Kaliwaal Fase 1B

Taludafdichting NAP +3 m - NAP +7,5 m

Concept

Opdrachtgever: Kaliwaal B.V.

Grontmij Nederland B.V.
Arnhem, 2 december 2013

Verantwoording

Titel	:	Kaliwaal Fase 1B
Subtitel	:	Taludafdichting NAP +3 m - NAP +7,5 m
Projectnummer	:	314335/328147
Referentienummer	:	
Revisie	:	C1
Datum	:	2 december 2013

Auteur(s)	:	5.1.2e
E-mail adres	:	5.1.2e grontmij.nl
Gecontroleerd door	:	5.1.2e
Paraaf gecontroleerd	:	
Goedgekeurd door	:	5.1.2e
Paraaf goedgekeurd	:	
Contact	:	Grontmij Nederland B.V. Velperweg 26 6824 BJ Arnhem Postbus 485 6800 AL Arnhem T 5.1.2e F 5.1.2e www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doelstelling	6
1.3	Opbouw rapport	6
2	Taludafdichting	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Rekenmodel	7
2.3	Resultaten	8
2.4	Aan te brengen klei	11
3	Beperken verspreidingsrisico's	12
3.1	Algemeen	12
3.2	Chemische spoor	12
3.3	Geohydrologische spoor	13
3.4	Combinatie chemische spoor en geohydrologische spoor	14
4	Conclusies en aanbevelingen	16
4.1	Conclusies	16
4.2	Aanbevelingen	16

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Volgens de Wm-vergunning en het inrichtingsplan van baggerspeciedepot Kaliwaal, dient voorafgaand aan de volgende vulfase (1B) van de Kaliwaal een taludafdichting tussen NAP +3 m en NAP +7,5 m aangebracht te worden met een tweeledig doel:

1. geohydrologische isolatie waarborgen: voorkomen van weglopen van water naar de ondergrond door het verhogen van de hydraulische weerstand, opdat de specie niet onder aerobe omstandigheden komt;
2. beperken verspreidingsrisico: door adsorptie van verontreinigingen wordt verspreiding naar het grondwater beperkt.

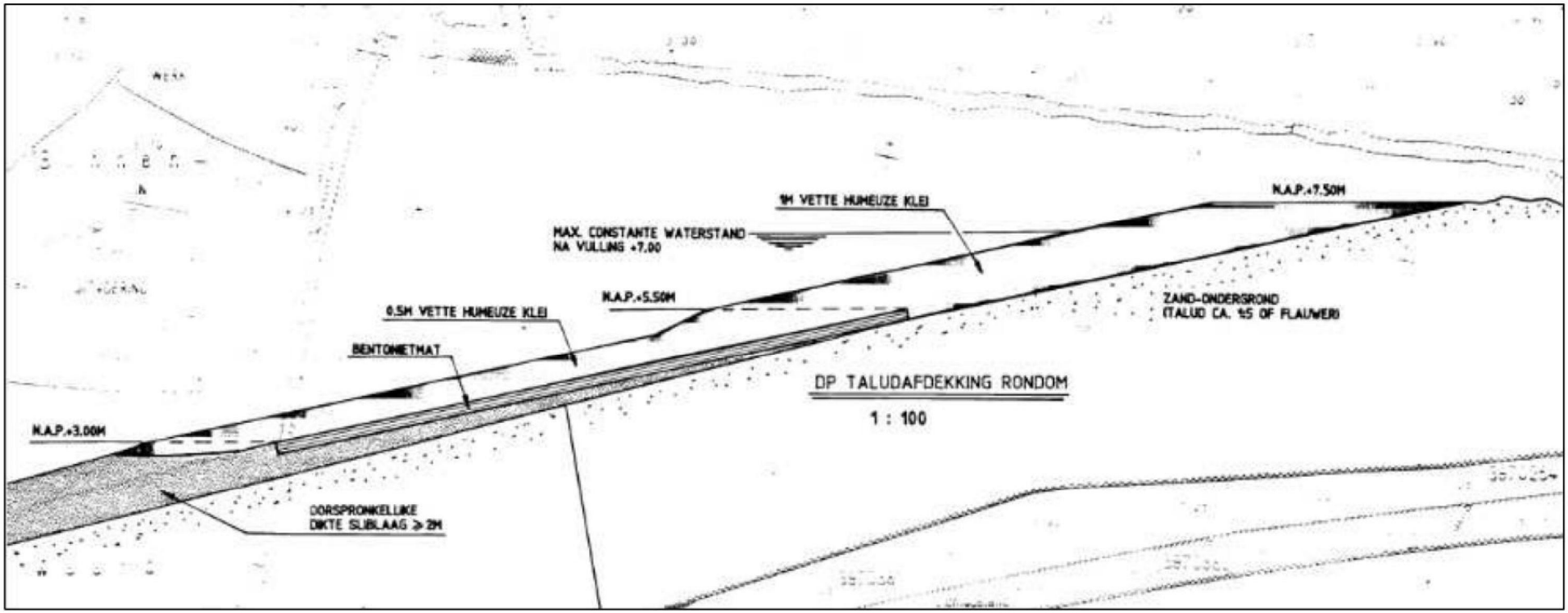
Om voldoende " natte" omstandigheden te garanderen èn daarmee ook verspreiding van eventuele verontreinigingen te voorkomen, is in het Technisch plan opgenomen dat op de (zandige) taludstrook, vanaf een niveau van NAP + 3 m tot uiteindelijk een niveau van NAP +7,5 m, een afdichtende laag wordt. Het aanbrengen vindt in twee stappen plaats. eerst tot NAP +5,5 m, daarna tot NAP +7,5 m.

In bijlage 5.8 van het MER (1996) heeft een afweging plaatsgevonden met betrekking tot het toe te passen materiaal (waaronder vormvaste klei of vormvaste klei in combinatie met bentonietmatten). In het MER is gekozen voor de laatst genoemde optie omdat het aanbrengen van een bentonietmat de isolerende werking vergroot aangebracht (zie figuur 1 op de volgende pagina).

Door "lekkage" van water door de (zandige) taludstrook zou er een mogelijk risico zijn dat verontreinigd poriewater vanuit de baggerspecie in het grondwater terechtkomt. Dit moet te allen tijde worden voorkomen.

Uit de jaarlijkse monitoringen is inmiddels meer informatie beschikbaar gekomen over de kwaliteit van het poriewater. Ook zijn in het kader van het beoordelen van de geschiktheid van diepe plassen voor het verondiepen met baggerspecie, diverse studies uitgevoerd en handreikingen opgesteld op basis waarvan een beter inzicht is ontstaan in de risico's van verspreiding van verontreinigingen vanuit baggerspeciedepots.

Bovengenoemde informatie wijst erop dat de risico's van verspreiding van verontreinigingen uit de baggerspecie minder groot zijn dan destijds bij de vergunningenaanvragen werd verondersteld. Het aanbrengen van alleen vormvaste klei lijkt ook voldoende waarborg te geven dat geen verspreiding van verontreinigingen uit de baggerspecie zal optreden.



Figuur 1 Afdichtende laag op de taludstrook (NAP +3 m – NAP +7,5 m)

1.2 Doelstelling

Het aanbrengen van bentonietmatten brengt enorme hoge kosten met zich mee. Vanuit dit oogpunt heeft het de voorkeur de bentonietmatten te vervangen door een voldoende verdichte en dikke kleilaag van geschikte kwaliteit, mits hiermee aan de in paragraaf 1.1 vermelde doelstellingen van de afdeklaag kan worden voldaan. De huidig beschikbare informatie wijst erop dat dit in principe mogelijk moet zijn. In voorliggende notitie wordt dit op basis van de nu beschikbare informatie en aanvullende modelberekeningen nader onderbouwd. Hierbij wordt aangegeven aan welke eisen de aan te brengen klei dient te voldoen om als volwaardig alternatief voor bentonietmatten in aanmerking te komen.

1.3 Opbouw rapport

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de geohydrologische functie van de afdeklaag: het voorzien in voldoende isolatie om het weglopen van water naar de ondergrond te voorkomen. Met behulp van modelberekeningen wordt nagegaan welke eisen gesteld dienen te worden aan de (verticale) weerstand van de kleilaag. In hoofdstuk 3 wordt op basis van literatuurgegevens en poriewatermetingen nagegaan in welke mate verspreiding van verontreinigingen vanuit de baggerspecie naar het grondwater kan optreden. In hoofdstuk 4 worden de conclusies samengevat.

2 Taludafdichting

2.1 Inleiding

Zoals in voorgaand hoofdstuk aangegeven heeft het aanbrengen van een taludafdichting een tweeledig doel: geohydrologische isolatie en beperken verspreidingsrisico. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de geohydrologische isolatie, waarbij wordt nagegaan welke doorlatendheid de afdichtende kleilaag dient te hebben om in het depot voldoende natte omstandigheden te garanderen.

2.2 Rekenmodel

Om te bepalen aan welke eisen de aan te brengen afdichtende kleilaag dient te voldoen om een voldoende isolerende werking heeft om leeglopen van de put via de taluds te voorkomen, is een rekenmodel opgesteld dat op basis van waterstandgegevens en meteorologische gegevens (waterbalans) de mate van uitzakking van het oppervlaktewaterpeil in de Kaliwaal berekent. Hierbij is gebruik gemaakt van de meteorologische gegevens en waterstanden op de Waal in de periode 1997-2007.

De hoeveelheid water dat door de afdichtende laag stroomt, is afhankelijk van de volgende factoren:

- de dikte en doorlaatfactor van de afdichtende laag: bij een lage doorlaatfactor (= hoge weerstand) stroomt er weinig oppervlaktewater door de afdichtende laag. Dit geldt evenzo bij grote diktes van de afdichtende laag. De totale weerstand van een afdichtende laag wordt bepaald door het product van de doorlaatfactor en de dikte.
- het verschil tussen het oppervlaktewaterpeil in de put en het grondwaterpeil: indien het oppervlaktewaterpeil hoger is dan het grondwaterpeil treedt infiltratie op, waarbij oppervlaktewater richting het grondwater stroomt. Naarmate het peilverschil groter is, stroomt er meer oppervlaktewater naar het grondwater. Indien het oppervlaktewaterpeil lager ligt, is het omgekeerde het geval en is sprake van een kwelsituatie waarbij grondwater omhoog stroomt naar het oppervlaktewater;
- neerslag en verdamping: neerslag resulteert in een toename van de hoeveelheid water in de put (stijging waterpeil), terwijl verdamping tot een afname leidt (daling waterpeil);
- rivierstand van de Waal: bij rivierstanden hoger dan NAP + 7 m (hoogte van de drempel) loopt de Kaliwaal vol met rivierwater. Het instromende rivierwater mengt met het water in de Kaliwaal. Bij waterstanden lager dan 7 m stroomt er geen water vanuit de Waal in de Kaliwaal. Daarnaast bepaalt de waterstand in de Waal het grondwaterpeil. Vanwege het (goed doorlatende) grof zandpakket in de ondergrond is sprake van communicerende vaten, waardoor de grondwaterstand ongeveer gelijk op loopt met de waterstand in de Waal.

Bovengenoemde factoren zijn verwerkt in het rekenmodel. De waterbalans bestaat uit de hoeveelheid water dat de put in komt (WIN):

- neerslag,
- rivierwater bij waterstanden > NAP 7 m;
- kwel van grondwater naar het oppervlaktewater via de afdichtende laag van de taludstrook.

en de hoeveelheid water dat de put uitgaat (WUIT):

- verdamping;
- infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater via de afdichtende laag van de taludstrook.

Indien WIN groter is dan WUIT is sprake van een stijging van het oppervlaktewaterpeil en vice versa. Op basis van het oppervlaktewaterpeil wordt in het model vervolgens de hoeveelheid infiltratie door de afdichtende laag berekend met de volgende formule:

V = (WP – GWS) / c

met:
- *V: infiltratie (m/dag)*
- *c: verticale weerstand (dagen)*
- *WP: oppervlaktewaterpeil (m +NAP)*
- *GWS: grondwaterstand (m + NAP)*

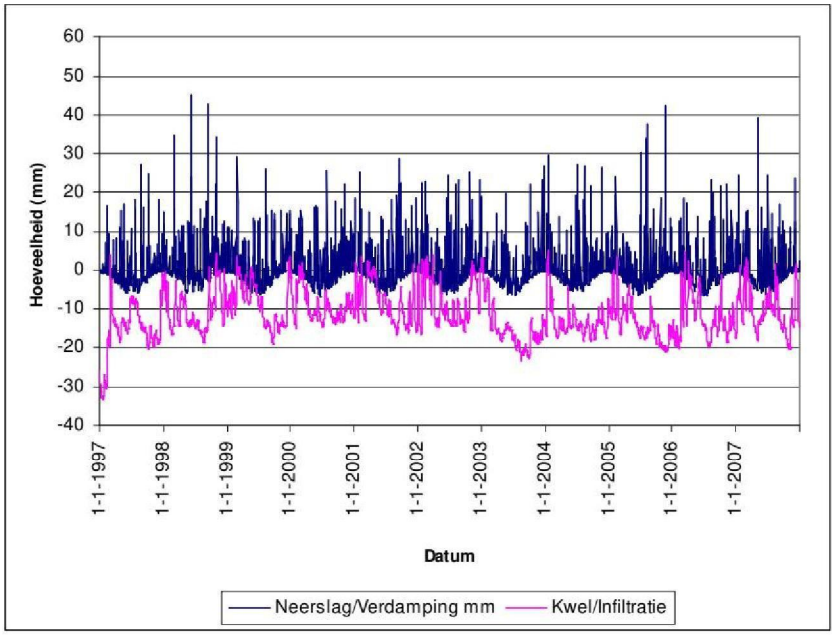
nb. bij negatieve waarden (de grondwaterstand is dan hoger dan het oppervlaktewaterpeil), is sprake van kwel, waarbij grondwater naar het oppervlaktewater stroomt. Deze situatie komt slechts incidenteel voor (zie paragraaf 2.3).

In het rekenmodel zijn de volgende invoergegevens gehanteerd:
- afdichtende kleilaag:
  - dikte: 2 m
  - verticale weerstand:
    - 50 dagen (huidige situatie, zonder kleilaag)
    - 200 dagen (toekomstige situatie, met kleilaag)
- neerslag en verdamping: gegevensreeks van de periode 1997-2007 (weerstation KNMI)
- rivierstand van de Waal (=grondwaterstand): meetgegevens periode 1997-2007 van het meetpunt Tiel van Rijkswaterstaat.

De verticale weerstand van de afdichtende kleilaag is zodanig ingesteld (200 dagen) dat deze voldoende is om te voorkomen dat de gestorte baggerspecie 'droog' komt te staan. Dit betekent dat het oppervlaktewaterpeil niet verder mag uitzakken dan het stortniveau (= NAP + 6m). In de volgende paragrafen wordt dit aan de hand van de modelresultaten toegelicht. Ter vergelijking zijn ook berekeningen uitgevoerd met een verticale weerstand van 50 dagen (= huidige situatie, zonder afdichtende kleilaag).

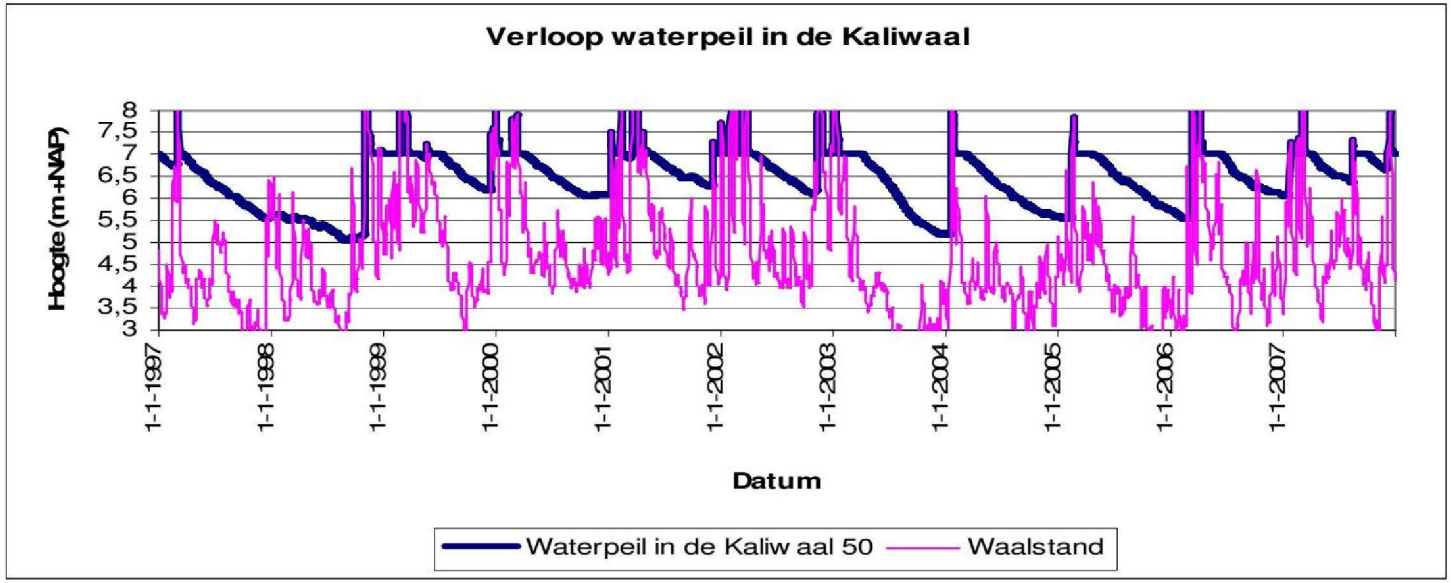
2.3 Resultaten

De resultaten van de modelberekeningen zijn weergegeven in de figuren 1 en 2. Figuur 1 geeft de dagelijkse hoeveelheid infiltratie/kwel (uitgedrukt in mm) en de resultante van de hoeveelheid neerslag/verdamping (mm). Een positieve waarde geeft een neerslagoverschot weer, een negatieve waarde een neerslagtekort. Uit de grafiek blijkt dat de hoeveelheid neerslag/verdamping varieert tussen -5 mm (neerslagtekort) tot 20 mm (neerslagoverschot). De infiltratie (negatieve waarden) is beperkt tot maximaal circa 20 mm per dag. De gemiddelde infiltratie bedraagt circa 12 mm per dag. Situaties met kwel (positieve waarden) komen slechts incidenteel voor.

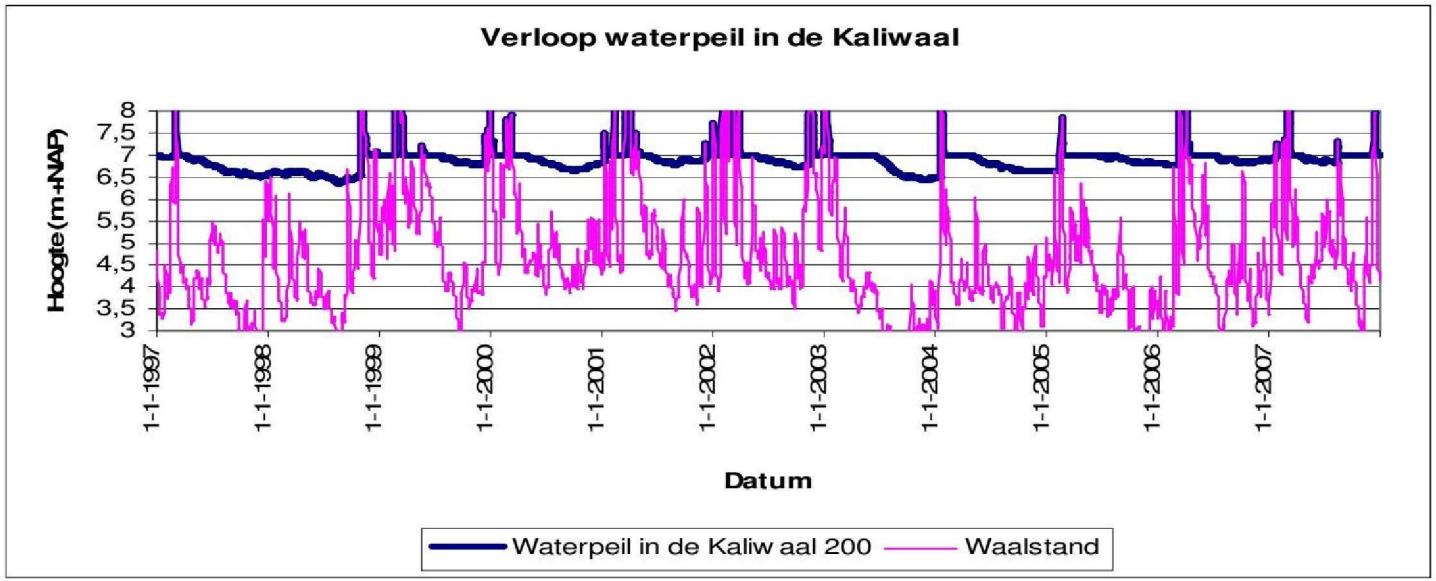


Figuur 1 Dagelijkse hoeveelheden neerslag/verdamping en kwel/infiltratie

Figuur 2 geeft de per dag berekende oppervlaktewaterpeilen in de Kaliwaal en de rivierstanden van de Waal. Figuur 2a geeft de huidige situatie (zonder afdekkende kleilaag), waarin de verticale weerstand 50 dagen bedraagt. Figuur 2b betreft de situatie waarin een afdekkende kleilaag is aangebracht (verticale weerstand 200 dagen). Uit figuur 2a blijkt dat in een situatie zonder afdekkende kleilaag het oppervlaktewaterpeil in de Kaliwaal kan uitzakken tot beneden NAP + 6 m. In situaties met lage Waalstanden kan het peil uitzakken tot NAP + 5 m. In perioden met Waalstanden boven NAP +7 m (bijvoorbeeld in het voorjaar van 2001 en 2002) is het oppervlaktewaterpeil gelijk aan het Waalpeil, omdat dan Waalwater over de drempel van de invaart (kruin = NAP + 7m) de Kaliwaal instroomt.



Figuur 2a *Berekende oppervlaktewaterpeilen in de Kaliwaal zonder afdichtende kleilaag op de taludstrook (verticale weerstand = 50 dagen)*



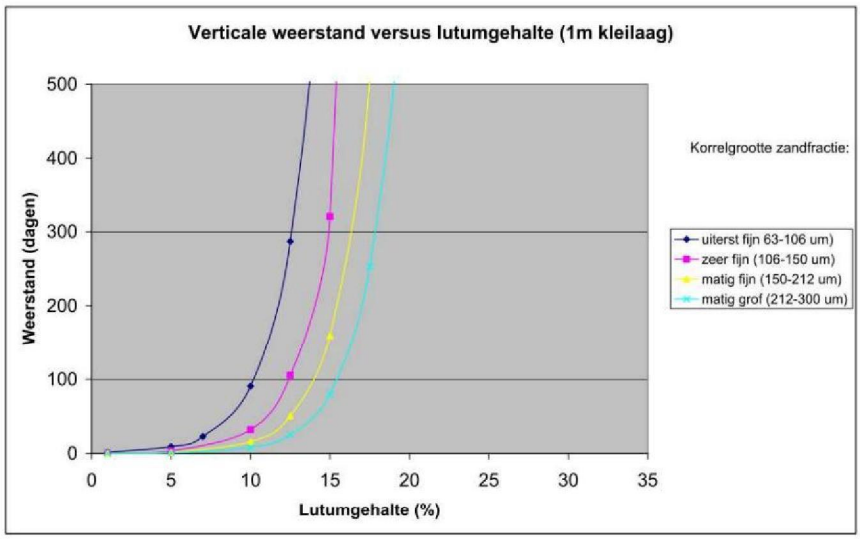
Figuur 2b *Berekende oppervlaktewaterpeilen in de Kaliwaal met afdichtende kleilaag op de taludstrook (verticale weerstand = 200 dagen)*

Uit figuur 2b blijkt dat met een verticale weerstand van 200 dagen voldoende geohydrologische isolatie wordt bereikt: het oppervlaktewaterpeil zakt niet verder uit dan NAP + 6,5 m. In de zomer van 2003, met extreem lage Waalstanden, daalt het oppervlaktewaterpeil tot net onder de NAP +6,5 m.

Uit de modelberekeningen blijkt dat het aanbrengen van een afdichtende kleilaag met een verticale weerstand van 200 m voldoende is om te voorkomen dat de gestorte baggerspecie (storthoogte maximaal NAP + 6 m) 'droog' komt te staan.

2.4 Aan te brengen klei

De verticale weerstand van de klei dient minimaal 200 dagen te bedragen. De verticale weerstand van een kleilaag is gerelateerd aan het lutumgehalte en (in mindere mate) de korrelgrootte van de zandfractie[1]. In onderstaande grafiek is deze relatie weergegeven.



Figuur 2.1 Relatie tussen de verticale weerstand en het lutumgehalte

Uit de grafiek blijkt dat een lutumgehalte van minimaal 15% voldoende is om een weerstand van 100 dagen te bereiken, ervan uitgaande dat de mediaan van de korrelgrootte van de zandfractie niet groter is dan 212 um. Bij een kleilaagdikte van 2 m resulteert dit in een weerstand van 200 dagen.

[1] Bron: Bemaling van bouwputten, SBR

3 Beperken verspreidingsrisico's

3.1 Algemeen

Verspreiding van verontreinigingen vanuit de Kaliwaal naar het grondwater kan plaatsvinden doordat door infiltratie verontreinigd poriewater vanuit de baggerspecie in het grondwater terecht komt.

Bij het beoordelen van de risico's van verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater vanuit baggerspeciebergingen in zandwinputten spelen twee sporen een rol[2]:

- het chemische spoor;
- het geohydrologische spoor.

Als uit de beoordeling van de chemische processen blijkt dat er uit de baggerspecie geen stoffen vrijkomen in het poriewater, zijn er geen negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit. Of er veel water vanuit de put in het grondwater terecht komt, doet er dan niet toe. Hetzelfde geldt voor het geohydrologische spoor. Als er geen water uit de baggerspecie in het grondwater terecht kan komen, dan doet het er niet toe of er via chemische processen verontreinigende stoffen in de put vrijkomen.

In de volgende paragrafen worden het geohydrologisch spoor en het geochemisch spoor nader in beschouwing genomen, zodat op basis hiervan de risico's van verspreiding van verontreinigingen bij het aanbrengen van een kleilaag zonder bentonietmat kan worden beoordeeld.

3.2 Chemische spoor

Bij het chemische spoor is het gehalte aan verontreinigende stoffen in het poriewater van belang. Het berekenen van de gehalten in het poriewater met de huidige beschikbare chemische modellen levert een forse onzekerheid in de modeluitkomsten[3]. Dit heeft te maken met het feit dat de gehalten worden bepaald door complexe biogeochemische processen die nog moeilijk te modelleren zijn.

Een meer betrouwbare indicatie leveren rechtstreekse metingen van de poriewatergehalten. Sinds 2009 wordt het poriewater van de gestorte baggerspecie jaarlijks geanalyseerd op metalen en organische microverontreinigingen. De meetresultaten zijn weergegeven in tabel 1. Ter vergelijking zijn tevens de streefwaarden voor het grondwater vermeld. Uit de tabel blijkt dat in het poriewater nauwelijks verontreinigende stoffen zijn aangetroffen. Het betreft overwegend arseen, waarvan de gehalten net boven de streefwaarde voor grondwater liggen.

[2] Bron: Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen. Deltares, 2011. Rap.nr. 1203224-000.

[3] Bron: TNO rapport 20006-U-R0174/A

Tabel 1 Gemeten poriewatergehalten in de gestorte baggerspecie (alleen gehalten > streefwaarde zijn vermeld)

Jaar	Stof	Gehalte (µg/l)	Streefwaarde[1)] (µg/l)
2009	arseen	11	10
	chroom	1,4	1
2010	naftaleen	0,19	0,01
2011	arseen	16	10
2012	arseen	15	10
2013	arseen	11	10
	trichloorbenzenen	0,02	0,01

1) diep grondwater (metalen)

Om na te gaan welke gehalten in het poriewater nog toelaatbaar zijn, dienen deze gehalten getoetst te worden aan de normen van het grondwater. In een worst case situatie (geen verdunning) zijn dit namelijk de gehalten die in het grondwater terechtkomen.

In de Handreiking voor het herinrichten van diepe plassen[4] worden de volgende toetsingscriteria voor grondwater gehanteerd:

- voor anorganische stoffen (metalen): Maximaal Toelaatbare Toevoeging in opgeloste fractie + generieke achtergrondconcentratie ($MTT+AC_{diep}$);
- voor organische stoffen: Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau in opgeloste fractie ($MTR_{opgelost}$).

Tabel 2 geeft van de stoffen die in het poriewater zijn aangetroffen, de toetsingscriteria.

Tabel 2 Toetsingscriteria voor poriewater(µg/l)

Stof	$MTT+AC_{diep}$ (anorg. st.)	$MTR_{opgelost}$ (org. st.)
arseen	31	
chroom	11	
naftaleen		2,4
trichloorbenzenen		0,4 [1)]

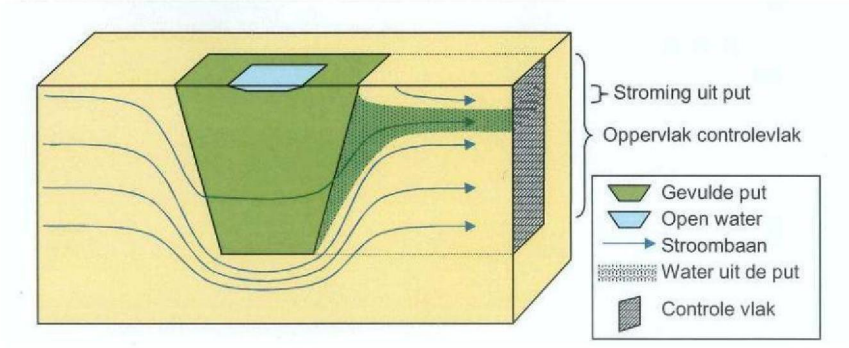
1) betreft JG-MKN oppervlaktewater

Zoals hierboven aangegeven is in het poriewater slechts een beperkt aantal stoffen in gehalten boven de detectielimiet aangetroffen. Uit vergelijking van de gemeten gehalten (tabel 1) en de toetsingscriteria blijkt dat de gemeten gehalten ongeveer een factor 2-12 lager liggen dan de toetsingscriteria. Dit duidt er op dat vanuit het chemische spoor nauwelijks risico's voor ontoelaatbare verspreiding van verontreinigingen door de taludstrook van de Kaliwaal zijn te verwachten.

3.3 Geohydrologische spoor

Het poriewater dat in het grondwater terechtkomt is onderhevig aan verdunning. Dit komt doordat de doorlatendheid van baggerspecie veel geringer is dan het omliggend zandpakket. Het grootste deel van het grondwater zal daardoor niet dóór het baggerspeciepakket stromen, maar er omheen of onderdoor (zie figuur 3). In het grondwater aan de benedenstroomse zijde ontstaat een dunne pluim, die dikker wordt naarmate het verschil in doorlatendheid tussen de baggerspecie en de omgeving kleiner is.

[4] Handreiking voor het herinrichten van diepe plasen. Implementatieteam Besluit bodemkwaliteit, december 2010.

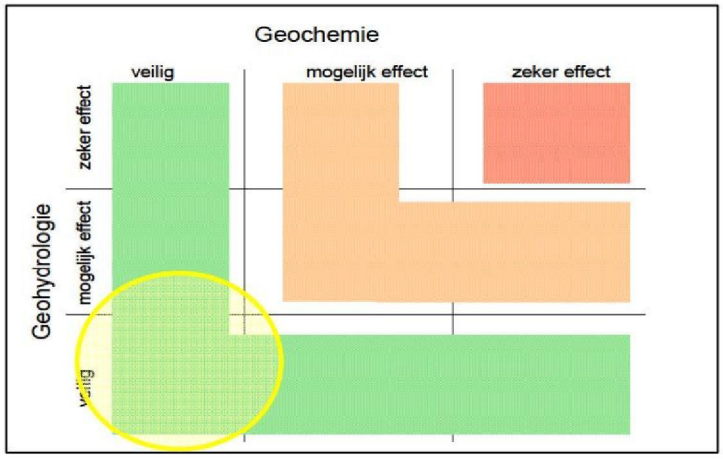


Figuur 3 Schematische presentatie van verdunning als gevolg van verschil in doorlatendheden tussen baggerspecie en omgeving[5]

Uit modelsimulaties van worstcase situaties is vastgesteld dat een minimale realistische verdunningsfactor van 100 mag worden aangehouden.[5] Deze verdunningsfactor 100 is een generieke waarde die als worstcase kan worden toegepast voor een willekeurige zandwinplas. Met betrekking tot de Kaliwaal geldt dat op de bodem van de plas en op de taluds tot NAP +3 m een dikke, isolerende sliblaag aanwezig is, waardoor daar geen emissie van verontreinigingen naar het grondwater optreedt. Blijft over de taludstrook (NAP +3 m – NAP +7,5 m), waar wel enige mate van emissie kan optreden (zie paragraaf 3.2). Zoals in paragraaf 2.2 aangegeven is bij de aan te brengen kleilaag met een weerstand van 200 dagen sprake van een gemiddelde infiltratieflux van 12 mm per dag. Gelet op het beperkte oppervlakte van de taludstrook (circa 10% van de totale oppervlakte van de Kaliwaal) mag verwacht worden dat de verdunningsfactor minimaal 1.000 bedraagt. Dit betekent dat de poriewaterconcentraties 1.000x hoger mogen zijn dan de toetsingscriteria voor het grondwater. Uit de metingen tot nu toe blijkt dat dergelijke concentratieniveaus niet zijn te verwachten in het poriewater.

3.4 Combinatie chemische spoor en geohydrologische spoor

Combinatie van het geohydrologische spoor en het chemische spoor geeft een totaalinzicht in de verspreidingsrisico's. In onderstaande figuur is de combinatie van beide sporen gevisualiseerd.



Figuur 4 Beoordeling risico's van verspreiding van verontreinigingen uit baggerspeciedepots[5]

In het chemisch spoor is vastgesteld in het poriewater nauwelijks verontreinigende stoffen worden verwacht en, voor zover ze voorkomen, de gehalten lager liggen dan de toetsingsnormen voor het grondwater. Vanuit het geohydrologische spoor is vastgesteld dat als een voldoende slecht doorlatende kleilaag wordt aangebracht, weinig verontreinigd poriewater in het grondwa-

[5] Bron: Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen. Deltares, 2011. Rap.nr. 1203224-000

ter terecht komt. Daarbij treedt zoveel verdunning op, dat overschrijding van de grondwater-normen niet te verwachten valt.

Doordat zowel sprake is van een geochemische als van een geohydrologische veilige situatie (zie figuur 4), kan met het aanbrengen van een slecht doorlatende kleilaag de verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater voldoende worden beperkt.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Het aanbrengen van een kleilaag met een verticale weerstand van 200 dagen biedt voldoende geohydrologische isolatie om te voorkomen dat door weglopen van water naar de ondergrond de baggerspecie droog komt te staan.

Doordat sprake is van zowel een geochemische als van een geohydrologische veilige situatie, wordt met het aanbrengen van een slecht doorlatende kleilaag de verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater voldoende beperkt.

Om een afdeklaag met een verticale weerstand van 200 dagen te verkrijgen, dient klei te worden gebruikt met een lutumgehalte van minimaal 15%[6]. Hierbij dient de kleilaag in een dikte van 2 m wordt aangebracht. Bij hogere lutumgehalten kan met een dunnere kleilaag worden volstaan.

4.2 Aanbevelingen

De relatie tussen verticale weerstand en lutumgehalte is gebaseerd op een (conservatieve) empirische relatie. Geadviseerd wordt de beschikbare klei in het laboratorium te testen met een Proctorproef (dichtheidsbepaling) en k-waardebepaling (doorlatendheid). Met de laboratoriumresultaten kan vervolgens worden bepaald of de klei geschikt is en in welke laagdikte deze moet worden toegepast.

[6] waarbij de mediaan van de korrelgrootte van de zandfractie niet groter mag zijn dan 212 um.