Beschouwing geohydrologische invloed Ontwikkeling Willemspolder – Fase 1

Geohydrologische analyse | IJzendoorn

1217-0056-001 | 29-01-2021

Definitief

Dekker Groep

grondstof voor ontwikkeling

Dekker

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Beschouwing geohydrologische invloed Ontwikkeling Willemspolder
Documentnaam	Geohydrologische analyse
Fugro-projectnr.	1217-0056-001
Fugro-documentnr.	1217-0056-001-33-R03
Versienummer	2.0
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Veurse Achterweg 10 Postbus 63 2260 AB Leidschendam T 070 31 11333

Klantgegevens

Klant	Dekker Groep
Adres klant	Postbus 6073, 4000 HB Tiel
Contactpersoon klant	T. van Mierlo
Documentnr. klant	

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
1.0	07-09-2020	Concept	Initiële versie	MZO	HBR / VL	RMA
2.0	29-01-2021	Definitief	Verwerken commentaar	HBR	MZO	HBR

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
HBR	H.E. Brink	Consultant Hydrologie
VL	V. Lubbers	Senior consultant Hydrologie
RMA	R. Meinsma	Senior consultant Waterbouw
MZO	M. Zoutendijk	Consultant Hydrologie

Inhoudsopgave

1. Inleiding 1

1.1 Algemeen 1
1.2 Gebruikte gegevens 2
1.3 Wijziging ten opzichte van voorgaande rapportage 2

2. Projectomschrijving 3

3. Geohydrologische inventarisatie 7

3.1 Bodemopbouw en geohydrologische schematisering 7
3.2 Grondwaterstand en stijghoogte 10
3.3 Oppervlaktewaterpeil 12
3.4 Drooglegging 13
3.5 Geohydrologische eisen 13

4. Geohydrologische effecten 14

4.1 Modelstudie MORIA 14
4.1.1 Het MORIA-grondwatermodel 14
4.1.2 Resultaten berekening MORIA 15
4.1.3 Resultaten freatische grondwaterstand en stijghoogte 15
4.1.4 Resultaten kwel 26
4.1.5 Resultaten samengevat 28
4.2 Effecten berekende verschillen op de omgeving 29

5. Monitoring 31

6. Conclusie en advies 32

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Fugro ontving van Dekker Groep de opdracht voor het uitvoeren van geotechnisch grondonderzoek en het uitbrengen van diverse adviezen voor de ontwikkeling van de Willemspolder te Echteld. In voorliggend rapport wordt de geohydrologische invloed van fase 1 beschouwd. De resultaten van het geotechnisch onderzoek en de adviezen betreffende de stabiliteit van de primaire kering zomerkaden en onderwatertaluds worden separaat gerapporteerd.

De voorgenomen werkzaamheden zijn vergunningsplichtig in het kader van de Ontgrondingswet en de Waterwet. Het doel van deze rapportage is:

- inzicht verkrijgen in de mogelijke geohydrologische effecten op de omgeving;
- het verkrijgen van een vergunning in het kader van de Ontgrondingswet;
- het verkrijgen van een vergunning in het kader van de Waterwet.

Dit rapport bevat de volgende onderdelen:

- beschrijving huidige geohydrologische situatie;
- beschrijving mogelijke geohydrologische effecten (kwalitatief);
- geohydrologische modelstudie op basis van het MORIA-model;
- toetsing van de effecten aan de door bevoegd gezag gestelde eisen;
- verwachting effecten op basis van resultaten MORIA.

1.2 Gebruikte gegevens

Voor het uitwerken van onderhavige rapportage zijn de gegevens gebruikt zoals weergeven in tabel 1-1.

Tabel 1-1: Gebruikte gegevens/bronnen

Nr.	Title	Auteur	Referentie	Datum	Verstrekt/ opgevraagd door
1.	REGIS/Dino loket	TNO	www.dinoloket.nl	04-01-2018*	Fugro
2.	Actueel Hoogtebestand Nederland	AHN	www.ahn.nl	04-01-2018	Fugro
3.	Grondwaterkaart van Nederland Rhenen 39 Oost	TNO	Grondwaterkaart van Nederland	07-1977	Fugro
4.	Geotechnisch grondonderzoek	Fugro	1217-0056-130.KR01	4-6-2020	Fugro
5.	Waterbase	RWS	Live.waterbase.nl	04-01-2018	Fugro
6.	Waterinfo	RWS	Waterinfo.rws.nl	05-01-2018*	Fugro
7.	Peilbesluit Neder-Betuwe	WSRL	Peilbesluit Neder-Betuwe	15-06-2012	Fugro
8.	Zandbanen	Provincie Gelderland	Kaarten.gelderland.nl	05-01-2018*	Fugro
9.	Grondwatertools	TNO	Grondwatertools.nl	08-01-2018*	Fugro
10.	Richtlijn toetsing kwel en wegzijging	Waterschap Rivierenland	Richtlijn toetsing kwel en wegzijging	23-10-2012	Waterschap Rivierenland
11.	Gebiedsbeschrijving Willemspolder fase 1	Dekker	Gebiedsbeschrijving Willemspolder fase 1; mail van T. van Mierlo	04-08-2020	Dekker
12.	Beheer Buitenpolders	Waterschap Rivierenland	Peilbeheer Buitenpolders	11-2013	Waterschap Rivierenland
13.	Bathymetrie Nederland	Rijkswaterstaat	Maps.rijkswaterstaat.nl	13-1-2021*	Fugro
14.	WKO-tool	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland	Wkotool.nl	28-1-2021*	Fugro
*Datum van raadplegen					

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de in het rapport beschreven uitgangspunten. Fugro neemt geen verantwoordelijkheid voor de juistheid van andere dan door ons gerapporteerde conclusies en interpretaties.

1.3 Wijziging ten opzichte van voorgaande rapportage

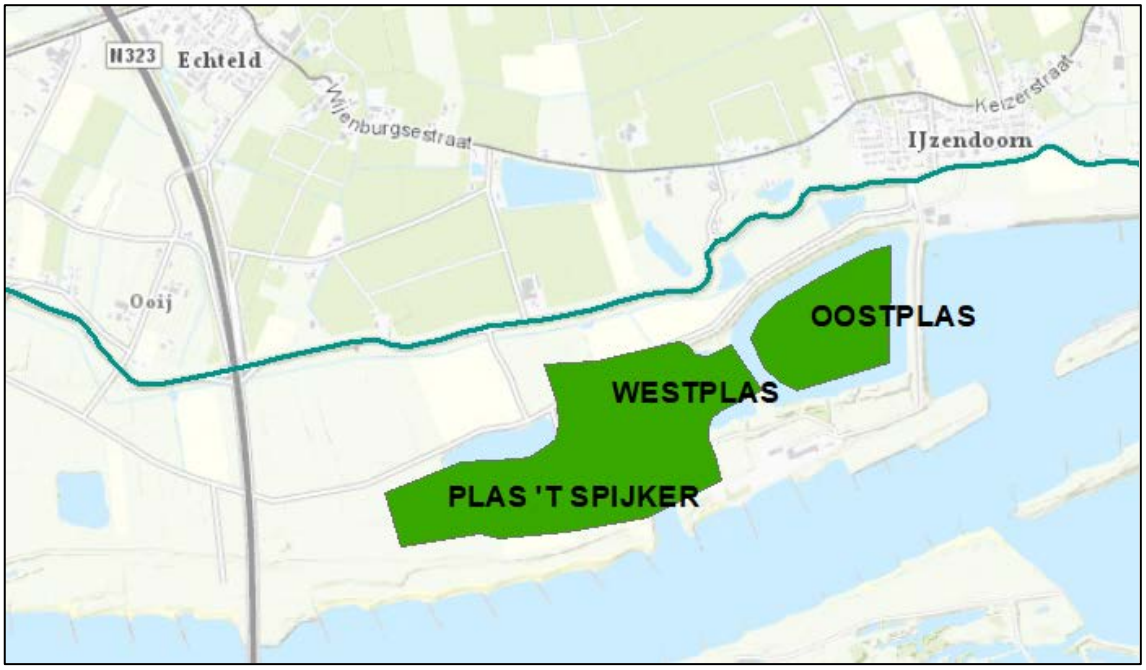
In voorliggende rapportage zijn de ontwikkelingen van de Willemspolder doorgerekend in de meest recente MORIA versie 4.5 (2020). In het voorgaande rapport wast gerekend in MORIA 3.2.

2. Projectomschrijving

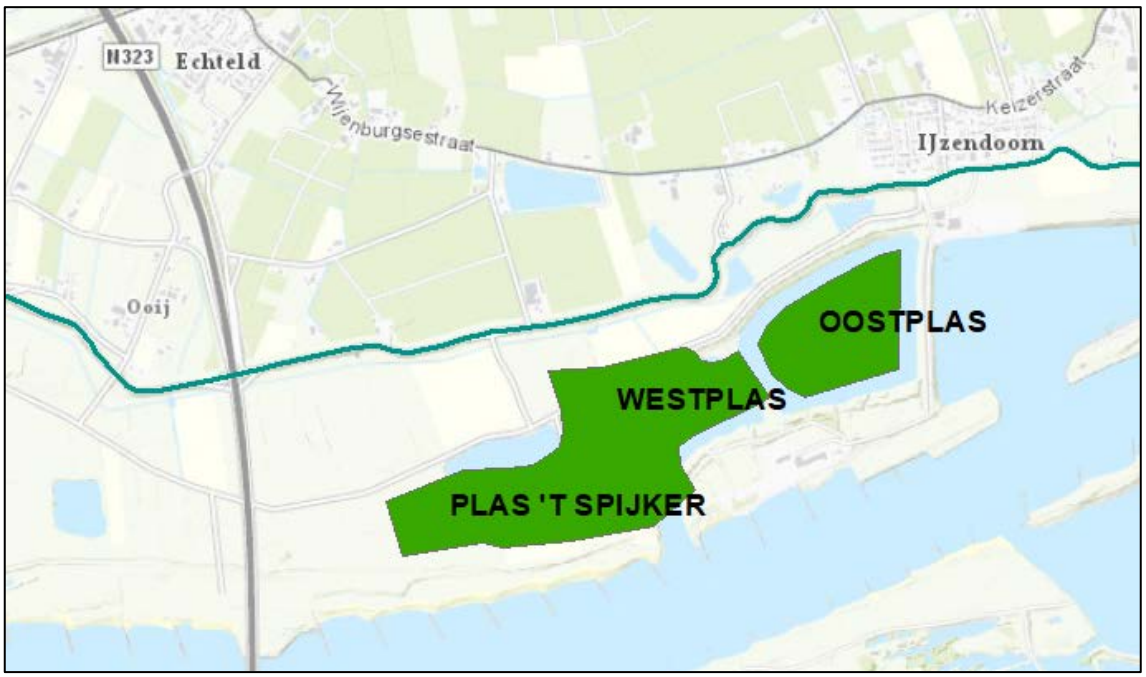
Het project betreft de ontwikkeling van de Willemspolder te Echteld. De huidige polder, gelegen in de uiterwaarden van de Waal, zal worden ontwikkeld tot een natuur- en recreatiegebied. Onderdeel van deze ontwikkeling is de winning van zand in drie uitwisselputten. De ontwikkeling heeft mogelijk tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden (exploitatie zandwinning) en in de eindsituatie een effect op de geohydrologische situatie in de omgeving. De duur van de werkzaamheden, fasering en periode waarbinnen deze worden uitgevoerd zijn Fugro onbekend.

In 2018 is door Fugro een geohydrologische rapportage (kenmerk 1217-0056-001_33.R01) opgesteld om te beoordelen wat de effecten zijn van het gelijktijdig ontwikkelen van drie zandwinputten in de Willemspolder, zie figuur 2-1. In deze situatie wordt de geohydrologische impact het grootst geacht (worst-case situatie). Sindsdien is het ontwerp en de fasering van de realisatie veranderd, met als gevolg dat een aangepaste beschouwing van de geohydrologische effecten nodig is. In het huidige ontwerp wordt in fase 1 geen zandwinput gerealiseerd ten westen van de autoweg N323, maar wordt een bestaande zandwinput aan de oostzijde verdiept. Het huidige ontwerp bestaat uit een basisscenario (zie figuur 2-2) en een voorkeursalternatief, vka, (zie figuur 2-3).

Figuur 2-1: Voormalig ontwerp

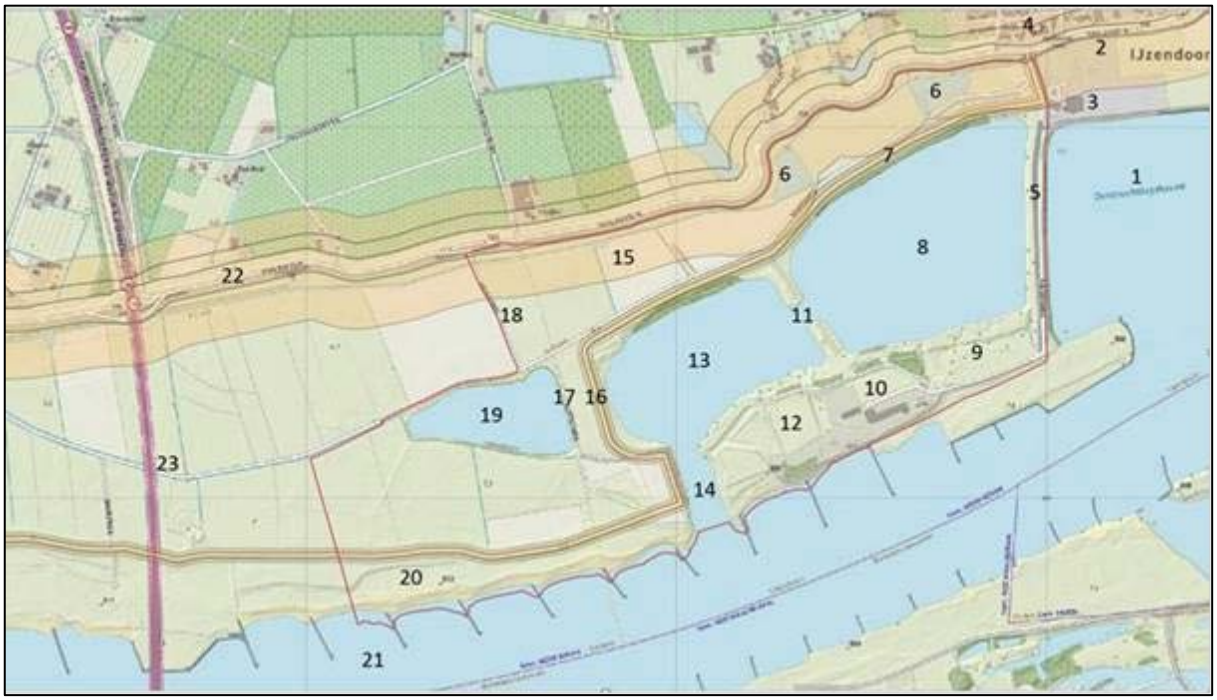


Figuur 2-2: Ontwerp basisscenario



Figuur 2-3: Ontwerp voorkeursalternatief

Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten X = 162.800 m en Y = 434.100 m. De projectlocatie is in figuur 2-4 op een topografische achtergrond weergegeven.



Figuur 2-4: Projectlocatie Willemspolder, huidige situatie met in rood kader de toekomstige ontwikkeling, te Echteld [11]

1: Overnachtingshaven RWS
2: Toegangsweg kantoor Dekker
3: Kantoor Dekker
4: Kern IJzendoorn
5: Nieuweweg
6: Poelen 1e en 2e Run
7: Waardweg
8: Oostplas
9: Voormalige stortplaats
10: Bedrijfsterrein voormalige Steenfabriek
11: Landtongen
12: Pyrietslakkenstort
13: Westplas
14: Invaart
15: Dijkzone
16: Zomerkade
17: Koepelweg
18: Heersweg
19: Plas 't Spijker
20: Oeverwal
21: Waal
22: Waalbandijk
23: Prins Willem-Alexanderbrug

Dekker hanteert bovenstaande namen voor het gebied en heeft hierbij het volgende opgemerkt [11]:

Fasering
Willemspolder Fase 1 betreft het plangebied vanaf de Nieuweweg in IJzendoorn tot circa 500 meter voor de Prins Willem-Alexanderbrug in Echteld. Fase 2 en 3 betreffen de resterende Willemspolder tot aan het Amsterdam Rijn-kanaal en de Gouverneurspolder. Op korte termijn kiest Dekker ervoor om eerst Willemspolder fase 1 te realiseren. Afhankelijk van de ontwikkelingen op het vlak van beleid en grondverwerving wordt in de komende jaren een keuze gemaakt of daarna eerst de Gouverneurspolder of het resterende deel van de Willemspolder tot ontwikkeling wordt gebracht.

Gebiedskenmerken
Willemspolder fase 1 grenst direct aan het kantoor van Dekker aan de Waalbandijk 1 in IJzendoorn.
De landschapsinrichting rond het kantoor en aangrenzend bedrijfsterrein is in de afgelopen jaren afgerond. De Nieuweweg vormt als het ware een scheidingsdam tussen de overnachtingshaven van Rijkswaterstaat en de voormalige zandwinplassen (oostplas en westplas). Deze plassen worden door twee landtongen verdeeld en staan door een open verbinding (invaart) met de Waal in contact. De Nieuweweg ontsluit het bedrijfsterrein aan de Waal, een voormalige steenfabriek met bedrijfswoning, kantoor en op- en overslagfaciliteiten. Het terrein wordt door Dekker gebruikt als op- en overslagterrein en daarnaast verhuurd aan een handel in vrachtwagentrailers. Waterschap Rivierenland gebruikt de kantoorfaciliteiten op het terrein voor het project Dijkversterking Neder-Betuwe. Een deel van het bedrijfsterrein is rond 1975 legaal opgehoogd met zogenaamde pyrietslakken. Aan de oostzijde van het bedrijfsterrein is in het verleden bouw- en sloopafval gedeponeerd. Deze deellocaties worden beschouwd als voormalige stortplaatsen. Naast de Waalbandijk, die de primaire waterkering vormt, is in het plangebied een zomerkade als secundaire waterkering aanwezig. Tussen de Waalbandijk en de Waardweg zijn twee poelen gelegen, genaamd 1^{e} en 2^{e} Run. Ter hoogte van de Heersweg en Koepelweg is een derde zandwinplas gelegen die ’t Spijker wordt genoemd. Tussen de Waal en de zomerkade een natuurlijke oeverwal gelegen. De Westelijke begrenzing van het plangebied op circa 500 meter van de Prins Willem-Alexanderbrug is gekozen op basis van de eigendomspositie van Dekker.

De beoogde afmetingen van de uitwisselputten zijn in tabel 2-1 weergegeven. Geëxploiteerde putten zullen via een open verbinding in contact staan met de Waal. Na exploitatie worden de uitwisselputten deels aangevuld en ingericht als natuur- en recreatiegebied. Inrichting van het gebied zal geschieden met inachtneming van het concept ‘Ruimte voor de Rivier’.

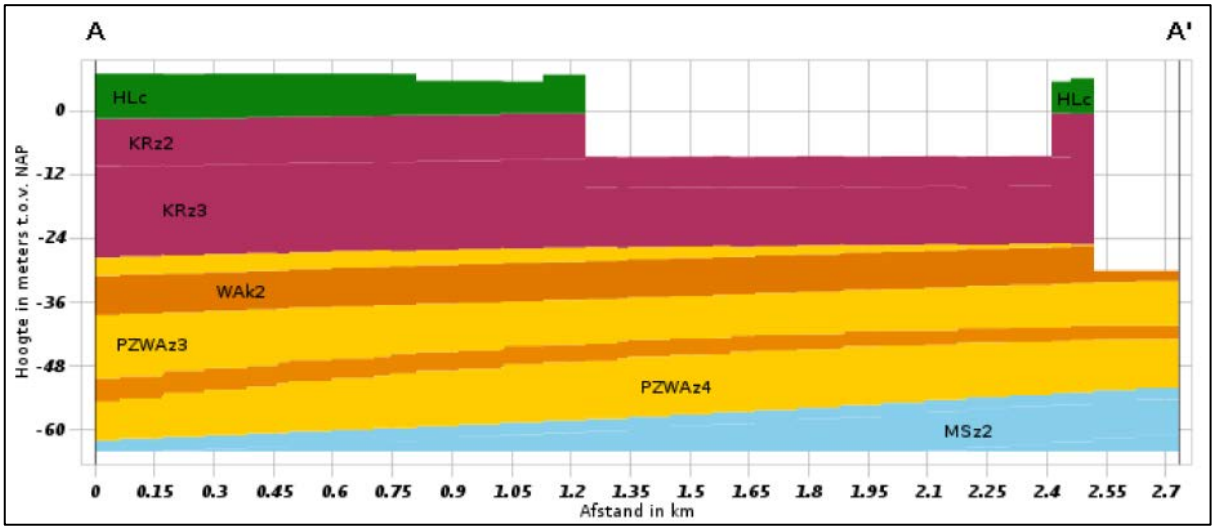
Tabel 2-1: Afmetingen uitwissellocaties (bron 1)

Uitwissellocatie	Uitbreiding bestaande put / nieuwe put	Afmetingen l x b [ca. m]	Ontgravingsniveau [ca. NAP m]
Oostplas	Uitbreiding	550 x 450	-35 (basisalternatief) - 45 (voorkeursalternatief)
Westplas	Uitbreiding	650 x 450	-20
Plas ‘t Spijker	Uitbreiding	700 x 300	-20

3. Geohydrologische inventarisatie

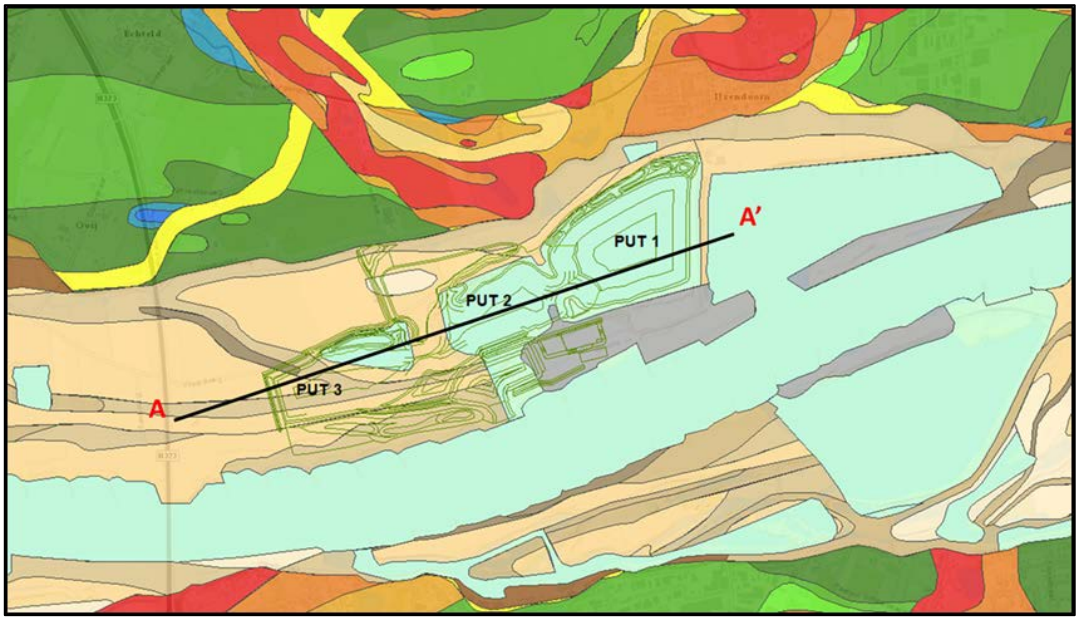
3.1 Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Op basis van de bronnen 2 t/m 5 van tabel 1-1, het Fugro-archief en MORIA zijn de maatgevende bodemprofielen en geohydrologische parameterwaarden afgeleid. Een doorsnede van de schematisatie is weergegeven in figuur 3-1. De locatie van de doorsnede is weergegeven boven op de zandbanenkaart in figuur 3-2.



Figuur 3-1: Schematisatie geologie (bron: DINO-loket)

Het maaiveldniveau in het projectgebied varieert tussen NAP +7,5 à +6,0 m. Vanaf het maaiveld bevinden zich rivierafzettingen van de Holocene Formatie van Echteld. Deze formatie bestaat in sterke mate uit klei, maar kan lokaal zand, grind en humeus materiaal bevatten. Het gebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van zandbanen (geulafzettingen) welke vanaf enkele meters onder het maaiveld voorkomen en de kleilaag van de Formatie van Echteld doorsnijden, zie figuur 3-2. De Formatie van Echteld ontbreekt ter plaatse van de Oostplas (Put 1) en de Westplas (Put 2) in figuur 3-2 en de overnachtingshaven te IJzendoorn; het rivierwater staat hier in direct contact met het watervoerende pakket van de Formatie van Kreftenheye. De onderkant van de Formatie van Echteld ligt in het plangebied, op ca. NAP +2,5 à -1,0 m.



Figuur 3-2: Zandbanenkaart nabij de Willemspolder

Onder de Formatie van Echteld ligt de Pleistocene Formatie van Kreftenheye. De overgang tussen deze twee formaties is gewoonlijk scherp. Aan de bovenzijde van de Formatie van Kreftenheye kan regionaal een stugge kleilaag aanwezig zijn: de Laag van Wijchen. Deze laag heeft een dikte van ca. 0,5 – 1,0 m. Uit het door Fugro-uitgevoerde grondonderzoek blijkt dat deze laag in het projectgebied nauwelijks voorkomt. De Formatie van Kreftenheye bestaat uit matig tot uiterst grof zand en is grindhoudend. Deze formatie is geohydrologisch gezien watervoerend en vormt het 1^{e} watervoerende pakket. Op basis van gegevens uit het DINO-loket blijkt dat de Formatie van Kreftenheye ontbreekt ter plaatse van overnachtingshaven te IJzendoorn (diepte ca. NAP -30 m), dieptemetingen van Rijswaterstaat [13] tonen aan dat de diepte van de overnachtingshaven maximaal ca. NAP -17 m bedraagt. De onderkant van de Formatie van Kreftenheye ligt in het plangebied op ca. NAP -21 à -31 m.

Onder de Formatie van Kreftenheye ligt de Pleistocene Formatie van Waalre. De Formatie van Waalre bestaat uit afwisselende lagen van klei en uiterst fijn tot uiterst grof zand. De Formatie van Waalre valt deels samen met de Formatie van Peize. De Formatie van Peize bestaat uit matig tot uiterst grof zand. Op basis van het door Fugro-uitgevoerde grondonderzoek bevindt zich een kleilaag of een serie kleilaagjes uit de Formatie van Waalre onder de Formatie van Kreftenheye. Deze kleilaag ligt lokaal dieper en hier sluit het zand van Kreftenheye en Peize-Waalre op elkaar aan. In het gehele pakket liggen twee grote waterremmende lagen bestaande uit klei van de Formatie van Waalre. Deze kleilagen hebben een dikte van 2 tot 8 meter en bevinden zich op een diepte van NAP -28 à -48 m en NAP -42 à -65 m. De onderkant van de Formatie van Peize-Waalre ligt in het projectgebied tussen ca. NAP -60 à -80 m. Hier loopt de Formatie van Peize-Waalre over in de Formatie van Maassluis. Deze wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

De bodemopbouw is (geohydrologisch) geschematiseerd en weergegeven in tabel 3-1. De parameterwaarden die behoren bij de geohydrologische schematisering zijn eveneens in de tabel opgenomen. Hierbij is de weerstand tegen verticale grondwaterstroming door een waterremmende laag weergegeven met een c-waarde en is het horizontaal doorlaatvermogen van een watervoerende laag weergegeven met een kD-waarde.

Tabel 3-1: Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Laag	Diepte [ca. m NAP]	Bodembeschrijving	Typering	Parameterwaarden c [dagen] / kD [m²/dag]			
				c /kD	laag	verwachting	hoog
0	+7,5 à +6,0	Maaiveld	Infiltratieoppervlak	c	200	250	300
1	+7,5 à +6,0 tot +2,5 à -1,0	Klei	Waterremmend	c	100	200	300
2	+2,5 à -1,0 tot -21 à -31	Zand	Watervoerend	kD	750	1.000	1.250
3	-21 à -31 tot -28 à -33	Kleilenzen, niet overal aanwezig (o.a. het geval bij Oostplas DKM104)	Waterremmend	c	250	1.800	2.500
4	-28 à -33 tot -60*	Zand	Watervoerend	kD	800	1.000	1.500

* Maximaal door Fugro verkende diepte: NAP -52,0 m
* De Grondwaterkaart van Nederland geeft een kD-waarde 500 tot 2.000 m²/dag voor de eerste watervoerende laag indien er een scheidingslaag aanwezig is. Zonder scheidingslaag wordt er een kD-waarde tussen 1.500 tot 3.000 m²/dag verwacht.

Vanaf ca. NAP -60 m wordt op basis van REGIS 2.2 [1] een kleilaag verwacht. Deze laag wordt in onderhavige rapportage als geohydrologische basis beschouwd.

3.2 Grondwaterstand en stijghoogte

Beschikbare gegevens open-data / literatuur

Grondwaterstand en stijghoogtegegevens in de omgeving zijn opgevraagd uit de DINO-database van TNO (tabel 3-2). In de directe omgeving van de projectlocatie (ca. 500 m) zijn geen gegevens van de grondwaterstand en stijghoogte bekend. De locaties van de TNO-peilbuizen en de tijd-stijghoogtegrafieken zijn in figuur 3-3 op een topografische ondergrond gepresenteerd. De filters van de weergegeven peilbuizen zijn afgesteld in laag 2.

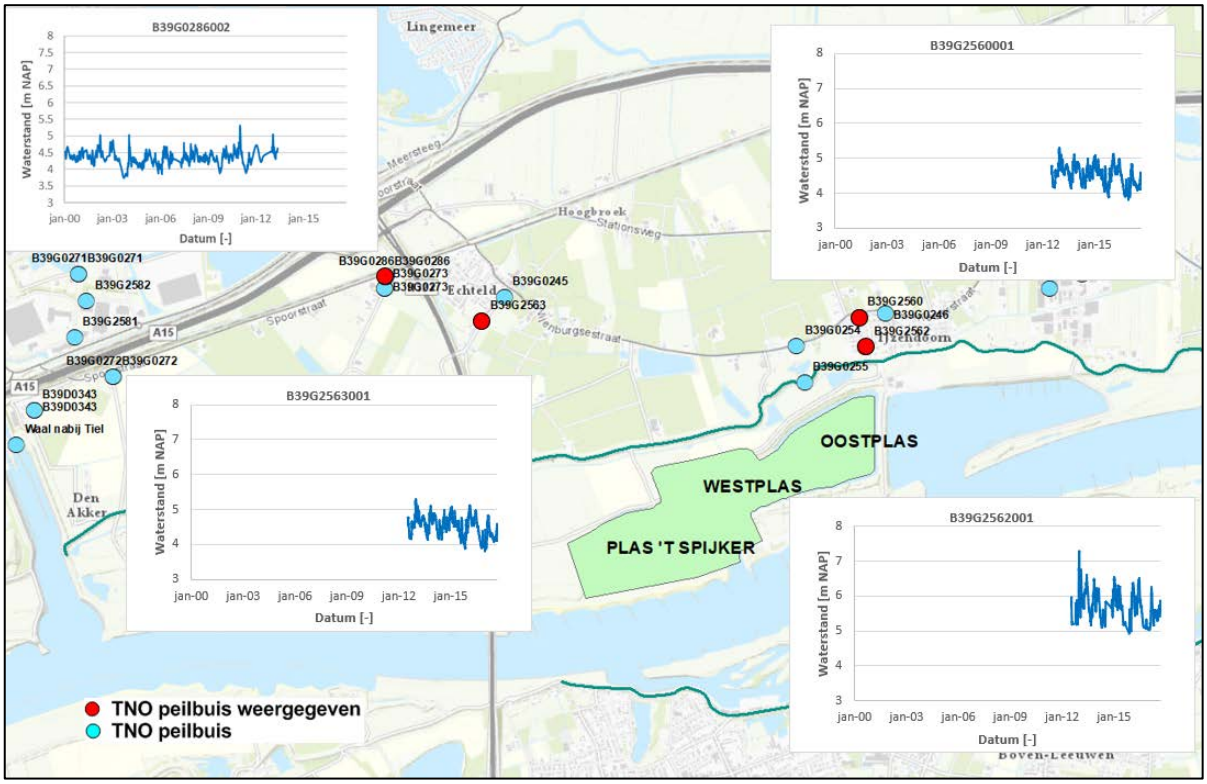
Tabel 3-2: Samenvatting grondwaterstandsmetingen TNO-peilbuizen

DINO-boring peilbuis	Filter	Periode meting		Grondwaterstand [m NAP]				
	Freatisch of watervoerend pakket	**Van**	**Tot**	**Laagste**	**5%**	**Gemiddelde**	**95%**	**Hoogste**
B39G0245001	Watervoerend	28-11-1952	28-01-2001	+2,76	+3,90	+4,50	+5,11	+5,70
B39G0246001	Freatisch	28-11-1952	28-01-2001	+3,79	+4,38	+5,11	+5,83	+6,33
B39G0253001	Watervoerend	15-03-1954	14-01-2004	+3,70	+4,34	+4,76	+5,18	+5,95
B39G0272002	Watervoerend	22-04-1969	28-05-1984	+0,96	+2,09	+3,84	+5,58	+5,04
B39G0273002	Watervoerend	22-04-1969	28-05-1984	+2,99	+3,74	+4,32	+4,89	+4,95
B39G0286002	Watervoerend	05-12-1989	28-05-2013	+3,75	+3,98	+4,32	+4,66	+5,31
B39G2560001	Freatisch	20-03-2012	09-10-2017	+3,21	+3,51	+4,45	+5,39	+5,98
B39G2562001	Freatisch	02-04-2012	01-01-2013	+4,92	+5,02	+5,70	+6,38	+7,30
B39G2563001	Freatisch	02-04-2012	01-01-2013	+3,82	+4,04	+4,50	+4,96	+5,30
B39G2581001	Freatisch	07-06-2013	30-09-2017	+2,93	+3,13	+3,74	+4,34	+4,72

In de peilbuizen B39G0246001 en B39G2562001 is de grondwaterstand over het algemeen hoger dan in de andere peilbuizen. Drie mogelijke oorzaken liggen hieraan ten grondslag:

- De aanwezigheid van de zandbanen waardoor er een goede voeding vanuit de rivier aanwezig is. Mogelijk daalt de grondwaterstand minder sterk dan dat deze stijgt door hysteresis (vertragingseffect) als gevolg van drukverschillen tussen hoge rivierwaterstanden (hoge druk) en lage rivierwaterstanden (lage druk, vrij verval);
- De afstand tot de Waal;
- Rondom de plaats IJzendoorn wordt een hoger oppervlaktewaterpeil gehanteerd. De grondwaterstand wordt is hierdoor ook hoger.

Bovenstaande mogelijke oorzaken zijn in lijn der verwachting op basis van de grondwaterdynamiek tool van TNO. Deze geeft voor de geanalyseerde peilbuizen in de omgeving aan (B39G0244001 en B39G0286001) dat de gemeten grondwaterstanden voor meer dan 50% niet kan worden verklaard door neerslag en/of verdamping [9].



Figuur 3-3: Locaties TNO-peilbuizen en tijd stijghoogtegrafieken, weergegeven zijn de grafieken voor de stijghoogtewaterstand in laag 2

Uitgangsgrondwaterstand en -stijghoogte

Op basis van voorgaande zijn de voor de ontwikkeling van de Willemspolder relevante grondwaterstanden en stijghoogten afgeleid zoals is weergeven in tabel 3-3.

Tabel 3-3: Raming grondwaterstand en stijghoogte op de projectlocatie

Laag	Hoog [NAP m]	Gemiddeld [NAP m]	Laag [NAP m]
1	+5,6*	+4,8	+4,0
2 & 4	+8,0	+4,5	+3,0

* Bij een hoge waterstand in de Waal overstroomt de uiterwaarde en zal de freatische grondwaterstand, afhankelijk van de duur van de hoogwatergolf, het Waalpeil overnemen

3.3 Oppervlaktewaterpeil

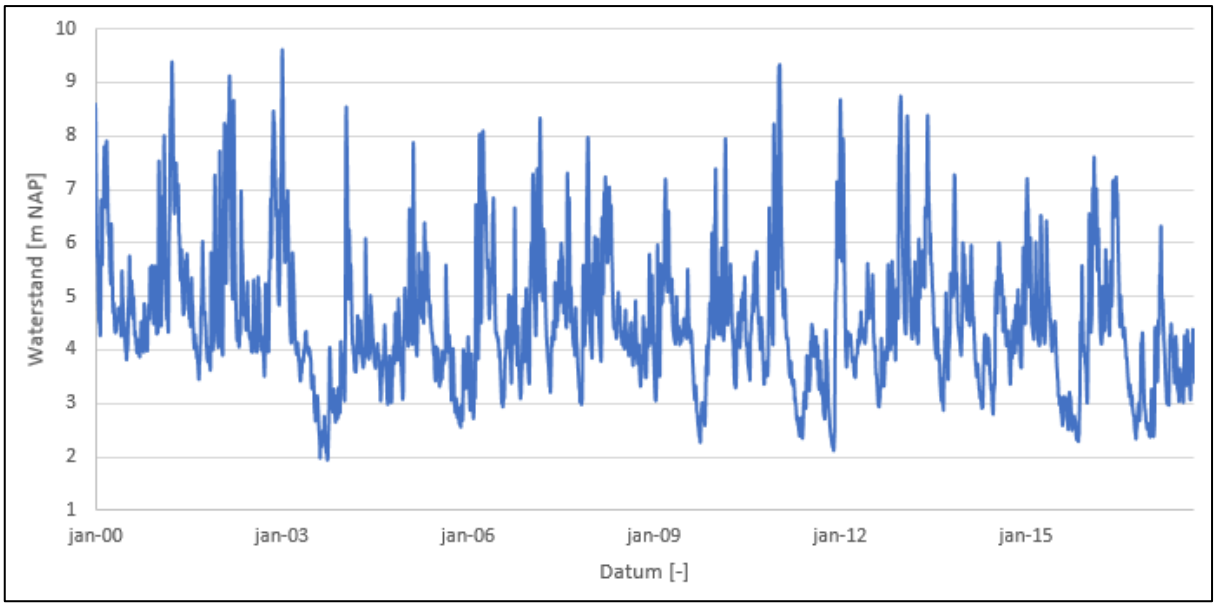
De Waal

De projectlocatie is gelegen in de uiterwaarden van de Waal. De waterstand in de Waal wordt op ca. 2 km stroomafwaarts, nabij de Prins Bernhardsluizen tussen de Waal en het Amsterdam - Rijnkanaal, door Rijkswaterstaat gemeten. Stroomopwaarts is het dichtstbijzijnde meetpunt op ca. 8 km vanaf de projectlocatie, nabij Dodewaard, gelegen. De karakteristieke waterstanden van beide meetpunten zijn in tabel 3-4 opgenomen. Figuur 3-4 geeft het verloop van de waterstand in de Waal nabij Tiel in de periode 2000 tot en met 2017 weer.

Tabel 3-4: Karakteristieke waterpeilen Waal [6]

Locatie	Waal nabij Tiel (ca. 3 km stroomafwaarts*)	Waal nabij Dodewaard 11 km omopwaarts*)	Waal nabij projectlocatie (lineaire interpolatie)
Extreem hoogwater	> +10,30	> +11,45	> +10,55
Hoogwater	+10,30 tot +9,25	+11,45 tot +10,50	+10,55 tot +9,52
Verhoogde waterstand	+9,25 tot +7,80	+10,50 tot +8,70	+9,52 tot +7,99
Normaal	+7,80 tot +3,10	+8,70 tot +3,57	+7,99 tot +3,20
Laagwater	< +3,10	< +3,57	< +3,20

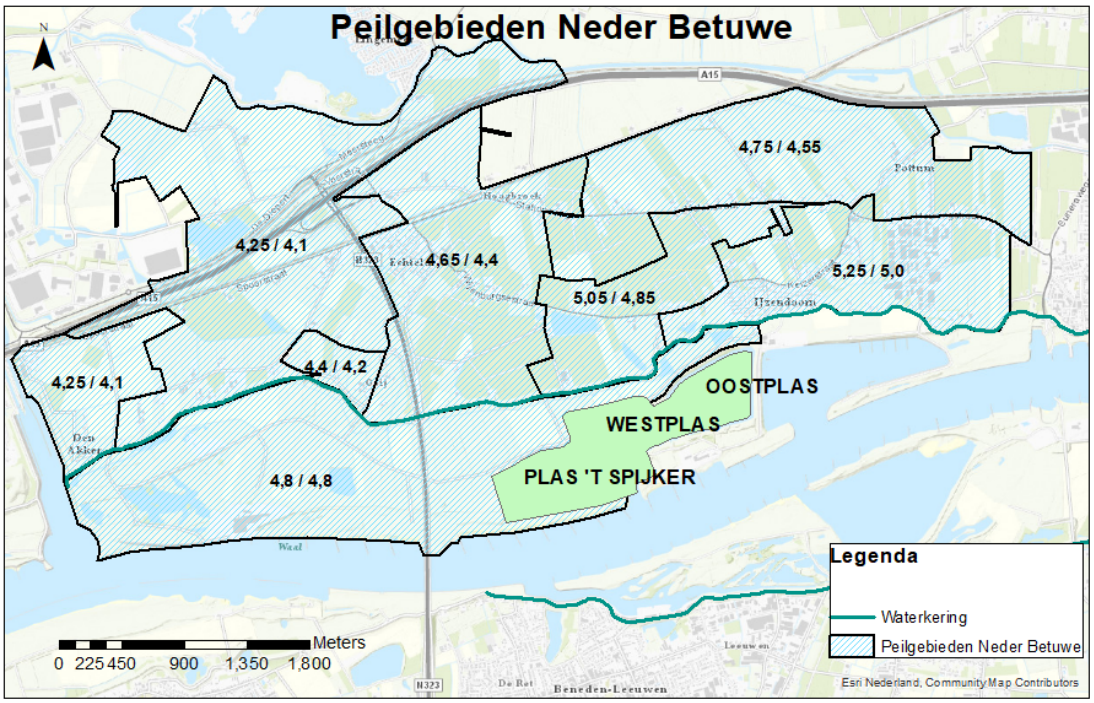
* Afstand tussen het midden van het projectgebied en de waarnemingspunten. Het punt nabij Tiel is ca. 2 km stroomafwaarts van de randen van het projectgebied gelegen, het punt nabij Dodewaard ca. 8 km stroomopwaarts van de randen



Figuur 3-4: Waterstand in de Waal nabij Tiel in de periode 2000 – 2017. [5]

Polderpeilen

In het peilbesluit Neder-Betuwe [7] is vastgelegd dat in de peilgebieden achter de Waalbanddijk een zomerpeil van NAP +4,1 m tot NAP +5,25 m en een winterpeil van NAP +3,9 m tot NAP +5,0 m wordt nagestreefd (figuur 3-5). De uiterwaarde waarin de Willemspolder is gelegen wordt jaarrond beheerst op NAP +4,8 m.



Figuur 3-5: Streefpeilen in de omgeving (zomerpeil [m NAP] / winterpeil [m NAP], (bron 7))

3.4 Drooglegging

De drooglegging van de uiterwaarden is ca. 1 m, het gebied achter de dijk is lager gelegen en heeft een geringere drooglegging. Gedurende de winterperiode is de drooglegging ca. 0,5 à 1,25 m, in de zomerperiode is de drooglegging ca. 0,25 à 1,0 m [7].

3.5 Geohydrologische eisen

Door Watershap Rivierenland zijn er geohydrologische eisen gesteld waaraan de gebiedsontwikkeling moet voldoen [10]:

- De kwelverandering binnendijks bedraagt maximaal 2%;
- De grondwaterstand/stijghoogte binnendijks veranderd maximaal 5 cm.

4. Geohydrologische effecten

In dit hoofdstuk worden de geohydrologische effecten van de uitwissellocaties beschreven. Dit zal gebeuren middels een kwalitatieve beschrijving van de te verwachten effecten op basis van een modelstudie in MORIA. Het MORIA-model is door het waterschap voorgeschreven [10] als het te gebruiken instrument voor de voorgenomen gebiedsontwikkelingen. Ten aanzien van de verandering in grondwaterstand en stijghoogte zijn eisen gesteld. Uitgangspunt is een grondwaterneutrale implementatie van de gebiedsontwikkeling waarbij:

- Kwelverandering max 2%;
- Grondwaterstandsveranderingen max 5 cm.

4.1 Modelstudie MORIA

4.1.1 Het MORIA-grondwatermodel

Het MORIA-grondwatermodel is opgesteld door een samenwerkingsverband tussen Provincie Gelderland, Waterschap Rivierenland en Vitens en bevat informatie over de ondergrond en het watersysteem. Het model is opgebouwd op basis van iMOD, een Deltares-versie van MODFLOW.

Referentie

Om de invloed van de uitwisselputten op de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving te bepalen is eerst een referentiesituatie doorgerekend. Hiervoor zijn lokale aanpassingen in MORIA 4.5 gemaakt:

- De bodemhoogte is aangepast (RIV – BOTTOM):
    - Overnachtingshaven IJzendoorn naar NAP -17 m;
    - Oostplas en Westplas naar NAP -14 m;
    - Plas 't Spijker naar NAP -9 m;
    - Verbinding Westplas – Waal naar NAP -1 m;
- De weestand is aangepast (RIV -CONDUCTANCE):
    - Plas 't Spijker is ingevoegd, waarden gelijk aan bestaande plassen die in MORIA staan: 41,67 m^2/dag voor de plas en 20,833 m^2/dag direct rondom de plas;
- De waterstand is aangepast (RIV – STAGE):
    - Per tijdstap is de waterhoogte in de Oostplas, Westplas en Overnachtingshaven IJzendoorn aangepast aan de dichtstbijzijnde rivierwaterstand in de Waal;
- De doorlatendheid van de laag van Kreftenheye is aangepast (KDW4):
    - Overnachtingshaven IJzendoorn naar ca. 400 à 500 m^2/dag (was 0,01 m^2/dag);
    - Oostplas en Westplas naar ca. 525 m^2/dag (ca. -40%);
    - Plas 't Spijker naar 950 m^2/dag (ca. -33%);
- De weestand van de laag van Formatie van Waalre is aangepast (VCW13):
    - Overnachtingshaven IJzendoorn naar ca. 300 à 800 dagen (op basis van waarden rondom de haven).

Ontwerp

Vervolgens zijn de lagen uit het referentiescenario (MORIA 4.5 + bovenstaande modificaties) aangepast voor het ontwerpscenario. Doorgerekend is de voorkeursvariant waarbij de Oostplas tot NAP -45 m wordt verdiept. Hiervoor zijn de volgende aanpassingen gedaan:

- De bodemhoogte is aangepast (RIV – BOTTOM):
    - Oostplas naar NAP -45 m;
    - Westplas en Plas 't Spijker naar NAP -20 m;
- De weestand is aangepast (RIV -CONDUCTANCE):
    - Waarden aangepast voor de nieuwe contouren van de Oostplas, Westplas en Plas 't Spijker. Waarden gelijk aan bestaande plassen die in MORIA staan: 41,67 m^2/dag voor de plas en 20,833 m^2/dag direct rondom de plas;
- De waterstand is aangepast (RIV – STAGE):
    - Per tijdstap is de waterhoogte in de Oostplas, Westplas en Plas 't Spijker aangepast aan de dichtstbijzijnde rivierwaterstand in de Waal;
- Het nat oppervlak is aangepast (CAP – METASWAP):
    - Voor de cellen die binnen de polygonen van de uitbreiding vallen is een waarde van 625 m^2 toegekend;
- De doorlatendheid van de laag van Formatie van Echteld is aangepast (KDW1):
    - Voor de cellen die binnen de polygonen van de uitbreiding vallen is een kD-waarde van 1000 m^2/dag toegekend;
- De doorlatendheid van de laag van Kreftenheye is aangepast (KDW4):
    - Oostplas naar 0,1 m^2/dag (doorgraven van deze laag);
    - Westplas en Plas 't Spijker reductie naar ca. 300 m^2/dag (ca -75%);
- De doorlatendheid van de laag van Formatie van Waarle is aangepast (KDW13):
    - Oostplas naar 0,1 m^2/dag (doorgraven van deze laag);
- De doorlatendheid van de laag van Formatie van Waarle is aangepast (KDW14):
    - Oostplas naar 0,1 m^2/dag (doorgraven van deze laag);
- De doorlatendheid van de laag van Formatie van Peize-Waarle is aangepast (KDW15):
    - Oostplas naar ca. 200 m^2/dag (ca. -5 à -20%);
- De weestand van de laag van Formatie van Waarle is aangepast (VCW13):
    - Oostplas naar 0,1 dag (doorgraven van deze laag);
- De weestand van de laag van Formatie van Waarle is aangepast (VCW14):
    - Oostplas naar 0,1 dag (doorgraven van deze laag).

Om de rekentijd te beperken zijn de modelgrenzen vastgesteld als x = 150.000 tot x = 180.000 en Y = 430.000 tot Y = 445.000. Conform de voorschriften van het waterschap [10] is het jaar 2003 doorgerekend. Dit jaar omvat zowel een extreme hoogwaterscenario (7 januari) als een extreme laagwaterscenario (2 oktober). Tevens zijn stationaire berekeningen gemaakt voor gemiddelde wintersituatie en een gemiddelde zomersituatie.

4.1.2 Resultaten berekening MORIA

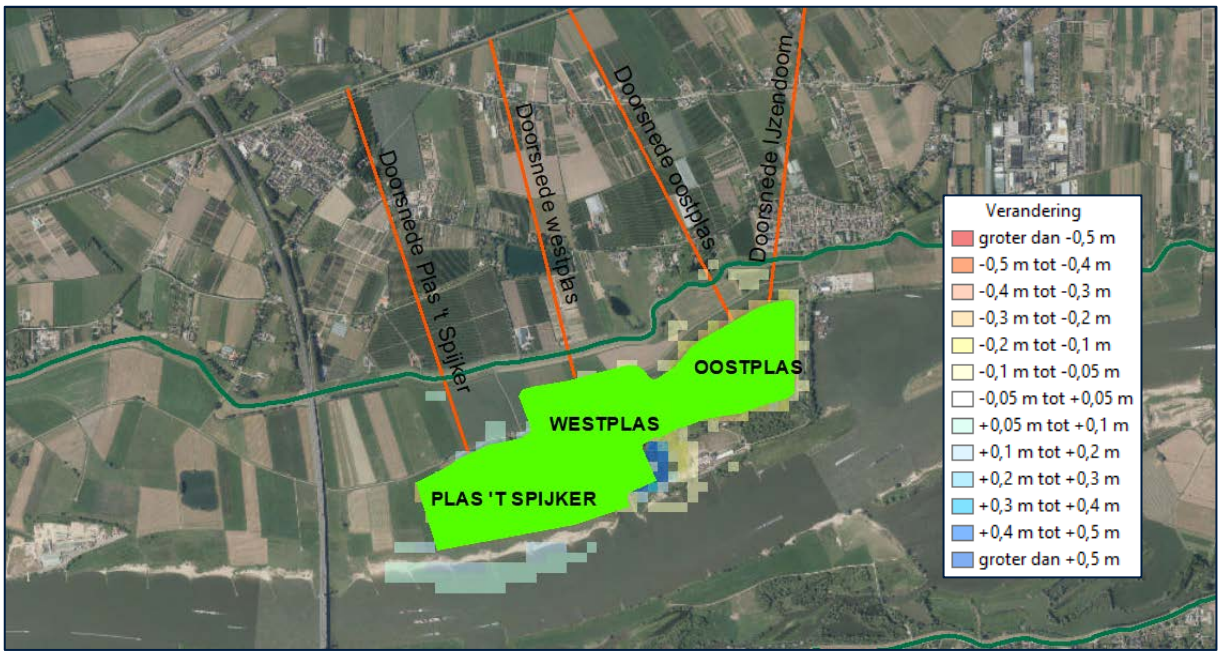
4.1.3 Resultaten freatische grondwaterstand en stijghoogte

De resultaten van de berekeningen in MORIA zijn weergegeven als de verschillen tussen de referentiesituatie en de situatie waarbij alle uitwisselputten uit het voorkeursalternatief volledig

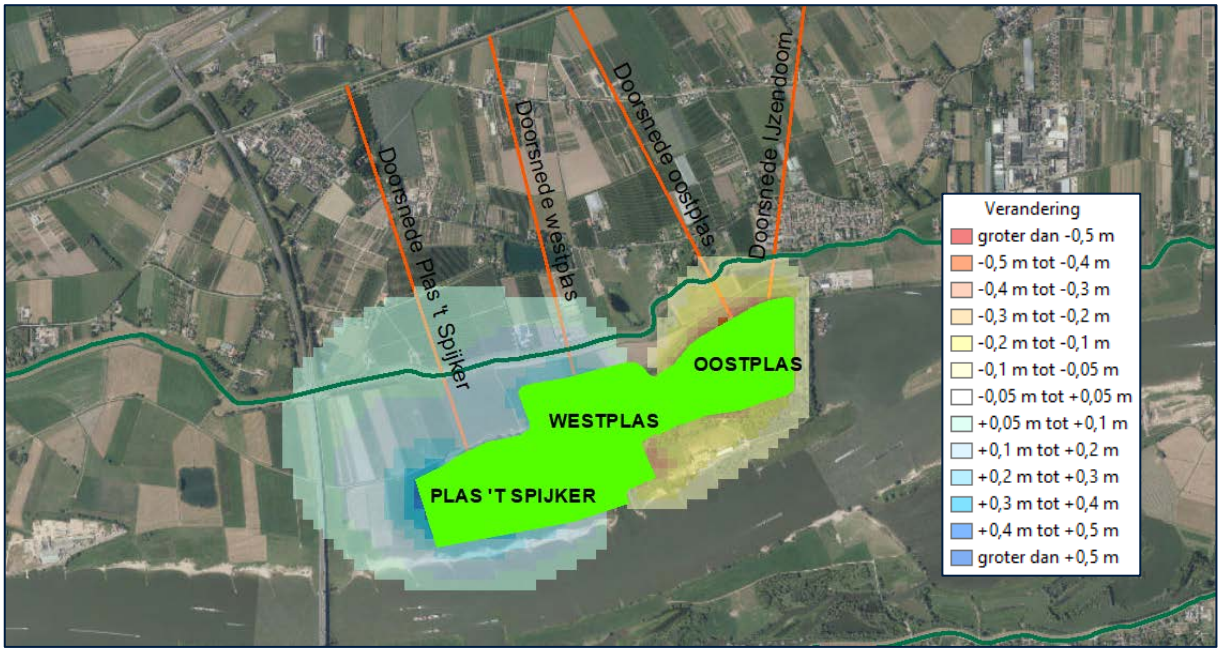
worden geëxploiteerd op maximale diepte (worst-case scenario). Weergegeven zijn de verschillen in de freatische grondwaterstand (MORIA laag 1) en de stijghoogte in laag 2 (1e watervoerend pakket, MORIA laag 4). Indien er een binnendijkse overschrijding van de gestelde eisen voor grondwaterstandsveranderingen (> +/-5 cm) plaatsvindt, worden de over een lijn vanuit de put naar het binnenland berekende verschillen in grondwaterstand en stijghoogte in een grafiek gepresenteerd. Aanvullend zijn van de instationaire berekening de berekende grondwaterstand en stijghoogte over het jaar 2003 voor enkele maatgevende locaties gepresenteerd.

Extreem hoogwater scenario

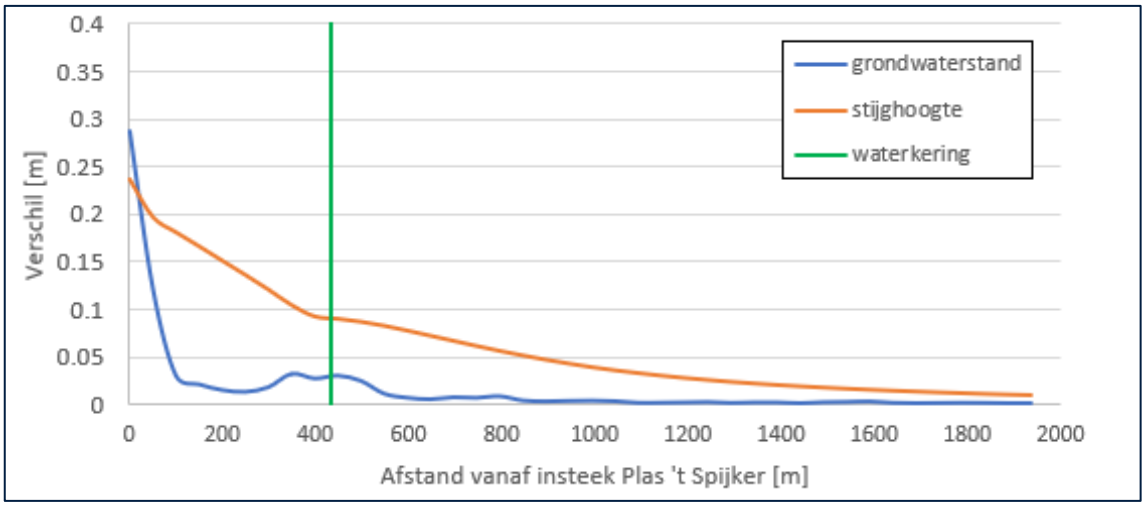
Tijdens een extreem hoogwater scenario wordt er voor de grondwaterstand nabij Plas 't Spijker en de Westplas binnendijks van de Waal geen verandering berekend, ten noorden van de Oostplas wordt lokaal de grenswaarde overschreden (zie figuur 4-1A). De berekende binnendijkse stijging van de stijghoogte overschrijdt de grenswaarde tot ca. 425 m binnendijks bij Plas 't Spijker (figuur 4-1B). Het maximale verschil in berekende stijghoogte in het 1e watervoerend pakket tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief bedraagt binnendijks ca. 15 cm ten noorden van de Westplas. De grondwaterstands- en stijghoogteverandering ter plaatse van doorsneden Plas 't Spijker, Westplas, Oostplas en IJzendoorn zijn weergeven in figuur 4-1C t/m F. Als gevolg van het doorgraven van de kleilaag neemt de stijghoogte in het 2e watervoerend pakket binnendijks met maximaal 0,5 m toe, het invloedsgebied is ca. 1,5 km binnendijks.



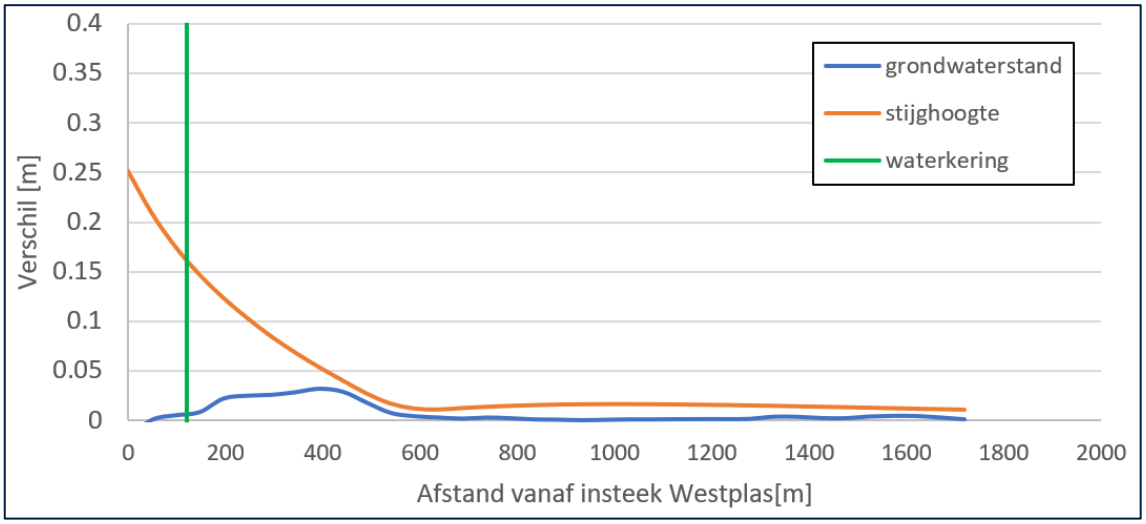
Figuur 4-1A: Verschil in freatische grondwaterstand tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief bij een extreem hoogwater scenario. Een verandering van de grondwaterstand tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).



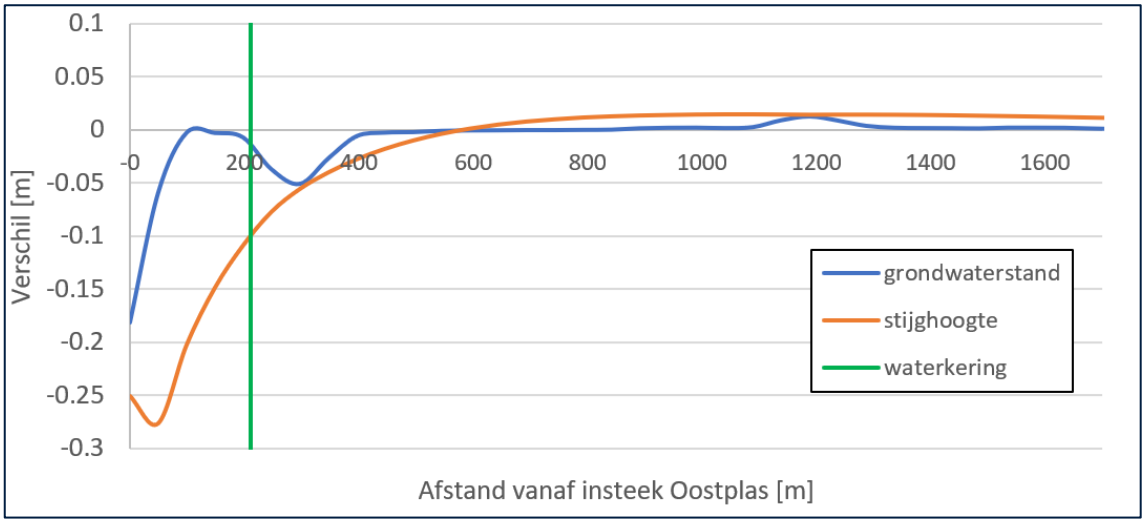
Figuur 4-1B: Verschil in stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief bij een extreem hoogwater scenario. Een verandering van de stijghoogte tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).



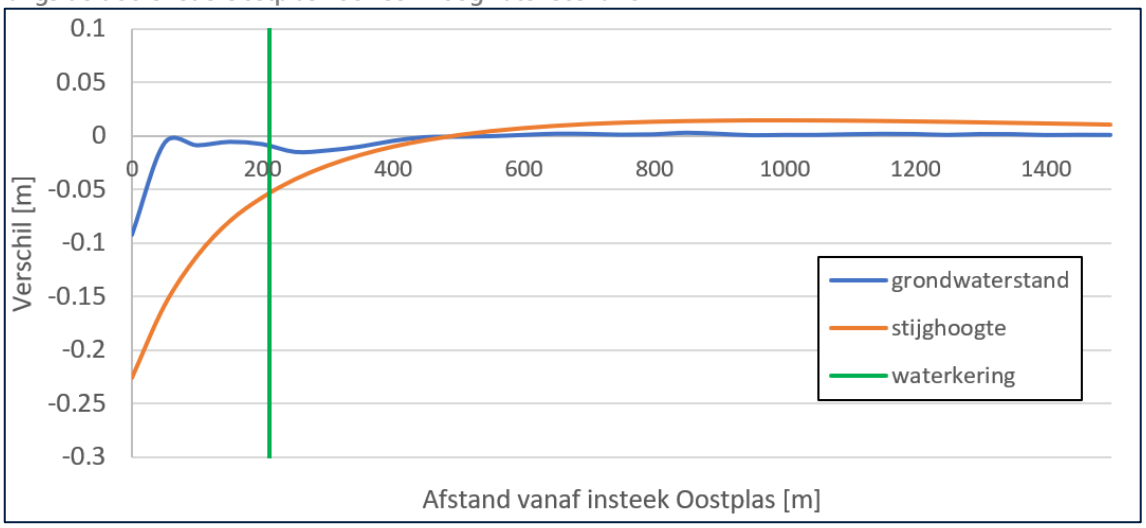
Figuur 4-1C: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede Plas ‘t Spijker voor een hoogwater scenario



Figuur 4-1D: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede Westplas voor een hoogwater scenario



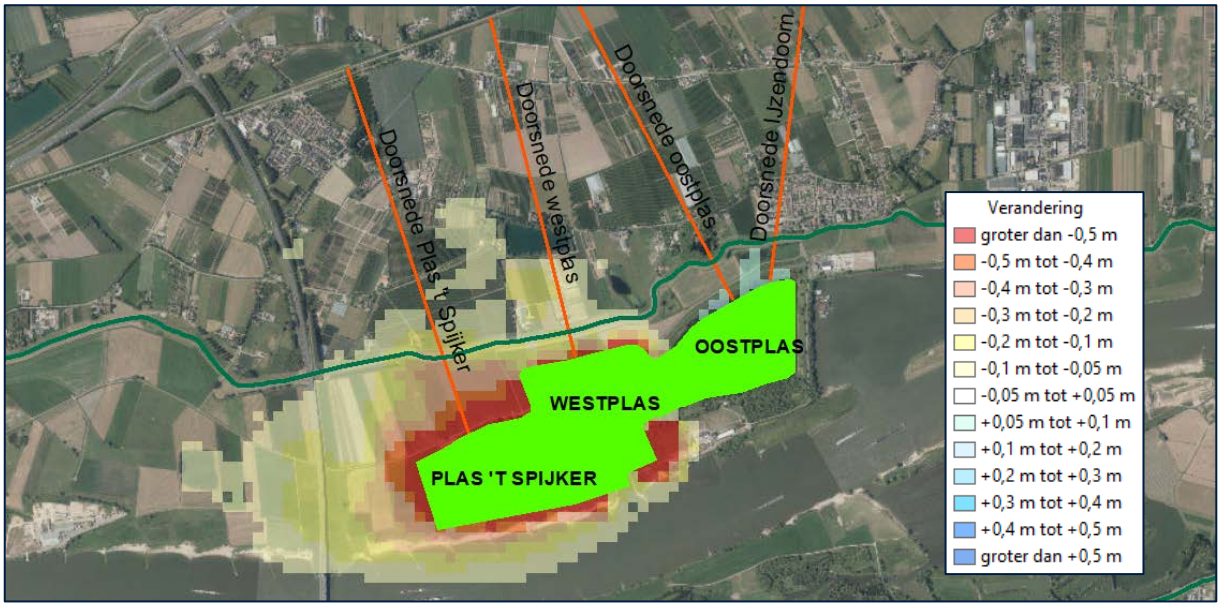
Figuur 4-1E: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede Oostplas voor een hoogwater scenario



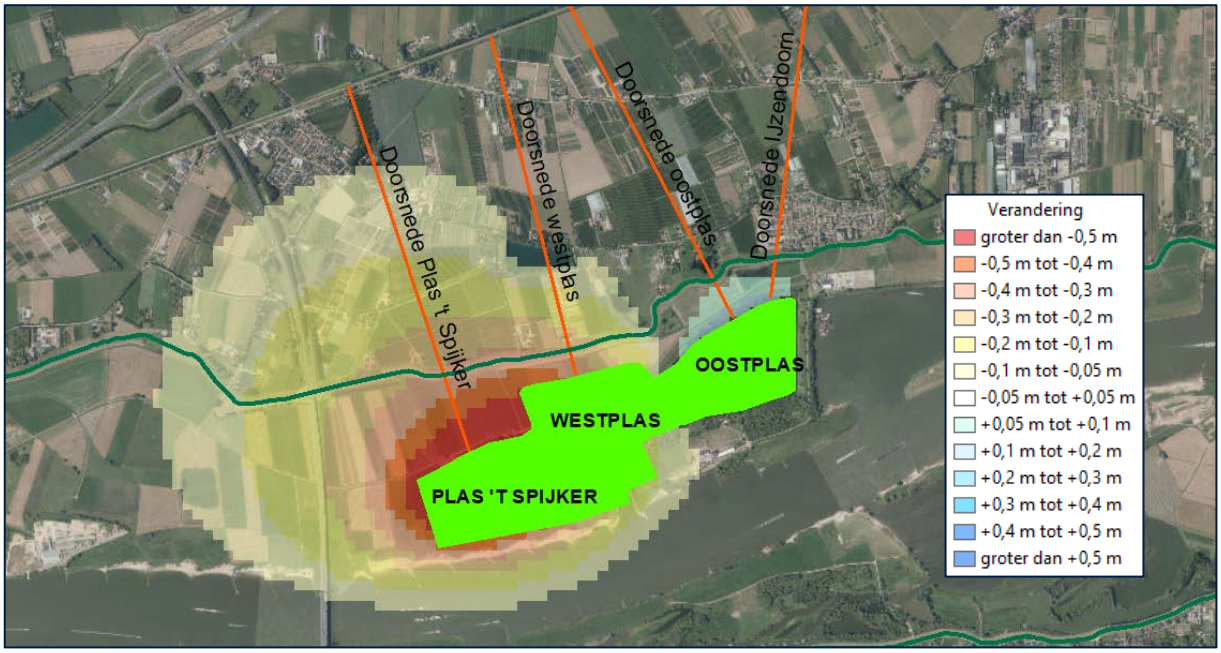
Figuur 4-1F: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede IJzendoorn voor een hoogwater scenario

Extreem laagwater scenario

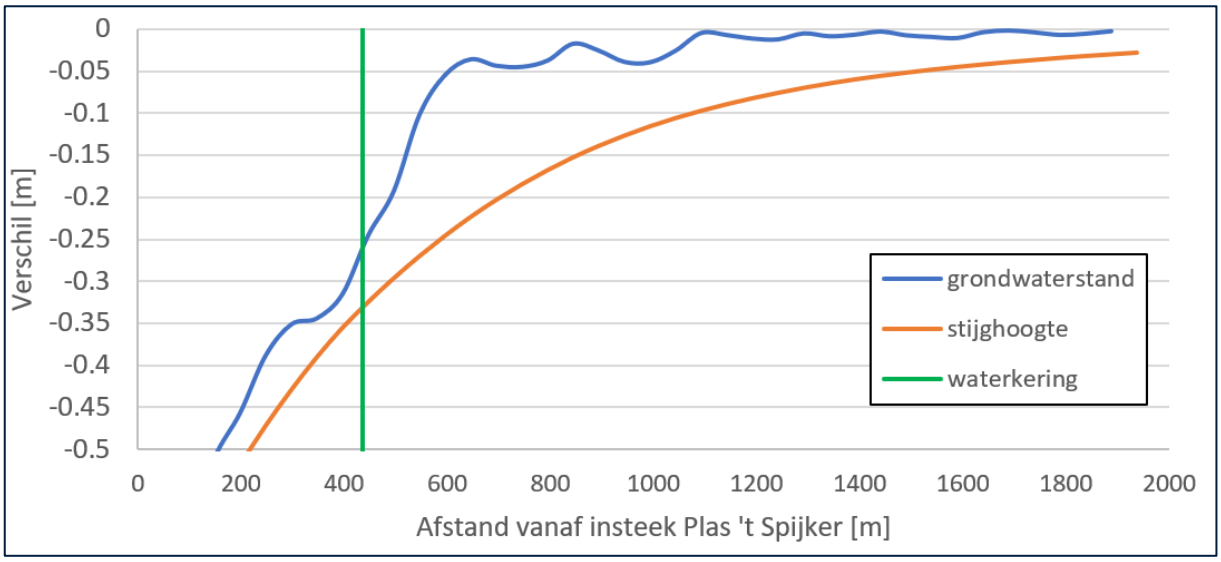
Voor het extreem laagwater scenario is het verschil tussen de berekende grondwaterstand in de huidige situatie en de situatie met alle uitwisselputten in volledige exploitatie (voorkeursalternatief) weergegeven in figuur 4-2A. Voor de stijghoogte is dit in figuur 4-2B weergegeven. De freatische grondwaterstand veranderd in dit scenario tot ca. 750 m ten noorden van de uitwisselputten Westplas en Plas 't Spijker, de stijghoogte wordt tot ca. 1.500 m beïnvloed. Het verschil in grondwaterstand en stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket is binnendijks maximaal -0,3 m, in het tweede watervoerend pakket maximaal -0,2 m. De grondwaterstands- en stijghoogteverschillen langs de doorsneden Plas 't Spijker, Westplas, Oostplas en IJzendoorn zijn weergegeven in figuur 4-2C t/m figuur 4-2F. Zowel de topografische overzichtskaarten als de doorsneden laten zien dat het meeste effect van de ontwikkeling aan de zuidzijde van het project plaatsvindt.



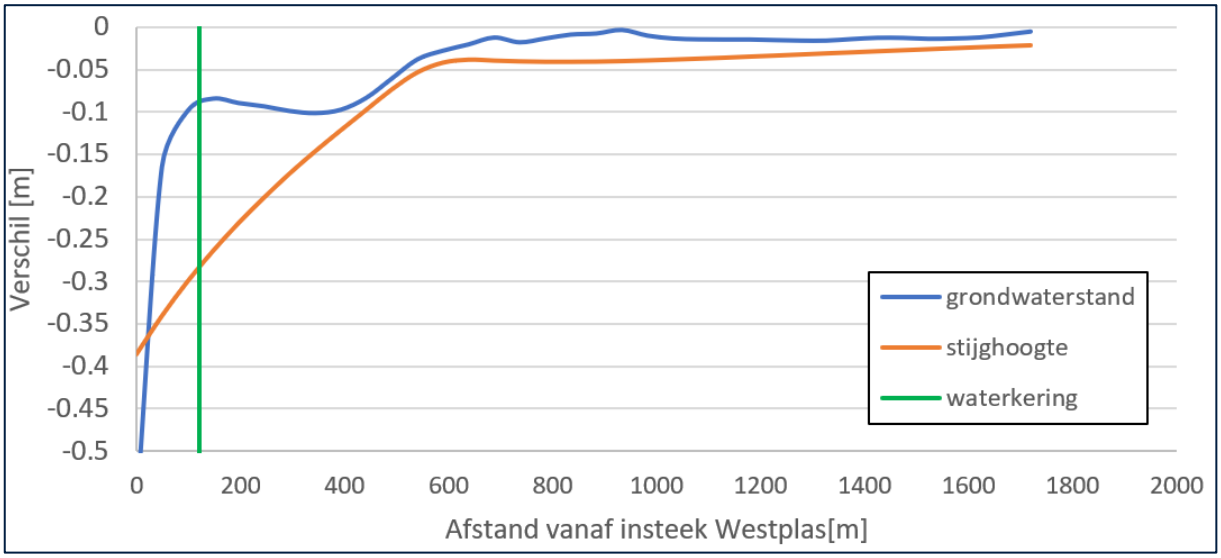
Figuur 4-2A: Verschil in freatische grondwaterstand tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief bij een extreem laagwater scenario. Een verandering van de grondwaterstand tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).



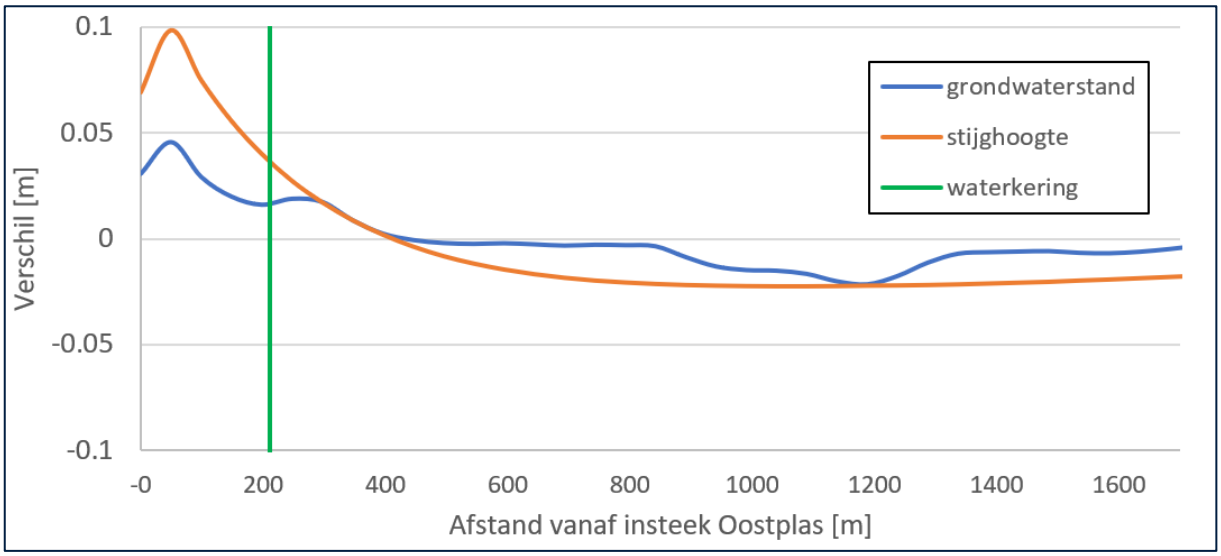
Figuur 4-2B: Verschil in stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief bij een extreem laagwater scenario. Een verandering van de stijghoogte tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).



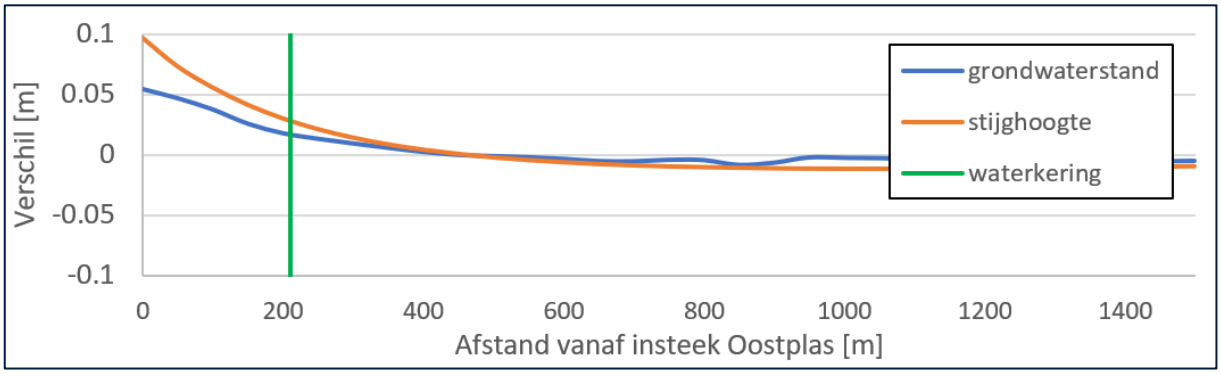
Figuur 4-2C: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede Plas ’t Spijker voor een laagwater scenario



Figuur 4-2D: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede Westplas voor een laagwater scenario



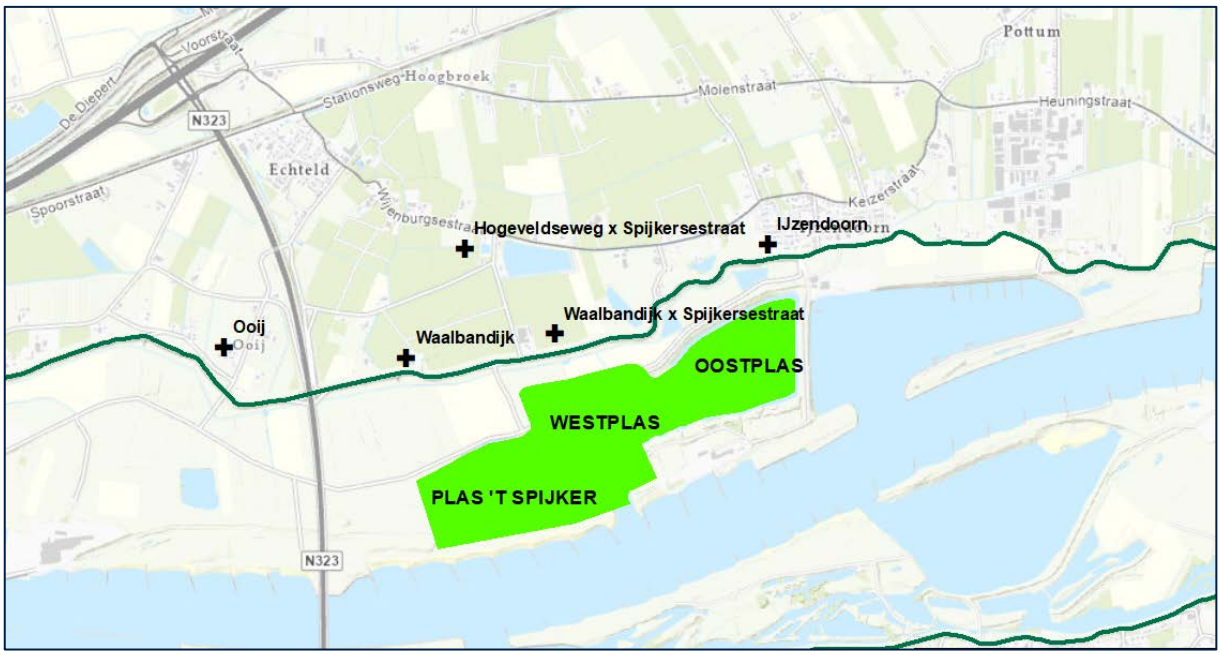
Figuur 4-2E: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede Oostplas voor een laagwater scenario



Figuur 4-2F: Verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief langs de doorsnede IJzendoorn voor een laagwater scenario

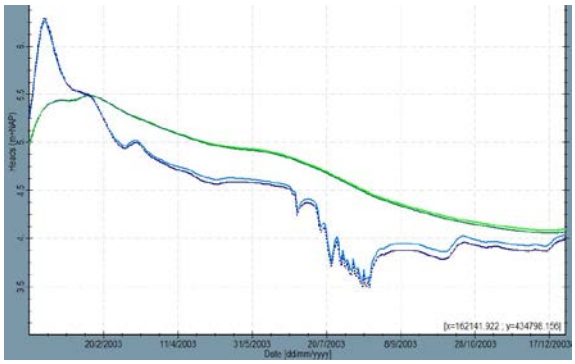
Het jaar 2003

Eerder is vermeld dat 2003 zowel een extreem hoogwater scenario als een extreem laagwater scenario heeft. Om inzicht te krijgen in het verloop van het verschil in grondwaterstand en stijghoogte gedurende een tijdsperiode is deze voor het jaar 2003 beschouwd. Dit is gedaan voor 5 binnendijkse locaties. De locaties zijn gekozen vanwege de berekende effecten op de overzichtskaarten. De locatie IJzendoorn is hieraan toegevoegd (figuur 4-3) om aan te tonen dat Willemspolder fase 1 geen negatieve effecten heeft op de grondwaterstand in IJzendoorn.

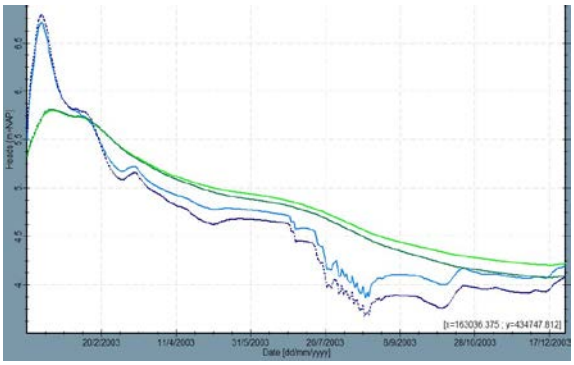


Figuur 4-3A: Overzicht van locaties waarvoor tijd-grondwaterstand en tijd-stijghoogtegrafieken zijn gemaakt voor het jaar 2003.

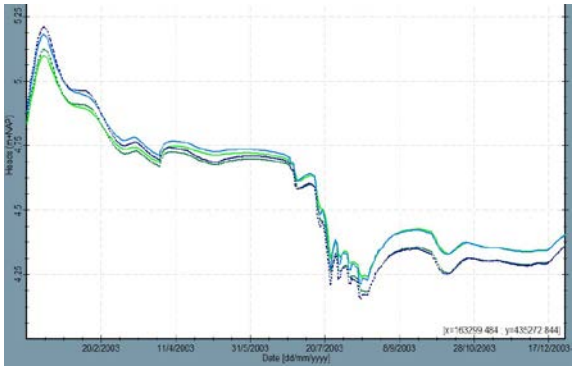
De tijd-grondwaterstand- en tijd-stijghoogtegrafieken zijn opgenomen in figuur 4-3B t/m figuur 4-3F. Hierin is de grondwaterstand met groen aangegeven, de stijghoogte met blauw. De berekende waarden voor het referentiescenario zijn continue lijnen, het voorkeursalternatief onderbroken lijnen. Op de locaties binnen het westelijke deel van het invloedsgebied (ten noorden/westen van de Westplas) is duidelijk zichtbaar dat de grondwaterstand en stijghoogte in de zomerperiode uitzakken. Door de ontwikkeling van Plas ‘t Spijker en Westplas wordt de uitzakking geleidelijk groter. Ter plaatse van de locatie IJzendoorn worden geen significante veranderingen van de grondwaterstand en stijghoogte berekenend.



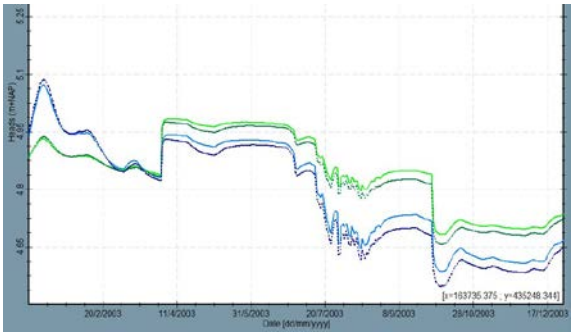
Locatie Ooij



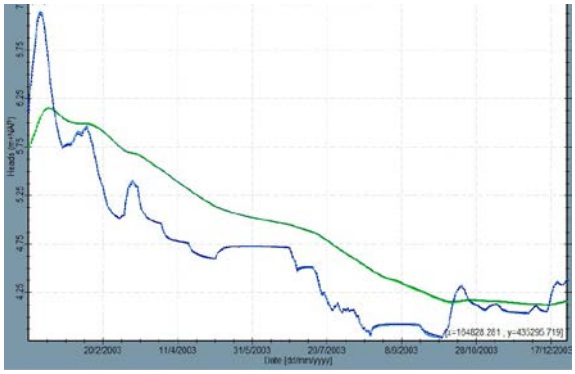
Locatie Waalbandijk



Locatie Hogeveldseweg x Spijkersestraat



Locatie Waalbandijk x Spijkersestraat

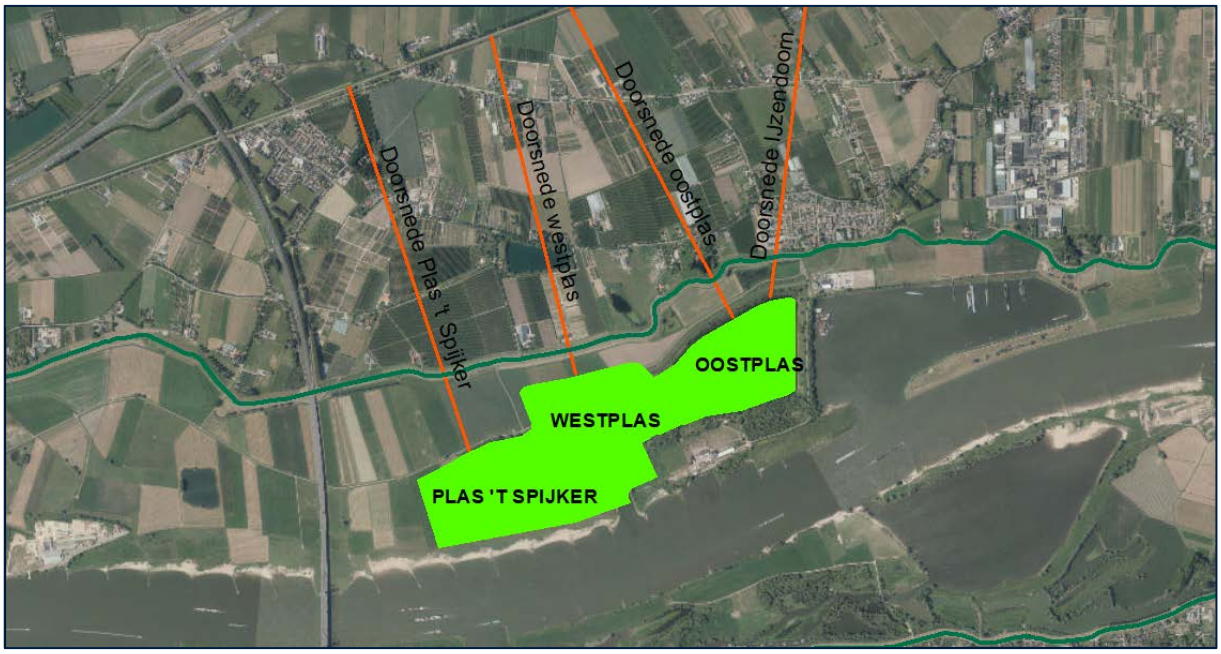


Locatie IJzendoorn

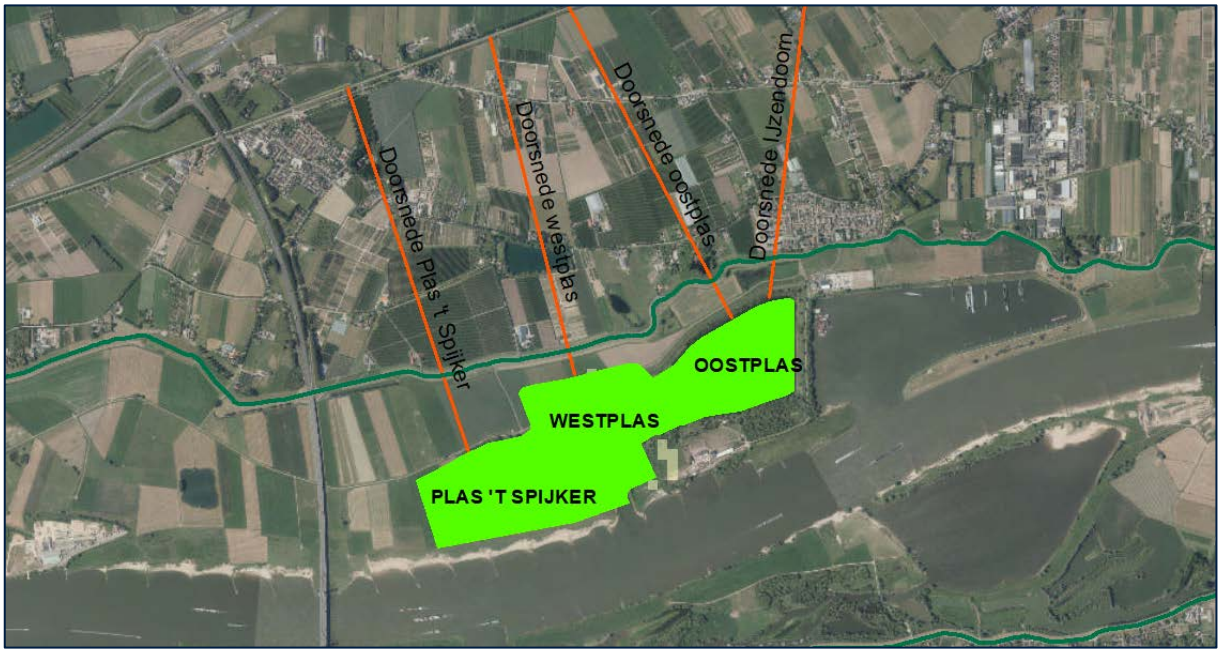
Figuur 4-3B: Tijd-grondwaterstand- en tijd-stijghoogtegrafieken voor 5 locaties binnendijks. Weergegeven zijn de freatische grondwaterstand in het referentiescenario (lichtgroen continu), de freatische grondwaterstand in het scenario voorkeursalternatief (donkergroen, onderbroken), de stijghoogte in het referentiescenario (lichtblauw continu) en de stijghoogte in het scenario voorkeursalternatief (donkerblauw, onderbroken)

Gemiddeld winterscenario

Tijdens een gemiddelde wintersituatie zijn de effecten van de uitwisselputten op zowel de freatische grondwaterstand (figuur 4-4A) als de stijghoogte (figuur 4-4B) binnendijks minimaal. Omdat de effecten binnen de door het waterschap gestelde eisen vallen (<5 cm grondwaterstands-/stijghoogteverandering) zijn er geen doorsneden gepresenteerd.



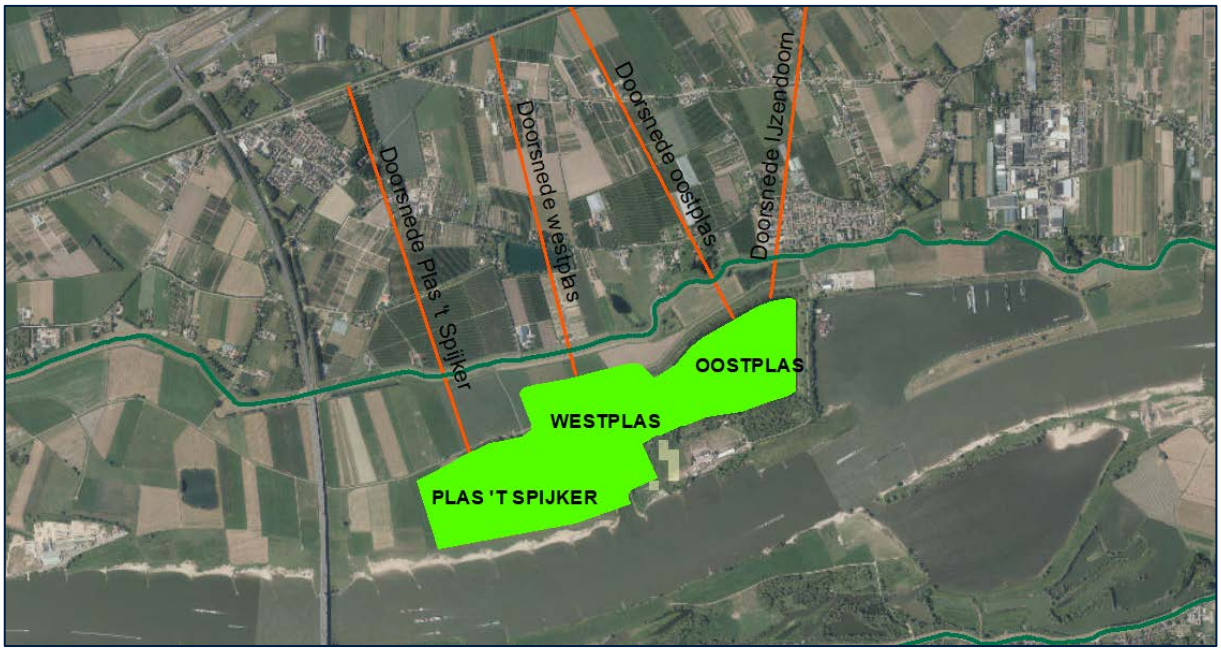
Figuur 4-4A: Verschil in freatische grondwaterstand tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor een gemiddeld winter scenario. Een verandering van de grondwaterstand tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).



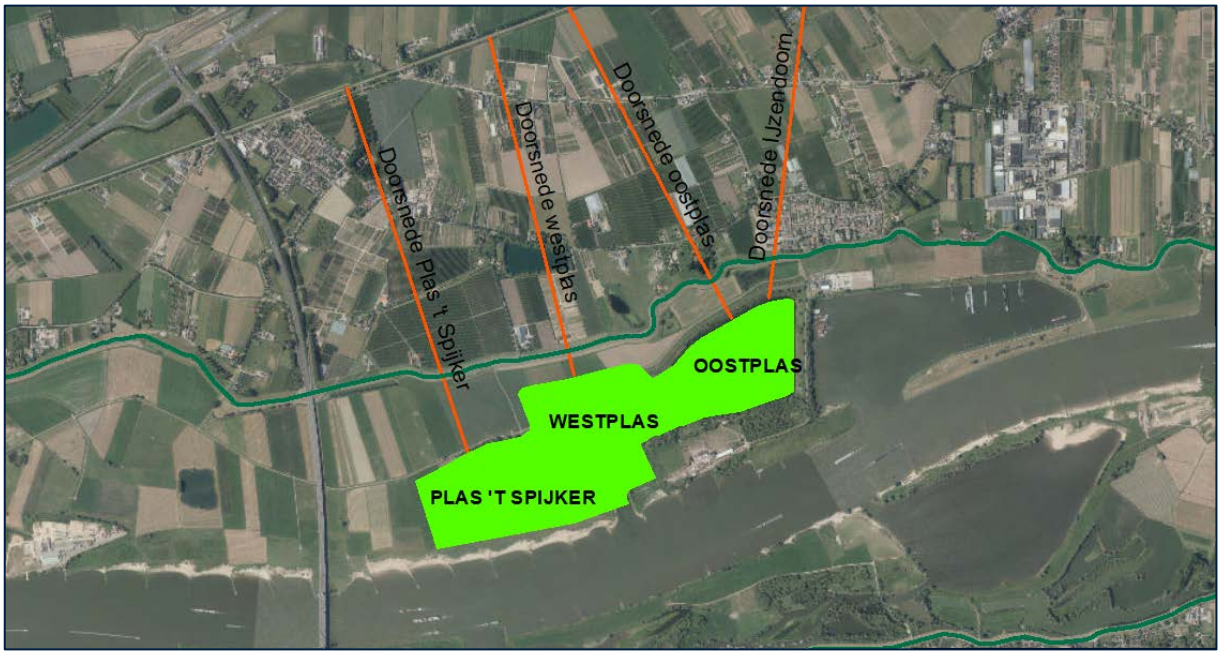
Figuur 4-4B: Verschil in freatische grondwaterstand tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor een gemiddeld winter scenario. Een verandering van de grondwaterstand tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).

Gemiddelde zomerscenario

Voor de gemiddelde zomersituatie valt het berekende verschil binnendijks binnen de door het waterschap gestelde eisen (<5 cm grondwaterstands-/stijghoogteverandering). Er worden zodoende geen dwarsprofielen gepresenteerd. Het verschil in de berekende grondwaterstand is in figuur 4-5A weergegeven, de berekende verschillen in de stijghoogte in figuur 4-5B.



Figuur 4-5A: Verschil in freatische grondwaterstand tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor een gemiddeld zomer scenario. Een verandering van de grondwaterstand tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).



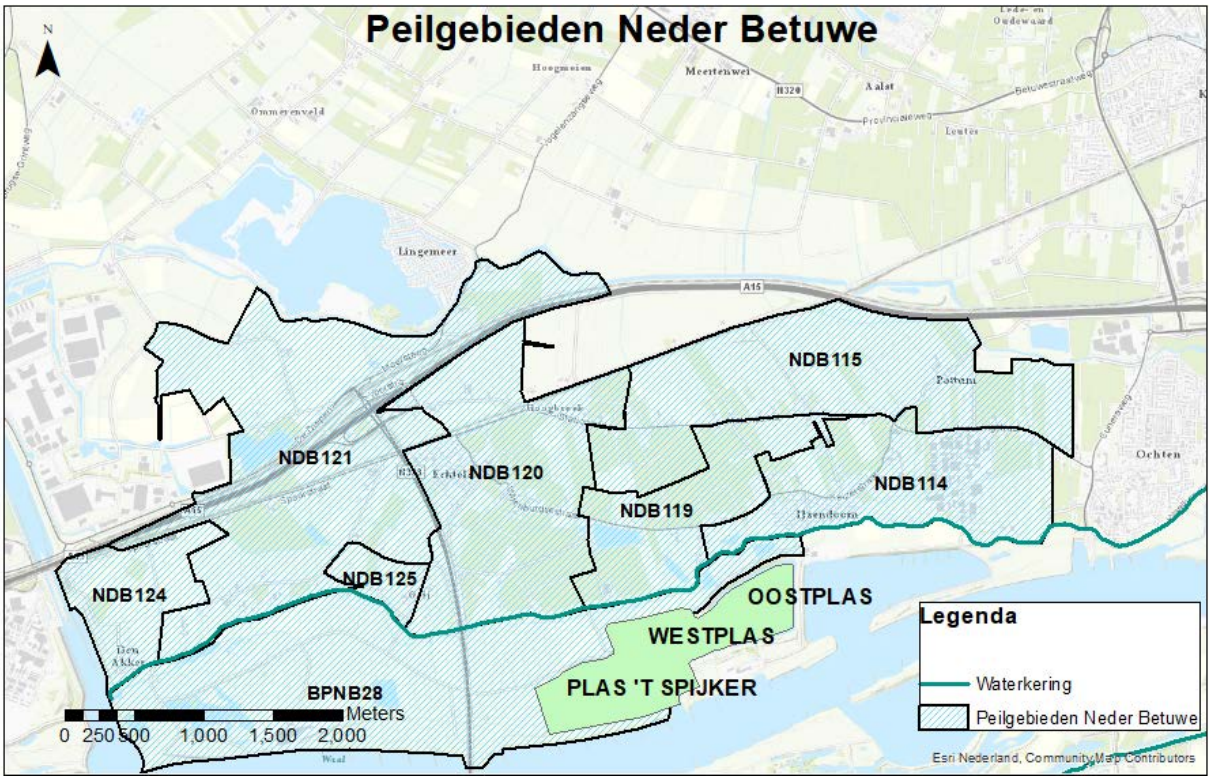
Figuur 4-5B: Verschil in freatische grondwaterstand tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor een gemiddeld zomer scenario. Een verandering van de grondwaterstand tussen -0,05 en +0,05 m is niet weergegeven (transparant).

4.1.4 Resultaten kwel

De verandering in kwel (of wegzijging) is per peilgebied uitgerekend. Voor elk peilgebied is berekend hoeveel water er naar het oppervlaktewater stroomt (vanuit bodem of over land), de verandering van deze stroom is weergegeven in deze paragraaf. Zeven binnendijkse peilgebieden liggen binnen het invloedsgebied van de ontwikkelingen, dit zijn de peilgebieden ten zuiden van de spoorweg Betuwelijn (figuur 4-6). Buitendijks is het peilgebied BPNB28 gelegen, dit peilgebied beslaat de Willemspolder. Door de herinrichting wordt de oppervlakte van dit peilgebied met ca. 36 ha verkleind (tabel 4-1), in de figuur is het huidige peilgebied weergegeven en de locatie van de uitwisselputten, de verkleining van het gebied is ter plaatse van de putten en in de directe omgeving van de putten. De verandering in kwel is groot voor de buitenpolder. De buitenpolder kan niet getoetst worden aan de eisen voor kwelverandering en grondwaterstands-stijghoogteverandering, zodoende zijn de resultaten hiervan niet meegenomen.

Tabel 4-1: kenmerken peilgebieden binnen invloedsgebied

Peilgebied	Oppervlakte [ha]			Locatie
	Huidig	Toekomst	Verschil	
NDB114	164	164	0	Binnendijks
NDB115	256	256	0	Binnendijks
NDB119	110	110	0	Binnendijks
NDB120	233	233	0	Binnendijks
NDB121	363	363	0	Binnendijks
NDB124	73	73	0	Binnendijks
NDB125	23	23	0	Binnendijks
BPNB28	327	291	-36	Buitendijks



Figuur 4-6: Peilgebieden (codering conform WSRL) in de omgeving van de Willemspolder.

Voor een extreem hoogwater scenario wordt binnendijks een verandering in kwel berekend (tabel 4-2). Rode getallen in deze tabel en opvolgende tabellen staan voor het niet voldoen aan de gestelde eisen met betrekking tot kwel. Enkel in de peilgebieden ten noorden van Plas 't Spijker en de Westplas (NDB119 +3,2% en NDB120 +2,5%) wordt een kleine overschrijding van de grenswaarde voor kwelverandering berekend. In absolute waarden betreft het een toename van kwel naar het binnenwater van 1.023 m^3/dag (ca. 42 m^3/uur).

Tabel 4-2: Berekende kwel per peilgebied en het verschil tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor het extreem hoogwater scenario

Peilgebied	referentiesituatie		voorkeursalternatief		Verschil		
	[mm/dag]	[m^3/dag]	[mm/dag]	[m^3/dag]	[mm/dag]	[m^3/dag]	[%]
NDB114	9,2	15.052	9,2	15.087	+0,0	+35	+0,2
NDB115	4,9	12.603	5,0	12.711	+0,0	+108	+0,9
NDB119	21,9	24.127	22,6	24.907	+0,7	+781	+3,2
NDB120	4,0	9.386	4,1	9.619	+0,1	+232	+2,5
NDB121	4,8	17.534	4,9	17.639	+0,0	+105	+0,6
NDB124	3,7	2.707	3,7	2.709	+0,0	+2	+0,1
NDB125	2,8	639	2,9	645	+0,0	+6	+0,9

De resultaten voor het extreem laagwater scenario zijn weergeven in tabel 4-3. De procentuele verandering in kwel is met uitzondering van de peilgebieden NDB114 en NDB124 groter dan toegestaan. Voor de meeste peilgebieden betreft de overschrijding een toename van de wegzijging, enkel voor NDB120 betreft het een afname van de kwel. In totaal neemt de kwel naar de peilgebieden gezamenlijk af met ca. 100 m^3/uur.

Tabel 4-3: Berekende kwel per peilgebied en het verschil tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor het extreem laagwater scenario

Peilgebied	referentiesituatie		voorkeursalternatief		Verschil		
	[mm/dag]	[m^3/dag]	[mm/dag]	[m^3/dag]	[mm/dag]	[m^3/dag]	[%]
NDB114	-2,2	-3.565	-2,2	-3.598	+0,0	-32	-0,9
NDB115	-0,2	-432	-0,2	-514	+0,0	-82	-19,0
NDB119	-8,9	-9.806	-10,2	-11.234	-1,3	-1.428	-14,6
NDB120	0,7	1.541	0,4	1.028	-0,2	-513	-33,3
NDB121	-0,6	-2.052	-0,6	-2.342	-0,1	-290	-14,1
NDB124	-0,7	-540	-0,7	-544	+0,0	-4	-0,8
NDB125	-0,2	-53	-0,3	-70	-0,1	-17	-32,0

Voor de gemiddelde winter en zomer scenario's zijn de resultaten opgenomen in respectievelijk tabel 4-4 en tabel 4-5. Het absolute verschil is binnendijks met maximaal +0,1 mm/dag nihil. De maximale verandering van kwel overschrijdt in het winter scenario tweemaal de grens van 2%, echter in absolute waarden gaat het in totaal om 55 m^3/dag (ca. 2 m^3/uur).

Tabel 4-4: Berekende kwel per peilgebied en het verschil tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor een gemiddeld winter scenario

Peilgebied	referentiesituatie		voorkeursalternatief		Verschil		
	[mm/dag]	[m³/dag]	[mm/dag]	[m³/dag]	[mm/dag]	[m³/dag]	[%]
NDB114	-0,1	-99	-0,1	-89	+0,0	+9	+9,3
NDB115	0,8	1.962	0,8	1.980	+0,0	+18	+0,9
NDB119	-1,2	-1.298	-1,1	-1.253	+0,1	+46	+3,5
NDB120	0,6	1.369	0,6	1.391	+0,0	+22	+1,6
NDB121	0,7	2.615	0,7	2.631	+0,0	+16	+0,6
NDB124	0,2	146	0,2	147	+0,0	+0	+0,3
NDB125	0,8	175	0,8	176	+0,0	+1	+0,3

Tabel 4-5: Berekende kwel per peilgebied en het verschil tussen de referentiesituatie en het voorkeursalternatief voor een gemiddeld zomer scenario

Peilgebied	referentiesituatie		voorkeursalternatief		Verschil		
	[mm/dag]	[m³/dag]	[mm/dag]	[m³/dag]	[mm/dag]	[m³/dag]	[%]
NDB114	-0,5	-891	-0,5	-884	+0,0	+7	+0,8
NDB115	0,7	1.882	0,7	1.895	+0,0	+13	+0,7
NDB119	-2,2	-2.450	-2,2	-2.428	+0,0	+22	+0,9
NDB120	0,3	659	0,3	668	+0,0	+9	+1,4
NDB121	0,7	2.596	0,7	2.604	+0,0	+8	+0,3
NDB124	0,1	58	0,1	58	+0,0	+0	+0,4
NDB125	0,6	136	0,6	137	+0,0	+0	+0,1

4.1.5 Resultaten samengevat

Uit de met behulp van MORIA uitgevoerde invloedsberekening volgt dat met name het uitbreiden van de Plas 't Spijker en de Westplas invloed hebben op de grondwaterstand, stijghoogte en kwel binnendijks. Tijdens het extreem laagwater scenario is de invloed van deze putten binnendijks het beste zichtbaar.

De invloed van de ontwikkeling van Plas 't Spijker en de Westplas komt hoofdzakelijk door het afgraven van de deklaag en het in verbinding stellen van Plas 't Spijker met de Waal. Beide resulteren in een grotere interactie tussen het rivierwaterpeil in de Waal en de grondwaterstand/stijghoogte rondom de uitwisselputten. Na het aanvullen van de uitwisselputten met fijner materiaal zal deze interactie weer afnemen en hoogstwaarschijnlijk minder worden dan in de huidige situatie het geval is omdat het herinrichtingsmateriaal minder doorlatend is.

Met name in het extreem droog scenario heeft Willemspolder fase 1 een effect op de grondwaterstand en stijghoogte binnendijks. De berekende verlagingen zijn binnendijks maximaal ca. 0,3 m, de wegzijging in alle peilgebieden binnen het invloedsgebied neemt toe met ca. 100 m^3/uur. Deze wegzijging zal (deels) moeten worden gecompenseerd door het inlaten van extra water in desbetreffende peilgebieden.

Het basisscenario verschilt geohydrologisch minimaal van het voorkeursalternatief. Omdat in beide gevallen de kleilaag tussen het 1e en 2e watervoerend pakket wordt doorgraven worden het verschil in effecten enkel bepaald door de dikte van het zandpakket dat uit laag 4 wordt gewonnen. De verschillen zijn naar verwachting niet noemenswaardig.

4.2 Effecten berekende verschillen op de omgeving

Effecten buitendijks

Door het ontwikkelen van de uitwisselputten in de uiterwaarden van de Waal zal de stijghoogte rondom de putten worden beïnvloed. In de exploitatiefase bestaat de bodem van de uitwisselput uit goed waterdoorlatend zand. Omdat de uitwisselput in directe verbinding met de Waal komt te staan, zal de stijghoogte sterker worden beïnvloed, lees grotere schommelingen, door de Waal. Na de exploitatiefase zullen de uitwisselputten deels worden opgevuld met herinrichtingsmateriaal. Het herinrichtingsmateriaal is fijner dan het huidige materiaal, de doorlatendheid is zodoende kleiner. Hierdoor ontstaat meer weerstand op de bodem van de put, zodat het effect zoals in de exploitatiefase wordt verwacht dempt (minder schommelingen door de rivierwaterstand). De doorlatendheid van dit materiaal is maatgevend voor de beïnvloeding van de stijghoogte in het gebied door de ontwikkeling van Willemspolder fase 1. De freatische grondwaterstand zal in beperkte mate worden beïnvloed door de ontwikkeling van de uitwisselputten, de grootste invloed heeft naar verwachting de aanpassingen van de waterhuishouding. Hiervoor wordt bij de aanvraag van de watervergunning een inrichtingsplan toegevoegd. De uitwisselputten sluiten niet aan op de watergangen in de uiterwaarden. Het oppervlaktewaterpeil in de uiterwaarden wordt beheerst conform het peilbesluit. De effecten op het verleggen van de zomerkade worden in de milieueffectenrapportage behandeld.

Effecten binnendijks

Door de verandering van de stijghoogte rondom de uitwisselputten zal ook de stijghoogte binnendijks worden beïnvloed, hetgeen effect heeft op kwel/wegzijging. Met name in het scenario met extreem laagwater treden er binnendijks effecten op. De grondwaterstand zakt verder uit (maximaal 0,3 m net achter de dijk) en de wegzijging neemt toe. Hierdoor treedt er meer verdroging op, waardoor waterstress bij planten en opbrengstenderving kan plaatsvinden. De verdroging kan worden gecompenseerd door meer water vanuit de Waal de binnendijkse peilgebieden in te laten (ca. +100 m^3/uur). Bij het handhaven van de beheerspeilen blijft de drooglegging van de percelen gelijk, de mogelijkheid bestaat dat de ontwateringsdiepte in het midden van een perceel kleiner wordt als gevolg van een grotere opbolling door een toename van de kwel of andersom de ontwateringsdiepte groter wordt door een toename van de wegzijging. Het inlaten van meer water of intensievere bemaling betreft een tijdelijke compenserende maatregel, als de uitwisselputten zijn opgevuld wordt de invloed van de Waal gedempt en zal de verdroging afnemen ten opzichte van de huidige situatie.

Effecten op de waterkering

Door (langdurige) verlagingen van de stijghoogte en de grondwaterstand onder de historische lage waarden kan er zetting van het maaiveld onder het dijklichaam optreden. In dat geval kan de kruin van de dijk zakken.

Voor het project 'Dijkversterking Neder-Betuwe' heeft Fugro op locatie grondonderzoek uitgevoerd ter plaatse van het dijklichaam. Ter plaatse van de maximale verlagingen is een waterspanningssondering in de buitenkruin gemaakt met het kenmerk 1318-0234-000-DT157+00_DKMP_BUK (BRO-ID: CPT000000111022). Deze sondering laat vanaf de kruin tot ca. NAP +0,0 m samendrukbare kleilagen zien, daaronder is zand aangetroffen. Het verschil in berekende stijghoogte is in de worst-case situatie 0,4 m. Op basis hiervan is een indicatieve zettingsberekening conform de NEN9997-1 uitgevoerd (tabel 4-1). Uitgaande dat het extreem-laagwater van een kortdurende periode is, treedt enkel de primaire zetting op. De indicatief berekende primaire zettingen bedragen minder dan 1 mm, uitgaande dat de stijghoogte in de gehele zettingsgevoelige laag wordt verlaagd. In de praktijk zal echter enkel de stijghoogte onder in deze laag afnemen, de daadwerkelijk optredende zettingen zullen derhalve kleiner en daarmee verwaarloosbaar zijn.

De berekende zakkingen van de kruin van de dijk worden acceptabel geacht. Geadviseerd wordt in het ontwerp van de dijkversterkingsopgave Neder-Betuwe rekening te houden met de ontwikkeling van de Willemspolder.

Tabel 4-1: Indicatieve zettingsberekening

Sondering	1318-0234-000-DT157+00_DKMP_BUK				
Grondsoort	Klei	γ = 17 kN/m^3		CR = 0,1533	
Niveau [m NAP]	Grondspanning [kN/m2]	Waterspanning [kN/m2]		Korrelspanning [kN/m2]	
		oud	nieuw	oud	nieuw
+12,5 m	0	0	0	0	0
+5,0 m	127,5	0	0	127,5	127,5
+4,3 m	139,4	4	0	132,5	136,4
+0,0 m	212,5	50	46	162,5	166,5
Primaire zetting	Δ_p = CR x zettingsgevoelige laagdikte x log(σ_{nieuw} / σ_{oud}) Δ_p = 0,1533 x 5 x log(166,5/162,5) Δ_p = <0,001 m				

5. Monitoring

In voorgaand hoofdstuk zijn de geohydrologische effecten van de ontwikkeling van de Willemspolder kwalitatief en kwantitatief inzichtelijk gemaakt. De daadwerkelijke effecten van de ontwikkeling dienen middels langjarige monitoring inzichtelijk te worden gemaakt. Indien de negatieve effecten buiten de door het waterschap aangegeven grenzen vallen dienen beheersmaatregelen te worden toegepast.

In deze fase van het onderzoek wordt nog geen voorstel gedaan voor monitoring. Wanneer het ontwerp definitief is wordt een monitoringsplan opgesteld.

6. Conclusie en advies

Het ontwikkelen van de Willemspolder heeft een beperkte geohydrologische invloed op de omgeving. Met behulp van het grondwatermodel MORIA is inzichtelijk gemaakt dat de grootste effecten zullen optreden tijdens een extreem laag water scenario waarbij alle uitwisselputten open zijn. Bij een extreem hoog water scenario zijn de effecten binnendijks minimaal en mogelijk gunstig, bij de gemiddelde zomer en winter situatie is de invloed binnendijks verwaarloosbaar (grondwaterstands- en stijghoogteverandering < 0,05 m, verandering in kwel/wegzijging < 0,01 mm/dag).

Geadviseerd wordt de grondwaterstand- en stijghoogte binnendijks te monitoren. Hiervoor is een monitoringsplan benodigd. Dit kan worden opgesteld wanneer een afweging is gemaakt over het uiteindelijke ontwerp. De resultaten dienen te worden vergeleken met de uitkomsten van het MORIA-model. Indien de optredende grondwaterstanden afwijken van hetgeen wordt verwacht en de door het waterschap opgegeven grenzen overschrijden dienen er mogelijk mitigerende maatregelen te worden toegepast. Voorafgaand aan de uitvoering dient in samenspraak tussen Dekker en Waterschap Rivierenland een pakket met mitigerende maatregelen te worden afgesproken. Het waterschap dient hiervoor de toelaatbare grondwaterstanden en stijghoogten (signaleringswaarden, over-/ en onderschrijdingswaarden) aan te geven wanneer de maatregelen moeten worden toegepast.

De invloed van de permanente situatie zal afhankelijk zijn van het toegepaste herinrichtingsmateriaal. Gezien de aard van het herinrichtingsmateriaal, altijd fijner dan het ontgonnen materiaal, is de invloed van de ontwikkeling in de permanente situatie kleiner dan tijdens de tijdelijke situatie. Mogelijk kan de huidige situatie worden hersteld of zelfs worden verbeterd.