

Deltares

**Plan van Aanpak 2de fase  
onderzoek en monitoring TGG in  
primaire waterkering te Perkpolder**



11200482-000

© Deltares, 2017, B



**Titel**

Plan van Aanpak 2de fase onderzoek en monitoring TGG in primaire waterkering te Perkpolder

**Opdrachtgever**

Rijkswaterstaat Water,  
Verkeer en Leefomgeving

Postbus 2232  
3500 GE Utrecht

**Project**

11200482-000

**Kenmerk**

11200482-000-GEO-0004

**Pagina's**

28

**Trefwoorden**

Type hier de trefwoorden

**Samenvatting**

Type hier de samenvatting

**Referenties**

Type hier de referenties

| Versie | Datum     | Auteur | Paraaf Review | Paraaf Goedkeuring | Paraaf |
|--------|-----------|--------|---------------|--------------------|--------|
| 1      | maa. 2017 |        |               |                    |        |
|        |           |        |               |                    |        |
|        |           |        |               |                    |        |

**Status**

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.



## Inhoud

|  |                    |
|--|--------------------|
| <b>1 Inleiding</b>                                     | <b>1</b>           |
| 1.1 Achtergrond  | 1                  |
| 1.2 Doelstelling van het onderzoek                     | <u>32</u>          |
| 1.3 Projectorganisatie                                 | <u>54</u>          |
| 1.4 Leeswijzer   | 5                  |
| <b>2 Terreinwerkzaamheden en (veld)monitoringsplan</b> | <b><u>76</u></b>   |
| 2.1 Geofysische metingen                               | <u>76</u>          |
| 2.1.1 Geo-elektrische metingen                         | <u>87</u>          |
| 2.1.2 Seismische metingen                              | <u>87</u>          |
| 2.1.3 Crosshole Tomografie metingen                    | <u>1140</u>        |
| 2.1.4 Aanpak geofysische metingen                      | <u>1342</u>        |
| 2.1.5 Aanvullende technieken                           | <u>1544</u>        |
| 2.2 Boringen en monsternamen                           | <u>1645</u>        |
| 2.2.1 Relatie met richtlijnen en voorschriften         | <u>1645</u>        |
| 2.2.2 Type boringen en afwerking                       | <u>1645</u>        |
| 2.3 Plaatsen Peilfilters                               | <u>1746</u>        |
| <b>3 Laboratoriumonderzoeken en Analyses</b>           | <b><u>1847</u></b> |
| 3.1 Chemische analyse op het (vaste) TGG materiaal     | <u>1847</u>        |
| 3.2 Geotechnische analyse op het vaste TGG materiaal   | <u>1948</u>        |
| 3.3 Chemische analyse op de grondwatermonsters         | <u>2049</u>        |
| 3.4 Chemische analyse op water uit kwelsloot           | <u>2049</u>        |
| <b>4 Interpretatie en rapportage</b>                   | <b><u>2120</u></b> |
| <b>5 Geselecteerde onderaannemers en laboratoria</b>   | <b><u>2224</u></b> |
| <b>6 Planning</b>                                      | <b><u>2322</u></b> |
| <b>7 Kosten</b>  | <b><u>2423</u></b> |
| <b>8 Bijlage 1</b>                                     | <b><u>2524</u></b> |
| <b>9 literatuurlijst</b>                               | <b><u>2928</u></b> |



## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Graag opnemen dat er een opdracht is verleend (op grond van offerte xx) en dat dit Plan van aanpak een van de producten ter uitwerking van die opdracht.

### 1.1.2 Achtergrond

In het project Natuurcompensatie Perkpolder is een nieuwe primaire kering bij Perkpolder (Zeeuws-Vlaanderen) aangelegd. In een deel van deze nieuwe primaire keringen is in de kern, in plaats van zand, thermisch gereinigde grond (TGG) gebruikt, afgedekt met een laag klei van minimaal 0,8 m dik.

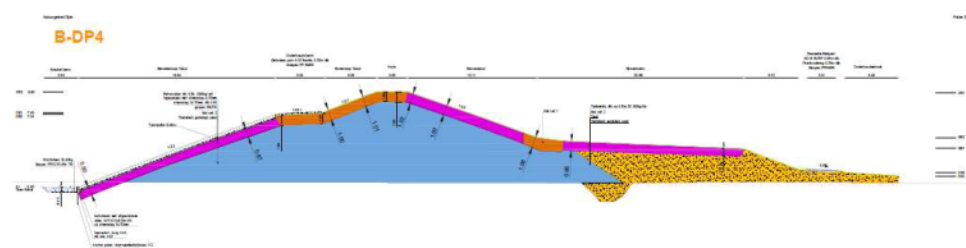
In 2016 ontstond er enige ongerustheid bij de waterkeringsbeheerder Rijkswaterstaat (RWS) met betrekking op het toegepaste TGG materiaal in termen van reactiviteit, mogelijke ongewenste effecten op milieu en gezondheid en ook de lange termijn gevolgen van dit materiaal op de functionaliteit en waterkerend vermogen van de waterkering. RWS heeft toen Deltares gevraagd om een verkennend onderzoek uit te voeren op het TGG materiaal. Uit dit onderzoek eind 2015 blijkt met name sterke onzekerheden te bestaan over de civieltechnische aspecten (op lange termijn) en de milieutechnische aspecten van het bij Perkpolder toegepaste TGG. Hierdoor is ook, alsmede onduidelijkheid ontstaan over de vraag in hoeverre het materiaal effecten kan hebben op zorgen over de gezondheid van personen als die tijdens de uitvoeringsfase in aanraking gekomen zijn met het materiaal, tijdens de uitvoeringsfase. Het materiaal vertoonde verkitting (met gevaar op sterke monolietvorming) en een erg hoge initiële pH (pH 11). De resultaten van dit eerste onderzoek zijn gerapporteerd in 'Analyse TGG Perkpolder, eindrapport; kenmerk: 1220438-000-GEO-0012-jvm, d.d. mei 2016'. Onderstaande figuren geven een overzicht van de locatie en het dwarsprofiel.

Commented [ ]: Beheerder van de waterkering

Commented [ ]: Is dit zo daar is het onderzoek toch op gericht .??is toch vermoeden van ?testen zijn zonder grind uitgevoerd .?dus afzakken lijkt op zn plaatst.



Figuur 1.1 Locatiekaart Primaire waterkering Perkpolder met TGG materiaal. Dijk oost-west onderaan is kering B. Dijk zuid-noord daarop aansluitend is kering C. Kering meer in het noorden met TGG is kering E. Monstername in kering E schijnt zeer lastig.



Figuur 1.2 dwarsdoorsnede van de waterkering met het toegepaste TGG materiaal.

In Figuur 1.1 lijkt het toegepaste TGG rechts onderin te stoppen voordat de nieuwe waterkering de oude raakt. Dat is echter niet zeker. De as-built gegevens spreken elkaar tegen.

In overleg met PPO en HWBP is door Rijkswaterstaat besloten om uitgebreider (monitorings)onderzoek door Deltares en RIVM uit te laten voeren.



### 4.21.3 Doelstelling van het onderzoek

De algemene doelstelling van het onderzoek is het bepalen van de geotechnische, chemische en milieukundige eigenschappen van het aangebrachte TGG materiaal en het effect en de risico's van het gebruik van dit materiaal in de primaire water kering te Perkpolder voor de omgeving (milieu en gezondheid) en functionaliteit en levensduur van de kering en gezondheid. De interactie met de omgeving, met name tussen het TGG materiaal en het oppervlakte en grondwater, in welke mate zowel in tijd als ruimte vergt een monitoringsprogramma (geplande monitoringsduur van 2 jaar).

Commented [ ]: Is afhankelijk van de resultaten .het materiaal ligt er al enige tijd. .stel dat er geen normen worden overschreden dat kn toch getopt worden ??niet swordt gemeten kan gestopt worden.

De algemene doelstelling kan binnen de drie (discipline)velden nog nader worden ingevuld.

#### De geotechnische aspecten:

Het geotechnische deel van dit onderzoek richt zich op het bepalen van de geotechnische eigenschappen van het materiaal die de functionaliteit van de waterkering kunnen beïnvloeden ten opzichte van conventioneel zand dat wordt gebruikt als ophoogmateriaal of kernmateriaal bij waterkeringen. Het gaat hier, naast de (volledige, dus ook inclusief de grindfractie) korrelverdeling en chemische samenstelling van het materiaal, in eerste instantie om de doorlatendheid en de eigenschap van dit materiaal tot verkitting. Deze zullen in eerste instantie onderzocht worden op genomen monster materiaal in het laboratorium volgens conventionele testmethoden. Indien de verkitting erg hoog en sterk is ontwikkeld zullen wellicht minder bekende laboratorium testen moeten worden ingezet ter bepaling van de sterkte en stijfheid.

Commented [ ]: Zin loop t niet.

Commented [ ]: ?????? welk materiaal .wat in de dijk zit of een emmeer van ATM.Echter dit is toch al deels uitgevoerd??

De geotechnische eigenschappen hebben echter ook een grote relatie, of beter gezegd zijn een afgeleide van de reactiviteit van het materiaal. De chemische reactiviteit en omzettingen producten in tijd en veranderende omgeving zullen hierdoor ook bepaald (en beproefd) moeten worden. Hierbij moet worden bedacht dat het materiaal al voor de zomer 2014 is aangebracht. Deze chemische samenstelling en reactiviteit hebben ook effect op de milieukundige aspecten van dit onderzoek.

Commented [ ]: ??? wat wordt hier bedoeld ,welke omzettingen producten?

#### Milieukundige aspecten:

Bij de milieukundige aspecten van dit onderzoek is het uitgangspunt de chemische samenstelling en reactiviteit van het TGG materiaal. Het onderzoek dient te bepalen of en welke chemische omzettingen in het TGG materiaal in de tijd zullen plaatsvinden, welke effecten dat heeft in termen van Ph en mogelijke elementen en 'verontreinigingen' die mobiel kunnen worden en kunnen uitlogen naar het grond- en /of oppervlaktewater. Ter bescherming van het grondwater stelt het Besluit Bodemkwaliteit eisen aan het toepassen van TGG op of in de bodem. Nagegaan zal moeten worden of het grondwater in de huidige situatie afdoende is beschermd. De elementen en chemische verbindingen die zullen worden meegenomen dienen minimaal alle elementen te beslaan die bepaald moeten worden voor toetsing ~~van grond en toetsing van bouwstoffen conform~~ aan de regeling bodemkwaliteit (Bijlages A en B). Indien er gaande het onderzoek of uit de eerste initiële bepaling van de chemische samenstelling volgt dat er mogelijk nog meer (potentieel milieu schadelijke) verbindingen aanwezig kunnen zijn zullen deze in overleg met de opdrachtgever ook in het monitoringsprogramma worden opgenomen.

Commented [ ]: Toelichting: Doel is om te toetsen of effecten op het grondwater groter zijn dan toegestaan volgens BBK.

#### Gezondheidskundige aspecten

De gezondheidskundige aspecten van het TGG materiaal zullen worden onderzocht door het RIVM. Het monitoringsprogramma, op welke stoffen, de frequentie en locaties zal met het RIVM moeten worden afgestemd.

Het Besluit Bodemkwaliteit stelt eisen aan onderzoek dat wordt uitgevoerd met het oog op het aanvragen van zogenaamde "bewijsmiddelen" voor grondverzet. Onderzoek met dit doel dient onder kwaliteitsborging, dat wil zeggen conform de richtlijnen van Kwalibo te worden uitgevoerd, door gecertificeerde bedrijven. Hoewel dit onderzoek niet wordt uitgevoerd ter verkrijging van bewijsmiddelen, zullen werkzaamheden waar nodig conform de richtlijnen van Kwalibo worden uitgevoerd. De onderstaande tabel geeft weer voor welke activiteiten welke richtlijnen en certificering zullen gelden. Zowel de terreinwerkzaamheden als de laboratorium werkzaamheden zullen uitgevoerd worden conform deze richtlijnen. Dit om te kunnen toetsen of het grondwater conform de eisen van het BBK beschermd is. De bedrijven die als onderaannemer fungeren voor deze werkzaamheden zullen ook de certificering (Kwalibo-regeling) moeten hebben conform deze richtlijnen bij uitvoering van de verschillende activiteiten.

Tijdens aanleg van de dijk zijn afzonderlijke partijen TGG in lagen op elkaar toegepast (door elkaar). Partijkeuringen conform Kwalibo kunnen als bewijsmiddel voor toepassen van partijen TGG dienen. Voor het karakteriseren (bemonsteringsplan) van in de dijk het toegepaste TGG zullen de richtlijnen van Kwalibo voor partijkeuringen echter niet gevolgd worden. Dit stuit namelijk op het praktisch bezwaar dat hiervoor veel boringen/grepen nodig zijn zodat de technische staat van de dijk zou worden aangetast. Daarnaast zou dit leiden tot een andere afbakening van partijen TGG dan tijdens de aanleg. Bovendien dient dit onderzoek niet om bewijsmiddelen op grond van het BBK aan te vragen. Voor het bemonsteren van de TGG in de dijk is daarom specifiek maatwerk (zie hfst 2.)

| Korte naam | Naam  | Versie | Datum      | Gebruik   |
|------------|---|--------|------------|---|
| AP04       | Accreditatieprogramma voor keuring van partijen grond, bouwstoffen en korrelvormige afvalstoffen                                  | 9      | 23-06-2016 | Analyses waterkwaliteitsparameters (analoog aan AP04-E), uitloog- (AP04-U en -E) en samenstellingsonderzoek (AP04-SG). Alles conform AP04-V en AP04-A |
| BRL1000    | BRL-SIKB 1000 Monsterneming voor partijkeuringen, met wijzigingsblad (10 maart 2016)  | 8.2    | 2-12-2014  | Zie BRL1001   |
| BRL1001    | Protocol 1001 Monsterneming voor partijkeuringen grond en baggerspecie (10 maart 2016)  | 2.1    | 12-12-2013 | Partijkeuring   |
| BRL2000    | BRL 2000 Veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek (incl wijzigingsblad, versie 3)   | 5      | 12-12-2013 | Zie BRL2001, BRL2002  |
| BRL2001    | Protocol 2001 Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen (incl | 3.2    | 12-12-2013 | Plaatsing peilbuizen en nemen grondmonsters   |

Commented [ ]:

Moet dit niet het protocol BRL 1002 zijn?  
**MONSTERNEMING VOOR PARTIJKEURINGEN NIET-VORMGEGEVEN BOUWSTOFFEN**  
 WS: de keuze voor beoordeling als grond maakte BRL1001 logischer. Bij het uitloogonderzoek is BRL 1002 wellicht passender, maar de verschillen zitten vooral in de partijkeuringsgrootte. Gezien de gewijzigde benadering echte riet meer van belang.

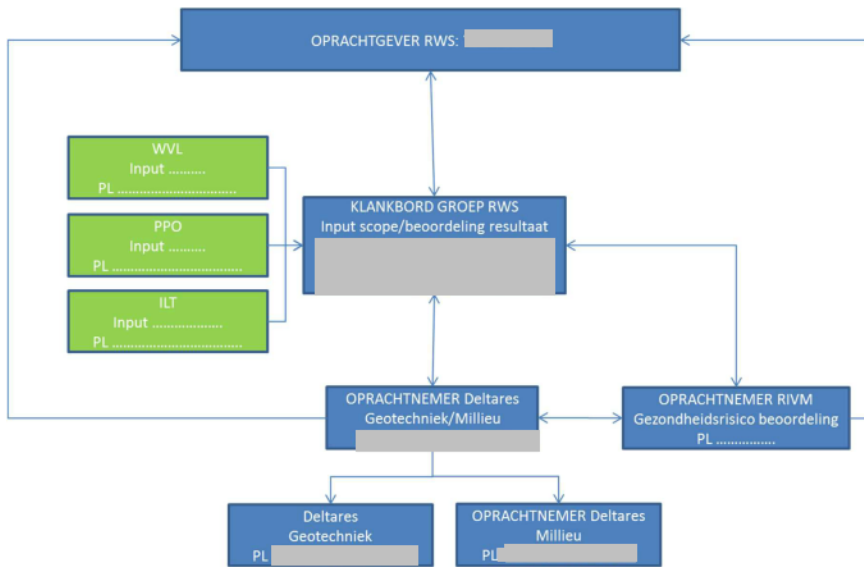
|         |  |     |            |                            |
|---------|--|-----|------------|----------------------------|
|         | wijzigingsblad, versie 3)                      |     |            |                            |
| BRL2002 | Protocol 2002 Het nemen van grondwatermonsters | 4   | 12-12-2013 | Monsternamen in peilbuizen |
| BRL2100 | BRL SIKB 2100 Mechanisch boren                 | 3.3 | 16-04-2015 | Zie BRL2101                |
| BRL2101 | Protocol 2101 Mechanisch boren                 | 3.3 | 16-04-2015 | kernboringen               |

**1.31.4 Projectorganisatie**

Onderstaand organogram geeft een overzicht van de verschillende partijen, rollen en communicatielijnen. Rijkswaterstaat (RWS-PPO) in de persoon van [redacted] is de opdrachtgever naar Deltares en RIVM. Het RIVM heeft een aparte opdracht van RWS en valt buiten de opdracht van Deltares. Wel zal Deltares contact opnemen met het RIVM ter afstemming van de uit te voeren laboratorium proeven en te meten stoffen in grondwater en vaste materie.

Vanuit RWS is een klankbord geformeerd met [redacted]. De klankbord fungeert als verzamelpunt en verzorgt de afstemming tussen de verschillende RWS diensten die een betrokkenheid hebben in dit project. Dit voorkomt het ontstaan van verschillende communicatielijnen en discussies wat voor de planning van het onderzoek een risico kan vormen.

**Commented [9]:** Is dit al gepland zodat RIVM op het juiste tijdstip meelift?  
 →De datumprykke is is uit voor volgende week of de week daarop



**1.41.5 Leeswijzer**

Alle terreinwerkzaamheden en monitoringsactiviteiten worden beschreven in hoofdstuk 2. Hierin wordt toegelicht welke relatie de proeven hebben met de doelstelling(en), welke

gerelateerde normen van toepassing zijn, wordt een voorstel gedaan voor uit te voeren aantallen en bemonsteringschema's. Alle laboratorium proeven en de analyse van de resultaten worden beschreven in Hoofdstuk 3.

## 2 Terreinwerkzaamheden en (veld)monitoringsplan

### 2.1 Geofysische metingen

In het plan van aanpak worden op dit moment een aantal typen geofysische metingen voorzien:

- Geo-elektrische metingen
- Seismische metingen
- Crosshole tomografische metingen

Het doel van deze metingen is meervoudig

1. het in beeld brengen van de ruimtelijke variatie in **eigenschappen** van het dijklichaam;
2. het bepalen van karakteristieke locaties waar grondmonster genomen dienen te worden om tot een evenredige bemonstering van het dijklichaam te komen;
3. vaststellen welke technieken geschikt zijn om als monitoringstechniek **in te zetten**.

Commented [ ]: Welke eigenschappen?

De geofysica bestaat uit een verzameling van (indirecte) meettechnieken waarbij de eigenschappen van de ondergrond (grond en water) **worden** in kaart **worden** gebracht met behulp van trillingen (seismiek), elektromagnetische golven (geo-electriek, EM, Grondradar), magnetisme en gravimetrie. Deze technieken geven, in tegenstelling tot lineaire boorgat informatie, 2D of 3D informatie over de gehele lengte (of volume) van de dijk of de ondergrond waarover gemeten wordt. Deze technieken worden of eenmalig (metingen) of continue (monitoring) ingezet. De metingen kunnen vanaf het oppervlak en vanuit **boorgaten** worden uitgevoerd.

Commented [ ]: Worden van elke boring monsters genomen? En alle boorgaten worden dichtgemaakt?

Deze technieken zijn vooral geschikt om een ruimtelijk beeld te creëren van de ondergrond, het is daarbij noodzakelijk om gemeten fysische eigenschappen te vertalen naar de benodigde informatie. Hierbij wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van directe observaties zoals boorgaten, CPT's, e.d. In het ideale geval worden de geofysische metingen geïkt m.b.v. punt informatie en wordt de situatie tussen de punt informatie uit de geofysische metingen bepaald.

De kans op slagen van dit type metingen is afhankelijk van een aantal parameters:

- De bodemopbouw
- Terrein gesteldheid
- Het te meten contrast
- De onderzoeksdiepte (depth of investigation, DOI)
- Beschikbaarheid van groundtruthing informatie
- Expertise waarmee de metingen worden uitgevoerd
- Kwaliteit van de ingezette apparatuur

Het ontwerpen van een geofysische survey is maatwerk, het ontwerp dient afgestemd te worden op de bovenstaande parameters en bij twijfel en/of complexe situaties dient eerst getest te worden welke meettechnieken voor de betreffende vraagstelling en onder de terrein condities ingezet kan worden. Deze test kan synthetisch (in simulatie software) of in het veld uitgevoerd worden (een zogenaamde signaal test). Het oplossend vermogen van een techniek kan het beste getest worden in het veld. Het kan voorkomen dat bepaalde geofysische technieken niet toepasbaar zijn, bijvoorbeeld grondradar in gebieden **met zout grondwater**.

Commented [ ]: Daarvan is rond perkpolder sprake. Dus we kunnen nu misschien al concluderen dat technieken die niet toepasbaar zijn in zout grondwater niet bruikbaar zijn voor dit onderzoek.

De crosshole tomografie maakt gebruik van seismiek, waarbij in 1 boorgat een seismische (trilling) bron wordt gehangen en in een tweede boorgat een ontvanger. Ook hierbij wordt weer het verschil gemeten tussen de bron trillingen en de ontvangen trillingen waarbij het verschil duidt op verschillende eigenschappen.

## 2.1.1 Geo-elektrische metingen

Bij Geo-elektrische metingen wordt een elektromagnetisch veld aan het oppervlakte de ondergrond ingestuurd. Opnemers uitgezet in een raai op het maaiveld (op de kruin van de waterkering bijvoorbeeld) meten feitelijk de weerstandsrespons van de onderliggende lagen. Het verschil in weerstand kan worden vertaald in verschillende eigenschappen. De elektrische weerstand van de ondergrond is afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond, de dikte van de verschillende lagen, de verzadiging van de ondergrond, samenstelling van het grondwater en de temperatuur van de ondergrond. Indien voldoende groundtruthing informatie beschikbaar is (bijvoorbeeld betreffende de lithologie en de eigenschappen van het grondwater) kunnen er uitspraken gedaan worden over ruimtelijke variaties in porositeit en onder gunstige omstandigheden grondwater stroming.

Deze metingen kunnen in 2D en in 3D worden uitgevoerd, vanaf het maaiveld en vanuit boorgaten (zie paragraaf crosshole tomografie).

Middels het uitvoeren van een aantal 2D raaien op de TGG dijk en aanpalende natuurlijk dijk tracé kan vastgesteld worden of deze meettechniek de benodigde informatie kan leveren. De parameters die met deze metingen onderzocht worden zijn: gelaagdheid, heterogeniteit, water kwaliteit (voor zover deze leidt tot een contrast in geleiding), verzadiging en mogelijk porositeit. Deze informatie is onder andere belangrijk voor het bepalen van de opbouw van de TGG dijk en de keuze voor de locaties (in x,y en z) voor het plaatsen van de peilfilters en nemen van grondmonsters. Het is ons niet bekend welke variaties in geleiding van het TGG materiaal verwacht mogen worden, mogelijk geven deze metingen een maar<sup>1</sup> voor variaties in eigenschappen van dit materiaal.

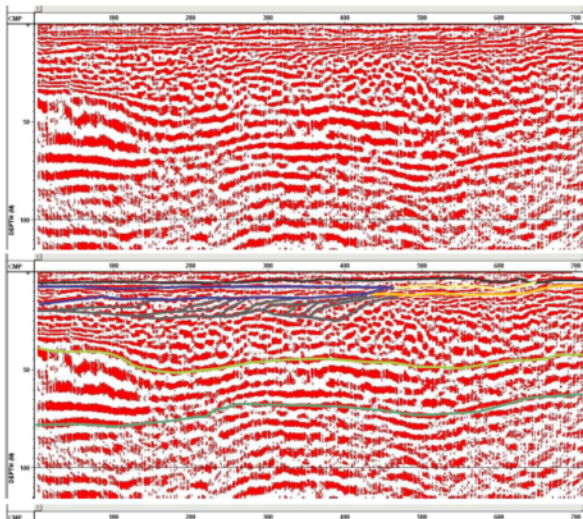
De DOI van dit type metingen is afhankelijk van de geologie en de gekozen meetopstelling. Het is mogelijk om tientallen meters diep te kijken met dit type metingen, dit kan door de afstand tussen de elektroden te vergroten, dit leidt wel tot een afname van de resolutie. De resolutie kan verhoogd worden door de elektrodes dichter bij elkaar te plaatsen. Bij het ontwerp van meetopstelling dient een balans gevonden te worden tussen DOI, resolutie en meetnelheid. Voor deze studie zal een meetopstelling ontworpen worden die zich richt op de eerste 10 tot 15 meter van de ondergrond (inclusief dijklichaam) of dieper indien dit gewenst is.

## 2.1.2 Seismische metingen

Seismische methodes maken gebruik van de verschillende voortplantingssnelheid van mechanische golven door de ondergrond. Er zijn verschillende typen golven en meetprincipes die gebruikt kunnen worden om de verschillende eigenschappen van de ondergrond in kaart te brengen, Ook deze technieken kunnen gebruikt worden om zowel 2D als 3D informatie in te winnen. De metingen kunnen vanaf het oppervlak en vanuit boorgaten uitgevoerd worden. De metingen worden uitgevoerd door het combineren van een seismische bron en een serie ontvangers welke in een lijn (2D) of vlak (3D) opgesteld worden. De hoogste resolutie kan

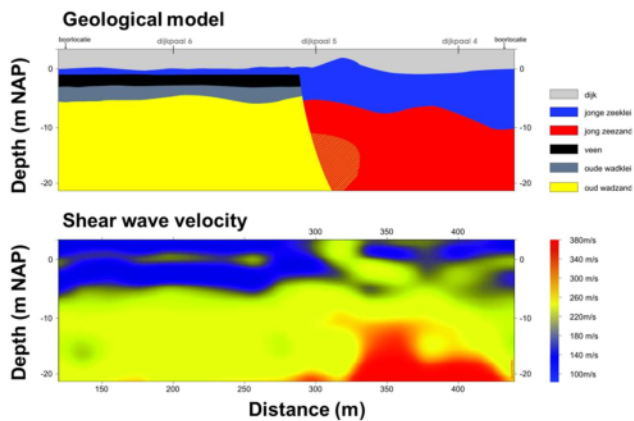
behaald worden met reflectie en refractie methoden, Deze methoden kunnen met P golven (compressie golven) en S golven (shuifgolven) uitgevoerd worden. De P golven zijn vooral geschikt voor de verzadigde zone en de wat diepere ondergrond, S golven zijn vooral geschikt voor de ondiepere ondergrond en leveren ook informatie over de onverzadigde zone. Door beide type golven te combineren kan ook de poisson ratio bepaald worden, deze informatie is van belang bij het bepalen van de dynamische eigenschappen van de ondergrond en het vaststellen van de top van de verzadigde zone.

Sterkte eigenschappen kunnen met behulp van oppervlakte golven in kaart gebracht worden. Deze techniek heeft ten opzichte van de P en S golf metingen een lagere laterale resolutie maar heeft als voordeel dat de uitvoering relatief eenvoudig is, snel gaat en dat met deze techniek de stijfheid van de ondergrond wordt gemeten. Deze parameter kan uit de ander technieken alleen indirect worden afgeleid.



Figuur 2.1 Voorbeeld van een 2D seismisch profiel

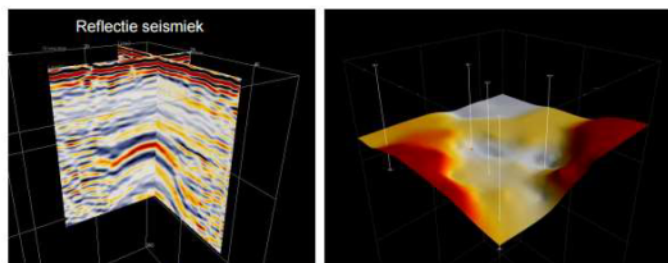
Seismische metingen kunnen zowel actief (gebruikmakend van een actieve trillingsbron) als passief (gebruikmakend van omgevingsgeluid) uitgevoerd worden. Waarbij de eerste methode vooral gebruikt wordt voor metingen en de twee methode vooral gebruikt wordt voor monitoring.



Figuur 2.2 Voorbeeld van de vertaling van een seismisch meetresultaat (in dit geval een stijfheid profiel ingewonnen met oppervlakte golven) naar een geologisch conceptueel model (top). Deze techniek geeft duidelijk verticale en laterale verschillen in stijfheid weer (kleurvariaties) maar de begrenzing van fenomenen (zoals de geul vorm, rood in bovenste profiel) is minder scherp ingekaderd.

Seismische metingen (P en S golven) kunnen ook vanuit boorgaten worden uitgevoerd (zie paragraaf crosshole tomografische metingen).

Seismische metingen geven informatie over de opbouw van de ondergrond, de heterogeniteit en de sterkte eigenschappen van ondergrond. Met dit ruimtelijke beeld kunnen de monsterlocaties voor de kernboringen worden geselecteerd, hiermee wordt onder andere gegarandeerd dat verschillende deelvolumes TGG met verschillende sterkte eigenschappen (indien aanwezig) evenredig bemonsterd worden.



Figuur 6 –Voorbeeld van reflectie seismiek. Links: Twee snijdende seismische profielen met ieder een lengte van ca. 50 m. De kleurcodering geeft de sterkte van het seismische signaal weer. De reflectie op de ondoordringbare (afsluitende) laag is duidelijk te zien als rode lijn, op een diepte van 12 tot 15 m. Rechts: geïnterpreteerde morfologie van de afsluitende laag, gebruikt om de locatie van saneringsputten te optimaliseren. De kleuren geven de diepteligging weer van de afsluitende laag.





*Figuur 2.3* Enkele voorbeelden van seismische bronnen (boven) en de opnemers (onder), de opnemers bestaan uit een gesleept systeem (een landstreamer) of een gestoken array (met in de grond gestoken geofoons), het voordeel van de landstreamer is de meetsnelheid, het voordeel van de gestoken opstelling is de hogere kwaliteit van de resultaten

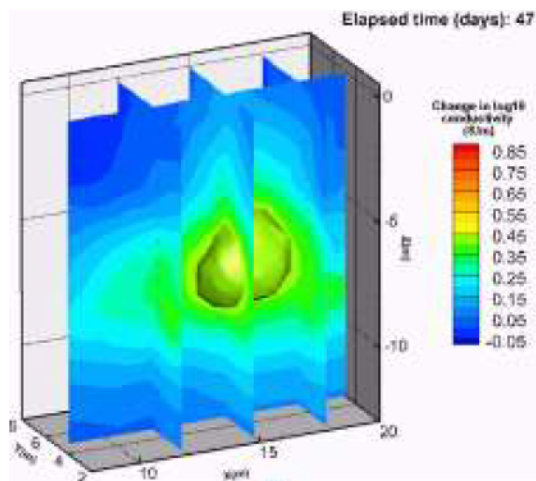
### 2.1.3 Crosshole Tomografie metingen

De in voorgaande paragrafen beschreven technieken kunnen zowel vanaf het maaiveld als vanuit boorgaten uitgevoerd worden. Het voordeel van de metingen aan maaiveld is dat in beperkte tijd een grote oppervlakte bemeaten kan worden. Het voordeel van de metingen vanuit boorgaten is dat de resolutie (het oplossend vermogen) hoger is, het nadeel is dat boorgaten nodig zijn, en de metingen arbeidsintensiever zijn.

De crosshole geo-elektrische metingen worden uitgevoerd door in twee boorgaten een reeks van elektrodes af te hangen welke gebruikt worden om een weerstandsprofiel te maken tussen deze boorgaten. De elektrodes dienen of in de formatie geplaatst te worden of in een volkomen filter, in een blinde buis werkt deze meettechniek. Met de resultaten kan de heterogeniteit en de opbouw van de ondergrond bepaald worden, indien voldoende groundtruthing informatie beschikbaar is kunnen ook uitspraken over porositeit en mogelijk grondwater stroming gedaan worden.

**Commented [ ]** : Dit heeft dus de voorkeur. Dus hiermee beginnen en indien nodig toch via boorgaten?

**Commented [ ]** : Dit slaat terug op de vorige paragrafen waarom is deze informatie daar niet gebracht?

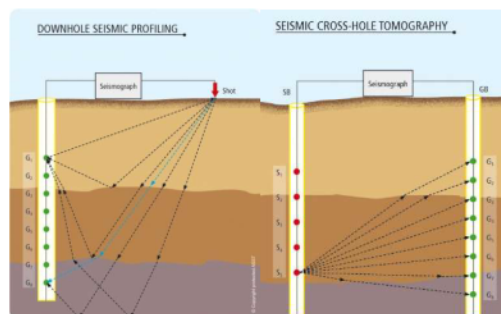


Figuur 2.4 Voorbeeld van een 3D ERT meting tussen boorgaten, de kleuren geven verschillende weerstands waarden weer

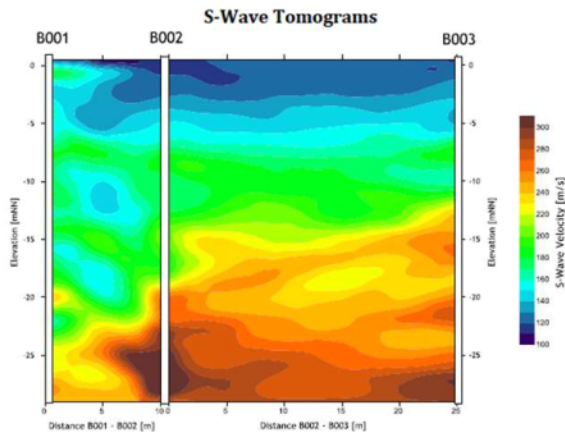
Zoals reeds gesteld kunnen seismische metingen vanuit een boorgat of ook tussen twee boorgaten uitgevoerd worden. Deze technieken heten downhole en crosshole seismic profiling/tomography.

Dit kan zowel met P golven als met S golven worden uitgevoerd. Waarbij de survey met P golven minder arbeidsintensief is dan de S golf survey. Het voordeel ten opzichte van de oppervlakte metingen is de hogere resolutie.

De metingen worden uitgevoerd door in een boorgat een reeks aan ontvangers te plaatsen en in een tegenovergelegen boorgat of aan het maaiveld een seismische bron te plaatsen.



Figuur 2.5 Schematische weergave van het meetprincipe van downhole (links) en crosshole (rechts seismische opnames.



Figuur 2.6 Voorbeeld van een S wave tomografische survey. Het verschil in snelheden is goed te zien, deze snelheden zijn te koppelen aan materiaal eigenschappen (combinatie van dichtheid en stijfheid) en geven bovendien de heterogeniteit in eigenschappen in verticale en horizontale zin goed weer, de afstand tussen de boorgaten is respectievelijk 10 meter (links) en 25 meter (rechts)

Dit type metingen kan uitgevoerd van uit open en blinde kunststof buizen (peilbuizen). Voor deze metingen is het belangrijk dat de annulaire ruimte tussen (peil)buis en boorgat wat gegroot of goed aangevuld wordt. De diameter van de (peil)buis dient minimaal 3 inch te zijn. In de buis dient een deviatie meting te worden uitgevoerd waarmee de helling van de (peil)buis wordt vastgesteld. Deze informatie is belangrijk bij het interpreteren van de metingen.

#### 2.1.4 Aanpak geofysische metingen

De geofysische metingen worden in een aantal fasen uitgevoerd. Voor aanvang van elke fase zal de aanpak met de opdrachtgever worden besproken. Dit mede gelet op het belang dat RWS hecht aan een goede communicatie over het onderzoek met de omgeving.

- 1) Fasering: fase 1 (op dijk) test van 7 dagen
  - a) Meten op 2 dijk tracés, TGG dijk en de referentie dijkMetingen in strekking van dijk
  - b) Seismische metingen, 2D
    - i) P golf
    - ii) S golf
    - iii) Oppervlakte golf
  - c) Geo-elektrische metingen
    - i) CVES, weerstands profiel
    - ii) SP/IP (om vast te stellen of eventueel grondwater stroming te meten is)
  - d) EM, resultaten vergelijkbaar met ondiepe geo-elektrische metingen maar qua uitvoering een efficiënter meettechniek DOI is circa 10 meter
  - e) Interpretatie en processing data
    - i) Vaststellen bodemopbouw
    - ii) Vaststellen heterogeniteit
    - iii) Bepalen locaties van boorgaten
    - iv) Bepalen maximale afstand tussen boorgaten

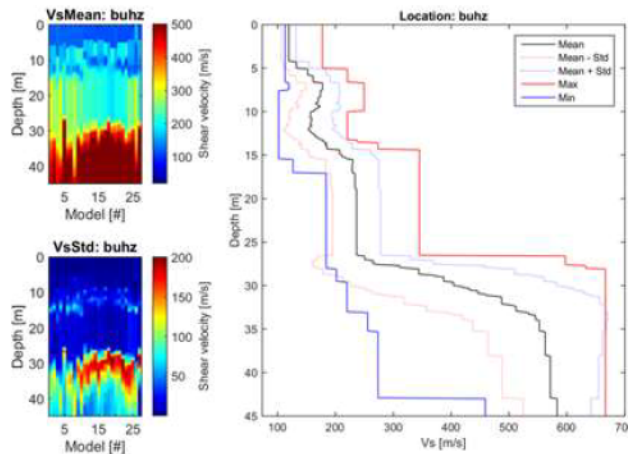
- v) Testen welke combinatie van meettechnieken voor deze specifieke vraagstelling het beste resultaat levert
- vi) tomografie
- 2) Fase 2 (ook op dijk)
  - a) Toepassen van in fase 1 geselecteerde methodieken op een groter deel van de dijk (ook referentie dijk)
    - i) Verdichten lijnen (pseudo 3D of 3D), Vaststellen of een 3D benadering zinvol is
    - ii) Bepalen variatie in lengte en breedte richting van dijklichaam
  - b) Tomografische metingen tussen boorgaten
    - i) Geo-elektrisch
    - ii) S-wave
    - iii) P-wave
    - iv)
  - c) Optioneel het uitvoeren van een test met passieve seismische tomografische metingen
- 3) Fase 3
  - a) Op basis van fase 1 en 2 wordt onderzocht of het wenselijk en mogelijk is de eigenschappen van de dijk te monitoren gebruikmakend van geofysische meettechnieken, hierbij kan gedacht worden aan seismische technieken en weerstandsmetingen.

Het doel van deze aanpak en fasering is onder andere het vinden van een optimale en efficiënte meetstrategie en het bepalen van de eigenschappen van de dijk. In fase 1 wordt onderzocht wat de beste meetopstelling is en de locaties voor de boorgaten vastgesteld. In fase 2 wordt deze methodiek verder toegepast om een meer ruimtelijk beeld van het dijklichaam te verkrijgen (TGG en referentie). Het is van belang om beide fasen op zowel de TGG dijk als de referentie dijk uit te voeren zodat er een standaard is om de meetresultaten mee te vergelijken. Bovendien wordt deze benadering niet veel toegepast op dijken waardoor er beperkt vergelijkingsmateriaal is betreffende een 'natuurlijke' dijk.

Bij het bepalen van een optimale meetopstelling spelen operationele aspecten een belangrijke rol, ook de toepasbaarheid van deze opstelling voor vergelijkbare problematiek zal worden meegewogen.

Geofysische technieken worden buiten de olie- en gasindustrie slechts beperkt ingezet als monitoringstechniek. Hiervoor zijn meerdere redenen, complexiteit van data analyse, kosten van metingen en uitwerking, kosten van meetapparatuur en onbekendheid met de mogelijkheden. Recente ontwikkelingen op het gebied van hard- en software maken het echter mogelijk om op een kosten efficiënte manier geofysische monitoring ook in het zogenaamde 'near surface' regime uit te voeren. Deze technieken zijn mogelijk ook toepasbaar voor dit project, de toegevoegde waarde en technische haalbaarheid hiervan zal onderzocht worden in fase 3 op basis van de resultaten van fase 1 en 2.

**Commented [ ]:** We weten niet zeker of een deel van de dijk Perkpolder (noord-oost) hiervoor kan dienen. Wellicht zit er geen TGG maar misschien toch wel.



Figuur 2.7 Voorbeeld van uitgewerkte oppervlakte golf data, rechts de het verloop van Vs (~stijfheid) snelheden (met bandbreedte) gemiddeld over een gebied van circa 150 meter. Linksboven de variatie in snelheden binnen dit traject linksonder de standaard deviatie in snelheden van dit traject.

### 2.1.5 Aanvullende technieken

Deltares heeft de laatste jaren veel ervaring opgedaan met het uitvoeren van monitorings projecten met behulp van glasvezel technologie. De mogelijkheden van deze technologie zijn groot. Het grote voordeel is dat over lange trajecten (kilometers tot tientallen kilometers) op hoge resolutie gemeten kan worden zonder dat er hoge kosten zijn verbonden aan de sensoren. De sensor is namelijk een glasvezel kabel welke veel goedkoper is dan reguliere sensoren. Bovendien heeft een glasvezel kabel geen waarde voor derden waardoor de infrastructuur in het veld veel minder vandalisme gevoelig is. Met deze technologie kan onder andere temperatuur en vervorming gemeten worden. Temperatuur blijkt een goede proxy te zijn voor verschillende processen in het grondwater. Middels een veld test ,gebruikmaken van de boorgaten die al gepland zijn, kan worden vastgesteld of verder inzet van deze technologie voor dit project zinvol is. Een van de hypothesen is dat de TGG dijk kan leiden tot ongewenste vervorming van het dijklichaam ook deze parameter is meetbaar met glasvezel technologie, echter pas wanneer er daadwerkelijk vervorming optreedt wat wellicht te laat kan zijn voor mitigatie.

Recente ontwikkelingen maken het mogelijk om ook seismische monitoring uit te voeren met glasvezel technologie, hierbij worden trillingen, vervormingen en temperatuur gemeten, een waardevolle set aan informatie met een relatief geringe inspanning. Indien blijft uit de eerste fases dat passieve seismische technieken de gewenste resolutie leveren dan dient de inzet van deze techniek zeker overwogen te worden. Met seismische monitoring is het wellicht mogelijk de ontwikkeling in eigenschappen van de TGG dijk over tijd te meten en te voorspellen, voordat ongewenste grootschalige deformatie optreedt.

Deze technologie is nieuw en biedt vele mogelijkheden, Deltares werkt samen met de leidende ontwikkelaars van deze technologie en bezit de benodigde apparatuur, zodat inzet in projecten mogelijk is. Deze optie is niet opgenomen in onze aanbieding maar dient wat ons betreft zeker overwogen en getest te worden, de toepassingsmogelijkheden zijn veel breder dan het voorliggende project, echter veld validatie is nodig en dit project kan hierin wellicht een voortrekker rol spelen voor RWS.

Commented [ ]: Lijkt me geen bezwaar. Voor langjarige monitoring gericht op levensduur en functionaliteit lijkt me dit (nu) een goede optie.

Commented [ ]: Is inderdaad een goed idee om lopende het onderzoek te bespreken (faseovergang).

## 2.2 Boringen en monsternamen

In dit plan van aanpak (versie 1) worden vooral nog 6 boringen voorzien in het TGG materiaal en 3 in een naastgelegen dijksectie waar geen TGG materiaal is aangebracht. Dit totaal aantal boringen van 9 stuks komt voort uit de aangeboden en gehonoreerde offerte (kenmerk 11200482-000-GEO-002). Het exacte boorplan zal worden gebaseerd op de uitkomsten van het geofysisch onderzoek. De boringen dienen verschillende doelen te weten:

- 1) Monsternamen ter:
  - a) bepaling van de geotechnische eigenschappen zoals (initiële) korrelverdelingen, doorlatendheid, sterkte en/of stijfheid van het TGG materiaal
  - b) bepaling van de chemische samenstelling en reactiviteit van het TGG materiaal
  - c) vergelijk van het TGG materiaal met klassiek zand zoals gebruikelijk in de kern van een waterkering en plaatsing van referentie peilfilter
- 2) het uitvoeren van tomografische metingen ter bepaling van de stijfheid en mate van 'verkitting' van het TGG materiaal.
- 3) Het plaatsen van peilfilters ter bepaling van de waterstanden en water kwaliteit in het TGG materiaal en in de onderliggende grondlaag

**Commented [ ]:** Gaat deze paragraaf alleen over boringen die worden gezet om monsters te nemen?

**Commented [ ]:** Zie ook opmerking in de inleiding over het verwijzen naar de offerte (hfst 1). Dit plan is een 1<sup>e</sup> product van de opdracht. Uiteindelijk moet de toegepaste TGG goed gekarakteriseerd worden. Zie hiervoor ook de redactionele voorstellen over monsternamen van de TGG in de dijk kern. Of 6 boringen genoeg zijn waag ik alvast te betwijfelen. Dus dat lees ik hier liever ook niet zo stellig terug. Zie ook opmerking 5. Boringen voor toepassen andere meettechnieken ook gebruiken voor monsternamen. Een en ander vind ik nog wat onduidelijk.

### 2.2.1 Relatie met richtlijnen en voorschriften

Er bestaat voor de situatie als deze niet echt een richtlijn voor de minimale hoeveelheid en spatiele verdeling (onderlinge afstand) van de boringen als het gaat om het vaststellen van de geotechnische eigenschappen. De maximale afstand voor de tomografie metingen zal in deze bepalend zijn en volgt na het uitvoeren van de geo-elektrische metingen op de kruin van de waterkering. Hierbij moet gerekend worden op een maximale afstand van tussen de 10 a 20 meter. Dit betekent dat met zes boringen een totale lengte van circa 50m a 100m van de totale waterkering met TGG kan worden bemonsterd.

Voor chemische analyse wordt bemonsterd en geanalyseerd conform Besluit Bodemkwaliteit en Regeling Bodemkwaliteit. Daarbij is van belang om verschillende locaties bepalingen te doen en ruimtelijk zichtbaar te maken waar eventuele verschillen zitten. De verantwoordelijkheid voor de opstelling van het plan hiervoor ligt bij het BRL-gecertificeerde bedrijf, die daarvoor overlegt met Deltares.

**Commented [ ]:** Maar 50-100 m dijk lengte is slechts 4,5 % van de totale dijk lengte. Is dit dan wel representatief? Volgens 2.2 worden in 6 boorgaten geofysische metingen in de TGG uitgevoerd. Ik neem aan dat deze over de 2,2 km TGG dijk worden verdeeld om een goed ruimtelijk beeld te krijgen van de meetresultaten. Maar deze boorverdeling lijkt niet consistent met die nodig is voor de geoelectrische metingen. Hoe zit dit?

~~Tevens is een bepaling van de staat van de dijk als geheel, daarvoor is een samenstellingsanalyse nodig conform BRL 1000 (protocol 1001), waarvoor 100 aselechte grepen nodig zijn per partij. Omdat onduidelijk is of er sterke heterogeniteit in het materiaal zit (en dus de partij niet als 1 partij kan worden aangemerkt), zullen de andere uitgevoerde boringen (en bepalingen) dienen als vooronderzoek om dit te beoordelen. Indien wordt vastgesteld dat de aangebrachte grond uit meerdere partijen bestaat, zullen meerdere mengmonsters genomen moeten worden.~~

**Commented [ ]:** Zie ook opmerking 12. Dijk als geheel beschrijven met alle metingen tesamen.

### 2.2.2 Type boringen en afwerking

Indien het TGG materiaal sterk verkit blijkt zal met de gangbare boortechnieken zoals Ackermann bussen waarschijnlijk geen continue monsters kunnen worden gestoken. Indien dit het geval is zal met kernboringen worden geboord. Het doel is om een volledige continue kern over de gehele diepte van kruin tot circa 2 a 3 meter in het onderliggende pakket te verkrijgen. De diameter van deze kernboringen is 100mm. Het voordeel van continue monsternamen is dat de variatie (in termen van het visueel waarneembare korrelverdelingen, verkitting en zeer afwijkende samenstelling) binnen het TGG materiaal zeer duidelijk wordt.

**Commented [ ]:** partijen zijn niet te herkennen gezien de bouwwijze. De keringen zijn laagsgewijs in verschillende delen opgebouwd. De dijk is dus 1 groot mengmonster. Verschillen tussen de monsters zijn volgens mij eerder toe te wijzen aan de heterogeniteit van het materiaal (in de tijd) dan aan verschillende partijen.

**Commented [ ]:** Doorgehaald want hierop wordt nu in begin van dit hoofdstuk reeds op ingegaan. Zie tekstvoorstel.

In de boorgaten zullen minimaal 2, maar maximaal 3 peilfilters geplaatst worden. In ieder geval zal 1 van de te plaatsen peilfilters in de grondlaag onder het TGG geplaatst worden. Hiervoor moet deze afsluitende laag boven het peilfilter worden hersteld om directe lekkage uit de TGG kern te voorkomen. De afdichting zal plaatsvinden met zogeheten mikolit (een klei met zwellende eigenschappen) en zal conform de richtlijnen voldoen aan de eisen van afsluitbaarheid.

Additioneel materiaal buiten de boorkernen zal worden afgevoerd conform regelgeving.

De monsternamen en monsterbehandeling zal plaatsvinden conform [BRL9335](#) [BRL210](#) ([protocol 2101](#)), tenzij onder dit certificaat het onmogelijk blijkt om de monsters met de juiste kwaliteit boven te halen.

### 2.3 Plaatsen Peilfilters

Er zijn in dit plan van aanpak in het totaal 18 peilfilters voorzien (2 per voorziene boring) zowel in het TGG als buiten de locatie waar TGG is toegepast. Peilfilters worden in den beginne iedere maand en na 3 maanden om de 3 maanden bemonsterd, waarbij tevens geleidbaarheid en pH wordt bepaald.

De exacte hoeveelheid en locatie van de peilfilters (en de bemonsteringsfrequentie) is afhankelijk van de verwachte grondwaterstroming en voortschrijding van uitgeloopte elementen. Deltares beheert een grondwater meetnet ter bepaling van de zoutintrusie als gevolg van het verplaatsen van de waterkering. Deze gegevens zijn van essentieel belang voor de bepaling van het grondwatermonitoringsmeetnet. Dinsdag 11 april zal intern Deltares een overleg plaatsvinden met analyse van het bestaande monitoringsnetwerk om het noodzakelijk geachte en de locaties van de additionele peilfilters te bepalen.

**Commented [ ]:** geldt deze BRL ook voor bescherming? Geen mannen in witte pakken, maar wel handschoenen/(mondkapje?). Zie voorschriften verwerking bodemas (volgens mij); ook pH 11-12.

[ ]: onder punt 5 van BRL 1002 is vermeld dat bij de monsterneming zo nodig persoonlijke beschermingsmiddelen gebruikt moeten worden.

Wat is de reden dat we BRL 9335 van toepassing verklaren? Want deze BRL is bedoeld voor de keuring van grond en baggerspecie die onder certificaat geleverd gaat worden. De certificaathouder moet ook een eigen kwaliteitssysteem inrichten! Dit lijkt me niet de bedoeling.  
→ Dit moet BRL2100 zijn;  
→ veiligheid wordt genoemd in BRL1001, maar moet in een veiligheidsoverleg worden besproken (volgens standaardpraktijk), waarin ook hoge pH wordt meegenomen.

**Commented [ ]:** Het lijkt ons goed om de frequentie in het begin een beetje te verhogen zodat je ook een soort reeksje als "nulmeting" krijgt voor het vergelijken van de navolgende monsters.

**Commented [ ]:** 11 april ligt al achter ons dus of het klopt niet of je kunt hier al uitkomsten vermelden.

**Commented [ ]:** plaatsing hiervan zou gebruikt kunnen worden om te kijken waar de TGG stop in waterkering B. Of is dat handmatig te doen; guts?

## 3 Laboratoriumonderzoeken en Analysesanalyses

De laboratoriumanalyses zullen zich richten op de chemische samenstelling en reactiviteit en de geotechnische eigenschappen van het vaste TGG materiaal zoals het op dit moment in de waterkering aanwezig is, maar ook op de watermonsters die gedurende het monitoringsprogramma uit de TGG kern van de waterkering en van het grondwater zullen worden genomen.

### 3.1 Chemische analyse op het (vaste) TGG materiaal

Van Op het vaste TGG wordt zowel samenstellings- en uitloogonderzoek gedaan. Samenstellingsonderzoek vindt plaats conform NEN7374AP04-SG –zoals genoemd in de Regeling Bodemkwaliteit terwijl het uitloogonderzoek volgens NEN7383 plaatsvindt en bepaling van concentraties vindt plaats conform AP04-U. Om een gevoel te krijgen voor het uitloogproces zullen 4 monsters geselecteerd worden waarop in plaats van uitloogonderzoek volgens NEN7383 een uitloogonderzoek volgens NEN7373 zal plaatsvinden.

Bij het te bepalen stoffenpakket wordt rekening gehouden met de analyses die benodigd zijn voor analyse van grond (bijlage B, Regeling bodemkwaliteit, Tabel 1, stofgroep 1-4 stofgroep 1-4).

Tevens is een aantal stoffen geïdentificeerd die door het thermische reinigingsproces en mogelijke menging met andere stoffen materialen een rol kunnen spelen. Omdat geen informatie beschikbaar is over de precieze herkomst van de grond (voordat die gereinigd werd) plus mogelijk de bijmenging van TAG, wordt het voorzorgsprincipe hier ruim ingevuld en wordt tevens de samenstellingswaarden voor sulfaat, chloride, fluoride, bromide en de 16 PAKs van EPA bepaald.

Bovendien worden tevens alle stoffen bepaald die ook worden bepaald bij bepaling van de maximale emissie- en samenstellingswaarden van bouwstoffen (Bijlage A, Regeling Bodemkwaliteit, groep 1, 2, 3, 4). Bovendien zullen voor PAKs, een groep van 16 worden bepaald volgens de standaard van Environmental Protection Agency.

De bepalingen zullen plaatsvinden op 4 vaste stofmonsters per boring. Afhankelijk van het resultaat van de eerste groep boringen, kan in overleg met RWS het aantal proeven en te bepalen parameters worden teruggebracht dan wel uitgebreid. Bovendien zullen deze analyses plaatsvinden op 2 samengestelde mengmonsters van de partijkouringsmonsters genomen conform BRL1000.

#### Verkittingspotentieel

Door de hoge pH in het uitloogende materiaal en de aanwezigheid van ongebluste kalk ( $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en mogelijk reactieve zwavelcomponenten kan mobilisatie plaatsvinden van calcium, zwavel ionen en (bij een pH boven de 12) ook aluminium en silicium. Als omstandigheden in de dijk veranderen (bij voorbeeld door infiltratie van (regen)water en getijde-werking), of indien de mobiele stoffen migreren naar zones in de dijk of buiten de dijk gelegen locaties, kunnen deze stoffen weer neerslaan en daar verbindingen vormen met de aanwezige grond. Van belang daarvoor zijn vooral die wijzigingen in omstandigheden, waarbij:

- Een overgang plaatsvindt tussen grondtypen (of overgang van grond naar een waterlichaam)

**Commented [ ]:** hoe wil Deltares dit praktische laten uitvoeren?

Voor niet vormgegeven bouwstof is BRL 1002 **MONSTERNEMING VOOR PARTIJKEURINGEN NIET-VORMGEGEVEN BOUWSTOFFEN** Van toepassing.

Hoe denkt Deltares uit plaatvast TGG afkomstig uit de boorkernen een fatsoenlijk mengmonster samen te kunnen stellen? Dan moet je de monsters uit de kernen gaan crushen. Dit is erg bewerkelijk.

Kan niet worden volstaan met het samenstellings- en uitloogonderzoek?  
→ uiteindelijk mee eens; zolang bij dhet uitloogonderzoek maar verschillende monsters worden bepaald, en geen mengmonsters, want daarin zit verlies van inof



- Een wijziging in redox-condities, die de oplosbaarheid van zware metalen en microbiële activiteit sterk beïnvloeden
- Wijziging in watergehalte
- Wijziging in concentratie (door verdunning of menging)

Deze processen kunnen leiden tot verkitting of een afname van de doorlatendheid. Om hierin meer inzicht te krijgen wordt ~~be~~gekeken naar het gedrag van deze mobiele componenten onder die condities waarbij de grootste kans is op verkitting het grootste is. -

Ten behoeve van de beoordeling van het verkittingspotentieel worden op alle boringen ook analyse gedaan ter bepaling van

- het gehalte ongebluste en gebluste kalk
- gehalten reactieve en niet reactieve zwavel
- Effect van pH en EC bij contact met water

Om het risico van verkitting beter te interpreteren wordt tevens voor boring de volgende analyses uitgevoerd:

- Effect van pH en geleidbaarheid van verschillende afgezeefde fracties (1 boring)
  - Hierbij wordt beoordeeld in welke fractie de reactiviteit het hoogst is. Deze bepaling is nodig ter interpretatie van de duur van de uitloging.
- Effect van wisselende Redox condities
  - Hierbij wordt gekeken hoe het mobiliseren en demobiliseren van ionen mogelijk leidt tot verkitting
- Effect van droog-nat variatie
  - Ook hierbij wordt gekeken naar mobiliseren en demobiliseren (oa door neerslaan) en de resulterende mogelijke verkitting.

De voor verkittingsanalyse toe te passen proeven ~~kunnen niet conform bovengenoemde protocollen worden uitgevoerd en~~ worden in het Deltares-laboratorium uitgevoerd onder de daar geldende kwaliteitssystemen. Bemonsteringen vinden ~~wel~~ plaats conform de vigerende Kwalibo-BRL.

Commented [ ]: Valt volgens mij ook niet onder Kwalibo vandaar de doorhaling.

### 3.2 Geotechnische analyse op het vaste TGG materiaal

De chemische processen binnen het TGG materiaal kunnen tot omzettingen leiden met fysische veranderingen en veranderende geotechnische eigenschappen tot gevolg. De geotechnische veranderingen, met name als gevolg van de verkitting zijn een lagere doorlatendheid en een (verhoogde) sterketoeename. Op locaties waar in het verleden TGG materiaal is toegepast is een dermate verkitting geobserveerd dat er sprake was van sterke monolietvorming waarbij het materiaal zich niet meer als los korrelig materiaal gedraagt maar eerder als een (licht) gecementeerd blok met eerder een druk- en treksterkte dan dat sprake is van een zand met een sterkte als gevolg van een interne frictiehoek. Hierdoor zullen de volgende geotechnische proeven worden uitgevoerd:

- Korrelverdeling, soortelijk gewicht van het materiaal
- Proctor dichtheden
- Doorlatendheidsproeven
- ~~Triaxiaal proeven~~
- UCS/vrije prisma proef (indien hoge mate van verkitting)
- Treksterkte proeven (indien hoge mate van verkitting)

Commented [ ]: Indien geschikt. Houd rekening met grove fractie.

Korrelverdeling bepalingen en soortelijke massa

De korrelverdeling, soortelijke massa en proctor dichtheden zijn standaard proeven die worden uitgevoerd voor loskorrelig zand gebruikt als constructie materiaal. Deze proeven worden uitgevoerd om een vergelijk in (initiële) fysische eigenschappen ten opzichte van 'gewoon' zand te maken.

#### Doorlatendheidsproeven

De doorlatendheidsproeven zullen worden uitgevoerd conform standaard doorlatendheidsproeven zoals gebruikelijk voor de bepaling van zand. Deze proeven dienen (tezamen met de korrelverdelingen, soortelijk gewicht en proctordichtheden) met name om een compleet beeld te vormen van de classificatie eigenschappen het TGG materiaal ten opzichte van 'normaal' zand.

De sterkte eigenschappen van 'normaal' zand worden uitgedrukt in cohesie en phi, waarbij de cohesie normaal gesproken 0 is en de phi wordt bepaald door middel van gedraineerde ~~Triaxiaal-triaxiaal~~ proeven. Deze waarde dient enerzijds ter vergelijking van het TGG materiaal met 'normaal' zand anderzijds is het natuurlijk een parameter die erg van belang is in de bepaling van de standzekerheid van het dijklichaam. Hierbij zal ook de Fugro rapportages mbt het toegepaste materiaal worden betrokken.

Indien de mate van verkitting echter zo hoog is (zoals bv bij fietsovergang over de A4 te Leidschendam) dat het materiaal niet meer als loskorrelig kan worden beschouwd zullen UCS en/of treksterkte (brazilian tensile strength test) proeven worden gedaan. Hieruit zal ook een stijfheidsmodulus bepaald worden die benodigd is voor bv eindige elementen methoden berekeningen ter bepaling van de veiligheid van de waterkering omdat de doorgaans gebruikte D-Geostability niet goed kan omgaan met zeer stijve monoliet achtige elementen.

### 3.3 Chemische analyse op de grondwatermonsters

Van grondwatermonsters wordt ~~in de eerste 3 maanden elke maand iedere 3 maanden~~ de pH en geleidbaarheid bepaald ~~en vervolgens iedere 3 maanden~~. Bovendien worden monsters genomen voor bepalen van uitspoelende materialen. Daarbij wordt ~~een "van grof naar fijn"-benadering gehanteerd, waarbij op basis van een analyse van de stoffen bepaald in het samenstellingsonderzoek van de boringen (Bijlage B, Tabel 1, stofgroep 1-4) en in ieder geval de een selectie wordt gemaakt uit de daar bepaalde stoffen stoffen bepaald uit (Bijlage B, Tabel 1, stofgroep 1-4 van de Regeling bodemkwaliteit, sulfaat, chloride, fluoride, Bromide bromide en de 16 EPA PAKs).~~

### 3.4 Chemische analyse op water uit kwelsloot

Van het water in de kwelsloot wordt de zelfde bepalingen uitgevoerd als genoemd in paragraaf 3.3.

## 4 Interpretatie en rapportage

Gezien dit project uit verschillende delen, onderzoeken bestaat met een gestage informatiestroom gedurende de doorlooptijd (nu voorzien voor twee jaar) zullen er verschillende rapportages worden opgeleverd.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende projectdelen en activiteiten met de voorgestelde rapportage vormen en frequentie. Indien mogelijk graag ook overlegmomenten en onderwerpen in tabel opnemen.

| Activiteit   | Rapportage  | Frequentie   |
|--|---|--|
| 1 <sup>ste</sup> fase geofysisch onderzoek   | Memo met voorstel 2 <sup>de</sup> fase geofysisch onderzoek en detail boorlocaties  | 1 maal na afronding (doorlooptijd 1 week)  |
| Boorprogramma en plaatsen peilfilters  | Feitelijke rapportage   | 1 maal na afronding  |
| 2 <sup>de</sup> fase geofysisch onderzoek  | Rapport geofysisch onderzoek, inclusief analyse   | 1 maal na afronding  |
| Geotechnische en chemische uitkomsten laboratorium onderzoek                                     | Feitelijke rapport  | 1 maal na afronding  |
| Analyse geotechnische aspecten TGG   | Rapport met de bevindingen en het vergelijk van het TGG materiaal in vergelijking met 'normaal' zand en mogelijke consequenties voor standzekerheid van de waterkering (inclusief mogelijke berekeningen) | 1 maal na afronding van lab onderzoek  |
| Analyse chemische aspecten TGG   | Rapport met de bevindingen en het vergelijk van de chemische aspecten van het TGG materiaal in vergelijking met normaal zand en de chemische samenstelling in vergelijking met voorschriften              | 1 maal na afronding van labonderzoek   |
| Grondwater bemonstering  | Memo met gemeten waarden en vergelijk met waarden uit richtlijnen   | Elke 3 maanden na plaatsing van peilfilters tenzij in onderling overleg met de opdrachtgever veranderingen optreden in monsternamen frequentie |
| Alle metingen en rapportages zullen in overleg met de opdrachtgever gedeeld worden met het RIVM. |   |  |

## 5 Geselecteerde onderaannemers en laboratoria

Een aantal werkzaamheden kan Deltares niet uitvoeren omdat Deltares niet over de specifieke certificering beschikt die nodig **kan zijn** voor het uitvoeren van bepaalde laboratorium onderzoeken en terrein activiteiten. Hiervoor zullen gecertificeerde onderaannemers gezocht worden ~~met de benodigde wat betreft BRL1000/BRL2000~~ (veldwerk en monsterneming), BRL9335 (boringen) of AP04 (bepalingen).

Verder zullen geen bedrijven benaderd worden die in het verleden werkzaamheden hebben uitgevoerd waardoor zij nu hun eigen werk zouden moeten gaan overdoen. Ook zal expliciet worden aangegeven dat deze bedrijven geen onderaannemers dienen in te zetten. Dit zou een mogelijke conflict van interesse betekenen en de kwaliteit van het onderzoek nadelig beïnvloeden. Het gaat hier om de bedrijven FUGRO-Fugro en SGS Intron.

Een viertal bedrijven zal worden beschouwd om de boringen te zetten, de peilbuizen te installeren en de chemische/milieukundige laboratoriumonderzoeken uit te voeren. ~~Op dit moment is zijn de bedrijven SGS Intron en Fugro vanwege hun betrokkenheid bij de aanleg van de Perkpolder kering uitgesloten om als onderaannemer te vragen.~~

De bedrijven die nu in aanmerking lijken te komen zijn voor veldwerk en bemonstering zijn TAUW Tauw, Anteagroep, Certicon, LieveenseCSO.

Voor laboratoriumproeven komen die bedrijven in aanmerking die gecertificeerd zijn volgens alle toe te passen AP04 protocollen. Eurofins (Analytico), Al-West en Alcontrol en Analytico lijken hiervoor in aanmerking te komen. Enerzijds lijkt het efficiënt om een bedrijf als TAUW Tauw uit te nodigen voor zowel het terreinwerk als het laboratoriumwerk, maar dit is wellicht niet wenselijk. In de week van 14-15 april mei zal de shortlist worden gefinaliseerd om daarna in overleg met de opdrachtgever te bepalen welke bedrijven om een offerte zal worden gevraagd. Het streven is om 3 offertes te hebben.

Onderdeel van de offerte zal een gedetailleerd uitvoeringsplan voor de monsternaming zijn. Dit zal in overleg met RWS worden vastgesteld.

Commented [ ] : Zo kan voorkomen worden dat het alsnog op de verkeerde plek terecht komt...

## 6 Planning (graag actueel maken en ook de afstemmingsmomenten opnemen.)

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande werkzaamheden.

| Activiteit  | Doel   | Planning       |
|---|--|----------------|
| Opstellen shortlist onderaannemers  | Voorleggen en check met OG   | 5 mei          |
| 1 <sup>ste</sup> fase geofysisch onderzoek  |  |                |
| Opstellen uitvraag onderaannemers   | Voorleggen en check met OG   | 18-22 april    |
| Finaliseer PvA  | Goedkeuring OG   | 22-29 april    |
| Uitvraag terreinwerkzaamheden en chemische analyses   |  | 22-29 april    |
| 1 <sup>ste</sup> fase geofysisch onderzoek  | Detail bepaling techniek en instelling 2 <sup>de</sup> fase geofysisch onderzoek, eerste bepaling heterogeniteit in dijklichaam en bepaling maximale afstand boorgaten tbv boorgat geofysica | n.t.b          |
| Uitvoeren boringen en plaatsing peilfilters   | Monsternamen en ter bepaling migratie uitlogingsproducten  | n.t.b          |
| Geotechnische laboratorium onderzoeken  | Sterkte eigenschappen, doorlatendheid, classificatieproeven  | n.t.b          |
| Chemische laboratorium onderzoeken  | Bepaling Chemische samenstelling   | n.t.b          |
| Analyse geotechnische eigenschappen TGG en vergelijk met 'normaal' zand                                   | Vergelijk van TGG materiaal met 'normaal' zand   | n.t.b          |
| Analyse chemische (volledige) eigenschappen en milieukundige aspecten TGG in vergelijk met 'normaal' zand | Vergelijk met normaal zand en bepaling wat er kan uitlogen of in het grondwater kan komen en dus inperking van grondwater testen   | n.t.b          |
| Grondwater bemonsteringsprogramma   |  | Elke 3 maanden |
|   |  |                |
|   |  |                |
|   |  |                |

## 7 **Kosten**

De kosten zullen op basis van gemaakte uren en kosten worden afgerekend op basis van de ingediende offerte.

**Commented [PD32]:** Gezien het bestaan van dit hoofdstuk de offerte al noemen in de inleiding. Zie tekstvoorstel daarvoor in hfst 1.

## 8 Bijlage 1

Relevante tabellen voor bepaling van te bepalen stoffen (zoals geldend vanaf 1 januari 2017) zijn hieronder opgenomen. Voor verwijzingen en verdere noten wordt verwezen naar de Regeling Bodemkwaliteit.

### Bijlage A., behorende bij [paragraaf 3.3](#) van de Regeling bodemkwaliteit

#### Maximale samenstellings- en emissiewaarden bouwstoffen

Tabel 1. Maximale emissiewaarden anorganische parameters

| Parameter                  | Vormgegeven<br>(E <sub>64d</sub> in mg/m <sup>2</sup> ) | Niet-vormgegeven<br>(mg/kg d.s.) | IBC-bouwstoffen<br>(mg/kg d.s.) |
|----------------------------|---|----------------------------------|---------------------------------|
| antimoon (Sb)              | 8,7   | 0,32                             | 0,7                             |
| arseen (As)                | 260   | 0,9                              | 2                               |
| barium (Ba)                | 1.500   | 22                               | 100                             |
| cadmium (Cd)               | 3,8   | 0,04                             | 0,06                            |
| chrom (Cr)                 | 120   | 0,63                             | 7                               |
| kobalt (Co)                | 60  | 0,54                             | 2,4                             |
| koper (Cu)                 | 98  | 0,9                              | 10                              |
| kwik (Hg)                  | 1,4   | 0,02                             | 0,08                            |
| lood (Pb)                  | 400   | 2,3                              | 8,3                             |
| molybdeen (Mo)             | 144   | 1                                | 15                              |
| nikkel (Ni)                | 81  | 0,44                             | 2,1                             |
| seleen (Se)                | 4,8   | 0,15                             | 3                               |
| tin (Sn)                   | 50  | 0,4                              | 2,3                             |
| vanadium (V)               | 320 <sup>1</sup>  | 1,8 <sup>1</sup>                 | 20                              |
| zink (Zn)                  | 800   | 4,5                              | 14                              |
| bromide (Br)               | 670 <sup>2</sup>  | 20 <sup>2</sup>                  | 34                              |
| chloride (Cl)              | 110.000 <sup>2</sup>                                    | 616 <sup>1, 2</sup>              | 8.800                           |
| fluoride (F)               | 2.500 <sup>2</sup>                                      | 55 <sup>2</sup>                  | 1.500                           |
| sulfaat (SO <sub>4</sub> ) | 165.000 <sup>2</sup>                                    | 2.430 <sup>2</sup>               | 20.000                          |

<sup>1</sup> In afwijking van de in tabel 1 opgenomen maximale emissiewaarden geldt bij toepassing van bouwstoffen in grote oppervlaktewaterlichamen als bedoeld in bijlage O bij deze regeling een maximale waarde voor vanadium van 460 mg/m<sup>2</sup> (vormgegeven) en 4,6 mg/kg droge stof (niet-vormgegeven), en voor chloride van 1070 mg/kg droge stof (niet-vormgegeven).

<sup>2</sup> In afwijking van de in tabel 1 opgenomen maximale emissiewaarden, gelden bij de toepassing van bouwstoffen op plaatsen waar een direct contact (mogelijk) is met zeewater of brak water met van nature een chloridegehalte van meer dan 5.000 mg/l: a) geen maximale emissiewaarden voor chloride en bromide, en b) de in de tabel opgenomen maximale emissiewaarden voor fluoride en sulfaat vermenigvuldigd met een factor 4.

Tabel 2. Maximale samenstellingswaarden organische parameters

| Parameter  | maximale waarde (mg/kg d.s.) |
|--|------------------------------|
| Aromatische stoffen                                |                              |
| benzeen  | 1 <sup>1</sup>               |
| ethylbenzeen                                       | 1,25 <sup>1</sup>            |
| tolueen  | 1,25 <sup>1</sup>            |
| xyleen (som)                                       | 1,25 <sup>1, 7</sup>         |
| fenol  | 1,25 <sup>2</sup>            |
| Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) |                              |
| naftaleen  | 5 <sup>3</sup>               |
| fenantreen   | 20 <sup>3</sup>              |
| antraceen  | 10 <sup>3</sup>              |
| fluoranteen  | 35 <sup>3</sup>              |
| chryseen   | 10 <sup>3</sup>              |
| benzo(a)antraceen                                  | 40 <sup>3</sup>              |
| benzo(a)pyreen                                     | 10 <sup>3</sup>              |
| benzo(k)fluoranteen                                | 40 <sup>3</sup>              |
| indeno (1,2,3cd) pyreen                            | 40 <sup>3</sup>              |
| benzo(ghi)peryleen                                 | 40 <sup>3</sup>              |
| PAK's (som)  | 50 <sup>4, 7</sup>           |
| Overige parameters                                 |                              |
| PCB's (som)  | 0,5 <sup>7</sup>             |
| minerale olie                                      | 500 <sup>5</sup>             |
| asbest   | 100 <sup>6</sup>             |

<sup>1</sup> deze maximale samenstellingswaarden gelden niet voor polymeerbeton voor een periode als opgenomen in [artikel 5.1.8, tweede lid](#), of voor bitumenproducten<sup>\*1</sup>.

<sup>2</sup> voor vormzand geldt een maximale waarde van 3,75 mg/kg droge stof.

<sup>3</sup> deze maximale samenstellingswaarden gelden niet voor voor bitumenproducten<sup>\*1</sup>, asfaltproducten<sup>\*2</sup> en granulaten<sup>\*3</sup>.

<sup>4</sup> voor bitumenproducten<sup>\*1</sup> en asfaltproducten<sup>\*2</sup> geldt een maximale samenstellingswaarde van 75 mg/kg d.s. voor PAK's (som).

<sup>5</sup> deze maximale samenstellingswaarde geldt niet voor rubberproducten<sup>\*1</sup>, toegepast op of onder kunstgrasvelden, bitumenproducten<sup>\*2</sup> en asfaltproducten<sup>\*3</sup>. Voor granulaten<sup>\*4</sup> en vormzand geldt een maximale waarde van 1.000 mg/kg droge stof.



**Bijlage B. , behorende bij hoofdstuk 4 van de Regeling bodemkwaliteit**  
**Achtergrondwaarden en maximale waarden voor grond en baggerspecie**

Table 1. Normwaarden voor toepassing van grond of baggerspecie op of in de bodem, voor de bodem waarop grond of bagger wordt toegepast en voor verspreiden van baggerspecie over het aangrenzende perceel (voor standaardbodem, in mg/kg/ds).

| Stof (1)   | Achtergrondwaarden | Maximale waarden voor verspreiden van baggerspecie over aangrenzend perceel <sup>2</sup> | Maximale waarden bodemfunctieklassen wonen | Maximale waarden bodemfunctieklassen industrie | Maximale waarden grootschalige toepassingen op of in de bodem |                     |
|--|--------------------|--|--|--|---|---------------------|
|  | mg/kg ds           | mg/kg ds   | Maximale waarden kwaliteitsklasse wonen    | Maximale waarden kwaliteitsklasse industrie    | Maximale emissiewaarden                                       | Emissietoetswaarden |
|  | mg/kg ds           | mg/kg ds   | mg/kg ds                                   | mg/kg ds                                       | mg/kg L/S 10  | mg/kg ds            |
| <b>1. Metalen</b>  |                    |  |  |  |   |                     |
| antimoon (Sb)  | 4,0*               | X  | 15   | 22   | 0,070   | 9                   |
| arsen (As)   | 20                 | X  | 27   | 76   | 0,61  | 42                  |
| barium (Ba)  |                    | X  |  |  |   |                     |
| cadmium (Cd)   | 0,60               | X en 7,5   | 1,2  | 4,3  | 0,051   | 4,3                 |
| chrom (Cr)   | 55                 | X  | 62   | 180  | 0,17  | 180                 |
| kobalt (Co)  | 15                 | X  | 35   | 190  | 0,24  | 130                 |
| koper (Cu)   | 40                 | X  | 54   | 190  | 1,0   | 113                 |
| kwik (Hg)  | 0,15               | X  | 0,83                                       | 4,8  | 0,49  | 4,8                 |
| lood (Pb)  | 50                 | X  | 210  | 530  | 15  | 308                 |
| molybdeen (Mo)   | 1,5*               | X  | 88   | 190  | 0,48  | 105                 |
| nikkel (Ni)  | 35                 | X  | 39   | 100  | 0,21  | 100                 |
| tin (Sn)   | 6,5                | X  | 180  | 900  | 0,093   | 450                 |
| vanadium (V)   | 80                 | X  | 97   | 250  | 1,9   | 146                 |
| zink (Zn)  | 140                | X  | 200  | 720  | 2,1   | 430                 |
| <b>2. Overige anorganische stoffen</b>                       |                    |  |  |  |   |                     |
| chloride <sup>3</sup>  |                    |  |  |  | -   |                     |
| cyanide (vrij) <sup>4</sup>                                  | 3,0                |  | 3,0  | 20   | nvt   | nvt                 |
| cyanide (complex) <sup>5</sup>                               | 5,5                |  | 5,5  | 50   | nvt   | nvt                 |
| thiocyanaten   | 6,0                |  | 6,0  | 20   | nvt   | nvt                 |
| <b>3. Aromatische stoffen</b>                                |                    |  |  |  |   |                     |
| benzeen  | 0,20*              |  | 0,20                                       | 1  | nvt   | nvt                 |
| ethylbenzeen   | 0,20*              |  | 0,20                                       | 1,25   | nvt   | nvt                 |
| tolueen  | 0,20*              |  | 0,20                                       | 1,25   | nvt   | nvt                 |
| xylanen (som)  | 0,45*              |  | 0,45                                       | 1,25   | nvt   | nvt                 |
| styreen (vinylbenzeen)                                       | 0,25*              |  | 0,25                                       | 2,5  | nvt   | nvt                 |
| fenol  | 0,25               |  | 0,25                                       | 1,25   | nvt   | nvt                 |
| cresolen (som)   | 0,30*              |  | 0,30                                       | 5  | nvt   | nvt                 |
| dodecylbenzeen   | 0,35*              |  | 0,35                                       | 0,35   | nvt   | nvt                 |
| aromatische oplosmiddelen (som) <sup>6</sup>                 | 2,5*               |  | 2,5  | 2,5  | nvt   | nvt                 |
| <b>4. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)</b> |                    |  |  |  |   |                     |
| naftaleen  |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| fenantreen   |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| antraceen  |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| fluorantheen   |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| chryseen   |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| benzo(a)antraceen  |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| benzo(a)pyreen   |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| benzo(k)fluorantheen   |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| indeno(1,2,3cd)pyreen  |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| benzo(ghi)peryleen   |                    | X  |  |  | nvt   | nvt                 |
| PAK's totaal (som 10)  | 1,5                |  | 6,8  | 40   | nvt   | nvt                 |

De 16 PAK's aanbevolen door de Environmental Protection Agency (VS)

acenaftheen  
acenaftyleen  
anthraceen  
benzo[a]anthraceen  
benzo[a]pyreen  
benzo[b]fluorantheen  
benzo[g,h,i]peryleen  
benzo[k]fluorantheen  
chryseen  
dibenzo[a,h]anthraceen  
fenanthreen  
fluorantheen  
fluoreen  
indeno[1,2,3-cd]pyreen  
naftaleen  
pyreen

## 9 literatuurlijst