

ONDERWERP

Geohydrologische effecten waterpartij Bodelaeke

PROJECTNUMMER

30241814

DATUM

20 november 2024

ONZE REFERENTIE

TFV6X5Y3TJAK-882733422-73:1.0

VAN

Jan-Pieter Willemsen

AAN

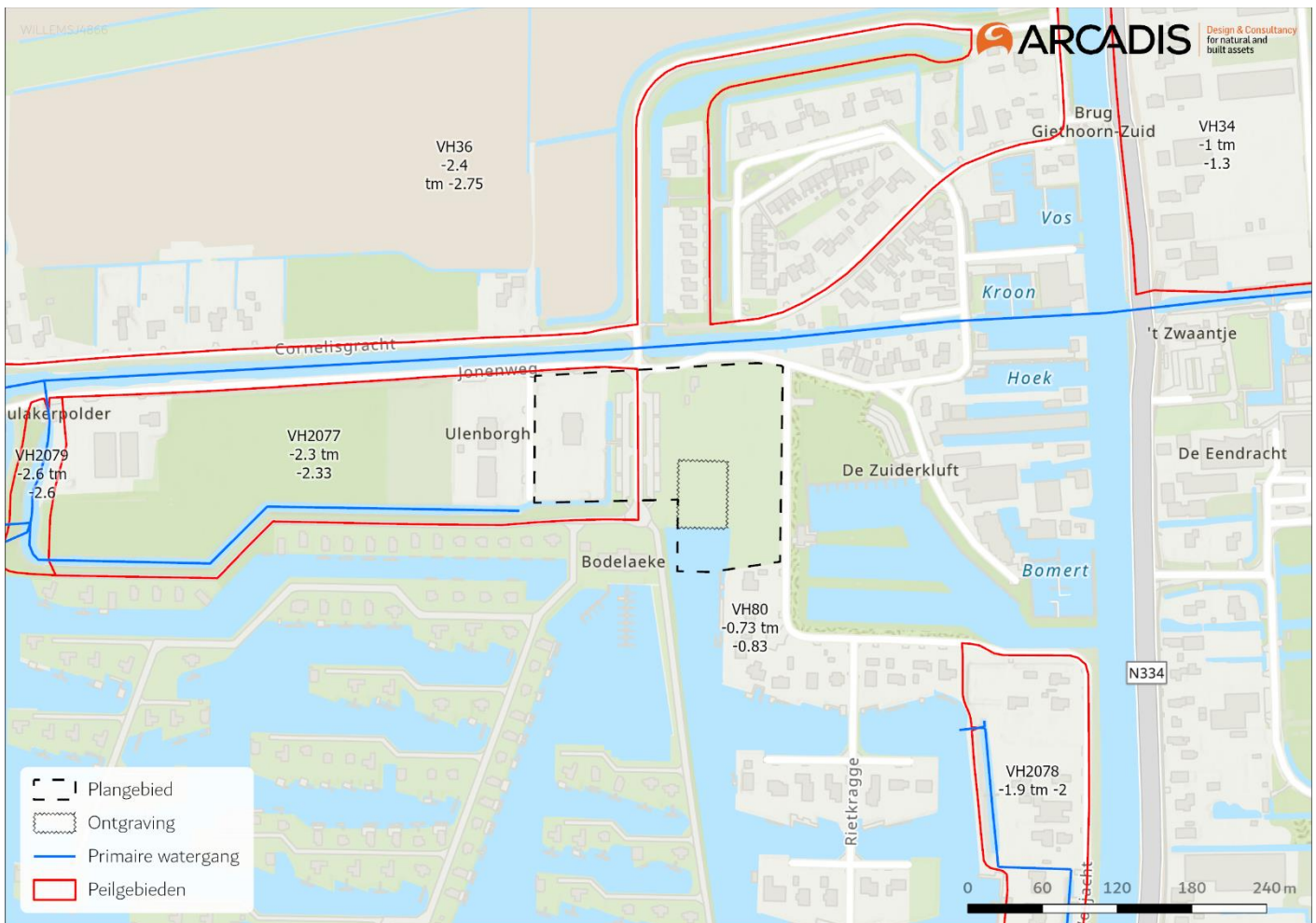
Praja planbegeleiding, Waterresort Bodelaeke, gemeente Steenwijkerland

Inleiding

Waterresort Bodelaeke is van plan om een aanvullend gebied te ontwikkelen voor woningbouw, waarbij extra water aangelegd wordt. Het oppervlaktewater zal toenemen met ongeveer 2000 m² in de richting van de Cornelisgracht (zie Figuur 1). Deze aanpassing kan de uitwisseling van grondwater beïnvloeden doordat een scheidende grondlaag (deels) wordt doorgraven. Een sterkere uitwisseling tussen grondwater en oppervlaktewater kan meer kwel (water dat vanuit de grond omhoog komt) veroorzaken in lagergelegen gebieden. Deze verandering kan nadelig zijn voor het landgebruik en invloed hebben op de hoeveelheid water die in de polder moet worden opgepompt. Om deze veranderingen te beoordelen, brengen we de gevolgen van de aanleg van water in beeld door de hoeveelheid kwel te berekenen en de veranderingen daarvan. Ook laten we zien welke maatregelen nodig zijn om negatieve effecten op de omgeving te beperken.

Het waterresort ligt in een waterrijke omgeving. Het vaarwater dat uitgebreid gaat worden, is onderdeel van een groter boezemsysteem waar ook de Cornelisgracht bij hoort. Dit peilgebied (VH80) heeft een relatief hoog waterpeil dat fluctueert tussen NAP -0,73 m en NAP -0,83 m. Op korte afstand van de wateruitbreiding ligt de Beulakerpolder, (peilvak VH2077 laagste waterpeil NAP -2,33 m). Ten noorden van de Cornelisgracht (bodemhoogte NAP -1,8 m [1]) ligt Polder Giethoorn (peilvak VH36: NAP -2,40 m/NAP -2,75 m). De wateruitbreiding ligt op meer dan 31 m vanaf het peilvak Beulakerpolder. De afstand tot polder Giethoorn is groter dan 113 m. Bij een ontgraving die minder diep is dan NAP -1,8 m zal de invloed in de richting van Polder Giethoorn worden afgevangen door de Cornelisgracht, bij diepere ontgraving moet de invloed in deze richting wel getoetst worden.

In deze memo tonen we met een berekening aan welke veranderingen van de kwel en van de kwelweglengte optreden. Waar dit het geval is geven wij aan met welke randvoorwaarden deze ontwikkeling geen negatieve gevolgen oplevert.



Figuur 1 Plattegrond van de voorgenomen veranderingen op Bodelaake.

Geraadpleegde bronnen

- [1] Waterschap Drents Overijsselse Delta, *Primaire watergang*, Zwolle, 2022.
- [2] TNO, *REGIS II v2.2*, Delft, 2024.
- [3] Arcadis, *Hydrologisch onderzoek De Wieden Fase 2*, Arnhem, 2022.
- [4] Arcadis, *Ondiepe storende laag Plan 'Bodelaake'*, 2010.
- [5] Waterschap Drents Overijsselse Delta, *Peilgebieden*, Zwolle, 2022.
- [6] J. Mazure, *Aanhangsel bij: Hoofdstuk III. Invloed van de Wieringermeer en van de toekomstige IJsselmeerpolders op de hydrologische gesteldheid der omgeving.*, vol. 5, Rapporten en Mededeelingen betreffende de Zuiderzeewerken, 1936.
- [7] U. Förster, G. van den Ham, E. Calle and G. Kruse, *Onderzoeksrapport Zandmeevoerende Wellen*, Vols. 1202123-003, Delft: Deltares, 2012, p. 324.
- [8] Waterschap Drents Overijsselse Delta, *Gemaal*, Zwolle, 2018.

Opbouw van de ondergrond

In de diepere ondergrond zijn een aantal watervoerende pakketten (WVP) die zijn afgedekt door scheidende lagen (SDL) met grote weerstanden. De SDL die die pakketten afsluit, het Peize complex, ligt op ongeveer NAP -100 m en

wordt dus niet beïnvloed door de voorgenomen werkzaamheden aan de oppervlakte. Boven het Peize complex ligt een WVP dat bestaat uit grof rivierzand (Formaties van Peize en Waalre, Appelscha, Urk, Drente en Kreftenheye) en een laag fijn dekzand (Formatie van Bortel). In Tabel 1 is de geohydrologische opbouw ter plaatse van de werkzaamheden weergegeven. De geohydrologische opbouw is afkomstig uit REGIS v11.2 [2].

Bovenop het dekzand ligt het Holocene complex, dat functioneert als een deklaag van het eerste watervoerende pakket. Het bestaat uit plaatsen waar het veen niet is afgegraven uit een veenpakket van circa 2 m dikte (weerstand 200 d/m). Waar het veen wel is afgegraven liggen de diepe polders, zoals de Beulakerpolder en Polder Giethoorn op het dekzand met lokaal nog veenresten. Doordat het dekzand in het verleden afgedekt is geweest met veen is in het dekzand op veel plaatsen een verkitte B-horizont ontstaan: dit is een oerlaag met een hoge weerstand (300 d [3]) voor grondwater. Uit eerder onderzoek blijkt dat deze verkitte laag in dit gebied tussen NAP -1,8 m en NAP -2,0 m voorkomt [4]. De watergangen in de Beulakerpolder en Polder Giethoorn zijn door deze oerlaag heen gegraven.



Figuur 2 Foto's van een kwelsloot in polder Giethoorn, waarbij door de waterdruk onder de oerlaag het talud is ingestort [4].

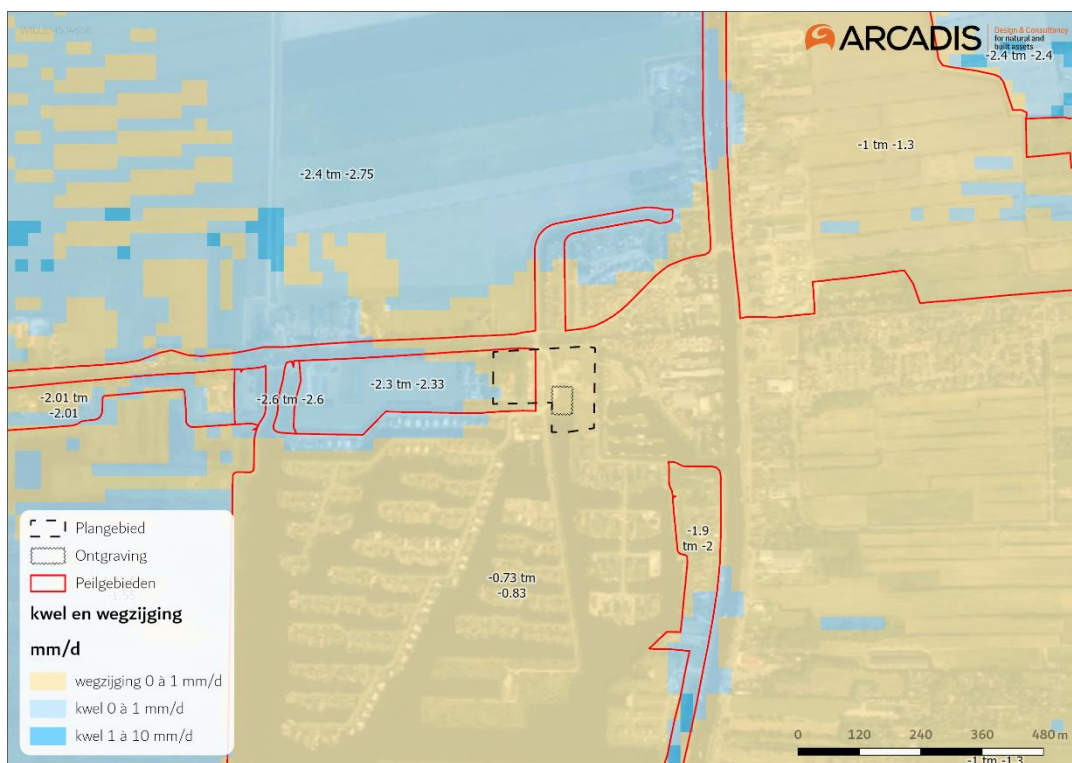
Tabel 1 Geohydrologische opbouw van de ondergrond in watervoerende pakketten (WVP) en scheidende lagen (SDL)

Formatie	Pakket	Bovenkant	Onderkant	k-waarde	kD	kv-waarde	C-waarde
		m NAP	m NAP	m/d	m ² /d	d/m	
Holoceen complex	SDL	maaiveld	-2				300-700
Boxtel	WVP	-2	-6	5	5500		
Kreftenheye		-6	-26	30			
Drente		-26	-30	30			
Urk		-30	-39	50			
Appelscha		-39	-56	70			
Peize en Waalre zand		-56	-98	30			
Peize complex	SDL	-98	-117			25	500
Peize en Waalre zand	WVP	-117	-147	30	950		
Maasluis zand		-147	-151	8			
Maassluis complex	SDL	-151	-161			600	500
Maassluis zand		-161	-162	5	5		
Oosterhout klei	SDL	-162	-162			50	
Oosterhout zand		-162	-230	8	500		
Oosterhout complex	SDL	-230	-160	4		3000	
Breda klei	SDL	-280	-410			> 10.000	

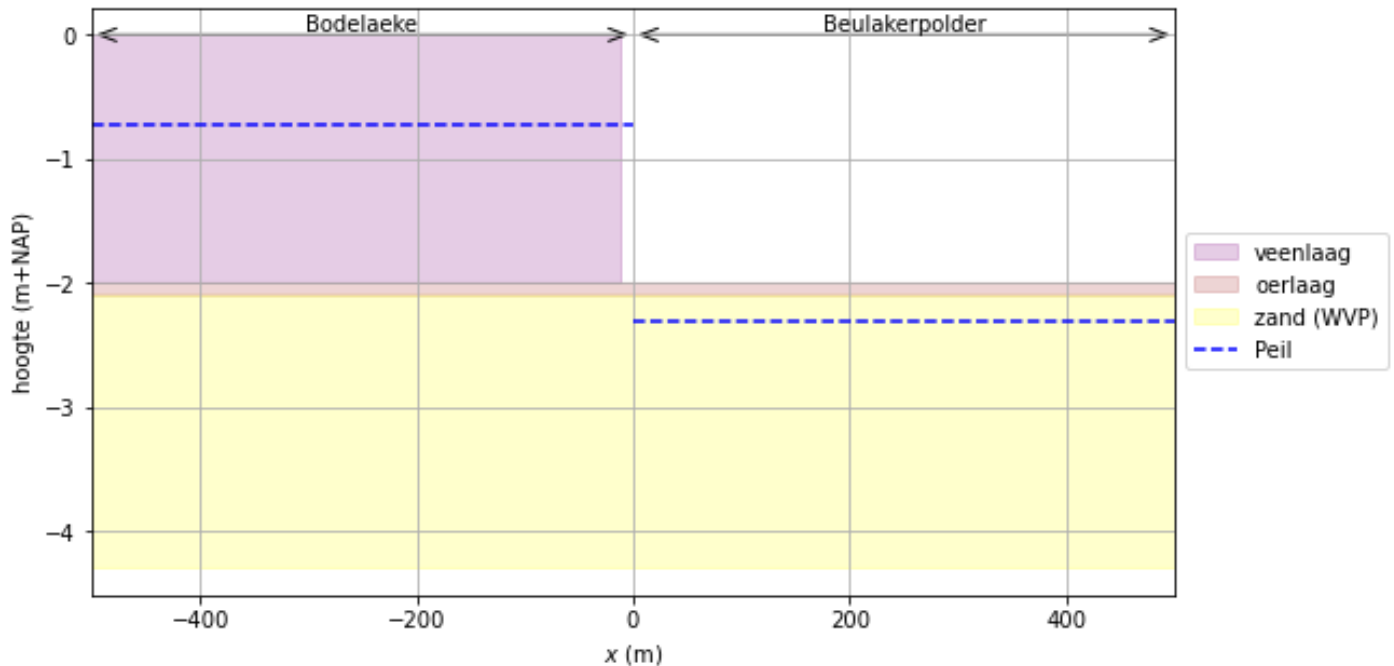
Polder Giethoorn heeft een oppervlaktewaterpeil dat 1,77 m tot 1,88 m lager ligt en de Beulakerpolder heeft een oppervlaktewaterpeil dat 1,57 m tot 1,5 m lager ligt dan de Wieden, het peilgebied op park Bodelaake. Het peilverschil leidt ook tot een verschil in grondwaterstanden, zie Figuur 3. Het verschil in grondwaterstanden leidt ertoe dat in het peilvak van Bodelaake met name wegzijging is en in Polder Giethoorn en de Beulakerpolder met name kwel, zie Figuur 4.



Figuur 3 Freatische isohypsenkaart GLG (zomersituatie; uit grondwatermodel MIPWA v4.8) met oppervlaktewaterpeilen.



Figuur 4 Jaarrond kwel en wegzijging in het gebied (uit grondwatermodel MIPWA 4.8)



Figuur 5 Schematische weergave van de situatie.

Randvoorwaarden en uitgangspunten bij de berekeningen

- De geohydrologische opbouw van het gebied is weergegeven in Tabel 1.
- Het oppervlaktewaterpeil in zowel de Wieden als Polder Giethoorn en Polder Beulaker worden gehandhaafd zoals aangegeven in de legger [5].
- Het oppervlaktewaterpeil in polder Giethoorn is NAP -2,40 m (winterpeil) of NAP -2,75 m (zomerpeil)
- In de Beulakerpolder is het oppervlaktewaterpeil NAP -2,30 m (winterpeil) tot NAP -2,33 m (zomerpeil)
- Op Bodelaake is het oppervlaktewaterpeil NAP -0,73 m (winterpeil) of NAP -0,83 m (zomerpeil).
- Voor de aanleg van vaarwater wordt ten minste 1,5 m onder waterpeil ontgraven. De waterbodem van het toekomstige open water komt op NAP -2,33 m te liggen.
- De dikte van de weerstand biedende laag/deklaag ter plaatse van de vergraving wordt 0 m. Op alle andere plaatsen verandert er niets aan de weerstand van de ondergrond.
- Het eerste watervoerende pakket loopt van NAP -2 m tot NAP -98 m. Het watervoerende pakket is onderin meer doorlatend dan bovenin het pakket.

Verwijdering van de deklaag in het hoge peilgebied leidt tot een reductie van de verticale weerstand (c) op die plaats. Daardoor neemt de wegzijging toe op de plaats van de ontgraving en de kwel toe in de omliggende lagere peilvakken.

De weerstand van de oerlaag is 300 d. De weerstand boven deze verkitten laag zal beperkt zijn, aangezien volgens de bodemkaart het veen hier versleten is (minder dan 40 cm dik, dus als veldpodzol geclassificeerd). In het slechtste geval wordt er dus 0,40 m veen afgegraven en 1,40 m zand. De eigenschappen van de deklaag in Bodelaake zijn weergegeven in Tabel 2. In het lagere peilgebied zijn de watergangen door de oerlaag heen gegraven, waardoor de weerstand van de deklaag hier doorbroken is en op 1 dag gesteld wordt.

Tabel 2 Hydrologische eigenschappen deklaag

Laag	Verticale weerstand (d/m)	Dikte voor afgraving (m)	C voor afgraving (d)	Dikte na afgraving (m) (< 1,8 m)	C na afgraving (d) (< 1,8 m)	Dikte na afgraving (m) (> 1,8 m)	C na afgraving (d) (> 1,8 m)
Zand	2	1,40	3	0	0	0	0
Veen	200	0,40	80	0	0	0	0
Verkitte laag	Niet dikte- afhankelijk	0,20	300	0,20	300	0	0
Totaal		2,00	383	0,20	300	0	0

Bepaling kwel

Kwel wordt bepaald met de formule van Mazure [6]:

$$q_{kwel} = \frac{H_o - H_{polder}}{c} \cdot e^{\frac{-x}{\sqrt{kDc}}}$$

Waarbij de totale kwel wordt bepaald met de integraal van deze formule:

$$q_{totaal} = \frac{H_o - H_{polder}}{c} \int_0^\infty e^{\frac{-x}{\sqrt{kDc}}} dx = (H_o - H_{polder}) \cdot \sqrt{kDc}$$

De binnendijkse kwel volgens Mazure wordt uitgedrukt in m²/dag per strekkende meter waterkering. De som van de kwel op iedere meter kade is het debiet van het ene peilvak naar het andere peilvak in m³/dag.

Bepaling kwelweglengte

De kwelweglengte is de afstand die grondwater aflegt vanaf intreepunt (het hoger gelegen oppervlaktewater) tot aan het dichtstbijzijnde uittredepunt voor kwel. In de meeste gevallen wordt hiervoor de binnentoe van de dijk of de dichtstbijzijnde sloot genomen, vanwege de diepe ligging van het polderpeil. De kwelweglengte wordt bepaald met de formule van Lane [7]:

$$\Delta H \leq \Delta H_c = \frac{\frac{1}{3}L_h + L_v}{c_{w,creep}}$$

Met:

verval over de grondconstructie (m)

kritiek verval (m)

de totale lengte van de horizontale delen van de kwelweg

de totale lengte van de verticale delen van de kwelweg

is een materiaalconstante, zie Tabel 3.

Tabel 3 materiaalconstanten van grondsoorten.

Grondsoort	Mediane korreldiameter [μm]	(Lane) met = 1,0
Uiterst fijn zand, silt	< 105	8,5
Zeer fijn zand	105-150	
Zeer fijn zand (mica)		7
Matig fijn zand (kwarts)	150-210	7
Matig grof zand	210-300	6
Zeer/uiterst grof zand	300-2000	5
Fijn grind	2000-5600	4
Matig grof grind	5600-16000	3,5
Zeer grof grind	>16000	3

Resultaten

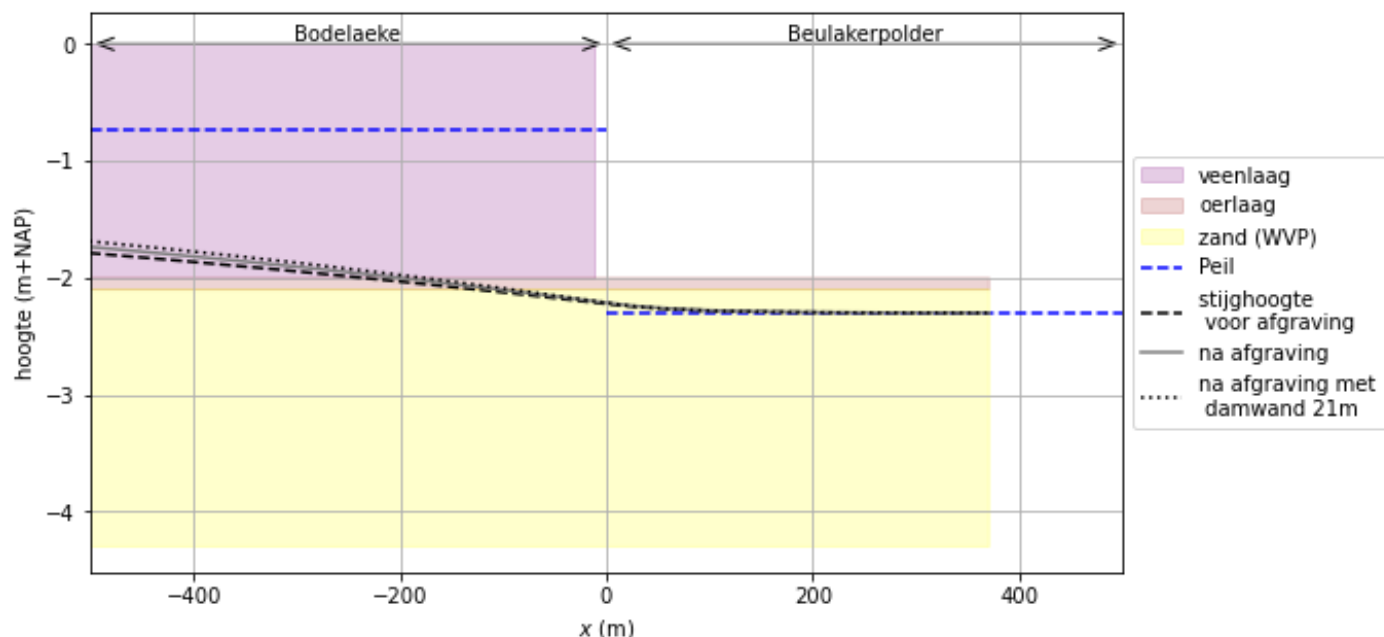
In de referentiesituatie berekenen we analytisch een kwelflux naar de Beulakerpolder van gemiddeld 6700 m³/d (het MIPWA model berekent hier ca 7700 m³/d). Voor Polder Giethoorn berekenen we over zuidelijke kade (tussen de brug bij gemaal Beulakerpolder en de Cornelisgrachtbrug) een kwelflux van gemiddeld 9900 m³/d.

Kwel

Als de oerlaag intact blijft (ontgraving blijft met zekerheid boven het niveau van NAP -1,8 m) gelden de volgende uitkomsten. De kwel onder de kade naar de Beulakerpolder neemt mogelijk toe door het afgraven van weerstand biedende lagen, zie Tabel 4. De maximale toename van de kwel is 63 m³/d naar de Beulakerpolder. Dit is 0,9% meer dan in de referentiesituatie. Er is in omliggende polders minder dan 1 cm stijghoogteverschil, wat gezien kan worden als een invloedszone van 0 m voor stijghoogte. Om extra weerstand te creëren zou, om de toename van de kwel volledig te mitigeren, een damwand van maximaal 21 m nodig zijn (afname van de doorstroomde dikte met 21 m, geen rekening gehouden met weerstand door verticale stroming). De verandering van de kwel over de zuidgrens van de Polder Giethoorn is verwaarloosbaar.

Tabel 4 Kwelflux onder de kade naar Beulakerpolder voor zomerpeil en winterpeil bij het niet doorgraven van de oerlaag.

Onderwerp	Huidige situatie	Beoogde situatie	Verandering
Zomer			
Gem. kwelflux (m ² /d)	5,7	6,4	+0,7
Kwelflux (m ³ /d)	6596	6659	+63
Percentage kwel ten opzichte van huidig		100,9%	+0,9%
Winter			
Gem. kwelflux (m ² /d)	5,4	6,1	+0,7
Kwelflux (m ³ /d)	6865	6892	+27
Percentage kwel ten opzichte van huidig		100,4%	+0,4%



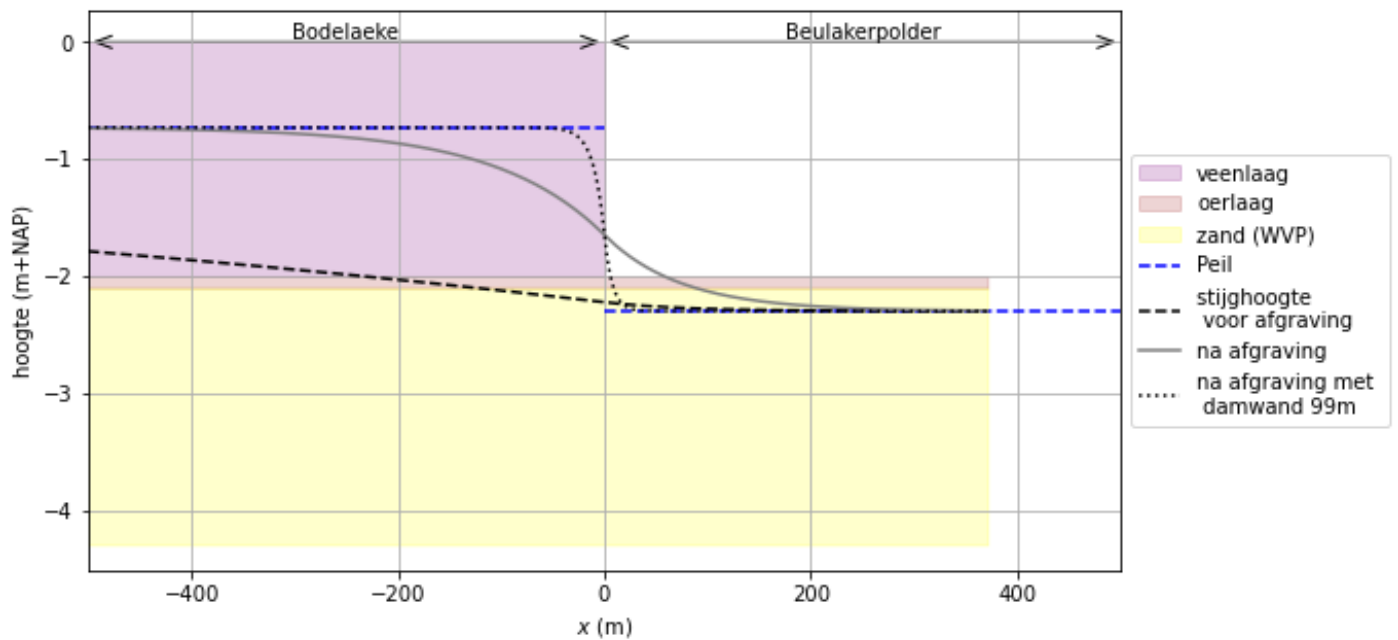
Als de oerlaag wel doorgraven wordt gelden de volgende uitkomsten.

De kwel onder de kades naar de Beulakerpolder en Polder Giethoorn neemt toe door het afgraven van weerstand biedende lagen, zie Tabel 5. De toename van de kwel is er groot: namelijk afgerond 4900 m³/d (≈72%) meer naar de Beulakerpolder en 3300 m³/d (≈31%) meer over de zuidgrens van Polder Giethoorn. Er zal in omliggende polders tot een afstand van ongeveer 250 m vanaf de nieuwe ontgraving een stijghoogteverschil van 5 cm of meer voorkomen.

Tabel 5 Kwelflux onder de kade naar Beulakerpolder en Polder Giethoorn voor zomerpeil en winterpeil bij het doorgraven van de oerlaag.

Onderwerp	Huidige situatie		Beoogde situatie		Verandering (toename)	
	Beulaker-polder	Zuidgrens Polder Giethoorn	Beulaker-polder	Zuidgrens Polder Giethoorn	Beulaker-polder	Zuidgrens Polder Giethoorn
Zomer						
Gem. kwelflux (m ² /d)	5,7	6,0	48,2	51,3	42,6	45,3
Kwelflux (m ³ /d)	6596	9209	11355	12170	4759	2961
Aandeel kwel tov huidig			172%	132%	72%	32%
Winter						
Gem. kwelflux (m ² /d)	5,4	6,9	46,1	59,0	40,7	52,1
Kwelflux (m ³ /d)	6865	10533	6892	13815	4925	3282
Aandeel kwel tov huidig			172%	131%	72%	31%

De totale toename aan kwel voor beide polders bedraagt 7720 m³/dag in de zomer en 8207 m³/dag in de winter.



Figuur 6 Kaart waarin aangegeven is waar stijghoogte meer dan 5 cm toeneemt als de oerlaag wordt doorgraven.

Kwelweglengte

Afgraving van grond leidt tot een kortere weg die die grondwater moet afleggen. In Tabel 6 is de (minimale) kwelweglengte bepaald. De kwelweglengte neemt af tussen het oppervlaktewater en de lager liggende peilgebieden. Het peilverschil blijft echter altijd kleiner dan het kritieke verval.

Tabel 6 Kwelweglengte onder de kades

Variant		Huidige situatie	Beoogde situatie	Verandering
Beulakerpolder	Kritische kwelweglengte zomerpeil (m)	7,85	7,85	-
	Kritische kwelweglengte winterpeil (m)	7,50	7,50	-
Beulakerpolder, behoud oerlaag	L _v (m)	1,3	0,2	-1,1
	L _h (minimaal) (m)	31,5	31,5	0
	Minimale kwelweglengte (m)	12,0	10,7	-1,3
	Maximaal te overbruggen peilverschil (m)	2,4	2,14	-0,26
Beulakerpolder, doorgraven oerlaag	L _v (m)	1,3	0	-1,3
	L _h (minimaal) (m)	31,5	31,5	0
	Minimale kwelweglengte (m)	12,0	10,5	-1,5
	Maximaal te overbruggen peilverschil (m)	2,4	2,1	-0,3
Polder Giethoorn	Kritische kwelweglengte zomerpeil (m)	1,67	1,67	-
	Kritische kwelweglengte winterpeil (m)	1,92	1,92	-
Polder Giethoorn, doorgraven oerlaag	L _v (m)	1,3	0	-1,3
	L _h (minimaal) (m)	112	112	0
	Minimale kwelweglengte (m)	38,8	37,3	-1,5
	Maximaal te overbruggen peilverschil (m)	7,8	7,5	-0,3
	Minimale kwelweglengte (m)	0,83	0,57	-0,36
	Maximaal te overbruggen peilverschil (m)			

Beoordeling van de uitkomsten

Effect	Uitkomst & Toelichting
Verandering van de grondwaterstanden	Wanneer oerlaag intact blijft treedt geen verandering op. Wanneer oerlaag wordt doorgraven wordt een verhoging van de stijghoogte verwacht tot een afstand van 250 m van de ontgraving.
Verandering van grondwaterstromingen (kwel/wegzijgingspatronen)	Toename van de kwel in de Beulakerpolder; bij doorgraving oerlaag ook toename in polder Giethoorn

Verdroging of vernatting van landbouw en/of natuur (droogval/inundatie);	Bij intacte oerlaag: geen effect. Bij doorgraving van de oerlaag vernatting van landbouwpercelen in Beulakerpolder en Polder Giethoorn
Water aan- of afvoer problemen (incl. waterkwaliteit)	De wegzijging vanuit Bodelaake zal gecompenseerd moeten worden. Bij een intacte oerlaag zal dit 27-63 m ³ /d zijn; bij een doorgraven oerlaag zal dit 7700-8200 m ³ /d zijn. Dit water moet ook weer uit de omliggende polders gemalen worden.
Zettingen en oeverstabiliteit	Niet beoordeeld
Dijkveiligheid	De kwelweglengte wordt minder, waardoor er minder grote peilverschillen overbrugd kunnen worden. Dit is geen direct risico (er komen formeel geen keringen voor), maar de kritieke peilverschillen worden wel 26 tot 30 cm kleiner tussen Bodelaake en de Beulakerpolder.
Archeologie	Niet beoordeeld

Conclusie

Het doorgraven van de verkitte oerlaag levert tot op grote afstand (~250 m) van de locatie een stijging van het grondwater en een verhoging van de kwel op. *Zonder aanvullende maatregelen zal de toename van waterbezwaar naar de polders erg groot worden.* Het is onwaarschijnlijk dat het waterschap akkoord gaat met de aanleg van een diepe watergang, vanwege de gevolgen voor de bemaling van de polders

Zonder aanvullende maatregelen leidt een relatief diepe ontgraving tot *sterke verhoging van de kwel*. De gezamenlijke toename voor beide polders is berekend op 8200 m³/d in de winter. Een groot deel van de toename van de kwel komt in de relatief kleine Beulakerpolder. Deze toename zou voor de kunstwerken in de polder een aanzienlijke extra belasting inhouden en ca. 22% van de capaciteit (26 m³/d) van gemaal Beulakerpolder beslaan [8].

Door de ontgraving neemt de kwelweglengte af, wat leidt tot minder grote peilverschillen (met name richting de Beulakerpolder). De grondwaterstand zal waarneembaar hoger worden in de naastgelegen polders, als er geen aanvullende maatregelen genomen worden. Dit effect zal voorkomen tot een relatief grote afstand (circa 250 m) vanaf de ontgraving.

Met maatregelen zijn bovenstaande negatieve effecten op de omgeving voor een groot deel te voorkomen. Het voorkomen dat de verkitte oerlaag wordt ontgraven is het meest effectief als maatregel. Een beperkte ontgraving leidt tot de aanleg van relatief ondiep water. Daardoor blijft de verandering van de kwel naar de Beulakerpolder beperkt tot 63 m³/dag. Deze toename van ongeveer 0,7 l/s heeft een zeer beperkt effect op het waterbeheer in de polder. Bij het ontgraven is het van belang om de op de **verkitte oerlaag die waarschijnlijk voorkomt tussen NAP -1,8 tot NAP -2,0 m te houden**.

Een andere manier om de kwel te beperken is door toepassing van lange damwanden (tot 21 m lengte). Vermoedelijk is deze ingreep zeer kostbaar ten opzichte van het voordeel om dieper vaarwater voor een beperkt aantal ligplaatsen te realiseren.

Advies

Het is sterk aan te raden om de aanwezigheid van de verkitte oerlaag op de aangegeven diepte aan te tonen met sonderingen en grondradarmetingen. Ook is het gewenst om te onderzoeken hoe groot de verticale weerstand tegen grondwaterstroming van deze laag aan te tonen met metingen.

Verder ontraden we om zonder nader onderzoek of afstemming de oerlaag te verwijderen.