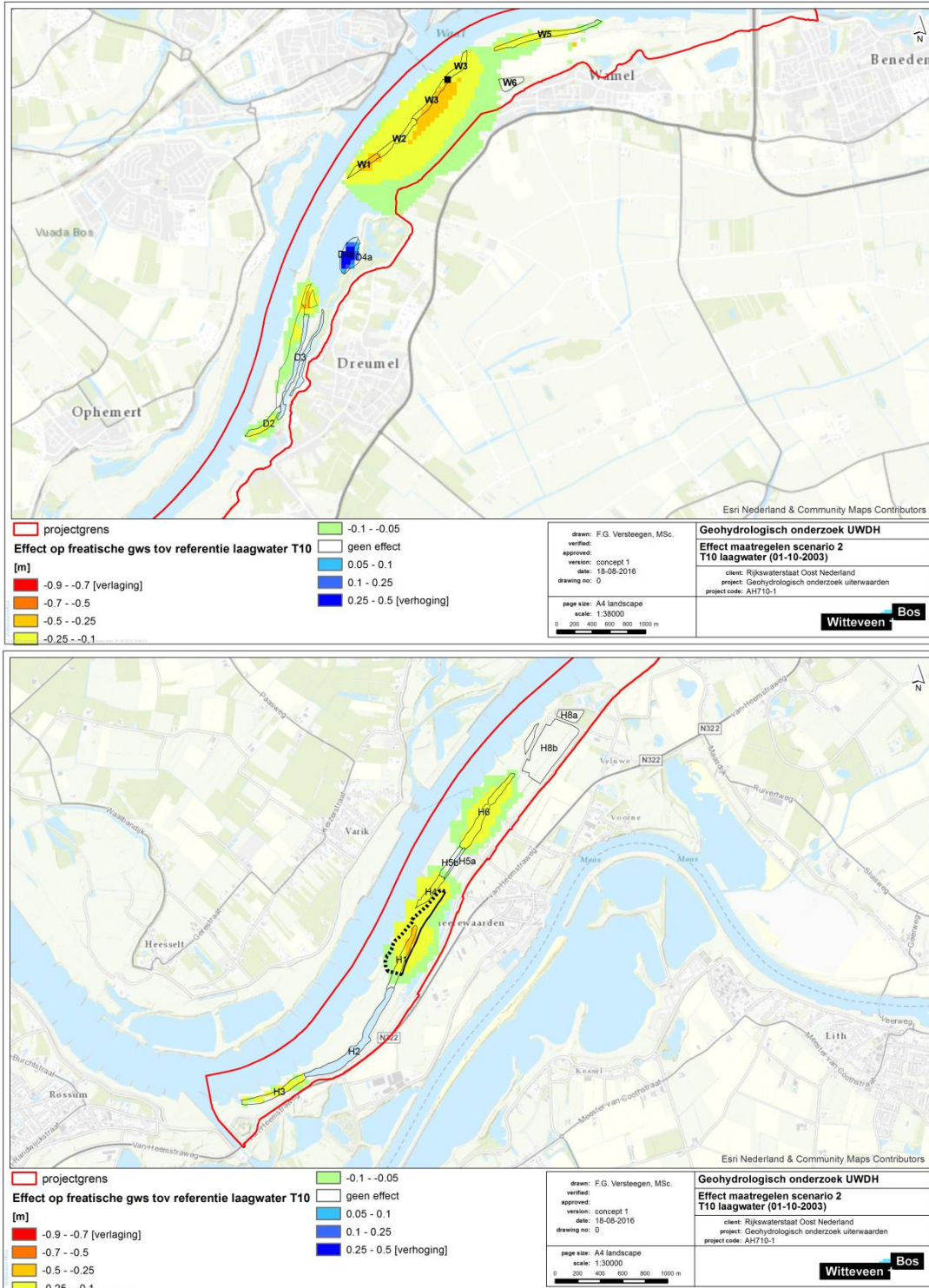
7.1.3 Effect op freatische grondwaterstand scenario 2

Onderstaande afbeeldingen tonen de veranderingen van de freatische grondwaterstand na invoeren van de maatregelen uit scenario 2. De effecten op de hoogwatersituatie zijn weergegeven in afbeelding 7.5, de effecten in de laagwatersituatie in afbeelding 7.6.

Afbeelding 7.5 Berekend effect tijdens hoogwater situatie (sc2)



Afbeelding 7.6 Berekend effect tijdens laagwater situatie (sc2)



Vooraf in de laagwatersituatie is een verschil in de effecten van de maatregelen van beide scenario's terug te zien. De effecten van de maatregelen zoals in scenario 2 zijn kleiner dan die in scenario 1. Alleen bij maatregel W1, W2, W3 ontstaat een effect binnendijks, omdat hier geen drempel wordt voorzien. Daar wordt een verlaging van de freatische grondwaterstand van maximaal 0,1 m berekend in de T10 laagwatersituatie.

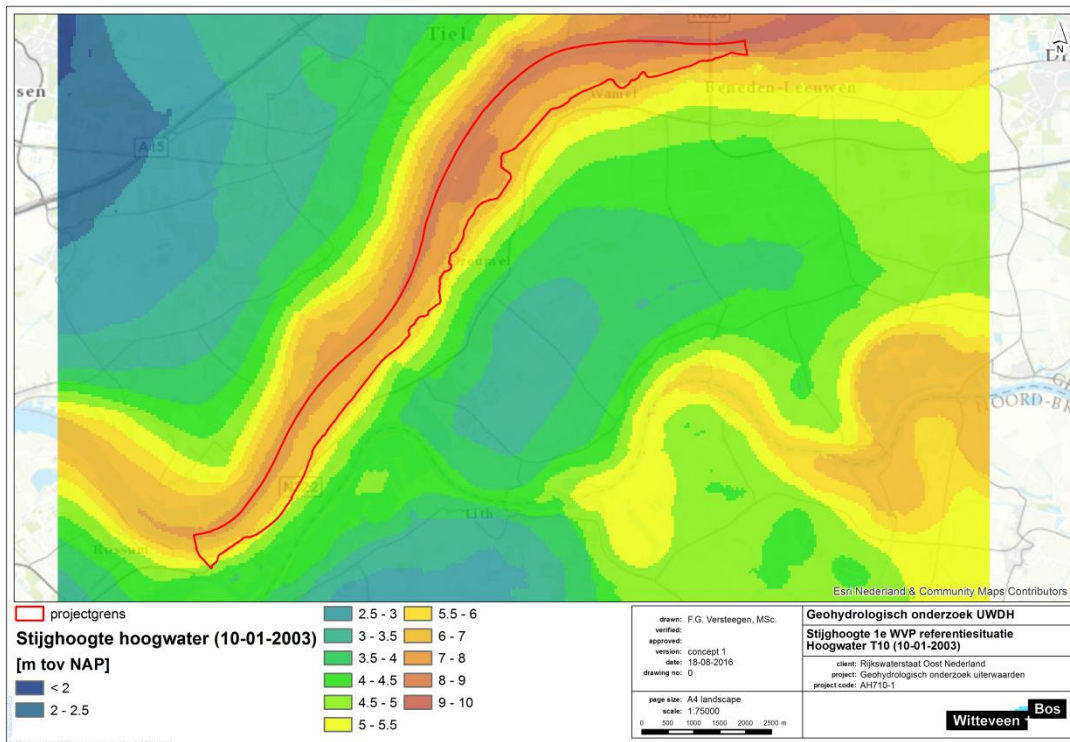
7.2 Effecten stijghoogte

Deze paragraaf beschrijft het effect op de stijghoogte (modellaag 2).

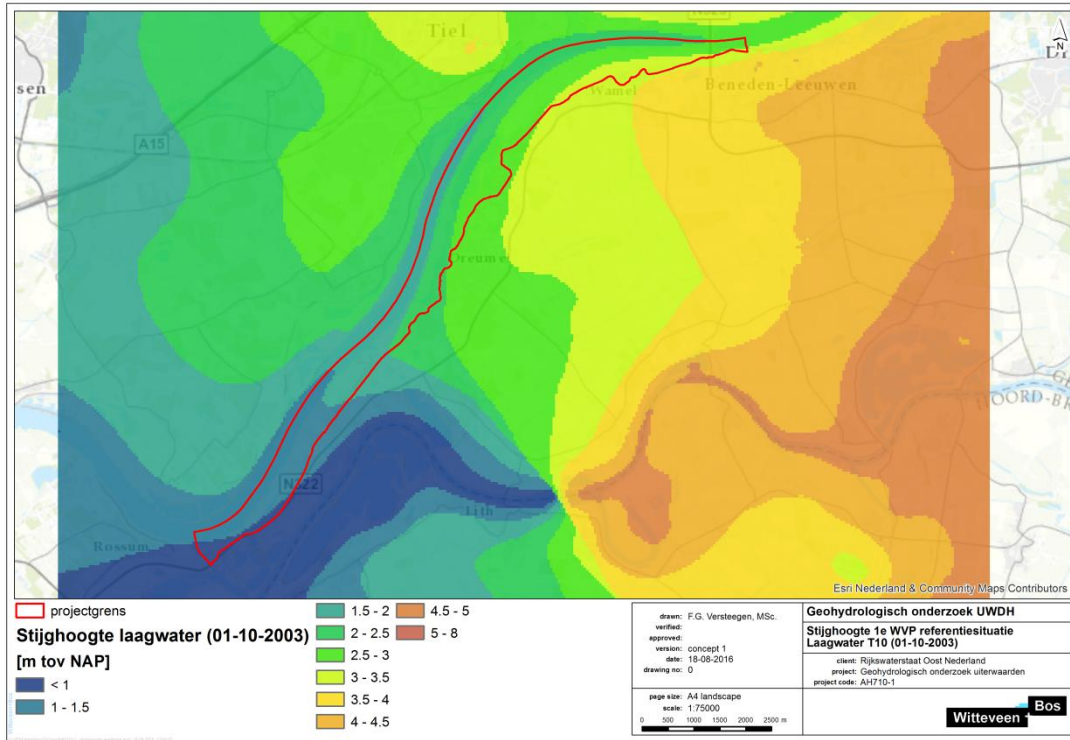
7.2.1 Berekende stijghoogte 1^e watervoerende pakket referentiesituatie

Afbeelding 7.7 toont de berekende freatische grondwaterstand voor de T10 hoogwatersituatie in de referentiesituatie. Afbeelding 7.8 toont deze voor de T10 laagwatersituatie.

Afbeelding 7.7 Berekende stijghoogte hoogwater situatie



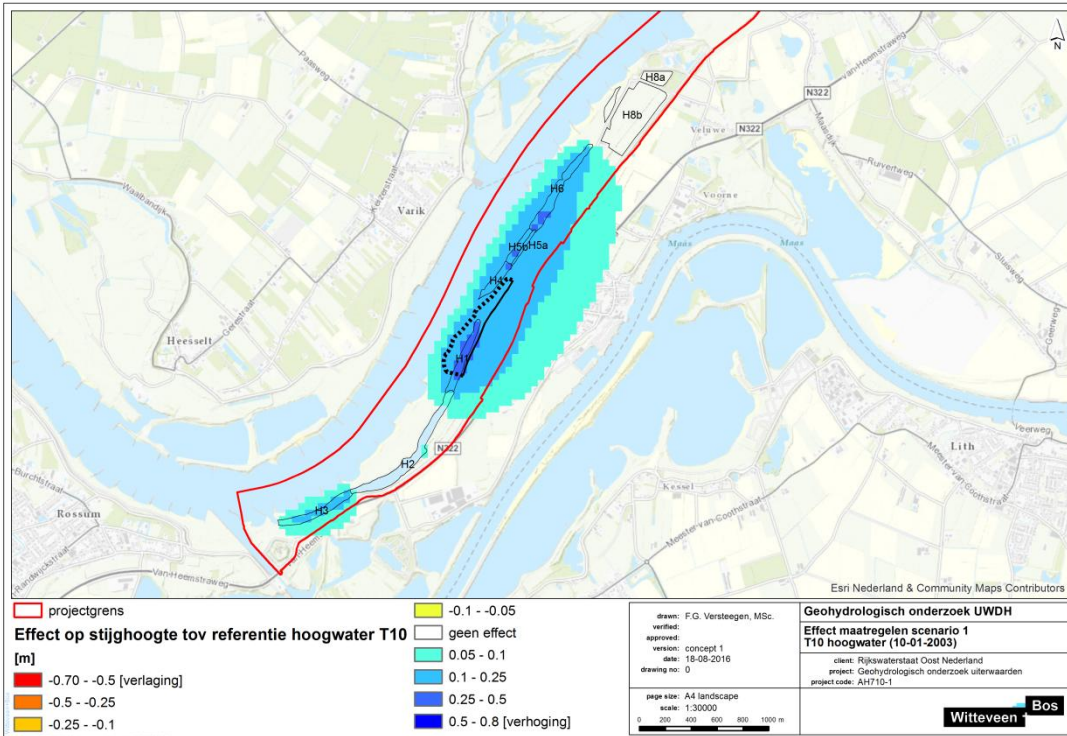
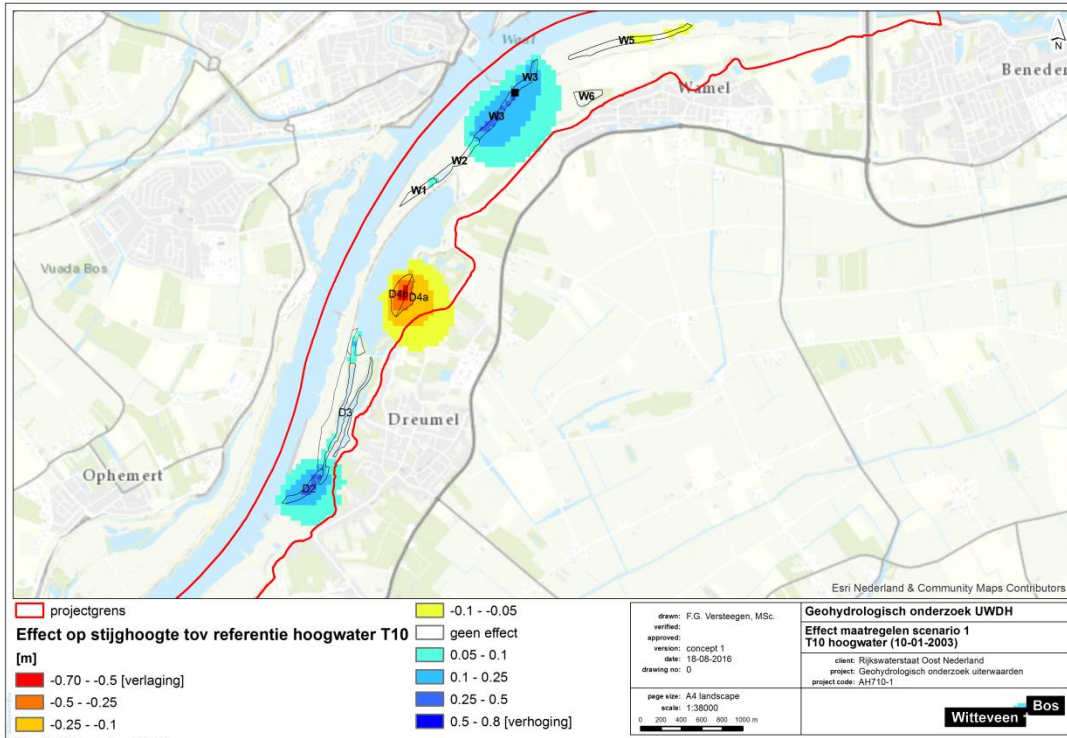
Afbeelding 7.8 Berekende stijghoogte laagwater situatie



7.2.2 Effect op stijghoogte 1^e watervoerende pakket maatregelen scenario 1

Afbeelding 7.9 toont de berekende effecten van de maatregelen uit scenario 1 in de T10 hoogwatersituatie.

Afbeelding 7.9 Berekend effect tijdens hoogwater situatie (sc1)

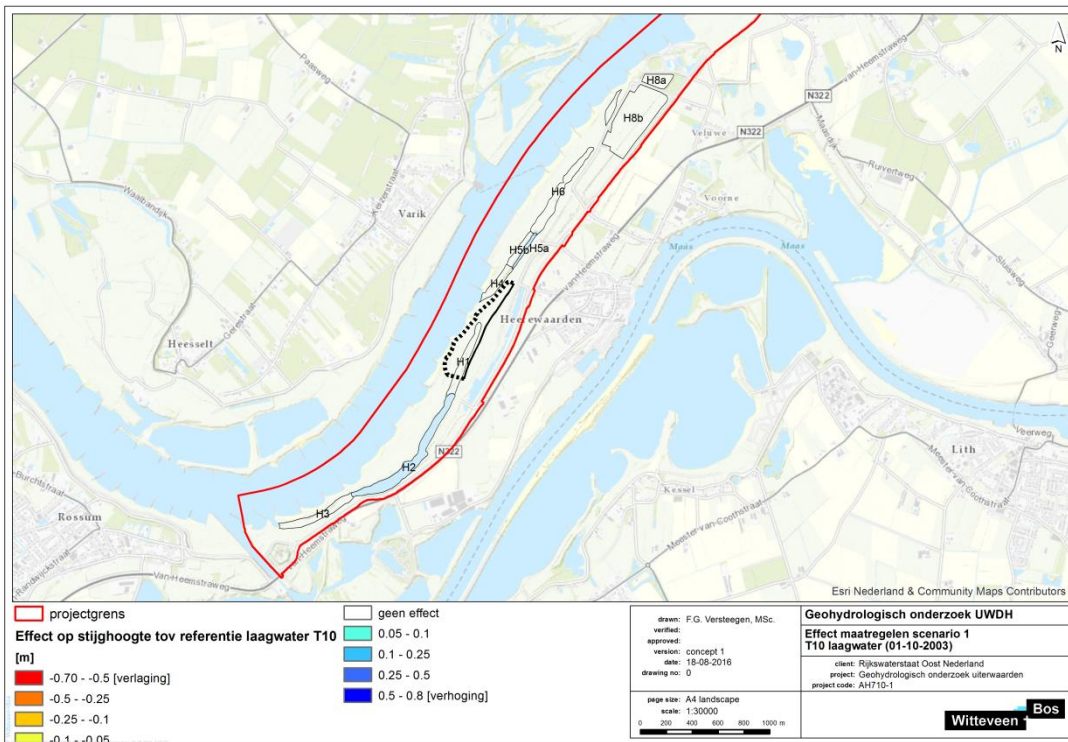
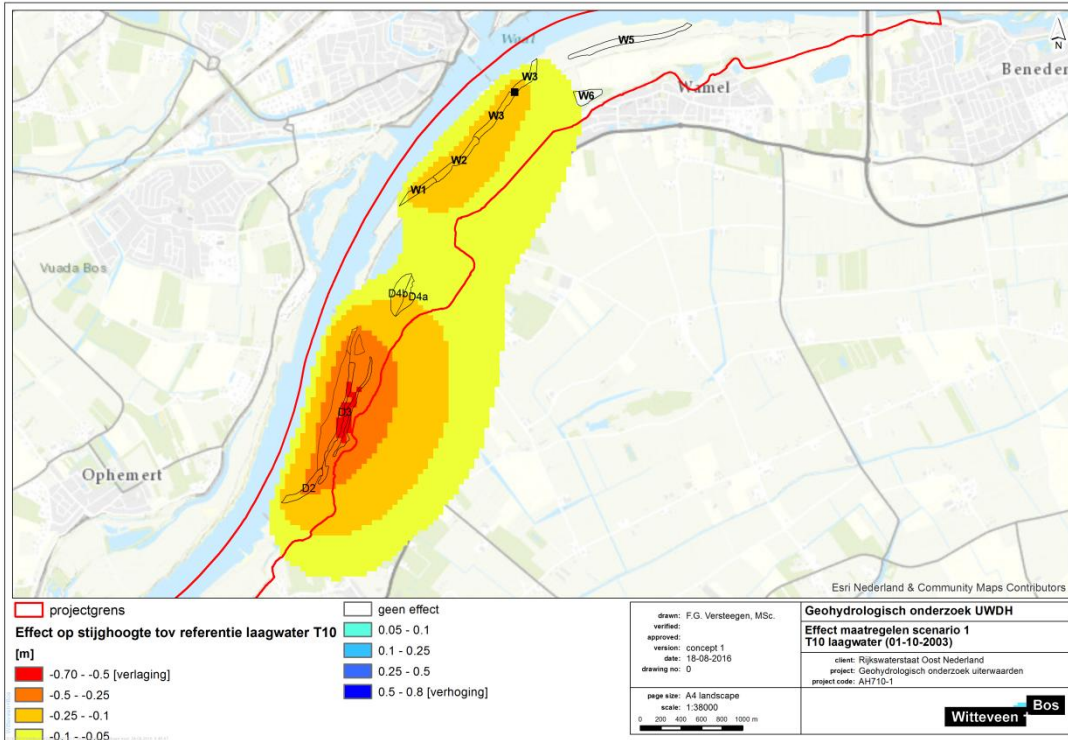


Op de locatie van de aanpassingen aan de strangen is een verhoging van de stijghoogte in de hoogwatersituatie berekend. Doordat er weerstand van de deklaag verwijderd is, volgt de stijghoogte op die

locaties het rivierpeil. Op de locatie van de verontdieping van de Vonkerplas wordt een verlaging van de stijghoogte berekend, doordat hier extra weerstand tussen het rivierpeil en de stijghoogte is toegevoegd.

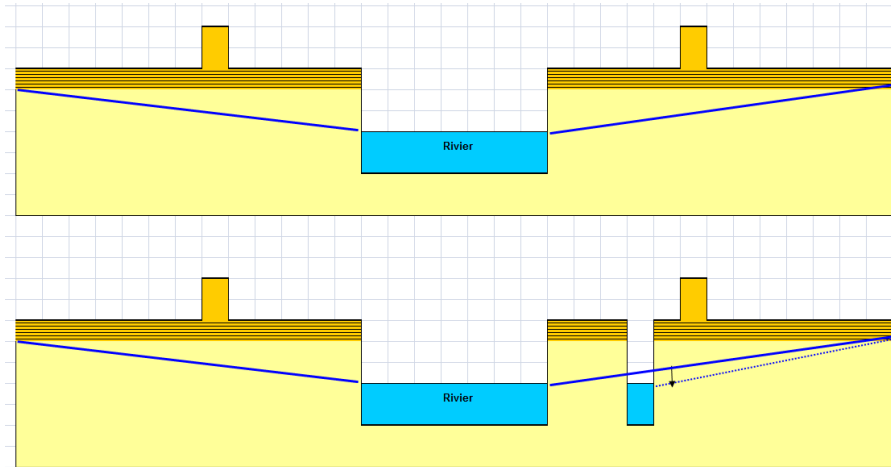
Afbeelding 7.10 toont de berekende effecten op stijghoogte voor de T10 laagwatersituatie.

Afbeelding 7.10 Berekend effect tijdens laagwater situatie (sc1)



De maatregelen bij Dreumel hebben het grootste effect op de stijghoogte in het watervoerende pakket. De permanent watervoerende gangen werken drainerend, en zorgen voor een verlaging van de stijghoogte. Dit is schematisch weergegeven in onderstaande afbeelding.

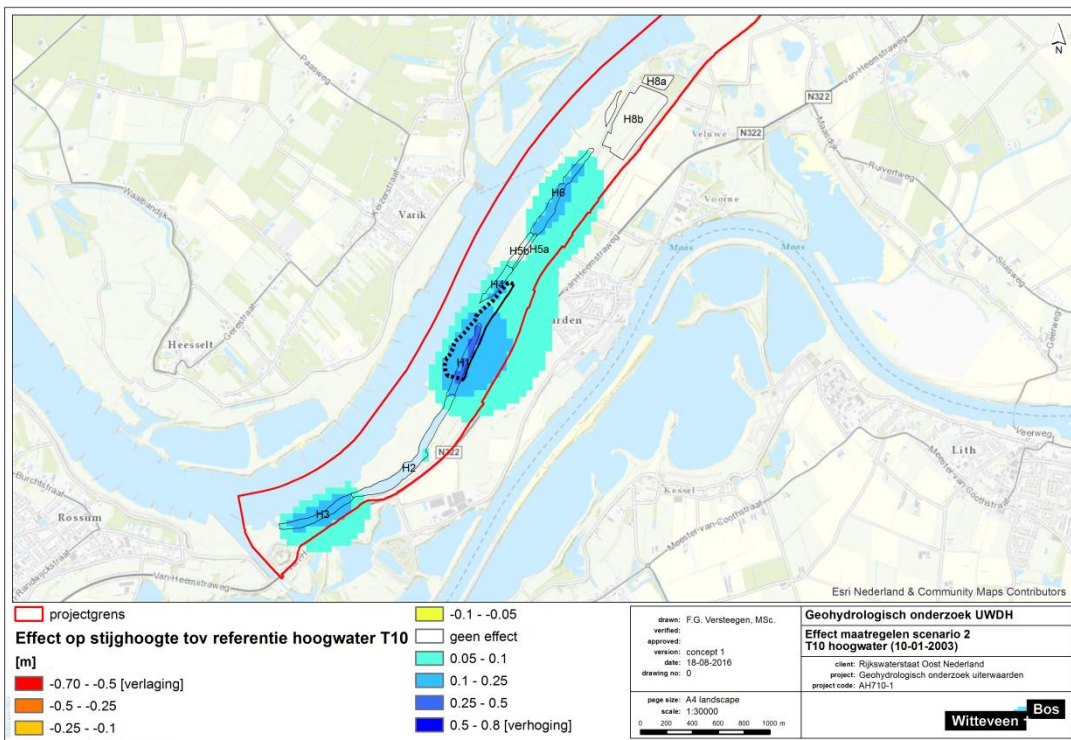
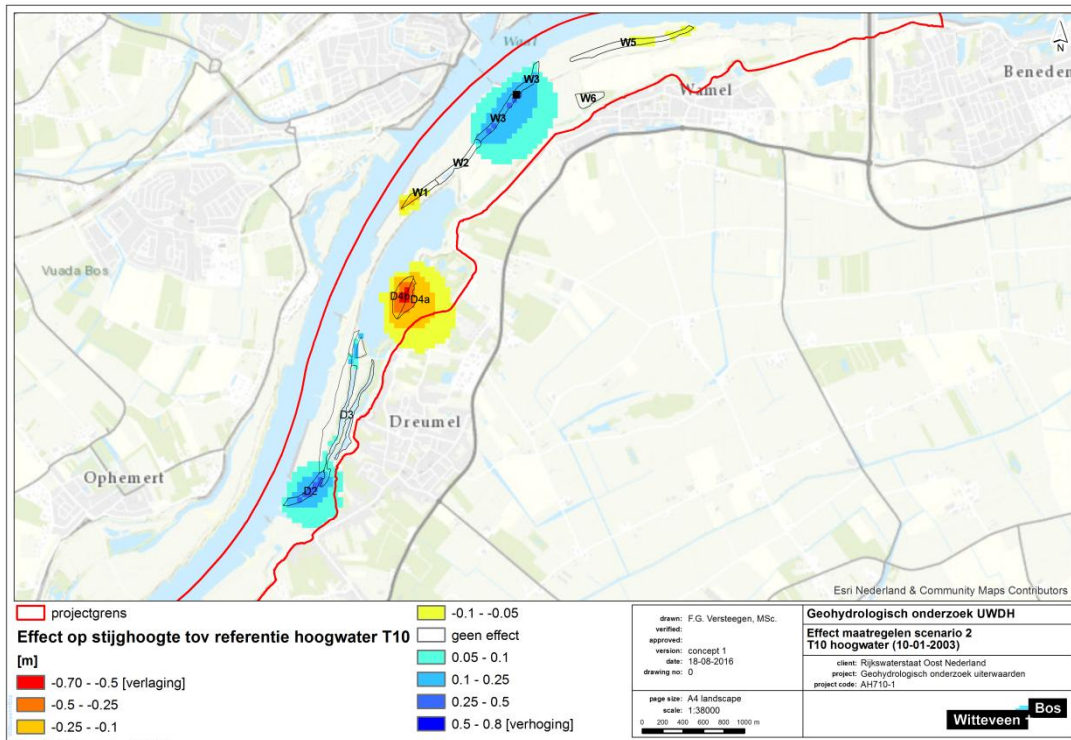
Afbeelding 7.11 schematische weergaven effect nevengeul.



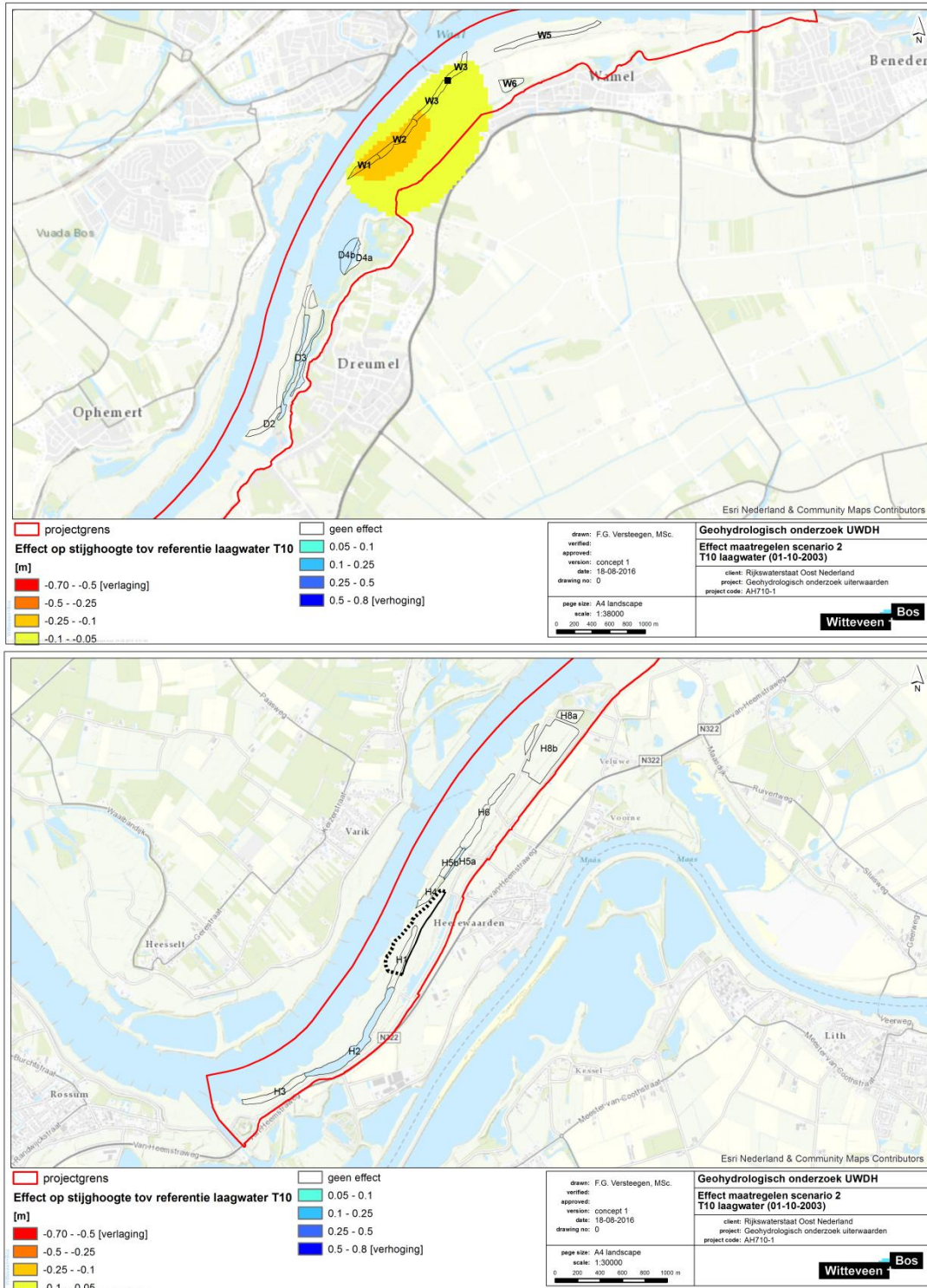
7.2.3 Effect op stijghoogte 1^e watervoerende pakket maatregelen scenario 2

Onderstaande afbeeldingen tonen de veranderingen van de stijghoogte na invoeren van de maatregelen uit scenario 2. De effecten op de hoogwatersituatie zijn weergegeven in afbeelding 6.12, de effecten in de laagwatersituatie in afbeelding 7.13.

Afbeelding 7.12 Berekend effect tijdens hoogwater situatie (sc2)



Afbeelding 7.13 Berekend effect tijdens laagwater situatie (sc2)



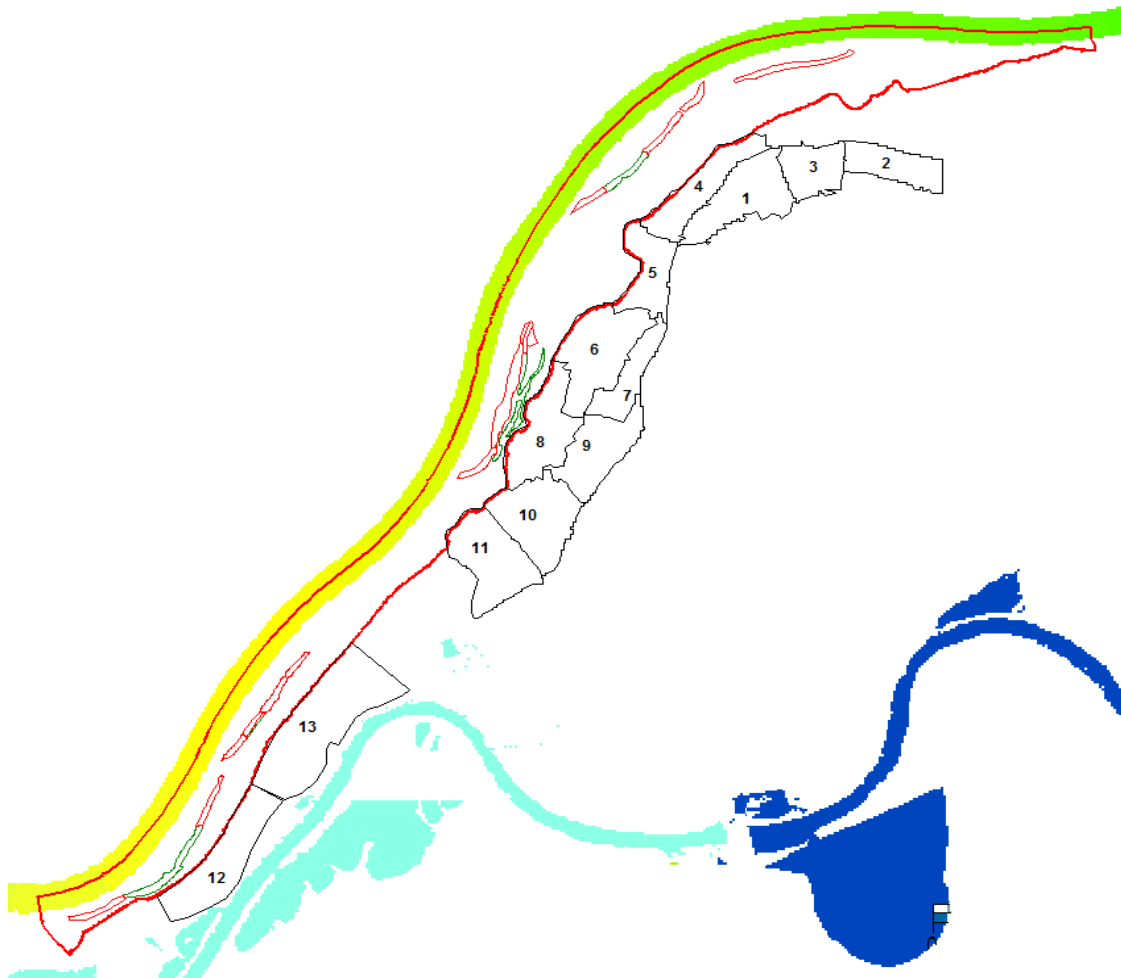
De berekende effecten van de maatregelen op de stijghoogte zijn in scenario 2 kleiner dan in scenario 1. Doordat de strangen minder breed zijn is het effect in de hoogwatersituatie verminderd. Doordat er dremfels zijn aangebracht is het effect in de laagwatersituatie verminderd.

7.3 Effecten op afvoer en kwel/wegzijing

De effecten op de afvoer en de kwel/wegzijing zijn beschreven op basis van de waterbalans. Voor de afwateringsgebieden is de waterbalans uit het model uitgelezen. Per gebied is voor de verschillende scenario's vastgesteld wat de afvoer is, en wat de kwel/wegzijing is. De afvoer is bepaald door de fluxen van de drainage (drainage-term), oppervlakkige afstroming (overlandflow-term) en de watergangen (rivers-term) uit de waterbalans bij elkaar op te tellen. De kwel/wegzijing is bepaald door over van het gehele gebied de verticale flux vanuit modellaag 2 naar modellaag 1 (flux lower face-term) uit te waterbalans uit te lezen.

Afbeelding 7.14 toont de afwateringsgebieden.

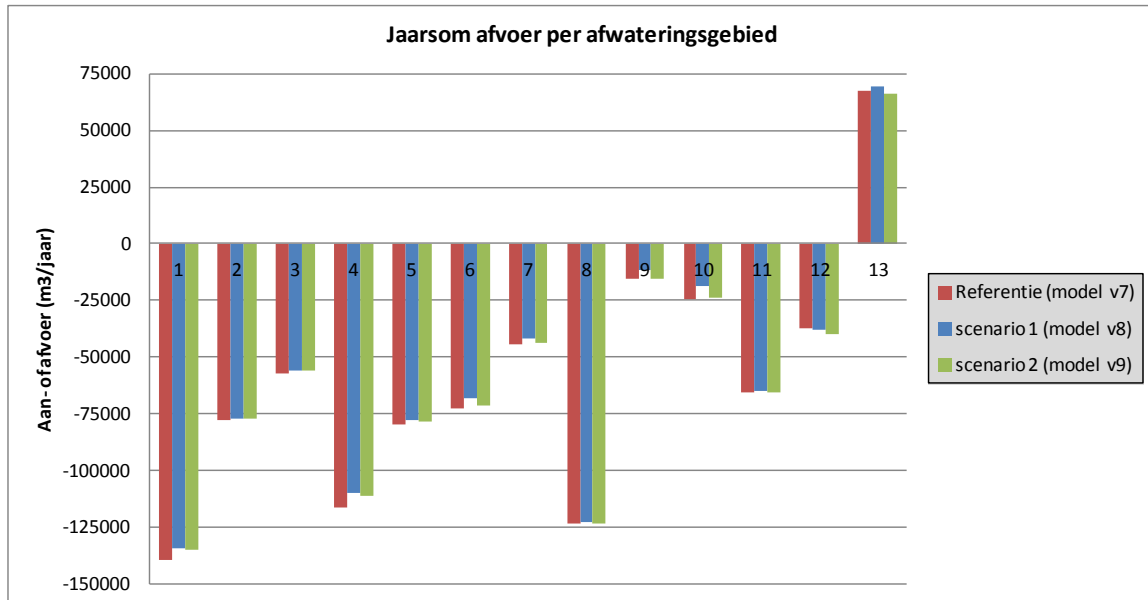
Afbeelding 7.14 Afwateringsgebieden



7.3.1 Effecten op afvoeren - jaarsom

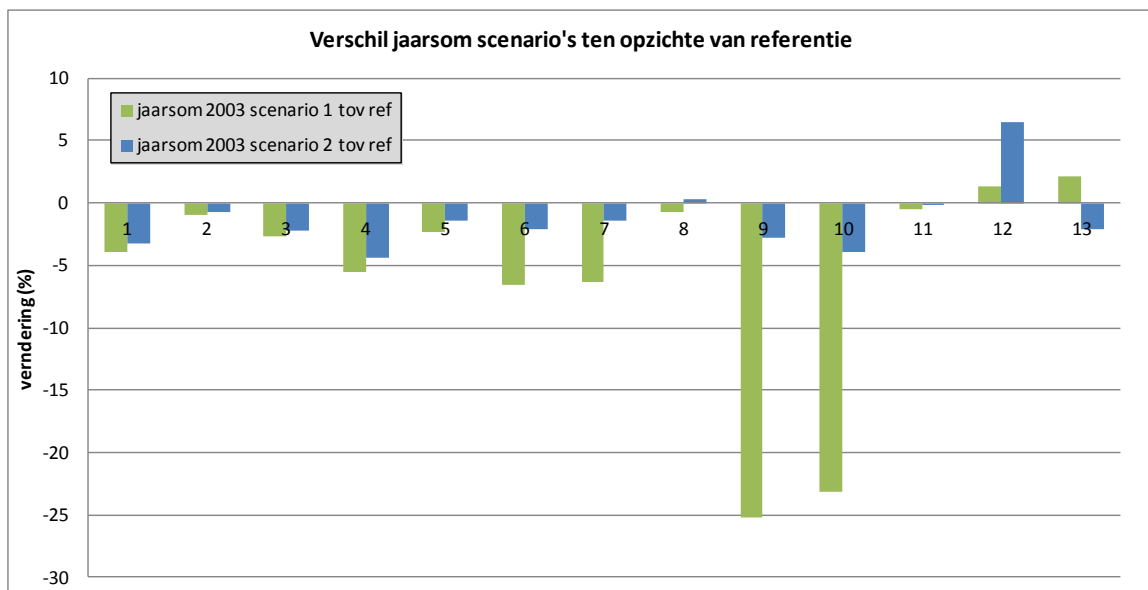
Afbeelding 7.15 toont de jaarsom over 2003 van de afwateringsgebieden.

Afbeelding 7.15 Jaarsom 2003 afvoer per gebied (negatief is netto afvoer, positief is netto aanvoer)



Op gebied 13 na zijn in alle gebieden sprake van netto afvoer. Door de maatregelen neemt de netto afvoer af, behalve in gebied 12. Daar wordt een toename van de afvoer berekend. In gebied 1 tot en met 11 wordt als gevolg van de maatregelen van scenario 1 een grotere afname berekend dan als gevolg van de maatregelen in scenario 2 (waarvan de effecten minder zijn). Behalve in gebied 12. De maatregelen van scenario 2 zorgen daar voor een grotere toename van de afvoer. In gebied 13 is sprake van netto aanvoer. De aanvoer neemt als gevolg van de maatregelen van scenario 1 toe ten opzichte van de referentiesituatie. Als gevolg van de maatregelen van scenario 2 neemt de aanvoer juist af. In onderstaande grafiek is het procentuele verschil in aan- of afvoer ten opzichte van de referentiesituatie weergegeven.

Afbeelding 7.16 Verschil jaarsom 2003 scenario's ten opzichte van referentie



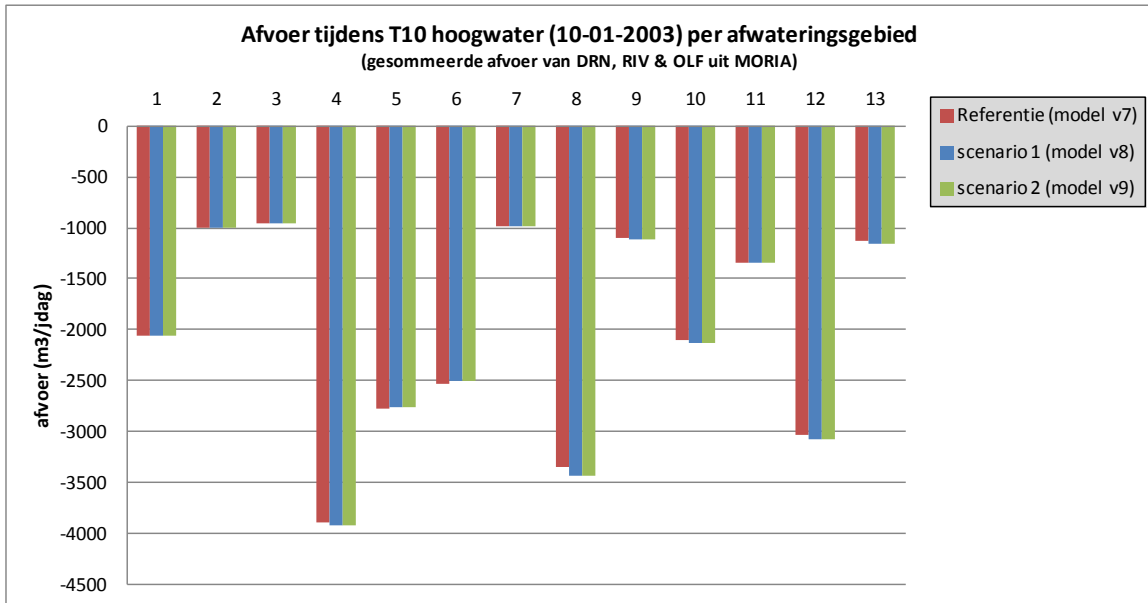
In de gebieden 9 en 10 zijn de procentuele veranderingen als gevolg van de maatregelen in scenario 1 het grootst: een afname van de afvoer van > 20 %. De totale som is in deze gebieden juist het kleinst.

In scenario 2 blijven, op gebied 12 na, alle veranderingen < 5 %.

7.3.2 Effect op afvoeren - tijdens T10 hoogwater

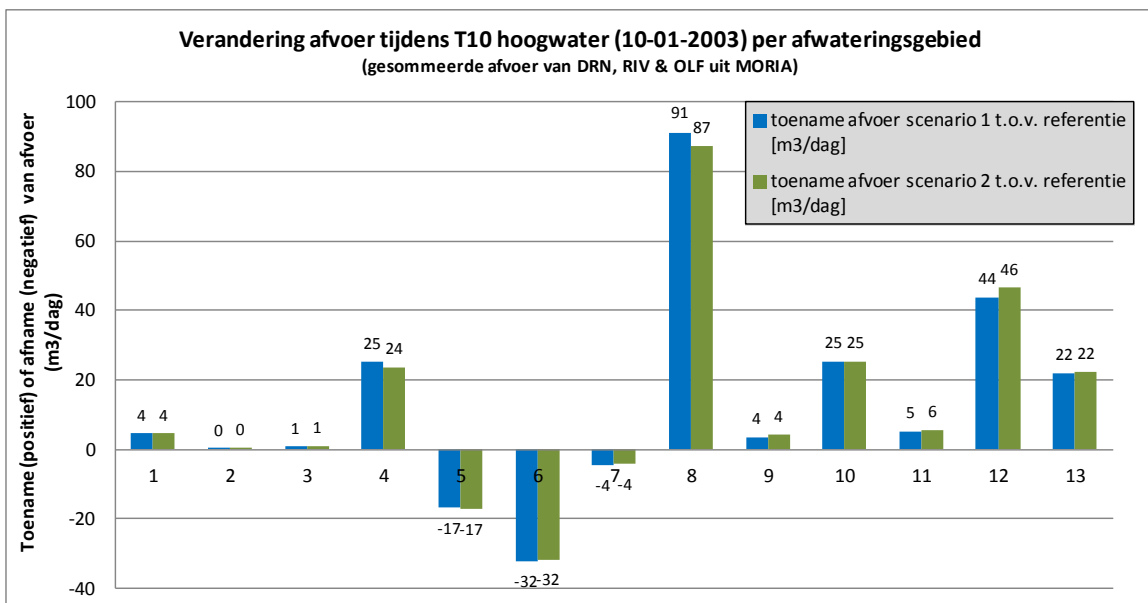
In afbeelding 7.17 is de afvoer tijdens de T10 hoogwatersituatie voor de verschillende afwateringsgebieden weergegeven. De afvoer is de gesommeerde flux van de drainage (DRN), watergangen (RIV) en oppervlakkige afstroming (OLF) zoals berekend met het MORIA model.

Afbeelding 7.17 Afvoer per afwateringsgebied tijdens T10 hoogwatersituatie



In afbeelding 7.18 is de verandering van de afvoer tijdens de T10 hoogwatersituatie ten opzichte van de referentiesituatie getoond. De verandering is in m³/dag gegeven. De hoeveelheden staan tevens in de grafiek genoemd.

Afbeelding 7.18 Verandering afvoer per afwateringsgebied tijdens T10 hoogwatersituatie.

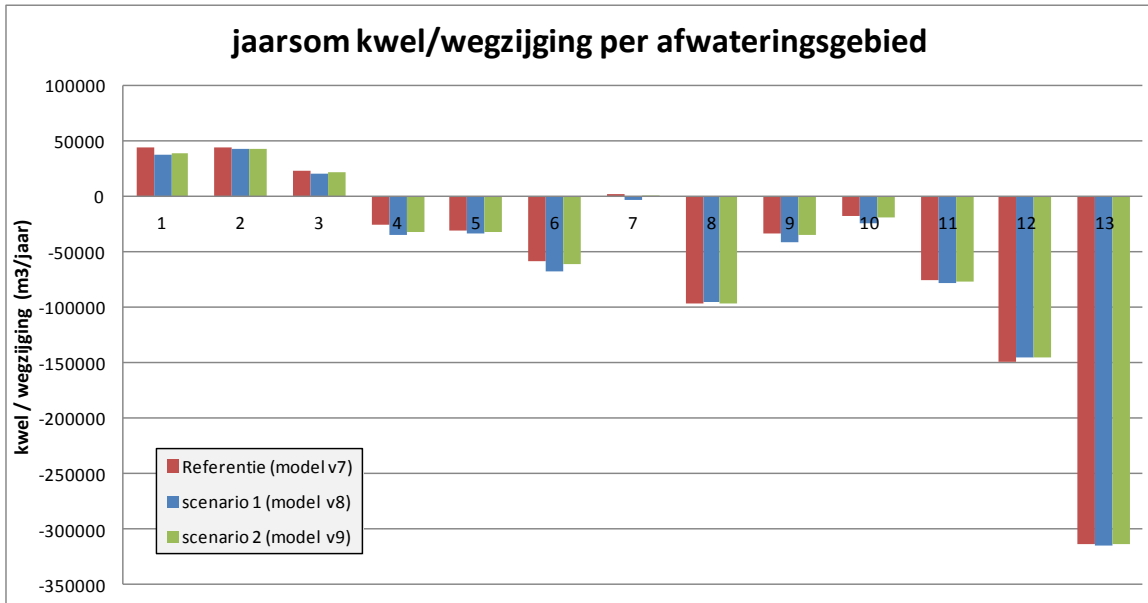


De grootste toename van de afvoer is in afwateringsgebied 8. De toename als gevolg van de maatregelen van scenario 1 komt overeen met een stijging van de afvoer met 2,7%. Als gevolg van de mitigerende maatregelen in scenario 2 neemt de toename af tot 2,6%. In alle overige afwateringsgebieden is de toe- of afname minder dan 2% voor beide scenario's.

7.3.3 Effecten op kwel/wegzijing

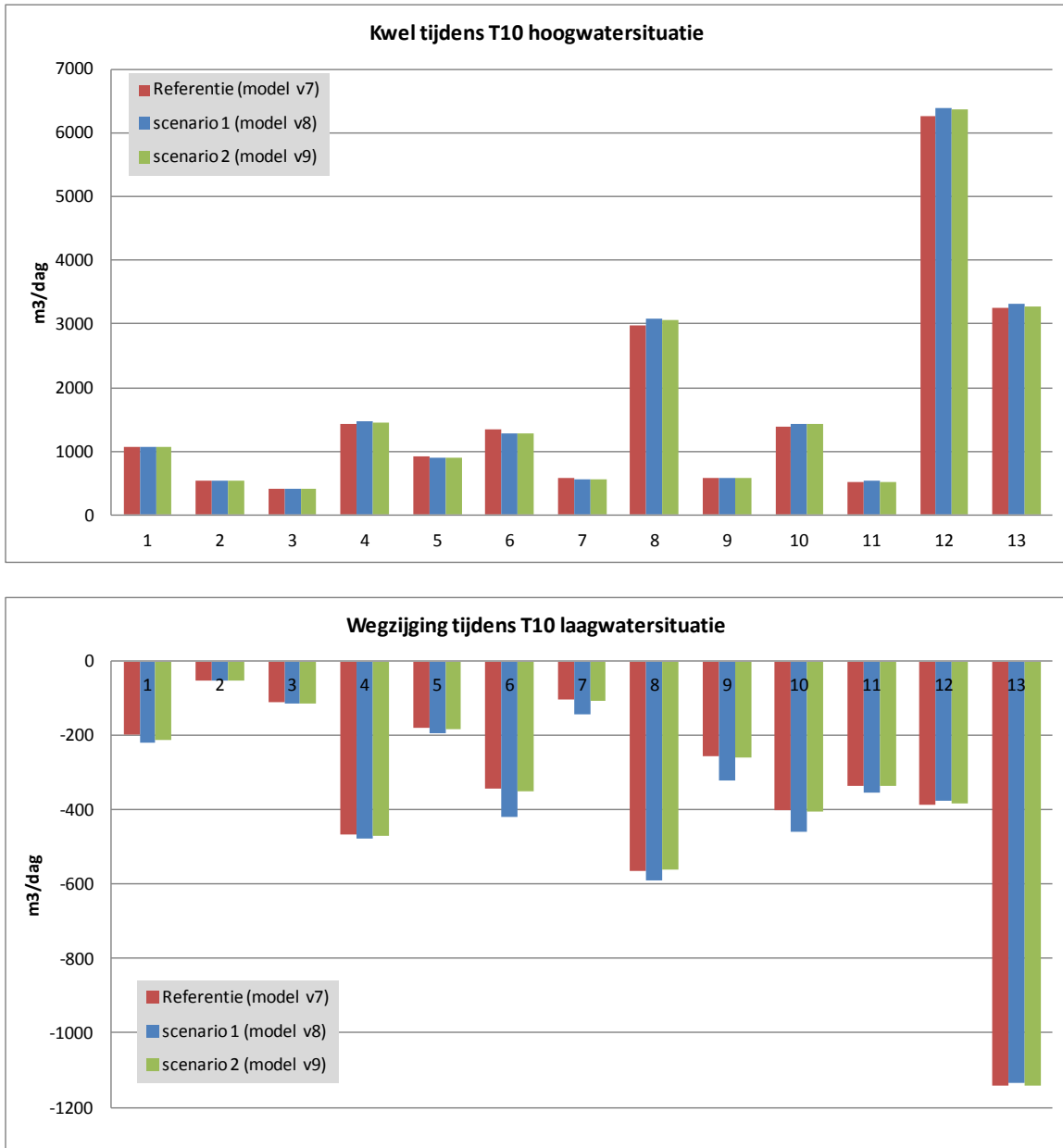
Een van de toetscriteria van het waterschap Rivierenland is of ingrepen niet leiden tot een kwelverandering van > 2 %. Voor elk afwatergebied is vastgesteld wat de verandering van de kwel/wegzijing is. Dit is gedaan voor een volledig jaar (2003), de hoog- en de laagwatersituatie.

Afbeelding 7.19 Jaarsom (2003) kwel/wegzijing. Positieve waarden geven netto kwel aan. Negatieve waarden netto wegzijing



In de gebieden 1, 2 en 3 is sprake van een netto kwelsituatie over het jaar 2003. In alle overige afwateringsgebieden is sprake van netto wegzijing.

Afbeelding 7.20 Kwel en wegzijging tijdens T10 hoog- en laagwatersituaties



In onderstaande tabel is de verandering in de hoog- en laagwatersituaties voor de verschillende scenario's gegeven. Aangenomen is dat een afname van de kwel in een hoogwatersituatie niet negatief is, maar positief. In de tabel is ook de verandering van de wegzijging in laagwatersituaties weergegeven. Door het waterschap worden geen eisen gesteld ten aanzien van de verandering van wegzijging. De kolommen zijn getoond om aan te geven dat de effecten van de maatregelen in de laagwatersituatie (wanneer wegzijging optreedt) groter zijn dan in de hoogwatersituatie (wanneer kwel optreedt).

Tabel 7.1 Verandering kwel en wegzijging ten opzichte van referentiescenario

Afwateringsgebied	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 1	Scenario 2
	verandering kwel hoogwater (%)	verandering kwel hoogwater (%)	verandering wegzijging laagwater (%)	verandering wegzijging laagwater (%)
1	0.9	0.8	10.3	7.7
2	0.0	0.0	6.3	4.9
3	0.3	0.2	5.6	4.4
4	2.5	2.1	2.3	0.7
5	-2.2	-2.3	9.2	2.7
6	-3.7	-3.6	22.3	2.1
7	-1.7	-1.7	37.3	3.7
8	3.5	3.4	4.9	-0.5
9	0.3	0.3	25.4	1.3
10	2.7	2.6	13.9	0.6
11	2.2	2.1	6.2	0.3
12	1.8	1.6	-2.6	-1.0
13	1.7	0.6	-0.4	0.0

De kwel in hoogwatersituaties neemt wel af in scenario 2 ten opzichte van scenario 1, maar dezelfde gebieden blijven een kwelverandering > 2 % houden.

De effecten in de laagwatersituatie op de wegzijging zijn relatief groter. De wegzijging neemt in bijna alle gebieden toe als gevolg van de maatregelen. Er is een groot verschil tussen scenario 1 en scenario 2. De toename van de wegzijging neemt sterk af als gevolg van de mitigerende maatregelen in scenario 2. Een toename van de wegzijging in de T10 laagwatersituatie kan betekenen dat het waterschap extra water moet aanvoeren naar het gebied.

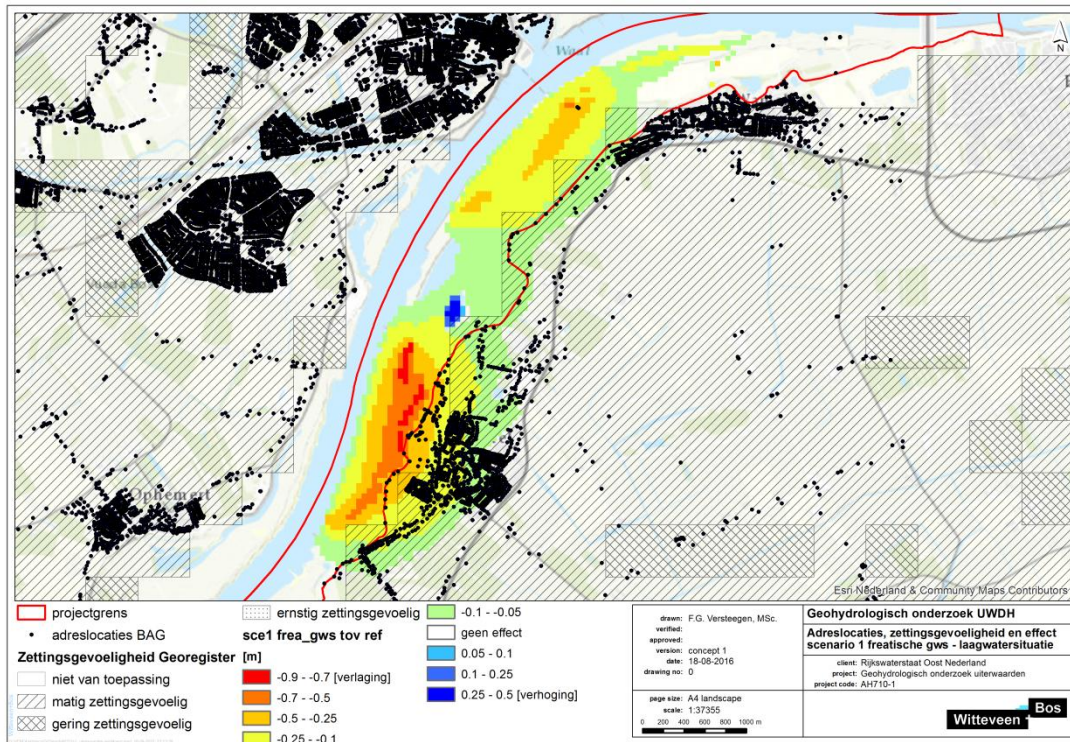
7.4 Afgeleide effecten

Deze paragraaf beschrijft de afgeleide effecten op de omgeving.

7.4.1 Effecten scenario 1 i.r.t. aanwezige woningen

In de hoogwatersituaties zijn er geen effecten bij de binnendijkse woningen te verwachten. De effecten van de maatregelen worden allen in de uiterwaarden berekend, waar de maatregelen genomen worden. In de laagwatersituatie worden er wel effecten binnendijks berekend. Afbeelding 7.21 en afbeelding 7.22 tonen de effecten van de maatregelen scenario 1 in relatie tot de aanwezige woningen (BAG) en zettingsgevoeligheid (Georegister).

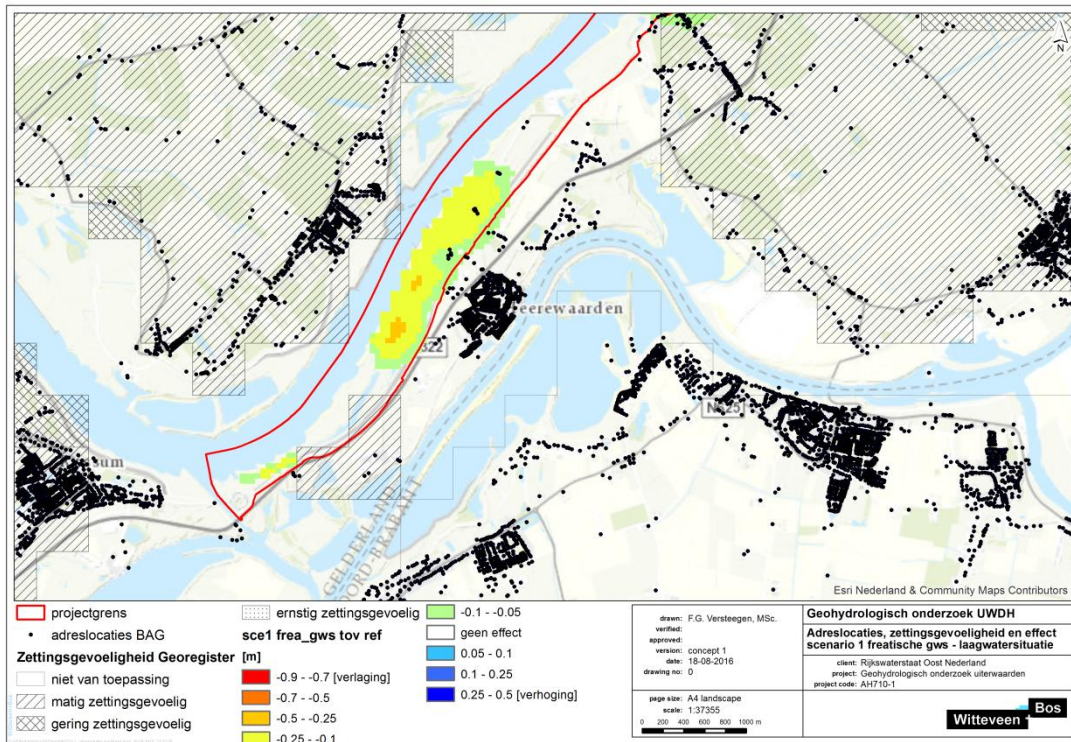
Afbeelding 7.21 Verandering freatische grondwaterstand in T10 laagwatersituatie ten opzichte van woningen - omgeving Wamel en Dreumel - scenario 1



Bij Dreumel wordt binnendijks een verlaging van maximaal circa 0,5 m in de laagwatersituatie berekend. Bij Wamel is de maximale verlaging binnendijks circa 0,1 m. Deze woningen staan in matig zettingsgevoelig gebied.

Bij Wamel is op één locatie een woning buitendijks aanwezig. Hier wordt een verlaging van circa 0,5 m berekend. Dit gebied valt buiten het zettingsgevoelige gebied volgens het Georegister.

Afbeelding 7.22 Verandering freatische grondwaterstand in T10 laagwatersituatie ten opzichte van woningen - omgeving Heerewaarden - scenario 1

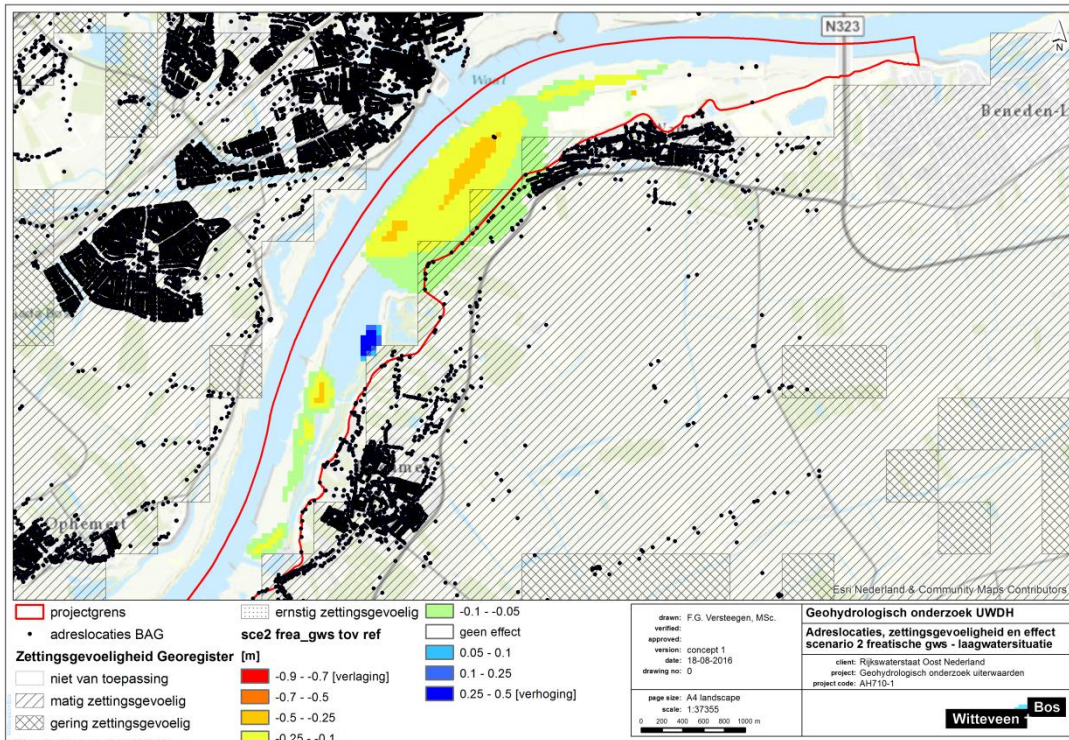


Bij Heerewaarden wordt bij een aantal woningen een verlaging van maximaal 0,1 m in de T10 laagwatersituatie berekend. Deze woningen staan niet binnen zettingsgevoelig gebied. Er wordt hier dus geen nadelig effect op de woningen verwacht.

7.4.2 Effecten scenario 2 i.r.t. aanwezige woningen

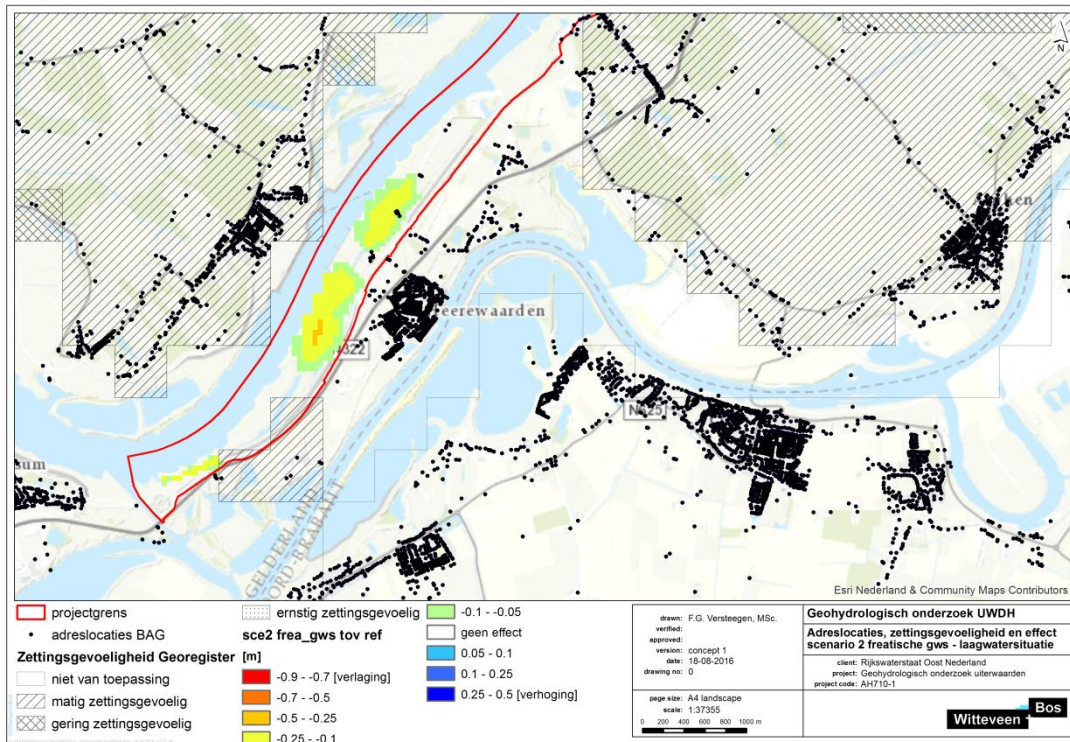
Afbeelding 7.22 toont de effecten van de maatregelen in scenario 2 in relatie tot de aanwezige woningen (BAG) en zettingsgevoeligheid (Georegister).

Afbeelding 7.23 Verandering freatische grondwaterstand in T10 laagwatersituatie ten opzichte van woningen - omgeving Wamel en Dreumel - scenario 2



De effecten bij Dreumel blijven nu buitendijks. Bij de woningen binnendijks worden geen effecten meer berekend. Bij Wamel blijft het berekende effect gelijk. Hier wordt een verlaging van de freatische grondwaterstand in de T10 laagwatersituatie van circa 0,1 m verwacht. De woningen staan in beperkt zettingsgevoelig gebied.

Afbeelding 7.24 Verandering fretische grondwaterstand in T10 laagwatersituatie ten opzichte van woningen - omgeving Heerewaarden - scenario 2



Bij Heerewaarden worden in scenario 2 geen effecten binnendijks verwacht. Bij de woningen die buitendijks gesitueerd zijn wordt een verlaging van maximaal 0,25 m verwacht. Deze woningen staan niet in zettingsgevoelig gebied volgens het Georegister.

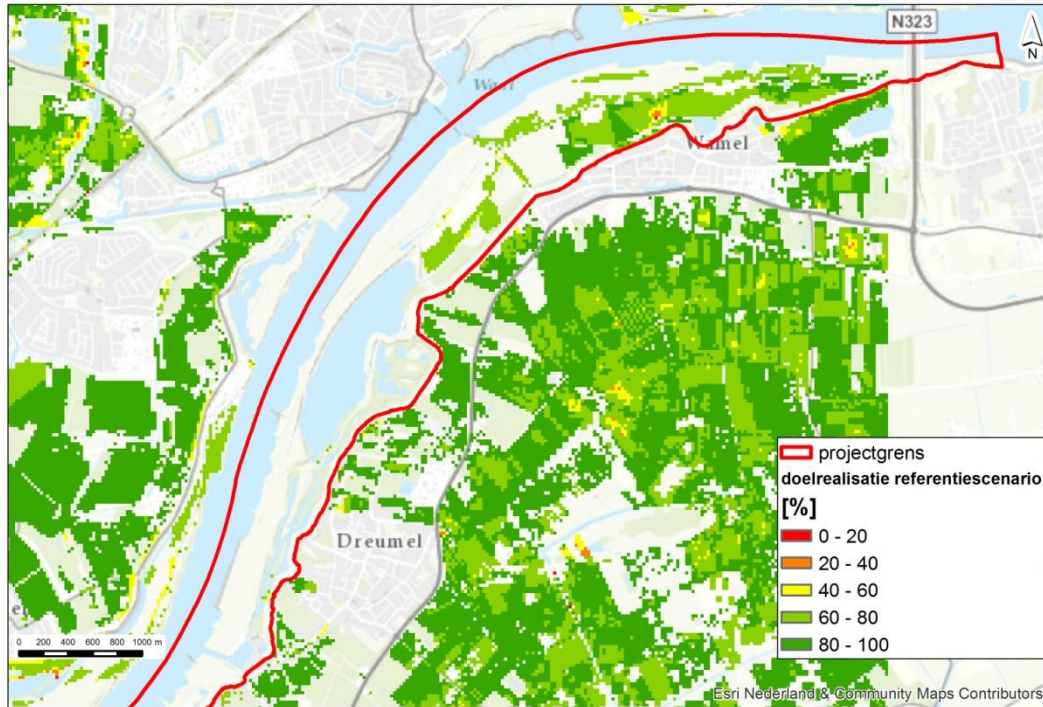
7.4.3 Doelrealisatie

De effecten op doelrealisatie van de landbouw zijn bepaald met behulp van het Waterlood instrumentarium. Als input is gebruik gemaakt van de bodemkaart van Alterra, het LGN7 en de berekende GxG's van de referentiesituatie, scenario 1 en scenario 2. De GxG's zijn berekend ten opzichte van maaiveld. Het gebruikte maaiveldbestand is afkomstig uit de database (DBASE) van MORIA. Dit bestand is gebaseerd op het AHN2. Voor de scenario's is het maaiveldniveau aangepast op basis van de voorgestelde maatregelen.

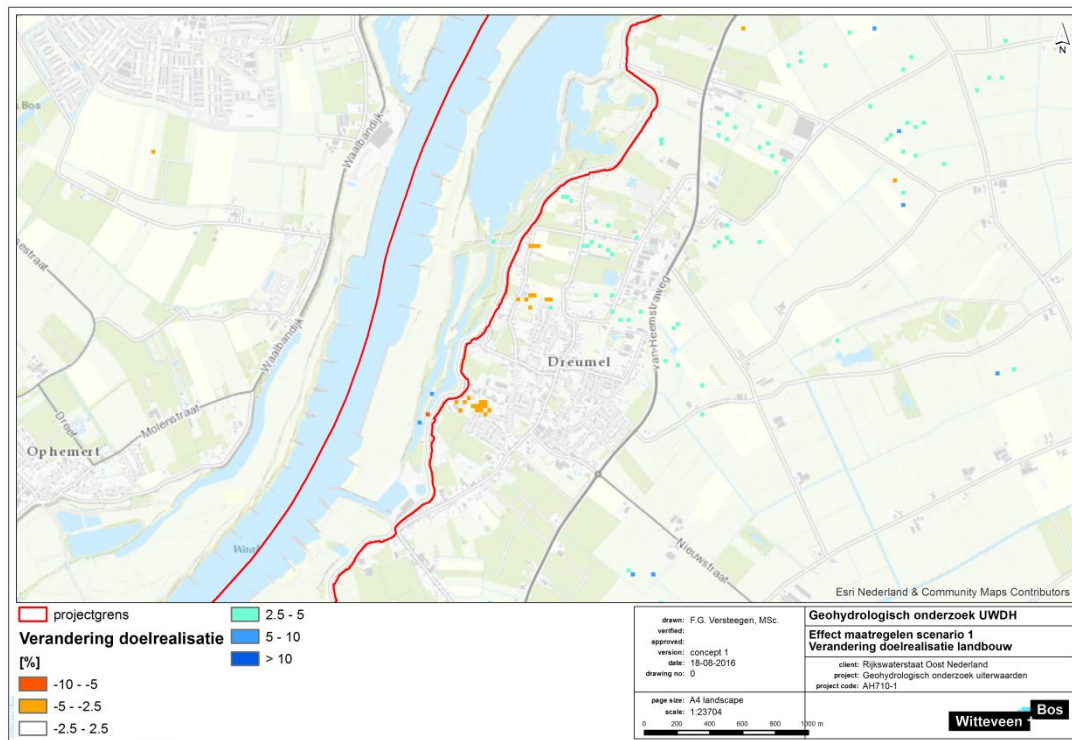
Afbeelding 7.25 toont de berekende doelrealisatie landbouw in de referentiesituatie. Afbeelding 7.26 toont dat in scenario 1 een ter plaatse van Dreumel (aangegeven met de rode cirkel) een verlaging van de doelrealisatie berekend wordt van maximaal 5 %. Opgemerkt wordt dat de op de kaart zichtbare losse blauwe pixels het gevolg zijn van een bug in Waterlood, en niet duiden op een toename in de doelrealisatie.

In scenario 2 is er geen verlaging van de doelrealisatie berekend.

Afbeelding 7.25 Berekende doelrealisatie landbouw in referentiesituatie



Afbeelding 7.26 Verandering doelrealisatie landbouw - scenario 1





CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Samenvatting

In het kader van het programma WaalWeelde wordt gewerkt aan een veilige, natuurlijke en economisch sterke Waal. Eind 2013/begin 2014 heeft de provincie Gelderland, als trekker van WaalWeelde, samen met Dienst Landelijk Gebied een preverkenning uitgevoerd naar de Waalwaterwaarden bij Wamel, Dreumel en Heerewaarden. In de preverkenningfase zijn de doelen vertaald naar een inrichtingsvisie, die het vertrekpunt vormt voor de verkenningfase.

Centraal in de inrichtingsvisie staat het aantakken op de Waal van in totaal vier te vergraven geulen, waarvan één meestromend. Ook wordt ingezet op oobosontwikkeling en stroomdalgraslanden op de hoge zandige oeverwallen. De zandwinplas wordt deels verontdiept, waardoor natuurwaarden toenemen doordat er meer diversiteit in aquatische milieus ontstaat.

Het doel van dit rapport is om inzicht te geven in de effecten van de voorgenomen maatregelen op de binnendijkse grondwaterstanden en kwel, alsmede de afgeleide effecten op landbouw en woningen.

De effecten van de voorziene maatregelen zijn doorgerekend met het MORIA grondwatermodel. Eerst is de referentiesituatie doorgerekend. Vervolgens zijn de voorziene maatregelen omgezet naar modelingrepen en zijn twee scenario's doorgerekend. Een waarbij de maatregelen volledig zijn ingevoerd (scenario 1). En een scenario waarbij mitigerende maatregelen zijn toegepast (scenario 2).

De effecten zijn bepaald op de grondwaterstand en op de binnendijkse kwel/wegzijing en afvoer voor de afwateringsgebieden van waterschap Rivierenland.

8.2 Effecten

Grondwaterstand

De effecten op de grondwaterstand zijn het grootst in de T10 laagwatersituatie. In scenario 1 worden binnendijks verlagingen van maximaal 0,5 m berekend. In scenario 2 is dit binnendijks maximaal 0,1 m.

Aan/afvoer afwateringsgebieden

Op gebied 13 na zijn in alle gebieden sprake van netto afvoer in de referentiesituatie. Door de maatregelen neemt de netto afvoer af, behalve in gebied 12. Daar wordt een toename van de afvoer berekend. In gebied 1 tot en met 11 wordt als gevolg van de maatregelen van scenario 1 een grotere afname berekend dan als gevolg van de maatregelen in scenario 2 (waarvan de effecten minder zijn). In scenario 2 blijven, op gebied 12 na, alle veranderingen van de aan-/afvoer < 5 %.

Kwel/wegzijing

Een van de toetscriteria van het waterschap Rivierenland is of ingrepen niet leiden tot een kwelverandering van > 2 %. Voor elk afwatergebied is vastgesteld wat de verandering van de kwel/wegzijing is. Dit is gedaan voor een volledig jaar (2003), de hoog- en de laagwatersituatie.

In de T10 hoogwatersituatie is in 4 van de 13 afwateringsgebieden een toename van de kwel >2 %, in zowel scenario 1 als scenario 2. In de laagwatersituatie is als gevolg van de maatregelen in scenario 1 in 11 van de 13 afwateringsgebieden de verandering > 2 %. In scenario 2 is dit nog in 6 van de 13 gebieden het geval.

Er wordt dus niet voor alle afwateringsgebieden voldaan aan het toetscriterium van het waterschap.

In de T10 laagwatersituatie wordt in alle afwateringsgebieden (behalve 12 en 13) een toename van de wegzijging berekend. De toename is in sommige gevallen >20% (afwateringsgebied 6, 7, 9). Als gevolg van de mitigerende maatregelen zoals opgenomen in scenario 2 neemt de toename van de wegzijging sterk af in alle afwateringsgebieden. In alle afwateringsgebieden is de toename van de wegzijging < 8%.

Een toename van de wegzijging tijdens een T10 laagwatersituatie kan betekenen dat het waterschap extra water moet aanvoeren naar de gebieden.

Woningen

In scenario 1 worden bij woningen die volgens het Georegister op matig zettingsgevoelige grond staan verlagings van maximaal 0,5 m van de freatische grondwaterstand berekend. In scenario 2 is de maximaal berekende verlagings 0,1 m.

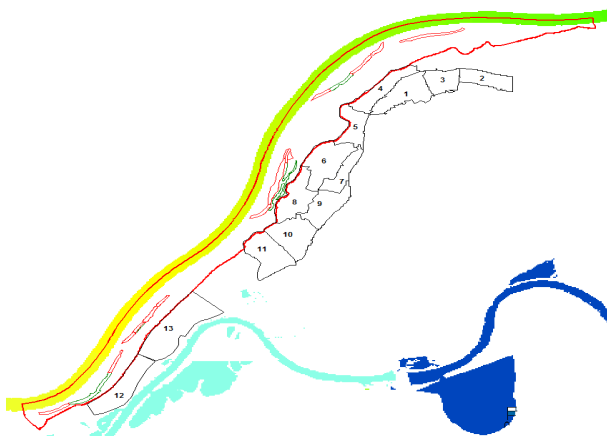
Landbouw

In scenario 1 een ter plaatse van Dreumel een verlagings van de doelrealisatie berekend wordt van maximaal 5 %. In scenario 2 is geen verlagings van de doelrealisatie meer berekend.

8.3 Conclusie

In scenario 1 worden effecten berekend die resulteren in een verlagings van de grondwaterstand en stijghoogte in binnendijks gebied. De verandering in fluxen zijn groter dan de door het waterschap gestelde maximale verandering van 2 %. Er is in samenspraak met de Provincie Gelderland een maatregelen pakket opgesteld waarin mitigerende maatregelen zijn opgenomen. De maatregelen betreffen het toevoegen van drempels in de strangen, en het versmallen van de geulen. De veranderingen van de grondwaterstand blijven in scenario 2 als gevolg van de mitigerende maatregelen nagenoeg volledig buitendijks. Echter, de verandering van fluxen is in de afwateringsgebieden 4, 8, 10 en 11 nog >2 %.

Afbeelding 8.1 Afwateringsgebieden



Deze gebieden zijn gelegen bij Wamel (4) en Dreumel (8,10 en 11). Met name afwateringsgebied 8 (toename kwelflux van circa 3,5 %) kent nog een te grote toename van de kwelflux volgens de eis van het waterschap, zoals opgenomen in de richtlijn Kwel en wegzijging [ref. 5.]. De overige genoemde afwateringsgebieden kennen een toename van de kwelflux van circa 2,5 %. Om te voldoen aan de eis van het waterschap zijn voor

deze locaties dus nog extra mitigerende maatregelen nodig. Een mogelijkheid is om bij de strangen in Heerwaarden en Wamel extra klei aan te brengen, om te voorkomen dat gedurende hoogwatersituaties grotere kwelfluxen ontstaan (de strangen worden dan ondieper). Versmalling van de strangen en nevengeul leidt ook tot een vermindering van het kweleffect, maar het effect is relatief kleiner.

De mitigerende maatregelen uit scenario 2 zijn met name effectief voor vermindering van het verdrogingseffect. Dit verminderde verdrogingseffect wordt vooral veroorzaakt door het aanbrengen van de drempels, en in mindere mate door de versmalling van de geul. Dit blijkt uit het feit dat de effecten bij Wamel in beide scenario's relatief weinig verschillen. Hier wordt als mitigerende maatregel wel een versmalling van de geul voorzien, maar geen drempels aangebracht.

In scenario 1 wordt een sterke toename van wegzijging tijdens de T10 laagwatersituatie berekend (verdrogingseffect als gevolg van mee fluctuerende strangen en mee stromende nevengeul). De toename is in sommige gevallen >20% (afwateringsgebied 6, 7, 9). Als gevolg van de mitigerende maatregelen in scenario 2 neemt deze toename sterk af. Een toename van de wegzijging tijdens een T10 laagwatersituatie kan betekenen dat het waterschap op zo'n moment extra water moet aanvoeren.

Als gevolg van de maatregelen zoals opgenomen in scenario 1 wordt een verlaging van de freatische grondwaterstand van circa 0,5 m berekend bij woningen die volgens het Georegister op matig zettingsgevoelige grond staan. Door de mitigerende maatregelen zoals opgenomen in scenario 2 is de verlaging van de freatische grondwaterstand bij de woningen maximaal 0,1 m.

Als gevolg van de maatregelen zoals opgenomen in scenario 1 is ter plaatse van Dreumel een verlaging van de doelrealisatie berekend van maximaal 5 %. In scenario 2 is geen verlaging van de doelrealisatie meer berekend.

9

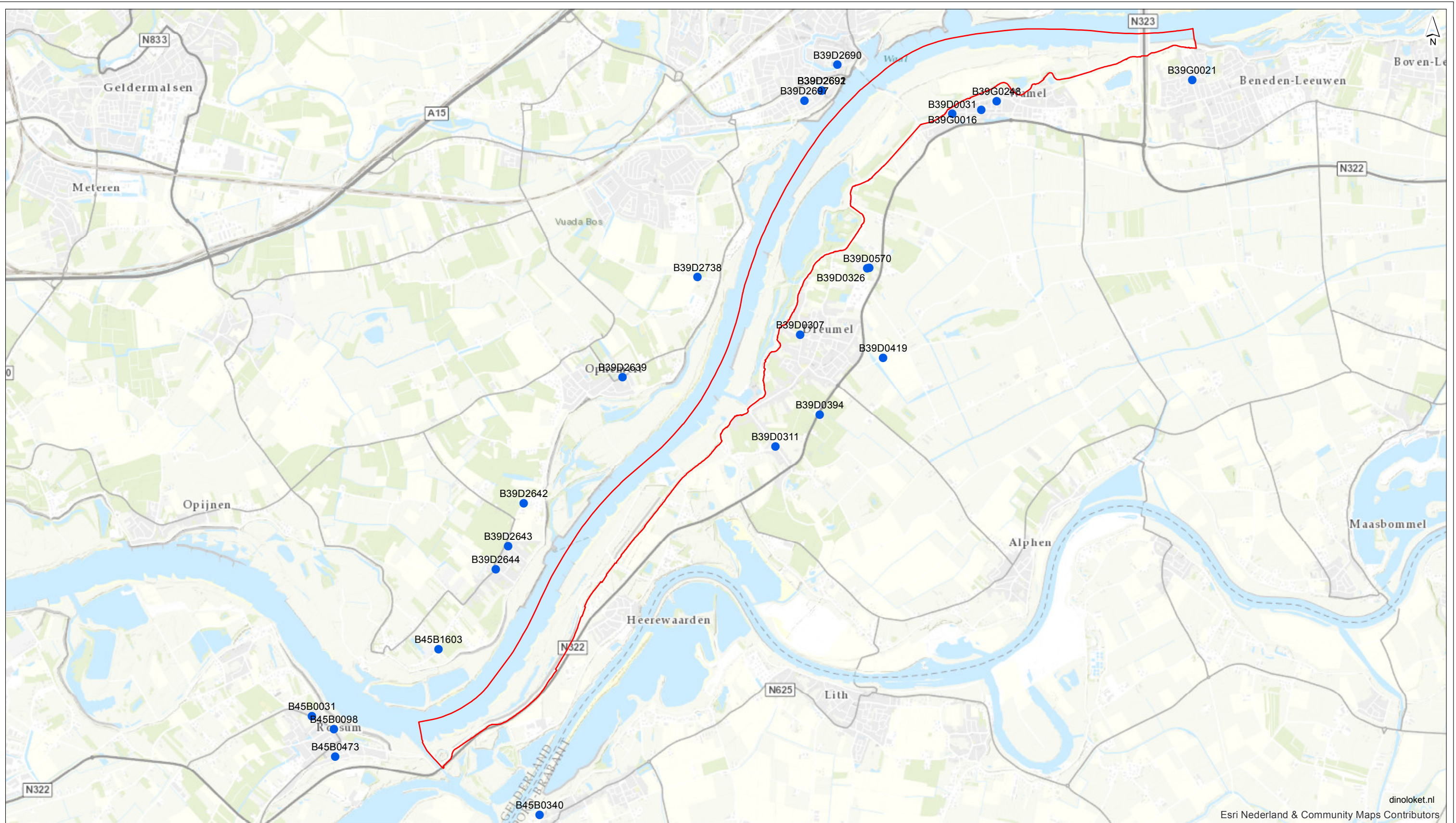
REFERENTIES

- 1 Witteveen+Bos, Aanbieding geohydrologisch onderzoek uiterwaarden Wamel, Dreumel en Heerwaarden, referentie AH710-1-P/16-009.677, 9 juni 2016;
- 2 Witteveen+Bos, Quarles van Ufford - Toelichting op het peilbesluit, referentie TL254-1/16-007.845, 29 april 2016;
- 3 TNO, DINO-Loket, beschikbaar via www.dinoloket.nl, geraadpleegd op 21 juni 2016;
- 4 DLO, Kleidiktekaart - Landinrichtingsgebied uitbreiding Maas en Waal, Rapport 589, kaart 3, blad 1 en blad 2;
- 5 Waterschap Rivierenland, Richtlijn toetsing kwel en wegzijging, 23 oktober 2012;
- 6 Principeschets profiel strangen, ontvangen van Provincie Gelderland 02-08-2016.

Bijlage(n)

I

BIJLAGE: LOCATIES PEILBUIZEN



● Selectie peilbuizen DINO-Loket (metingen > 2002)

▭ projectgrens
Topo

drawn: F.G. Versteegen, MSc.
verified: ir. T.H. van Wee
approved: ir. T.H. van Wee
version: concept 1
date: 22-06-2016
drawing no: 0

Locaties peilbuizen uit DINO-Loket

**Peilbuizen met metingen > 2002
selectie omgeving uiterwaarden**

client: Rijkswaterstaat Oost Nederland
project: Geohydrologisch onderzoek uiterwaarden
project code: AH710-1

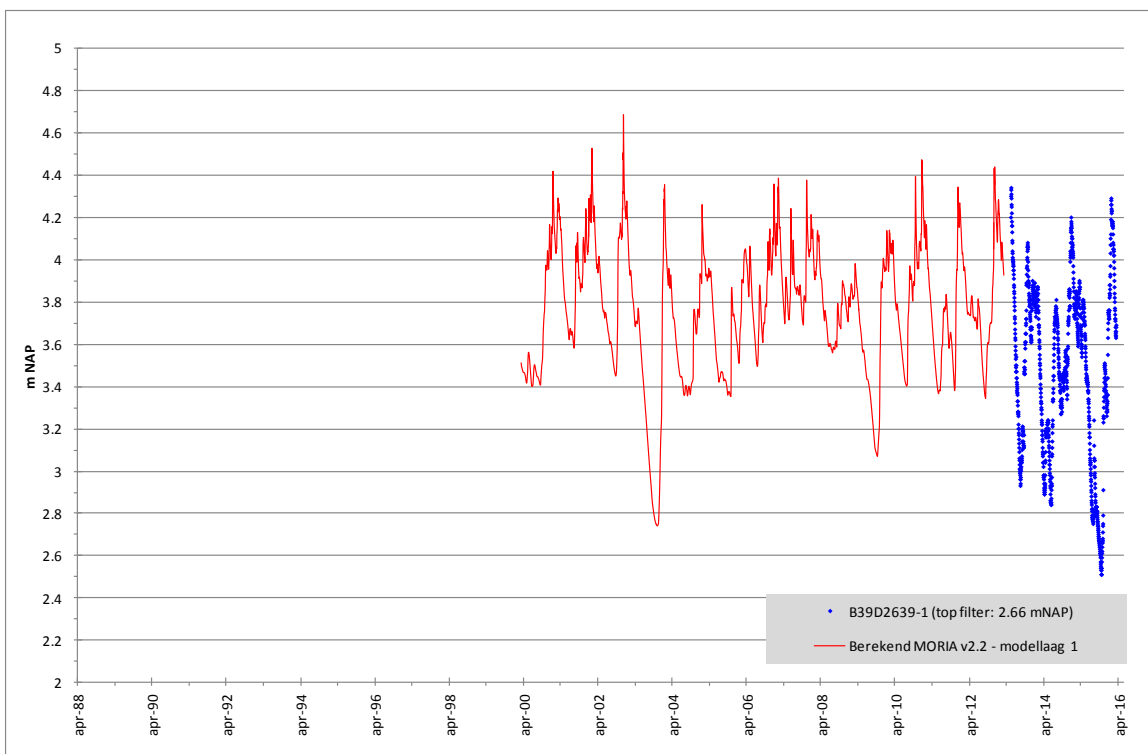
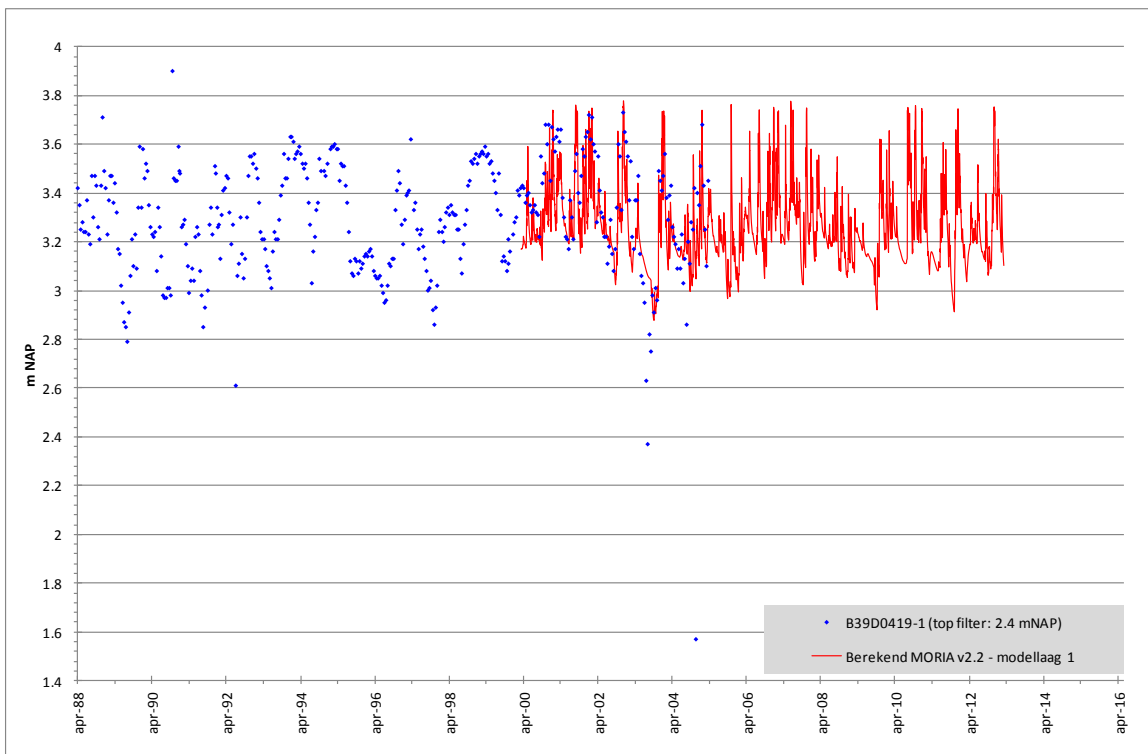
page size: A3 landscape
scale: 1:50000
0 500 1000 1500 m

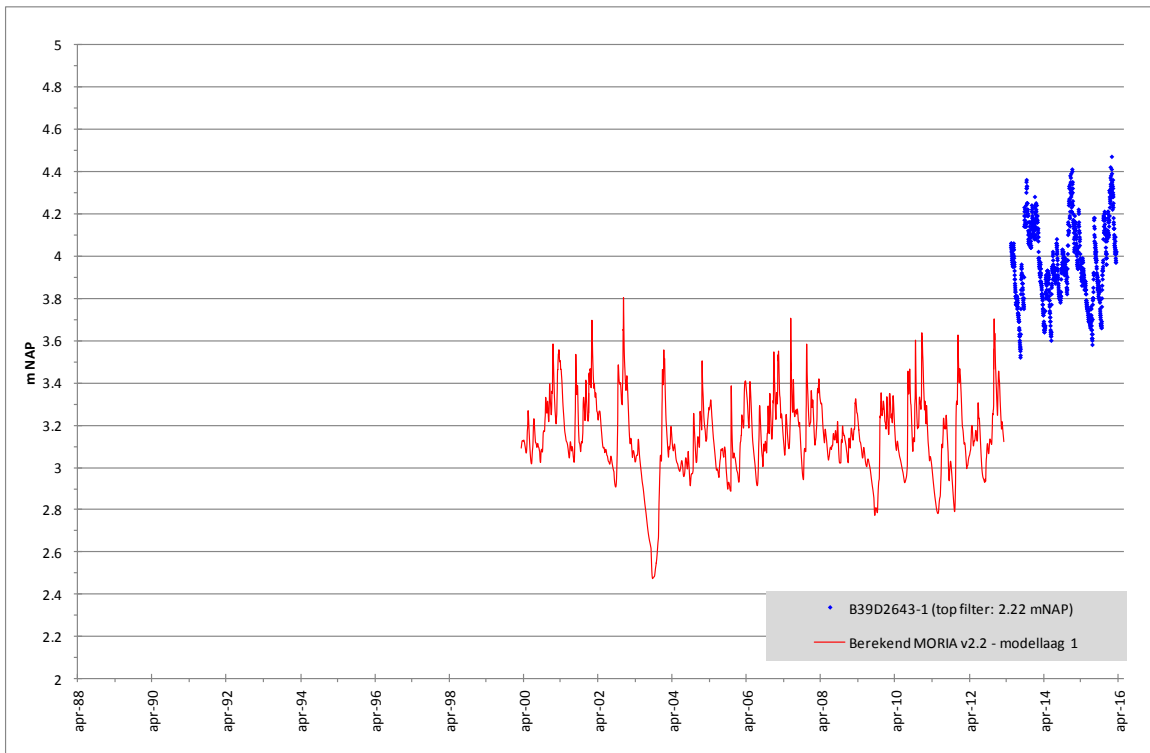
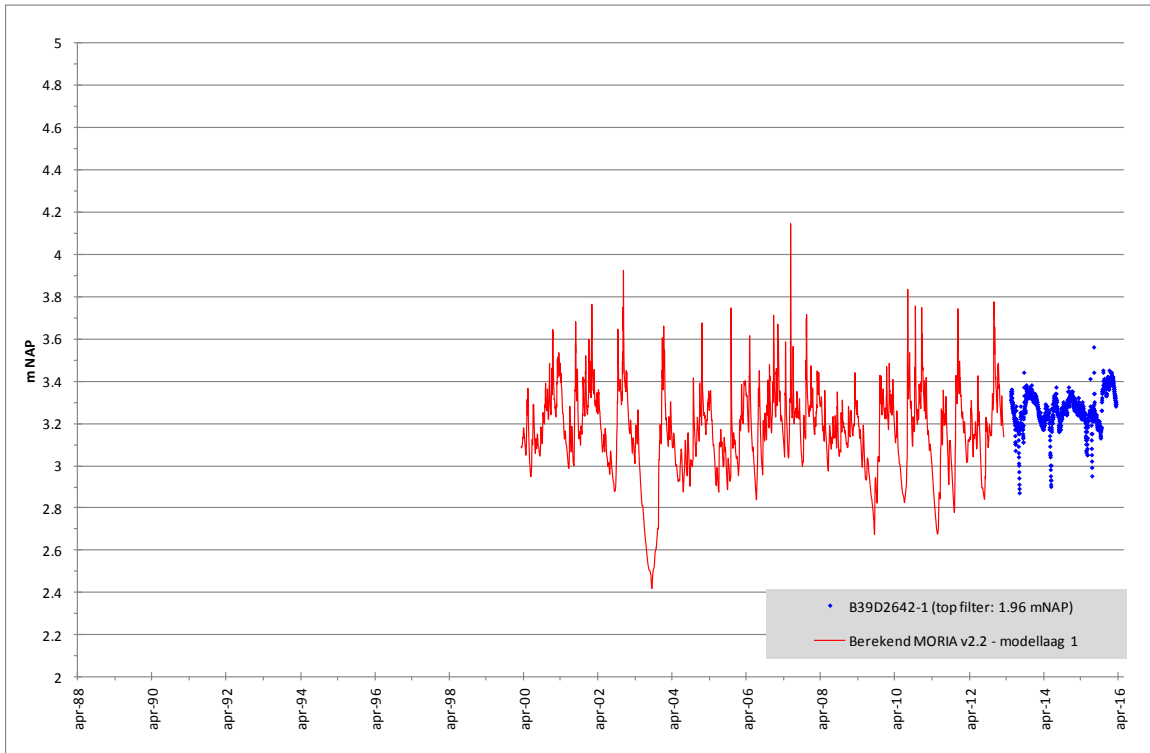


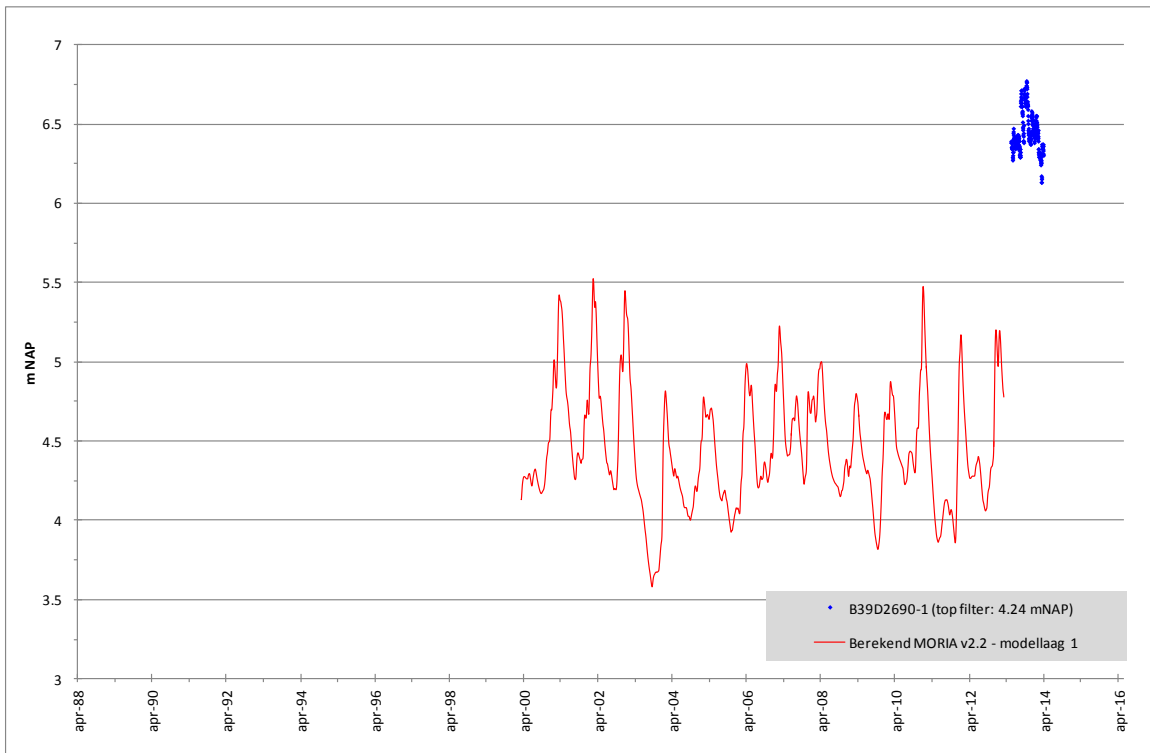
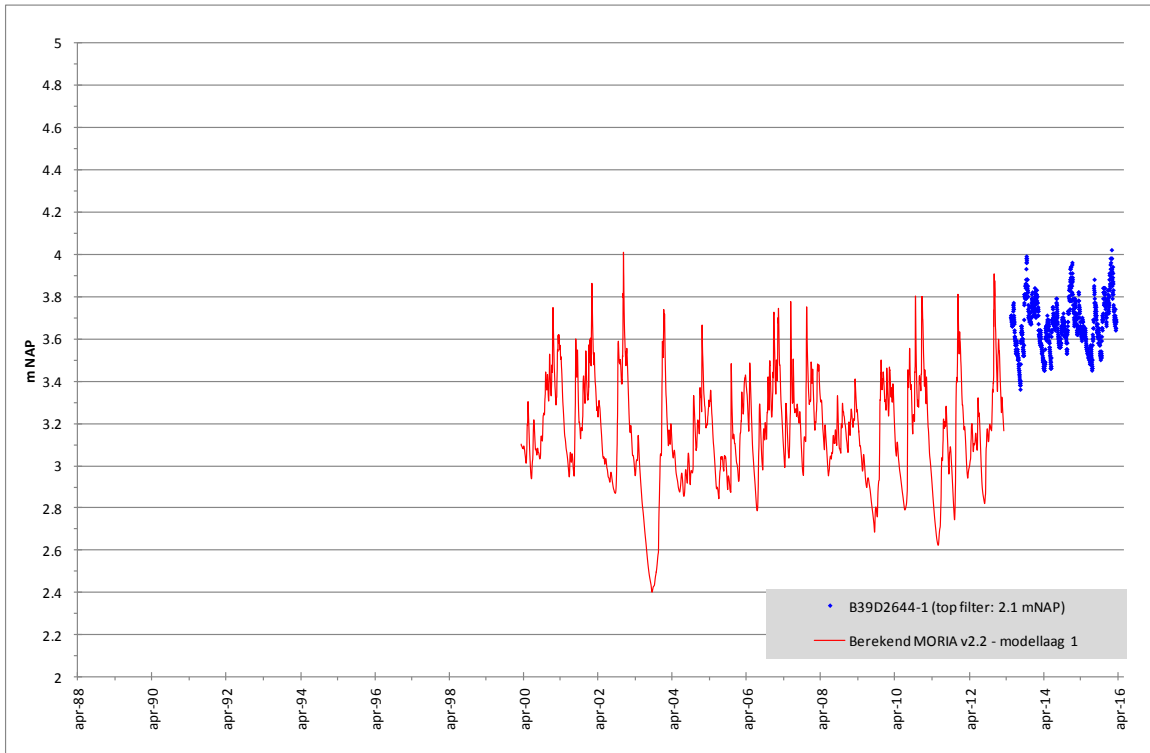
II

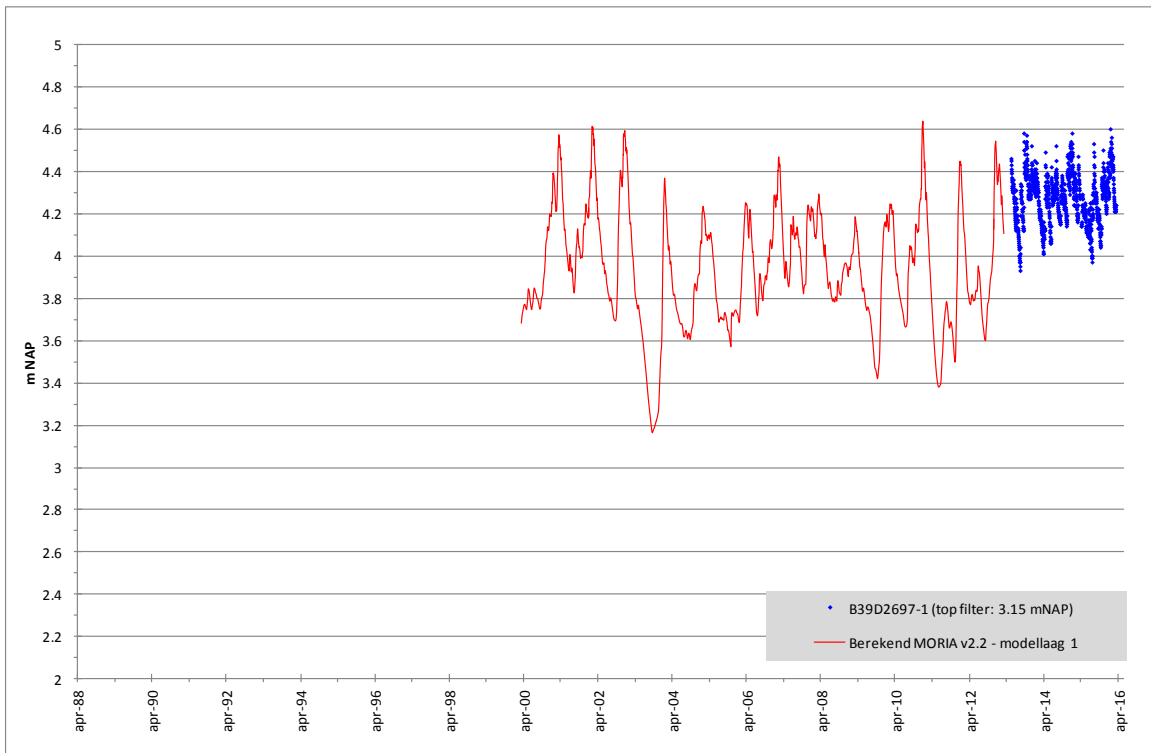
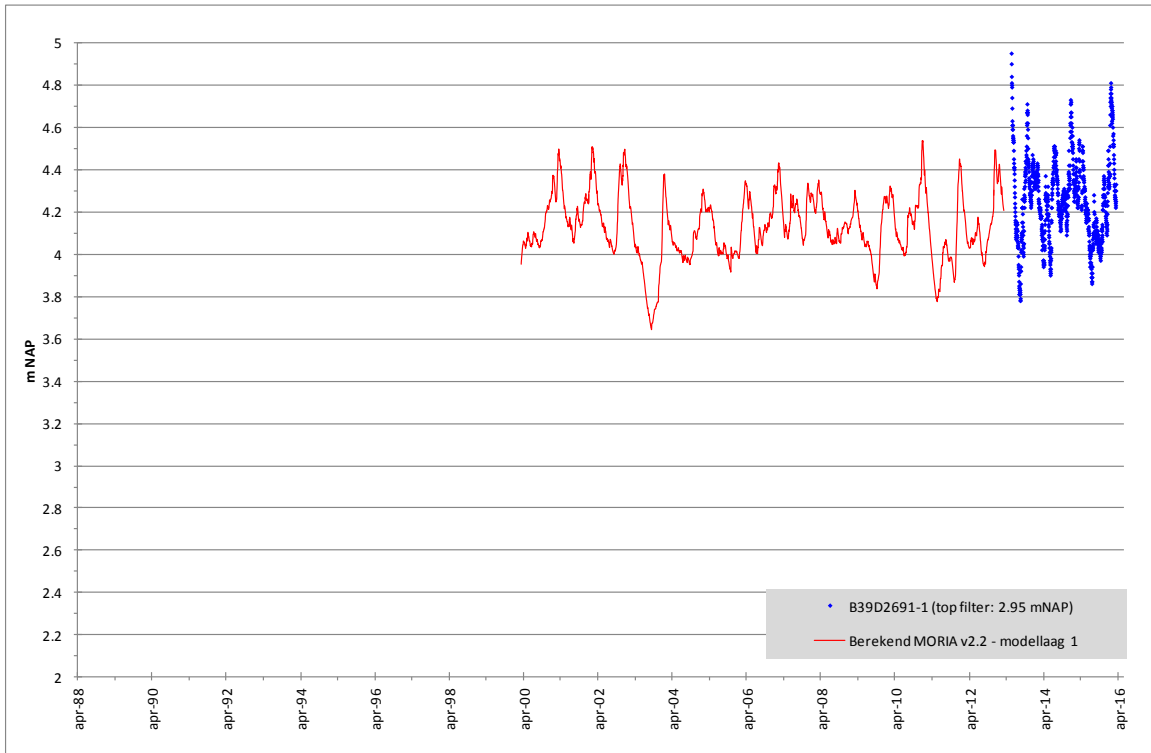
BIJLAGE: TIJDSTIJGHOOGTEGRAFIEKEN

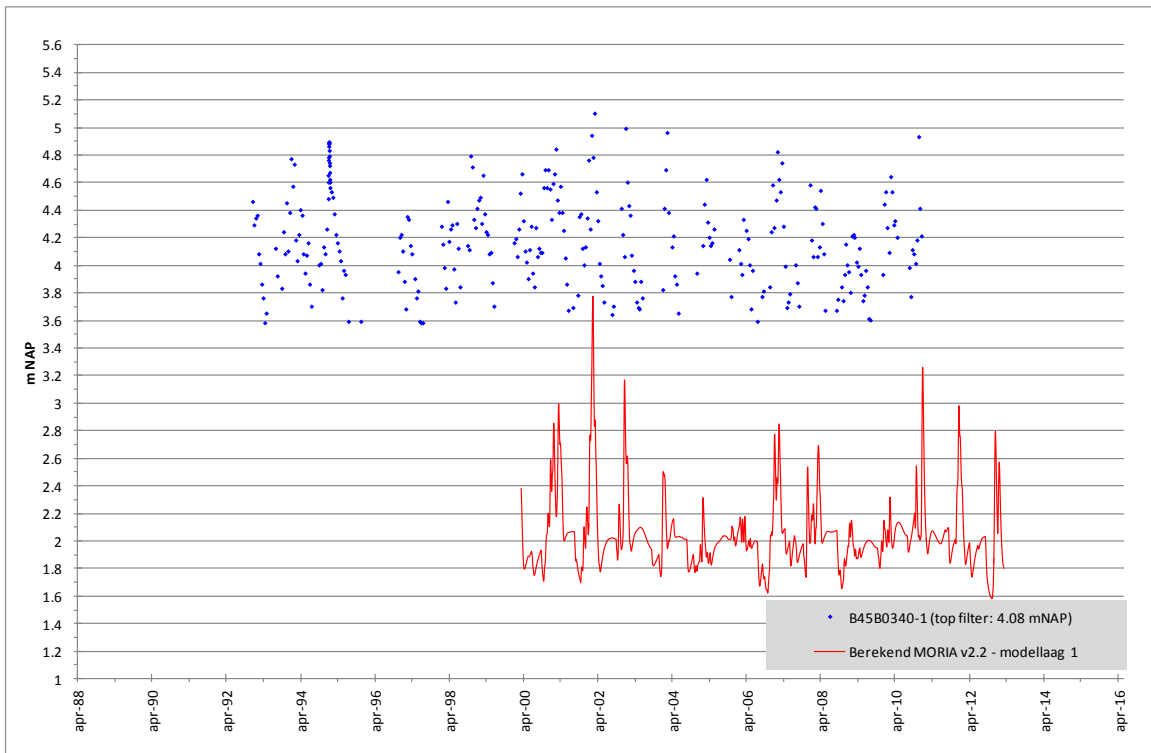
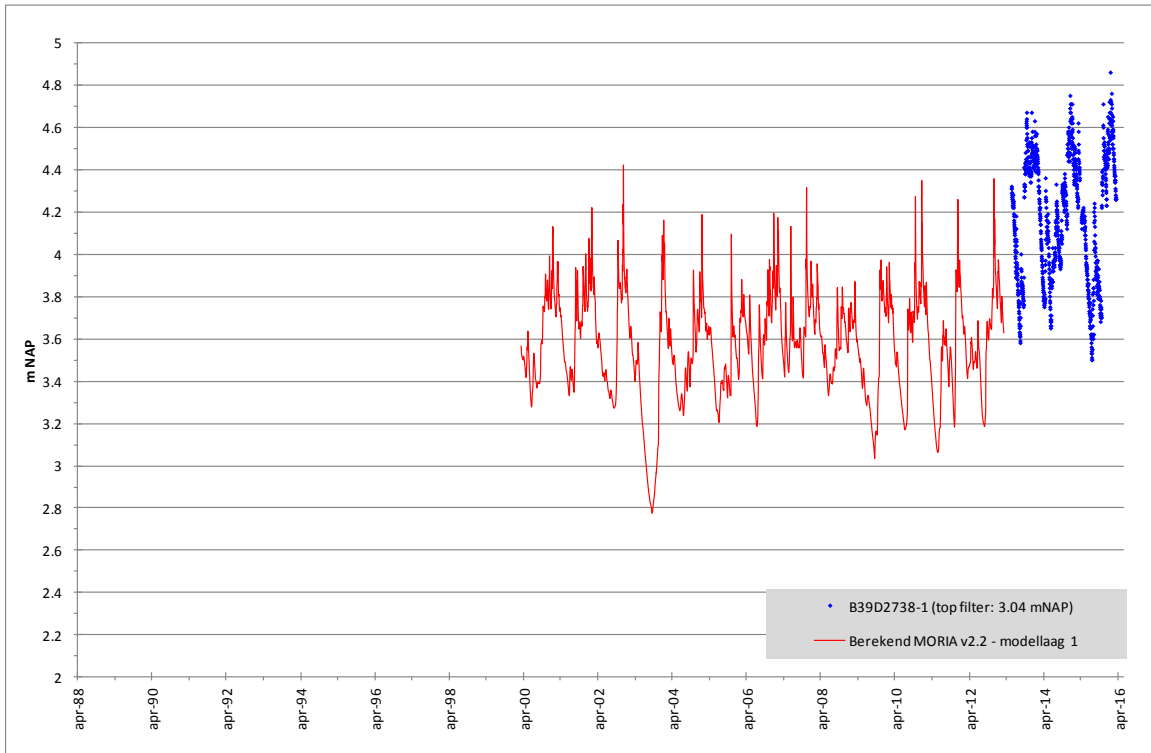
II.1 Peilbuizen met filter in modellaag 1 (deklaag)

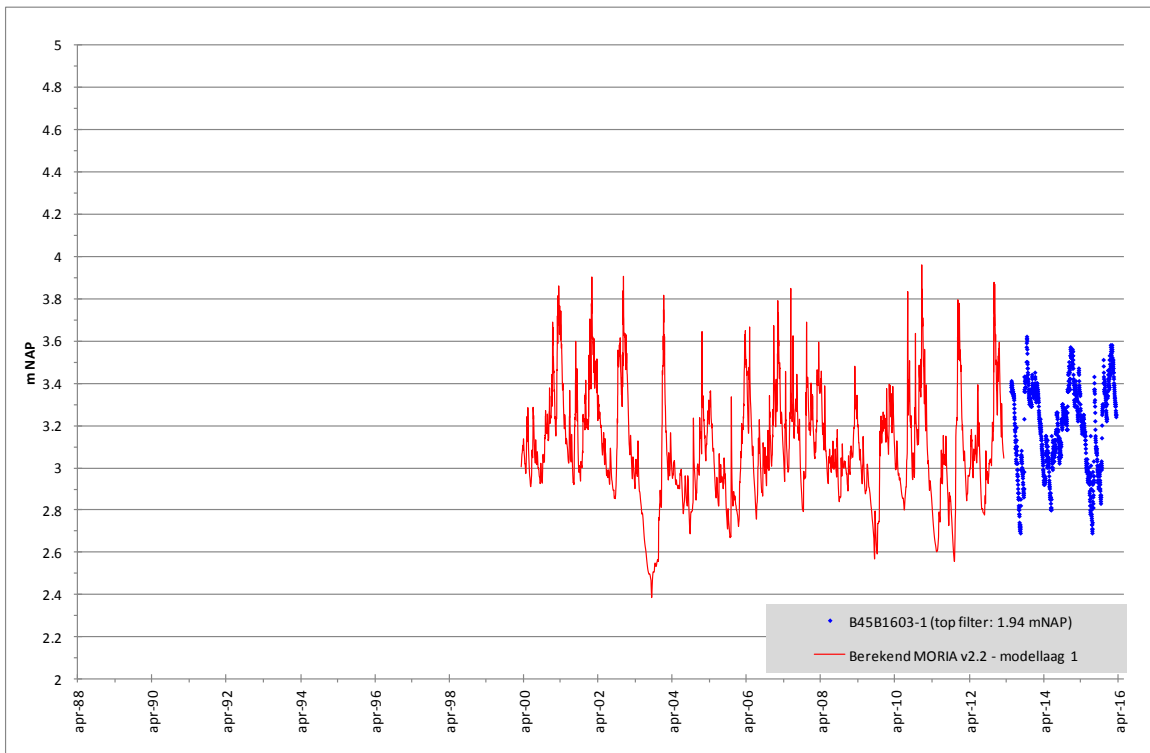
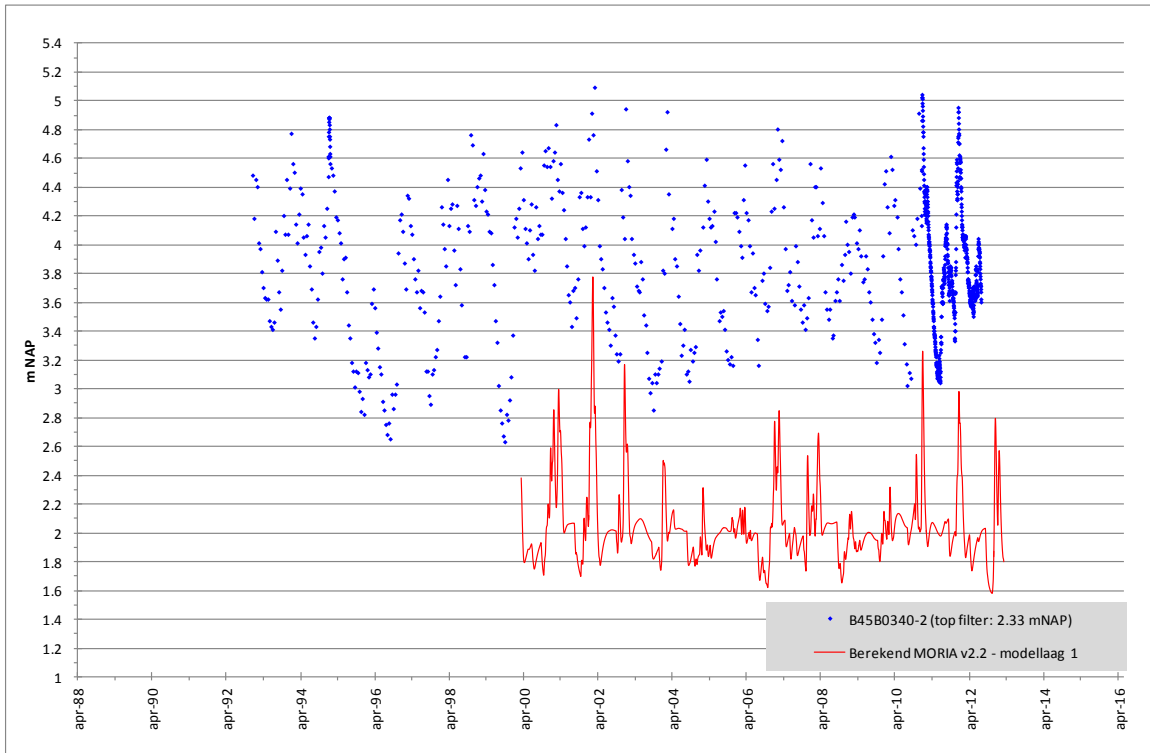




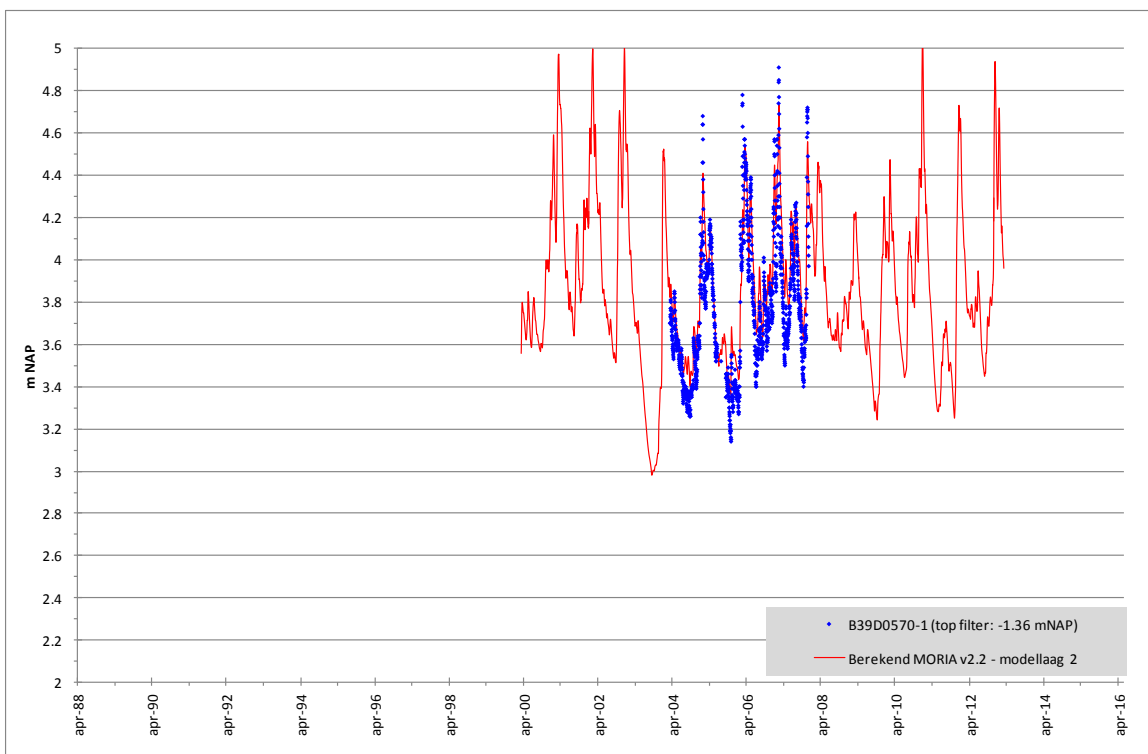
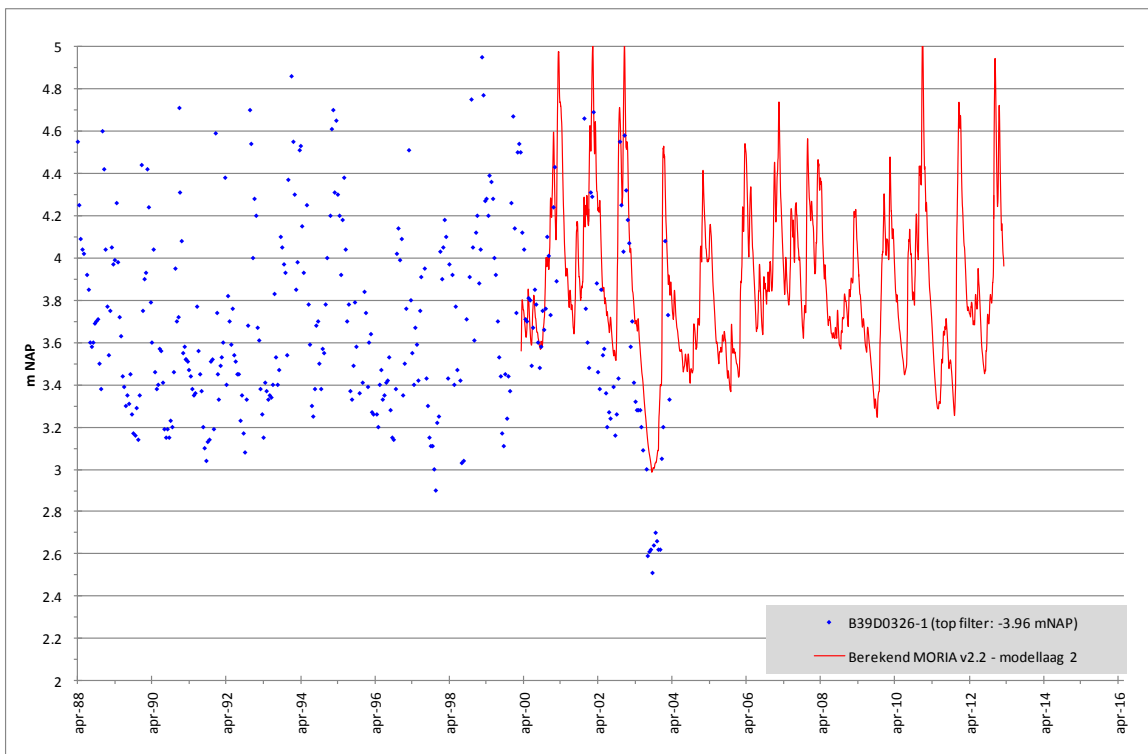


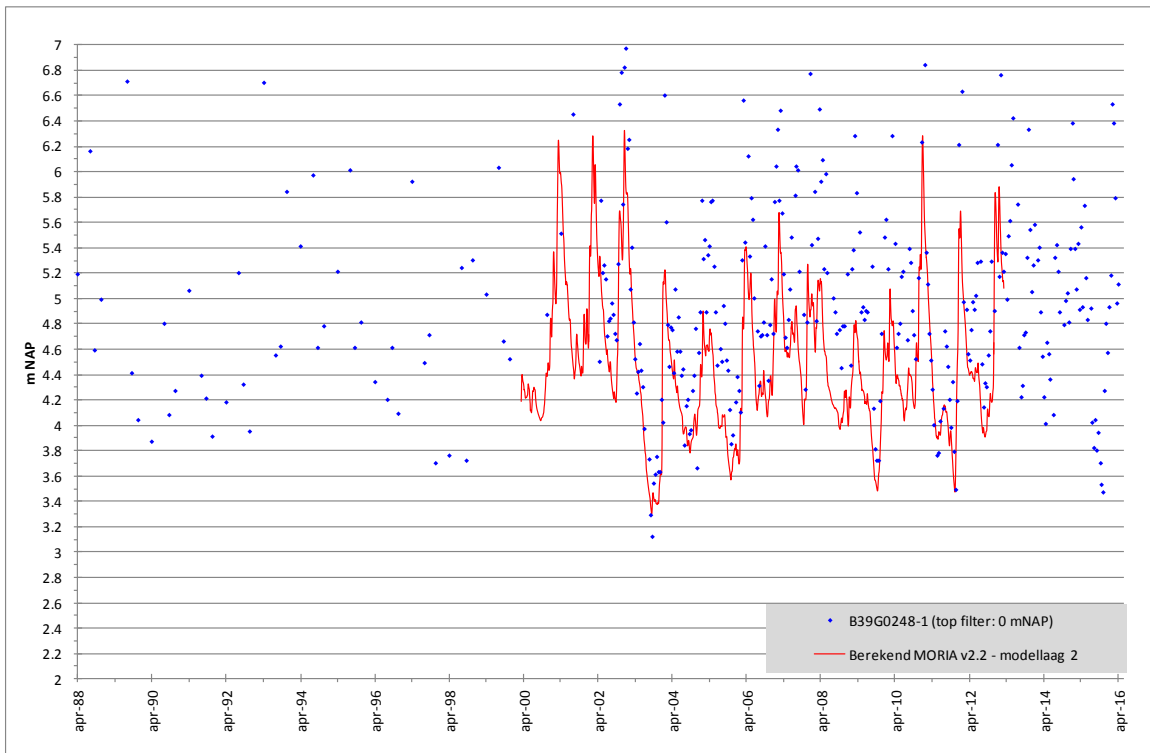
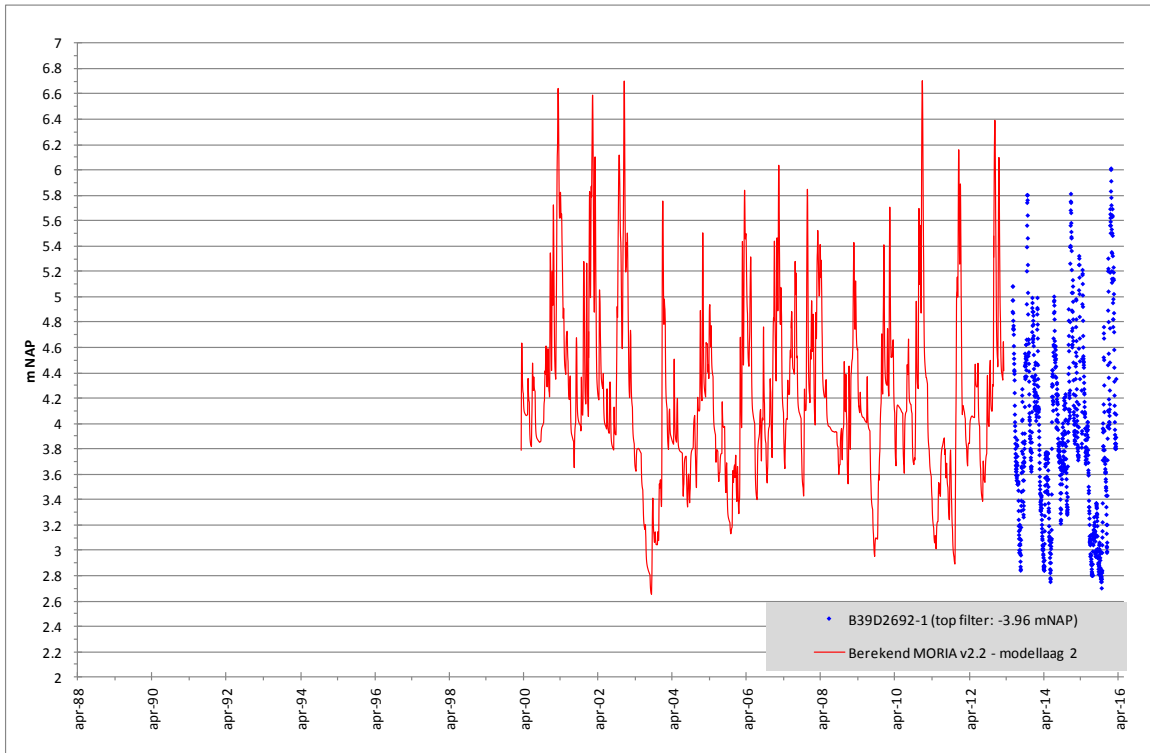


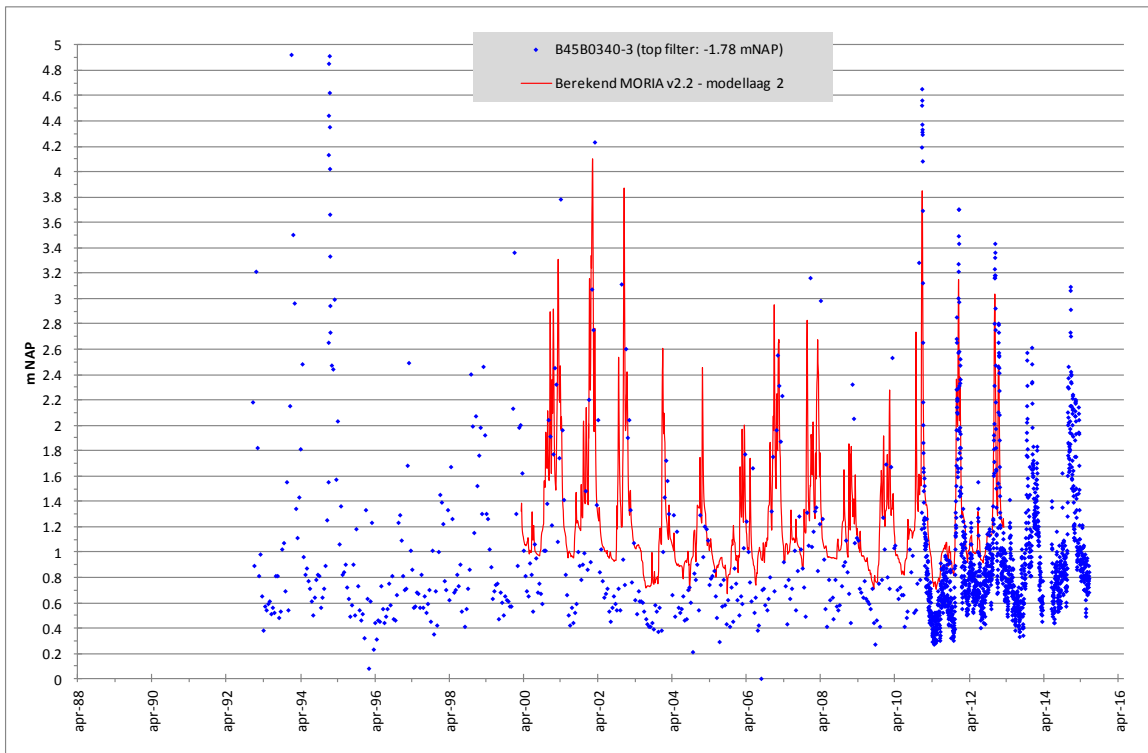
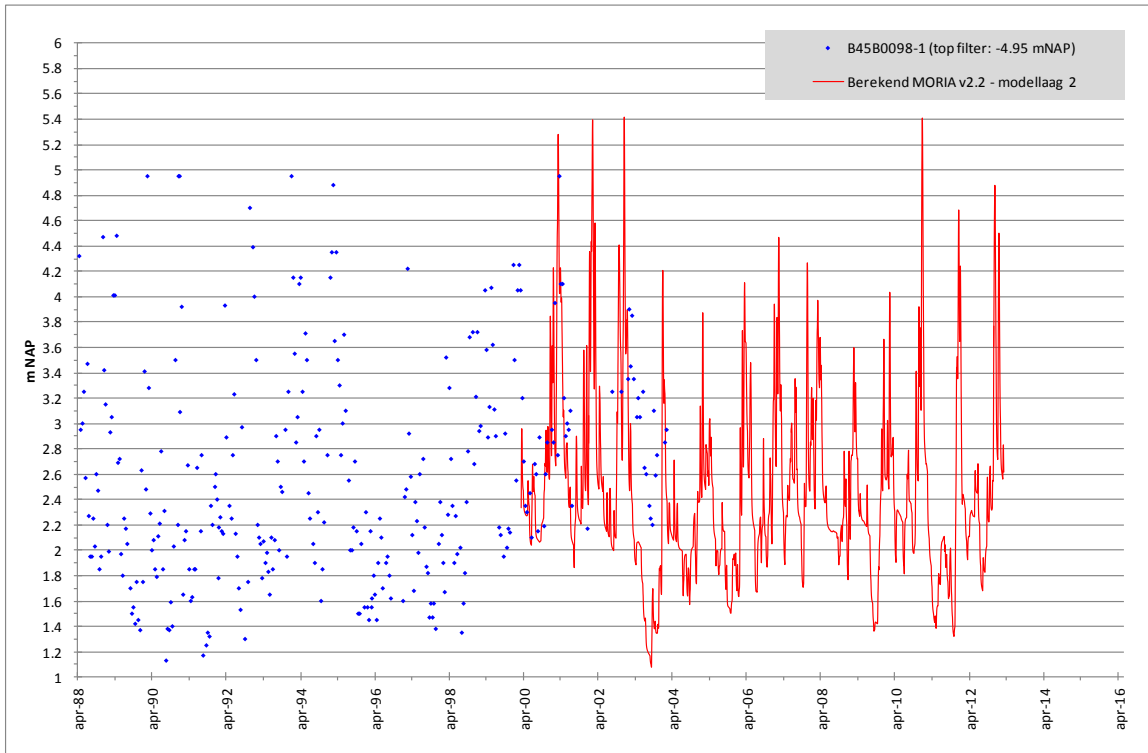


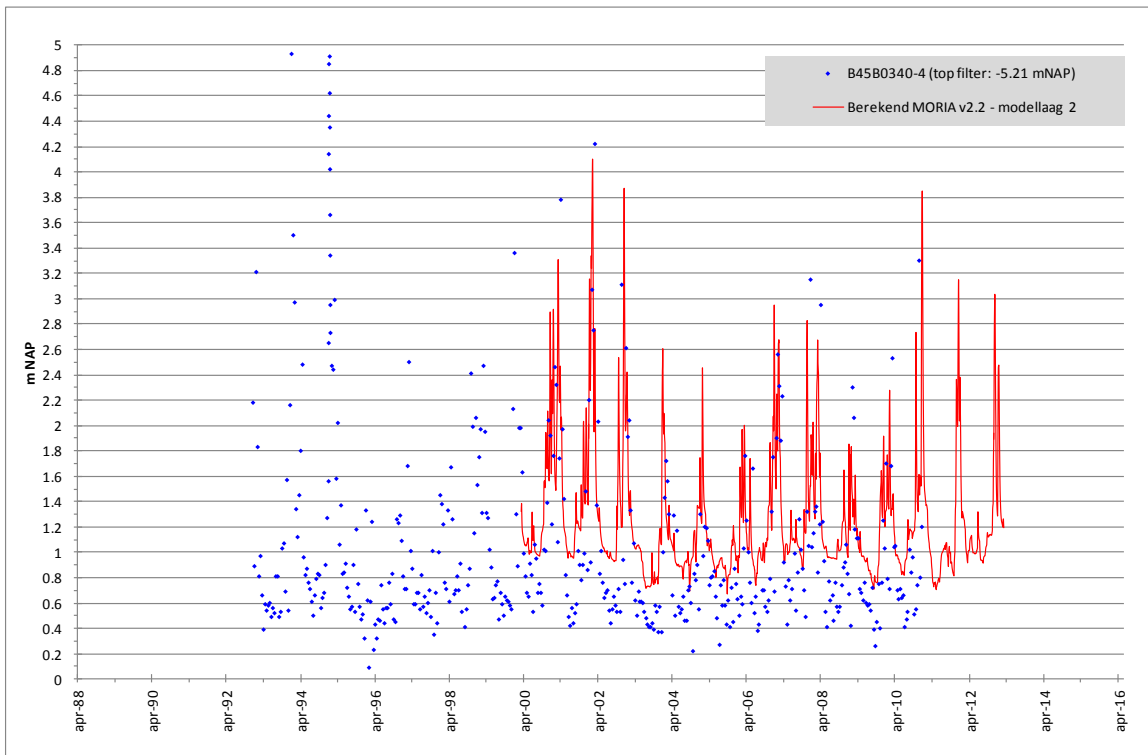


II.2 Peilbuizen met filter in modellaag 2 (top 1^e WVP)









II.3 Peilbuizen met filter in modellaag 5 (middenin 1^e WVP)

