

Heroverweging aanpak stortplaats Crayestein-West

**Conceptueel model en afweging alternatieven
HVC Groep**

7 april 2023



Contactpersoon



Arcadis Nederland B.V.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	De locatie in perspectief	6
2.1	Geconcretiseerde eis WM-vergunning niet haalbaar	6
2.2	Kader en beleidsontwikkelingen	6
2.2.1	Aanleg vóór Stortbesluit	6
2.2.2	Zorgplicht	7
2.3	Verontreinigende stoffen	7
2.3.1	Alleen PFOA in onttrekkingswater	7
2.3.2	PFOA in stortvak 2 maatgevend	7
2.3.3	PFOA in de omgeving	8
2.3.4	Onttrekkingswater in perspectief	9
2.3.5	Lozing op de Beneden Merwede	10
2.4	Resumé	10
3	Conceptueel model	11
4	Alternatieven en afweging	15
4.1	Alternatieven stortplaatsbeheer	15
4.2	Uitgangspunten afwegingsproces	15
4.3	Afwegingsmethodiek en aspecten	16
4.4	Uitwerking alternatieven	17
4.4.1	Alternatief 1, voortzetten huidige onttrekking	17
4.4.2	Alternatief 2, Stoppen beheersing en lozing	18
4.4.3	Alternatief 3, Hoefijzer damwand tot 5/6 m-NAP	19
4.4.4	Alternatief 4: Ringschermwand tot ca 5/6 m-NAP en beperkte beheersing	21
4.4.5	Alternatief 5: Diepwand 26 m-NAP en beheersing 1 ^e wvp	22
4.5	Vergelijking alternatieven	24
5	Conclusies en aanbevelingen	25
5.1	Conclusies	25
5.2	Aanbevelingen	25
6	Literatuur	26

Bijlage 1: Chemische analyses onttrekkingen	27
Bijlage 2: Uitwerking Schermwanden	29
Colofon	30

1 Inleiding

Dit rapport is gericht op een definitieve aanpak voor het beheer en aanpak van de stortplaats Crayestein-West. Daartoe heeft Arcadis de diverse geohydrologische studies zorgvuldig beoordeeld en mede op basis hiervan een conceptueel model en een afweging gemaakt van alternatieve aanpakken voor de stortplaats. In een serie overleggen is deze aanpak besproken met OZHZ, provincie Zuid-Holland, HVC en Afvalzorg.

Beschermingsniveau Stortplaats Crayestein

De stortplaats Crayestein-West is vergund onder de Wet Milieubeheer, maar is niet voorzien van een onderafdichting. In de Wm-vergunning is opgenomen dat de Vergunninghoud(st)er de civieltechnische en geohydrologische maatregelen in stand dient te houden, waardoor ten minste wordt voldaan aan het beschermingsniveau van de Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen (Verenigingen van Afvalverwerkers, 1997) en de Ontwerp-procedure grondwatermonitoring stortplaatsen (Vereniging van Afvalverwerkers, 1995). Het doel van deze maatregelen is het voorkomen van verspreiding van een verontreiniging. Dit wordt verkregen door aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- Het grondwater minimaal 0,1 m onder de stortzool te beheersen (droge stortvoet).
- Te allen tijde te voorzien in zowel een horizontale als een verticale grondwaterstroming in de richting van de stort.

Om aan deze eisen te voldoen en verspreiding van verontreiniging te voorkomen wordt getracht de stort geohydrologisch te isoleren van de omgeving, door aan de bovenzijde en zijkanten de toestroom van neerslag en grondwater te voorkomen, dan wel tot een minimum te beperken. Aan de onderzijde is in het verleden geen onderafdichting aangebracht, echter was de verwachting dat de onderzijde van de stort geohydrologisch wordt afgesloten door een van nature voorkomende waterremmende bodemlaag. Voor de geohydrologische isolatie is voorzien in maatregelen (drainage en diepwell pompen) om de grondwaterstand in het stort te beheersen. Met de getroffen geohydrologische maatregelen wordt getracht een beschermingsniveau te halen dat minimaal gelijkwaardig is aan de beoogde bescherming van de bodem conform de Richtlijn onderafdichting [lit.18].

Probleemstelling

De praktijk van de locatie blijkt echter complex, en een voldoende verlaging van de grondwaterstand in de stortplaats blijkt niet mogelijk. Uit metingen blijkt dat niet overal wordt voldaan aan de droogleggingseis van de stortvoet en op een groot deel van de stortplaats is sprake van wegzijging (neerwaartse stroming). Daarnaast volgt uit een door de opdrachtgever opgestelde waterbalansanalyses dat relatief veel omgevingswater wordt onttrokken, wat duidt op onvoldoende isolatie van de omgeving. Sinds de aanleg van de bovenafdichting in 2011 is het nog niet mogelijk gebleken om aan de droogleggingseis of aan de toestroomingseis van grondwater te voldoen. In de afgelopen 10 jaar zijn al meerdere studies uitgevoerd en aanvullende maatregelen getroffen met het doel om wél aan deze eisen te voldoen. Telkens bleek het niet mogelijk om tot een bevredigende oplossing te komen.

Op zoek naar oplossingen

In een brainstormsessie in het najaar van 2020 [lit.5] is naar alternatieve oplossingsrichtingen gezocht. Dit heeft geresulteerd in het memo "Resultaten brainstormsessie en uitwerking varianten" d.d. 3 april 2020 opgesteld door Bodemzorg. De oplossingsrichtingen in het memo waren aanleiding om een grondigere review en screening van alternatieven uit te voeren. Als resultaat van het daaropvolgende offertetraject heeft HVC aan Fugro gevraagd om een nadere geohydrologische analyse uit te voeren, en aan Arcadis een integrale afweging van de voor- en nadelen van mogelijke alternatieven uit te voeren. De studie van Fugro heeft bevestigd dat het redelijkerwijs niet mogelijk is om volledig te voldoen aan de droogleggings- en toestroomingseisen. Tijdens de bespreking van de conceptresultaten bleek het nodig om de studie uit te breiden met een grondiger conceptueel model en aandacht voor het stoftransport van PFOA door de onderliggende kleilaag. Daarmee kan een afweging worden gemaakt van maatregelen die kunnen worden getroffen om de nadelige gevolgen voor het milieu zo veel als redelijkerwijs mogelijk te voorkomen.

Leeswijzer

Dit rapport gaat in hoofdstuk 2 in op het bijzondere karakter van de locatie en de overwegingen die bij de afweging van alternatieven een rol spelen. Op basis van de diverse geohydrologische studies en monitoringsrapporten wordt in hoofdstuk 3 een conceptueel model gepresenteerd, waarin de grondwaterstroming en de verspreiding van verontreinigingen in de ondergrond wordt duidelijk gemaakt. In hoofdstuk 4 worden 5 alternatieve scenario's voor de stortplaats toegelicht en afgewogen. In hoofdstuk 5 tenslotte worden de conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 De locatie in perspectief

Stortplaats Crayestein West is een bijzondere locatie. Behalve dat is gebleken dat de geohydrologie grillig en onvoorspelbaar is, waardoor niet kan worden voldaan aan de WM-eisen, is de locatie ook gelegen in de contour van een omvangrijke verontreiniging met PFOA. Dit alles vraagt om een zorgvuldige en integrale afweging. In dit hoofdstuk worden de overwegingen beschreven die de bijzondere situatie van deze stortplaats in perspectief plaatsen, en die een rol spelen bij de gevraagde zorgvuldige afweging. Aan het einde van dit hoofdstuk worden in een resumé de voornaamste conclusies aangehaald uit de verschillende overwegingen.

2.1 Geconcretiseerde eis WM-vergunning niet haalbaar

Uit de geohydrologische analyses van Van Someren [lit.10] en Fugro [lit.16] komt naar voren dat het in de praktijk niet mogelijk blijkt om te voldoen aan de eisen zoals deze zijn geconcretiseerd in de WM-vergunning. Mede door flinke zettingen is het niveau van de stortzool zeer grillig, en door de aangebrachte puinlaag is het niet mogelijk om onttrekkingen te realiseren onder de diepste punten van het stortmateriaal. Daardoor kan de drooglegging niet worden gerealiseerd, en omdat de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket lager is dan de stortzool, kan ook niet worden voorkomen dat sprake blijft van een (beperkte mate van) infiltratie.

Ook aanvullende maatregelen om hier wel aan te voldoen worden niet haalbaar geacht:

- Het is niet mogelijk om de ontwatering te verbeteren zonder het volledige stortpakket tijdelijk te ontgraven. Gezien de aanwezigheid van asbest in het stortmateriaal is dit niet realistisch. Een initiatief om het stortmateriaal van Crayestein-West te verplaatsen naar de stortplaats 3^e Merwedehaven stuitte in het verleden om die reden op maatschappelijk verzet;
- De aan de zijkanen van de stort aanwezige kleikaden en hypoforsfolie zijn onvoldoende dicht of onvoldoende diep doorgezet, om toestromend grondwater van de zijkanen tegen te gaan bij actieve onttrekking.
- Ook het aanbrengen van een verbeterde zijafdichting zal niet leiden tot het volledig voldoen aan de vergunningsvoorwaarden, omdat de stortvoet met de aanwezige deepwells en drains ook dan niet drooggehouden kan worden, en ook bij maximale onttrekking sprake zal blijven van enige infiltratie.

Het feit dat niet aan de droogleggings- en toestromingseisen kan worden voldaan wordt onderkend door de OZHZ. In het eerdere memo van Bodemzorg van de brainstormsessie [lit.5] zijn oplossingsrichtingen verkend, die allen binnen het bestaande kader van de Wm-vergunning zijn gezocht. Uit onder meer de analyse van Fugro [lit.16] blijkt dat de impasse van het niet voldoen aan de vergunningsvoorschriften op deze wijze naar verwachting niet kan worden opgelost. In de afgelopen 10 jaar zijn ook al op een aantal momenten aanvullende maatregelen getroffen die niet het gewenste resultaat hebben geressorteed.

Bovenop deze impasse is de afgelopen jaren de problematiek van PFOA in de regio gekomen, en is gebleken dat het percolaat van Crayestein-West vooral verontreinigd is met PFOA. Dit heeft ook invloed op het beheer van de stortplaats.

Beide elementen, de impasse en de PFOA-problematiek, vragen om een zorgvuldige beschouwing en een specifieke aanpak. Daartoe stellen we voor om bij de beschouwing van alternatieve oplossingen een bredere afweging te maken, juist gericht op de optimale bescherming van het milieu tegen verontreinigende stoffen en de negatieve effecten daarvan. Daarbij wordt het al dan niet voldoen aan de voorschriften uit de Wm-vergunning meegenomen als afwegingsaspect, en niet als harde randvoorwaarde. In de afweging wordt primair gelet op de zorgplicht en de achterliggende doelstelling, het zoveel als redelijkerwijs mogelijk beperken van de negatieve gevolgen voor het milieu.

2.2 Kader en beleidsontwikkelingen

2.2.1 Aanleg vóór Stortbesluit

De (pre-)nazorg van Stortplaats Crayestein-West wordt uitgevoerd onder een Wm-vergunning, waarin de droogleggingseis is verwoord. De stortplaats is aangelegd vanaf 1987 en dateert daarom van voor de voorschriften uit het Stortbesluit Bodembescherming (januari 1993) of diverse richtlijnen voor onderafdichting of geohydrologische isolatie van stortplaatsen zoals die in de 90'er jaren zijn opgesteld. Met name de onderzijde van de stortvakken 1 en 2 voldoet dan ook niet aan deze ontwerpgrondslagen. Uit de geohydrologische analyse van Fugro 2021 [lit. 16] blijkt dan ook dat zowel de droogleggingseis uit de Wm-vergunning, als de eis aan de verticale toestroming in deze twee stortvakken niet kan worden bereikt, ook niet met aanvullende maatregelen.

2.2.2 Zorgplicht

De Wm kent in artikel 1.1a de algemene zorgplicht die stelt dat:

“De zorg,, houdt in ieder geval in dat een ieder die weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat door zijn handelen of nalaten nadelige gevolgen voor het milieu kunnen worden veroorzaakt, verplicht is dergelijk handelen achterwege te laten voor zover zulks in redelijkheid kan worden gevegd, dan wel alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van hem kunnen worden gevegd teneinde die gevolgen te voorkomen of, voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen, deze zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken”.

Ook in artikel 13 van de Wet Bodembescherming is de zorgplicht opgenomen:

“Ieder die op of in de bodem handelingen verricht, en die weet of redelijkerwijs had kunnen vermoeden dat door die handelingen de bodem kan worden verontreinigd of aangetast, is verplicht alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van hem kunnen worden gevegd, teneinde die verontreiniging of aantasting te voorkomen, ...”

De middelvoorschriften uit de Wm-vergunning moeten daarom ook zorgvuldig worden beoordeeld opdat ze ook voldoen aan het achterliggende doel waarvoor ze zijn opgesteld, de bescherming van bodem en water voor zover als redelijkerwijs mogelijk. De middelvoorschriften leiden tot een actieve onttrekking in stortplaats Crayestein-West. Deze actieve maatregelen hebben ook gevolgen voor het milieu, waarbij vooral de lozing van PFAS op het oppervlaktewater in ogenschouw moet worden genomen. Bij deze lozing is sprake van een aanzienlijke zuiveringsinspanning, ook voor zover als redelijkerwijs mogelijk. Omdat volledige zuivering van PFOA uit lozingswater onmogelijk is, zal er altijd enige PFOA worden geloosd.

2.3 Verontreinigende stoffen

2.3.1 Alleen PFOA in onttrekkingswater

Uit de monitoring van de beheersing in de periode 2018-2020 blijkt dat, afgezien van PFOA/PFAS, in de pompputten of deepwells niet of nauwelijks overschrijdingen voorkomen van de streefwaarden grondwater uit de Circulaire Bodemsanering 2013. Deze waarden geven aan of een bedreiging aanwezig is voor de bodemkwaliteit. Een enkele keer is nikkel aangetoond boven de T-waarde. De analysegegevens van de onttrekkingen zijn opgenomen in bijlage 1.

Sinds enkele jaren wordt gemonitord op PFAS. Op de stortplaats is in de 90'er jaren afval van DuPont gestort. De component PFOA is maatgevend. In peilbuizen in de stort zijn (zeer) plaatselijk concentraties PFOA gemeten tot 10.000 µg/l. Deze zijn later niet meer teruggevonden, en de gemiddelde kwaliteit in het onttrekkingswater is meer maatgevend voor de overall kwaliteit. In het water van de beheersing wordt in de deepwells tussen ca. 3 µg/l in DW1A, via ca. 80 µg/l in DW3A tot 170 µg/l PFOA in DW4A gemeten. In de pompputten PP7 en PP9, die verbonden zijn aan de drains wordt 20-30 µg/l PFOA gemeten met een enkele uitschieter van 75 µg/l in PP7, waarbij wordt opgemerkt dat PP7 een verzameling is van drains en de deepwells.

De gemiddelde concentratie PFOA in het totale onttrekkingswater bedroeg in de periode 2018-2021 37 µg/l, met een standaardafwijking van 18 µg/l. De maximaal gemeten concentratie bedroeg 130 µg/l. In de lozingsvergunning wordt uitgegaan van een lozing van 1,1 kg PFOA/jaar, hetgeen overeenkomt met een concentratie van 15 µg/l, bij een debiet van 8 m³/uur. Deze lozingseis is gebaseerd op de maximale zuiveringsinspanning die redelijkerwijs van HVC mag worden verlangd.

2.3.2 PFOA in stortvak 2 maatgevend

Stortvak 1

In het grondwater van stortvak 1 zijn tijdens het onderzoek naar het functioneren van de geohydrologische isolatie in 2019 [lit. 11] concentraties PFOA gemeten van 0,12 µg/l (Pb700a) tot 20 µg/l (Pb702). De gemiddelde concentratie in DW1a bedraagt circa 3 µg/l. In de voorganger DW1 is 24 µg/l gemeten. Deze concentraties wijken niet af van de freatische grondwaterkwaliteit in de directe omgeving (zie 2.3.3).

De concentraties in de grondmonsters van de boringen voor deze peilbuizen zijn circa 4-5 µg/kgds, behalve in 702 waar 83 en 15 µg/kgds worden gemeten ter plaatse van de top van de oorspronkelijke kleilaag en de laag daar onder (zand!).

Stortvak 2

In stortvak 2 worden hogere concentraties aangetroffen in de peilbuizen en deepwells. De gemiddelde concentratie in peilbuizen 703, 704 en 705 bedraagt 30 µg/l en in de deepwells DWa3 en DWa4 100 µg/l. Peilbuis 301 is een uitzondering. Deze staat in het centrum van de PFOA-verontreiniging van de stortplaats. Daarin worden met regelmaat uitschieters gemeten tot 3200 µg/l.

We gaan in de verdere beschouwing uit van een gemiddelde concentratie in stortvak 2 van 100 µg/l, gebaseerd op de concentraties in de deepwells en pompput. In de grond van de boringen van de peilbuizen 703-705 wordt 4-23 µg/kgds aangetroffen.

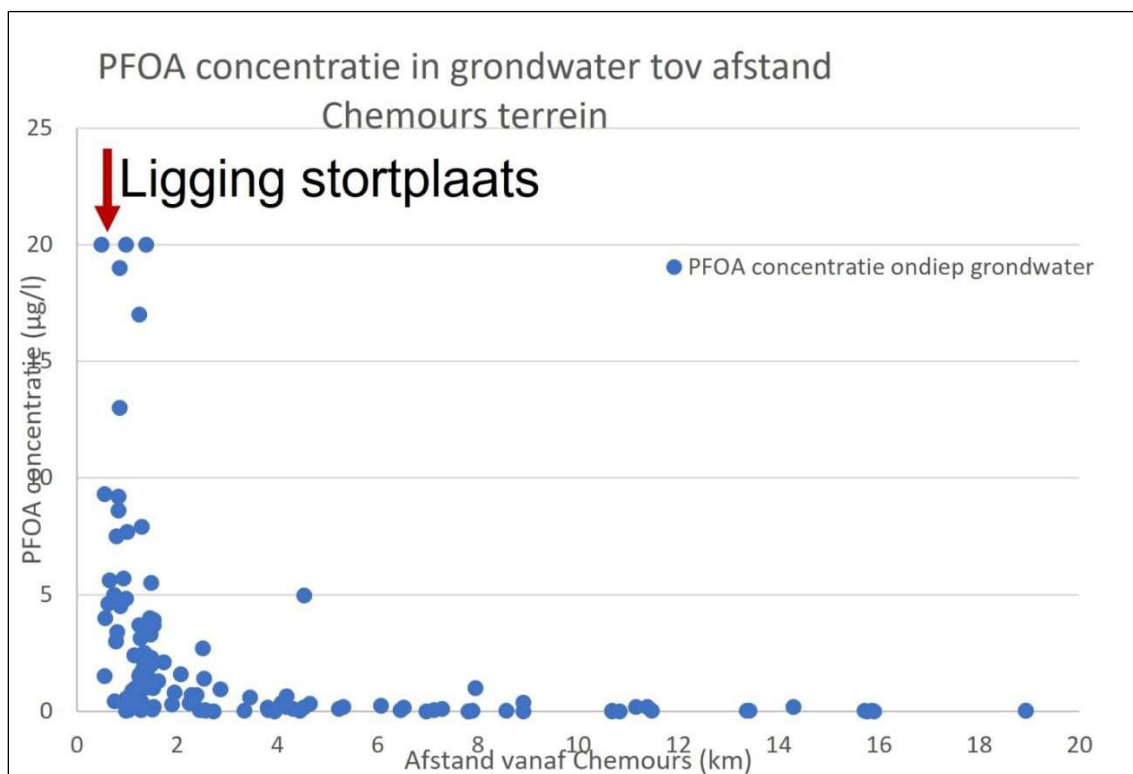
Stortvak 3

Door de effectievere drainage en andere hoogteligging wordt in stortvak 3 aan de droogleggingseis voldaan. Het grondwater dat onder stortvak 3 wordt aangetroffen en onttrokken komt vrijwel geheel uit de omgeving of onder stortvak 2 vandaan. De gemiddelde concentratie is 18-20 µg/l.

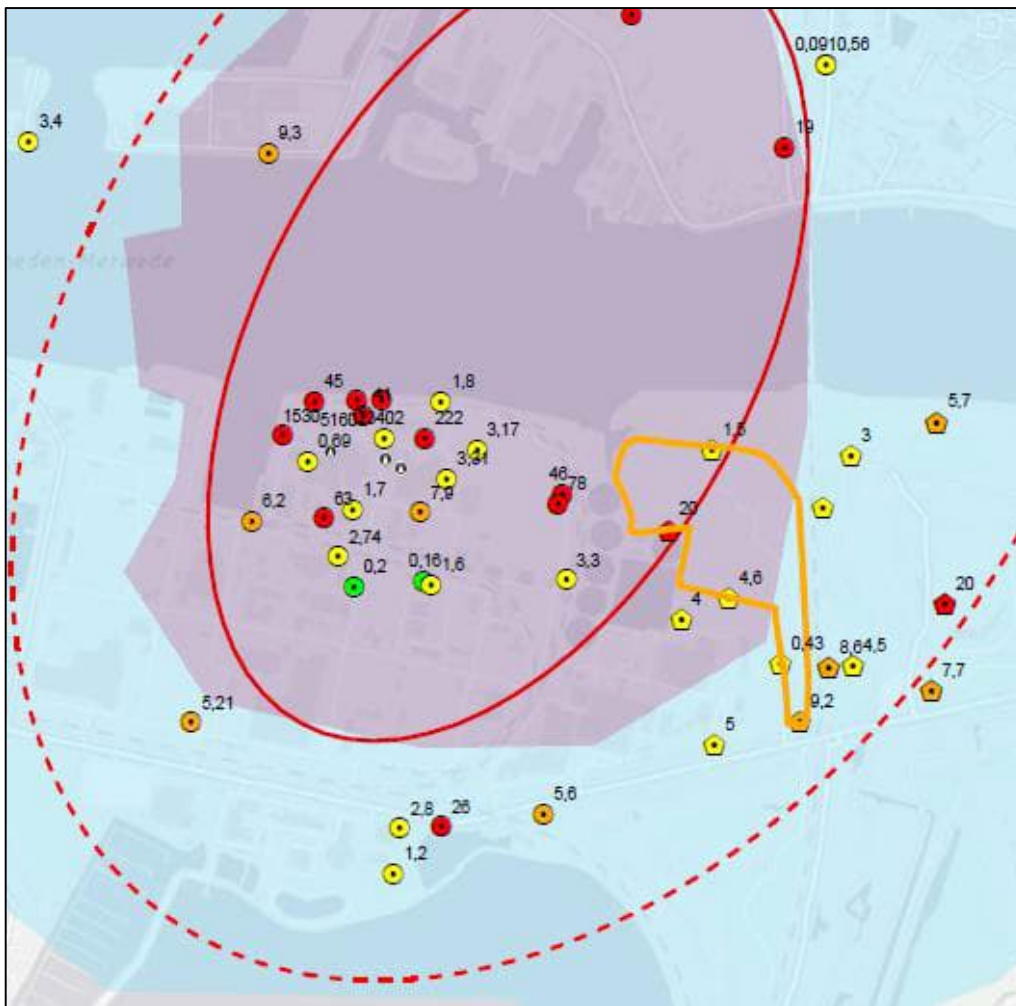
2.3.3 PFOA in de omgeving

In het grondwater in de omgeving van de Baanhoekweg zijn verhoogde concentraties PFOA aanwezig door atmosferische depositie van de emissies bij DuPont/Chemours, en plaatselijk onder het bedrijfsterrein van DuPont/Chemours door directe emissies naar de bodem. In figuur 1 zijn de concentraties PFOA in het grondwater opgenomen in peilbuizen, afgezet tegen de afstand tot het emissiepunt op het naastgelegen terrein, onafhankelijk van de windrichting. De afstand tussen het emissiepunt en de stortplaats Crayestein is 400-500 m.

Uit deze figuur kan worden afgeleid dat tot een afstand van circa 1,5 km concentraties PFOA kunnen worden aangetroffen in het grondwater van circa 20 µg/l. In figuur 2 is een overzichtsfiguur gegeven van peilbuismetingen in de directe omgeving. Hierbij wordt opgemerkt dat inmiddels nabij de Baanhoekweg, ter hoogte van de westelijke punt van het parkeerterrein van HVC in mei 2022 concentraties PFOA gemeten van circa 20-45 µg/l (vertrouwelijke data Evides). Deze data zijn nog niet opgenomen in figuur 2, maar bevinden zich rondom de peilbuiswaarden 2.8 en 26 aan de zuidzijde van de contouren.



Figuur 1 Concentraties PFOA in het grondwater met de afstand tot Chemours (bron: Expertisecentrum PFAS 2019)



Figuur 2: Concentratie PFOA ($\mu\text{g/l}$) freatisch grondwater omgeving (rond peilbuizen, pentagon in stortplaats). De stortplaats is aangegeven met de oranje contour. De rode streepjes contour omvat het gebied waarbinnen gemiddeld meer dan $5 \mu\text{g/l}$ wordt verwacht, de doorgetrokken contour meer dan $10 \mu\text{g/l}$.

2.3.4 Onttrekkingswater in perspectief

Het grootste deel (>90%) van het onttrekkingswater is afkomstig uit de pompputten onder stortvakken 2 en 3 waarop drains zijn aangesloten, (delen van) stortvakken waar wel sprake is van voldoende drooglegging. Hieruit volgt dat het water voor het grootste gedeelte niet uit de stortplaats, maar van het omringende grondwater afkomstig is. Dit sluit aan bij de conclusie uit de geohydrologische analyses [lit. 10 en 16] dat vooral sprake is van een zijdelingse instroom. Dat is de voornaamste reden dat vrijwel geen verontreinigingen anders dan PFOA worden aangetoond, én dat de concentratie PFOA in de pompputten zich begeeft tussen $30\text{--}40 \mu\text{g/l}$.

De deepwells in stortvakken 1 en 2 staan echter wel in het percolaat, en ook daar is een vrijwel vergelijkbaar verontreinigingspatroon herkenbaar, zij het dat de PFOA-concentraties plaatselijk hoger zijn (stortvak 2) dan de omgevingswaarden. De overige geanalyseerde parameters zijn niet of nauwelijks verhoogd boven de streefwaarden uit de Circulaire Bodemsanering (bijlage 1).

De genoemde geohydrologische analyses en de gemeten concentraties binnen en buiten de stortplaats wijzen erop dat het loslaten van de beheersinspanning weinig invloed zal hebben op de grondwaterkwaliteit in de omgeving, ook al is sprake van hoge concentraties PFOA in enkele peilbuizen in de stortplaats. Zonder actieve maatregelen zal de grondwaterbeweging onder het stort zeer gering zijn door:

- Aanwezige bovenafdichting;
- Slecht doorlatende onderliggende bodem;
- Omringende kleikaden en hypoforsfolie.

Bovendien zal in horizontale zin als gevolg van de bovenafdichting vooral netto toestroming naar de stortplaats optreden (zie conceptueel model hoofdstuk 3).

2.3.5 Lozing op de Beneden Merwede

RWZIs en Drinkwaterbereiding

Het onttrekkings- of afvalwater wordt via een pompgemaaltje en een zuivering geloosd op de nabijgelegen rioolwaterzuiveringsinstallatie. Deze RWZI loost vervolgens op de Beneden Merwede.

Oppervlaktewaterlozingen met PFAS staan sterk onder de aandacht. Een groot deel van de benedenstrooms gelegen drinkwaterwinningen Hendrik-Ido-Ambacht, Lekkerkerk en Nieuw-Lekkerland onttrekken oevergrondwater dat onder invloed staat van de kwaliteit van de Beneden Merwede. Het advies van het RIVM is om de drinkwaternorm voor de som van 4 PFAS bij te stellen naar 4,4 ng/l [lit.19]. Een norm die in de grote oppervlaktewateren van Nederland structureel wordt overschreden, onder andere door de lozing van RWZIs en AWZIs. In een recente studie van STOWA naar PFAS-lozingen van RWZIs in Nederland [lit.17] wordt ook de rioolwaterzuivering aan de Baanhoekweg genoemd als belangrijke bron van PFAS. Een deel daarvan is afkomstig van de lozing vanuit HVC/Crayestein West.

Zuivering van de lozing

Sinds enkele jaren wordt het onttrekkingswater van stortplaats Crayestein met behulp van actief kool behandeld om het zoveel mogelijk te ontdoen van PFOA. In de lozingsvergunning wordt uitgegaan van het maximale dat redelijkerwijze aan investering kan worden gevraagd, hetgeen neerkomt op een geloosde vracht na zuivering van 1,1 kg/jaar. Een hoger reinigingsrendement kan alleen worden behaald als aanmerkelijk verder wordt gegaan (hogere kosten) dan het zogenaamde BBT+ niveau, hetgeen niet van een initiatiefnemer kan worden verlangd. Het spreekt voor zich dat de techniek voortschrijdt, en dat op termijn effectievere technieken beschikbaar komen. De huidige ontwikkelingen wijzen er nog niet op dat dit zal leiden tot aanzienlijke kostenreducties.

2.4 Resumé

Tezamen met de conclusies van de geohydrologische analyses worden de volgende hoofdconclusies getrokken die van belang zijn bij een goede afweging:

- Het is niet mogelijk om te voldoen aan de droogleggingseis of om infiltratie te voorkomen.
- Gezien de samenstelling van het onttrekkingswater is alleen PFOA een kritische parameter.
- De stortplaats ligt in een regionale verontreiniging met PFOA, en het onttrekkingswater is vooral grondwater afkomstig van buiten de stortplaats dat door vermenging met het grondwater onder de stortplaats sterker verontreinigd raakt.

Arcadis is van mening dat de meest relevante verspreiding van verontreiniging vanuit de stortplaats naar het milieu optreedt door de lozing op de rivier van het (gedeeltelijk) gezuiverde onttrekkingswater. De verspreiding van PFOA naar het diepe grondwater is sterk vertraagd en waarschijnlijk aanzienlijk minder dan de verspreiding via de lozing (zie hoofdstuk 3). Het is op dit moment (ook nog?) niet mogelijk om kosteneffectief verdergaand te zuiveren. De zuivering voldoet aan de gestelde lozingseisen.

3 Conceptueel model

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van het conceptueel model, dat is opgesteld om de grondwaterstroming en de verspreiding van verontreiniging inzichtelijk te maken.

Stortvak 2 maatgevend

Bij de uitwerking en vergelijking van alternatieven voor de aanpak van de stortplaats wordt stortvak 2 als maatgevend gekozen, omdat:

- Stortvak 1 is aanzienlijk kleiner (6.800 versus 28.000 m²), en de concentraties PFOA in grond en grondwater in stortvak 1 zijn lager, en in dezelfde orde van grootte als in de omgeving (3 tot max 20 µg/l, zie ook 2.3.2, b.v. parkeerplaats HVC, terrein Evides);
- In stortvak 3 speelt het probleem met infiltratie niet of nauwelijks omdat het stijghoogteverschil met het watervoerend pakket vanwege de nabijheid van de Beneden Merwede aanzienlijk kleiner is tot verwaarloosbaar (zie figuur 3, conceptueel model). Zowel freatisch als in het watervoerend pakket is aan de zijde van de Beneden Merwede de stijghoogte ongeveer 0,3 m+NAP. Daarnaast zijn de concentraties verontreiniging PFOA aanzienlijk lager dan in stortvak 2, redelijk vergelijkbaar met de directe omgeving.
- Aanvullend wordt opgemerkt dat de weerstand onder stortvak 3 weliswaar minder is dan stortvak 2, maar dat deze zeker niet zeer sterk terugloopt zoals het eerdere onderzoek van Fugro [lit.16] in figuur 8 van dat rapport lijkt aan te wijzen. Oude boorbeschrijvingen van peilbuizen 10, 11, 12 en 13 uit mei 1997 (opgenomen als bijlage in Nazorgplan, versie 2004) rondom stortvak 3 laten een minimale dikte zien van de klei-veenlaag van 9 m in peilbuis 11, oplopend naar bijna 18 m dik in peilbuis 13. De gemiddelde dikte van deze laag is daarmee ongeveer 30% minder onder stortvak 3 dan onder stortvak 2. Doordat het stijghoogteverschil in stortvak 3 ook na stilleggen van de beheersing minder dan 50% zal zijn van het stijghoogteverschil in stortvak 2, zal de doorslagtijd in stortvak 3 juist langer zijn dan onder stortvak 2 (naar verwachting meer dan 1.000 jaar, zie berekening verderop stortvak 2; 900 jaar).

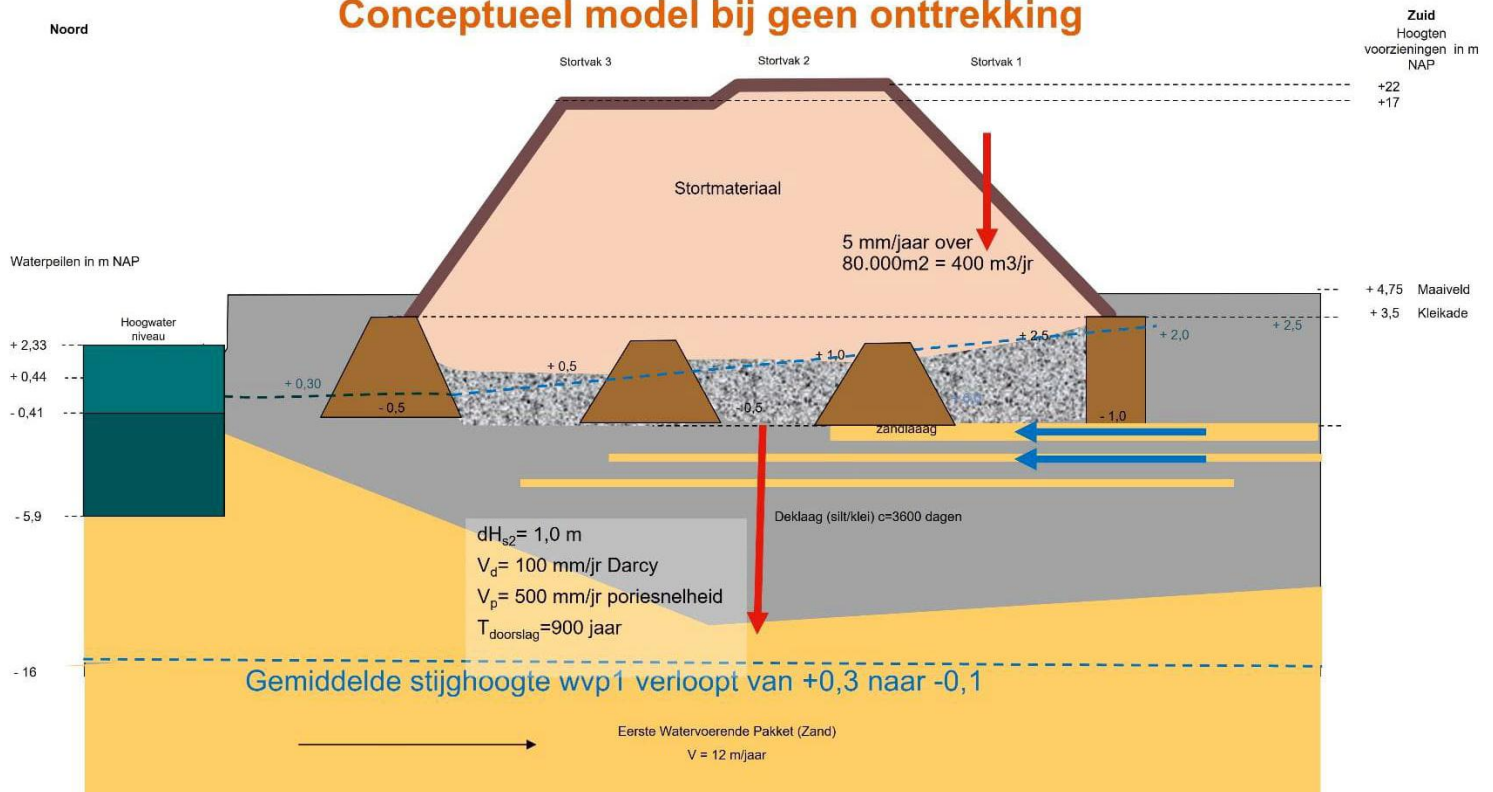
In stortvak 3 is in tegenstelling tot stortvakken 1 en 2 wel drooglegging mogelijk met de beheersing. Als de onttrekking daar wordt stilgelegd, dan kan het grondwater stijgen tot net in de stortzool. Het effect op de doorslag van verontreinigingen naar het watervoerend pakket zoals bedoeld in bovenstaande beschouwing is verwaarloosbaar. In deze beschouwing is uitgegaan van stijghoogten zonder beheersing. Stortvak 2 blijft daarin ruimschoots maatgevend.

Doorslagtijd of weerstand tegen verspreiding essentieel

In figuur 3 en 4 is een conceptueel model van de stortplaats weergegeven. Uit de waterbalans in figuur 4 volgt dat verticale infiltratie over de onderliggende deklaag het verspreidingsmechanisme is. Dit is ook weergegeven in figuur 3. Zoals al aangegeven in het vorige hoofdstuk is het niet goed mogelijk om deze infiltratie tegen te gaan. Door de grillige ligging van de drainagelaag, ligt het minimale onttrekkingsniveau in stortvakken 1 en 2 van de stortplaats altijd boven de stijghoogte in het watervoerende pakket, ofwel het percolaat/water in de stortplaats staat altijd hoger dan in het watervoerende pakket. Met aanvullende maatregelen kan dat stijghoogteverschil zo klein mogelijk worden gemaakt.

Voor een vergelijk van de effectiviteit van maatregelen is het verschil in de doorslagtijd over de kleiige deklaag en de daarbij behorende hoeveelheid verontreiniging essentieel. De hiernavolgende berekening wordt uitgevoerd voor een situatie zonder beheersing.

Conceptueel model bij geen onttrekking



Figuur 3: Conceptueel model noord-zuid in een situatie zonder beheersing

Berekening infiltratie en poriesnelheid water

De hoogste PFOA-concentraties worden aangetroffen in het oostelijk deel van stortvak 2. Voor stortvak 2 wordt gemiddeld 100 µg/l aangenomen. De poriesnelheid in de kleilaag onder stortvak 2 wordt in onbeheerste situatie gemiddeld berekend op 0,5 m/jr, uitgaande van een gemiddeld stijghoogte verschil met het watervoerend pakket van ca. 1 m, een effectieve porositeit van 20% en een weerstand van de kleilaag van 3600 dagen. De inschatting van de effectieve porositeit en weerstand zijn gebaseerd op een samenstelling van deze 16 m dikke laag van klei, zandige klei en enkele zandlaagjes. Indien wordt gekozen voor een lagere effectieve porositeit, (met als gevolg een hogere infiltratiesnelheid), dan zou dat betekenen dat ook de weerstand omhoog zou moeten.

De infiltratie kan plaatselijk meer of minder zijn, maar zal gemiddeld deze waarde benaderen (Van Someren gaat uit van maximaal 1,35 m en 4000 dagen). In de beheerste situatie is sprake van een stijghoogteverschil van ongeveer 0,5 m en dus een halvering van de infiltratie.

Retardatie ten opzichte van de poriesnelheid

PFOA verplaatst zich vertraagd of geretardeerd ten opzichte van het grondwater. De retardatie kan worden berekend aan de hand van de Kd waarden met behulp van de algemeen geaccepteerde formule:

$$R = 1 + (\rho \cdot K_d) / p$$

Waarin:

R = Retardatiefactor, ofwel de verhouding tussen de grondwaterstromingssnelheid en de verspreidingsnelheid PFOA

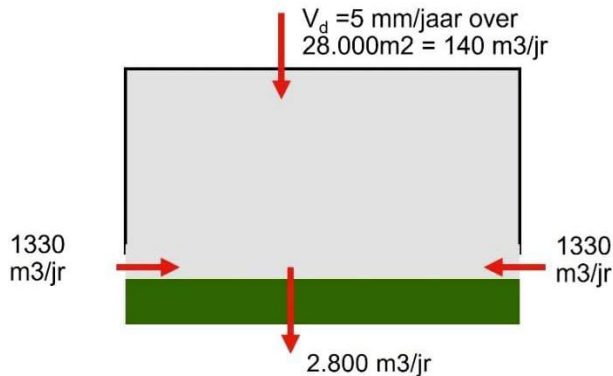
ρ = bulkdichtheid droge bodem per volume (kg/l)

Kd = distributie coëfficiënt, ofwel de verhouding tussen de concentratie in droge bodem en grondwater

p = poriefractie

De bulkdichtheid ρ en de poriefractie p zijn voldoende nauwkeurig bekend. De Kd waarden van PFOA daarentegen kunnen nogal variëren. In recente literatuur van Fabregat en Paula [lit.15] wordt een Kd genoemd voor PFOA die varieert tussen 0,9 en 20. RIVM geeft op basis van uitloogtests een Kd waarde van 40 aan [lit.12].

Doorbraaktijd



Best guess

Effectieve porositeit 20%
 Totale porositeit 35%
 Bij $K_d=6$ wordt retardatie
 $R_t = 1 + 1,6 \cdot 6 / 0,35 = 28,5$
 $C =$ weerstand kleilaag = 3600 dagen
 $D =$ dikte kleilaag = 16 m
 $V_{\text{darcy}} = dH/C = 1 \text{ m} / 3600 \text{ dag} = 0,1 \text{ m/jr}$
 $V_{\text{porie}} = V_{\text{darcy}} / \text{eff. porositeit} = 0,1 / 0,2 = 0,5 \text{ m/jr}$
 $T_{\text{doorslag}} = 16 / 0,5 \cdot 28,5 = \underline{\underline{900 \text{ jaar.}}}$

Reëel worst case:

Effectieve porositeit 15%
 Dikte 12 m
 $T_{\text{doorslag}} = 12 / 0,67 \cdot 28,5 = \underline{\underline{500 \text{ jaar.}}}$

Figuur 4: CSM stortvak 2 en berekening doorslagtijd bij dikte kleilaag 16 m en retardatie 28,5

Toelichting: Het uitstromende debiet aan de onderzijde is berekend op basis van de weerstand van de kleilaag en het stijghoogteverschil. De infiltratie aan bovenzijde is gebaseerd op de ontwerpeis van een bovenafsluiting (max. 5 mm/jaar), en zal in de praktijk aanzienlijk lager kunnen zijn. De zij instroom ($2 \times 1300 \text{ m}^3/\text{jr}$) is het verschil tussen uitstroom aan onderzijde en infiltratie door de bovenafsluiting.

Voor deze studie gaan we uit van uitloogtests uit 2017 rondom Chemours [lit.14]. Deze zijn weliswaar ook een grove benadering, maar laten een K_d waarde zien die lager ligt dan de RIVM-waarden, en onder het gemiddelde van Fabregat en Paula. Ofwel ze vertegenwoordigen een conservatieve aanname, en zullen leiden tot een hogere berekende verspreidingssnelheid dan de waarden uit de literatuur. De werkwijze met de uitloogtests uit 2017 is een grove benadering omdat de uitloogwaarden en de grondanalyses weliswaar in hetzelfde dieptetraject zijn genomen, maar niet op exact hetzelfde monster materiaal. Uit deze benadering volgt een K_d waarde van gemiddeld 6 (een enkel monster dat een negatieve waarde liet zien is buiten beschouwing gelaten).

Voorbeeldberekening K_d op basis van uitloogtests 2017

In boring 1 van dat onderzoek is een gehalte gemeten in de grond van $9 \mu\text{g/kg}$ (vóór uitloging) en een concentratie in het uitgeloopte water van $0,54 \mu\text{g/l}$ bij een L/S van 10. In de uitgeloopte grond zit dan een concentratie van $9-5,4 = 3,6 \mu\text{g/kg}$ ofwel een K_d in dit monster van $3,6 / 0,54 = 7$.

Een K_d van 6 leidt tot een retardatiefactor van 28,5. ($R=1+1,6 \cdot 7 / 0,35$).

Bij deze aannames kan worden berekend dat de doorslagtijd onder stortvak 2 minimaal 900 jaar bedraagt (zie onderstaande figuur 4). De totale dikte van de klei/veenlaag onder stortvak 2 blijkt uit sonderingen circa 16 m dik. Ook van Someren [lit.10] hanteert een dikte van 16 m voor de dikte van de kleilaag onder stortvak 2. Het is ook niet zo dat sprake zal zijn van een plotselinge doorbraak, maar van een gemiddelde doorbraaktijd. Er zit spreiding in de verspreidingssnelheid van de verontreinigende deeltjes. Vanwege de eenvoud en de vergelijkbaarheid tussen varianten wordt de gemiddelde doorbraaktijd gehanteerd.

De fictieve vracht verontreiniging die bij constante bronterm na 900 jaar per jaar het watervoerende pakket maximaal kan bereiken wordt daarmee:

$$2.800 \text{ m}^3/\text{jr} \cdot 100 \mu\text{g/l} = 0,28 \text{ kg/jr}$$

NOOT:

- Naar alle waarschijnlijkheid neemt de bronterm relatief snel af in tijd.
- Als de verontreiniging eenmaal is doorgebroken (na 900 jaar), dan is de uitgaande concentratie gelijk aan de ingaande, en speelt retardatie in de flux geen rol meer.

De verspreiding in perspectief:

- In de omgeving van stortplaats Crayestein is sprake van een grondwaterverontreiniging, zie contour in figuur 2. Alleen al in de zone tussen stippellijn en doorgetrokken lijn infiltreert ten gevolge van de regionale grondwaterverontreiniging met PFOA 2-3 x meer verontreiniging dan onder stortvak 2. De gemiddelde concentratie is 7,5 µg/l en de verticale infiltratie snelheid varieert in deze zone van 0-1 m/jr.
- Als gevolg van de beheersing wordt momenteel jaarlijks ca. 0,6 kg PFOA geloosd op de Beneden Merwede, HVC merkt hierbij op dat het rendement om PFOA af te vangen onder andere afhangt van de kwantiteit en de concentratie PFOA in het te verwerken drainagewater. Streven van HVC is niet meer dan <1,1 kg PFOA te lozen. De geloosde hoeveelheid PFOA gemiddeld tussen 2018 tot en met 2022 was 0,6 kg/jaar PFOA bij +/- 0,3 kg/jaar. Dat is 2-3x meer dan in de onbeheerste situatie over 900 jaar naar het eerste watervoerende pakket kan verspreiden.
- Het watervoerende pakket onder de stortplaats is verontreinigd (waarschijnlijk door infiltratie van water vanuit de Beneden-Merwede) met ongeveer 0,5 µg/l, en bevat daarmee onder stortvak 2 op dit moment circa 0,14 kg.
- Het is waarschijnlijk dat de doorbraaktijd in onbeheerste situatie aanzienlijk langer is dan 900 jaar en de hoeveelheid vracht evenredig lager. Bij een dikte van de kleilaag onder stortvak 2 van 16 m [lit.10] en een retardatie die waarschijnlijk groter is dan 30, loopt de doorbraaktijd verder op naar meer dan 1.600 jaar. Daarbij wordt verwacht dat in deze lange periode de percolaatconcentraties die de kleilaag indringen (na een mogelijk aanvankelijke stijging door stilleggen beheersing) sterk zullen dalen.

Reële worst case doorbraaktijd

In figuur 4 is ook een berekening opgenomen voor een scenario met minder gunstige uitgangspunten, die in de praktijk nog mogelijk zouden zijn. De effectieve porositeit kan in de praktijk kleiner zijn dan 20%, echter veel lager dan 15% is minder waarschijnlijk bij een dikte van de kleilaag van 16 m, en een weerstand van 3600 dagen. Een lagere porositeit zal bij een dergelijke dikte leiden tot een aanzienlijk hogere weerstand.

Uit sonderingen door de stortplaats, verspreid over de oppervlakte van stortvak 2 blijkt een dikte van 16 m. De deklaagdikte op deze locatie is grillig. Het is mogelijk dat de deklaag plaatselijk onder stortvak 2 dunner is. Het is echter onwaarschijnlijk dat de gemiddelde dikte van stortvak 2 minder is dan 12 m. In de verspreidings- en vracht berekeningen moet worden uitgegaan van de gemiddelde dikte.

4 Alternatieven en afweging

In dit hoofdstuk worden de alternatieven gepresenteerd voor de aanpak van stortplaats Crayestein-West, en wordt het afwegingsproces toegelicht.

4.1 Alternatieven stortplaatsbeheer

In het voortraject zijn diverse technische oplossingen genoemd die kunnen worden overwogen. Gezien de zeer complexe bodem en de opbouw van de drainagelaag hoort het voldoen aan de beheersingsvoorwaarden uit de vergunning door het louter en alleen verbeteren van de geohydrologische beheersing niet tot de haalbare opties. Hierna worden dan ook anderssoortige alternatieven uitgewerkt. Als vergelijk wordt wel de huidige situatie met de (onvolledige) beheersing meegenomen. Tijdens de teams-bespreking met de OZHZ en de provincie Zuid-Holland (mei 2022) zijn schermwand alternatieven toegevoegd. Deze worden hierna toegelicht.

De volgende alternatieven worden voorgesteld voor de afweging:

1. **Voortzetten huidige situatie met onttrekking en lozing;**
2. **Stoppen onttrekking en lozing;**
3. **Hoefijzer schermwand tot ca. 6 m-NAP (zonder onttrekking/lozing);**
4. **Ring schermwand tot ca. 6 m-NAP en beheersing (met beperkte onttrekking/lozing);**
5. **Diepwand tot ca. 26 m-NAP en beheersing 1^e wvp (concept 3^e Merwedehaven, met onttrekking/lozing).**

NB, Het diepwand alternatief wordt gezien als terugvalscenario. Door de grotere omvang van de inrichting is dit alternatief niet zonder meer vergelijkbaar met de overige alternatieven.

Verbeterde terreindrainage en monitoring onderdeel van alle alternatieven

Bij alle alternatieven wordt voorgesteld om de monitoring en het grondwaterbeheer van het omringende terrein op de locatie te verbeteren. In de periode 2011-2016 is de grondwaterstand op de locatie toegenomen als gevolg van de herinrichting van de stortplaats. Door een betere drainage van het omringende terrein van HVC kan de grondwaterstand weer naar het oorspronkelijke niveau worden teruggebracht, hetgeen tot gevolg heeft dat in alle alternatieven de infiltratie verminderd. Verderop worden de alternatieven nader toegelicht.

4.2 Uitgangspunten afwegingsproces

Volledig verwijderen geen reële optie

In een eerdere vergelijking is ook het volledig verplaatsen van het stortmateriaal meegenomen. Om meerdere redenen wordt dit niet langer als een haalbare optie gezien. De belangrijkste reden hiervoor is de aanwezigheid van asbest of asbesthoudend stortmateriaal. De veiligste optie is om het materiaal met rust te laten.

Doorbraaktijd en vrachten als criterium bij alternatieven.

Alternatieven 1 en 2 (met en zonder beheersing)

Het conceptuele model voor stortvak 2 in het vorige hoofdstuk is uitgewerkt zonder beheersing (alternatief 2). Daarbij is berekend dat na een periode van 900 jaar jaarlijkse een vracht van 0,28 kg het watervoerend pakket kan bereiken. Bij alternatief 1, waarbij stortvak 2 met maximale middelen wordt beheerst, zal de infiltratie ongeveer halveren naar 0,14 kg en de doorbraaktijd verdubbelen naar 1.800 jaar. We nemen aan dat door de onttrekking circa 0,6 kg per jaar zal worden geloosd op de Beneden Merwede (opgave bodemzorg/HVC).

Alternatief 3 (Hoefijzer schermwand)

Door het plaatsen van schermwanden tot circa 6 m-NAP (10 m-mv) rondom het zuidelijk deel van de stort (zonder onttrekking) worden de zandlenzen die zorgen voor zijdelingse toestroming in de deklaag doorsneden. De schermwand kan zijn een bentoniet- of foliescherm, maar ook een stalen damwand. In combinatie met de juiste drainagemaatregelen kan de waterstand in stortvak 2 dalen tot een waarde vergelijkbaar met, of net boven de beheersing (0,5 m+NAP). De doorbraaktijd bedraagt 1.800 jaar en de vracht is 0,14 kg/jr. Er is niet sprake van onttrekking en lozing.

Alternatief 4 (Ringschermwand)

Bij een variant waarbij de stortplaats volledig wordt omgeven door een schermwand tot 6 m-NAP in combinatie met een beheersing kan in theorie een freatische grondwaterstand ontstaan die vrijwel vergelijkbaar is met de stijghoogte in het watervoerende pakket. In de praktijk is de geohydrologie op de locatie grillig en zal enige lekkage optreden.

Daarmee kan niet volledig worden voorkomen dat infiltratie op zal treden. Geschat wordt een blijvend stijghoogte verschil van 0,25 m, waarbij een doorbraaktijd hoort van 3.600 jaar, en een verontreinigingsvracht van 0,07 kg/jr. Naar alle waarschijnlijkheid moet een kleine beheersing worden gehandhaafd 0,5-1 m³/hr, waarbij een te lozen verontreinigingsvracht hoort van 0,07 kg/jr.

Alternatief 5 (Diepwand)

In dit alternatief wordt de diepwand geplaatst tot door het watervoerend pakket, en wordt door een onttrekking van naar schatting 1-3 m³/hr de droogleggingseis en de netto zijdelingse toestroming gegarandeerd. Dit is een ingrijpende variant, waarbij ook het watervoerende pakket onder de stortplaats bij de inrichting wordt getrokken. De onttrekking vindt plaats in het watervoerende pakket. Dit alternatief is op verzoek toegevoegd, en wordt gezien als terugvalscenario. Het is minder makkelijk vergelijkbaar en moeilijk realiseerbaar door de beperkte ruimte tussen stort en spoordijk. Door de diepe onttrekking wordt aanvankelijk de infiltratie door de kleilaag juist versneld, maar heeft als voordeel dat in het watervoerende pakket geen horizontale verspreiding meer mogelijk is. De doorbraaktijd wordt geraamd op 600 jaar, en kortstondig een jaarlijkse vracht van 0,42 kg/jr. (de verontreiniging is sinds de 80-er jaren al in de kleilaag gedrongen). De vracht wordt uiteindelijk weer opgepompt. De lozing heeft vanaf aanvang een geschatte vracht van 0,01 kg/jr (uitgaande van de aanwezige concentraties in het watervoerende pakket).

In tabel 1 zijn de doorslagtijden en verontreinigingsvrachten samengevat.

Tabel 1 Overzicht doorslagtijden en vrachten

	Alternatief 1 Voortzetten	Alternatief 2 Stoppen lozing	Alternatief 3 Hoefijzerwand	Alternatief 4 Ringdamwand	Alternatief 5 Diepwand
Stijghoogte verschil over kleilaag (m)	0,5	1,0	0,5	0,25	1,5
Doorslagtijd kleilaag (jr afgerond)	1800	900	1800	3600	600
Vrachtverplaatsing (kg/jr)	0,14	0,28	0,14	0,07	0,42
Lozing op Merwede (kg/jr)	0,6	0	0	0,07	0,01

4.3 Afwegingsmethodiek en aspecten

Omdat het niet goed mogelijk lijkt om oplossingsrichtingen te kiezen waarmee wordt voldaan aan de eisen uit de vergunning, stellen we een brede afweging voor, een afweging conform de aanpak Duurzaam Saneren [lit.6], en in het verlengde van de ROSA systematiek [lit 7]. Dit is niet een systematiek uit de Wet Milieubeheer, maar vloeit voort uit de Wet Bodembescherming. De systematiek ligt ten grondslag aan de afweging van baten en lasten zoals bedoeld in de circulaire Bodemsanering 2013 [lit.8] voor de invulling van het begrip kosteneffectiviteit. De methode kan gebruikt worden om inzichtelijk te maken welk alternatief de grootst mogelijke bescherming biedt tegen nadelige gevolgen tegen een inspanning die redelijkerwijze nog kan worden geleverd.

In deze methodieken wordt de voorkeurskeuze bepaald door de baten van een ingreep af te wegen tegen de lasten, en door de keuze te vereenvoudigen door het zogenaamde paarsgewijs vergelijken op alleen de doorslaggevende verschillen. Vaak is een kwalitatieve of semi-kwantitatieve afweging al ruim voldoende duidelijk. Daarom wordt begonnen met een kwalitatieve invulling, als dit onvoldoende duidelijkheid biedt, dan kan alsnog nader worden gekwantificeerd.

Kern van de methodieken is dat de besluitvorming transparant, robuust en eenvoudig te doorgronden moet zijn. Daartoe wordt een beperkte basis-set van onafhankelijke afwegingsaspecten voorgesteld die helder zijn ingedeeld als baat, of als last:

Tabel 2 Overzicht afwegingsaspecten in baten en lasten

Lasten	Baten
Kosten	Beperken verspreiding
Faalisico's:	Gezondheidseffecten
- Technische haalbaarheid	
- Behalen doelstelling	
Nazorg	Compliance
Milieubelasting	Maatschappelijke acceptatie

Toelichting

Lasten, ofwel wat kost de inspanning?

De kosten worden uitgedrukt in eenmalige investeringskosten en vervolgens de jaarlijkse kosten, ze worden hier vooralsnog globaal geschat en afgerond. Om tot een totaalbedrag te komen zijn de jaarlijkse kosten vermenigvuldigd met 30. Een Netto Contante Waarde met een factor 30 is voldoende om bij de meest voorkomende rentestanden de kosten voor onbepaalde tijd te kunnen kapitaliseren. De kosten van de dam- en schermwanden zijn opgegeven door een gespecialiseerd bedrijf. Naar verwachting is de werkruimte voor de diepwand te beperkt en het alternatief daardoor niet haalbaar en is niet geraamd. We geven een zeer ruwe schatting van de diepwand.

Het faalrisico valt uiteen in twee onderdelen: een inschatting van de technische haalbaarheid, die leidt tot de kans dat de doelstelling van het alternatief alsnog niet wordt bereikt. En vervolgens de kosten die het met zich meebrengt om de gekozen doelstelling alsnog te bereiken. Vooral bij deze locatie waar al eerder is gebleken dat de ondergrond anders reageert dan verwacht, is het zinvol om een inschatting te maken van de kans dat de doelstelling van een optie niet wordt gehaald, eenvoudigweg omdat het bodemsysteem anders reageert dan verwacht.

Nazorg dient conform het beleid zo veel als mogelijk te worden beperkt.

De **milieubelasting** slaat op het beperken van emissies naar lucht (o.a. CO₂, stof), maar ook op het gebruik van niet hernieuwbare grondstoffen.

Baten, ofwel welke positieve effecten levert de inspanning op?

Beperken **verspreiding** heeft in dit geval betrekking op het beperken van emissies van verontreinigende stoffen naar de omgeving of het milieu; te weten de onderliggende bodem, of het oppervlaktewater, waarbij voor PFOA de verspreiding naar het oppervlaktewater via de lozing ook in beschouwing wordt genomen. De verspreiding wordt uitgedrukt in kg/jr, en in verticale zin wordt de doorbraaktijd van de kleilaag genoemd.

(Beperken van) **gezondheidseffecten** heeft betrekking op het daadwerkelijk beperken van de risico's als gevolg van de verspreiding van verontreinigende stoffen. Los van de hoeveelheid verontreiniging die zich verspreidt is het mogelijk dat die verspreiding in verschillende situaties wel of juist niet leidt tot een risico voor mens of dier.

Compliance wordt weergegeven in absolute zin ten opzichte van de huidige vergunning. Dit heeft betrekking op de droogleggingseis en de netto toestroming, waarbij wordt gelet op de begrenzing van de inrichting zoals die op dit moment is gedefinieerd; de randen van de stortplaats en de onderliggende kleilaag.

Maatschappelijke acceptatie of publieke opinie spreekt min of meer voor zich. In hoeverre biedt een gekozen alternatief comfort voor de omgeving en politiek.

4.4 Uitwerking alternatieven

4.4.1 Alternatief 1, voortzetten huidige onttrekking

In dit alternatief blijft de stortplaats ongemoeid. De bestaande onttrekking vermindert de infiltratie naar de ondergrond met ongeveer een factor 2, maar kan niet voorkomen dat infiltratie blijft optreden. Daartegenover wordt een relatief grote vracht aan verontreiniging geloosd op de Beneden Merwede. Doordat de stortplaats voorzien is van een bovenafdichting stroomt in horizontale zin grondwater naar de stortplaats toe, dat vervolgens onder de stortplaats infiltreert. Op basis van verbeterde inzichten in de geohydrologie kan de waterhuishouding met eenvoudige maatregelen op het terrein worden verbeterd. Zo kan bijvoorbeeld het aanliggende terrein aan de westzijde worden verhard en het regenwater worden afgevoerd, zodat minder grondwater zijdelings de stort instroomt en de eventuele inzijging verder wordt beperkt. Ook is het mogelijk dat bij fikse regenbuien het aanwezige drainagesysteem onvoldoende capaciteit heeft. Mogelijk dat water hierbij over de kade stroomt en het grondwater onder het stort voedt. Bij de al geplande herinrichting van het terrein ten westen van stortvak 1 kan deze drainage indien nodig worden aangepast. Aanvullend onderzoek kan helpen bij de dimensionering hiervan, en of dit ook daadwerkelijk effectief zal zijn. Voor het overige worden de huidige onttrekkingen voortgezet en wordt de monitoring waar nodig verbeterd. De eenmalige kosten worden veroorzaakt door het verbeteren van de geohydrologie en het duurzaam maken van onttrekkingen, pompgebouw en zuivering.

Kosten:	ca. 5,3 miljoen euro (eenmalig €750.000,- jaarlijks €150.000,- (in 2021 bedroegen de kosten voor reiniging €200.000,- optimalisatie wordt mogelijk geacht).
Faalisico:	Beperkt, de technische haalbaarheid is bekend, het is bij aanvang duidelijk dat de doelstelling niet langer de droogleggingseis kan zijn, maar de geohydrologie blijft complex en tot op zekere hoogte onvoorspelbaar.
Nazorg:	Groot, de onttrekking moet worden gehandhaafd met zuivering op PFOA.
Milieubelasting:	Gemiddeld, de eeuwigdurende beheersing blijft energie vragen en het actief kool van de zuivering leidt tot voortdurende productie van afval.
Verspreiding:	0,6 kg/jr naar oppervlaktewater, minder dan 0,14 kg kg/jr naar ondergrond na ca. 1.800 jaar
Gezondheidseffecten:	Negatief, er verandert weinig aan de verspreiding van verontreinigende stoffen, de lozing via de RWZI op de Beneden Merwede van waaruit verderop via het grondwater, drinkwater wordt gewonnen blijft gehandhaafd. De Beneden Merwede voldoet niet aan de eisen ten aanzien van de 4 PFAS van EFSA [lit.19].
Compliance:	Negatief, er wordt niet voldaan aan de vergunningseisen drooglegging en toestroming
Maatsch. acceptatie:	Negatief, er verandert niets aan de lozing en er wordt niet voldaan aan de vergunning. Dit is niet eenvoudig in de communicatie.

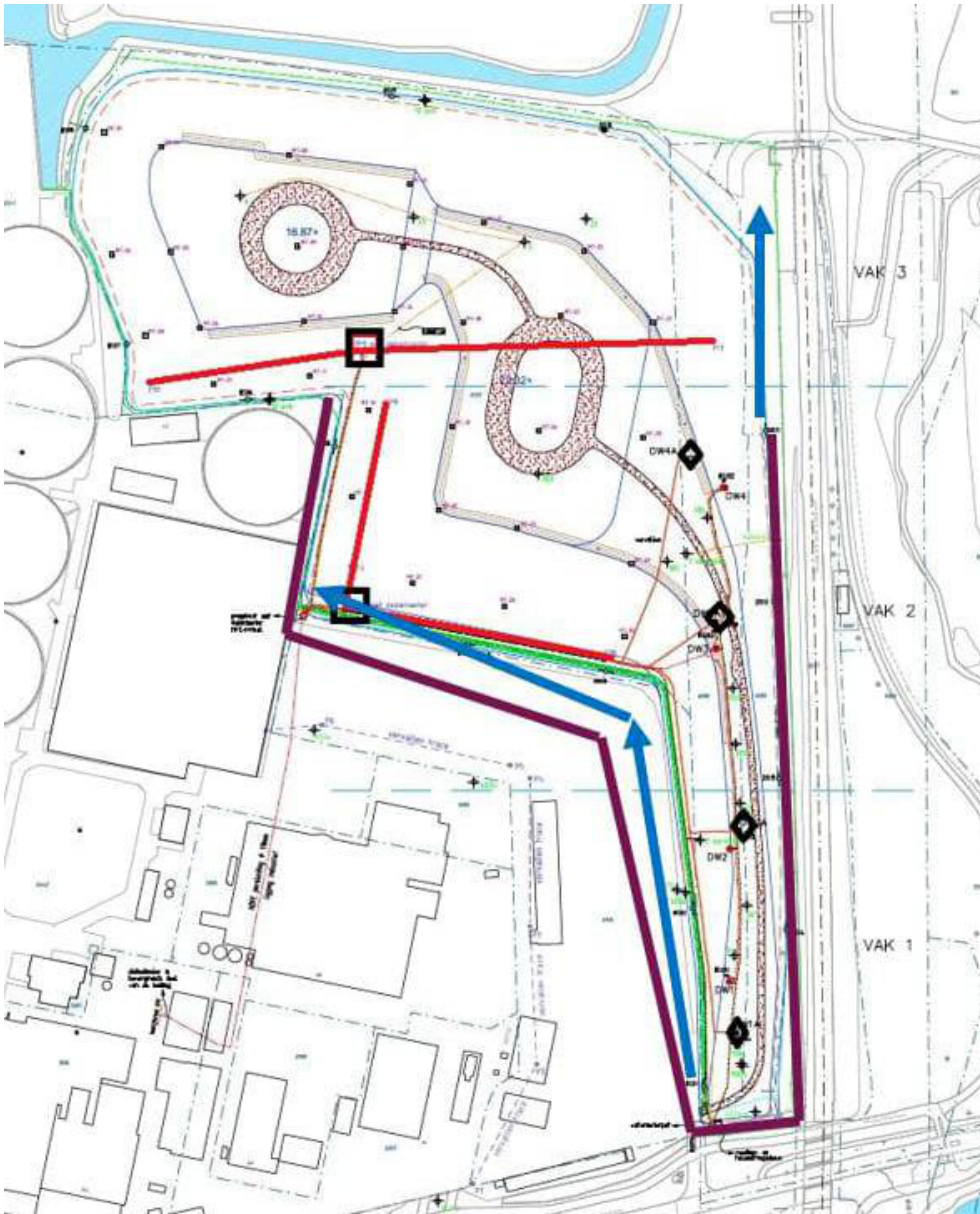
4.4.2 Alternatief 2, Stoppen beheersing en lozing

Door het stopzetten van alle onttrekkingen zal de verspreiding van verontreinigende stoffen vanuit de stortplaats naar de ondergrond met een factor 2 toenemen. De verticale infiltratie bedraagt in de huidige situatie 0,14 kg/jr en zal zonder beheersing toenemen naar 0,28 kg/jr. Door een efficiënte drainage van het omringende terrein is het wel mogelijk om de totale vracht die infiltreert terug te dringen, waarmee het verschil met alternatief 1 geringer wordt voor wat betreft verspreiding naar de ondergrond. Het infiltrerende water komt toegestroomd vanaf de zijanten van de stortplaats. Daardoor zal niet of nauwelijks sprake zijn van verspreiding van verontreiniging naar de zijanten. Als belangrijkste verschil kan in deze variant de lozing op de RWZI en daarmee het oppervlaktewater met PFOA worden beëindigd. Dit betekent direct een reductie van 0,6 kg/jr lozing. Door het dikke pakket, slecht doorlatende lagen tussen het representatief gekozen stortvak 2 en het watervoerende pakket kan verspreiding naar de diepte na meer dan 900 jaar het watervoerende pakket bereiken. Het stilleggen van de onttrekking betekent wel dat behalve de stortvoeten van stortvakken 1 en 2, dat ook de onderkant van stortvak 3, weliswaar beperkt, in aanraking komt met het grondwater. Het grondwater kan stijgen tot net aan het stortmateriaal. De monitoring van de geohydrologische situatie en verontreinigingen zal worden verbeterd conform de aanbevelingen uit de geohydrologische analyse. Bij de maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding wordt behalve de herinrichting van het terrein ten westen van de stortplaats ter overweging meegegeven om meer maatregelen te treffen op het terrein ten zuiden van de stortplaats waarmee het freatisch grondwater op een natuurlijke wijze kan worden verlaagd, zodat het stijghoogteverschil in en rondom de stortplaats afneemt, en daarmee de mate van infiltratie.

Kosten:	ca. 1,4 miljoen euro (eenmalig €750.000,- jaarlijks €20.000,-).
Faalisico:	Beperkt. De technische haalbaarheid is goed; er zijn geen ingrepen. Echter de geohydrologie op deze locatie blijft complex, en verrassingen zoals de gevolgen van het mogelijk wegvallen van de drooglegging van stortvak 3 kunnen niet worden uitgesloten. De doorbraaktijd kan kleiner blijken te zijn dan verwacht, maar zal altijd meer dan 500 jaar zijn.
Nazorg:	Beperkt, na stillegging van de actieve beheersing, wordt alleen de passieve monitoring en het incidentele onderhoud aan de bovenafdichting met voorzieningen gehandhaafd.
Milieubelasting:	Zeer beperkt, er is niet sprake van actieve nazorg of ingrijpende maatregelen.
Verspreiding:	0,28 kg/jr die pas na meer dan 900 jaar het watervoerende pakket zal bereiken.
Gezondheidseffecten:	Goed, de directe verspreiding van verontreinigende stoffen via de lozing naar het oppervlaktewater wordt stilgelegd. Het oppervlaktewater is een bron voor de bereiding van drinkwater. De verspreiding in de ondergrond is dermate langzaam dat dit niet leidt tot een risico voor receptoren.
Compliance¹:	Negatief, de situatie is vergelijkbaar met alternatief 1, aan de droogleggingseis en verticale toestroming wordt niet voldaan. De horizontale toestroming zal minder worden dan in de huidige situatie, maar blijft wel aanwezig.
Maatsch. acceptatie:	Neutraal, de lozing van PFOA wordt gestopt. Daar staat tegenover dat het publiek niet ziet dat ingrijpende maatregelen worden genomen. Goede en heldere communicatie is nodig.

¹ De beoordeling is van toepassing op stortvak 2 en de gehele locatie. Stortvakspecifiek voldoet stortvak 3 momenteel aan de huidige vergunningsvoorwaarden, bij stoppen beheersing en lozing verandert deze situatie.

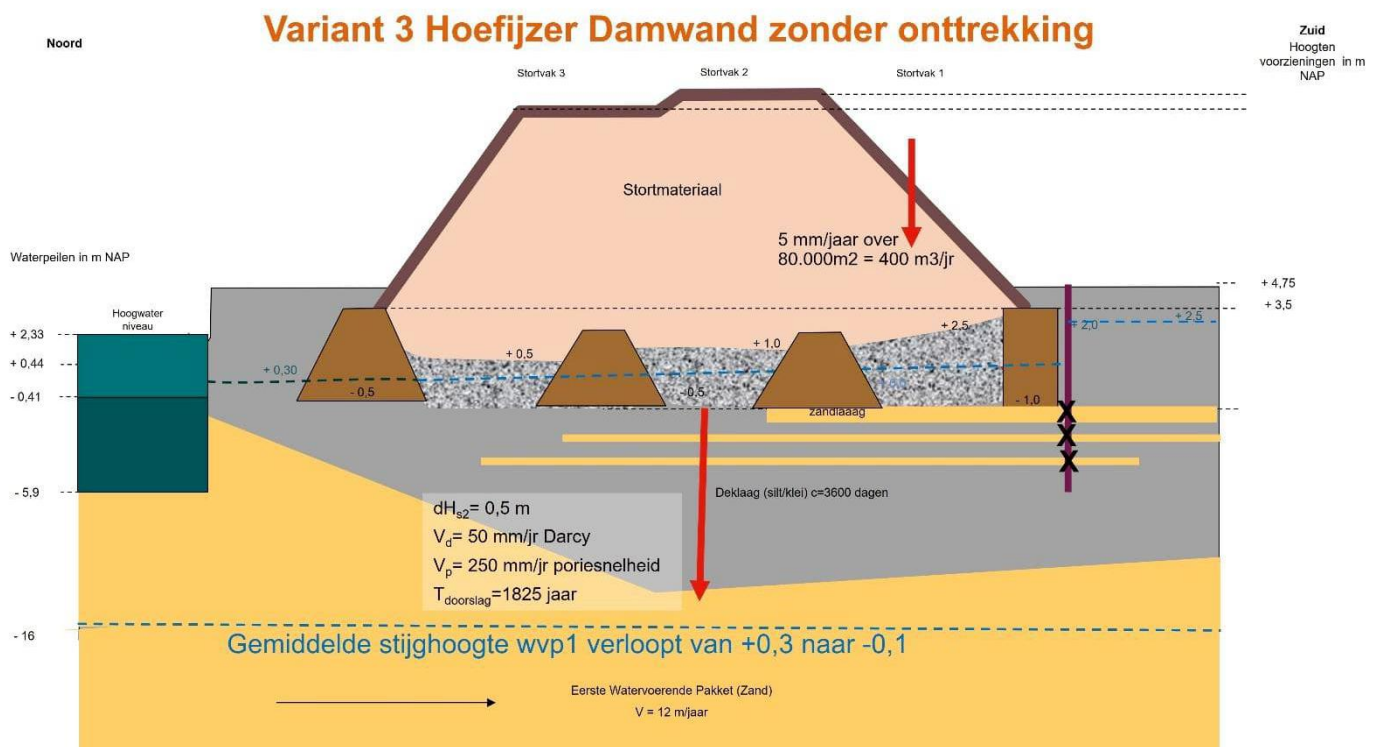
4.4.3 Alternatief 3, Hoefijzer damwand tot 5/6 m-NAP



Figuur 5 Hoefijzer damwand, met in paars de globale ligging van de damwand tot 5-6 m-NAP

Alternatief 3 is vergelijkbaar met alternatief 2, geen onttrekking, met dit verschil dat rondom stortvak 1 en 2 een scherm- of damwand wordt aangebracht, die de goed doorlatende zandlagen in het kleipakket afsnijdt. Daarmee wordt de zijdelingse toestroming van grondwater voorkomen. Er is geen onttrekking nodig omdat het hoefijzer open is aan de kant van de Beneden Merwede, waar de freatische grondwaterstand lager is. Binnen de damwand wordt drainage (onder vrij verval) aangebracht om de stijghoogte van nature zo veel mogelijk terug te brengen naar het niveau langs de Beneden Merwede. Dit is het alternatief waarbij naar verwachting de laagste vracht PFOA uit de stortplaats zal komen ten opzichte van alle andere alternatieven (indien lozing in deze beschouwing wordt betrokken).

Aanvankelijk kan de bestaande beheersing worden gebruikt om het waterniveau onder het stort versneld terug te brengen. Door de schermwand neemt de horizontale toestroming af naar de stortvakken 1 en 2 af, en tezamen met de drainage wordt geschat dat het stijghoogte verschil tussen stortvak 2 en het watervoerend pakket kan worden teruggebracht van 1 naar 0,5 m. (dit moet in een gedetailleerd ontwerp worden nagegaan).



Figuur 6 Dwarsdoorsnede alternatief 3

In vergelijking met alternatief 2 zal ook de infiltratie naar de ondergrond van de vracht verontreiniging afnemen met een factor 2, en vergelijkbaar zijn met alternatief 1. In deze variant kan na korte tijd wel de lozing op de RWZI en daarmee oppervlaktewater met PFOA worden beëindigd, hetgeen een groot verschil maakt met alternatief 1. De monitoring van de geohydrologische situatie en verontreinigingen zal worden verbeterd conform de aanbevelingen uit de geohydrologische analyse. Bij de maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding wordt behalve de herinrichting van het terrein ten westen van de stortplaats ter overweging meegegeven om meer maatregelen te treffen op het HVC-terrein ten zuiden van de stortplaats mede om te voorkomen dat stuwing van het grondwater tegen de schermwand op zal gaan treden.

Kosten: ca. 3,4 miljoen euro (eenmalig €2.750.000,- jaarlijks €20.000,- (afgerond en geschat, zie bijlage 2 voor kosten schermwand (ca. helft van ringschermwand)).

Faalisico: Matig, in tegenstelling tot alternatief 1 en 2 is de technische haalbaarheid lager; het plaatsen van de damwand tussen stortplaats en spoordijk, en tussen de RWZI en de stortplaats is niet geheel zonder risico's. Evenmin kan de afname van infiltratie volledig worden gegarandeerd.

Nazorg: Beperkt, na aanbrengen en kortdurende onttrekking wordt alleen de monitoring en het onderhoud gehandhaafd.

Milieubelasting: Gemiddeld, het aanbrengen van de damwand kost energie en grondstoffen (staal/bentoniet of vergelijkbaar).

Verspreiding: 0,14 kg/jaar na 1.800 jaar (afgerond).

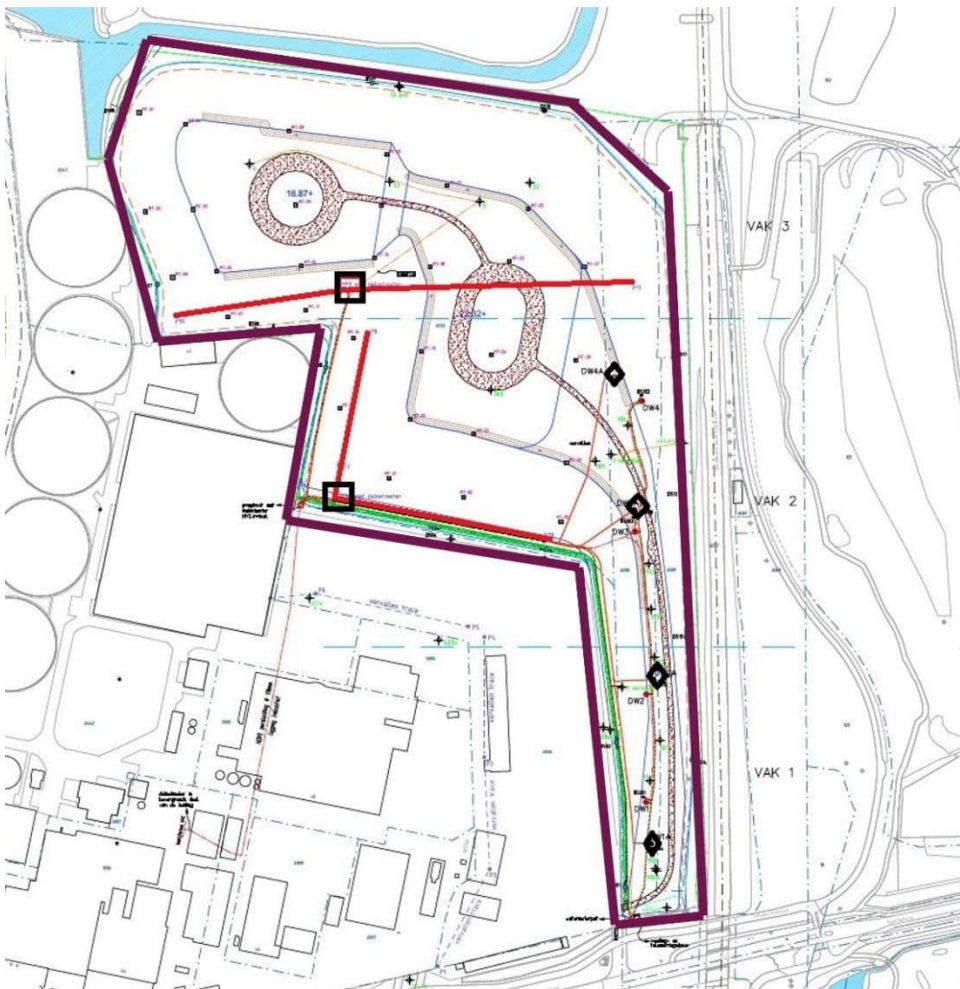
Gezondheidseffecten: Goed, de directe verspreiding van verontreinigende stoffen via de lozing wordt stilgelegd.

Compliance: Negatief, de situatie is vergelijkbaar met alternatief 1, de droogleggings- en toestroomingseisen worden niet gehaald.

Maatsch. acceptatie: Goed, de lozing wordt gestopt, en de verspreiding wordt verder beperkt. Er is aantoonbaar sprake van actie.

4.4.4 Alternatief 4: Ringschermwand tot ca 5/6 m-NAP en beperkte beheersing

In dit alternatief wordt maximaal geprobeerd om de infiltratie naar de ondergrond terug te dringen. Dit gebeurt door het aanbrengen van een scherm- of damwand rondom de gehele stortplaats, een ringdamwand tot 5/6 m-NAP, die de goed doorlatende zandlagen in het kleipakket afsnijdt. Tegelijkertijd worden de bestaande onttrekkingen gehandhaafd om de stijghoogte zo veel als mogelijk terug te brengen. In theorie kan de grondwaterstand zich begeven naar het niveau van de stijghoogte in het watervoerende pakket. Maar in de praktijk zorgt de grote weerstand van de kleilaag in combinatie met wat geringe lekkage alsnog tot een beperkt stijghoogteverschil. Naar verwachting is het mogelijk om de infiltratie snelheid terug te brengen naar minder dan 30 mm/jaar en een doorslagtijd van meer dan 3.600 jaar en een vracht verontreiniging van minder dan 0,07 kg/jaar. Door de hoogteligging van drainage/onttrekking ten opzichte van de stijghoogte in het watervoerende pakket is het niet mogelijk om in stortvak 2 een kwelsituatie te creëren.



Figuur 7 Bovenaanzicht alternatief 4

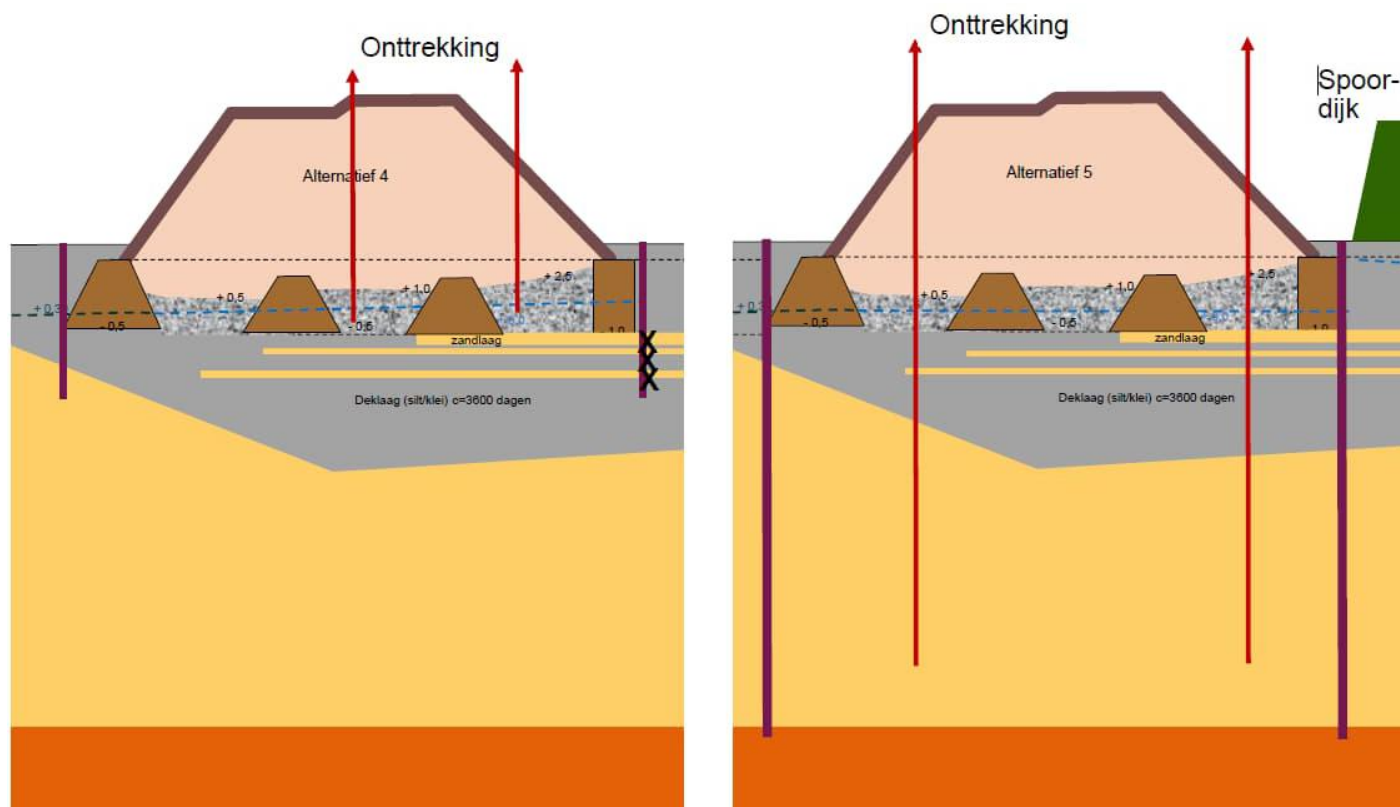
Het (in beperkte mate) in stand houden van de bestaande beheersing is nodig om te voorkomen dat de grondwaterstand tussen de schermwanden kan toenemen, maar dus juist daalt. In alternatief 3 is dit niet nodig omdat de schermwandconstructie aan de zijde van de Beneden Merwede open is. Door de ringschermwandwand wordt in alternatief 4 horizontale toestroming vrijwel voorkomen, en naar verwachting zal het onttrekkingsdebiet afnemen naar minder dan 0,5-1 m³/hr. De vracht aan verontreiniging die wordt geloosd zal daarmee vrijwel decimeren en afnemen naar ca. 0,06 kg/jr.

De monitoring van de geohydrologische situatie en verontreinigingen zal worden verbeterd conform de aanbevelingen uit de geohydrologische analyse. Bij de maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding wordt behalve de herinrichting van het terrein ten westen van de stortplaats ter overweging meegegeven om meer maatregelen te treffen op het HVC-terrein ten zuiden van de stortplaats mede om te voorkomen dat stuwing van het grondwater tegen de damwand op zal gaan treden.

Kosten:	ca. 7 miljoen euro (eenmalig €4.750.000,- jaarlijks €75.000,- (afgerond en geschat).
Faalisico:	Matig, in tegenstelling tot alternatief 1 en 2 is de technische haalbaarheid lager; het plaatsen van de scherm/damwand tussen stortplaats en spoordijk, en tussen de RWZI en de stortplaats is niet geheel zonder risico's. Evenmin kan de afname van infiltratie volledig worden gegarandeerd.
Nazorg:	Groot, de beheersing met zuivering moet in stand worden gehouden.
Milieubelasting:	Gemiddeld tot groot, het aanbrengen van de damwand kost energie en grondstoffen (staal), en ook de zuivering zal materiaal blijven kosten en afval opleveren.
Verspreiding:	0,07 kg/jaar naar oppervlaktewater, en 0,07 kg/jaar na 3.600 jaar
Gezondheidseffecten:	Neutraal tot licht verbeterd, de geloosde vracht op het oppervlaktewater neemt af.
Compliance:	Licht negatief, de droogleggingseis kan zover als mogelijk worden benaderd, en de infiltratie is verder beperkt. Horizontale verspreiding is nagenoeg uitgesloten.
Maatsch. acceptatie:	Licht positief, De beperking van de verspreiding uit de stortplaats is optimaal, maar er blijft sprake van een beperkte lozing op de Beneden Merwede

4.4.5 Alternatief 5: Diepwand 26 m-NAP en beheersing 1^e wvp

In dit alternatief wordt de analogie gezocht met de geohydrologische isolatie van de nabijgelegen stortplaats Derde Merwedehaven. Dit alternatief wordt vooral beschouwd als mogelijk terugvalscenario en is ingrijpend. In figuur 8 wordt het vergelijkt met alternatief 4 geschetst. Rondom de stortplaats dient dan een diepwand aangebracht tot circa 26 m-NAP (30 m-mv), tot door het eerste watervoerende pakket. De geohydrologische beheersing vindt plaats in het watervoerende pakket. Geschat wordt dat daarmee een debiet van 1-3 m³/uur is gemoeid. In de praktijk blijkt bij vergelijkbare projecten altijd sprake van een zekere lekstroom waarmee dient te worden gerekend. Met de diepwandconstructie en onttrekking wordt gegarandeerd dat vanuit het watervoerende pakket geen horizontale en verticale verplaatsing zal plaatsvinden en kan de droogleggingseis onder voorwaarden worden gehaald. De onttrokken verontreinigingsvracht per jaar wordt geschat op 0,01 kg/jaar (ongezuiverd), gezuiverd zal dit afnemen tot minder dan 0,2 g/jaar.



Figuur 8 Dwarsdoorsneden alternatieven 4 en 5

Opgemerkt moet worden dat er weinig werkruimte is tussen stortplaats en spoordijk. Waarschijnlijk is een diepwandconstructie tot 30 m diepte technisch niet haalbaar op deze plaats zonder ingrijpende maatregelen aan spoordijk of stortplaats.

Daarnaast houdt dit alternatief in dat de begrenzing van de inrichting wordt uitgebreid. De onderzijde van de stortplaats waarmee in de overige alternatieven wordt gerekend is de kleilaag. In dit alternatief is dat de scheidende kleilaag onder het watervoerende pakket op ca 30 m diep. Het volume bodem dat geaccepteerd verontreinigd mag raken zal hiermee meer dan verdubbelen (ook het watervoerend pakket onder de stortplaats). Om een vergelijking met de overige alternatieven mogelijk te maken, de verticale infiltratie over de deklaag zal kortstondig juist toenemen en eveneens kortstondig 0,42 kg/jr bedragen bij een doorbraaktijd van 600 jaar.

Noot: De vergelijking met de 3^e Merwedehaven is niet geheel juist. Bij de stortplaats 3^e Merwedehaven is sprake van stortmateriaal dat is aangebracht in de voormalige haven, die de volledige deklaag doorsnijdt tot in het watervoerende pakket. Ofwel het stortmateriaal staat al in direct contact met het watervoerende pakket. Bij Crayestein-West is de deklaag nog volledig intact, en biedt de komende 1000 jaar nog weerstand tegen verspreiding.

De monitoring van de geohydrologische situatie en verontreinigingen zal worden verbeterd volgens de aanbevelingen uit de geohydrologische analyse. Bij de maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding wordt behalve de herinrichting van het terrein ten westen van de stortplaats ter overweging meegegeven om meer maatregelen te treffen op het HVC-terrein ten zuiden van de stortplaats mede om te voorkomen dat stuwing van het grondwater tegen de damwand op zal gaan treden.

Kosten:	ca. 15 miljoen euro (12 miljoen eenmalig en jaarlijks 100.000,- afgerond en geschat, zie ook bijlage 2, extra: aanleg diepwells en grondwaterzuivering)
Faalisico:	Groot, de technische haalbaarheid is beperkt, het plaatsen van een omvangrijke diepwand tussen stortplaats en spoordijk met een beperkte werkruimte en stabiliteitsissues voor de spoordijk is risicovol. Tussen de RWZI en de stortplaats is mogelijk te weinig werkruimte. Bovendien is bij veel diepwand beheersingen, zoals Griffpark Utrecht, gebleken dat de debieten vaak tegenvallen, en groter zijn dan verwacht.
Nazorg:	Groot, de beheersing moet in stand worden gehouden
Milieubelasting:	Groot, het aanbrengen van de diepwand is een ingrijpende operatie die veel energie en grondstoffen kost.
Verspreiding:	0,01 kg/jr naar oppervlaktewater, en 0,42 kg/jr kortstondig na 600 jaar
Gezondheidseffecten:	Neutraal tot licht verbeterd, de geloosde vracht op het oppervlaktewater neemt af.
Compliance:	Negatief, in deze variant is het onder voorwaarden mogelijk om de droogleggingseis te benaderen, maar door de weerstand van de kleilaag zal plaatselijk de droogleggingseis niet worden gehaald. De verticale infiltratie zal echter (tijdelijk) verdubbelen, en bovenal speelt dat de omvang van de inrichting verdubbelt. De ondergrens verschuift van de deklaag naar de eerste scheidende laag. Er is wel meer zekerheid dat er uiteindelijk geen verontreiniging naar de verdere omgeving van de stortplaats zal verspreiden.
Maatsch. acceptatie:	Neutraal, De beperking van de verspreiding uit de stortplaats is optimaal, maar er blijft sprake van een beperkte lozing op de Beneden Merwede. De hoge kosten zullen echter ook meespelen in de opinie.

4.5 Vergelijking alternatieven

In de onderstaande tabel is de evaluatie van de alternatieven samengevat.

	Alternatief 1 Voortzetten	Alternatief 2 Stoppen lozing	Alternatief 3 Hoefijzerwand	Alternatief 4 Ringdamwand	Alternatief 5 Diepwand
Kosten (miljoen euro):	5,3	1,4	3,4	7	15
Faalisico:	0	0/-	-	-	--*
Nazorg:	--	0	0	--	--
Milieubelasting:	-	+	0	-	--
Verspreiding:					
Naar oppervl. water kg/jr	0,6	0	0	0,07	0,01
Doorslag kg/jr (Termijn)	0,14 (1800)	0,28 (900)	0,14 (1800)	0,07 (3600)	0,42** (600)
Gezondheidseffecten	-	++	++	-/0	-/0
Compliance:	-	-	-/0	-/0	-/0
Publieke opinie:	-	0	+	0/+	0

*De technische haalbaarheid wordt zeer laag ingeschat.

**Dit is een tijdelijk effect.

De tabel vereenvoudigt de keuze van de voorkeursvariant. Op deze plaats wordt geen afweging gemaakt. De keuze is aan het overleg van partijen. In het overleg kan ook een keuze worden gemaakt van een combinatie van alternatieven. Bijvoorbeeld kan worden besloten om de beheersing nog een aantal jaren door te zetten, en dan een stopproef te doen, in de verwachting dat de nalevering uit het stortmateriaal dan verder is afgenomen. Het is ook mogelijk om alternatief 3 uit te breiden met een beperkte onttrekking.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- Het is niet mogelijk om te voldoen aan het stortbesluit of de concrete eisen uit de WM-vergunning. Het is niet mogelijk om te voldoen aan de droogleggingseis of netto toestroming in alle richtingen. Een alternatieve aanpak is nodig;
- Door het aanbrengen van de bovenafdichting is de uitstroom van verontreinigingen al significant verminderd. Het stortmateriaal wordt niet of nauwelijks gepercoleerd, en de contactzone met het afval is beperkt;
- De bovenafdichting heeft bovendien tot gevolg dat in horizontale zin sprake is van netto toestroming van het freatische grondwater. Er is wel sprake van infiltratie in de deklaag.;
- Percolaat zal zich mengen met zijdelings toestromend grondwater, en concentraties PFOA onder de stortplaats zullen zonder maatregelen na meer dan 900 jaar het watervoerende pakket bereiken;
- De vracht PFOA die in de omgeving van de stortplaats uitloopt naar het watervoerende pakket is groter dan de vracht die uit stortplaats Crayestein-West zelf zal komen;
- Verspreiding via lozing van deels gezuiverd water op het oppervlaktewater brengt meer gezondheidsrisico's met zich mee dan verspreiding in de ondergrond;
- Een alternatief met diepwandconstructie zoals bij de 3^e Merwedehaven wordt gezien als terugvaloptie. De situatie Crayestein West is niet vergelijkbaar omdat het stortmateriaal in de 3^e Merwedehaven al is aangebracht tot door de deklaag, terwijl de deklaag bij Crayestein intact is. Daarnaast wordt de technische haalbaarheid van dit alternatief betwijfeld, vanwege het gebrek aan werkruimte.

5.2 Aanbevelingen

Op grond van de conclusies en overwegingen in de voorgaande hoofdstukken adviseren wij het volgende:

- Bevestiging van de analyse van geohydrologie en grondwaterkwaliteit door:
 - Aanvullende stijghoogte metingen in en nabij de stort;
 - Uitgebreidere kartering van de PFAS-verontreiniging rondom en onder de stortplaats (waar mogelijk);
- Optimaliseren van de waterhuishouding op en rond de stort, met name de hemelwaterafvoer;
- Onderzoek uit te voeren naar maatregelen waarmee ter hoogte van stortvak 1 en 2 het freatische grondwaterniveau rondom de stortplaats kan worden teruggebracht (afdekking, drainage etc.), en daarmee de horizontale instroming in de stortplaats. Daarmee wordt het stijghoogte verschil tussen de stortvakken 1 en 2 en het watervoerende pakket verkleind.

6 Literatuur

1. Stortbesluit Bodembescherming 1993
2. Richtlijn Geohydrologische Isolatie van Bestaande Stortplaatsen, VVAV 1997
3. Ontwerp-procedure grondwatermonitoring stortplaatsen, VVAV 1995
4. Herkomst PFOA in grond en grondwater Dordrecht en omgeving, Expertisecentrum PFAS, 2019
5. Resultaten brainstormsessie oplossingsrichtingen, Memo Bodemzorg, 2020;
6. Cahier Duurzaam Saneren, SKB 2015
7. Praktijkdocument ROSA: Handreiking voor het maken van keuzes en afspraken bij mobiele verontreinigingen, Slenders et al. 2005
8. Circulaire Bodemsanering 2013, Ministerie van VROM
9. Advies over de afbouw van de nazorg op de IBC-locaties in Dordrecht, Deltares 2020
10. Briefrapportage Crayestein-West te Dordrecht, Vansomerenbodemenwater, 7 oktober 2016
11. Onderzoek functioneren geohydrologische beheersing, Crayestein-West, Bodemzorg 9 juli 2019
12. Verschil in uitloging van PFAS uit grond en bagger, RIVM-briefrapport 2020-0102, A.Wintersen et al.
13. Herkomst PFOA Evides Baanhoekweg, Arcadis 2022 (vertrouwelijk)
14. Luchtdepositie onderzoek PFOA en HFPO-DA (GenX) Dordrecht en omgeving, Expertisecentrum PFAS 2017
15. Modelling the sorption behaviour of perfluoroalkyl carboxylates and perfluoroalkane sulfonates in soils, Fabregat-Paula et al. Science of the total Environment 2021
16. Crayestein-West Dordrecht, Geohydrologisch Rapport, Fugro rapport 1120-179849 | 26 juli 2021
17. PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib, resultaten van een meetcampagne op acht rwzi's, STOWA rapport 46 2021
18. Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen. Ministerie van VROM 1993
19. Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde, RIVM-briefrapport mei 2021

Bijlage 1: Chemische analyses onttrekkingen

Afvalwater	DW1A	DW1A	DW1A	DW1A	DW1A	DW1A	DW1A	DW1A	PP7A	PP7A	PP7A	PP7A	PP7A	PP7A	PP7A	PP9	PP9	PP9	PP9	PP9	PP9	PP9	PP9
Datum monstername	28-03-18	11-07-18	29-11-18	8-05-19	27-11-19	27-05-20	10-12-20	11-07-18	29-11-18	8-05-19	27-11-19	27-05-20	10-12-20	11-07-18	29-11-18	8-05-19	27-11-19	27-05-20	10-12-20	11-07-18	29-11-18	8-05-19	27-11-19
Filtertraject (m+NAP)	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3	1 tot -3
p-isopropyltolueen																							
overige stoffen																							
1,2,4-Trimethylbenzeen				0,1 -		0,07 -																	
1,2-Dibroom-3-chloorpropaan (DBCP)				<0,1 -		<0,1 -																	
1,2-Dibroommethaan				<0,1 -		<0,1 -																	
1,3,5-Trimethylbenzeen (Mesityleen)				<0,05 -		<0,05 -																	
2-Chlooritolueen (ortho-Chlooritolueen)				<0,1 -		<0,1 -																	
4-Chlooritolueen (para-Chlooritolueen)				<0,1 -		<0,1 -																	
Broombenzeen				<0,1 -		<0,1 -																	
Broomchloromethaan				<0,1 -		<0,1 -																	
Broomdichlooromethaan				<0,1 -		<0,1 -																	
Dibroomchloromethaan				<0,1 -		<0,1 -																	
Dibroommethaan				<0,2 -		<0,2 -																	
iso-Propylbenzeen (Cumeen)				<0,05 -		<0,05 -																	
n-Butylbenzeen				<0,05 -		<0,05 -																	
Propylbenzeen				<0,05 -		<0,05 -																	
sec-Butylbenzeen				<0,05 -		<0,05 -																	
tert-Butylbenzeen				<0,05 -		<0,05 -																	
Trietoxymethaan (bromoform)				<0,5 -		<0,5 -																	
algemene parameters																							
Temperatuur °C	14,0 -	13,86 -	13,6 -			13,6 -	9,3 -	15,3 -	13,09 -	11,9 -	12,6 -	12,3 -	10,5 -	16,3 -	14,28 -	14,0 -	14,3 -	14,4 -	12,1 -				
NTU	125 -	16,2 -	189 -			49,3 -	86,3 -	44,5 -	89,8 -	55,6 -		34 -	54,9 -	42,8 -	28,6 -	19,1 -		16,1 -	31,3 -				
Zuurgraad (pH)	6,88 -	7,35 -	6,57 -			7,47 -	8,79 -	7,86 -	7,78 -	7,43 -	7,64 -	8,20 -	6,72 -	7,38 -	7,53 -	7,27 -	7,15 -		7,52 -	6,61 -			
Redoxpotentiaal mV	-118,4 -	-152,5 -	26,4 -			-126,0 -	1,9 -	-158,0 -	-98,4 -	27,5 -		91,6 -	21,2 -	-114,8 -	-72,1 -	41,0 -		101,6 -	-86,3 -				
Geluidbaarheid µS/cm	2340 -	2215 -	2425 -			1002 -	807 -	1383 -	1607 -	135,1 -	1330 -	1601 -	1324 -	1253 -	1519 -	1290 -		1507 -	1503 -				
Zuurstof [O] mg/l	0 -	0,0 -	1,02 -			0,57 -	1,12 -	4,38 -	0,62 -	5,37 -		5,76 -	6,17 -	5,19 -	0,48 -	4,76 -		4,20 -	4,93 -				
nutriënten & zuurstofbindende stoffen																							
CZV mg/l	98 -	69 -	140 -			78 -	32 -	110 -	54 -	43 -	87 -	42 -	46 -	38 -	49 -	30 -		27 -	38 -				
Stikstof (N; vgs Kjeldahl) mg/l	28 -	7,0 -	42 -			22 -	7,3 -	10,0 -	9,4 -	9,2 -	10,0 -	7,2 -	9,5 -	7,0 -	4,9 -	9,8 -		9,8 -	5,9 -				
zouten																							
Chloride (AA) mg/l	200 *	120 *	190 *			180 *	51	86	140 *	140 *	130 *	56	130 *	100	140 *	150 *		130 *	140 *				
Sulfaat (als SO4) mg/l	2,4 -	140 -	<0,94 -			<0,94 -	100 -	91 -	120 -	67 -	130 -	78 -	96 -	62 -	1,0 -	7,8 -		28 -	6,0 -				
Sulfaat (opgelost, als S) mg/l	<1,7 -	46 -	<1,7 -			<1,7 -	34 -	30 -	41 -	22 -	44 -	26 -	32 -	21 -	<1,7 -	2,6 -		9,2 -	2,0 -				
Bicarbonaat	1400 -	150 -	1500 -			1200 -	190 -	60 -	610 -	630 -	610 -	500 -	640 -	520 -	750 -	650 -		710 -	700 -				
Carbonaat mg/l	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -			<5,0 -	60 -	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -	<5,0 -		<5,0 -	<5,0 -				
metalen																							
Arsen [As]	11 *	5,6	11 *			<5,0	10	15 *	12 *	13 *	11 *	10	5,9	11 *	5,8	<5,0		<5,0	<5,0				
Cadmium [Cd]	<0,20	<0,20	<0,20			<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20				
Chroom [Cr]	1,0	1,4 *	1,0			<1,0	<1,0	<1,0	1,0	1,0	<1,0	1,5 *	2,4 *	<1,0	<1,0	<1,0		2,7 *	<1,0				
Koper [Cu]	<2,0	5,8	<2,0			<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0				
Kwik [Hg]	<0,050	<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050				
Nikkel [Ni]	52 *	50 *	1,4			5,6	4,3	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0		19 *	5,2				
Loed [Pb]	<2,0	5,0	<2,0			<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0				
Zink [Zn]	1300 ***	1,9	<10			180 *	<10	<10	<10	8	<10	<10	<10	<10	<10	90 *		57	270 *				
Metalen pakket (8)																							
Calcium [Ca]	250 -	66 -	270 -			240 -	68 -	47 -	93 -	110 -	100 -	90 -	89 -	93 -	140 -	140 -		160 -	150 -				
Magnesium [Mg]	46 -	2,7 -	48 -			38 -	3,2 -	1,3 -	14 -	16 -	17 -	10 -	14 -	11 -	20 -	21 -		17 -	22 -				
PAK																							
Naftaleen	0,071 *	0,30 *	<0,1			0,037 *	0,4 *	<0,020	0,20 *	0,24 *	<0,1	0,15 *	0,3 *	0,21 *	0,092 *	<0,020		<0,1	0,044 *				
Anthracen	<0,010	0,051 *	<0,010			<0,010	0,028 *	0,050 *	0,074 *	0,15 *	0,12 *	0,10 *	0,30 *	0,15 *	0,021 *	<0,010		0,020 *	0,013 *				
Fluorantheen	0,013 *	0,13 *	0,012 *			0,026 *	0,072 *	0,28 *	0,17 *	0,22 *	0,19 *	0,16 *	0,33 *	0,14 *	0,042 *	<0,010		0,024 *	0,034 *				
Benzo(a)anthracen	<0,010	0,15 *	<0,010			0,014 *	0,10 *	0,24 *	0,27 *	0,28 *	0,32 *	0,38 *	0,23 *	0,17 *	0,30 *	0,39 *		0,049 *	0,067 *				
Chryseen	<0,010	<0,010	<0,010			<0,010	0,013 *	<0,010	<0,010	<0,010	0,010 *	0,011 *	<0,010	<0,010	0,011 *	0,013 *		0,030 *	0,034 *				
Benzo(a)pyreen	<0,010	<0,010	<0,010			<0,010	0,011 *	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017 *		<0,010	0,023 *				
Benzo(b)fluorantheen	<0,010	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010				
Benzo(k)fluorantheen	<0,010	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010				
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	<0,010	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010				
Acefenylleen	<0,050 -	0,11 -	<0,050 -			<0,050 -	<0,050 -	<0,050 -	<0,050 -	0,070 -	<0,050 -	<0,050 -	<0,050 -	<0,050 -	<0,050 -	<0,050 -		<0,050 -	<0,050 -				
Acefenleen	0,042 -	0,60 -	<0,010 -			0,022 -	0,32 -	0,61 -	1,3 -	1,5 -	1,1 -	1,1 -	1,7 -	1,8 -	0,63 -	0,17 -		0,35 -	0,48 -				
Fluoreen	<0,010 -	0,32 -	<0,010 -			0,014 -	0,090 -	0,19 -	0,43 -	0,59 -	0,37 -	0,30 -	1,1 -	0,83 -	0,057 -	<0,010 -		0,036 -	0,047 -				
Pyreen	<0,010 -	0,086 -	<0,010 -			0,010 -	0,063 -	0,11 -	0,16 -	0,19 -	0,22 -	0,25 -	0,18 -	0,16 -	0,098 -	0,28 -		0,039 -	0,25 -				
Benzo(b)fluorantheen	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -			<0,010 -	0,011 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -		<0,010 -	<0,010 -				
Dibenz(a,h)anthracen	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -			<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -	<0,010 -		<0,010 -	<0,010 -				
PAK 10 VROM	<0,11 -	0,64 -	<0,11 -			0,20 -	0,50 -	0,68 -	0,88 -	0,84 -	0,74 -	1,3 -	0,73 -	0,34 -	0,								

Bijlage 2: Uitwerking Schermwanden

MEMO

Aan

Van

Datum

31 oktober 2022

Blad

Pagina 1 van 13

Onderwerp

Cement-bentoniet scherm Crayestein-West, Dordrecht

Inleiding

Door [REDACTED] (projectleider bij Bodemzorg), is een advies gevraagd voor een cement-bentoniet scherm rondom voormalig stortplaats Crayestein-West in Dordrecht (ca. 1.500m). De afvalstortlocatie, waar onder andere PFOA en asbest voorkomen, wordt geohydrologisch beheerst. Omdat volledige beheersing niet mogelijk is, wordt gezocht naar oplossingen om beïnvloeding van de bodem zo veel mogelijk te beperkt. De mogelijkheden zijn:

- Cement-bentoniet wand met 2mm HDPE scherm tot ca. NAP -6m;
- Cement-bentoniet wand met 2mm HDPE scherm tot ca. NAP -24m.



Fig 1; overzicht van de stortplaats en locatie te graven cb wand

Hoogteprofiel

De stortplaats reikt tot ca. NAP +20m en heeft een omtrek van 1.500m. De doorsnede van de stortplaats zijn hieronder weergegeven. De gehele stortplaats is gefundeerd op een grindbed van ca. 2,0m. Ook zijn kleikisten aanwezig.

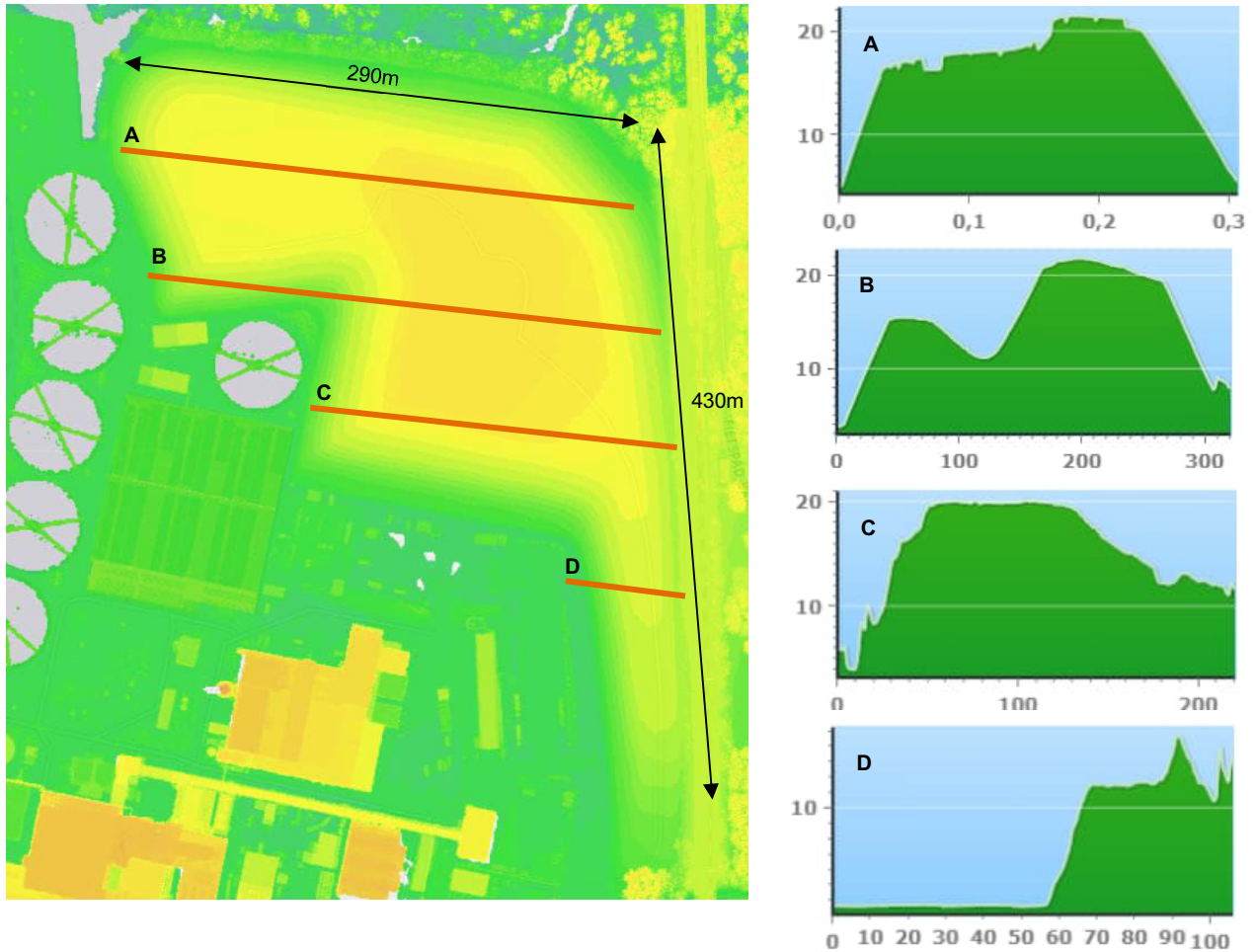


Fig 2; doorsneden stortplaats

Bodemprofiel

Onder de stortplaats is een deklaag van klei en silt aanwezig. In deze deklaag zijn dunne, watervoerende zandlagen aanwezig. Op een diepte van ca. -16m is het eerste watervoerende zandpakket aanwezig.

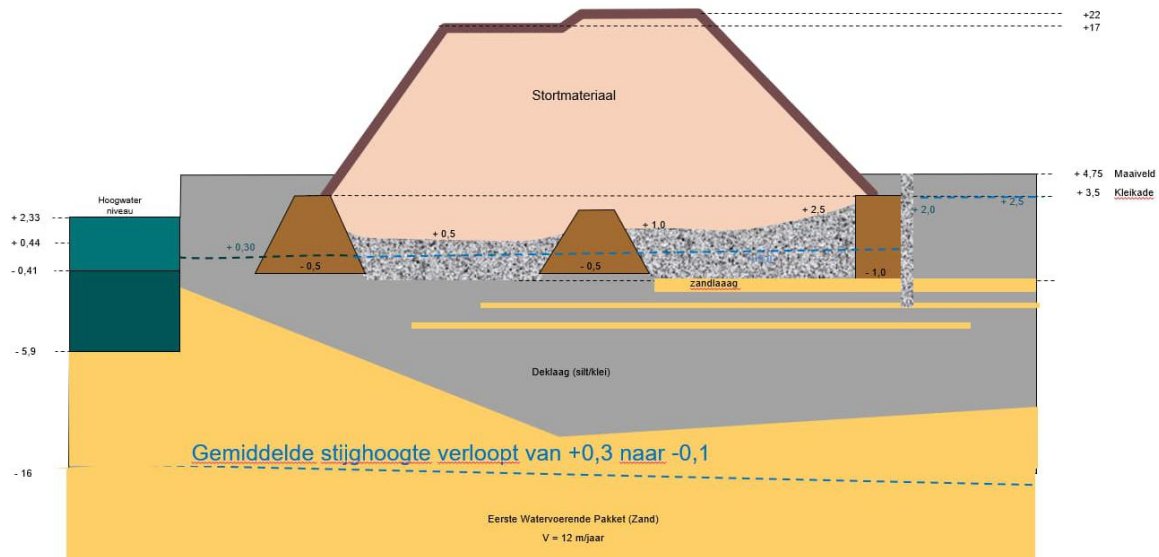


Fig 3; doorsneden stortplaats met grindbed en kleikisten

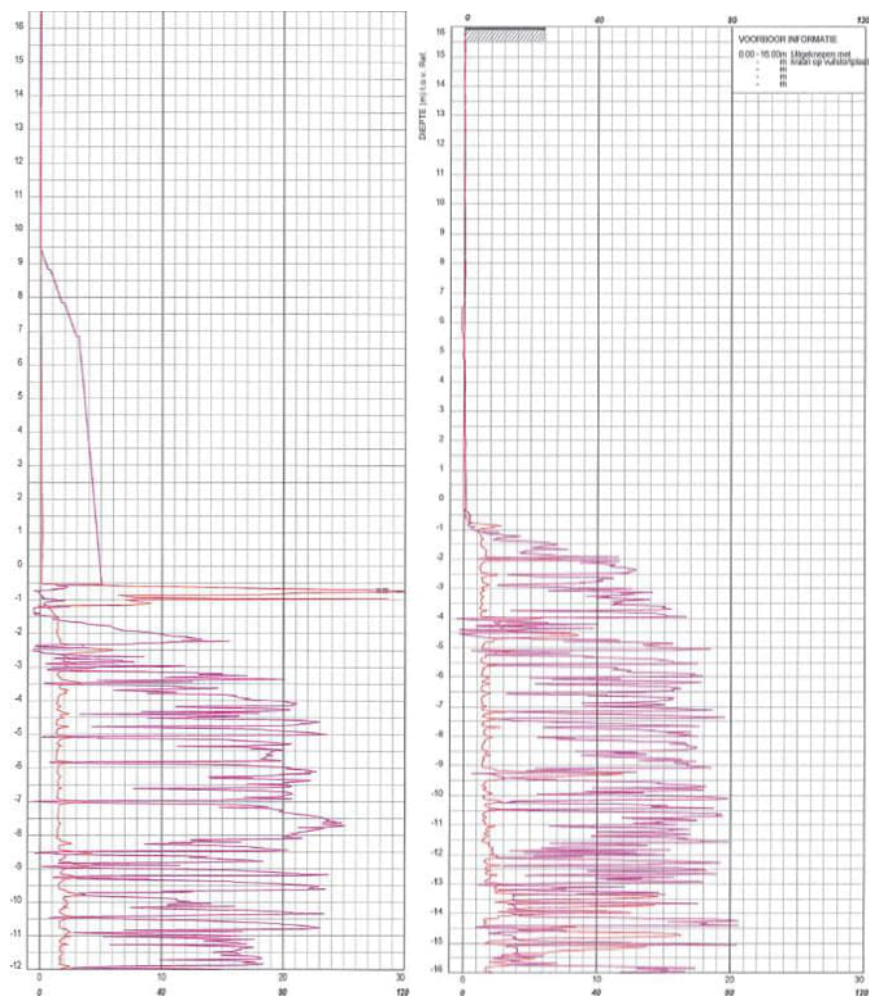


Fig 4; grondopbouw en sonderingen

Belendingen

1. Noordzijde.

Aan de noordzijde is ca. 5m uit het hart van de toekomstige cement-bentonietwand een sloot aanwezig. De sloot staat in verbinding met de Beneden Merwede en heeft een breedte van ca. 4m.

2. Oostzijde

Aan de oostzijde is op ca. 15m uit het hart van de cement-bentonietwand een treinrails aanwezig. De rails ligt 10m tot 5m hoger dan het maaiveld rondom de stortplaats.

3. Westzijde

Aan de westzijde zijn op 2 locaties bassins van de RWZI aanwezig. Deze bassins liggen ca. 3,0m tot ca 5,0m uit het hart van de cement-bentonietwand.



Fig 5; overzicht stortplaats met belendingen

Cement bentonietwanden



Cement-bentonietwanden zijn in de grond gevormde wanden en hebben een waterkerende functie. De steunvloeistof wordt voorzien van cement die na verloop van tijd uithardt, waardoor een wand met een geringe waterdoorlatendheid ontstaat. Dergelijke wanden zijn uitermate geschikt voor zogenoemde polderconstructies.

Cement-bentonietwanden kunnen worden gecombineerd met damwanden voor een waterkerende en grondkerende functie. Bij de toepassing van een HDPE-folie ontstaat een wand met een hoge resistentie tegen agressieve stoffen. Dergelijke wanden kunnen locaties isoleren met ernstige bodemverontreinigingen.

Eigenschappen

- Uitvoering is trillingsvrij en geluidsarm.
- Toepasbaar in vrijwel elke grondsoort.
- Grote diepte mogelijk, tot 60 meter toegepast.
- Hoge waterdichtheid.
- Groot waterkerend vermogen.
- Toepasbaar in zandlagen met hoge conusweerstand.
- In combinatie met een stalen damwand heeft de wand een groot grondkerend vermogen.
- In combinatie met HDPE-folie heeft de wand een hoge weerstand tegen agressieve stoffen in de bodem en het grondwater.

Toepassingsgebieden

- Civiele sector.
- Waterkering bij verdiept aangelegde wegen.
- Grondkering in combinatie met damwand bij ondergrondse constructies, zoals parkeergarages en in- en uitritten van tunnels.
- Isoleren van locaties met verontreinigde grond en verontreinigd grondwater.
- Onderloopsheidschermen of kwelschermen in dijken.

Geometrie cement-bentonietwanden

De cement-bentonietwand wordt verdeeld in panelen. De breedte van een paneel is gelijk aan de breedte van de grijper. Primaire panelen worden als eerste gegraven en daarna de tussenliggende secundaire panelen. Vervolgens worden de overgangen tussen de primaire en secundaire panelen nogmaals 'overgraven'. Op een dergelijke graafwijze wordt een doorgaande wand vervaardigd zonder voegen.

Vervaardiging cement-bentonietwanden

Voordat met het graven van de wand wordt gestart, worden geleidebalken op maaiveld aangebracht. De functie van de geleidebalken is het vastleggen van de maatvoering van de cement-bentonietwand, het geleiden van de draadknijper tijdens het graven en het voorkomen van het inkalven van het maaiveld.

De wand wordt gegraven met een speciale draadknijper met een groot eigen gewicht. Door de specifieke vorm van de draadknijper wordt de verticaliteit van de ontgraving gewaarborgd en na het graven gemonitord door inclinometers. Tijdens het graven is de sleuf gevuld met een steunvloeistof - een mengsel van cement, bentoniet, water en hulpstoffen - om de stabiliteit van de sleuf te waarborgen. De steunvloeistof is permanent en zal na verloop van tijd verharden.

Geleidebalken cement-bentonietwand



Bevestigen monsterbus cement-bentonietwand



Cement-bentonietwand met damwand



Na de verharding vormt de wand een waterkerende constructie. De wand kan, als de steunvloeistof nog vloeibaar is:

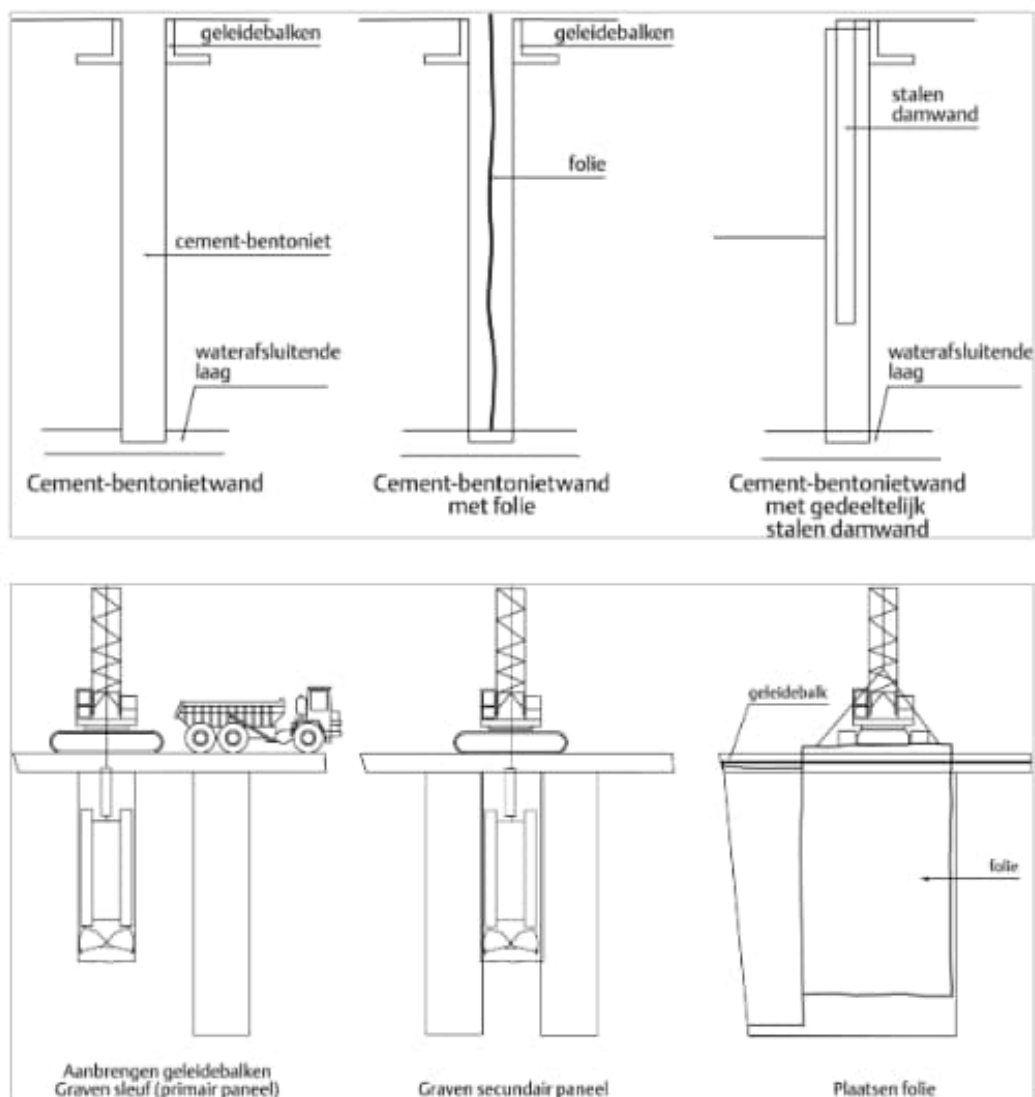
- worden voorzien van een HDPE-folie.

De foliepanelen zijn voorzien van sloten en vormen daardoor een aaneengesloten geheel.

De cement-bentonietwand heeft dan een extra waterkering en bezit chemische resistentie.

- worden voorzien van een damwand.

De damwand wordt opgehangen aan de geleidebalken. De wand heeft dan stijfheid en momentcapaciteit.



Technische data en rekennormen

Eigenschappen	Waarde
Dikte wand	0,6 meter; 0,8 meter; 1,0 meter; 1,2 meter; 1,5 meter
Breedte wand	oneindige sleuf zonder voegen, eventueel in enkele panelen uit te voeren
Druksterkte	$\geq 0,8$ Mpa tot max 2,0 MPa
Normen	CUR 166, CUR 189, CUR-aanbeveling 84
Waterdoorlatendheid	met folie nagenoeg water ondoorlatend; $k=1 \times 10^{-12}$ m/s zonder folie $k=3 \times 10^{-9}$ m/s

MaterieeloverzichtDiepwandgraafkranen

- Liebherr HS 875 HD
- Liebherr HS 853 HD
- Woltman THW700

BAM Infra Funderingstechnieken:**Fundamenteel de juiste oplossing**

BAM Infra Funderingstechnieken maakt bouwen mogelijk met funderingstechnische oplossingen op maat, zowel in de civiele, burgerlijke als de utiliteits-bouw. Wij denken graag in een vroegtijdig stadium met u mee. Zo kunnen we met onze specialistische kennis en ervaring het beste bijdragen - kwalitatief en economisch - aan de beste oplossing. Een oplossing op maat.

Wij vervaardigen onze producten op basis van gestandaardiseerde werkmethoden en hanteren daarbij passende kwaliteitscontrole, -registratie en VGM-maatregelen. Op deze wijze waarborgen wij dat onze producten voldoen aan de geldende eisen. Bovendien optimaliseren we zo structureel ons productieproces op basis van opgedane ervaringen.

Voor elk project beoordelen wij samen met de klant of en welke aanpassingen en maatregelen gewenst zijn om een product en dienst te leveren dat voldoet aan de projectspecifieke eisen. Hierbij houden wij rekening met de projectspecifieke omstandigheden en risico's.

Normeringen

Uitvoering conform NEN-EN 1538, CUR 189 en CUR aanbeveling 84.

Graven cement-bentonietwand, 's-Gravenmoer



Graven cement-bentonietwand, 's-Gravenmoer



Detail graven cement-bentonietwand, 's-Gravenmoer



Haalbaarheid cement bentonietwand

1. Noordzijde.

Ondergrond, grondwater en stijghoogte:

- de ondergrond bestaat vanaf maaiveld uit klei (lokaal doorsneden met zandlaagjes) tot een diepte van ca NAP-16m
- vanaf ca NAP-16m is zand aanwezig
- het maaiveld is gelegen op NAP+4,75m
- onder de randen van de stortplaats (teen talud) is een kleikist aanwezig, onder de stortplaats zelf is een grindlaag aanwezig
- de waterdiepte van het kanaal/sloot is NAP-5,9m, het waterpeil is NAP+2,33m (hoogwater)
- de grondwaterstand is ca NAP+0,30m
- de stijghoogte van het diepe zandpakket verloopt van NAP+0,3m tot NAP-0,1m

Stortplaats:

- de hoogte van de stortplaats is NAP+17m
- een steil talud is aanwezig

Werkruimte cb wand:

- aan de noordzijde
 - werkruimte zijkant stortplaats tot sloot is ca 5m
 - de cb wand ligt direct in de teen van het talud van de stortplaats
- aan de westzijde
 - werkruimte is niet aanwezig vanwege de ligging van het kanaal
 - de cb wand ligt direct in de teen van het talud van de stortplaats

Voordat met het graven van de cb sleuf kan worden gestart moeten geleidebalken worden aangebracht

- deze worden bij voorkeur ingegraven in het maaiveld
- de draagkracht van het maaiveld moet voldoende zijn, dit moet voorafgaand aan het werk worden gecontroleerd dmv korte sonderingen
- de graafkraan staat op schotten

De hoogteligging van de geleidebalken en de lengte van de cb sleuf die open staat wordt bepaald door de stabiliteit van de gegraven sleuf en is afhankelijk van;

- de hoogteligging van het grondwater/ stijghoogte van het diep gelegen zandpakket
- de lengte van de cb sleuf die openstaat indien de cb nog niet voldoende is verhard
- de ligging van het kanaal/ sloot op korte afstand van de cb wand
- de korte afstand van cb wand tot aan de teen van het talud van de stortplaats

Graven van de cb wand

- de minimale sleufdikte is 80cm, dit tbv het kunnen inbrengen van de HDPE folie
- de cb sleuf wordt bij voorkeur in een doorlopende sleuf gegraven, dit ivm de in te brengen folie

De werkruimte en omgeving

- normaliter staat de graafkraan loodrecht op de te graven cb sleuf, de benodigde werkruimte vanuit de zijkant van de geleidebalk is 11 tot 12m, indien werkverkeer achter de graafkraan langs moet kunnen rijden, dan is een werkruimte benodigd van 15 tot 17m vanuit de zijkant van de geleidebalk
- indien deze werkruimte niet aanwezig is staat de graafkraan evenwijdig aan het tracé van de cb wand, de rupsen van de kraan staan aan weerszijde van de geleidebalken, de werkbreedte vanuit de zijkant geleidebalken is dan 4m, indien werkverkeer moet kunnen passeren dan is een werkruimte van 8 tot 9m benodigd aan 1 zijde van de cb sleuf
- ter plaatse van het kanaal is geen werkruimte aanwezig, de werkruimte moet dan worden gecreëerd door het dempen van het kanaal met zand en het aanbrengen van een grondkering, de benodigde werkbreedte is dan
- ter plaatse van de sloot is geen werkruimte aanwezig, de werkruimte moet dan worden gecreëerd door het dempen van de sloot met zand

Datum 31 oktober 2022
Blad Pagina 10 van 13
Onderwerp Cement-bentoniet scherm Crayestein-West, Dordrecht

2. Oostzijde

Ondergrond, grondwater en stijghoogte, omgeving:

- de ondergrond bestaat vanaf maaiveld uit klei (lokaal doorsneden met zandlaagjes) tot een diepte van ca NAP-16m
- vanaf ca NAP-16m is zand aanwezig
- het maaiveld is gelegen op NAP+4,75m (aangenomen)
- onder de randen van de stortplaats is een kleikist aanwezig, onder de stortplaats zelf is een grindlaag aanwezig
- de grondwaterstand is ca NAP+0,30m (aangenomen)
- de stijghoogte van het diepe zandpakket verloopt van NAP+0,3m tot NAP-0,1m

Stortplaats:

- de hoogte van de stortplaats is NAP+22m
- een steil talud is aanwezig

Werkruimte cb wand:

- een spoorbaan is op een afstand van ca 15m gelegen uit de cb wand
- de hoogte van de spoorbaan is 5 tot 10m hoger dan het maaiveld
- de cb wand ligt direct in de teen van het talud van de stortplaats

Voordat met het graven van de cb sleuf kan worden gestart moeten geleidebalken worden aangebracht

- deze worden bij voorkeur ingegraven in het maaiveld
- de draagkracht van het maaiveld moet voldoende zijn, dit moet voorafgaand aan het werk worden gecontroleerd dmv korte sonderingen
- de graafkraan staat op schotten

De hoogteligging van de geleidebalken en de lengte van de cb sleuf die open staat wordt bepaald door

- de hoogteligging van het grondwater/ stijghoogte van het diep gelegen zandpakket
- de lengte van de cb sleuf die openstaat indien de cb nog niet voldoende is verhard
- de ligging van het de verhoogde spoorbaan op ca 15m afstand van de cb wand
- de korte afstand van cb wand tot aan de teen van het talud van de stortplaats

Graven van de cb wand

- de minimale sleufdikte is 80cm, dit tbv het kunnen inbrengen van de HDPE folie
- de cb sleuf wordt bij voorkeur in een doorlopende sleuf gegraven, dit ivm de in te brengen folie

De werkruimte en omgeving

- normaliter staat de graafkraan loodrecht op de te graven cb sleuf, de benodigde werkruimte vanuit de zijkant van de geleidebalk is 11 tot 12m, indien werkverkeer achter de graafkraan langs moet kunnen rijden, dan is een werkruimte benodigd van 15 tot 17m vanuit de zijkant van de geleidebalk
- indien deze werkruimte niet aanwezig is staat de graafkraan evenwijdig aan het tracé van de cb wand, de rupsen van de kraan staan aan weerszijde van de geleidebalken, de werkbreedte vanuit de zijkant geleidebalken is dan 4m, indien werkverkeer moet kunnen passeren dan is een werkruimte van 8 tot 9m benodigd aan 1 zijde van de cb sleuf

Datum 31 oktober 2022
Blad Pagina 11 van 13
Onderwerp Cement-bentoniet scherm Crayestein-West, Dordrecht

3. Westzijde

Ondergrond, grondwater en stijghoogte:

- de ondergrond bestaat vanaf maaiveld uit klei (lokaal doorsneden met zandlaagjes) tot een diepte van ca NAP-16m
- vanaf ca NAP-16m is zand aanwezig
- het maaiveld is gelegen op NAP+4,75m (aangenomen)
- onder de randen van de stortplaats is een kleikist aanwezig, onder de stortplaats zelf is een grindlaag aanwezig
- de grondwaterstand is NAP+2,5m
- de stijghoogte van het diepe zandpakket verloopt van NAP+0,3m tot NAP-0,1m

Stortplaats:

- de hoogte van de stortplaats is NAP+17m
- een steil talud is aanwezig

Werkruimte cb wand:

- ter plaatse van de RWZI zijn een aantal bassins aanwezig, de afstand tot zijkant bassins en cb wand is ca 3m tot ca 5m
- ter plaatse van de RWZI is bebouwing aanwezig, de afstand tot zijkant bebouwing en cb wand is ca 3m
- ter plaatse van de zuidzijde is een parkeerterrein /opslag terrein aanwezig
- de cb wand ligt direct in de teen van het talud van de stortplaats

Voordat met het graven van de cb sleuf kan worden gestart moeten geleidebalken worden aangebracht

- deze worden bij voorkeur ingegraven in het maaiveld
- de draagkracht van het maaiveld moet voldoende zijn, dit moet voorafgaand aan het werk worden gecontroleerd dmv korte sonderingen
- de graafkraan staat op schotten

De hoogteligging van de geleidebalken en de lengte van de cb sleuf die open staat wordt bepaald door

- de hoogteligging van het grondwater/ stijghoogte van het diep gelegen zandpakket
- de lengte van de cb sleuf die openstaat indien de cb nog niet voldoende is verhard
- de ligging van de bassins en bebouwing op korte afstand van de cb wand
- de korte afstand van cb wand tot aan de teen van het talud van de stortplaats

Graven van de cb wand

- de minimale sleufdikte is 80cm, dit tbv het kunnen inbrengen van de HDPE folie
- de cb sleuf wordt bij voorkeur in een doorlopende sleuf gegraven, dit ivm de in te brengen folie

De werkruimte en omgeving

- normaliter staat de graafkraan loodrecht op de te graven cb sleuf, de benodigde werkruimte vanuit de zijkant van de geleidebalk is 11 tot 12m, indien werkverkeer achter de graafkraan langs moet kunnen rijden, dan is een werkruimte benodigd van 15 tot 17m vanuit de zijkant van de geleidebalk
- indien deze werkruimte niet aanwezig is staat de graafkraan evenwijdig aan het tracé van de cb wand, de rupsen van de kraan staan aan weerszijde van de geleidebalken, de werkbreedte vanuit de zijkant geleidebalken is dan 4m, indien werkverkeer moet kunnen passeren dan is een werkruimte van 8 tot 9m benodigd aan 1 zijde van de cb sleuf

Datum 31 oktober 2022
Blad Pagina 12 van 13

Onderwerp Cement-bentoniet scherm Crayestein-West, Dordrecht

Conclusie

- het graven van een doorgaande cement bentonietwand in de teen van de stortplaats zal in verband met de spanningsverhoging en spanningsverspreiding vanuit de stortplaats een niet stabiele sleuf geven en is daarmee niet uitvoerbaar
- het graven van een cb wand korte sleuflengte in de teen van de stortplaats is wel mogelijk echter zal praktische problemen opleveren, dit in verband met het aansluiten van de HDPE folie op de buur sleuven. Tevens zal een verhoogde ligging van de geleidebalken in verband met de minimaal benodigde sleufstabiliteit nodig zijn
- het graven van een doorgaande cb wand op een minimale geschatte afstand van 5m* uit de teen van de stortplaats zal waarschijnlijk een stabiele situatie geven. Daarbij worden de geleidebalken op maaiveld moeten worden aangebracht, dit ivm het verhogen van de cement bentoniet slurrie in de sleuf tbv de minimale sleufstabiliteit
*) moet uit berekeningen volgen
- voor het bepalen van voldoende werkruimte zal tpv het kanaal en de sloot een dwarsprofiel moeten worden ingemeten. Uit de verstrekte gegevens blijkt dat extra werkruimte moet worden gecreëerd tpv het kanaal en de sloot door middel van een zandaanvulling. Ten gevolge van deze zandaanvulling zal zetting en wateroverspanning in de kleilagen optreden. Het graven van cb sleuven in kleilagen met wateroverspanning zal een niet stabiele situatie geven. Er kan alleen gegraven worden nadat de consolidatieperiode grotendeels is opgetreden, een geschatte tijdsduur is ca 1/2 jaar**
**) moet uit berekeningen volgen
- voor het bepalen van voldoende werkruimte zal tpv de spoorbaan een dwarsprofiel moeten worden ingemeten. Uit de verstrekte gegevens blijkt dat de graafkraan niet loodrecht op de cb sleuf kan staan, de kraan moet nu evenwijdig staan aan het tracé met de rupsen direct langs de geleidebalken
- voor het bepalen van voldoende werkruimte zal tpv de bassins en bebouwing een dwarsprofiel moeten worden ingemeten. Uit de verstrekte gegevens blijkt dat slechts ca 3m werkruimte aanwezig is tussen belending en teen van de stortplaats. Deze werkruimte is onvoldoende voor het aanbrengen van cb wanden met standaard materieel. Een mogelijk alternatief zoals het aanbrengen van aansluitende cb kolommen met kleine ankermachines zou een mogelijkheid kunnen bieden echter dit is een dure techniek en moet nader worden onderzocht
- het graven in grindlagen of grindkisten moet worden voorkomen omdat dit stabiliteitsproblemen veroorzaakt van de sleuf, de cement bentoniet spoeling loopt weg in de poriën van het grind met als gevolg dat het niveau van de steunvloeistof plotseling wegzakt waardoor de sleuf inzakt
- uit logistiek oogpunt is het raadzaam dat werkverkeer de graafkraan kan passeren, dit in verband met een vlotte afvoer van uitkomende grond en de werkzaamheden van het inbrengen van de HDPE folie
- het graven in en om een stortplaats kan gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Als voorbeeld wordt het project Diemerzeedijk gegevens waarbij voor het uitvoerend personeel beschermende maatregelen moesten worden genomen
- voldoende grondonderzoek (sonderingen) moeten worden uitgevoerd met h.o.h. afstand van 25m
- controle op de aanwezige verontreinigen in het tracé van de cb wand
- voorafgaand aan het werk moet geschiktheidsonderzoek worden uitgevoerd op het type mengsel
- tevens moet de invloed van de verontreinigen op het cement bentoniet mengsel vooraf worden onderzocht
- het toepassen van HDPE folie in de cb wand biedt een duurzame oplossing bij toepassing in zeer ernstig chemische verontreinigen. Tevens biedt HDPE folie een goede oplossing bij scheurvorming in de wand, de kans hierop is groot vanwege de horizontale gronddruk tgv de grote hoogte van de stortplaats in combinatie met slappe kleilagen

Datum 31 oktober 2022
Blad Pagina 13 van 13
Onderwerp Cement-bentoniet scherm Crayestein-West, Dordrecht

- tijdens het graven volgt een kwaliteitscontrole zoals
 - controle op plaatsing cb wand
 - controle op maatvoering cb wand
 - controle op stabiliteit sleuf
 - controle op diepte cb wand
 - controle op cb niveau in de sleuf
 - controle op volumegewicht cb mengsel
 - controle op het cement bentoniet mengsel tijdens het graven
 - resultaten reologische eigenschappen van bentoniet
 - resultaten reologische eigenschappen van cement bentoniet
 - resultaten reologische eigenschappen van suspensie uit de sleuf
 - controle engineeringeigenschappen van de verharde suspensie uit de menginstallatie
 - controle op de engineeringeigenschappen van de verharde suspensie uit de sleuf
 - druksterkte
 - doorlatendheid
 - uitloogproef

Planning en kostenindicatie cement bentonietwand

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd;

Optie 1

Omtrek cb wand = 1.500m
Diepte cb wand = NAP-6m
Maaiveld op = NAP+4,75m
Totale lengte cb wand = 10,75m
Oppervlak = 16.125m²

Optie 2

Omtrek cb wand = 1.500m
Diepte cb wand = NAP-24m
Maaiveld op = NAP+4,75m
Totale lengte cb wand = 28,75m
Oppervlak = 43.125m²

Bij optimale werkomstandigheden en voldoende werkruimte waarbij de kraan loodrecht op de sleuf kan graven en achter elkaar gewerkt kan worden is de productie per graafkraan ca 150-175 m² per dag.

Met de inzet van totaal 2 graafkranen is de ingeschatte benodigde tijd;

Optie 1; 12 weken
Optie 2; 30 weken

De kosten worden geschat op;

Optie 1; € 4 mln
Optie 2; € 11 mln

Kosten zijn excl. afvoer uitgegraven grond

Voor het onderhavige project gelden bijzondere omstandigheden die grote impact hebben op kosten / tijd / uitvoerbaarheid zoals;

Cb wand in teen talud stortplaats
Ligging kanaal / sloot dicht bij teen talud stortplaats
Het creëren van werkterrein tpv kanaal / sloot
Ligging bassins dicht bij de teen van het talud stortplaats
Het niet kunnen aanbrengen van de cb wand met standaard materieel tpv de bassins, een alternatieve methode zoals jetgrouting op basis van cb zou dan een mogelijkheid kunnen zijn.

Voor het bepalen van de haalbaarheid en opgave exacte kosten zal aanvullende informatie / tijd / uitzoekwerk / berekeningen nodig zijn.

Colofon

HEROVERWEGING AANPAK STORTPLAATS CRAYESTEIN-WEST
CONCEPTUEEL MODEL EN AFWEGING ALTERNATIEVEN

KLANT
HVC Groep

AUTEUR



PROJECTNUMMER
30073251

ONZE REFERENTIE
<DocId>:7

DATUM
7 april 2023

STATUS
Concept