

RAPPORT

Milieurendementsonderzoek Perkpolder

Achtergrondrapport stofgedrag

Klant: Rijkswaterstaat

Referentie: BH7547-IB-RP-220525-1400

Status: Definitief/01

Datum: 11-2-2022

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Milieurendementsonderzoek Perkpolder

Sub titel: Achtergrondrapport stofgedrag
Referentie: BH7547-IB-RP-220525-1400
Status: 01/Definitief
Datum: 11-2-2022
Projectnaam: TGG Perkpolder
Projectnummer: BH7547
Auteur(s): Tony Kok

Opgesteld door: Tony Kok

Gecontroleerd door: Robert van Bruchem

Datum: 15-2-2022

Goedgekeurd door: Jan Valk

Datum: 16-2-2022

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Situatie	1
1.2	Onderzoeksvragen	2
1.3	Referenties	2
2	Berekening invloed TGG op kwaliteit kwelsloot	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Waterbalans	4
2.3	Stoffenbalans	5
2.3.1	Verwachte toename van concentraties in kwelsloot	5
2.3.2	Verwachte termijn van toename van de concentratie in de kwelsloot	8
3	Conclusies	9
4	Aanbevelingen	10

1 Inleiding

1.1 Situatie

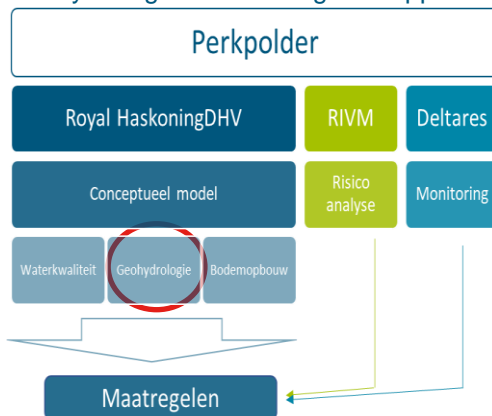
In 2015 is in Perkpolder in Zeeuws-Vlaanderen een nieuw natuurgebied aangelegd, waarbij tweemaal per dag water uit de Westerschelde het voormalige poldergebied binnen stroomt. Om het achterland te beschermen tegen het water uit de Westerschelde zijn rondom de het nieuwe natuurgebied nieuwe dijken gebouwd. Bij de bouw van de nieuwe dijken is in de kernen van drie van deze nieuwe waterkeringen thermisch gereinigde grond (TGG) toegepast. In figuur 1.1 is de ligging van de drie dijken waarin TGG is toegepast weergegeven.

Uit landelijk onderzoek en door Deltares (2019) uitgevoerde onderzoeken blijkt de TGG stoffen te bevatten die de milieuhygiënische bodemkwaliteit negatief kunnen beïnvloeden.

Royal HaskoningDHV is gevraagd een milieurendementsonderzoek uit te voeren. Met dit milieurendementsonderzoek wil Rijkswaterstaat een weloverwogen keuze kunnen maken tussen mogelijke maatregelen. De 1^e stap van het milieurendementsonderzoek is het vaststellen of en welke mate de TGG-toepassing effect heeft op bodem (grond en grondwater) en het oppervlaktewater door het opstellen van een conceptueel model volgens de NTA 5755 [1] waarin de mate van bodemverontreiniging en de eventuele wettelijke verplichting tot het nemen van maatregelen zijn beschreven (Fase 0). Onderdeel van het conceptuele model is het deelrapport Geohydrologie met de achtergrondrapporten modellering en stofgedrag. Er is een grondwatermodel opgesteld om de onderzoeksvragen uit het bijlagerapport geohydrologie nog verder te kunnen onderbouwen. De uitgangspunten en resultaten van deze modelstudie zijn beschreven in deze rapportage. De bevindingen zijn overgenomen in het bijlagerapport Geohydrologie [10]. In Figuur 1.2 is de positie van het deelrapport Geohydrologie met achtergrondrapporten in het project aangegeven.



Figuur 1.1: Ligging waterkeringen



Figuur 1.2 positie deelrapportage Geohydrologie in relatie tot de andere onderzoeken naar de effecten van de TGG-toepassing in Perkpolder.

1.2 Onderzoeksvragen

Wat is de verwachte invloed van de TGG op de kwaliteit van de kwelsloot:

- op de korte termijn (< 5 jaar)?
- op de langere termijn (> 5 jaar)?

1.3 Referenties

Voor deze modelstudie is gebruik gemaakt van de verschillende studies en grondonderzoek die in het verleden zijn uitgevoerd. Tabel 1-1 geeft een overzicht.

Tabel 1-1 Overzicht referenties

Nr	Type	Naam	Auteur	Kenmerk	Versie / Datum
[1]	T	Geotechnische Lengteprofielen	Royal HaskoningDHV	Nvt.	02-06-2021
[2]	W	BROloket.nl	TNO	Nvt	Nvt
[3]	G	Geotechnisch onderzoek Natuurcompensatie Perkpolder	Fugro	6011-0232-001	08-02-2012
[4]		Debietmetingen kwelsysteem	Deltares	Nvt	Feb 2019
[5]	D	Beoordeling Onderzoek en Aanbevelingen TGG dijk Perkpolder	Tauw	R001-1274799RCT-V01-baw-NL	9 maart 2020
[6]	G		Grontmij		2008
[7]	D	MER Gebiedsontwikkeling Perkpolder	Grontmij	193311.mbg.ehv.312/211.R002n	2007
[8]	D	Grondwateronderzoek primaire waterkering Perkpolder (Bijlagerapport A bij Eindrapportage TGG in dijken Perkpolder)	Deltares	11200482-013-GEO-0002	Versie 1.0 16 april 2019
[9]	D	Onderzoeksresultaten geotechnische analyses TGG-materiaal Perkpolder (Bijlagerapport C bij Eindrapportage TGG in dijken)	Deltares	11200482-000-GEO-0008	Versie 4.0 / 15 april 2019
[10]	D	Milieurendementsonderzoek TGG Perkpolder: Bijlagerapport geohydrologie	Royal HaskoningDHV	BH7547TPRP2104061343	Juli 2021
[11]	T	ASB – Watersysteem – Overzicht Kwelsysteem	Van Oord	154425-TEK-ASB-00054.02-003	28 oktober 2015
[12]	D	Metingen grondwatersysteem Perkpolder tot december 2018 en werking kwelvoorziening	Deltares	1210613-000-BGS-0015	Juni 2020
[13]	W	https://waterinfo.rws.nl/	Rijkswaterstaat		
[14]	D	Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Samenvatting partijkeuringen TGG	Royal HaskoningDHV	BD9964TPRP1909161417	20 september 2019

[15]	D	Milieurendementsonderzoek TGG Perkpolder: Bijlagerapport waterkwaliteit	Royal HaskoningDHV	BH7547-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001	23 april 2021
[16]	W	NHI Data Portaal	Deltares	data.nhi.nl	

Document [D], Tekening [T], Grondonderzoek [G], Website [W], Model [M], Overleg [O],

2 Berekening invloed TGG op kwaliteit kwelsloot

2.1 Inleiding

In de rapportage geohydrologische modellering is met behulp van stroombanen afkomstig van de TGG berekend dat al het water uit de TGG wordt afgevangen door de kwelsloot en de kwelfilters die weer uitstromen in de kwelsloot.

Met behulp van het geohydrologische model is een waterbalans opgesteld van de kwelsloot. Op basis van deze waterbalans is berekend in welke mate van verdunning optreedt in de kwelsloot van het water dat vanuit de TGG in de kwelsloot terechtkomt.

Vervolgens is op basis van analyseresultaten berekend wat de invloed van de TGG is op de kwaliteit van de kwelsloot.

2.2 Waterbalans

Het grondwater dat door de TGG is gesijpeld kwelt, direct of via de kwelfilters, op in de kwelsloot. Dit grondwater mengt zich met grondwater uit de omgeving en met oppervlaktewater dat vanuit bovenstrooms gebied de kwelsloot instroomt. Het grondwater afkomstig uit de TGG is in de kwelsloot slechts een fractie van het totale volume water in de kwelsloot. De concentraties die gemeten worden in het freatisch grondwater in of onder de TGG zullen verdund worden in de kwelsloot.

Het grondwater uit de TGG wordt voor 100% afgevoerd naar de kwelsloten. De volumes grondwater afkomstig uit de TGG zijn weergegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Volume grondwater dat door neerslagaanvulling afkomstig is van de TGG en dat opkwelt in de kwelsloten.

Locatie	Materiaal	Oppervlakte (m ²)	Grondwateraanvulling (m ³ /jaar) *	Grondwateraanvulling (m ³ /dag) *
Westelijke dijk	Thermisch gereinigde grond	43,859	10.965	30
Zuidelijke dijk	Thermisch gereinigde grond	31,743	7.936	21.7
Totaal				51.7

*bij een grondwateraanvulling van 250 mm/jaar

Om de verdunningsfactor te bepalen is in Tabel 2-2 de verhouding tussen het uitgaande debiet en de hoeveelheid kwelwater, dat door neerslagaanvulling afkomstig is van de TGG, bepaald. De verdunningsfactor voor de kwelsloten bedraagt in de gemiddelde situatie 91 tot 122.

Tabel 2-2 Verdunningsfactor op basis van het volume grondwater uit de TGG en het uitgaand debiet van de kwelsloten

	Westelijke kwelsloot	Zuidelijke kwelsloot	Eenheid
	Gemiddelde situatie	Gemiddelde situatie	
Kwel vanuit TGG	30	51.7	m ³ /dag
Uitgaand debiet kwelsloot	3.651	4.670	m ³ /dag
Verdunningsfactor	122	91	-

2.3 Stoffenbalans

2.3.1 Verwachte toename van concentraties in kwelsloot

Bij de Perkpolder zijn verontreinigingen in de eerste zandlaag onder de TGG gemeten. In de berekening van de toename van concentraties in de kwelsloot zijn alleen die stoffen meegenomen die gezien de hoogte van de gemeten concentraties eventueel verhoogde concentraties in het grond- en oppervlaktewater kunnen veroorzaken. Dit zijn:

- de niet genormeerde stoffen chloride, bromide en sulfaat en
- de genormeerde stoffen arseen, barium, chroom, kwik, molybdeen en vanadium

De overige geanalyseerde verontreinigingen zijn in relatief lage concentraties gemeten en overschrijden de achtergrondwaarden niet of nauwelijks en zijn dus niet representatief voor de verspreiding van verontreinigingen uit de TGG. Op de lange termijn zullen de concentraties in het grondwater onder de TGG naar verwachting in de orde van grootte liggen van de huidig maximum gemeten concentraties in de eerste zandlaag. De in de eerste zandlaag onder de TGG gemeten maximum concentraties, vermenigvuldigd met het totaal volume aan water dat vanuit de TGG naar de kwelsloten stroomt, leveren de totale potentiële vracht per tijdseenheid, afkomstig van de TGG, die in de kwelsloten instroomt. Op basis van de berekende verdunningsfactor is de verwachte concentratietoename ten gevolge van de TGG in de kwelsloot berekend.

Van de TGG die bij Perkpolder in de dijken is aangebracht zijn geen resultaten van kwalitatief (chemisch) onderzoek van het poriewater in de TGG. Daarom zijn de gemeten maximum concentraties in de eerste zandlaag vergeleken met de gemeten poriewaterconcentraties die zijn bepaald in het uitloogonderzoek dat is uitgevoerd bij de locatie Westdijk Bunschoten [15]. De TGG op beide locaties is afkomstig uit dezelfde productieperiode, zoals ook is beschreven in het hoofdrapport conceptueel model. De analyseresultaten van de gehalten en de uitloging van verontreinigingen geven een indicatie van de mate van verontreiniging als gevolg van infiltrerend hemelwater, gerelateerd aan de materiaaleigenschappen TGG.

In Tabel 2-3 zijn voor de niet genormeerde stoffen de resultaten van het uitloogonderzoek van de locatie Westdijk weergegeven, de gemeten maximum concentraties in de eerste zandlaag onder de TGG [15] bij de Perkpolder, de huidige oppervlaktewater kwaliteit (meetpunt O50.5, gemiddelde concentratie in 2021) en de verwachte maximum bijdrage van de TGG aan de oppervlaktewaterkwaliteit in de kwelsloot ten zuiden van de westelijke dijk. Hiervoor zijn de meetresultaten van Deltares gebruikt tot en met 2021. Hier is de bijdrage van zowel de westelijke als de zuidelijke dijk berekend op basis van een verdunningsfactor van 90 en de gemeten maximum concentraties in de eerste zandlaag onder de TGG. De verwachte kwaliteit van het oppervlaktewater ter plaatse van het meetpunt O50.5 is de huidig gemeten concentratie + de verwachte toename van de concentratie in de kwelsloot.

Chloride:

De gemeten chlorideconcentratie in de eerste zandlaag is veel hoger dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. Het hoge chloridegehalte in de eerste zandlaag onder TGG wordt waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt door de instroom van zeewater. De bijdrage van chloride uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is niet meetbaar.

Sulfaat:

De gemeten sulfaatconcentratie in de eerste zandlaag is lager dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. Mogelijk dat de maximum sulfaatconcentratie in de eerste zandlaag nog zal toenemen. De bijdrage van sulfaat uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is beperkt.

Bromide:

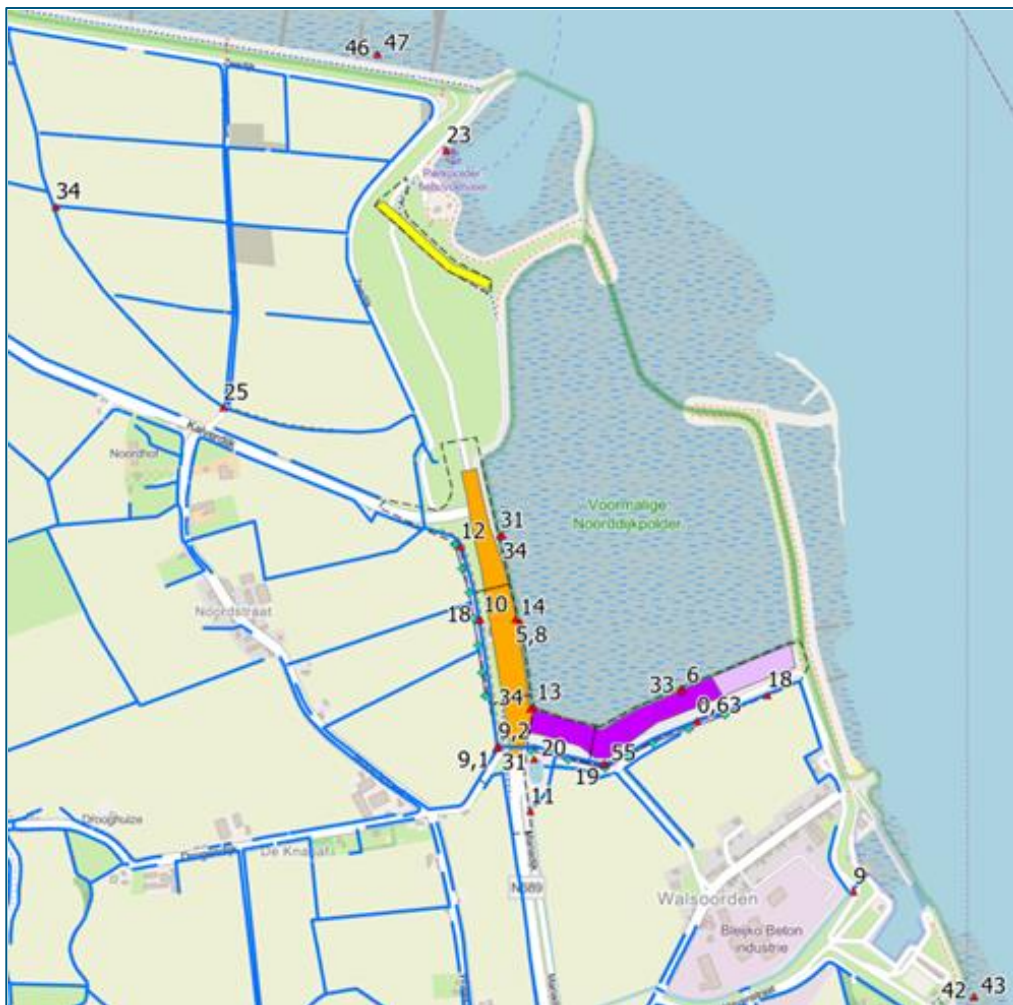
De gemeten bromideconcentratie in de eerste zandlaag is een factor 3 hoger dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. De bijdrage van bromide uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is in principe

wel meetbaar. Echter de resulterende concentratie valt binnen de marge van gemeten maximumconcentraties in het oppervlaktewater in de omgeving (0.63 tot 34 mg/l) in de periode 2017-2021 (zie Figuur 2-1). Hierdoor is het effect van bromide afkomstig van de TGG op de kwaliteit van de kwelsloot niet of moeilijk vast te stellen.

Tabel 2-3 – Samenstelling poriewater TGG Westdijk en verwachte toename van concentraties in de kwelsloot Perkpolder niet genormeerde stoffen

	Berekend poriewater TGG (Westdijk [14])	Gemeten maximum concentratie in 1e zandlaag (Perkpolder)	Zeewater/ Westerschelde (Deltares 2017-2021)	Huidige concentratie in kwelsloot (Perkpolder: meetpunt O50.5)	Verwachte max toename concentratie in kwelsloot (Perkpolder)
Parameter	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Chloride	1913	14000*)	14000	2100	156
Sulfaat	9216	2200	1500	320	24
Bromide	276	760	47	8.8	8.4

*) Mogelijk afkomstig van zeewater



Figuur 2-1 Maximum Bromideconcentratie in oppervlaktewater gemeten in periode 2017-2021

In Tabel 2-4 zijn voor de genormeerde stoffen de resultaten van het uitloogonderzoek van de locatie Westdijk weergegeven, de gemeten maximum concentraties in de eerste zandlaag onder de TGG bij de Perkpolder [15], de huidige oppervlaktewater kwaliteit en de verwachte maximum bijdrage van de TGG aan de oppervlaktewaterkwaliteit in de kwelsloot ten zuiden van de westelijke dijk. Hier is de bijdrage van zowel de westelijke als de zuidelijke dijk berekend op basis van een verdunningsfactor van 90. De verwachte kwaliteit van het oppervlaktewater ter plaatse van het meetpunt O50.5 is de huidig gemeten concentratie + de verwachte toename van de concentratie in de kwelsloot.

Arseen:

De gemeten arseenconcentratie in de eerste zandlaag is hoger dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. De bijdrage van arseen uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is beperkt. De concentratie verdubbeld naar verwachting, maar de concentratie blijft laag.

Barium:

De gemeten bariumconcentratie in de eerste zandlaag is vergelijkbaar met de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. De bijdrage van barium uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is beperkt. De verwachte toename van de concentratie in de kwelsloot is 30% en deze komt daarbij net boven de concentratie in de Westerschelde.

Chroom:

De gemeten chroomconcentratie in de eerste zandlaag is veel lager dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. De bijdrage van chroom uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is zeer beperkt, dit geldt ook als wordt uitgegaan van de hogere poriewaterconcentratie van de TGG Westdijk.

Kwik:

De gemeten kwikconcentratie in de eerste zandlaag is veel lager dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. De bijdrage van kwik uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is zeer beperkt, dit geldt ook als wordt uitgegaan van de hogere poriewaterconcentratie van de TGG Westdijk.

Molybdeen:

De gemeten molybdeenconcentratie in de eerste zandlaag is lager dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. De bijdrage van molybdeen uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot resulteert in een toename van circa 70%, wanneer wordt uitgegaan van respectievelijk de gemeten concentratie in de eerste zandlaag, maar deze blijft relatief laag.

Vanadium:

De gemeten vanadiumconcentratie in de eerste zandlaag is veel lager dan de concentratie in het poriewater van de TGG bij de Westdijk. De bijdrage van vanadium uit de TGG aan de concentratie in de kwelsloot is beperkt wanneer wordt uitgegaan van de gemeten concentratie in de eerste zandlaag (verhoging van ca 20%). Wanneer wordt uitgegaan van de poriewaterconcentratie van de TGG Westdijk is de toename in de kwelsloot waarschijnlijk wel significant (23 µg/l).

Tabel 2-4 – Samenstelling poriewater TGG Westdijk en verwachte toename van de concentraties in de kwelsloot Perkpolder genormeerde stoffen

	Berekend poriewater TGG (Westdijk, [14])	Gemeten maximum concentratie in 1e zandlaag (Perkpolder)	Zeewater/ Westerschelde [Deltares 2017-2021]	Huidige concentratie in kwelsloot (Perkpolder meetpunt O50.5)	Verwachte max toename in kwelsloot (Perkpolder)
Parameter	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
arseen	204	470	<5	5	5.2
barium	602	630	24	20	7.0
chrom	100	5.9	<1	<1	0.07
kwik	5	0.1	<0.05	<0.05	0.001
molybdeen	470	130	7.3	2	1.4
vanadium	1865	32	3.9	2	0.4

2.3.2 Verwachte termijn van toename van de concentratie in de kwelsloot

De termijn waarop de stoffen de kwelsloot bereiken hangt af van de reistijd van het water uit de TGG naar de kwelsloot en kwelfilters en de adsorptiecoëfficiënt van de stoffen. Hoe hoger de adsorptiecoëfficiënt hoe langzamer de verontreiniging zich verplaatst. De zogenaamde retardatiefactor is de vertragingfactor van de verontreiniging ten opzichte van de grondwaterstroomsnelheid.

Niet genormeerde stoffen

De stoffen Chloride, Bromide en Sulfaat worden niet geadsorbeerd door de bodem en verspreiden zich dus net zo snel als het grondwater. Deze stoffen kunnen wel op korte termijn in verhoogde concentraties, zoals weergegeven in Tabel 2-3 worden aangetoond in de kwelsloot (door directe instroom door de eerste zandlaag of via de kwelfilters).

Voor sulfaat kunnen omzettingsprocessen zorgen voor een reductie van de instroom in de kwelsloot. Sulfaat kan worden neergeslagen in bijvoorbeeld calciumsulfaat. Daarnaast kan het onder anaerobe omstandigheden worden gereduceerd naar zwavel (S²⁻) en kan het neerslaan in zwavelverbindingen zoals pyriet (FeS).

Genormeerde stoffen (zware metalen)

De retardatiefactor voor zware metalen ligt in zoet water in de orde van grootte van 100-10.000 en in zout water in de orde van grootte van 10-1.000. De zware metalen verplaatsen zich dus uiterst langzaam in de richting van de kwelsloot en de kwelfilters. Dit betekent dat deze de komende jaren nog niet in verhoogde concentraties ten opzichte van de natuurlijk voorkomende achtergrondconcentraties kunnen worden aangetoond in de kwelsloot (zie Tabel 2-4).

3 Conclusies

Wat is de verwachte invloed van de TGG op de kwaliteit van de kwelsloot op de korte termijn (< 5 jaar)?

De stoffen chloride, bromide en sulfaat worden niet geadsorbeerd door de bodem en verspreiden zich dus net zo snel als het grondwater. Deze stoffen kunnen in theorie al worden aangetoond in de kwelsloot.

- Voor chloride en sulfaat is de verwachte toename ten gevolge van de uitloging van de TGG beperkt.
- Voor bromide is de verwachte toename ten gevolge van de uitloging van de TGG mogelijk wel meetbaar maar de resulterende concentratie valt binnen de marges van de analysesresultaten van de oppervlaktewateren in de omgeving.

Wat is de verwachte invloed van de TGG op de kwaliteit van de kwelsloot op de langere termijn (> 5 jaar)?

Uit literatuur is bekend dat de zware metalen zich in zout water 10 tot 1.000 keer langzamer verplaatsen dan het grondwater in de richting van de kwelsloot en de kwelfilters. Dit betekent dat eventueel verhoogde concentraties ten opzichte van de natuurlijk voorkomende achtergrondconcentraties in de kwelsloot nog kunnen toenemen. De uiteindelijk verwachte toename van de concentraties in het oppervlaktewater is door verdunning beperkt. Dit geldt ook als de gemeten poriënconcentratie van de referentie Westdijk wordt aangehouden. De concentraties van het oppervlaktewater in de kwelsloot zullen een factor 90 kleiner zijn dan de concentraties van het grondwater onder de waterkering.

- Voor chroom en kwik is de verwachte toename ten gevolge van de uitloging van de TGG uiterst beperkt.
- Voor arseen, barium, molybdeen en vanadium is de verwachte toename ten gevolge van de uitloging van de TGG wel significant, maar niet groot en niet in sterke mate afwijkend van de gemeten achtergrondconcentratie.

Gezien de geringe verwachte toename van concentraties in de kwelsloot ten gevolge van uitloging van de TGG zijn er naar verwachting, op basis van de tot nu toe gemeten maximum concentraties in het grondwater in de eerste zandlaag onder de TGG, geen risico's voor milieu en volksgezondheid. Deze risico's worden beoordeeld door het RIVM.

4 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om poriewater analyses in de TGG uit te voeren, om de werkelijk potentiële uitlogingsconcentraties vast te stellen. Indien dat niet in situ mogelijk is wordt aanbevolen om uitloogonderzoek uit te voeren om deze concentratie vast te stellen.

Vervolgens kunnen de risico's van de aangepaste verwachte uitloging van de TGG voor de oppervlaktewaterkwaliteit worden afgeleid.