



## **Plan van aanpak voor aanleg bovenafdichting 'Dak van Drenthe' Attero Wijster**

**24 januari 2022**

<b>Titel</b>	Plan van aanpak aanleg bovenafdichting
	'Dak van Drenthe' Attero Wijster
<b>Opdrachtgever</b>	Attero BV
<b>Projectleider</b>	[REDACTED]
<b>Auteur(s)</b>	[REDACTED]
<b>Projectnummer</b>	1321998
<b>Aantal pagina's</b>	17
<b>Datum</b>	24 januari 2022
<b>Handtekening</b>	'Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven'

Syntraal  
Handelskade 37  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
T +31 88 02 44 300  
E [info@syntraal.nl](mailto:info@syntraal.nl)

## Inhoud

1	Inleiding .....	4
2	Vooronderzoek Hydrostab .....	5
2.1	Algemeen .....	5
2.2	Afdichtende werking van Hydrostab en lange termijn stabiliteit .....	5
3	Ontwerp bovenafdichting .....	7
3.1	Algemeen .....	7
3.2	Ontwerptekeningen .....	7
3.3	Fasering aanleg .....	7
3.4	Zettings- en klink ondergrond .....	7
3.5	Materiaalkeuzes .....	8
3.5.1	Steunlaag .....	8
3.5.2	Minerale afdichtingslaag .....	8
3.5.3	Synthetische afdichtingslaag .....	8
3.6	Doorvoeringen gasbronnen en peilbuizen .....	9
3.7	Hemelwaterafvoersysteem .....	9
3.8	Afdekgrond .....	9
4	Berekening capaciteit hemelwaterafvoersysteem .....	10
4.1	Uitgangspunten hemelwaterafvoersysteem .....	10
4.2	Resultaten en advies op basis van de uitgangspunten .....	12
4.3	Advies dimensionering systeem .....	14
5	Berekening stabiliteit bovenafdichting .....	15
5.1	Algemeen .....	15
5.2	Methode .....	16
5.3	Conclusie .....	17

Bijlage 1 Hoogteligging eind 2020

Bijlage 2 Productspecificatie drainagemat

Bijlage 3 Ontwerptekeningen

Bijlage 4 Stabiliteitsberekening

## 1 Inleiding

Attero heeft Syntraal gevraagd om een 'Plan van aanpak' (ontwerp) op te stellen ten behoeve van de aanleg van een bovenafdichting ter plaatse van het 'Dak van Drenthe' op de afvalberging te Wijster. In het kader van het project 'Dak van Drenthe' is vanaf december 2017 tot eind 2019 een circa 800 m lange wal van AEC-bodemas boven op de afvalberging van Attero aangelegd. In de wal is circa 2,5 miljoen ton bodemas verwerkt. Nadat het onderliggende stortlichaam voldoende is gezet kan een definitieve afdichting worden aangebracht. Voor de situering in het najaar van 2020 wordt verwezen naar figuur 1.1.



*Figuur 1.1 Situering bovenafdichting Attero Wijster*

Attero is voornemens om voorjaar 2022 te starten met de aanleg van de bovenafdichting en wil Hydrostab gebruiken als minerale afdichtingslaag in een combinatie afdichting met HDPE-folie, wat aansluit bij de eisen van het Stortbesluit. Het uiteindelijke doel is dat deze combinatie-afdichting een aantoonbaar technische levensduur heeft van minimaal 100 jaar.

In voorliggend plan van aanpak wordt een beschrijving gegeven van het ontwerp van de bovenafdichting op het 'Dak van Drenthe'. Voorliggend plan van aanpak en het Protocol integrale kwaliteitszorg en procesbeheersing van bovenafdichtingen op stortplaatsen van Attero, D.20.00006, d.d. 2 juni 2021, zullen (als bijlage) onderdeel uitmaken van het bestek.

Het plan van aanpak, bestek en de bijlagen worden ingediend bij de provincie Drenthe.



## 2 Vooronderzoek Hydrostab

### 2.1 Algemeen

Boskalis heeft een project aangenomen ten behoeve van de sanering en het herstel van de Westdijk bij Bunschoten-Spakenburg. Hierbij komt circa 75.000 m<sup>3</sup> vervuilde thermisch gereinigde grond (TGG) vrij. Boskalis en Attero zijn overeengekomen deze grond te verwerken in een Hydrostab mengsel als minerale afdichtingslaag in de bovenafdichting. Attero draagt zorg voor de inname van de TGG (zandfractie) en de levering van de overige grondstoffen: slib en vliegashoudend stof. Boskalis-ETM zal zorgdragen voor het mengen van de Hydrostab.

Op basis van een vooronderzoek dient vastgesteld te worden op welke wijze met de bovenafdichting een beschermingsniveau wordt gerealiseerd dat ten minste gelijkwaardig is aan de bescherming van de bodem zoals beoogd in de 'Richtlijn Dichte Eindafwerking'. Voor de kwaliteitseisen en -borging van de toe te passen materialen en uitvoeringsbepalingen, wordt uitgegaan van de Protocollen Hydrostab voor het project 'Dak van Drenthe', d.d. 2 juni 2021, SGS Intron, documentnr. A123150/R20201241. Hierbij dient onder andere aangetoond te worden op welke wijze een minerale afdichtingslaag van Hydrostab kan worden verkregen, zodanig dat sprake is van een theoretisch technische levensduur van minimaal 100 jaar.

### 2.2 Afdichtende werking van Hydrostab en lange termijn stabiliteit

De afdichtende werking van Hydrostab is gebaseerd op het produceren van een vloeistofdicht mengsel van in hoofdzaak drie grondstoffen: een korrelfractie, een slibfractie en een vulstoffractie. Verder wordt een afgemeten hoeveelheid waterglas gedoseerd.

Voor de mengselsamenstelling (de receptuur) wordt uitgegaan van de volgende grondstoffen:

- Korrelfractie: in hoofdzaak thermisch gereinigde grond. Afhankelijk van de korrelverdeling, moet misschien een ander materiaal worden bijgemengd, bijvoorbeeld straalgrit
- Slibfractie: residu van de grondreinigingsinstallatie van Attero. Daarnaast wordt RWZI-slib, en/of met thermische druk hydrolyse (THD) voorbehandeld zuiveringsslib, toegepast
- Vulstoffractie: "Vliegashoudend stof uit een AEC of BEC of EC."

Attero zal de grondstoffen beschikbaar stellen aan Boskalis-ETM.

**Het streven is om voor het gehele werk één homogeen en qua samenstelling éénduidig mengsel te realiseren. De opdracht aan Boskalis-ETM is dan ook een mengsel samen te stellen volgens een vaste receptuur, zodat tijdens het uitvoeringsproces geen toevoeging van andere grondstoffen nodig is.**

De Protocollen Hydrostab bevatten, op basis van praktijkervaring en de resultaten van het onderzoek aan eerdere Hydrostab afdichtingen op Gulbergen en Vlagheide, voldoende informatie om een kwalitatief goede afdichtingslaag te produceren. In het protocol komen aan de orde:

- Karakterisatie grondstoffen
- Vooronderzoek en proefveld
- Input en productiecontrole

De chemische stabiliteit op lange termijn kan op basis van dit protocol echter niet in alle opzichten voorspeld worden. Dit heeft te maken met vragen rond de chemische stabiliteit van het silicagel dat gevormd wordt door reactie van waterglas met de overige grondstoffen. In een eerdere adviesaanvraag voor verlenging van de standaard levensduur (nu 50 jaar) heeft de Advieskamer Stortbesluit (AKS) hier vraagtekens bijgezet, enerzijds omdat de mengsamenstelling varieert, anderzijds omdat de uitgangspunten waarop eerdere voorspellingen van Alterra zijn gebaseerd, mogelijk niet (a priori) geldig zijn voor Hydrostab. Daarom heeft de producent van Hydrostab, Eurotrust Management (ETM), opdracht gegeven aan de TU Eindhoven TUE) om onderzoek te doen naar de lange termijn stabiliteit. Dit onderzoek is (in het voorjaar van 2021) nog gaande en op basis hiervan zal een nieuwe adviesaanvraag bij de AKS worden gedaan. Het huidige project kan meeliften met deze aanvraag, indien de toegepaste mengsamenstelling valt binnen de range van mengsels die de TUE onderzoekt. Als dit niet het geval is, kan aanvullend onderzoek worden gedaan. TAUW is als adviseur van ETM betrokken bij dit onderzoek.

Ter voorbereiding op de aanleg van een minerale afdichtingslaag met Hydrostab is voorgesteld dat:

1. Attero / Boskalis doorgeven welke grondstoffen bij voorkeur verwerkt moeten worden. ETM maakt hiermee proefmengsels, eventueel tevens met toevoeging van andere grondstoffen, als dit volgens hun inzicht nodig is. Deze proefmengsels worden gekarakteriseerd op zaken als verwerkbaarheid, verdichtbaarheid en doorlatendheid. TAUW doet gelijktijdig een kwalitatieve beoordeling van de mengsels wat betreft compatibiliteit met de mengsels die de TUE onderzoekt en de maximale levensduur.
2. Op basis dit vooronderzoek worden keuzes gemaakt wat betreft de samenstelling van het mengsel. De mengsels moeten uiteraard voldoen aan de gangbare eisen, maar er wordt ook beoordeeld welke mengsels (naar verwachting) maximaal scoren op lange termijn stabiliteit. Mogelijk is nog een verdere optimalisatie noodzakelijk.
3. Als optimale mengsels buiten de range van het huidige TUE onderzoek vallen, worden van de betreffende grondstoffen monsters onderzocht op het gehalte aan 'reactieve oxiden' van Al, Ca, Fe en Si. Reactieve oxiden hebben invloed op de samenstelling van het gel dat de poriën van Hydrostab opvult. Als de range van de gehalten aan reactieve oxiden binnen het TUE onderzoek valt, kan verder onderzoek achterwege blijven. Als dit niet het geval is, dan dient ook de samenstelling van het gevormde gel te worden onderzocht.

Opgemerkt wordt dat de korrelfractie weinig reactief is en dat de precieze keuze van grondstoffen hiervoor niet veel uitmaakt voor de lange termijn stabiliteit. De keuze van de overige grondstoffen (slib- en vulstoffractie) is wel van belang.

Hydrostab is, in tegenstelling tot bentoniethoudende afdichtingen, niet gevoelig voor degradatie door ionenwisseling of hoge zoutgehalten. Het kan daarom zonder bezwaar direct op bodemas worden aangebracht. Een SAR-onderzoek zoals gebruikelijk bij toepassing van Trisoplast op bodemas kan achterwege blijven.

## 3 Ontwerp bovenafdichting

### 3.1 Algemeen

Ten behoeve van het ontwerp wordt ingegaan op de volgende aspecten:

- Ontwerptekeningen
- Fasering aanleg
- Zettings- en klinkonderzoek van zowel de ondergrond als het afvalpakket
- De voorgenomen materiaalkeuzes
- Principeontwerp van de afdichtingconstructie met waterafvoersystemen, inclusief dimensionering drainagemat en afvoerleidingen
- Doorvoeringen voor peilbuizen en stortgasbronnen
- Afdekgrond (leeflaag)
- Stabiliteit van de bovenafdichting en afdeklaag (onderlinge glijvlakken)

### 3.2 Ontwerptekeningen

Tijdens het opstellen van het plan van aanpak zal een aanvang worden gemaakt met het uitwerken van de ontwerptekeningen. Hierbij wordt uitgegaan van de volgende tekeningen:

- Bestaande situatie en opruimwerkzaamheden
- Nieuwe situatie
- Doorsneden en details

Hierbij zal inzicht verschaft worden in:

- De situering en actuele hoogteligging van de bodemas-laag
- De aansluiting(en) van de nieuwe afdichtende laag op de omliggende terreindelen, langs de noord-, oost- en zuidoostzijde en de Middenweg, voor zover reeds een bovenafdichting aanwezig is, op basis van revisie gegevens
- Ligging hemelwaterafvoersysteem e.d. op en rond de locatie (inclusief de Middenweg)

### 3.3 Fasering aanleg

Attero is voornemens om in het voorjaar 2022 te starten met de aanleg van een proefveld. Op basis van de resultaten van kwaliteitscontroles, keuringen en onderzoeken wordt vervolgens een Go/No Go besluit genomen door de Provincie.

Vervolgens wordt gestart met een gefaseerde aanleg van de bovenafdichting:

- Fase 1: augustus t/m oktober 2022
- Fase 2: maart t/m oktober 2023

In de tussenliggende perioden wordt een 'winterstop' ingelast, aangezien de civieltechnische verwerkingsmogelijkheden, ten gevolge van bijvoorbeeld vorst en mogelijk overmatige/langdurige regen op de grondstoffen, het mengen en verwerken van de Hydrostab negatief zullen beïnvloeden.

Ook de aanleg van HDPE-folie is sterk weersafhankelijk (regen, wind, temperaturen).

### 3.4 Zettings- en klink ondergrond

Voorafgaande aan het opbrengen van de AEC-bodemassen ten behoeve van de te realiseren zichtwal zijn zakbakens geplaatst en periodiek gemonitord. Op basis van de monitoringsresultaten is geconcludeerd dat de zetting / klink van het hieronder aanwezige afval zodanig is dat de nog te

verwachten verschildzakking zonder verlies van functie door de afdichtingsconstructie kan worden opgevangen.

Tijdens en na het aanleggen van de bovenafdichtingsconstructie wordt nog een minimale (gelijkmatige) zetting verwacht.

### 3.5 Materiaalkeuzes

### 3.5.1 Steunlaag

De steunlaag bestaat uit de reeds aangebrachte laag AEC bodemmassen. Voordat de minerale laag wordt aangebracht wordt de steunlaag gecheckt op vlakheid. Indien sprake is van beschadigingen ten gevolge van erosie, wordt dit hersteld en wordt de laag geprofileerd en geëgaliseerd.

### 3.5.2 Minerale afdichtingslaag

De minerale afdichtingslaag zal bestaan uit een Hydrostab mengsel. Ten aanzien van de kwaliteit van deze afdichtingslaag wordt uitgegaan van de Protocollen Hydrostab voor het project 'Dak van Drenthe', d.d. 2 juni 2021, SGS Intron, documentnr. A123150/R20201241.

Op basis van de protocollen wordt uitgegaan van een nominale dikte voor de verschillende lagen:

- Onderlaag: laagdikte gemiddeld 0,35 m<sup>1</sup>
- Toplaag: laagdikte gemiddeld 0,35 m<sup>1</sup>

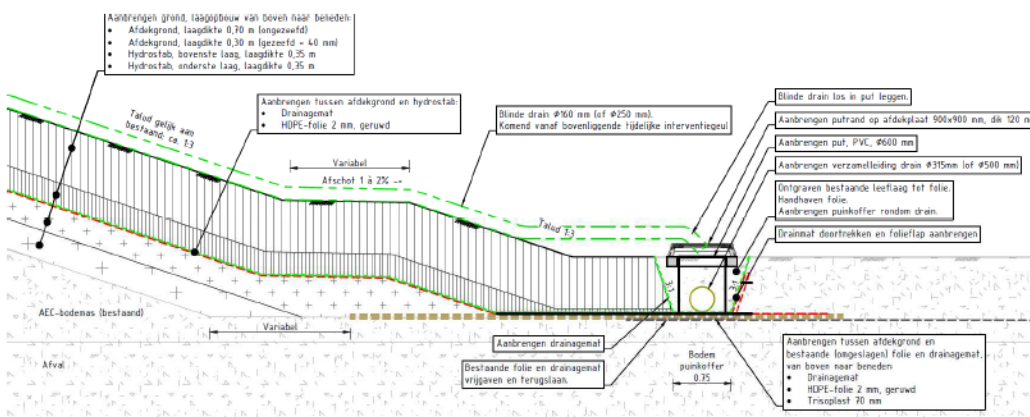
In het kader van het plan van aanpak wordt uitgegaan van een totale laagdikte van 0,70 m.

De toleranties op de totale laagdikte: - 5 en + 5 cm.

### 3.5.3 Synthetische afdichtingslaag

De kunststof afdichting zal bestaan uit een HDPE-folie met een dikte van 2 mm, in banen van minimaal 7,0 m met een lengte van circa 100 m. Op de taluds tot 1:4 wordt gebruikt gemaakt van een gemodificeerde folie (tweezijdig geruwd). Op de min of meer vlakke delen (taluds flauwer dan 1:4 tot horizontaal) wordt gebruikt gemaakt van een gladde folie.

Voor een principeschets van de opbouw van de afdichtingslaag en de aansluiting op de bestaande afdichtingslagen wordt verwezen naar figuur 3.1



**Figuur 3.1 Principe opbouw bovenafdichting en teenconstructie**

### 3.6 Doorvoeringen gasbronnen en peilbuizen

Ter plaatse van de locatie die wordt voorzien van een bovenafdichting zijn een aantal te handhaven stortgasbronnen aanwezig. De bronnen zullen met een doorvoerconstructie door de afdichting geleid worden. De hierop aangesloten gasleidingen worden op de afdichtende laag aangebracht. Tevens zijn in het terrein een aantal te handhaven peilbuizen aanwezig, ook deze worden doorgevoerd middels een doorvoerconstructie.

### 3.7 Hemelwaterafvoersysteem

Voor de ontwatering van de afdekgrond wordt gebruik gemaakt van een drainagemat:

- GSE type FabriNet HF-E B120

De mat wordt aangelegd conform de aanleg voorschriften van de leverancier. Ter plaatse van de teen van het talud zal een verzameldrainageleiding worden gerealiseerd. Het verzamelde water (wit water in de terminologie van Attero) zal worden afgevoerd naar oppervlaktewater buiten het stortlichaam.

Voor een berekening van de afvoercapaciteit van de drainagemat en verzamelleiding(en) wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

### 3.8 Afdekgrond

De afdeklaag (ook wel leeflaag genoemd) zal worden aangebracht met een dikte van circa 1,00 m, bestaande uit een onderlaag van minimaal 0,30 m gezeefde grond (< 40 mm) en een bovenlaag van 0,70 m ongezeefde grond. Vervolgens wordt de afdekgrond ingezaaid. Een dikte van circa 1,00 m (na inklinken) is voldoende om natuurlijke grasvegetatie te kunnen handhaven..

De kwaliteit van de afdekgrond is maximaal kwaliteitsklasse Industrie. Conform de afspraken in de Samenwerkingsovereenkomst met de Provincie Drenthe zal op de terreindelen die worden ingericht voor extensieve recreatie een laag grond van maximaal kwaliteitsklasse Wonen worden aangebracht. Deze laag dient minimaal 0,5 m dik te zijn. Deze gedeelten zijn nog nader te bepalen op basis van het ontwerp voor de recreatieve voorzieningen dat door de Provincie Drenthe wordt uitgewerkt. Hiervoor wordt in het bestek alvast een post voor verwerking van 45.000 m<sup>3</sup> grond (klasse Wonen) opgenomen.

Voor een berekening van de stabiliteit van de afdekgrond en de onderliggende lagen wordt verwezen naar hoofdstuk 5.



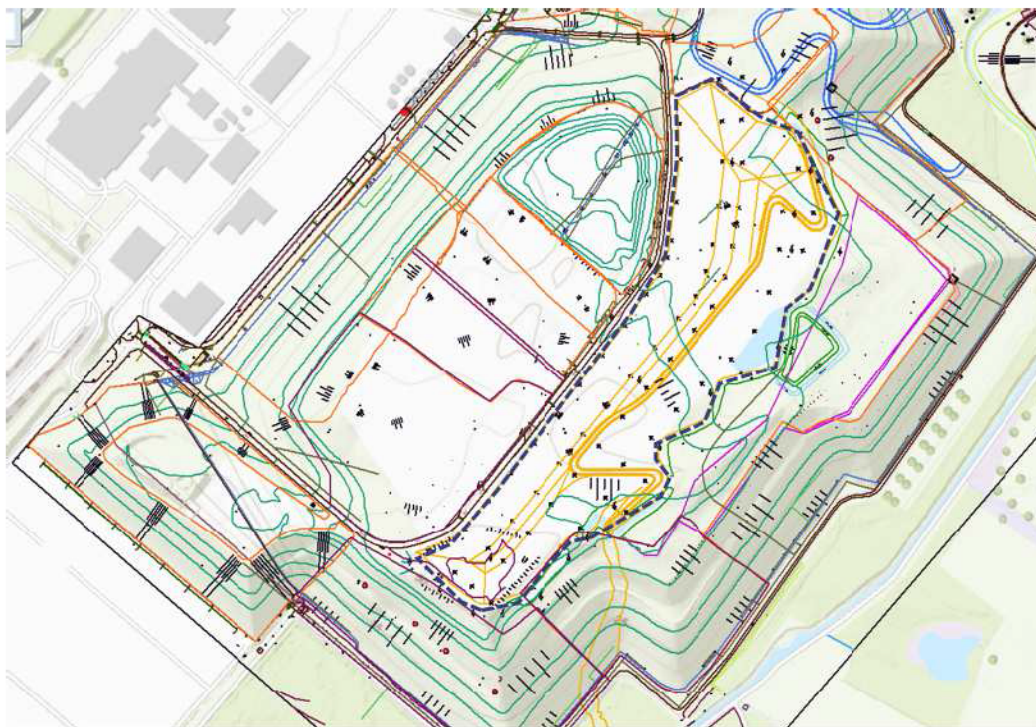
## 4 Berekening capaciteit hemelwaterafvoersysteem

In dit hoofdstuk wordt het hemelwaterafvoersysteem gedimensioneerd. Achtereenvolgens wordt een beschrijving gegeven van de uitgangspunten van het systeem, het rekenmodel en de resultaten van de modelberekening en een advies over de dimensionering van het systeem.

### 4.1 Uitgangspunten hemelwaterafvoersysteem

Voor de dimensionering van het hemelwaterafvoersysteem worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De scopegrens zoals weergegeven in figuur 4.1

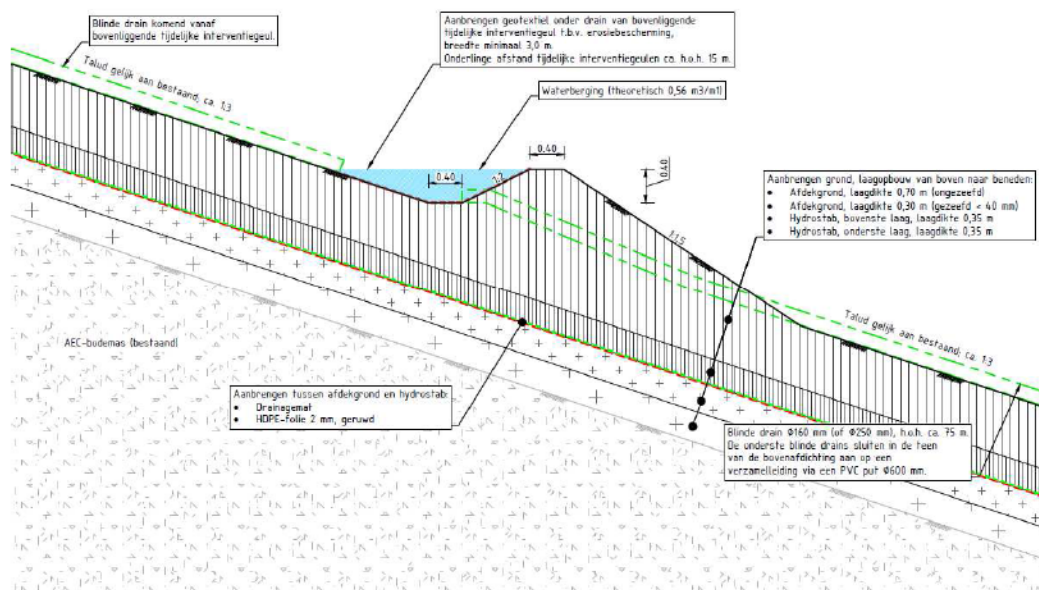


Figuur 4.1 Scopegrens, zie zwart gestippelde lijn

- Het afwateringssysteem moet een standaard bui 08, conform Kennisbank Rioned, kunnen verwerken, zonder dat er water op het maaiveld ontstaat (wateroverlast). Dit is een theoretische piekbui die eens in de twee jaar voor komt waarbij 19,8 millimeter in één uur valt met een piekintensiteit van 40 mm/uur
- De hoogteligging bij aanvang is weergegeven. Op de aanwezige laag AEC-bodemas komt een laagdikte van 0,70 m Hydrostab, een HDPE-folie 2 mm, een drainagemat dikte circa 6 mm en afdekgrond dikte 1,00 m



- Voor de informatie van de capaciteit van de drainagemat van de GSE mat, type FabriNet HF-E B120. Voor de productspecificatie wordt verwezen naar bijlage 2. De drainagemat is ongeveer 6 mm dik en heeft een water flux van  $100 \text{ L/m}^2$ . Rekening houdend met een veiligheidsmarge van 20% betekent dit dat per seconde ongeveer 80 liter door  $1 \text{ m}^2$  kan stromen, oftewel  $1 \text{ m}^2$  drainagemat kan bij bijvoorbeeld de piekintensiteit van een bui 08 meer dan  $5.000 \text{ m}^2$  oppervlak verwerken.
- Ruwheid afdekgrond is 0,022 n
- Infiltratiesnelheid afdekgrond is 0 m/d (worst-case scenario). Uitgangspunt is dat de combinatie van afdekgrond en drainagemat een net zo snelle afstroming heeft als de tijdelijke interventiegeulen in combinatie met een drainagemat
- De bovenafdichting wordt aangelegd onder een talud van 1:3
- Haaks op het talud van de bovenafdichting komen een aantal tijdelijke interventiegeulen die hemelwater opvangen en bufferen. De snelheid van het afstromende water wordt hierdoor geremd waardoor erosie wordt beperkt. De geulen hebben een geschatte bodembreedte van 0,4 m en een diepte van 0,4 m met een talud van 1:2, zie principeschets in figuur 4.2. Dit profiel geeft een berging van  $0,56 \text{ m}^3/\text{m}$ . Bij een bui 08 (19,8 mm) kan hierop een oppervlak van ongeveer  $15 \text{ m}^2/\text{m}$  afwateren. De hart op hart afstand van de geulen is hierdoor bepaald op 15 meter
- Het water in de geulen kan op bodemniveau van de geul direct afstromen richting de teen van de bovenafdichting via een blinde drain  $\varnothing 160 \text{ mm}$ , die op het talud van de afdekgrond gelegd wordt. De hart op hart afstand tussen deze blinde drains is 75 m



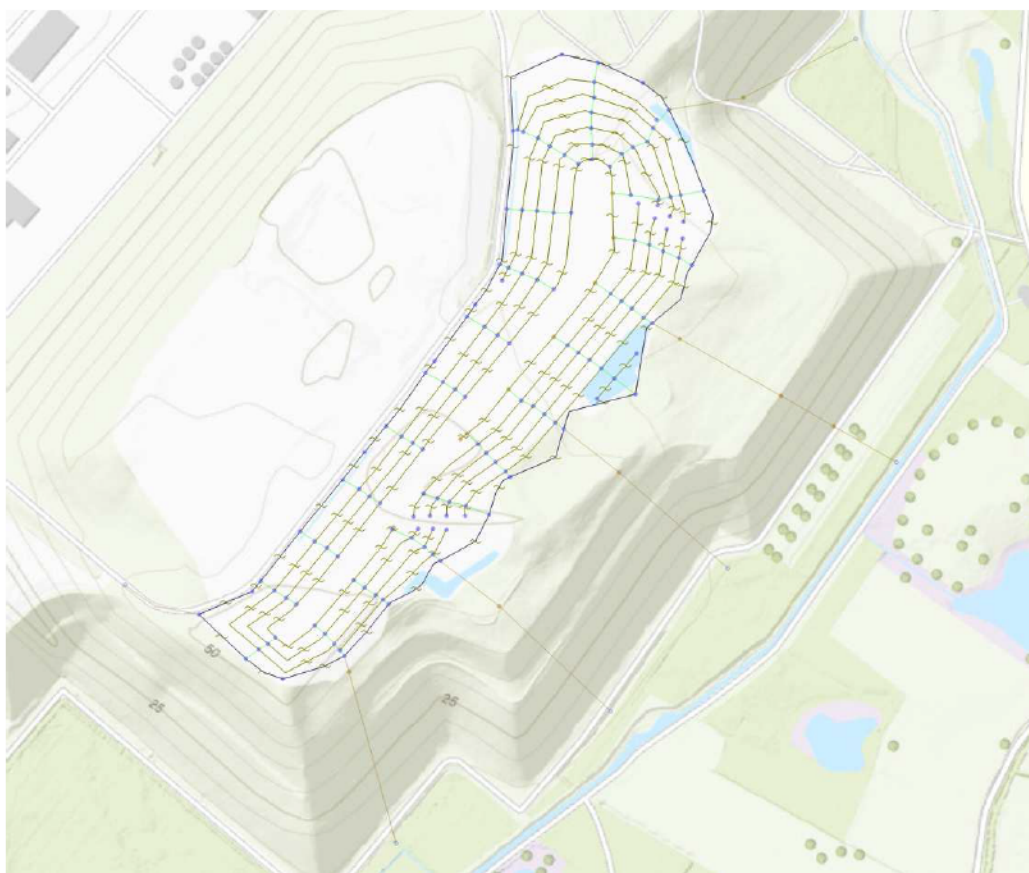
*Figuur 4.2 Principeschets tijdelijke geul*

- Alle blinde drains sluiten in de teen van de bovenafdichting aan op een verzamelleiding via een PVC put Ø 1000 mm. De verzamelleiding ligt geheel rondom de bovenafdichting, waarbij voor de berekening in eerste instantie is uitgegaan van een diameter van 250 mm. De verzamelleiding ligt met de onderzijde 80 cm onder maaiveld in een grindkoffer. Uitzondering op de diepteligging is

wanneer het water niet onder vrij verval kan afvoeren. De puinkoffer heeft aan weerszijde een talud van 1:1. Met als uitgangspunt een poriëngehalte van 0,35 heeft de puinkoffer een volume van ongeveer 0,30 m<sup>3</sup>/m. Het water stroomt met een snelheid van 1 m/s door de puinkoffer. Het water zal niet of nauwelijks vanuit de puinkoffer infiltreren de bodem in

- De verzamelleiding heeft 6 afvoerpunten waarvan er 5 afwateren op een benedenstroomse bestaande sloot. Eén afvoer kan onder vrij verval afstromen op de Middenweg richting het zuidwesten
- Het rekenmodel is opgesteld met behulp van de software Infoworks ICM. Hierin zijn alle onderdelen van het hemelwaterafvoersysteem opgenomen zoals hierboven beschreven

Naar aanleiding van de uitgangspunten is een rekenmodel opgezet, zoals weergegeven in figuur 4.3.

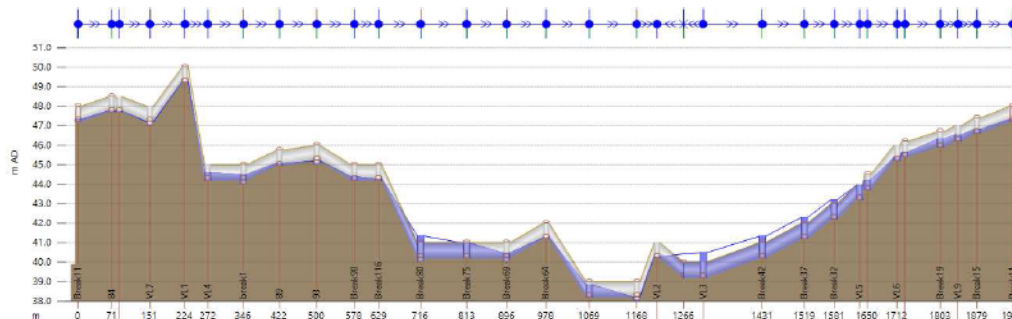
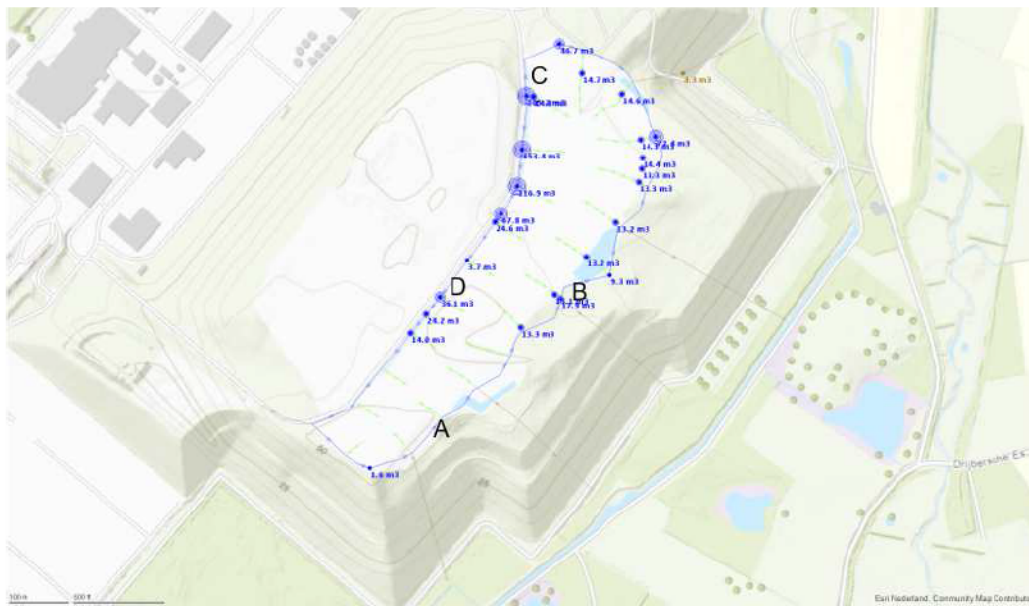


Figuur 4.3 Bovenaanzicht model

## 4.2 Resultaten en advies op basis van de uitgangspunten

In figuur 4.3. is de maximaal berekende hoeveelheid water op maaiveld, (per gemodelleerde knoop) bij de toetsbui 08, weergegeven. Te zien is dat op verschillende plekken de blinde drains en grindkoffer / verzamelleiding de afvoer niet aan kunnen en er water op het maaiveld staat.

- De te lage afvoercapaciteit van de blinde drains tussen (vlak voor) punt B en tot en met punt C. De hoeveelheid aangesloten oppervlak is bij deze blinde drains te hoog. Geadviseerd wordt om de diameter van deze drains te vergroten naar Ø250mm
- De afvoer richting het westen wordt niet benut waarbij het water via D en C afstroomt naar de lager gelegen verzamelleiding. Onderweg naar C stroomt er al op verschillende plekken veel water op het maaiveld. Eenzelfde principe is aan de hand bij B. Geadviseerd wordt de verzamelleiding op verschillende locaties groter te ontwerpen. Te zien is dat de hoeveelheid water op maaiveld ter plaatse van de teen verwaarloosbaar klein is geworden



Onder: Lengtedoorsnede maximaal berekende waterhoogte in grindkoffer/verzamel



Geadviseerd wordt de verzamelleiding op verschillende locaties groter uit te voeren, om te garanderen dat water op maaiveld ter plaatse van de teen verwaarloosbaar klein wordt.



*Figuur 4.5 Maximaal berekende hoeveelheid water op maaiveld bij bui 08 na diametervergrotingen in de verzamelleiding*

### 4.3 Advies dimensionering systeem

Op basis van de gestelde uitgangspunten is het afwateringssysteem enigszins over-gedimensioneerd, zodat niet of nauwelijks sprake is van infiltratie van hemelwater, wat tot verweking van de teen en instabiliteit van het talud zou kunnen leiden. Verder is het niet wenselijk om veel verschillende buisdiameters toe te passen. Mede op basis van figuur 4.5 wordt geadviseerd om:

- Aan de noord- en noordwestzijde de verzamelleiding in de teen als Ø 500 mm uit te voeren
- Aan de west-, zuid- en oostkant de verzamelleiding in de teen als Ø 315 mm uit te voeren
- De afvoerleiding naar de sloot in het noorden aan te leggen als Ø 500 mm leiding
- Alle overige afvoerleidingen als Ø 315 mm aan te leggen
- Voor de blinde drains vanaf de geulen naar de verzamelleiding (over het talud) uit te gaan van een Ø 250 mm

## 5 Berekening stabiliteit bovenafdichting

### 5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk is een analyse op de stabiliteit van de bovenafdichting beschreven. In figuur 3.1 is de principeschets van de bovenafdichting gegeven, de bovenafdichting bestaat van onder naar boven uit:

- 2 lagen Hydrostab (totaal 0,70 m)
- HDPE folie (2 mm)
- Een drainage mat (circa 6 mm)
- 2 lagen afdekgrond (totaal 1,00 m)

De volgende glijvlakken kunnen in de bovenafdichting optreden, namelijk;

- Tussen de Hydrostab en de HDPE folie
- Tussen de HDPE folie en de drainagemat
- Tussen de drainagemat en de afdekgrond

Op 29 maart 2016 is door TAUW reeds een stabiliteitsanalyses van de bovenafdichting uitgevoerd in het rapport 'Onderbouwing engineering bestek aanleg bovenafdichting locatie taluds 2B (fase 2)', rapport nummer 1236458. In dit rapport zijn de glijvlakken tussen de HDPE folie en de drainagemat en de glijvlakken tussen de drainagemat en de afdekgrond als voldoende beoordeeld bij een talud van 1:2,75. Daarbij is aangenomen dat er komt geen waterspanning tussen de drainagemat en de afdekgrond optreedt doordat al het water door de mat wordt afgevoerd.

Aangezien de principeschets van de bovenafdichting en de profielen op tekening 1280120-TE-MET\_GE0002 d.d. 29-03-2021 geen steiler talud tonen dan 1:3 tonen, kan dit oordeel overgenomen worden.

Het glijvlak tussen Hydrostab en de HDPE folie is echter nog eerder niet beschouwd en wordt in dit hoofdstuk beschreven.

Door Inpijn Blokpoel is op 7 april 2020 laboratoriumonderzoek uitgevoerd waarbij triaxiaalproeven zijn uitgevoerd op het materiaal Hydrostab (Laboratoriumonderzoek Hydrostab Slufter Maasvlakte, rapportnummer 02P014789, d.d. 7 februari 2020, Inpijn Blokpoel). In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de sterkteparameters van Hydrostab gegeven.

Tabel 5.1 Sterkteparameters Hydrostab

Sample	Strain	Gemiddelde waarden		Karakteristieke waarden	
		C'	Phi	C'	Phi
[-]	[%]	[kPa]	[°]	[kPa]	[°]
Hydrostab	2	27,5	31,5	18,8	31,5
	5	34,8	31,1	27,5	31,1
	15	20,7	32,0	13,0	32,0
	25	19,2	30,8	12,8	30,8
	Max dev.	24,0	31,5	17,0	31,5

In de stabiliteitsberekening zijn de materiaaleigenschappen van Hydrostab die volgen uit tabel 5.1 bij een rek van 5% toegepast. Uitgegaan is van een reductiefactor van 0,95 op de karakteristieke waarden van de sterkteparameters.

## 5.2 Methode

Met dezelfde modellering zoals opgenomen in het eerder opgestelde advies door TAUW is de stabiliteit van het glijvlak tussen Hydrostab en de HDPE folie berekend.

Hierbij is de stabiliteit van een oneindig lang talud onder een constant hellingshoek  $\beta$  zonder de invloed van water beschouwd. Dit betekent dat de waterspanning op het glijvlak nul is. Een dergelijke modellering kan worden toegepast wanneer de dikte van de afdeklaag  $d$  (ofwel  $d/\cos(\beta)$ ) veel kleiner is dan de lengte van het talud. De schuifsterkte ( $\tau_f$ ) van de Hydrostab is bepaald met de volgende relatie:

$$\tau_f = c' + \sigma'_n \tan(\varphi')$$

Waarin  $\sigma'_n$  de effectieve normaal spanning op het potentiële glijvlak (kPa)

De stabiliteit wordt uitgedrukt in een getal, de veiligheidsfactor FSs, welke de verhouding tussen aandrijvende en weerstand biedende krachten beschrijft. De veiligheidsfactor FSs is gedefinieerd als:

$$FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

met

$$\tau_d = c'_d + \sigma'_n \tan(\varphi'_d)$$

waarin de volgende parameters zijn gedefinieerd:

$\tau_d$ : schuifsterkte ontwikkeld langs het glijvlak [kPa]

$c'_d$ : effectieve cohesie ontwikkeld langs het glijvlak [kPa]

$\varphi'_d$ : hoek van inwendige wrijving ontwikkeld langs het glijvlak [°]

De veiligheidsfactor  $FS_s$  is tevens gedefinieerd als:

$$FS_s = FS_c = FS_{\varphi_d} \quad \text{met} \quad FS_c = \frac{c'}{c_d} \quad \text{en} \quad FS_{\varphi_d} = \frac{\tan(\varphi')}{\tan(\varphi'_d)}$$

## Resultaten

In tabel 5.2 zijn de resultaten van de stabiliteitsberekening gegeven.

**Tabel 5.2 Veiligheidsfactor FSs zonder invloed van water**

Taludhelling	1:2,75
FSs	1,56
Beoordeeld	Voldoende



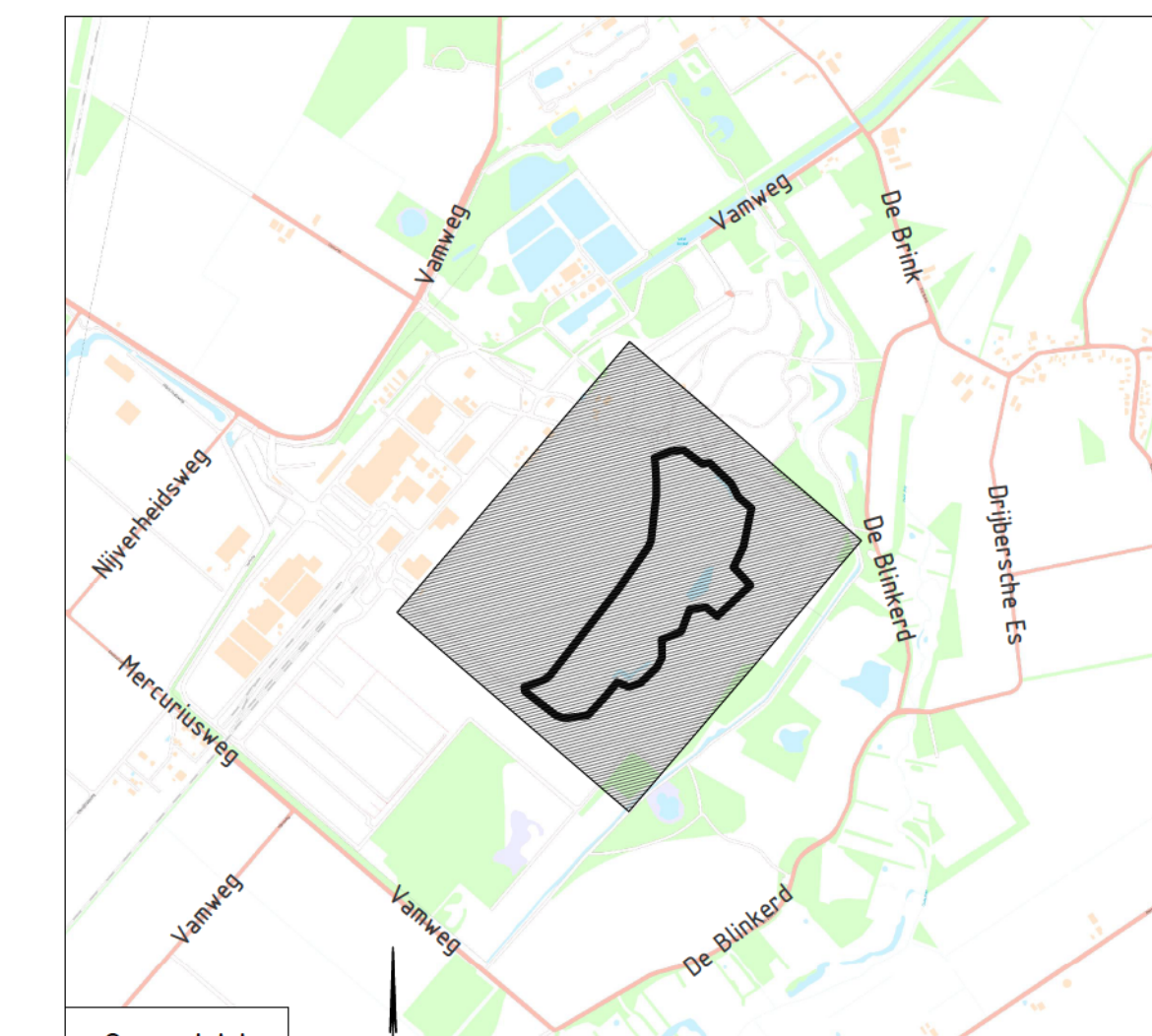
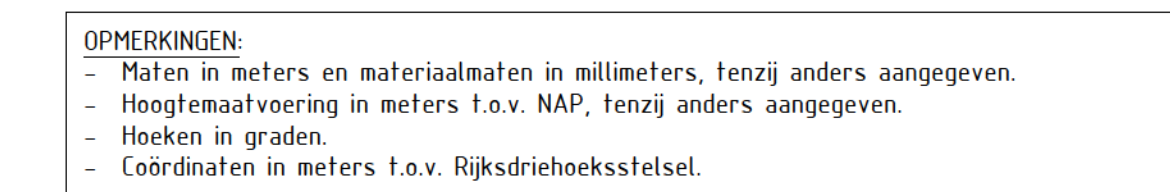
In bijlage 4 is de berekening van de veiligheidsfactor van het glijvlak Hydrostab en de HDPE folie opgenomen.

### 5.3 Conclusie

Voor dit project geldt net als in het eerder opgestelde advies door TAUW een minimale veiligheidsfactor (FSs ) van 1,3 om de stabiliteit van de afdichtingsconstructie te waarborgen. De stabiliteit van de afdichtingsconstructie met Hydrostab voldoet met 1,56 aan deze eis en is derhalve voldoende stabiel.

## Bijlage 1      Hoogteligging eind 2020





Overzicht					
Schied. 100099					
Versie	Beschrijving	Datum	Gest.	Gec.	Vrijg.
10	Eerste uitgaande	28-03-2021	PVD	AJV	AJV
	<p>Tauw Dr is gevestigd in Amsterdam - Assen - Drenthe Eindhoven - Enschede - Leeuwarden Rotterdam - Utrecht <a href="http://www.tauw.nl">www.tauw.nl</a></p>				
	<p><b>Schepstroom Alffero BV Wijster</b></p> <p><b>Project Hydrostat afdichting Alffero, Wijster</b></p> <p><b>Onderaand Bestaande situatie</b></p>				
	<b>Documentnummer 1280120-TE-MET-GE-0001</b>				
	Gestel PVD Gede A JV Vrijgege AVJ	Datum Schaal Status	28-03-2021 1 : 1000 Tussentijds		
	<b>Projectnummer</b> 1280120	<b>Mind om dat op</b> 01	<b>Concept</b> NLCS_AO_8c1x1m		



## Bijlage 2      Productspecificatie drainagemat

# GSE FabriNet HF-E

Three-layer, three-dimensional drainage geocomposite, consisting of a geonet core, resistant under load, heat-laminated on both sides with geotextiles. Geonet core: 100% HDPE (black) - Geotextile 100% Polypropylene (white) - 1a quality. The layers are heat-bonded by thermal lamination. The geocomposite is designed and formulated to perform drainage function under a range of anticipated site loads, gradients and boundary conditions.



## AT THE CORE:

**Multilayer, multifunctional HDPE geocomposite** providing increased durability for drainage, filtration and puncture protection.

## Product Specifications

Tested Property	Test Method	Unit	Value(*)			
Geocomposite						
Product Type	---	---	B120		B200	
Tensile Strength MD (T <sub>max</sub> ) CMD (T <sub>max</sub> )	DIN EN ISO 10319	kN/m	25 18		35 30	
In-plane Flow Capacity (q <sub>p</sub> ); MD (rigid/rigid) <sup>(a)</sup> at 20 kPa at 50 kPa at 100 kPa at 200 kPa at 500 kPa	DIN EN ISO 12958	l/(m x s)	i=1 1.2 1.1 1.0 0.9 0.65	i=0.1 0.3 0.27 0.25 0.22 0.16	i=1 1.0 0.9 0.75 0.6 0.4	i=0.1 0.25 0.2 0.16 0.12 0.05
Ply Adhesion	DIN EN ISO 13426-2/B	N/m	150		150	
Geonet <sup>(b)</sup>						
Raw Material	---	---	High Density Polyethylene, black			
Density	DIN EN ISO 1183	g/cm³	≥ 0.94			
Thickness at 20 kPa (d)	DIN EN ISO 9863-1	mm	6			
Geotextiles <sup>(b)</sup>						
Raw Material	---	---	Polypropylene, white			
Unit Weight (pA)	DIN EN ISO 9864	g/m²	120		200	
Tensile Strength MD (T <sub>max</sub> ) CMD (T <sub>max</sub> )	DIN EN ISO 10319	kN/m	8 8		14 14	
Puncture Resistance (x - s) (F <sub>p</sub> )	DIN EN ISO 12236	N	1,120		1,890	
Characteristic Opening Size (O <sub>90</sub> )	DIN EN ISO 12956	µm	100		60	
Water Permeability Velocity Index (V <sub>IH50</sub> ) Flux normal to the Plane (q <sub>N</sub> )	DIN EN ISO 11058	mm/s l/(m² x s)	100 100		65 65	
Durability Characteristics						
Carbon Black Content <sup>(c)</sup>	ASTM D 4218	%	2.0 - 3.0			
Oxidative Induction Time (OIT) <sup>(c)</sup>	ASTM D 3895 (190°C; Pure O <sub>2</sub> ; 1 atm)	min	100			
UV Resistance <sup>(d)</sup>	---	---	to be covered within 2 weeks			
Resistance to Oxidation at elevated Oxygen Pressure <sup>(c)</sup> Tensile Strength and Tensile Elongation - retained values after 14 days	EN ISO 13438 (C1; pH 10; 80°C; 5 MPa)	%	no significant change of initial properties			
Roll Dimensions			Container Load		Truck Load	
			B120	B200	B120	B200
Roll Width (Geonet Core) (approx.) <sup>(e)</sup>		m	4.1	4.1	4.1	4.1
Roll Length (approx.) <sup>(e)</sup>		m	60	55	70	60
Roll Area (approx.)		m²	246	225.5	287	246

### NOTES:

(\*) All values - unless otherwise noted - are guiding values. Minimum values are within the 95% confidence interval

(\*\*) Leaving a width of approx. 20 cm without heat-bonding at both edges in the MD / on both sides – enabling sufficient geonet overlapping during installation

(a): Test specimen with 300 x 300 mm

(b): Component properties prior to lamination

(c): Geonet properties

(d): Geotextile properties

(e): Roll width and length have a tolerance of ± 1%

GSE is a leading manufacturer and marketer of geosynthetic lining products and services. We've built a reputation of reliability through our dedication to providing consistency of product, price and protection to our global customers.

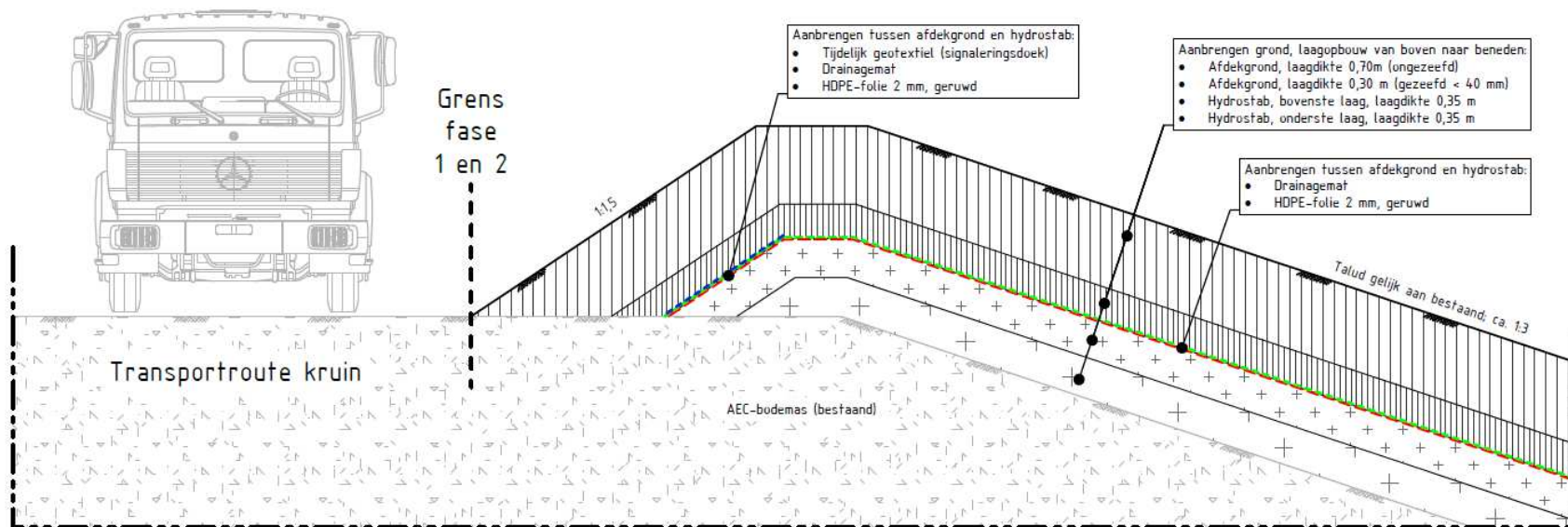
Our commitment to innovation, our focus on quality and our industry expertise allow us the flexibility to collaborate with our clients to develop a custom, purpose-fit solution.

**[ DURABILITY RUNS DEEP ]** For more information on this product and others, please visit us at [GSEworld.com](http://GSEworld.com), call 49.40.767420 or contact your local sales office.



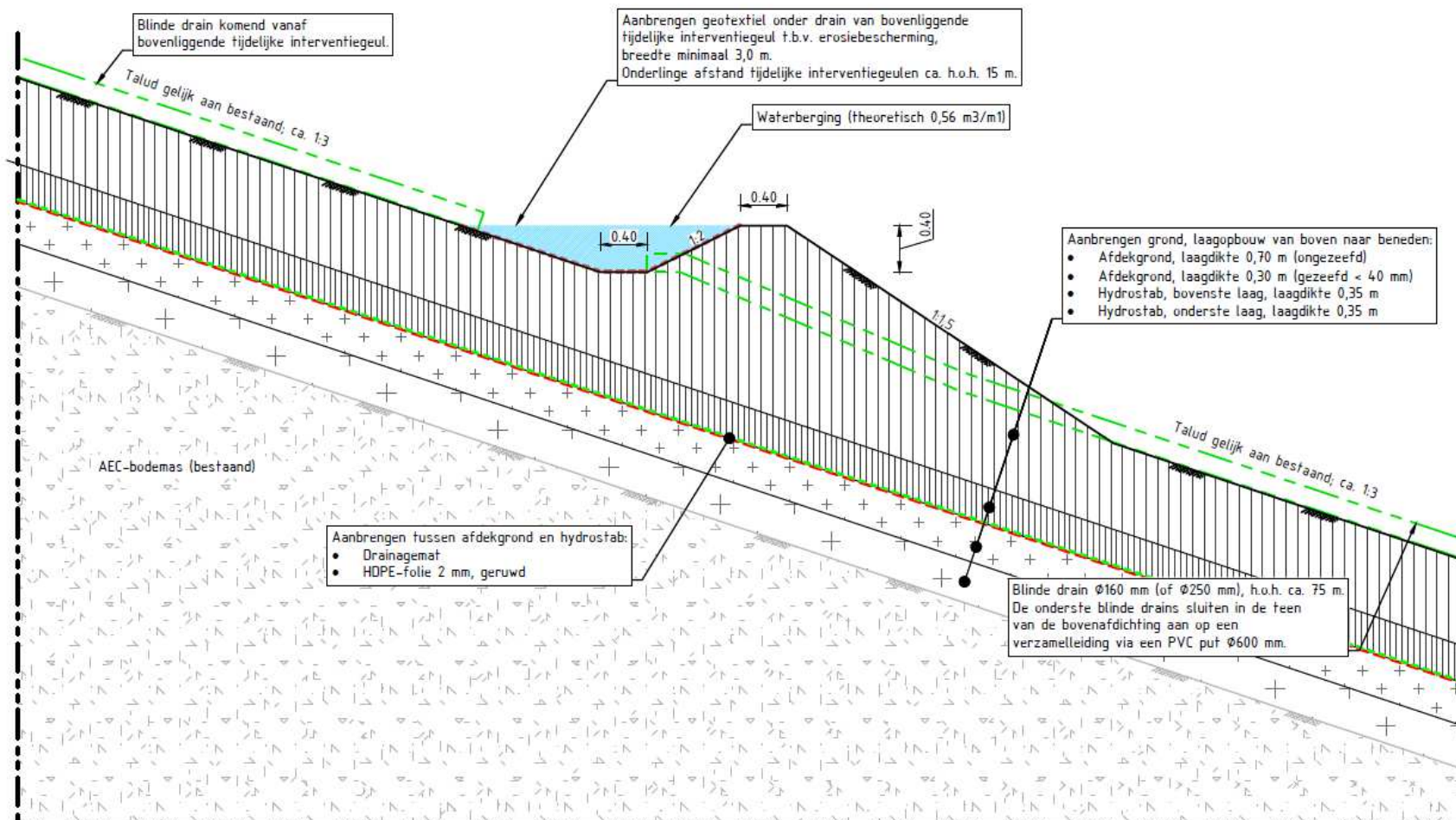
## Bijlage 3      Ontwerptekeningen





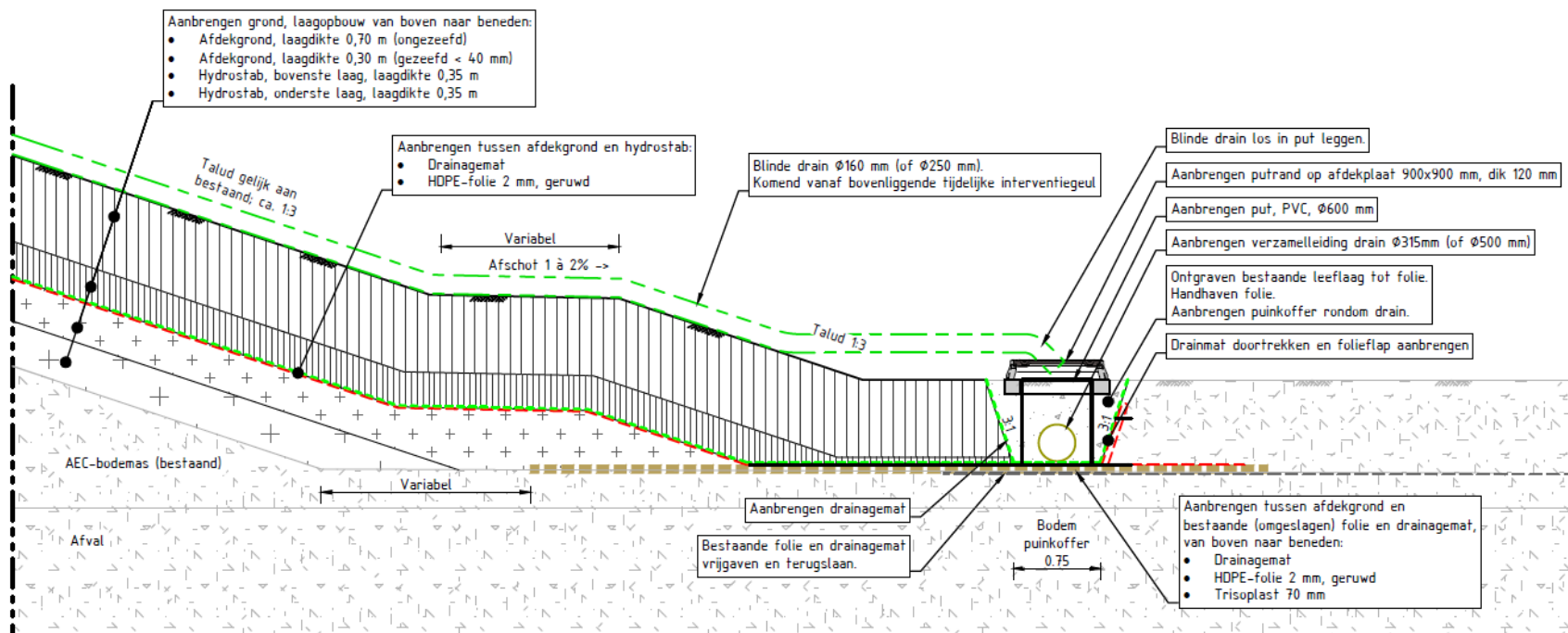
## Principe detail 1: Tijdelijke kruin fase 1 en 2

Schaal 1:50, dwarsdoorsnede



## Principe detail 2: Tijdelijke interventiegeulen

Schaal 1:50, dwarsdoorsnede



## Principe detail 3: Aansluiting teen

Schaal 1:50, dwarsdoorsnede

## Bijlage 4      Stabiliteitsberekening



## Stabiliteit van oneindig talud in droog grond en in grond onder water

### Uitgangspunten

$$FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad FS_s = \frac{c' + \sigma'_n \tan(\varphi')}{c'_d + \sigma'_n \tan(\varphi'_d)} \quad FS_{c'} = \frac{c'}{c'_d} \quad FS_{\varphi'} = \frac{\tan(\varphi')}{\tan(\varphi'_d)} \quad FS_s = FS_{c'} = FS_{\varphi'}$$

$$\delta' = k_1 \varphi' \rightarrow \varphi'_b \quad k_2 c' \rightarrow c'_b \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_{water}$$

$$\text{in droog grond} \Rightarrow FS_s = \frac{c'}{\gamma H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\tan(\varphi')}{\tan(\beta)} \rightarrow FS_s = \frac{k_2 c'}{\gamma H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\tan(k_1 \varphi')}{\tan(\beta)}$$

$$\text{onder water} \Rightarrow FS_s = \frac{c'}{\gamma_{sat} H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\gamma' \tan(\varphi')}{\gamma_{sat} \tan(\beta)} \rightarrow FS_s = \frac{k_2 c'}{\gamma_{sat} H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\gamma' \tan(k_1 \varphi')}{\gamma_{sat} \tan(\beta)}$$

$$d = H \cos(\beta)$$

In droog grond: volledig onverzadigd  $S = 0$

Grond onder water: volledig verzadigd  $S = 1$

verzadigingsgraad	S	[-]	
gemiddelde schuifsterkte van de grond	$\tau_f$	[kPa]	
gemiddelde schuifsterkte langs het glijvlak	$\tau_d$	[kPa]	
effectieve cohesie langs het glijvlak	$c'_d$	[kPa]	
effectieve hoek van inwendige wrijving langs het glijvlak	$\varphi'_d$	[°]	
reductiefactor voor de effectieve hoek van inwendige wrijving	$k_1$	[-]	0,95
reductiefactor voor de effectieve cohesie	$k_2$	[-]	0,95
volume gewicht water	$\gamma_{water}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	10
diepte onder het maaiveld	H	[m]	0,8
volume gewicht onverzadigd	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	16
volume gewicht verzadigd	$\gamma_{sat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	16
effectieve volume gewicht verzadigd	$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	6
effectieve cohesie	$c'$	[kPa]	0
effectieve hoek van inwendige wrijving	$\varphi'$	[°]	31,1
effectieve contactwrijvingshoek langs het glijvlak	$\delta'$	[°]	29,55
effectieve gereduceerde contactwrijvingshoek langs het glijvlak	$\varphi'_b$	[°]	29,55
effectieve gereduceerde cohesie langs het glijvlak	$c'_b$	[kPa]	0
steilte talud	V:H	[-]	0,3636
hoek van taludhelling	$\beta$	[°]	19,98
laagdikte evenwijdig aan talud	d	[m]	0,752
veiligheidsfactor in droog grond: $S = 0$	$FS_s$	[-]	1,56
veiligheidsfactor in grond onder water: $S = 1$	$FS_s$	[-]	0,58