



Verdieping zandwinning Heteren

Stabiliteitsanalyse | Heteren

1219-0039-000_R01v4.0 | 10 februari 2021

Definitief

Dekker Groep

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Zandwinning Heteren
Documentnaam	Verdieping zandwinning Heteren
Fugro-projectnr.	1219-0039-000
Fugro-documentnr.	1219-0039-000_R01v4.0
Versienummer	04
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Groningen

Klantgegevens

Klant	Dekker Groep
Adres klant	Waalbandijk 1
Contactpersoon klant	Dhr. Aart-Jan Schouten
Documentnr. klant	

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
001	17-03-2020	Concept		RMA	BRV	RMA
002	10-11-2020	Concept	Werkversie	RMA		
003	17-11-2020	Definitief	Opmerkingen klant verwerkt	RMA	BRV	RMA
004	10-02-2021	Definitief	Opmerkingen verwerkt na bespreking met provincie Gelderland d.d. 26-01-2021	RMA	BRV	RMA

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
RMA	R. Meinsma	Consultant Waterbouw
BRV	B. Rijnveld	Senior consultant Waterbouw

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
1.1 Beschikbare informatie	1
1.2 Doel en afbakening van dit rapport	2
2. Projectomschrijving	3
3. Uitgangspunten	5
3.1 Inleiding	5
3.2 Waterstand	5
3.3 Bodemopbouw	6
3.3.1 Inleiding	6
3.3.2 Geotechnische bodemschematisering	8
3.3.3 Zandgrofte	8
3.4 Overige uitgangspunten	11
4. Analyse	12
4.1 Inleiding	12
4.2 Stabiliteit tegen statisch afschuiven	12
4.3 Verweking	13
4.4 Stabiliteit bresproces tijdens het verdiepen	14
4.4.1 Inleiding	14
4.4.2 Beheerst bressen	15
4.4.3 Taludontwikkeling	18
4.5 Randzone	24
5. Conclusies	26

1. Inleiding

De Dekkergroep overweegt om een verdieping van de bestaande zandwinput te Heteren aan te vragen. Het betreft een verdieping van NAP-18 m naar bovenkant van kleilaag die op een variabele diepte van NAP-21 m à NAP -28 m is gelegen. Fugro is gevraagd om op basis van aanvullend uitgevoerd grondonderzoek een stabiliteitsanalyse uit te voeren ten behoeve van een uitbreiding van de ontgrondingsvergunning waarbij de huidige zandwinning wordt verdiept tot ongeveer NAP -21m à NAP -28 m.

In voorliggend rapport wordt het advies gegeven voor het ontwerptalud van de verdieping. Hiertoe zijn de volgende faalmechanismen beschouwd:

- macrostabiliteit;
- verwekingsvloeiing en;
- bresvloeiing tijdens uitvoering.

Op basis van de meetdata, opbouw en samenstelling van de ondergrond is de geometrie van de verdieping bepaald en zijn de randvoorwaarden worden opgesteld voor een veilige uitvoering van de zandwinning conform de CUR Aanbeveling 113 Oeverstabiliteit bij zandwinputten.

Ten behoeve van de aanvraag van de huidige vergunning is door Fugro in het verleden een stabiliteitsanalyse uitgevoerd (Fugro rapport 6004-0199-003 d.d. 18-02-2011). Dit rapport dient als basis voor de aanvraag naar een verdieping tot maximaal NAP -28 m.

1.1 Beschikbare informatie

Voor het opstellen van deze rapportage is gebruik gemaakt van de volgende rapporten:

- i. Beoordeling taludstabiliteit zandwinning Heteren, rapport 6004-0199-003.R01, Fugro d.d. 18-02-2011;
- ii. Controle boringen te Heteren, rapport 6004-0199-000, Fugro 13-06-2006;
- iii. Sondeerdata Uitbreiding Zandwinning Heteren rapport 6004-0199-00, Fugro 20-05-2008;
- iv. Booronderzoek Uitbreiding Zandwinning Heteren rapport 6004-0199-00, Fugro 11-06-2008;
- v. Booronderzoek HDD-traject Heteren, rapport 1318-0124-000, Fugro 20-04-2018;
- vi. Geotechnisch onderzoek; rapport 1219-0039-130-21-R01-v3.0, Fugro 21-10-2020
- vii. Peiling Randwijks Uiterwaarden d.d. 24-12-2019, Buro Meet d.d.30-12-2019;
- viii. Vergunningstekening aangeleverde in ACAD-format datum onbekend.
- ix. Inrichtingsplan Randwijkse Waarden effectenstudie geohydrologie, Grontmij 12-09-2011
- x. Verdieping Zandwinning Randwijkse Waarden, Geohydrologische effecten, rapport 1219-0039-000-33-R02 0.1, Fugro d.d.09-11-2020,
- xi. Tekening ontgrondingsvergunning Randwijks Uiterwaard tek nr 0343-OGV-001, Meet BV rev2 d.d.06-11-2020

Daarnaast zijn de volgende bronnen geraadpleegd:

- xii. Slope Failure by unstable breaching, Maritime engineering, Paper by Cees van Rhee Professor, Delft University of Technology, Faculty of Mechanical, Maritime and Materials Engineering, Section of Dredging Engineering, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, d.d.12-02-2015;
- xiii. Oeverstabiliteit Bij verdieping waterbodems, rekenmodel HM-Breach, Deltares september 2009;
- xiv. Bresvloeiing in zand Mastbergen et al, Geotechniek juli 2009
- xv. <http://www.randwijksewaarden.nl/>

Voor het opstellen van het advies zijn de volgende normen en richtlijnen in acht genomen:

- [BALDI 1986] Baldi et al., Interpretation of CPT's an CPTU's, Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar Field Instrumentation and In-Situ Measurement, 143-156, Singapore1986
- [Crook 1996] Th. Crook, A seismic zoning map conforming to Eurocode 8, and practical earthquake parameter relations for the Netherlands, Geologie en Mijnbouw 75: 11-18, 1996
- [CUR 113] CUR-aanbeveling 113, Oeverstabiliteit bij zandwinputten, CUR, Gouda, 2008
- [NEN 1998-1] Eurocode 8, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen, april 2005
- [NEN 9997-1] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1, algemene regels, november 2017
- [SHZV, 2016] Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing van Rijkswaterstaat in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium, 2016

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

1.2 Doel en afbakening van dit rapport

Doel van het rapport is om de maximaal haalbare ontwerptaludhelling van de verdieping te bepalen. Deze wordt bepaald op basis van de eenvoudige beoordeling zoals voorgeschreven in [CUR113], voor de faalmechanismen taludafschuiving, verwekingsvloeiing en bresvloeiing. Voor de beoordeling van het faalmechanisme bresvloeiing zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd om tot een optimalisatie van het ontwerptalud te komen.

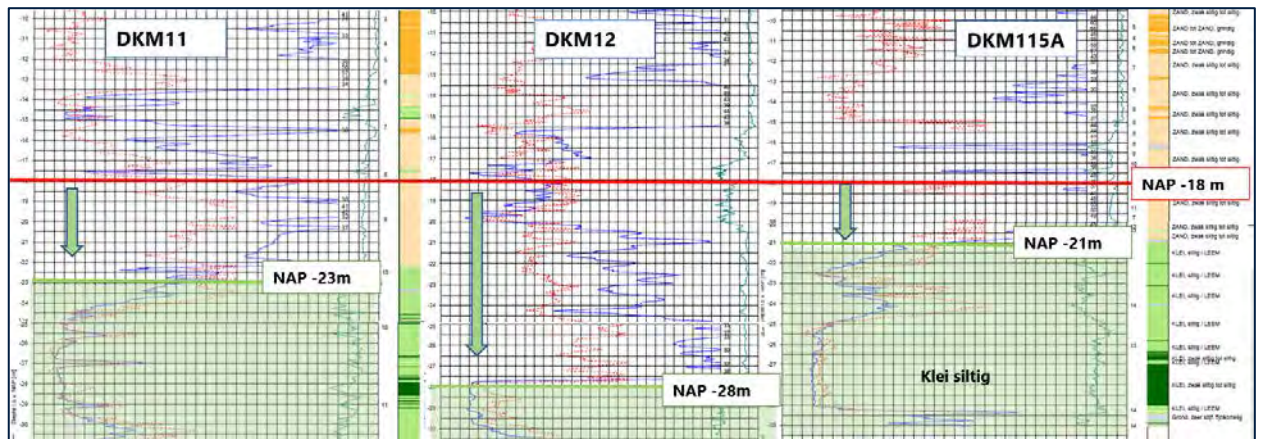
2. Projectomschrijving

Het project bestaat uit een verdieping van de huidige zandwinning in de Randwijkse Waarden te Heteren. De huidige zandwinput heeft een oppervlak van ongeveer 50 ha (1200 m * 500 m) met een vergunde diepte van circa NAP -18 m. Het oorspronkelijk maaveld ligt op ongeveer NAP +8,0 m. De verdieping betreft het winnen van zand tot aan de bovenkant van kleilaag.

In figuur 1 zijn de locaties van de voor dit project (huidige zandwinning +voorgenomen verdieping) uitgevoerde sonderingen weergegeven inclusief de diepteligging bovenkant kleilagen. Hieruit blijkt dat in dit gebied op een diepte van NAP -21 m (oostzijde ter plaatse van de invaart) een kleilaag wordt verwacht waarvan de bovenkant richting het westen in diepte varieert tot een maximale diepte van NAP -28 m (DKM12 noordwestzijde). Op basis van de resultaten van het beschikbare grondonderzoek en voor de verdieping uitgevoerd aanvullend grondonderzoek [vi] wordt een verdieping aangevraagd voor het verdiepen van de zandwinput van NAP -18 m tot aan de bovenkant van de kleilaag. De bovenkant van de kleilaag is geschematiseerd op NAP -21m aan de oostzijde van de zandwinning tot NAP -28m aan de westzijde van de zandwinning (figuur 2). De zandwinput staat tijdens de werkzaamheden in verbinding met de naastgelegen Neder-Rijn.

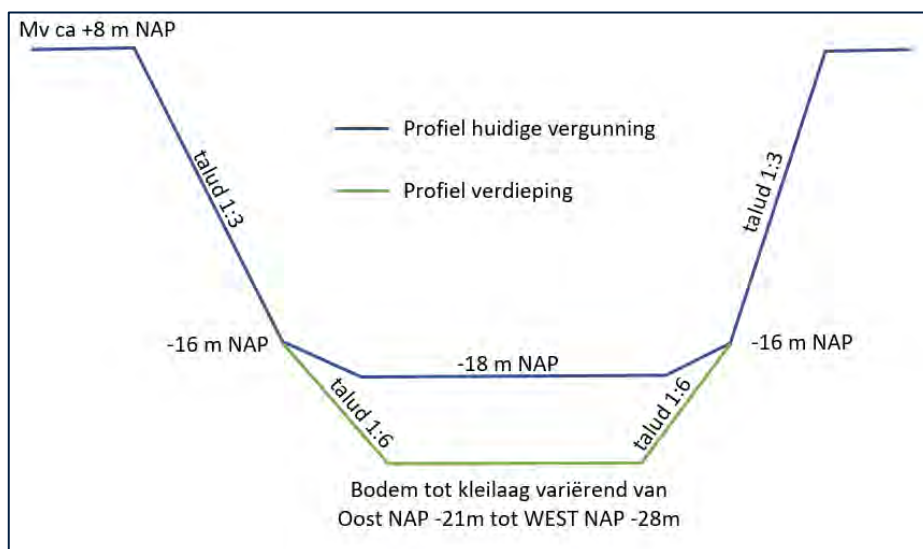


Figuur 1 Locatie Sonderingen + diepteligging kleilaag. Bron [ii, iii, iv, v en vi]



Figuur 2 schematisering Ligging bovenkant kleilaag

Voor het beoordelen van de stabiliteit van het verdiepingstaludprofiel wordt uitgegaan van de in figuur aangegeven taludgeometrie. Het principe ontwerpprofiel bestaat uit een het huidige vergunningstalud (tot NAP -16 m) met een taludhelling dat varieert van 1:3 tot 1:5, daaronder wordt vanwege de fijnere zandlagen een talud aangehouden van 1:6 tot een diepte van Oost NAP-21 m en West van NAP-28 m (figuur 3).



Figuur 3 Voorstel verdieppingsprofiel (niet op schaal)

3. Uitgangspunten

3.1 Inleiding

In 2010 is door Fugro een stabiliteitsonderzoek uitgevoerd met als doel vast te stellen of de oevertaluds van de huidige vergunning voldoen aan de stabiliteitseisen volgens de CUR 113 Aanbeveling voor de faalmechanismen statische afschuiving, verwekingsvloeiing en bresvloeiing. In het rapport Beoordeling Taludstabiliteit zandwinning Heteren [ref ij] is bepaald dat :

- De veiligheid tegen statische afschuiven (macro instabiliteit) van het vergunningstalud met een taludhelling van 1:3 tot een diepte van NAP-18m voldoende is gewaarborgd ($SF > 1$).
- Het vergunningstalud tot een diepte van NAP -18 m voldoende bestand is tegen statisch verweken (verwekingsvloeiing), mits het talud een gemiddelde taludhelling heeft van minimaal 1:3 à 1:4.
- Men vanaf NAP -15 m rekening moet houden met bresvloeiingen aangezien vanaf NAP -15 m het zand dan fijner van structuur is inclusief een toename van het percentage silt. Op basis van een uitgevoerde HMBreach simulatie is het vergunningontwerp hierop aangepast door vanaf NAP -15 m tot NAP -18m een flauw talud voor te stellen wat past bij het winnen van zand op volle diepte .

Het Fugro rapport [i] gaf aan dat het risico op bresvloeiingen (onbeheerst bressen) maatgevend is voor het winnen van zand op volle diepte (NAP-18 m) en dat hier bij de uitvoering rekening moet worden gehouden. Voor de verdieping is dus het risico op bresvloeiingen maatgevend voor de taludstabiliteit van de oevers. In dit rapport zal dus zal de focus vooral liggen op het risico op bresvloeiingen en hoe deze kunnen worden beheerst bij een verdieping naar NAP -21 m à NAP -28 m. De faalmechanismen statische afschuiving en verwekingsvloeiing zullen in dit rapport kort worden behandeld waarbij het Fugro rapport [i] als uitgangspunt is genomen.

3.2 Waterstand

Oppervlaktewater

De zandwinput staat in contact met de Neder-Rijn. De waterstand in deze rivier ligt gemiddeld op ca. NAP +6,0m a NAP +6,6 m. In de deze analyse wordt uitgegaan van een gemiddelde rivierwaterstand van NAP +6,6 m.

Grondwaterstanden

In de Grontmij rapportage [ix] en de geohydrologische beschouwing van Fugro [x] wordt aangegeven dat het grondwater ter plaatse van de projectlocatie onder sterke invloed is van de Neder-Rijn. Voor de grondlagen tot aan de kleilaag (bovenkant NAP -21m a NAP -28m) wordt ervan uitgegaan dat de stijghoogte van het grondwater vergelijkbaar is als het oppervlaktewater. Onder de kleilaag bevindt zich het tweede watervoerend pakket waar een volgens [ix] en [x] de gemiddelde stijghoogte heerst van NAP+7,0m. Hierdoor zal er sprake zijn van een beperkte kwelsituatie.

3.3 Bodemopbouw

3.3.1 Inleiding

Voor de verdieping is het volgende grondonderzoek beschikbaar:

- 9 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot circa 40 m diepte beneden maaiveld (NAP -30 à -34 m);
- 8 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot 25 à 30 m diepte beneden maaiveld (NAP -16 à -21 m);
- 3 mechanische boringen tot circa 10 m diepte (circa NAP -2 m);
- 7 mechanische boringen tot circa 30 m diepte (NAP -22 m);
- 3 mechanische boringen tot circa 38 m diepte (NAP -28 m
- Geroerde monsters van iedere 1 m boring;
- Korrelverdelingen van mengmonsters over iedere 2,0 à 2,5 m boring.

Voor een beoordeling conform CUR 113 dient per 0,3 km à 0,5 km oever een sondering tot 1,5 maal de rekenputdiepte H_r te worden uitgevoerd. In dit geval komt dit voor de zandwinput neer op minimaal 6 sonderingen verspreid langs de oever van de put tot een diepte van NAP -37 m. In totaal zijn 9 sonderingen beschikbaar tot een diepte van NAP -30 à -34 m. Vanwege het feit dat na een diepte van NAP-21 m a NAP -28 m overwegend klei wordt aangetroffen en de verdieping de bovenkant van de genoemde kleilaag volgt (reliëfvolgend ontzanden) acht Fugro dat het grondonderzoek voldoet aan de CUR 113 criteria.

Voor de boringen geldt dat volgens de CUR 113 per 0,3 km à 1,0 km oever een boring tot de putdiepte te worden uitgevoerd. Voor de verdieping (reliëf volgend ontzanden) zijn in totaal 10 boringen tot NAP -22 m a NAP-28 m beschikbaar. De boringen zijn tot bovenkant kleilaag zodat onzes inziens aan de eis voldaan wordt. Van deze boringen zijn ook de vereiste korrelverdelingen bepaald

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek (figuur 4) kan de bodemopbouw globaal worden geschematiseerd zoals weergegeven in tabel 1. Zie ook het geohydrologisch rapport [x].



Figuur 4 Sondeer en Boorlocaties uitgevoerd grondonderzoek, Bron ref 2, 3, 4, 5 en 6.

Tabel 1 Globale grondopbouw

Diepte laag [ca. m t.o.v. NAP]	Bodembeschrijving	Geohydrologische typering
+8,5 à +7,5	<u>KLEI</u> , zwak zandig tot <u>ZAND</u> , met brokken klei, toplaag humeus	Waterremmend (Deklaag)*
tot		
+7,0 à +5,0		
+7,0 à +5,0	<u>ZAND</u> , matig fijn tot uiterst grof, zwak tot sterk siltig, zwak tot matig grindig, lokaal aanwezige <u>leemlenzen</u> tussen NAP -18 tot -20 m.	Watervoerend (1 ^e watervoerend pakket)
tot		
-21,0 à -27,0		
-21,0 à -27,0	<u>KLEI</u> , zwak zandig, lokaal zandlaagjes	Waterremmend (geohydrologische basis)
tot		
-38,0**		

* Ter plaatse van de zandwininput niet aanwezig

** Maximaal verkende diepte in het Fugro-archief NAP -34 m fugro rapport [x]

3.3.2 Geotechnische bodemschematisering

Voor het bepalen van statische stabiliteit van de oeverwal is in het Fugro rapport [i], de ondergrond volgens tabel 2 geschematiseerd. Het aanvullend grondonderzoek [vi] en het geohydrologisch Fugro rapport [x] geven geen reden om af te wijken van het destijds opgestelde bodemschematisering.

Tabel 2 Geotechnische bodemschematisering Karakteristieke waarden volgens Tabel 2.b NEN9997-1+C1: 2017

Grondlaag	Bovenkant laag [ca. m t.o.v. NAP]	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C' [kPa]	ϕ' [°]
<u>KLEI</u> , zwak zandig	m.v. (+7,5 à +8,5)	17/17	4	20
<u>ZAND</u> , matig tot sterk siltig	+7,0 à +5,0	18/20	1	26
<u>ZAND</u> , grindhoudend, vastgepakt	+3,0 à -1,0	19/21	0	32.5
<u>ZAND</u> , zwak tot matig grindhoudend	-2,5 à -7,0	19/21	0	32.5
<u>ZAND</u> , matig tot sterk siltig, lokaal grind	-14,5 à -19,0	19/21	0	32.5
<u>ZAND</u> , kleiige tussenlagen	-18,0 à -21,0	19/19	0	30
<u>KLEI</u> zandige, tussenlagen	-21,0 à -28,0	17/17	3	22.5
<u>ZAND</u> , zwak tot matig grindhoudend	-38	19/21	0	32.5

Opmerkingen bij de tabel:

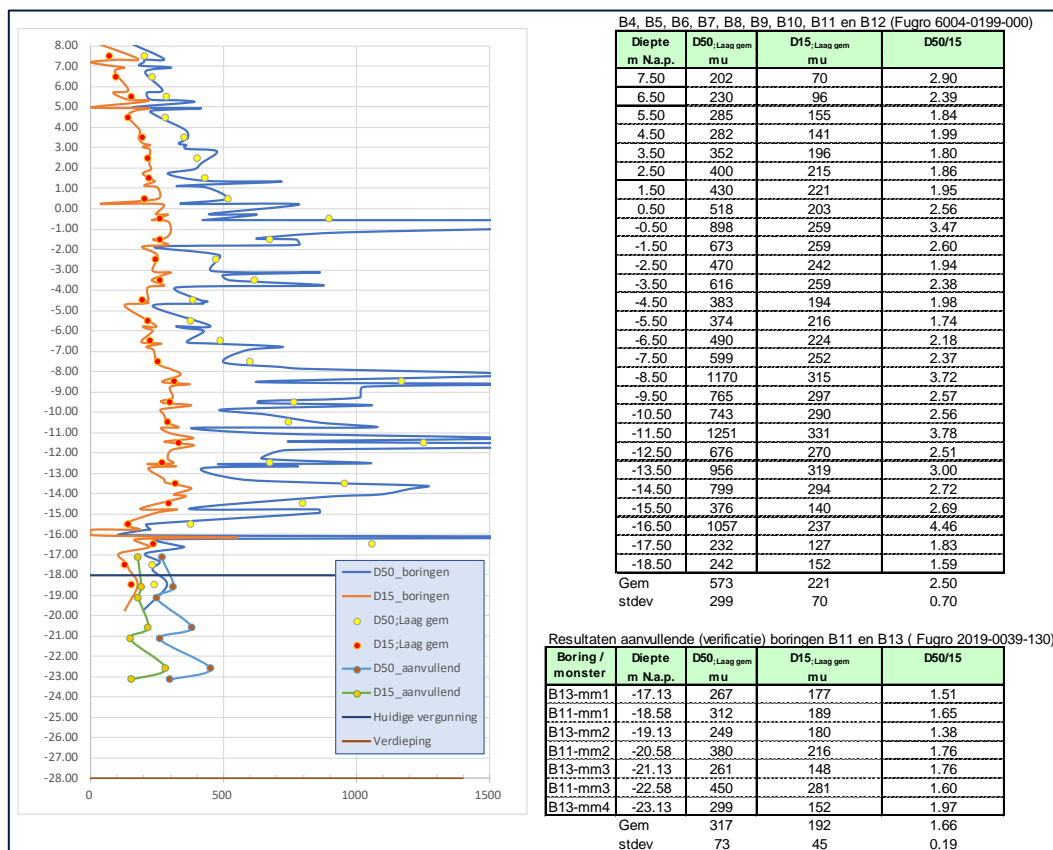
- γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd
- c' = karakteristieke cohesie
- ϕ' = karakteristieke hoek van inwendige wrijving

Rekenwaarden van de grondparameters worden verkregen door de karakteristieke representatieve waarden te delen door de partiële factoren voor grondeigenschappen volgens tabel A.4a van NEN9997-1 waarbij ervan uit wordt gegaan van een RC1 veiligheidsniveau. Omdat gerekend wordt met rekenwaarden, dient de berekende stabiliteitsfactor te voldoen aan S.F. > 1,0.

3.3.3 Zandgrofte

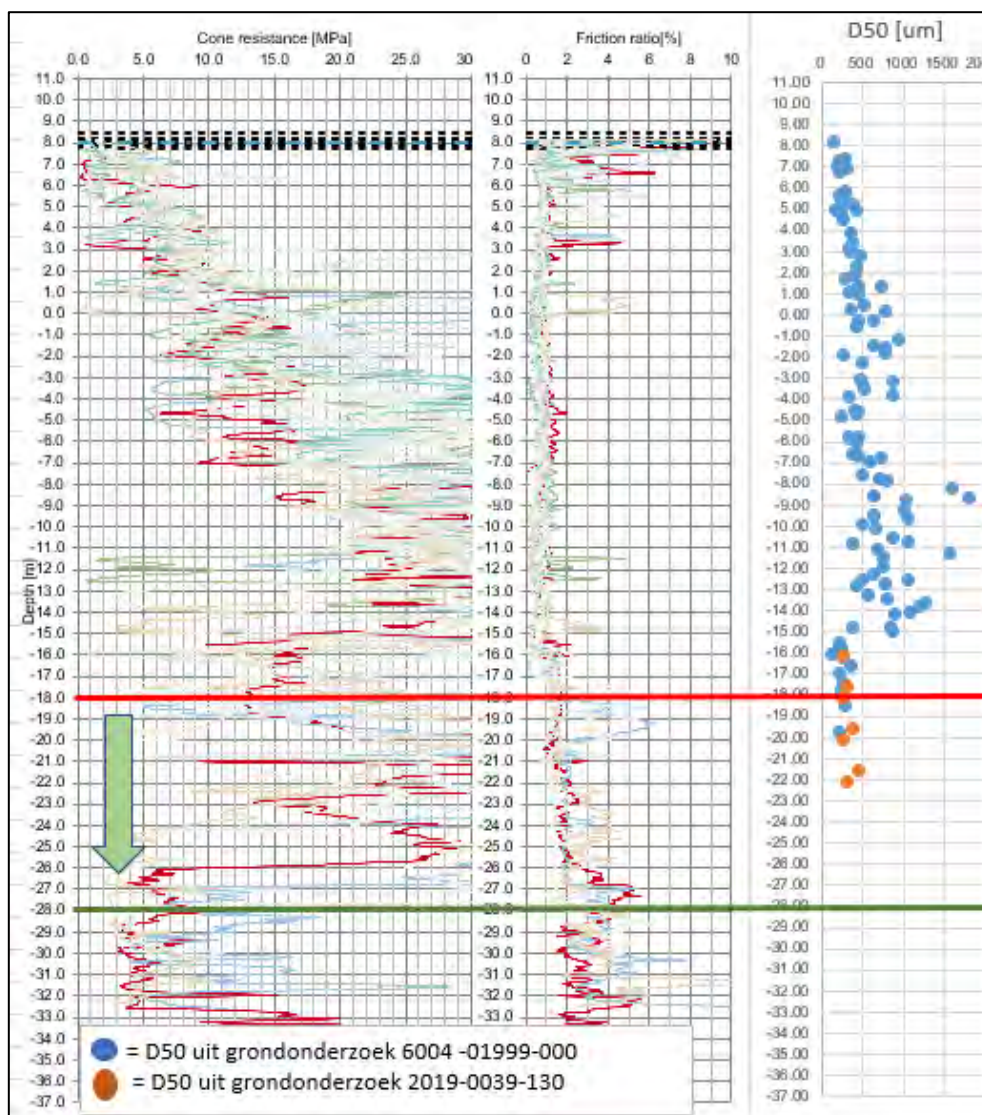
In figuur 5 zijn de sondeerresultaten van de gemaakte sonderingen gepresenteerd. Wanneer de sondeerresultaten met elkaar worden vergeleken blijkt dat vanaf maaiveld tot een diepte van NAP -12 m er sprake is van een vrij homogene zandlaag. Vanaf NAP- 12 m (DKM4) wordt incidenteel stoorlagen van kleiig zand aangetroffen. Voorbij de huidige vergunningsdiepte (NAP -18 m) worden stoorlagen (kleilagen) steeds frequenter. Aan de oostzijde van de zandwinning wordt op NAP-21 m (DKM15A) een dusdanige kleiige zandlaag aangetroffen dat er sprake is van niet winbare kleilaag. Deze laag lijkt in de diepte af te lopen tot NAP -23 m richting de westzijde van de huidige zandwinning (DKM11) en tot een diepte van NAP -28 m richting de noordwestzijde van de zandwinning (DKM12). De genoemde sonderingen laten een wrijvingsgetal (FR=Friction ratio) zien van meer dan 2 wat duidt op zandig klei tot leem. De overige sonderingen geven een FR van ca. 1,5 wat duidt op fijn tot siltig zand. Vanaf NAP-25 m geven de meeste sonderingen een hoog FR-getal weer van ca 3 tot 4 of hoger wat duidt op siltige klei en leem (soms in de boringen omschreven als keileem).

Van de destijds uitgevoerde boringen [iv] zijn per onderscheidende zandlaag tot en diepte van NAP -15 m à NAP -20 m grondmonsters genomen voor het bepalen van de korrelgrootte van het zand. Om inzicht te krijgen in de korrelgrootte van het zand zijn van de beschikbare korrelverdelingen de D10 tot en met de D90 de korrelgrootte bepaald. Vervolgens zijn de D50 en de D15 van de individuele boringen samengevoegd en op diepte gesorteerd (blauwe lijn in figuur 5), waarna per m zandlaag de representatieve laaggemiddelde D50_{laag gem} en D15_{laag gem} per m zandlaag is bepaald ten behoeve van HMBreach analyse. Aanvullende boringen zijn uitgevoerd [vi] om inzicht te krijgen in de verwachte grofte van het zand tot een diepte van NAP-23m (figuur 6). Ter plaatse van de aanvullende boringen zijn op diepten vanaf NAP-23m tot de verkende diepte van NAP-28m voornamelijk sterk siltige kleilagen aangetroffen.



Figuur 5 Overzicht laaggemiddelde D50 en D15 korrelgrootte tot NAP-18 m

In figuur 6 zijn de sonderingen vergeleken met de laaggemiddelde korrelgrootte D50 van het zand. Uit de figuur is af te leiden dat vanaf ca. NAP-18 m tot ca. NAP -23 m de D50 ongeveer 200 µm bedraagt. Di aangezien op de locaties van de diepere boringen vanaf NAP-23 alleen klei is aangetroffen. Door nu het wrijvingsgetal te vergelijken met de korrelvorm/ correlatiefactor D50/D15 is een schatting gemaakt naar de verwachte D50_{laag gem} en D15_{laag gem} voor het zand tot een diepte van NAP-28 m (rode cijfers in figuur 7).

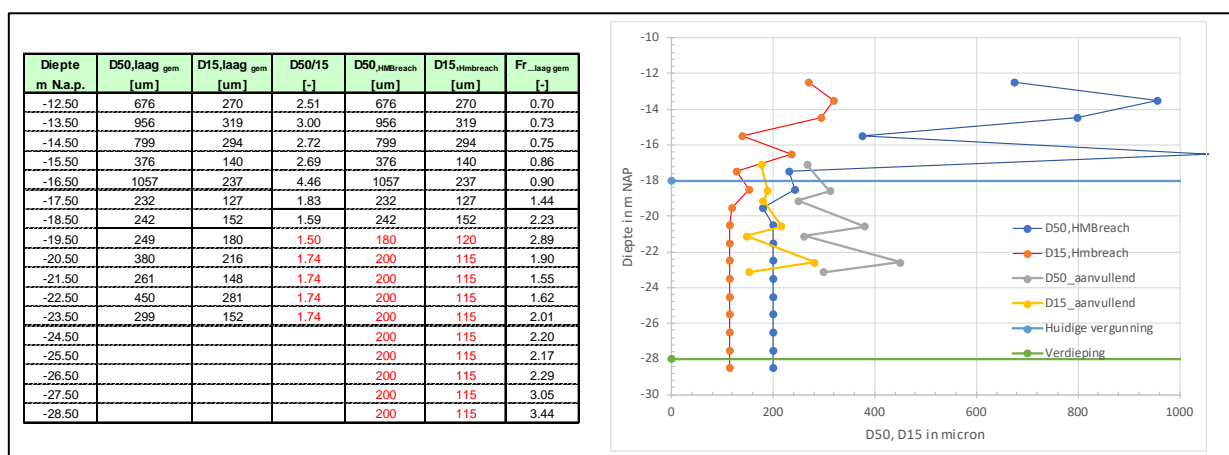


Figuur 6 Overzicht Sonderingen versus laaggemiddelde D50 korrelgrootte

In de figuur 7 zijn ook de resultaten weergegeven van de korrelverdelingen van grondmonsters afkomstig van de aanvullende (verificatie) boringen [vi]. Te zien is dat de gemeten D50, D15 korrelgrootte iets grover is dan de korrelgrootte die als invoerwaarden worden gebruikt voor de taludontwikkelingsberekeningen ($D50_{;HMBreach}$, $D15_{;HMBreach}$). Door te kiezen voor een iets fijnere korrelgrootte als invoerwaarde wordt een conservatieve benadering gehanteerd voor berekenen van de taludontwikkeling tijdens het winzuigen. Bovendien is de verwachting dat de korrelgrootte van de overgangs (zand) lagen van zand naar de kleilaag in de rest van het gebied fijner kunnen zijn dan in de boringen aangetroffen grondmonsters.

Verder wordt in de berekening taludontwikkeling (HMBreach) gewerkt met (laag)gemiddelde korrelgrootte van de zandlagen zodat de uitkomsten van de simulatie taludontwikkeling (HMBreach) onzes inziens als redelijk natuurgetrouw kan worden gezien voor de gehele zandwinning. Opgemerkt dient te worden dat er lokaal leemlenzen in de te winnen zandlagen aanwezig kunnen zijn die het bresproces kunnen verstoren. Dit verstoringseffect is (deels) in de analyse meegenomen door uit te gaan van een fijnere korrelgrootte aangezien de praktijk uitwijst dat tijdens het winzuigen leemlenzen met dikten tot 1 m zich vermengen met het zand.

Klei en leemlagen met een dikte van enkele meters zal en kan niet door een winzuiger worden gewonnen. De winzuiger zal hier reliëf volgend ontzanden.



Figuur 7 Bepaling D50 en D15 korrelgrootte van NAP -18m tot NAP-28 m

3.4 Overige uitgangspunten

Ten behoeve van de stabiliteitsanalyse voor de ontgrondingsvergunningaanvraag voor een de uitbreiding van de zandwinning Heteren zijn destijds in het Fugro rapport beoordeling taludstabiliteit zandwinning Heteren, rapport nr 6004-0199-003.R01, d.d. 18-02-2011 [i]. de volgende aanvullende uitgangspunten meegenomen. In het genoemde Fugro rapport is de stabiliteit van de oever beschouwd waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Grondwaterstand onder de kade gelijk aan het huidige maaiveld;
- Bovenbelasting op de kades van 10 kN/m³ over een breedte van 10 m;
- Wateroverspanningen in de slappe lagen onder de maatgevende grondwaterstand (direct na maatgevend hoogwater, dit resulteert in grondwaterstand op huidig maaiveld);

4. Analyse

4.1 Inleiding

Voor het opstellen van een stabiliteitsadvies voor de verdieping wordt voortgeborduurd op de resultaten van het Fugro rapport beoordeling taludstabiliteit zandwinning Heteren, rapport nr 6004-0199-003.R01, d.d. 18-02-2011 [i] voor de aspecten statische taludstabiliteit en verweking. De bresgevoeligheid zal in dit hoofdstuk uitgebreider worden behandeld aangezien het faalmechanisme bresvloeiing maatgevend is voor het taludontwerp en de wijze van zandwinning in relatie tot de kans van optreden van een bresvloeiing met als gevolg het overschrijden van het vergunningstalud en mogelijk een inscharing van de oever.

4.2 Stabiliteit tegen statisch afschuiven

Voor de stabiliteit van een talud kan men twee stabiliteitscriteria onderscheiden, namelijk macrostabiliteit en microstabiliteit. In het rapport van Fugro [i] heeft de berekende veiligheid tegen afschuiven (SF) een waarde van groter dan 1 voor een zandwinning tot een diepte van NAP-18 m met een taludhelling van 1v:3h.

Voor een verdieping van NAP-18m naar maximaal NAP-28m gaat men uit van een basistalud met de volgende geometrie:

- Tot een diepte van NAP-16 m wordt de huidige vergunde en statisch veilige taludhelling met een steilte van 1v: 3h aangehouden;
- Vanaf een diepte van NAP-16 m tot een diepte van NAP-21 m à NAP-28 m wordt een helling van 1v: 6h. aangehouden.

Er zijn geen wijzigingen opgetreden in de uitgangspunten ten opzichte van [i]. Tot NAP-15m treedt er geen verandering op in taludgeometrie ten opzichte van de huidige vergunning en kan worden geconcludeerd dat tot NAP -16 m het ontwerptalud verdieping statisch voldoende stabiel is. Vanaf NAP -16 m tot NAP -21 m à NAP-28 m wordt het talud beduidend flauwer en dus statisch stabiel. Wanneer over deze laag volgens een eenvoudige benadering de statische stabiliteit wordt beoordeeld, door de stabiliteit van een oneindig lang talud te beschouwen. De veiligheid tegen statisch afschuiven voor een talud met een helling van 1v:6h ($\tan \alpha$) is dan circa:

$$SF = \frac{\tan \varphi_d}{\tan \alpha} = \frac{\tan \left(\frac{22,5}{1,2} \right)}{\tan 10} = 1,9$$

Hierbij is gerekend met:

- een talud bestaande uit zandige klei met tussenlagen van fijn tot matig grof zand. De karakteristieke φ waarde bedraagt 22,5 graden (tabel 2);
- Een veiligheidsfactor van 1,2 om te voldoen aan een RC1 veiligheidsniveau conform de NEN9997-1. Er is geen rekening gehouden met cohesie c'_{kar} van circa 3 kPa (zie tabel 2).

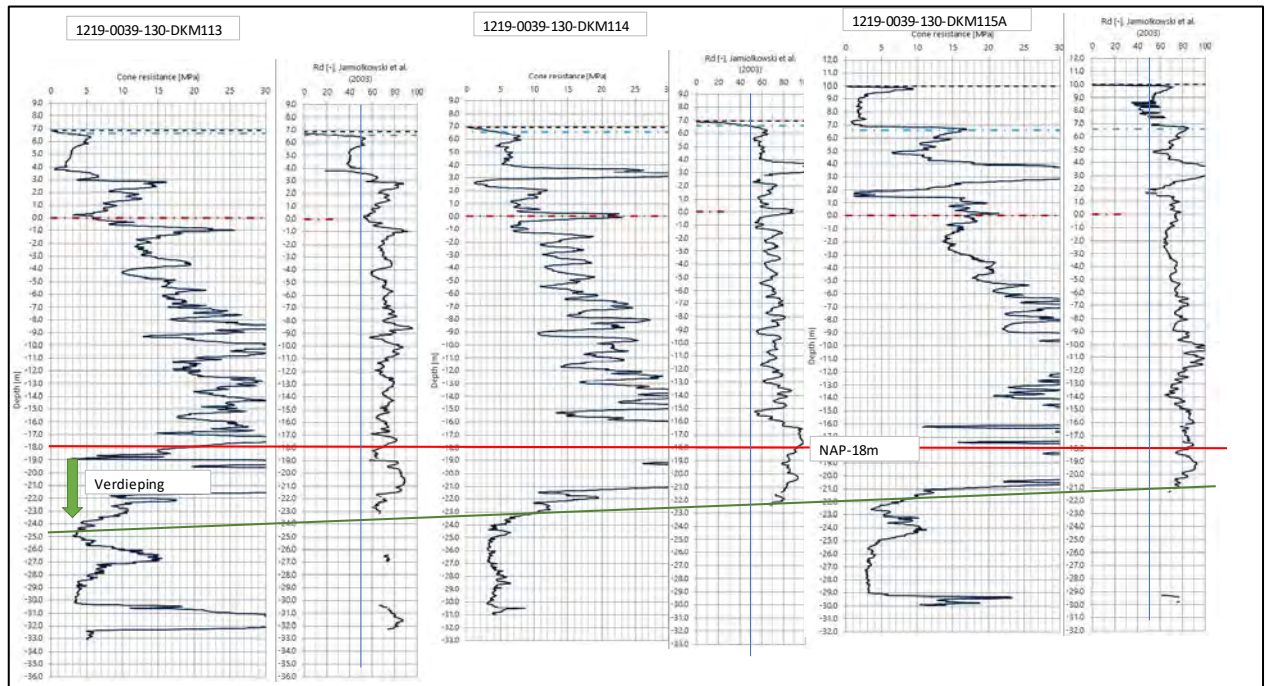
Op basis van deze eenvoudig toets gecombineerd met de conclusies uit het Fugro rapport [i] wordt geconcludeerd dat het ontwerptalud verdieping zal voldoen aan de statische stabiliteitseis volgens de CUR 113 Aanbeveling.

4.3 Verweking

Op basis van de uitgevoerde sonderingen is de relatieve dichtheid van het bodemmateriaal bepaald. Volgens CUR 113 is de relatieve dichtheid R_n1 en/of R_n3 van invloed op de verwekingsgevoeligheid van een talud. Voor alle beschikbare sonderingen zijn de lagen bepaald waarvoor geldt dat:

- de relatieve dichtheid gemiddeld over een dikte van 1 m kleiner is dan 50% ($R_n1 < 0,5$);
- de relatieve dichtheid gemiddeld over een dikte van 3 m kleiner is dan 50% ($R_n3 < 0,5$).

Uit [i] Fugro rapportage blijkt dat bij een eenvoudige beoordeling van het faalmechanisme verwekingsvloeiing er voldaan wordt aan de eisen uit CUR 113 tot een diepte van NAP-20 m. Voor de verdieping zijn de grondlagen van NAP -20 m tot NAP-28 m onderzocht op verwekingsgevoeligheid. Na NAP -28 m wordt overwegend cohesief materiaal (klei) aangetroffen wat niet gevoelig is voor verweken. Uit analyse van de diepere sonderingen, 1219-0039-130, DKM113, DKM114, DKM115A, 6004-0199-002, DKM09, DKM10A, DKM11 en DKM12 wordt geconcludeerd dat de zandlagen niet als verwekinggevoelig worden beoordeeld (figuur 8).



Figuur 8 Voorbeeld beoordeling gevoeligheid voor verweking

4.4 Stabiliteit bresproces tijdens het verdiepen

4.4.1 Inleiding

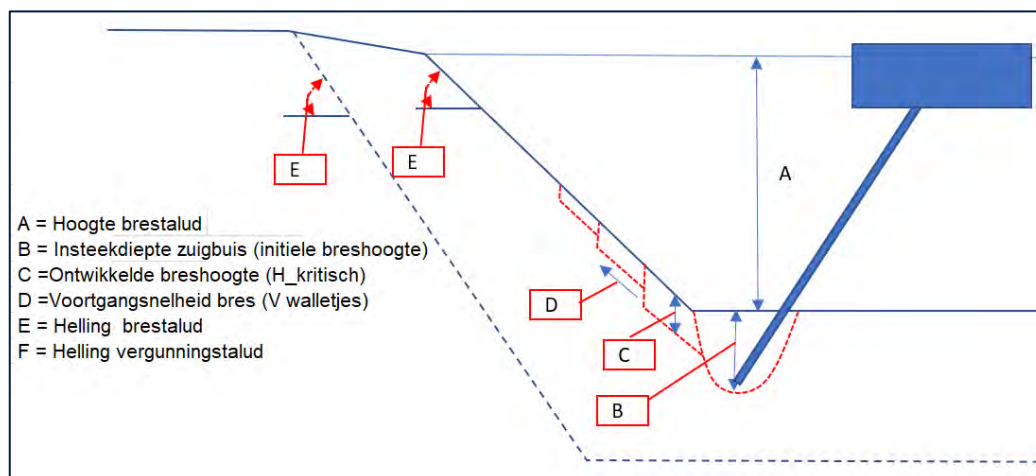
Om inzicht te krijgen of het mogelijk is om het gewenst (vergunde) verdiepingstaludprofiel aan te zuigen zodat dat de kans op een inscharing acceptabel klein blijft en om het verschil tussen het vergunde profiel en het gerealiseerde profiel te verkleinen (maakbaarheid vergund profiel met een winzuiger) heeft de CUR-Aanbeveling 113 richtlijnen opgesteld voor het ontwerpen van een veilig (maakbaar) onderwatertalud.

Daarnaast zijn er door de CUR-Aanbeveling 113 voorwaarden gesteld waaraan moet worden voldaan om een beheerst bresproces te kunnen garanderen en dus het risico op een onbeheerst bresproces te minimaliseren. Deze voorwaarden betreffen:

- De grondgesteldheid.
- De wijze van uitvoering van de zandwinning.
- Controle van de uitvoering en de taludontwikkeling.

In de volgende paragrafen zal worden beschouwd of de voorwaarden aanwezig zijn voor een beheerst bresproces. Vervolgens zal worden ingaan op de taludontwikkeling bij beheerst bressen en hoe de geschatte (voorspelde) taludontwikkeling kan worden geïntegreerd in een taludontwerp/ werkmethode voor het verdiepen van de zandwinning Heteren.

Voor het beschrijven van de taludontwikkeling tijdens het winnen van zand wordt in dit rapport de volgende definities gebruikt zoals aangegeven in figuur 9



Figuur 9 Definities taludontwikkeling

4.4.2 Beheerst bressen

Om de kans op een beheerst bresproces te vergroten moeten aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. Voldoende taludstabiliteit voor afschuiving
2. Geen risico op verweking.
3. De grondlagen moeten zodanig zijn, dat een regelmatig bresproces mogelijk is.

Bij de uitvoering dient rekening te worden gehouden met het type materieel (zuiger) en de wijze waarop deze in relatie tot de maakbaarheid van het (ontwerp) talud wordt ingezet.

Ad 1 Taludstabiliteit

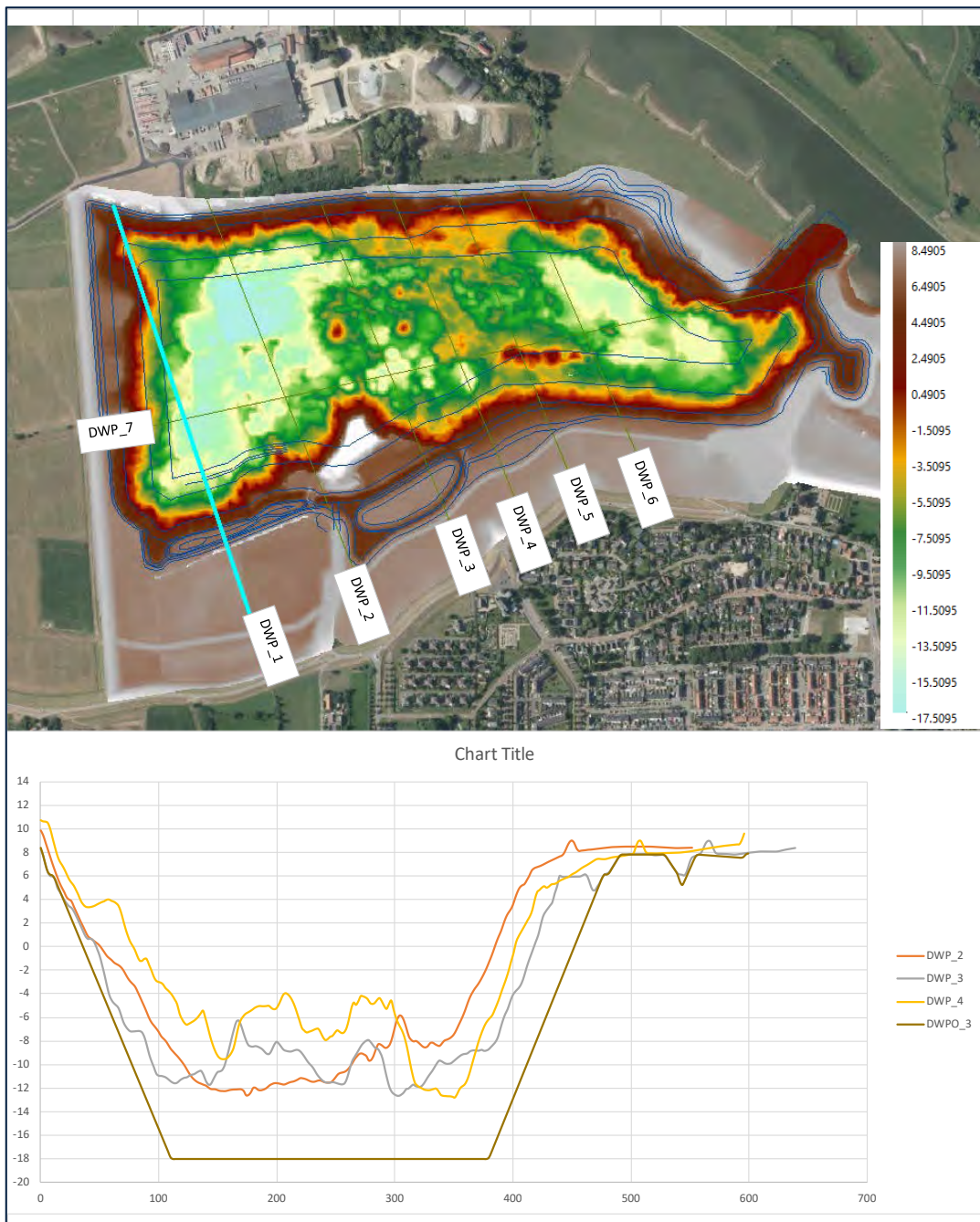
Uit ref. 1 (paragraaf 3.2) blijkt dat:

Taluds met een helling van 1:3 of flauwer qua macrostabiliteit voldoen aan een stabiliteitsfactor groter of gelijk aan 1,0. Uit paragraaf 4.2 blijkt dat een geknikt vergunnings-talud waar tot een diepte van NAP-16 m een talud met een helling van 1v:3h wordt toegepast en tot een diepte van NAP-21 m a NAP-28 m een taludhelling van 1v:6h zal worden aangevraagd om te voldoen aan de CUR113 Aanbeveling eis voor een statisch stabiel talud.

Nu is er sprake van een verdieping van in een bestaande zandwinlocatie. Met ander woorden het gerealiseerde talud dient bij een verdere verdieping vanuit een statische veilige situatie een helling te hebben met een flauwte van minimaal 1:3.

In figuur 10 zijn de resultaten weergegeven van de aangeleverde peiling inclusief het vergunningsontwerp. Uit de peildata blijkt dat het (bres) talud tot nu toe een helling heeft met steilten van ongeveer 1v:3h à 1v:4h.

Voor een verdere verdieping is het zaak om ten behoeve van de taludontwikkeling het huidige taludprofiel (brestalud) af te werken (nazuigen in zuignedes van 5m evenwijdig aan het talud) tot een helling met een steilte van minimaal 1v:3h. Zie ook paragraaf 4.4.3.



Figuur 10 Voorbeeld resultaten peiling d.d. 24-12-2019

Ad2 Verweking

Op basis van de eenvoudige verwekingsanalyse zoals uitgevoerd in Fugro Rapport [i] aangevuld met een eenvoudige verwekingsanalyse voor de verdieping (paragraaf 4.3) is de kans op verweking voldoende klein conform de criteria uit CUR 113, mits het opgeleverde taludprofiel (brestalud) een helling heeft van minimaal 1v: 3h à 1v: 4h (zie fugro rapport ref i).

Ad 3 Grondlagen

Voorwaarden die aan de grond worden gesteld voor een beheerst bresproces zijn dat:

- De grond uit niet cohesief bressend materiaal bestaat;
- Er een horizontale laagopbouw van de grond aanwezig is;
- De dikte van de stoorlagen van klei of veen ten hoogste 0,5 m bedraagt;
- Het zand een:
 - D50 heeft van minimaal 200 μm ;
 - D15 heeft van minimaal 100 μm .

Uit het beschikbare grondonderzoek blijkt dat er sprake is van een heterogene grondopbouw. Uit de geologische beschrijving [i] is er sprake van een gestuwde ondergrond die vervolgens in de loop der tijd is veranderd door erosie- en sedimentatieprocessen van de rivier. De boringen en sonderingen geven aan dat de toplaag tot een diepte van circa NAP - 12 m voornamelijk bestaat uit grof tot matig grove zandlagen waarvan de pakking sterk wisselt. Op een diepte van ongeveer N.A.P. -12 m is de kans aanwezig dat men op leemlagen stuit met een dikte van 3 à 5 m. Daaronder is sprake van zandlagen met enkele klei (keileem)lenzen tot een diepte van NAP -18 m. Vanaf NAP -18 m wordt een grilliger bodemopbouw verwacht bestaande uit matig grof tot fijn zand en meerdere kleilagen. Vanaf NAP -25 m wordt verwacht dat er overwegend klei wordt aangetroffen (zie paragraaf 3.2).

In paragraaf 3.3.3 is aangegeven dat voor het winnen van zand op een diepte voorbij NAP - 18 m mag worden verwacht dat er sprake is van fijn zand sterk siltig met een gemiddelde korrelgrootte van 200 μm en een D15 van 100 μm . Echter dit kan gezien de gestuwde ondergrond lokaal sterk variëren.

Op basis van de randvoorwaarden die de CUR-Aanbeveling 113 aan de ondergrond stelt voor een beheerst bres proces kan worden geconcludeerd dat er niet voldaan wordt aan een beheerst bresproces en dat de kans op een bresvloeiing aanwezig is gezien de verwachte stoorlagen (cohesieve grondlagen). Vooral de variatie zandlaag versus korrelopbouw / kleilaag kan bepalend zijn voor een beheerst bresproces.

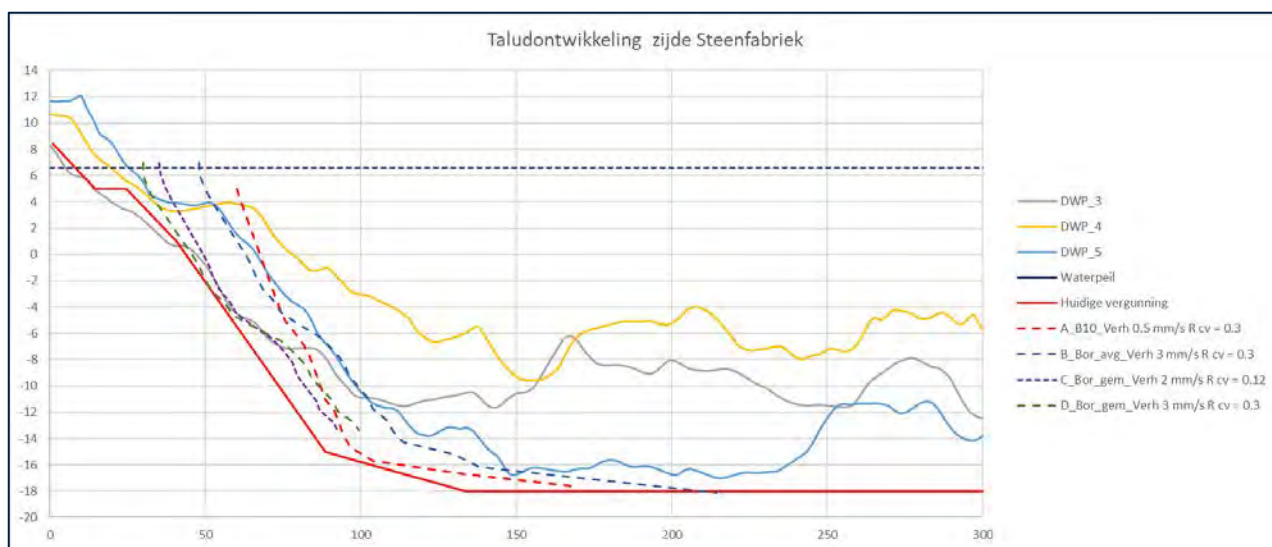
Uiteraard speelt de wijze van uitvoering ook een zeer grote rol in het wel of niet optreden van een onbeheerst bresproces. Om te kijken wat het effect is, de variatie zandlaag versus korrelopbouw op de taludontwikkeling, is een HMBreach berekening uitgevoerd.

4.4.3 Taludontwikkeling

Bij de aanvraag van de ontgrondingvergunning tot NAP-18 m is door Fugro een HMBreach analyse uitgevoerd voor het winnen van zand tot een diepte van NAP-18 m. Daartoe zijn 3 berekeningen uitgevoerd waarbij de boringen B4, B8 en B10 als uitgangspunt zijn genomen. Ook is als uitgangspunt aangenomen dat de verhaalsnelheid (maat voor productie) 0,5 mm/s = 270 m³/uur zal bedragen.

In figuur 11 en 12 zijn de resultaten weergegeven van een vergelijk tussen de verwachte taludontwikkeling (HMBreach) en de optredende taludontwikkeling (peiling). In de figuren is te zien dat de destijds (zie Fugro rapport [i]) verwachte taludontwikkeling (rode stippelijijn figuur 11 simulatie A_B10_Verh 0,5 mm/s) steiler is dan de optredende taludontwikkeling (peiling). Mogelijke redenen voor de destijds een steiler geprognosticeerde taludontwikkeling is dat men toen is uitgegaan van een lagere winproductie (lees verhaalsnelheid) en/of een grovere korrelopbouw van het zand.

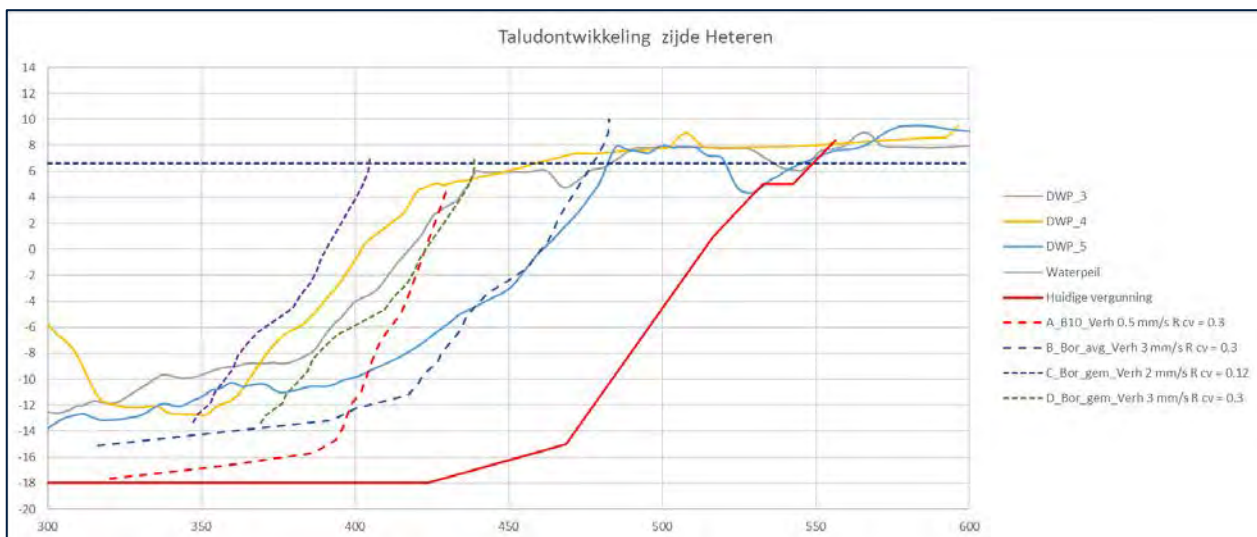
Door nu uit te gaan van laaggemiddelde korrelopbouw en een hogere winproductie van ongeveer 1000 ton/uur (circa 600 m³/uur) blijkt dat er een redelijke fit is te realiseren tussen peiling en simulatie. In figuur 11 is te zien dat bij het winzuigen op een diepte van ongeveer NAP-12 m a NAP-16 m de voorspelde taludontwikkeling (B en D redelijk overeenkomt met het gemeten brestalud (DWP3 en DWP 5).



Figuur 11 Resultaten fitanalyse HMBreach /peiling d.d. 24-12-2019 zijde steenfabriek

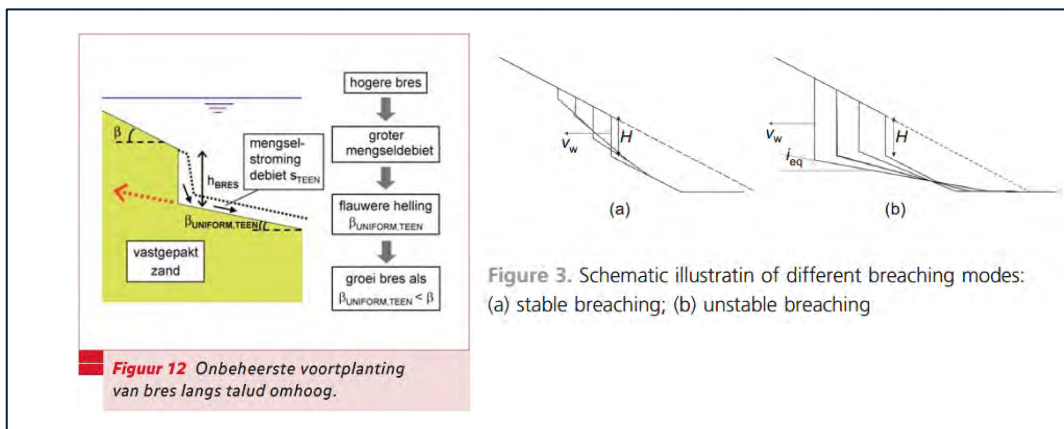
Figuur 12 geeft een vergelijkbaar beeld. Te zien is dat een HMBreach simulatie met verhaalsnelheid van 2 à 3 mm/s en een volumeconcentratie van 12% een redelijke fit geeft wanneer de voorspelde taludontwikkeling (C en D) wordt vergeleken met de dwarsprofielen DWP 3 en DWP4. De voorspelde taludontwikkeling B in figuur 12 lijkt te passen bij dwarsprofiel 5 wanneer wordt aangenomen dat men op NAP-15 m het talud heeft aangezogen.

In beide Figuren is te zien dat vanaf NAP -10 m een sterke verflauwing van het brestalud optreedt wanneer men op diepten van NAP -15 m het zand aan het winnen is.



Figuur 12 Resultaten fitanalyse HMBreach /peiling d.d. 24-12-2019 zijde Heteren

Voor de HMBreach fit is uitgegaan dat de winzuiger een initiële verstoring (H_{bres}) van 1m aan brengt. Met andere woorden de zuigbuis wordt circa 1 m diep in het zand gestoken om zo een initiële bres te creëren die langzaam aan het talud oploopt. Als het een beheerst proces is dan dempt de bres uiteindelijk uit (figuur 13 a). Echter wanneer de initiële bres te diep is in relatie tot het aanwezige brestalud dan ontstaat er een onbeheerste situatie en is er sprake van een onbeheerst bresproces (figuur 13 b).



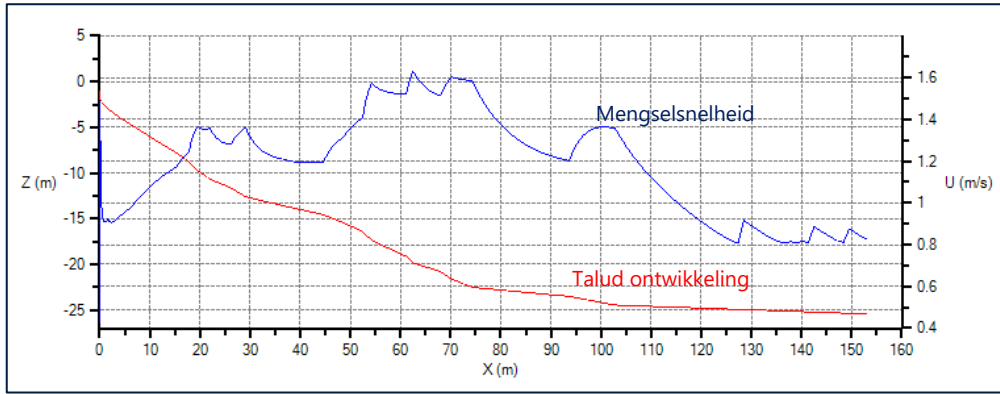
Figuur 12 Onbeheerste voortplanting van bres langs talud omhoog.

Figuur 13 Voorbeeld modellering Onbeheerst bressen Bron xi, xii en xiii

Uit de HMBreach simulatie blijkt dat bij initiële verstoring van 1 m er sprake is van een evenwichtssituatie. De snelheid van het toestromende zandwater mengsel naar de zuigkop (U in figuur 14) neemt bij een toenemende diepte niet constant exponentieel toe. Echter te zien is dat in de simulatie op een aantal niveaus langs het talud de mengselsnelheid (U) toeneemt ten gevolge van:

- versteiling van het aanwezige talud
- lokaal toename van de (kritische) breshoogte
- verandering van zandgrofte

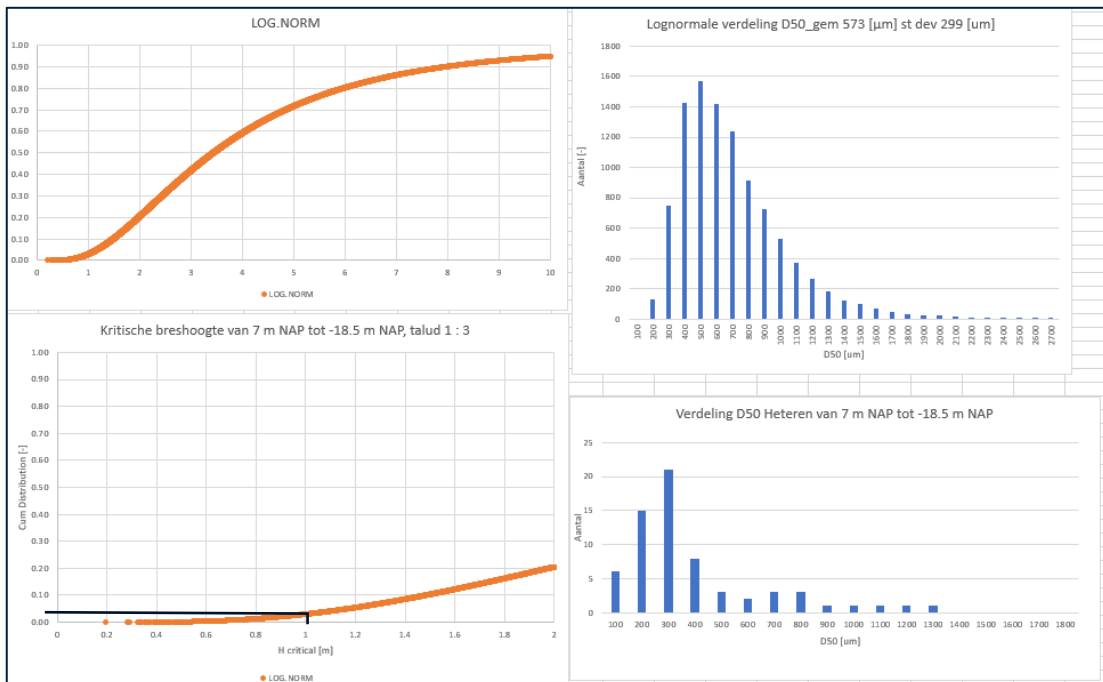
Bij een verder toename van initiële verstoring naar bijvoorbeeld 1,5 m dan geeft de simulatie aan dat het model instabiel is. Met ander woorden er kan dan sprake zijn van een onbeheerst bresproces of er is sprake van een numeriek probleem (beperking HMBreach model).



Figuur 14 HMBreach resultaat winzuigen op volle diepte van NAP-18m

Met behulp van het bresmodel van Van Rhee [ref xi] is vervolgens de gevoeligheid van de insteek diepte ($H_{critical}$) bepaald. De reden om dit model te gebruiken is om meer inzicht te krijgen in de kans van optreden van een bevoeiing bij het kiezen van een insteekdiepte van de zuigbuis gegeven de grondopbouw en het aanwezige brestalud.

Hiertoe is het gemiddelde en de standaarddeviatie van de D50 en de D50/D15 korrelatie van de zandlagen tot NAP-18 m bepaald. De initiële taludhelling is aan de hand van de peilingen geschat op een helling van 1 op 3. In figuur 15 zijn de resultaten weergegeven voor huidige situatie voor het winnen van zand tot een diepte van NAP-18 m. Uitgaande van een taludhelling van 1v op 3h blijkt dat als men werkt met een insteekdiepte van ongeveer 3 m à 4 m men in alle gevallen een grote kans heeft op een instabiel bresproces. Wanneer gekozen wordt om de effectieve insteekdiepte van de zuigbuis¹ te hanteren van 1 m dan blijkt uit de zowel het model Van Rhee als het HMBreach model dat de kans op een beheerst bresproces groot is. De kans op een onbeheerst bresproces wordt dan als klein 2,5% geschat.



Figuur 15 Kritische breshoogte voor lagen tot NAP -18m, taludhelling 1 op 3

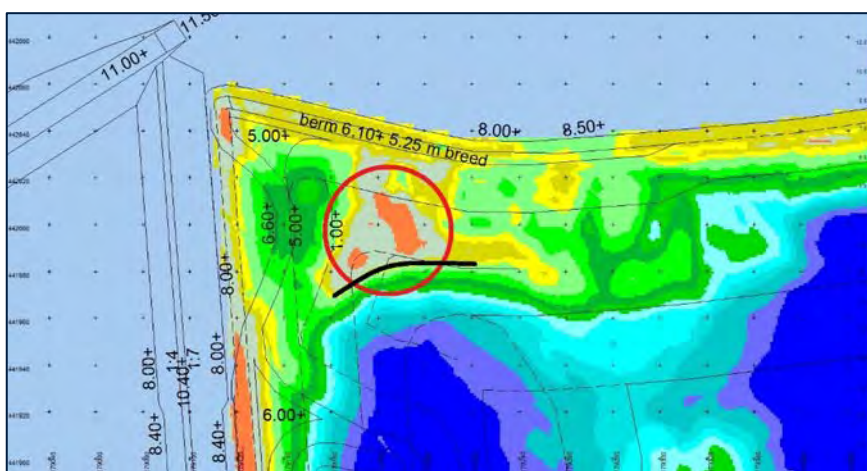
¹ Met effectieve in steekdiepte zuigbuis wordt bedoeld de diepte van de zuigmond ten opzichte van de waterbodem

In het overleg met de provincie Gelderland en de Gemeente Overbetuwe d.d. 26-01-2021 werd opgemerkt dat er in het verleden een bres is opgetreden tijdens het industiezandwinningsproces en of de ervaringen in dit rapport zijn meegenomen. Dekker heeft aangegeven dat zij informatie over de bres zullen aanleveren zodat Fugro de ervaringen mee kan nemen in hun beschouwing. Onderstaand volgt een korte beschouwing.

De vermeende bres betreft een ontstane overdiepte (brestalud overschrijdt het vergunningstalud) in de noordwesthoek van de zandwinning in het boventalud. De peiling (figuur 16) laat zien dat er eerder sprake is van een overschrijding van het vergunningstalud dan bresvloeiing waarbij een deel van de oever buiten de contouren van het vergunningsprofiel is komen te liggen.

De oorzaak van de ontstane overdiepte is gelegen in het feit dat de winzuiger bij een eerste benadering van de oever (lees aanzuigen vergunningstalud) een initiële breshoogte moest hanteren die groter was dan de normaal gebruikte waarden van 1 à 3 m. Dit komt onder ander doordat de onderwaterpomp (gesitueerd op de zuigbuis) zich onder water moet bevinden wil de winzuiger normaal kunnen functioneren. Hierdoor ontstond een sterk voedend bres met als gevolg een overschrijding van het vergunningstalud. Geconstateerd is dat bij het stoppen van het baggerproces ook het bressen van het zand stopte. Er is dus geen sprake geweest van een onbeheerst bresproces met als gevolg een bresvloeiing. Wanneer een winzuiger niet is afgestemd op het ondiep aanzuigen van de oever bij een eerst snede (benadering) zie je dat dit soort overdieptes zich meestal in het bovenste deel van het talud optreden. Alle onderliggende snedes die na deze eerste benadering worden gemaakt, worden met veel kleinere breshoogten benaderd waardoor hier dit probleem niet speelt waarbij rekening wordt gehouden met fenomeen meewerkend bressen. Dekker heeft aangegeven dat men het probleem van een eerste benadering oplost door vooraf een voldoende diepe (bres)geul te realiseren vanaf de insteek zandwinning (oeverlijn).

Voor de verdieping speelt het probleem van een eerst benadering niet. Er is voldoende waterdiepte aanwezig om met de winzuiger laagsgewijs een verdieping te realiseren waarbij de in dit rapport geadviseerde initiële breshoogten in acht worden genomen.



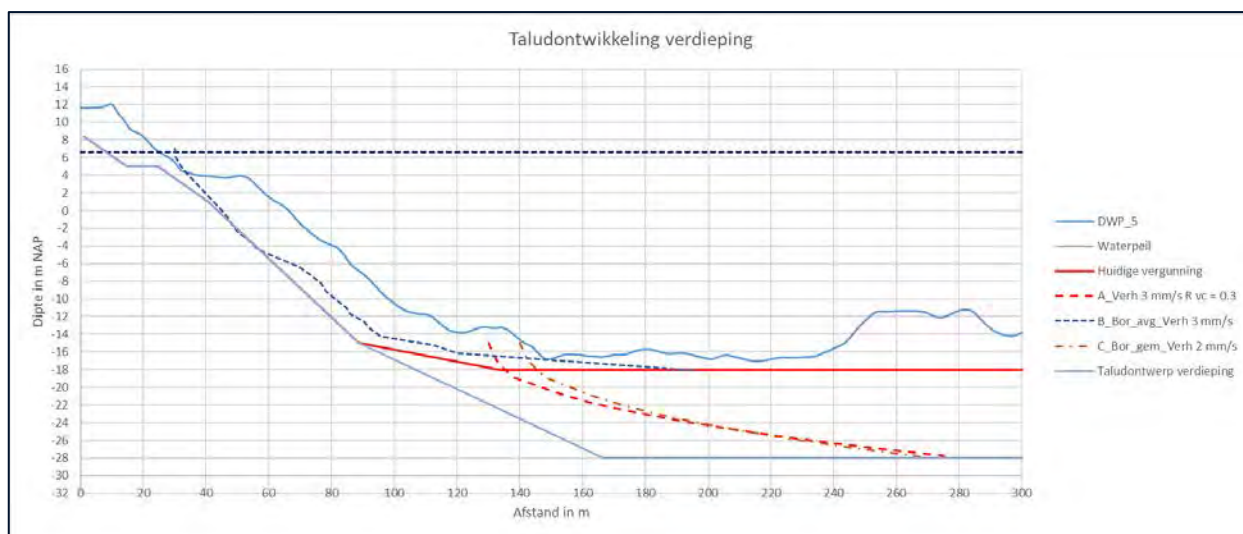
Figuur 16 vermeende breslocatie Zandwinning Heteren Bron: Dekker

Verdieping

Op basis van de hiervoor uitgevoerde analyse wordt voor een verdieping uitgegaan van de volgende uitgangspunten

- Zandlaagopbouw volgens figuur 7;
- Startwaarde initiële insteekdiepte is 1 m;
- Verhaalsnelheid volgens fitanalyse op 2 à 3mm/s;
- Voordat er gestart wordt met de verdieping heeft de huidige zandwinning een gemiddelde waterbodemdiepte van ongeveer NAP-15m.

In figuur 17 zijn 2 simulaties met HMBreach uitgevoerd. Simulatie A betreft het winzuigen op een diepte van NAP-28m met een verhaalsnelheid van 3 mm/s. Simulatie C betreft een vergelijkbare situatie waarbij een iets lagere productie (lees verhaalsnelheid) wordt aangenomen. De beide simulaties laten zien dat mag worden verwacht dat de taludontwikkeling zeer flauw wordt. Dit betekent dat de kans toeneemt op bresvloeiingen en meewerkend bressen. Met ander woorden, het kan zijn dat het afgewerkt talud (DWP_5) mee kan gaan bressen. Wanneer dit talud een taludhelling heeft die steiler is 1 op 3 dan neemt de kans op onbeheerst bressen toe. Volgens het model Van Rhee neemt dan kans met een factor 10 toe (figuur 19), wanneer men bijvoorbeeld een afgewerkt taludhelling tot NAP-18m met een steilte van 1 op 2 per ongeluk zou aanzuigen.



Figuur 17 Kritische breshoogte voor lagen tot NAP -18m, taludhelling 1 op 3

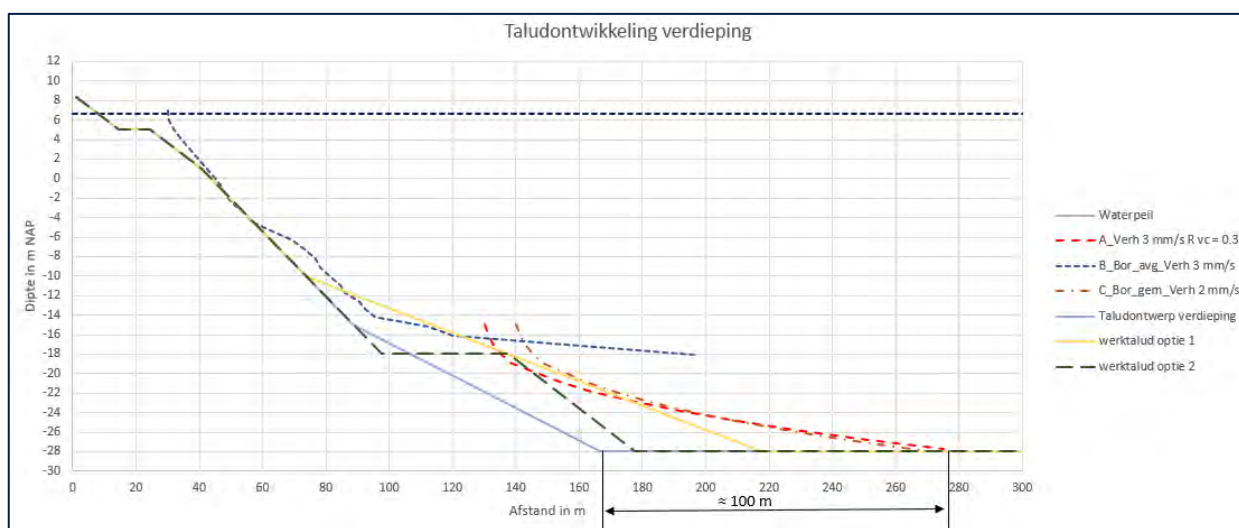
Om het de kans op een onbeheerst bresproces bij het verdiepen van de huidige zandwinning te voorkomen wordt geadviseerd om onder voorwaarden het taludontwerp van de verdieping laagsgewijs aan te baggeren. Onder voorwaarden wordt bedoeld dat een werkplan wordt opgesteld, waarin staat aangegeven hoe men zand gaat winnen en hoe men rekening houdt met een toenemende kans op onbeheerst en/of meewerkend bressen.

In figuur 18 is een voorbeeld gegeven hoe een winplan (lees werktalud) van de zandwinning voor de verdieping eruit zou kunnen zien.

Op basis van de HMBreach simulaties en op basis van ervaringen in het veld (huidige wijze van werken zandwinning Heteren) wordt gekozen om eerst het zand banket op de huidige oevertaluds te reduceren (simulatie B in figuur 17) zodat het onderwatertalud

tot een diepte van NAP -18 m een gemiddelde taludhelling heeft van 1 op 3. Vervolgens wordt gestart met het winnen van zand tot vergunningsdiepte (simulatie A en C in figuur 17). Op een afstand van ongeveer 100 m (figuur 18) gerekend vanaf de teen van het taludontwerp verdieping wordt gestopt met het winnen van zand op de volle diepte. Na het uitvoeren van de benodigde controlepeiling en nadat de zuigbaas met uitvoerder heeft overlegd wordt vervolgens gestart met het laagsgewijs baggeren van het verdiepingstalud. Als hulpmiddel wordt geadviseerd om in het werkplan een werktalud (werktekening) op te stellen voor de uitvoering van de werkzaamheden. Werktekening en werkplan dienen jaarlijks te worden geactualiseerd op basis van ervaringen in de praktijk.

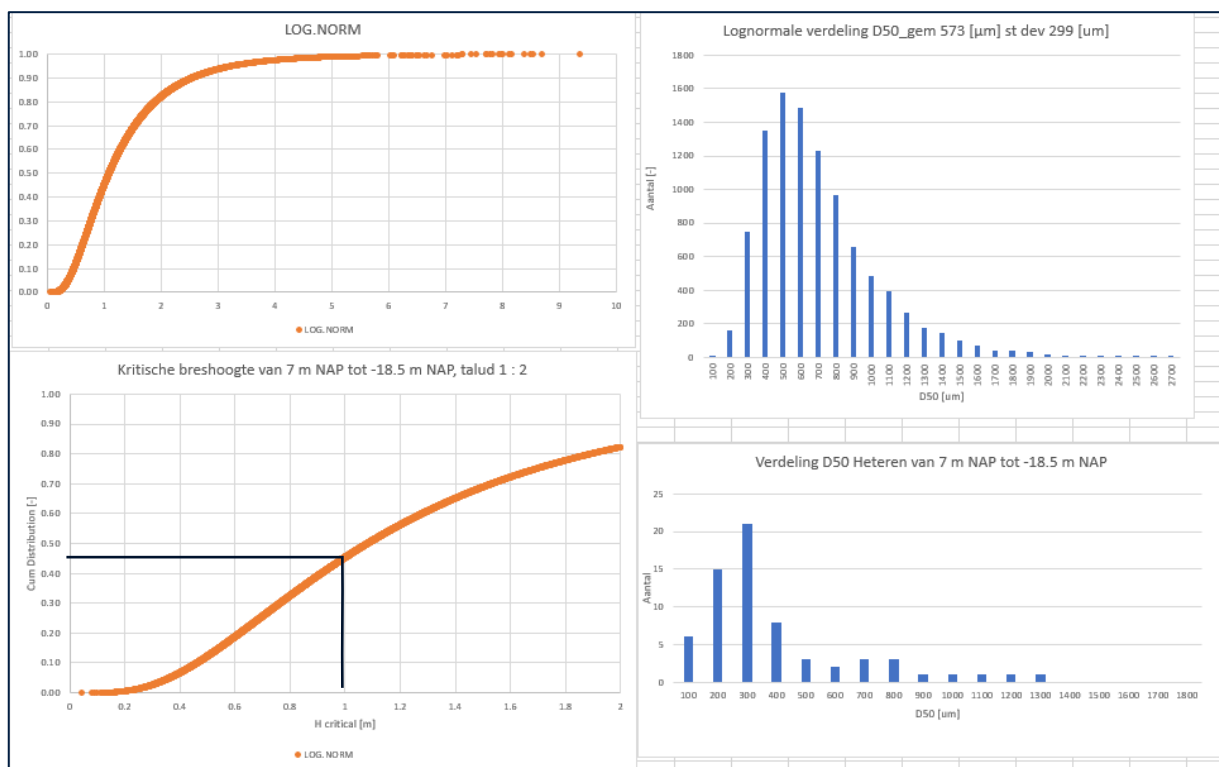
In dit voorbeeld kan een werktalud met een berm worden toegepast welke is gesitueerd op NAP-18,0 m. Volgens de [CUR 113 Aanbeveling] dient deze een breedte van minimaal 40 m te hebben (zie figuur 18 werktalud optie 1). Doel van de berm is om gedurende de exploitatiefase een meewerkende bres over de berm te voorkomen. Zodoende kunnen de taluds boven en onder de berm als separate taluds (zandwinnings) worden beschouwd. Echter de huidige ervaringen in het veld wijzen uit dat eerder een werktalud met een taludhelling van 1v:8h (zie figuur 18 werktalud optie 2) praktisch werkbaarder is. Doel van de beide werktaluds is om ervoor te zorgen dat het taludontwerp verdieping gedurende de exploitatiefase niet wordt overschreden door meewerken bressen. Onzes in ziens zou een werktalud met een helling van 1v:8h een goed alternatief zijn voor het voorkomen van meewerkende bressen.



Figuur 18 Voorbeeld werktaluds

Belangrijk is dat het zand gelegen op het hogere gedeelte van het vergunningstalud voldoende is weggehaald zodat meewerkend bressen zoveel als mogelijk wordt voorkomen.

Dekker heeft aangegeven dat momenteel het onderwatertalud tot een diepte van NAP -16 m a NAP-18 m onder profiel wordt gebracht waarbij een zandlaagdikte (zandbanket) van circa 1 m dikte achterblijft.



Figuur 19 Kritische breshoogte voor lagen tot NAP-18m, taludhelling 1 op 2

4.5 Randzone

De in de CUR Aanbeveling 113 aangegeven methodiek “eenvoudige risicoanalyse” geeft aan dat het risico op schade klein wordt geacht als er op een afstand van circa 2 à 3 maal de winningsdiepte (gerekend vanaf de insteek diepe zandwinning) geen permanente belendingen aanwezig zijn van bijzondere waarde.

Voor de verdieping te Heteren geldt dat de locatie in de volgende richtingen begrensd wordt door de volgende objecten (zie figuur 1)

- een steenfabriek en een woning (ligging Noordoever). De geschatte afstand gerekend vanaf de insteek zandwinning voor de woning betreft circa 50 à 60m en voor de steenfabriek betreft de geschatte afstand ongeveer 125 m;
- een primaire kering aan (ligging Zuidoever), Hiervan wordt de afstand tot aan de teen van de kering geschat op ongeveer 120 m
- Aan de overige oevers zijn volgens de CUR113 geen belendingen aanwezig van bijzondere waarde.

Voor de faalmechanismen stabiliteit en verweking, hoeft er voor dit project de conform [CUR 113] geen eisen te worden gesteld ten aanzien van de te hanteren randzone.

Echter bresvloeiing kan bij een verdieping niet worden uitgesloten.

Om het risico van schade aan de genoemde objecten te reduceren wordt in eerste instantie op basis van de CUR-richtlijn een randstrookbreedte van 72 m [2 x de maximale putdiepte (36 m – mv) vastgesteld. In dit rapport is de randstrookzone gedefinieerd als de zone waarbij een geleidelijke overgang is van het maaiveld naar de insteek van de zandwinning die gelegen is op N.A.P +1,0m. Zie ontgrondingstekeningen huidige vergunning [xiv] <http://www.randwijksewaarden.nl/>

Uit het voorgaande blijkt dat de huidige afstand tot de kering en de steenfabriek voldoet. Ter plaatse van de woning wordt niet voldaan aan de eenvoudige veiligheidseis volgens de CUR113. Opgemerkt dient hierbij dat de bepaalde brandstrookbreedte van 72 m is gebaseerd op een conservatieve vuistregel. En dat het oevertalud van de huidige vergunning deel uitmaakt van de verdieping.

Nu heeft Dekker aangegeven dat het huidige vergunningstalud eerst wordt afgewerkt voordat er gestart wordt met de verdieping. En dat voor de verdieping wordt gewerkt met een werkplan waarin een werktalud in wordt opgenomen om meewerkend bressen van het afwerkt talud te voorkomen.

In dit rapport is hier een eerste aanzet toe gegeven om in het werkplan uit te gaan van een werktalud (optie1 of optie 2). Beide werktaluds zorgen ervoor dat gedurende de uitvoering van de verdiepingswerkzaamheden er een voldoende grote afstand wordt gecreëerd tussen de teen van het afgewerkte oevertalud en de insteek van het brestalud van de verdieping. Dit betreft een afstand van ongeveer 40 m op een diepte van NAP-18m (figuur 17). Dit is ruim voldoende om de verdieping als een separate zandwinning te beschouwen. Volgens de CUR113 geldt hiervoor een vuistregel dat de afstand circa 2 keer de verdieping moet bedragen ($2 \times (\text{NAP}-18 - \text{NAP}-28\text{m}) = 20 \text{ m}$). Door het toepassen van een werktalud zoals in dit rapport omschreven wordt hier ruim aan voldaan.

Wanneer de verdieping als een separate zandwinning kan worden beschouwd, dan mag volgens de CUR113 worden uitgegaan van een randzone van 52 m [2 x de putdiepte (NAP +8 m – NAP- 18 m) gerekend vanaf de insteek diepe zandwinning overgang NAP +1,00m (overgang 1 op 4 talud naar een 1 op 3 talud).

Uit de aangeleverde tekening [xi] blijkt dat de afstand tussen de diepe zandwinning en het huis ongeveer 58 m bedraagt, en dus voldoet aan de gestelde criteria.

5. Conclusies

Op basis van de uitgevoerde analyses blijkt dat de vergunningstaludgeometrie zoals hieronder is aangegeven statisch voldoende stabiel is. Het betreft een taludprofiel met de volgende kenmerken (zie ook figuur 3):

- Talud 1:3 tussen NAP +7m en NAP -16m.
- Talud 1:6 tussen NAP -15m en NAP -21 à NAP-28m.
- Het betreft een zandvolgend verdiepingsprofiel waarbij de bovenkant van de aanwezige kleilaag (figuur 2) als de vergunningsdiepte wordt beschouwd.

Bresvloeiing is maatgevend voor de exploitatie van de verdieping. Dit betekent dat bij het realiseren van een statische stabiel zandwinontwerptalud met een geknikte helling tot NAP-21m à NAP-28m door middel van een profielzuiger onzes inziens een winplan noodzakelijk is. In dit winplan dient een werktalud te worden opgenomen waarin wordt aangegeven hoe een ontwerptalud kan worden gerealiseerd rekening houdend met de kans op onbeheerst bressen. In dit rapport zijn op basis van HMBreach analyses voor de verdieping twee opties voor een werktalud (ook wel snede plan) ontwikkeld, die als een eerste aanzet kan worden beschouwd. Het betreft een werktaludprofiel met de volgende kenmerken:

Werktaalud optie1

- Talud 1:3 tussen NAP +7m en NAP -10m.
- Talud 1:8 tussen NAP -10m en NAP -28m.

Werktaalud optie 2

- Talud 1:3 tussen NAP +7m en NAP -18m.
- Berm van 40 m
- Talud 1:4 tussen NAP -18 m en NAP -28m.

Ook dient in het werkplan aandacht te worden gegeven hoe meewerkend bressen kan worden voorkomen. In dit rapport is een eerste aanzet gegeven. Uit modelanalyse volgens Van Rhee blijkt dat de helling van het aanwezige brestalud een groot effect heeft op de kans van optreden van een bresvloeiing.

Uit de eenvoudige risicoanalyse blijkt dat een randzone van minimaal 52 m rondom de zandwinning noodzakelijk is gedurende de exploitatiefase. Hierbij wordt uitgegaan dat er een bij de verdiepingen een werkplan wordt toegepast waarin één van de twee genoemde werktaluds in wordt opgenomen.