

Geohydrologisch onderzoek naar kwel in plangebied Maasakkers te Balgoij-West

REFERENTIE: 327600645

1-5-2024





**Geohydrologisch onderzoek naar kwel in
plangebied Maasakkers te Balgoij-West**

In opdracht van:
Qubus Vastgoedontwikkeling B.V.

Opgesteld door:
L. Scholten

Projectnummer:
327600645

Documentnaam:
Geohydrologisch onderzoek naar kwel in plangebied
Maasakkers te Balgoij-West.r02

Datum:
1 mei 2024

Versie	Vrijgegeven door	Paraaf	Datum
Geohydrologisch onderzoek naar kwel in plangebied Maasakkers te Balgoij-West.r02	Hilbert Weemstra		1 mei 2024

Postadres
Postbus 270
2600 AG DELFT
T 015 7511600

Bezoekadres
Poortweg 4D
2612 PA DELFT
www.stantec.com/nl

KVK Haaglanden 27 18 43 23
BNP Paribas 22 76 53 920
IBAN NL75BNPA0227653920 BIC BNPANL2A
Stantec BV is ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 en VCA** gecertificeerd

Het is niet toegestaan de inhoud en/of vorm van door Stantec opgestelde rapportages aan te passen

Inhoudsopgave

1.0	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling	1
2.0	Locatiegegevens	3
2.1	Plangebied	3
2.2	Maaiveldhoogte	5
2.3	Bodemopbouw	7
2.4	Geohydrologie	8
2.5	Ontwikkelingen in het gebied	11
3.0	Methode	12
4.0	Resultaten	13
4.1	Huidige situatie	13
4.2	Toekomstige situatie	14
5.0	Discussie	16
6.0	Conclusie en aanbevelingen	18

Bijlage 1: Dwarsdoorsneden van de waterbergingen in het plangebied

1.0 INLEIDING

In opdracht van Qubus Vastgoedontwikkeling B.V. heeft Stantec B.V. een geohydrologische studie uitgevoerd naar de invloed van de ontwikkeling van plangebied De Maasakkers in Balgoij-West op de kwel. De locatiegegevens zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 1: Locatiegegevens

Adres	De Maasakkers te Balgoij
Gemeente	Wijchen
Provincie	Gelderland
Waterschap	Rivierenland
X-coördinaat (RD)	177.346
Y-coördinaat (RD)	421.444
Maaiveldhoogte (m NAP)	Ca. +7,8

1.1 AANLEIDING

Voor het plangebied De Maasakkers in Balgoij-West is Qubus Vastgoedontwikkeling voornemens om 37 woningen te realiseren. Vanwege de maaiveldhoogte van het plangebied is er sprake van kwel bij een hoge waterstand in de Maas. Door de ontwikkeling van het gebied wordt de weerstand van de deklaag mogelijk verlaagd, wat kan resulteren in een toename van de kwel en daardoor eventueel in wateroverlast. Vanuit waterschap Rivierenland is aangegeven dat het invloed op de kwel in onvoldoende mate is onderzocht. Om de invloed van de ontwikkeling van het plangebied op de kwel te onderzoeken heeft Stantec dit rapport opgesteld.

De berekeningen in dit rapport zijn naar beste inzicht en vermogen uitgevoerd maar berusten op een aantal uitgangspunten en aannames, die leiden tot een noodzakelijke vereenvoudiging van de werkelijke situatie. Stantec is niet aansprakelijk voor eventuele schade of ongewenste gebeurtenissen als gevolg van verschillen tussen bovengenoemde berekeningsresultaten en de werkelijke situatie.

1.2 DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is om te bepalen in hoeverre de gebiedsveranderingen negatieve invloed hebben op de kwel ter plaatse van het plangebied en na te gaan of en zo ja welke maatregelen mogelijk zijn om deze invloed te minimaliseren tot een acceptabel niveau. Om hiertoe te komen zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- Wat is het verschil in kwelflux tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie bij een gemiddelde waterstand en bij hoogwater in de Maas?
 - o Hoe groot is de kwelflux in de huidige situatie?
 - o In welke mate verandert de weerstand van het verzadigde deel* van de kleilaag door de ontwikkeling van het gebied?
- Zijn er maatregelen nodig om de invloed op het kweldebiet te minimaliseren; en zo ja, welke maatregelen zijn mogelijk?

* Onderbouwing waarom we enkel van het verzadigde deel uitgaan is opgenomen in hoofdstuk 3.

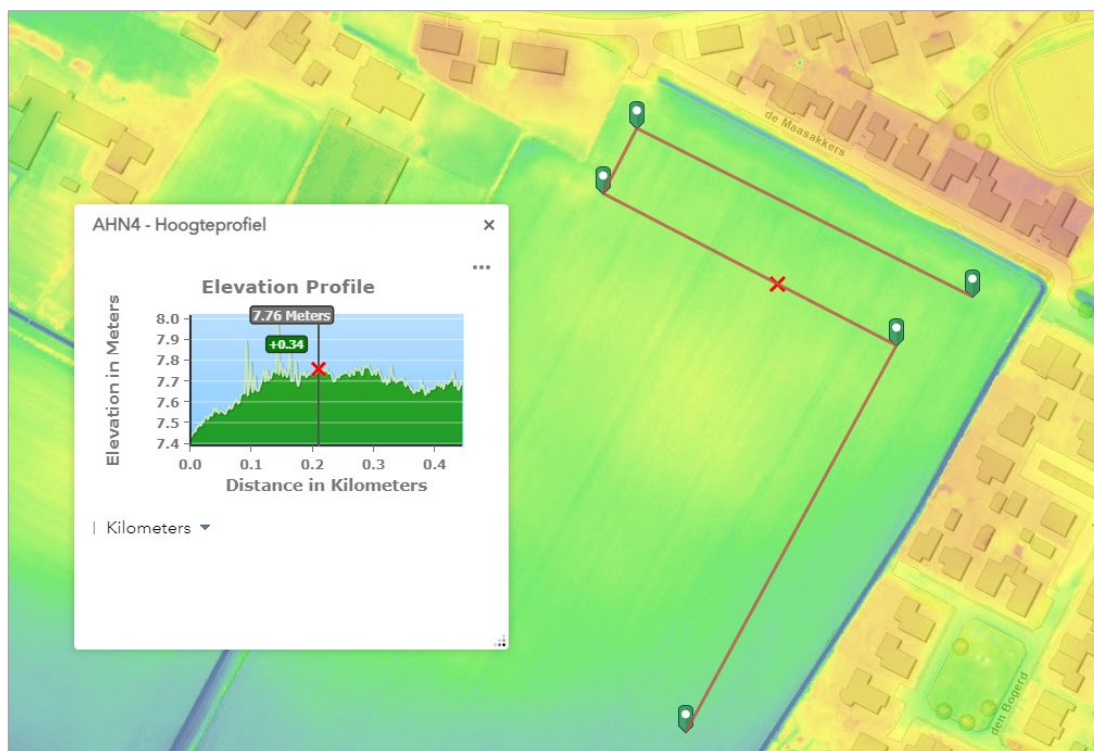
In de volgende figuur is de toekomstige situatie weergegeven. Er worden 37 woningen, verscheidene waterbergingen, wegen en groen gerealiseerd.



Figuur 2: Indeling van plangebied in toekomstige situatie

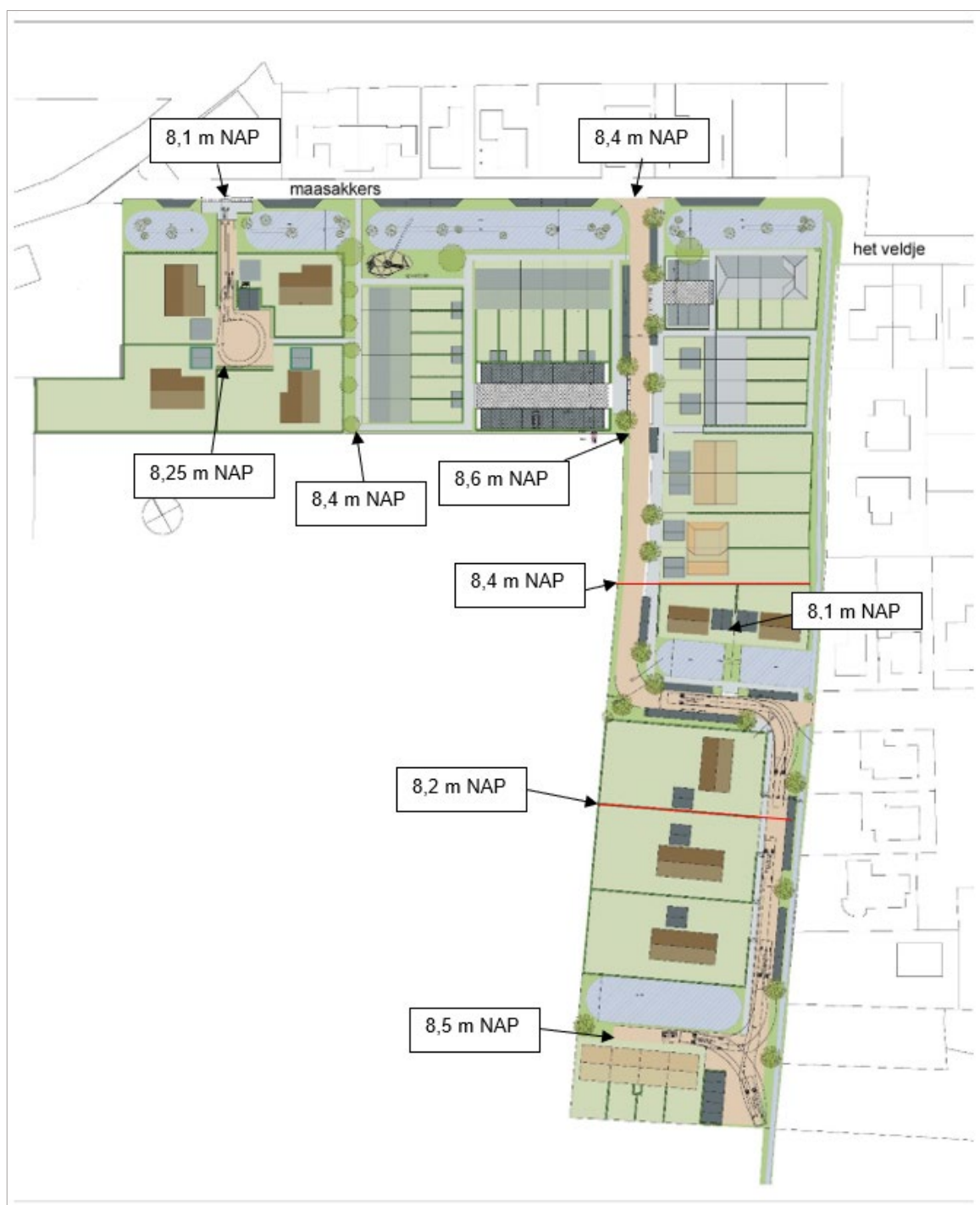
2.2 MAAIVELDHOOGTE

De maaiveldhoogte ter plaatse van het plangebied varieert tussen 7,4 m +NAP en 7,9 m +NAP, met een gemiddelde van 7,7 m +NAP. Het zuidelijk deel van het plangebied heeft een lager maaiveldhoogte van zo'n 7,5 m +NAP. In de volgende figuur is dit weergegeven.



Figuur 3: Maaiveldhoogte in huidige situatie (profiel van zuid naar noord)

Ten behoeve van de realisatie van het plangebied wordt het maaiveld verhoogd. In de volgende figuur zijn indicatief de toekomstige maaiveldhoogten weergegeven. Deze varieert tussen 8,1 m +NAP en 8,6 m +NAP, met een gemiddelde van 8,3 m +NAP.



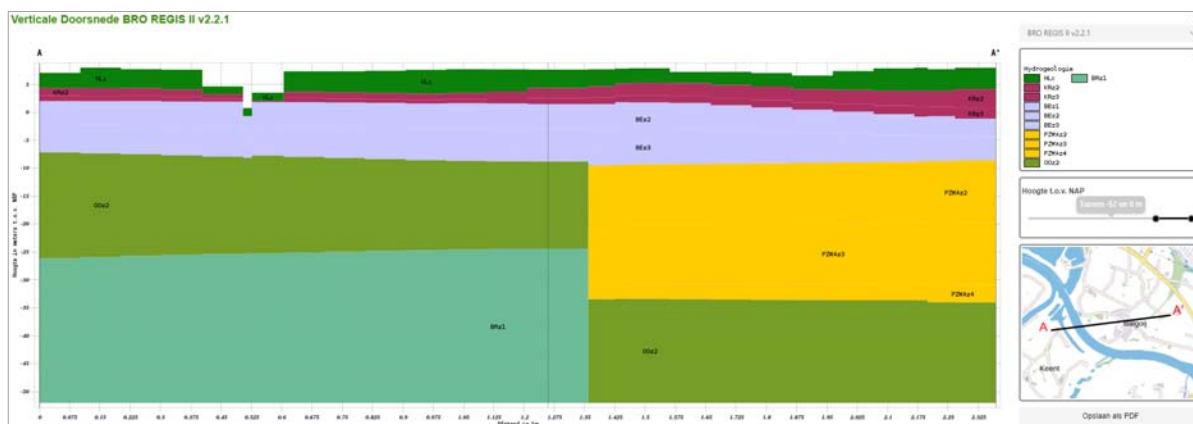
2.3 BODEMOPBOUW

Op basis van het 'Doorlatendheidsonderzoek Plan Maasakkers te Balgoij' (Stantec, kenmerk: 20220284, d.d. 19-7-2022) en de online beschikbare informatie uit DINOloket is een schematisatie van de lokale en regionale bodemopbouw en geohydrologie gemaakt.

Tabel 2: Lokale bodemopbouw ter plaatse van het plangebied

Laagdiepte (van...tot... m -mv)	Laagdiepte (van...tot... m NAP)	Hoofd-lithologie	Bijmenging/korrelgrootte	Bijzonderheden/opmerkingen
0,0 tot 2,0	+7,7 tot + 5,7	Klei	Zwak zandig en/of matig siltig	Boring 09 bestaat van maaiveld tot 4,0 m -mv uit klei
2,0 tot 4,0	+5,7 tot +3,7	Zand	Zeer tot matig fijn; zwak siltig	Boringen 01 t/m 04 en 08 bestaan van maaiveld tot 4,0 m -mv uit zwak siltig, zeer fijn zand

De volgende figuur toont een dwarsprofiel uit REGIS II v2.2.1; het Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem van Nederland. De gegevens uit REGIS geven de te verwachten bodemlagen en de indeling in geohydrologische eenheden in ruimtelijk perspectief weer.



Figuur 4: Hydrogeologisch model REGIS II. Dwarsdoorsnede ter plaatse van de werklocatie (wit vierkant). De donkergroene laag betreft de Holocene deklaag, overige lagen zijn zandafzettingen.

Op basis van het geohydrologisch dwarsprofiel uit REGIS is ter plaatse van het plangebied sprake van de volgende bodemopbouw.

Tabel 3: Geohydrologische bodemopbouw (REGIS II)

Laagdiepte (van...tot...m -mv)	Laagdiepte (van...tot...m NAP)	Lithologie	Horizontale doorlatendheid Kh (m/dag)	Weerstand c (dagen)
0,0 tot 3,2	+7,7 tot +4,5	Holoceen	-	-
3,2 tot 5,8	+4,5 tot +1,9	Zand	25 - 50	-
5,8 tot 17,2	+1,9 tot -9,5		50 - 150	-
17,2 tot 41,3	-9,5 tot -33,6		30 - 60	-

De horizontale doorlatendheid van de Holocene kleilaag is door Stantec onderzocht door middel van een zeefkromme-analyse. De korrelgrootte van de kleilaag in boringen 05, 06, 07, 09 en 10 is geanalyseerd (0,0 tot 1,5 m -mv). Met behulp van de formules van Kozeny-Carman, Hazen en Krumbain and Monk is de doorlatendheid berekend. De gemiddelde horizontale doorlatendheid varieert tussen 0,05 tot 0,18 m/dag. Ook de doorlatendheid van de zandlaag in de bovenste twee meter uit boringen 01 t/m 04 en 08 is geanalyseerd. Hier is een gemiddelde horizontale doorlatendheid van 0,14 tot 0,47 m/dag berekend.

Daarnaast is de doorlatendheid van de onverzadigde zone (0,2 tot 0,5 m -mv) bepaald met het Aardvark K-Sat meetinstrument met een 8-tal in-situ testen. Dit meetinstrument maakt gebruik van de omgekeerde putproef methode (Constant Head). Er is een doorlatendheid van 0,04 tot 0,16 m/dag berekend, met een uitschieter van 0,46 m/dag. Deze is voor de beschouwing en de berekening echter niet van toepassing omdat we bij kwel enkel naar de verzadigde zone kijken.

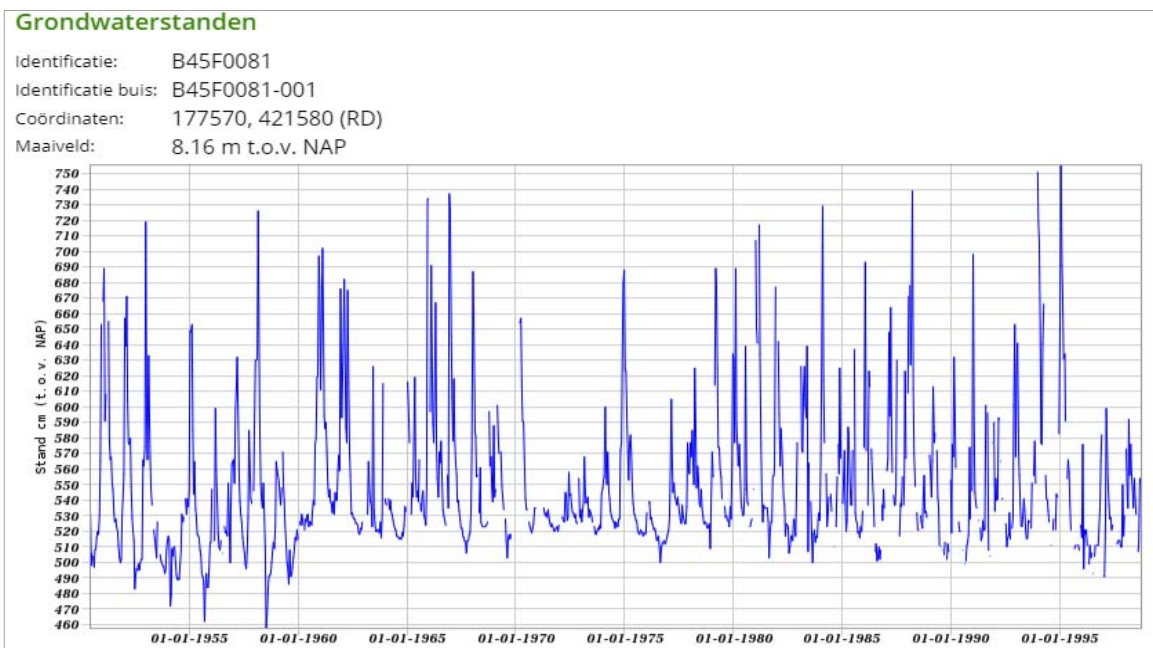
Op basis van bovenstaande gegevens wordt de bodemopbouw als volgt geschematiseerd. De doorlatendheden en weerstanden betreffen een bandbreedte.

Tabel 4: Gehanteerde bodemopbouw

Laagdiepte (van...tot... m -mv)	Laagdiepte (van...tot... m NAP)	Lithologie	Bijmenging/korrelgrootte	Horizontale doorlatendheid c Kh (m/dag)	Weerstand c (dagen)
0,0 tot 2,0	+7,7 tot + 5,7	Klei	Zwak zandig en/of matig siltig	-	50 - 100
2,0 tot 4,0	+5,7 tot +3,7	Zand	Zeer tot matig fijn; zwak siltig	5 - 10	-
4,0 tot 17,2	+3,7 tot -9,5		Grof tot zeer grof	50 - 150	-
17,2 tot 41,3	-9,5 tot -33,6		Grof	30 - 60	-

2.4 GEOHYDROLOGIE

Op 180 meter ten noorden van het plangebied is een peilbuis bekend (B45F0081) met filterstelling in het watervoerend pakket (2,2 m +NAP tot 5,8 m -NAP). De gemiddeld hoogste stijghoogte (GHS) in deze peilbuis wordt geschat op 6,5 m +NAP en de gemiddeld laagste stijghoogte (GLS) op 5,1 m +NAP. De stijghoogte bevat regelmatig uitschieters boven de GHS, vermoedelijk door beïnvloeding van de waterstand in de Maas. De hoogst gemeten stijghoogte is 7,5 m +NAP. In onderstaande figuur is de meetreeks weergegeven.



Figuur 5: Meetreeks van een stijghoogte gemeten in een DINOlaket peilbuis

Op maps.bodemdata.nl is de grondwatertrap op de werklocatie geraadpleegd. De gemiddeld hoogste grondwaterstand op basis van deze kaart is 0,8 tot 1,4 m -mv en de gemiddeld laagste grondwaterstand is 1,2 tot 1,8 m -mv. Volgens de Basisregistratie Ondergrond (BRO Grondwaterspiegeldiepte 2023-02) wordt de GHG geschat op 0,9 m -mv en de GLS op 1,5 m -mv.

Rondom het plangebied bevinden zich watergangen met een streefpeil van 5,3 m +NAP.

De Maas is op een afstand van 360 tot 590 meter ten zuiden van het plangebied gelegen. De Maas heeft een normaal peil dat fluctueert tussen 4,6 m +NAP en 6,45 m +NAP. Uit de betrekkingslijnen voor de Maas versie 2023_2024 (<https://open.rijkswaterstaat.nl/overige-publicaties/2023/betrekkingslijnen-maas-versie-2023-2024/>) komt voort dat bij een herhalingstijd van 7 jaar een waterstand van 8,42 m +NAP ter plaatse van meetstation 'Grave Beneden' verwacht wordt. Bij een herhalingstijd van 17 jaar is dit 9,18 m +NAP. Als uitgangspunt voor de kwelberekeningen dient een hoogwatersituatie gehanteerd te worden die gemiddeld eens in de tien jaar voorkomt. Als uitgangspunt van de berekeningen hanteren we daarom een conservatieve waterhoogte van 9,0 m +NAP. Een dergelijke hoogwatergolf duurt meestal enkele dagen tot een week. In de volgende figuur zijn de betrekkingslijnen bij onder andere meetstation 'Grave beneden' weergegeven.

Betrekkinglijnen Maas versie 2023_2024					geldigheidsperiode 1 nov. 2023 - 31 okt. 2024														
Informatiebron		Gemeten waterstand 1.7.2022 - 30.6.2023						D-HYDRO in bereik recente hoogwaters						D-HYDRO					
Waterstand Borgharen-dorp [m+NAP]		38.20	38.82	39.41	40.09	41.29	41.81	42.36	42.88	43.69	44.40	44.85	45.37	45.76	46.16	46.40			
aantal dagen/Jr dat ws hoger is		267	185	107	46	9	4	2											
Afvoer St. Pieter [m3/s]		80	155	280	530	1030	1280	1500	1722	2113	2512	2813	3211	3608	4101	4511			
herh. tijd v/d topafvoer in jaren									3	7	17	33	95	340	2800	16000			
Afvoer Borgharen-dorp [m3/s]		(50)	(125)	(250)	(500)	(1000)	(1250)	1470	1700	2100	2500	2800	3200	3600	4100	4500			
peilschaal op meetpunt		kmr	Waterstanden m + NAP																
Gennep		155	7.97	7.99	8.09	8.34	8.95	9.33	9.82	10.31	11.13	11.89	12.40	12.96	13.45	13.87	14.07		
	155.10	7.97	7.99	8.09	8.33	8.93	9.31	9.80	10.29	11.11	11.87	12.39	12.95	13.44	13.86	14.06			
	156	7.96	7.98	8.07	8.28	8.81	9.14	9.59	10.09	10.93	11.75	12.29	12.86	13.37	13.79	13.99			
	157	7.96	7.97	8.05	8.23	8.71	9.01	9.42	9.92	10.78	11.63	12.20	12.79	13.30	13.73	13.92			
	158	7.96	7.97	8.03	8.19	8.61	8.87	9.25	9.76	10.66	11.53	12.07	12.67	13.18	13.61	13.80			
	159	7.95	7.96	8.02	8.15	8.53	8.77	9.11	9.63	10.54	11.42	11.96	12.56	13.07	13.50	13.69			
	160	7.95	7.96	8.00	8.11	8.43	8.63	8.94	9.46	10.40	11.27	11.80	12.41	12.92	13.36	13.55			
	161	7.95	7.95	7.99	8.08	8.35	8.53	8.81	9.34	10.29	11.17	11.72	12.34	12.86	13.29	13.50			
Mook	162	7.94	7.95	7.97	8.04	8.25	8.37	8.61	9.14	10.12	11.01	11.59	12.25	12.77	13.22	13.43			
	163	7.94	7.94	7.96	8.01	8.15	8.24	8.45	8.98	9.99	10.88	11.46	12.12	12.66	13.10	13.32			
	164	7.93	7.94	7.95	7.98	8.07	8.13	8.30	8.84	9.86	10.73	11.27	11.92	12.44	12.88	13.10			
	165	7.93	7.93	7.94	7.95	7.98	7.99	8.13	8.68	9.74	10.58	11.10	11.73	12.22	12.64	12.85			
	165.80	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	8.06	8.61	9.67	10.51	11.01	11.64	12.13	12.54	12.75			
	166	7.93	7.93	7.93	7.92	7.91	7.91	8.03	8.58	9.64	10.49	10.99	11.62	12.11	12.52	12.73			
	167	7.93	7.93	7.92	7.92	7.87	7.87	7.99	8.54	9.57	10.37	10.86	11.50	11.99	12.40	12.61			
	168	7.93	7.93	7.92	7.91	7.84	7.83	7.95	8.48	9.50	10.27	10.74	11.38	11.86	12.28	12.48			
	169	7.93	7.93	7.92	7.90	7.81	7.81	7.92	8.45	9.45	10.20	10.65	11.28	11.75	12.16	12.37			
	170	7.93	7.93	7.91	7.89	7.78	7.77	7.88	8.40	9.39	10.12	10.56	11.18	11.66	12.06	12.27			
Grave boven	171	7.93	7.92	7.91	7.88	7.73	7.72	7.82	8.34	9.31	10.00	10.41	11.03	11.50	11.90	12.10			
	172	7.93	7.92	7.91	7.87	7.70	7.69	7.78	8.30	9.25	9.92	10.31	10.93	11.39	11.78	11.99			
	173	7.93	7.92	7.90	7.87	7.67	7.65	7.74	8.25	9.18	9.84	10.23	10.84	11.30	11.71	11.91			
	174	7.93	7.92	7.90	7.86	7.63	7.61	7.70	8.20	9.12	9.76	10.15	10.78	11.25	11.66	11.86			
	174.62	7.93	7.92	7.89	7.84	7.55	7.52	7.60	8.09	8.98	9.58	9.96	10.62	11.10	11.52	11.73			
	175	7.93	7.92	7.89	7.83	7.50	7.41	7.53	8.02	9.00	9.59	9.96	10.61	11.09	11.51	11.72			
	175.65																		
	176	4.92	4.97	5.09	5.46	6.33	6.64	7.12	7.62	8.47	9.26	9.74	10.37	10.86	11.27	11.48			
Grave beneden	177.00	4.92	4.97	5.08	5.44	6.30	6.58	7.08	7.58	8.42	9.18	9.66	10.28	10.76	11.17	11.37			
	178	4.92	4.97	5.07	5.41	6.24	6.51	7.01	7.51	8.35	9.10	9.58	10.18	10.66	11.07	11.28			
	179	4.92	4.96	5.06	5.39	6.18	6.44	6.94	7.45	8.31	9.06	9.54	10.13	10.61	11.02	11.23			
	180	4.92	4.96	5.05	5.37	6.13	6.39	6.89	7.39	8.23	8.99	9.47	10.05	10.53	10.94	11.14			
RWE INFORMATIE																			

RWS INFORMATIE

Figuur 6: Betrekkinglijnen bij onder andere meetstation 'Grave beneden'.

Op basis van bovenstaande informatie zijn de gemiddeld hoogste grondwaterstand/stijghoogte (GHG/GHS) en de gemiddelde laagste grondwaterstand/stijghoogte (GLG/GLS) bepaald. In de volgende tabel worden de gehanteerde waarden weergegeven.

Tabel 5: Gehanteerde grondwaterstanden

	Freatisch	Stijghoogte
GHG/GHS	0,9 m -mv (6,8 m +NAP)	0,9 m -mv (6,8 m +NAP)
GLG/GLS	2,6 m -mv (5,1 m +NAP)	2,6 m -mv (5,1 m +NAP)

2.5 ONTWIKKELINGEN IN HET GEBIED

Ten behoeve van de realisatie van het plangebied en de bouw van onder andere 37 woningen is de aanleg van verschillende typen infrastructuur nodig. Hiervoor wordt verspreid over het plangebied de deklaag (gedeeltelijk) afgegraven ten behoeve van wegcunetten, waterberging, funderingen, kelders, riolering en het toepassen van grondverbeteringen

Om dit in beeld te brengen is informatie bij de opdrachtgever opgevraagd, de volgende informatie is bekend:

- Het gehele plangebied wordt met minimaal 0,4 tot maximaal 1,0 meter zand opgehoogd.
- Dwarsdoorsnedes van de waterberging zijn bekend (zie bijlage 1).
- De fundering van de woningen komt maximaal 0,8 meter onder het nieuwe maaiveld te liggen.
- De drie boerderijwoningen in het zuiden van het plangebied worden mogelijk onderkelderd, de overige woningen niet.
- De riolering dient nog uitgewerkt te worden, dit wordt gedaan nadat het bestemmingsplan onherroepelijk is. Het afvalwater binnen het plangebied dient echter onder vrij verval op de bestaande riolering van Balgoij te worden geloosd. Aan De Maasakkers is een gemengd rioolstelsel gelegen met een b.o.b. van 6,87 m +NAP.
- Of er grondverbeteringen voor de verschillende ontwikkelingen nodig is, is nog niet bekend. Dit wordt uitgezocht nadat het bestemmingsplan onherroepelijk is.

3.0 METHODE

Om de kwelflux te berekenen is eerst de stijghoogte ten tijde van een hoogwater situatie in de Maas benodigd. Om deze te berekenen is de formule van Mazure gebruikt (bron: grondwaterformules.nl). De formule van Mazure is ontwikkeld voor kwelberekeningen tussen twee watervoerende lagen met een slecht doorlatende laag hiertussen. Deze slecht doorlatende laag is in dit scenario altijd volledig verzadigd, waardoor de weerstand van de volledige laag gehanteerd dient te worden en er bij een hoge stijghoogte direct kwel uit de slecht doorlatende laag optreedt. Ter plaatse van de onderzoekslocatie gaat het om een deklaag, welke niet volledig verzadigd is. Bij een hoge stijghoogte zal de grondwaterstand in de deklaag daarom eerst stijgen alvorens er kwel optreedt aan het maaiveld. Om deze stijging van de grondwaterstand te berekenen wordt daarom gerekend met enkel het verzadigde deel van de deklaag.

$$h_s(x) = h_f - (h_f - h_0)e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

Waarbij:

- $h_s(x)$: stijghoogte van het grondwater onder de deklaag op afstand x (m NAP)
- x : afstand tot de rand met een vaste stijghoogte (het buitenwater) (m)
- h_0 : stijghoogte op $x=0$ (peil van het buitenwater) (m NAP)
- h_f : gemiddelde freatische grondwaterstand in de polder (m)
- λ : spreidingslengte (m)

Deze vergelijking geeft de relatie tussen het peil in het buitenwater h_0 , de gehanteerde freatische grondwaterstand h_f en de stijghoogte in het grondwater φ . Vervolgens is de berekende stijghoogte gebruikt om de kwelflux q te berekenen door middel van de volgende formule (afgeleid van de wet van Darcy):

$$q = (\varphi - h_f) * \frac{K_v}{D}$$

Waarbij:

- q : kwelflux (m/dag)
- K_v : verticale doorlatendheid deklaag (m/dag)
- D : dikte verzadigde deel van de deklaag (m)

In deze formule wordt de doorlatendheid van de kleilaag (K_v) gedeeld door de dikte van de kleilaag (D), het resultaat hiervan is het omgekeerde van de weerstand van de deklaag ($1/c$). Met de kwelflux kan vervolgens de stijging van de freatische grondwaterstand worden berekend gedurende een hoogwatersituatie in de Maas, dit wordt gedaan door de kwelflux te vermenigvuldigen met de duur van de situatie en een factor 2/3 als correctiefactor.

Toekomstige situatie

Door de ontwikkeling van het plangebied wordt verspreid over het gebied de deklaag (gedeeltelijk) afgegraven ten behoeve van wegcunetten, watergangen, funderingen, kelders, riolering en grondverbeteringen. Hierdoor neemt de weerstand van de deklaag plaatselijk af, waardoor de kwelflux kan toenemen. Omdat de kwelflux wordt berekend met de dikte van het verzadigde deel van de deklaag hebben enkel ontgravingen in de deklaag onder de freatische grondwaterstand effect op de kwelflux. Na een hoogwatergolf in de Maas is de diepte van de freatische grondwaterstand gehanteerd als de bovenzijde van het verzadigde deel van de deklaag. Vervolgens is per ontwikkeling gekeken of er ontgravingen onder het verzadigde deel van de deklaag nodig is.

4.0 RESULTATEN

4.1 HUIDIGE SITUATIE

Uit paragraaf 2.4 blijkt dat een normaal peil in de Maas fluctueert tussen 4,6 m +NAP en 6,45 m +NAP, met een gemiddelde van circa 5,5 m +NAP. Aangezien de onderzijde van de deklaag begint circa 5,7 m +NAP betreft, is er bij deze waterstand geen sprake van kwel.

In onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor de kwelberekeningen bij een hoogwatersituatie in de Maas weergegeven, gebaseerd op de bevindingen uit hoofdstuk 2.

Tabel 6: Gehanteerde uitgangspunten kwelberekeningen

Parameter [eenheid]	Waarde
Doorlaatvermogen watervoerend pakket KD [m^2/dag]	2420
Weerstand deklaag c [dag]	75
Spreidingslengte λ [m]	426
Verticale doorlatendheid deklaag K_v [m/dag]	0,027
Dikte verzadigde deel van de deklaag D [m]	1,1
Freatische grondwaterstand h_f [m NAP] (hoger dan polderpeil)	+6,8
Waterpeil rivier h_0 [m NAP]	+9,0
Afstand tot rivier [m]	400
Duur hoogwatersituatie [dag]	10

Op basis van de uitgangspunten uit bovenstaande tabel zijn onderstaande waarden berekend.

Tabel 7: Resultaten berekeningen

Parameter [eenheid]	Waarde
Stijghoogte grondwater h_s [m NAP]	+7,66
Kwelflux q [$m^3/m^2/dag$]	0,021
Stijging freatische grondwaterstand gedurende de periode van hoogwater [m]	0,14

Bij een hoogwatergolf (9,0 m +NAP) van tien dagen stijgt de freatische grondwaterstand in de huidige situatie met 0,14 meter naar circa 6,94 m +NAP. Gezien het maaiveldniveau van circa 7,7 m +NAP reikt de grondwaterstand niet tot boven het maaiveld.

4.2 TOEKOMSTIGE SITUATIE

Door de ontwikkeling van het plangebied wordt verspreid over het gebied de deklaag (gedeeltelijk) afgegraven ten behoeve van wegcunetten, waterberging, kelders, riolering en grondverbeteringen. Omdat de freatische grondwaterstand in de huidige situatie slechts stijgt tot circa 6,94 m +NAP (niveau verzadigde deklaag) hebben ontgravingen tot onder deze diepte mogelijk invloed op de kwelflux.

Wegcunetten

Omdat het plangebied wordt verhoogd tot 8,1 à 8,6 m +NAP, is er voor de wegen waarschijnlijk geen ontgraving van het verzadigde deel van de deklaag benodigd.

Waterberging

In het waterhuishoudkundig plan zijn doorsneden opgenomen met de voorgenomen waterbergingen. Alle waterbergingen krijgen een diepte van 7,6 m +NAP. Hiermee reikt de grondwaterstand bij een hoogwatergolf niet tot onderzijde van de waterbergingen. Daarnaast worden in het plangebied drainagebuizen geplaatst met afwatering op de sloot ten oosten van het plangebied. Deze buizen komen op een diepte van circa 7,3 m +NAP te liggen. De huidige sloot ten oosten van het gebied blijft onveranderd. Ten behoeve van de waterberging in het plangebied wordt de deklaag dus niet dieper dan 7,3 m +NAP afgegraven, waarmee geen toename van de kwelflux wordt verwacht.

Funderingen

Het funderingsniveau van de woningen in het plangebied komt op een diepte van maximaal 0,8 meter onder het nieuwe maaiveld te liggen. Het toekomstige maaiveld krijgt minimaal een niveau van 8,1 m +NAP, waarmee het funderingsniveau minimaal 7,3 m +NAP betreft. Hierbij is er dus geen ontgraving onder het verzadigde deel van de deklaag benodigd.

Kelders

De drie boerderijwoningen in het zuiden van het plangebied worden mogelijk onderkelderd, de overige woningen niet. Een kelder komt vermoedelijk 2,5 tot 3,0 meter onder het bouwpeil. Gezien het plaatselijke bouwpeil van 8,2 m +NAP betreft, wordt de deklaag in dit geval volledig doorgraven. Deze kelders dienen waterdicht te zijn, waardoor de weerstand hier juist verder toeneemt. Wel dient ervoor gezorgd te worden dat daar waar buiten de keldermuren ontgraven wordt dit goed afgedicht wordt en niet opgevuld wordt met zand. Anders kan er langs de kelder water omhoogkomen.

Riolering

Het afvalwater van het plangebied wordt op de bestaande riolering van Balgoij geloosd. Aan De Maasakkers is een gemengd rioolstelsel gelegen met een b.o.b. van 6,87 m +NAP. Omdat enkel onder vrij verval geloosd mag worden, komt de riolering op minimaal 6,9 m +NAP b.o.b. te liggen. Indien grondverbetering wordt toegepast betreft dit doorgaans maximaal 0,2 meter, waarmee plaatselijk dus maximaal 0,24 meter onder de freatische grondwaterstand afgegraven zal worden. Echter, omdat het afvalwater onder vrij verval geloosd dient te worden zal een groot deel van de riolering hoger moeten liggen dan 6,9 m +NAP. In combinatie met de geschatte oppervlakte van de riolering (circa 320 m²) wordt er plaatselijk een zeer beperkte (verwaarloosbare) stijging van de kwelflux verwacht door het aanleggen van de riolering in het plangebied. Deze stijging zal in de praktijk verwaarloosbaar zijn.

Grondverbetering

Of er grondverbetering voor de verschillende ontwikkelingen nodig is, is nog niet bekend. Indien er in het laagste deel van het plangebied (8,1 m +NAP) grondverbetering onder de funderingen van de woningen van meer dan 0,36 meter nodig is, kan dit een toename van de kwelflux betekenen (8,1 m +NAP -0,8 m -0,36 m = 6,94 m +NAP). Bij een gemiddeld toekomstig maaiveldniveau van 8,3 m +NAP is er vanaf 0,55 meter grondverbetering een toename van de kwelflux mogelijk. Hier kan bij het ontwerp rekening mee gehouden worden. Indien de grondverbetering beperkt dieper wordt toegepast, zal de invloed zeer beperkt zijn. Indien het een halve meter of meer dieper is, kan er, aan de hand van de oppervlakte, verder naar gekeken worden of de impact significant is of niet.

5.0 DISCUSSIE

Ten behoeve van de kwelberekeningen zijn een aantal aannames gedaan in de uitgangspunten, welke invloed hebben op de kwel in het plangebied. In dit hoofdstuk worden deze aannames beschreven en welke invloed deze hebben op de resultaten.

In dit onderzoek wordt kwel gedefinieerd als grondwater wat omhoog stroomt (stijging freatische grondwaterstand), waar bij sommige overheden kwelflux wordt gedefinieerd als grondwater wat uittreedt aan maaiveld. Er wordt dus gekeken of het grondwater in de toekomstige situatie hoger komt dan eerder, ongeacht of het uittreedt aan maaiveld of aan de onderzijde van een sloot. Dit laatste is voor deze situatie namelijk niet aan de hand.

Volgens de richtlijn van het waterschap dient voor het polderpeil het waterpeil op (winter)streefpeil gehanteerd te worden. Omdat deze waarde (5,3 m +NAP) dieper is dan de onderzijde van de kleilaag, en omdat het onzes inziens niet representatief is voor een hoogwatersituatie, is uitgegaan van een freatische grondwaterstand waarde van 6,8 m +NAP (GHG). Bij een hoogwatersituatie in de Maas is de freatische grondwaterstand namelijk vermoedelijk hoger dan het streefpeil. Dit betreft daarmee een conservatievere aanname dan de richtlijn van het waterschap.

Om de stijghoogte en de kwelflux ter plaatse van het plangebied te berekenen zijn de volgende parameters gebruikt:

- Weerstand deklaag in de omgeving (c).
Bij een grotere weerstand neemt de spreidingslengte en daarmee kwelflux toe, echter is de doorlatendheid van de deklaag lager waardoor de kwelflux weer afneemt. Dit resulteert netto in een afname van de kwelflux. In de omgeving varieert de dikte van de deklaag tussen één en twee meter dikte. Daarom is gekozen voor een gemiddelde waarde van 75 dagen.
- Doorlaatvermogen van het watervoerend pakket (kD).
Bij een groter doorlaatvermogen neemt de spreidingslengte en daarmee de kwelflux toe. Het doorlaatvermogen is gebaseerd op het REGIS II model. Voor de berekeningen is de som van de gemiddelde waarden per zandlaag gehanteerd.
- Gehanteerde freatische grondwaterstand (h_f).
De gehanteerde freatische grondwaterstand is een schatting op basis van Basisregistratie Ondergrond en de grondwatertrap op maps.bodemdata.nl. Daarnaast betreft de gehanteerde waarde de slootbodem van de afwaterende sloot in het oosten van het plangebied. Vanwege het ontbreken van plaatselijke freatische peilbuizen bestaat er een mate van onzekerheid in de deze waarde. Echter, omdat het normaalpeil in de Maas maximaal 6,45 m +NAP is, en de freatische grondwaterstand vermoedelijk een sterke samenhang heeft met de stijghoogte in het gebied, schatten wij in dat de gehanteerde waarde van 6,8 m +NAP een conservatieve waarde betreft.
- Afstand tot de rivier (x).
Bij een grotere afstand tot de rivier neemt de stijghoogte en daarmee de kwelflux af. Voor de berekeningen is een afstand van 400 meter gehanteerd. Omdat de (bijna) de minimale afstand betreft, is dit een conservatieve waarde.

Verder is in de berekeningen uitgegaan van een constante kwelflux. Echter, wanneer de freatische grondwaterstand stijgt, wordt de kwelflux lager. Hierdoor stijgt de grondwaterstand vervolgens langzamer. Het ontbreken van een dynamische kwelflux is hiermee een conservatieve aanname.

De berekening is uitgevoerd voor een hoogwatersituatie die eens in de tien jaar voorkomt. Uitgangspunt is dat deze hoogwatergolf voor een hoge stijghoogte zorgt voor circa tien dagen. De invloed van een eventuele toename van kwel is daarmee voor een zeer beperkte periode.

6.0 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

In de huidige situatie is bij een gemiddelde waterstand in de Maas geen sprake van kwel. Bij een hoogwatersituatie in de Maas die eens in de tien jaar voorkomt is een kwelflux van 0,021 m/dag berekend en een stijging van de freatische grondwaterstand van 0,14 meter na 10 dagen tot 6,94 m +NAP. Indien er sprake is van een ontgraving tot onder dit niveau, dan is er sprake van een toename van de kwelflux waarbij geldt dat hoe groter het oppervlak en hoe dieper de ontgraving, hoe groter de impact.

Voor de realisatie van de wegen, waterbergingen en funderingen van de woningen is geen ontgraving nodig tot onder het verzadigde deel van de deklaag. In het zuiden van het plangebied komen mogelijk drie onderkelderde boerderijwoningen. Deze kelders dienen waterdicht te zijn, waardoor de weerstand hier juist verder toeneemt. Er dient voor gezorgd te worden dat daar waar buiten de keldermuren is ontgraven, dit wordt afgedicht en niet opgevuld wordt met zand. Anders kan er langs de kelder water omhoogkomen. Ter plaatse van de riolering wordt er plaatselijk een zeer beperkte toename van de kwelflux verwacht in de situatie van hoogwater in de Maas, die in de praktijk verwaarloosbaar zal zijn.

Het is nog niet bekend of er grondverbetering nodig is. Indien dit nodig blijkt ter plaatse van de funderingen van de woningen, is ervan af gemiddeld 0,55 meter grondverbetering een stijging van de kwelflux mogelijk. Hier kan bij het ontwerp rekening mee gehouden worden. Indien de grondverbetering beperkt dieper wordt toegepast, zal de invloed zeer beperkt zijn. Indien het een halve meter of meer dieper is, kan er, aan de hand van de oppervlakte, verder naar gekeken worden of de impact significant is of niet. Afhankelijk van de grootte van de grondverbetering ten behoeve van de riolering komt de grondverbetering hiervoor tot onder het verzadigde deel van de deklaag, wat een plaatselijke stijging van de kwelflux betekent. Deze stijging zal bij een beperkte ontgraving tot onder deze diepte in de praktijk verwaarloosbaar zijn.

Alles overziend is er in theorie een zeer beperkte toename van de kwel mogelijk, deze toename is echter zo beperkt, ook qua duur, dat dit niet tot wateroverlast kan leiden ter plaatse van het plangebied of de directe omgeving. Het enige aandachtspunt is dat de buitenzijden van de eventuele keldermuren afgedicht dienen te worden om te voorkomen dat er lokaal een toename van kwel is. Dit kan door hier klei terug te plaatsen of bentoniet te gebruiken.

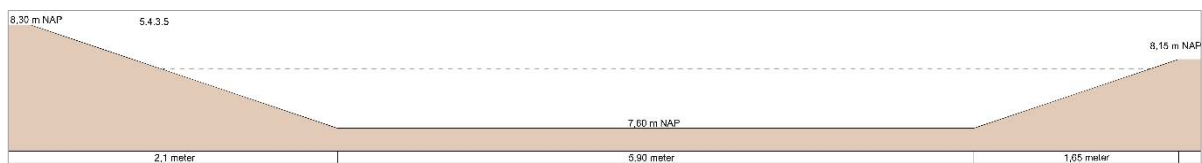
Bijlagen

Bijlage 1: Dwarsdoorsnedes van de waterbergingen in het plangebied

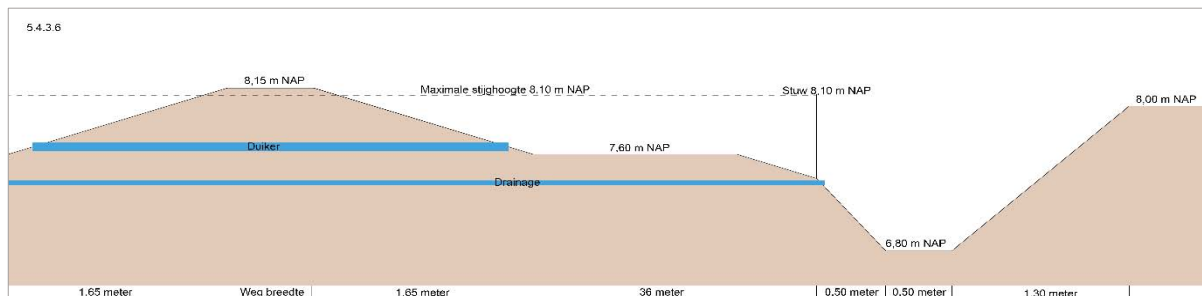
Bijlage 1: Dwarsdoorsneden van de waterbergingen in het plangebied



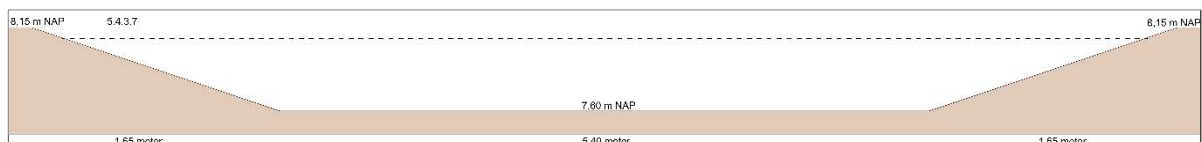
Figuur 5.4.3.4: Overzicht dwarsdoorsneden



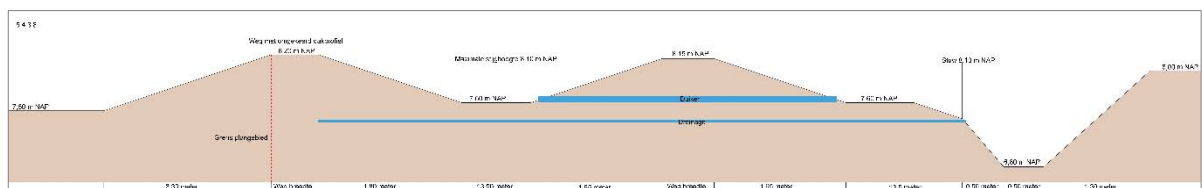
Figuur 5.4.3.5: Breedte doorsnede noordelijke waterberging



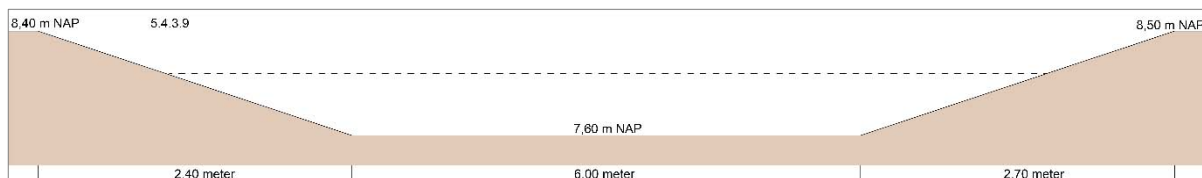
Figuur 5.4.3.6: Lengte doorsnede noordelijke waterberging



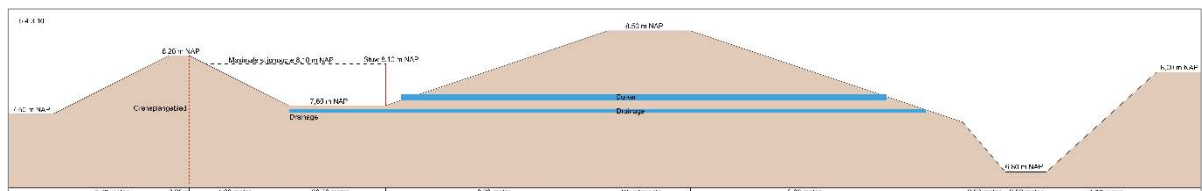
Figuur 5.4.3.7: Breedte doorsnede middelste waterberging



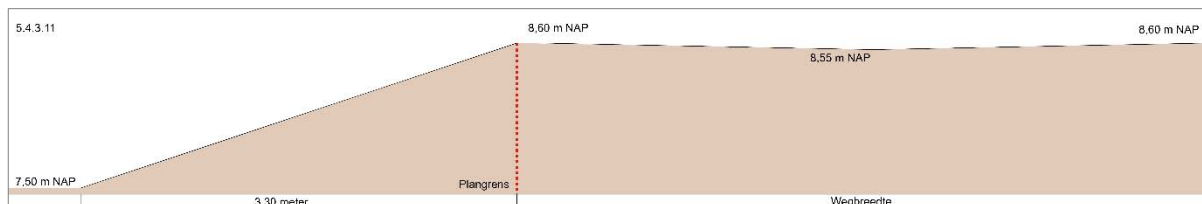
Figuur 5.4.3.8: Lengte doorsnede middelste waterberging



Figuur 5.4.3.9: Breedte doorsnede zuidelijke waterberging



Figuur 5.4.3.10: Lengte doorsnede zuidelijke waterberging



Figuur 5.4.3.11: Doorsnede hoogste punt plangebied