



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Feithspark 6 9356 BZ Tolbert
Postbus 27 9356 ZG Tolbert
Netherlands
Tel. +31 (0)594 51 68 64
Fax +31 (0)594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Geotechnische stabiliteitsanalyse ^{rev4}

Zandwinning te Aldtsjerk

VN-64145-3 | 21 april 2017



Feithspark 6 9356 BZ Tolbert
Postbus 27 9356 ZG Tolbert
Netherlands
Tel. +31 (0)594 51 68 64
Fax +31 (0)594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Onderwerp: Zandwinning te Aldtsjerk
Projectnummer: VN-64145-3
Opdrachtgever: Stichting Aldtsjerk Foarút
Freuleleane 13
9094 KT Aldtsjerk
Datum: 21 april 2017

Opgesteld door:	ing. R. Barth
Handtekening:	
Documentnummer:	R49464
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	ing. R. Barth




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding	4
1.1	Referenties	4
1.2	Aanleiding en doel	4
1.3	Leeswijzer	5
2	Bodemopbouw	6
2.1	Bodemopbouw	6
2.2	Grondparameters	7
2.3	Karakteristieke samenstelling zandpakket	7
3	Taludstabiliteit	8
3.1	Inleiding	8
3.2	Uitgangspunten	9
3.3	Afschuiving	10
3.4	Verwekingsvloeiingen	12
3.5	Taludstabiliteit tijdens het winnen van zand	13
4	Taludstabiliteit sloot	16
5	Taludontwikkeling.....	17
5.1	HMBreach	17
5.2	Werkwijze zandwinning (op hoofdlijnen)	20
6	Risicobeschouwing.....	22
6.1	Methodiek	22
6.2	Uitgangspunten	23
6.3	Toetsing	24
6.4	Ontwerp	26
7	Conclusies	27
7.1	Samenvatting	27
7.2	Aanbeveling.....	27

Bijlagen

- 1 Sondeergrafieken met weergave relatieve dichtheid
- 2 Oeverprofiel Noordzijde zandwinning Aldtsjerk



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

In opdracht van Sweco Nederland b.v. te Groningen heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners bv het rapport Geotechnisch stabiliteitsanalyse van 7 november 2013 [Ref 4] geactualiseerd.

Voorliggend rapport is een aanpassing van het rapport Geotechnisch stabiliteitsanalyse (VN-57484-1 d.d. 7 november 2013). Dit rapport is een onderzoek naar de toekomstige zandwinning te Aldtsjerk, waarin de nadere uitwerking van de ruimtelijke inpassing en het ontwerp van de oevers is verwerkt conform ontvangen memo van de Grontmij [5].

1.1 Referenties

De volgende relevante gegevens en of rapportages zijn gebruikt voor de uitgevoerde analyse:

- [1] Grond- en laboratoriumonderzoek (bestaande uit 4 sonderingen, 1 boring en 11 korrelverdelingen) ter plaatse van de projectlocatie, gepresenteerd in ons rapport VN-57484-1, R24939, d.d. 23 augustus 2013,
- [2] Oeverstabiliteit bij zandwinputten, CUR-Aanbeveling 113, Gouda 2008,
- [3] NEN 9997-1+C1 Geotechnische ontwerp van constructies,
- [4] Geotechnische stabiliteitsanalyse VN57484-1, d.d. 7 november 2013,
- [5] Memo Aanpassen geotechnisch en geohydrologisch rapport zandwinning Aldtsjerk, d.d. 2 november 2015, ref 304331,
- [6] Resultaten grondonderzoek (bestaande uit 4 boringen en 18 korrelverdelingen) ter plaatse van de projectlocatie, gepresenteerd in ons rapport VN-52109-1 R12343, d.d. 25 juni 2010.
- [7] Technisch rapport Waterkerende grondconstructies, TAW, Juni 2001.

1.2 Aanleiding en doel

Aan Wiertsema & Partners is gevraagd om voor de toekomstige zandwinning een indicatieve geotechnische stabiliteitsanalyse van het onderwatertalud uit te voeren conform CUR-Aanbeveling 113 [2]. Het doel van dit stabiliteitsonderzoek is te komen tot een taludgeometrie van de zandwinning die voldoende veiligheid waarborgt tegen de faalmechanismen:

- Afschuiving.
- Verwekingsvloeiing.
- Bresvloeiing.



1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 2) wordt een beschrijving van de bodemopbouw gegeven. Op basis van de boor- en sondeergegevens en tabel 2.b van de NEN 9997-1 [3] zijn in paragraaf 2.2 de grondparameters bepaald voor de te onderscheiden grondlagen. Paragraaf 2.3 geeft een nadere analyse van de aanwezige zandlagen en korrelgrootte.

Hoofdstuk 3 omvat een beschrijving en toetsing van het geplande ontwerp van de zandwinput. In paragraaf 3.3 zal de stabiliteit van het onderwatertalud worden getoetst. Na een toetsing van de stabiliteit wordt in paragraaf 3.4 de kans op verwekingsvloeiing onderzocht met correlaties van conusweerstand en relatieve dichtheid. Paragraaf 3.5 gaat in op het beheerst bressen, dat op basis van boringen en zeefanalyses indicatief wordt onderzocht.

In hoofdstuk 4 is de taludontwikkeling tijdens de zandwinning beschouwd om meer zekerheid te krijgen ten aanzien van de taludontwikkeling tijdens het zuigen van de fijnere zandlagen. Hiervoor is gebruik gemaakt van het programma HMBreach. In verband met het optimaliseren van de randstrookbreedte is in hoofdstuk 5 een uitgebreide risicobeschouwing opgenomen. In hoofdstuk 6 zijn tenslotte de conclusies uit het rapport opgenomen.



2 Bodemopbouw

In de volgende paragrafen zal op basis van de beschikbare gegevens een beschrijving van de lokale bodemopbouw worden gegeven, inclusief een representatief grondprofiel voor het gebied. Op basis van de sondeergegevens en tabel 1 van de NEN 6740, zullen de grondparameters worden bepaald voor de te onderscheiden grondlagen.

2.1 Bodemopbouw

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieerde ten tijde van het grondonderzoek [1] van N.A.P. +0,16 m tot -0,46 m. De locatie van het grondonderzoek is in Tabel 2-1 weergegeven. Het gemiddelde maaiveldniveau is daarbij vastgesteld op N.A.P. 0,00m.



Figuur 2-1: Locatie sonderingen (zie ook [1] en [6]).

Het grondonderzoek toont vanaf maaiveld een circa 1,5 m dikke humeuze kleitoplaag met een veenlaag. Aansluitend wordt een zwak tot sterk siltige zandlaag aangetroffen. De dikte van deze laag varieert van ca. 1 m tot 3 m. Daaronder bevindt zich een matig tot sterk zandig leemlaag met een dikte variërend van 1 tot 2 m. Onder deze laag wordt tot de maximaal verkende diepte van ca. N.A.P. -31 m matig tot zeer fijn zand aangetroffen. De geregistreeerde conusweerstand in het zand variëren van circa 10 tot 50 MPa. Lokaal is in dit zandpakket een leemlaagje aangetroffen (ca. 0,5 m dikte, zie DKM002). In het zandpakket zijn geen scherpe teruggangen in conusweerstand (tot circa 1 á 2 MPa) aangetroffen.



2.2 Grondparameters

De representatieve grondparameters voor de verschillende lagen zijn bepaald met tabel 2.b van NEN 9997-1+C1.

Tabel 2-1: Grondprofiel en representatieve grondparameters

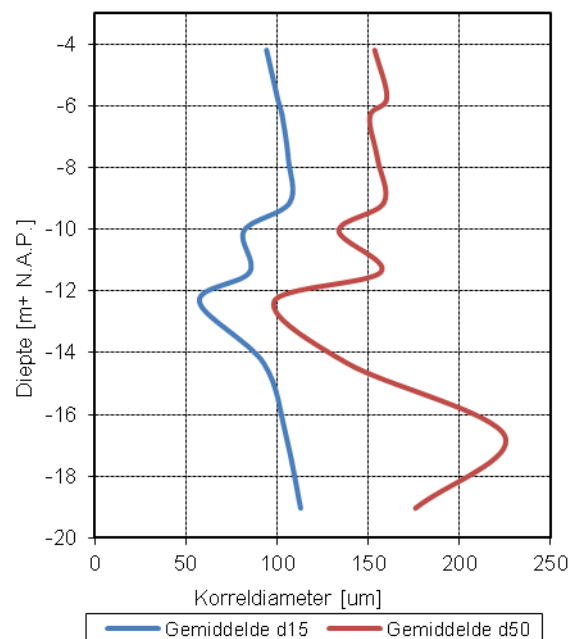
Aldtsjerk	bovenkant laag m+ N.A.P.	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Klei, humeus, toplaag	+0,16 à -0,47	17 / 17	27,5	1
Veen	-0,1 à -0,7	11 / 11	15	2,5
Zand, sterk siltig, humeus, los	-0,8 à -1,5	18 / 19	27,5	0
Leem, zwak zandig, humeus, slap	-2,1 à -2,8	19 / 19	27,5	0
Zand, matig fijn, matig vast	-3,0 à -4,7	18 / 20	30	0
Zand, matig fijn, vast	-6,0 à -7,3	19 / 21	32,5	0
Zand, leemhoudend	-10,0 à -10,8	19 / 21	27,5	0
Zand, fijn, matig vast	-10,5 à -11,3	18 / 20	30	0
Zand, grindig, matig vast	-16	19 / 21	30	0

2.3 Karakteristieke samenstelling zandpakket

Om inzicht te krijgen in de taludontwikkeling tijdens het winnen van zand is gebruikt gemaakt van de resultaten van het grondonderzoek [1] en [6]. Bij deze grondonderzoeken zijn 5 boringen uitgevoerd met geroerde monsternamen. Van deze monsters zijn middels een zeefanalyse de korrelverdelingen bepaald. Uit de korrelverdelingen zijn vervolgens de karakteristieke korreldiameters (d50 en d15) bepaald. In Tabel 2-2 en in de grafiek zijn de gemiddelde korreldiameters ten opzichte van de diepte weergegeven.

Tabel 2-2: Gemiddelde karakteristieke korreldiameters.

gemiddelde diepte [m+ N.A.P.]	d15 [μm]	d50 [μm]
-4,19	94	154
-5,74	100	160
-6,34	103	151
-7,74	106	155
-9,14	107	159
-10,04	82	134
-11,39	85	157
-12,44	58	99
-14,29	93	139
-16,69	105	225
-19,04	113	176



3 Taludstabiliteit

3.1 Inleiding

In deze rapportage voor de uitbreiding van de zandwinput ligt het zwaartepunt voornamelijk op de geotechnische aspecten die betrekking hebben op de stabiliteit van de onderwatertaluds. Daarbij komen de volgende aspecten aan de orde:

1. Onderzoek statische macrostabiliteit van de taluds (afschuiving).
2. Mogelijkheid tot het optreden van verweking (verwekingsvloeiing).
3. Taludontwikkeling ten gevolge van het zandzuigen (bresvloeiing).

In dit rapport zullen de genoemde aspecten worden getoetst aan de hand van de CUR 113 [2]. Het toetsingsniveau van diepgang is in eerste instantie eenvoudig van opzet. In de volgende tabel is aangeven welke analyses per faalmechanisme in dit rapport worden uitgevoerd.

Tabel 3-1: Toetsing faalmechanismen conform CUR 113.

Afschuiving	Verwekingsvloeiing	Bresvloeiing
Stabiliteitsberekening volgens de methode van Bishop met grondparameters bepaald volgens NEN-9997-1	• Voldoet volgens correlatie van Baldi aan $R_n(1m) > 0,5$ • òf voldoet aan de voorwaarde: $Cotan(\alpha_R) > 7 \cdot (H_R/30m)^{1/3}$ • òf voldoet aan beide voorwaarden: $R_n(3m) > 0,5$ en $Cotan(\alpha_R) > 4 \cdot (H_R/30m)^{1/3}$	Voldoet aan elk van de volgende voorwaarden: • stoorlagen (>1,0 m dik) worden indien mogelijk met geschikt materieel verwijderd; • het zand is grof genoeg; • er wordt vooraf een werkplan voor de uitvoering vastgesteld waarin de risico's ten aanzien van het onbeheerst bressen zijn omschreven; • het zuigproces wordt beheerst door de positie van de zuigbuis positie in X, Y en Z en de zuigproductie te monitoren; • de taluds worden regelmatig gepeild.

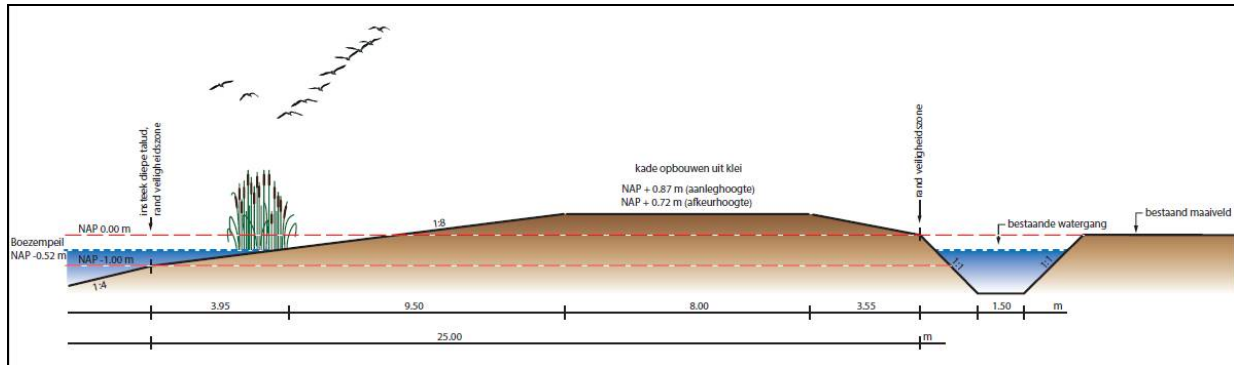


3.2 Uitgangspunten

Voor de analyse zijn de volgende randvoorwaarden als uitgangspunten gehanteerd.

Geometrie

Onderstaande dwarsprofiel is gehanteerd als maatgevend in dit rapport (bijlage 2).



Figuur 3-1 – Maatgevend dwarsprofiel

Waterstanden

Het toekomstig maatgevend boezempeil (MBP) met een overschrijdingsfrequentie van 1/300 bedraagt N.A.P. +0,06m. Dit peil is als uitgangspunt gehanteerd in de geotechnische berekeningen.

Methode van zandwinning

Het winnen van het zand zal plaats vinden met een diepzuiger (winzuiger). Er wordt van uitgegaan, dat de winzuiger is uitgerust met een DGPS-positioneringssysteem. Waardoor de positie van de zuigkop op X,- Y,- en Z- positie kan worden gepresenteerd.

Met betrekking tot de aanwezigheid van de deklaag (klei-/veenlagen) en de stoorlaag (leem, zwak zandig op N.A.P. -2.8m), gelegen op het te winnen zand, gaan wij ervan uit dat deze lagen op een andere wijze worden gewonnen dan het zand. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de deklaag en stoorlaag mechanisch worden verwijderd, alvorens het eronder gelegen zand wordt gewonnen.

Belastingen

In verband met eventuele oeverafwerking is een bovenbelasting van 15 kN/m² in rekening gebracht, werkend over een breedte van circa 2,50 m op de kruin [7].

Bij het uitvoeren van de stabiliteitsberekeningen is rekening gehouden met een opgehoogde kade rondom de zandwinning van lokaal gewonnen materiaal tot N.A.P. +0,68m. Met de vrijgekomen klei wordt deze kade gevormd.

Bij het uitvoeren van de stabiliteitsberekeningen wordt geen rekening gehouden met een zandstort (depot) langs de betreffende zandwinput.



3.3 Afschuiving

Voor de stabiliteit van een talud kan men twee stabiliteitscriteria onderscheiden, namelijk macrostabiliteit en microstabiliteit. In deze paragraaf wordt ingegaan op de macro- en microstabiliteit.

3.3.1 Macrostabiliteit

Bij verlies van macrostabiliteit is sprake van een evenwichtsverlies of afschuivingen langs een min of meer cirkelvormig schuifvlak, zonder dat er sprake is van verweking van, of wateroverspanning in het afschuivende grondmassief. Oorzaken van het optreden van een afschuiving kunnen onder andere zijn:

1. Een grote belasting op het maaiveld.
2. Het optreden van micro-instabiliteit op grote diepte bij steile hellingen.
3. Een te steile taludhelling.

De stabiliteitsberekeningen van het onderwatertalud zijn uitgevoerd met behulp van een computerprogramma (D-Geo Stability 10.1), waarbij gekozen is voor de Methode van Bishop om de macrostabiliteit van de taluds te toetsen. Bij deze methode wordt uitgegaan van cirkelvormige glijvlakken, waarbij het grondmassief voor de berekening in verticaal gescheiden lamellen wordt verdeeld. Het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan de actieve zijde van het schuifvlak vormen de aandrijvende krachten. De tegenwerkende krachten bestaan uit het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan de passieve zijde en de schuifweerstand langs het gehele glijvlak.

De verhouding tussen de tegenwerkende en aandrijvende krachten is een maat voor de veiligheid van het talud. Een voldoende veilig talud bezit een veiligheidsfactor van tenminste 1,0 gebaseerd op de rekenwaarden van de grondparameters.

Het talud wordt conform NEN 9997-1 en NEN-EN 1990 getoetst aan veiligheidsklasse RC1 (geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, of kleine of verwaarloosbare economische gevolgen, sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving; betrouwbaarheidsindex $\beta = 3,3$). Hiertoe worden de grondparameters van paragraaf 2.2 gedeeld door de volgende partiële factoren:

- Effectieve hoek van inwendige wrijving $\tan [\varphi']$ $y_{\varphi'} = 1,2$
- Effectieve cohesie $[c']$ $y_c = 1,3$
- Volumiek gewicht $[\gamma]$ $y_{\gamma} = 1,0$

De rekenwaarde van de terreinbelasting is bepaald door deze waarde te vermenigvuldigen met een factor 1,3 (ontwerpbepijndering 3, zie NEN 9997-1+C1 art. 2.4.7.3.4.4).

De stabiliteitsanalyse geldt alleen voor een statische spanningstoestand. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de dynamische invloeden die bij zandwinningsen aan de orde zijn. De dynamische invloeden veroorzaakt door onder andere het baggerproces worden in hoofdstuk 4 behandeld.

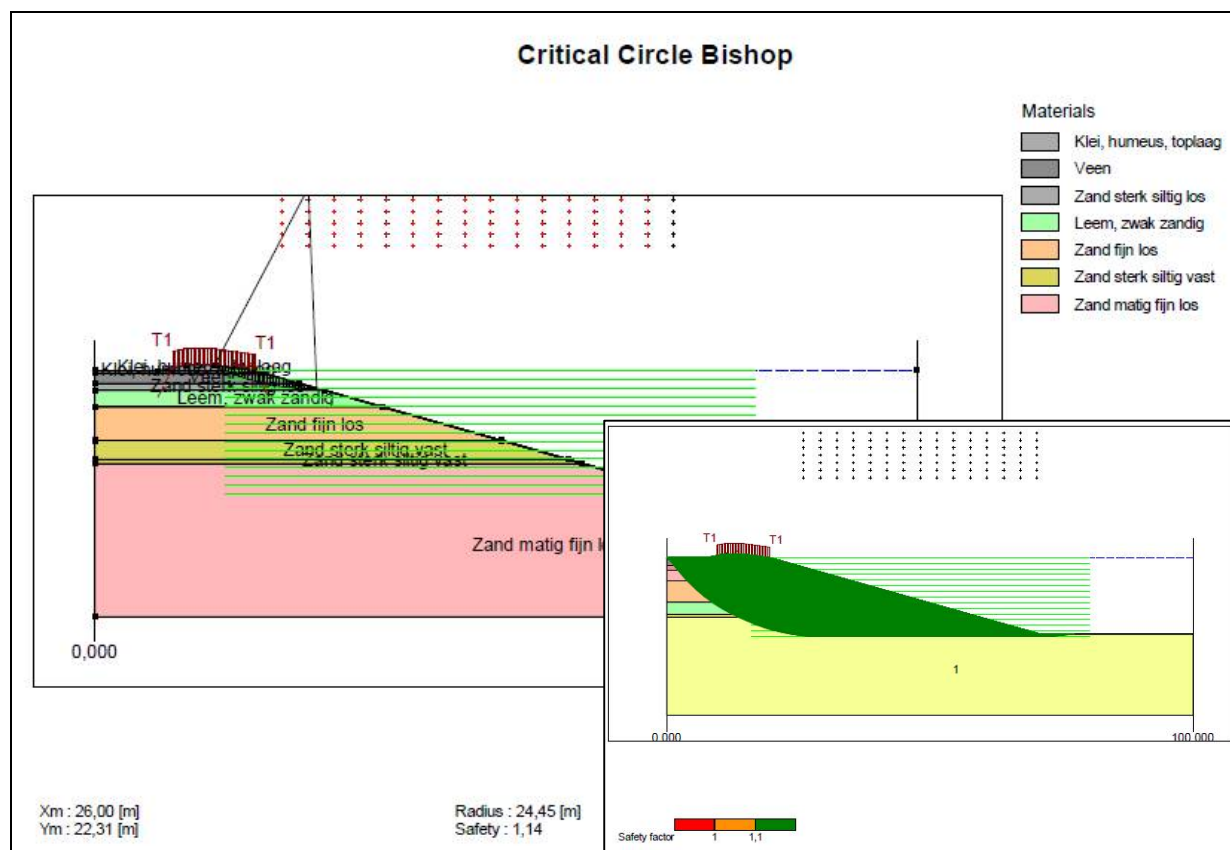


Rekentaluds

Voor de statische stabiliteitsanalyse is de maatgevende situatie op afschuiving onderzocht. Het betreft een basis rekentalud ontwerp van 1:3,5. Wanneer dit rekentalud statisch voldoet dan zal een flauwer ontwerptalud, waarin de dynamische invloeden van het winningsproces zijn verwerkt, statisch zeker voldoen.

Resultaten

Uit de berekening volgens de theorie van Bishop (zie figuur Figuur 3-2) blijkt, dat de macrostabiliteit van het aangehouden talud met een helling van 1:3,5 (verticaal:horizontaal) onder normale condities voldoende verzekerd is tegen afschuiven. De kleinste berekende veiligheidsfactor tegen afschuiven bedraagt $1,14 \geq 1,0$.



Figuur 3-2: Resultaat veiligheid tegen afschuiven



3.3.2 Microstabiliteit

Hieronder wordt verstaan, de stabiliteit van individuele zandkorrels, die negatief wordt beïnvloed, wanneer er sprake is van uitredend water uit het talud als gevolg van een peil in de zandwininput, dat lager is dan de omringende grondwaterstand. Er moet sprake zijn van een voldoende groot verhang in de grondwaterstanden, wil er evenwichtsverlies optreden.

De microstabiliteit zal voldoende zijn in de eind- / gebruiksfase, uitgaande van een nagenoeg constant waterpeil in de zandwinplas (dat dan hetzelfde is als het boezempeil (dit boezempeil is hoger dan de huidige grondwaterstand). Indien zich sterke fluctuaties in het waterpeil in de plas voordoen zal dat van invloed zijn op de micro-stabiliteit.

Tijdens de winning van het zand is microstabiliteit een aandachtspunt indien het waterpeil nog niet hetzelfde is als het boezempeil. Door ervoor zorg te dragen dat tijdens winning van het zand het waterpeil hetzelfde is als het boezempeil is microstabiliteit geen risico.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de geohydrologische effecten op de omgeving tijdens het winnen van zand en in de eindfase wordt verwezen naar het rapport 'Geohydrologisch rapport rev3' met kenmerk VN-64145-2 d.d. juni 2016.

3.4 Verwekingsvloeiingen

3.4.1 Verwekingsproces

Verwekingsvloeiingen kunnen voorkomen in losgepakte zanden. Door de losse pakking ($R_n < 33\%$) van het korrelskelet zijn dergelijke lagen gevoelig voor grondwaterstromingen, grondwaterdrukverschillen en/of dynamische belastingen. Door één van deze fenomenen of een combinatie daarvan, treedt een verkleining van het volume op. Het verkleinen van het volume veroorzaakt vervolgens verhoogde waterspanningen. De hogere waterspanningen zorgen op hun beurt voor het verlagen van de korreldrukken. In het geval van een verwekingsvloeiing zijn de korreldrukken zo laag, dat de zanddeeltjes gaan 'zweven', met als gevolg dat de desbetreffende laag gaat vervloeien en/of verweken. Een maat voor verwekingsgevoeligheid is de relatieve dichtheid (R_n) van zand.

3.4.2 Analyse

In de praktijk wordt de kans op het optreden van verweking als verwaarloosbaar klein geschat, indien er in een zandpakket geen lagen voorkomen, waarvan de relatieve dichtheid R_n kleiner is dan 0,55 à 0,60 en de laagdikte groter is dan 3 tot 4 m.

De CUR 113 [2] geeft aan dat de kans op verwekingsvloeiing verwaarloosbaar is, indien uit de analyse van de sonderingen blijkt dat er geen lagen aanwezig zijn met een relatieve dichtheid R_n kleiner dan 50% en een laagdikte groter dan 1,0 meter. Is dat wel het geval, dan zal de geometrie van het onderwatertalud daarop moeten worden aangepast.

In dit rapport is de kans op verwekingvloeiingen getoetst aan de hand van de in de CUR 113 genoemde criteria. Op basis van de conusweerstand kan een schatting van de relatieve dichtheid worden gemaakt. Veel gebruikte verbanden tussen de relatieve dichtheid en conuswaarde zijn



die van Schmertmann, Villet & Mitchell, Lunne en Baldi. De correlatie Schmertmann geeft een vrij positief beeld weer, terwijl de correlaties van Villet & Mitchell en Lunne erg conservatief zijn. Het door Baldi gevonden verband ligt min of meer in het midden. Om na te gaan of er in het onderzoeksgebied lagen voorkomen, die gevoelig zijn voor verwerkingsvloeiing, is daarom gebruik gemaakt van de correlatie van Baldi, die conform CUR 113 als verwachtingswaarde kan worden gebruikt. De sondeergrafieken, met daarin de 50%-lijn van Baldi, zijn opgenomen in bijlage 1.

Op basis van deze correlatie is voor de sonderingen gekeken naar het voorkomen van zandlagen, die gevoelig zijn voor verwerkingsvloeiingen. Uit de analyse van de sonderingen blijkt dat er geen zandlagen met een dikte van $\geq 1,0$ meter voorkomen met een relatieve dichtheid, die volgens de correlatie van Baldi, kleiner is dan 50%.

De conclusie is dat er geen reële kans is op verwerkingsvloeiing.

3.5 Taludstabiliteit tijdens het winnen van zand

3.5.1 Inleiding

Bij het winnen van zand uit een zandwininput wordt in het algemeen gekozen voor een winzuiger als het meest voor de hand liggende werktuig. Op eenvoudige wijze kan tot op grote diepte zand worden gewonnen. Naast het relatief goedkoop winnen van zand heeft een winzuiger het voordeel dat het zandpakket in zijn geheel wordt aangezogen. Waardoor men zand met een gemengde korrelopbouw opzuigt, wat weer van essentieel belang is voor het leveren van kwalitatief goed zand. Een nadeel van de genoemde winmethode is het risico van taludvorming buiten het gewenste talud (het zogenaamd onbeheerst bressen).

Wanneer de begrenzing van de wininput voldoende ruimte biedt om variatie van het talud toe te staan zal een zekere onnauwkeurigheid bij de vorming van het talud geen probleem vormen. Echter wanneer de zandwininput in de nabijheid van infrastructuur zoals huizen, wegen en of recreatiegebieden is gelegen, worden er met betrekking tot de veiligheid strengere eisen gesteld aan de variatie van het op te leveren profiel. In de praktijk betekent dit dat het gewenste minimaal profiel niet mag worden overschreden.

Het feit dat het gewenste profiel niet mag worden overschreden heeft tot gevolg dat er een zekere marge ontstaat met betrekking tot het toegestane minimale profiel (het zogenaamd vergund talud), zodat de zandwininput niet volledig wordt benut. Deze marge is onder andere nodig om het risico van een inbressing (een oeverinschaling als gevolg van een onbeheerst bresproces) op te kunnen vangen.

In het voorgaande is reeds aangegeven dat een onbeheerst bresproces meestal de aanleiding is van een oeverinschaling. In de CUR 113 zijn 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 ingeschatte (voorspelde) taludontwikkeling zich verhoudt tot het taludontwerp.

3.5.2 Beheerst bressen

Om de kans op een beheerst bresproces te vergroten moeten aan de volgende voorwaarden worden voldaan conform de CUR113:

1. Voldoende taludstabiliteit voor afschuiving en of verweking.
2. De grondlagen moeten zodanig zijn dat een regelmatig bresproces mogelijk is. Dit betekent een $d_{50} \geq 200 \mu\text{m}$ en een $d_{15} \geq 130 \mu\text{m}$.
3. 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 de paragrafen 3.3 en 3.4 blijkt dat:

- De taluds qua macrostabiliteit voldoen.
- De kans op verweken niet aanwezig is.

Hiermee wordt voldaan aan de eerste voorwaarde van beheerst bressen.

Ad 2 Grondgelaagdheid

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 grondonderzoek laat zien dat onder de bovenlaag van klei en veen (vanaf maaiveld tot ca. N.A.P. -2,8 m) de ondergrond van de projectlocatie overwegend bestaat uit zandlagen (niet-cohesief materiaal) tot het maximaal verkende niveau van circa N.A.P. -31 m.

Op basis van de resultaten van de zeefanalyse moet echter wel geconcludeerd dat het te winnen zand volgens CUR113 te fijn is voor een beheerst bresproces. Zowel de d_{50} als de d_{15} zijn lager dan de volgens CUR113 minimaal vereiste korrelgroottes.

De sonderingen tonen een horizontale laagopbouw in de grond. De onderzijde van het klei-/veenpakket varieert enigszins in de sonderingen. Dit is ons inziens geen aanleiding om niet uit te gaan van een horizontale laagopbouw.

De stoorlaag met sterk leemhoudend materiaal is maximaal 0,5 m dik. Deze stoorlaag is alleen aangetroffen bij DKM002.

De grondgesteldheid voldoet niet aan de voorwaarden voor een eenvoudige analyse van de taludontwikkeling bij beheerst bressen. Dit betekent dat een nadere bresanalyse noodzakelijk is.



Ad 3 Uitvoering

Het winnen van het zand zal plaatsvinden met een winzuiger, waarbij de winzuiger het vergunde talud volgt. Hierbij wordt uitgegaan dat het zand laagsgewijs wordt gewonnen, waarbij de profielzuiger parallel het vergunde talud volgt.

Voor analyse van beheerst bressen worden de volgende voorwaarden gehanteerd:

- Het zand op de taluds dient te worden opgezogen in lagen evenwijdig aan de oever of banen vanuit het midden van de plas naar de oeverlijn toe, onder monitoring van taludhellingen.
- Er dient een constante zuigdiepte en verhaalsnelheid te worden gehandhaafd afgestemd op de putleverantie.
- Er dient van te voren een werkplan voor de uitvoering te worden vastgesteld.
- Het zuigproces moet continu worden gemonitord.

Er wordt vanuit gegaan dat de zandwinner beschikt over een up-to-date monitoringsysteem waarmee de operator van de winzuiger continu van informatie wordt voorzien om een beheerst bresproces te waarborgen. Het betreft informatie zoals positie zuigbuis ten opzichte van het talud, actuele inmeting van de waterbodem en presentatie van het fictief gebaggerde talud, nadat het talud is aangezogen. Dit op basis van voortgang snelheid en zuigproductie van de winzuiger. Hierdoor is de operator in staat om aan de hiervoor genoemde criteria inzake beheerst bressen te voldoen.

Met betrekking tot de aanwezigheid van de deklaag, gelegen op het te winnen zand, gaan wij ervan uit dat deze op een andere wijze wordt gewonnen dan het zand. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de deklaag en stoorlaag mechanisch worden verwijderd alvorens het eronder gelegen zand wordt gewonnen.

3.5.3 Conclusie

Uit de analyse van het grondonderzoek blijkt dat niet geheel wordt voldaan aan de voorwaarden die de CUR 113 [2] stelt voor een eenvoudige analyse van de taludontwikkeling bij beheerst bressen. Daartoe stelt de CUR 113 voor om een gedetailleerde bresanalyse te laten uitvoeren met het door Deltares ontwikkelde programma HMBreach. Deze nadere analyse is opgenomen in hoofdstuk 4.

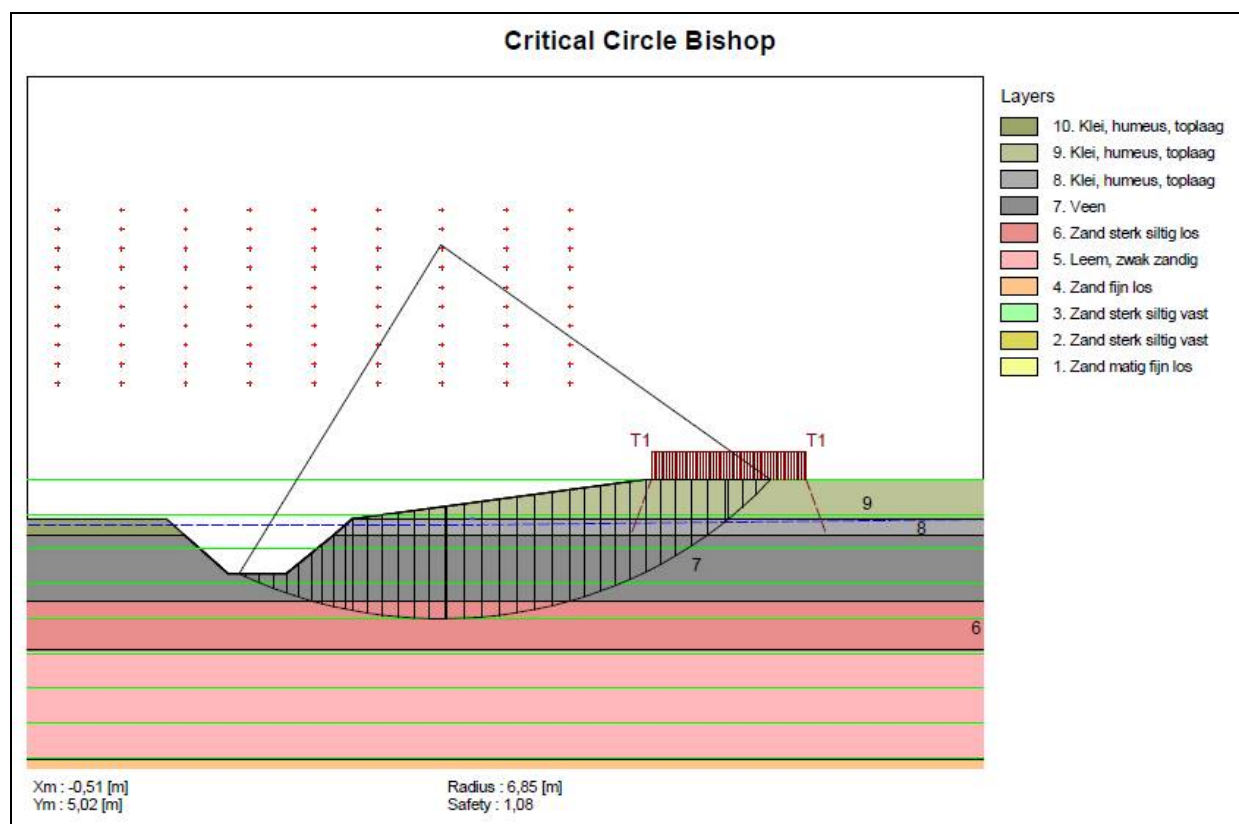


4 Taludstabiliteit sloot

Aan de noordwest zijde van de zandwinning kan de aanwezigheid van een sloot binnen 5,0 meter vanaf de teen van de kade, de stabiliteit van deze kade beïnvloeden. De volgende uitgangspunten worden gehanteerd bij de stabiliteitsanalyse van de sloot achter de kade:

- Bodemopbouw zoals in hoofdstuk 2,
- Uitgangspunten zoals vermeld in paragraaf 3.2.

De stabiliteitsanalyse, zoals weergegeven in figuur 4.1, van de sloot geeft een veiligheidsgetal van 1.08 (ten opzicht van minimaal vereiste van 1). De veiligheid tegen afschuiving is hierdoor voldoende.



Figuur 4.1 : Stabiliteitsanalyse sloot



5 Taludontwikkeling

5.1 HMBreach

Voor meer zekerheid ten aanzien van de taludontwikkeling tijdens het zuigen van de fijnere zandlagen is in deze rapportage gebruik gemaakt van het programma HMBreach. Daartoe is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

Putproductie

In dit rapport is uitgegaan van een winzuiger die een zandproductie van circa 200 à 300 m³/uur in situ kan verwerken. Uitgaande van een stationaire situatie (zuigbuis op diepte, talud constante vorm) kan de theoretische putproductie worden berekend als functie van de horizontale verplaatsing van de zuigbuis (verhaalsnelheid) en de diepte van de zuigbuis. Op basis van CUR 113 is theoretische putproductie berekend bij verschillende verhaalsnelheden, uitgaande van een meewerkende breedte van 6 m (zie Tabel 5-1). Op basis van de zuigdiepte, verhaalsnelheid en grondgesteldheid is vervolgens de evenwichtshelling (taludopbouw) berekend.

Tabel 5-1: Schematische winproductie ($b = 6$ m).

breshoogte		10	15	m
voortgang				
mm/s	m/uur			
0,25	0,9	54	81	m ³ /uur
0,5	1,8	108	162	m ³ /uur
1,0	3,6	216	324	m ³ /uur
2,0	7,2	432	648	m ³ /uur

Bij toepassing van een winzuiger met een lagere zandproductiecapaciteit dan de optredende ingeschatte putproductie, zal het overtollige zand niet opgezogen worden en als losgepakte morslaag in de dieper gelegen delen van de put bezinken. Wanneer de winzuiger een aanzienlijk grotere productiecapaciteit heeft ten opzichte van de putleverantie, dan bestaat het risico dat het talud tijdelijk te snel wordt ingebrest. Het nabresproces zal dan nog een geruime tijd kunnen doorgaan en kan uiteindelijk tot een oeverinschaling leiden. Om het risico van ongewenst nabressen te beperken is het aan te bevelen dat de capaciteit van de winzuiger wordt afgestemd op de verwachte putleverantie.

Voor de taludontwikkeling is uitgegaan van de initiële berekeningen waarbij tot N.A.P.-20m wordt verwacht te gaan winnen. Taludontwikkeling bij winning op N.A.P. -14m zal hierdoor lichtelijk gunstiger uitpakken dan bepaald in deze paragraaf.

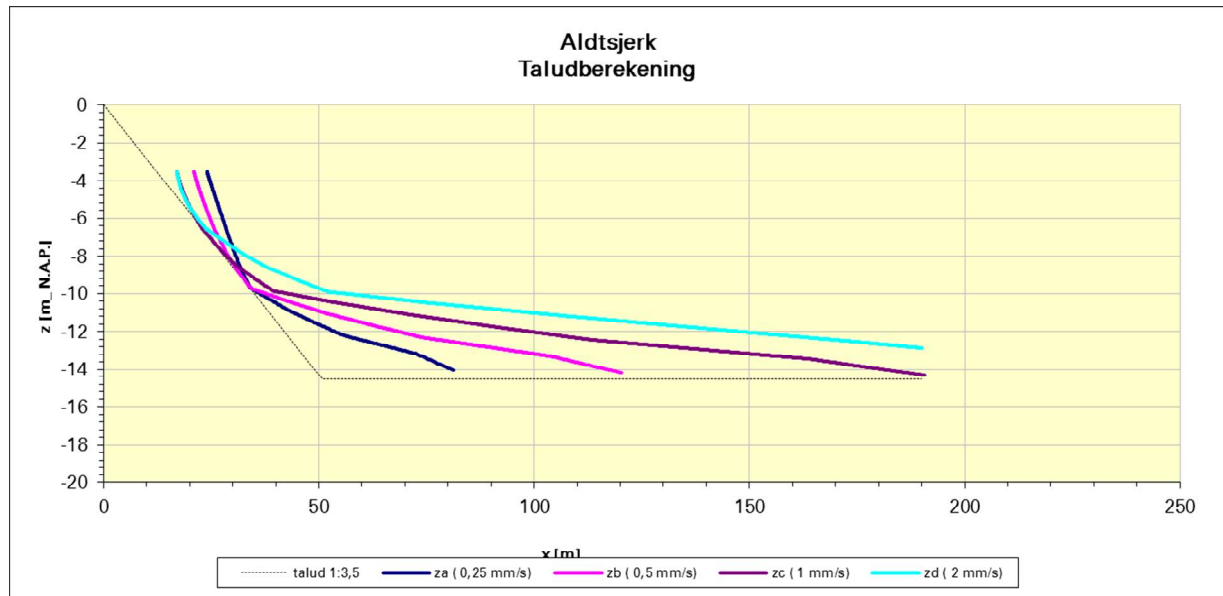
Grondgesteldheid

Ten behoeve van de indicatieve HMBreach-berekening is de korrelverdeling zoals weergegeven in tabel 2.2 gebruikt als schematisatie voor de te winnen zandlagen. In de berekening is de humeuze toplaag tot gemiddeld N.A.P. -2,8 m reeds als verwijderd verondersteld.



Taludontwikkeling tijdens zuigen

De resultaten van de taludberekeningen op basis van het grondonderzoek zijn weergegeven in Figuur 5-1. Weergegeven is de verwachte taludontwikkeling van een winzuiger werkend op volle diepte (N.A.P. –14,50 m) met initiële insteekdiepte van 0,5 m en voortgangssnelheden variërend van 0,25 mm/sec tot 2,0 mm/sec.



Figuur 5-1. Resultaten taludberekening met verschillende voortgangssnelheden

Zichtbaar is dat het talud vanaf N.A.P. –9 m sterk verflauwt als gevolg van de fijne korrelverdeling van het zand.

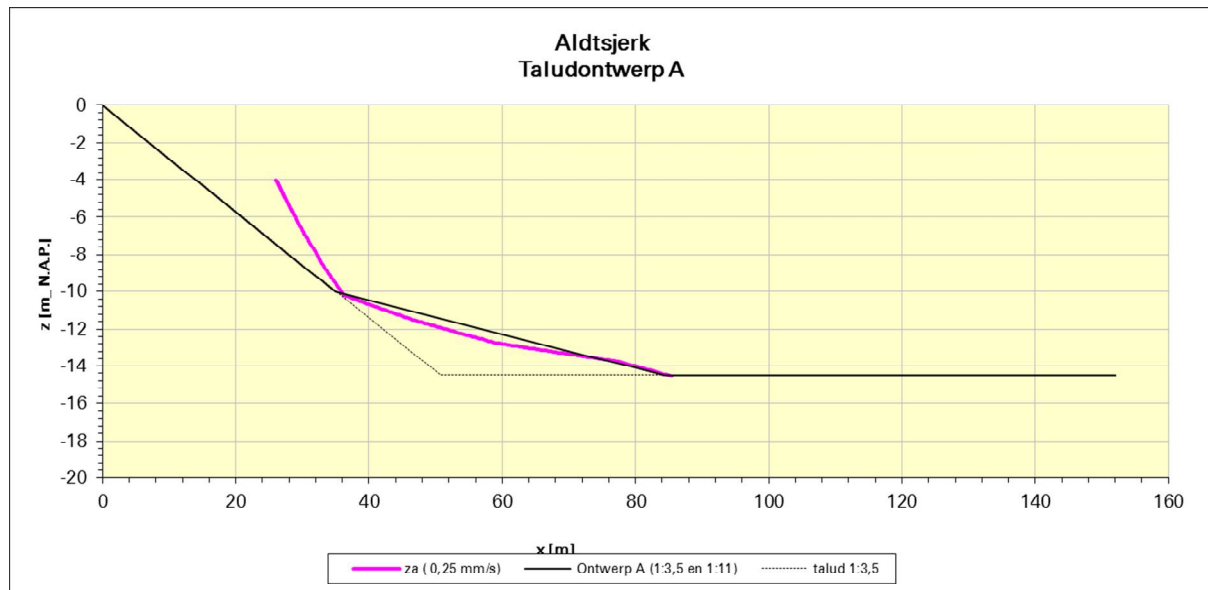
Taludontwerp

Een geknikt talud met een taludhelling van resp. 1:3,5 en 1:11 benadert het berekende talud, uitgaande van een insteekdiepte van 1 m en een voortgangssnelheid van 0,25 mm/s (zie Figuur 5-2). Hieruit blijkt dat bij winning in 1 slag er een grote hoeveelheid zand (onder de 1:11 taludhelling) niet kan worden gewonnen vanwege de grote benodigde taludbreedte.

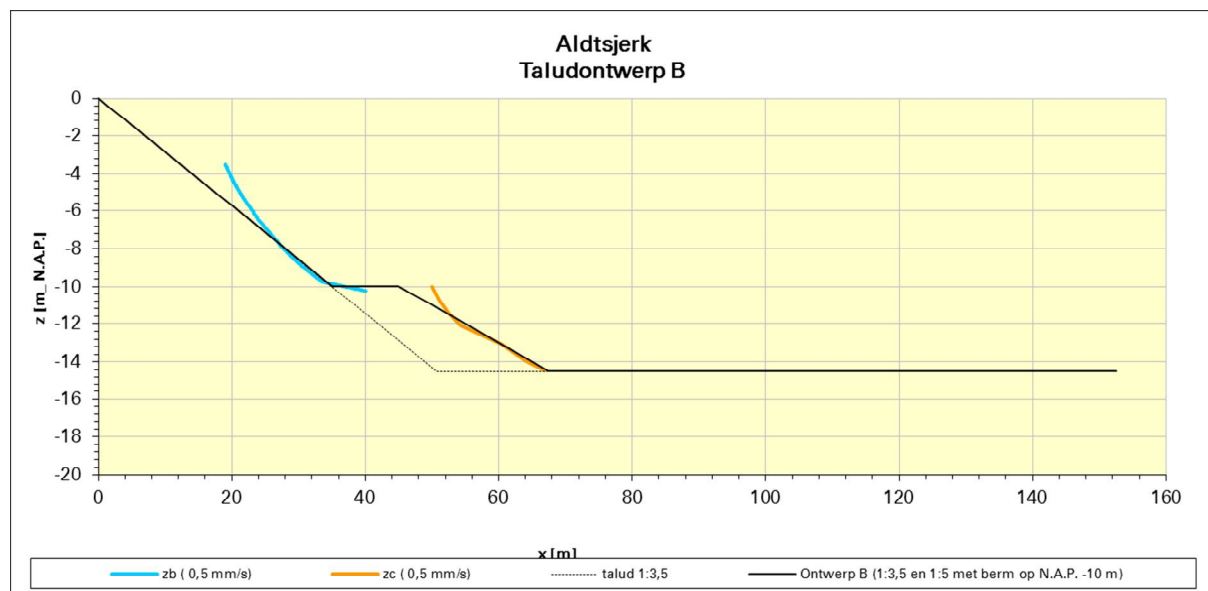
Om de taludbreedte te beperken is het mogelijk in lagen te zuigen, die door het handhaven van een onderwaterberm elkaar niet meer kunnen beïnvloeden zodat een in de diepte variërende taludhelling kan worden gerealiseerd.

In de Figuur 5-3 is een HMBreach-simulatie te zien op basis van een taludprofiel, waarbij ervan wordt uitgegaan dat op het voorgestelde toekomstige vergunningstalud (de zwarte lijn) laagsgewijs zand wordt gewonnen. Door het talud in meerdere lagen aan te zuigen wordt de taludverflauwing gereduceerd en daarmee de kans op een ongewenste bresvloeiing.





Figuur 5-2: Taludontwerp A zonder steunberm



Figuur 5-3: Taludontwerp B met berm op N.A.P. -10 m

Ontwerp A (1:3,5 en 1:11)			
X (m)	y (m+ NAP)	Talud	Lengte
0	0	0	0
35	-10	3,5	35
35	-10	0	0
145	-14,5	11	

Ontwerp B (1:3,5 en 1:5 met berm op N.A.P. -10)			
x (m)	y(m+ NAP)	Talud	lengte
0	0	0	0
35	-10	3,5	35
45	-10	0	10
70	-14,5	5	

Als er een snedeplan wordt toegepast waarbij het talud op 2 niveaus wordt aangezogen (N.A.P. -10 m en -15 m, zie figuur Figuur 5-2), dan is te zien dat een sterke verflauwing van het



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

brestalud wordt gereduceerd. De verhaalsnelheid bedraagt dan 0,5 mm/s en de insteekdiepte 1,0 m.

Op basis van de simulaties kan worden geconcludeerd dat door het introduceren van een onderwaterberm een ontwerptalud wordt geïntroduceerd dat beter past bij de te verwachten taludontwikkeling. Hiermee wordt de hoeveelheid winbaar zand geoptimaliseerd en de kans op ongewenste bresvorming geminimaliseerd.

Op basis van de HMBreach-simulaties wordt het voorgesteld om taludontwerp B toe te passen voor de toekomstige zandwinning Aldtsjerk

5.2 Werkwijze zandwinning (op hoofdlijnen)

Voor het talud geldt dat de kans op inbressing behoorlijk kan worden gereduceerd door het toepassen van een specifieke werkwijze. Voor het exploiteren van de zandwinning wordt de volgende werkwijze geadviseerd.

De winzuiger dient het zand te baggeren in evenwijdige horizontale banen langs de oever met een laagdikte (breshoogte) van maximaal 5 m. Ter voorkoming van geluidshinder wordt er eerst gewonnen aan de zuidwestelijk en zuidoostelijke zijde van de zandwinplas. Bij het zuigen van een volgende laag mag niet meer in de bestaande taluds worden gewerkt. Op een niveau van mv -10 m (wat overeenkomt met N.A.P. -10 m) dient een minimaal 10 m brede onderwaterberm te worden gehandhaafd. Deze bermbreedte is vastgesteld op basis van de risicobeschouwing (zie paragraaf 5.1).

In de eerste fase kan het zand laagsgewijs tot een diepte van N.A.P. -10 m worden gewonnen. Komend vanuit het midden van de zandwinning mag de zuigkop op N.A.P. -10 m tot maximaal 35 m uit de insteek van het talud (1:3,5) komen.

In een tweede fase kan het zand laagsgewijs tot N.A.P. -14,5 m worden gewonnen. Hierbij dient in acht te worden genomen dat op een niveau van N.A.P. -10 m een onderwaterberm van minimaal 10 m breedte gehandhaafd dient te worden. De zuigkop mag op het niveau van N.A.P. -14,5 m, redenerend vanuit het midden van de zandwinplas, niet dichter dan 70 m van de insteek van het talud werkzaam zijn (de afstand tot de insteek van het talud vanaf de onderwaterberm is dan 25 m).

De zuigbuis dient geleidelijk verdiept en verhaald te worden met een gemiddelde snelheid van 0,50 mm/s en met een constante volume concentratie van maximaal 12% (mengseldichtheid 1.200 kg/m³).

De zuigkop mag, zeker op de taluds, niet door de voorgestelde vergunningslijn (taludontwerp) gestoken worden. Dit moet worden geverifieerd aan de hand van een continue-positiemeting van de zuigkop ten opzichte van het talud. Daarnaast dient het gezogen talud gedurende de zandwinning regelmatig te worden gepeild. Hierdoor kan de resulterende helling aan de hand van de gemeten dwarsprofielen worden geverifieerd. Tevens kan er voldoende afstand worden



gehouden tot het eerder gezogen talud. Men moet er rekening mee houden dat in de hoeken van de put en aan de teen van het talud zandresten zullen achterblijven die niet winbaar zijn.

Opgemerkt dient te worden, dat bij het definitieve talud rekening moet worden gehouden met het fenomeen, dat niet de volledige theoretische hoeveelheid zand langs het talud gewonnen kan worden. De scherpe overgangen in een talud komen in de praktijk niet voor. Veelal is de tendens dat onder aan het talud een flauwere helling aanwezig is door het achterblijven van zogenaamde mors. De mors dient niet te worden verwijderd.

Dit betekent dat het theoretische talud niet het oplevertalud zal zijn. Belangrijk is dat de zuigmond niet door de theoretische taludlijn wordt gestoken.

De taludontwikkeling die berekend is met HMBreach geeft een stabiele evenwichtssituatie bij een bepaalde verhaalsnelheid. Bij grotere diepte en een hogere verhaalsnelheid geeft dit een verflauwing van het talud met een verhoogd risico op oeverinscharing.

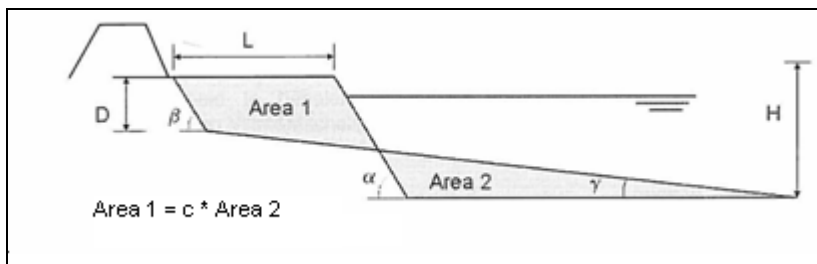


6 Risicobeschouwing

Door de opdrachtgever is aangegeven, dat men een nadere onderbouwing wil van een maatgevende randstrookbreedte. Hiertoe is een uitgebreidere risico analyse uitgevoerd, waarbij de kans op schade t.g.v. een bresvloeiing als functie van de afstand tot de put is bepaald. Deze kans op schade kan worden getoetst aan de toelaatbare faalkans voor een bepaalde functie/weg. Op deze wijze kan worden beoordeeld welke afstand dient te worden gehanteerd tussen een object en de insteek van de winput om tot een voldoende veilige situatie te komen.

6.1 Methodiek

Voor deze analyse is onder andere gebruik gemaakt van resultaten uit een onderzoek van Silvis en De Groot (1995). In dit onderzoek zijn meer dan 1.100 verwekingvloeiingen geanalyseerd en statistisch verwerkt. Bovendien is men erin geslaagd om een taludprofiel te schematiseren van, voorafgaand aan- en na afloop van een inscharing als gevolg van een vloeiing. Op basis van deze schematisering (zie Figuur 6-1) kan een inscharingslengte (L) worden berekend die kan worden gekoppeld aan een kans van voorkomen.



Figuur 6-1: Geschematiseerd profiel voor en na inscharing, bron Silvis & De Groot (1995).

Verder wordt ervan uitgegaan dat het profiel voor zowel een verwekingsvloeiing als voor een bresvloeiing van toepassing is. Op basis van de CUR-Aanbeveling 113 zou dit mogen, aangezien er vanuit wordt gegaan dat van alle bekende vloeiingen de helft door verwekingverschijnselen wordt gedomineerd en de andere helft door bresverschijnselen. Op basis van dit model kan nu een kans worden gekoppeld aan een inscharingslengte.

De kans op schade kan dan als volgt worden bepaald:

$$P_{(\text{schade;verweking})} = P_{(\text{verweking})} \times P_{(\text{schade})} \quad \text{en} \quad P_{(\text{schade;bres})} = P_{(\text{bres})} \times P_{(\text{schade})}$$

Waarin:

$$P_{(\text{verweking})} = (H_R/25\text{m})^2 \times (3,5/\cot(\alpha_R))^6 \times (1/10)^{10(R_d - 0,4)} \times 0,1/\text{km}$$

H_R = rekenputdiepte van de put [m]

α_R = rekentaludhelling van de put [-]

R_d = relatieve dichtheid van het bodemmateriaal [-]

$$P_{(\text{bres})} = f_{b1}(H_R) \times f_{b2}(\cot(\alpha_R)) \times f_{b3}(D_{50}) \times 0,1/\text{km}$$



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

De CUR-Aanbeveling 113 geeft aan dat de functies f_{b1} , f_{b2} en f_{b3} nog dienen te worden uitgewerkt en gevalideerd. Wel kan worden gesteld dat de kans van optreden van een (bres-)vloeïng sterk afhankelijk is van de nauwkeurigheid van de baggerwerkzaamheden. Vooral de insteekdiepte en positionering van de zuigbuis speelt hierbij een grote rol.

Toegepast model

Met behulp van HM-Breachberekeningen is de taluderosiegevoeligheid getoetst voor een aantal varianten. Met het HM-Breachmodel is onder andere de invloed van de winmethode zoals breshoogte en productie van de winzuiger (verhaalsnelheid) in kaart gebracht. En vertaald in kansdichtheidsfactoren f_{b1} , f_{b2} en f_{b3} . Hierdoor wordt de invloed van winmethode op het gehele talud beschouwd. Het betreft indicatieve functies, aangezien hier momenteel nog onderzoek naar wordt gedaan.

6.2 Uitgangspunten

Toelaatbare faalkans

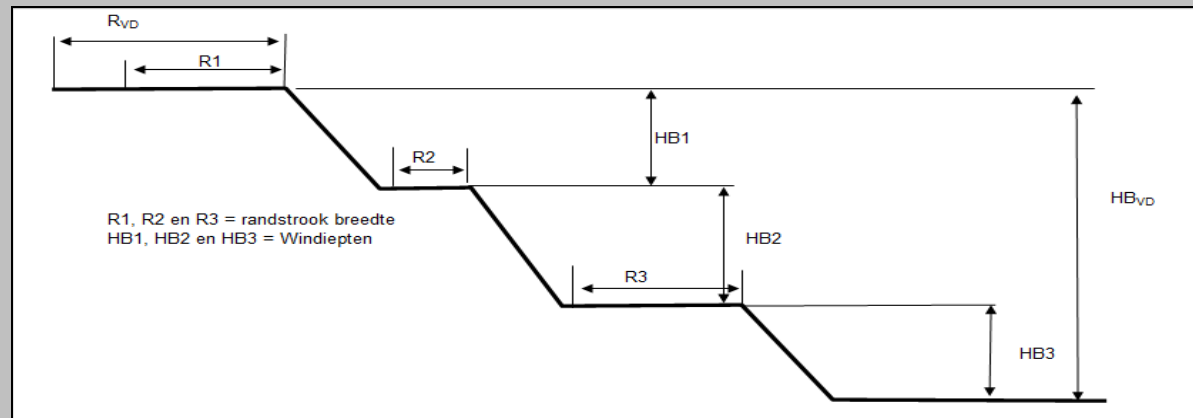
Een toelaatbare faalkans dient door het bevoegd gezag te worden bepaald. Aangezien deze niet bekend is, wordt in dit rapport de breedte van de randstrook afhankelijk gesteld aan de toelaatbare faalkans voor de functie weg en de belendende percelen. In de Nederlandse ontwerpfilosofie zijn voor verschillende typen bouwwerken en/of functies veiligheidsklassen (i.e. toelaatbare faalkansen) toegekend. De provinciale weg, de Lauwersseewei (N361), kan ons inziens worden ingedeeld in RC1 ($P_f \approx 2,2 \cdot 10^{-4}$). Voor de belendende percelen kan een lagere veiligheidsklasse worden aangehouden.

Overige gehanteerde uitgangspunten:

- Bij een inscharing is de oppervlakte van de verdwenen grond bovenin het dwarsprofiel ca. 20% groter dan de oppervlakte welke er aan de onderkant is bijgekomen. Dit is een lage ('worst-case') inschatting, gebaseerd op het fenomeen, dat het uitgevloeide zand over het algemeen na de vloeïng een lagere dichtheid heeft dan voorafgaand aan de vloeïng.
- De winzuiger stemt de initiële bres (diepte zuigbuis in ongeroerde grond) af op de lokale grondcondities, met een maximale initiële bres van 1,0 m.
- De winzuiger werkt ter plaatse van het talud laagsgewijs in slagen met een breshoogte van maximaal 5 m.
- De winzuiger is uitgerust met een positioneringssysteem van de zuigkop in x-, y- en z-coördinaten.
- Het zandwinproces wordt gedurende de uitvoeringsperiode regelmatig gemonitord door het uitvoeren van lodingen.
- De randstrookbreedte wordt gedefinieerd vanaf de insteek van het talud van 1:3,5 (verticaal:horizontaal) van de plas af. Een eventuele faunastrook met een talud van 1:8 (verticaal:horizontaal) waar veelal in de eindfase rietbeplanting aanwezig is, maakt deel uit van de veiligheidsstrook.
- De veiligheidszone begint op de overgang van het onderwatertalud 1:3,5 naar het talud 1:8 van de faunastrook,
- Schade treedt op, indien de inscharing een object bereikt.



Zoals verwoord in de CUR-Aanbeveling 113, mag er een randstrookbreedte R_1 (behorende bij winddiepte HB_1) worden toegepast, mits de overige onderwaterbermen voldoende breed zijn om ook de randstrookbreedtes (R_2 en R_3) te kunnen waarborgen (zie figuur). Indien niet aan de voorwaarde kan worden voldaan, dan dient de randstrookbreedte te worden bepaald geldend voor de winddiepte HB_{VD} .



Figuur 6-2: Schematische voorstelling toetsing randstrookbreedte.

Deze analyse is van toepassing voor de exploitatie fase van de zandwinplas, dus tijdens het zandwinnen. Voor de eindsituatie, wanneer de plas in gebruik is als recreatieplas, gelden gezien de grootte van de statische stabiliteitsfactor, minimale factor = 1,72 (zie hoofdstuk 3.3) en het talud van 1:3,5 (verticaal:horizontaal) geen aanvullende eisen met betrekking tot de randstrookbreedte. De exploitatie fase is maatgevend.

6.3 Toetsing

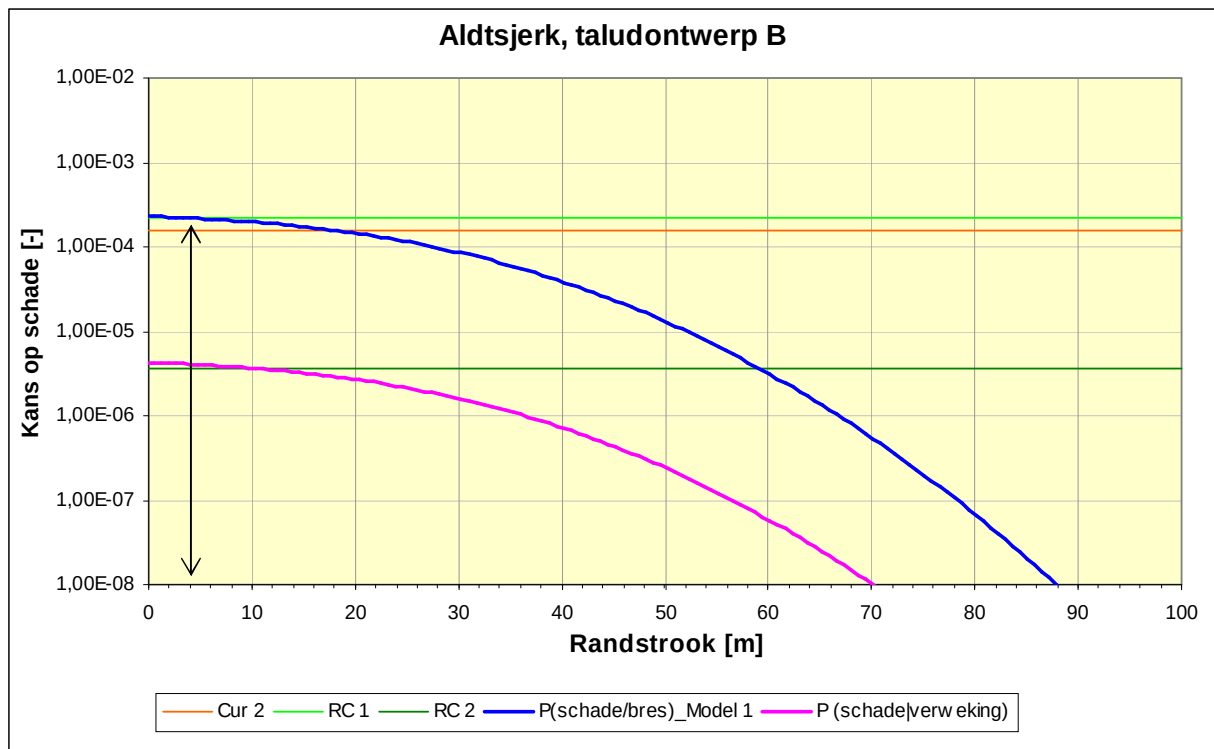
In de volgende figuren is het resultaat weergegeven van de faalkansberekeningen voor verweking en voor een bresvloeiing: de kans op schade is uitgezet tegen de randstrookbreedte.

In de figuren zijn de volgende indicatieve resultaten weergegeven:

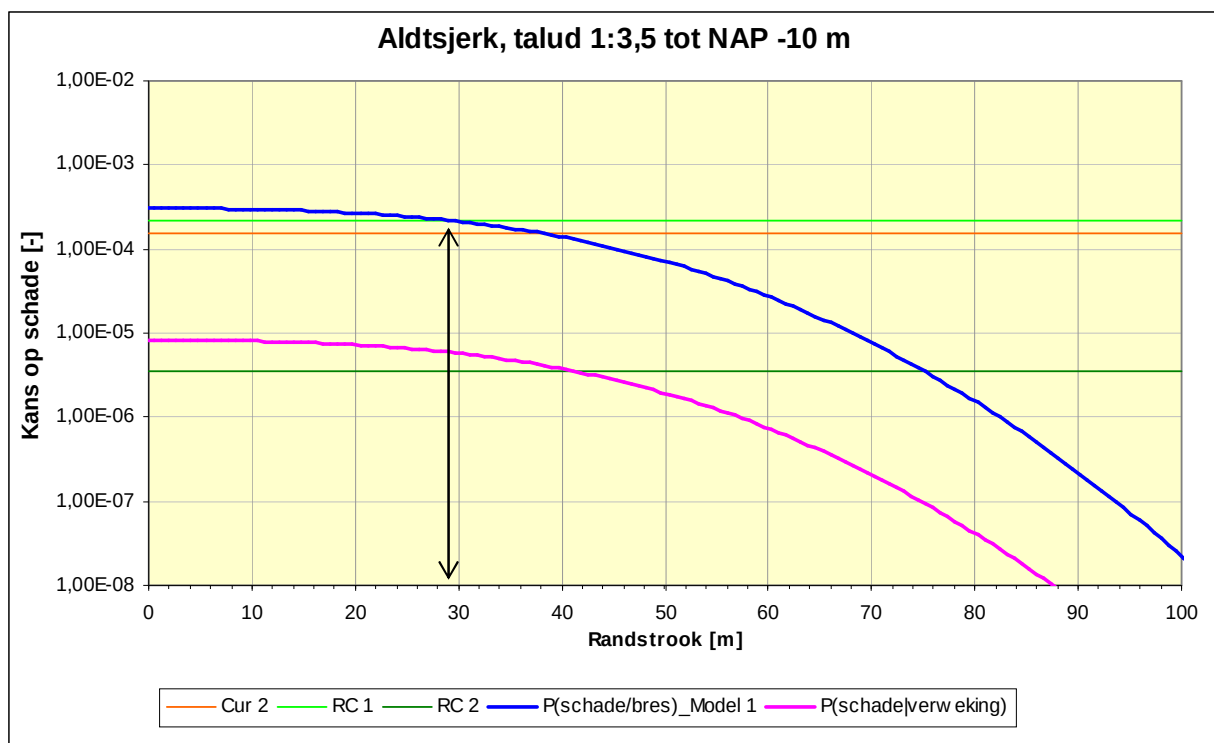
- P (schade;bres)
Rekening houden met een winddiepte van $HB_{VD} = 14,5$ m en een gemiddelde taludhelling van 1:4,8 is de randstrookbreedte $R_{VD} = 4$ m (zie figuur Figuur 6-2). **De randstrookbreedte R1 (ten gevolge van $HB_1 = 10$ m) is gelijk aan 29 m (zie figuur Figuur 6-3) en daarmee maatgevend.**
- P (schade;verweking)
De kans op schade aan objecten ten gevolge van een verweking is niet maatgevend.

De hiervoor genoemde waarden voor het bepalen van een veilige afstand tussen de insteekdiepte van de zandwinning en objecten zijn van toepassing gedurende de exploitatiefase van het project. Wanneer de zandwinning is gerealiseerd, dan geldt alleen de kans op falen van het onderwatertalud als gevolg van bresvloeiing door zware trillingen en/of een aardbeving. Dit aspect is niet door ons beschouwd, aangezien dit niet tot de scope van onze werkzaamheden behoort.





Figuur 6-3: Bepaling randstrookbreedte R_{VD} .



Figuur 6-4: Bepaling randstrookbreedte R_L .

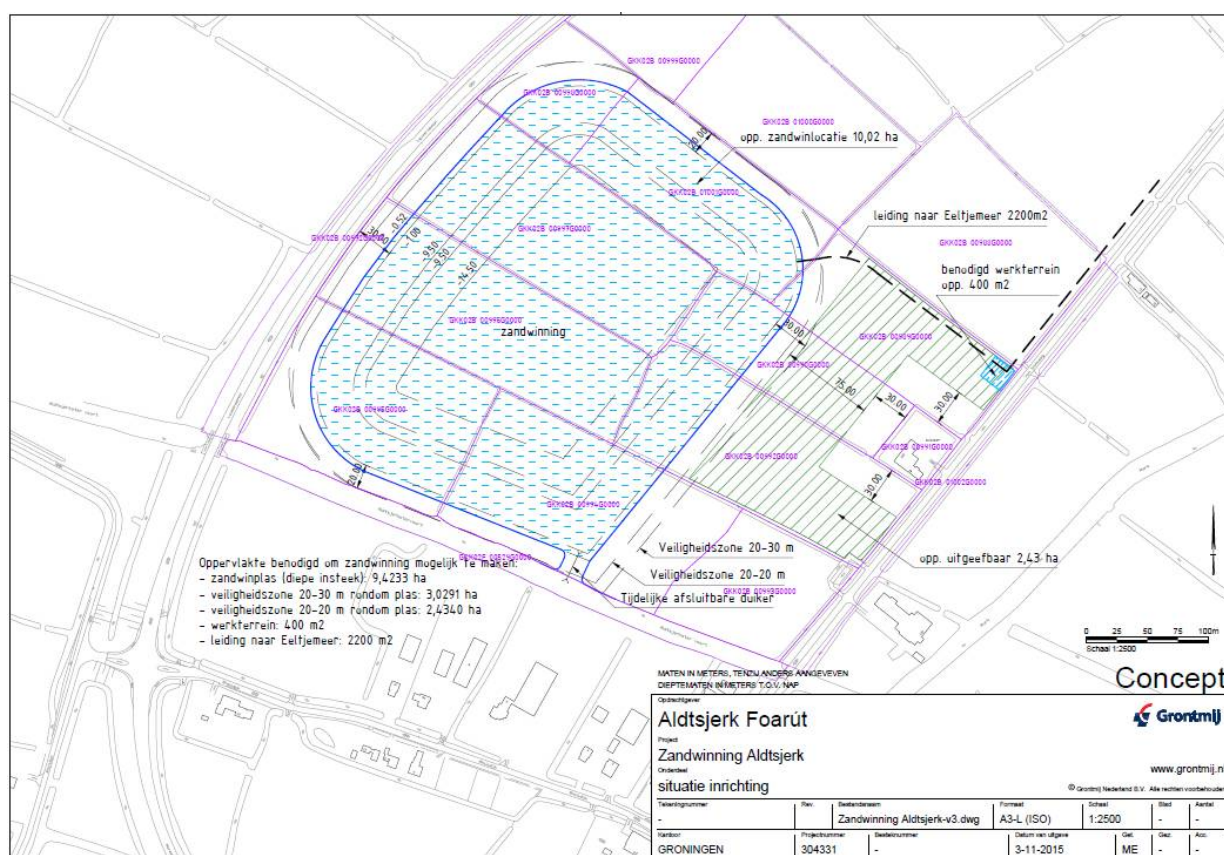


6.4 Ontwerp

Uit de beschikbaar gestelde inrichtingschets (zie figuur Figuur 6-5) volgt dat er een randstrookbreedte beschikbaar is van circa 50 m. Deze breedte kan worden terug gebracht tot 30 m (zoals in onderstaande figuur aangegeven).

Voor de noordoost zijde en zuidwest zijde van de plas geldt een lagere faalkans. Hier kan de randstrookbreedte worden beperkt tot een praktische breedte van 20 m (zie onderstaande figuur).

Het huidig ontwerp, zie Figuur 6-5, gaat uit van een winning tot N.A.P.-14,5m. De invloed van de kleinere winddiepte heeft geen invloed op de veiligheidszone door de aanwezigheid van een tussenberm op 10 meter diepte. Maatgevende randstrookbreedte is nog steeds conform Figuur 6-5.



Figuur 6-5: Inrichtingsschets (d.d. 3 november 2015)



7 Conclusies

7.1 Samenvatting

Uit de macrostabiliteitsanalyse blijkt dat een gemiddelde taludhelling met een steilte van 1:3,5 of meer voldoende veiligheid tegen afschuiven waarborgt. Ook de microstabiliteit is bij een helling met een minimale steilte van 1:3,5 voldoende gewaarborgd.

Op basis van de sonderingen wordt geconcludeerd dat het winbare zand matig vast tot vast gepakt zijn en niet gevoelig zijn verwekingsvloeiing. De korrelverdeling gaf echter aan dat de grond wel gevoelig is voor ongewenste bresvloeiing en dat een nadere analyse noodzakelijk is om het bresproces te kunnen beheersen.

De nadere analyse van het bresproces (HMBreach-berekening) laat zien dat een talud met twee onderwaterbermen (Taludprofiel B van figuur 4.3) beter past bij de zandwinactiviteiten. De verwachte taludontwikkeling bij het laagsgewijs aanzuigen van het talud zorgt ervoor dat de helling minder verflauwt en daarmee de kans op ongewenst bressen reduceerd. Uiteraard geldt dat de zuigercapaciteit moet zijn afgestemd op de putleverantie.

Uit de risicoanalyse komt naar voren dat, met een talud 1:3,5 tot een niveau van N.A.P. -10 m, langs de Lauwersseewei een randstrookbreedte van 30 m noodzakelijk is. Dit is maatgevend door de aanwezigheid van een tussenberm van 10 meter op een diepte van N.A.P. -10m en winning tot N.A.P. -14,5m.

Wanneer er onder deze voorwaarden wordt gewerkt, inclusief de voorwaarden zoals aangeven in paragraaf 4.2, dan kan de kans op ongewenst bressen tot een minimum worden gereduceerd.

7.2 Aanbeveling

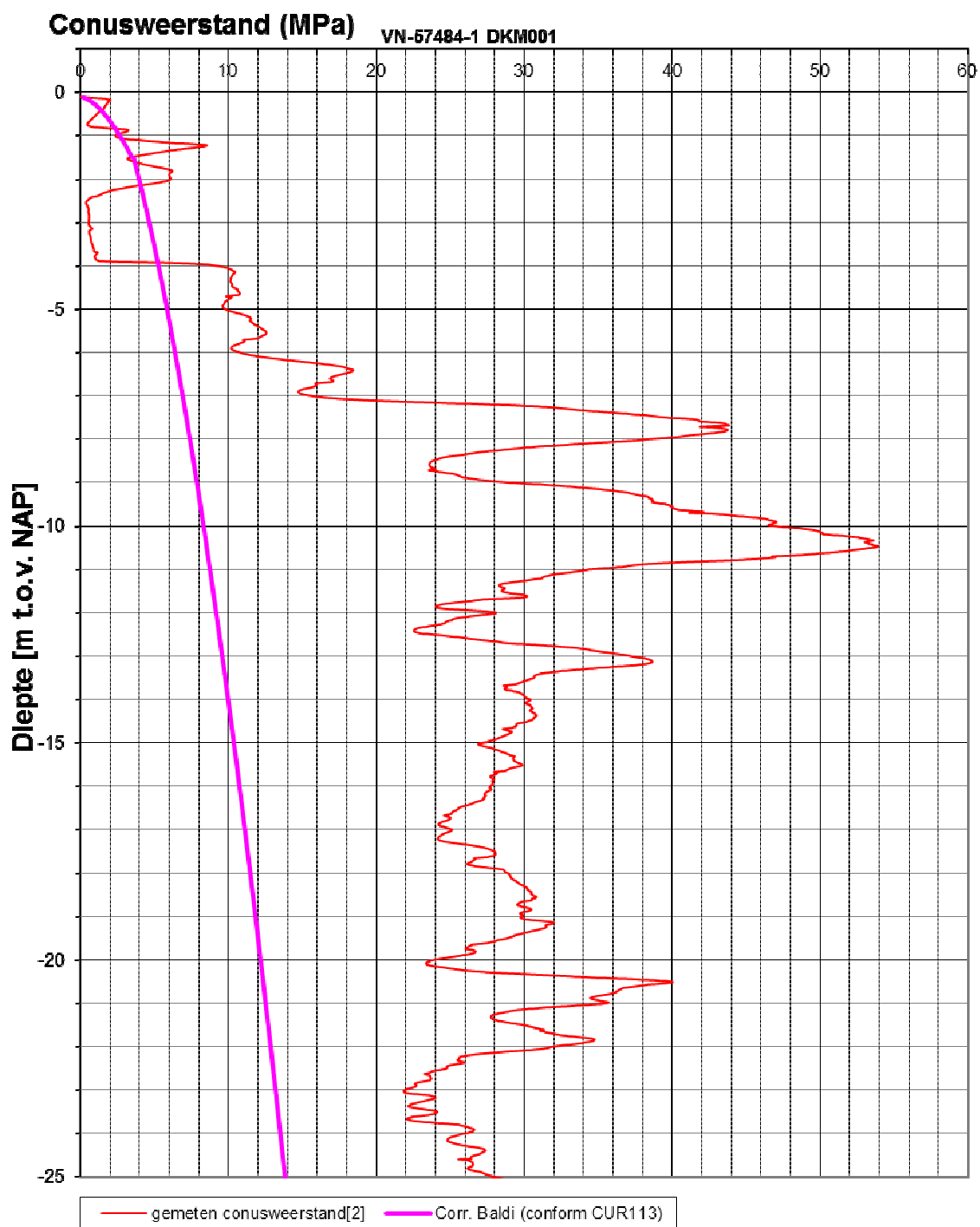
Op basis van de in ons laboratorium bepaalde korrelverdeling kan gesteld worden dat het zand gebruikt kan worden als 'zand in ophoging'.



Bijlage 1




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



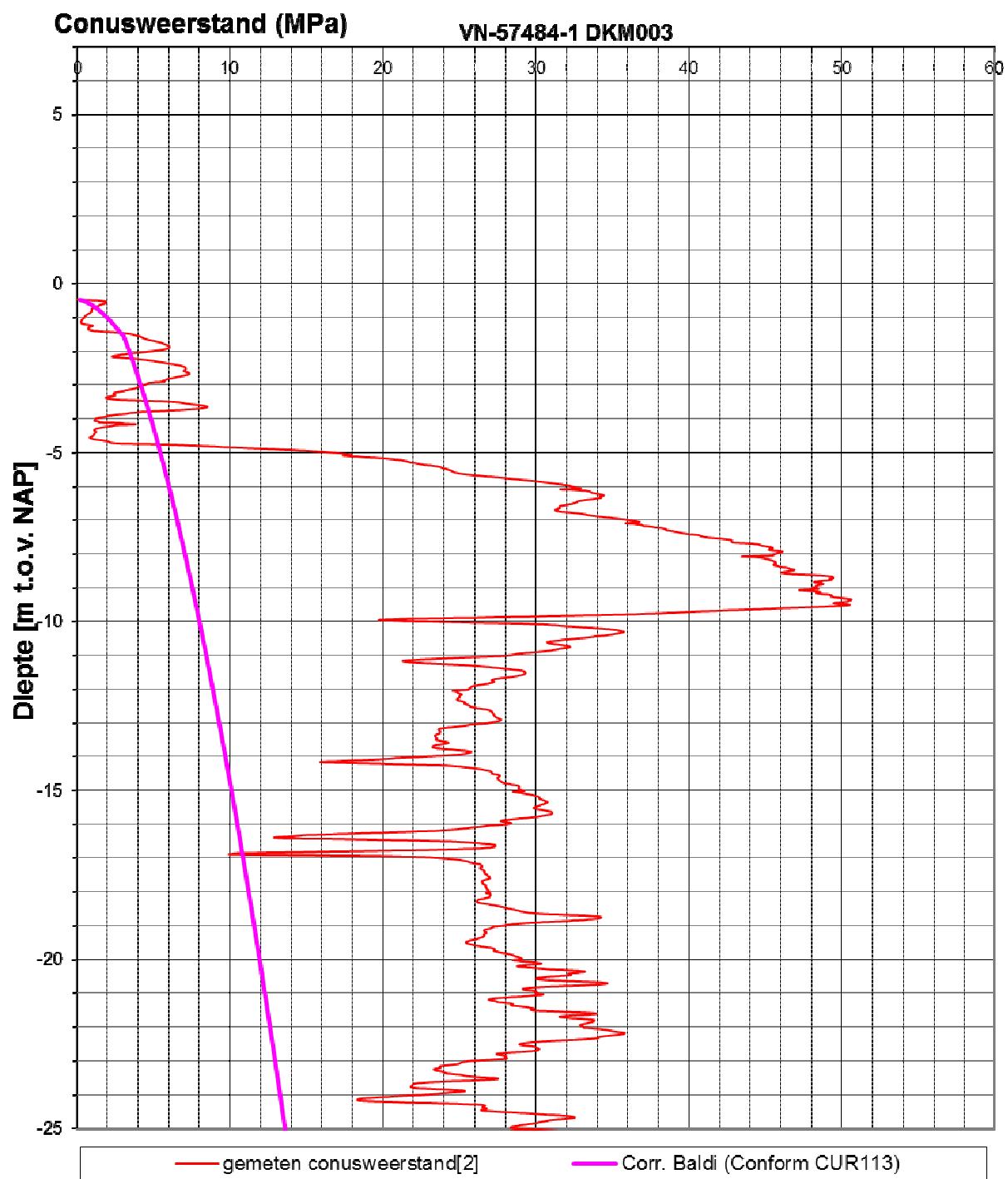
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS





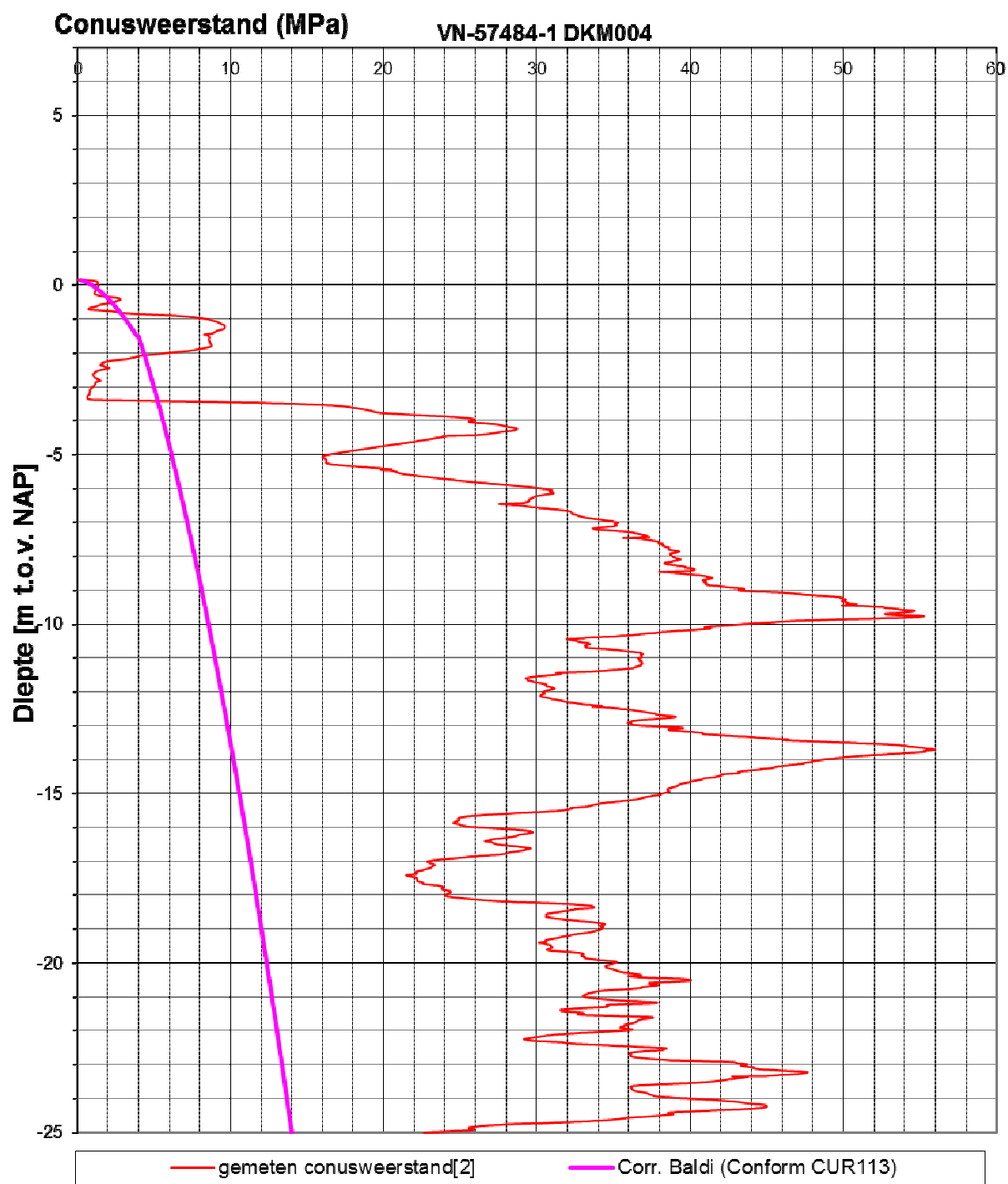
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS





Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS





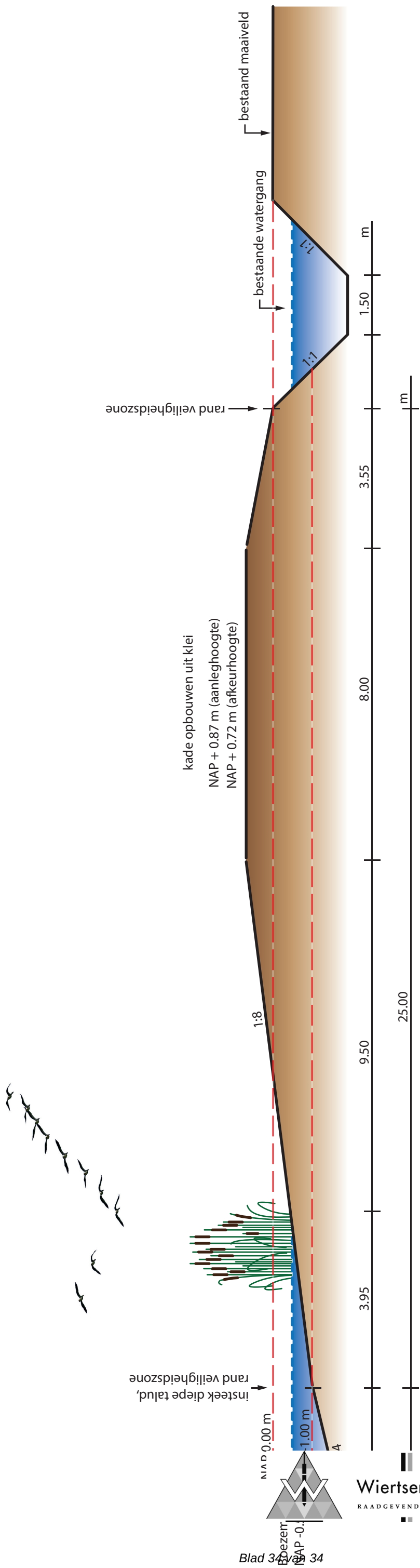
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Bijlage 2




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Zandwinning Aldtsjerk
Oeverprofiel noordzijde
schaal 1:100
datum: 21 april 2017
P-nummer: 304331/350772