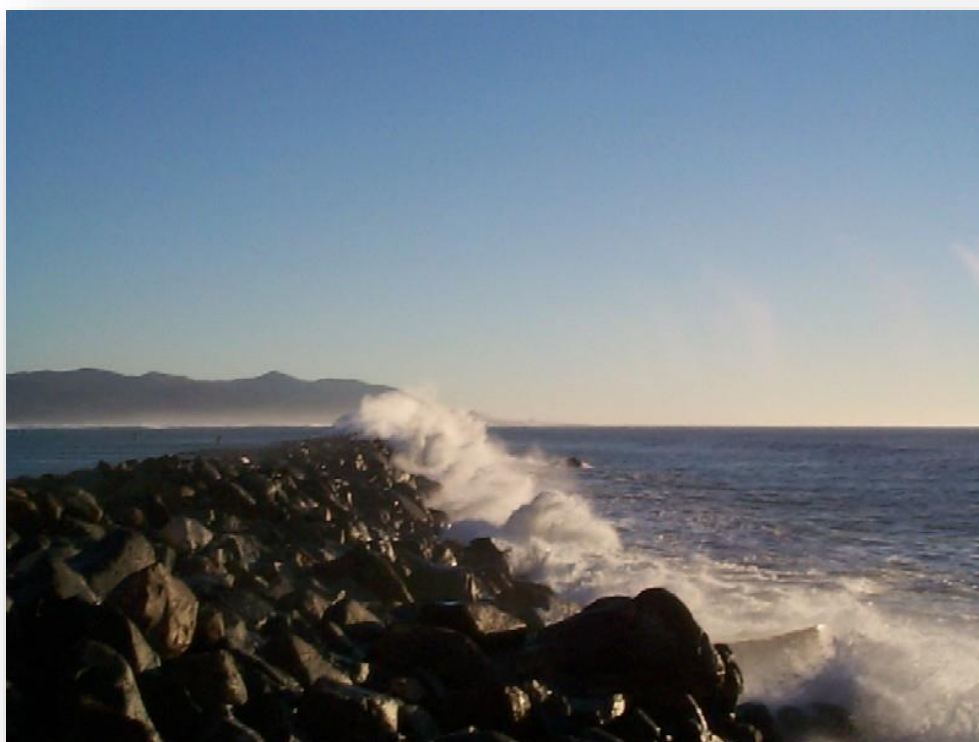


Definitief rapport

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Definitief rapport
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 10-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	23-5-2016	Concept - Definitief rapport	Dennis Dane	Erwin van den Boer
2.0	30-5-2016	Concept – Aanpassen naar feedback	Dennis Dane	Erwin van den Boer
3.0	10-6-2016	Definitief	Dennis Dane	Erwin van den Boer

DEFINITIEF RAPPORT

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Definitief rapport
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 10-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
1.1 AANLEIDING	1
1.2 LOCATIE.....	1
2. OPDRACHT	2
2.1 PROBLEEMSTELLING.....	2
2.2 ONDERZOEKSVRAGEN	2
2.3 DOELSTELLING	2
2.4 AFBAKENING	3
2.5 EISEN	3
3. NAUTISCHE EN GEOTECHNISCHE GEGEVENS	5
3.1 NAUTISCHE GEGEVENS	5
3.2 GEOTECHNISCHE GEGEVENS	5
4. DOWNTIME	6
4.1 ZUIDELIJKE VARIANT	6
4.2 NOORDELIJKE VARIANT.....	7
5. LOCATIE.....	8
5.1 RESULTATEN.....	10
6. VARIANTEN STUDIE	11
6.1 UITSLUITEN VARIANTEN.....	12
6.2 VARIANT STORTSTENENGOLFBREKER MET FILTER EN KERN (VARIANT 1)	14
6.3 VARIANT STORTSTENENGOLFBREKER ZONDER FILTER EN KERN (VARIANT 2)	16
6.4 VARIANT DAMWAND GOLFBREKER MET LAGE BERM (VARIANT 3).....	18
6.5 VARIANT DAMWAND GOLFBREKER MET HOGE BERM (VARIANT 4).....	20
6.6 VARIANT GEOCONTAINER (VARIANT 5).....	22
6.7 MULTI-CRITERIA ANALYSE	24
7. DEFINITIEF ONTWERP	25
7.1 DIMENSIES.....	25
7.2 ZETTING	28
7.3 STABILITEIT	28
7.4 IJSBESTENDIGHEID	29
8. CONCLUSIE & AANBEVELINGEN.....	30
8.1 CONCLUSIE.....	30
8.2 AANBEVELINGEN	31
9. BIBLIOGRAFIE	32
BEGRIPPEN.....	34
SYMBOLEN.....	35

Bijlagen

BIJLAGE A – PLAN VAN AANPAK.....	A
BIJLAGE B – NAUTISCHE EN GEOTECHNISCHE GEGEVENS	B
BIJLAGE C – DOWNTIME BEREKENINGEN.....	C
BIJLAGE D – INHOUDSBEREKENINGEN.....	D
BIJLAGE E – VARIANTEN STUDIE.....	E
BIJLAGE F – DEFINITIEF ONTWERP	F
BIJLAGE G – INTERVIEWS	G

VOORWOORD

De afgelopen maanden heb ik me druk bezig gehouden met de golfbreker voor het project Flevokust. Dit onderzoek heb ik uitgevoerd bij Gebroeders de Koning om mijn studie aan de Hogeschool Rotterdam af te ronden. Ik heb hier goed mijn ei in kwijt gekund, zoals u wellicht zal merken. Ik heb soms dag en nacht aan mijn afstuderen gezeten, niet omdat dit moest maar omdat ik dit leuk vond!

Mijn passie voor de waterbouw begon als klein jongetje op het strand. Ik kon uren lang dijken maken van zand, na vele dijken kwam ik ook tot de conclusie dat stenen goed werken tegen golfslag. Ook heb ik op vakanties naar Frankrijk en Zwitserland vaak een dam gebouwd in een beek, ik vond het mooi om te zien hoe ik de stroming van het beekje kon veranderen.

Dit is mij altijd bijgebleven, mijn keuze voor civiele techniek was dan ook een logische stap. Na me goed te hebben ingelicht, werd mijn keuze definitief. Het bleek een goede keuze te zijn! Dit heb ik goed kunnen merken aan mijn 3^{de} jaar stage (dijkversterking en verlegging voor het project Munnikenland bij GMB), en mijn afstudeerstage.

Nu mijn afstudeerstage afgerond is, presenteer ik met trots mijn afstudeerrapport. Ik wil ten eerste graag Gebroeders de Koning bedanken, waar ik elke dag met veel plezier gewerkt heb. Ik kreeg veel vrijheid, wat ik erg fijn vond. Ook was de feedback altijd goed en on-point. In het bijzonder wil ik Erwin van den Boer bedanken. Erwin was mijn afstudeerbegeleider vanuit Gebroeders de Koning. Ik wil Erwin bedanken voor de goede feedback en de mogelijkheden binnen het bedrijf, ook voor de tijd die hij heeft gestopt in het leveren van feedback. Verder wil ik Leo van Dijk bedanken voor het accepteren van mijn sollicitatie en de interesse die Leo toonde in mij en mijn afstudeerproject. Natuurlijk wil ik mijn collega's bij Gebroeders de Koning bedanken voor de hulp, ondersteuning en het geven van adviezen.

Ook wil ik mijn begeleider van uit school de heer W. Leeuwenstein bedanken. Meneer Leeuwenstein is gespecialiseerd in golfbrekers, hij kon me dan ook goed helpen met bepaalde vragen over de golfbreker. Dit deed hij zowel bewust als onbewust, aangezien een boek waar hij grote delen van heeft geschreven, erg nuttig was. Uiteraard wil ik ook school bedanken voor de kennis die ik de afgelopen jaren heb vergaard.

Last but not least, wil ik mijn familie bedanken voor de steun en toeverlaat. In het bijzonder mijn ouders voor het bieden van de kansen die ik heb gekregen. Ik besef dat ik erg veel geluk heb met mijn ouders, die bereid zijn mij alles te geven voor een goede toekomst en het ontwikkelen van mijn interesses. Ook gaf mijn moeder aan dat ze graag bedankt wilde worden voor het voeren van mij, dus bij dezen: mam, bedankt!

Papendrecht,

Dennis Dane

SAMENVATTING

De provincie Flevoland en de gemeente Lelystad werken aan project Flevokust: het realiseren van een nieuwe overslaghaven met containerterminal en een industrieterrein. De verwachting is dat dit goed is voor de ontwikkeling van het gebied rondom Lelystad.

Dit rapport gaat over een golfbreker binnen project Flevokust. In eerste instantie is er gekeken naar de optimale ligging van de golfbreker, door downtime- en inhoudsberekeningen uit te voeren. Vervolgens zijn er verschillende varianten behandeld om tot een voorkeursvariant te komen, deze variant is verder uitgewerkt tot op het definitieve niveau.

Downtime

Bij de downtime berekeningen zijn de begin- en eindpunten bepaald voor de golfbreker. Uit de downtime berekeningen blijkt dat de noordelijke variant (vaargeul ten noorden van de golfbreker) nooit zal voldoen aan de downtime-eis van maximaal 10 dagen per jaar. De zuidelijke variant (vaargeul ten zuiden van de golfbreker) zal als enige variant wel voldoen aan de downtime-eis. Ook voldoen zowel de ligging van de variant van Gebroeders de Koning als de variant van Royal Haskoning niet aan de downtime-eis.

Ligging

De ligging van de golfbreker is bepaald door inhoudsberekeningen uit te voeren. Uit deze berekeningen blijkt dat de variant van Gebroeders de Koning niet de optimale ligging heeft. Van de berekende varianten is de meest optimale wanneer het middelpunt van de golfbreker relatief ver van kust ligt. Het beginpunt zal dicht bij de kust liggen (variant één) en het eindpunt zal ook dicht bij de kust liggen (variant vijf).

Varianten dwarsdoorsnede

Door middel van een Multi-Criteria Analyse is een voorkeursvariant tot stand gekomen. De varianten staan los van de ligging. In dit deel wordt alleen gekeken naar het “goedkoopste” golfbrekertype. De beschouwde varianten zijn de twee stortstenenvarianten, bestaand uit één stortstenenvariant met filter en kern en één variant zonder. Verder zijn er ook twee varianten onderzocht met een damwand en een berm: één variant heeft een “hoge” berm en één variant heeft een “lage” berm. De laatste beschouwde variant is een golfbreker bestaande uit geocontainers en geotubes. De golfbreker bestaande uit geocontainers en geotubes bleek de goedkoopste te zijn. Dit scheelde echter niet veel met de stortstenenvariant met filter en kern. De voorkeursvariant is de stortstenenvariant met filter en kern geworden. Dit voornamelijk vanwege de ervaring in zowel de uitvoering als het ontwerpen.

Definitief

Verder is de voorkeursvariant uitgewerkt. Het definitieve ontwerp is stabiel. Ook is de zetting zodanig “klein” dat er geen grondverbetering hoeft worden toegepast, de golfbreker blijft voldoen aan eis 4.13. De overhoogte zorgt er niet voor dat de zichtlijnen van de schippers worden belemmerd. De definitieve golfbreker is tot op een zekere hoogte beschermd tegen kruiend ijs. Er zal waarschijnlijk acceptabele schade ontstaan. Per strekkende meter golfbreker zijn de kosten 8590,94 euro.

SUMMARY

The province Flevoland and the municipality Lelystad are both working on project Flevokust: Realizing a new transshipment port including a container terminal and an industrial area. It's to be expected that this will be beneficial to the area surrounding Lelystad.

This report is about a breakwater which is a part of project Flevokust. Initially, there will be looked at the lay-out of the breakwater. This will be determined by conducting downtime and volume calculations. After that the variants are discussed to get to a preferred variant. This variant is elaborated to a final design.

Downtime

The starting and ending points are determined with reference to the downtime calculations. The downtime calculations prove that the northern variant (navigation channel located to the north of the breakwater) will never satisfy the downtime requirements of a maximum of 10 days a year. The southern variant (navigation channel located to the south of the breakwater) is the only situation in which the lay-out will fulfill the downtime requirements. Also the lay-out of Gebroeders de Koning as well as the lay-out of Royal Haskoning won't meet the downtime requirements.

Lay-out

The lay-out of the breakwater is determined by conducting volume calculations. It is apparent from the calculations that the variant of Gebroeders de Koning is not the optimal lay-out. The optimal lay-out is when the middle point of the breakwater is relatively far from the coast. The begin point will be located near the coast (variant one) and the end point will also be located near the coast (variant five).

Variants cross-section

By means of a Multi-Criteria Analysis, a preferred variant was established. These variants are not linked to the lay-out. This part is about the "cheapest" breakwater type. The envisaged variant are two rubble variants consisting of one rubble-mound breakwater including a filter layer and core and one variant without. Also two sheet-pile variants are examined which include one variant with a "high" bank and one with a "low" bank beneath the water level. The last variant will consist of geocontainers and geotubes. The breakwater consisting of geocontainers and geotubes is the cheapest of all the variants. But the difference in costs in comparison to the rubble-mound breakwater including a filter layer and core, was small. The preferred design is the rubble-mound breakwater mostly because of the experience in execution and design.

Final design

The preferred design has been elaborated. The final design is stable. The settlement is also "small", so there's no need for soil improvement the breakwater will still be meeting the set requirements (requirement 4.13). The freeboard won't be an obstacle regarding the line of sight of the skipper. The final breakwater design is, to a certain extent, protected against accumulating ice. There will probably be acceptable damage. The price per running meter of the breakwater will be 8590,94 euro.

LEESWIJZER

Het afstudeerrapport bestaat uit verschillende hoofdstukken en bijlagen. Vrijwel elk hoofdstuk bevat een bijlage. Het hoofdstuk fungeert vaak als een samenvatting van de bijlagen. In hoofdstuk 1 wordt het rapport ingeleid. Ook worden de locatie en aanleiding behandeld. In hoofdstuk 2 wordt het doel van het onderzoek behandeld samen met de deel- en hoofdvragen. De bijbehorende bijlage ter aanvulling van hoofdstuk 1 en 2 is het plan van aanpak (bijlage A).

Het volgende hoofdstuk is het hoofdstuk over de nautische en geotechnische gegevens. Dit hoofdstuk bevat een van de belangrijkste parameters van alle documenten, zoals de maximale golfhoogte. Echter staat in dit hoofdstuk niet alles. Alle parameters worden uitgebreid toegelicht en behandeld in bijlage B – Nautische en geotechnische gegevens.

Het vierde hoofdstuk bevat de downtime bepaling. De downtime is een belangrijke eis vanuit vraagspecificatie 1. Bijlage C dient als “ruggengraad” voor de locatie van de golfbreker. Er is berekend vanaf welk punt de golfbreker zal beginnen en eindigen om zo te voldoen aan de downtime-eis. In bijlage C – Downtime berekeningen, wordt de downtime in detail behandeld.

De downtime berekeningen dienen als invoer voor de inhoudsberekeningen. Bij de inhoudsberekeningen wordt er bepaald wat de ligging van de golfbreker zal zijn. De optimale ligging heeft de minste hoeveelheid aan materiaal benodigd. In hoofdstuk 5 wordt weergegeven wat de optimale locatie van de golfbreker is. In bijlage D – Inhoudsberekeningen wordt dit tot in detail behandeld.

De volgende stap is het bepalen van het optimale type golfbreker. In de variantenstudie zal er worden behandeld welke variant de voorkeursvariant is aan de hand van een Multi-Criteria Analyse. Tevens wordt ook de hoofdvraag beantwoord in dit hoofdstuk. De bijbehorende bijlage is bijlage E – Variantenstudie.

De voorkeursvariant wordt vervolgens uitgewerkt tot op definitief niveau. Dit wil zeggen dat de golfbreker wordt gecontroleerd op bepaalde factoren waar tijdens de variantenstudie geen rekening mee is gehouden. Het hoofdstuk wordt ook nader toegelicht in bijlage F – Definitief ontwerp.

Het laatste hoofdstuk in het afstudeerrapport zijn de conclusies en de aanbevelingen. In dit hoofdstuk wordt beschreven wat er uit het gehele onderzoek kan worden geconcludeerd. Verder worden er nog aanbevelingen gedaan naar vervolgstappen. Er wordt behandeld waar rekening mee moet worden gehouden, wat er waarschijnlijk beter kan en wat er fout is gegaan. Zo kunnen fouten in de toekomst worden voorkomen. Dit is het enige hoofdstuk dat geen bijlage heeft.

Verder zijn er nog overige bestanden toegevoegd in de bijlagen. Dit omtrent communicatie via e-mail. Dit staat in zekere zin los van het rapport, maar niet van het afstuderen.

De bovenstaande tekst is schematisch weergegeven in de onderstaande schema:



Afbeelding 1 – Leeswijzer schema, afstudeerrapport.

1. INLEIDING

De provincie Flevoland en de gemeente Lelystad werken aan het realiseren van een nieuwe overslaghaven met containerterminal. Ook zal er een industrieterrein worden aangelegd. De verwachting is dat dit goed is voor de ontwikkeling van het gebied rondom Lelystad. Het is van belang om aan te geven waarom het onderzoek wordt uitgevoerd, en wat de locatie is van de golfbreker. Qua locatie zijn al twee varianten bekend, namelijk die van Gebroeders de Koning (hierna te noemen Gebr. de Koning) en van Royal Haskoning. De verwachting is dat de locatie van deze varianten niet optimaal zijn. Verder is er ook een golfbrekertype schets van Gebr. de Koning, hiervan is de verwachting dat deze niet het goedkoopst is.

1.1 AANLEIDING

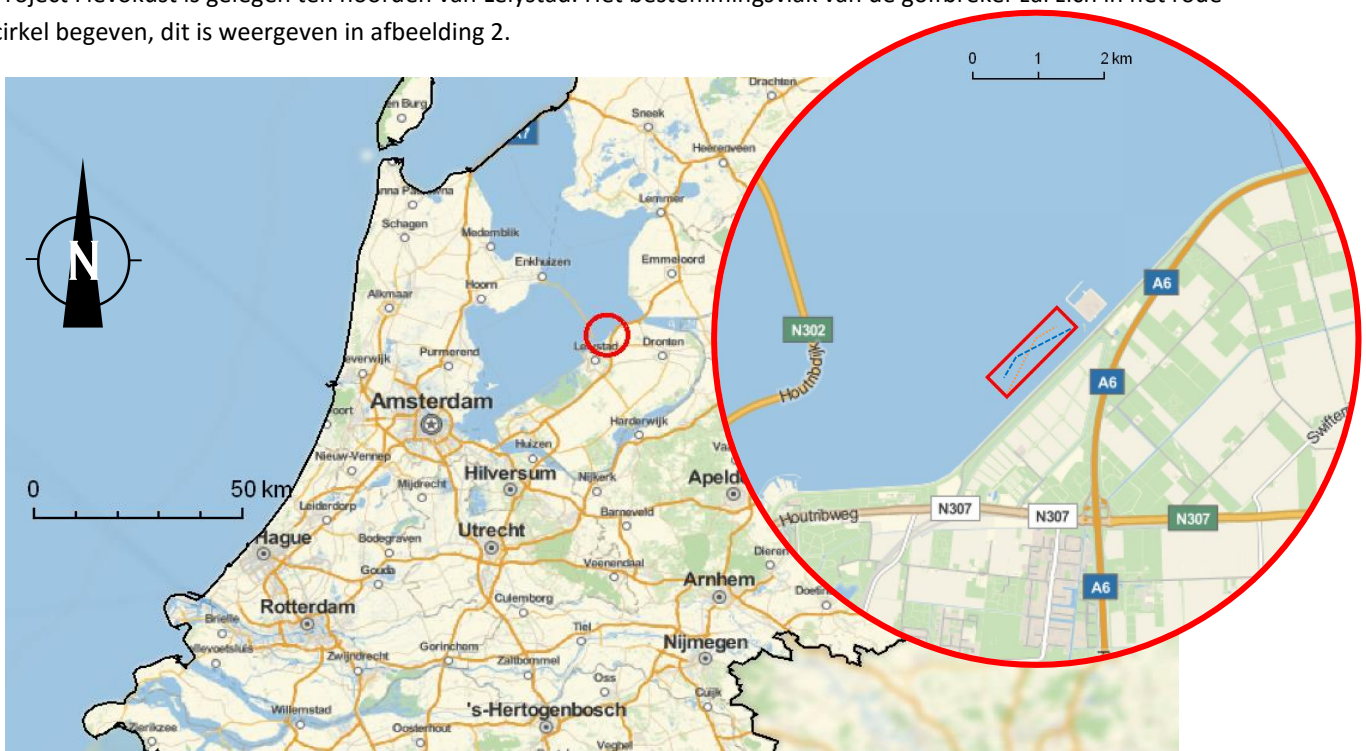
Voor het project Flevokust dient een overslaghaven met een containerterminal en industrieterrein te worden gerealiseerd. Dit project ligt ten noorden van Lelystad en wordt Flevokust genoemd. Het project Flevokust is van groot economisch belang voor de regionale economie en concurrentie positie. Doormiddel van Flevokust zal er minder koolstofdioxide (CO₂), fijnstoffen en stikstofdioxide (NO₂) worden uitgestoten, doordat er meer goederen over het water worden getransporteerd. Dit valt binnen de trend van verduurzamen.

De provincie Flevoland houdt zich bezig met de ontwikkeling van het havengebied. Het havengebied zal bestaan uit een kade van 400 meter lang, deze kan in de toekomst worden uitgebreid naar 800 meter. Dit is van belang voor een golfbreker, met oog op de toekomst.

Het project Flevokust bestaat uit verschillende onderdelen, waarvan één onderdeel de golfbreker is. Het project zal worden gerealiseerd in het IJsselmeer, vlak langs de bestaande vaarweg Amsterdam-Lemmer. Het project ligt buiten de invloedssfeer van de zee, maar er is een golfbreker nodig om golven tegen te gaan ten gevolge van de wind en scheepsvaart. De locatie van de golfbreker en het type golfbreker is van groot belang om ervoor te zorgen dat de schepen in de haven in een golfuwte liggen.

1.2 LOCATIE

Project Flevokust is gelegen ten noorden van Lelystad. Het bestemmingsvlak van de golfbreker zal zich in het rode cirkel begeven, dit is weergegeven in afbeelding 2.



Afbeelding 2 – Bestemmingsvlak golfbreker. Bron [Mathematica & Google Earth]
Variant Gebr. de Koning is de blauw gestippelde lijn en variant Royal Haskoning is de oranje gestippelde lijn.

2. OPDRACHT

Om het onderzoek een succes te maken, is het van belang om een heldere onderzoeksvraag te formuleren. Ook waarom het onderzoek is uitgevoerd is van belang. In dit hoofdstuk wordt dat toegelicht.

Provincie Flevoland (hierna te noemen opdrachtgever) is de opdrachtgever van project Flevokust. Via de aanbestedingskalender en TenderNed is het project aangekondigd. Uit de ontvangen aanmeldingen zijn er vijf gegadigden geselecteerd. Eén van de gegadigden is de combinatie Gebr. de Koning en Baggerbedrijf de Boer oftewel DutchDredging. Door Gebr. de Koning is mij gevraagd om een golfbreker uit te werken, ook wanneer de tender niet wordt gewonnen. Dit rapport kan worden gebruikt als hulpmiddel bij toekomstige golfbrekers.

2.1 PROBLEEMSTELLING

De hoofdvraag die zal worden beantwoord in het rapport luidt als volgt:

“Welk golfbrekertype biedt de beste bescherming voor de overslaghaven Flevokust qua kosten en overige factoren?”

2.2 ONDERZOEKSVRAGEN

Ter ondersteuning van de hoofdvraag worden de volgende deelvragen behandeld gedurende het rapport. Deze vragen worden niet direct beantwoord. De antwoorden blijken uit de tekst en/of de berekeningen.

- **Welke ligging van de golfbreker voldoet het beste aan de eisen?**
- **Wat is de downtime van de overslaghaven met de ontworpen golfbreker?**
- Welke belastingen / krachten treden er op tegen de golfbreker?
- Wat is het effect van de golfbreker op de ondergrond?
- Is de golfbreker stabiel?
- Welk materiaal of combinatie van materialen zijn het meest geschikt voor de golfbreker?
- **Wat is het ideale golfbrekertype in de situatie van Flevokust?**
- **Welke golfbreker is het meest kostenefficiënt?**
- **Wat zijn de dimensies van de golfbreker?**

2.3 DOELSTELLING

Voor het project Flevokust is een tender gemaakt. Een onderdeel van de tender is een golfbreker. In de tender is dit een grove berekening van een damwand met een traditionele breukstenen golfbreker. De doelstelling is aan de hand van het Programma van Eisen (hierna te noemen PvE) diverse varianten op te stellen, om vervolgens een afweging te maken welke variant het beste is, en deze variant verder uit te werken. Dit zal beginnen door een aantal voorontwerpen (hierna te noemen V.O.) op te stellen op basis van het PvE. Vervolgens kunnen diverse onderdelen van de golfbreker worden doorberekend om zo tot een ontwerp te komen dat op definitief ontwerp niveau (hierna te noemen D.O.) is uitgewerkt. Verder moet het mogelijk zijn om aan de hand van dit rapport (als hulpmiddel) een golfbreker te kunnen berekenen. Het rapport dient uiterlijk 14 juni ingeleverd te zijn bij Hogeschool Rotterdam.

2.4 AFBAKENING

Om de doelstelling te kunnen halen moet het onderzoek worden afgebakend. De golfbreker wordt gerealiseerd binnen het project Flevokust. Dit houdt in dat alleen de golfbreker wordt onderzocht. Het onderzoek zal zich beperken tot één dwarsdoorsnede van de golfbreker. Deze doorsnede wordt volledig doorberekend en ontworpen. Het onderzoek blijft beperkt tot één doorsnede omdat er wordt uitgegaan dat bij andere doorsneden de berekeningsmethode hetzelfde zal blijven. De effecten van shoaling, refractie, reflectie en scheepsgolven worden niet meegenomen in het ontwerp. Ook het effect van de Maxima-centrale op de inkomende golven wordt niet meegenomen. Het effect van ijs wordt meegenomen in het ontwerp, echter is het maar de vraag in hoeverre dit reëel is.

Het eindrapport zal niet dienen als uitvoeringsplan of werkplan, echter is het wel de bedoeling dat door middel van het eindrapport een golfbreker kan worden gerealiseerd.

2.5 EISEN

Vanuit de opdrachtgever zijn er bepaalde eisen gesteld aan de technische aspecten van de golfbreker. Die mag bijvoorbeeld niet hoger zijn dan 2,5 meter boven de laagste waterstand (eis 4.13). Verder zijn er ook eisen gesteld aan de ligging van de golfbreker, zoals dat de downtime niet meer mag zijn dan tien dagen per jaar (eis 4.11). In dit hoofdstuk worden de eisen beschreven die van belang zijn voor de golfbreker. De golfbreker voldoet aan de eisen, wanneer er is voldaan aan de eisen van vraagspecificatie 1 (hierna te noemen VSP1). De eisen zijn weergegeven in het volgende format: **[Uniek eis nummer – Titel]** gevolgd door een beschrijving van de eis.

- **[4.02 – Vooruit varen]**
Scheepvaart dient het gebied achter de golfbreker altijd vooruit varend te kunnen invaren en altijd vooruit varend te kunnen uitvaren. Toelichting: De vaarwegontsluiting dient te beschikken over 2 vaargeulen (een noordelijke en een zuidelijke) of dient te beschikken over een zwaaiком achter de golfbreker in combinatie met minimaal 1 vaargeul om vooruit varen te allen tijde mogelijk te maken.
- **[4.09 – Beheersen golfklimaat]**
De golfbreker dient een golfuwe zone over de gehele kadelengte te creëren, waardoor laad- en losactiviteiten langs de gehele kadeconstructie kunnen plaatsvinden tot en met windkracht 7 Bf. Verificatiemethode: Golfmodel waarbij voor de significante golfhoogte voor laad- en los operaties (downtime criteria langs de kade) dient te worden uitgegaan van:
 - Inkomende significante golfhoogte van 30 cm dwars op het schip;
 - Inkomende significante golfhoogte van 50 cm op de boeg;
 - Voor golven die schuin invallen dient uitgegaan te worden van een significante golfhoogte van 40 cm.
- **[4.10 – Locatie golfbreker]**
De complete golfbreker dient binnen het bestemmingsvlak golfbreker te worden gerealiseerd en mag niet drijven.
Toelichting: Een deel van het bestemmingsvlak wordt in de vergunningen uitgesloten voor de bouw van een golfbreker.
- **[4.11 – Downtime t.g.v. golven]**
De golfbreker dient te zijn ontworpen dat een downtime (niet beschikbare tijd) van de terminal ten gevolge van golfwerking maximaal 10 dagen per jaar bedraagt onder de hydraulische golfbrandvoorwaarden en scheepsgolven volgens eis 'Scheepsgolven'.
Verificatiemethode: Aantonen d.m.v. een geschikt golfmodel waarmee ten minste processen als shoaling, diffractie, refractie, reflectie en transmissie worden meegenomen.
- **[4.12 – Downtime t.g.v. overige aspecten]**
Overige aspecten voor de downtime: extreem laag water en ijsgang dienen niet te worden meegenomen binnen de downtime.

- **[4.13 – Hoogte algemeen]**

De golfbreker mag geen zichtlijnen van uitvarende of passerende schepen breken waardoor nautische veiligheid in het geding komt. De constructie mag niet meer dan 2,5 m boven de minimaal voorkomende waterstand uitkomen.

Verificatiemethode: Aantonen d.m.v. toets van het ontwerp aan de RVW 2011 incl. supplement

- **[4.18 – Scheepsgolven]**

De golfbreker dient ontworpen te worden op golven ten gevolge van scheepvaart in de Vaarweg Amsterdam Lemmer, 30.000 passages per jaar beroepsvaart en maatgevend schip CEMT klasse Vb met een vaarsnelheid geladen en ongeladen van respectievelijk 12 en 20 km/uur.

- **[4.26 – Toekomstige verdieping]**

De hoofdconstructie dient dusdanig te zijn vormgegeven dat verdieping van de vaarweg in de toekomst, tot een diepte van minimaal NAP -6,35 m, geen nadelige gevolgen heeft voor de constructie en ook dan binnen de beschikbaar gestelde ruimte realiseerbaar is.

- **[4.28 – Zwaairomme achter golfbreker]**

Indien een zwaairom achter de golfbreker wordt toegepast, dient deze geschikt te zijn voor CEMT klasse Vb en een kruiplijncoaster R/S 2.

Verificatiemethode: Aantonen d.m.v. ontwerp verantwoording volgens RVW 2011.

3. NAUTISCHE EN GEOTECHNISCHE GEGEVENS

In dit hoofdstuk worden in het kort de belangrijkste gegevens weergegeven. Uitgebreidere gegevens zijn terug te vinden in bijlage B – Nautische en geotechnische gegevens.

3.1 NAUTISCHE GEGEVENS

De belangrijkste nautische parameters zijn weergegeven in de onderstaande tabel:

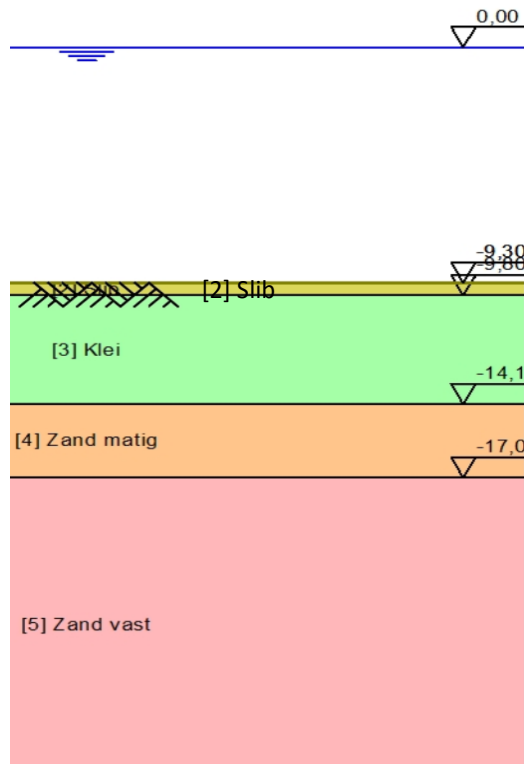
Tabel 1 – Belangrijkste nautische parameters

Symbol	Omschrijving (NL)
$H_{1/100}$	1,5 meter
H_s	0,9 meter
N	6651 golven
Stormduur	8 uur
$T_{1/100}$	4,33 seconden
T_m	3,82 seconden

De tabel geeft de belangrijkste parameters, dus niet alle parameters. Overige parameters zijn weergegeven in bijlage B – Nautische en geotechnische gegevens, zoals de overschrijdingskans van een golfhoogte (voornamelijk gebruikt voor de diffractie berekeningen).

3.2 GEOTECHNISCHE GEGEVENS

Bij de geotechnische gegevens is voornamelijk de grondopbouw van belang.



Tabel 2 – Gelaagdheid grond.

Bereik m -N.A.P.	Grond soort
9,30 – 9,80	Slib
9,80 – 14,10	Klei
14,10 – 17,00	Matig zand
17,00 +	Stevig zand

In afbeelding 3 en tabel 2 is weergegeven waar de grond uit bestaat.

Afbeelding 3 – Gelaagdheid grond.

4. DOWNTIME

De downtime is een belangrijke eis vanuit VSP 1. Downtime is een belangrijk begrip in dit rapport en betekent:

DOWNTIME - "DE TIJD WANNEER GOLVEN TEGEN DE KADE TE GROOT ZIJN VOOR EEN SCHIP OM TE KUNNEN AANMEREN"

De downtime aan de kade mag niet meer dan 10 dagen per jaar bedragen, dit is gelijk aan 2,74%. In de huidige situatie zonder golfbreker zal er een downtime van 17,667% optreden, oftewel 64 dagen. Dit is een te grote downtime. Een golfbreker zal nodig zijn om de downtime onder de 10 dagen te krijgen. Het is van belang om een begin- en eindpunt voor de golfbreker te nemen, waarbij het punt binnen het bestemmingsgebied van de golfbreker ligt en waar ook de downtime onder de 2,74% zal zijn. De overschrijdingsgolven vanuit verschillende hoeken moet worden verminderd. Tijdens het bepalen van de locatie zal er alleen worden gekeken naar de toename of afname van de golfhoogte ten gevolge van diffractie.

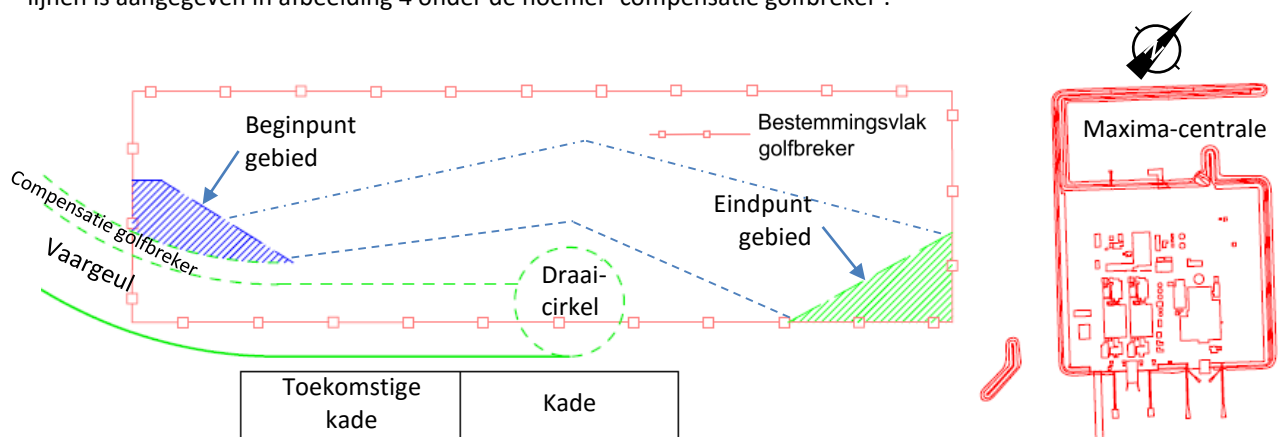
In de tender is een noordelijke variant als V.O. gebruikt. Gebr. de Koning heeft een zuidelijke variant ontworpen. Met de berekeningen wordt er naar beide varianten gekeken. Vervolgens wordt er een optimale ligging bepaald.

4.1 ZUIDELIJKE VARIANT

In de zuidelijke variant zal de vaargeul ten zuiden liggen van de golfbreker. De zuidelijke variant heeft een aantal voordelen:

- Omwoelend zand/slib ten gevolge van boegstralen zal niet in het koelwater van de Maxima-centrale terecht komen;
- Er is meer ruimte voor schepen om de bocht te kunnen maken;
- Kans dat schepen de Maxima-centrale raken is kleiner;
- Schepen vanuit Amsterdam kunnen sneller en makkelijker de haven in varen;
- De opening van de haven ligt op een plek waar de bodem diep is.

Volgens de downtime berekeningen is een zuidelijke variant mogelijk, mits het beginpunt in het blauw gearceerde gebied ligt en het eindpunt in het groen gearceerde gebied, zie afbeelding 4. De totstandkoming van deze gearceerde gebieden wordt toegelicht in bijlage C – Downtime diffractie. De bovenste groene gestippelde lijn is een compensatie van de golfbrekerhelling, aangezien de golfbreker niet in de vaargeul mag liggen. De onderste groene gestippelde lijn geeft daadwerkelijke locatie van de vaargeul aan. De afstand tussen de twee groene gestippelde lijnen is aangegeven in afbeelding 4 onder de noemer 'compensatie golfbreker'.



Afbeelding 4 – Downtime resultaten variant zuid.

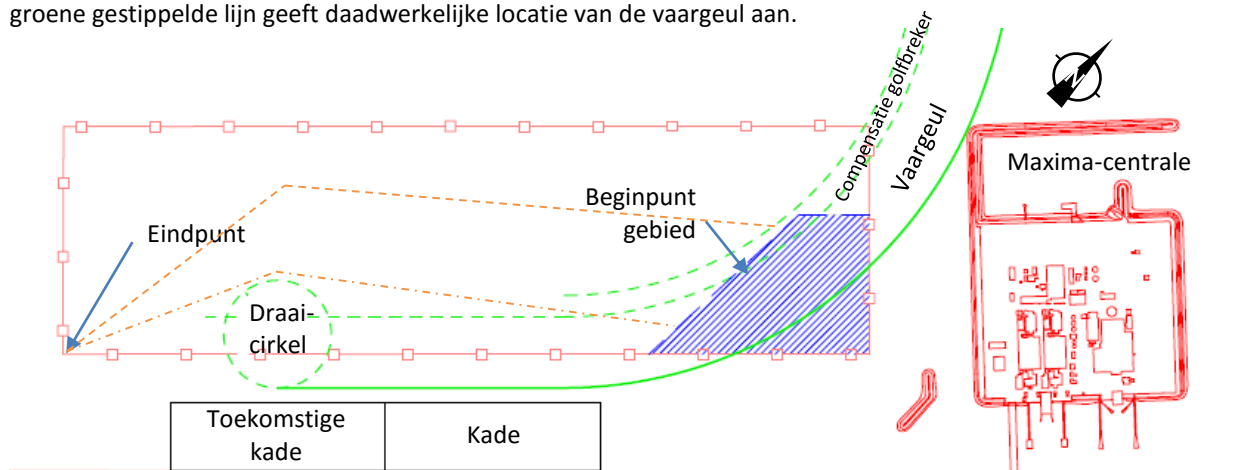
Voorbeeld tracé voor de ligging van een golfbreker aangegeven met een blauwe stippellijn

4.2 NOORDELIJKE VARIANT

In de noordelijke variant zal de vaargeul ten noorden liggen van de golfbreker. De noordelijke variant heeft een aantal voordelen:

- Gemakkelijk uit te breiden door de toevoeging van een tweede kade
- Reductie van golfhoogte in de opening van de haven door de Maxima-centrale

Volgens de downtime berekeningen is de noordelijke variant niet mogelijk. De totstandkoming van deze gearceerde gebieden wordt toegelicht in bijlage C – Downtime diffractie. De bovenste groene gestippelde lijn is een compensatie van de golfbrekerhelling, aangezien de golfbreker niet in de vaargeul mag liggen. De onderste groene gestippelde lijn geeft daadwerkelijke locatie van de vaargeul aan.



Afbeelding 5 – Downtime resultaten variant noord.

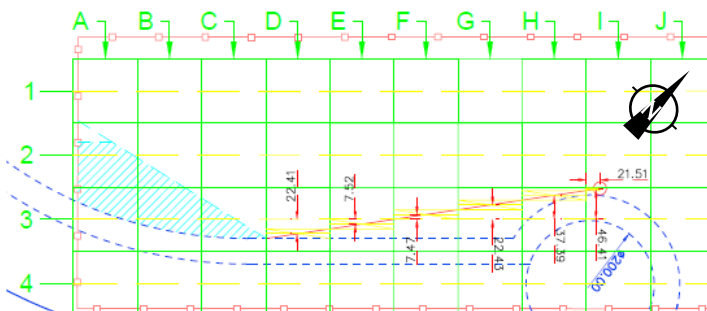
Voorbeeld tracé voor de ligging van een golfbreker aangegeven met een oranje stippellijn

Wanneer er van de meest gunstige situatie wordt uitgegaan, zal de noordelijke variant niet voldoen. Oftewel de noordelijke variant zal nooit voldoen aan de downtime-eis als de golfbreker binnen het bestemmingsvlak moet liggen. In de meest gunstige variant ligt het eindpunt op het uiterste punt binnen het bestemmingsvlak. Hierbij moet de golfbreker worden geplaatst in het blauw gearceerde gedeelte. Echter, het blauw gearceerde gedeelte ligt in de vaargeul. Onder geen enkele voorwaarde is het acceptabel om de golfbreker in de vaargeul te plaatsen, om zo te voldoen aan de downtime-eis. Het is dus onmogelijk om de golfbreker te plaatsen als het bestemmingsvlak niet wordt uitgebreid. Zie afbeelding 5.

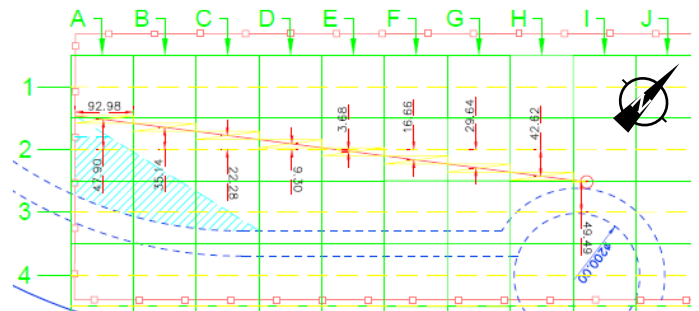
5. LOCATIE

Het bepalen van de locatie is van belang voor de golfbreker. De locatie moet voldoen aan de downtime-eisen en de golfbreker mag niet in de vaargeul komen te liggen. Ook moet er een afstand zijn van minimaal 20 meter van de vaargeul, om zo te voorkomen dat de golfbreker in het profiel van de vaargeul komt te liggen. In hoofdstuk 4 is aangegeven dat een noordelijke variant nooit zal voldoen aan de downtime-eis. Dit is de reden waarom de noordelijke variant niet is meegenomen in de locatie bepaling (inhoudsberekeningen). De locaties bestaan uit twee hoofdvarianten, namelijk een middelpunt dicht bij de kust en een middelpunt ver van de kust. De hoofdvarianten zijn opgesplitst in het beginstuk (van het begin tot het midden) en het eindstuk (van het midden tot het eind). De varianten die horen bij dicht bij de kust zijn weergegeven in de volgende afbeeldingen:

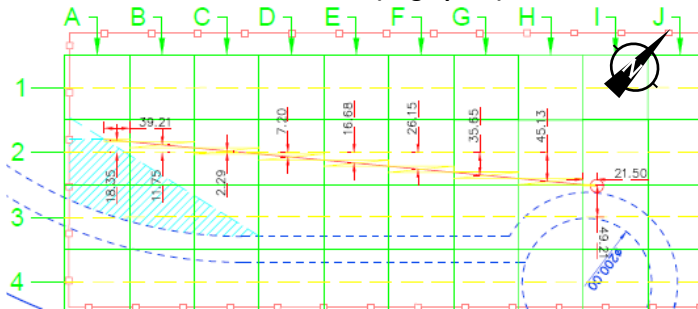
Variant 1 – (Beginpunt)



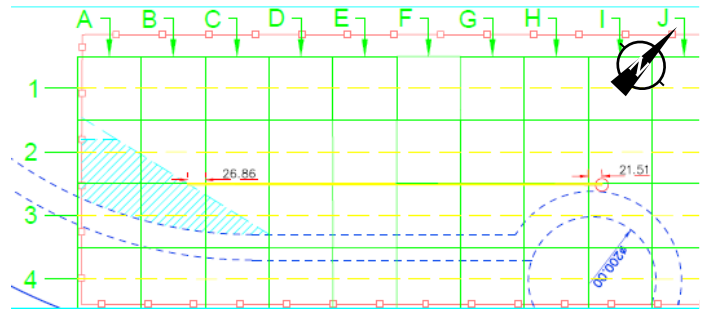
Variant 2 – (Beginpunt)



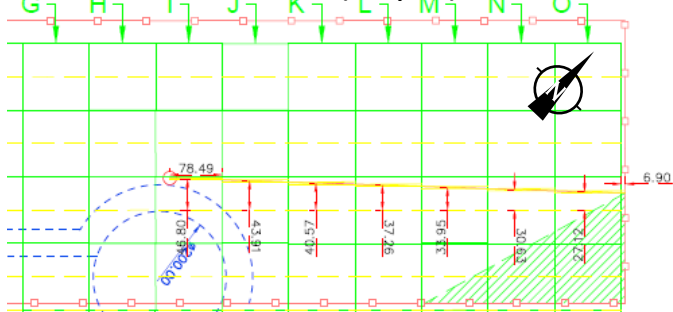
Variant 3 – (Beginpunt)



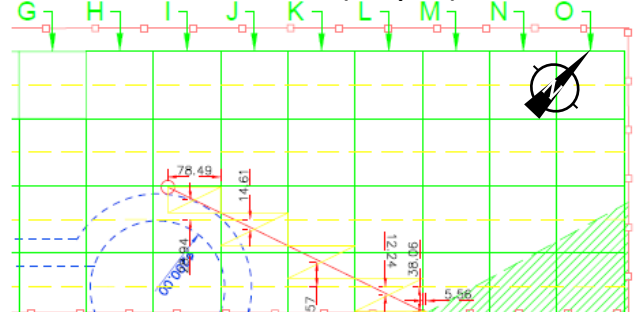
Variant 4 – (Beginpunt)



Variant 5 – (Eindpunt)

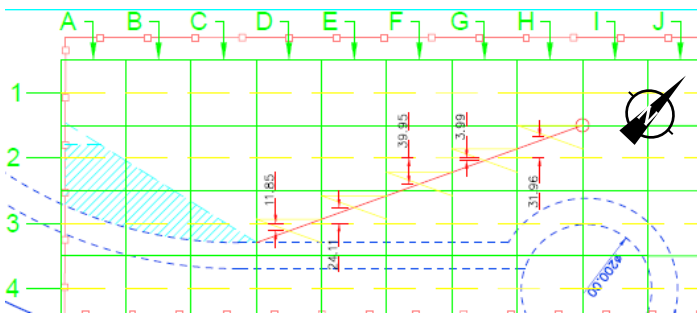


Variant 6 – (Eindpunt)

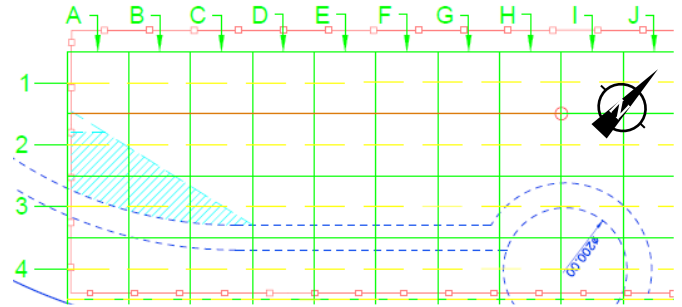


De varianten met het middelpunt ver van de kust zijn weergegeven in de volgende afbeeldingen:

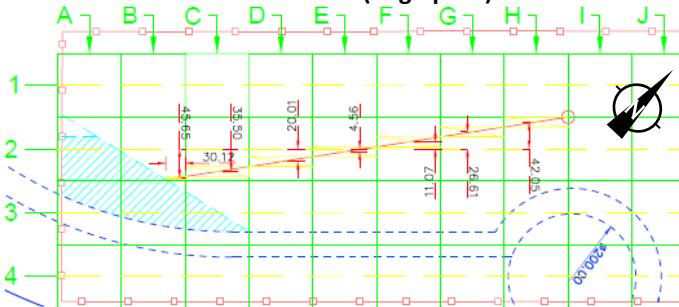
Variant 1 – (Beginpunt)



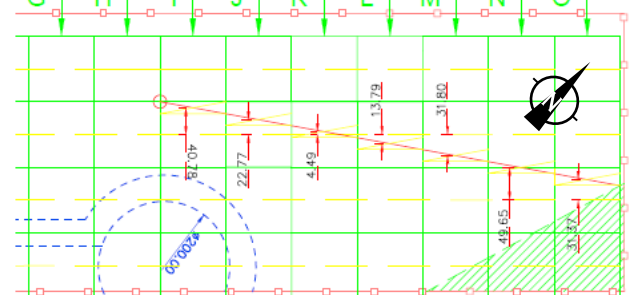
Variant 2 – (Beginpunt)



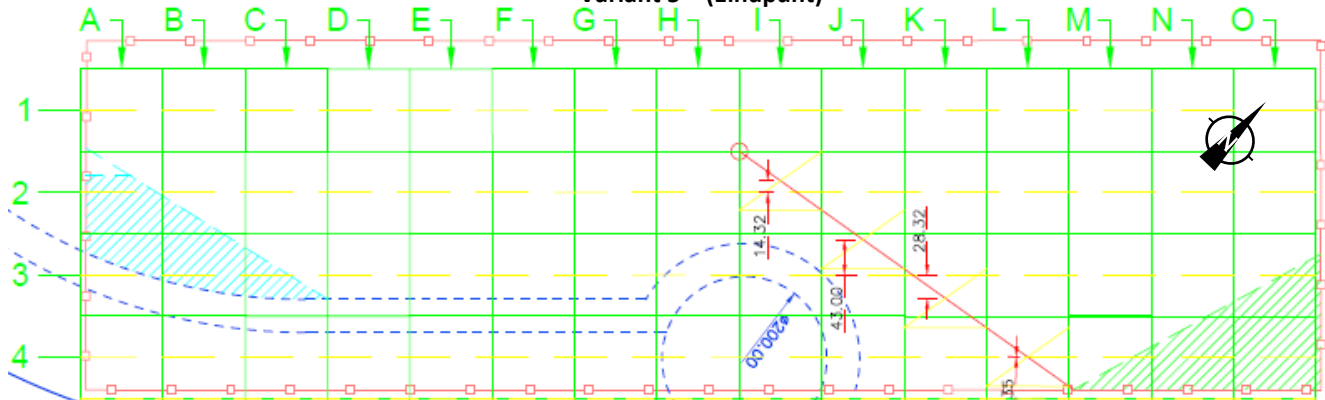
Variant 3 – (Beginpunt)



Variant 4 – (Eindpunt)



Variant 5 – (Eindpunt)



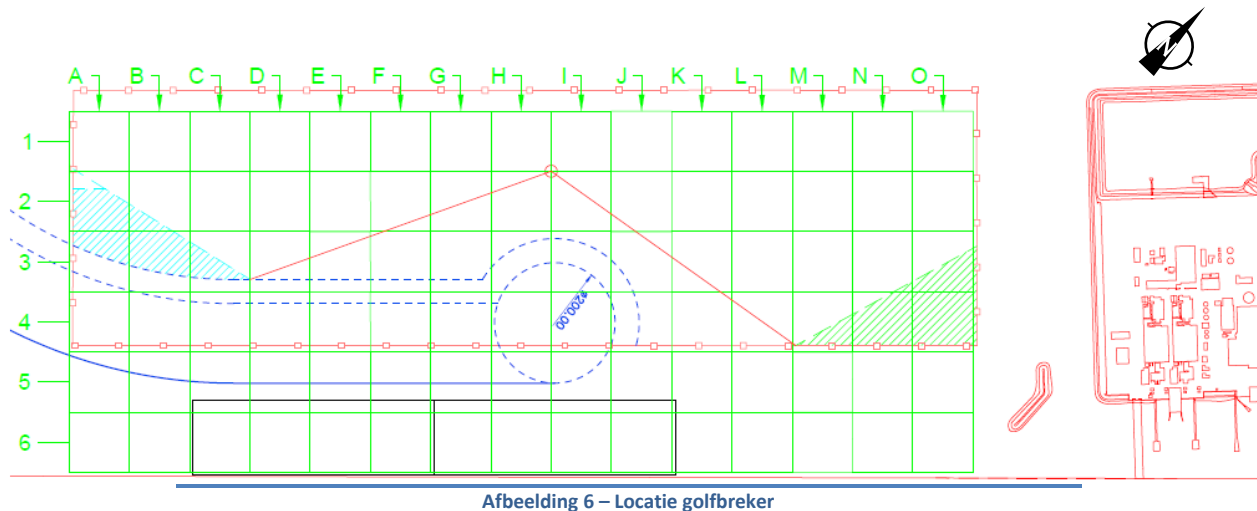
5.1 RESULTATEN

Elke variant heeft zijn eigen hoeveelheid aan benodigd materiaal. De varianten van het beginpunt moeten worden gecombineerd met die van het eindpunt. De resultaten van de inhoudsberekeningen zijn weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 3 – Resultaten per variant.

Dicht bij de kust				Ver van de kust			
Begin punt		Eind punt		Begin punt		Eind punt	
Materiaal [m³]		Materiaal [m³]		Materiaal [m³]		Materiaal [m³]	
Variant 1	295.475	Variant 5	2537,98	Variant 1	250.608	Variant 4	281.458
Variant 2	400.031	Variant 6	135.715	Variant 2	345.476	Variant 5	137.227
Variant 3	394.832			Variant 3	330.153		
Variant 4	368.231						

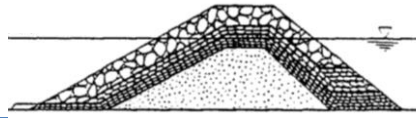
Uit de tabel blijkt dat de combinatie van variant 1 en variant 5 met het middelpunt ver van de kust, het minst aan materiaal benodigd is. Het verloop van de golfbreker is weergegeven in de onderstaande afbeelding:



6. VARIANTEN STUDIE

In dit hoofdstuk worden verschillende varianten toegelicht. Uiteindelijk zal er door middel van een Multi-Criteria analyse (hierna te noemen MCA) een voorkeursvariant worden bepaald. Ook worden er varianten uitgesloten op basis van voor- en nadelen. De varianten die worden behandeld zijn de volgende varianten:

- Stortstenengolfbreker met kern en filterlaag (semi permeable);



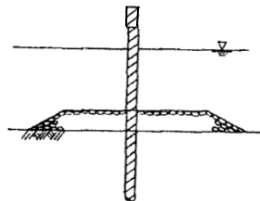
Afbeelding 7 - Stortstenengolfbreker met kern en filterlaag (semi permeable). Bron [19]

- Stortstenengolfbreker zonder kern en filterlaag (volledig permeable);



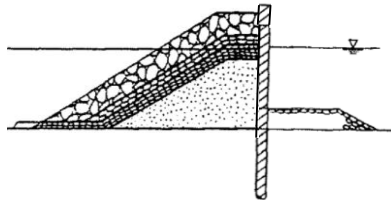
Afbeelding 8 - Stortstenengolfbreker zonder kern en filterlaag (volledig permeable). Bron [19]

- Damwandgolfbreker met stortstenen berm onder water;



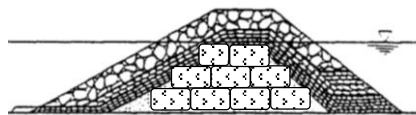
Afbeelding 9 - Damwandgolfbreker met stortstenen berm onder water. Bron [19]

- Damwandgolfbreker met stortstenen berm boven water;



Afbeelding 10 - Damwandgolfbreker met stortstenen berm boven water. Bron [19]

- Golfbreker van geocontainers.



Afbeelding 11 - Golfbreker van geocontainers. Bron [19]

Per variant worden als eerst de dimensies bepaalt door middel van empirische formules. Door middel van deze formules kan er enigszins optimaal worden gedimensioneerd. Wanneer de dimensies bekend zijn voor alle varianten, kan er worden bepaald hoeveel een variant per strekkende meter ongeveer gaat kosten. De kosten behoren tot de belangrijkste punten in de MCA. De MCA wordt verder toegelicht in bijlage E. Andere factoren die in de MCA worden behandeld zijn:

- Betrouwbaarheid;
- Ervaring;
- Uitvoerbaarheid;
- Ijsbestendigheid;
- Duurzaamheid.

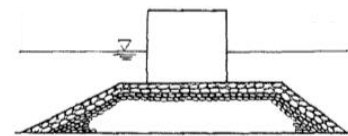
Alle varianten zijn berekend op één bepaalde diepte, dit is namelijk de grootste diepte binnen het bestemmingsvlak. De diepte is -9,8 meter onder N.A.P.. Na verwachting kost een golfbreker bij deze diepte het meest en geeft het diepste punt aan of een golfbreker daadwerkelijk kan worden geconstrueerd bij deze diepte.

6.1 UITSLUITEN VARIANTEN

Er is een grote diversiteit wat golfbrekertypes betreft. Bij voorhand kunnen er een aantal varianten worden uitgesloten.

Caissongolfbreker

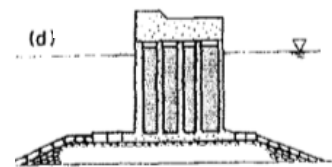
De Rock Manual [4] geeft aan dat een caisson over het algemeen pas economisch wordt wanneer de waterdiepte groter is dan 15 meter. Het diepste punt van de golfbreker is 9,8 meter onder N.A.P.. Alle caisson varianten worden dan ook uitgesloten.



Afbeelding 12 –
Caissongolfbreker. Bron [19]

Composietgolfbreker

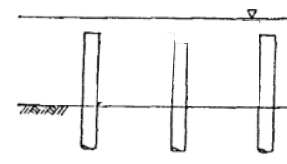
Een composiet golfbreker komt sterk overeen met een caisson. Een composietgolfbreker is een caisson met als berm betonnen elementen. Een composietgolfbreker kan ook een caisson zijn met een toevoeging. Er kan een golfkamer aanwezig zijn om de golven te reduceren. Deze golfbreker is economisch bij een grote golfhoogte en grote waterdiepte. De grootste golven van 1/100 jaar tegen de golfbreker zijn relatief klein met 1,5 meter. Alle composietgolfbreker varianten worden dan ook uitgesloten.



Afbeelding 13 –
Composietgolfbreker.
Bron [19]

Palengolfbreker

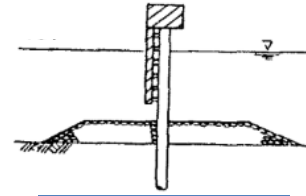
Een palengolfbreker reduceert de golfhoogte. Een palengolfbreker kan bestaan uit één rij of meerdere rijen om de golfhoogte te reduceren. Echter zal de golfhoogte door een palenreeks niet voldoende worden gereduceerd om de transmissie naar 10% te krijgen. Een palen golfbreker wordt daarom ook uitgesloten.



Afbeelding 14 –
Palengolfbreker. Bron [19]

Curtain-wallgolfbreker

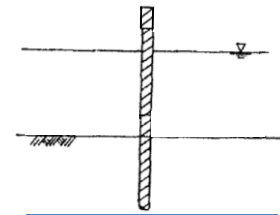
Een curtain-wallgolfbreker bestaat uit palen met aan de bovenkant een scherm. Er is alleen aan de bovenkant een scherm aanwezig. Het verschil met een damwand is dat de dynamische krachten niet te groot worden, doordat het water onder het scherm door kan bewegen. Echter is de verwachting dat er niet kan worden voldaan aan 10% transmissie doormiddel van een curtain-wallgolfbreker. Deze verwachting is gebaseerd op het feit dat er onder het scherm nog een deel van de golf door kan en daardoor een te grote transmissie zal optreden. Een curtain-wallgolfbreker wordt daarom ook uitgesloten.



Afbeelding 15 – Curtain-wallgolfbreker. Bron [19]

Damwandgolfbreker zonder berm

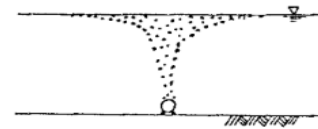
Bij de varianten is ook een damwandgolfbreker met berm meegenomen, echter niet zonder berm. De verwachting is dat de dynamische krachten zodanig groot worden op de damwand, dat de levensduur van 50 jaar niet zal worden gehaald. De grond waarin een damwand is aangebracht is slecht bestand tegen dynamische belastingen. Dit is te vergelijken met een verkeersbord waar veel wind op staat, het verkeersbord zal niet vervormen door de wind maar de grond zal steeds losser komen te zitten, waardoor uiteindelijk het verkeersbord op de grond komt te liggen. Een damwandgolfbreker zonder berm wordt ook uitgesloten.



Afbeelding 16 – Damwandgolfbreker zonder berm. Bron [19]

Pneumatische golfbreker

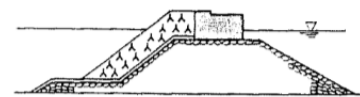
Een pneumatische golfbreker is een "golfbreker" die werkt op lucht. Er wordt lucht in het water geblazen. Deze luchtbellens reduceren de golfhoogte. Deze golfbreker is alleen effectief voor golven met een kleine golflengte. Ook verbetert de golfbreker de waterkwaliteit. Echter zal deze golfbreker na verwachting niet kunnen voldoen aan een transmissie van 10%. Daarom wordt een pneumatische golfbreker uitgesloten.



Afbeelding 17 – Pneumatische golfbreker. Bron [19]

Betonnen golfbreker

Een betonnen golfbreker lijkt op een stortstenengolfbreker. Echter is het stortsteen vervangen door beton. De verwachting is dat stortsteen goedkoper is dan beton. Ook zijn stortstenen makkelijker aan te brengen en te leveren. Daarom wordt een betonnen golfbreker uitgesloten.



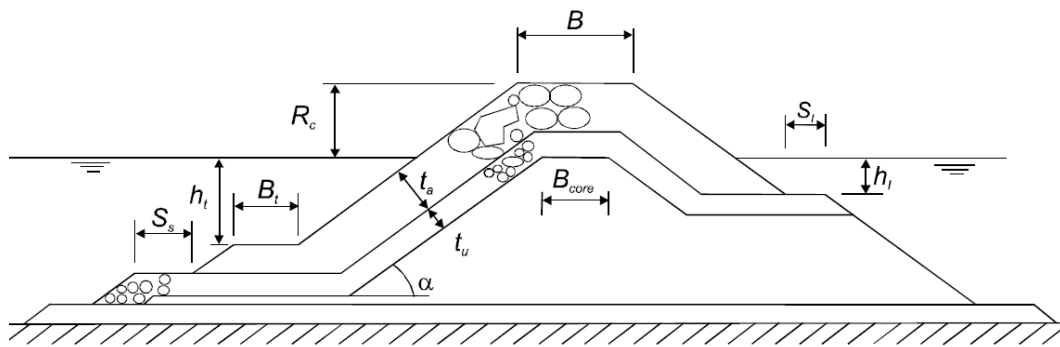
Afbeelding 18 – Betonnen golfbreker. Bron [19]

6.2 VARIANT STORTSTENENGOLFBREKER MET FILTER EN KERN (VARIANT 1)

Deze variant bestaat uit een stortstenengolfbreker met een filterlaag onder de primaire stortstenen laag (bovenste laag). Ook is er een kern aanwezig met een fijne gradering (grind). De stortstenengolfbreker wordt vaak gezien als het goedkoopste type golfbreker. Deze golfbreker is eenvoudig aan te brengen en de materialen zijn ook relatief goedkoop. Het verschil met deze variant en de variant zonder filterlaag en kern, is de permeabilty. De filterlaag en de kern zorgen ervoor dat een golf zich moeilijker door een golfbreker kan bewegen.

Dimensies

De dimensies zijn berekend in bijlage E. Alle berekende dimensies zijn weergegeven in de onderstaande tabel en schets.



Afbeelding 19 – Dimensies stortstenengolfbreker. Bron [4]

Nominale steendiameter bovenste laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen bovenste laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filterlaag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filterlaag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teenlaag	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teenlaag	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Kruinhoogte	Rc	0,673	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Teenbreedte	B _t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Bovenste laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filterlaag dikte	t _u	0,49	[meter]
Teenlaag dikte	t _a	0,48	[meter]
Diepte teen zeekant	h _t	-5,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte teen leekant	h _l	-3,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S _s	2,00	[meter]
Schouderbreedte leekant	S _l	0,25	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

Gradering en hoeveelheid

De golfbrekervariant bestaat uit vier verschillende graderingen, namelijk de bovenste laag, filterlaag, teen en kern. Deze lagen bestaan uit stortsteen, de ordegrootte van deze stenen is bekend. De bijbehorende gradering en materiaal hoeveelheid is als volgt:

Tabel 4 – Gradering en hoeveelheid
Stortstenenvariant met kern en filter laag

Stortstenenvariant met kern en filter laag	Gradering	Aantal stenen	Gewicht
		<i>stenen per m⁻¹</i>	<i>ton per m⁻¹</i>
Bovenste laag	1000-3000	29	27,04
Filter laag	60-300	83	4,98
Teen	60-300	11	0,61
Kern*	45-180	163,5 m ² / m	281,63

** De kern maakt gebruik van een oppervlakte i.p.v. aantal stenen en gewicht*

Kosten

Vanuit de hoofdvraag is het van belang om de kosten te bepalen van de golfbreker. De kosten zijn per eenheid opgevraagd bij baggerbedrijf de Boer. In bijlage G is de mail wisseling weergegeven en geeft zo de totstandkoming aan. De kosten geven een goede indicatie van wat de golfbreker waarschijnlijk gaat kosten. Vanwege marktwerking en enige onzekerheid (in bijvoorbeeld de uitvoering en materieel kosten), zullen de kosten uiteindelijk verschillen van de daadwerkelijke kosten. Voor de zekerheid zijn de hoogste kosten per eenheid genomen, wanneer de kosten werden aangegeven in een bepaald bereik. De kosten per eenheid en de totale kosten zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 – Kosten
Stortstenenvariant met kern en filterlaag

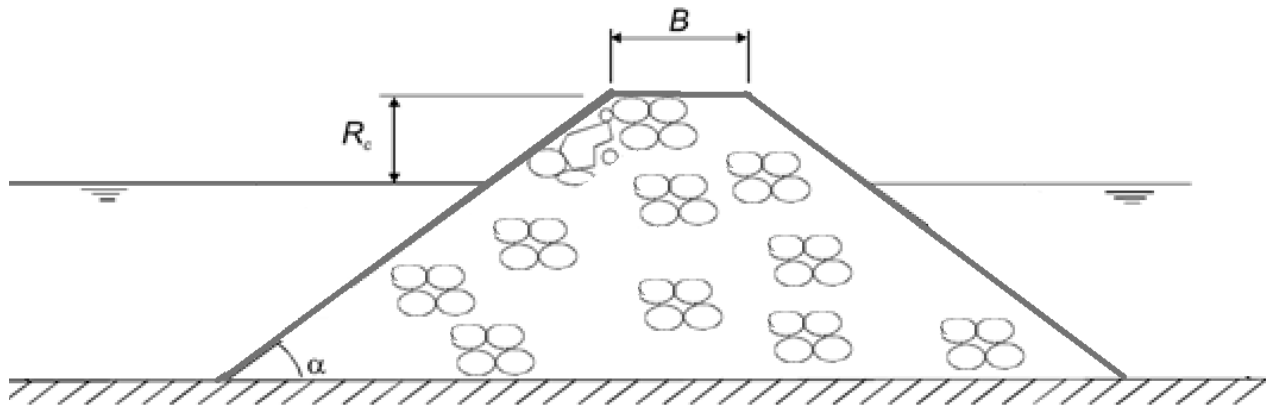
Onderdeel	Gradering	Prijs / eenheid	Gewicht	Prijs
		<i>Euro / ton</i>	<i>ton per m⁻¹</i>	<i>Euro</i>
Bovenste laag	1000-3000	27,5	27,04	743,6
Filterlaag	60-300	25	4,98	124,5
Teen	60-300	22,5	0,613	13,7925
Kern	45-180	17,5	281,63	4928,53
Totaal				€5797,98

6.3 VARIANT STORTSTENENGOLFBREKER ZONDER FILTER EN KERN (VARIANT 2)

Variant 2 is een golfbreker die in zijn geheel bestaat uit stortstenen. Deze variant is eenvoudiger aan te leggen, echter deze variant is vaak duurder dan een variant met een kern en filterlaag. Ook zal er waarschijnlijk meer transmissie optreden door deze golfbreker.

Dimensies

De dimensies zijn berekend in bijlage E. Alle berekende dimensies zijn weergegeven in de onderstaande tabel en schets.



Afbeelding 20 – Dimensies stortstenengolfbreker. Bron [4]

Nominale steendiameter	D_{n50a}	0,580	[meter]
Gewicht steen	W_{50a}	517,05	[kilogram]
Kruinhoogte	R_c	0,729	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	1,74	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

Gradering en hoeveelheid

De golfbrekervariant bestaat uit 4 verschillende graderingen, namelijk de bovenste laag, filter laag, teen en kern. Deze lagen bestaan uit stortsteen, de orde grootte van deze stenen zijn bekend. De bijbehorende gradering en materiaal hoeveelheid is als volgt:

Tabel 6 – Gradering en hoeveelheid
Stortstenenvariant zonder kern en filter laag

Stortstenenvariant met kern en filter laag	Gradering	Aantal stenen	Gewicht
		<i>Kuub stenen per m⁻¹</i>	<i>ton per m⁻¹</i>
Kern	300-1000	119,7	317,21

Kosten

Vanuit de hoofdvraag is het van belang om de kosten te bepalen van de golfbreker. De kosten zijn per eenheid opgevraagd bij baggerbedrijf de Boer. In bijlage G is de mail wisseling weergegeven en geeft zo de totstandkoming aan. De kosten geven een goede indicatie van wat de golfbreker waarschijnlijk gaat kosten. Vanwege marktwerking en enige onzekerheid (in bijvoorbeeld de uitvoering en materieel kosten), zullen de kosten uiteindelijk verschillen van de daadwerkelijke kosten. Voor de zekerheid is de hoogste kosten per eenheid genomen, wanneer de kosten werden aangegeven in een bepaald bereik. De kosten per eenheid en de totale kosten zijn weergegeven in tabel 7.

Tabel 7 - Kosten
Stortstenenvariant zonder kern en filterlaag

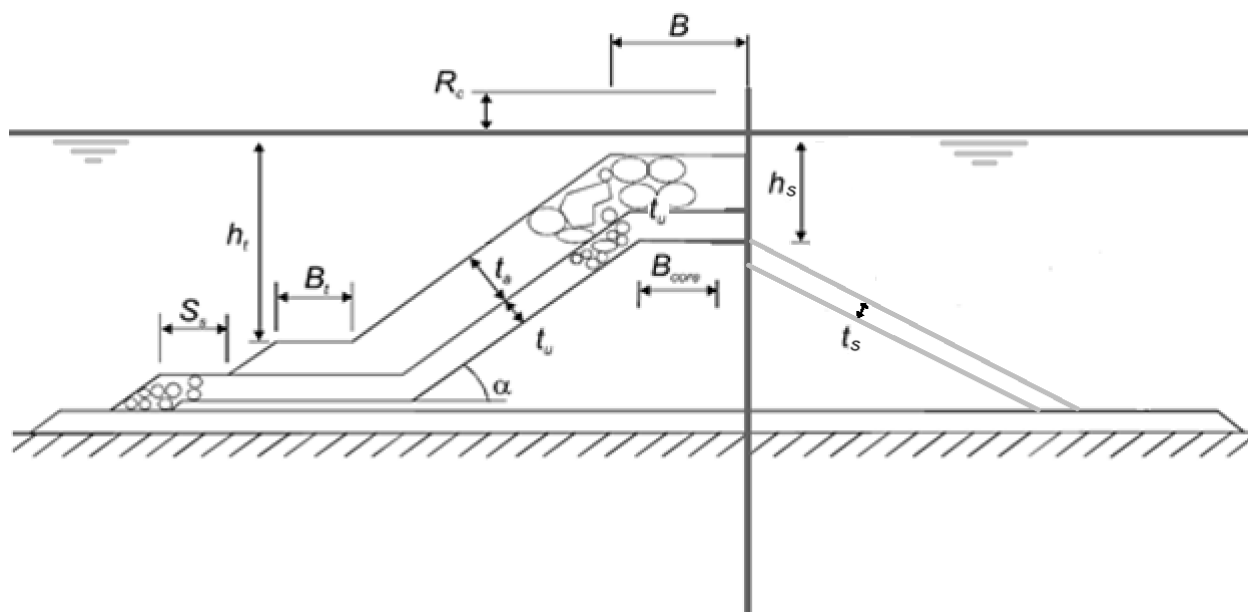
Onderdeel	Gradering	Prijs / eenheid	Gewicht	Prijs
		<i>Euro / ton</i>	<i>ton per m⁻¹</i>	<i>Euro</i>
Kern	300-1000	25	317,21	7930,25
Totaal				€7930,25

6.4 VARIANT DAMWAND GOLFBREKER MET LAGE BERM (VARIANT 3)

In dit hoofdstuk is een golfbreker in combinatie met een damwand weergegeven. De damwand zal de kosten van de kern en stortstenen verlagen. Ook zorgt de damwand variant voor een mogelijkheid om schepen te laten afmeren naast de damwand. Deze variant beschikt over een lage berm, zo is het damwandprofiel minder dik, maar zijn de dynamische belastingen groter dan bij een hogere berm.

Dimensies

De dimensies zijn berekend in bijlage E. Alle berekende dimensies zijn weergegeven in de onderstaande tabel en schets.



Afbeelding 21 – Dimensies stortstenengolfbreker. Bron [4]

Nominale steendiameter bovenste laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen bovenste laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filterlaag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filterlaag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teenlaag	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teenlaag	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Damwand profiel	AZ-50	-	[-]
Damwand staal kwaliteit	S	270	[N/mm ²]
Kruinhoogte	Rc	1,09	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Teenbreedte	B _t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Bovenste laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filterlaag dikte	t _u	0,49	[meter]
Teenlaag dikte	t _a	0,48	[meter]
Steunberm laag dikte	t _s	0,49	[meter]
Diepte teen zeekant	h _t	-5,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte steunberm leekant	h _s	-5,00	[meter t.o.v. N.A.P.]

Schouderbreedte zeekant	S_s	2,00	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

Gradering en hoeveelheid

De golfbreker variant bestaat uit vier verschillende graderingen, namelijk de bovenste laag, filterlaag, teen en kern. Deze lagen bestaan uit stortsteen, de orde grootte van deze stenen zijn bekend. De bijbehorende gradering en materiaal hoeveelheid is als volgt:

Tabel 8 – Gradering en hoeveelheid
Damwandvariant met een lage berm

Stortstenenvariant met kern en filter laag	Gradering	Aantal stenen <i>stenen per m^{-1}</i>	Gewicht <i>ton per m^{-1}</i>
Bovenste laag	1000-3000	19	17,99
Filter laag	60-300	58	3,51
Teen	60-300	11	0,61
Kern*	45-180	63,45 m^2 / m	109,29
Steunberm kern*	45-180	17,28 m^2 / m	29,77
Steunberm bovenste laag	60-300	35	1,93

* De (steunberm) kern maakt gebruik van een oppervlakte i.p.v. aantal stenen en gewicht

Kosten

Vanuit de hoofdvraag is het van belang om de kosten te bepalen van de golfbreker. De kosten zijn per eenheid opgevraagd bij baggerbedrijf de Boer. In bijlage G is de mail wisseling weergegeven en geeft zo de totstandkoming aan. De kosten geven een goede indicatie van wat de golfbreker waarschijnlijk gaat kosten. Vanwege marktwerking en enige onzekerheid (in bijvoorbeeld de uitvoering en materieel kosten), zullen de kosten uiteindelijk verschillen van de daadwerkelijke kosten. Voor de zekerheid is de hoogste kosten per eenheid genomen, wanneer de kosten werden aangegeven in een bepaald bereik. De kosten per eenheid en de totale kosten zijn weergegeven in tabel 9.

Tabel 9 - Kosten
Damwandvariant met een lage berm

Onderdeel	Gradering	Prijs / eenheid <i>Euro / ton</i>	Gewicht <i>ton per m^{-1}</i>	Prijs <i>Euro</i>
Bovenste laag	1000-3000	27,5	17,99	494,73
Filterlaag	60-300	22,5	3,51	78,98
Teen	60-300	22,5	0,61	13,79
Kern	45-180	17,5	109,29	1912,58
Steunberm kern	45-180	17,5	29,77	520,98
Steunberm bovenste laag	60-300	22,5	1,93	43,43
Damwand*	-	6099,69	1	6099,69
			Totaal	€9164,18

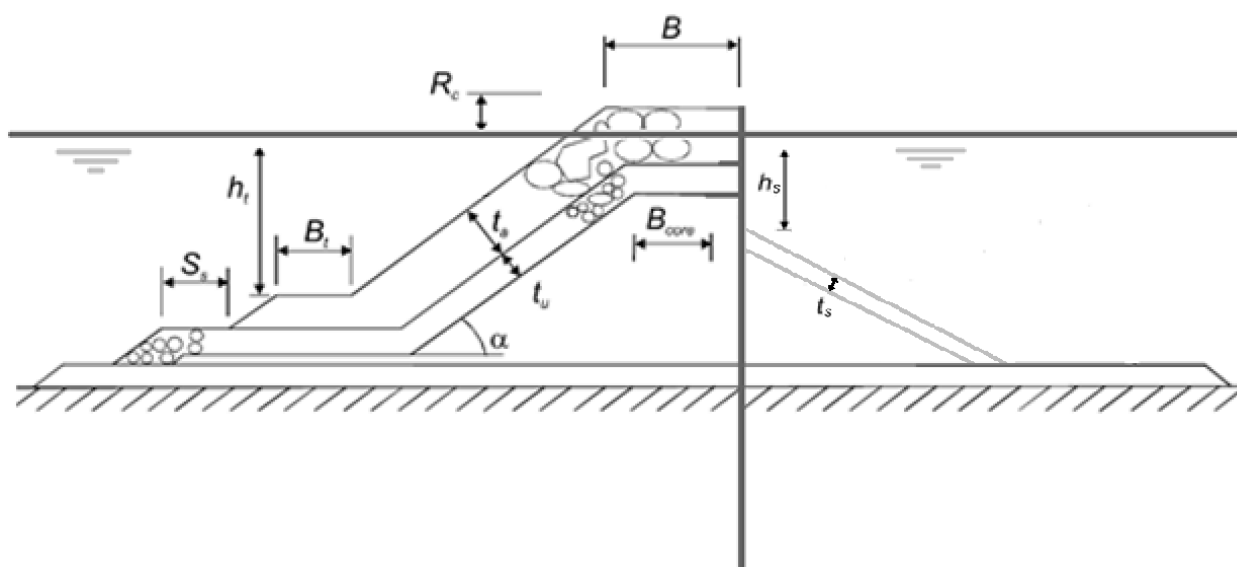
* De damwand is berekend in een eenheid

6.5 VARIANT DAMWAND GOLFBREKER MET HOGE BERM (VARIANT 4)

In dit hoofdstuk wordt een golfbreker in combinatie met een damwand weergegeven. De damwand zal de kosten van de kern en stortstenen verlagen. Ook zorgt de damwand variant voor een mogelijkheid om schepen te laten afmeren naast de damwand. Deze variant beschikt over een hoge berm, zo is het damwand profiel zwaarder, maar zijn de dynamische belastingen kleiner dan bij een lagere berm.

Dimensies

De dimensies zijn berekend in bijlage E. Alle berekende dimensies zijn weergegeven in de onderstaande tabel en schets.



Afbeelding 22 – Dimensies damwand golfbreker met hoge berm. Bron [4]

Nominale steendiameter bovenste laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen bovenste laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filterlaag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filterlaag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teenlaag	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teenlaag	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Damwand profiel	AZ-46	-	[-]
Damwand staal kwaliteit	S	240	[N/mm ²]
Kruinhoogte	Rc	1,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Teenbreedte	B _t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Bovenste laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filterlaag dikte	t _u	0,49	[meter]
Teenlaag dikte	t _a	0,48	[meter]
Steunberm laag dikte	t _s	0,49	[meter]
Diepte teen zeekant	h _t	-5,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte steunberm leekant	h _s	-5,00	[meter t.o.v. N.A.P.]

Schouderbreedte zeekant	S_s	2,00	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

Gradering en hoeveelheid

De golfbrekervariant bestaat uit 4 verschillende graderingen, namelijk de bovenste laag, filterlaag, teen en kern. Deze lagen bestaan uit stortsteen, de ordegrootte van deze stenen is bekend. De bijbehorende gradering en materiaal hoeveelheid is als volgt:

Tabel 10 – Gradering en hoeveelheid
Damwandvariant met een hoge berm

Stortstenenvariant met kern en filter laag	Gradering	Aantal stenen <i>stenen per m^{-1}</i>	Gewicht <i>ton per m^{-1}</i>
Bovenste laag	1000-3000	19	17,99
Filterlaag	60-300	58	3,51
Teen	60-300	11	0,61
Kern*	45-180	102,01 m^2 / m	175,71
Steunberm kern	45-180	17,28 m^2 / m	29,77
Steunberm bovenste laag	60-300	35	1,93

** De kern maakt gebruik van een oppervlakte i.p.v. aantal stenen en gewicht*

Kosten

Vanuit de hoofdvraag is het van belang om de kosten te bepalen van de golfbreker. De kosten zijn per eenheid opgevraagd bij baggerbedrijf de Boer. In bijlage G is de mail wisseling weergegeven en geeft zo de totstandkoming aan. De kosten geven een goede indicatie van wat de golfbreker waarschijnlijk gaat kosten. Vanwege marktwerking en enige onzekerheid (in bijvoorbeeld de uitvoering en materieel kosten), zullen de kosten uiteindelijk verschillen van de daadwerkelijke kosten. Voor de zekerheid is de hoogste kosten per eenheid genomen, wanneer de kosten werden aangegeven in een bepaald bereik. De kosten per eenheid en de totale kosten zijn weergegeven in tabel 11.

Tabel 11 – Kosten
Damwandvariant met een hoge berm

Onderdeel	Gradering	Prijs / eenheid <i>Euro / ton</i>	Gewicht <i>ton per m^{-1}</i>	Prijs <i>Euro</i>
Bovenste laag	1000-3000	27,5	17,99	494,73
Filterlaag	60-300	22,5	3,51	78,98
Teen	60-300	22,5	0,61	13,79
Kern	45-180	17,5	175,721	3074,93
Steunberm kern	45-180	17,5	29,77	520,98
Steunberm bovenste laag	60-300	22,5	1,93	43,43
Damwand*	-	5494,85	1	5494,85
			Totaal	€9721,69

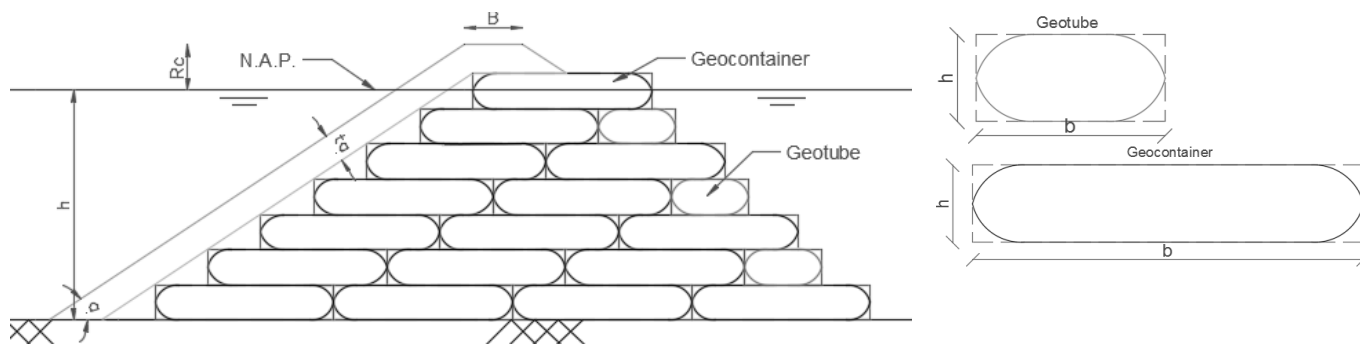
** De damwand is berekend in een eenheid*

6.6 VARIANT GEOCONTAINER (VARIANT 5)

In dit hoofdstuk wordt een golfbreker weergegeven die bestaat uit geocontainers en geotubes. Bij deze variant worden geotextiel “zakken” gevuld met zand. Verder zijn er ook stortstenen aanwezig om de golfbreker te beschermen.

Dimensies

De dimensies zijn berekend in bijlage E. Alle berekende dimensies zijn weergegeven in de onderstaande tabel en ontwerp.



Afbeelding 23 – Dimensies variant geocontainer.

Nominale steendiameter bovenste laag	D_{n50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen bovenste laag	W_{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filterlaag	D_{n50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filterlaag	W_{50u}	60,06	[kilogram]
Kruinhoogte	R_c	0,673	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Bovenste laag dikte	t_a	1,23	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepgang splijtbak	h_s	0,5	[meter]
Waterdiepte onder de splijtbak	h_b	9,3	[meter]
Lengte splijtbak	l	26,8	[meter]
Maximale openingsbreedte splijtbak	b_0	2	[meter]
Oppervlakte horizontale vlak	A_s	62	[m ²]
Vulmateriaal		Zand	[-]
Geotextiel		Geolon 200	[-]
Treksterkte geotextiel	T_m	200	[kN/m]
Stijfheidsmodulus	E'	1000	[kN/m]
Sleepkracht coëfficiënt	C_d	1,0	[-]
Poriëngehalte vulmateriaal	n	0,4	[-]

Geocontainer:

Vulpercentage beun	f	80	[%]
Volume	V	240	[m ³]
Opp. doorsnede	A	9,0	[m ²]
Omtrek	S	16,6	[m]
Breedte	b	7,6	[m]
Hoogte	D_k	1,5	[m]

Geotube:

Vulpercentage	f	80	[%]
Opp. doorsnede	A	4,12	[m ²]
Omtrek	O	8,06	[m]
Breedte	b	3,28	[m]
Hoogte	h	1,5	[m]

Gradering en hoeveelheid

De golfbrekervariant bestaat uit vier verschillende graderingen, namelijk de bovenste laag, filterlaag, teen en kern. Deze lagen bestaan uit stortsteen, de orde grootte van deze stenen zijn bekend. De bijbehorende gradering en materiaal hoeveelheid is als volgt:

Tabel 12 – Gradering en hoeveelheid
Geocontainervariant

Stortstenenvariant met kern en filter laag	Gradering	Aantal stenen	Gewicht
		<i>stenen per m⁻¹</i>	<i>ton per m⁻¹</i>
Bovenste laag	1000-3000	37	34,21
Filterlaag*	60-300	9,23	24,45

** De filterlaag maakt gebruik van een oppervlakte i.p.v. aantal stenen en gewicht*

Kosten

Vanuit de hoofdvraag is het van belang om de kosten te bepalen van de golfbreker. De kosten zijn per eenheid opgevraagd bij baggerbedrijf de Boer. In bijlage G is de mail wisseling weergegeven en geeft zo de totstandkoming aan. De kosten geven een goede indicatie van wat de golfbreker waarschijnlijk gaat kosten. Vanwege marktwerking en enige onzekerheid (in bijvoorbeeld de uitvoering en materieel kosten), zullen de kosten uiteindelijk verschillen van de daadwerkelijke kosten. Voor de zekerheid is de hoogste kosten per eenheid genomen, wanneer de kosten werden aangegeven in een bepaald bereik. De kosten per eenheid en de totale kosten zijn weergegeven in tabel 13.

Tabel 13 – Kosten
Geocontainervariant

Onderdeel	Gradering	Prijs / eenheid	Gewicht	Prijs
		<i>Euro / ton</i>	<i>ton per m⁻¹</i>	<i>Euro</i>
Bovenste laag	1000-3000	27,5	34,21	940,78
Filterlaag	60-300	25	24,45	550,13
Geocontainer*	-	233,5	16	3736
Geotube*	-	111,5	3	334,50
Totaal				€5561,41

** De geocontainer en geotube maken gebruik van een aantal i.p.v. ton.*

6.7 MULTI-CRITERIA ANALYSE

Aan de hand van een MCA kan er worden bepaald welke variant de “beste” variant is. Een MCA bestaat uit een keuzematrix. Per onderdeel worden er punten toegekend aan een variant. Elk onderdeel heeft een weging. Dit houdt in dat een onderdeel zwaarder kan wegen dan een ander onderdeel. De variant met de meeste punten, zal de voorkeursvariant zijn.

Tabel 14 – Keuzematrix varianten.

Onderdeel	Punten	Weging	Variant 1 - Stortstenen golfbreker met filterlaag en kern	Variant 2 - Stortstenen golfbreker zonder filterlaag en kern	Variant 3 - Damwand golfbreker met berm onder water	Variant 4 - Damwand golfbreker met berm boven water	Variant 5 - Geocontainer golfbreker
Kosten	Punten	50	4	2	1	1	4
	Punten op geheel		2,0	1	0,5	0,5	2
Betrouwbaarheid	Punten	15	4	4	3	3	2
	Punten op geheel		0,6	0,6	0,45	0,45	0,3
Ervaring	Punten	15	5	5	4	4	2
	Punten op geheel		0,75	0,75	0,6	0,6	0,3
Uitvoerbaarheid	Punten	5	5	5	3	3	2
	Punten op geheel		0,25	0,25	0,15	0,15	0,1
Ijsbestendigheid	Punten	10	3	4	2	3	3
	Punten op geheel		0,3	0,4	0,2	0,3	0,3
Duurzaamheid	Punten	5	5	5	3	5	3
	Punten op geheel		0,25	0,25	0,15	0,25	0,15
Totaal te behalen punten			5	5	5	5	5
Behaalde punten			4,05	3,25	2,05	2,25	3,15

Variant 1 is de variant met de meeste punten. De variant heeft 4,05 aantal punten en valt daarom binnen de categorie goede variant. De traditionele golfbreker heeft de voorkeur boven de andere golfbreker voornamelijk vanwege de kosten maar ook door de ervaring, betrouwbaarheid en uitvoerbaarheid. Verder is er onderbouwd waarom de variant het aantal punten heeft behaald in bijlage E.

7. DEFINITIEF ONTWERP

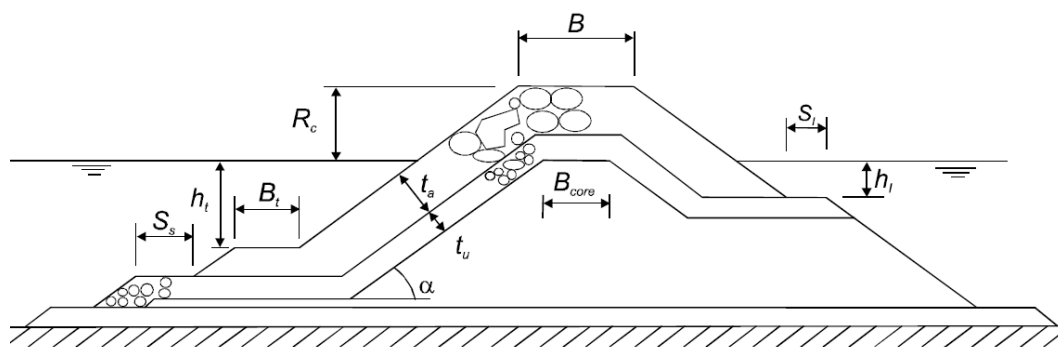
De voorkeursvariant is inmiddels bepaald, dit is namelijk de stortstenengolfbreker met filter en kern. Deze variant zal verder worden uitgewerkt.

7.1 DIMENSIES

De golfbreker bestaat uit twee situaties, namelijk een situatie zonder overhoogte (wanneer de volledige zetting is opgetreden) en een situatie met overhoogte. De situatie met overhoogte is van belang voor de hoeveelheden materiaal en zetting terwijl de situatie zonder overhoogte van belang is voor de stabiliteit.

Dimensies zonder overhoogte

In dit stuk worden de dimensies nogmaals weergegeven, de dimensies zonder overhoogte zijn van belang voor de uiteindelijke ligging van de golfbreker. Dit zijn de dimensies wanneer de golfbreker zijn volledige zetting heeft bereikt.

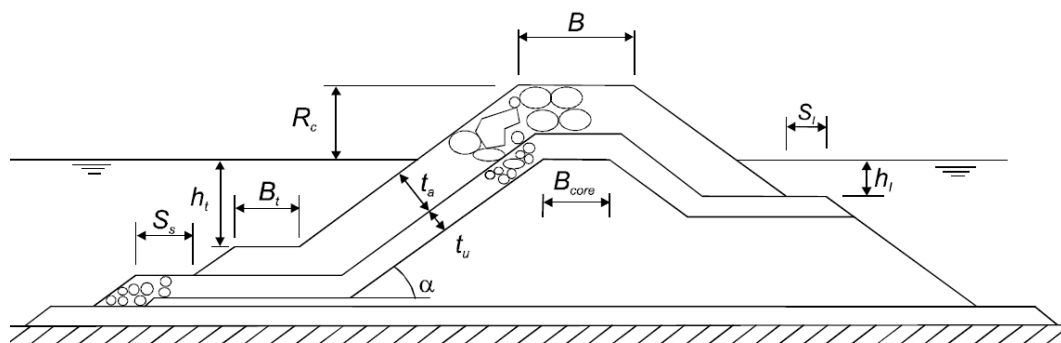


Afbeelding 24 – Dimensies stortstenengolfbreker. Bron [4]

Nominale steendiameter bovenste laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen bovenste laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filterlaag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filterlaag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Kruinhoogte	Rc	0,673	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	4,94	[meter]
Teenbreedte	Bt	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Bovenste laag dikte	ta	1,23	[meter]
Filterlaag dikte	tu	0,49	[meter]
Teen dikte	ta	0,48	[meter]
Diepte teen zeekant	ht	-4,76	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte teen leekant	hi	-3,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	Ss	2,00	[meter]
Schouderbreedte leekant	Si	0,25	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

Dimensies met overhoogte

In dit stuk worden de dimensies nogmaals weergegeven, de dimensies zonder overhoogte zijn van belang voor de hoeveelheid benodigd materiaal. Dit zijn de dimensies wanneer de golfbreker zijn volledige zetting nog niet heeft bereikt.



Afbeelding 25 – Dimensies stortstenengolfbreker. Bron [4]

Nominale steendiameter bovenste laag	Dn_{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen bovenste laag	W_{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filterlaag	Dn_{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filterlaag	W_{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen	Dn_{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen	W_{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern	Dn_{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern	W_{50k}	3,82	[kilogram]
Kruinhoogte	R_c	1,97	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	4,94	[meter]
Teenbreedte	B_t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Bovenste laag dikte	t_a	1,23	[meter]
Filterlaag dikte	t_u	0,49	[meter]
Teen dikte	t_a	0,48	[meter]
Diepte teen zeekant	h_t	-3,45	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte teen leekant	h_l	-1,70	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S_s	2,00	[meter]
Schouderbreedte leekant	S_l	0,25	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

Gradering en hoeveelheid

De golfbreker variant bestaat uit vier verschillende graderingen, namelijk de bovenste laag, filterlaag, teen en kern. Deze lagen bestaan uit stortsteen, de ordegrootte van deze stenen is bekend. De bijbehorende gradering en materiaal hoeveelheid is als volgt:

Tabel 15 – Gradering en hoeveelheid
Stortstenenvariant met kern en filterlaag

Stortstenenvariant met kern en filter laag	Gradering	Aantal stenen	Gewicht
		<i>stenen per m⁻¹</i>	<i>ton per m⁻¹</i>
Bovenste laag	1000-3000	34	31,89
Filterlaag	60-300	106	6,35
Teen	60-300	16	0,91
Kern*	45-180	250 m ² / m	430,56

** De kern maakt gebruik van een oppervlakte i.p.v. aantal stenen en gewicht*

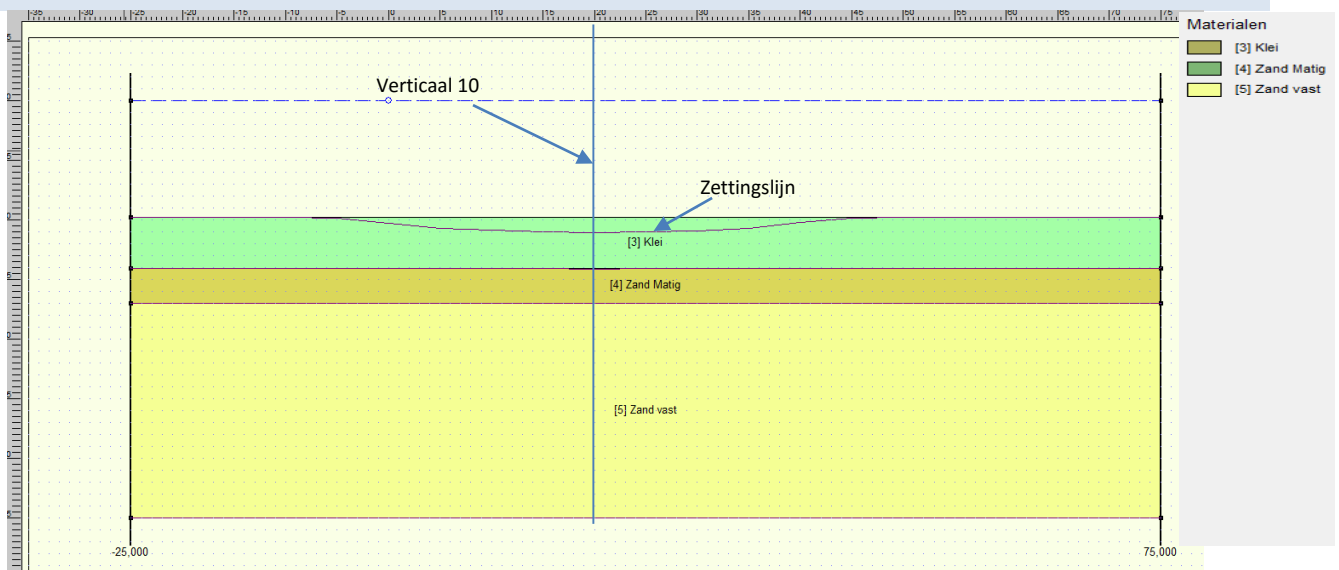
Kosten

Vanuit de hoofdvraag is het van belang om de kosten te bepalen van de golfbreker. De kosten zijn per eenheid opgevraagd bij baggerbedrijf de Boer. In bijlage G is de mail wisseling weergegeven en geeft zo de totstandkoming aan. De kosten geven een goede indicatie van wat de golfbreker waarschijnlijk gaat kosten. Vanwege marktwerking en enige onzekerheid (in bijvoorbeeld de uitvoering en materieel kosten), zullen de kosten uiteindelijk verschillen van de daadwerkelijke kosten. Voor de zekerheid is de hoogste kosten per eenheid genomen, wanneer de kosten werden aangegeven in een bepaald bereik. De kosten per eenheid en de totale kosten zijn weergegeven in tabel 16.

Tabel 16 – Kosten definitieve golfbreker
Stortstenenvariant met kern en filter laag

Onderdeel	Gradering	Prijs / eenheid	Gewicht	Prijs
		<i>Euro / ton</i>	<i>ton per m⁻¹</i>	<i>Euro</i>
Bovenste laag	1000-3000	27,5	31,89	876,98
Filter laag	60-300	25	6,35	158,75
Teen	60-300	22,5	0,91	20,48
Kern	45-180	17,5	430,56	7534,80
Totaal				€8590,94

7.2 ZETTING

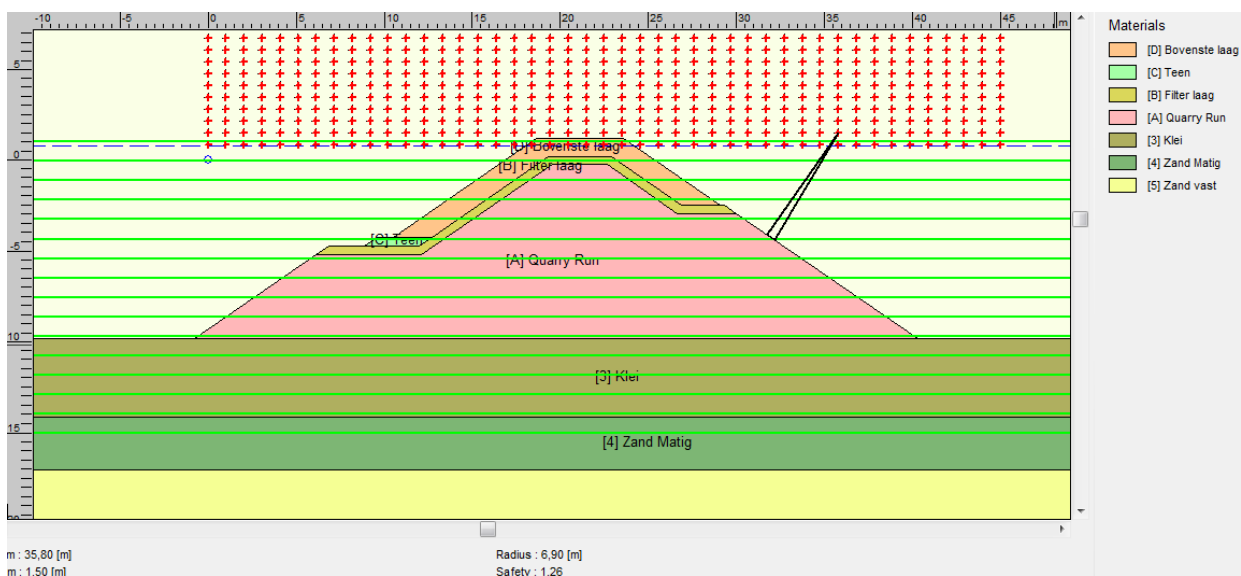


Afbeelding 26 – Zetting definitieve golfbreker

In de bovenstaande afbeelding is de zetting weergegeven. De zettingslijn is aangegeven in het paars. De zetting is maximaal in de verticale lijn 10 (zie afbeelding 26). De maximale zetting is 1,274 meter. Alle berekende gegevens en een uitgebreide invoer is weergegeven in het automatisch gegenereerd rapport in (Bijlage F -> bijlage VIII).

7.3 STABILITEIT

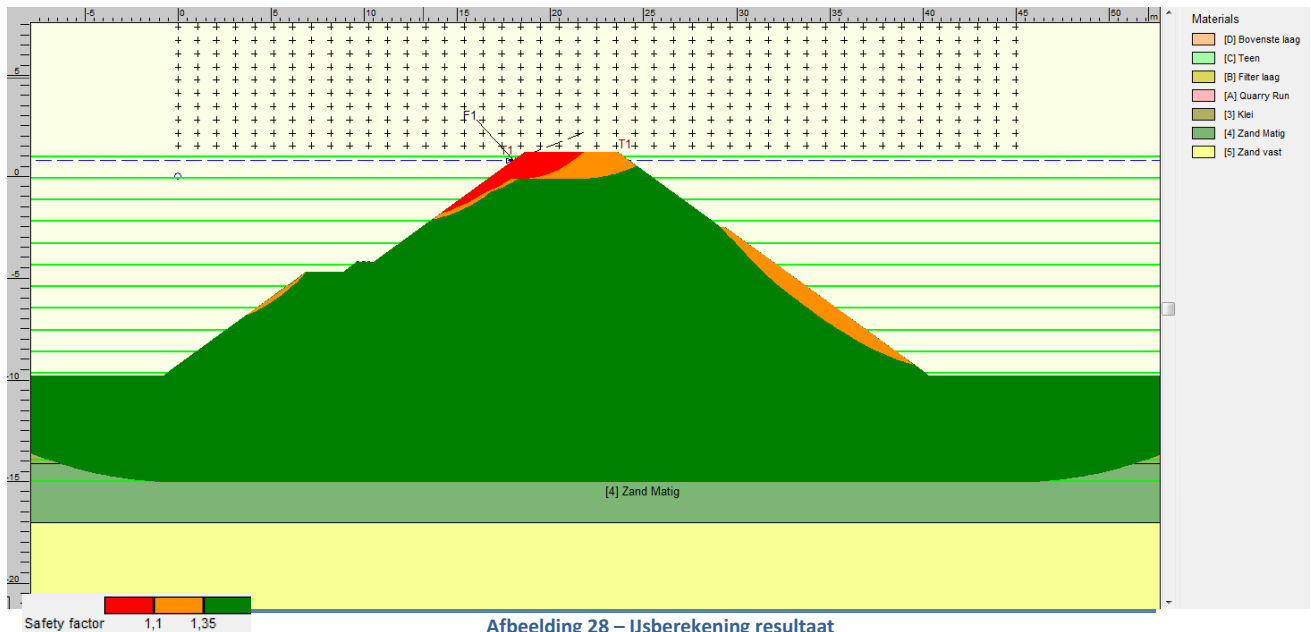
De stabiliteit van de golfbreker is van groot belang. Er zijn twee situaties aanwezig, namelijk de situatie met overhoogte en de situatie zonder overhoogte. Echter door de zetting zal een de golfbreker al een zetting van meer dan één meter hebben bereikt voordat de golfbreker in zijn geheel is geplaatst. Daarom is er gekozen voor een kruinhoogte van 1,20 meter boven N.A.P.. In afbeelding 27 is de stabiliteit weergegeven van de golfbreker met een gereduceerde overhoogte van 1,20 meter. Met een veiligheid van 1,26 is de stabiliteit van de golfbreker nog ruim boven de 1,10 (vanaf dit punt is de golfbreker niet meer stabiel en zal deze waarschijnlijk falen).



Afbeelding 27 – Stabiliteit golfbreker met een gereduceerde overhoogte.

7.4 IJSBESTENDIGHEID

In het IJsselmeer kan er kruierend ijs ontstaan, maar dit is erg zeldzaam. De kans is klein dat er binnen de levensduur van de golfbreker van 50 jaar, een zodanige ijslaag kan ontstaan dat de golfbreker grote schade ondervindt. Desondanks zijn er stabiliteitsberekeningen uitgevoerd om te controleren dat het effect van ijs niet te groot is op de golfbreker. In afbeelding 28 zijn de resultaten weergegeven van kruierend ijs op de golfbreker. Wanneer er kruierend ijs op de golfbreker staat zal het rode vlak waarschijnlijk gaan afschuiven.



Afbeelding 28 – Ijsberekening resultaat

8. CONCLUSIE & AANBEVELINGEN

Uit dit afstudeerrapport kunnen een aantal belangrijke conclusies en aanbevelingen worden getrokken.

8.1 CONCLUSIE

Uit dit afstudeerrapport zijn een aantal belangrijke conclusies die kunnen worden getrokken. Dit zijn:

Downtime

Er is gebleken uit hoofdstuk 4 en de bijbehorende bijlage, dat de noordelijke variant nooit zal voldoen aan de downtime-eis. Dit is een belangrijke bevinding aangezien het voorontwerp van Royal Haskoning niet zal voldoen aan de downtime-eis, binnen het bestemmingsvlak wordt de downtime van 2,74% overschreden. Zowel de opdrachtgever van project Flevokust als Royal Haskoning stuurde eerst aan op de noordelijke variant. De zuidelijke variant zal wel voldoen aan de downtime-eis, deze is gunstiger gelegen qua golven. Echter voldoet ook de ligging van Gebr. de Koning niet aan de downtime-eis. Het gebied waarin de golfbreker mag beginnen en eindigen is aangegeven in hoofdstuk 4.

Ligging

De inhoudsberekeningen geven aan dat de variant van Gebr. de Koning niet de optimale ligging is. In hoofdstuk 5 zijn voor een aantal varianten doorberekend waar de ligging het minste materiaal nodig heeft, en dus ook het goedkoopst zal zijn. Dit zal zijn met het middelpunt ver van de kust, met het beginpunt dicht bij de kust (variant 1) en met het eindpunt dicht bij de kust (variant 5).

Varianten

De voorkeursvariant is de stortstenengolfbreker met een kern en een filterlaag. Dit is een van de goedkoopste varianten en er is veel ervaring met dit type golfbreker. De geocontainervariant blijkt de goedkoopste variant te zijn, echter is er weinig ervaring met deze variant. De overige varianten, met de damwand in het bijzonder, zijn een stuk duurder. **De hoofdvraag is: "Welk golfbrekertype biedt de beste bescherming voor de overslaghaven Flevokust qua kosten en overige factoren?" Het antwoord op deze vraag is dat de stortstenengolfbreker met een kern en een filterlaag de beste bescherming biedt voor de overslaghaven Flevokust qua kosten en overige factoren.**

Definitief ontwerp

De voorkeursvariant is uitgewerkt. Het definitieve ontwerp is stabiel. Ook is de zetting zodanig weinig dat er geen grondverbetering hoeft worden toegepast, de golfbreker blijft voldoen aan eis 4.13. De overhoogte zorgt er niet voor dat de zichtlijnen van schippers worden belemmerd. De definitieve golfbreker is tot op zekere hoogte beschermd tegen kruisend ijs. Er zal waarschijnlijk acceptabele schade ontstaan. Per strekkende meter zullen de definitieve kosten 8590,94 euro zijn.

8.2 AANBEVELINGEN

Ook zijn er per onderdeel meerdere aanbevelingen, deze zijn:

Downtime

In het rapport is alleen de downtime als gevolg van diffractie bepaald. Ook transmissie is behandeld, echter blijkt de invloed van transmissie zodanig klein te zijn, dat deze waarschijnlijk geen (grote) invloed heeft op de downtime. Andere factoren zoals shoaling, refractie, reflectie en scheepsgolven zijn niet meegenomen in de downtime berekeningen. Waarschijnlijk hebben deze factoren wel degelijk een effect op de downtime. Hoe groot dit effect is, is onbekend. Deze factoren kunnen worden meegenomen in Excel, echter paste dit niet binnen de planning, aangezien dit een hoop extra werk had opgeleverd en in principe een studie op zich is.

Ook is het effect van de Maxima-centrale op de golfhoogte is niet meegenomen in de berekeningen.

Ligging

In het rapport is voor een beperkt aantal varianten (elf) de inhoud berekend. Voor een optimale ligging is het verstandig om in de buurt van de optimale variant extra berekeningen uit te voeren, om zo te controleren of er in de buurt van de "optimale" ligging nog een betere ligging is qua inhoud.

Varianten

Bij de variantenstudie is het raadzaam om een grotere diversiteit aan varianten door te berekenen. Er kan wat meer worden gespeeld met bepaalde dimensies van de golfbreker (zoals de talud helling) om zo tot een betere variant te komen.

Definitief ontwerp

Een van de belangrijkste onzekerheden bij het definitieve ontwerp is het kruierend ijs. In de huidige berekeningen moet de golfbreker meer dan twee keer zo breed worden gemaakt. Dit is erg prijzig, daarom is het verstandig om het effect van ijs beter te bestuderen. Wellicht is het beter om de golfbreker minder breed te maken zodat er weinig materiaalkosten zijn, en wanneer er schade door ijs ontstaat, deze te accepteren. Ook kan er met de vormgeving gespeeld worden. Een schuiner talud zal waarschijnlijk beter bestand zijn tegen kruierend ijs. Ook een glad talud is waarschijnlijk beter bestand tegen kruierend ijs, echter wordt dan de transmissie weer groter wanneer de kruinhoogte op het berekend niveau blijft.

Ook kan er waarschijnlijk een kern van zand worden gebruikt. De verwachting is dat de golfbreker dan tot twee keer zo goedkoop kan per strekkende meter, zoals is berekend. Er moet dan geotextiel worden toegepast onder de filterlaag en op de plaatsten waar in het huidige ontwerp de kern bloot ligt.

9. BIBLIOGRAFIE

- [1] E. F. & P. Trietsch, Snel afstuderen, Bussum: Uitgeverij Coutinho, 2de druk.
- [2] T. F. & M. Julsing, Onderzoeksvaardigheden, Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers, 1e druk.
- [3] CIRIA, CUR, CETMEF, The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), London: C683, CIRIA, 2007 (reprinted 2012).
- [4] CUR, CIRIA, Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering, London, Gouda: CUR, CIRIA, 1991.
- [5] K. d'Angremond & F.C. van Roode, Breakwaters and Closure Dams, Delft: Delft University on behalf of Vereniging voor Studie- en Studentenbelangen te Delft, 2004.
- [6] CUR, CUR-publicatie 214 Geotextiele zandelementen, Gouda: Stichting CUR, 2004.
- [7] CUR, CUR-publicatie 217 geotextiele zandelementen, Gouda: Stichting CUR, 2006.
- [8] Krystian W. Pilarczyk, „Design aspects of geotubes and geocontainers,” Zoetermeer, 1996.
- [9] William Kuppen & Harry Dommershuijzen, „Dictaat korte golven en getijden,” Hogeschool Rotterdam, Rotterdam, 2012.
- [10] Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, „Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebieden,” Rijks, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, 2004.
- [11] Sytske Stuij & Johan Henrotte, Hydraulische Randvoorwaarden Golfbreker Flevokust, 2015.
- [12] J.A. Batjes, Korte golven, 1999.
- [13] Royal HaskoningDHV Nederland B.V., „Terminal Flevokust Voorontwerp,” Royal HaskoningDHV Nederland B.V., 2015.
- [14] Wiertsema & Partners, „Voorlopige resultaten Geotechnisch onderzoek,” Wiertsema & Partners, Tolbert, 2015.
- [15] R. Bruins, „Advies m.b.t. golfbreker project Flevokust,” LieveenseCSO, Breda, 4 december 2015.
- [16] R. Grit, Projectmanagement, Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers, 5de druk.
- [17] R. G. & M. Julsing, Zo doe je een onderzoek, Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers, 2de druk.
- [18] H. J. Kriel, „Hydraulic stability of multi-layered sand-filled geotextile tube breakwaters under wave attack,” Stellenbosch University, 2012.
- [19] S. Takahashi, „Design of vertical breakwaters,” Port and Airport research institute Japan, 1996 (Revised in July, 2002 Version 2.1).

Voorblad referenties

Definitief rapport	http://morro-bay.com/outdoor/morro-rock/12-16-00-pounding-surf-on-breakwater/waves_12-16e-00_on-breakwater_at Morro-Rock.jpg
Bijlage C – Diffractie	Google Maps
Bijlage F – Definitief ontwerp	http://blogs.agu.org/magmacumlaude/files/2013/05/5.jpg
Voorblad map	Michelle Mol

BEGRIPPEN

In dit hoofdstuk worden alle definities en begrippen omschreven die in het eindrapport worden gebruikt. Per document in de bijlage, kan er een symbolenlijst en begrippenlijst zijn toegevoegd, om zo de leesbaarheid van het betreffende document te vergroten.

Woord	Omschrijving (NL)
Berm	Verwijst naar de berm van een golfbreker. De berm van de golfbreker is het hoogste horizontale vlak, ook wel de kruin genoemd.
Bestemmingsvlak	Een gebied waarin het (of een onderdeel van) project plaats vindt.
Bovenste laag	De top laag van de golfbreker. Dit zijn de grootste stenen: op deze laag slaan de golven kapot.
Definitief ontwerp (D.O.)	Een ontwerp zoals het uitgevoerd gaat worden. Het definitieve ontwerp is in dit rapport de voorkeursvariant en dit is verder uitgewerkt.
DiffRACTIE	Golven buigen om een bepaald punt waardoor de golfhoogte gereduceerd of groter wordt.
Downtime	Dit is de tijd wanneer de golven tegen de kade te groot zijn voor een schip om te kunnen aanmeren.
Dynamische belasting	Een belasting die in de tijd kan verschillen qua intensiteit.
Filterlaag	Onder de bovenste laag, zorgt er voor dat de kern niet weg spoelt. Ook kunnen de stenen van de filterlaag zich niet door de bovenste laag bewegen.
Flevokust	Naam van het project waar de golfbreker een onderdeel van uitmaakt.
Geotechnische gegevens	Een verzamelnaam voor alle gegevens over de grond.
Golfluwte	Een gebied achter de golfbreker waar de golven zijn gereduceerd.
Geocontainer / geotube	Een "zak" van geotextiel gevuld door zand. Een geocontainer is vaak groter dan een geotube.
Hydraulische randvoorwaarden	Bestand waar de belangrijkste golfkarakteristieken vandaan komen.
Kruiplijncoaster R/S 2	Een begrip om de klasse (grootte) van een schip aan te duiden (binnenvaart schip).
Lee-kant	De kant achter de golfbreker, aan de kant van de kust.
Maxima-centrale	Een energiecentrale ten noordoosten van de golfbreker.
Multi-Criteria Analyse (MCA)	Een methode om varianten te kunnen afwegen om zo tot de beste variant te komen.
Nautische gegevens	Een verzamelnaam voor gegevens over golven en scheepsvaart.
Nautische veiligheid	Veiligheid voor de scheepsvaart.
Nominale steendiameter	Geeft aan wat de nominale diameter is van een steen, wordt gebruikt in het bepalen van de steengrootte.
Opdrachtgever	De partij die het werk uitbesteed.
Overhoogte	De extra hoogte die moet worden aangebracht om de zetting te compenseren.
Permeable	Geeft de doordringbaarheid van een golfbreker aan, wat water betreft.
Programma van Eisen (PvA)	Een document waarin alle eisen worden gesteld aan een project of onderdelen van een project (in dit rapport gelijk aan VSP1)
Quarry-run	Een naam voor grof grind.
Reflectie	Tegen de kust of een kade zal een golf terugkaatsen. De golfhoogte kan hierdoor groter worden.
Refractie	Golven onder een hoek op de kust, willen loodrecht op de kust invallen. Hierdoor buigen de golven en wordt de energie groter of kleiner, afhankelijk van de vorm van de kust.
Schip CEMT klasse Vb	Een begrip om de klasse (grootte) van een schip aan te duiden.
Schouder	Onderdeel van de golfbreker, bevindt zich onder de teen.
Shoaling	De afmetingen van een golf veranderen zodra de golf zich in ondiep water bevindt. De afmetingen veranderen steeds sterker naarmate de golf dichterbij de kust komt (waar het water ondieper wordt).
Teen	Zorgt voor een opsluiting van de bovenste laag, zodat de bovenste laag op zijn plaats blijft liggen.
Tender	Een procedure waardoor een dienst of product te verkrijgen is.
Transmissie	Een golfreductiefactor doordat golven zich door de golfbreker heen bewegen, waardoor achter de golfbreker ook een golf ontstaat.
Vaargeul	Een verdieping van de bodem die fungeert als "weg" van het water.
Vaarwegontsluiting	Verbinding tussen de haven en de huidige vaargeul Amsterdam-Lemmer.
Voorontwerp (V.O.)	Een ontwerp dat één niveau voor het definitieve ontwerp is. In dit rapport hetzelfde als de varianten in de variantenstudie.
Schetson ontwerp (S.O.)	Het niveau dat één niveau voor het voorontwerp is. Tevens het eerste ontwerpniveau.
Vraag specificatie 1 (VSP1)	Een document waarin alle eisen worden gesteld aan een project of onderdelen van een project (in dit rapport gelijk aan Programma van Eisen).
Zetting	De ondergrond zal gaan samendrukken ten gevolge van een belasting erop. De mate waarin deze zal gaan samendrukken wordt zetting genoemd.

SYMBOLEN

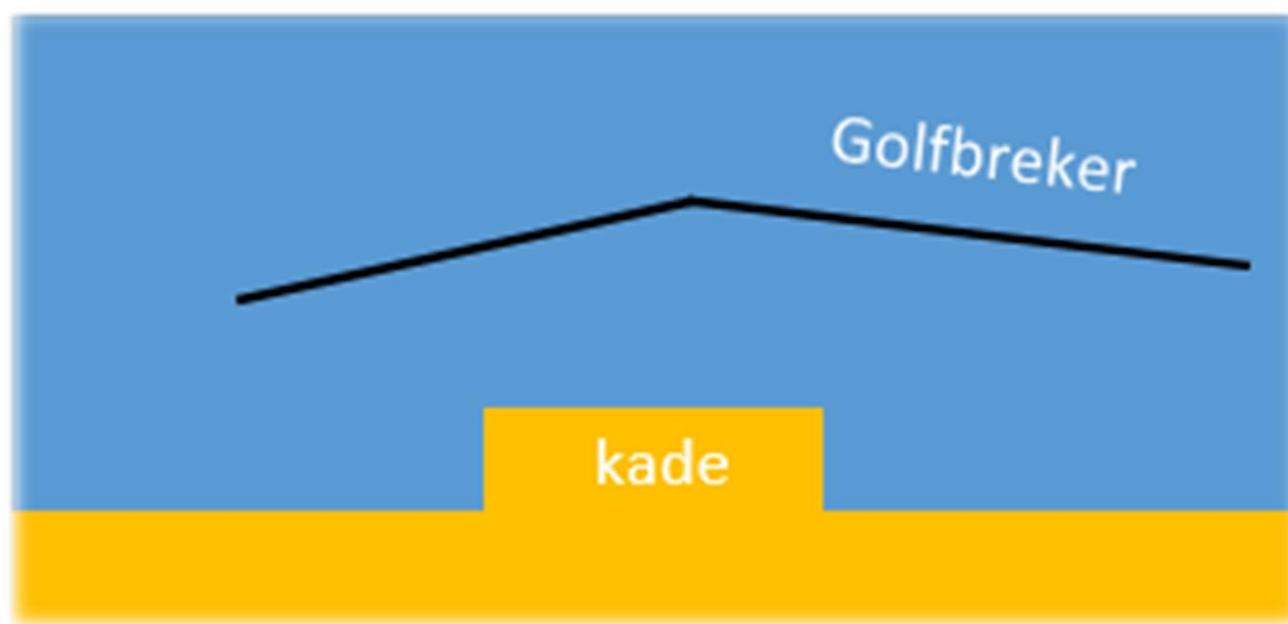
In dit hoofdstuk worden symbolen omschreven die in het eindrapport worden gebruikt. Per document in de bijlage kan er een symbolenlijst en begrippenlijst zijn toegevoegd, om zo de leesbaarheid van het betreffende document te vergroten.

Symbolen	Omschrijving (NL)	Description (EN)
a	Helling van het talud	Inclination of a slope
A	Oppervlakte	Surface
As	Oppervlakte in het horizontale vlak	Surface of the horizontal surface
B	Kruinbreedte	Crest width
b	Breedte geocontainer	Width geocontainer
b₀	Maximale openingsbreedte splijtbak	Maximum opening width split hopper
B_t	Teen breedte	Toe width
Cd	Sleepkracht coëfficiënt	Dragforce coefficient
D.O.	Definitief ontwerp	Final design
Dk / h	Hoogte geocontainer	Height geocontainer
Dn_{50 a / f / t / k}	Denkbeeldige steendiameter bovenste laag / filterlaag / teen / kern	Notional rock diameter armour layer / filter layer / toe / core
E'	Stijfheidsmodulus	Stiffness module
f	Vulpercentage beun	Fill percentage
h	Waterdiepte	Water depth
H_{1/100}	Golfhoogte met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave height with a frequency of once in 100 years
hb	Water onder de splijtbak	Water depth under the split hopper
h_i	Diepgang teen Lee-kant	Depth toe Lee-side
h_s	Diepgang splijtbak	Depth split hopper
H_s	Significante / incidentele golfhoogte	Significant \ incidental wave height
h_s	Diepgang steunberm Lee-kant	Depth bench Lee-side
h_t	Diepgang teen zeekant	Depth toe seaside
l	Lengte splijtbak	Length split hopper
MCA	Multi-Criteria Analyse	Multi-Criteria Analyses
N	Aantal golven gedurende een storm	Number of waves during a storm
n	Poriëngehalte vulmateriaal	Porosity fill material
NAP (N.A.P.)	Normaal Amsterdams Peil	Amsterdam Ordnance Datum
PvA	Programma van Eisen	Statement of requirements
Rc	Kruinhoogte	Crest height
S	Kwaliteit staal	Quality steel
S / O	Omtrek	Periphery
S.O.	Schetsontwerp	Draft design
S_i	Schouder breedte Lee-kant	Shoulder width Lee-side
S_s	Schouder breedte zeekant	Shoulder width seaside
T_{1/100}	Golfperiode met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave period with a frequency of once in 100 years
t_{a/f/t}	Laagdikte bovenste laag / filterlaag / teen	Layerthickness armour layer / filter layer / toe
Tm	Gemiddelde golfperiode	Mean wave period
Tm	Treksterkte geotextiel	Tensile strength geotextile
V	Volume	Volume
V.O.	Voorontwerp	Preliminary design
VSP1	Vraagspecificatie 1	Tender specification 1
W_{50 a / f / t / k}	Denkbeeldige steendiameter bovenste laag / filterlaag / teen / kern	Notional rock diameter armour layer / filter layer / toe / core

BIJLAGE A – PLAN VAN AANPAK

Plan van Aanpak

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Plan van Aanpak
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 7-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	6-2-2016	Concept - Plan van Aanpak	Dennis Dane	Erwin van den Boer
2.0	23-5-2016	Concept – Aangepast voor concept rapport	Dennis Dane	Erwin van den Boer
3.0	7-6-2016	Definitief	Dennis Dane	Erwin van den Boer

PLAN VAN AANPAK

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Plan van Aanpak
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 7-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
1.1 ORGANISATIEBESCHRIJVING	1
1.2 ALGEMENE GEGEVENS.....	1
1.2.1 Gebroeders de Koning	1
1.2.2 Hogeschool Rotterdam.....	2
1.2.3 Student	2
2. ACHTERGRONDEN	3
2.1 AANLEIDING	3
2.2 LEESWIJZER	3
3. PROJECTOPDRACHT	4
3.1 DOELSTELLING	4
3.2 PROBLEEMSTELLING.....	4
3.3 DEELVRAGEN	4
3.4 PROJECTOMSCHRIJVING	4
3.5 ONDERZOEKSMETHODE.....	5
4. PROJECTACTIVITEITEN	7
4.1 AFBAKENING	7
4.2 RANDVOORWAARDEN.....	7
4.3 TUSSENRESULTATEN	8
4.4 PROJECTRESULTAAT	8
4.5 WORK BREAKDOWN STRUCTURE.....	8
5. KWALITEIT	9
5.1 KWALITEIT VAN DE INHOUD.....	9
5.2 KWALITEIT VAN DE LAY-OUT	9
5.3 KWALITEIT VAN HET EINDRAPPORT	9
5.4 WAARBERGEN VAN DE KWALITEIT	9
6. RISICOANALYSE	10
6.1 RISICO OMSCHRIJVING	10
6.2 RISICO PREVENTIE.....	11
7. PLANNING	15
8. COMPETENTIES.....	16
9. BIBLIOGRAFIE	17

BIJLAGE

BIJLAGE I – PLANNING	18
BIJLAGE II – SCHEMATISCHE WEERGAVEN PLANNING	19
BIJLAGE III – COMPETENTIES TOETSEN	20
BIJLAGE IV – COMPETENTIES.....	21

1. INLEIDING

In het vierde jaar van Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam wordt er een scriptie geschreven. Het Plan van Aanpak beschrijft hoe het onderzoek naar een golfbreker voor project Flevokust, wordt uitgevoerd. Het Plan van Aanpak is niet bindend, echter wanneer er wordt afgeweken van het Plan van Aanpak, moet hier een sterk onderbouwde reden voor zijn. Het Plan van Aanpak is in overeenstemming met Gebr. de Koning en Hogeschool Rotterdam samengesteld.

1.1 ORGANISATIEBESCHRIJVING

Gebroeders De Koning(hierna te noemen G.D.K.) is een multidisciplinair bedrijf in de grond-, weg-, en waterbouw. G.D.K. is een middelgrote aannemer, ook beschikt G.D.K. over een eigen ingenieursbureau "De Koning Constructies". De hoofdactiviteiten van G.D.K. zijn: Civiel- en Geotechnisch ontwerp, Civiele betonwerken, Waterbouwkundige werken, Funderingswerken, Grondkerende constructies en Beheer en Onderhoud.

De wortels van G.D.K. gaan terug tot het jaar 1680, toen nog Conink of Keuning. De kost werd toen verdiend met het verhandelen van griendhout. Dit is zo gebleven voor enkele generaties. Rond 1900 is door Ph. De Koning een hoep- en mandenmakerij gestart.

Vanaf 1962 werd de eerste heistelling aangeschaft, dit is het begin van een groot aantal investeringen in groot materieel. Hierdoor werd het mogelijk om ook projecten in de hoofdaanneming uit te voeren.

In 1978 is Gebr. De Koning B.V. opgericht. Sinds die tijd maakt het bedrijf een gestage groei door. Dit met name door het investeren in eigen materieel, wat heeft geleid tot een groot machinepark.

Sinds 2011 is G.D.K. verhuisd naar een nieuwe locatie. G.D.K. groeit ook nu nog, wat G.D.K. een groeiend financieel gezond bedrijf maakt tot op het heden.

G.D.K. heeft gewerkt aan o.a. de aanleg van de 2^e Julianasluis in Gouda. G.D.K. had hier het aanleggen van de definitieve damwanden voor zijn rekening. Verder heeft G.D.K. veel projecten afgerond, met name in de grondkerende constructies en funderingswerken.

Ook is G.D.K. druk bezig met duurzaam ondernemen. De Koning streeft naar een gezonde bedrijfsvoering waarbij rekening wordt gehouden met haar activiteiten op het milieu. G.D.K. staat daarom niet voor niets op CO2 Prestatieladder niveau 5.

1.2 ALGEMENE GEGEVENS

1.2.1 GEBROEDERS DE KONING

Bezoekadres:	Scheepvaartweg 1
Postadres:	3350 AB, Papendrecht
Technische Afstudeerbegeleider:	Erwin van den Boer
Functie:	Ontwerp / projectleider
Telefoon:	+31 622978091
E-mailadres:	e.v.d.boer@gebrdekoning.nl
Allround Afstudeerbegeleider:	Leo van Dijk
Functie:	Adjunct Directeur
Telefoon:	+31 631930590
E-mailadres:	leo.v.dijk@gebrdekoning.nl

1.2.2 HOGESCHOOL ROTTERDAM

Onderwijsinstelling: Hogeschool Rotterdam
Instituut: Instituut voor de Gebouwde Omgeving (IGO)
Opleiding: Civiele Techniek
Locatie: Academieplein
Adres: G.J. de Jonghweg 4 – 6
3015 GG, Rotterdam
Telefoon: 010 794 4801

Afstudeercoördinator: W. Kuppen
E-mailadres: w.j.j.m.kuppen@hr.nl

1^e Docentbegeleider: W. Leeuwenstein
Functie: Kerndocent
E-mailadres: w.leeuwestein@hr.nl

2^e Docentbegeleider: N.t.b.
Functie: N.t.b.
E-mailadres: N.t.b.

1.2.3 STUDENT

Naam: Dennis Dane
Adres: Iroko 98
Postcode, Plaats: 3315 PM, Dordrecht
Telefoon: +31 648540964
Studentennummer: 0861026
E-mail: dennis-dane01@hotmail.com
Geboortedatum: 12-05-1995
Geboorteplaats: Dordrecht
Nationaliteit: Nederlands
Rijbewijs: Ja

2. ACHTERGRONDEN

Dit hoofdstuk zal de achtergronden van het project beschrijven. Dit houdt in dat de aanleiding van het project wordt beschreven samen met de leeswijzer voor het Plan van Aanpak.

2.1 AANLEIDING

Voor het project Flevokust dient een overslaghaven met een containerterminal en industrieterrein te worden gerealiseerd. Dit project ligt ten noorden van Lelystad en wordt Flevokust genoemd. Het project Flevokust is van groot economisch belang voor de regionale economie en concurrentie positie. Doormiddel van Flevokust zal er minder koolstofdioxide(CO₂), fijn stoffen en stikstofdioxide (NO₂) worden uitgestoten, doordat er meer goederenverkeer over het water wordt getransporteerd. Dit valt binnen de trend van verduurzamen.

De provincie Flevoland houdt zich bezig met de ontwikkeling van het havengebied. Het havengebied zal bestaan uit een kade van 400 meter lang, deze kan in de toekomst worden uitgebreid naar 800 meter. Dit is van belang voor een golfbreker, met oog op de toekomst.

Het project Flevokust bestaat uit verschillende onderdelen, waarvan één onderdeel de golfbreker is. Het project zal worden gerealiseerd in het IJsselmeer, vlak langs de bestaande vaarweg Amsterdam- Lemmer. Het project ligt buiten de invloedssfeer van de zee, echter is er een golfbreker nodig om golven tegen te gaan ten gevolgen van de wind en scheepvaart. De locatie van de golfbreker en het type golfbreker is van groot belang om ervoor te zorgen dat de schepen in de haven in een golfluwte liggen.

2.2 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 worden de achtergronden van het onderzoek naar de golfbreker behandeld. Dit houdt in dat de er wordt aangegeven waarom er een golfbreker moet komen. In hoofdstuk 3 wordt er ingegaan op wat het onderzoek zal gaan inhouden, oftewel: de doelstelling, probleemstelling, deelvragen, omschrijving van het project en de onderzoeksmethodes. Verder zal in hoofdstuk 4 in worden gegaan op wat de producten zijn die worden opgeleverd, het onderzoek wordt afgebakend en de randvoorwaarden worden gesteld. In hoofdstuk 5 wordt er omschreven hoe de kwaliteit van het onderzoek wordt gewaarborgd. In hoofdstuk 6 zullen de mogelijke risico's worden omschreven en hoe deze risico's kunnen worden voorkomen. In hoofdstuk 7 zal een voorlopige planning worden weergegeven. De planning zal inzicht geven in het verloop van het onderzoek. Als laatste worden de competenties in hoofdstuk 8 omschreven, ook wordt er aangegeven met welke producten en hoe de competenties zijn volbracht.

3. PROJECTOPDRACHT

Om het onderzoek zo kwalitatief mogelijk te maken, wordt er in dit hoofdstuk beschreven waar het onderzoek over zal gaan. De vragen die in het onderzoek worden beantwoord, worden in dit hoofdstuk omschreven. Ook wordt het project Flevokust omschreven, en de verwachte onderzoeksmethoden die worden gebruikt.

3.1 DOELSTELLING

Voor het project Flevokust is een tender gemaakt. Een onderdeel van de tender is een golfbreker. In de tender is dit een grove berekening van een damwand met een traditionele breukstenen golfbreker. De doelstelling is aan de hand van het Programma van Eisen (hierna te noemen PvE) diverse varianten op te stellen, om vervolgens een afweging te maken welke variant het beste is, en deze variant verder uit te werken. Dit zal beginnen door een aantal Voorontwerpen (hierna te noemen V.O.) op te stellen op basis van het PvE. Vervolgens kunnen diversen onderdelen van de golfbreker worden doorberekend om zo tot een ontwerp te komen dat op definitief ontwerp niveau (hierna te noemen D.O.) is uitgewerkt. Het definitieve ontwerp dient uiterlijk 14 juni ingeleverd te zijn bij Hogeschool Rotterdam.

3.2 PROBLEEMSTELLING

Welk golfbrekertype biedt de beste bescherming voor de overslaghaven Flevokust qua kosten en overige factoren.

3.3 DEELVRAGEN

- Welke ligging van de golfbreker voldoet het beste aan de eisen?
- Wat is de downtime van de overslaghaven met de ontworpen golfbreker?
- Welke belastingen / krachten treden er op tegen de golfbreker?
- Wat is het effect van de golfbreker op de ondergrond?
- Is de golfbreker stabiel?
- Welk materiaal of combinatie van materialen zijn het meest geschikt voor de golfbreker?
- Wat is het ideale golfbrekertype in de situatie van Flevokust?
- Welke golfbreker is het meest kosten efficiënt?
- Wat zijn de dimensies van de golfbreker?

3.4 PROJECTOMSCHRIJVING

Gebroeders de Koning heeft zich ingeschreven om een overslaghaven in Flevoland te realiseren. Het project gaat ook wel onder de naam "Flevokust". Flevokust is een EMVI contract. Een van de onderdelen van dit contract is de golfbreker. De golfbreker zorgt ervoor dat de schepen in een golfluwte komen te liggen.

Gebroeders de Koning hebben zich voor het gehele project Flevokust ingeschreven. Op 2 februari is bekend geworden dat Gebroeders de Koning het project Flevokust niet gegund is. De voorkeursvariant van Gebroeders de Koning is uitgegaan naar een damwandscherm met een ecologische zone, deze wordt geschermd door een oeverbescherming van stortstenen. Uit de variantenonderzoek zal worden geconcludeerd welke golfbrekermodel het best voldoet aan de eisen.

3.5 ONDERZOEKSMETHODE

Doormiddel van onderzoeksmethoden wordt er toegewerkt naar het beantwoorden van de probleemstelling en de daarbij behorende deelvragen. De onderzoeksmethoden zijn onder te verdelen in een kwalitatief onderzoek en een kwantitatief onderzoek. Waarin bij een kwalitatief onderzoek voornamelijk diep op de materie wordt ingegaan. Een kwantitatief onderzoek houdt in dat er informatie wordt vergaard, het gaat voornamelijk over de omvang en hoeveelheid van de probleemstelling. Het is van belang om aan te geven wat voor soort onderzoek de golfbreker zal bevatten.

De golfbreker zal een combinatie zijn van een kwalitatief en kwantitatief onderzoek. Het kwantitatieve gedeelte zijn de varianten van de verschillende golfbrekers die globaal worden berekend en ontworpen. Vervolgens zal één variant de meest geschikte variant zijn, deze variant wordt volledig uitgewerkt. Het volledig uitwerken van de variant is het kwalitatieve gedeelte van het onderzoek.

In de verschillende stadia van het onderzoek zal er gebruik worden gemaakt van de volgende onderzoeksmethodes:

- **Deskresearch;**

Deskresearch is voornamelijk het vergaren van bestaande informatie. De informatie kan worden vergaard via verschillende methodes. Er zal gebruik worden gemaakt van de volgende methodes, binnen het deskresearch:

- **Literatuuronderzoek;**

Het literatuuronderzoek zal gedurende het gehele onderzoek plaatsvinden. Bij literatuuronderzoek zal er een studie plaatsvinden over bestaande literatuur, dat past binnen het kader van de golfbreker. Dit wordt uitgevoerd door middel van informatiebronnen zoals het internet, boeken, onderwijsinstellingen en de opdrachtgever.

- **Secundaire analyse;**

Een secundaire analyse kan worden gebruikt als onderzoeksmethode. Dit houdt in dat meetresultaten of waarnemingen van derden worden geanalyseerd, om deze te verwerken in het eigen onderzoek. Bij deze onderzoeksmethode is het van belang om de bron te valideren, om zo de resultaten als betrouwbaar te kunnen beschouwen.

- **Casestudy;**

Binnen het onderzoek zal er gebruik worden gemaakt van casestudies. Bij casestudies worden aparte onderdelen binnen een onderzoek diepgaand te onderzoeken. Er kan vaak geen algemene conclusies worden getrokken, een casestudy is toch interessant om bepaalde delen binnen een onderzoek te kunnen onderbouwen.

- **Fieldresearch;**

Bij fieldresearch wordt er voornamelijk gebruik gemaakt van directe informatie. De informatie is meestal recent en ook vaak voldoende betrouwbaar. Er wordt gebruik gemaakt van de volgende methodes, binnen het fieldresearch:

- **Interview;**

Doormiddel van een interview kan kennis van derden worden vergaard. Wanneer deskresearch geen of onvoldoende resultaat levert, wordt er gebruik gemaakt van een interview. Een specialist kan zijn kennis delen, deze kennis wordt dan verwerkt in het onderzoek..

- **Brainstormen;**

Doormiddel van brainstorm sessies kunnen er meningen en ideeën worden uitgewisseld. Wanneer het onderzoek vast loopt, of wanneer er veel vragen zijn binnen het onderzoek, zal er gebruik worden gemaakt van brainstormen. Brainstormen geeft de kans om het onderzoek te versnellen of te verbeteren.

- **Monitoronderzoek;**

Bij een monitoronderzoek worden verschillende gegevens met elkaar vergeleken om zo tot een trendlijn te komen. Een monitoronderzoek is interessant voor een golfbreker, voornamelijk om golfkarakteristieken te bepalen.

- **Analyses;**
De analyses zullen voornamelijk plaatsvinden in het begin van het onderzoek. De analyses zullen voornamelijk als doel hebben om bestaande situaties te bestuderen (analyseren). Vervolgens wordt er een conclusie getrokken of een samenvatting gemaakt, de analyses vormen een belangrijk informatie bron voor het onderzoek.
- **Trial and error;**
Trial and error zal gedurende het gehele onderzoek kunnen plaatsvinden. Het is waarschijnlijk dat bepaalde dimensies doormiddel van trial and error moeten worden bepaald, om zo optimaal te dimensioneren.

4. PROJECTACTIVITEITEN

In dit hoofdstuk wordt het onderzoek afgebakend, dit houdt in dat er wordt gekeken wat er nodig is om het onderzoek een succes te maken. Verder worden de randvoorwaarden bepaald, dit betekend dat er wordt bepaald wat er nodig is om het project een succes te maken, zonder dat de onderzoeker daar invloed op heeft.

4.1 AFBAKENING

Om de doelstelling te kunnen halen moet het onderzoek worden afgebakend. De golfbreker wordt gerealiseerd binnen het project Flevokust. Dit houdt in dat alleen de golfbreker wordt onderzocht. Het onderzoek zal zich beperken tot één dwarsdoorsnede van de golfbreker. Deze doorsnede wordt volledig doorberekend en ontworpen. Het onderzoek blijft beperkt tot één doorsnede omdat er wordt uitgegaan dat bij andere doorsneden de berekeningsmethode het zelfde zal blijven. Het onderzoek zal worden beperkt tot de punten beschreven in hoofdstukken 4.2; 4.3; 4.4 en 4.5.

Het eindrapport zal niet dienen als uitvoeringsplan of werkplan, echter is het wel de bedoeling dat doormiddel van het eindrapport de golfbreker kan worden gerealiseerd.

4.2 RANDVOORWAARDEN

- De juiste informatie moet beschikbaar zijn, zoals:
 - Golfkarakteristieken;
 - Materiaaleigenschappen;
 - Nomogrammen;
 - Boeken;
 - Internet;
 - Professionals.
- De juiste programma's moeten beschikbaar zijn, zoals:
 - Autocad (ontwerpen);
 - Microsoft Office (rapporteren);
 - Wolfram Mathematica (rekenprogramma);
 - Google translate (vertaal programma).
- De juiste materialen moeten beschikbaar zijn, zoals:
 - Grafische rekenmachine;
 - Kladbladen;
 - Laptop en bijbehorende accessoires;
 - Schrijfgerei;
 - Internet verbinding.
- Eisen voldoen de eisen gesteld in Vraagspecificatie 1;
- Het afstudeerrapport moet op 14 juni voor 16:00 uur worden ingeleverd.;
- Het afstudeerrapport moet voldoen aan de richtlijnen van Hogeschool Rotterdam (Checklist rapporteren, zie hoofdstuk 5);
- De communicatie tussen de stagebegeleider en schoolbegeleider dient buiten de student om voldoende te verlopen;
- Elke week dient er een voortgangsgesprek te zijn tussen de student en de stagebegeleider;
- Elke drie weken dient er een voortgangsgesprek te zijn tussen de student en de begeleider vanuit school, dit vindt plaats op de locatie Acedemieplein, van de Hogeschool Rotterdam;
- Er moet een mogelijkheid zijn om 3^{de} jaars vanuit Hogeschool Rotterdam, voor te lichten over het onderzoek en het afstuderen;
- Van 12 maart tot er met 25 maart is de student afwezig in verband met de meerdaagse buitenlandse excursie;
- Er moet een mogelijkheid zijn om een begeleider vanuit school te ontvangen op de stage locatie.

4.3 TUSSENRESULTATEN

Tijdens het onderzoek, worden er verschillende producten opgeleverd. Deze producten worden verwerkt in het eindrapport, en dienen om het eindrapport te ondersteunen. De volgende producten zullen worden opgeleverd:

- Afstudeerplan;
- Plan van Aanpak;
- Locatie bepaling;
- Varianten studies;
- Definitief ontwerp.

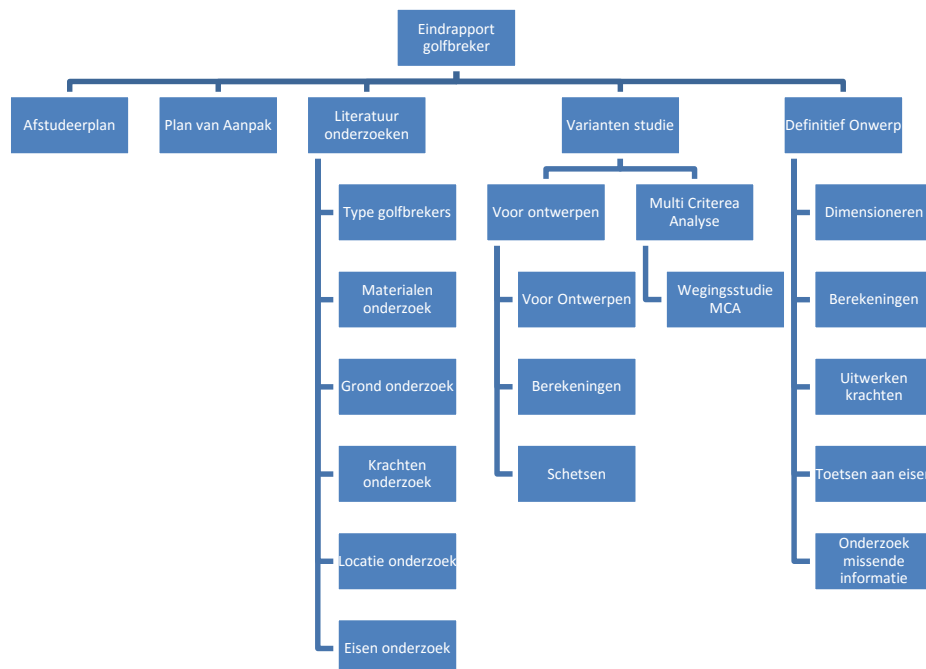
Deze producten is ook schematisch weergegeven in een Work Breakdown Structure, in hoofdstuk 4.5. Wanneer de producten worden opgeleverd is beschreven in de planning, in hoofdstuk 7. De producten zijn verder opgedeeld, echter is het alleen van belang om de producten in geheel op te leveren.

4.4 PROJECTRESULTAAT

Het projectresultaat is het afstudeerrapport. In het afstudeerrapport zal voornamelijk de onderdelen aanwezig zijn die ook zijn beschreven in hoofdstuk 4.6. Uiteindelijk moet het mogelijk zijn om aan de hand van het afstudeerrapport een golfbreker te realiseren, echter is het rapport geen werkplan of uitvoeringsplan. De golfbreker is in het afstudeerrapport gedimensioneerd en doorberekend. Dit wordt gedaan voor één dwarsdoorsnede, aangezien voor de andere dwarsdoorsnedes de berekenmethode het zelfde zal blijven.

4.5 WORK BREAKDOWN STRUCTURE

Doormiddel van een Work Breakdown Structure (WBS) worden de te ondernemen stappen schematisch weergegeven. Deze activiteiten zullen uiteindelijk tot het eindrapport van de golfbreker komen.



5. KWALITEIT

Het bewaken van de kwaliteit is van groot belang voor een succesvol onderzoek. In dit hoofdstuk wordt er behandeld hoe de kwaliteit van het onderzoek met de bijbehorende stukken wordt bewaakt. Dit zal de kwaliteit van het onderzoek ten goede komen.

5.1 KWALITEIT VAN DE INHOUD

De inhoud moet voldoen aan bepaalde eisen. Deze eisen zorgen ervoor dat de kwaliteit betreft de inhoud van het onderzoek wordt gewaarborgd. De eisen zijn als volgt, en kunnen worden terug gevonden in de stijlguides van de Hogeschool Rotterdam:

- Er mogen niet meer dan 3 spel- en grammaticale fouten per bladzijde in het onderzoek zijn;
- De bronnen worden juist vermeldt;
- De documenten hebben een oplopende versie nummer, ook de status wordt geüpdatet wanneer het document definitief is.

5.2 KWALITEIT VAN DE LAY-OUT

Om elk document goed leesbaar te houden, worden er eisen gesteld aan de lay-out van het verslag. De eisen zijn als volgt, en kunnen worden terug gevonden in de stijlguides van de Hogeschool Rotterdam:

- Hoofdstukken en subhoofdstukken worden weergegeven doormiddel van koppen.
- Een paragraaf wordt onderscheiden door middel van een lege regel
- Een alinea wordt onderscheiden door middel van een lege regel
- Er wordt gebruik gemaakt van een uniform standaard lay-out
- De tekst van de inhoud wordt met lettertype Calibri en grootte 10 aangehouden.
- Het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van programma's binnen Microsoft Office zoals: Word, PowerPoint en Excel.

5.3 KWALITEIT VAN HET EINDRAPPORT

Het eindrapport bevat het gehele onderzoek. Het eindrapport moet voldoen aan eisen gesteld door de Hogeschool Rotterdam. Ook het eindrapport moet voldoen aan de eisen van hoofdstukken 5.1 en 5.2. De specifieke eisen aan het eindrapport zijn:

- Het eindrapport is maximaal 40 pagina's (exclusief bijlagen) en is zelfstandig leesbaar
- In het eindrapport moet een samenvatting in het Nederlands aanwezig zijn van maximaal 5 A4'tjes
- Het eindrapport moet vijf keer worden afgedrukt, inclusief de bijlagen. Eén exemplaar voor de onderzoeker, één voor de bedrijfsbegeleider en drie voor school.
- Het gehele eindrapport inclusief bijlagen moet in één document staan in pdf vorm.
- Het eindrapport moet worden ingeleverd op een USB-stick.
- Het eindrapport inclusief bijlagen moet worden ingeleverd bij het Bureau Externe Betrekkingen IGO, lokaal AP.B01.008.

5.4 WAARBERGEN VAN DE KWALITEIT

Om de kwaliteit van het onderzoek te waarborgen, moeten aan de eisen van hoofdstuk 5.1 en 5.2 ten alle tijden worden voldaan. Dit wordt gedaan door naast de onderzoeker ook het onderzoek te laten controleren door derden. Deze derden kunnen zijn: Opdrachtgever, familieleden, collega's en docenten. Door strenge controles van de onderzoeker zal er in eerste instantie zo veel mogelijk aan de eisen worden voldaan.

6. RISICOANALYSE

Tijdens het onderzoek kunnen er onvoorziene complicaties optreden. Dit zijn risico's. Om het onderzoek goed te laten verlopen is het van groot belang om deze risico's te beschrijven. Wanneer de risico's bekend zijn kunnen de risico's worden voorkomen. De risico's zijn opgedeeld in groepen. Deze groepen geven de aard van het risico aan.

6.1 RISICO OMSCHRIJVING

1 - Communicatie				
Nr.	Omschrijving	Kans	Gevolg	Risico
1.1	De communicatie tussen student en stagebegeleider verloopt stroef of is onvoldoende	2	4	8
1.2	De communicatie tussen student en schoolbegeleider verloopt stroef of is onvoldoende	2	4	8
1.3	De communicatie tussen de stagebegeleider en schoolbegeleider verloopt stroef of is onvoldoende	3	4	12
1.4	Miscommunicatie tussen een van de partijen	3	6	18
1.5	Afwezigheid van een van de partijen tijdens afgesproken tijdstip	3	1	3
1.6	De verantwoordelijkheden van een van de partijen is onbekend	1	1	1
1.7	De hoeveelheid werk wordt onderschat	3	5	15
1.8	De student is onvoldoende gemotiveerd	1	6	6
1.9	Een van de partijen werkt het onderzoek tegen	1	6	6
2 - Kennis				
Nr.	Omschrijving	Kans	Gevolg	Risico
2.1	De expertise van een van de partijen is onvoldoende	1	3	3
2.2	Er is onvoldoende kennis beschikbaar	3	6	18
2.3	De gebruikte informatie is niet betrouwbaar	3	6	18
2.4	De benodigde informatie is niet beschikbaar	4	4	16
2.5	De benodigde programma's zijn niet beschikbaar	6	2	12
2.6	De benodigde materialen zijn niet beschikbaar	6	2	12
3 - Kwaliteit				
Nr.	Omschrijving	Kans	Gevolg	Risico
3.1	Het afstudeerrapport is van onvoldoende kwaliteit	3	10	30
3.2	Er is niet voldaan aan een competentie	3	10	30
3.3	De herkansing is van onvoldoende kwaliteit	1	10	10
3.4	Het onderzoek is onjuist afgebakend	4	6	24
3.5	Een van de partijen wil dat er meer wordt onderzocht dan is beschreven in de afbakening	4	4	16
3.6	Er zijn fouten aanwezig in het ontwerp of berekeningen	4	7	28
3.7	Er is niet voldaan aan de eisen gesteld in hoofdstuk 5, kwaliteit	4	3	12
3.8	De probleemstelling is niet beantwoord	2	10	20
3.9	Een van de deelvragen zijn niet beantwoord	3	8	24
3.10	De doelstelling wordt veranderd	2	8	16

4 - Planning				
Nr.	Omschrijving	Kans	Gevolg	Risico
4.1	Een deadline is niet gehaald	3	4	12
4.2	De deadline van het afstudeerrapport is niet gehaald	2	10	20
4.3	Door een complicatie in China, kan de student niet tot aan één week terugkeren	1	4	4
4.4	Door een complicatie in China, kan de student niet binnen één week terugkeren	1	8	8
4.5	Door een complicatie in China, kan de student niet binnen vijf weken terugkeren	1	10	10
4.6	Door een complicatie, kan de student minder dan één week niet aan het afstuderen zitten	1	4	4
4.7	Door een complicatie, kan de student meer dan één week tot drie weken niet aan het afstuderen zitten	1	8	8
4.8	Door een complicatie, kan de student meer dan drie weken niet aan het afstuderen zitten	1	10	10
4.9	De hoeveelheid werk wordt onderschat	4	4	16
4.10	Er wordt afgeweken van het plan van aanpak	6	2	12

6.2 RISICO PREVENTIE

Om de risico's in hoofdstuk 6.1 te beperken, wordt er beschreven hoe deze risico's kunnen worden voorkomen.

1 - Communicatie		
Nr.	Omschrijving	Preventie maatregel
1.1	De communicatie tussen student en stagebegeleider verloopt stroef of is onvoldoende	Per week wordt er een voortgangsgesprek gehouden op een vrijdag
1.2	De communicatie tussen student en schoolbegeleider verloopt stroef of is onvoldoende	Per drie weken wordt er een voortgangsgesprek gehouden op een vrijdag
1.3	De communicatie tussen de stagebegeleider en schoolbegeleider verloopt stroef of is onvoldoende	De student houdt de planning in de gaten en wijst eventueel de partijen op hun verantwoordelijkheden
1.4	Miscommunicatie tussen een van de partijen	De student bemiddelt tussen de partijen
1.5	Afwezigheid van een van de partijen tijdens afgesproken tijdstip	De student laat duidelijk via een mail weten dat er een afspraak gepland is
1.6	De verantwoordelijkheden van een van de partijen is onbekend	De student overhandigt de documenten waarin staan wat de verantwoordelijkheden zijn
1.7	De hoeveelheid werk wordt onderschat	De student houdt zich aan de planning en schakelt hulp in indien nodig

1.8	De student is onvoldoende gemotiveerd	De student heeft een afstudeeronderwerp gevonden dat hem interesseert
1.9	Een van de partijen werkt het onderzoek tegen	De student zegt duidelijk wat hij wil
2 - Kennis		
Nr.	Omschrijving	Preventie maatregel
2.1	De expertise van een van de partijen is onvoldoende	De student vraagt van te voren of hij/zij verstand heeft van het onderwerp
2.2	Er is onvoldoende kennis beschikbaar	De student zorgt voor een zo veel mogelijke informatie bronnen
2.3	De gebruikte informatie is niet betrouwbaar	De informatiebronnen worden gevalideerd
2.4	De benodigde informatie is niet beschikbaar	De student kaart dit aan bij het afstudeerbedrijf
2.5	De benodigde programma's zijn niet beschikbaar	De student kaart dit aan bij het afstudeerbedrijf
2.6	De benodigde materialen zijn niet beschikbaar	De student kaart dit aan bij het afstudeerbedrijf
3 - Kwaliteit		
Nr.	Omschrijving	Preventie maatregel
3.1	Het afstudeerrapport is van onvoldoende kwaliteit	Er wordt gewerkt aan de hand van de richtlijnen van de Hogeschool Rotterdam
3.2	Er is niet voldaan aan een competentie	Er wordt gewerkt aan de hand van de richtlijnen van de Hogeschool Rotterdam
3.3	De herkansing is van onvoldoende kwaliteit	Er wordt gewerkt aan de hand van de richtlijnen van de Hogeschool Rotterdam
3.4	Het onderzoek is onjuist afgebakend	Er wordt gewerkt aan de hand van de richtlijnen van de Hogeschool Rotterdam
3.5	Een van de partijen wil dat er meer wordt onderzocht dan is beschreven in de afbakening	Het onderzoek wordt van te voren voldoende afgebakend
3.6	Er zijn fouten aanwezig in het ontwerp of berekeningen	De documenten dienen te worden gecontroleerd
3.7	Er is niet voldaan aan de eisen gesteld in hoofdstuk 5, kwaliteit	De documenten dienen te worden gecontroleerd

3.8	De probleemstelling is niet beantwoord	De probleemstelling is duidelijk geformuleerd en goedgekeurd door de afstudeercommissie, vervolgens wordt er toegewerkt naar het beantwoorden van de probleemstelling. Tijdens het onderzoek wordt de probleemstelling getoetst aan de informatie. Volgens de planning is er nog tijd voor eventuele verbeteringen mocht de probleemstelling niet zijn beantwoord
3.9	Een van de deelvragen zijn niet beantwoord	De deelvragen zijn duidelijk geformuleerd. Vervolgens wordt er toegewerkt naar het beantwoorden van de deelvragen. Tijdens het onderzoek wordt de deelvragen getoetst aan de informatie. Volgens de planning is er nog tijd voor eventuele verbeteringen mochten de deelvragen niet zijn beantwoord
3.10	De doelstelling wordt veranderd	De doelstelling is duidelijk geformuleerd. Vervolgens wordt er toegewerkt naar het beantwoorden van de doelstelling. Tijdens het onderzoek wordt de doelstelling getoetst aan de informatie. Volgens de planning is er nog tijd voor eventuele verbeteringen mochten de doelstelling niet zijn beantwoord
4 - Planning		
Nr.	Omschrijving	Kans
4.1	Een deadline is niet gehaald	In de planning is er een periode tussen de deadline en de start van het volgende onderdeel. In deze tijd kan uitstel worden opgevangen, mocht dit noodzakelijk zijn
4.2	De deadline van het afstudeerrapport is niet gehaald	In de planning is er een periode ingepland waarin uitstel van het afstudeerrapport kan worden opgevangen, mocht dit noodzakelijk zijn

4.3	Door een complicatie in China, kan de student niet tot aan één week terugkeren	De student blijft bij de groep in China en probeert zijn spullen goed te bewaren
4.4	Door een complicatie in China, kan de student niet binnen één week terugkeren	De student blijft bij de groep in China en probeert zijn spullen goed te bewaren
4.5	Door een complicatie in China, kan de student niet binnen vijf weken terugkeren	De student blijft bij de groep in China en probeert zijn spullen goed te bewaren. De student zal ook geen wetten overtreden in China
4.6	Door een complicatie, kan de student minder dan één week niet aan het afstuderen zitten	-
4.7	Door een complicatie, kan de student meer dan één week tot drie weken niet aan het afstuderen zitten	-
4.8	Door een complicatie, kan de student meer dan drie weken niet aan het afstuderen zitten	-
4.9	De hoeveelheid werk wordt onderschat	In het plan van aanpak is de planning gemaakt aan de hand van de projectresultaten. De planning dient te worden aangehouden
4.10	Er wordt afgeweken van het plan van aanpak	Het plan van aanpak is niet bindend, maar er het plan van aanpak wordt zoveel mogelijk aangehouden

7. PLANNING

Het afstuderen zal twee school kwartalen in beslag nemen. In afstudeerweek 7 en 8 van het afstuderen zal de student een buitenlandse excursie naar China bijwonen. De buitenlandse excursie haalt 2 weken van de afstudeerperiode af. Vanwege het krappe tijdsbestek is er geen ruimte voor de voorjaars- en meivakantie en is er één week eerder begonnen met de afstudeerstage, op 1 februari. Dit om de buitenlandse excursie naar China zo goed mogelijk te compenseren. Normaliter neemt het afstuderen 20 weken in beslag, dit wordt echter 18 weken.

Het tussentijdsverslag moet in afstudeerweek 10 worden ingeleverd. Het afstuderen is op dit moment op de helft. Eén week na het inleveren van het tussentijdsverslag zal er een tussentijdse voordracht plaatsvinden. Vanuit de student wordt verwacht dat hij een afspraak maakt bij het bedrijf om de voortgang te bespreken en het functioneren binnen het bedrijf.

De volgende belangrijke data zijn omtrent het afstudeerverslag. Het concept van het afstudeerverslag moet minimaal 3 weken voor het definitieve afstudeerverslag worden ingeleverd. De voorlopige inleverdatum van het concept afstudeerverslag staat voorlopig op 19 mei in afstudeerweek 16. Een week later, voorlopig op 27 mei, zal het concept afstudeerverslag worden besproken. Hierop-volgend zal er groen-licht worden gegeven op het afronden van het afstudeerverslag. Het definitieve afstudeerverslag moet voor 16:00 uur op 14 juni worden ingeleverd bij het stagebureau, deze datum staat vast. Verder is de afstudeerzitting tussen 27 juni en 1 juli, afhankelijk van de indeling. Dit vindt plaats in afstudeerweek 22.

Een uitgebreider voorlopige planning van de afstudeerstage is weergegeven in bijlage I. Een schematische weergave van de planning met de bijbehorende producten is weergegeven in bijlage II. In de onderstaande tabellen zijn feestdagen en belangrijke datums (dik gedrukt) weergegeven).

Onderwerp	Datum	Week
Start afstuderen	1 februari 2016	5 / 1
Inl. PvA	12 februari 2016	6 / 2
In. Literatuur studies	11 maart 2016	10 / 6
Buitenlandse excursie - China	12 maart-2016 / 25 maart-2016	11 / 7
Goede Vrijdag	25 maart 2016	12 / 9
1e Paasdag	27 maart 2016	13 / 9
2e Paasdag	28 maart 2016	13 / 9
Tussentijdsverslag	4 april 2016 / 8 april 2016	14 / 10
Tussentijdse voordracht	11 april 2016 / 15 april 2016	15 / 11
Inl. varianten studie	21 april 2016	16 / 12
Koningsdag	27 april 2016	17 / 13
Hemelvaartsdag	5 mei 2016	18 / 14
Bevrijdingsdag	5 mei 2016	18 / 14
1e Pinksterdag	15 mei 2016	20 / 16
2e Pinksterdag	16 mei 2016	20 / 16
Inl. Definitief Ontwerp	19 mei 2016	20 / 16
Inl. concept afstudeerverslag	19 mei 2016	20 / 16
Bespr. Concept afstudeerverslag	27 mei 2016	21 / 17
Inl. afstudeerverslag	14 juni 2016	24 / 20
Afstudeerzitting	27 juni 2016 / 1 juli 2016	26 / 22

Fase	Start datum	Eind datum	Start Wk	Eind wk
Oriëntatiefase	1 februari 2016	12 februari 2016	5 / 1	6 / 2
Analysefase	15 februari 2016	29 maart 2016	7 / 3	12 / 9
Oplossingsfase	31 maart 2016	21 april 2016	12 / 9	16 / 12
Uitwerkingsfase	25 april 2016	27 mei 2016	17 / 13	21 / 17
Afrondingsfase	30 mei 2016	14 juni 2016	22 / 18	24 / 20

8. COMPETENTIES

De opleiding civiele techniek aan de Hogeschool Rotterdam werkt aan de hand van competentiegericht onderwijs. De competenties zijn in vijf opleidingscompetenties te onderscheiden:

- Initiëren; eisen voor een ontwerp ontwikkelen;
- Ontwerpen; een integraal ontwerp maken en verantwoorden;
- Specificeren; een ontwerp specificeren;
- Uitvoeren; het uitvoeringsproces sturen en bewaken;
- Beheren; een beheersplan implementeren.

De vijf opleidingscompetenties zijn opgedeeld in kernactiviteiten. De kernactiviteiten zijn in 3 niveaus te onderscheiden. Voor het afstuderen dienen alle competenties behalve uitvoeren en beheren, op een zo hoog mogelijk niveau te worden afgerond. Verder zijn er nog een vier algemene competentie, namelijk:

- Monitoren, toetsen en evalueren;
- Analyseren en onderzoeken;
- Communiceren en samenwerken;
- Managen en ondernemen.

Zie Bijlage III voor de competentie tabel, voor tijdens het afstuderen. Verder zijn de competenties met de kerntaken weergegeven in Bijlage IV, ook worden hier de niveaus beschreven waarop de competentie moet worden voldaan.

9. BIBLIOGRAFIE

Grit, R. (5de druk). *Projectmanagement*. Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers.

Julsing, R. G. (2de druk). *Zo doe je een onderzoek*. Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers.

Julsing, T. F. (1e druk). *Onderzoeksvaardigheden*. Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers.

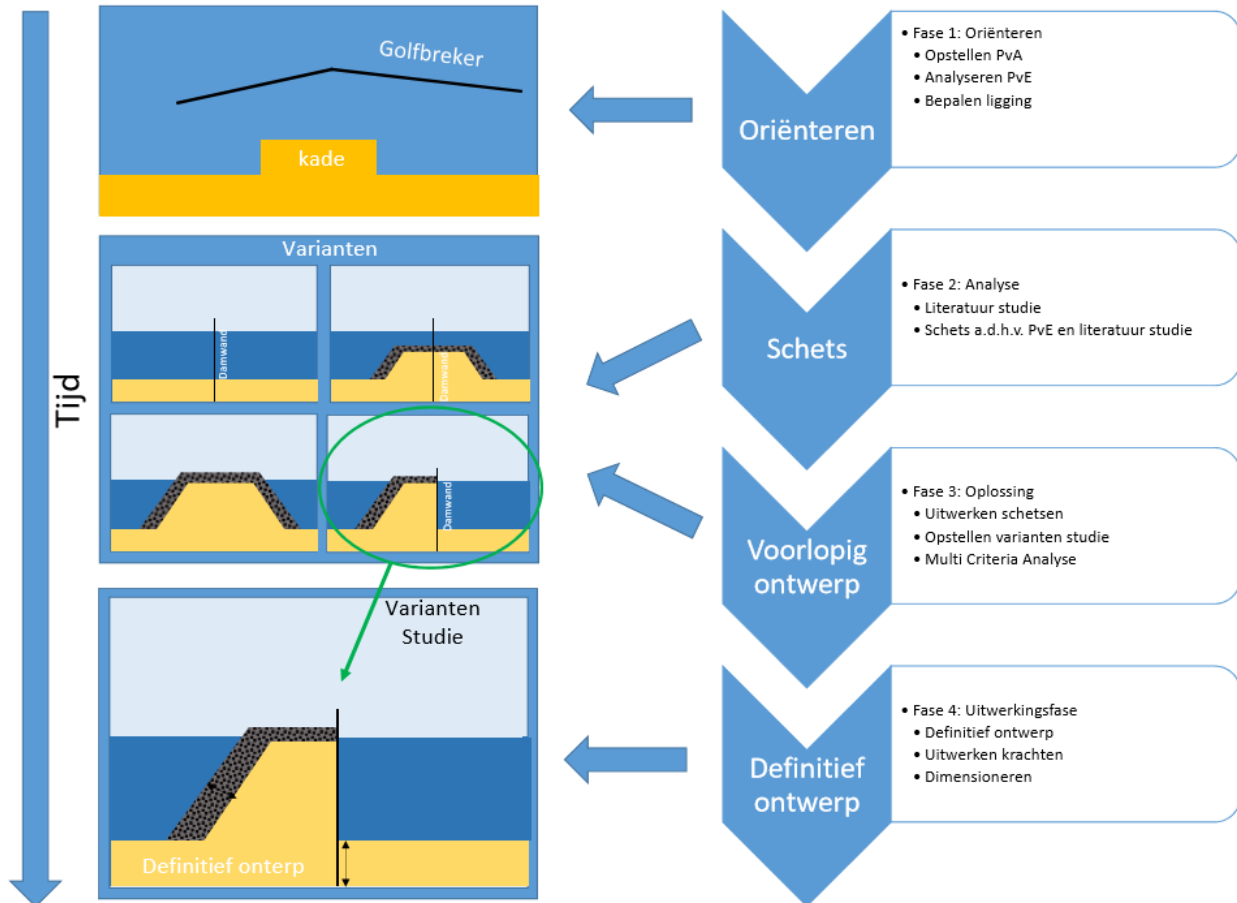
Trietsch, E. F. (2de druk). *Snel afstuderen*. Bussum: Uitgeverij Coutinho.

BIJLAGE I – PLANNING

Vandaag: 03-02-2016			AFSTUDEERPLANNING				
Fs	wk	Afstudeerweek	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
Orientatiefase	5	1	1-feb	2-feb	3-feb	4-feb	5-feb
			Start afstuderen		Opstellen PvA		Gesprek G.D.K.
			Oriënteren				
	6	2	8-feb	9-feb	10-feb	11-feb	12-feb
							Inl. PvA
							Gesprek G.D.K.
	7	3	15-feb	16-feb	17-feb	18-feb	19-feb
			Analyse fase		Afr. Eisen ond.	St. locatie ond.	Gespr HRO
			St. Eisen ond.				Gesprek G.D.K.
	8	4	22-feb	23-feb	24-feb	25-feb	26-feb
			Afr. Locatie ond.	St. Kracht ond.			Gesprek G.D.K.
Analysefase	9	5	29-feb	1-mrt	2-mrt	3-mrt	4-mrt
			St. Grond ond.		Afr. Grond ond.	V.o. conform PvE	Gesprek G.D.K.
						St. Mat. Ond.	
	10	6	7-mrt	8-mrt	9-mrt	10-mrt	11-mrt
			Afr. Mat ond.			Afr. Golfbr. Ond.	Gespr HRO
			St. golfbr. ond.				Gesprek G.D.K.
	11	7	14-mrt	15-mrt	16-mrt	17-mrt	18-mrt
			China	China	China	China	China
	12	8	21-mrt	22-mrt	23-mrt	24-mrt	25-mrt
			China	China	China	China	China
							Goede vrijdag
Oplossingsfase	13	9	28-mrt	29-mrt	30-mrt	31-mrt	1-apr
			2e paasdag	Oplossingsfase			Gesprek G.D.K.
				St. V.O.			
	14	10	4-apr	5-apr	6-apr	7-apr	8-apr
			Inl. tussentijdsverslag				
							Gesprek G.D.K.
	15	11	11-apr	12-apr	13-apr	14-apr	15-apr
			Tussentijdse voordracht				
						Afr. V.O.	Gespr HRO
	16	12	18-apr	19-apr	20-apr	21-apr	22-apr
			St. MCA			Afr. MCA	Gesprek G.D.K.
						Inl. Var. Studie	

Vandaag: 03-02-2016			AFSTUDEERPLANNING				
Fs	wk	Afstudeerweek	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
Uitwerkingsfase			25-apr	26-apr	27-apr	28-apr	29-apr
	17	13	Uitwerkingsfase		Koningsdag		Gesprek G.D.K.
			D.o. uitwerken				
			2-mei	3-mei	4-mei	5-mei	6-mei
	18	14				Hemelvaartsdag	Gespr HRO
						Bevrijdingsdag	Gesprek G.D.K.
			9-mei	10-mei	11-mei	12-mei	13-mei
	19	15					Gesprek G.D.K.
Afrondingsfase			16-mei	17-mei	18-mei	19-mei	20-mei
	20	16	2e pinksterdag			Inl. D.o.	Gesprek G.D.K.
						Inl. concept	
			23-mei	24-mei	25-mei	26-mei	27-mei
	21	17					Bespr. Concept
							Gespr HRO
							Gesprek G.D.K.
			30-mei	31-mei	1-jun	2-jun	3-jun
	22	18	Afrondingsfase				Gesprek G.D.K.
			Afr. Onderzoek				
			6-jun	7-jun	8-jun	9-jun	10-jun
23	19						Gesprek G.D.K.
							Gespr HRO
			13-jun	14-jun	15-jun	16-jun	17-jun
24	20			Inl. afst. Versl.			
			20-jun	21-jun	22-jun	23-jun	24-jun
25	21						
			27-jun	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul
26	22			Afstudeerzitting			
							Gesprek G.D.K.

BIJLAGE II – SCHEMATISCHE WEERGAVEN PLANNING



BIJLAGE III – COMPETENTIES TOETSEN

Product	Onderdelen	Competentie voldaan	Waarom?	Weging [%]
Afstudeerplan	Afstudeerplan	1.1	In het afstudeerplan wordt er beschreven hoe het onderzoek zal gaan verlopen. Het verloop van het onderzoek naar de golfbreker wordt geanalyseerd.	0%
		1.2	In het afstudeerplan is er voldaan aan deze competentie, het afstudeerplan dient als voorbereiding. Net als deze competentie.	
Plan van Aanpak	Plan van Aanpak	1.1	In het plan van aanpak wordt er beschreven hoe het onderzoek zal gaan verlopen. Het verloop van het onderzoek naar de golfbreker wordt geanalyseerd.	5%
		6.1	Het plannen van het onderzoek wordt gedaan in het Plan van Aanpak	
Literatuuronderzoeken	Locatieonderzoek	2.3	Met literatuuronderzoeken wordt er voornamelijk gegevens verzameld en geïnventariseerd. De gegevens ondersteunen het onderzoek naar de golfbreker.	25%
	Golvenonderzoek			
	Materialenonderzoek	7.1	Om de gegevens te verzamelen wordt er onderzoek gedaan naar de gegevens.	
	Grondonderzoek	9.1	Literatuuronderzoeken worden voornamelijk zelfstandig uitgevoerd, het verzamelen van informatie is het regie in eigen handen nemen.	
	Eisenonderzoek			
	Krachtenonderzoek			

Product	Onderdelen	Competentie voldaan	Waarom?	Weging [%]
Varianten Studie	Schetsen Voorontwerpen Berekeningen Wegingsstudie MCA MCA Variantenstudie	2.1	Bij de varianten wordt er gebruik gemaakt van tekeningen, berekeningen en de verzamelde informatie van oa. Literatuuronderzoeken.	30%
		2.2	Doormiddel van een MCA zal een voorkeurs variant worden gekozen	
		2.3	Het MCA wordt opgesteld aan de hand van literatuuronderzoeken en experts binnen Gebr. De Koning.	
		3.1	De voor ontwerpen en berekeningen worden gemaakt door middel van een schematische weergaven van de werkelijkheid	
		3.2	Bepaalde onderdelen van het voor ontwerp worden berekend aan de hand van eenvoudige formules of vuistregels. Dit zal ook het MCA onderbouwen.	
		6.1	Tijdens de variantenstudie wordt volgens het Plan van Aanpak gewerkt. De resultaten worden vergeleken met de literatuuronderzoek, berekeningen en de resultaten worden gecontroleerd. Voldoen er varianten niet, dan zal er worden gekeken of de variant anders kant	
		6.2	De varianten worden getoetst, ook aan de omgevingsbewustheid	
		7.1	Om een varianten studie goed te kunnen opzetten, is er onderzoek nodig naar wat de belangrijke punten zijn, en hoe zwaar deze punten wegen.	
		8.1	Bij de variantenstudies worden de varianten ondersteund doormiddel van berekeningen en ontwerpen / schetsen	

Product	Onderdelen	Competentie voldaan	Waarom?	Weging [%]
Definitief ontwerp	Definitief ontwerp Detailleringssontwerpen Berekeningen Onderzoek missende informatie Toetsen aan eisen	2.3	Voor het definitieve ontwerp wordt nog ontbrekende informatie geanalyseerd	30%
		3.1	De berekeningen worden gemaakt aan de hand van een schematisch vereenvoudigd ontwerp	
		3.2	De berekeningen zijn zodanig uitgewerkt dat een golfbreker gedetailleerd kan worden ontworpen	
		6.1	Wanneer het ontwerp niet voldoet aan de berekeningen, wordt het ontwerp aangepast aan de berekeningen.	
		6.2	Het ontwerp wordt op een verantwoordelijke manier gemaakt. Dit door bijvoorbeeld duurzaamheid mee te nemen in het ontwerp	
		7.1	Voor het definitieve ontwerp wordt nog ontbrekende informatie geanalyseerd, er wordt dus onderzoek gedaan naar ontbrekende informatie	
		8.1	De berekeningen en het ontwerp worden ondersteund door het verbeelden en verantwoorden van informatie	
		8.2	Voor het definitieve ontwerp zal ook worden gevraagd naar feedback van Gebr. de Koning	
		9.1	De definitieve golfbreker zal voornamelijk zelfstandig worden ontworpen	
		9.2	Er zal gebruik worden gemaakt van feedback en expertise binnen het bedrijf.	
Afstudeerrapport	Afstudeerrapport	3.1	Het afstudeerrapport dient als een contract- / begrotingsdocument.	10%
		6.1	De onderdelen van het afstudeerrapport worden nogmaals gecontroleerd. Mochten er fouten aanwezig zijn, worden deze verbeterd.	
		8.1	De inhoud in het afstudeerrapport wordt ondersteund door nieuwe of gebruikte afbeeldingen	
		8.2	Het afstudeerrapport wordt gecontroleerd door derden	
		9.1	Het afstudeerrapport wordt door de student opgesteld	
		9.2	Het afstudeerrapport wordt gecontroleerd door derden.	

BIJLAGE IV – COMPETENTIES

	Competenties	Niveau		Kerntaken
1.	Initiëren	2	1.1	Signaleren en/of analyseren van (de behoefte aan) een civieltechnisch project in de gebouwde omgeving
			1.2	Ontwikkelen van een Programma van Eisen voor een te maken civiel technisch project
2.	Ontwerpen	3	2.1	Ontwerpen van oplossingsvarianten in de vorm van bv. schema's, tekeningen en/of berekeningen voor civieltechnische (deel)problemen
			2.2	Oplossingsvarianten beoordelen en de meest passende kiezen
			2.3	Inventariseren en verzamelen van gegevens
3.	Specificeren	3	3.1	Schematiseren van de werkelijke situatie in een (vereenvoudigd) rekenkundig of fysisch model
			3.2	Detailleren en/of berekenen en tekenen van een (deel van een) civieltechnische ontwerp
			3.3	Contract-, begrotings- en vergunningsdocumenten opstellen en contractvorming organiseren en begeleiden
4.	Realiseren	2	4.1	Voorbereiden van de uitvoering van een civieltechnisch project
			4.2	Bouwplaats management voeren: (bij)sturen, bewaken, evalueren en zo nodig optimaliseren van het uitvoeringsproces aan de hand van een uitvoeringsplan
5.	Beheren	1	5.1	Opstellen van een plan voor het beheren en/of onderhouden van civieltechnische objecten
6.	Monitoren, toetsen en evalueren	3	6.1	Hanteren van plan-do-check-act cyclus
			6.2	Omgevingsbewust en maatschappelijk verantwoord handelen
7.	Analyseren en onderzoeken	3	7.1	Uitvoeren van onderzoek
8.	Communiceren en samenwerken	3	8.1	Verwoorden en verbeelden van informatie
			8.2	Functioneren in teams
9.	Managen en ondernemen	2	9.1	Regie voeren over eigen leerproces
			9.2	Projectmatig werken en processen aansturen

BIJLAGE B – NAUTISCHE EN GEOTECHNISCHE GEGEVENS

Nautische en geotechnische gegevens

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Nautische en geotechnische gegevens
Versie: 2.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 7-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	25-5-2016	Concept - Nautische en geotechnische gegevens	Dennis Dane	Erwin van den Boer
2.0	7-6-2016	Definitief	Dennis Dane	Erwin van den Boer

NAUTISCHE EN GEOTECHNISCHE GEGEVENS

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Nautische en geotechnische gegevens
Versie: 2.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 7-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
1.1 SAMENVATTING	1
1.2 SYMBOLEN	1
1.3 DEFINITIES EN BEGRIPPEN	2
2. GOLFKARATRISTIEKEN	3
2.1 UITGANGSPUNTEN HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDE.....	3
2.2 BEPALEN LOCATIE GOLFKARAKTERISTIEKEN	4
2.3 GOLFKARAKTERISTIEKEN	5
3. GRONDGEVENS	9
3.1 GROND PARAMETERS.....	10
4. BODEMDIEPTE.....	11
BIBLIOGRAFIE.....	13

BIJLAGE

BIJLAGE I – BORING EN SONDERING.....	14
---	-----------

1. INLEIDING

Dit document bevat een verzameling van gegevens over de golven en de grond. In vrijwel alle documenten wordt er gebruik gemaakt van de parameters beschreven in dit document. Echter is dit document niet chronologisch opgebouwd. Dit houdt in dat dit document de benodigde informatie bevat, maar de waarden niet perse in dit document zijn ontstaan.

1.1 SAMENVATTING

In deze paragraaf worden de gegevens zoals beschreven in dit hoofdstuk kort weergegeven. Dit omtrent de golfkarakteristieken, aangezien de grondparameters niet erg frequent worden gebruikt en deze niet verder samen te vatten zijn.

Symbool	Omschrijving (NL)
$H_{1/100}$	1,5 meter
H_s	0,9 meter
$L_{1/100}$	4,33
N	6651 golven
Stormduur	8 uur
$T_{1/100}$	4,33 seconden
T_m	3,82 seconden

1.2 SYMBOLEN

In deze paragraaf worden een aantal gebruikte symbolen omschreven, in zowel het Nederlands als in het Engels. Dit omdat Engels vaak wordt gebruikt in de waterbouw.

Symbool	Omschrijving (NL)	Description (En)
$H_{1/100}$	Golfhoogte met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave height with a frequency of once in 100 years
H_s	Significante golfhoogte	Significant wave height
$L_{1/100}$	Golflengte met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave length with a frequency of once in 100 years
L_m	Gemiddelde golflengte	Mean wave length
N	Aantal golven gedurende een storm	Number of waves during a storm
N.A.P.	Nieuw Amsterdam Peil	New Amsterdam Level
$T_{1/100}$	Golfperiode met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave period with a frequency of once in 100 years
T_m	Gemiddelde golfperiode	Mean wave period
T_p	Piek golfperiode	Peak wave period

1.3 DEFINITIES EN BEGRIPPEN

In dit hoofdstuk worden alle definities en begrippen omschreven die in het eindrapport worden gebruikt. Per document in de bijlage, kan er een begrippenlijst zijn toegevoegd, om zo de leesbaarheid van de documenten te vergroten.

Woord	Omschrijving (NL)
Berm	Verwijst naar de berm van een golfbreker. De berm van de golfbreker is het hoogste horizontale vlak, ook wel de kruin genoemd.
Bestemmingsvlak	Een gebied waarin het (onderdeel van een) project plaats vindt.
DiffRACTIE	Golven buigen om een punt, waardoor de golfhoogte gereduceerd of groter worden.
Downtime	Dit is de tijd wanneer de golven tegen de kade te groot zijn voor een schip om te kunnen aanmeren.
Draagkrachtheid	Een begrip uit de grondmechanica dat aangeeft hoeveel de grond kan dragen
Flevokust	Naam van het project waar de golfbreker een onderdeel van uitmaakt
Hydraulische randvoorwaarden	Bestand waarin de belangrijkste golfkarakteristieken vandaan komen
interloctie	Een naam dat wordt gebruikt om aan de geven hoeveel hoekige punten een steen heeft
Maxima centrale	Een energiecentrale ten noord-oosten van de golfbreker
MGeoBase	Een programma dat dient als database voor grondparameters
Nominale steendiameter	Geeft aan wat de nominale diameter is van een steen, wordt gebruikt in het bepalen van de steengrootte
Opdrachtgever	De partij die het werk uitbesteed
Quarry-run	Een naam voor grof grind
Reflectie	Tegen de kust of een kade zal een golf terugkaatsen. De golfhoogte kan hierdoor groter worden,
Refractie	Golven onder een hoek op de kust, willen loodrecht op de kust invallen. Hierdoor buigen de golven en wordt de energie groter of kleiner, afhankelijk van de vorm van de kust.
Scheefstand IJsselmeer	Houdt in dat de wind een verhoging van het waterpeil kan veroorzaken op bepaalde plekken langs de kust van het IJsselmeer
Scheepsgolven	Golven veroorzaakt door schepen
Sectie	De hoek waaruit een golf komt
Shoaling	De afmetingen van een golf verandert zodra de golf zich in ondiep water bevindt. De afmetingen verandert steeds sterker naarmate de golf dichterbij de kust komt (ondieper wordt).
Sondering	Een begrip uit de grondmechanica dat wordt gebruikt om de draagkrachtigheid van een grondsoort te bepalen
Strijklengte	De lengte waarop de wind vat heeft, bij het creëren van golven.
SWAN	Een programma ontwikkeld door Deltaris waarmee golfkarakteristieken kan worden bepaald

2. GOLFKARAKTERISTIEKEN

In dit hoofdstuk worden de golfkarakteristieken beschreven. De golfkarakteristieken uit dit hoofdstuk worden gebruikt als input voor de golfberekeningen. Echter voor het definitieve ontwerp, moeten de golfhoogtes worden aangepast.

2.1 UITGANGSPUNTEN HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDE

De golfkarakteristieken zijn bepaald in de hydraulische randvoorwaarde. De uitgangspunten van toepassing zijn op de locatie, uit de hydraulische randvoorwaarden zijn:

- De bestaande energiecentrale is niet meegenomen in de modelschematisatie. Deze zat niet in de originele schematisatie van RWS. Daarnaast worden ongestoorde randvoorwaarden afgeleid om op de rand van een detailmodel op te kunnen leggen. Er wordt vanuit gegaan dat dit in detailberekeningen wel meegenomen wordt.
- Het ontwerp van de terminal (golfbreker, vaargeul etc.) is niet meegenomen in de modelschematisaties om ongestoorde randvoorwaarden te verkrijgen.
- Stationaire golfberekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende combinaties van windsnelheid, windrichting en waterstand.
- Er is geen rekening gehouden met golven anders dan windgolven. Scheepsgolven ed. zijn niet meegenomen in de schematisaties.
- Er is een uniforme waterstand in het IJsselmeer gehanteerd. Het effect van scheefstand op het IJsselmeer is dus niet meegenomen in de berekeningen. Het effect op de resultaten ter plaatse van het interessegebied wordt als zeer beperkt geschat. Waterstanden ter plaatse zijn gebaseerd op het waterstand station "Houtrib Noord".
- Deze randvoorwaarden zijn bedoeld als input voor lokale golfberekeningen en dienen niet rechtstreeks in het ontwerp gebruikt te worden. Effecten van de energiecentrale (reflecties, afscherming etc.) kunnen een grote rol spelen. Dit gecombineerde effect dient bepaald te worden met detailberekeningen waar deze nieuwe randvoorwaarden als input voor kunnen dienen.

Uit de uitgangspunten blijkt dat de Maxima centrale niet is meegenomen in dit model. Verder staat er in de hydraulische randvoorwaarden dat de Maxima centrale dient te worden meegenomen in het definitieve ontwerp. Ook staat er in de uitgangspunten het ontwerp van de terminal, golfbreker en vaargeul niet zijn meegenomen. Het effect van shoaling, refractie, diffractie, reflectie en transmissie zijn niet meegenomen.

In het volgende punten staat dat in het model alleen rekening is gehouden met de windrichting en waterstand, scheepsgolven zijn dus niet meegenomen. Deze dienen te worden meegenomen in de golfberekeningen.

Ter plaatsen van de golfbreker wordt geen scheefstand in het IJsselmeer meegenomen, er wordt geschat dat de scheefstand gering is ter plaatsen van de golfbreker en terminal.

In de laatste uitgangspunt staat dat de randvoorwaarde zijn bedoeld als input voor lokale golfberekeningen en dienen niet rechtstreeks in het ontwerp gebruikt te worden.

2.2 BEPALEN LOCATIE GOLFKARAKTERISTIEKEN

In de hydraulische randvoorwaarde zijn de golfhoogtes en golfperioden weergegeven in een overschrijdingstabel. Deze zijn berekend doormiddel van een SWAN model in de punten 1 tot en met 7. In het model zijn alleen de golfkarakteristieken ten gevolge van de wind berekend.

Er wordt aangenomen dat in punt 7 de golfkarakteristieken maatgevend zijn voor de golfbreker. Dit omdat punt 7 het dichtst bij de golfbreker ligt. Ook lijken de omstandigheden qua strijklengte en wind het meest op de golfkarakteristieken uit punt 7. Zie afbeelding 1 voor een overzicht van de locatie van de verschillende punten.



Afbeelding 1 – Locatie punten. Bron [1]

2.3 GOLFKARAKTERISTIEKEN

De golfkarakteristieken uit de hydraulische randvoorwaarden zijn weergegeven in tabel 1 en 2. In de eisen is aangegeven hoe hoog de golven mogen zijn langs de kade constructie. Dit is:

- De inkomende significante golfhoogte dwars op het schip is 30 centimeter;
- De inkomende significante golfhoogte op de boeg is 50 centimeter;
- De inkomende significante golfhoogte schuin op het schip is 40 centimeter;

Wanneer de significante golfhoogte groter wordt aan de kade, dan zal de terminal niet meer beschikbaar zijn. Dit wordt ook wel downtime genoemd. Eis 4.11 geeft aan dat de downtime door golfwerking niet meer dan 10 dagen per jaar mag zijn. Dit komt overeen met $10/365 = 2,74\%$. De kade van Flevokust ligt onder een hoek van 45 graden. Dwars op het schip is tussen de 300 en 30 graden ten opzichten van het noorden. Schuin op het schip is bij 0 en 270 graden. Dwars op de boeg is bij 240 en 30 graden.

Tabel 1 – Kans overschrijding golfhoogte [%] in punt 7. Bron: [1]

Punt 7	Sectie in graden												Totaal	
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330		
Golfhoogte (m)	0	11,084	14,182	7,481	1,909	0,969	0,723	2,893	11,314	26,162	7,537	5,685	10,062	100
	0,05	10,606	11,746	6,915	1,891	0,969	0,723	2,731	10,976	24,856	7,346	5,317	9,442	93,518
	0,1	9,822	9,501	5,268	0,903	0,466	0,445	1,667	8,378	23,38	6,839	4,86	8,863	80,392
	0,15	8,849	7,27	2,531	0,133	0,06	0,066	0,485	5,319	20,335	6,19	4,084	8,146	63,468
	0,2	8,083	5,57	1,417	0,033	0,019	0,023	0,183	3,256	17,628	5,558	3,679	7,401	52,85
	0,25	7,087	4,346	0,671	0,01	0	0,004	0,057	1,704	14,109	4,784	3,129	6,607	42,508
	0,3	5,738	2,689	0,257	0	0	0,002	0,012	0,862	9,961	3,724	2,509	5,673	31,427
	0,35	4,79	1,835	0,107	0	0	0,002	0,004	0,482	7,551	3,012	2,01	4,747	24,54
	0,4	3,891	1,33	0,066	0	0	0	0	0,289	5,859	2,478	1,704	4,018	19,635
	0,45	2,93	0,907	0,033	0	0	0	0	0,09	4,065	1,823	1,445	3,242	14,535
	0,5	2,347	0,581	0,004	0	0	0	0	0,035	2,535	1,334	1,166	2,632	10,634
	0,55	1,782	0,279	0,002	0	0	0	0	0,014	1,398	0,953	0,944	1,924	7,296
	0,6	1,133	0,123	0	0	0	0	0	0,006	0,686	0,573	0,667	1,25	4,438
	0,65	0,825	0,049	0	0	0	0	0	0,002	0,468	0,402	0,513	0,868	3,127
	0,7	0,413	0,006	0	0	0	0	0	0,002	0,213	0,228	0,328	0,593	1,783
	0,75	0,273	0,002	0	0	0	0	0	0,002	0,148	0,156	0,25	0,431	1,262
	0,8	0,16	0	0	0	0	0	0	0,002	0,097	0,096	0,166	0,271	0,792
	0,85	0,115	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0,06	0,09	0,172	0,49
	0,9	0,074	0	0	0	0	0	0	0	0,027	0,029	0,07	0,121	0,321
	0,95	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,018	0,037	0,09	0,223
	1	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,012	0,018	0,06	0,135
	1,05	0,019	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0,004	0,008	0,033	0,072
	1,1	0,008	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0,002	0,014	0,032
	1,15	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,006	0,01
	1,2	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,004	0,008
	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0,004
	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,002

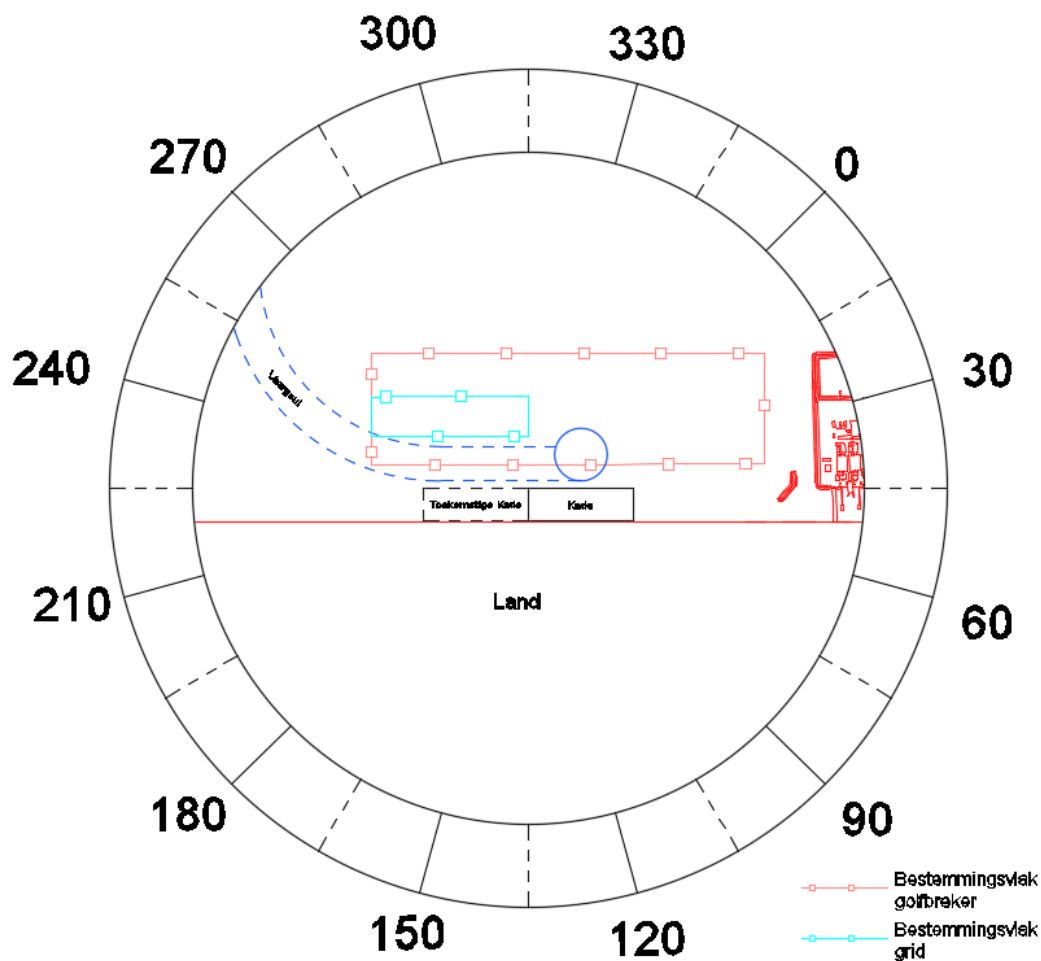
Tabel 2 - Kans overschrijding golfperiode [s] in punt 7. Bron: [1]

Punt 7	Sectie in graden												Totaal
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Golfperiode (s)	0	11,08 4	14,18 2	0	0	0	0	0	26,16 2	7,53 7	5,68 5	10,06 2	74,71 2
	1	10,85	13,11 1	0	0	0	0	0	24,92 2	7,34 6	5,09 6	9,504	70,82 9
	2	8,151	6,139	0	0	0	0	0	14,85 6	4,87 8	3,49 2	7,401	44,91 7
	3	2,092	0,386	0	0	0	0	0	0,415	0,47	0,88 7	2,361	6,611
	4	0,053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,074	0,127

Punt 7 ligt in het geval van tabel 1 en 2 nog volgens afbeelding 1 (locatie punten). Echter zal punt 7 worden verplaatst naar de golfbreker. In de uiteindelijke situatie zal de terminal en de Maxima centrale een groot deel van de golven blokkeren. Het is waarschijnlijk dat de golven uit de volgende richtingen geen downtime zullen veroorzaken:

- Golven vanuit het land (45 tot 225 graden)
- Golven vanuit de Maxima centrale (30 graden tot 45 graden)

In afbeelding 2 is dit weergegeven. De cirkel geeft het aantal graden ten opzichten van het noorden aan. Het aantal graden ten opzichten van het noorden draait met de klok mee. Dus het noorden ligt op 0 graden, het oosten op 90 graden, het zuiden op 180 graden en het westen op 270 graden.



Afbeelding 2 – Alle secties in graden.

De tabel met de golf karakteristieken is nu:

Tabel 3 – Kans overschrijding golfhoogte [%] in punt 7. Bron: [1]

Punt 7		Sectie in graden												Totaal
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Golfhoogte (m)	0	11,084	14,182	0	0	0	0	0	0	26,162	7,537	5,685	10,062	74,712
	0,05	10,606	11,746	0	0	0	0	0	0	24,856	7,346	5,317	9,442	69,313
	0,1	9,822	9,501	0	0	0	0	0	0	23,38	6,839	4,86	8,863	63,265
	0,15	8,849	7,27	0	0	0	0	0	0	20,335	6,19	4,084	8,146	54,874
	0,2	8,083	5,57	0	0	0	0	0	0	17,628	5,558	3,679	7,401	47,919
	0,25	7,087	4,346	0	0	0	0	0	0	14,109	4,784	3,129	6,607	40,062
	0,3	5,738	2,689	0	0	0	0	0	0	9,961	3,724	2,509	5,673	30,294
	0,35	4,79	1,835	0	0	0	0	0	0	7,551	3,012	2,01	4,747	23,945
	0,4	3,891	1,33	0	0	0	0	0	0	5,859	2,478	1,704	4,018	19,28
	0,45	2,93	0,907	0	0	0	0	0	0	4,065	1,823	1,445	3,242	14,412
	0,5	2,347	0,581	0	0	0	0	0	0	2,535	1,334	1,166	2,632	10,595
	0,55	1,782	0,279	0	0	0	0	0	0	1,398	0,953	0,944	1,924	7,28
	0,6	1,133	0,123	0	0	0	0	0	0	0,686	0,573	0,667	1,25	4,432
	0,65	0,825	0,049	0	0	0	0	0	0	0,468	0,402	0,513	0,868	3,125
	0,7	0,413	0,006	0	0	0	0	0	0	0,213	0,228	0,328	0,593	1,781
	0,75	0,273	0,002	0	0	0	0	0	0	0,148	0,156	0,25	0,431	1,26
	0,8	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0,097	0,096	0,166	0,271	0,79
	0,85	0,115	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0,06	0,09	0,172	0,49
	0,9	0,074	0	0	0	0	0	0	0	0,027	0,029	0,07	0,121	0,321
	0,95	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,018	0,037	0,09	0,223
	1	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,012	0,018	0,06	0,135
	1,05	0,019	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0,004	0,008	0,033	0,072
	1,1	0,008	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0,002	0,014	0,032
	1,15	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,006	0,01
	1,2	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,004	0,008
	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0,004
	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,002

Tabel 4 - Kans overschrijding golfperiode [s] in punt 7. Bron: [1]

Punt 7		Sectie in graden												Totaal
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Golfperiode (s)	0	11,084	14,182	0	0	0	0	0	0	26,162	7,537	5,685	10,062	74,712
	1	10,85	13,111	0	0	0	0	0	0	24,922	7,346	5,096	9,504	70,829
	2	8,151	6,139	0	0	0	0	0	0	14,856	4,878	3,492	7,401	44,917
	3	2,092	0,386	0	0	0	0	0	0	0,415	0,47	0,887	2,361	6,611
	4	0,053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,074	0,127

Maximale golfkarakteristieken

De maximale golfhoogte is de grootste golfhoogte voorkomend eens in de 100 jaar. Deze golfhoogten zijn van belang voor het ontwerpen van de maximale krachten op de golfbreker, of het bepalen van de steengrootte.

Tabel 5 – Extreme waterstand, frequentie van 1/100 jaar.

Punt 7		Waterstand: 1,37 m +N.A.P..		
Windrichting	Hs [m]	Tp [s]	Dir [degr]	
0	1,4	4,8	353,6	
30	1,1	4,3	8,2	
60	0,8	3,7	27,1	
90	0,7	3,3	47,8	
120	0,4	1,8	78,2	
150	0,4	2,2	170,5	
180	0,9	3,2	216,4	
210	1,4	4,2	233,3	
240	1,5	4,2	245,6	
270	1,4	4	282,8	
300	1,4	4,7	319,6	
330	1,6	5,2	338,1	

Punt 7		Waterstand: 1,07 m +N.A.P..		
Windrichting	Hs [m]	Tp [s]	Dir [degr]	
0	1,4	4,7	353,7	
30	1,1	4,2	8,7	
60	0,8	3,7	27,6	
90	0,7	3,3	48,1	
120	0,4	1,8	79,3	
150	0,4	2,2	170,6	
180	0,8	3,2	215,5	
210	1,4	4,1	232,9	
240	1,5	4,2	245,6	
270	1,4	4,0	281,8	
300	1,4	4,6	318,5	
330	1,6	5,2	337,9	

Voor de maximale golfhoogte is er gekozen voor een hoogte van 1,50 meter en een golf periode van 4,33 seconden. Kijkend naar tabel 5 liggen deze waarden in de buurt van het gemiddelde uit de hoeken behalve hoek 60 tot 210 graden. Verder is de storm duur ongeveer 8 uur. In deze ontstaan er $8 \cdot 3600 / 4,33 = 6651$ golven.

Maximale golfhoogte voordat er downtime optreedt

De maximale golfhoogte voordat er downtime optreedt is van belang voor de transmissie berekeningen. De downtime mag niet meer dan 10 dagen per jaar bedragen. De gemiddelde golfhoogte voor een downtime van 10 dagen per jaar uit de sectie van 270, 300 en 330 graden wordt bepaald. Uit de diffractie berekeningen blijkt dat alleen de sectie van 270 graden een aandeel heeft in de downtime. Secties 300 en 330 hebben een downtime aandeel van 0 procent op de gehele downtime, op de locatie zoals is berekend in de inhoudsberekeningen. De downtime aandeel uit de sectie van 270 graden is 0,029%. Wanneer 0,029 wordt opgezocht in tabel 3 uit de sectie 270 graden, dan is de golfhoogte 0,9 meter. De bijbehorende golfperiode is 3,82 seconden.

Waterstanden

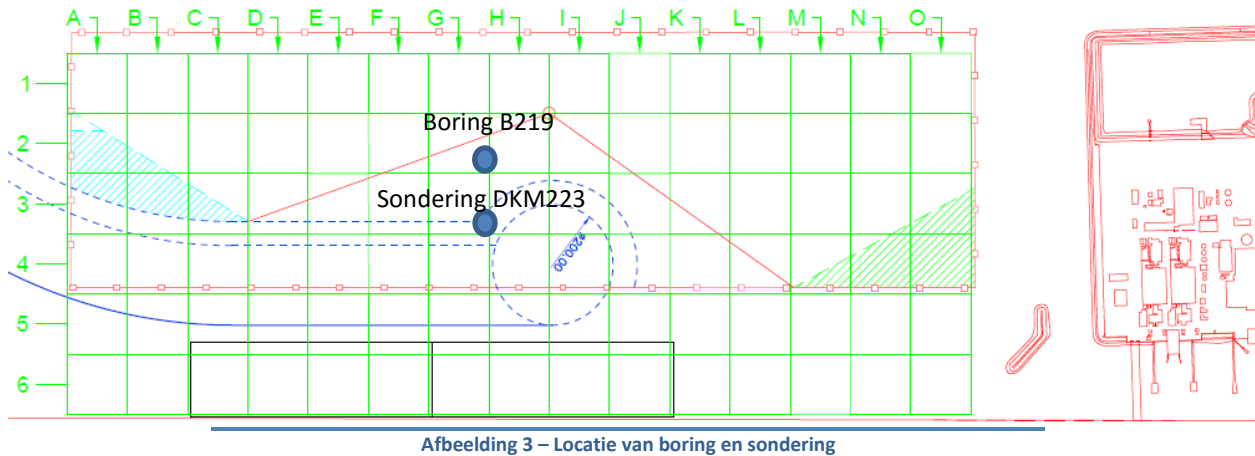
De waterstanden zijn van belang bij de varianten en het definitieve ontwerp. Bij de variant golfbreker met berm onder water kan het voorkomen dat de berm onder water ligt. In dit geval mag de nominale steendiameter worden gereduceerd. Bij deze variant ligt de berm 1 meter onder N.A.P.. De laagste waterstand is -1,66 meter, dit betekend dat de berm bij de laagste water stand en de grootste golven, boven water ligt. Verder is de laagste waterstand met een terugkeertijd van 1 jaar -0,77 meter. Deze waterstand wordt aangehouden voor de maximale kruinhoogte. De eisen geven aan dat de golfbreker niet meer dan 2,5 meter boven de laagste waterniveau mag uitkomen. Dit betreft het gezichtsveld van de schipper. De maximale kruinhoogte is dan $-0,77 + 2,5 = 1,73$ meter +N.A.P..

Tabel 6 - Waterstanden. Bron [2]

Terugkeertijd (jaar)	zonder meerspiegelstijging		met meerspiegelstijging (0.3 m)	
	Waterstand laag (mNAP)	Waterstand hoog (mNAP)	Waterstand laag (mNAP)	Waterstand hoog (mNAP)
1	-0.77	0.54	-0.47	0.84
10	-1.21	0.81	-0.91	1.11
50	-1.52	0.99	-1.22	1.29
100	-1.66	1.07	-1.36	1.37

3. GRONDGEVENS

Er wordt gebruikt gemaakt van boring B219 en sondering DKM223. Deze liggen tamelijk in de buurt van de locatie van de golfbreker zoals bepaald in de inhoudsberekeningen. In afbeelding 3 is weergegeven waar deze boring zich bevind.

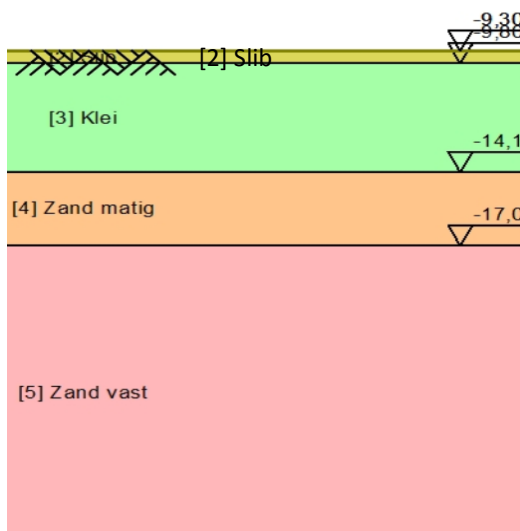


Afbeelding 3 – Locatie van boring en sondering



Tabel 7 – Gelaagdheid grond.

Bereik m -N.A.P.	Grond soort
9,30 – 9,80	Slib
9,80 – 14,10	Klei
14,10 – 17,00	Matig zand
17,00 +	Stevig zand



Afbeelding 4 – Gelaagdheid grond.

Aan de hand van de sondering en boring is de gelaagdheid zoals in tabel 7 bepaald. Ook is dit schematisch weergegeven in afbeelding 4. Op de volgende pagina's in dit hoofdstuk zijn ook de boring en de sondering weergegeven. Deze worden gebruikt als basis invoer voor de varianten en het definitieve ontwerp.

3.1 GROND PARAMETERS

Uit MGeobase is er gekozen om gebruik te maken van “Clay, sl san, weak”, dit houdt in dat de klei laag zandig is en zwak. De volgende laag is matig zand. Dit zand is ziltig, dus wordt er gebruik gemaakt van “Sand, sl sil, moderate”. De laag daaronder is een stevige zandlaag. Voor deze laag zal er gebruik worden gemaakt van “Sand, Clean, Moderate”. Verder is het ook nodig om aan de stortstenen waarden toe te kennen. Voor de zetting is dit niet nodig aangezien de golfbreker als belasting op de bovengrond wordt gezet. Echter voor de stabiliteit is dit wel van belang. De dichtheid, cohesie en hoek van inwendige wrijving zijn van belang. Alle stortstenen (ook quarry run) hebben een porositeit van 35%. De dichtheid van steen is $26,50 \text{ kN/m}^3$. De droge dichtheid van alle stenen is dus $26,50 * (1-0,35) = 17,23 \text{ kN/m}^3$. De natte dichtheid is wanneer de poriën zijn gevuld met water, dus de 35% is nu gevuld met zoet water. De natte dichtheid is $26,50 * (1-0,35) + 10,00 * 0,35 = 20,73 \text{ kN/m}^3$. Verder geeft “manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering” aan dat de cohesie van stortstenen 0 is en de hoek van inwendige wrijving tussen de 25 en 55° ligt. Voor hoekige poreuze willekeurige geplaatste stortstenen wordt de hoek van inwendige wrijving op 45° geschat. Voor quarry-run wordt dit lager geschat op 40°, dit omdat quarry run minder hoekig is en dus ook minder interlockt punten. Verder uitleg is aanwezig in het definitieve ontwerp.

Tabel 8 – Grondgegevens voor stabiliteitsberekeningen. Bron [MGeoBase]

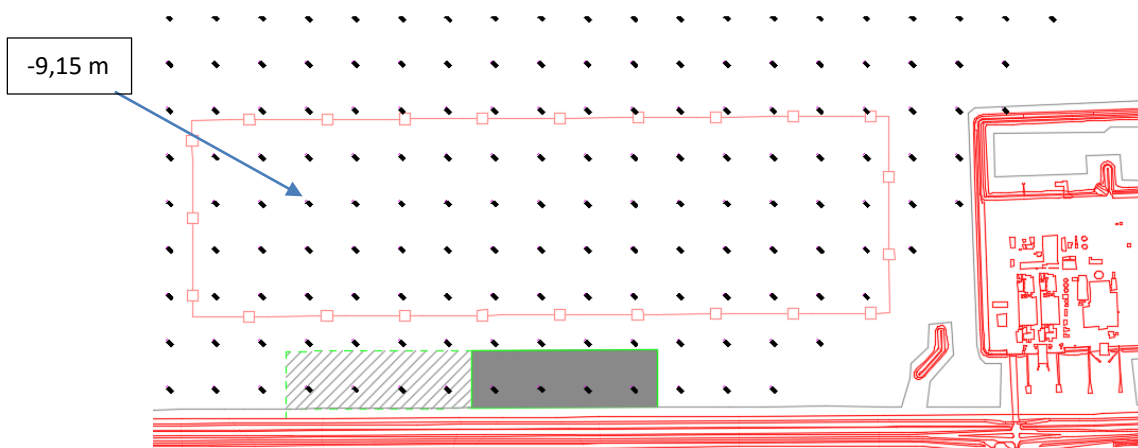
Grond	Naam Geobase	Droge dichtheid	Natte dichtheid	Cohesie	Hoek van inwendige wrijving
[2] Slib	Peat, mod pl, moderate	13	13	5	15
[3] Klei	Clay, sl sand, weak	15	15	5	22,5
[4] Zand matig	Sand, sl sil, moderate	19	21	0	32,5
[5] Zand stevig	Sand, clean, moderate	19	21	0	35
[A] Quarry run	-	17,23	20,73	0	40
[B] Filter laag	-	17,23	20,73	0	45
[C] Teen	-	17,23	20,73	0	45
[D] Bovenste laag	-	17,23	20,73	0	45

Tabel 9 - Grondgegevens voor zettingsberekeningen. Bron [MGeoBase]

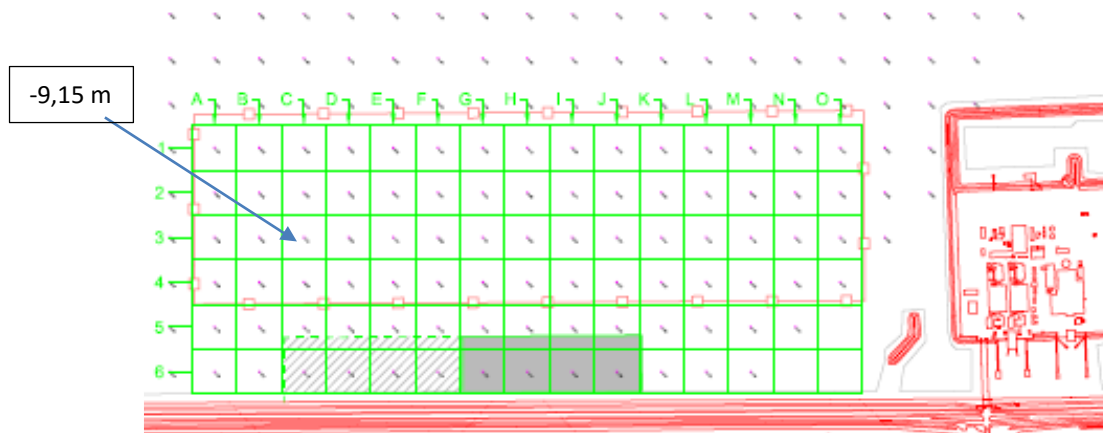
Grond	Naam Geobase	OCR	Cv	RR	CR	Ca
[2] Slib	Peat, mod pl, moderate	1,30000	1,00000	0,29970	0,89910	0,01150
[3] Klei	Clay, sl sand, weak	1,30000	1,00000	0,07892	0,23676	0,00460
[4] Zand matig	Sand, sl sil, moderate	1,30000	1,00000	0,00080	0,00398	0,00000
[5] Zand stevig	Sand, clean, moderate	1,30000	1,00000	0,00080	0,00239	0,00000
[A] Quarry run	-	-	-	-	-	-
[B] Filter laag	-	-	-	-	-	-
[C] Teen	-	-	-	-	-	-
[D] Bovenste laag	-	-	-	-	-	-

4. BODEMDIEPTE

Door de opdrachtgever is een kaart meegeleverd. Deze kaart geeft onder andere de bodemdiepte aan. In deze kaart is een grid aangelegd. Dit grid beslaat het gehele bestemmingsvlak. Het midden van een vak is het punt waar de diepte is aangegeven. In afbeelding 5 is de bodemkaart weergegeven, elke zwarte waas is een bodem diepte. Het is niet mogelijk om deze dieptes duidelijk te weergeven in dit document. Daarom worden de bodemdieptes in een grid geplaatst, om de leesbaarheid te vergroten. Er is er één peilmaat uitvergroot om het proces te weergeven, het proces van bodemdiepte naar een diepte in Excel. In afbeelding 6 is er een grid geplaatst met als centrum een peilpunt.



Afbeelding 5 – Kaart met peilpunten



Afbeelding 6 – Grid over peilpunten

In Excel komt het vak in de bovenstaande afbeelding overeen. De vakken hebben een breedte van 100 bij 100 meter. In de onderstaande tabel is weergegeven hoe het grid er uit ziet in Excel.

Tabel 10 - Grid

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3			-9,15 m												
4															
5															
6															

De diepte met een sliblaag is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 11 – Bodemdiepte grid met slib

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	-4,5	-4,6	-5,8	-5,8	-5,4	-4,7	-4,8	-4,8	-5,5	-4,8	-4,7	-4,7	-4,5	-4,5	-4,5
2	-5,7	-5,2	-7,8	-9,3	-5,4	-6,2	-6,7	-4,9	-4,8	-4,8	-6,3	-6,4	-7	-5,2	-4,7
3	-9,3	-8,8	-9,2	-6,7	-7,8	-8,7	-7,2	-6	-5,5	-5	-4,6	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7
4	-8	-8	-8,6	-8,4	-7,4	-8,2	-8,3	-7,8	-5,3	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8	-4,7
5	-4,7	-4,8	-4,7	-4,8	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7	-4,6	-4,7	-4,8	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7
6	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,8	-4,7	-4,7

De dieptes zijn in meters onder N.A.P.. Er is gemiddeld een sliblaag van 0,5 meter aanwezig. Dit houdt in dat van alle dieptes een halve meter moet worden afgetrokken om zo de sliblaag te compenseren. De diepte zonder een sliblaag is weergegeven in de onderstaande tabel:

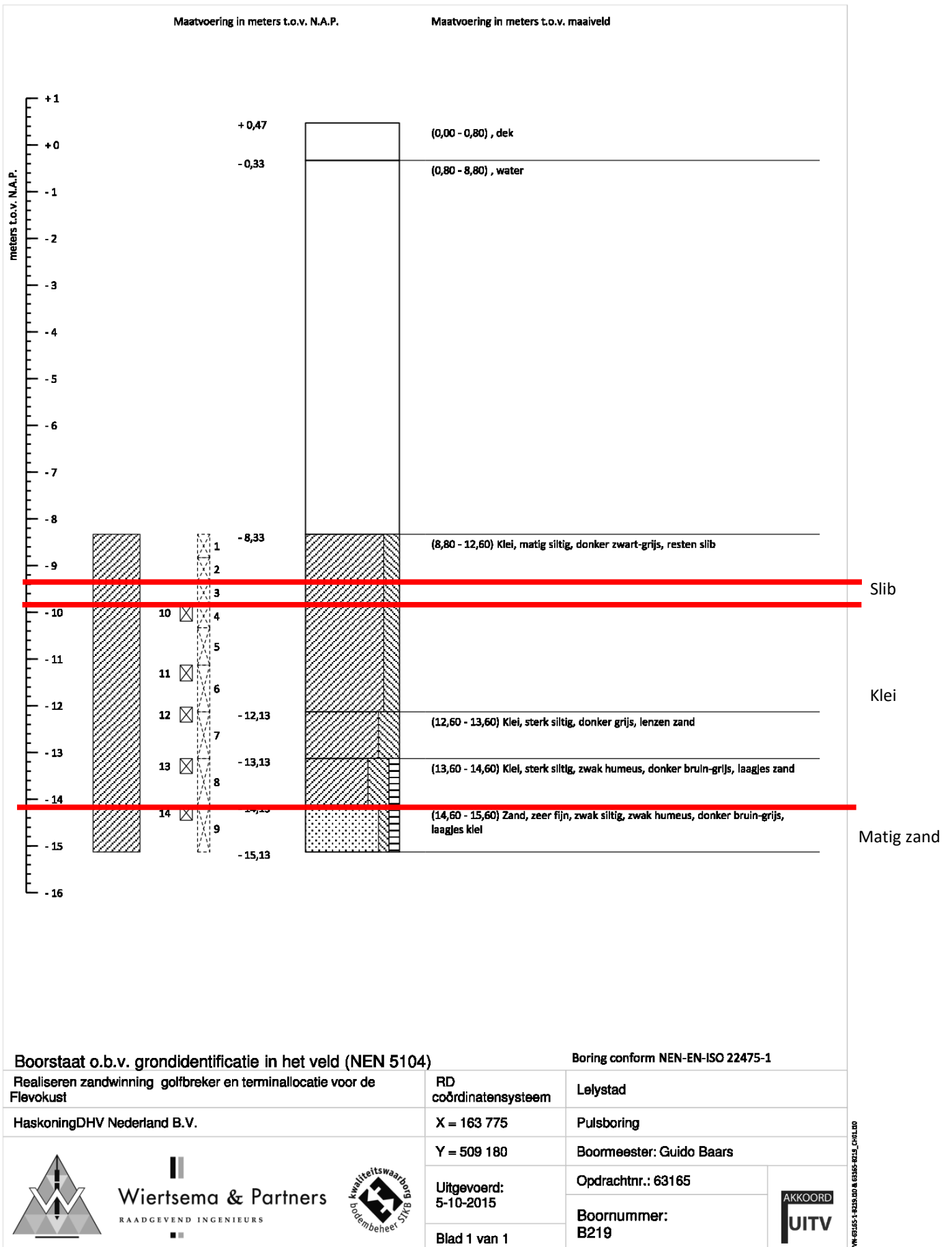
Tabel 12 – Bodemdiepte grid zonder slib

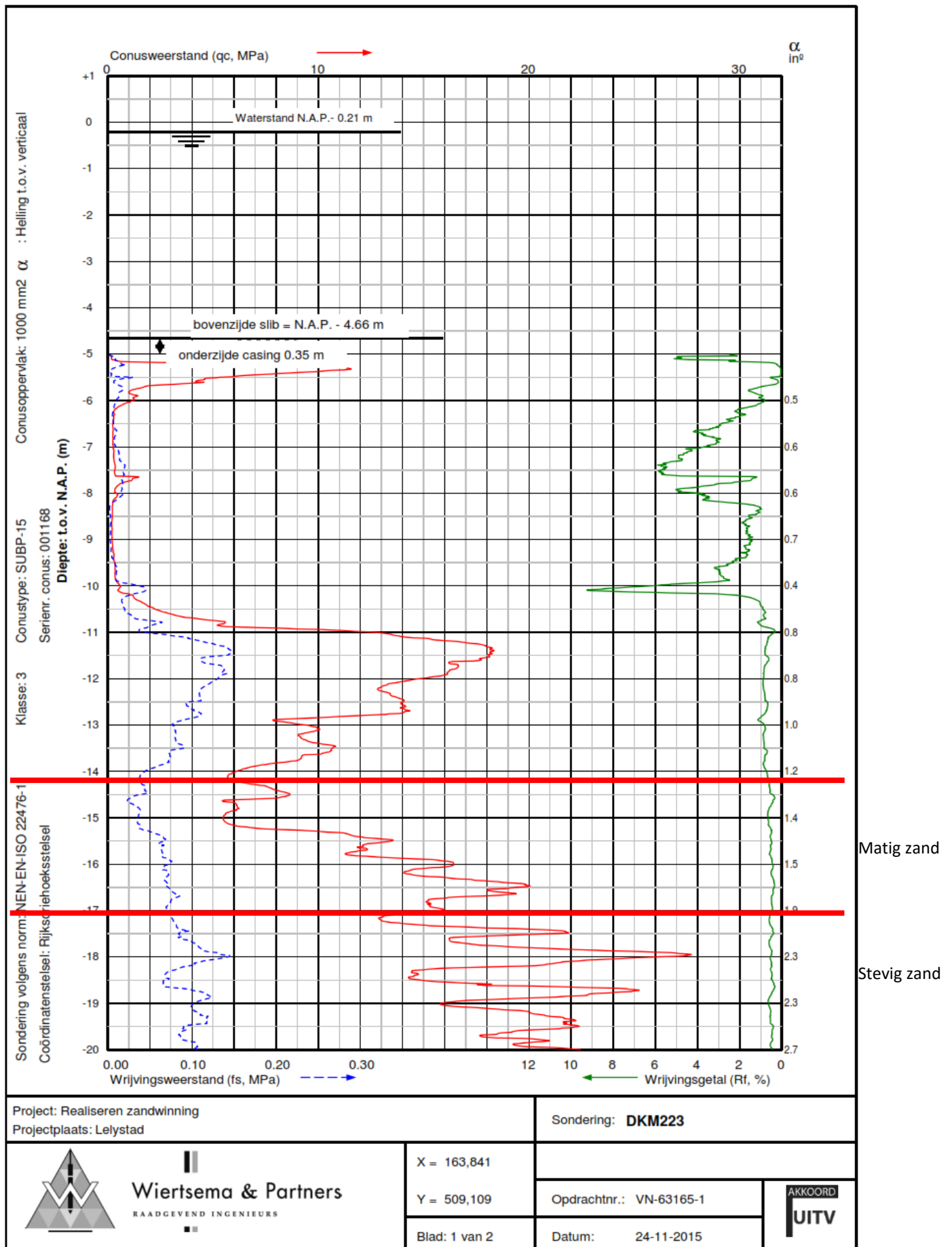
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	-5,0	-5,1	-6,3	-6,3	-5,9	-5,2	-5,3	-5,3	-6,0	-5,3	-5,2	-5,2	-5,0	-5,0	-5,0
2	-6,2	-5,7	-8,3	-9,8	-5,9	-6,7	-7,2	-5,4	-5,3	-5,3	-6,8	-6,9	-7,5	-5,7	-5,2
3	-9,8	-9,3	-9,7	-7,2	-8,3	-9,2	-7,7	-6,5	-6,0	-5,5	-5,1	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2
4	-8,5	-8,5	-9,1	-8,9	-7,9	-8,7	-8,8	-8,3	-5,8	-5,3	-5,3	-5,3	-5,3	-5,3	-5,2
5	-5,2	-5,3	-5,2	-5,3	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2	-5,1	-5,2	-5,3	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2
6	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,3	-5,2	-5,2

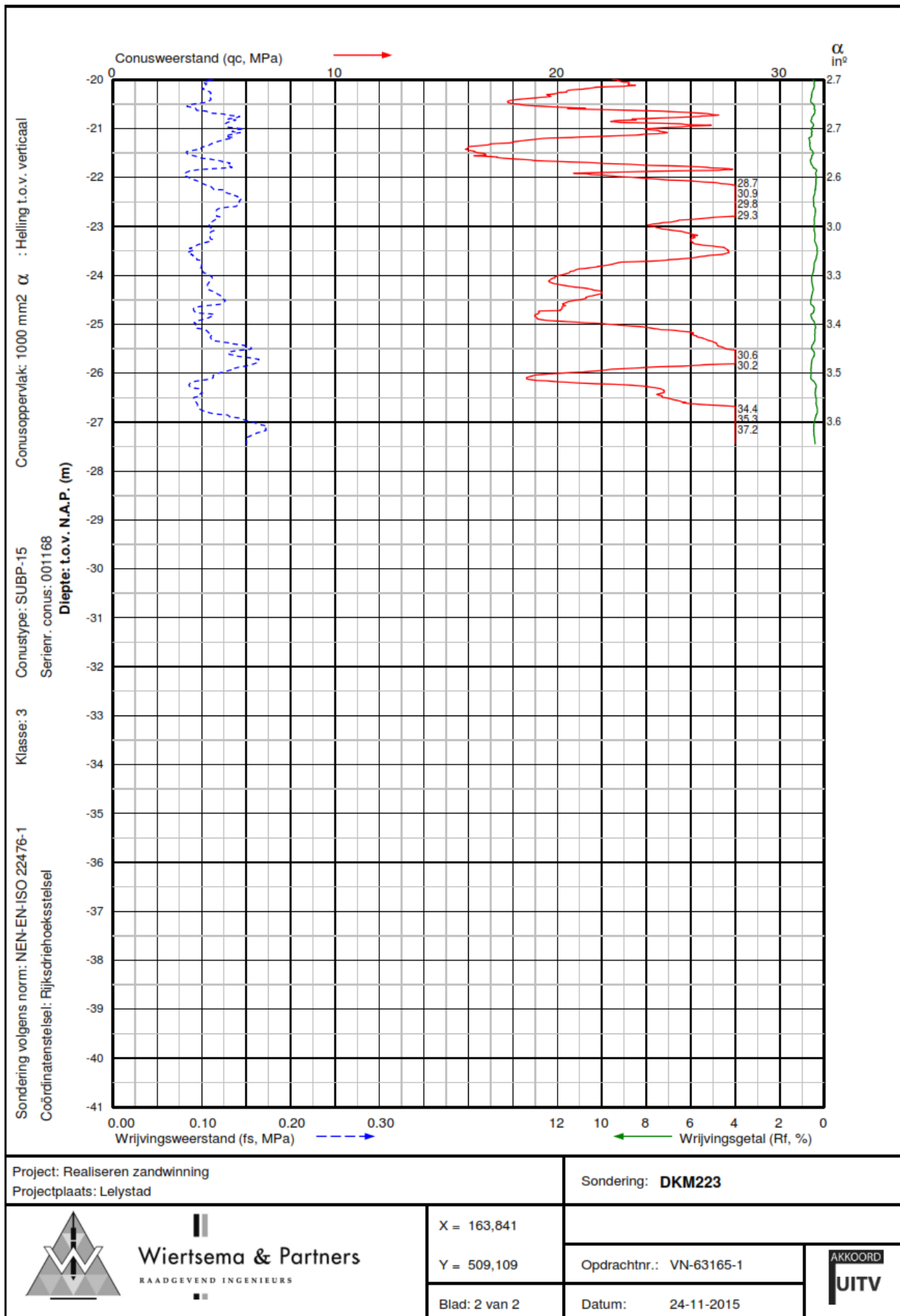
BIBLIOGRAFIE

- [1] Sytske Stuij & Johan Henrotte, Hydraulische Randvoorwaarden Golfbreker Flevokust, 2015.
- [2] Royal HaskoningDHV Nederland B.V., „Terminal Flevokust Voorontwerp,” Royal HaskoningDHV Nederland B.V., 2015.

BIJLAGE I – BORING EN SONDERING



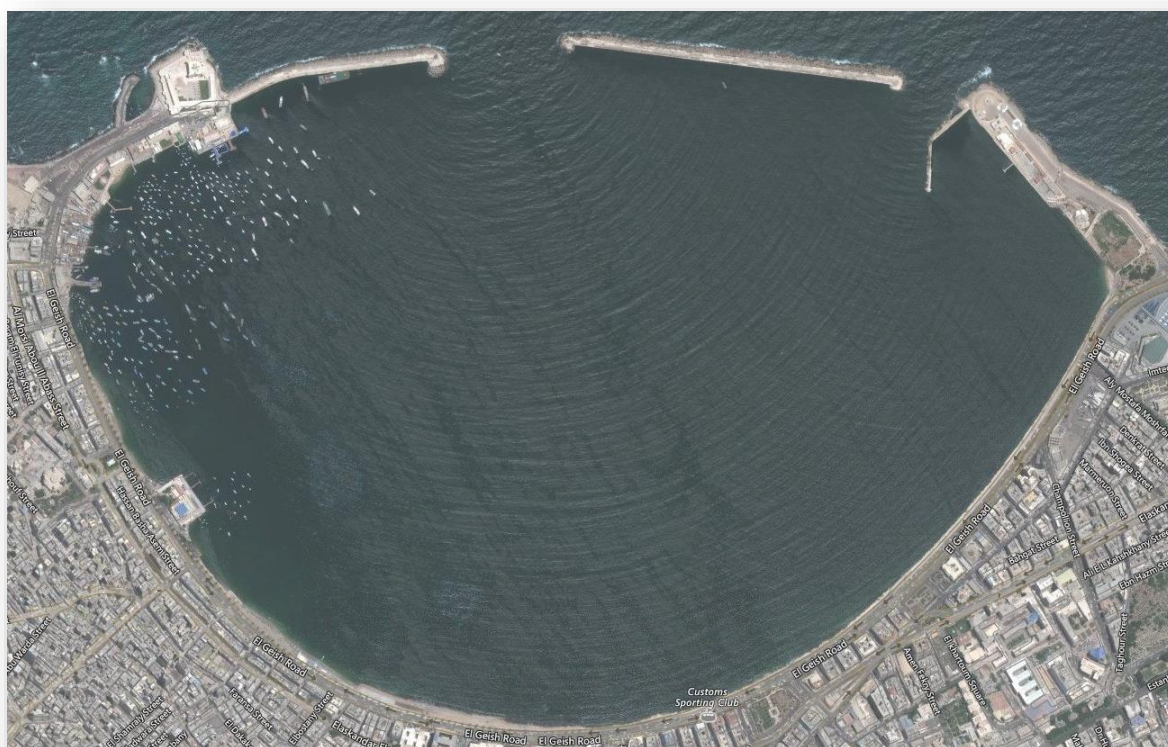




BIJLAGE C – DOWNTIME BEREKENINGEN

Downtime diffractie

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Downtime diffractie
Versie: 4.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 7-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	18-2-2016	Concept - Downtime diffractie	Dennis Dane	Erwin van den Boer
2.0	04-5-2016	Concept – Aangepast naar feedback	Dennis Dane	Erwin van den Boer
3.0	24-5-2016	Concept – Aanpassen naar concept rapport	Dennis Dane	Erwin van den Boer
4.0	7-6-2016	Definitief	Dennis Dane	Erwin van den Boer

DOWNTIME DIFFRACTIE

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Downtime diffractie
Versie: 4.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 7-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
1.1 SAMENVATTING	1
1.2 SYMBOLEN	1
1.3 DEFINITIES EN BEGRIPPEN	2
2. BEREKENING.....	3
2.1 FORMULE	3
1.1.1 Formule ombouwen naar coördinaten stelsel.....	6
1.1.2 Kade verwerken in de formule.....	6
1.1.3 Bepalen schaduw.....	6
1.2 DIFFRACTIE MET SPIRAAL VAN CORNU	7
1.3 DOWNTIME.....	9
1.4 GOLFLENGTE	10
2. EXCEL BEREKENING.....	11
2.1 VERDELEN HOEKEN	13
2.2 DOWNTIME KADE.....	13
2.3 DOWNTIME GRID	13
2.4 VOORBEELD BEREKENING.....	13
2.4.1 Handberekening punt Z 200, X 300, K 0, A -80 (Punt 1).....	14
2.4.2 Handberekening punt Z 200, X 300, K 140, A -65 (Punt 2).....	15
2.4.3 Handberekening punt Z 200, X 430, K 40, A -73 (Punt 3).....	16
2.5 CONTROLE BEREKENING EN EXCEL	17
2.5.1 Controle punt Z 200, X 300, K 0, A -80 (Punt 1).....	17
2.5.2 Controle punt Z 200, X 300, K 140, A -65 (Punt 2).....	17
2.5.3 Controle punt Z 200, X 430, K 40, A -73 (Punt 3).....	17
2.6 RESULTAAT BESCHOUWING	18
3. EXCEL BEREKENING ZUIDELIJKE VARIANT	19
3.1 BEGIN PUNT	20
3.1.1 Begin punt - Resultaten downtime sectie -90 tot -60 graden	21
3.1.2 Begin punt - Resultaten downtime sectie -60 tot -30 graden	22
3.1.3 Begin punt - Resultaten downtime sectie -30 tot 0 graden.....	23
3.1.4 Begin punt - Resultaten downtime sectie 0 tot 30 graden.....	24
3.1.5 Begin punt – totale downtime.....	25
3.2 EIND PUNT	27
3.2.1 Eind punt - Resultaten downtime sectie 30 tot 60 graden.....	28
3.2.2 eind punt - Resultaten downtime sectie 0 tot 30 graden	29
3.2.3 Eind punt – totale downtime.....	30
3.3 CONCLUSIE.....	31
4. EXCEL BEREKENING NOORDELIJKE VARIANT	32
4.1.1 Eind punt – Resultaten downtime sectie -90 tot -60 graden.....	35
4.1.2 Eind punt – Resultaten downtime sectie -60 tot -30 graden.....	36
4.1.3 Eind punt – Resultaten downtime sectie -30 tot 0 graden.....	37
4.1.4 Eind punt – totale downtime.....	38
4.2 BEGIN PUNT	39
4.3 CONCLUSIE.....	40

5. TOESTEN TENDER VARIANTEN AAN DOWNTIME.....	41
5.1 ROYAL HASKONING	41
5.2 GEBR. DE KONING	42
6. BIBLIOGRAFIE	44

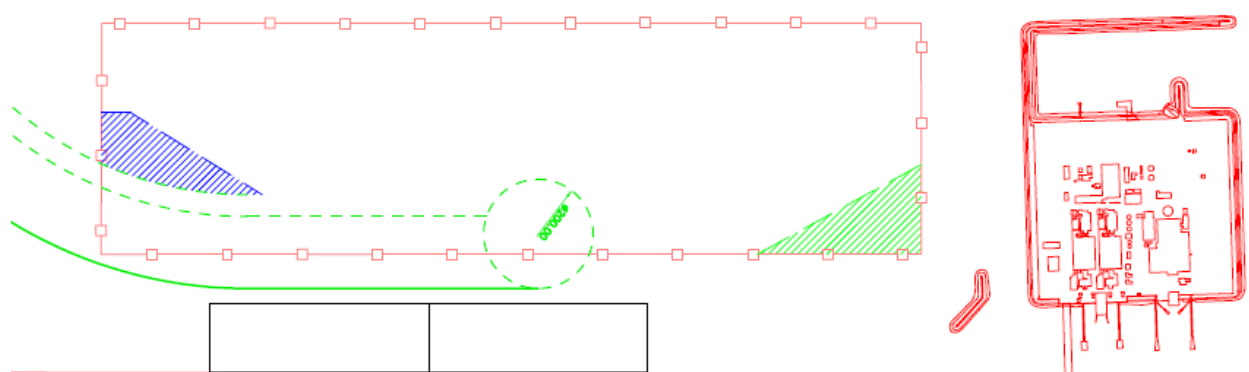
1. INLEIDING

De downtime berekeningen zal worden uitgevoerd voor twee situaties. Dit zijn de Zuidelijke en de Noordelijke variant. Dit hoofdstuk zal een omschrijving van de berekening bevatten met de downtime berekening van de beide varianten. Ook zal er worden gekeken of de voorontwerpen van Royal Haskoning en Gebr. De Koning voldoen.

De berekeningen uit dit document zullen dienen als input voor de inhoud berekeningen. Uit de inhoud berekeningen zal blijken hoe het verloop van de golfbreker zal zijn.

1.1 SAMENVATTING

In deze paragraaf worden de gegevens zoals beschreven in dit hoofdstuk kort weergegeven. De noordelijke variant zal volgens de downtime berekeningen niet voldoen aan de downtime eis, zoals beschreven in het concept rapport. De zuidelijke variant zal voldoen aan de downtime, wanneer de golfbreker is gelegen binnen de gearceerde vlakken:



Afbeelding 13 – Downtime resultaten zuidelijke variant.

1.2 SYMBOLEN

In deze paragraaf worden een aantal gebruikte symbolen omschreven, in zowel het Nederlands als in het Engels. Dit omdat Engels vaak wordt gebruikt in de waterbouw.

Symbool	Omschrijving (NL)	Description (En)
a	Hoek van een sectie	Angle of a section
H	Golfhoogte na de golfbreker	Wave-height after the breakwater
H0	Golfhoogte voor de golfbreker	Wave-height before the breakwater
k	Lengte van de kade	Length of the quay
Kd	Diffractie coëfficiënt	Diffraction coefficient
L	De golflengte ter hoogte van de golfbreker [m]	Wave length at the point [m]
L	Golflengte op een bepaald punt	Wave-length at a certain point
L0	Diepwater golflengte	Deepwater wave-length
R	Straal golfbrekerpunt tot het punt waar de diffractie coëfficiënt wordt bepaald [m]	Radius from a breakwater point to the point in which the diffraction coefficient needs to be determined
T	Golfperiode	Wave-period
V.O.	Voorontwerp	Concept design
W	Dimensieloos getal om de diffractie coëfficiënt (kd) te bepalen [-]	Dimensionless number to determine the diffraction coefficient [-]
X	Lengte van de kade tot de golfbreker op de X-as	Length of the quay to the breakwater on the X-axis
Y	Coördinaat in de z-as ten opzichte van de golfbreker en het betreffende punt, de Y is de afstand waarvan een loodrechte lijn in het betreffende punt komt [m]	Coordinate in the Z-axis relative to the point, the Y is the distance from where a perpendicular line meets the point [m]
Z	Lengte van de kade tot de golfbreker op de Y-as	Length of the quay to the breakwater on the Y-axis

1.3 DEFINITIES EN BEGRIPPEN

In dit hoofdstuk worden alle definities en begrippen omschreven die in het eindrapport worden gebruikt. Per document in de bijlage, kan er een begrippenlijst zijn toegevoegd, om zo de leesbaarheid van de documenten te vergroten.

Woord	Omschrijving (NL)
Bestemmingsvlak	Een gebied waarin het (onderdeel van een) project plaats vind.
Buiten de schaduw	De kant ten opzichte van de golflijn, dat niet achter de golfbreker ligt. Hier wordt de golfhoogte meestal ook gereduceerd, echter kan de golfhoogte ook groter worden, afhankelijk van de plaats.
Diffractie	Golven buigen om een punt, waardoor de golfhoogte gereduceerd of groter worden.
Downtime	Dit is de tijd wanneer de golven tegen de kade te groot zijn voor een schip om te kunnen aanmeren.
Flevokust	Naam van het project waar de golfbreker een onderdeel van uitmaakt
Fractie	De hoek binnen in een sectie
Fresnel (integraal)	Een manier om de diffractie coëfficiënt precies te kunnen bepalen, door gebruik te maken van complexe getallen.
Gebr. De Koning	Stage bedrijf waarvoor het onderzoek wordt uitgevoerd
Golflijn	Richting waaronder de golven binnen vallen tegen de golfbreker, en deze lijn doorgetrokken langs de kop en staart van de golfbreker.
Hydraulische randvoorwaarden	Bestand waarin de belangrijkste golfkarakteristieken vandaan komen
Maxima centrale	Een energiecentrale ten noordoosten van de golfbreker
Reflectie	Tegen de kust of een kade zal een golf terugkaatsen. De golfhoogte kan hierdoor groter worden,
Refractie	Golven onder een hoek op de kust, willen loodrecht op de kust invallen. Hierdoor buigen de golven en wordt de energie groter of kleiner, afhankelijk van de vorm van de kust.
Royal Haskoning	Aannemer die een voor ontwerp heeft gemaakt
Schaduw (zijde)	De kant ten opzichte van de golflijn, dat achter de golfbreker ligt. Hier wordt de golfhoogte ten minste met de helft gereduceerd
Sectie	De hoek ten opzichten van het noorden
Shoaling	De afmetingen van een golf verandert zodra de golf zich in ondiep water bevindt. De afmetingen veranderen steeds sterker naarmate de golf dichterbij de kust komt (ondieper wordt).
Spiraal van Cornu	Een hulpmiddel om de diffractie coëfficiënt mee te bepalen

2. BEREKENING

De berekeningen bestaan uit twee delen. Het ombouwen van de formule in een toepasbaar coördinaat stelsel. En het toepassen van deze formule in de twee varianten (noord en zuid). Er mag een bepaalde golfhoogte voorkomen voordat er een downtime ontstaat. Het is eenvoudig om de golfbreker zodanig te plaatsen dat de golven uit alle hoeken worden geblokkeerd, echter moeten schepen nog wel de haven in kunnen. Doormiddel van diffractie wordt de golfhoogte achter de golfbreker gereduceerd.

2.1 FORMULE

De formule die wordt toegepast is de volgende formule:

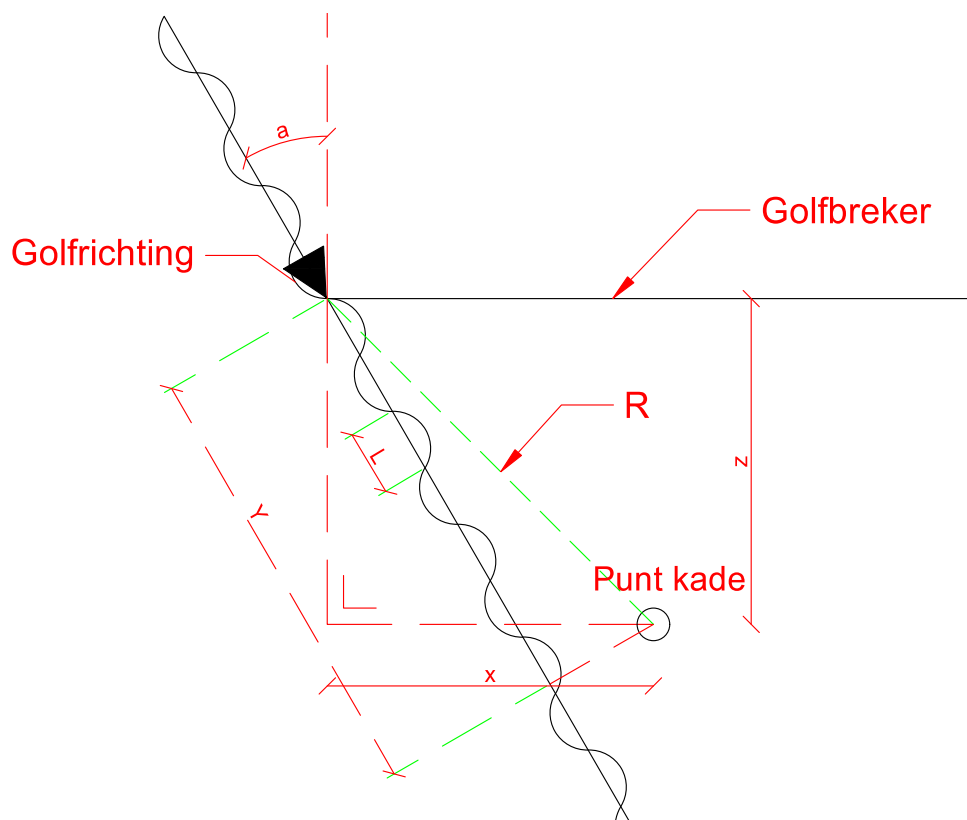
$$W = \frac{(R - Y)}{L}$$

(1 - V)

Waarin:

w	Dimensieloos getal om de diffractie coëfficiënt (kd) te bepalen [-]
r	Straal golfbrekerpunt tot het punt waar de diffractie coëfficiënt wordt bepaald [m]
y	Coördinaat in de z-as ten opzichte van de golfbreker en het betreffende punt, de Y is de afstand waarvan een loodrechte lijn in het betreffende punt komt [m]
L	De golflengte ter hoogte van de golfbreker [m]

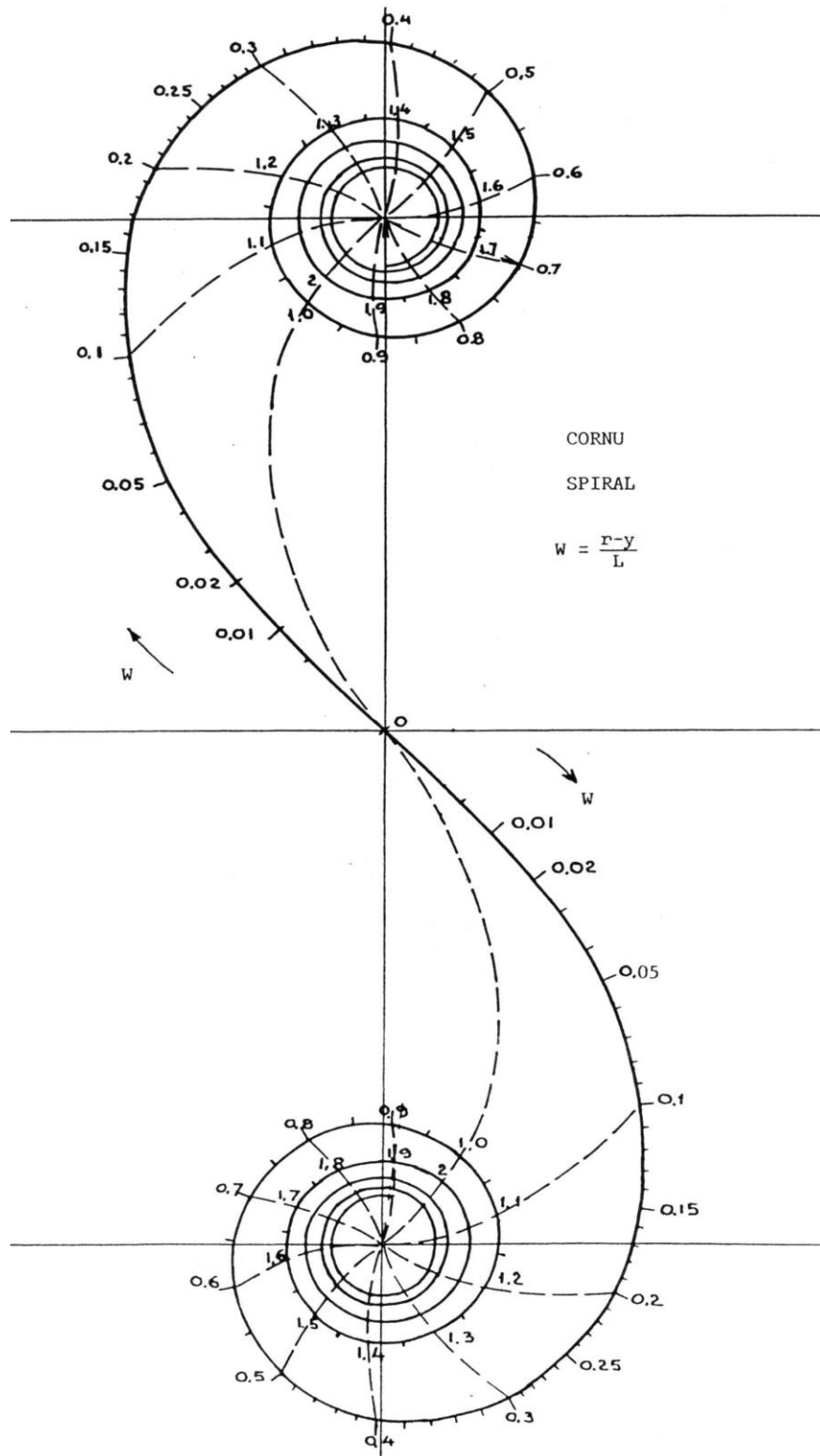
In afbeelding 1 is een schets weergegeven ter ondersteuning van het verhaal in dit hoofdstuk.



Afbeelding 1 – Formule verklaring

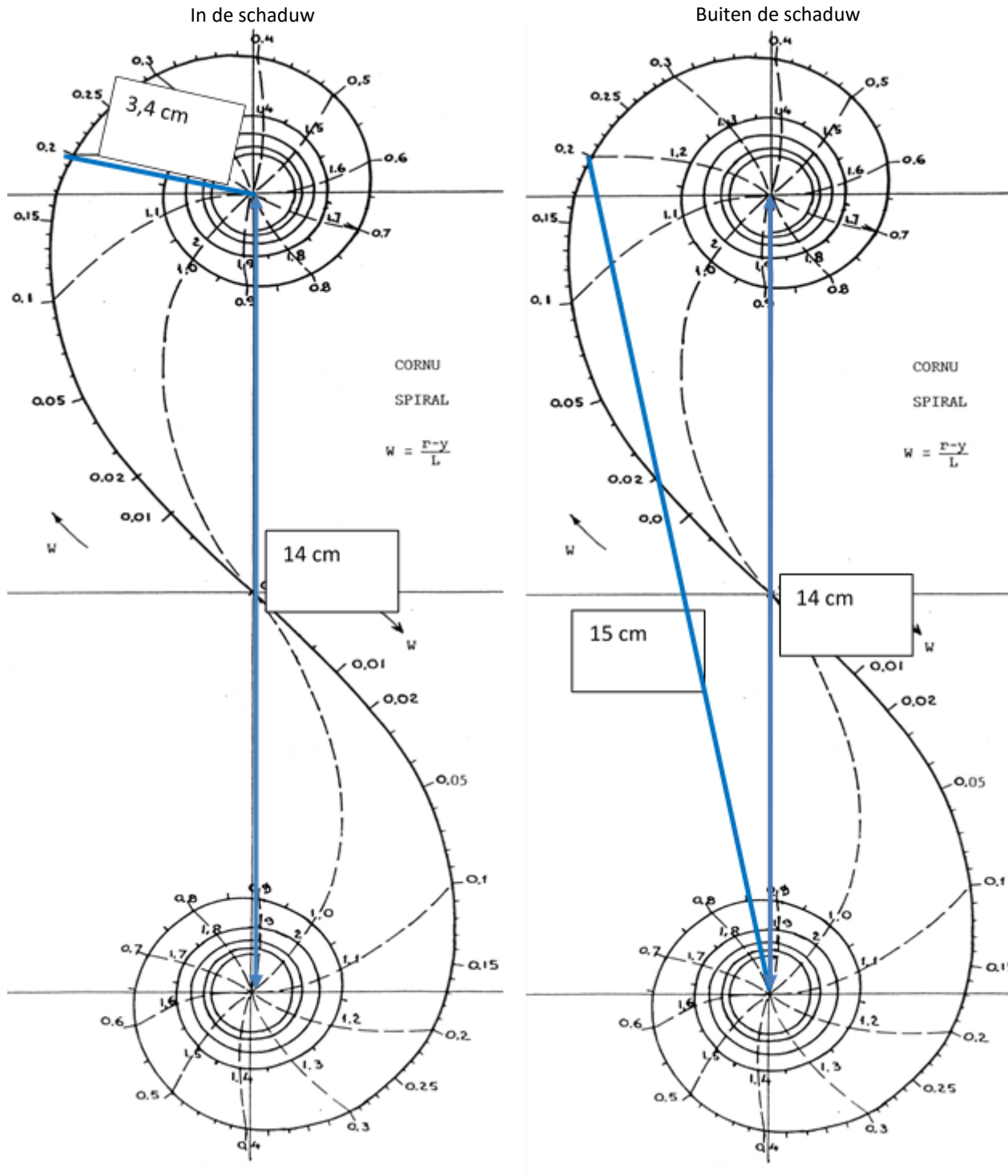
In deze formule kan doormiddel van een w de diffractie coëfficiënt worden bepaald. Om tot een diffractie coëfficiënt te komen moet de waarde uit W worden opgezocht in de spiraal van Cornu. Wanneer het punt in de schaduw zijde van de golfbreker ligt, moet in de spiraal van Cornu de afstand worden gemeten van het dichtstbijzijnde middelpunt, tot de berekende W punt (zoals is voorgedaan in afbeelding 3). In afbeelding 1 ligt Punt kade in de schaduwzijde. Wanneer het punt niet in de schaduwzijde ligt, moet de afstand vanaf het verste middelpunt tot de berekende W worden gemeten (zoals is voorgedaan in afbeelding 3). Deze afstand moet worden

gedeeld door de afstand vanaf het middelpunt tot het middelpunt. De berekende waarde hieruit is de diffractie coëfficiënt (k_d). De spiraal van Cornu is weergegeven in afbeelding 2.



Afbeelding 2 – Spiraal van Cornu. Bron [1]

De toepassing van de spiraal van Cornu zal in de onderste afbeeldingen worden toegelicht voor een W van 0,2 binnen en buiten de schaduw:



Afbeelding 3 – Toepassen spiraal van Cornu. Bron [1]

De diffractie coëfficiënt van binnen de schaduw is $k_d = 3,4/14 = 0,24$.

De diffractie coëfficiënt van buiten de schaduw is $k_d = 15/14 = 1,07$.

1.1.1 FORMULE OMBOUWEN NAAR COORDINATEN STELSEL

Het bepalen van een punt waar de downtime voldoet met diffractie, is makkelijker wanneer de R en de Y worden naar een makkelijk afleesbaar coördinaten stelsel die constant is. Zoals is weergegeven in afbeelding 1, wordt het vergemakkelijkt coördinaten stelsel de x en de z. De R ombouwen naar deze coördinaten is eenvoudig, namelijk:

$$R = \sqrt{x^2 + z^2} \quad (1 - I)$$

De Y ombouwen naar een x en z is lastiger. Dit is namelijk de hoek van x en z minus de hoek van a, geeft een driehoek waarvan Y de aanliggende zijde is en R de schuine zijde.

$$\angle xz = \tan^{-1} \frac{x}{z} \quad (1 - II)$$

$$\angle YR = -a + \tan^{-1} \frac{x}{z} \quad (1 - III)$$

$$Y = \cos(-a + \tan^{-1} \frac{x}{z}) * \sqrt{x^2 + z^2} \quad (1 - IV)$$

De R en de Y zijn nu beide een functie van x en z. Nu is het mogelijke om op een overzichtelijke manier te bepalen waar de golfbreker voldoet en waar niet, echter kan de Y in deze formule negatief worden. Een negatieve Y geeft verkeerde resultaten in formule. Y moet dus ten alle tijden positief zijn, daarom is Y een absoluut getal. De formule kan nu als functie van x en z worden geschreven:

$$W = \frac{\sqrt{x^2 + z^2} - \text{Abs}(\cos(-a + \tan^{-1} \frac{x}{z}) * \sqrt{x^2 + z^2})}{L} \quad (1)$$

1.1.2 KADE VERWERKEN IN DE FORMULE

Als gevolg van de spiraal van Cornu, kan de diffractie coëfficiënt buiten de schaduw groter worden dan 1. Dit houdt in dat de golven kunnen worden opgestuwd bij een bepaalde W. Het gevolg hiervan is dat het eerste punt van de kade niet persé de hoogste golfhoogte heeft. De golfhoogte kan bijvoorbeeld 200 meter van het begin groter zijn dan de golf bij het begin punt van de kade. Er dient op meerdere plekken aan de kade de golfhoogte te worden bepaald, om zo de maximale downtime over de gehele kade te bepalen. De kade verwerken in de formule is tamelijk eenvoudig. Bij de X hoeft alleen de kade lengte (k) ten opzichten van het begin van de kade, te worden verwerkt. Dit wordt:

$$W = \frac{\sqrt{(x+k)^2 + z^2} - \text{Abs}(\cos(-a + \tan^{-1} \frac{(x+k)}{z}) * \sqrt{(x+k)^2 + z^2})}{L} \quad (2)$$

1.1.3 BEPALEN SCHADUW

Er kan worden bepaald of het punt in de schaduw ligt doormiddel van de volgende formule:

$$\text{Abs}(\tan -a * z) < x + k \quad (3)$$

Oftewel als de afstand van het punt tot de golfbreker (x + k) groter is dan de afstand van de golflijn op de x as (tan -a * z). Dan ligt het punt in de schaduw.

1.2 DIFFRACTIE MET SPIRAAL VAN CORNU

Zoals is beschreven in hoofdstuk 1.1 kan doormiddel van de W een diffractie coëfficiënt worden bepaald. Omdat de berekeningen zullen worden uitgevoerd door Excel, zullen de waardes van de spiraal van Cornu moeten worden verwerkt in een tabel. Excel kan namelijk niet de spiraal van Cornu aflezen, ook kan Excel slecht rekenen met complexe getallen, en kan de Fresnel integraal niet worden verwerkt om zo tot een precieze diffractie coëfficiënt te komen. Echter kan in Excel wel lineair worden geïnterpoleerd. Er worden twee tabellen gemaakt, namelijk een voor de golven in de schaduw en een voor golven buiten de schaduw. Deze zijn bepaald door vrij nauwkeurig de afstand van een punt W te meten tot die van W is oneindig in de schaduw, of W tot die van minus oneindig W buiten de schaduw. Deze afstand wordt gedeeld door de afstand tussen W is oneindig en W is minus oneindig.

Tabel 1 – Diffractie coëfficiënt bij een W (buiten schaduw)

W	Afstand W tot oneindig	Afstand oneindig punten	Diffractie coëfficiënt	W	Afstand W tot oneindig	Afstand oneindig punten	Diffractie coëfficiënt
0	7,3	14,6	0,50	1,5	15,7	14,6	1,08
0,01	8,9	14,6	0,61	1,55	15,3	14,6	1,05
0,02	9,7	14,6	0,66	1,6	14,9	14,6	1,02
0,05	11,3	14,6	0,77	1,65	14,6	14,6	1,00
0,1	13,1	14,6	0,90	1,7	14,2	14,6	0,97
0,15	14,6	14,6	1,00	1,75	13,9	14,6	0,95
0,2	15,7	14,6	1,08	1,8	13,6	14,6	0,93
0,25	16,4	14,6	1,12	1,85	13,5	14,6	0,92
0,3	16,9	14,6	1,16	1,9	13,5	14,6	0,92
0,35	17,1	14,6	1,17	1,95	13,6	14,6	0,93
0,4	17,1	14,6	1,17	2	13,7	14,6	0,94
0,45	16,9	14,6	1,16	2,1	14,5	14,6	0,99
0,5	16,5	14,6	1,13	2,2	15,2	14,6	1,04
0,55	16	14,6	1,10	2,3	15,6	14,6	1,07
0,6	15,3	14,6	1,05	2,4	15,7	14,6	1,08
0,65	14,6	14,6	1,00	2,5	15,4	14,6	1,05
0,7	14,1	14,6	0,97	2,6	14,9	14,6	1,02
0,75	13,6	14,6	0,93	2,7	14,25	14,6	0,98
0,8	13,2	14,6	0,90	2,8	13,8	14,6	0,95
0,85	12,9	14,6	0,88	2,9	13,7	14,6	0,94
0,9	12,9	14,6	0,88	3	14	14,6	0,96
0,95	13,1	14,6	0,90	3,1	14,55	14,6	1,00
1	13,5	14,6	0,92	3,2	15,1	14,6	1,03
1,05	13,8	14,6	0,95	3,3	15,4	14,6	1,05
1,1	14,3	14,6	0,98	3,4	15,45	14,6	1,06
1,15	14,9	14,6	1,02	3,5	15,25	14,6	1,04
1,2	15,3	14,6	1,05	3,6	14,75	14,6	1,01
1,25	15,7	14,6	1,08	3,7	14,3	14,6	0,98
1,3	15,9	14,6	1,09	3,8	13,8	14,6	0,95
1,35	16	14,6	1,10	3,9	13,9	14,6	0,95
1,4	16	14,6	1,10	4	14,15	14,6	0,97
1,45	15,9	14,6	1,09				

Tabel 2 – Diffractie coëfficiënt bij een W (Schaduw)

W	Afstand W tot oneindig	Afstand oneindig punten	Diffractie coëfficiënt
0	7,3	14,6	0,50
0,02	6	14,6	0,41
0,05	5,6	14,6	0,38
0,1	4,9	14,6	0,34
0,15	4,1	14,6	0,28
0,2	3,7	14,6	0,25
0,25	3,4	14,6	0,23
0,3	3	14,6	0,21
0,35	2,8	14,6	0,19
0,4	2,65	14,6	0,18
0,45	2,5	14,6	0,17
0,5	2,4	14,6	0,16
0,55	2,35	14,6	0,16
0,6	2,3	14,6	0,16
0,65	2,2	14,6	0,15
0,7	2,1	14,6	0,14
0,75	2,05	14,6	0,14

In de tabel 1 is de diffractie buiten de schaduw weergegeven, alle W waarden boven de 4 wordt als 1 beschouwd. Aangezien vanaf dit punt de diffractie coëfficiënt vlak langs de 1 blijft slingeren. In tabel 2 is de diffractie binnen de schaduw weergegeven, alle waarden boven de 0,75 wordt beschouwd als 0. Ook hier zal de diffractie coëfficiënt vlak langs de 0 blijven slingeren.

1.3 DOWNTIME

De downtime zal worden berekend doormiddel van de overschrijdingskans per golfrichting in punt 7 (deze ligging is bepaald in bijlage B). De opening van de vaargeul ligt in de hoek van 240 graden. Vanaf deze hoek is er een downtime wanneer de golven hoger zijn dan 0,5 meter. De bijbehorende overschrijding is 2,535% (zie tabel 3), verder zorgt de hoek van 270 graden nog voor een overschrijding van 2,478% wanneer de golfhoogte 0,4 m is. De hoek van 300 graden zorgt voor een overschrijding van 2,509% wanneer de golfhoogte 0,3 m is. De hoek van 330 graden zorgt voor een overschrijding van 5,673% wanneer de golfhoogte 0,3 m is. Bij elkaar opgeteld wordt de maximale golfhoogte (alle rood aangegeven cellen in tabel 3) 17,67% per jaar overschreden. Dit is $365 * 17,67\% = 64$ dagen per jaar. Dit is meer dan 10 dagen per jaar. Echter zal deze golfhoogte "zwaar" worden gereduceerd door diffractie. De overige hoeken zorgen niet voor een downtime. Dit is ook weergegeven in tabel 3, waarin de rode lijn de maximale golfhoogte ten opzichten van het schip aangeeft, met de bijbehorende overschrijdingskans van de golfhoogte.

Tabel 3 – Kans overschrijding golfhoogte [%] in punt 7. Bron: [1]

Punt 7	Sectie in graden												Totaal
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Golfhoogte (m)	0	11,084	14,182	0	0	0	0	0	26,162	7,537	5,685	10,062	74,712
	0,05	10,606	11,746	0	0	0	0	0	24,856	7,346	5,317	9,442	69,313
	0,1	9,822	9,501	0	0	0	0	0	23,38	6,839	4,86	8,863	63,265
	0,15	8,849	7,27	0	0	0	0	0	20,335	6,19	4,084	8,146	54,874
	0,2	8,083	5,57	0	0	0	0	0	17,628	5,558	3,679	7,401	47,919
	0,25	7,087	4,346	0	0	0	0	0	14,109	4,784	3,129	6,607	40,062
	0,3	5,738	2,689	0	0	0	0	0	9,961	3,724	2,509	5,673	30,294
	0,35	4,79	1,835	0	0	0	0	0	7,551	3,012	2,01	4,747	23,945
	0,4	3,891	1,33	0	0	0	0	0	5,859	2,478	1,704	4,018	19,28
	0,45	2,93	0,907	0	0	0	0	0	4,065	1,823	1,445	3,242	14,412
	0,5	2,347	0,581	0	0	0	0	0	2,535	1,334	1,166	2,632	10,595
	0,55	1,782	0,279	0	0	0	0	0	1,398	0,953	0,944	1,924	7,28
	0,6	1,133	0,123	0	0	0	0	0	0,686	0,573	0,667	1,25	4,432
	0,65	0,825	0,049	0	0	0	0	0	0,468	0,402	0,513	0,868	3,125
	0,7	0,413	0,006	0	0	0	0	0	0,213	0,228	0,328	0,593	1,781
	0,75	0,273	0,002	0	0	0	0	0	0,148	0,156	0,25	0,431	1,26
	0,8	0,16	0	0	0	0	0	0	0,097	0,096	0,166	0,271	0,79
	0,85	0,115	0	0	0	0	0	0	0,053	0,06	0,09	0,172	0,49
	0,9	0,074	0	0	0	0	0	0	0,027	0,029	0,07	0,121	0,321
	0,95	0,06	0	0	0	0	0	0	0,018	0,018	0,037	0,09	0,223
	1	0,035	0	0	0	0	0	0	0,01	0,012	0,018	0,06	0,135
	1,05	0,019	0	0	0	0	0	0	0,008	0,004	0,008	0,033	0,072
	1,1	0,008	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0,002	0,014	0,032
	1,15	0,002	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,006	0,01
	1,2	0,002	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,004	0,008
	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0,004
	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,002

1.4 GOLFLENGTE

In hoofdstuk 1.3 is aangegeven dat vanuit de eis de golfhoogte uit de richting van 240 graden maximaal 0,5 meter mag zijn. Dit geeft een downtime van 2,535%. Doormiddel van lineaire interpolatie kan er worden bepaald welke golfperiode er bij een downtime hoort. Er wordt geïnterpoleerd uit tabel 4.

De golfperiode bij een hoek van 240 graden en downtime van 2,535% is: $2 + (2,535 - 14,856) * \frac{3-2}{0,415-14,856} = 2,85$ seconden.

De golfperiode bij een hoek van 270 graden en downtime van 2,478% is: $2 + (2,478 - 4,878) * \frac{3-2}{0,47-3,492} = 2,54$ seconden.

De golfperiode bij een hoek van 300 graden en downtime van 2,509% is: $2 + (2,509 - 3,492) * \frac{3-2}{0,887-3,492} = 2,38$ seconden.

De golfperiode bij een hoek van 330 graden en downtime van 2,509% is: $2 + (5,673 - 7,401) * \frac{3-2}{2,361-7,401} = 2,34$ seconden.

De golfperiode bij een hoek van 0 graden en downtime van 3,891 % is: $2 + (3,891 - 8,151) * \frac{3-2}{2,092-8,151} = 2,70$ seconden.

Tabel 4 - Kans overschrijding golfperiode [s] in punt 7. Bron: [1]

Punt 7		Sectie in graden												Totaal
Golfperiode (s)		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
	0	11,084	14,182	0	0	0	0	0	0	26,162	7,537	5,685	10,062	74,712
	1	10,85	13,111	0	0	0	0	0	0	24,922	7,346	5,096	9,504	70,829
	2	8,151	6,139	0	0	0	0	0	0	14,856	4,878	3,492	7,401	44,917
	3	2,092	0,386	0	0	0	0	0	0	0,415	0,47	0,887	2,361	6,611
	4	0,053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,074	0,127

De golflengte kan worden berekend met de volgende formule:

$$L_0 = \frac{g}{2 * \pi} * T^2 = 1,56 * T^2$$

(4)

Oftewel voor 240 en 270 graden is dit:

$$L_{0,240} = 1,56 * 2,85^2 = 12,67 \text{ m}$$

$$L_{0,270} = 1,56 * 2,54^2 = 10,06 \text{ m}$$

$$L_{0,300} = 1,56 * 2,37^2 = 8,82 \text{ m}$$

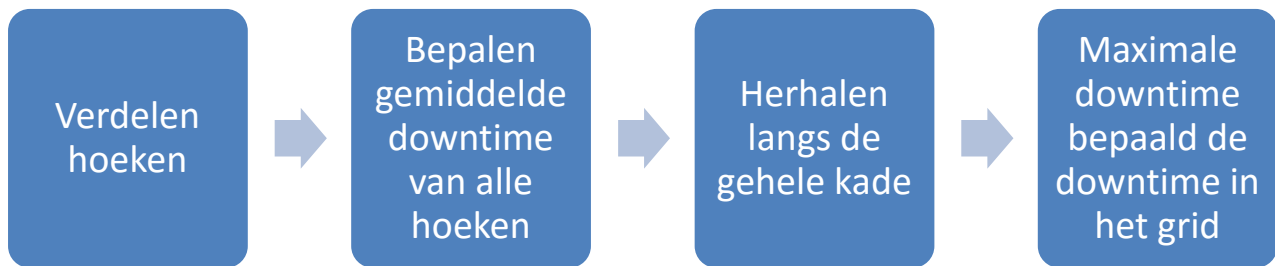
$$L_{0,330} = 1,56 * 2,34^2 = 8,56 \text{ m}$$

$$L_{0,0} = 1,56 * 2,70^2 = 11,40 \text{ m}$$

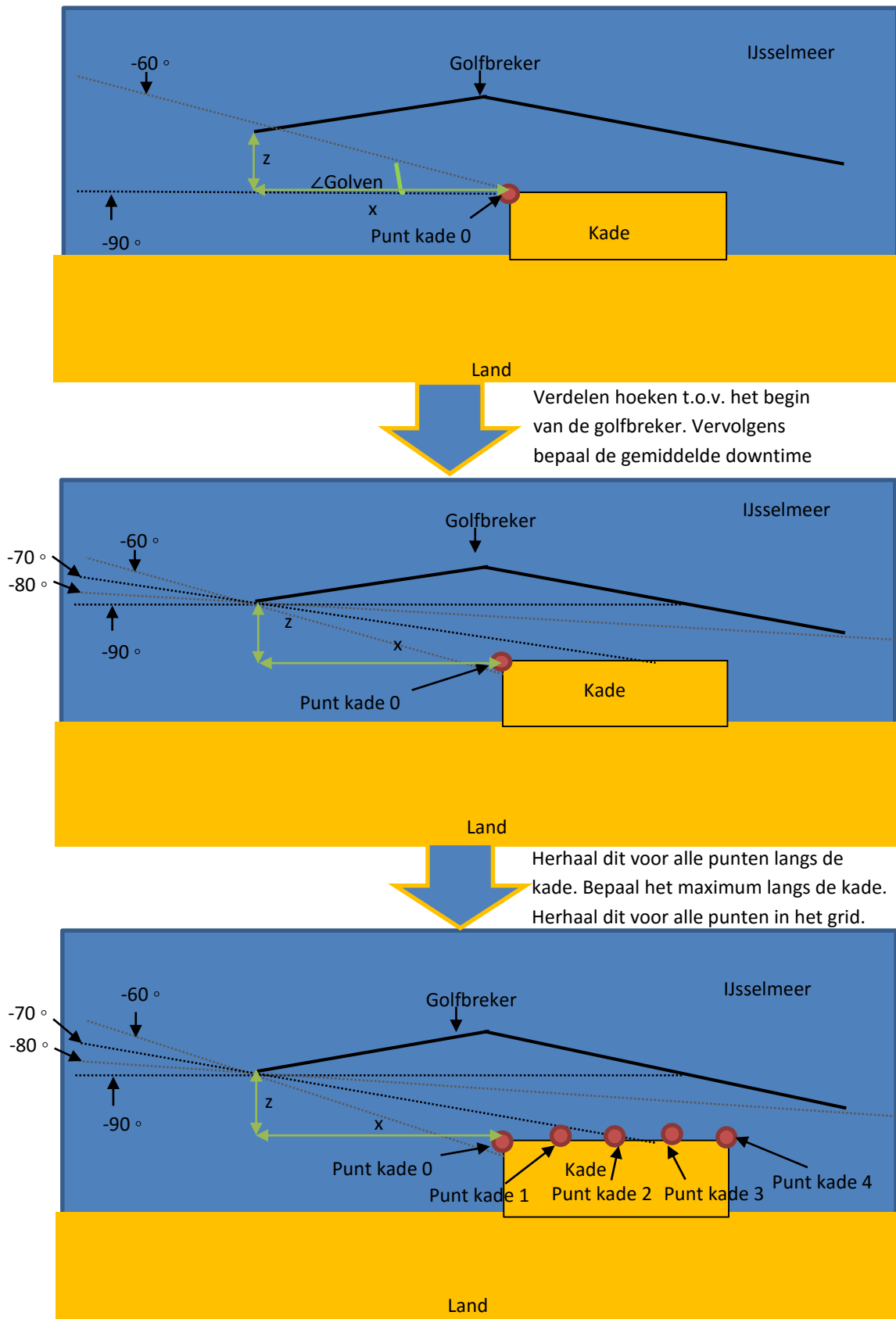
De waterdiepte is op zijn ondiepst 4,5 meter. h/L_0 is dan zodanig groot dat L/L_0 nagenoeg 1 is. Oftewel de golflengte L is gelijk aan de eerder berekende L_0 .

2. EXCEL BEREKENING

Doormiddel van een Macro in Excel kan vrij nauwkeurig de downtime worden bepaald met een golfbreker op een x en z aantal meter van de kade. Er wordt in een tweedimensionaal grid gerekend (z en x). Per locatie in het grid wordt de kade meegerekend en wordt de binnenvallende golf hoek verdeeld in kleinere stukken. Per hoek wordt de diffractie bepaald. Uiteindelijk zal er een gemiddelde downtime worden verkregen uit alle hoeken. Over de kade wordt dit een aantal keer gedaan. Uiteindelijk zal de maximale downtime over de gehele kade bepalen wat de downtime wordt voor een punt in het tweedimensionale grid. Schematisch ziet dit er als volgt uit:



Op de volgende pagina is het proces schematisch weergegeven in afbeelding 4



Afbeelding 4 – Schematische weergave proces berekeningen Excel

2.1 VERDELEN HOEKEN

Niveau: Hoek [Grid(z,x)->Kade->**Hoek**]

De hoeken weergeven in de hydraulische randvoorwaarde zijn te groot om nauwkeurig het effect van diffractie te bepalen. De hoek in de hydraulische voorwaarde met een bepaalde golfoverschrijding is 30 graden. Deze 30 graden worden verdeeld in 30 stukken van 1 graden. Bij deze graden wordt een downtime berekend. De gemiddelde downtime van de 30 hoeken is de downtime die behoort bij het betreffende punt op de kade. Er wordt een gemiddelde genomen omdat de kans dat de golf invalt onder de verdeelde hoek, $1/30^{\text{ste}}$ is van het geheel. Alle secties binnen de 30 graden hebben een gelijke aandeel in de downtime. Echter zal diffractie per sectie zorgen voor een verschillende downtime.

2.2 DOWNTIME KADE

Niveau: Kade [Grid(z,x)->**Kade**->Hoek]

Wanneer voor alle hoeken op een punt de downtime is bepaald, worden deze bij elkaar opgeteld en gedeeld door het totaal aantal hoeken. Zo komt er een gemiddelde downtime op het betreffende gedeelte van de kade. Dit wordt herhaald voor alle punten op de kade op een bepaald punt in het grid.

2.3 DOWNTIME GRID

Niveau: Grid(z,x) [**Grid(z,x)**->Kade->Hoek]

Uiteindelijk zal voor alle punten langs de kade, de gemiddelde downtime zijn bepaald. De maximale downtime langs de gehele kade, zal de downtime van het punt in het grid zijn. Uiteindelijk worden voor alle punten in het grid de downtime bepaald. Dit wordt uiteindelijk enkele honderdduizenden tot miljoenen berekeningen, deze worden uitgevoerd door Excel.

2.4 VOORBEELD BEREKENING

Om het verhaal te verduidelijken zal hier een voorbeeld berekening worden uitgevoerd. Er worden in totaal 3 voorbeeld berekeningen gemaakt om alle punten in hoofdstuk 2 te verhelderen.

2.4.1 HANDBEREKENING PUNT Z 200, X 300, K 0, A -80 (PUNT 1)

Input:

L	12,67 m (zie hoofdstuk 1.4)
Z	200 m
X	300 m
k	0 m
a	80 graden

Berekening:

$$W = \frac{\sqrt{(x+k)^2 + z^2} - \text{Abs}(\cos(-a + \tan^{-1} \frac{(x+k)}{z}) * \sqrt{(x+k)^2 + z^2})}{L} \quad (2)$$

Resultaat:	$W = \frac{\sqrt{(300+0)^2 + 200^2} - \text{Abs}(\cos(-80 + \tan^{-1} \frac{(300+0)}{200}) * \sqrt{(300+0)^2 + 200^2})}{12,67}$	(2 - 1)
$W = 2,40$	$W = \frac{360,56 - \text{Abs}(0,916 * 360,56)}{12,67} = 2,40$	

Schaduw:

$$\tan -a * z < x + k \quad (3)$$

Resultaat:	$\tan -80 * 200 < 300 + 0$	
Buiten		
schaduw	$1134,26 > 300$	(3 - 1)

De $\tan -a * z$ is groter dan $x + k$, dus het punt ligt niet in de schaduw.

Cornu:

De W ligt niet in de schaduw. Dit betekent dat uit hoofdstuk 1.2 tabel 1 moet worden gebruikt. Een W van 2,40 geeft een kd van 1,08.

Bepalen golfhoogte voor de golfbreker:

Nu de diffractie coëfficiënt berekend is kan er worden bepaald hoe hoog de golf voor de golfbreker moet zijn om aan de eis van een minimale golfhoogte van 0,5 meter te voldoen. Oftewel:

$$H_0 = \frac{H}{kd} \quad (5)$$

Resultaat:	$\frac{0,5}{1,08} = 0,46 \text{ m}$	(5 - 1)
$0,465 \text{ m}$		

De golf voor de golfbreker mag maximaal 0,46 meter zijn om een golfhoogte achter de golfbreker van 0,5 meter te garanderen.

Bepalen downtime:

De golfhoogte is 0,46 meter. Doormiddel van lineair interpoleren van tabel 1 uit hoofdstuk 1.3, is de nieuwe downtime 3,61%.

In de sectie is dit $3,61/30 = 0,12\%$

2.4.2 HANDBEREKENING PUNT Z 200, X 300, K 140, A -65 (PUNT 2)

Input:

L	12,67 m (zie hoofdstuk 1.4)
Z	200 m
X	300 m
k	140 m
a	65 graden

Berekening:

$$W = \frac{\sqrt{(x+k)^2 + z^2} - \text{Abs}(\cos(-a + \tan^{-1} \frac{(x+k)}{z}) * \sqrt{(x+k)^2 + z^2})}{L} \quad (2)$$

Resultaat:	$W = \frac{\sqrt{(300+140)^2 + 200^2} - \text{Abs}(\cos(-65 + \tan^{-1} \frac{(300+140)}{200}) * \sqrt{(300+140)^2 + 200^2})}{12,67}$	(2 - 1)
$W = 2,40$	$W = \frac{483,32 - \text{Abs}(0,999 * 483,32)}{12,67} = 0,0018$	

Schaduw:

$$\tan -a * z < x + k \quad (3)$$

Resultaat:	$\tan -65 * 200 < 300 + 140$	
In schaduw	$428,90 > 440$	(3 - 1)

De $\tan -a * z$ is kleiner dan $x + k$, dus het punt ligt in de schaduw.

Cornu:

De W ligt in de schaduw. Dit betekent dat uit hoofdstuk 1.2 tabel 2 moet worden gebruikt. Een W van 0,0018 geeft een kd van 0,49.

Bepalen golfhoogte voor de golfbreker:

Nu de diffractie coëfficiënt berekend is kan er worden bepaald hoe hoog de golf voor de golfbreker moet zijn om aan de eis van een minimale golfhoogte van 0,5 meter te voldoen. Oftewel:

$$H_0 = \frac{H}{kd} \quad (5)$$

Resultaat:	$\frac{0,5}{0,49} = 1,02 \text{ m}$	(5 - 1)
$1,02 \text{ m}$		

De golf voor de golfbreker mag maximaal 1,016 meter zijn om een golfhoogte achter de golfbreker van 0,5 meter te garanderen.

Bepalen downtime:

De golfhoogte is 1,02 meter. Doormiddel van lineair interpoleren van tabel 2 uit hoofdstuk 1.3, is de nieuwe downtime 0,0106%.

In de sectie is dit $0,0106/30 = 0,00035\%$.

2.4.3 HANDBEREKENING PUNT Z 200, X 430, K 40, A -73 (PUNT 3)

Input:

L	12,67 m (zie hoofdstuk 1.4)
Z	200 m
X	430 m
k	50 m
a	73 graden

Berekening:

$$W = \frac{\sqrt{(x+k)^2 + z^2} - \text{Abs}(\cos(-a + \tan^{-1} \frac{(x+k)}{z}) * \sqrt{(x+k)^2 + z^2})}{L} \quad (2)$$

Resultaat:	$W = \frac{\sqrt{(430+40)^2 + 200^2} - \text{Abs}(\cos(-73 + \tan^{-1} \frac{(430+40)}{200}) * \sqrt{(430+40)^2 + 200^2})}{12,67}$	(2 - I)
$W = 2,40$	$W = \frac{510,78 - \text{Abs}(0,994 * 510,78)}{12,67} = 0,225$	

Schaduw:

$$\tan -a * z < x + k \quad (3)$$

Resultaat:	$\tan -73 * 200 < 430 + 40$	
Buiten		(3 - I)
schaduw	$654,17 > 470$	

De $\tan -a * z$ is groter dan $x + k$, dus het punt ligt niet in de schaduw.

Cornu:

De W ligt niet in de schaduw. Dit betekent dat uit hoofdstuk 1.2 tabel 1 moet worden gebruikt. Een W van 0,225 geeft een kd van 1,01.

Bepalen golfhoogte voor de golfbreker:

Nu de diffractie coëfficiënt berekend is kan er worden bepaald hoe hoog de golf voor de golfbreker moet zijn om aan de eis van een minimale golfhoogte van 0,5 meter te voldoen. Oftewel:

$$H_0 = \frac{H}{kd} \quad (5)$$

Resultaat:	$\frac{0,5}{1,075342} = 0,455 \text{ m}$	(5 - I)
$0,455 \text{ m}$		

De golf voor de golfbreker mag maximaal 0,455 meter zijn om een golfhoogte achter de golfbreker van 0,5 meter te garanderen.

Bepalen downtime:

De golfhoogte is 0,455 meter. Doormiddel van lineair interpoleren van tabel 1 uit hoofdstuk 1.3, is de nieuwe downtime 3,912%.

In de sectie is dit dus $3,912/30 = 0,130\%$

2.5 CONTROLE BEREKENING EN EXCEL

2.5.1 CONTROLE PUNT Z 200, X 300, K 0, A -80 (PUNT 1)

De Excel berekeningen moeten worden gevalideerd om er zeker van te zijn dat de berekeningen kloppen. Uit de handberekeningen van punt 3 blijkt dat de downtime 3,61% is. De Excel berekening geeft aan dat dit 3,61% is. Het verschil komt door de nauwkeurigheid van de handberekening. Bij de handberekeningen wordt er afgerond, bij de Excel berekeningen niet. De Excel berekening is dus nauwkeuriger. In afbeelding 5 is het resultaat weergegeven van punt 1 berekend door Excel.

Punt:	
Z-as:	200
X-as:	300
Kade:	0
Graden:	-80
Downtime:	3,60519801353065

Afbeelding 5 – Downtime berekening punt 1

2.5.2 CONTROLE PUNT Z 200, X 300, K 140, A -65 (PUNT 2)

De Excel berekeningen moeten worden gevalideerd om er zeker van te zijn dat de berekeningen kloppen. Uit de handberekeningen van punt 3 blijkt dat de downtime 0,0106% is. De Excel berekening geeft aan dat dit 0,00935% is. Het verschil komt door de nauwkeurigheid van de handberekening. Bij de handberekeningen wordt er afgerond, bij de Excel berekeningen niet. De Excel berekening is dus nauwkeuriger. In afbeelding 6 is het resultaat weergegeven van punt 2 berekend door Excel.

Punt:	
Z-as:	200
X-as:	300
Kade:	140
Graden:	-65
Downtime:	9,34978847308522E-03

Afbeelding 6 – Downtime berekening punt 2

2.5.3 CONTROLE PUNT Z 200, X 430, K 40, A -73 (PUNT 3)

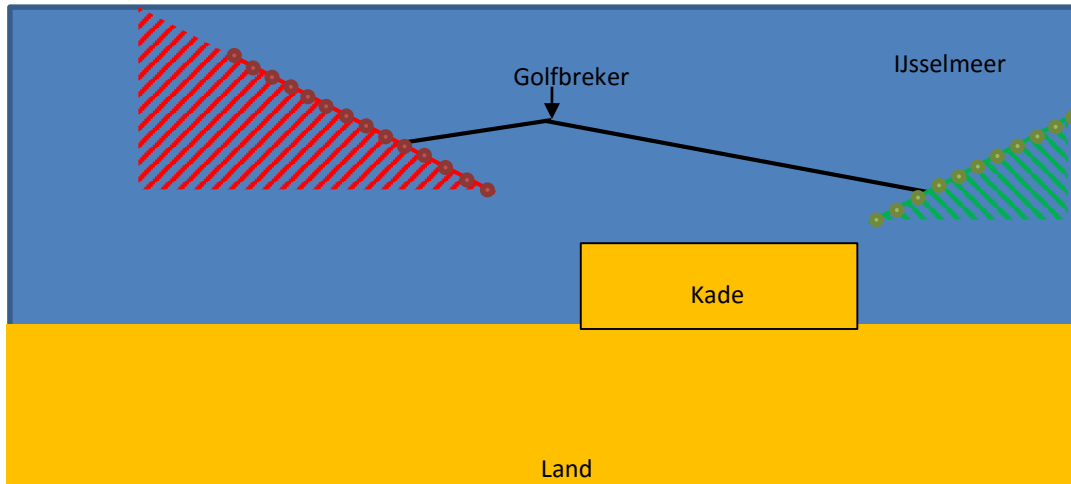
De Excel berekeningen moeten worden gevalideerd om er zeker van te zijn dat de berekeningen kloppen. Uit de handberekeningen van punt 3 blijkt dat de downtime 3,912% is. De Excel berekening geeft aan dat dit 3,913 is. Het verschil komt door de nauwkeurigheid van de handberekening. Bij de handberekeningen wordt er afgerond, bij de Excel berekeningen niet. De Excel berekening is dus nauwkeuriger. In afbeelding 7 is het resultaat weergegeven van punt 3 berekend door Excel.

Punt:	
Z-as:	200
X-as:	430
Kade:	40
Graden:	-73
Downtime:	3,91281990410432

Afbeelding 7 – Downtime berekening punt 3

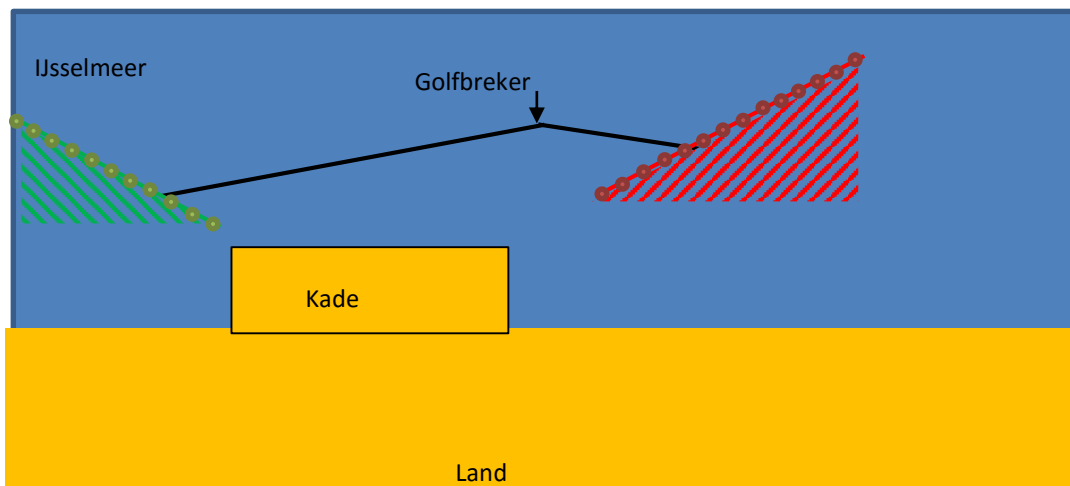
2.6 RESULTAAT BESCHOUWING

Uiteindelijk wordt er door Excel miljoenen berekeningen uitgevoerd om voor alle punten in het grid een downtime te bepalen. De verwachting is dat er een lijn zal ontstaan van wanneer de downtime 2,74% is. Aan de tegenovergestelde kant mag de downtime dan niet groter zijn dan 0%.



Afbeelding 8 – Verwachte resultaten zuidelijke variant

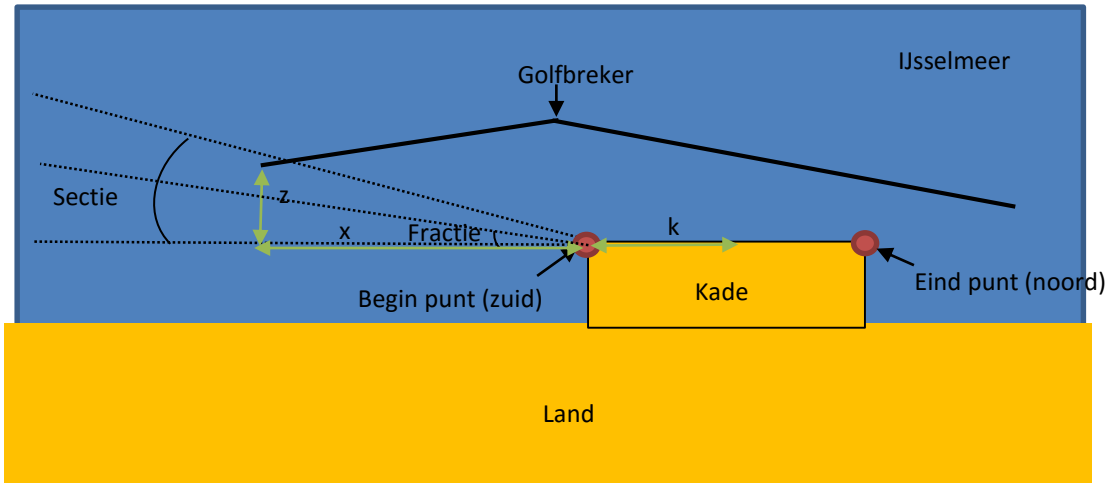
In afbeelding 8 zijn de verwachte resultaten weergegeven. De rode lijn geeft een downtime van 2,74% aan, waarbij alle rode punten, berekende punten in het grid zijn. In het rood gearceerde gebied mag de golfbreker komen te liggen, mits de andere kant van de golfbreker in het groen gearceerde gebied ligt. De groene lijn geeft een downtime van 0% aan. De verwachting is dat voor de noordelijke variant het gespiegelde zal gaan optreden van de zuidelijke variant, zoals weergegeven in afbeelding 9.



Afbeelding 9 – Verwachte resultaten noordelijke variant

3. EXCEL BEREKENING ZUIDELIJKE VARIANT

Bij de Zuidelijke variant ligt de opening voor de schepen ten zuiden van de Terminal. De locatie van de opening hangt af van de downtime. Per hoek sectie wordt er berekend wat de downtime wordt in een grid. Er wordt gerekend vanaf de zuidelijkste punt van de kade voor het begin punt, zie afbeelding 10. Voor het eindpunt wordt er gerekend vanaf de noordelijkste punt van de kade.



Afbeelding 10 - Punt van berekening zuid (begin punt).

Het bereik van de berekeningen is meestal als volgt:

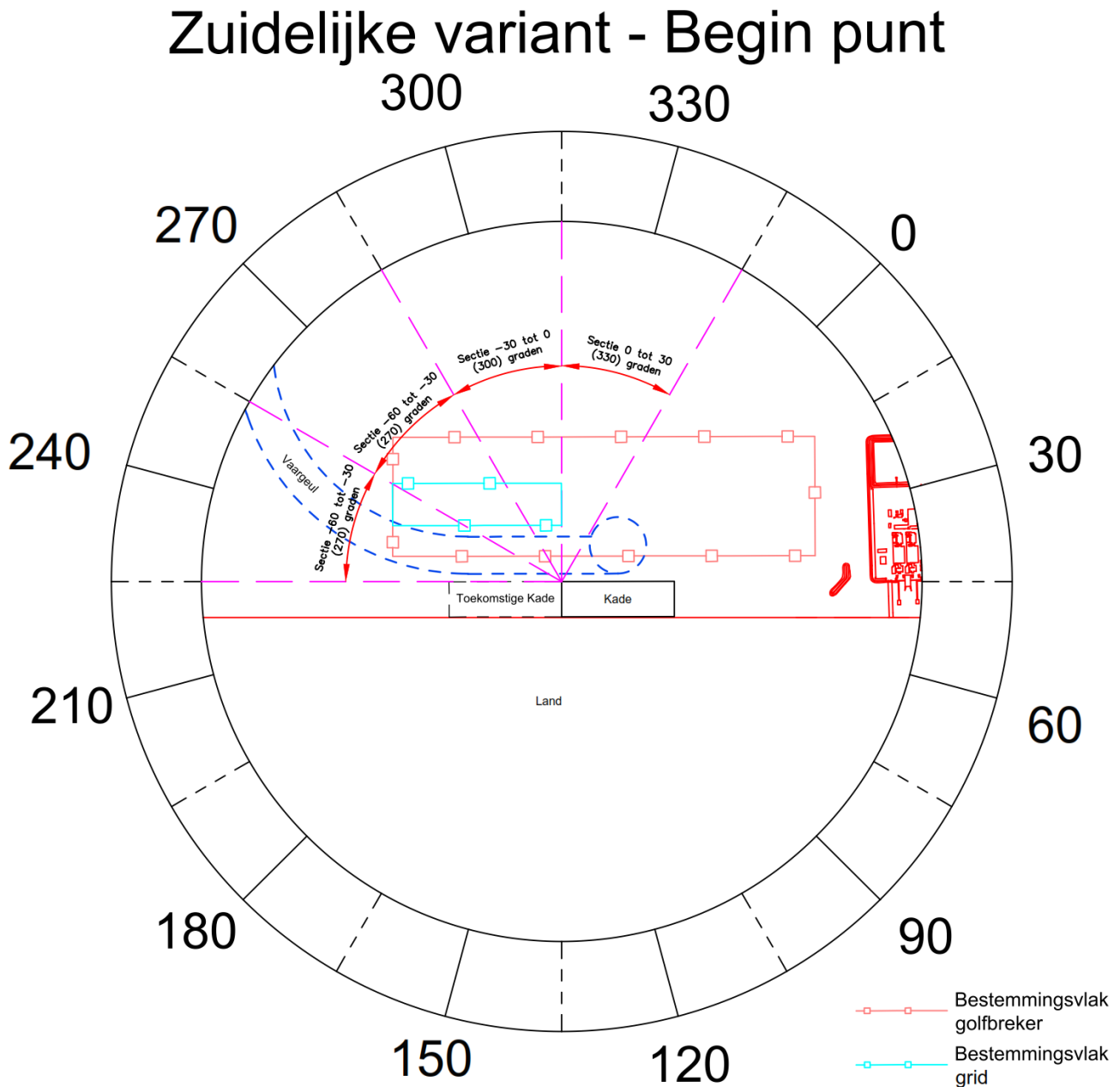
- Z is van 200 meter tot 350 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 300 meter. Interval is 10 meter
- K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.

De hoek en de golflengte hangt af van welke sectie van 30 graden er wordt genomen. Per sectie zijn de graden verdeeld over 30 fracties.

De resultaten worden weergegeven doormiddel van grafieken, echter door de grote hoeveelheid aan data, zal de grafiek druk worden. Hierdoor zijn in sommige delen van de grafiek niet alle lijnen te onderscheiden. Echter door handig gebruik te maken van de domein en limiet, zal de snijpunt van de berekende downtime met de maximale downtime toch duidelijk weergegeven zijn.

3.1 BEGIN PUNT

Het beginpunt is waar de opening van de golfbreker ligt. In dit geval in het zuiden. In afbeelding 11 is de verdeling van de secties weergegeven. De cirkel geeft een kompas aan waarin het aantal graden ten opzichten van het noorden zijn weergegeven. Er zijn 4 secties beschouwd in de berekeningen, deze zijn weergegeven in afbeelding 11. Ook is het grid gebied weergegeven. Binnen het blauwe vlak zijn de berekeningen uitgevoerd.



Afbeelding 11 – Kompas zuidelijke variant, begin punt.

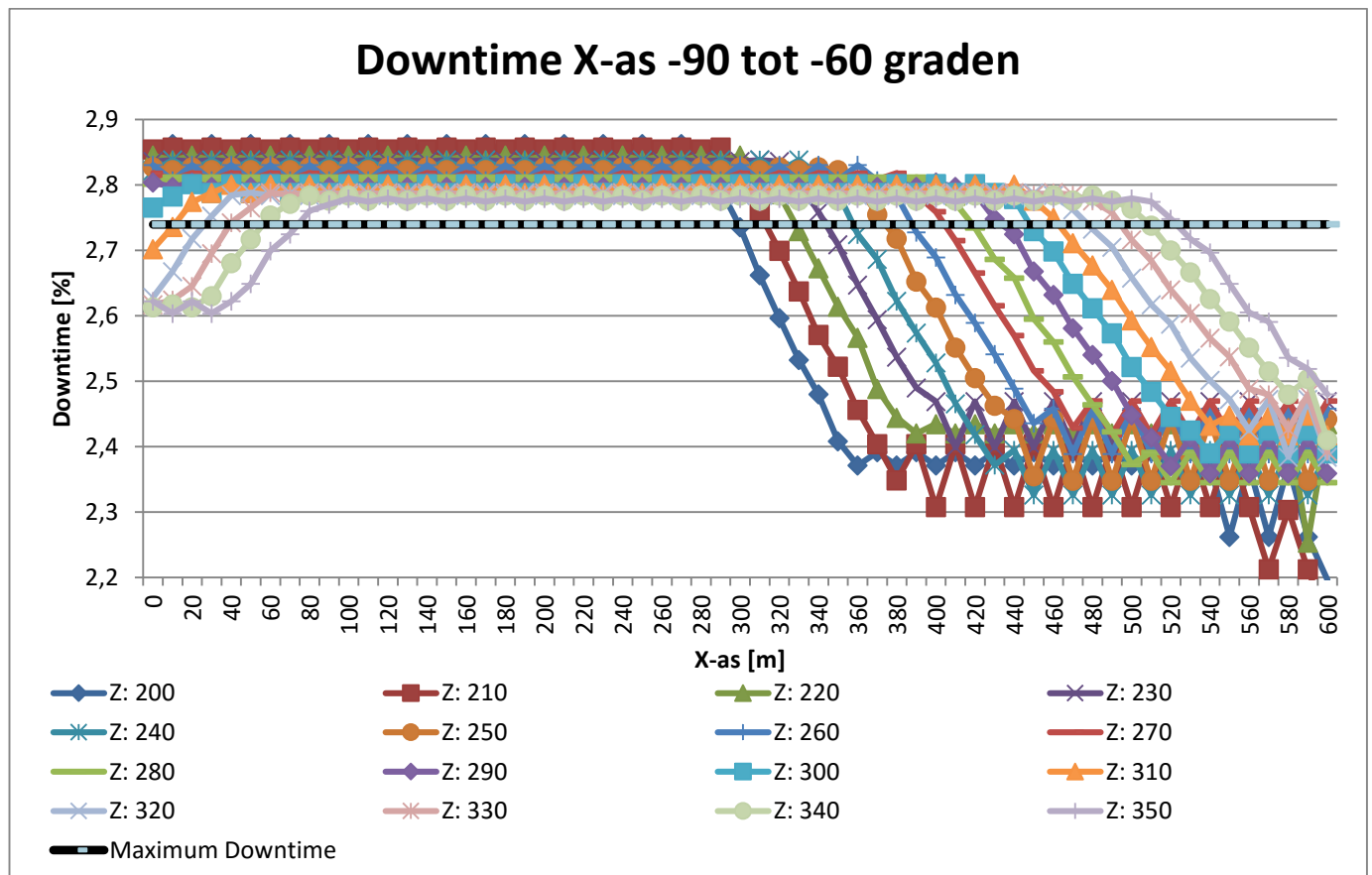
3.1.1 BEGIN PUNT - RESULTATEN DOWNTIME SECTIE -90 TOT -60 GRADEN

Invoer:

- Z is van 200 meter tot 350 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 600 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -89 tot -60 graden. Interval is 1 graden.
- Golfengte L is 12,67 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,5 meter

Resultaten:

Per locatie op het grid is de downtime berekend. De downtime mag niet groter zijn dan 2,74%.



De bovenstaande grafiek geeft aan dat bij een Z van 310 een X van 0 meter al zou voldoen. Echter zal dit waarschijnlijk niet het geval zijn wanneer de downtime vanuit andere secties wordt meegenomen.

In deze sectie worden er $\left(1 + \frac{350-200}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{89-60}{1}\right) = 614.880$ berekeningen uitgevoerd.

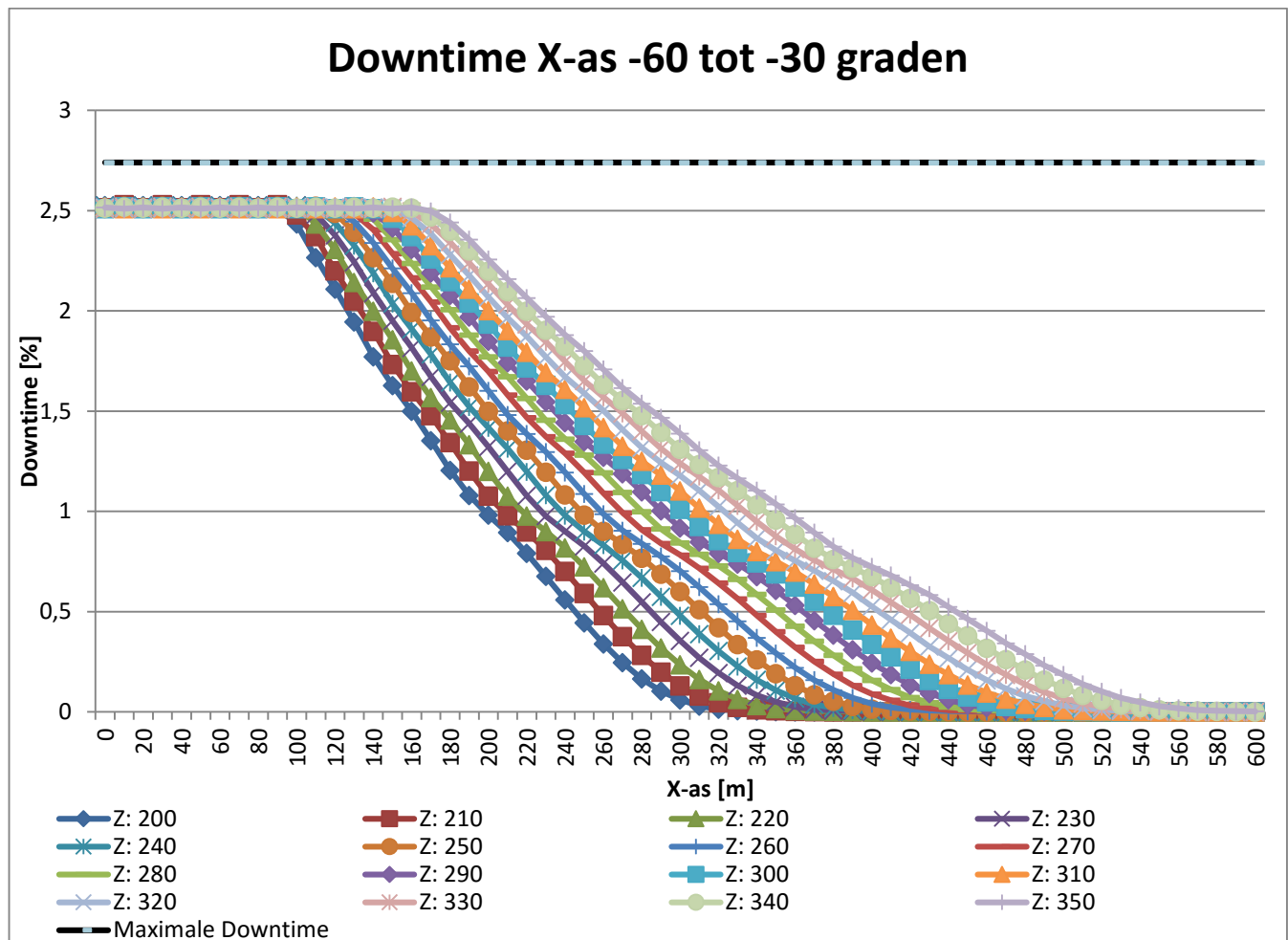
3.1.2 BEGIN PUNT - RESULTATEN DOWNTIME SECTIE -60 TOT -30 GRADEN

Invoer:

- Z is van 200 meter tot 350 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 600 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -59 tot -30 graden. Interval is 1 graden.
- Golflengte L is 10,06 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,4 meter

Resultaten:

Per locatie op het grid is de downtime berekend. De downtime mag niet groter zijn dan 2,74%.



De bovenstaande grafiek geeft aan dat hoe verder de golfbreker in de X-as van de terminal af is, hoe lager de downtime word.

In deze sectie worden er $\left(1 + \frac{350-200}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{59-30}{1}\right) = 614.880$ berekeningen uitgevoerd.

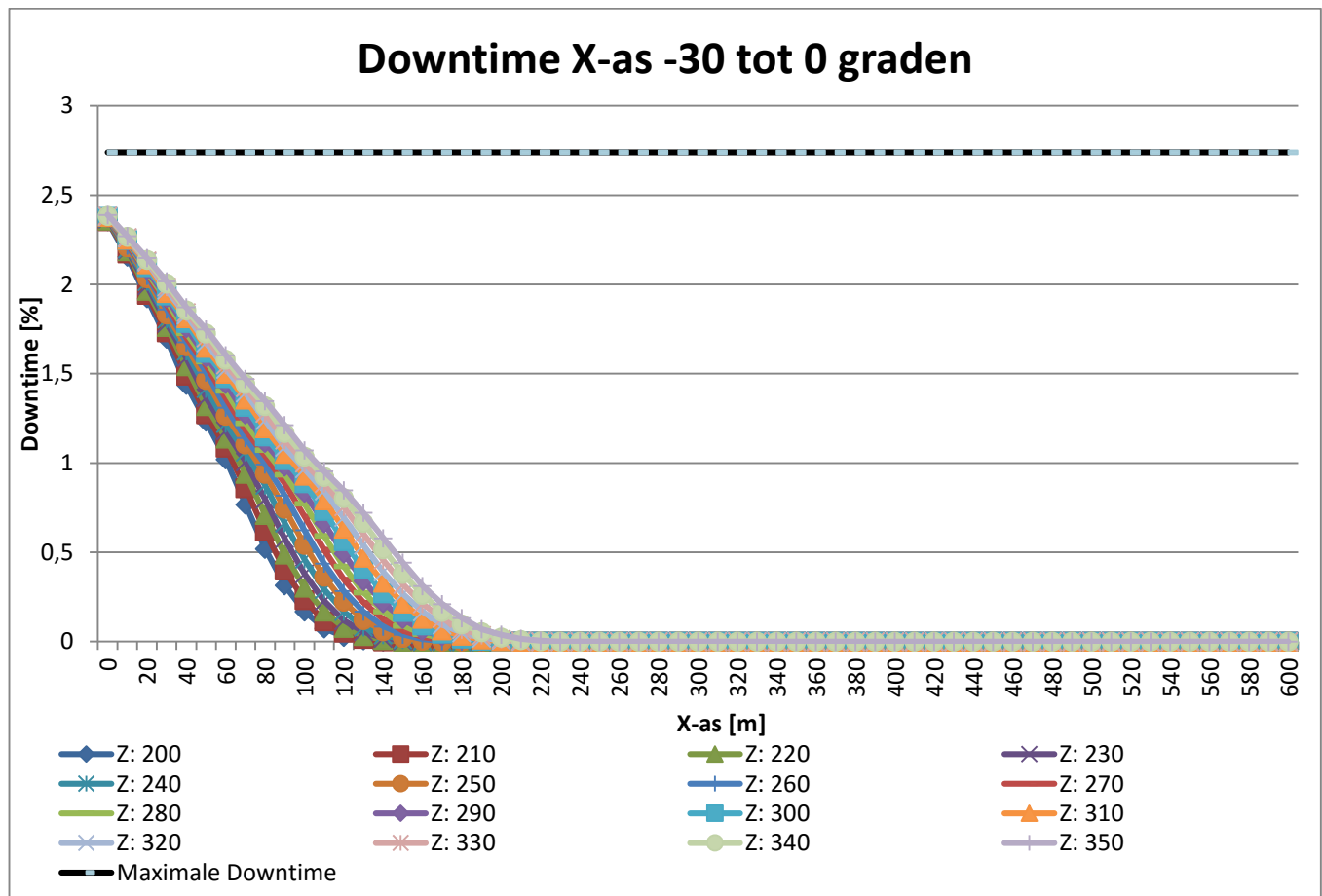
3.1.3 BEGIN PUNT - RESULTATEN DOWNTIME SECTIE -30 TOT 0 GRADEN

Invoer:

- Z is van 200 meter tot 350 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 600 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -29 tot 0 graden. Interval is 1 graden.
- Golf lengte L is 8,82 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,3 meter

Resultaten:

Per locatie op het grid is de downtime berekend. De downtime mag niet groter zijn dan 2,74%.



De bovenstaande grafiek geeft aan de downtime al snel afneemt. In het begin is de downtime nog zodanig hoog dat deze moet worden meegenomen in de totale downtime.

In deze sectie worden er $\left(1 + \frac{350-200}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{29-0}{1}\right) = 614.880$ berekeningen uitgevoerd.

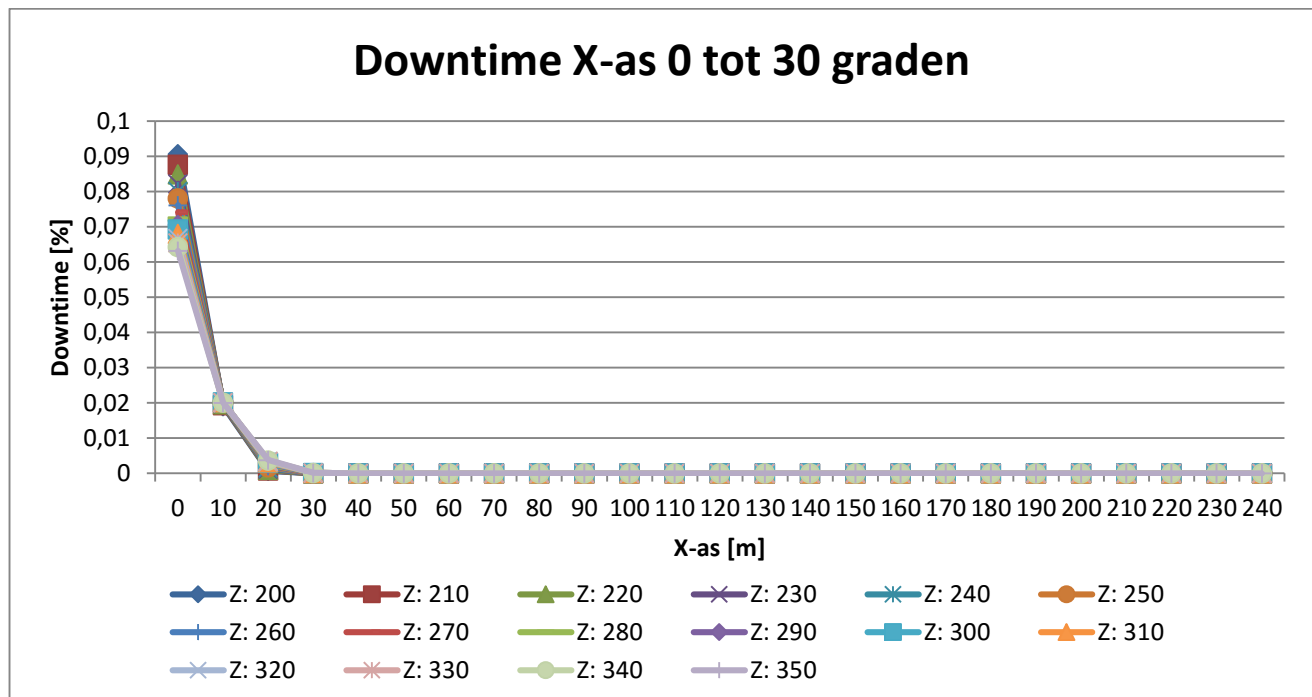
3.1.4 BEGIN PUNT - RESULTATEN DOWNTIME SECTIE 0 TOT 30 GRADEN

Invoer:

- Z is van 200 meter tot 350 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 240 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van 1 tot 30 graden. Interval is 1 graden.
- Golf lengte L is 8,56 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,3 meter

Resultaten:

Per locatie op het grid is de downtime berekend. De downtime mag niet groter zijn dan 2,74%.

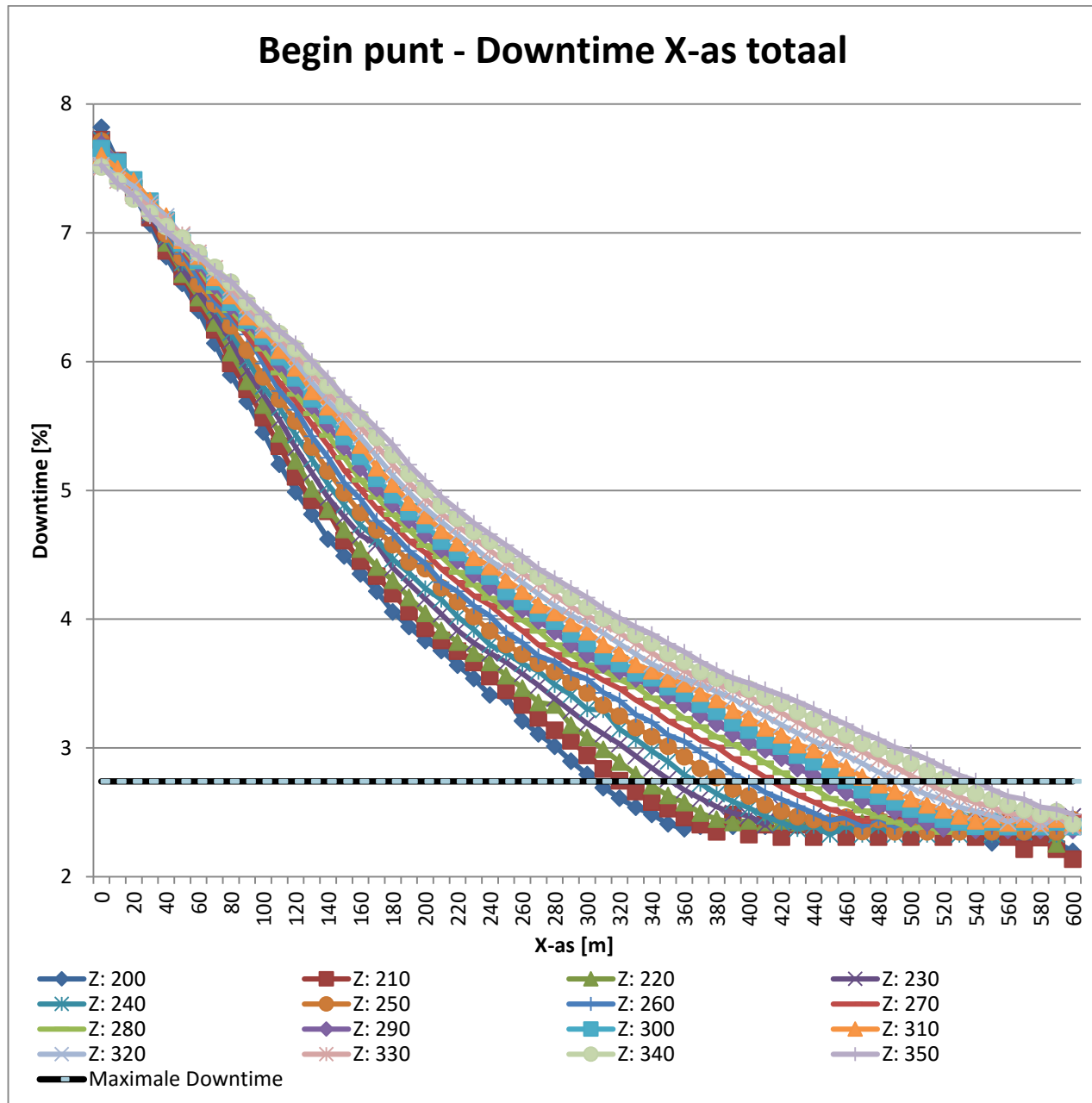


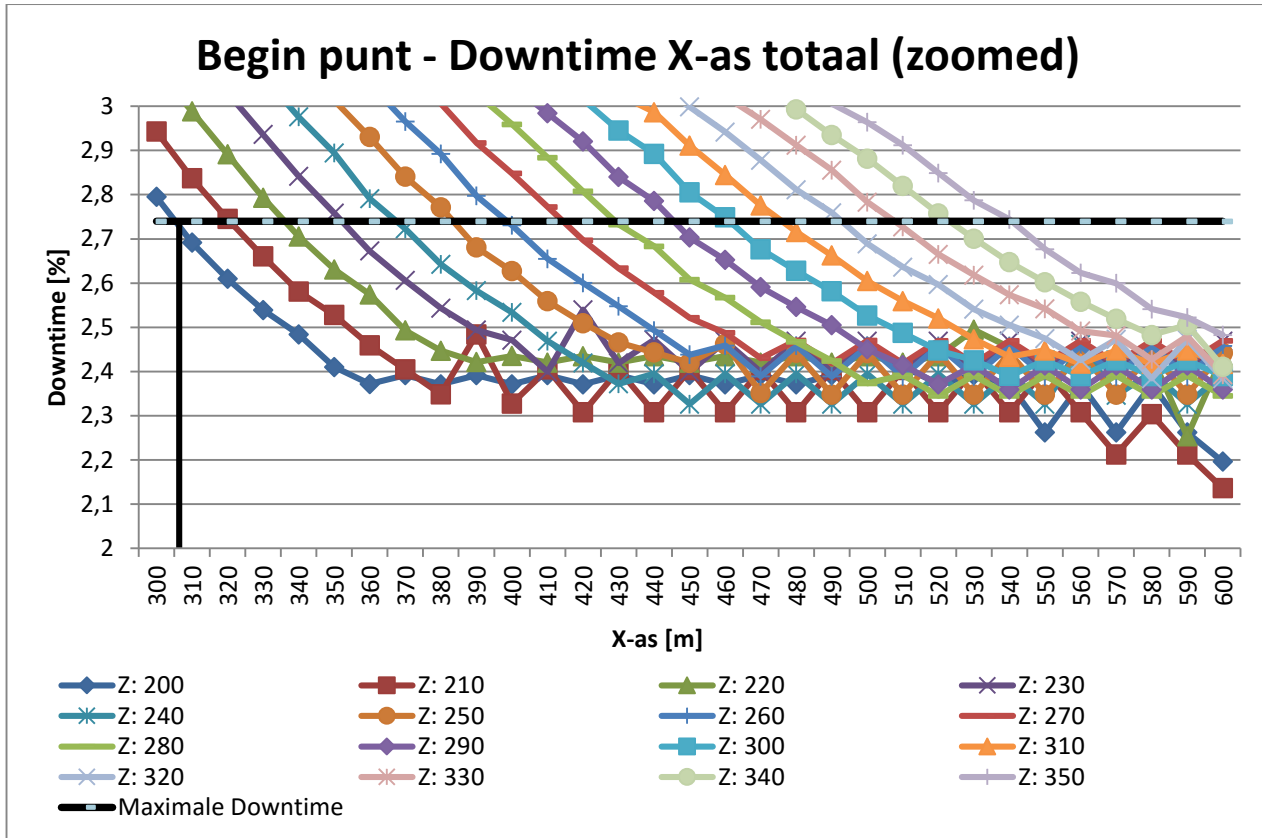
De downtime in de sectie 0 tot 30 graden een vrijwel gelijk aan nul. Nog een sectie meenemen heeft geen nut, aangezien die volledig nul zal zijn.

In deze sectie worden er $\left(1 + \frac{350-200}{10}\right) * \left(1 + \frac{240-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{30-1}{1}\right) = 252.000$ berekeningen uitgevoerd.

3.1.5 BEGIN PUNT – TOTALE DOWNTIME

In dit hoofdstuk zal de totale downtime van alle secties worden weergegeven. Dit kan worden gedaan door de downtime van alle secties bij elkaar op te tellen.



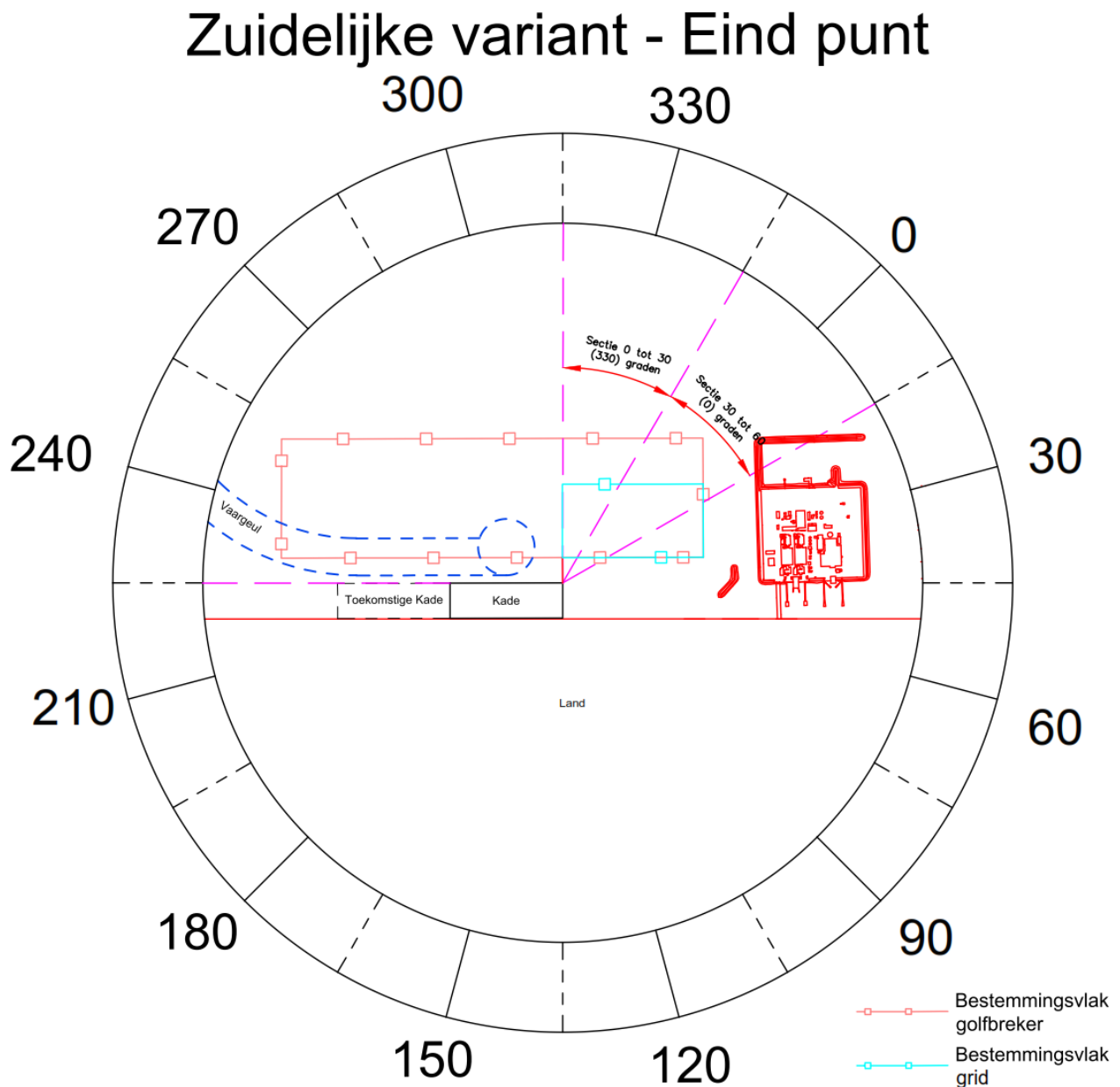


Er zijn in totaal 2.096.640 berekeningen uitgevoerd voor het begin punt van de zuidelijke variant. De bovenstaande grafiek laat zien waar het begin punt van de golfbreker kan worden geplaatst ten opzichten van de kade. Bij een afstand van 200 meter van de kade vandaan, moet de afstand op de X-as minimaal 310 meter zijn om aan de downtime berekeningen te voldoen.

3.2 EIND PUNT

Het eind punt is het punt waar de schepen niet naar binnen zullen varen. Dit punt ligt in het geval van de zuidelijke variant, in het noorden. Het beginpunt is waar de opening van de golfbreker ligt. In dit geval in het zuiden.

In afbeelding 12 is de verdeling van de secties weergegeven. De cirkel geeft een kompas aan waarin het aantal graden ten opzichten van het noorden zijn weergegeven. Er zijn 4 secties beschouwd in de berekeningen, deze zijn weergegeven in afbeelding 12. Ook is het grid gebied weergegeven. Binnen het blauwe vlak zijn de berekeningen uitgevoerd.



Afbeelding 12 – Kompas zuidelijke variant, eind punt.

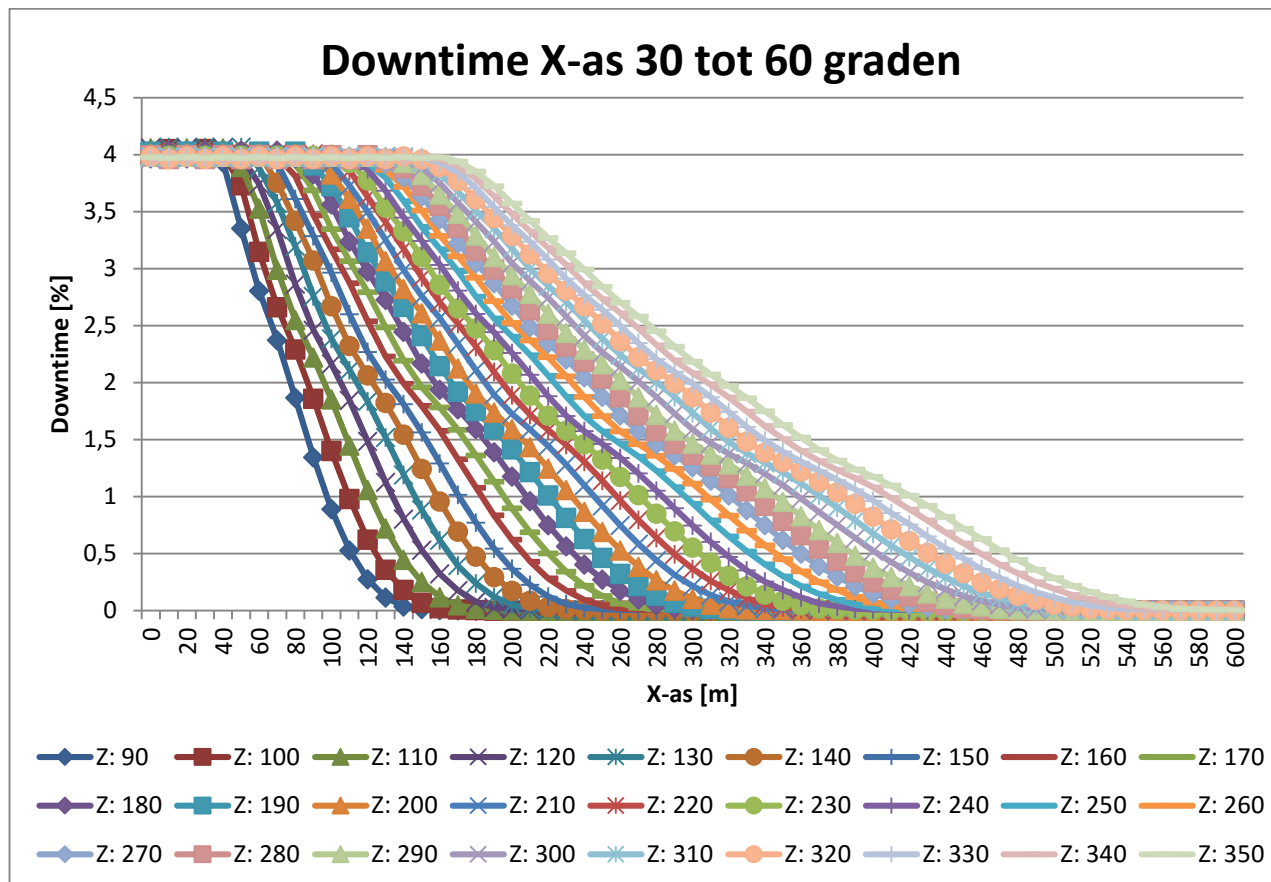
3.2.1 EIND PUNT - RESULTATEN DOWNTIME SECTIE 30 TOT 60 GRADEN

Invoer:

- Z is van 90 meter tot 350 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 600 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -59 tot -30 graden. Interval is 1 graden.
- Golf lengte L is 11,40 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,4 meter

Resultaten:

Per locatie op het grid is de downtime berekend. De downtime mag niet groter zijn dan 0%.



De downtime voldoet in eerste instantie ruim niet. Echter neemt de downtime al snel af.

In deze sectie worden er $\left(1 + \frac{350-90}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{30-1}{1}\right) = 1.037.610$ berekeningen uitgevoerd.

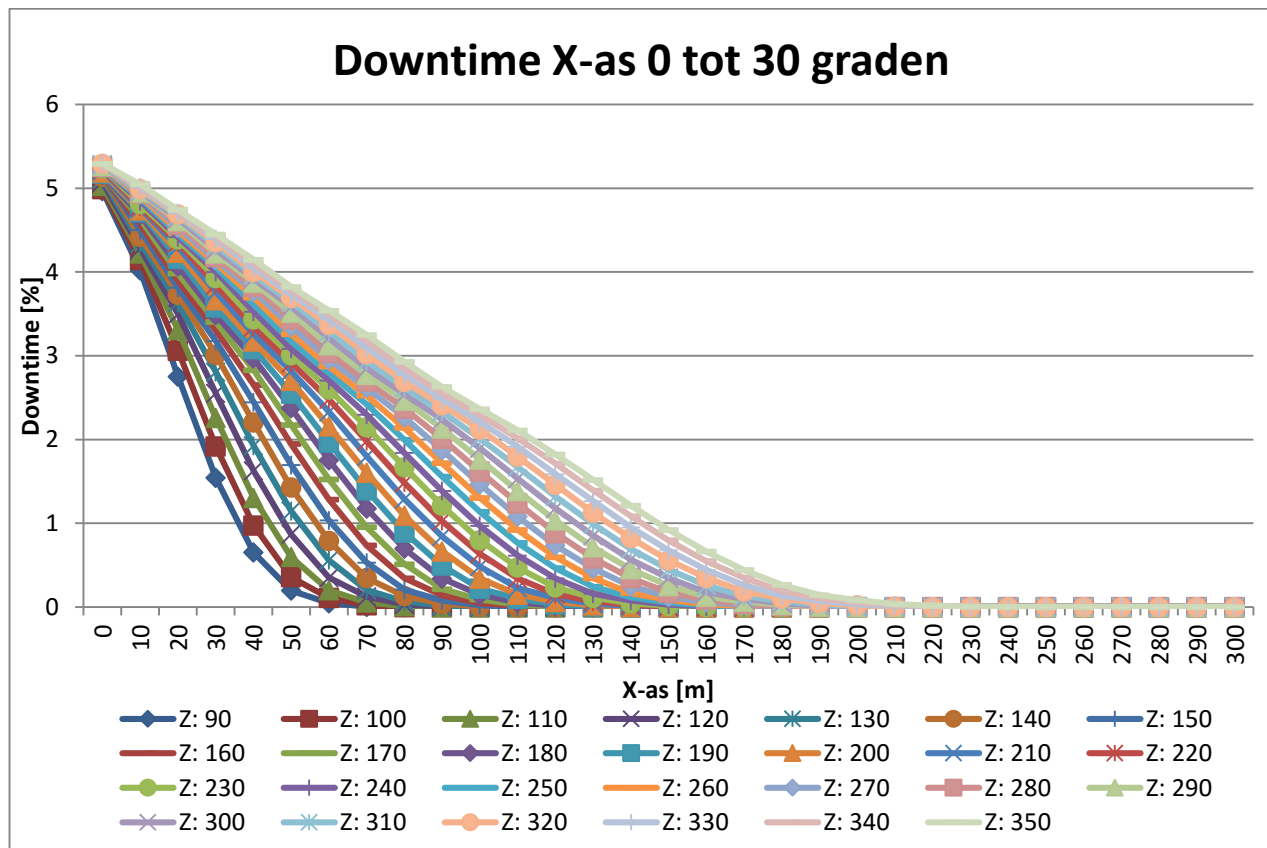
3.2.2 EIND PUNT - RESULTATEN DOWNTIME SECTIE 0 TOT 30 GRADEN

Invoer:

- Z is van 90 meter tot 350 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 300 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -29 tot 0 graden. Interval is 1 graden.
- Golfengte L is 8,56 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,3 meter

Resultaten:

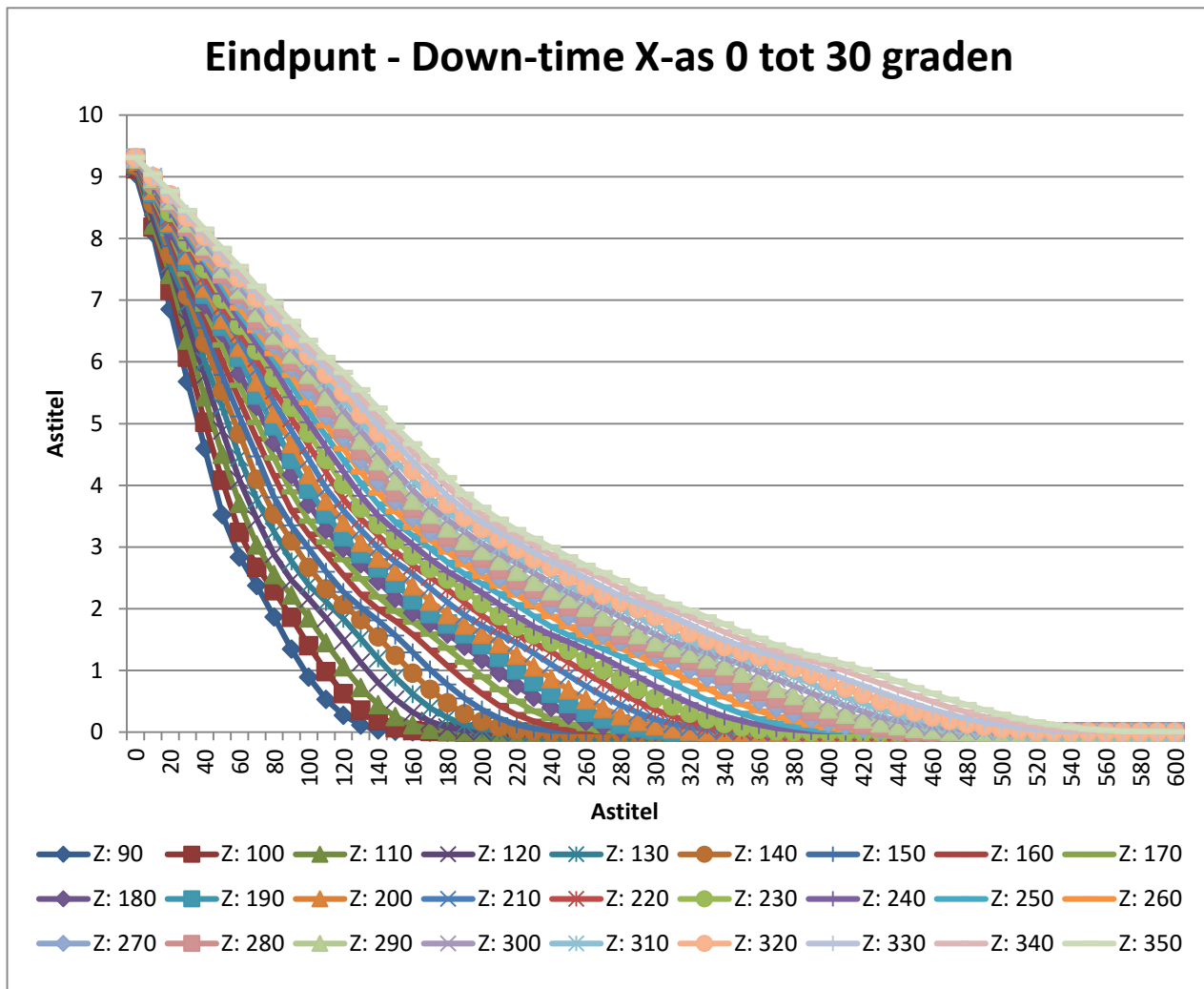
Per locatie op het grid is de downtime berekend. De downtime mag niet groter zijn dan 0%.



De downtime in deze sectie neemt sneller af dan in sectie 30 tot 60.

In deze sectie zijn er $\left(1 + \frac{350-90}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{30-1}{1}\right) = 1.037.610$ berekeningen uitgevoerd.

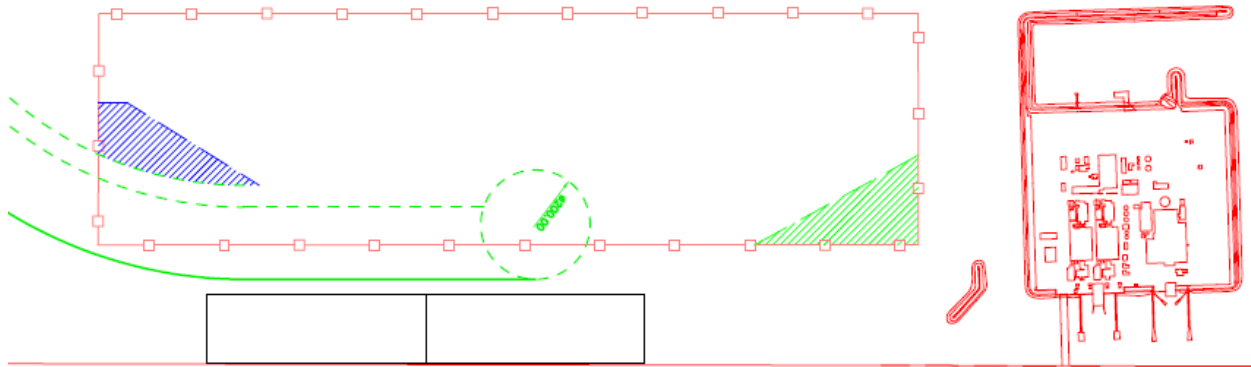
3.2.3 EIND PUNT – TOTALE DOWNTIME



De downtime mag maximaal 0% zijn hier. Er zijn in totaal 2.075.220 berekeningen uitgevoerd voor het eind punt van de zuidelijke variant.

3.3 CONCLUSIE

Bij de Zuidelijke variant mag de downtime maximaal 2,74% zijn. Dit onder de voorwaarde dat de downtime in het Noorden (eind punt) geen downtime veroorzaakt. De locaties waarin golfbreker mag beginnen en eindigen is weergegeven in afbeelding 13 (begin punt gearceerd in blauw en eindpunt gearceerd in groen).

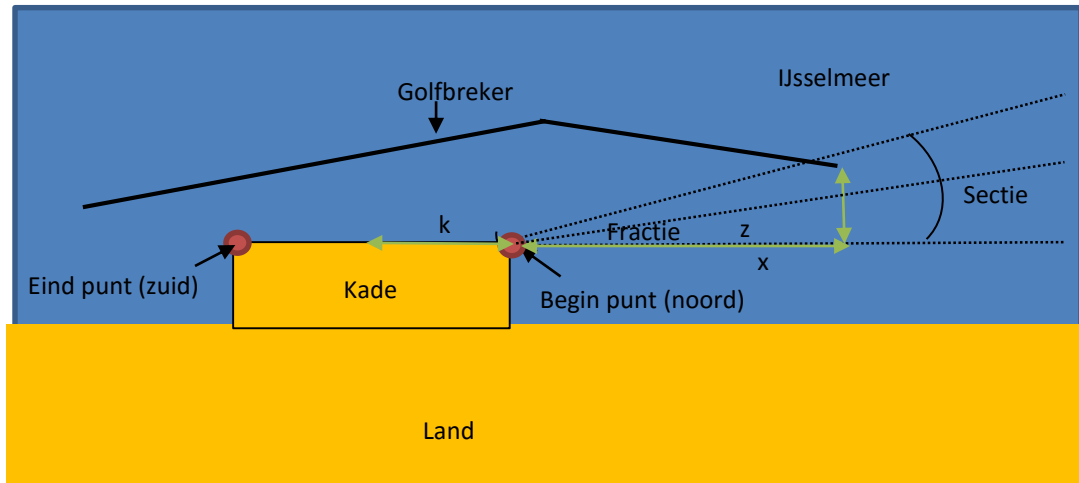


Afbeelding 13 – Downtime resultaten zuidelijke variant.

Wanneer het begin punt binnen het blauw gearceerd gebied wordt genomen. Dan mag er buiten het groen gearceerde gebied een eind punt worden genomen. Dit omdat hoe verder er van de blauwe lijn, dat een downtime van 2,74% weergeeft, hoe lager de downtime wordt. Dit kan worden gecompenseerd door het eind punt. Idealiter ligt het begin van de optimale golfbreker op de blauwe lijn en het eind op de groene lijn. In de locatie berekeningen zal dit worden gedaan.

4. EXCEL BEREKENING NOORDELIJKE VARIANT

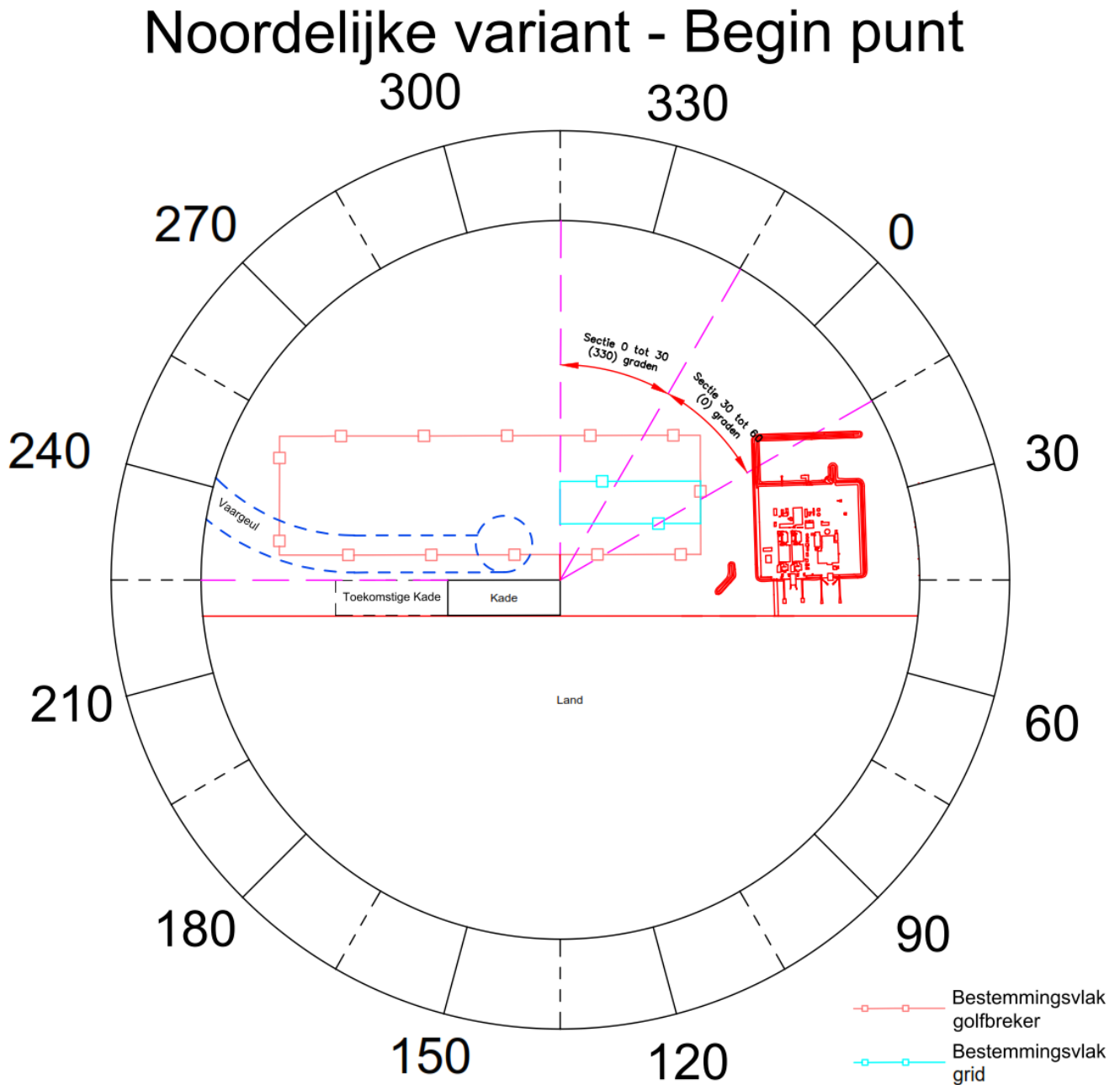
Bij de Noordelijke variant ligt de opening voor de schepen ten noorden van de Terminal. De locatie van de opening hangt af van de downtime. Per hoek sectie wordt er berekend wat de downtime wordt in een grid. Er wordt gerekend vanaf de noordelijkste punt van de kade, zie afbeelding 14.



Afbeelding 14 - Punt van berekening zuid, begin punt.

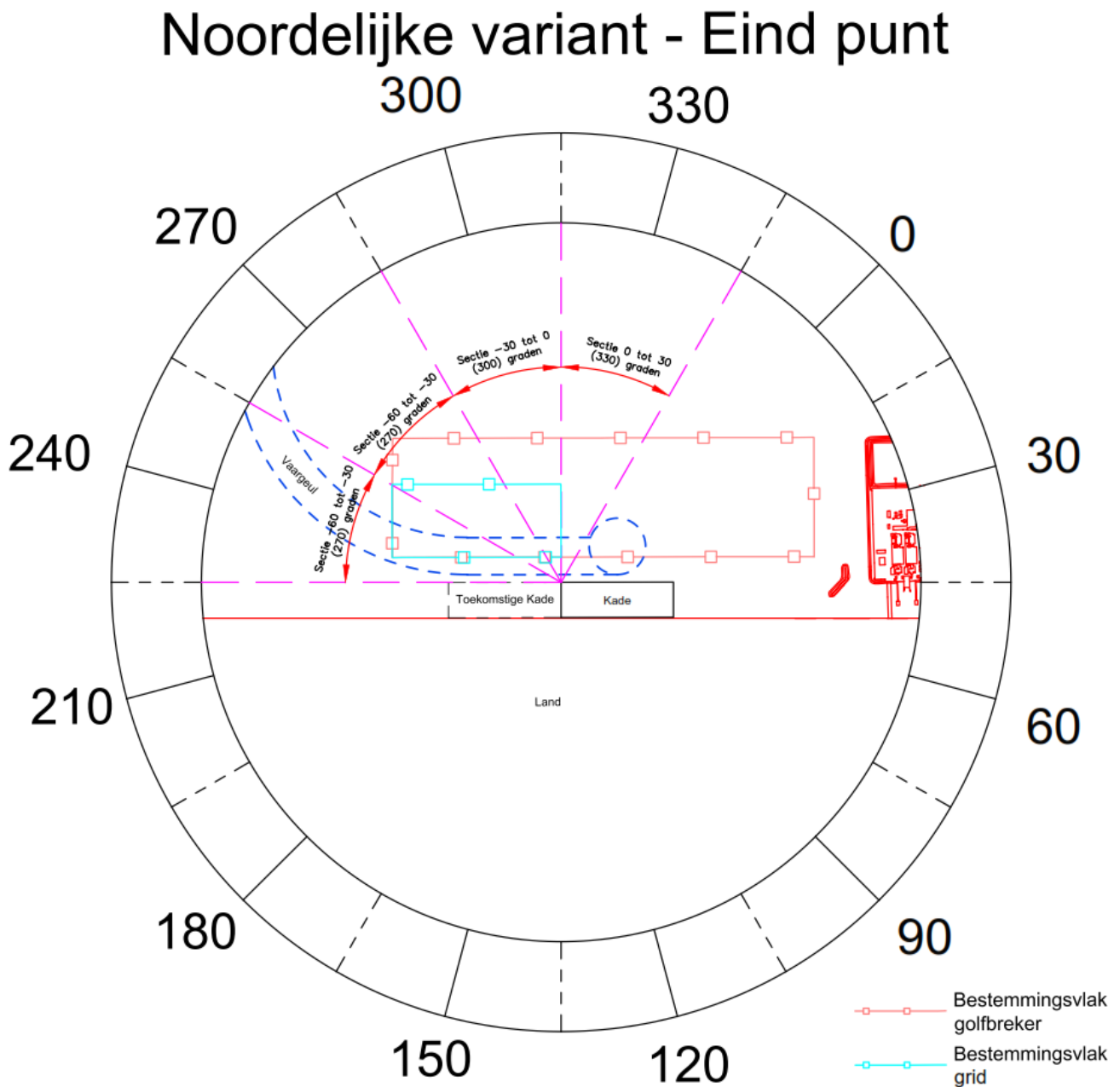
De downtime berekeningen zijn in grote lijnen hetzelfde als die van de Zuidelijke variant. Echter moet voor alle secties van het begin punt in de Zuidelijke variant extra berekeningen worden toegevoegd. Er moet voor een Z van 90 meter tot 200 meter worden toegevoegd. De overige waarden gelden ook voor de Noordelijke variant.

In afbeelding 15 is de verdeling van de secties weergegeven. De cirkel geeft een kompas aan waarin het aantal graden ten opzichten van het noorden zijn weergegeven. Er zijn 4 secties beschouwd in de berekeningen, deze zijn weergegeven in afbeelding 15. Ook is het grid gebied weergegeven. Binnen het blauwe vlak zijn de berekeningen uitgevoerd.



Afbeelding 15 – Kompas noordelijke variant, begin punt.

In afbeelding 16 is de verdeling van de secties weergegeven. De cirkel geeft een kompas aan waarin het aantal graden ten opzichten van het noorden zijn weergegeven. Er zijn 4 secties beschouwd in de berekeningen, deze zijn weergegeven in afbeelding 16. Ook is het grid gebied weergegeven. Binnen het blauwe vlak zijn de berekeningen uitgevoerd.



Afbeelding 16 – Kompas noordelijke variant, eind punt.

Wanneer afbeelding 15 met de equivalent van de zuidelijke variant wordt vergeleken (afbeelding 12), kan er worden waargenomen dat een groot deel van het bestemmingsvlak van het grid overeenkomt met elkaar. Alleen voor het bepalen van het eindpunt is het bestemmingsvlak in afbeelding 16 groter dan de zuidelijke equivalent (afbeelding 11). Dit betekent dat er voor het eindpunt extra berekeningen dient te worden uitgevoerd.

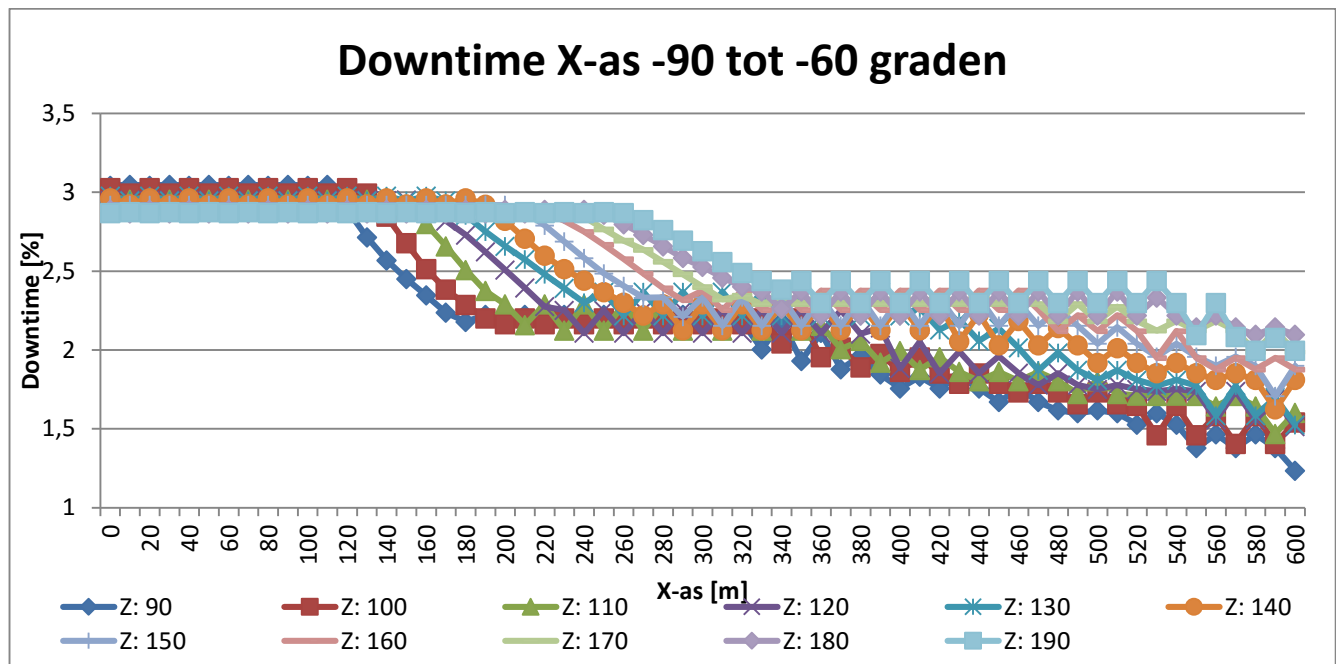
4.1.1 EIND PUNT – RESULTATEN DOWNTIME SECTIE -90 TOT -60 GRADEN

Invoer:

- Z is van 90 meter tot 190 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 600 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -89 tot -60 graden. Interval is 1 graden.
- Golfengte L is 12,67 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,5 meter

Resultaten:

Per locatie op het grid is de downtime berekend.



In deze sectie zijn er $\left(1 + \frac{190-90}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{89-60}{1}\right) = 422.730$ berekeningen uitgevoerd.

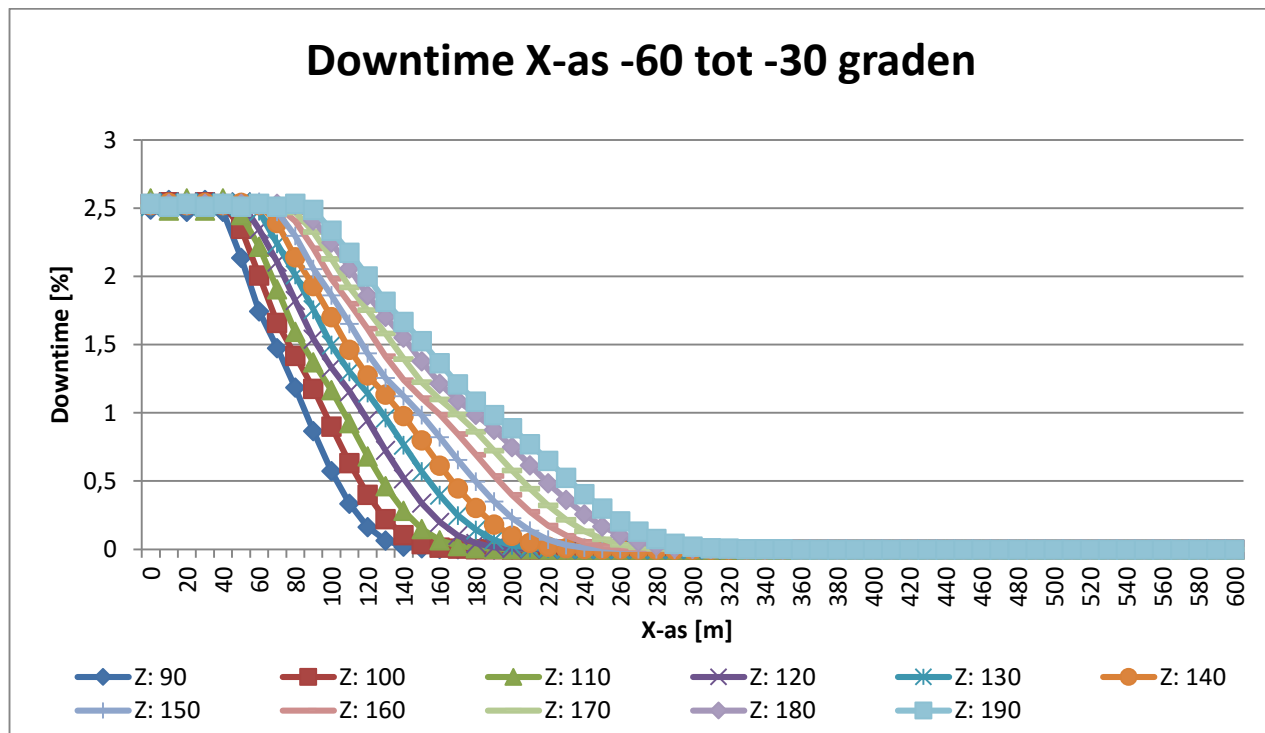
4.1.2 EIND PUNT – RESULTATEN DOWNTIME SECTIE -60 TOT -30 GRADEN

Invoer:

- Z is van 90 meter tot 190 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 600 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -59 tot -30 graden. Interval is 1 graden.
- Golflengte L is 10,06 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,4 meter

Resultaten:

Per locatie op het grid is de downtime berekend.



In deze sectie worden er $\left(1 + \frac{190-90}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{89-60}{1}\right) = 422.730$ berekeningen uitgevoerd.

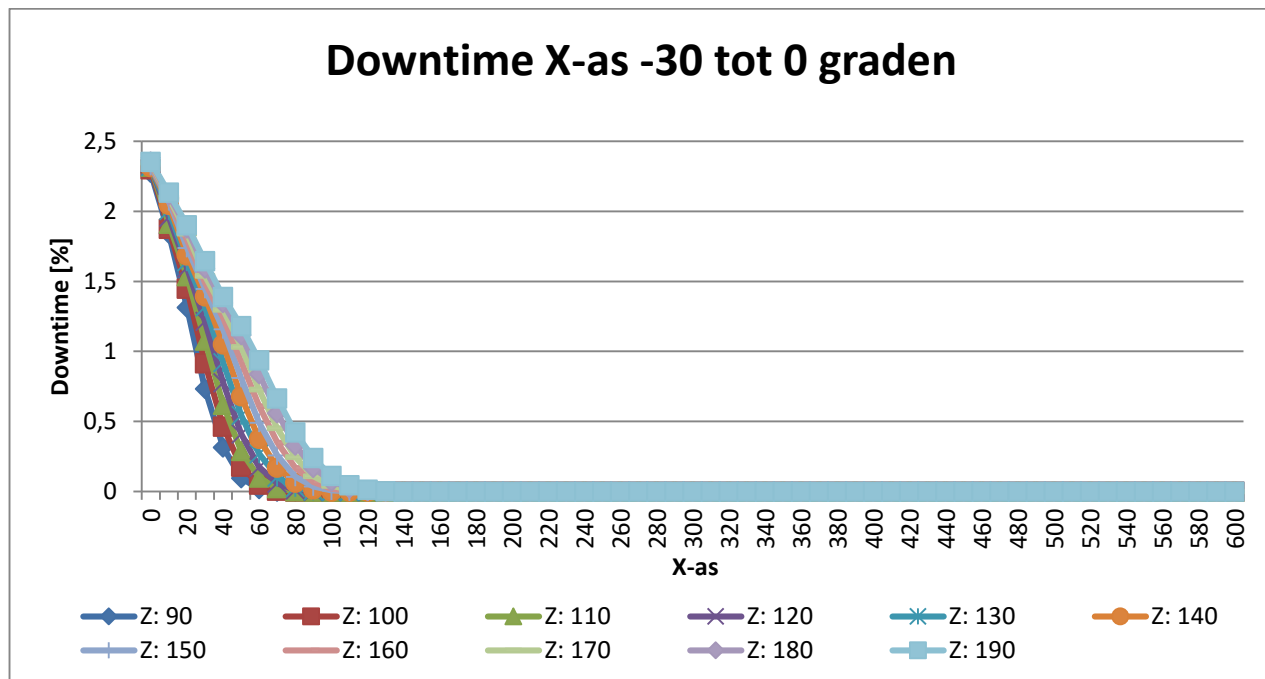
4.1.3 EIND PUNT – RESULTATEN DOWNTIME SECTIE -30 TOT 0 GRADEN

Invoer:

- Z is van 90 meter tot 200 meter. Interval is 10 meter.
- X is van 0 meter tot 600 meter. Interval is 10 meter
- Kade K is van 0 meter tot 400 meter. Interval is 20 meter.
- Hoek a is van -29 tot 0 graden. Interval is 1 graden.
- Golf lengte L is 8,82 meter.
- Maximale golfhoogte is 0,3 meter

Resultaten:

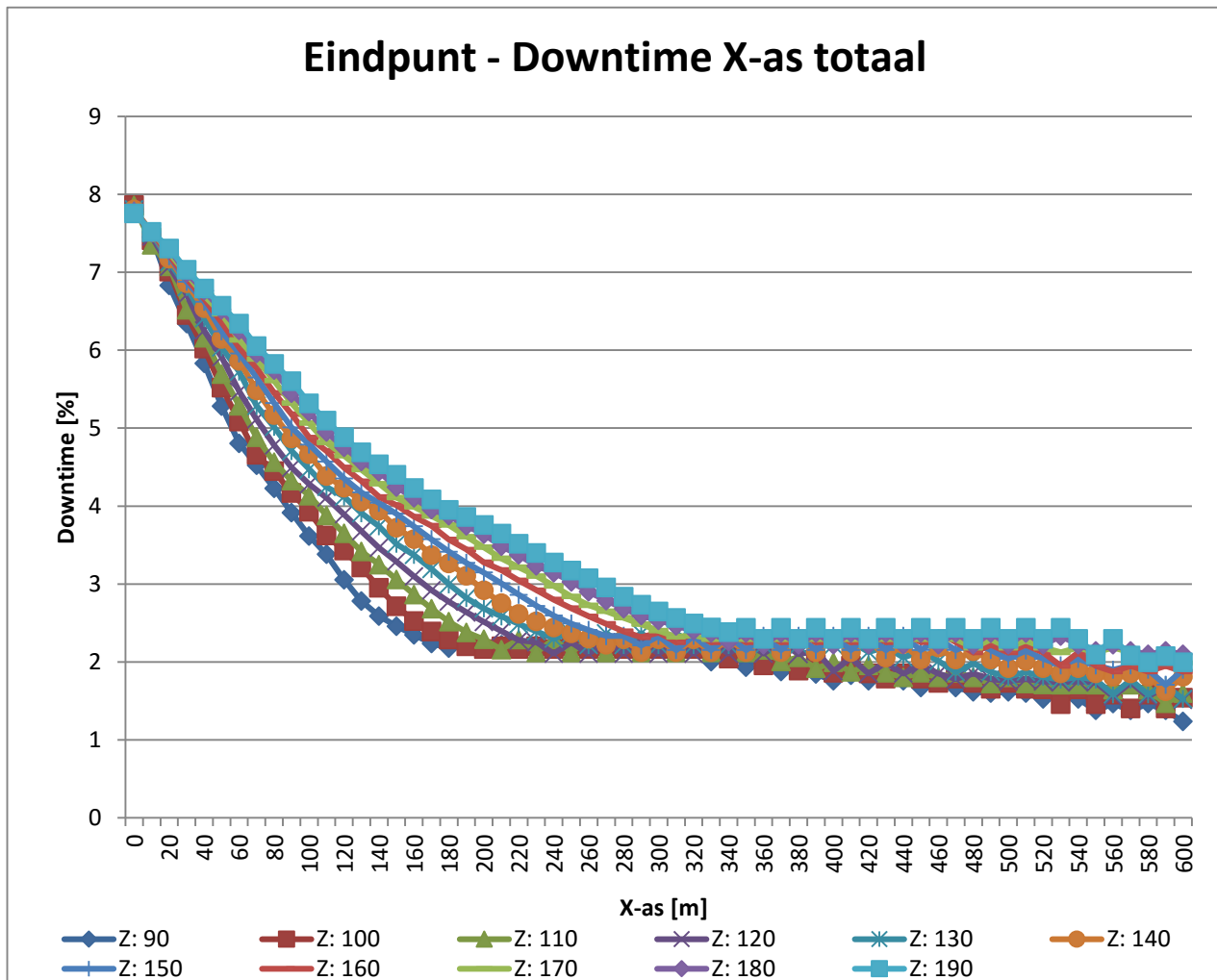
Per locatie op het grid is de downtime berekend.



De bovenstaande grafiek geeft aan dat bij een Z van 310 een X van 0 meter al zou voldoen. Echter zal dit niet het geval zijn wanneer de downtime vanuit andere secties wordt meegenomen.

In deze sectie worden er $\left(1 + \frac{190-90}{10}\right) * \left(1 + \frac{600-0}{10}\right) * \left(1 + \frac{400-0}{20}\right) * \left(1 + \frac{89-60}{1}\right) = 422.730$ berekeningen uitgevoerd.

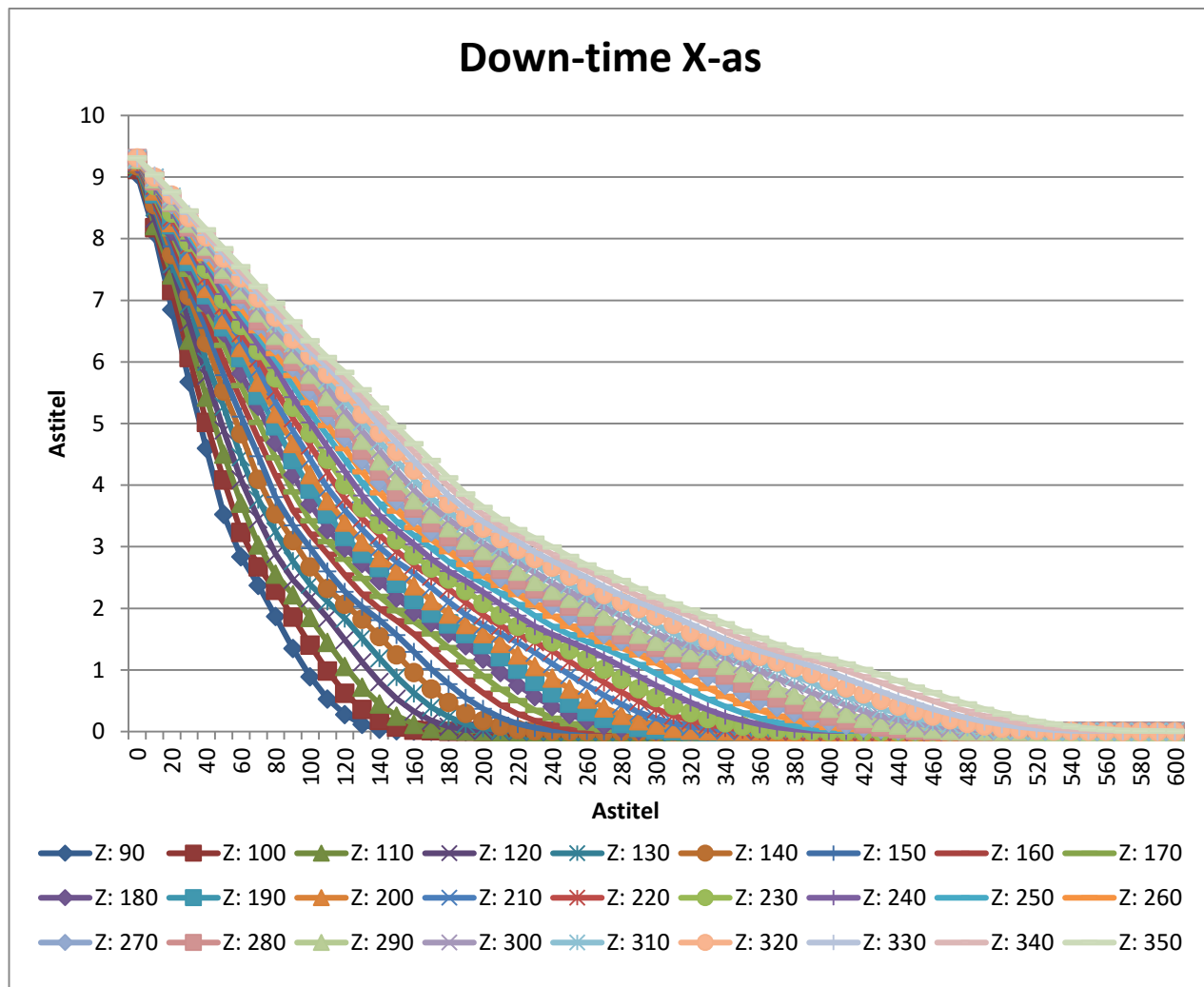
4.1.4 EIND PUNT – TOTALE DOWNTIME



Er zijn in totaal 1.268.190 berekeningen uitgevoerd voor het eind punt van de noordelijke variant.

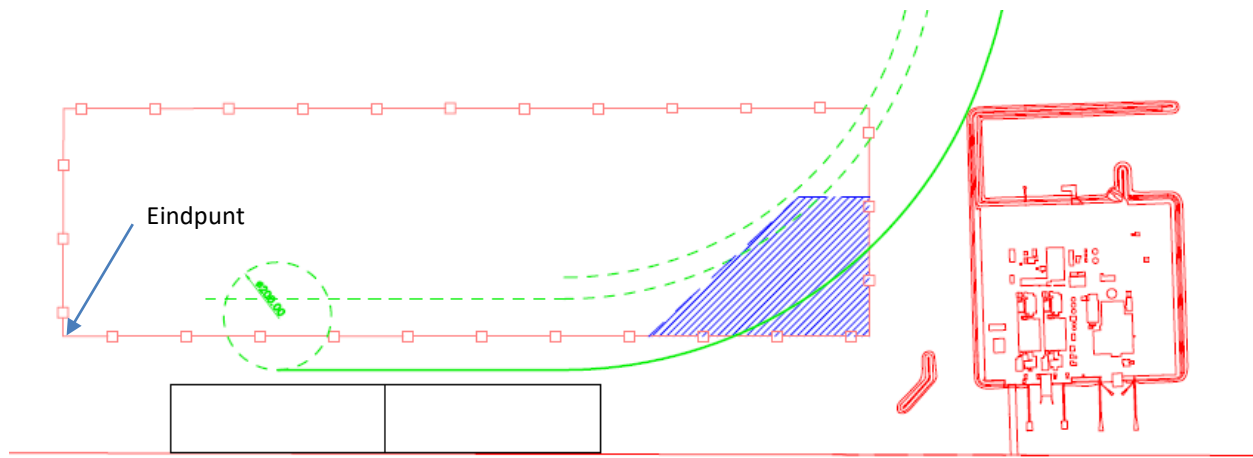
4.2 BEGIN PUNT

De downtime van het beginpunt is het zelfde als de downtime aan het eindpunt in de zuidelijke variant.



4.3 CONCLUSIE

Bij de Noordelijke variant mag de downtime maximaal 2,74% zijn.



Afbeelding 17 – Downtime resultaten noordelijke variant.

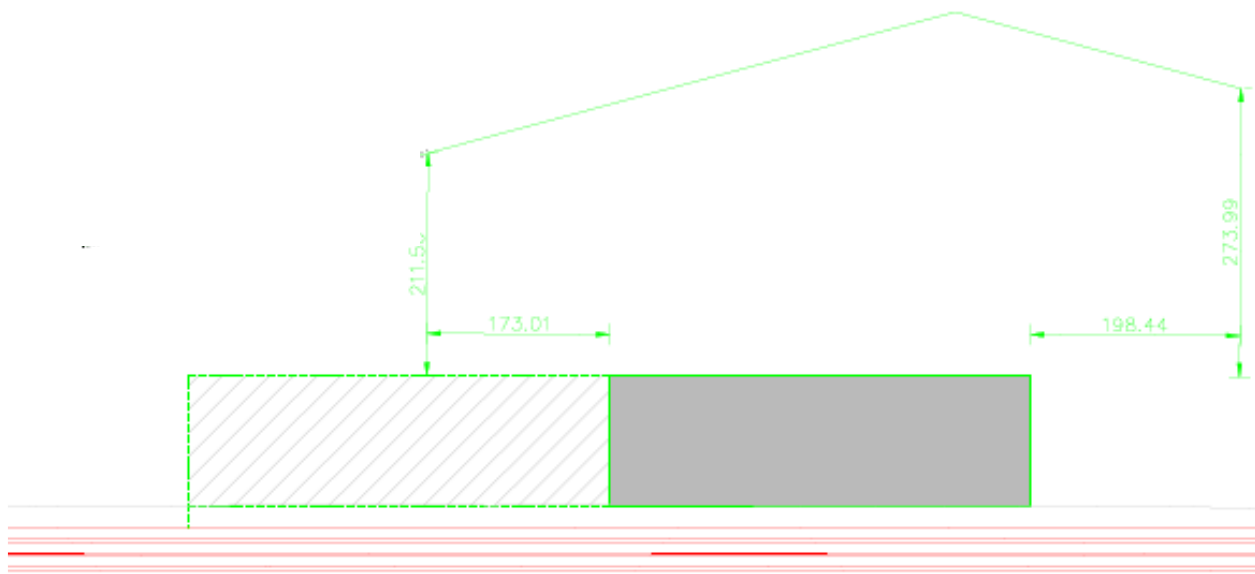
Wanneer er van de meest gunstige situatie wordt uitgegaan, zal de Noordelijke variant niet voldoen. Oftewel de noordelijke variant zal nooit voldoen aan de downtime eis als de golfbreker binnen het bestemmingsvlak moet liggen. In de meest gunstige variant ligt het eind punt op Z is 90 meter en X is 600 meter. Hierbij kan de golfbreker worden geplaatst in het blauw gearceerde gedeelte. Echter ligt het blauw gearceerde gedeelte in de vaargeul. Onder geen enkele voorwaarde is het mogelijk om de golfbreker buiten de vaargeul te plaatsen, om zo te voldoen aan de downtime eis. Zie afbeelding 17.

5. TOESTEN TENDER VARIANTEN AAN DOWNTIME

De V.O. varianten zijn de varianten die zijn voorgesteld door Royal Haskoning en door Gebr. De Koning. De variant van Royal Haskoning is meegeleverd in de tender documenten. Gebr. De Koning heeft deze variant als het ware gespiegeld. Gebr. De Koning is van mening dat er materiaal kan worden bespaard door de opening aan de zuidelijke kant te maken in plaats van aan de noordelijke kant, zoals voorgesteld in de tender documenten (Royal Haskoning). In dit hoofdstuk wordt de downtime van deze varianten getoetst, om aan te geven of de golfbrekers voldoen aan eis 4.09 en 4.11.

5.1 ROYAL HASKONING

Het ontwerp van Royal Haskoning is weergegeven in afbeelding 18. Deze variant valt onder de categorie noordelijke variant. Uit hoofdstuk 4.3 blijkt dat de Noordelijke variant nooit zal voldoen aan de downtime eis.



Afbeelding 18 – Variant Royal Haskoning

Begin punt:

Z 273,99 meter
X 198,44 meter

Tabel 5 – Lineair interpoleren downtime begin punt, variant Royal Haskoning.

Z [m]	X [m]	Downtime [%]	Z	X	Downtime [%]
270	190	2,87	270	198,44	2,71
270	200	2,68	280	198,44	2,85
280	190	3,00	Z	X	Downtime
280	200	2,83	273,99	198,44	2,77

Lineair interpoleren geeft een downtime van: 2,77%. Dit is een grotere downtime dan de maximale 2,74%.

Eind punt:

Z 211,50 meter
X 173,01 meter

Tabel 6 - Lineair interpoleren downtime eind punt, variant Royal Haskoning.

Z	X	Downtime [%]	Z	X	Downtime [%]
210	170	4,34	210	173,01	3,76
210	180	4,20	220	173,01	3,98
220	170	4,41	Z	X	Downtime
220	180	4,30	211,5	173,01	3,80

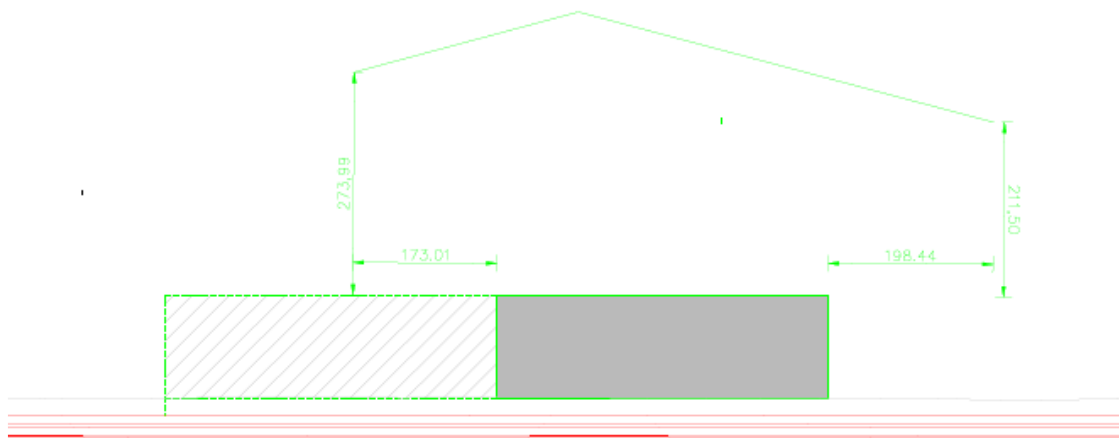
Lineair interpoleren geeft een downtime van: 3,80%. Dit is een grotere downtime dan de maximale 2,74%.

Totale downtime:

De totale downtime van het beginpunt en eindpunt is 6,57%. Dit is groter dan de maximale downtime van 2,74%. De locatie van de golfbreker voldoet niet aan de eisen.

5.2 GEBR. DE KONING

Het ontwerp van Gebr. De Koning is weergegeven in afbeelding 19. Deze variant valt onder de categorie zuidelijke variant.



Afbeelding 19 – Variant Gebr. de Koning.

Begin punt:

Z 211,50 meter
X 198,44 meter

Tabel 7 - Lineair interpoleren downtime begin punt, variant Gebr. de Koning.

Z	X	Downtime [%]	Z	X	Downtime [%]
210	190	4,06	210	198,44	3,78
210	200	3,93	220	198,44	3,90
220	190	4,17	Z	X	Downtime
220	200	4,05	211,5	198,44	3,80

Lineair interpoleren geeft een downtime van: 3,80%. Dit is een grotere downtime dan de maximale 2,74%.

Eind punt:

Z 273,99 meter
X 173,01 meter

Tabel 8 - Lineair interpoleren downtime eind punt, variant Gebr. de Koning.

Z	X	Downtime [%]	Z	X	Downtime [%]
270	170	3,24	270	198,44	2,47
270	180	3,05	280	198,44	2,46
280	170	3,39	Z	X	Downtime
280	180	3,17	211,5	198,44	2,51

Lineair interpoleren geeft een downtime van: 2,51%. Dit is een grotere downtime dan de maximale 2,74%.

Totale downtime:

De totale downtime van het beginpunt en eindpunt is 6,31%. Dit is groter dan de maximale downtime van 2,74%. De locatie van de golfbreker voldoet niet aan de eisen.

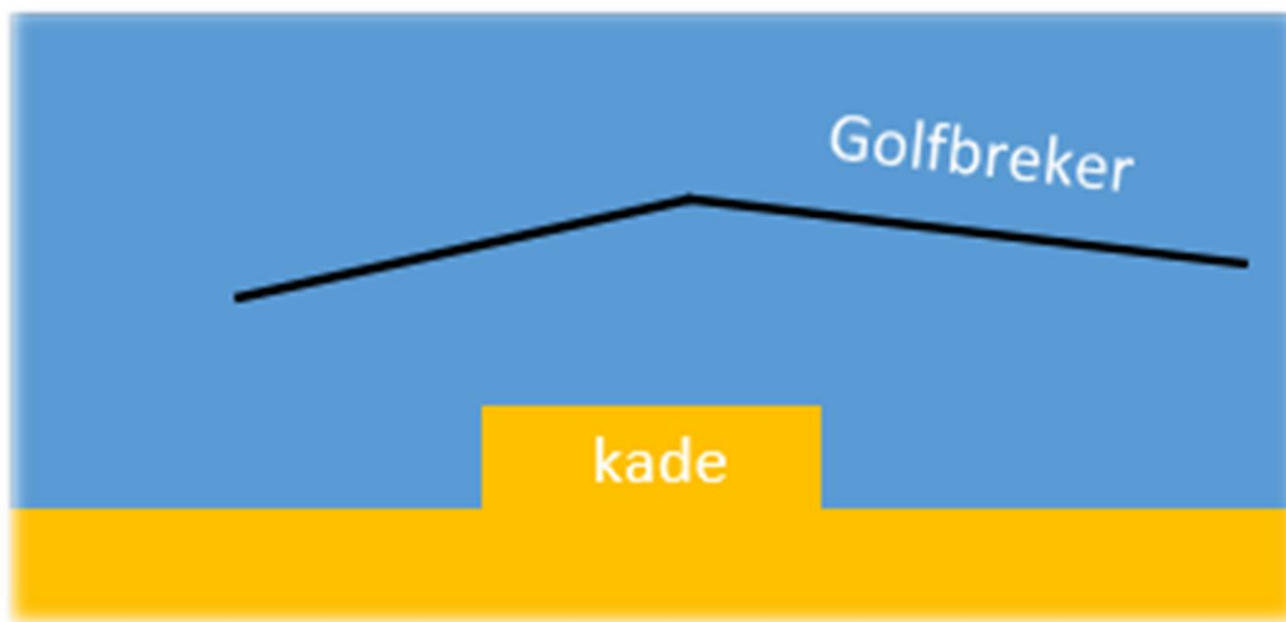
6. BIBLIOGRAFIE

- [1] Sytske Stuij & Johan Henrotte, Hydraulische Randvoorwaarden Golfbreker Flevokust, 2015.
- [2] J.A. Batjes, Korte golven, 1999.
- [3] William Kuppen & Harry Dommershuijzen, „Dictaat korte golven en getijden,” Hogeschool Rotterdam, Rotterdam, 2012.

BIJLAGE D – INHOUDSBEREKENINGEN

Inhoud golfbreker

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Inhoud golfbreker
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 30-5-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	18-02-2016	Concept - Inhoud golfbreker	Dennis Dane	Erwin van den Boer
2.0	03-05-2016	Concept - Aangepast naar feedback	Dennis Dane	Erwin van den Boer
3.0	30-05-2016	Definitief – Aangepast naar feedback	Dennis Dane	Erwin van den Boer

INHOUD GOLFBREKER

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Inhoud golfbreker
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 30-5-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

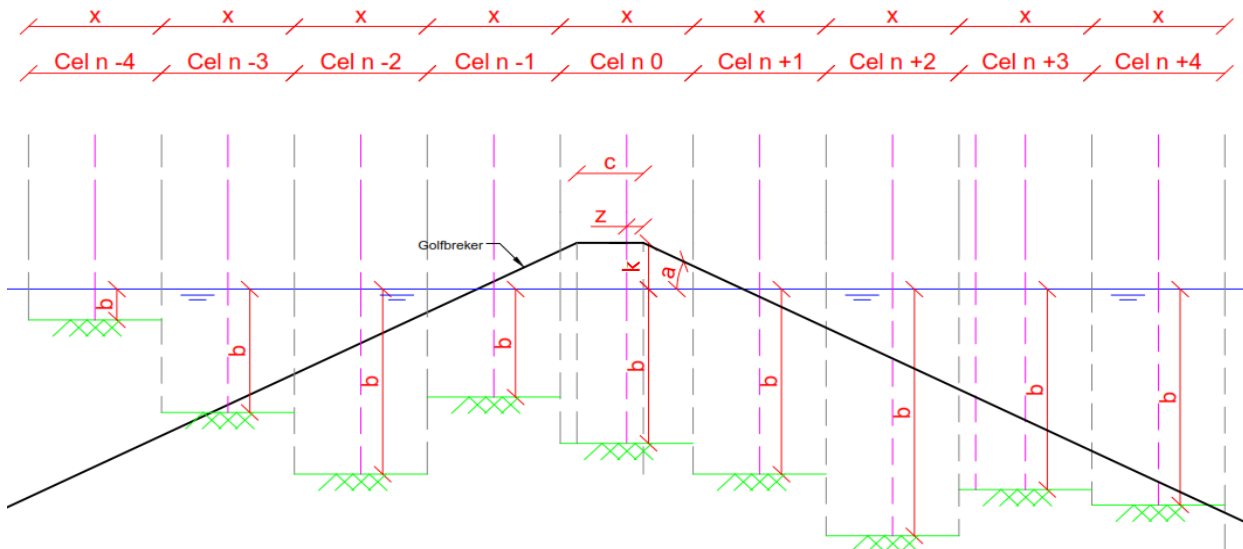
1. INLEIDING.....	1
1. BEREKENING.....	2
1.1 SYMBOLEN	2
1.2 KERN.....	2
1.2.1 Beide taluds raken de bodem aan beide kanten niet (Deeldwarsdoorsnede 1).....	3
1.2.2 Een talud raakt de bodem aan een van de kanten (Deeldwarsdoorsnede 2).....	4
1.2.3 Beide taluds raken de bodem aan beide kanten (Deeldwarsdoorsnede 3).....	6
1.3 TALUDS	8
1.3.1 De talud raakt de bodem niet (Deeldwarsdoorsnede 4)	8
1.3.2 De talud raakt de bodem (Deeldwarsdoorsnede 5).....	10
1.3.3 De talud ligt in zijn geheel onder de bodem (Deeldwarsdoorsnede 6).....	11
1.4 VAKKEN	12
1.5 SLIB	13
1.6 BODEMDIEPTE	14
2. V.O. VARIANTEN.....	15
2.1 INVOER.....	16
2.1.1 Royal Haskoning.....	16
2.1.2 Gebr. De Koning.....	17
2.2 RESULTAAT	18
2.2.1 Royal Haskoning.....	18
2.2.2 Gebr. De Koning.....	18
2.2.3 Conclusie.....	18
3. ZUIDELIJKE VARIANTEN.....	19
3.1 MIDDEN PUNT DICT BIJ DE KUST	19
3.1.1 Begin punt dicht bij de kust (Variant 1).....	20
3.1.2 Begin punt verst van de kust (Variant 2).....	21
3.1.3 Begin punt ver van de kust (Variant 3).....	22
3.1.4 Begin punt tussen ver en dicht bij de kust (Variant 4).....	23
3.1.5 Eind punt Verst van de kust (Variant 5).....	24
3.1.6 Eind punt dicht bij de kust (Variant 6).....	25
3.1 MIDDEN PUNT VER VAN DE KUST	26
3.2.1 Begin punt dicht bij de kust (Variant 1).....	27
3.2.2 Begin punt verst van de kust (Variant 2).....	28
3.1.3 Begin punt tussen ver en dicht bij de kust (Variant 3).....	29
3.2.4 Eind punt verst van de kust (Variant 4)	30
3.2.5 Begin punt dicht bij de kust (Variant 5).....	31
3.3 CONCLUSIE.....	32

1. INLEIDING

In dit document wordt de exacte locatie en verloop van de golfbreker bepaald. Dit wordt gedaan aan de hand van Excel, Excel zal berekenen hoeveel inhoud de golfbreker bij verschillende begin en eind punten heeft. Er wordt gestreefd naar een zo'n klein mogelijke inhoud. In het eerste hoofdstuk wordt er aangegeven welke formules er in Excel worden gebruikt om de inhoud te berekenen. Dit wordt gedaan doormiddel van integreren. Bij het integreren is als hulpmiddel een rekenprogramma gebruikt genaamd "Mathematica". In de hoofdstukken daarna zijn de resultaten weergegeven.

2. BEREKENING

De berekeningen bestaan uit twee delen. Het opstellen van formules voor verschillende situaties en het toepassen van de formules. Er zijn in totaal 6 verschillende situaties die kunnen optreden. Deze situaties hebben elk een eigen formule. In de volgende sub hoofdstukken worden de formules voor elke situatie opgebouwd en uitgelegd. De formules geven een theoretische oppervlakte.



Afbeelding 1 – Overzicht

De situaties zijn onder te verdelen in de kern en in het talud. Zoals te zien in de bovenstaande afbeelding bestaat de kern uit een vlak stuk met 2 keer een talud. Dit is verschillend dan de talud. Als eerst wordt er uitgelegd waar de symbolen in de afbeelding voor staan, aangezien deze in alle formules terug komen.

2.1 SYMBOLEN

De symbolen houden het volgende in:

X	Breedte van het vak [m]
b	Bodemdiepte van het vak [m]
k	Hoogte van de kruin boven N.A.P. [m]
c	Breedte van de kruin [m]
z	Uitwijking van het midden van de kruin t.o.v. het midden van het vak [m]
a	Hoek van het talud [m/m]
n	Stap grootte t.o.v. het middelste vak, de kruin [-]
u	Stap grootte van de formule [m]
y	Hoogte van de talud lijn [m]

2.2 KERN

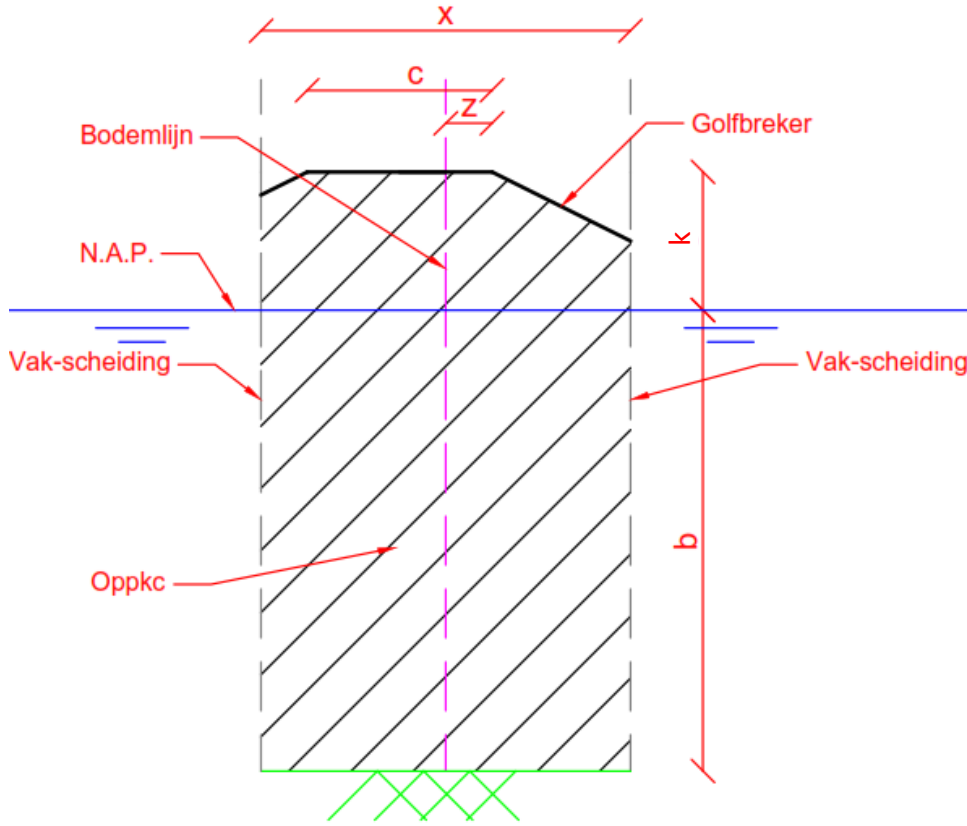
Het bepalen van de kern bestaat uit een 3-tal situaties. Dit zijn namelijk:

1. Beide taluds van de kern raken de bodem aan beide kanten niet;
2. Een talud van de kern raakt de bodem aan een van de kanten;
3. Beide taluds van de kern raken de bodem aan beide kanten;

De opbouw van de formules en de voorwaarden van de formule worden verder toegelicht in hoofdstukken 2.2.1 t/m 2.2.3.

2.2.1 BEIDE TALUDS RAKEN DE BODEM AAN BEIDE KANTEN NIET (DEELDWARSDOORSNEDE 1)

In de eerste situatie raken beide taluds van de kern de bodem niet. De voorwaarden voor deze formule zijn: $n=0$ & $y \geq 0$. Dit is weergegeven de volgende afbeelding:



Afbeelding 2 – Beide taluds raken de bodem aan beide kanten niet

Formule:

De formule om de oppervlakte onder deze figuur te verkrijgen is:

$$\text{Oppkc} = \frac{1}{4} (4(b+k)x - a(c^2 - 2cx + x^2 + 4z^2)) \quad (1)$$

Opbouw formule:

De oppervlakte van de rechthoek is: $(b+k) * c$

De lijn van de schuine zijde is: $y = -a * u + b + k$

De totale oppervlakte is 2 keer integreren van de formule van een schuine zijde + een vierkant, dit maakt de formule:

$$\text{Oppkc} = \int (-a * u + b + k) du + \int (-a * u + b + k) du + (b+k) * c \quad (1 - I)$$

In het eerste vak ($n=0$) zal er worden gerekend vanaf het midden van de vak ($1/2 x$). De optie is er dat het hardlijn van de kruin niet op de hardlijn van het vak ligt, er is een verschuiving(z) mogelijk. Er zijn twee schuine zijden, wanneer de kruin in het midden ligt. Zal het opp. van beide het zelfde zijn, echter de optie is er dat dit niet het geval is. Er moet worden geïntegreerd van 0 tot de afstand van begin schuine lijn tot einde van het vak. Oftewel van 0 tot $(x-c)/2-z$ aan de ene kant en van 0 tot $(x-c)/2+z$ aan de andere kant. De formule wordt nu als volgt:

$$\text{Oppkc} = \int_0^{\frac{x-c}{2}-z} (-a * u + b + k) du + \int_0^{\frac{x-c}{2}+z} (-a * u + b + k) du + c * (b+k) \quad (1 - II)$$

Dit geeft:

$$\text{Oppkc} = \sum_0^{\frac{x-c}{2}-z} (bu + ku - \frac{au^2}{2}) + \sum_0^{\frac{x-c}{2}+z} (bu + ku - \frac{au^2}{2}) + c * (b + k) \quad (1 - \text{III})$$

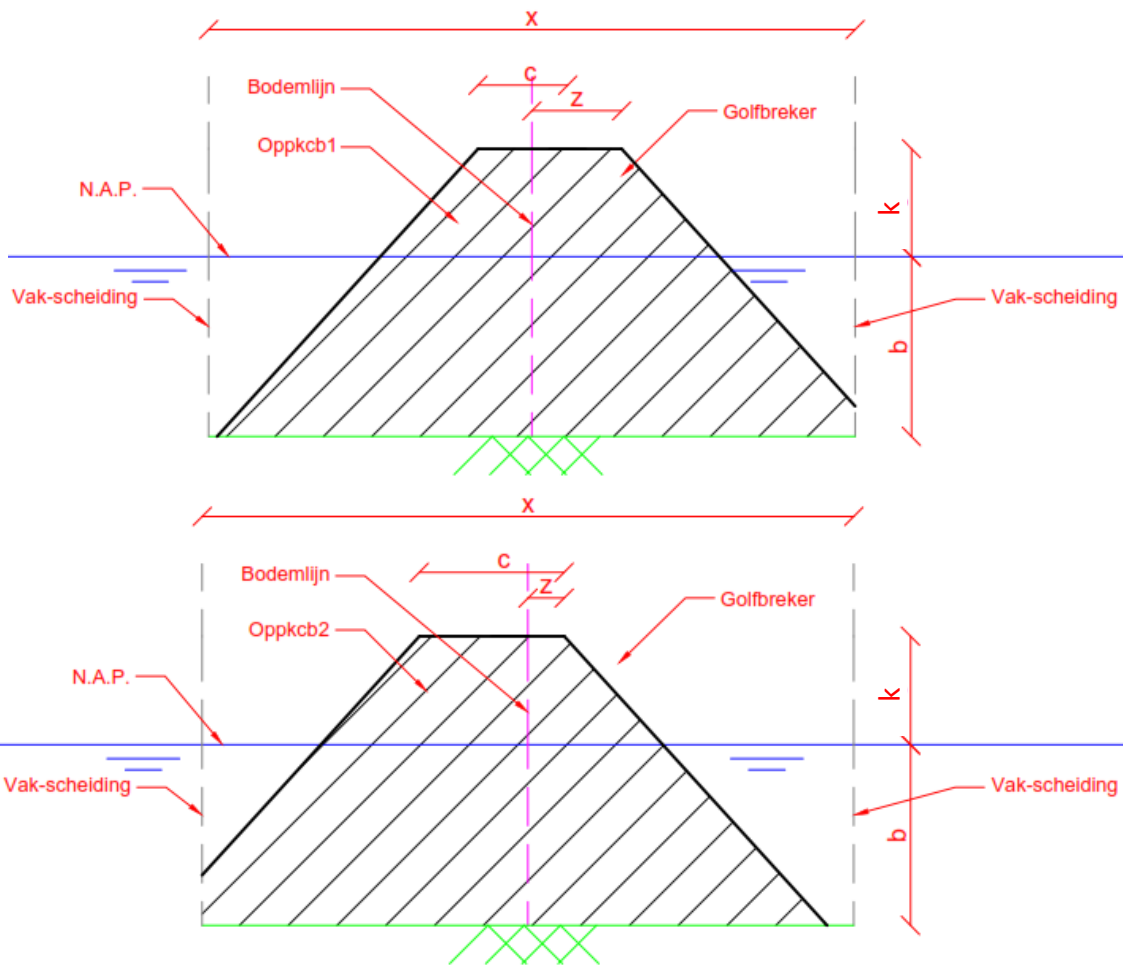
$$\text{Oppkc} = (b(\frac{x-c}{2}) - z + k(\frac{x-c}{2}) - z - \frac{a(\frac{x-c}{2} - z)^2}{2}) + (b(\frac{x-c}{2}) + z + k(\frac{x-c}{2}) + z - \frac{a(\frac{x-c}{2} + z)^2}{2}) + c * (b + k) \quad (1 - \text{IV})$$

Korter geschreven is dit:

$$\text{Oppkc} = \frac{1}{4}(4(b + k)x - a(c^2 - 2cx + x^2 + 4z^2)) \quad (1)$$

2.2.2 EEN TALUD RAAKT DE BODEM AAN EEN VAN DE KANTEN (DEELDWARSDOORSNEDE 2)

In de tweede situatie raakt een van de taluds van de kern de bodem. De voorwaarden voor deze formule zijn: $n=0$ & $y < 0$. Dit is weergegeven de volgende afbeeldingen:



Afbeelding 3 – Één talud raakt de bodem aan een van de kanten

Formule:

De formule om de oppervlakte onder deze figuur te verkrijgen is:

$$\text{Oppkcb1} = \left(b \left(\frac{b+k}{a} \right) + g \left(\frac{b+k}{a} \right) - \frac{a \left(\frac{b+k}{a} \right)^2}{2} \right) + \left(b \left(\frac{x-c}{2} - z \right) + g \left(\frac{x-c}{2} - z \right) - \frac{a \left(\frac{x-c}{2} - z \right)^2}{2} \right) + c * (b+k) \quad (2)$$

$$\text{Oppkcb2} = \left(b \left(\frac{x-c}{2} + z \right) + g \left(\frac{x-c}{2} + z \right) - \frac{a \left(\frac{x-c}{2} + z \right)^2}{2} \right) + \left(b \left(\frac{b+k}{a} \right) + g \left(\frac{b+k}{a} \right) - \frac{a \left(\frac{b+k}{a} \right)^2}{2} \right) + c * (b+k) \quad (3)$$

Er zijn twee formules. Formule Oppkcb1 moet worden gebruikt wanneer de bodem aan de linker kant wordt geraakt. Oppkcb2 wordt gebruikt wanneer de bodem aan de rechter kant wordt geraakt.

Opbouw formule:

De oppervlakte van de rechthoek is: $(b+k) * c$

De lijn van de schuine zijde is: $y = -a * u + b$

De totale oppervlakte is 2 keer integreren van de formule van een schuine zijde + een vierkant, dit maakt de formule:

$$\text{Oppkcb1,2} = \int (-a * u + (b+k)) du + \int (-a * u + (b+k)) du + (b+k) * c \quad (2\&3 - I)$$

In het eerste vak ($n=0$) zal er worden gerekend vanaf het midden van de vak ($1/2 x$). De optie is er dat het hardlijn van de kruin niet op de hardlijn van het vak ligt, er is een verschuiving(z) mogelijk. Er zijn twee schuine zijden, wanneer de kruin in het midden ligt. Zal het opp. van beide het zelfde zijn, echter de optie is er dat dit niet het geval is. Er moet worden geïntegreerd van 0 tot de afstand van begin schuine lijn tot einde van het vak. Oftewel van 0 tot $(x-c)/2-z$ aan de ene kant en van 0 tot $(x-c)/2+z$ aan de andere kant. In formule Oppkcb1 & Oppkcb2 wordt er echter aan een van de schuine kanten de bodem geraakt. Voor die kant moet er worden geïntegreerd tot $u=0$. Formule Oppkcb1 raakt de bodem aan de linker kant, formule Oppkcb2 aan de rechter kant. De formule wordt nu als volgt:

$$\text{Oppkcb1} = \int_0^{u=0} (-a * u + (b+k)) du + \int_0^{\frac{x-c}{2}+z} (-a * u + (b+k)) du + c * (b+k) \quad (2 - II)$$

$$\text{Oppkcb2} = \int_0^{\frac{x-c}{2}-z} (-a * u + (b+k)) du + \int_0^{u=0} (-a * u + (b+k)) du + c * (b+k) \quad (3 - II)$$

Waar $u=0$ is:

$$y = -a * (u \pm z) + (b+k) = 0$$

$$u = \frac{b+k}{a} \pm z \quad (2\&3 - III)$$

Dit geeft:

$$\text{Oppkcb1} = \sum_0^{\frac{b+k}{a}} \left(bu + ku - \frac{au^2}{2} \right) + \sum_0^{\frac{x-c}{2}-z} \left(bu + ku - \frac{au^2}{2} \right) + c * (b + k) \quad (2 - \text{IV})$$

$$\text{Oppkcb2} = \sum_0^{\frac{x-c}{2}+z} \left(bu + ku - \frac{au^2}{2} \right) + \sum_0^{\frac{b+k}{a}} \left(bu + ku - \frac{au^2}{2} \right) + c * (b + k) \quad (3 - \text{IV})$$

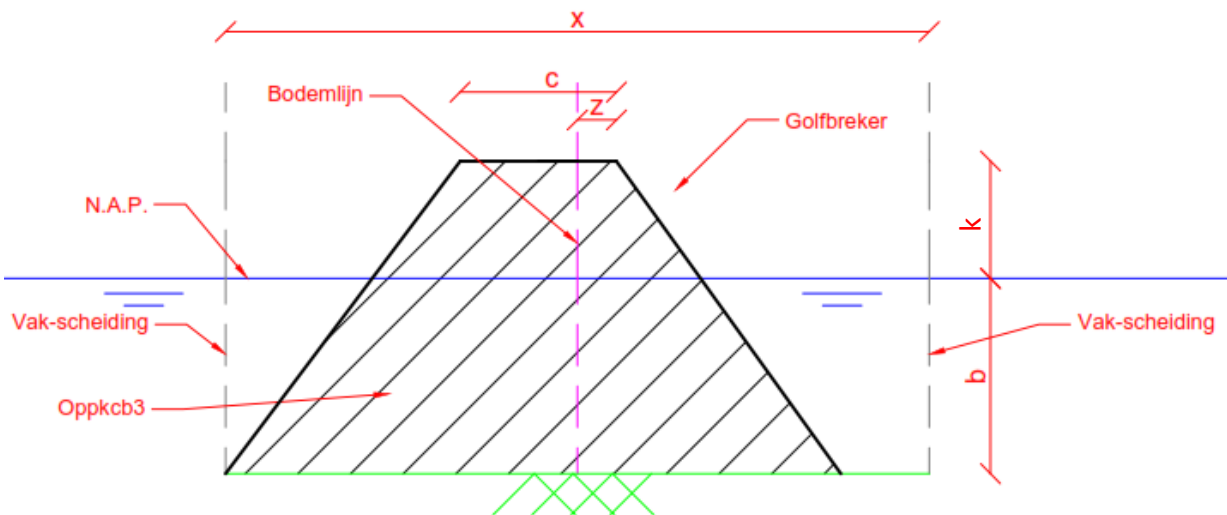
Dit is gelijk aan:

$$\text{Oppkcb1} = \left(b \left(\frac{b+k}{a} \right) + k \left(\frac{b+k}{a} \right) - \frac{a \left(\frac{b+k}{a} \right)^2}{2} \right) + \left(b \left(\frac{x-c}{2} - z \right) + k \left(\frac{x-c}{2} - z \right) - \frac{a \left(\frac{x-c}{2} - z \right)^2}{2} \right) + c * (b + k) \quad (2)$$

$$\text{Oppkcb2} = \left(b \left(\frac{x-c}{2} + z \right) + g \left(\frac{x-c}{2} + z \right) - \frac{a \left(\frac{x-c}{2} + z \right)^2}{2} \right) + \left(b \left(\frac{b+g}{a} \right) + g \left(\frac{b+g}{a} \right) - \frac{a \left(\frac{b+g}{a} \right)^2}{2} \right) + c * (b + g) \quad (3)$$

2.2.3 BEIDE TALUDS RAKEN DE BODEM AAN BEIDE KANTEN (DEELDWARSDOORSNEDE 3)

In de eerste situatie raken beide taluds van de kern de bodem niet. De voorwaarden voor deze formule zijn: $n=0$ & $y<0$. Dit is weergegeven de volgende afbeelding:



Afbeelding 4 – Beide taluds raken de bodem aan beide kanten

Formule:

De formule om de oppervlakte onder deze figuur te verkrijgen is:

$$\text{Oppkcb3} = \frac{(b + k)(b + ac + k)}{a} \quad (4)$$

Opbouw formule:

De oppervlakte van de rechthoek is: $(b + k) * c$

De lijn van de schuine zijde is: $y = -a * u + b$

De totale oppervlakte is 2 keer integreren van de formule van een schuine zijde + een vierkant, dit maakt de formule:

$$\text{Oppkcb3} = \int (-a * u + (b + k)) du + \int (-a * u + (b + k)) du + (b + k) * c \quad (4 - I)$$

Voor deze formule geldt bijna het zelfde als voor de formules in situatie 2. Echter raken hier de taluds beiden de bodem. In dit geval moet er voor beide lijnen worden geïntegreerd van 0 tot $u=0$ (bodem raakt).

$$\text{Oppkcb3} = \int_0^{u=0} (-a * u + (b + k)) du + \int_0^{u=0} (-a * u + (b + k)) du + c * (b + k) \quad (4 - II)$$

Waar $u=0$ is:

$$\begin{aligned} y &= -a * (u \pm z) + (b + k) = 0 \\ u &= \frac{b + k}{a} \pm z \end{aligned} \quad (4 - III)$$

Dit geeft:

$$\text{Oppkcb3} = \sum_0^{\frac{b+k}{a}} \left(bu + ku - \frac{au^2}{2} \right) + \sum_0^{\frac{b+k}{a}} \left(bu + ku - \frac{au^2}{2} \right) + c * (b + k) \quad (4 - IV)$$

Dit is gelijk aan:

$$\text{Oppkcb3} = \left(b \left(\frac{b+k}{a} \right) + k \left(\frac{b+k}{a} \right) - \frac{a \left(\frac{b+k}{a} \right)^2}{2} \right) + \left(b \left(\frac{b+k}{a} \right) + k \left(\frac{b+k}{a} \right) - \frac{a \left(\frac{b+k}{a} \right)^2}{2} \right) + c * (b + k) \quad (4 - V)$$

De formule verkort is:

$$\text{Oppkcb3} = \frac{(b + k)(b + ac + k)}{a} \quad (4)$$

2.3 TALUDS

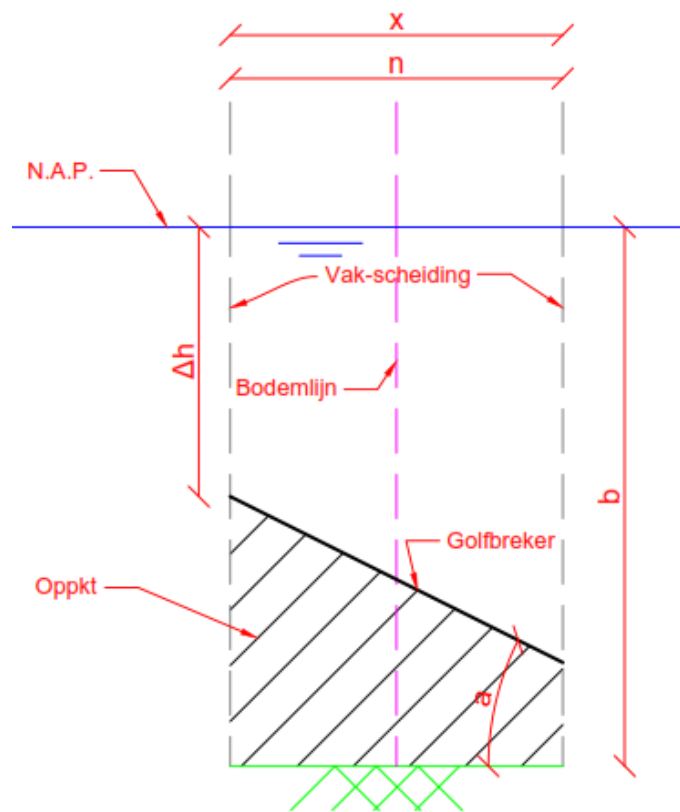
Het bepalen van de oppervlakte onder de talud bestaat uit een 3-tal situaties. Dit zijn namelijk:

4. De talud raakt de bodem niet;
5. De talud raakt de bodem;
6. De talud ligt in zijn geheel onder de bodem;

De opbouw van de formules en de voorwaarden van de formule worden verder toegelicht in hoofdstukken 2.3.1 t/m 2.3.3.

2.3.1 DE TALUD RAAKT DE BODEM NIET (DEELDWARSDOORSNEDE 4)

In de vierde situatie raakt de talud de bodem niet. De voorwaarde voor deze formule zijn: $n \neq 0$ & $y \geq 0$. Dit is weergegeven de volgende afbeelding:



Afbeelding 5 – De talud raakt de bodem niet

Formule:

De formule om de oppervlakte onder deze figuur te verkrijgen is:

$$\text{Oppkt} = -\frac{au^2}{2} + x * \left((b + k) - a \left(\frac{(x - c)}{2} + x(\text{Abs}[n] - 1) \pm z \right) \right) \quad (5)$$

In deze formule is z positief wanneer n negatief is. Z is negatief wanneer n positief is.

Opbouw formule:

De oppervlakte van de rechthoek is: $(b + k) * c$

De lijn van de schuine zijde is: $y = -a * u + H$

In de vakken na het midden ($n \neq 0$) wordt er gerekend. De vakken hebben een breedte (x). De afstand van het begin van de schuine zijde tot de begin van de betreffende vak is nodig. De begin van de schuine zijde kan worden verkregen door de helft van de kruin te nemen ($(x-c)/2$), dan tel je de verschuiving ten opzichte van het midden er bij op wanneer n negatief is, of je trekt de verschuiving af wanneer n positief is ($\pm z$). De z is negatief wanneer n positief is, z is positief wanneer n negatief is. Tot nu toe is het begin van de schuine lijn bekend. Nu kan de afstand vanaf het betreffende vak (n) worden berekend door n maal de breedte van een vak te doen. Van n moet 1 worden afgetrokken om zo de goede afstand te krijgen. Dit alles wordt: $1/2 * x - (x-c)/2 + x(Abs[n]-1) \pm z$.

Vervolgens wordt deze afstand maal de helling (a) gedaan, om zo het hoogte verschil te krijgen (Δh). Dan wordt er van de beginhoogte van de kruin, het hoogte verschil afgetrokken. Dit is $(b+g)-\Delta h$, alles bij elkaar wordt:

$$H = \left((b + k) - a \left(\frac{(x - c)}{2} + x(Abs[n] - 1) \pm z \right) \right) \quad (5 - I)$$

$$y = -a * u + \left((b + k) - a \left(\frac{(x - c)}{2} + x(Abs[n] - 1) \pm z \right) \right) \quad (5 - II)$$

Er moet dan worden geïntegreerd over x . Dus $u = x$ om de totale opp. te verkrijgen. Dit wordt dus:

$$Oppkt = \int (-a * x + H) dx \quad (5 - III)$$

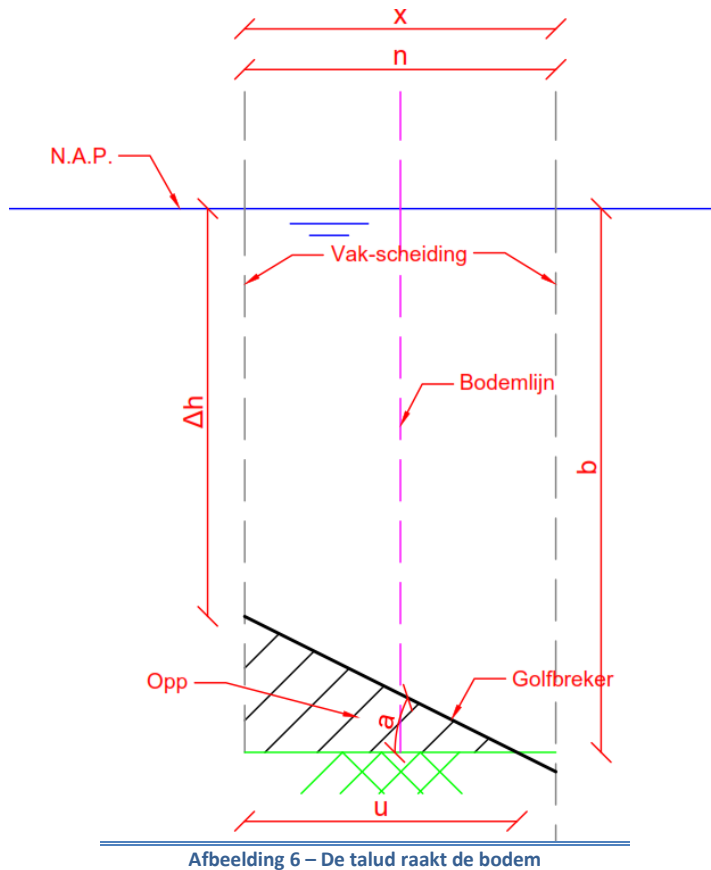
Dit geeft:

$$Oppkt = -\frac{ax^2}{2} + x * H \quad (5 - IV)$$

$$Oppkt = -\frac{ax^2}{2} + x * \left((b + k) - a \left(\frac{(x - c)}{2} + x(Abs[n] - 1) \pm z \right) \right) \quad (5)$$

2.3.2 DE TALUD RAAKT DE BODEM (DEELDWARSDOORSNEDE 5)

In de vijfde situatie raakt de talud de bodem. De voorwaarde voor deze formule zijn: $n \neq 0$ & $y < 0$. Dit is weergegeven de volgende afbeelding:



Afbeelding 6 – De talud raakt de bodem

Formule:

De formule om de oppervlakte onder deze figuur te verkrijgen is:

$$Oppk = \frac{(2b + ac + 2k + ax \pm 2az - 2axAbs[n])^2}{8a} \quad (6)$$

In deze formule is z positief wanneer n negatief is. z is negatief wanneer n positief is.

Opbouw formule:

De oppervlakte van de rechthoek is: $(b + k) * c$

De lijn van de schuine zijde is: $y = -a * u + H$

Voor deze situatie geldt bijna het zelfde als in situatie 4. Echter moet er worden bepaald bij welke afstand (u) de bodem wordt geraakt. Dit kan worden bepaald door de volgende formule gelijk te stellen aan 0 (dit is de formule voordat deze is geïntegreerd uit situatie 2):

$$y = -a * u + ((b + k) - a(\frac{(x - c)}{2} + x(Abs[n] - 1) \pm z)) = 0 \quad (6 - I)$$

Deze formule opgelost voor u is:

$$u = \frac{((b + k) - a(\frac{(x - c)}{2} + x(Abs[n] - 1) \pm z))}{a} \quad (6 - II)$$

De oppervlakte van de golfbreker tot de bodem kan dan worden bepaald door de berekende u ($y=0$) in te vullen in formule gebruikt bij situatie 4:

$$\text{Oppk}\left(\frac{(b+k) - a\left(\frac{(x-c)}{2} + x(\text{Abs}[n] - 1) \pm z\right)}{a}\right) = -\frac{au^2}{2} + u * \left((b+k) - a\left(\frac{(x-c)}{2} + x(\text{Abs}[n] - 1) \pm z\right)\right) \quad (6 - \text{III})$$

Dit geeft:

$$\text{Oppk} = -\frac{a\left(\frac{(b+k) - a\left(\frac{(x-c)}{2} + x(\text{Abs}[n] - 1) \pm z\right)}{a}\right)^2}{2} + \left(\frac{(b+k) - a\left(\frac{(x-c)}{2} + x(\text{Abs}[n] - 1) \pm z\right)}{a}\right) * ((b+k) - a\left(\frac{(x-c)}{2} + x(\text{Abs}[n] - 1) \pm z\right)) \quad (6 - \text{IV})$$

Korter is dit:

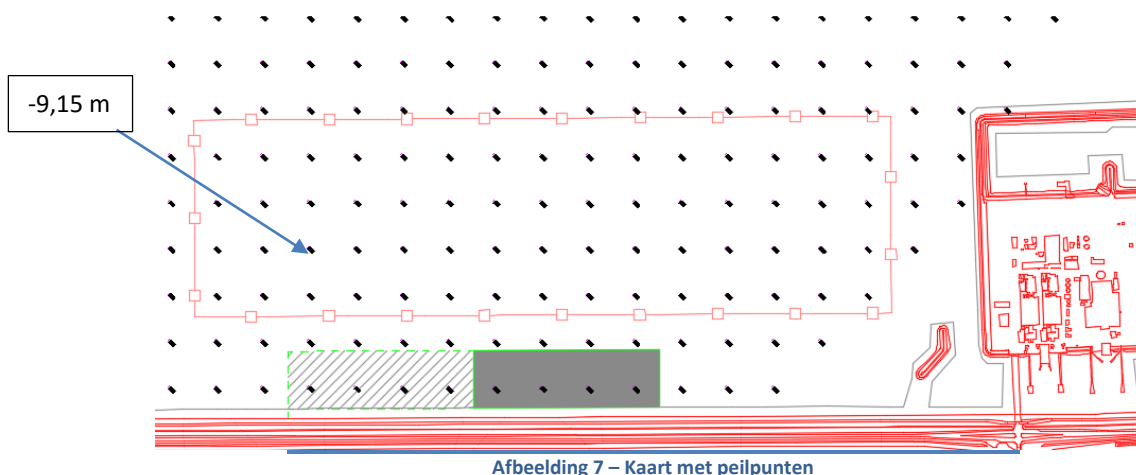
$$\text{Oppk} = \frac{(2b + ac + 2k + ax \pm 2az - 2ax\text{Abs}[n])^2}{8a} \quad (6)$$

2.3.3 DE TALUD LIGT IN ZIJN GEHEEL ONDER DE BODEM (DEELDWARSDOORSNEDE 6)

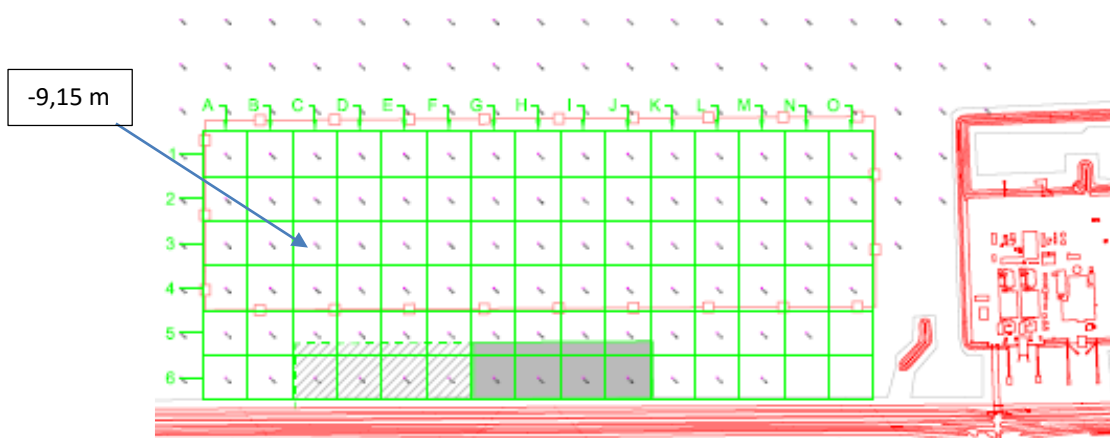
In de zesde situatie ligt de gehele talud onder de bodem. De voorwaarde voor deze formule zijn: $n \neq 0$ & $y < 0$. In dit geval is er geen formule nodig om de oppervlakte te bepalen, aangezien de oppervlakte altijd 0 is wanneer de bodem in zijn geheel onder de bodem ligt.

2.4 VAKKEN

Door de opdrachtgever is een kaart meegeleverd. Deze kaart geeft onder andere de bodemdiepte aan. In deze kaart is een grid aangelegd. Dit grid beslaat het gehele bestemmingsvlak. Het midden van een vak is het punt waar de diepte is aangegeven. In afbeelding 7 is de bodemkaart weergegeven, elke zwarte waas is een bodem diepte. Het is niet mogelijk om deze dieptes duidelijk te weergeven in dit document. Er is er één peilmaat uitvergroot om het proces te weergeven, het proces van bodemdiepte naar een diepte in Excel. In afbeelding 8 is er een grid geplaatst met als centrum een peilpunt.



Afbeelding 7 – Kaart met peilpunten



Afbeelding 8 – Grid over peilpunten

In Excel komt het vak in de bovenstaande afbeelding overeen. De vakken hebben een breedte van 100 bij 100 meter. In de onderstaande tabel is weergegeven hoe het grid er uit ziet in Excel.

Tabel 1 - Grid

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3			-9,15 m												
4															
5															
6															

2.5 SLIB

In het document: "Archeologisch vooronderzoek diepe ondergrond (onder water) Terminal Flevokust ten noorden van Lelystad, provincie Flevoland Inventariserend Veldonderzoek ('Landbodems'), verkennende fase" zijn een aantal boringen verricht. In afbeelding 9 is te zien waar deze boringen zijn genomen.



Afbeelding 9, kaart sonderingen. Bron[1].

Vrijwel alle metingen geven een sliblaag van een halve meter aan. Van de bodemdiepte wordt dus een halve meter afgetrokken om de sliblaag te corrigeren.

2.6 BODEMDIEPTE

De bodemdiepte is geleverd door de opdrachtgever. De dieptes zijn de zelfde als afbeelding 7 uit hoofdstuk 2.4. Deze dieptes zijn in een grid geplaatst. Echter zit er nog een onzekerheid in de diepte. Dit omdat slib niet is meegenomen. De werkelijke diepte is dieper dan aangegeven. De diepte met een sliblaag is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 2 – Bodemdiepte grid met slib

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	-4,5	-4,6	-5,8	-5,8	-5,4	-4,7	-4,8	-4,8	-5,5	-4,8	-4,7	-4,7	-4,5	-4,5	-4,5
2	-5,7	-5,2	-7,8	-9,3	-5,4	-6,2	-6,7	-4,9	-4,8	-4,8	-6,3	-6,4	-7	-5,2	-4,7
3	-9,3	-8,8	-9,2	-6,7	-7,8	-8,7	-7,2	-6	-5,5	-5	-4,6	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7
4	-8	-8	-8,6	-8,4	-7,4	-8,2	-8,3	-7,8	-5,3	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8	-4,7
5	-4,7	-4,8	-4,7	-4,8	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7	-4,6	-4,7	-4,8	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7
6	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,8	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-4,8	-4,7	-4,7

De dieptes zijn in meters onder N.A.P.. Uit hoofdstuk 2.5 blijkt dat er gemiddeld een sliblaag van 0,5 meter aanwezig is. Dit houdt in dat van alle dieptes een halve meter moet worden afgetrokken om zo de sliblaag te compenseren. De diepte zonder een sliblaag is weergegeven in de onderstaande tabel:

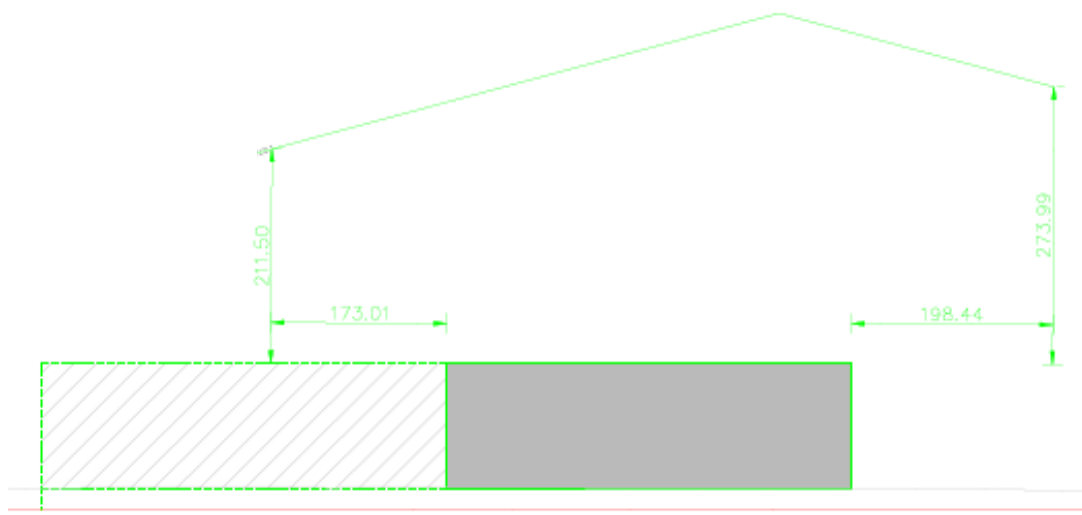
Tabel 3 – Bodemdiepte grid zonder slib

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	-5,0	-5,1	-6,3	-6,3	-5,9	-5,2	-5,3	-5,3	-6,0	-5,3	-5,2	-5,2	-5,0	-5,0	-5,0
2	-6,2	-5,7	-8,3	-9,8	-5,9	-6,7	-7,2	-5,4	-5,3	-5,3	-6,8	-6,9	-7,5	-5,7	-5,2
3	-9,8	-9,3	-9,7	-7,2	-8,3	-9,2	-7,7	-6,5	-6,0	-5,5	-5,1	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2
4	-8,5	-8,5	-9,1	-8,9	-7,9	-8,7	-8,8	-8,3	-5,8	-5,3	-5,3	-5,3	-5,3	-5,3	-5,2
5	-5,2	-5,3	-5,2	-5,3	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2	-5,1	-5,2	-5,3	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2
6	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,3	-5,2	-5,2

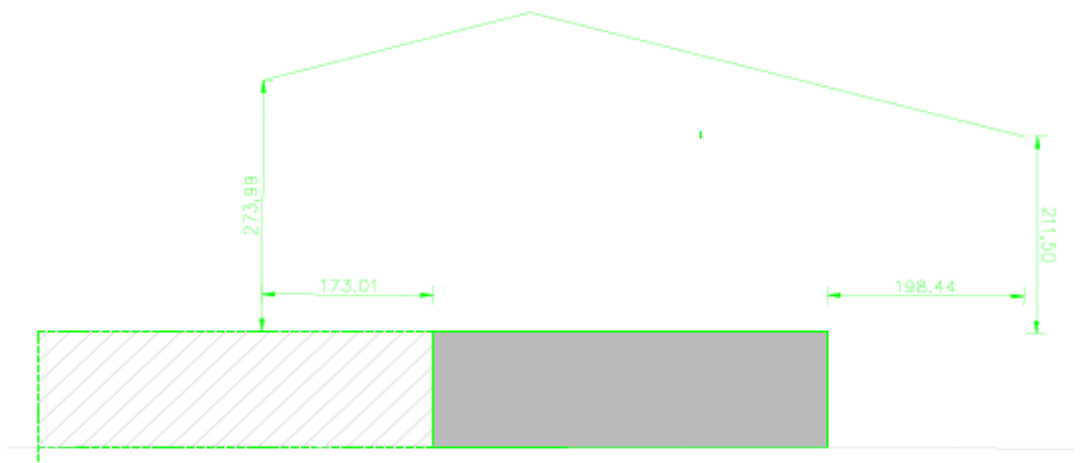
3. V.O. VARIANTEN

De V.O. varianten zijn de varianten die zijn voorgesteld door Royal Haskoning en door Gebr. De Koning. De variant van Royal Haskoning is meegeleverd in de tender documenten. Gebr. De Koning heeft deze variant als het ware gespiegeld. Gebr. De Koning is van mening dat er materiaal kan worden bespaard door de opening aan de zuidelijke kant te maken in plaats van aan de noordelijke kant, zoals voorgesteld in de tender documenten (Royal Haskoning). In dit hoofdstuk wordt de inhoud van beide varianten bepaald door voor een golfbreker met gelijke variabelen de inhoud te bepalen. De golfbreker die wordt gebruikt om de ideale locatie te bepalen is:

X	100 meter
k	2 meter
c	5 meter
a	1:5
z	Afhankelijk van de locatie (cel)
b	Afhankelijk van de locatie (cel)
n	Afhankelijk van de locatie (cel)
u	Afhankelijk van de locatie (cel)
y	Afhankelijk van de locatie (cel)



Afbeelding 10 - Variant Royal Haskoning



Afbeelding 11 – Variant Gebr. de Koning

3.1 INVOER

De waterdiepte (b), verplaatsing (z) en stapnummer (n) worden in dit hoofdstuk weergegeven. De overige onbekende waarden worden berekend in Excel.

3.1.1 ROYAL HASKONING

De verplaatsing ten opzichten van het midden is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 4 – Verschuiving (z) Royal Haskoning

Royal Haskoning - Verschuiving t.o.v. het midden [m]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1					5,85	-21	-49	13,7	-3,6	-19	4,3	30,9				-38
2					5,85	-21	-49	13,7	-3,6	-19	4,3	30,9				-38
3					5,85	-21	-49	13,7	-3,6	-19	4,3	30,9				-38
4					5,85	-21	-49	13,7	-3,6	-19	4,3	30,9				-38
5					5,85	-21	-49	13,7	-3,6	-19	4,3	30,9				-38
6					5,85	-21	-49	13,7	-3,6	-19	4,3	30,9				-38
	0	0	0	0	35,1	-128	-293	82,2	-22	-116	25,8	185	0	0	0	-230

De locatie van de golfbreker is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 5 – Locatie golfbreker (n) Royal Haskoning

Royal Haskoning - Locatie																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1					2	2	2	1	1	1	1	1				11
2					1	1	1	0	0	0	0	0				3
3					0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1				-5
4					-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2				-13
5					-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3				-21
6					-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4				-29
	0	0	0	0	-3	-3	-3	-9	-9	-9	-9	-9	0	0	0	-54

De 0 geeft het vak de kern van de golfbreker aan. De overige geven de stapnummer van het vak aan. Het stapnummer is van groot belang voor de berekening.

3.1.2 GEBR. DE KONING

De verplaatsing ten opzichten van het midden is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 6 – Verschuiving (z) Gebr. de Koning

Gebr. De Koning - Verschuiving t.o.v. het midden [m]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1					30,9	4,3	-19	-3,6	13,7	-49	-21	5,85				-38
2					30,9	4,3	-19	-3,6	13,7	-49	-21	5,85				-38
3					30,9	4,3	-19	-3,6	13,7	-49	-21	5,85				-38
4					30,9	4,3	-19	-3,6	13,7	-49	-21	5,85				-38
5					30,9	4,3	-19	-3,6	13,7	-49	-21	5,85				-38
6					30,9	4,3	-19	-3,6	13,7	-49	-21	5,85				-38
	0	0	0	0	185	25,8	-116	-22	82,2	-293	-128	35,1	0	0	0	-230

De locatie van de golfbreker is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 7 – Locatie golfbreker (n) Gebr. de Koning

Gebr. De Koning - Locatie																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1					1	1	1	1	1	2	2	2				11
2					0	0	0	0	0	1	1	1				3
3					-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0				-5
4					-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1				-13
5					-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2				-21
6					-4	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3				-29
	0	0	0	0	-9	-9	-9	-9	-9	-3	-3	-3	0	0	0	-54

De 0 geeft het vak de kern van de golfbreker aan. De overige geven de stapnummer van het vak aan. Het stapnummer is van groot belang voor de berekening.

3.2 RESULTAAT

De formules uit hoofdstuk 2 worden door Excel automatisch berekend. Excel bepaald doormiddel van voorwaarden welke formule er moet worden gebruikt in elke cel.

3.2.1 ROYAL HASKONING

Tabel 8 – Resultaat oppervlakte Royal Haskoning

Royal Haskoning - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1					0	0	0	0	0	11,6	0	0				11,5563
2					0	39,8	249	345	341	333	476	397				2180,71
3					430	636	295	12,9	0	0	0	49,3				1423,36
4					7,72	0	0	0	0	0	0	0				7,72439
5					0	0	0	0	0	0	0	0				0
6					0	0	0	0	0	0	0	0				0
	0	0	0	0	437	676	544	358	341	345	476	446	0	0	0	3623,35

Per cel is berekend wat de oppervlakte is. De inhoud kan worden verkregen door de oppervlakte te vermenigvuldigen met de breedte van de cel. Oftewel $3623,35 * 100 = 362.335 \text{ m}^3$

3.2.2 GEBR. DE KONING

Tabel 9 – Resultaat oppervlakte Gebr. de Koning

Gebr. De Koning - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1					0	0	11,4	0	0	0	0	0				11,449
2					230	469	479	348	338	163	41,2	0				2069,18
3					96,3	23,1	0	0	7,31	188	313	340				968,052
4					0	0	0	0	0	0	0	0				0
5					0	0	0	0	0	0	0	0				0
6					0	0	0	0	0	0	0	0				0
	0	0	0	0	326	492	491	348	345	351	355	340	0	0	0	3048,68

Per cel is berekend wat de oppervlakte is. De inhoud kan worden verkregen door de oppervlakte te vermenigvuldigen met de breedte van de cel. Oftewel $3048,68 * 100 = 304.868 \text{ m}^3$

3.2.3 CONCLUSIE

De zuidelijke variant heeft het minste materiaal nodig. Dit is $100 - (304.868 / 362.335 * 100\%) = 15,86 \%$ minder materiaal dan de noordelijke variant van Royal Haskoning. In de downtime berekeningen is berekend dat geen enkele noordelijke variant zal voldoen aan de downtime eisen. Ook is er berekend dat de variant van de Gebr. De Koning zorgt voor een te grote downtime aan de kade.

4. ZUIDELIJKE VARIANTEN

Bij de diffractie berekeningen is aangetoond dat een noordelijke variant niet mogelijk is. Naar een noordelijke variant wordt dan ook niet gekeken. Bij de zuidelijke varianten worden 10 mogelijke varianten onderzocht. De varianten worden ingedeeld in twee categorieën en vervolgens weer in twee subcategorieën, dit ziet er als volgt uit:

- Midden punt dicht bij de kust
 - Begin tot midden
 - Begin punt dicht bij de kust (Variant 1)
 - Begin punt verst van de kust (Variant 2)
 - Begin punt ver van de kust (Variant 3)
 - Begin punt tussen ver en dicht bij de kust (Variant 4)
 - Midden tot eind
 - Eind punt verst van de kust (Variant 5)
 - Eind punt dicht bij de kust (Variant 6)
- Midden punt ver van de kust
 - Begin tot midden
 - Begin punt dicht bij de kust (Variant 1)
 - Begin punt verst van de kust (Variant 2)
 - Begin punt tussen ver en dicht bij de kust (Variant 3)
 - Midden tot eind
 - Eind punt verst van de kust (Variant 4)
 - Eind punt dicht bij de kust (Variant 5)

De varianten uit de categorie begin tot midden kan worden gecombineerd met de varianten van midden tot eind. Op deze manier kan er worden bepaald welke variant het minst materiaal nodig heeft en ook voldoet aan de downtime eis.

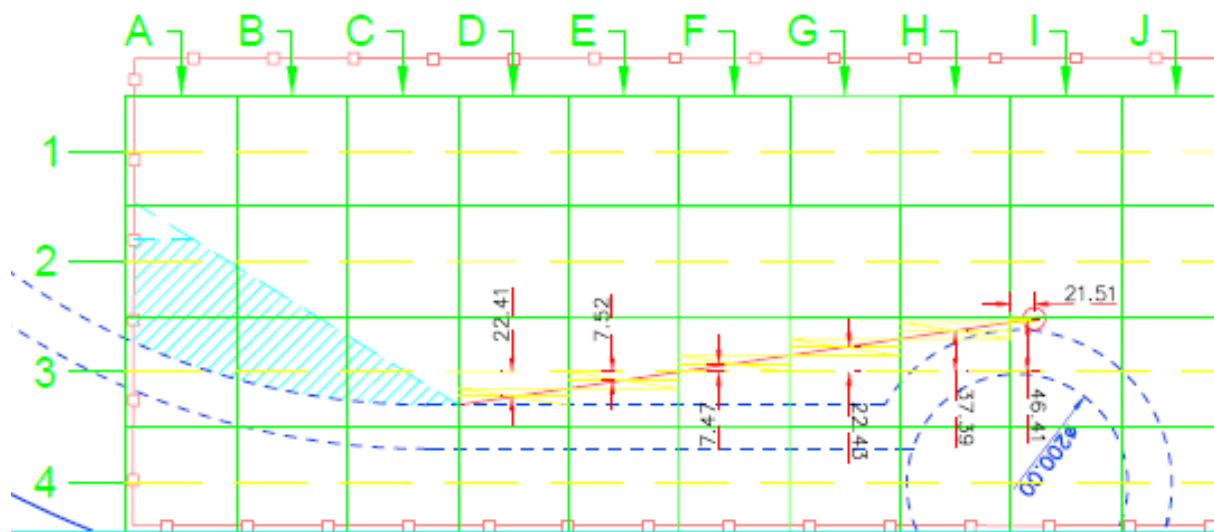
4.1 MIDDEN PUNT DICHT BIJ DE KUST

Bij het midden punt dicht bij de kust, zal de het middelste punt de dichtst mogelijke positie hebben bij de kust, zonder dat de golfbreker in de vaargeul komt te liggen wanneer de talud een helling heeft van 1 op 5. De afstand van het middelpunt tot de terminal is 278 meter. Deze locatie is gekozen omdat de golfbreker dan de kortst mogelijke afstand kan bereiken. Echter zal het traject van de golfbreker grote bodemdieptes doorkruisen. De verwachting is dat ondanks de kortere lengte van de golfbreker, de hoeveelheid benodigd materiaal groter is dan wanneer het midden punt verder van de kust ligt.

Voor de varianten midden tot eind (variant 5 & 6), is er gekozen voor 2 varianten in tegenstelling tot 4 varianten in de subcategorie van begin tot midden. Dit omdat de bodem meer uniform is dan in de subcategorie van begin tot midden.

4.1.1 BEGIN PUNT DICHT BIJ DE KUST (VARIANT 1)

Deze variant valt onder de subcategorie van het begin tot midden. Dit punt is gekozen omdat de golfbreker hier het kortst is. Echter moeten er wel grotere dieptes worden doorkruist.



Afbeelding 12 – Ligging golfbreker in het grid, variant 1

Resultaat:

Tabel 10 – Resultaat oppervlakte, variant 1

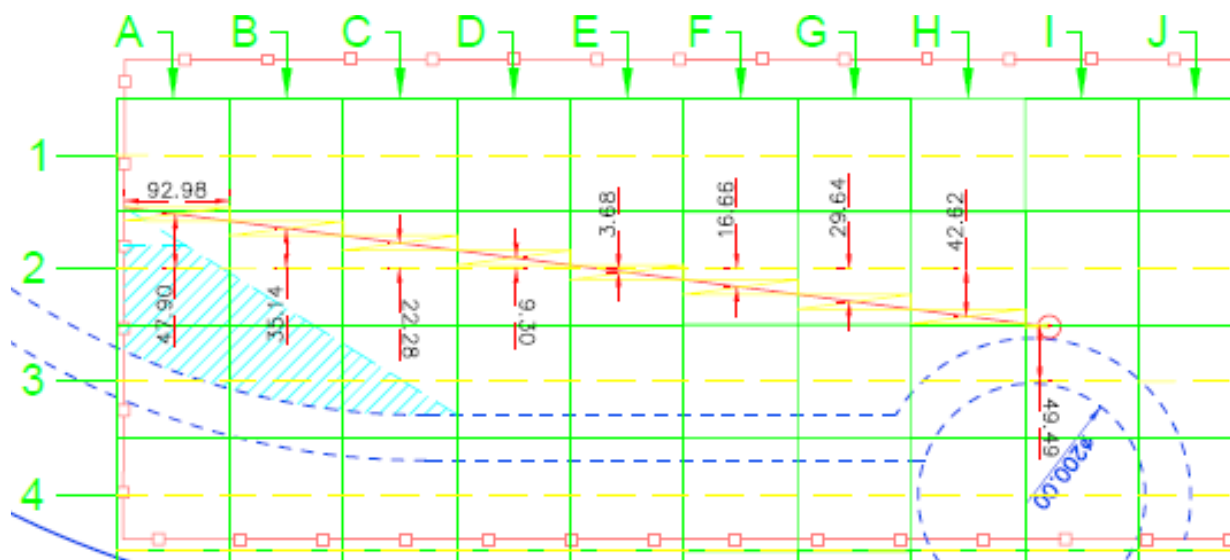
Variant 1 - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1				0	0	0	0	0	0							0
2				0	0	3,62	55,4	85,2	30,7							174,865
3				462	615	706	501	330	49,6							2662,41
4				102	14,9	0,09	0	0	0							117,483
5				0	0	0	0	0	0							0
6				0	0	0	0	0	0							0
	0	0	0	564	630	709	556	415	80,3	0	0	0	0	0	0	2954,75

De totale oppervlakte van deze variant is 2954,75 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus 2954,75 * 100 = 295.475 m³.

4.1.2 BEGIN PUNT VERST VAN DE KUST (VARIANT 2)

Deze variant valt onder de subcategorie van het begin tot midden. Dit punt is gekozen omdat de golfbreker hier minder grote dieptes hoeft de doorkruisen. Echter is de golfbreker een stuk langer dan in variant 1. Voor deze variant is de downtime niet berekend, echter volgt deze variant de verwachte theoretische downtime lijn van 2,74%. Wanneer blijkt dat deze variant geschikt is, dan moet er voor het beginpunt een extra downtime berekening worden gemaakt.



Afbeelding 13 - Ligging golfbreker in het grid, variant 2

Resultaat:

Tabel 11 - Resultaat oppervlakte, variant 2

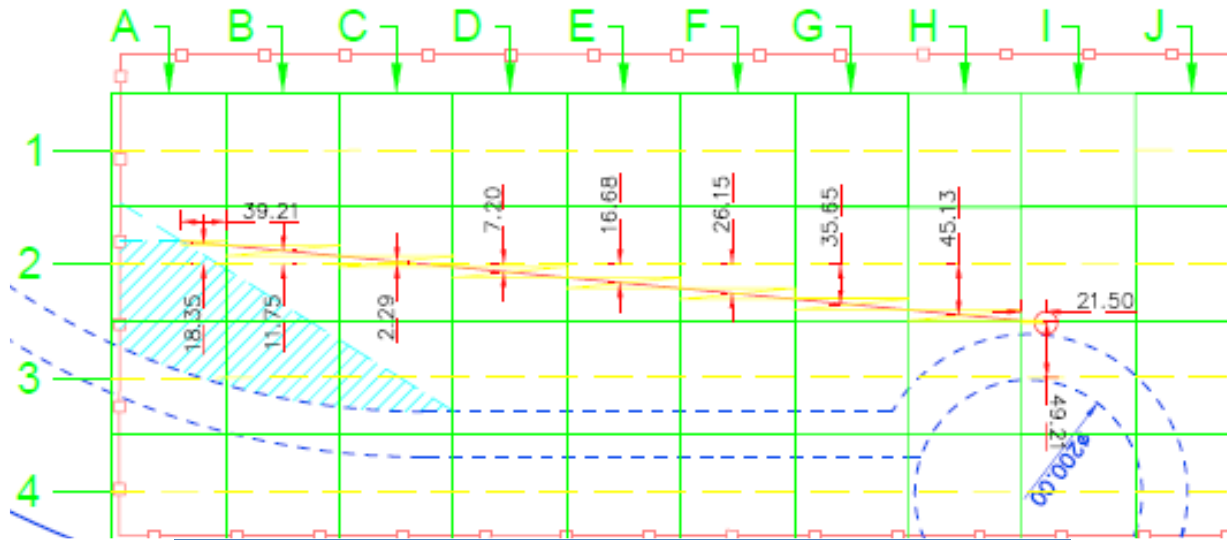
Variant 2 - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	134	65,2	34,9	3,6	0	0	0	0	0							237,633
2	213	298	554	763	396	447	426	230	35,9							3362,01
3	0	0	0	0	10,1	76	109	162	44							400,664
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0
	347	363	588	767	406	523	535	392	79,9	0	0	0	0	0	0	4000,31

De totale oppervlakte van deze variant is 4000,31 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus 4000,31 * 100 = 400.031 m³. Dit is meer dan 100.000 m³ meer dan in variant 1. De minder grote bodemdieptes kunnen de extra lengte van de golfbreker niet compenseren in deze variant.

4.1.3 BEGIN PUNT VER VAN DE KUST (VARIANT 3)

Deze variant valt onder de subcategorie van het begin tot midden. Dit punt is gekozen omdat de golfbreker hier minder grote dieptes hoeft de doorkruisen. Echter is de golfbreker een stuk langer dan in variant 1 en iets korter dan in variant 2.



Afbeelding 14 - Ligging golfbreker in het grid, variant 3

Resultaat:

Tabel 12 - Resultaat oppervlakte, variant 3

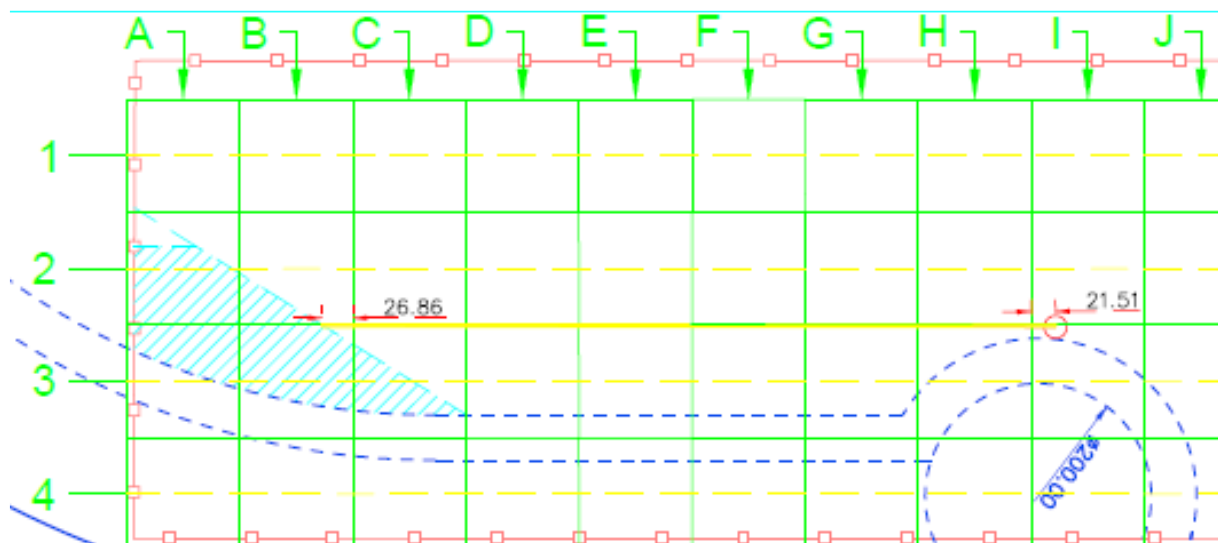
Variant 3 - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	3,04	0,46	0	0	0	0	0	0	0	0						3,49867
2	157	378	627	770	383	409	386	212	35,4							3356,79
3	0	0	12	6,48	53	137	152	183	44,5							588,034
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						0
	160	378	639	777	436	546	538	395	79,9	0	0	0	0	0	0	3948,32

De totale oppervlakte van deze variant is 3948,32 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus $3948,32 \cdot 100 = 394.832 \text{ m}^3$. Deze variant heeft ongeveer 50 m³ minder materiaal dan variant 2. De lengte heeft dus een grotere invloed dan de bodemdiepte, aangezien deze variant iets grotere bodemdieptes moet doorkruisen.

4.1.4 BEGIN PUNT TUSSEN VER EN DICHT BIJ DE KUST (VARIANT 4)

Deze variant valt onder de subcategorie van het begin tot midden. Dit punt is gekozen ter controle. Dit om uit te sluiten dat er tussen variant 3 en variant 1 nog een optimum zou zitten.



Afbeelding 15 - Ligging golfbreker in het grid, variant 4

Resultaat:

Tabel 13 - Resultaat oppervlakte, variant 4

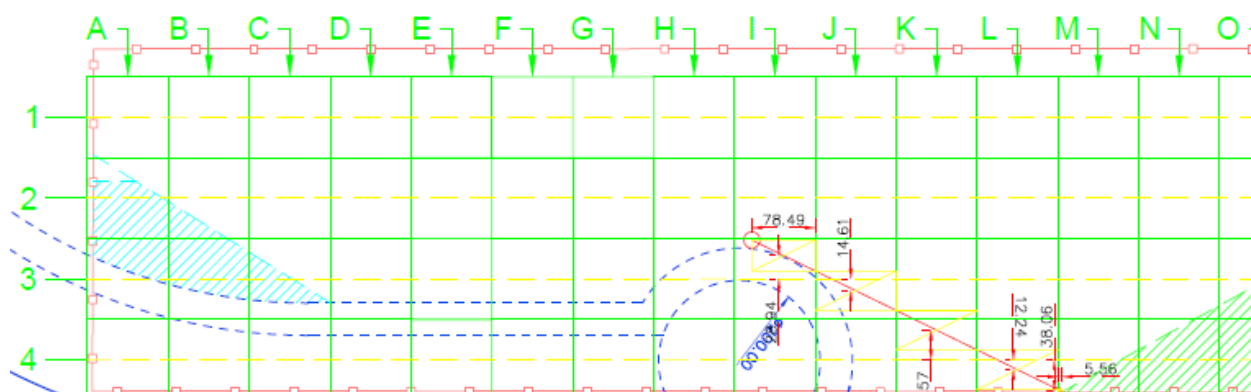
Variant 4 - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0						0
2		51,3	319	411	198	236	261	175	36,8							1686,99
3		101	399	257	316	370	283	226	43							1995,32
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0						0
5		0	0	0	0	0	0	0	0	0						0
6		0	0	0	0	0	0	0	0	0						0
	0	152	717	668	515	605	544	401	79,8	0	0	0	0	0	0	3682,31

De totale oppervlakte van deze variant is 3682,31 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus $3682,31 \cdot 100 = 368.231 \text{ m}^3$. Deze variant heeft een stuk minder materiaal nodig dan variant 3. Echter is het verschil tussen variant 1 groter dan het verschil tussen variant 2. Dit betekent met een middelpunt dicht bij de kust, dat een kortere golfbreker gunstiger is dan een lange golfbreker.

4.1.6 EIND PUNT DICHT BIJ DE KUST (VARIANT 6)

Deze variant valt onder de subcategorie van het midden tot eind. De verwachting is dat er voor dit traject minder materiaal nodig is dan in variant 5.



Afbeelding 17 - Ligging golfbreker in het grid, variant 6

Resultaat:

Tabel 15 - Resultaat oppervlakte, variant 6

Variant 6 - Oppervlakte [m2]															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1									0	0	0	0	0		0
2									32,3	0	0	0	0		32,3131
3									270	353	73,5	0	0		696,525
4									0	3,79	262	343	14,3		622,399
5									0	0	0	1,22	4,7		5,91334
6									0	0	0	0	0		0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	303	356	335	344	19	1357,15

De totale oppervlakte van deze variant is 1357,15 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus $1357,15 \times 100 = 135.715 \text{ m}^3$. In deze variant is de golfbreker een stuk korter, ook zijn de bodemdieptes minder groot. Deze variant heeft daarom ook bijna 50% minder materiaal nodig dan variant 5.

4.2 MIDDEN PUNT VER VAN DE KUST

Bij het midden punt dicht bij de kust, zal de het middelste punt de dichts mogelijke positie hebben bij de kust, zonder dat de golfbreker in de vaargeul komt te liggen wanneer de talud een helling heeft van 1 op 5. Deze locatie is gekozen omdat de golfbreker dan de korst mogelijke afstand kan bereiken. Echter zal het pad van de golfbreker grote bodemdieptes doorkruisen. De verwachting is dat ondanks de kortere lengte van de golfbreker, de hoeveelheid benodigd materiaal groter is dan wanneer het midden punt verder van de kust ligt.

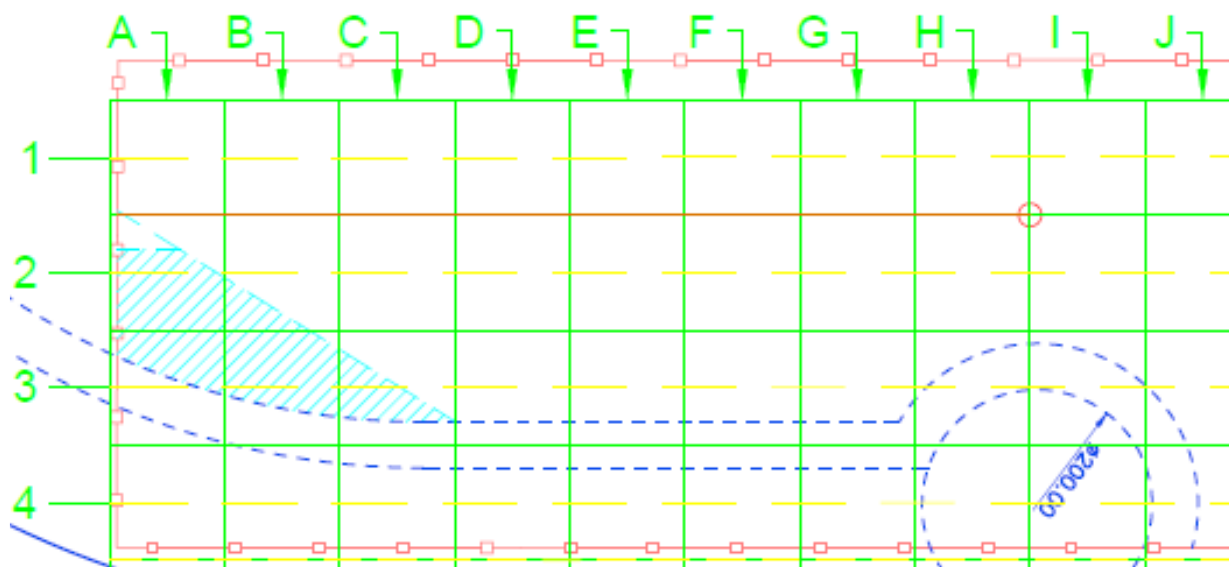
Voor de varianten midden tot eind (variant 5 & 6), is er gekozen voor 2 varianten in tegenstelling tot 4 varianten in de subcategorie van begin tot midden. Dit omdat de bodem meer uniform is dan in de subcategorie van begin tot midden.

Afbeelding 18 - Ligging golfbreker in het grid, variant 1

27

4.2.2 BEGIN PUNT VERST VAN DE KUST (VARIANT 2)

Deze variant valt onder de subcategorie van het begin tot midden. Dit punt is gekozen omdat de golfbreker hier minder grote dieptes hoeft de doorkruisen. Echter is de golfbreker een stuk langer dan in variant 1. Voor deze variant is de downtime niet berekend, echter volgt deze variant de verwachte theoretische downtime lijn van 2,74%. Wanneer blijkt dat deze variant geschikt is, dan moet er voor het beginpunt een extra downtime berekening worden gemaakt.



Afbeelding 19 - Ligging golfbreker in het grid, variant 2

Resultaat:

Tabel 17 - Resultaat oppervlakte, variant 2

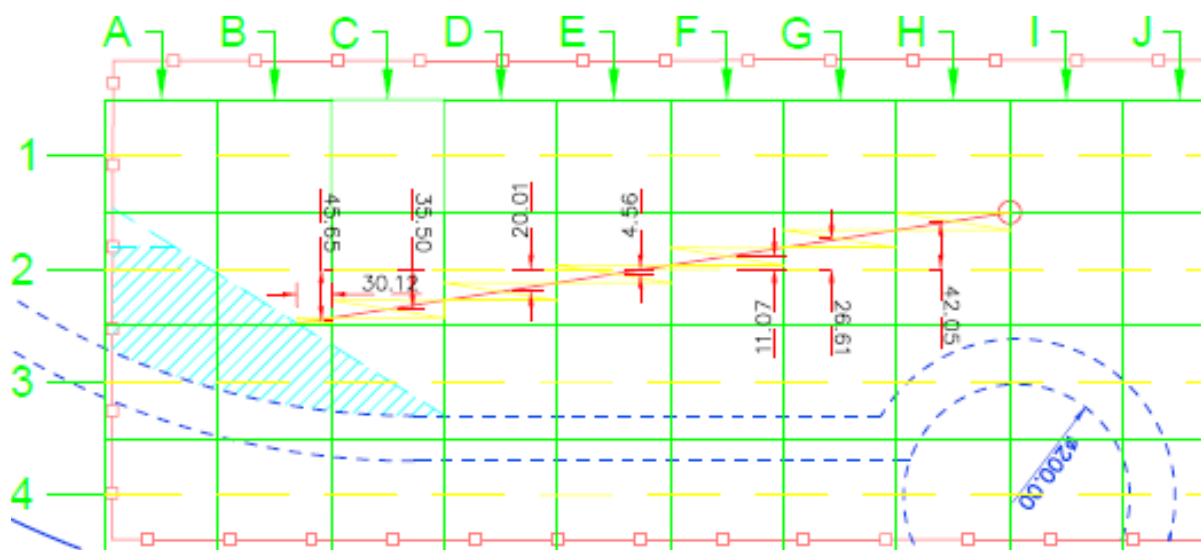
Variant 2 - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	160	163	215	218	197	167	171	170								1462,29
2	210	190	318	410	197	235	260	174								1992,47
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0
	370	353	533	628	394	402	431	344	0	0	0	0	0	0	0	3454,76

De totale oppervlakte van deze variant is 3454,76 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus 3454,76 * 100 = 345.476 m³. Dit is ongeveer 100.000 m³ meer dan in variant 1. De minder grote bodemdieptes kunnen de extra lengte van de golfbreker niet compenseren in deze variant.

4.2.3 BEGIN PUNT TUSSEN VER EN DICHT BIJ DE KUST (VARIANT 3)

Deze variant valt onder de subcategorie van het begin tot midden. Dit punt is gekozen ter controle. Dit om uit te sluiten dat er tussen variant 2 en variant 1 nog een optimum zou zijn.



Afbeelding 20 - Ligging golfbreker in het grid, variant 3

Resultaat:

Tabel 18 - Resultaat oppervlakte, variant 3

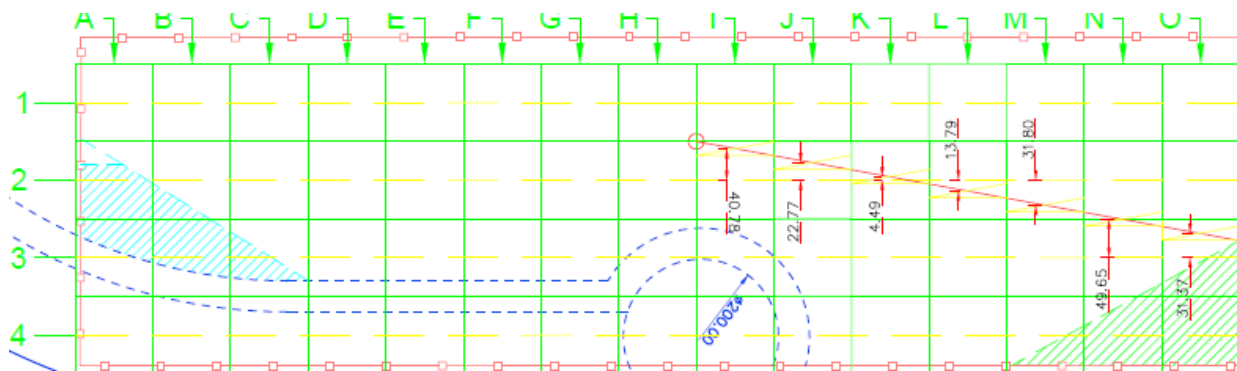
Variant 3 - Oppervlakte [m2]																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		0	0	0	0	0,39	32,4	111								143,713
2		68	460	704	396	461	444	234								2766,71
3		98	238	43,5	11,9	0	0	0								391,105
4		0	0	0	0	0	0	0								0
5		0	0	0	0	0	0	0								0
6		0	0	0	0	0	0	0								0
	0	166	698	748	408	461	477	345	0	0	0	0	0	0	0	3301,53

De totale oppervlakte van deze variant is 3301,53 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus $3301,53 \cdot 100 = 330.153 \text{ m}^3$. Deze variant heeft ongeveer 150 m³ minder materiaal dan variant 2. De lengte heeft dus een grotere invloed dan de bodemdiepte, aangezien deze variant iets grotere bodemdieptes moet doorkruisen.

4.2.4 EIND PUNT VERST VAN DE KUST (VARIANT 4)

Deze variant valt onder de subcategorie van het midden tot eind. Dit punt is gekozen ter controle. De verwachting is dat door de extra lengte van deze variant ten opzichten van variant 6, de hoeveelheid benodigde materiaal ook een stuk groter is.



Afbeelding 21 - Ligging golfbreker in het grid, variant 4

Resultaat:

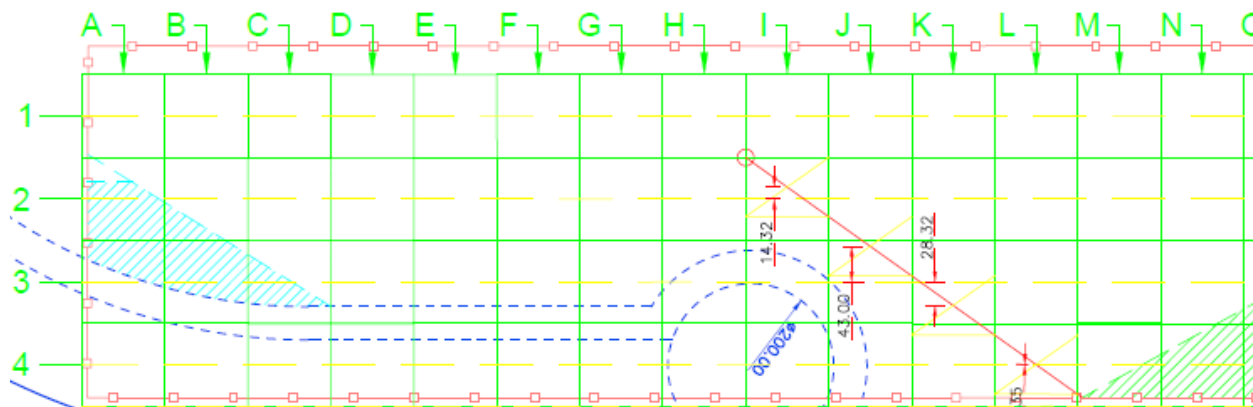
Tabel 19 - Resultaat oppervlakte, variant 4

Variant 4 - Oppervlakte [m2]																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
1									0	0	0	2,44	48	0	0	50,4014	
2									237	324	476	472	429	0	0	1938,35	
3									127	22,9	0	0	0	172	287	608,692	
4									0	0	0	0	0	167	50,3	217,138	
5									0	0	0	0	0	0	0	0	
6									0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	364	347	476	474	477	339	337	2814,58

De totale oppervlakte van deze variant is 2814,58 m². De vakken zijn 100 meter breed.
Dit wordt dus 2814,58 * 100 = 281.458 m³.

4.2.5 BEGIN PUNT DICHT BIJ DE KUST (VARIANT 5)

Deze variant valt onder de subcategorie van het midden tot eind. De verwachting is dat er voor dit traject minder materiaal nodig is dan in variant 5.



Afbeelding 22 - Ligging golfbreker in het grid, variant 5

Resultaat:

Tabel 20 - Resultaat oppervlakte, variant 5

Variant 5 - Oppervlakte [m2]															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1									8,23	0	0	0			8,22649
2									337	120	0	0			457,216
3									0	232	292	0			524,495
4									0	0	38,3	344			382,329
5									0	0	0	0			0
6									0	0	0	0			0
	0	0	0	0	0	0	0	0	346	352	330	344	0	0	1372,27

De totale oppervlakte van deze variant is 1372,27 m². De vakken zijn 100 meter breed.

Dit wordt dus $1372,27 \cdot 100 = 137.227 \text{ m}^3$. In deze variant is de golfbreker een stuk korter, ook zijn de bodemdieptes minder groot. Deze variant heeft daarom ook meer dan 50% minder materiaal nodig dan variant 5.

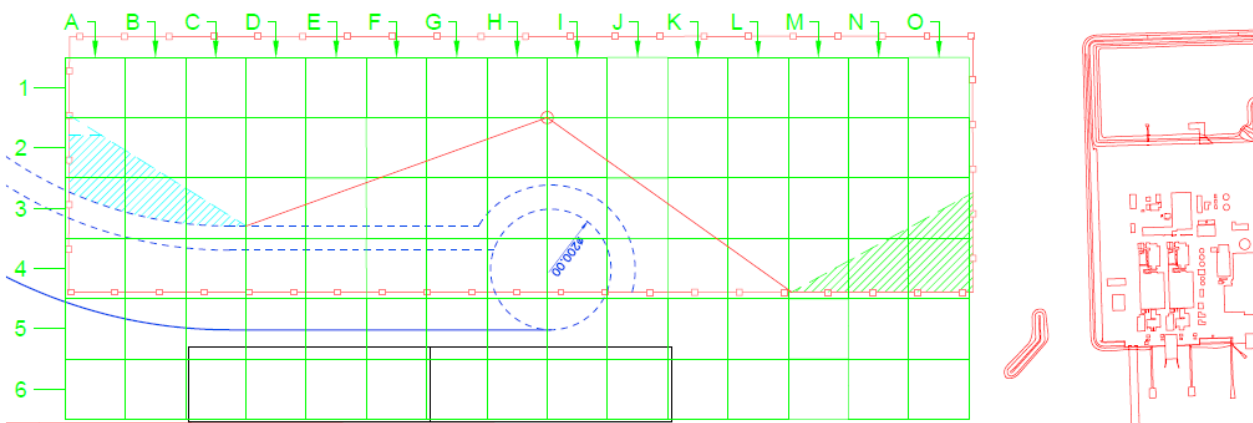
4.3 CONCLUSIE

In de onderstaande tabel is de hoeveelheid materiaal per variant weergegeven. In de tabel dicht bij de kust kunnen varianten 1, 2, 3 of 4 worden gecombineerd met variant 5 of 6. In de tabel ver van de kust kunnen varianten 1, 2 of 3 worden gecombineerd met variant 4 of 5.

Tabel 21 – Resultaten per variant

Dicht bij de kust				Ver van de kust			
Materiaal [m³]		Materiaal [m³]		Materiaal [m³]		Materiaal [m³]	
Variant 1	295.475	Variant 5	2537,98	Variant 1	250.608	Variant 4	281.458
Variant 2	400.031	Variant 6	135.715	Variant 2	345.476	Variant 5	137.227
Variant 3	394.832			Variant 3	330.153		
Variant 4	368.231						

De combinatie variant 1 en variant 5 uit tabel ver van de kust, zorgt de minst benodigde hoeveelheid materiaal. Deze combinatie heeft in totaal een inhoud van $250.608 + 137.227 = 387835 \text{ m}^3$. In de onderstaande afbeelding is de definitieve variant weergegeven. De golfbreker begint op $Z = 200$ en $X = 305$ en eindigt op $Z = 90$ en $X = 200$.

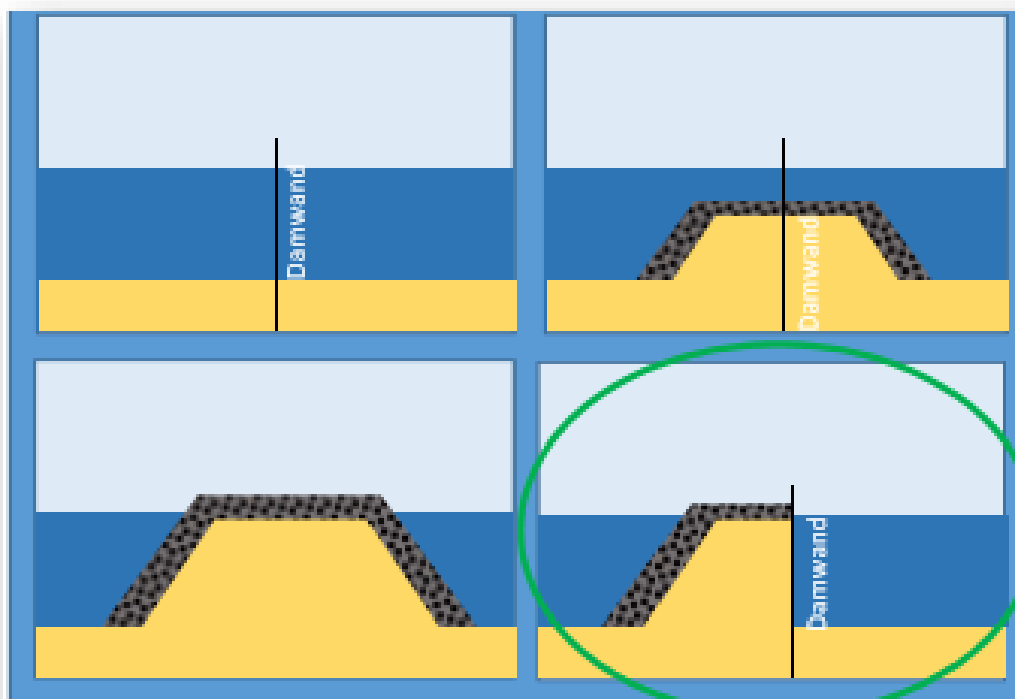


Afbeelding 23 – Definitieve ligging golfbreker

BIJLAGE E – VARIANTEN STUDIE

Varianten studie

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Varianten studie
Versie: 4.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 11-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	26-4-2016	Definitief Varianten studie	Dennis Dane	Erwin van den Boer
2.0	10-5-2016	Aanpassen naar feedback	Dennis Dane	Erwin van den Boer
3.0	23-5-2016	Aanpassen naar concept rapport	Dennis Dane	Erwin van den Boer
4.0	11-6-2016	Definitief	Dennis Dane	Erwin van den Boer

VARIANTEN STUDIE

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Varianten studie
Versie: 4.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 11-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
1.1 SYMBOLEN	1
1.2 SAMENVATTING	2
2. UITGANGSPUNTEN	3
2.1 GOLFKARAKTERISTIEKEN	3
2.2 WATERSTANDEN	4
2.3 ALGEMENE WAARDES	4
2.4 BORING	5
2.5 UITSLUITINGEN PARAMETERS	6
3. UITSLUITEN VARIANTEN	7
4. VARIANT STORTSTENEN.....	8
4.1 STORTSTENEN GOLFBREKER MET FILTER EN KERN	8
4.1.1 <i>Uitgangspunten.....</i>	8
4.1.2 <i>Bepalen optimale dimensies.....</i>	9
4.1.3 <i>Samenvatting dimensies</i>	14
4.1.4 <i>Hoeveelheid benodigd materiaal</i>	15
4.1.5 <i>Gradering.....</i>	16
4.1.6 <i>Kosten.....</i>	17
4.2 STORTSTENEN GOLFBREKER MET FILTER EN KERN	18
4.2.1 <i>Uitgangspunten.....</i>	18
4.2.2 <i>Bepalen optimale dimensies.....</i>	19
4.2.3 <i>Samenvatting dimensies</i>	23
4.2.4 <i>Hoeveelheid benodigd materiaal</i>	24
4.2.5 <i>Gradering.....</i>	25
4.2.6 <i>Kosten.....</i>	26
5. VARIANT DAMWAND.....	27
5.1 DAMWAND GOLFBREKER MET LAGE BERM	27
5.1.1 <i>Empirische formules.....</i>	27
5.1.2 <i>Bepalen dimensies.....</i>	29
5.1.3 <i>Bepalen krachten.....</i>	29
5.1.4 <i>D-Sheet berekeningen</i>	30
5.1.5 <i>Samenvatting dimensies</i>	32
5.1.6 <i>Benodigde materialen</i>	33
5.1.7 <i>Kosten.....</i>	35
5.2 DAMWAND GOLFBREKER MET HOGE BERM	36
5.2.1 <i>Empirische formules.....</i>	36
5.2.2 <i>Bepalen dimensies.....</i>	38
5.2.3 <i>Bepalen krachten.....</i>	38
5.2.4 <i>D-Sheet berekeningen</i>	39
5.2.5 <i>Samenvatting dimensies</i>	40
5.2.6 <i>Benodigde materialen</i>	41
5.2.7 <i>Kosten.....</i>	43

6. VARIANT GEOCONTAINER	44
6.1 ONTWERPSCHETS	45
6.2 STABILITEIT	46
6.2.1 Stabiliteit stapels	46
6.2.2 Stabiliteit golven	48
6.3 STERKTE	49
6.3.1 Sterkte geocontainer bij openen splijtbak	49
6.3.2 Sterkte geocontainer met impact bodem	50
6.4 GEOTUBE	53
6.5 STORTSTENEN BESCHERMING	54
6.5.1 Hoeveelheid benodigd materiaal & gradering	54
6.6 KOSTEN	56
7. MULTI-CRITERIA ANALYSE	57
7.1 ONDERDELEN & SCORE	57
7.1.1 Score	57
7.1.2 Kosten	57
7.1.3 Betrouwbaarheid	58
7.1.4 Ervaring	58
7.1.5 Uitvoerbaarheid	59
7.1.6 Ijsbestendigheid	59
7.1.7 Duurzaamheid	59
7.2 KEUZEMATRIX	60
7.3 TOELICHTING KEUZEMATRIX & RESULTAAT	61
7.3.1 Variant 1 – Stortstenen golfbreker met filter laag en kern	61
7.3.2 Variant 2 – Stortstenen golfbreker zonder filter laag en kern	62
7.3.3 Variant 3 – Damwand golfbreker met berm onder water	63
7.3.4 Variant 4 – Damwand golfbreker met berm boven water	64
7.3.5 Variant 5 – Geocontainer	65
BIBLIOGRAFIE	66
 BIJLAGEN:	
BIJLAGE I – BORING B219 & SONDERING DKM223	67
BIJLAGE II - RAPPORT D-SHEET PILING VARIANT 4	68
BIJLAGE III - RAPPORT D-SHEET PILING VARIANT 4.1	69
BIJLAGE IV - RAPPORT D-SHEET PILING VARIANT 5	70

1. INLEIDING

In dit document worden de verschillende varianten uitgelicht. Uiteindelijk zal er doormiddel van een Multi-Criteria analyse (hierna te noemen MCA) een voorkeursvariant bepaald. Ook worden in dit document varianten uitgesloten op basis van de voor en nadelen. De varianten die worden behandeld zijn de volgende varianten:

- Stortstenen golfbreker met kern en filter laag(semi permeable);
- Stortstenen golfbreker zonder kern en filter laag (volledig permeable);
- Damwand golfbreker met stortstenen berm onder water;
- Damwand golfbreker met stortstenen berm boven water;
- Golfbreker van geocontainers.

Per variant worden als eerst de dimensies bepaald doormiddel van empirische formules. Doormiddel van deze formules kan er enigszins optimaal worden gedimensioneerd. Wanneer de dimensies bekend zijn voor alle varianten, kan er worden bepaald hoeveel een variant per strekkende meter ongeveer gaat kosten. De kosten is een van de belangrijkste punten in het MCA. Andere die in het MCA worden behandeld zijn:

- Betrouwbaarheid;
- Ervaring;
- Uitvoerbaarheid;
- IJsbestendigheid;
- Duurzaamheid.

1.1 SYMBOLEN

Symbool	Omschrijving (NL)	Description (EN)
a	Helling van het talud	Inclination of a slope
A	Oppervlakte	Surface
A_{cs}	Oppervlakte van een stenen laag	Surface of a rock layer
A_s	Oppervlakte in het horizontale vlak	Surface of the horizontal surface
B	Kruinbreedte	Crest width
b	Breedte geocontainer	Width geocontainer
b₀	Maximale openingsbreedte splijtbak	Maximum opening width split hopper
B_t	Teen breedte	Toe width
C_d	Sleepkracht coefficient	Dragforce coefficient
C_{pl}	Plunging factor	Plunging factor
C_s	Surging factor	Surging factor
C_{t(max)}	Transmissie (maximale)	Transmission (maximum)
D	Diepgang bovenste laag gebruikt voor de Goda berekeningen	Depth armour layer used for the Goda calculations
D_k	Hoogte geocontainer	Height geocontainer
D_{n50}	Denkbeeldige steendiameter	Notional rock diameter
D_{n50 a / f / t / k}	Denkbeeldige steendiameter bovenste laag / filter laag / teen / kern	Notional rock diameter armour layer / filter layer / toe / core
E'	Stijfheidsmodulus	Stiffness module
f	Vulpercentage beun	Fill percentage
g	Zwaartekrachtversnelling	Gravity acceleration
h	Waterdiepte	Water depth
h'	Diepgang kern bij Goda berekening	Depth core used for the Goda calculations
H_{1/100}	Golfhoogte met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave height with a frequency of once in 100 years
h_b	Water diepgang vlak voor de teen gebruikt voor de Goda berekeningen	Water depth just before the toe, used for the Goda calculations
hb	Water onder de splijtbak	Water depth under the split hopper

H_d	Verhoogde golfhoogte gebruikt voor de Goda berekeningen	Increased wave height used for the Goda calculations
h_i	Diepgang teen Lee-kant	Depth toe Lee-side
h_s	Diepgang splijtbak	Depth split hopper
H_s / H_i	Significante / incidentele golfhoogte	Significant \ incident wave height
h_t	Diepgang teen zeekant	Depth toe seaside
H_t	Gereduceerde golfhoogte door transmissie	Reduced wave height caused by transmission
K_t	Laagdikte factor	Layer thickness factor
K_t / k_t	Transmissie coëfficiënt	Transmission coefficient
α	Coëfficiënt dat wordt gebruikt bij de transmissie berekeningen	Coefficient which is used for the transmission calculations
β	Coëfficiënt dat wordt gebruikt bij de transmissie berekeningen	Coefficient which is used for the transmission calculations
L	Lengte van de stenen laag	Length of a rock layer
L	Golf lengte	Wave length
l	Lengte splijtbak	Length split hopper
$L_{1/100}$	Golf lengte met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave length with a frequency of once in 100 years
L_m	Gemiddelde golf lengte	Mean wave length
MCA	Multi-Criteria Analyse	Multi-Criteria Analyses
N	Aantal golven gedurende een storm	Number of waves during a storm
n	Aantal lagen van steen	Number of layers of stone
n	Poriegehalte vulmateriaal	Porosity fill material
$N.A.P.$	Nieuw Amsterdam Peil	New Amsterdam Level
N_a	Aantal stenen per oppervlakte	Number of rocks in a surface
N_v	Porositeit	Porosity
P	Denkbeeldige doorlatendheid factor	Notional Permeability Factor
$P_1 / P_2 / P_3 / P_4$	Druk gebruikt voor de Goda berekeningen	Pressure used for the Goda calculations
$R_c / h_c / \eta^*$	Kruinhoogte	Crest height
S	Kwaliteit staal	Quality steel
S	Omtrek	Periphery
S_d	Schade getal / niveau	Damage level
S_l	Schouder breedte Lee-kant	Shoulder width Lee-side
S_s	Schouder breedte zee-kant	Shoulder width seaside
$T_{1/100}$	Golfperiode met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave period with a frequency of once in 100 years
$t_a/t/t$	Laagdikte bovenste laag / filter laag / teen	Layer thickness armour layer / filter layer / toe
T_m	Gemiddelde golfperiode	Mean wave period
T_m	Treksterkte geotextiel	Tensile strength geotextile
V	Volume	Volume
V_r	Aantal stenen per oppervlakte	Number of rocks in a surface
$W_{50 a / f / t / k}$	Denkbeeldige steendiameter bovenste laag / filter laag / teen / kern	Notional rock diameter armour layer / filter layer / toe / core
$\alpha_1 / \alpha_2 / \alpha_3 / \alpha_4$	Arm gebruikt voor de Goda berekeningen	Arm used for the Goda calculations
Δ	Relatieve drijfvermogenende dichtheid	Relative buoyant density
ξ_{cr}	Critische surf parameter	Critical surf parameter
ξ_m	Surf parameter gebaseerd op T_m	Surf parameter based on T_m
ρ_s	Dichtheid stortstenen	Density rubble
ρ_w	Dichtheid water	Density water
ρ_z	Dichtheid zand	Density sand

1.2 SAMENVATTING

In dit document zijn verschillende varianten tegen elkaar afgewogen, om zo te komen tot een voorkeursvariant. Uit het MCA blijkt dat variant 1 (stortstenen met filter laag en kern), de voorkeursvariant is. In het definitieve ontwerp zal deze variant verder worden uitgewerkt.

2. UITGANGSPUNTEN

Uit de inhoudsberekeningen en diffractie berekeningen is gebleken dat bij de betreffende begin en eind positie er geen extra downtime mag ontstaan. Dit houdt in dat er geen transmissie mag ontstaan. Er kan een extra downtime ontstaan door transmissie. Transmissie houdt in dat een deel van de golf over of door de golfbreker beweegt en hierdoor golven ontstaan achter de golfbreker. Echter wordt de kruin van de varianten dan zodanig hoog dat dit waarschijnlijk minder economisch is dan wanneer er transmissie wordt toegestaan. De transmissie dat wordt toegestaan is maximaal 10%.

2.1 GOLFKARAKTERISTIEKEN

Er worden voor twee situaties golfkarakteristieken bepaald. De eerste situatie is significante golfhoogte voor een golf die maximaal 10 keer per jaar voorkomt uit de richting van 300 graden, dit wordt de gereduceerde golfkarakteristieken genoemd. Deze zijn van belang om de kruinhoogte te bepalen. De tweede situatie is de significante golfhoogte voor een golf die 1/100 jaar voorkomt. Dit is van belang om voor de sterkte berekeningen van de type golfbrekers. Er wordt een gereduceerde golfhoogte genomen voor de kruinhoogte omdat er een grotere transmissie mag optreden wanneer er al een downtime aanwezig is doormiddel van diffractie.

Gereduceerde golfkarakteristieken

Golfhoogte	Hs	0,9	[meter]
Golfperiode	Tm	3,82	[seconden]
Golflengte	Lm	22,76	[meter]

Maximale golfkarakteristieken

Golfhoogte	H _{1/100}	1,5	[meter]
Golfperiode	T _{1/100}	4,33	[seconden]
Golflengte	L _{1/100}	22,76	[meter]
Stormduur 1/100 jaar	-	8	[uur]
Aantal golven	N	6651	[golven]

De golfhoogte bij de gereduceerde golfkarakteristieken is een aanname. De aanname wordt onderbouwd bijlage B – Nautische en geotechnische gegevens.

De maximale golfkarakteristieken zijn bepaald doormiddel van de “Advies m.b.t. golfbreker project Flevokust” [1]. Dit rapport heeft bepaald wat de golfhoogte en periode is die 1/100 jaar voorkomt. Ook geeft dit rapport aan dat een storm die 1/100 jaar voorkomt een duur heeft van 8 uur. De bijbehorende aantal golven is dan $8 * 3600 / 4,33 = 6651$ golven.

2.2 WATERSTANDEN

De waterstanden zijn ook van belang voor de varianten. Bij de variant golfbreker met berm onder water kan het voorkomen dat de berm onder water ligt. In dit geval mag de nominale steendiameter worden gereduceerd. Bij deze variant ligt de berm 1 meter onder N.A.P.. De laagste waterstand is -1,66 meter, dit betekent dat bij variant 4, de berm bij de laagste water stand en de grootste golven, boven water ligt. Verder is de laagste waterstand met een terugkeertijd van 1 jaar -0,77 meter. Deze waterstand wordt aangehouden voor de maximale kruinhoogte. Het programma van eisen geeft aan dat de golfbreker niet meer dan 2,5 meter boven de laagste waterniveau mag uitkomen. Dit betreft het gezichtsveld van de schipper. De maximale kruinhoogte is dan $-0,77 + 2,5 = 1,73$ meter +N.A.P..

Tabel 1 - Waterstanden. Bron [11]

Terugkeertijd (jaar)	zonder meerspiegelstijging		met meerspiegelstijging (0.3 m)	
	Waterstand laag (mNAP)	Waterstand hoog (mNAP)	Waterstand laag (mNAP)	Waterstand hoog (mNAP)
1	-0.77	0.54	-0.47	0.84
10	-1.21	0.81	-0.91	1.11
50	-1.52	0.99	-1.22	1.29
100	-1.66	1.07	-1.36	1.37

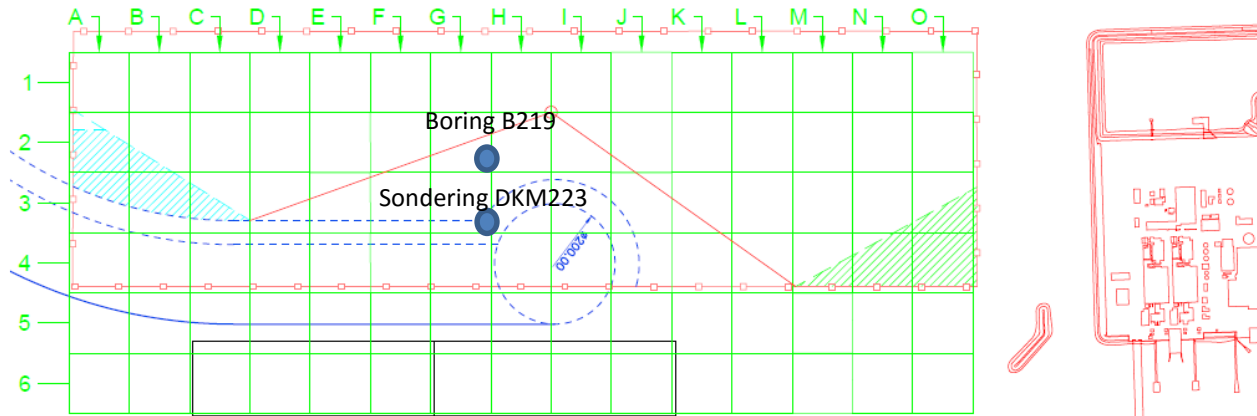
2.3 ALGEMENE WAARDES

De overige waarden die van toepassing zijn, zijn:

Helling	a	1/1,5 [-]
Dichtheid stortstenen	ρ_s	2650 [kg/m ³]
Dichtheid zand	ρ_z	1600 [kg/m ³]
Dichtheid water	ρ_w	1000 [kg/m ³]

2.4 BORING

Er wordt gebruikt gemaakt van boring B219 en sondering DKM223. Deze liggen tamelijk in de buurt van de locatie van de golfbreker zoals bepaald in de inhoudsberekeningen. In afbeelding 1 is weergegeven waar deze boring zich bevind. In bijlage I is een boring en sondering aanwezig, deze komen uit het geotechnisch onderzoek Bron [13].

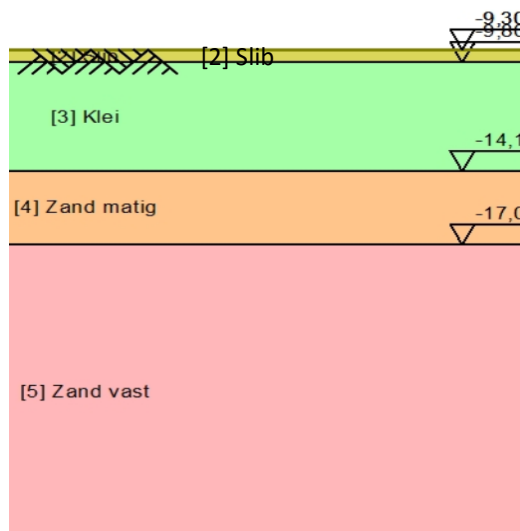


Afbeelding 1 – Locatie van boring en sondering



Tabel 2 – Gelaagdheid grond.

Bereik m -N.A.P.	Grond soort
9,30 – 9,80	Slib
9,80 – 14,10	Klei
14,10 – 17,00	Matig zand
17,00 +	Stevig zand



Afbeelding 2 – Gelaagdheid grond.

Aan de hand van de sondering en boring is de gelaagdheid zoals in tabel 2 bepaald. Ook is dit schematisch weergegeven in afbeelding 2.

2.5 UITSLUITINGEN PARAMETERS

In de varianten studie worden bepaalde parameters niet meegenomen. Dit zijn:

- Stabiliteit;
- Zetting;
- Refractie;
- Shoaling;
- Reflectie;
- Krachten ten gevolg van kruiend ijs (wordt op afgewogen in het MCA);
- Krachten ten gevolg van stroming;

Een deel zal worden meegenomen in het definitieve ontwerp.

3. UITSLUITEN VARIANTEN

Er is een grote diversiteit wat golfbrekertypes betreft. Bij voorhand kunnen er een aantal varianten worden uitgesloten.

Caisson

De Rock Manual [3] geeft aan dat een caisson over het algemeen pas economisch wordt wanneer de waterdiepte groter wordt dan 15 meter. Het diepste punt van de golfbreker is 9,8 meter onder N.A.P.. Alle caisson varianten worden dan ook uitgesloten.

Composiet golfbreker

Een composiet golfbreker komt sterk overeen met een caisson. Een composiet golfbreker is een caisson met als berm betonnen elementen. Een composiet golfbreker kan ook een caisson zijn met een toevoeging. Het kan een golfkamer hebben om de golven te reduceren of een bestaat uit verschillende lagen. Deze golfbreker is economisch bij een grote golfhoogte en grote waterdiepte. De grootste golven van 1/100 jaar tegen de golfbreker is relatief klein met 1,5 meter. Alle composiet golfbreker varianten worden dan ook uitgesloten.

Palen golfbreker

Een palen golfbreker reduceert de golfhoogte. Een palen golfbreker kan bestaan uit 1 rij of meerdere rijen om de golfhoogte te reduceren. Echter zal de golfhoogte door een palenreeks niet voldoende worden gereduceerd om de transmissie naar 10% te krijgen. Een palen golfbreker wordt daarom ook uitgesloten.

Curtain wall golfbreker

Een curtain wall golfbreker bestaat uit palen met aan de bovenkant een scherm. Er is alleen aan de bovenkant een scherm aanwezig, het verschil met een damwand is dat de dynamische krachten niet te groot worden, doordat het water onder het scherm door kan bewegen. Echter is de verwachting dat er niet kan worden voldaan aan 10% transmissie doormiddel van een curtain wall golfbreker. Deze verwachting is gebaseerd op het feit dat er onder het scherm nog een deel van de golf door kan en daardoor een te grote transmissie zal optreden. Een curtain wall golfbreker wordt daarom ook uitgesloten.

Damwand golfbreker zonder berm

Bij de varianten is ook een damwand golfbreker met berm meegenomen, echter niet zonder berm. De verwachting is dat de dynamische krachten zodanig groot worden op de damwand, dat de levensduur van 50 jaar niet zal worden gehaald. De grond waarin een damwand is aangebracht is slecht bestand tegen dynamische belastingen. Dit si te vergelijken met een verkeersbord waar veel wind op staat, het verkeersbord zal niet vervormen door de wind maar de grond zal steeds losser komen te zitten, waardoor uiteindelijk het verkeersbord op de grond komt te liggen. Een damwand golfbreker zonder berm wordt ook uitgesloten.

Pneumatische golfbreker

Een pneumatische golfbreker is een "golfbreker" die werkt op lucht. Er worden lucht in het water geblazen. Deze luchtballen reduceren de golfhoogte. Deze golfbreker is alleen effectief voor golven met een kleine golflengte. Ook verbeterd de golfbreker de waterkwaliteit. Echter zal deze golfbreker na verwachting niet kunnen voldoen aan een transmissie van 10%. Daarom wordt een pneumatische golfbreker uitgesloten.

Betonnen golfbreker

Een betonnen golfbreker lijkt op een stortstenen golfbreker. Echter is het stortsteen vervangen door beton. De verwachting is dat stortsteen goedkoper is dan beton. Ook zijn stortstenen makkelijker aan te brengen en te leveren. Daarom wordt een betonnen golfbreker uitgesloten.

4. VARIANT STORTSTENEN

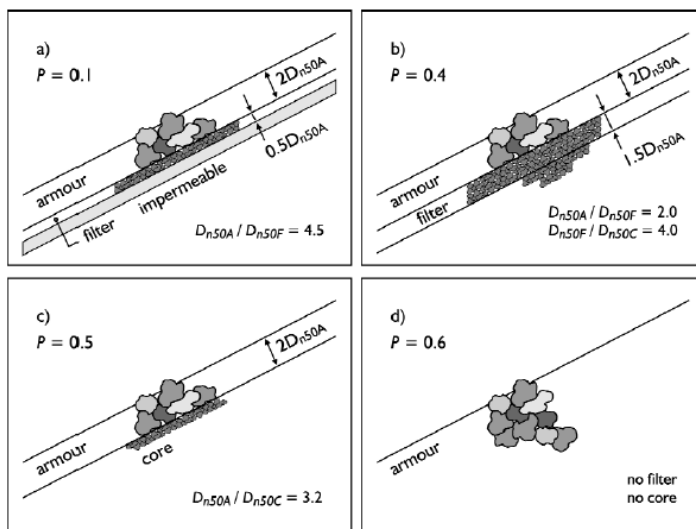
In dit hoofdstuk worden twee stortstenen varianten behandeld. Een variant is met een filter laag en kern en de andere variant is zonder een filter laag en kern. Vervolgens zal er worden bepaald wat de dimensies zijn van beide stortstenen golfbreker. Aan de hand van de dimensies kan er worden bepaald wat de kosten zullen worden van beide varianten. De kosten is een van de belangrijkste punten in het Multi Criteria Analyse.

4.1 STORTSTENEN GOLFBREKER MET FILTER EN KERN

Deze variant bestaat uit een stortstenen golfbreker met een filter laag onder de primaire stortstenen laag. Ook is er een kern aanwezig met een fijne gradering (grind of zand). De stortstenen golfbreker wordt vaak gezien als de goedkoopste type golfbreker. Deze golfbreker is makkelijk aan te brengen en de materialen zijn ook relatief goedkoop. Het verschil met deze variant en de variant zonder filter laag en kern, is de permeabilty. De filter laag en de kern zorgen ervoor dat een golf zich moeilijker door een golfbreker kan bewegen.

4.1.1 UITGANGSPUNTEN

Een van de belangrijkste parameters van een stortstenen golfbreker is de permeability. De permeability moet worden geschat doormiddel van afbeelding 3. De permeability van de stortstenen golfbreker wordt geschat op 0,2. Een permeability van 0,2 ligt dichtter tegen de on-penetreerbare kern dan tegen die van een filter laag. Dit is gedaan om veiliger te zitten dan voor $P = 0,4$, want een lagere permeability resulteert in een hogere vereiste nominale steendiameter.



Afbeelding 3 – Notional Permeability. Bron [3]

Uitleg – Notional Permeability Factor

De P hangt af van de mate waarin de golven door de golfbreker kunnen bewegen.

A: Dit is een golfbreker waarbij de bovenstelaag bestaat uit 2 maal de gemiddelde steen diameter, met daaronder een filterlaag en daaronder een grondkerend materiaal zoals geotextiel.

B: Dit is een golfbreker met een bovenstelaag, filter laag en daaronder een kern van (grof) grind.

C: Dit is een golfbreker waarbij onder de bovenste laag een zeer grove kern aanwezig is.

D: Dit is een golfbreker waarbij de gehele golfbreker bestaat uit de zelfde soort steen.

Resultaat: Notional Permeability factor (P) = 0,2

Plunging factor	C_{pl}	6,20	[-]
Surging factor	C_s	1,00	[-]

4.1.2 BEPALEN OPTIMALE DIMENSIES

Er is al redelijk veel onderzoek gedaan naar stortstenen golfbrekers. Deze empirische formules kunnen al een goede inzicht geven over “optimale” dimensies. De dimensies zoals de minimale grootte van de stortstenen in de bovenste laag, filter laag, kern en teen kunnen empirisch worden bepaald met daarbij de diktes van de lagen. De hoogte van de kruin dat zal zorgen voor een transmissie van maximaal 10% kan ook worden berekend en de breedte van de kruin. Verder worden ook de diepte van de teen bepaald. Wanneer deze dimensies zijn bepaald, is er genoeg informatie om de golfbreker “optimaal” te dimensioneren volgens empirische formules. De formules worden ingevuld volgens de uitgangspunten aangegeven in hoofdstuk 4.1.1 en hoofdstuk 2.

4.1.2.1 EMPIRISCHE FORMULES

In het bovenstaande stuk is beschreven welke dimensies er moeten worden bepaald om “optimaal” te dimensioneren. Alle formules komen uit de Rock Manual [3]. De eerste formule is die van de nominale steendiameter, aangezien de andere formules afhangen van de nominale steendiameter.

Nominale steendiameter

De Rock Manual stelt dat de formule van de nominale steendiameter afhangt van de type golven. Er zijn twee formules, één voor plunging golven en één voor surging golven. Er kan worden bepaald welke type golf er zal optreden doormiddel van de volgende formules:

$$\xi_m = \frac{\tan a}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{g \cdot T_m^2}}} \quad (1)$$

$$\xi_{cr} = \left(\frac{C_{pl}}{C_s} * P^{0,31} * \sqrt{\tan a} \right)^{\frac{1}{P+0,5}} \quad (2)$$

Wanneer ξ_m kleiner is dan ξ_{cr} , dan zijn de golven plunging. Wanneer ξ_m groter of gelijk aan ξ_{cr} is, dan zijn de golven surging. De formules voor de nominale steendiameter is dan als volgt:

Voorwaarde: Plunging waves ($\xi_m < \xi_{cr}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D n_{50}} = C_{pl} * P^{0,18} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} * \xi_m^{-0,5} \quad (3)$$

Voorwaarde: Surging waves ($\xi_m \geq \xi_{cr}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D n_{50}} = C_s * P^{-0,13} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} * \sqrt{\cot a} \xi_m^P \quad (4)$$

De schade niveau (S_d) kan worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 3 – Schade niveau (S_d). Bron [3]

Slope (cota)	Damage level		
	Start of damage	Intermediate damage	Failure
1,5	2	3 - 5	8
2	2	4 - 6	8
3	2	6 - 9	12
4	3	8 - 12	17
6	3	8 - 12	17

Uitleg – Damage level (S_d)

Tabel 3 geeft aan wat voor een schade getal er moet worden gebruikt. Voor verschillende hellingen ($\cot a$).

Start of damage: Bij dit getal zal er nog net geen schade optreden.

Intermediate damage: In het bereik dat is aangegeven zal er tolereerbare schade ontstaan. Deze zal moeten worden gerepareerd op den duur.

Failure: Voor alle schade getallen hoger dan deze waarde, zal de golfbreker het gaan begeven.

Resultaat: Schade getal (S_d) = 2

De helling van de golfbreker is 1:1,5. Bij een storm van 1/100 jaar mag er schade op treden. Echter voor de veiligheid wordt er gerekend met een minimale schade van $S_d=2$.

Kruin hoogte en breedte

De kruinhoogte (R_c) wordt bepaald doormiddel van de transmissie over en door de golfbreker. Er is bekend dat de transmissie maximaal 0,1 mag zijn. De breedte van de kruin zal volgens de vuistregel 3 maal de nominale steendiameter zijn. Dit is de kleinst mogelijke breedte, de verwachting is dat dit zal leiden in het meest economische ontwerp. De formule voor de transmissie door en over een golfbreker, bij een smalle kruin ($B/H_s < 10$) is:

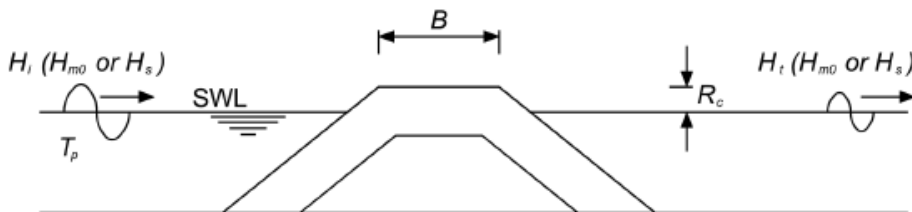
$$\begin{aligned} \text{Voorwaarde: } Ct, \max &= 0,05 < -0,006 * \frac{B}{H_s} + 0,9 < 0,9 \\ Ct &= (-0,4 * (\frac{R_c}{H_s}) + 0,64 * (\frac{B}{H_s})^{-0,31} * (1 - \text{Exp}[-0,5 * \xi_m])) \end{aligned} \quad (5)$$

De transmissie is 0,1, oftewel dit zal kleiner zijn dan de maximale transmissie.

De formule kan worden herschreven zodat de kruinhoogte (R_c) kan worden bepaald. Ook is de breedte een functie van de nominale steendiameter. De formule wordt dan als volgt:

$$\begin{aligned} \text{Voorwaarde: } Ct, \max &= 0,05 < -0,006 * \frac{B}{H_s} + 0,9 < 0,9 \\ R_c &= -2,5 * \left(Ct - 0,64 * \left(\frac{3 * D_{n50}}{H_s} \right)^{-0,31} * (1 - \text{Exp}[-0,5 * \xi_m]) \right) * H_s \end{aligned} \quad (6)$$

De transmissie is ook weergegeven in afbeelding 4.



Afbeelding 4 – Transmissie door stortstenen golfbreker. Bron [3]

Dit zijn de belangrijkste empirische formules om een aantal dimensies te bepalen. Verder worden ook een aantal andere dimensies bepaald doormiddel van tabellen en figuren.

4.1.2.2 BEPALEN DIMENSIES

Het grootste deel van de formules zijn bekend. Deze kunnen nu worden ingevuld volgens de uitgangspunten. Als eerst wordt de nominale steendiameter bepaald voor de bovenste laag en ook voor de overige lagen

Nominale steendiameter

De belangrijkste steendiameter is die van de bovenste laag. Van deze laag hangt de diameter af van kern en filter laag. Echter moet er eerst worden bepaald welk type golven tegen de golfbreker slaan.

Bepalen golftype:

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{9,81 \cdot T_m^2}}} \quad (1)$$

Resultaat: $\xi_m = \frac{\frac{1}{1,5}}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot 1,5}{9,81 \cdot 4,33^2}}} = 2,95$ (1-I)

$$\xi_{cr} = \left(\frac{C_{pl}}{C_s} \cdot P^{0,31} \cdot \sqrt{\tan \alpha} \right)^{\frac{1}{P+0,5}} \quad (2)$$

Resultaat: $\xi_{cr} = \left(\frac{6,2}{1} \cdot 0,2^{0,31} \cdot \sqrt{\frac{1}{1,5}} \right)^{\frac{1}{0,2+0,5}} = 4,97$ (2-I)

De $\xi_m < \xi_{cr}$, dus de golven zijn plunging.

Bovenste laag:

De nominale steendiameter moet worden bepaald voor plunging golven, dus moet er gebruikt worden gemaakt van de formule voor plunging golven:

$$\frac{H_s}{\Delta Dn_{50}} = C_{pl} \cdot P^{0,18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5} \quad (3)$$

Resultaat: $\frac{1,5}{\left(\frac{2650-1000}{1000} \right) Dn_{50}} = 6,2 \cdot 0,2^{0,18} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{6651}} \right)^{0,2} \cdot 2,95^{-0,5}$ (3-I)

$Dn_{50} = 0,706$ meter

$Dn_{50} = \frac{1,5}{1,65 \cdot 6,2 \cdot 0,2^{0,18} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{6651}} \right)^{0,2} \cdot 2,95^{-0,5}} = 0,706 \text{ m}$

Filter laag:

De Rock Manual geeft aan dat de massa van de filter laag tussen de 10 á 15 keer lichter mag zijn dan de stenen van de bovenste laag. Oftewel een nominale diameter mag een factor 2,2 á 2,5 keer minder lang zijn. De nominale steendiameter van de filter laag is dan:

$$Dn_{50f} = \frac{Dn_{50}}{f} \quad (3-II)$$

Resultaat: $Dn_{50f} = \frac{0,706}{2,5} = 0,283$ (3-II)

$Dn_{50f} = 0,283$ meter

Kern:

De Rock Manual geeft aan dat de massa van de kern tussen de 10 á 15 keer lichter mag zijn dan de stenen van de filter laag. Oftewel een nominale diameter mag een factor 2,2 á 2,5 keer minder lang zijn. De nominale steen diameter van de kern is dan:

$$Dn_{50k} = \frac{Dn_{50f}}{f} \quad (3 - III)$$

Resultaat:
 $Dn_{50k} = 0,283 \text{ meter} \quad Dn_{50k} = \frac{0,283}{2,5} = 0,113$ (3- III)

Teen:

De Rock Manual geeft aan dat er een verhouding is tussen de golfhoogte en diepte van de teen. Deze verhouding is weergegeven in de naast gelegen tabel 4. De waterdiepte van de teen wordt gesteld op -5 m N.A.P.. Op deze diepte is aangenomen dat er geen zand meer zal wegspoelen onder de teen ten gevolgen van de golven. De nominale steendiameter is de teen zal dan zijn:

Tabel 4 – Stabiliteit van de teen bescherming. Bron [3]

ht/h	Hs/Dn50
0,5	3,3
0,6	4,5
0,7	5,4
0,8	6,5

$$\frac{h_t}{h} = x \rightarrow \frac{Hs}{\Delta \cdot Dn_{50t}} \quad (3 - IV)$$

Resultaat:
 $Dn_{50t} = 0,276 \text{ meter} \quad \frac{5}{9,8} = 0,5 \rightarrow \frac{1,5}{1,65 \cdot Dn_{50t}} = 3,3$ (3- IV)

$$Dn_{50t} = \frac{1,5}{1,65 \cdot 3,3} = 0,276 \text{ m} \quad (3- IV)$$

Verder geeft de Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering [2] aan dat breedte van de teen over het algemeen 3,3 maal de nominale steendiameter is. Oftewel een breedte van $0,276 \cdot 3,3 = 0,92$ meter.

Laag diktes:

De formule voor de laagdikte is:

$$t = n \cdot kt \cdot Dn_{50} \quad (7)$$

Tabel 5 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit. Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50	Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 5 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLC) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:
 $kt = 0,87$
 $nv = 35\%$

De laagdiktes zijn dan als volgt:

$$t = n * kt * Dn_{50} \quad (7)$$

Resultaat: $t_a = 2 * 0,87 * 0,706 = 1,23 \text{ m}$

$t_a = 1,23 \text{ m}$ $t_f = 2 * 0,87 * 0,283 = 0,49 \text{ m}$

$t_a = 0,49 \text{ m}$

$t_a = 0,48 \text{ m}$ $t_t = 2 * 0,87 * 0,276 = 0,48 \text{ m}$

(7-1)

Kruin dimensies:

De formule van de kruin is bekend. De breedte van de kruin is 3 maal de steendiameter. De hoogte moet ervoor zorgen dat er maximaal een transmissie van 0,1 is. Er mag een hogere transmissie optreden wanneer de downtime al is bereikt. Zoals beschreven in hoofdstuk 2 zal de golfhoogte dan 0,9 meter zijn en de periode 3,82 seconden. De hoogte van de kruin is dan:

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{1,5}}{\sqrt{\frac{2 * \pi * 0,9}{9,81 * 3,82^2}}} = 3,35 \quad (1)$$

Resultaat: $\xi_m = \frac{\frac{1}{1,5}}{\sqrt{\frac{2 * \pi * 0,9}{9,81 * 3,82^2}}} = 3,35$

$\xi_m = 2,95$

(1-1)

$$R_c = -2.5 * \left(Ct - 0.64 * \left(\frac{3 * Dn_{50}}{H_s} \right)^{-0.31} * (1 - \text{Exp}[-0.5 * \xi_p]) \right) * H_s \quad (6)$$

Resultaat: $R_c = -2.5 * \left(0,1 - 0.64 * \left(\frac{3 * 0,706}{0,9} \right)^{-0.31} * (1 - \text{Exp}[-0.5 * 3,35]) \right) * 0,9 = 0,673 \text{ meter}$

$R_c = 0,673$
meter

(6-1)

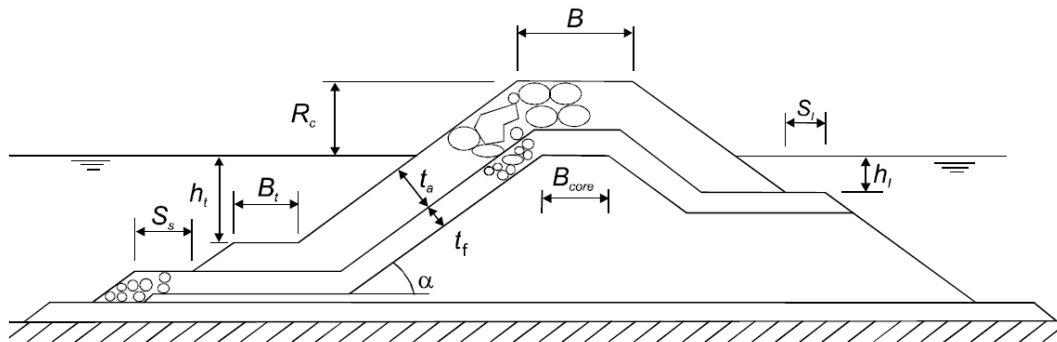
De kruin heeft een hoogte van 0,673 meter boven N.A.P. en een breedte van $3 * 0,706 = 2,12$ meter.

Schouder:

De laatste dimensies die worden bepaald is de breedte van de schouder. De schouder is een uitloper van de filter laag. Manual of the use of rock in coastal and shoreline engineering [2] geeft aan dat een breedte van 2 meter aan de IJsselmeer kant voldoende is en aan de Lee kant is 0,5 maal de laag dikte van de filter laag voldoende. Oftewel $0,5 * 0,49 = 0,25$ meter.

4.1.3 SAMENVATTING DIMENSIES

Alle dimensies uit afbeelding 5 zijn berekend in hoofdstuk 4.1.2.



Afbeelding 5 – Dimensies stortstenen golfbreker. Bron [3]

Nominale steendiameter armour laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen armour laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filter laag	Dn _{50f}	0,283	[meter]
Gewicht steen filter laag	W _{50f}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen laag	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen laag	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern laag	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern laag	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Kruinhoogte	R _c	0,673	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Teenbreedte	B _t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Armour laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filter laag dikte	t _u	0,49	[meter]
Teen laag dikte	t _a	0,48	[meter]
Diepte teen zeekant	h _t	-5,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte teen leekant	h _l	-3,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S _s	2,00	[meter]
Schouderbreedte leekant	S _l	0,25	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

4.1.4 HOEVEELHEID BENODIGD MATERIAAL

De hoeveelheid benodigd materiaal en gradering wordt bepaald door de volgende formules uit de Rock Manual [2]:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Hierin is de A de oppervlakte van de laag. Omdat er per strekkende meter het materiaal moet worden bepaald, is de oppervlakte gelijk aan de lengte van de laag. De parameters kt en nv kunnen worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 6 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit.
Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50	Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 6 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLC) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:

kt = 0,87

nv = 35%

Alle lagen bestaan uit 2 lagen van de double standard irregular rock.

Bovenste laag

De lengte van de bovenste laag is 18,35 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 18,35 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 29 \text{ stenen}/m^{-1}$

29 stenen / m-1

27,04 ton / m-1 $Gewicht = 29 * \frac{932,5}{1000} = 27,04 \text{ ton}/m^{-1}$ (8- I)

Filter laag

De lengte van de filter laag is 20,87 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 20,87 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 83 \text{ stenen}/m^{-1}$

83 stenen / m-1

4,98 ton / m-1 $Gewicht = 83 * \frac{60,06}{1000} = 4,98 \text{ ton}$ (8- II)

Teen

De lengte van de teen is 2,68 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 2,68 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,276} = 11 \text{ stenen} / m^{-1}$

11 stenen / m-1

0,61 ton / m-1 $Gewicht = 11 * \frac{55,72}{1000} = 0,61 \text{ ton}$ (8- III)

Kern

De kern heeft een oppervlakte van 163,5 m². Per strekkende meter is dit 163,5 m³. De porositeit is 35%, dit houdt in dat het gewicht aan stenen per strekkende meter 163,5 * (1 – 0,35) * 2,65 = 281,63 ton

4.1.5 GRADERING

Van het gewicht van de steen moet worden bepaald welke gradering er geschikt is voor de betreffende steen. Dit kan worden bepaald door de volgende tabel:

Tabel 7 – Gradering stortsteen. Bron [3]

	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
Heavy	10.000-15.000	6500	10.000	15.000	22.500	12.000	13.000
	6000-10.000	4000	6000	10.000	15.000	7500	8500
	3000-6000	2000	3000	6000	9000	4200	4800
	1000-3000	700	1000	3000	4500	1700	2100
	300-1000	200	300	1000	1500	540	690
	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
Light	60-300	30	60	300	450	120	190
	10-60	2	10	60	120	20	35
	40-200	15	40	200	300	80	120
	5-40	1,5	5	40	80	10	20
	15-300	3	15	300	450	45	135
	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	< 50% mm	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg		
Coarse	45/125	22,4	45	125	180	63	
	63/180	31,5	63	180	250	90	
	90/250	45	90	250	360	125	
	45/180	22,4	45	180	250	63	
	90/180	45	90	180	250	NA	

Uitleg – Gradering stortsteen

De tabel geeft aan welke klasse stortsteen er moet gebruikt worden voor een bepaalde nominale steendiameter.

In de rij van Passing requirement, wordt er aangegeven welke stenen er door een zeef gaan bij en de percentage van de stenen.

Verder wordt er bij de M een bereik gegeven, namelijk de lower en upper limit. Dit geeft aan welke stenen de kleinste en welke de grootste zullen zijn in een gradering.

In de tabel Coarse is het bereik niet uitgedrukt in kilogrammen maar in milimeters. begeben.

Bovenste laag:

De stenen van de bovenste laag hebben een gemiddelde gewicht van 932 kilogram. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 1000-3000 kg.

Filter laag:

De stenen van de filter laag hebben een gemiddelde gewicht van 60 kilogram. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 60-300 kg.

Teen:

De stenen van de teen hebben een gemiddelde gewicht van 56 kilogram. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 60-300 kg.

Kern:

De stenen van de kern hebben een gemiddelde lengte van 110 mm. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 45/180 nodig.

4.1.6 KOSTEN

De kosten in dit hoofdstuk zijn geleverd door een extern baggerbedrijf. Deze kosten geven een goede indicatie van de verwachte kosten voor een golfbreker. De hoeveelheden zijn bekend, dus de prijs per strekkende meter golfbreker kan worden bepaald. De kosten per eenheid is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 8 – Kosten materieel

Onderdeel	Kosten (euro)	eenheid
Stortsteen 60 - 300 kg	22,5	per ton
Stortsteen 300 - 1000 kg	25	per ton
Stortsteen 1000 - 3000 kg	27,5	per ton
Quarry-run 45/180	17,5	per ton
Zand (schoon)	7,5	per m ³
Zand (secundair)	5	per m ³
Geotextiel	1	per m ²
Geolon 200 PP	8,75	per m ²

Deze kosten zijn inclusief manuren. De kosten worden dan als volgt:

Tabel 9 – Kosten variant 1.

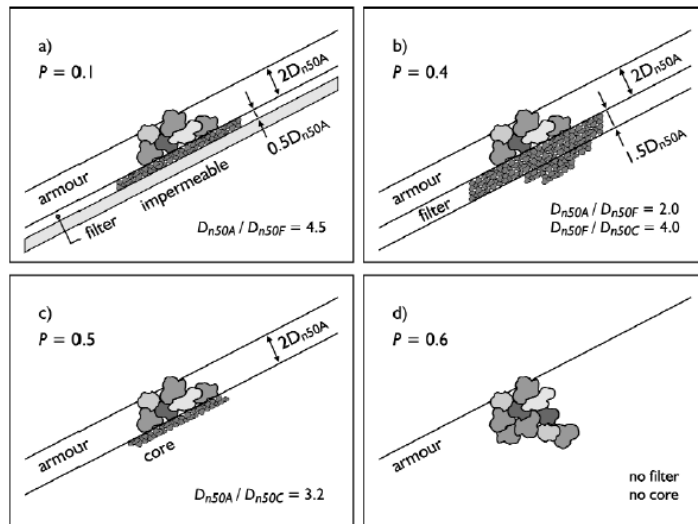
Onderdeel	Prijs / eenheid	Hoeveelheid	Prijs
Bovenste laag	27,5	27,04	743,60
Filter laag	22,5	4,98	112,05
Kern	17,5	281,63	4928,53
Teen	22,5	0,613	13,79
Totaal			€5797,98

4.2 STORTSTENEN GOLFBREKER MET FILTER EN KERN

Deze variant is een golfbreker die bestaat in zijn geheel uit stortstenen. Deze variant is makkelijker aan te leggen, echter is deze variant vaak duurder dan een variant met een kern en filter laag. In grote lijnen zijn de berekeningen het zelfde voor deze variant.

4.1.1 UITGANGSPUNTEN

De permeability van de variant zonder golfbreker wordt geschat op 0,6. Er is geen filter laag en kern aanwezig.



Afbeelding 6 – Notional Permeability. Bron [3]

Uitleg – Notional Permeability Factor

De P hangt af van de mate waarin de golven door de golfbreker kunnen bewegen.

A: Dit is een golfbreker waarbij de bovenstelaag bestaat uit 2 maal de gemiddelde steen diameter, met daaronder een filterlaag en daaronder een grondkerend materiaal zoals geotextiel.

B: Dit is een golfbreker met een bovenstelaag, filter laag en daaronder een kern van (grof) grind.

C: Dit is een golfbreker waarbij onder de bovenste laag een zeer grove kern aanwezig is.

D: Dit is een golfbreker waarbij de gehele golfbreker bestaat uit de zelfde soort steen.

Resultaat: Notional Permeability factor (P) = 0,6

Plunging factor	C_{pl}	6,20 [-]
Surging factor	C_s	1,00 [-]

4.1.2 BEPALEN OPTIMALE DIMENSIES

Ook voor de type golfbreker van deze variant is al redelijk veel onderzoek gedaan. Deze empirische formules kunnen al een goede inzicht geven over “optimale” dimensies. De dimensies zoals de minimale grootte van de stortstenen in de bovenste laag kan empirisch worden bepaald. De dikte is niet van belang aangezien de gehele golfbreker zal bestaan uit stortstenen. De hoogte van de kruin dat zal zorgen voor een transmissie van maximaal 10% kan ook worden berekend en de breedte van de kruin. Wanneer deze dimensies zijn bepaald, is er genoeg informatie om de golfbreker “optimaal” te dimensioneren volgens empirische formules. De formules worden ingevuld volgens de uitgangspunten aangegeven in hoofdstuk 4.2.1 en hoofdstuk 2.

4.1.2.1 EMPIRISCHE FORMULES

In het bovenstaande stuk is beschreven welke dimensies er moeten worden bepaald om “optimaal” te dimensioneren. Alle formules komen uit de Rock Manual [3]. De eerste formule is die van de nominale steendiameter, aangezien de andere formules afhangen van de nominale steendiameter.

Nominale steendiameter

De Rock Manual stelt dat de formule van de nominale steendiameter afhangt van de type golven. Er zijn twee formules, één voor plunging golven en één voor surging golven. Er kan worden bepaald welke type golf er zal optreden doormiddel van de volgende formules:

$$\xi_m = \frac{\tan a}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{9,81 \cdot T_m^2}}} \quad (9)$$

$$\xi_{cr} = \left(\frac{C_{pl}}{C_s} * P^{0,31} * \sqrt{\tan a} \right)^{\frac{1}{P+0,5}} \quad (10)$$

Wanneer ξ_m kleiner is dan ξ_{cr} , dan zijn de golven plunging. Wanneer ξ_m groter of gelijk aan ξ_{cr} is, dan zijn de golven surging. De formules voor de nominale steendiameter is dan als volgt:

Voorwaarde: *Plunging waves* ($\xi_m < \xi_{cr}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D n_{50}} = C_{pl} * P^{0,18} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} * \xi_m^{-0,5} \quad (11)$$

Voorwaarde: *Surging waves* ($\xi_m \geq \xi_{cr}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D n_{50}} = C_s * P^{-0,13} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} * \sqrt{\cot a} \xi_m^P \quad (12)$$

De schade niveau (S_d) kan worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 10 – Schade niveau (S_d). Bron [3]

Slope (cota)	Damage level		
	Start of damage	Intermediate damage	Failure
1,5	2	3 - 5	8
2	2	4 - 6	8
3	2	6 - 9	12
4	3	8 - 12	17
6	3	8 - 12	17

Uitleg – Damage level (S_d)

Tabel 10 geeft aan wat voor een schade getal er moet worden gebruikt. Voor verschillende hellingen ($\cot a$).

Start of damage: Bij dit getal zal er nog net geen schade optreden.

Intermediate damage: In het bereik dat is aangegeven zal er tolereerbare schade ontstaan. Deze zal moeten worden gerepareerd op den duur.

Failure: Voor alle schade getallen hoger dan deze waarde, zal de golfbreker het gaan begeven.

Resultaat: Schade getal (S_d) = 2

De helling van de golfbreker is 1:1,5. Bij een storm van 1/100 jaar mag er schade op treden. Echter voor de veiligheid wordt er gerekend met een minimale schade van $S_d=2$.

Kruin hoogte en breedte

De kruinhoogte (R_c) wordt bepaald doormiddel van de transmissie over en door de golfbreker. Er is bekend dat de transmissie maximaal 0,1 mag zijn. De breedte van de kruin zal volgens de vuistregel 3 maal de nominale steendiameter zijn. Dit is de kleinst mogelijke breedte, de verwachting is dat dit zal leiden in het meest economische ontwerp. De formule voor de transmissie door en over een golfbreker, bij een smalle kruin ($B/H_s < 10$) is:

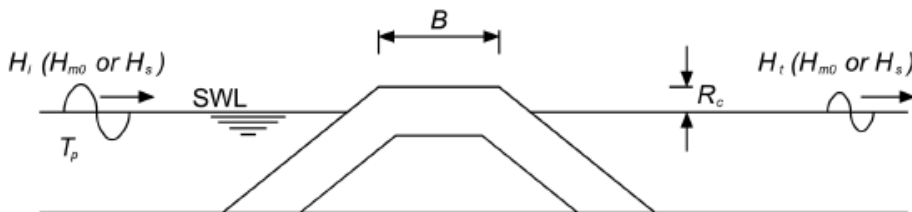
$$\begin{aligned} \text{Voorwaarde: } Ct, \max &= 0,05 < -0,006 * \frac{B}{H_s} + 0,9 < 0,9 \\ Ct &= (-0,4 * (\frac{R_c}{H_s}) + 0,64 * (\frac{B}{H_s})^{-0,31} * (1 - \text{Exp}[-0,5 * \xi_m])) \end{aligned} \quad (13)$$

De transmissie is 0,1, oftewel dit zal kleiner zijn dan de maximale transmissie.

De formule kan worden herschreven zodat de kruinhoogte (R_c) kan worden bepaald. Ook is de breedte een functie van de nominale steendiameter. De formule wordt dan als volgt:

$$\begin{aligned} \text{Voorwaarde: } Ct, \max &= 0,05 < -0,006 * \frac{B}{H_s} + 0,9 < 0,9 \\ R_c &= -2,5 * \left(Ct - 0,64 * \left(\frac{3 * D_{n50}}{H_s} \right)^{-0,31} * (1 - \text{Exp}[-0,5 * \xi_p]) \right) * H_s \end{aligned} \quad (14)$$

De transmissie is ook weergegeven in afbeelding 7.



Afbeelding 7 – Transmissie door stortstenen golfbreker. Bron [3]

Dit zijn de belangrijkste empirische formules om een aantal dimensies te bepalen. Verder worden ook een aantal andere dimensies bepaald doormiddel van tabellen en figuren.

4.1.2.2 BEPALEN DIMENSIES

Het grootste deel van de formules zijn bekend. Deze kunnen nu worden ingevuld volgens de uitgangspunten. Als eerst wordt de nominale steendiameter bepaald voor de bovenste laag en ook voor de overige lagen

Nominale steendiameter

De belangrijkste steendiameter is die van de bovenste laag. Van deze laag hangt de diameter af van kern en filter laag. Echter moet er eerst worden bepaald welk type golven tegen de golfbreker slaan.

Bepalen golftype:

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{9,81 \cdot T_m^2}}} \quad (1)$$

Resultaat: $\xi_m = \frac{\frac{1}{1,5}}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot 1,5}{9,81 \cdot 4,33^2}}} = 2,95$ (1-I)

$$\xi_{cr} = \left(\frac{C_{pl}}{C_s} \cdot P^{0,31} \cdot \sqrt{\tan \alpha} \right)^{\frac{1}{P+0,5}} \quad (2)$$

Resultaat: $\xi_{cr} = \left(\frac{6,2}{1} \cdot 0,6^{0,31} \cdot \sqrt{\frac{1}{1,5}} \right)^{\frac{1}{0,6+0,5}} = 3,78$ (2-I)

De $\xi_m < \xi_{cr}$, dus de golven zijn plunging.

Bovenste laag:

De nominale steendiameter moet worden bepaald voor plunging golven, dus moet er gebruikt worden gemaakt van de formule voor plunging golven:

$$\frac{H_s}{\Delta D n_{50}} = C_{pl} \cdot P^{0,18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5} \quad (3)$$

Resultaat: $D n_{50} = 0,508$ meter (3-I)

$$D n_{50} = \frac{1,5}{1,65 \cdot 6,2 \cdot 0,6^{0,18} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{6651}} \right)^{0,2} \cdot 2,95^{-0,5}} = 0,580 \text{ m}$$

Kruin dimensies:

De formule van de kruin is bekend. De breedte van de kruin is 3 maal de steendiameter. De hoogte moet ervoor zorgen dat er maximaal een transmissie van 0,1 is. Er mag een hogere transmissie optreden wanneer de downtime al is bereikt. Zoals beschreven in hoofdstuk 2 zal de golfhoogte dan 0,9 meter zijn en de periode 3,82 seconden. De hoogte van de kruin is dan:

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{1,5}}{\sqrt{\frac{2 * \pi * 0,9}{9,81 * 3,82^2}}} = 3,35 \quad (1)$$

Resultaat: $\xi_m = 2,95$	$\xi_m = \frac{\frac{1}{1,5}}{\sqrt{\frac{2 * \pi * 0,9}{9,81 * 3,82^2}}} = 3,35$	(1-1)
-------------------------------------	---	-------

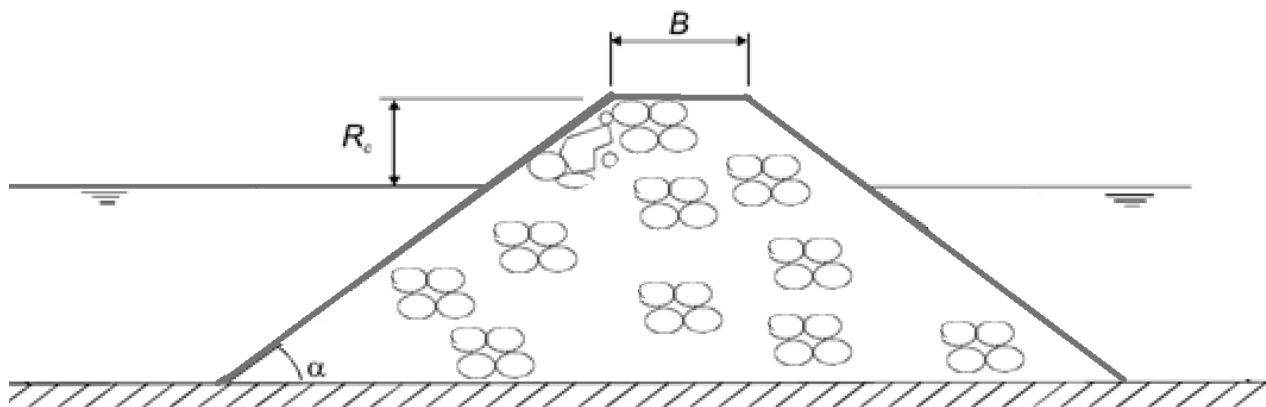
$$R_c = -2.5 * \left(C_t - 0.64 * \left(\frac{3 * Dn_{50}}{H_s} \right)^{-0.31} * (1 - \text{Exp}[-0.5 * \xi_p]) \right) * H_s \quad (6)$$

Resultaat: $R_c = 0,673$ meter	$R_c = -2.5 * \left(0,1 - 0.64 * \left(\frac{3 * 0,580}{0,9} \right)^{-0.31} * (1 - \text{Exp}[-0.5 * 3,35]) \right) * 0,9 = 0,729 \text{ meter}$	(6-1)
---	---	-------

De kruin heeft een hoogte van 0,729 meter boven N.A.P. en een breedte van $3 * 0,580 = 1,74$ meter.

4.1.3 SAMENVATTING DIMENSIES

Alle dimensies uit afbeelding 8 zijn berekend in hoofdstuk 4.1.2.



Afbeelding 8 – Dimensies stortstenen golfbreker. Bron [3]

Nominale steendiameter armour laag	D_{n50a}	0,580	[meter]
Gewicht steen armour laag	W_{50a}	517,05	[kilogram]
Kruinhoogte	R_c	0,729	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	1,74	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

4.1.4 HOEVEELHEID BENODIGD MATERIAAL

De hoeveelheid benodigd materiaal wordt bepaald door de volgende formules uit de Rock Manual [2]:

$$Vr = Acs * L * (1 - nv)$$

(15)

Hierin is de Acs de oppervlakte van de dwarsdoorsnede. De L is de lengte van de golfbreker. Omdat er per strekkende meter het materiaal moet worden bepaald, is de lengte 1 meter. De parameter nv kan worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 11 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit.
Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50	Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 11 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLC) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:
kt = 0,87
nv = 35%

Alle lagen bestaan uit 2 lagen van de double standard irregular rock.

Kern

De kern heeft een oppervlakte van 184,2 m². Per strekkende meter is dit 184,2 m³. De volume stenen is:

$$Vr = Acs * L * (1 - nv)$$

(15)

Resultaat: $Vr = 184,2 * 1 * (1 - 0,35) = 119,7 \text{ m}^3 \text{ stenen}$

119,7 m³ stenen

$$317,21 \text{ ton} \quad \text{Gewicht} = \frac{119,7 * 2650}{1000} = 317,21 \text{ ton}$$

(15- I)

4.1.5 GRADERING

Van het gewicht van de steen moet worden bepaald welke gradering er geschikt is voor de betreffende steen. Dit kan worden bepaald door de volgende tabel:

Tabel 12 – Gradering stortsteen. Bron [3]

Heavy	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
	10.000-15.000	6500	10.000	15.000	22.500	12.000	13.000
	6000-10.000	4000	6000	10.000	15.000	7500	8500
	3000-6000	2000	3000	6000	9000	4200	4800
	1000-3000	700	1000	3000	4500	1700	2100
Light	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
	60-300	30	60	300	450	120	190
	10-60	2	10	60	120	20	35
	40-200	15	40	200	300	80	120
	5-40	1,5	5	40	80	10	20
Coarse	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	< 50% mm	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg		
	45/125	22,4	45	125	180	63	
	63/180	31,5	63	180	250	90	
	90/250	45	90	250	360	125	
	45/180	22,4	45	180	250	63	
Coarse	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	< 50% mm	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg		
	90/180	45	90	180	250	NA	

Uitleg – Gradering stortsteen

De tabel geeft aan welke klasse stortsteen er moet gebruikt worden voor een bepaalde nominale steendiameter.

In de rij van Passing requirement, wordt er aangegeven welke stenen er door een zeef gaan bij en de percentage van de stenen.

Verder wordt er bij de M een bereik gegeven, namelijk de lower en upper limit. Dit geeft aan welke stenen de kleinste en welke de grootste zullen zijn in een gradering.

In de tabel Coarse is het bereik niet uitgedrukt in kilogrammen maar in milimeters.

Kern:

De stenen van de bovenste laag hebben een gemiddelde gewicht van 517 kilogram. Volgens tabel 12 is de benodigde gradering dan minimaal 300-1000 kg.

4.1.6 KOSTEN

De kosten in dit hoofdstuk zijn geleverd door een extern baggerbedrijf. Deze kosten geven een goede indicatie van de verwachte kosten voor een golfbreker. De hoeveelheden zijn bekend, dus de prijs per strekkende meter golfbreker kan worden bepaald. De kosten per eenheid is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 13 – Kosten materieel

Onderdeel	Kosten (euro)	eenheid
Stortsteen 60 - 300 kg	22,5	per ton
Stortsteen 300 - 1000 kg	25	per ton
Stortsteen 1000 - 3000 kg	27,5	per ton
Quarry-run 45/180	17,5	per ton
Zand (schoon)	7,5	per m ³
Zand (secundair)	5	per m ³
Geotextiel	1	per m ²
Geolon 200 PP	8,75	per m ²

Deze kosten zijn inclusief manuren. De kosten worden dan als volgt:

Tabel 14 – Kosten variant 2.

Onderdeel	Prijs / eenheid	Hoeveelheid	Prijs
Kern	25	317,21	7930,25
Totaal			€7930,25

5. VARIANT DAMWAND

In dit hoofdstuk worden twee damwand varianten behandeld. Een variant is met een damwand met de berm 1 meter onder water en de andere variant is een damwand met de berm 1 meter boven water. Vervolgens zal er worden bepaald wat de dimensies zijn van beide damwand golfbrekers. Aan de hand van de dimensies kan er worden bepaald wat de kosten zullen worden van beide varianten. De kosten is een van de belangrijkste punten in het Multi Criteria Analyse.

5.1 DAMWAND GOLFBREKER MET LAGE BERM

Bij deze variant is de damwand de golfbreker. De berm is op een zodanige hoogte dat een groot deel van de golfenergie al is opgenomen door de berm. De hoogte van de berm is 1 meter –N.A.P.. Deze hoogte is aangenomen om de dynamische golfbelasting zo klein mogelijk te houden. Een damwand is niet goed bestand tegen dynamische belastingen.

5.1.1 EMPIRISCHE FORMULES

Zoals beschreven is bij de uitgangspunten, mag er een transmissie optreden van maximaal 0,1. De helling staat bij alle varianten vast op 1:1,5. Bij deze variant is er een berm aanwezig. De maximale hoogte van de berm is 1 meter – N.A.P.. De laagste waterstand dat 1 keer in het jaar voorkomt is -0,77 meter N.A.P.. Eis 4.13 geeft aan dat de golfbreker niet meer dan 2,5 meter boven de laagste waterstand mag uitsteken. Oftewel de maximale kruinhoogte is $-0,77 + 2,5 = 1,73$ meter +N.A.P.. Als de kruinhoogte hoger moet zijn dan 1,73 m om een transmissie van maximaal 0,1 te garanderen, dan zal er een andere diepte moeten worden gekozen voor de berm.

Uit Rock Manual [3] blijkt dat de transmissie voor een lage kruin kan worden bepaald met de volgende formule:

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \begin{cases} \sqrt{0.25 \left[1 - \sin \frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{R_c}{H_i} + \beta \right) \right]^2 + 0.01 \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right)^2} & \text{for } \beta - \alpha < \frac{R_c}{H_i} < \alpha - \beta \\ 0.1 \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right) & \text{for } \frac{R_c}{H_i} \geq \alpha - \beta \end{cases} \quad (16)$$

In het rapport golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied [12] staat de volgende waarden voor α en β :

Tabel 15 – Waarde voor α en β . Bron [12]

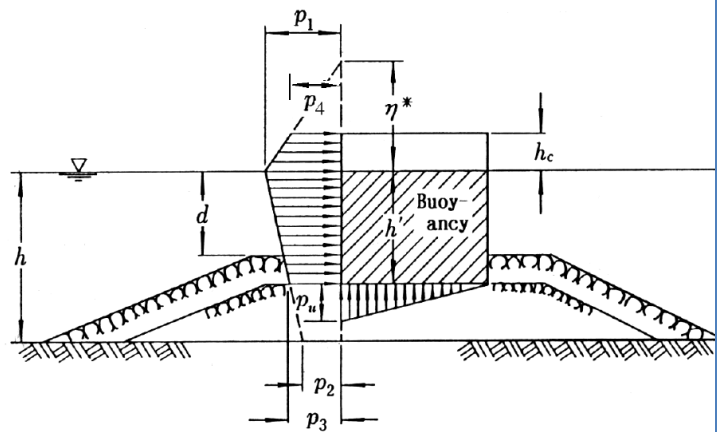
Type havendam	α	β
Caisson	2,2	0,4
Verticale wand	1,8	0,1
(Golfbrekerachtige) dam (helling 1:1,5)	2,6	0,15
Gladde dichte dam met flauwe talud (1:3 - 1:5)	2,4	0,4
Idem, maar met stortstenen kraagstuk	1,6	0,5
Heel breed caisson ($B \gg L_o, p$)	1,8	0,6
Anders	-	-

Uit tabel 15 blijkt dat voor een verticale wand een α van 1,8 en een β van 0,10 geldt. Als eerst moet er worden bepaald welke formule er moet worden gebruikt. De kruinhoogte mag maximaal 1,73 zijn. De benodigde formules hangt af van R_c/H_i . De enige onbekende in de bovenstaande formule is de kruinhoogte (R_c). Wanneer de formule wordt omgebouwd om de kruinhoogte te bepalen zal dit de volgende formule zijn:

$$R_c = H_s \left(\frac{2\alpha \left(-\text{ArcSin} \left[\sqrt{4kt^2 - 0.04 \left(1 - \frac{h'}{hs} \right)^2 - 1} \right] \right)}{\pi} - \beta \right) \quad (16 - I)$$

Er is een berm aanwezig, de berm ligt met 1 meter onder N.A.P. vrijwel altijd onder water. Echter er is een kleine kans aanwezig dat bij de laagste waterstand en de grootste golfhoogte, de stenen niet meer onder water liggen. De stenen mogen dan ook niet worden gereduceerd qua steengrootte volgens een aantal empirische formules voor stenen golfbreker onder water. In deze variant is wordt er gebruik gemaakt van de stenen zoals berekend in hoofdstuk 4.1. Verder moet de druk worden bepaald tegen de damwand. Dit wordt gedaan doormiddel van de formule van Goda (1974) uit [2]:

$$\begin{aligned} \eta^* &= 1,5 * H_d \\ H_d &= 1,8 * H_s \\ P_1 &= (\alpha_1 + \alpha_2) * \rho_w * g * H_d \\ P_2 &= \frac{P_1}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)} \\ P_3 &= \alpha_1 * \alpha_3 * \rho_w * g * H_d \\ P_4 &= \begin{cases} P_1 \left(1 - \frac{h_c}{\eta^*}\right) : \eta^* > h_c \\ 0 : \eta^* \leq h_c \end{cases} \\ \alpha_1 &= 0,6 + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{4\pi h}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi h}{L}\right)} \right) \\ \alpha_2 &= \min \left[\frac{h_b - d}{3 * h_b} * \left(\frac{H_d}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_d} \right] \\ \alpha_3 &= \left(1 - \frac{h'}{h} \right) * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi H}{L}\right)} \right) \\ h_c^* &= \min[\eta^*, h_c] \\ P &= \frac{1}{2} (P_1 + P_3) * h' + \frac{1}{2} (P_1 + P_4) * h_c \end{aligned}$$



(17)

De druk is van belang om het damwand profiel te bepalen.

5.1.2 BEPALEN DIMENSIES

De formules die gebruikt moeten worden zijn bekend. De eerste dimensie die wordt bepaald is de minimaal benodigde kruinhoogte. Oftewel de hoogte van de damwand boven N.A.P.. De hoogte is:

$$R_c = H_s \left(\frac{2A \left(-\text{ArcSin} \left[\sqrt{4kt^2 - 0.04 \left(1 - \frac{hk}{hs} \right)^2} - 1 \right] \right)}{\pi} - B \right) \quad (16)$$

Resultaat:

$$1,09 \text{ m} \quad R_c = 0,9 \left(\frac{2 \cdot 1,8 \left(-\text{ArcSin} \left[\sqrt{4 \cdot 0,1^2 - 0.04 \left(1 - \frac{1}{9,8} \right)^2} - 1 \right] \right)}{\pi} - 0,1 \right) = 1,09 \text{ m} \quad (16 - I)$$

De damwand moet minimaal een hoogte van 1,09 meter boven N.A.P. hebben. De zelfde condities gelden voor de berm als voor de stortstenen golfbreker met filter laag en kern. Alle dimensies op de kruinhoogte en de dimensies van de Lee kant worden gekopieerd van de variant stortstenen golfbreker met filter laag en kern.

5.1.3 BEPALEN KRACHTEN

Doormiddel van Goda worden de dynamische krachten berekend op de damwand.

$H_d = 1,8 * H_s$ $\eta^* = 1,5 * H_d$ $P_1 = (\alpha_1 + \alpha_2) * \rho_w * g * H_d$ $P_2 = \frac{P_1}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$ $P_3 = \alpha_1 * \alpha_3 * \rho_w * g * H_d$ $P_4 = \begin{cases} P_1 \left(1 - \frac{h_c}{\eta^*}\right) : \eta^* > h_c \\ 0 : \eta^* \leq h_c \end{cases}$ $\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{4\pi h}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi h}{L}\right)} \right)$ $\alpha_2 = \min \left[\frac{h_b - d}{3 * h_b} * \left(\frac{H_d}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_d} \right]$ $\alpha_3 = \left(1 - \frac{h'}{h} \right) * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi H}{L}\right)} \right)$ $h_c^* = \min[\eta^*, h_c]$ $P = \frac{1}{2} (P_1 + P_3) * h' + \frac{1}{2} (P_1 + P_4) * h_c$ $M = \frac{1}{6} (2 * P_1 + P_3) h'^2 + \frac{1}{2} (2 * P_1 + P_4) h' h_c^* + \frac{1}{6} (P_1 + 2 * P_4) h_c^{*2}$ $Arm = \frac{M}{P}$	$H_d = 1,8 * 1,5 = 2,7$ $\eta^* = 1,5 * 2,7 = 4,05$ $P_1 = (0,66 + 0,74) * 1000 * 9,81 * 2,7 = 37167$ $P_2 = \frac{37167}{\cosh\left(\frac{2\pi * 9,81}{29,25}\right)} = 8923$ $P_3 = 0,66 * 0,59 * 1000 * 9,81 * 2,7 = 10300$ $P_4 = 4,05 > 1,09 \rightarrow 37167 \left(1 - \frac{1,09}{4,05}\right) = 27127$ $\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{4\pi * 9,8}{29,25}}{\sinh\left(\frac{4\pi * 9,8}{29,25}\right)} \right) 0,66$ $\alpha_2 = \min \left[\frac{9,8 - 1}{3 * 9,8} * \left(\frac{2,7}{1} \right)^2, \frac{2 * 1}{2,7} \right] = 0,74$ $\alpha_3 = \left(1 - \frac{2,23}{9,8} \right) * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi * 9,8}{29,25}\right)} \right) = 0,59$ $h_c^* = \min[\eta^*, h_c] = 1,09$ $P = \frac{1}{2} (37167 + 10300) * 2,23 + \frac{1}{2} (37167 + 27127) * 1,09 = 88098 \text{ N}$ $M = \frac{1}{6} (2 * 37167 + 10300) 2,23^2 + \frac{1}{2} (2 * 37167 + 27127) 2,23 * 1,09 + \frac{1}{6} (37167 + 2 * 27127) 1,09^2 = 166817 \text{ N/mm}$ $Arm = \frac{177817}{88098} = 1,99 \text{ m}$
--	---

(17 - I)

In de D-Sheet berekeningen zijn de stenen geschematiseerd als een kracht boven op de kern. Deze kracht is het gewicht van de stenen per strekkende meter. Deze kracht kan worden bepaald door de hoeveelheid stenen en het gewicht van de steen te bepalen. Er wordt gebruikt gemaakt van de zelfde constructie als in variant 1. De stortstenen van de bovenste laag zijn dus 0,706 m in diameter en wegen 932,5 kg, de filter laag bevat stenen met een diameter van 0,283 m en hebben een gewicht van 60,06 kg. De hoeveelheid stenen per strekkende meter, en het bijbehorende gewicht is:

Bovenste laag

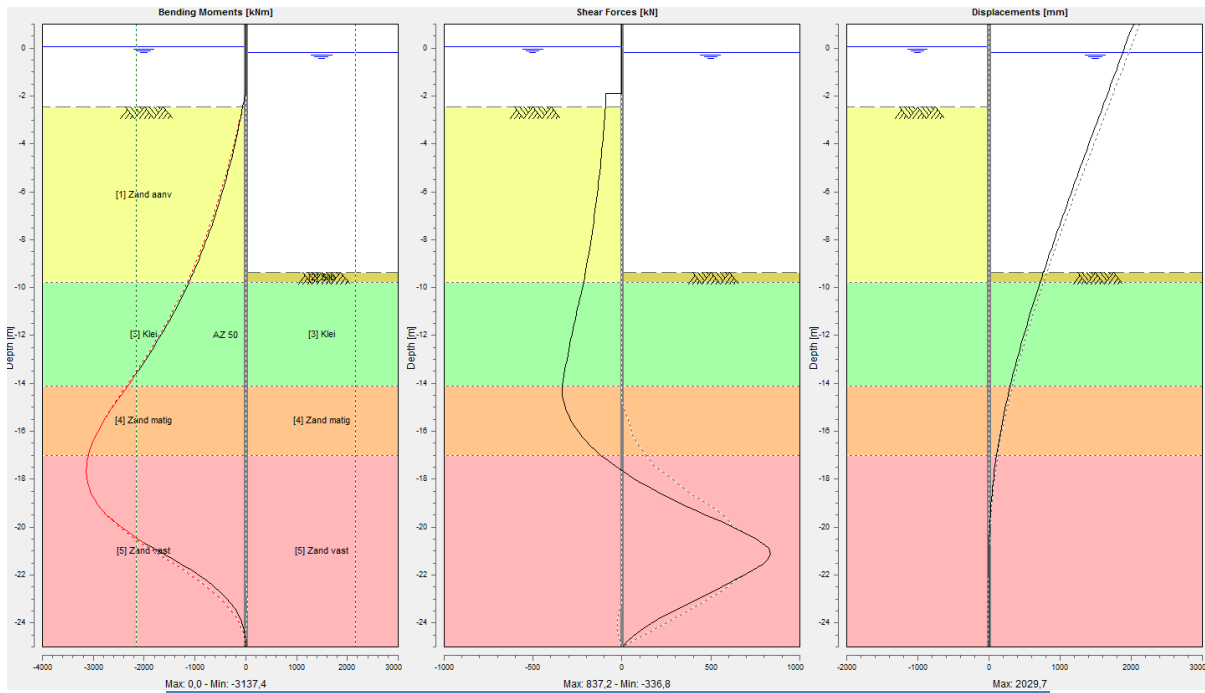
$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}}$	(8)
Resultaat: $Na = 2 * 1,0 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 1,6 \text{ stenen}/m^{-1}$	(8- I)
29 stenen / m-1	
14,9 kN / m-1 $Gewicht = 1,6 * \frac{932,5}{100} = 14,9 \text{ kN}/m^{-1}$	

Filter laag

$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}}$	(8)
Resultaat: $Na = 2 * 1,0 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 4,0 \text{ stenen}/m^{-1}$	(8- II)
4,0 stenen / m-1	
2,4 kN / m-1 $Gewicht = 4,0 * \frac{60,06}{100} = 2,4 \text{ kN}/m^{-1}$	

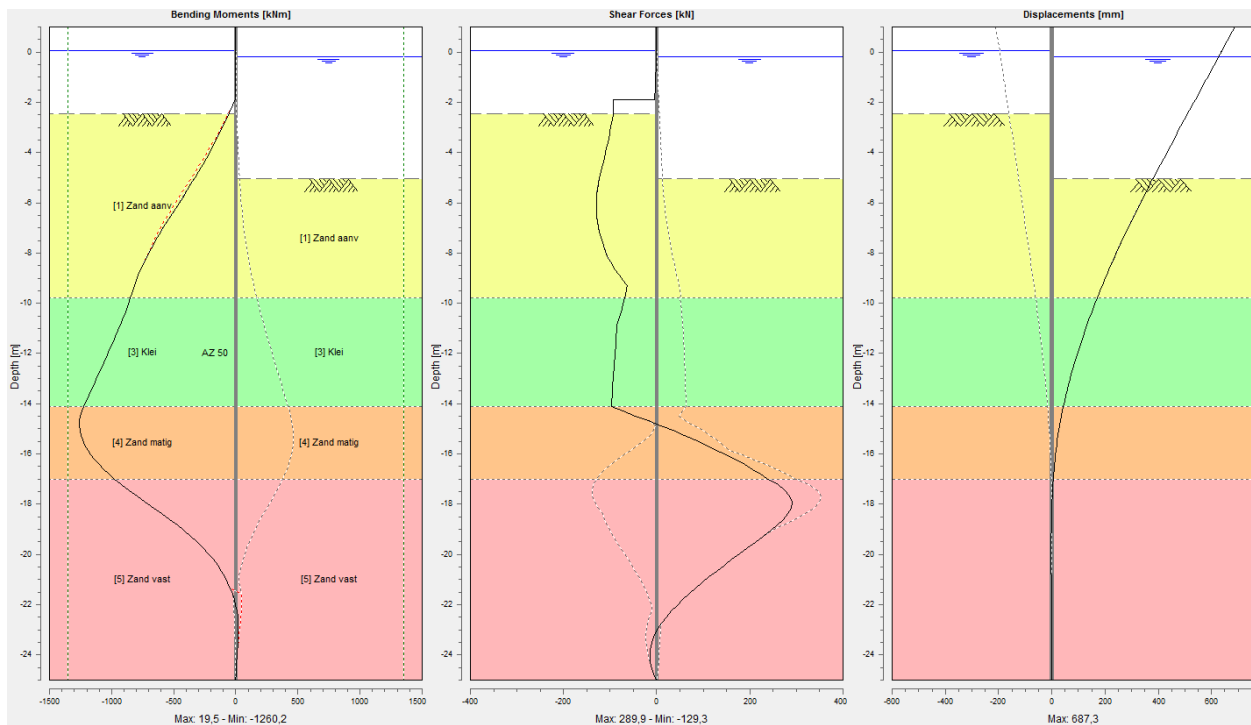
5.1.4 D-SHEET BEREKENINGEN

Doormiddel van D-Sheet Piling kan het damwand profiel snel worden bepaald. Alle krachten, grondlagen en dimensies zijn bekend om een D-Sheet berekeningen te kunnen maken. De resultaten van de D-Sheet berekeningen zijn weergegeven in afbeelding 9. Er moet ongeveer een moment van 2050 kN/m worden opgenomen. Er is geen damwand die dit moment kan opnemen met een staal sterkte van S255. In afbeelding 9 is er gebruik gemaakt van het zwaarste damwand profiel van Arcelor, namelijk de AZ-50. Deze damwand is vervaardigd met staal van de kwaliteit S320. Alleen deze combinatie voldoet aan de eisen. Er kan nu al met vrij grote zekerheid worden gezegd dat dit type damwand te duur is. Er wordt geen gebruik gemaakt van een anker. Dit omdat dit de uitvoerbaarheid en kosten niet ten goede komt. Er wordt voor gekozen om een steunberm aan te brengen, om zo een kleiner damwand profiel mogelijk te maken en ook de kosten te drukken. In bijlage II zijn de input en resultaten verwerkt in een automatisch gegenereerd verslag van D-Sheet. Alleen de resultaten van de maatgevende situatie zijn weergegeven.



Afbeelding 9 – Resultaten D-Sheet berekening. Bijlage II

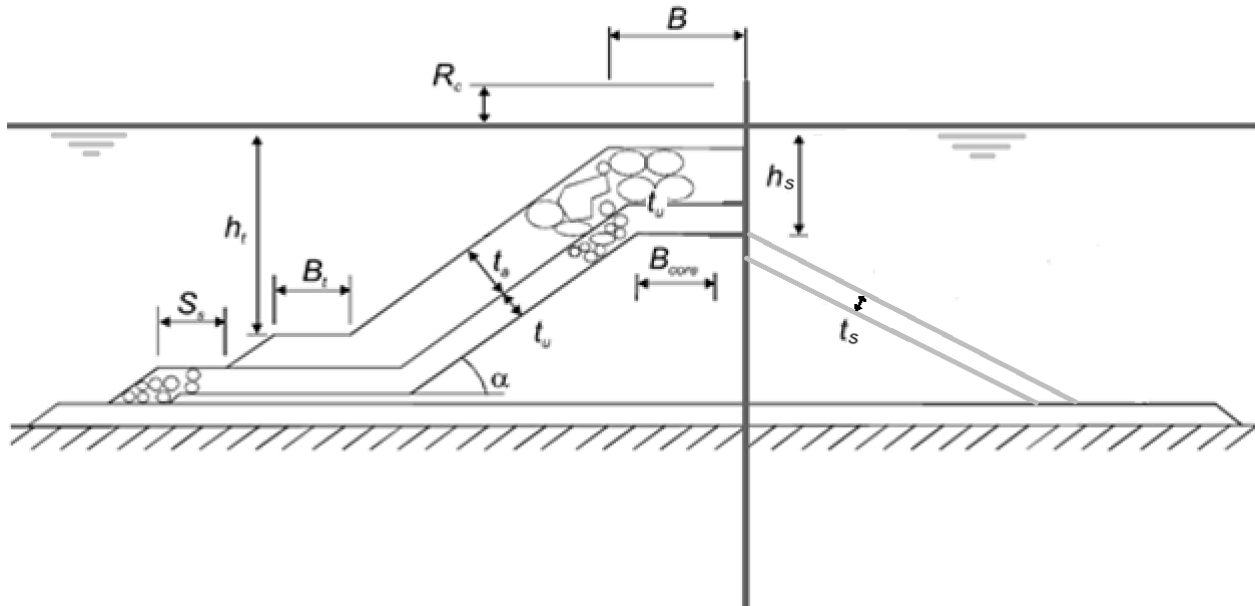
Met een steunberm tot een diepte van -5 meter N.A.P., zal de een AZ-50 damwand voldoen met de staalkwaliteit van S270. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 10 en de in bijlage III. Het is waarschijnlijk dat deze variant niet de beste variant is aangezien er een zwaar damwand profiel nodig is.



Afbeelding 10 – Resultaten D-sheet berekening. Bijlage III

5.1.5 SAMENVATTING DIMENSIES

Alle dimensies uit afbeelding 11 zijn berekend in hoofdstuk 4.1.3.



Afbeelding 11 – Dimensies stortstenen golfbreker. Bron [3]

Nominale steendiameter armour laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen armour laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filter laag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filter laag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen laag	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen laag	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern laag	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern laag	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Damwand profiel	AZ-50	-	[-]
Damwand staal kwaliteit	S	270	[N/mm ²]
Kruinhoogte	Rc	1,09	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Teenbreedte	B _t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Armour laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filter laag dikte	t _u	0,49	[meter]
Teen laag dikte	t _a	0,48	[meter]
Steunberm laag dikte	t _s	0,49	[meter]
Diepte teen zeekant	h _t	-6,50	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte steunberm leekant	h _s	-4,41	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S _s	2,00	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

5.1.6 BENODIGDE MATERIALEN

De hoeveelheid benodigd materiaal en gradering wordt bepaald door de volgende formules uit de Rock Manual [2]:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (18)$$

Hierin is de A de oppervlakte van de laag. Omdat er per strekkende meter het materiaal moet worden bepaald, is de oppervlakte gelijk aan de lengte van de laag. De parameters kt en nv kunnen worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 16 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit.
Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50	Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 16 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLC) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:

kt = 0,87

nv = 35%

Alle lagen bestaan uit 2 lagen van de double standard irregular rock.

Bovenste laag

De lengte van de bovenste laag is 12,04 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 12,04 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 19,3 \text{ stenen}/m^{-1}$

19,3 stenen / m-1

17,99 ton / m-1 $Gewicht = 19,3 * \frac{932,5}{1000} = 17,99 \text{ ton}/m^{-1}$ (8- I)

Filter laag

De lengte van de filter laag is 14,62 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 14,62 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 58,4 \text{ stenen}/m^{-1}$

58,4 stenen / m-1

3,51 ton / m-1 $Gewicht = 58,4 * \frac{60,06}{1000} = 3,51 \text{ ton}$ (8- II)

Teen

De lengte van de teen is 2,68 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}}$		(8)
Resultaat:	$Na = 2 * 2,68 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,276} = 11,0 \text{ stenen} / m^{-1}$	(8- III)
11,0 stenen / m-1		
0,61 ton / m-1	$Gewicht = 11,0 * \frac{55,72}{1000} = 0,61 \text{ ton}$	

Kern

De kern heeft een oppervlakte van 63,45 m². Per strekkende meter is dit 63,45 m³. De porositeit is 35%, dit houdt in dat het gewicht aan stenen per strekkende meter 63,45 * (1 – 0,35) * 2,65 = 109,29 ton

Steunberm

De steunberm heeft een oppervlakte van 17,28 m². Per strekkende meter is dit 17,28 m³. De porositeit is 35%, dit houdt in dat het gewicht aan stenen per strekkende meter 17,28 * (1 – 0,35) * 2,65 = 29,77 ton

De laag boven de kern van de steunberm bestaan uit de zelfde stenen als die van de filter. De lengte van de bovenste laag is 8,65 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}}$		(8)
Resultaat:	$Na = 2 * 8,65 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 34,6 \text{ stenen} / m^{-1}$	(8- IV)
34,6 stenen / m-1		
1,93 ton / m-1	$Gewicht = 34,6 * \frac{55,72}{1000} = 1,93 \text{ ton}$	

Damwand

Voor de damwand is het gewicht en de oppervlakte van belang. De damwand is een AZ-50 profiel dat wordt geleverd door Arcelor. Arcelor geeft aan dat het gewicht per strekkende meter damwand 252,9 kg/m is. Het oppervlakte is 1,63 m²/m. De damwand is 26,09 meter diep. Het gewicht en oppervlakte van de damwand is dan als volgt:

		(8)
Resultaat:	$Gewicht = \frac{252,9 * 26,09}{1000} = 6,60 \text{ ton}$	(8- V)
6,60 ton / m-1		
42,53 m ² / m-1	$Oppervlakte = 1,63 * 26,09 = 42,53 \text{ m}^2$	

5.1.7 KOSTEN

De kosten in dit hoofdstuk zijn geleverd door een extern baggerbedrijf. Deze kosten geven een goede indicatie van de verwachte kosten voor een golfbreker. De hoeveelheden zijn bekend, dus de prijs per strekkende meter golfbreker kan worden bepaald. De kosten per eenheid is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 17 – Kosten materieel.

Onderdeel	Kosten (euro)	eenheid
Stortsteen 60 - 300 kg	22,5	per ton
Stortsteen 300 - 1000 kg	25	per ton
Stortsteen 1000 - 3000 kg	27,5	per ton
Quarry-run 45/180	17,5	per ton
Zand (schoon)	7,5	per m ³
Zand (secundair)	5	per m ³
Geotextiel	1	per m ²
Geolon 200 PP	8,75	per m ²

Deze kosten zijn inclusief manuren. Verder is er voor het plaatsen van een damwand de volgende vuistregel:

Materieel: €850 per ton + €10 per staalkwaliteitsklasse

Aanlegkosten: €10 per m²

De prijs van de damwand is dan: $6,598 \cdot (850 + 1 \cdot 10) + 42,53 \cdot 10 = €6099,69$

De kosten worden dan als volgt:

Tabel 18 – Kosten variant 3.

Onderdeel	Prijs / eenheid	Hoeveelheid	Prijs
Bovenste laag	27,5	17,99	494,73
Filter laag	22,5	3,51	78,98
Kern	17,5	109,29	1912,58
Teen	22,5	0,613	13,79
Steunberm kern	17,5	29,77	520,98
Steunberm bovenste laag	22,5	1,93	43,43
Damwand	6099,69	1	6099,69
Totaal			€9164,18

5.2 DAMWAND GOLFBREKER MET HOGE BERM

Bij deze variant is de damwand de golfbreker. De berm is op een zodanige hoogte dat een groot deel van de golfenergie al is opgenomen door de berm. De hoogte van de berm is 1 meter –N.A.P.. Deze hoogte is aangenomen om de dynamische golfbelasting zo klein mogelijk te houden. Een damwand is niet goed bestand tegen dynamische belastingen.

5.2.1 EMPIRISCHE FORMULES

Zoals beschreven is bij de uitgangspunten, mag er een transmissie optreden van maximaal 0,1. De helling staat bij alle varianten vast op 1:1,5. Bij deze variant is er een berm aanwezig. De maximale hoogte van de berm is 1 meter +N.A.P.. De laagste waterstand dat 1 keer in het jaar voorkomt is -0,77 meter N.A.P.. Eis 4.13 geeft aan dat de golfbreker niet meer dan 2,5 meter boven de laagste waterstand mag uitsteken. Oftewel de maximale kruinhoogte is -0,77 + 2,5 = 1,73 meter +N.A.P.. Als de kruinhoogte hoger moet zijn dan 1,73 m om een transmissie van maximaal 0,1 te garanderen, dan zal er een andere diepte moeten worden gekozen voor de berm.

Uit Rock Manual [3] blijkt dat de transmissie voor een lage kruin kan worden bepaald met de volgende formule:

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \begin{cases} \sqrt{0.25 \left[1 - \sin \frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{R_c}{H_i} + \beta \right) \right]^2 + 0.01 \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right)^2} & \text{for } \beta - \alpha < \frac{R_c}{H_i} < \alpha - \beta \\ 0.1 \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right) & \text{for } \frac{R_c}{H_i} \geq \alpha - \beta \end{cases} \quad (19)$$

In het rapport golfbelastingen in havens en afgeschermd gebieden [12] staat de volgende waarden voor α en β :

Tabel 19 – Waarde voor α en β . Bron [12]

Type havendam	α	β
Caisson	2,2	0,4
Verticale wand	1,8	0,1
(Golfbrekerachtige) dam (helling 1:1,5)	2,6	0,15
Gladde dichte dam met flauwe talud (1:3 - 1:5)	2,4	0,4
Idem, maar met stortstenen kraagstuk	1,6	0,5
Heel breed caisson ($B \gg L_o, p$)	1,8	0,6
Anders	Zie Ref. 5	

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat voor een verticale wand een α van 1,8 en een β van 0,10 geldt. Als eerst moet er worden bepaald welke formule er moet worden gebruikt. De kruinhoogte mag maximaal 1,73 zijn. De benodigde formules hangt af van R_c/H_i . De enige onbekende in de bovenstaande formule is de kruinhoogte (R_c). Wanneer de formule wordt omgebouwd om de kruinhoogte te bepalen zal dit de volgende formule zijn:

$$Rc = Hs \left(\frac{2\alpha \left(-\text{ArcSin} \left[\sqrt{4kt^2 - 0.04 \left(1 - \frac{h'}{hs} \right)^2 - 1} \right]}{\pi} - \beta \right)}{\right)} \quad (19 - II)$$

Er is een berm aanwezig, de berm ligt met 1 meter onder N.A.P. vrijwel altijd onder water. Echter er is een kleine kans aanwezig dat bij de laagste waterstand en de grootste golfhoogte, de stenen niet meer onder water liggen. De stenen mogen dan ook niet worden gereduceerd qua steengrootte volgens een aantal empirische formules voor stenen golfbreker onder water. In deze variant is wordt er gebruik gemaakt van de stenen zoals berekend in hoofdstuk 4.1. Uit hoofdstuk 4.1 blijkt ook dat de kruinhoogte minimaal 0,673 meter hoog moet zijn, de kruinhoogte in deze variant is 1 meter hoog. De transmissie zal dus minder dan 10% zijn.

Verder moet de druk worden bepaald tegen de damwand. Dit wordt gedaan doormiddel van de formule van Goda (1974) uit [2]:

$$\begin{aligned} \eta^* &= 1,5 * H_d \\ H_d &= 1,8 * H_s \\ P_1 &= (\alpha_1 + \alpha_2) * \rho_w * g * H_d \end{aligned}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$$

$$P_3 = \alpha_1 * \alpha_3 * \rho_w * g * H_d$$

$$P_4 = \begin{cases} P_1 \left(1 - \frac{h_c}{\eta^*}\right) : \eta^* > h_c \\ 0 : \eta^* \leq h_c \end{cases}$$

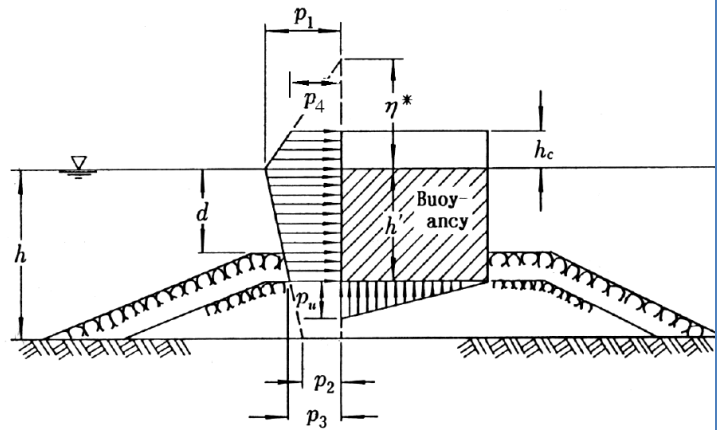
$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{4\pi h}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi h}{L}\right)} \right)$$

$$\alpha_2 = \min \left[\frac{h_b - d}{3 * h_b} * \left(\frac{H_d}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_d} \right]$$

$$\alpha_3 = \left(1 - \frac{h'}{h} \right) * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi H}{L}\right)} \right)$$

$$h_c^* = \min[\eta^*, h_c]$$

$$P = \frac{1}{2} (P_1 + P_3) * h' + \frac{1}{2} (P_1 + P_4) * h_c$$



(20)

De druk is van belang om het damwand profiel te bepalen.

5.2.2 BEPALEN DIMENSIES

De formules die gebruikt moeten worden zijn bekend. De eerste dimensie die wordt bepaald is de minimaal benodigde kruinhoogte. Oftewel de hoogte van de damwand boven N.A.P.. De hoogte is:

$$R_c = H_s \left(\frac{2A \left(-\text{ArcSin} \left[\sqrt{4kt^2 - 0.04 \left(1 - \frac{hk}{hs} \right)^2} - 1 \right] \right)}{\pi} - B \right) \quad (16)$$

Resultaat:

$$1,09 \text{ m} \quad R_c = 0,9 \left(\frac{2 \cdot 1,8 \left(-\text{ArcSin} \left[\sqrt{4 \cdot 0,1^2 - 0.04 \left(1 - \frac{1}{9,8} \right)^2} - 1 \right] \right)}{\pi} - 0,1 \right) = 1,09 \text{ m} \quad (16-I)$$

De damwand moet minimaal een hoogte van 1,09 meter boven N.A.P. hebben. De zelfde condities gelden voor de berm als voor de stortstenen golfbreker met filter laag en kern. Alle dimensies op de kruinhoogte en de dimensies van de Lee kant worden gekopieerd van de variant stortstenen golfbreker met filter laag en kern.

5.2.3 BEPALEN KRACHTEN

De berm ligt op de zelfde hoogte als de kruin, dit houdt in dat de dynamische belasting van golven gelijk is aan nul. In D-Sheet zal een verhoogde waterstand worden meegenomen om het drukverschil te compenseren.

In de D-Sheet berekeningen zijn de stenen geschematiseerd als een kracht boven op de kern. Deze kracht is het gewicht van de stenen per strekkende meter. Deze kracht kan worden bepaald door de hoeveelheid stenen en het gewicht van de steen te bepalen. Er wordt gebruikt gemaakt van de zelfde constructie als in variant 1. De stortstenen van de bovenste laag zijn dus 0,706 m in diameter en wegen 932,5 kg, de filter laag bevat stenen met een diameter van 0,283 m en hebben een gewicht van 60,06 kg. De hoeveelheid stenen per strekkende meter, en het bijbehorende gewicht is:

Bovenste laag

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat:

$$29 \text{ stenen} / \text{m-1} \quad Na = 2 * 1,0 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 1,6 \text{ stenen} / \text{m}^{-1}$$

$$14,9 \text{ kN} / \text{m-1} \quad \text{Gewicht} = 1,6 * \frac{932,5}{100} = 14,9 \text{ kN} / \text{m}^{-1} \quad (8-I)$$

Filter laag

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

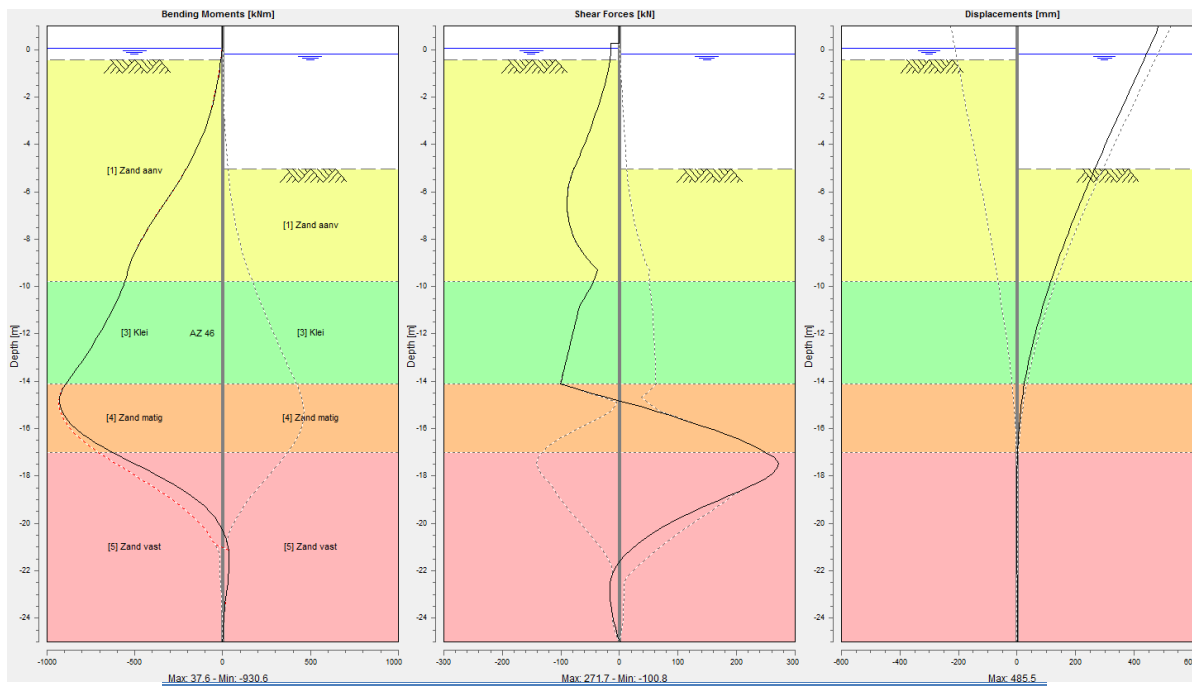
Resultaat:

$$4,0 \text{ stenen} / \text{m-1} \quad Na = 2 * 1,0 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 4,0 \text{ stenen} / \text{m}^{-1}$$

$$2,4 \text{ kN} / \text{m-1} \quad \text{Gewicht} = 4,0 * \frac{60,06}{100} = 2,4 \text{ kN} / \text{m}^{-1} \quad (8-II)$$

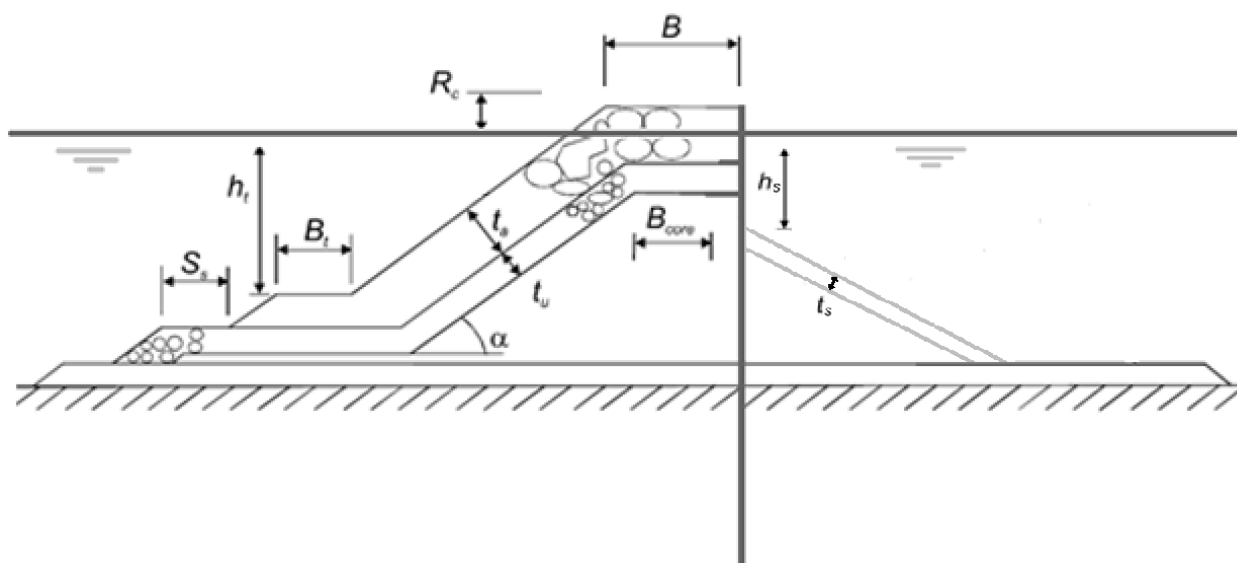
5.2.4 D-SHEET BEREKENINGEN

Doormiddel van D-Sheet Piling kan het damwand profiel snel worden bepaald. Alle krachten, grondlagen en dimensies zijn bekend om een D-Sheet berekeningen te kunnen maken. Het is onwaarschijnlijk dat een damwand voldoet zonder de aanwezigheid van een steunberm. Daarom wordt er bij de eerste berekening al rekening gehouden met de aanwezigheid van een steunberm. Ook is er geen golfbelasting meer aanwezig, de golfbelasting is volledig opgenomen door de stortstenen. De minimaal benodigde damwand is een In bijlage IV zijn de input en resultaten verwerkt in een automatisch gegenereerd verslag van D-Sheet. Alleen de resultaten van de maatgevende situatie zijn weergegeven.



Afbeelding 12 – Resultaten D-Sheet berekeningen variant 4. Bijlage IV

5.2.5 SAMENVATTING DIMENSIES



Afbeelding 13 – Dimensies damwand golfbreker met hoge berm. Bron [3]

Nominale steendiameter armour laag	D_{n50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen armour laag	W_{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filter laag	D_{n50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filter laag	W_{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen laag	D_{n50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen laag	W_{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern laag	D_{n50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern laag	W_{50k}	3,82	[kilogram]
Damwand profiel	AZ-46	-	[-]
Damwand staal kwaliteit	S	240	[N/mm ²]
Kruinhoogte	R_c	1,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Teenbreedte	B_t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Armour laag dikte	t_a	1,23	[meter]
Filter laag dikte	t_u	0,49	[meter]
Teen laag dikte	t_s	0,48	[meter]
Steunberm laag dikte	t_s	0,49	[meter]
Diepte teen zeekant	h_t	-4,50	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte steunberm leekant	h_s	-4,41	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S_s	2,00	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

5.2.6 BENODIGDE MATERIALEN

De hoeveelheid benodigd materiaal en gradering wordt bepaald door de volgende formules uit de Rock Manual [2]:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (21)$$

Hierin is de A de oppervlakte van de laag. Omdat er per strekkende meter het materiaal moet worden bepaald, is de oppervlakte gelijk aan de lengte van de laag. De parameters kt en nv kunnen worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 20 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit.
Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLc = 0,65	Irregular rock eg mean BLc = 0,50	Blocky rock eg mean BLc = 0,65	Irregular rock eg mean BLc = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 20 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLc) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:

kt = 0,87

nv = 35%

Alle lagen bestaan uit 2 lagen van de double standard irregular rock.

Bovenste laag

De lengte van de bovenste laag is 12,04 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 12,04 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 19,3 \text{ stenen}/m^{-1}$

19,3 stenen / m-1

17,99 ton / m-1 $Gewicht = 19,3 * \frac{932,5}{1000} = 17,99 \text{ ton}/m^{-1}$ (8- I)

Filter laag

De lengte van de filter laag is 14,62 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 14,62 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 58,4 \text{ stenen}/m^{-1}$

58,4 stenen / m-1

3,51 ton / m-1 $Gewicht = 58,4 * \frac{60,06}{1000} = 3,51 \text{ ton}$ (8- II)

Teen

De lengte van de teen is 2,68 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}}$		(8)
Resultaat:	$Na = 2 * 2,68 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,276} = 11,0 \text{ stenen} / m^{-1}$	(8- III)
11,0 stenen / m-1		
0,61 ton / m-1	$Gewicht = 11,0 * \frac{55,72}{1000} = 0,61 \text{ ton}$	

Kern

De kern heeft een oppervlakte van 102,01m². Per strekkende meter is dit 102,01 m³. De porositeit is 35%, dit houdt in dat het gewicht aan stenen per strekkende meter 102,01 * (1 – 0,35) * 2,65 = 175,71 ton

Steunberm

De steunberm heeft een oppervlakte van 17,28 m². Per strekkende meter is dit 17,28 m³. De porositeit is 35%, dit houdt in dat het gewicht aan stenen per strekkende meter 17,28 * (1 – 0,35) * 2,65 = 29,77 ton

De laag boven de kern van de steunberm bestaan uit de zelfde stenen als die van de filter. De lengte van de bovenste laag is 8,65 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}}$		(8)
Resultaat:	$Na = 2 * 8,65 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 34,6 \text{ stenen} / m^{-1}$	(8- III)
34,6 stenen / m-1		
1,93 ton / m-1	$Gewicht = 34,6 * \frac{55,72}{1000} = 1,93 \text{ ton}$	

Damwand

Voor de damwand is het gewicht en de oppervlakte van belang. De damwand is een AZ-46 profiel dat wordt geleverd door Arcelor. Arcelor geeft aan dat het gewicht per strekkende meter damwand 228,6 kg/m is. Het oppervlakte is 1,63 m²/m. De damwand is 26,09 meter diep. Het gewicht en oppervlakte van de damwand is dan als volgt:

		(8)
Resultaat:	$Gewicht = \frac{228,6 * 26,09}{1000} = 5,96 \text{ ton}$	(8- V)
5,96 ton / m-1		
42,53 m ² / m-1	$Oppervlakte = 1,63 * 26,09 = 42,53 \text{ m}^2$	

5.2.7 KOSTEN

De kosten in dit hoofdstuk zijn geleverd door een extern baggerbedrijf. Deze kosten geven een goede indicatie van de verwachte kosten voor een golfbreker. De hoeveelheden zijn bekend, dus de prijs per strekkende meter golfbreker kan worden bepaald. De kosten per eenheid is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 21 – Kosten materieel.

Onderdeel	Kosten (euro)	eenheid
Stortsteen 60 - 300 kg	22,5	per ton
Stortsteen 300 - 1000 kg	25	per ton
Stortsteen 1000 - 3000 kg	27,5	per ton
Quarry-run 45/180	17,5	per ton
Zand (schoon)	7,5	per m ³
Zand (secundair)	5	per m ³
Geotextiel	1	per m ²
Geolon 200 PP	8,75	per m ²

Deze kosten zijn inclusief manuren. Verder is er voor het plaatsen van een damwand de volgende vuistregel:

Materieel: €850 per ton + €10 per staalkwaliteitsklasse

Aanlegkosten: €10 per m²

De prijs van de damwand is dan: $5,964 \cdot (850 + 0 \cdot 10) + 42,53 \cdot 10 = €5494,85$

De kosten worden dan als volgt:

Tabel 22 – Kosten variant 4.

Onderdeel	Prijs / eenheid	Hoeveelheid	Prijs
Bovenste laag	27,5	17,99	494,73
Filter laag	22,5	3,51	78,98
Kern	17,5	175,71	3074,93
Teen	22,5	0,613	13,79
Steunberm kern	17,5	29,77	520,98
Steunberm bovenste laag	22,5	1,93	43,43
Damwand	5494,85	1	5494,85
Totaal			€9721,69

6. VARIANT GEOCONTAINER

Tot de beschikking is een splijtbak met een beunlengte van 26,8 meter. De vulgraad is 80 %. De geocontainer zal bestaan uit een polypropreen van het type Geolon 120 met een maximale treksterkte van 120 kN/m en een stijfheid modules van 1000 kN/m. De geocontainer wordt gevuld met slib. De sleepkrachtcoëfficiënt is 1,0. De waarden voor de geocontainer kan dan worden gevonden in de onderstaande tabel:

splijtbak		afmetingen geotextiele container na plaatsing				
beuninhoud (80% gevuld) [m³]	beunlengte [m]	vulling [m³]	omtrek [m]	breedte [m]	A (V/l) [m²]	hoogte [m] afwijking +/- 25%
200	23,4	160	14,5	6,7	6,8	1,25
250	25,2	200	15,7	7,2	7,9	1,40
300	26,8	240	16,6	7,6	9,0	1,50
350	28,2	280	17,5	8,0	9,9	1,55
400	29,5	320	18,3	8,4	10,8	1,60
450	30,7	360	19,0	8,7	11,7	1,65
500	31,7	400	19,7	9,0	12,6	1,75
550	32,8	440	20,4	9,3	13,4	1,80
600	33,7	480	21,0	9,6	14,2	1,85

Afbeelding 14 –Relatie splijtbak met geocontainer. Bron [6]

Alle parameters zijn dan als volgt:

Waterdiepte	h	9,8 [meter]
Diepgang splijtbak	hs	0,5 [meter]
Waterdiepte onder de splijtbak	hb	9,3 [meter]
Lengte splijtbak	l	26,8 [meter]
Maximale openingsbreedte splijtbak	b0	2 [meter]
Oppervlakte horizontale vlak	As	62 [m²]
Vulmateriaal		Zand [-]
Geotextiel		Geolon 120 [-]
Treksterkte geotextiel	Tm	120 [kN/m]
Stijfheidsmodulus	E'	1000 [kN/m]
Sleepkracht coëfficiënt	Cd	1,0 [-]
Poriëngehalte vulmateriaal	n	0,4 [-]

Geocontainer:

Vulpercentage beun	f	80 [%]
Volume	V	240 [m³]
Opp. doorsnede	A	9,0 [m²]
Omtrek	S	16,6 [m]
Breedte	b	7,6 [m]
Hoogte	Dk	1,5 [m]

6.1 ONTWERPSCHETS

Geocontainers bestaan uit een kern van zand met daaromheen geotextiel. Dit betekent dat er geen zand door het geotextiel heen kan. Daarom is het niet nodig om stortstenen aan te leggen om de golven te breken, mits de golven niet voor verplaatsingen zorgt.

De transmissie mag maximaal 0,1 zijn. Er is nog weinig bekend over de geocontainers. Er is dan ook nog geen empirische vergelijking die de kruinhoogte geeft. De rock manual [3] geeft aan dat de algemene vergelijking voor de kruinhoogte als volgt is:

$$-2.00 < R_c/H_s < -1.13 \quad : \quad C_t = 0.80$$

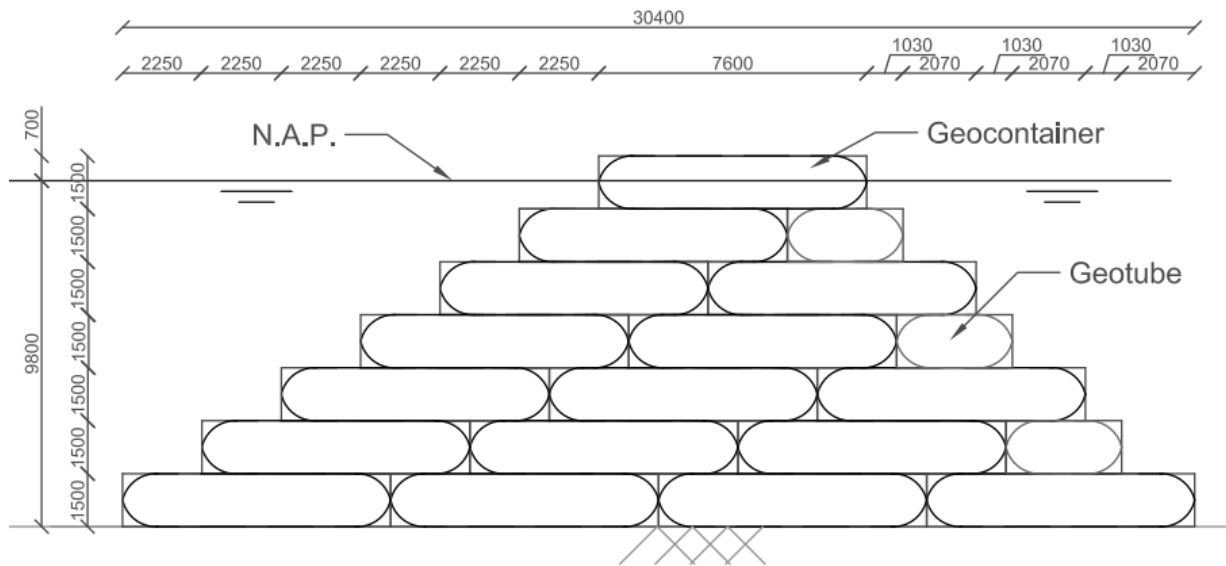
$$-1.13 < R_c/H_s < 1.2 \quad : \quad C_t = 0.46 - 0.3 R_c/H_s$$

$$1.2 < R_c/H_s < 2.0 \quad : \quad C_t = 0.10$$

(22)

In de schets zal dit voldoende zijn om te gebruiken, echter moet er in het definitieve ontwerp extra worden onderzocht of de transmissie niet wordt overtreden. De kruinhoogte is $1,2 * H_s$. Dit geeft een transmissie van 0,10. De kruinhoogte is dan $1,2 * 0,9 = 1,08$ meter boven N.A.P.. De kruinhoogte in het ontwerp is 0,7 meter boven N.A.P.. Dit geeft een transmissie van $0,46 - 0,3 * 0,7 / 0,9 = 0,23$. De golfbreker zal nu enkele meters langer gaan worden om aan de downtime te kunnen blijven voldoen.

Vervolgens zal er met zo min mogelijk materiaal worden geprobeerd om een helling van 1:1,5 te garanderen aan de zee kant. Het schetsontwerp zal voornamelijk op gevoel worden geschetst, aangezien er nog weinig bekend is over geocontainers. Vervolgens wordt het ontwerp getoetst aan de rekenmethoden van CUR 217 [6].



Afbeelding 15 – Schetsontwerp variant 5.

6.2 STABILITEIT

In dit hoofdstuk zal de stabiliteit worden getoetst aan de hand van de rekenmethode van CUR 217 [6]. De stabiliteit bestaat uit twee onderdelen, namelijk

- Stabiliteit van de stapels
- Stabiliteit ten gevolge van golven

Verder geeft de CUR 217 [6] ook aan hoe de stabiliteit ten gevolgen van de stroming moet worden bepaald. Echter zijn de stromingen onbekend ten plaatsen van de locatie. De verwachting is dat de stroming nauwelijks invloed heeft omdat de stroming waarschijnlijk loodrecht op de kust stroomt, en dus met de lengte van de golfbreker mee. Ook is de verwachting dat de stroming in het IJsselmeer niet groot is.

6.2.1 STABILITEIT STAPELS

De stabiliteit word per laag berekend aan zowel de "Zeezijde" als de Leezijde. De verwachting is dat de Leezijde maatgevend is, dit omdat het talud steiler is en er ook gebruik wordt gemaakt van kleinere geotubes. Er zal één voorbeeld berekening worden uitgevoerd. Deze zijn namelijk het zelfde voor alle lagen. Vervolgens worden de resultaten weergegeven in een grafiek.

Met de stabiliteit van de lagen wordt het afschuiven van de lagen bedoeld ten gevolgen van de drukverschil tussen de "Zeezijde" en de Leezijde. Dit drukverschil wordt veroorzaakt door de golven. De verwachting is dat er geen afschuiving zal plaatsvinden. De golven zijn redelijk klein in vergelijking met de golven van bijvoorbeeld de Noordzee.

$$\frac{\Phi}{H_s} = 0,24 \cdot \ln \left(\frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 0,77 \text{ mits } b/D_k \cong 6$$

$$\frac{\Phi}{H_s} = 0,31 \cdot \ln \left(\frac{D_t}{B_{tot}} + 0,04 \right) + 1,00 \text{ mits } b/D_k \cong 3,5$$

waarin:

- Φ = verwachtingswaarde van stijghoogteverschil over buitenste laag geotextiele containers [m];
 D_t = hoogte afschuifbare laag geotextiele containers [m];
 B_{tot} = totale breedte van de beschouwde laag geotextiele containers [m];

$$f = \frac{G - F \cos \alpha}{F \sin \alpha}$$

met:

$$F = \frac{\rho_w g \Phi h_{st}}{\sin \alpha}$$

waarin:

- f = gemobiliseerde wrijvingscoëfficiënt tussen de geotextielen [deg];
 F = kracht door het stijghoogteverschil loodrecht op het talud naar buiten per eenheid van lengte [N];
 G = onderwatergewicht van de laag geotextiele containers per eenheid van lengte [kg/m];
 h_{st} = hoogte van de stapeling [m];

$$G = (1 - n) * (\rho_s - \rho_w) * g * A * \text{Aantal containers}$$

$$f > \tan 30 \text{ á } \tan 35$$

(23)

Voorbeeld berekening:

(23)

Resultaat: $\Phi = 1,5 \left(0,31 * \ln \left(\frac{\sin(55) * 7,6}{10,88} + 0,04 \right) + 1,00 \right) = 0,79$

Laag 2

voldoet

$$F = \frac{1000 * 9,81 * 0,79 * 9 * (2 * 1,5)}{1000} = 39,55 \text{ kN}$$

$$G = (1 - 0,4) * (2650 - 1000) * 9,81 * 9 * 2 = 80,22 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

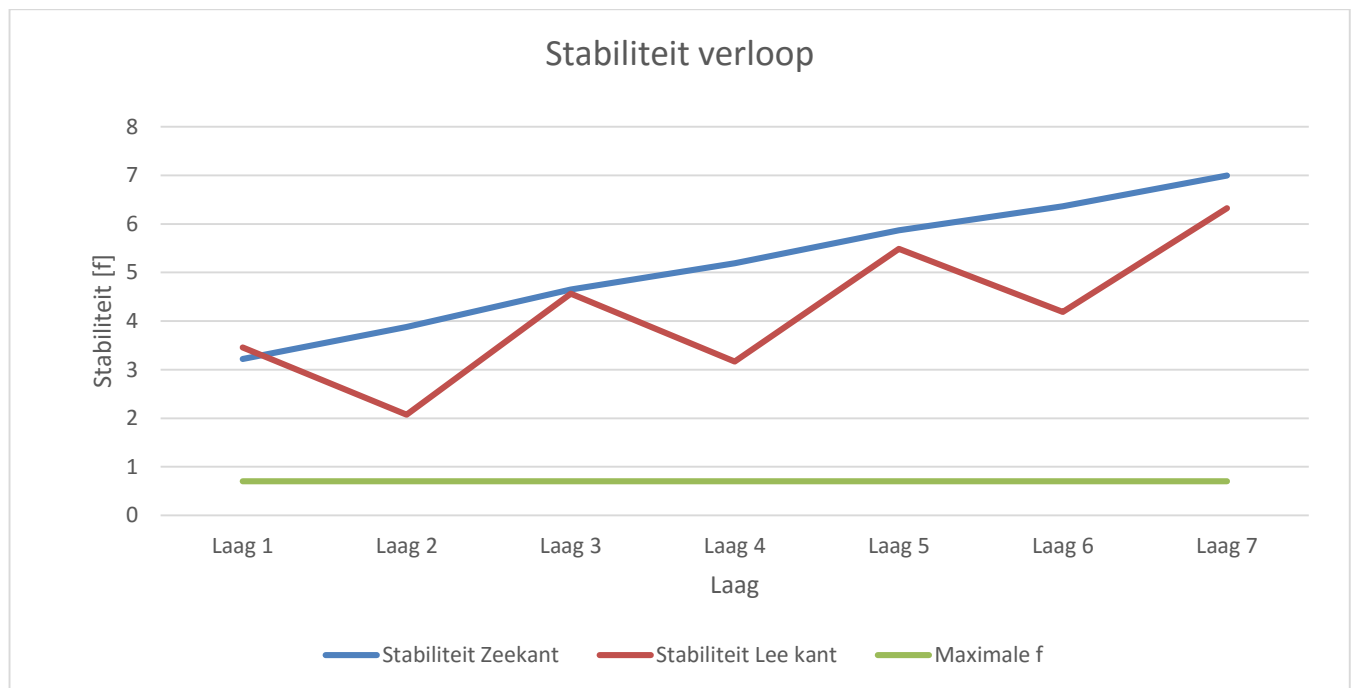
(23- I)

$$f = \frac{80,22 - 39,55 * \cos 55}{39,55 * \sin 55} = 2,07$$

2,07 > tan 35 dus laag 2 voldoet

Resultaat:

De f mag niet kleiner zijn dan tan 35, oftewel 0,7. De resultaten zijn weergegeven in de onderstaande grafiek:



Aan beide kanten komt de f niet onder de 0,7. Dit betekent dat de geocontainers bestand zijn tegen afschuiving over elkaar. Ten gevolge van drukverschillen veroorzaakt door de golven. Ook kan er uit de grafiek worden geconcludeerd dat hoe dieper de laag hoe stabieler de geocontainers worden.

6.2.2 STABILITEIT GOLVEN

De CUR 217 [6] geeft de volgende formule om te voorspellen of de geocontainer voldoet, en dus niet zal verplaatsen. Deze formule komt voort uit een proef met een helling van 1:3. De helling van de ontworpen golfbreker is 1:1,5. Voor het definitieve ontwerp moet er worden gekeken in hoe verre deze formule kan worden toegepast, en of wellicht andere formules moeten worden toegepast.

$$\frac{H_s}{\Delta_t D_k} \leq F$$

met:

$F = 1$ voor geotextiele containers op de kruin van de constructie en bovendien minder dan over een hoogte van H_s onderwater ligt, bijvoorbeeld in getijdengebieden [-];

$F = 2$ voor geotextiele containers die meer dan de hoogte H_s onder de stilwaterlijn liggen [-].

waarin:

H_s = significante golfhoogte [m];

Δ_t = relatieve volumieke massa van de geotextiele container [-]

D_k = kenmerkende dikte van de geotextiele container na storten [m];

b = breedte van de geotextiele container [m];

(24)

$$\Delta t = (1 - n) * (\rho_s - \rho_w)$$

$$\frac{H_s}{\Delta t * D_s} \leq F$$

$$\Delta t = (1 - n) * (\rho_s - \rho_w)$$

(24)

Resultaat: $\Delta t = (1 - n) * (\rho_s - \rho_w) = (1 - 0,4) * (2650 - 1000) = 0,99$

Voldoet niet

$$\frac{1,5}{0,99 * 1,5} = 1,01 < 1 \text{ voldoet niet}$$

(24-1)

Ten gevolgen van golven van 1,5 meter zal volgens de formule de bovenste geocontainer net niet voldoen. Echter doordat er een laag stortstenen ligt boven op de geocontainer, zal de golfenergie sterk worden gereduceerd. Dit zorgt er waarschijnlijk voor dat de geocontainer zal voldoen. Uit proeven zal moeten blijken of dit daadwerkelijk het geval is.

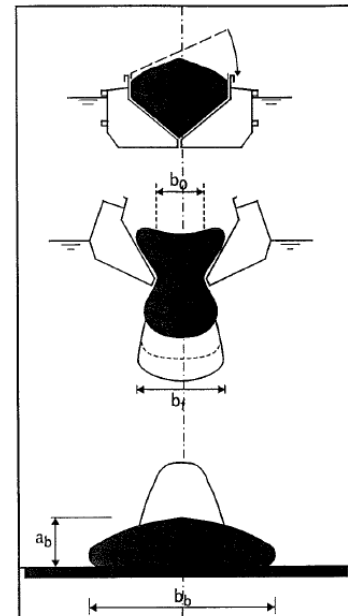
6.3 STERKTE

In dit hoofdstuk zal de sterkte worden getoetst aan de hand van de rekenmethode van CUR 217 [6]. De sterkte bestaat uit twee onderdelen, namelijk

- Sterkte van de geocontainer bij het openen van de splijtbak
- Sterkte van de geocontainer bij impact met de bodem

Wanneer deze twee punten voldoen, is de verwachting dat de geocontainer ook voldoet op de bodem van het IJsselmeer in stabiele toestand.

Afbeelding 16 geeft de verschillende fases aan. In afbeelding ligt de geocontainer gereed in de splijtbak. Vervolgens zal de splijtbak openen. Dit is het moment waarop de sterkte van de geocontainer wordt getoetst, zoals beschreven in hoofdstuk 4.4.4.1. Vervolgens valt de geocontainer in de vorm van een druppel. Zodra de geocontainer de bodem raakt zal de vorm veranderen. Het zand in de geocontainer verplaatst naar de zijkant met een bepaalde snelheid. Uiteindelijk zal deze kracht worden opgenomen door het geotextiel. Zodra de alle krachten zijn opgenomen zal de geocontainer in zijn oorspronkelijke vorm blijven liggen. Het is nog moeilijk te voorspellen wat de definitieve vorm van de geotextiel zal zijn. De golfbreker zoals is ontworpen, zal altijd afwijkingen hebben door de vormverandering tijdens het vallen van de geocontainer.



Afbeelding 16 – Aanlegproces geocontainer. Bron [6]

6.3.1 STERKTE GEOCONTAINER BIJ OPENEN SPLIJTBAK

Wanneer de splijtbak opent zullen er krachten in het geotextiel optreden. Bij het openen van de splijtbak wil het zand vallen door de zwaartekracht, echter wordt het zand tegen gehouden door het geotextiel dat het zand als een geheel houdt. Het geotextiel moet dus het gewicht van het zand kunnen dragen. Wanneer er nog een klein deel van het geotextiel en het zand in de splijtbak ligt, zal de geocontainer zeker gaan schuiven. Dit is het moment dat de grootste krachten in het geotextiel ontstaan. De maximale trekkracht kan worden bepaald doormiddel van de volgende formule uit de CUR 217 [6]:

$$T = 0,45 \cdot (\rho - \rho_w) \cdot g \cdot A$$

waarin:

T = trekkracht in het geotextiel [N/m];

ρ = volumieke massa van de geotextiele container [kg/m³];

g = zwaartekrachtversnelling [m/s²];

ρ_w = volumieke massa van water [kg/m³].

A = oppervlak van de dwarsdoorsnede van de geotextiele container [m²]

(25)

De formule ingevuld geeft:

$$T = 0,45 \cdot (\rho - \rho_w) \cdot g \cdot A$$

(25)

Resultaat: $0,45 \cdot (1990 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 9,0 = 39,3 \frac{kN}{m}$

39,3 kN / m

(25- I)

Er wordt aangeraden om een veiligheidsfactor van 1,2 toe te passen. De trekkracht is dan $39,3 * 1,2 = 47,2$ kN/m. Dit is kleiner dan de maximale treksterkte van 120 die het geotextiel kan opnemen.

Als vuistregel wordt er gegeven dat de breedte van de opening van de splijtbak minimaal 50% moet zijn na 20 á 30 seconden. Ook moet de naad van de geocontainer aan de bovenkant liggen. Het is gebruikelijk dat dit het geval is.

6.3.2 STERKTE GEOCONTAINER MET IMPACT BODEM

Zoals is omschreven moet de krachten ten gevolgen van de vormverandering van de geocontainer worden opgevangen, wanneer de geocontainer de bodem raakt. Het geotextiel voldoet wanneer:

$$E_g = E_{val} - E_{vul} \quad || \quad (26)$$

Oftewel wanneer de energie ten gevolgen van de impact met de bodem minus de energie dat het de grond kan opnemen, is de energie die het geotextiel kan opvangen. Hierin is:

$$E_{val} = \frac{1}{2} * \rho * A * v^2 \quad || \quad (26 - I)$$

$$E_{vul} = 2 * \sigma_i * \tan \phi_s * \sqrt{A} * (\sqrt{A} - h) \quad || \quad (26 - II)$$

waarin:

E_{val} = valenergie per eenheid van lengte [J/m];

v = valsnelheid van de geotextiele container juist voor impact [m/s];

A = oppervlak van de dwarsdoorsnede van de geotextiele container [m²]

ρ = volumieke massa van de geotextiele container (met het in het zand opgesloten water) [kg/m³]

waarin

h = hoogte van de container [m];

σ'_i = gemiddelde korrelspanning in het zand in de container [N/m²];

ϕ_s = hoek van interne wrijving van het zand in de container [deg].

A = oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de geotextiele container [m²]

De trekkracht in het geotextiel ten gevolgen van de impact met de bodem kan dan als volgt worden berekend:

$$T_g = E' * \varepsilon_g \quad || \quad (26 - III)$$

Waarin:

$$\varepsilon_g = \sqrt{2 * \frac{E_g}{S * E'}} \quad || \quad (26 - IV)$$

Alle parameters in de formules zijn bekend op de snelheid voor de impact (v) na. Het is belangrijk om de snelheid voor de impact te nemen en niet de snelheid bij een oneindige diepte. Dit kan een behoorlijk verschil geven met de trekkrachten in het geotextiel.

Bepalen snelheid voor de impact

De snelheid voor de impact kan worden berekend met de volgende formules:

$$v = v_{\infty} \frac{1 - e^{2 \cdot h'} + e^{h'} \cdot \sqrt{e^{2 \cdot h'} - 1}}{e^{2 \cdot h'} - e^{h'} \cdot \sqrt{e^{2 \cdot h'} - 1}} \quad (27)$$

Met:

$$v_{\infty} = \sqrt{\frac{2 \cdot V}{A \cdot C_d} \cdot \frac{\rho - \rho_w}{\rho_w}} \quad (27 - I)$$

$$h' = \frac{h}{v_{\infty} \cdot t'} \quad (27 - II)$$

$$t' = \sqrt{\frac{2 \cdot V}{A \cdot C_d} \cdot \frac{\left(\rho + \frac{1}{2} \cdot \rho_w\right)^2}{\rho_w \cdot (\rho - \rho_w) \cdot g}} \quad (27 - III)$$

waarin:

v = valsnelheid [m/s];

v_{∞} = evenwichts-valsneldheid [m/s];

h' = dimensieloze waterdiepte [-];

h = waterdiepte onder de spleijtbak [m];

V = volume van de geotextiele container [m³];

A = maximale doorsnede in het horizontale vlak [m²]

C_d = sleepkrachtcoëfficiënt (ongeveer 1) [-]

ρ = volumieke massa van de geotextiele container [kg/m³];

ρ_w = volumieke massa van water [kg/m³];

t' = kenmerkende tijd [s];

g = zwaartekrachtversnelling [m/s²].

$$v = v_{\infty} \frac{1 - e^{2 \cdot h'} + e^{h'} \cdot \sqrt{e^{2 \cdot h'} - 1}}{e^{2 \cdot h'} - e^{h'} \cdot \sqrt{e^{2 \cdot h'} - 1}} \quad (27)$$

Resultaat: $v_{\infty} = \sqrt{\frac{(2 \cdot 240)(1990 - 1000)9,81}{(62 \cdot 1,0)1000}} = 8,67$ (27- I)

$v = 6,82 \text{ m/s}$

$$h' = \frac{9,3}{8,67 \cdot 2,22} = 0,48 \quad (27- II)$$

$$t' = \sqrt{\frac{(2 \cdot 240)(1990 + 0,5 \cdot 1000)^2}{(62 \cdot 1,0)(1000(1990 - 1000)9,81)}} = 2,22 \quad (27- III)$$

$$v = \frac{8,67(1 - e^{2 \cdot 0,51} + e^{0,51} \sqrt{e^{2 \cdot 0,51} - 1})}{e^{2 \cdot 0,51} - e^{0,51} \sqrt{e^{2 \cdot 0,51} - 1}} = 6,82 \text{ m/s} \quad (27)$$

Bepalen energie bij impact

In de CUR 217 [6] rekenvoorbeeld is aangenomen dat bij een diepte van 10 meter de druktoename in het water voor 80% terugkomt in een verhoging van de korrelspanning. De diepte is vergelijkbaar met de diepte in het ontwerp van 9,8 meter. De waterdruk komt dan neer op 98 kPa. De korrelspanning is dan $98 * 0,8 = 78,4 \text{ kN/m}^2$

$E_g = E_{val} - E_{vul}$	(26)
Resultaat: $E_{val} = \frac{1}{2} * 1990 * 9 * 6,82^2 = 416 \frac{\text{kJ}}{\text{m}}$ $T_g = 130 \text{ kN/m}$	(26- I)
$E_{vul} = 2 * 78,4 * \tan 30 * \sqrt{9} * (\sqrt{9} - 2) = 271,59 \frac{\text{kJ}}{\text{m}}$	(26- II)
$E_g = 416 - 272 = 144 \frac{\text{kJ}}{\text{m}}$	(26)
$\varepsilon_g = \sqrt{2 * \frac{144}{16,6 * 1000}} = 0,13$	(26- IV)
$T_g = 0,13 * 1000 = 130 \text{ kN/m}$	(26- III)

De trekspanning als gevolg van de impact met de bodem is 130 kN/m. Hier wordt ook aangeraden om een veiligheidsfactor van 1,2 mee te nemen. Dit wordt dan $130 * 1,2 = 158 \text{ kN/m}$. Dit is meer dan 120 kN/m dat het geotextiel van Geolon 120 kan opnemen. Oftewel Geolon 200 voldoet aan de trekkrachten die er zullen optreden. Geolon 200 kan namelijk 200 kN/m opnemen.

6.4 GEOTUBE

In het ontwerp wordt er ook gebruik gemaakt van een viertal geotubes. Deze geotubes dienen als ondersteuning voor de geocontainer op bepaalde plekken. Deze geotubes dienen 1,5 meter hoog te zijn om de geocontainer stabiel te kunnen ondersteunen.

f [-]	r [m]	b [m]	h [m]
1,00	1,00 R	2,00 R	2,00 R
0,95	0,70 R	2,28 R	1,59 R
0,90	0,58 R	2,40 R	1,42 R
0,85	0,50 R	2,49 R	1,29 R
0,80	0,43 R	2,56 R	1,17 R
0,75	0,37 R	2,63 R	1,07 R
0,70	0,32 R	2,69 R	0,98 R
0,65	0,28 R	2,74 R	0,89 R
0,60	0,24 R	2,79 R	0,81 R

f = vulgraad
 r = straal van de kwartcirkels ter weerszijden van de rechte basis van de geotextiele tube
 b = breedte van de rechte basis van de geotextiele tube
 h = hoogte van de geotextiele tube
 R = straal van de denkbeeldige cirkel bij 100% vulling

Afbeelding 17 – Tabel met afmetingen geotube. Bron [6]

De vulgraad van de geotube is net als bij de geocontainer 80%. De hoogte is 1,5 meter. De bijbehorende breedte en straal is dan:

$$b = \frac{h}{1,17} * 2,56 \text{ \& } R = \frac{h}{1,17} \quad (28)$$

Resultaat: $b = \frac{1,5}{1,17} * 2,56 = 3,28 \text{ meter}$

$b = 3,28 \text{ m}$

$R = 1,28 \text{ m}$

$R = \frac{1,5}{1,17} = 1,28 \text{ meter}$

(28– I)

De omtrek en oppervlakte zijn van belang voor het bepalen van de kosten. De omtrek en oppervlakte zijn:

$$O = 2\pi R \text{ \& } A = f * \pi R^2 \quad (29)$$

Resultaat: $2\pi * 1,28 = 8,06 \text{ meter}$

$O = 8,06 \text{ m}$

$A = 4,12 \text{ m}^2$ $0,8 * \pi * 1,28^2 = 4,12 \text{ m}^2$

(29– I)

6.5 STORTSTENEN BESCHERMING

Bovenop de geocontainers wordt een stortstenen laag aangebracht. Deze laag dient ter bescherming tegen de golven en tegen het ijs. Ook wordt er een filter laag toegepast, deze filter laag dient niet als filter maar als opvul materiaal. De condities in deze situatie zijn het zelfde als in die van hoofdstuk 4 van de stortstenen golfbreker met filter laag en kern. De dimensies gerelateerd aan de stortstenen en filter laag worden overgenomen in dit ontwerp. De permeability wordt op ongeveer 0,1 geschat, dit ligt erg in de buurt van de 0,2 zoals beschreven in hoofdstuk 4. De stortstenen zullen daarom niet veel van maat veranderen.

Nominale steendiameter armour laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen armour laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filter laag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filter laag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Kruinhoogte	Rc	0,673	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Armour laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filter laag dikte	t _u	0,49	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

6.5.1 HOEVEELHEID BENODIGD MATERIAAL & GRADERING

De hoeveelheid benodigd materiaal en gradering wordt bepaald door de volgende formules uit de Rock Manual [2]:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (28)$$

Hierin is de A de oppervlakte van de laag. Omdat er per strekkende meter het materiaal moet worden bepaald, is de oppervlakte gelijk aan de lengte van de laag. De parameters kt en nv kunnen worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 23 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit.
Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50	Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 23 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLC) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:
kt = 0,87
nv = 35%

Alle lagen bestaan uit 2 lagen van de double standard irregular rock.

Bovenste laag

De lengte van de bovenste laag is 22,90 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

	$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}}$	(8)
Resultaat:	$Na = 2 * 22,90 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 36,7 \text{ stenen}/m^{-1}$	
29 stenen / m-1		(8-1)
27,04 ton / m-1	$\text{Gewicht} = 36,7 * \frac{932,5}{1000} = 34,21 \text{ ton}/m^{-1}$	

Filter laag

De oppervlakte van de filter laag is 11,83 m². Echter zal dit waarschijnlijk meer worden aangezien de randen van de geocontainers niet recht zijn. Er wordt 20% extra oppervlakte meegenomen om dit op te vangen. De oppervlakte inclusief de 20% is 14,20 m². De volume stenen is:

$$Vr = 14,20 * 1 * (1 - 0,35) = 9,23 \text{ m}^3 \text{ stenen}$$

Dit betekent dat het gewicht aan stenen $9,23 * 2,650 = 24,45$ ton.

Gradering

De gradering is hetzelfde als in hoofdstuk 4. Dit houdt in dat de bovenste laag een gradering heeft van 1000-3000 kg en de filter laag een gradering van 60-300 kg.

6.6 KOSTEN

De kosten in dit hoofdstuk zijn geleverd door een extern baggerbedrijf. Deze kosten geven een goede indicatie van de verwachte kosten voor een golfbreker. De hoeveelheden zijn bekend, dus de prijs per strekkende meter golfbreker kan worden bepaald. De kosten per eenheid is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 24 – Kosten materieel.

Onderdeel	Kosten (euro)	eenheid
Stortsteen 60 - 300 kg	22,5	per ton
Stortsteen 300 - 1000 kg	25	per ton
Stortsteen 1000 - 3000 kg	27,5	per ton
Quarry-run 45/180	17,5	per ton
Zand (schoon)	7,5	per m ³
Zand (secundair)	5	per m ³
Geotextiel	1	per m ²
Geolon 200 PP	8,75	per m ²

Deze kosten zijn inclusief manuren. De kosten worden opgedeeld in de prijs per geocontainer en de prijs per geotube.

Geocontainer

Een Geolon 200 PP¹ wordt verkocht voor €8,75 per m². Aan manuren zal hier ongeveer nog €2,25 bij komen. Per vierkante meter Geolon zal dit 10 euro zijn. Schoon zand kost 7,50 euro per m³. De omtrek van een geocontainer is 16,6 meter. Het oppervlakte van een geocontainer is 9 m². Per strekkende meter is dit:

$$1 * 16,6 * 10 = 166 \text{ euro}$$

$$1 * 9 * 7,50 = 67,50 \text{ euro}$$

$$67,50 + 166 = 233,50 \text{ euro per geocontainer}$$

Geotube

Een Geolon 200 PP wordt verkocht voor €8,75 per m². Aan manuren zal hier ongeveer nog €2,25 bij komen. Per vierkante meter Geolon zal dit 10 euro zijn. Schoon zand kost 7,50 euro per m³. De omtrek van een geotube is 5,15 meter. Het oppervlakte van een geotube is 4,12 m². Per strekkende meter is dit:

$$1 * 8,06 * 10 = 80,60 \text{ euro}$$

$$1 * 4,12 * 7,50 = 30,90 \text{ euro}$$

$$80,60 + 30,90 = 111,50 \text{ euro per geotube}$$

De kosten worden dan als volgt:

Tabel 25 – Kosten variant 5.

Onderdeel	Prijs / eenheid	Hoeveelheid	Prijs
Totaal geocontainer	233,5	16	3736
Totaal geotube	111,5	3	334,5
Bovenste laag	27,50	34,21	940,78
Filter laag	22,50	24,45	550,13
Totaal			€5561,41

¹ Joosten Catalogus 2015 Geotextiel – Geogrids.pdf

7. MULTI-CRITERIA ANALYSE

Aan de hand van een multi-criteria analyse kan er worden bepaald welke variant de “beste” variant is. Een multi-criteria analyse bestaat uit een keuzenmatrix. Per onderdeel worden er punten toegekend aan een variant. Elk onderdeel heeft een weging, dit houdt in dat een onderdeel zwaarder kan wegen dan een ander onderdeel. De variant met de meeste punten, zal de voorkeursvariant zijn.

7.1 ONDERDELEN & SCORE

Voor de golfbreker binnen het project Flevokust zijn de volgende onderdelen van belang:

- Kosten
- Betrouwbaarheid
- Ervaring
- Uitvoerbaarheid
- Duurzaamheid

De punten toekenning en de vraag waarom het betreffende onderdeel van belang is zal in de volgende subhoofdstukken worden toegelicht.

7.1.1 SCORE

In de keuzenmatrix wordt er per onderdeel een score gegeven van 1 tot 5. In hoofdstuk 7.1.2 wordt er aangegeven hoe de punten worden toegekend aan een variant. Afhankelijk van de weging zal er een totale score tot stand komen per variant. De totale score loopt ook van 1 tot 5. Waarin 1 een zeer slechte variant is oplopend tot 5 dat een zeer goede variant is. Per score is dit:

- | | |
|------------|---------------------|
| Score = 1. | Zeer matige variant |
| Score = 2. | Matige variant |
| Score = 3. | Redelijke variant |
| Score = 4. | Goede variant |
| Score = 5. | Zeer goede variant |

7.1.2 KOSTEN

Het contract zal bestaan uit een EMVI contract. Dit houdt in dat de meest economische voordelige inschrijving zal winnen. De kosten zijn daarom van groot belang. Er worden geen kortingen toegekend aan de golfbreker. Dit betekent dat de voordeligste golfbreker de meest aantal punten zal krijgen toegekend. Vanwege het belang van de kosten, zal dit onderdeel voor 50% meetellen in de totale weging. De score wordt als volgt toegekend:

- | | | |
|------------|---------------|------------------------|
| Score = 1. | > 9000 | euro / m ⁻¹ |
| Score = 2. | 7500 tot 9000 | euro / m ⁻¹ |
| Score = 3. | 6000 tot 7500 | euro / m ⁻¹ |
| Score = 4. | 5000 tot 6000 | euro / m ⁻¹ |
| Score = 5. | < 5000 | euro / m ⁻¹ |

7.1.3 BETROUWBAARHEID

Bij de varianten studies is er gebruik gemaakt van een aantal empirische formules. Deze formules zijn vaak op basis van proeven in een golfbad. Elke golfbrekers is anders, omdat de empirische formules vaak zijn gebaseerd zijn op proeven, is er een grote onzekerheid in de betrouwbaarheid van de resultaten. Ook redelijke nieuwe golfbrekers / minder toegepaste golfbrekers hebben een kleinere betrouwbaarheid, door de hoeveelheid dat een golfbreker is aangelegd, frequentie heeft dus ook een grote rol in de betrouwbaarheid. Betrouwbaarheid is ook een belangrijk punt in de afweging van de keuzenmatrix. De betrouwbaarheid geeft ook gedeeltelijk de risico's weer, een lage betrouwbaarheid heeft grotere risico's dan een kleine betrouwbaarheid. De weging is daarom 10%. De score wordt als volgt toegekend:

- Score = 1. Er zijn geen empirische formules om de dimensies te bepalen
- Score = 2. Grote onzekerheid in de bepaalde dimensies
- Score = 3. Redelijke onzekerheid in de bepaalde dimensies
- Score = 4. Er zijn kleine onzekerheden in de bepaalde dimensies
- Score = 5. Er zijn geen onzekerheden in de bepaalde dimensies

In de score is gebruik gemaakt van onzekerheden en niet van betrouwbaarheid. Dit omdat een minder betrouwbare empirische formule resulteert in een grote onzekerheid en visa versa.

7.1.4 ERVARING

Het onderdeel ervaring lijkt in grote lijnen op die van betrouwbaarheid. Echter gaat de ervaring niet over de empirische formules en de onzekerheid op de bepaalde dimensies. De ervaring gaat over het uitvoerend aspect van de golfbreker. De hoeveelheid ervaring dat is opgedaan door de type golfbreker aan te brengen. Of hoeveel ervaring er is door een combinatie van uitvoeringsmethoden toe te passen. Bijvoorbeeld een damwand wordt vaak toegepast en een stortstenen golfbreker ook, deze hebben vrij weinig onzekerheden in het uitvoeren. Echter een combinatie wordt weinig toegepast, echter door de kennis van beide zal de onzekerheid minder groot zijn dan wanneer er een golfbreker type wordt toegepast waar ook van bepaalde onderdelen niet veel bekend is. Ook de uitvoering is van groot belang, de weging is daarom 10%. De score wordt als volgt toegekend:

- Score = 1. Er is geen ervaring met het uitvoeren van deze type golfbreker;
- Score = 2. Deze type golfbreker type is een paar keer toegepast;
- Score = 3. Deze type golfbreker wordt regelmatig toegepast, of bepaalde onderdelen is wel eens toegepast;
- Score = 4. Deze type golfbreker wordt redelijk vaak toegepast, of er is veel ervaring over de toepassing van de onderdelen;
- Score = 5. Deze type golfbreker wordt vrijwel altijd toegepast;

7.1.5 UITVOERBAARHEID

Het onderdeel uitvoerbaarheid lijkt sterk op die van ervaring. Echter gaat het onderdeel uitvoerbaarheid alleen in op de moeilijkheidsgraad van het uitvoeren van de type golfbreker. Wanneer er speciale methoden moet worden toegepast om de type golfbreker toe te passen, zal dit resulteren in een lage score voor de uitvoerbaarheid. Er wordt niet getoetst op het kosten aspect van de uitvoering, dit is al een onderdeel van het onderdeel kosten. Dit onderdeel geeft voornamelijk aan wat de risico's zijn aan de methode van uitvoering. De weging van de uitvoerbaarheid is 5%. De score wordt als volgt toegekend:

- Score = 1. Er moeten gevaarlijke / moeilijke uitvoermethoden worden toegepast, met veel risico's en grote gevolgen;
- Score = 2. Er moeten risicovolle uitvoermethoden worden toegepast;
- Score = 3. Er zijn risico's verbonden aan de uitvoermethoden;
- Score = 4. Er zijn kleine risico's verbonden aan de uitvoermethoden;
- Score = 5. Er zijn vrijwel geen risico's verbonden aan de uitvoermethoden;

7.1.6 IJSBESTENDIGHEID

Het onderdeel ijsbestendigheid gaat over het feit dat er kruierend ijs kan optreden in het IJsselmeer. In de berekeningen om de dimensies te bepalen is het effect van kruierend ijs niet meegenomen. Het is waarschijnlijk dat er extra kosten zullen ontstaan als gevolg van kruierend ijs. Extra kosten in de vorm van grotere stenen, of een andere oplossing. De maten waarin verwacht wordt dat de golfbreker bestand is tegen ijs, wordt aangenomen. De ijsbestendigheid zal effect hebben op de kosten en is dus ook van groot belang. De weging van ijsbestendigheid is 10%. De score wordt als volgt toegekend:

- Score = 1. Niet ijsbestendig. Als gevolg van kruierend ijs faalt de gehele golfbreker;
- Score = 2. Slecht ijsbestendig. Als gevolg van kruierend faalt een deel van de golfbreker, echter is de schade nog te herstellen;
- Score = 3. Matig ijsbestendig. Als gevolg van kruierend ijs is er schade aanwezig, deze schade is nog te herstellen;
- Score = 4. Redelijk ijsbestendig. Als gevolg van kruierend ijs is er kleine schade aanwezig, deze schade is eenvoudig te herstellen;
- Score = 5. Goed ijsbestendig. Als gevolg van kruierend ijs is geen schade aanwezig;

7.1.7 DUURZAAMHEID

Het onderdeel duurzaamheid gaat voornamelijk over het behalen van de levensduur van 50 jaar. Het is dus van groot belang dat deze levensduur wordt gegarandeerd. Doordat de golfbreker wordt blootgesteld aan dynamische belastingen in de vorm van golven, heeft dit vaak een negatieve invloed op de levensduur van materialen. De weging van de duurzaamheid is 5%. De score wordt als volgt toegekend:

- Score = 1. De levensduur van 50 jaar wordt niet behaald;
- Score = 3. De levensduur van 50 jaar kan door externe niet invloedbare factoren sterk worden gereduceerd;
- Score = 5. De levensduur van 50 jaar wordt behaald;

7.2 KEUZEMATRIX

Aan de hand van hoofdstuk 7.1 kan de keuzematrix worden ingevuld per variant. De keuzematrix is weergegeven in tabel 26.

Tabel 26 – Keuzematrix varianten.

Onderdeel	Punten	Wegin g	Variant 1 - Stortstene n golfbreker met filter laag en kern	Variant 2 - Stortstene n golfbreker zonder filter laag en kern	Variant 3 - Damwand golfbreke r met berm onder water	Variant 4 - Damwand golfbreke r met berm boven water	Variant 5 - Geocontaine r golfbreker
Kosten	Punten	50	4	2	1	1	4
	Punten op geheel		2,0	1	0,5	0,5	2
Betrouwbaarheid	Punten	15	4	4	3	3	2
	Punten op geheel		0,6	0,6	0,45	0,45	0,3
Ervaring	Punten	15	5	5	4	4	2
	Punten op geheel		0,75	0,75	0,6	0,6	0,3
Uitvoerbaarheid	Punten	5	5	5	3	3	2
	Punten op geheel		0,25	0,25	0,15	0,15	0,1
Ijsbestendigheid	Punten	10	3	4	2	3	3
	Punten op geheel		0,3	0,4	0,2	0,3	0,3
Duurzaamheid	Punten	5	5	5	3	5	3
	Punten op geheel		0,25	0,25	0,15	0,25	0,15
Totaal te behalen punten			5	5	5	5	5
Behaalde punten			4,05	3,25	2,05	2,25	3,15

7.3 TOELICHTING KEUZEMATRIX & RESULTAAT

In deze paragraaf zal de punten toekenning per variant per onderdeel worden toegelicht.

7.3.1 VARIANT 1 – STORTSTENEN GOLFBREKER MET FILTER LAAG EN KERN

Deze variant heeft het meest aantal punten. De variant heeft 4,05 aantal punten en valt daarom binnen de categorie goede variant (zoals beschreven is in hoofdstuk 7.1.1). De traditionele golfbreker heeft de voorkeur boven de andere golfbreker voornamelijk vanwege de kosten maar ook door de ervaring, betrouwbaarheid en uitvoerbaarheid. Verder zal er worden onderbouwd waarom de variant het aantal punten heeft behaald.

Kosten

De stortstenen variant is een van de goedkoopste varianten. Door het type contract maakt dit het belangrijkste punt. De kosten zijn redelijk nauwkeurig bepaald in dit verslag, een verdere toelichting van de kosten staan in het hoofdstuk 4.1.6. Met een prijs van 5797,98 euro per meter is de score volgens hoofdstuk 7.1.2, 4 punten.

Betrouwbaarheid

De traditionele stortstenen golfbreker met filter laag en kern is de meest gebruikte golfbreker in de wereld. Des ondanks moeten er vaak proeven worden uitgevoerd om de levensduur te garanderen. Ondanks dat zijn de empirische formules redelijk betrouwbaar. Uit hoofdstuk 7.1.3 blijkt dat er een score van 4 punten mag worden toegekend, vanwege de kleine onzekerheid in de resultaten van de empirische formules.

Ervaring

De traditionele stortstenen golfbreker is de meest gebruikte golfbreker ter wereld. Er is dus veel ervaring. Volgens hoofdstuk 7.1.4 mag er 5 punten worden toegekend, omdat er veel ervaring is met de type golfbreker.

Uitvoerbaarheid

De traditionele stortstenen golfbreker is de meest gebruikte golfbreker ter wereld. De uitvoering is ook recht toe recht aan. Er zijn vrijwel geen risico's verbonden met het uitvoeren van deze type golfbreker. Uit hoofdstuk 7.1.5 blijkt dat er 5 punten mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de uitvoering eenvoudig is.

Ijsbestendigheid

De traditionele golfbreker kan vrij ijsbestendig zijn. Echter door het ruwe oppervlakte en veel interactie punten met ijs, is in de huidige situatie het waarschijnlijk dat er een aantal stenen kunnen verplaatsen als gevolg van kruierend ijs. Verplaatste stenen kunnen tamelijk eenvoudig worden hersteld. Hoofdstuk 7.1.6 geeft aan dat wanneer er kleine schade kan ontstaan en de schade goed is te herstellen, er 4 punten mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de golfbreker redelijk ijsbestendig is.

Duurzaamheid

Bij de dimensionering van de golfbreker is er gebruik gemaakt van een kleine schade waarde. Bij een storm van eens in de 100 jaar zal er geen schade ontstaan, of maximaal een aantal verplaatste stenen. De golfbreker zou theoretisch de levensduur van 50 jaar makkelijk moeten kunnen behalen. Uit hoofdstuk 7.1.7 blijkt dat er 5 punten mag worden toegekend een golfbreker waarvan de levensduur van 50 jaar wordt gegarandeerd.

7.3.2 VARIANT 2 – STORTSTENEN GOLFBREKER ZONDER FILTER LAAG EN KERN

Deze variant heeft na variant 1 het meest aantal punten. De variant heeft 3,25 aantal punten en valt daarom binnen de categorie redelijke variant (zoals beschreven is in hoofdstuk 7.1.1). De traditionele golfbreker zonder filter laag en kern heeft de voorkeur boven de andere golfbreker voornamelijk vanwege de kosten en eenvoud in het aanleggen maar ook door de ervaring, betrouwbaarheid. Ondanks dat deze variant duurder is dan de geocontainer variant, heeft deze variant meer punten. Voornamelijk vanwege de ervaring en betrouwbaarheid van een stortstenen golfbreker. Verder zal er worden onderbouwd waarom de variant het aantal punten heeft behaald.

Kosten

De stortstenen zonder filter laag en kern golfbreker is de derde goedkoopste variant. Door het type contract maakt dit het belangrijkste punt. De kosten zijn redelijk nauwkeurig bepaald in dit verslag, een verdere toelichting van de kosten staan in het hoofdstuk 4.2.6. Met een prijs van 7930,25 euro per meter is de score volgens hoofdstuk 7.1.2, 2 punten.

Betrouwbaarheid

De traditionele stortstenen golfbreker zonder filter laag en kern is een vaak toegepaste golfbreker in de wereld. Des ondanks moeten er vaak proeven worden uitgevoerd om de levensduur te garanderen. Ondanks dat zijn de empirische formules redelijk betrouwbaar. Uit hoofdstuk 7.1.3 blijkt dat er een score van 4 punten mag worden toegekend, vanwege de kleine onzekerheid in de resultaten van de empirische formules.

Ervaring

De stortstenen zonder filter laag en kern golfbreker is de een vaak toegepaste golfbreker. Er is dus veel ervaring. Volgens hoofdstuk 7.1.4 mag er 5 punten worden toegekend, omdat er veel ervaring is met de type golfbreker.

Uitvoerbaarheid

De stortstenen zonder filter laag en kern golfbreker is de meest gebruikte golfbreker ter wereld. De uitvoering is ook recht toe recht aan, nog meer dan variant 1 een golfbreker met filter laag en kern. Er zijn vrijwel geen risico's verbonden met het uitvoeren van deze type golfbreker. Uit hoofdstuk 7.1.5 blijkt dat er 5 punten mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de uitvoering eenvoudig is.

Ijsbestendigheid

De stortstenen zonder filter laag en kern golfbreker kan vrij ijsbestendig zijn. Echter door het ruwe oppervlakte en veel interactie punten met ijs, is in de huidige situatie het waarschijnlijk dat er een aantal stenen kunnen verplaatsen als gevolg van kruierend ijs. Verplaatste stenen kunnen tamelijk eenvoudig worden hersteld. Het verschil met variant 1 is dat een aantal verplaatste stenen niet zal zorgen voor het falen van de golfbreker. Aangezien er geen kern is om te beschermen. Hoofdstuk 7.1.6 geeft aan dat wanneer er kleine schade kan ontstaan en de schade goed is te herstellen, er 4 punten mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de golfbreker redelijk ijsbestendig is.

Duurzaamheid

Bij de dimensionering van de golfbreker is er gebruik gemaakt van een kleine schade waarde. Bij een storm van eens in de 100 jaar zal er geen schade ontstaan, of maximaal een aantal verplaatste stenen. De golfbreker zou theoretisch de levensduur van 50 jaar makkelijk moeten kunnen behalen. Uit hoofdstuk 7.1.7 blijkt dat er 5 punten mag worden toegekend een golfbreker waarvan de levensduur van 50 jaar wordt gegarandeerd.

7.3.3 VARIANT 3 – DAMWAND GOLFBREKER MET BERM ONDER WATER

De variant van een combinatie met een damwand en een stortstenen golfbreker, waarvan de berm onder water ligt, heeft de minste punten. De variant heeft 2,05 aantal punten en valt daarom binnen de categorie matige variant (zoals beschreven is in hoofdstuk 7.1.1). Deze variant heeft niet de voorkeur. Verder zal er worden onderbouwd waarom de variant het aantal punten heeft behaald.

Kosten

De damwand golfbreker met de berm onderwater kost 9164,18 euro per strekkende meter. Dit is meer dan twee keer zoveel dan de traditionele golfbreker met filter laag en kern, volgens hoofdstuk 7.1.2 mag er 1 punt worden toegekend aan deze variant. De kosten zijn zo hoog doordat er gebruik moet worden gemaakt van een zwaar damwand profiel. Een damwand golfbreker weegt dus niet op tegen een traditionele golfbreker.

Betrouwbaarheid

Een damwand golfbreker met een berm van stortstenen wordt niet vaak toegepast. Echter is er redelijk veel bekend over het dimensioneren van een damwand en een stortstenen golfbreker. Een combinatie geeft een aantal onzekerheden, echter kan het ontwerp nog redelijk betrouwbaar zijn. Uit hoofdstuk 7.13 blijkt dat er een score van 3 punten mag worden toegekend, vanwege de aanwezige onzekerheid in de resultaten van de empirische formules.

Ervaring

Deze variant wordt vrij weinig toegepast. Er is veel ervaring met het plaatsen van een damwand en er is ook veel ervaring met het plaatsen van een stortstenen golfbreker. Volgens hoofdstuk 7.1.4 mag er 4 punten worden toegekend, omdat er niet veel ervaring is, maar wel veel ervaring met het plaatsen van een damwand en een stortstenen golfbreker.

Uitvoerbaarheid

Deze variant hoeft na verwachting geen gebruik te maken van speciale uitvoeringsmethoden waar ook veel risico's aan zijn verbonden. De verwachte uitvoeringsmethode is dat er als eerst een damwand wordt geplaatst en vervolgens hier de stortstenen tegen aan te plaatsen. Er zijn kleine risico's verbonden met het uitvoeren van deze type golfbreker, er dient wel rekening te worden gehouden met de damwand wanneer de stenen worden aangebracht. De risico's groter dan die van varianten 1 en 2. Uit hoofdstuk 7.1.5 blijkt dat er 4 punten mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de uitvoering redelijk eenvoudig is.

Ijsbestendigheid

Deze variant met de berm onder water is niet ijsbestendig. De kruin van de damwand ligt op +1,09 meter N.A.P. terwijl de berm ligt op -1 meter N.A.P., dit geeft een hoogte van 2,09 meter aan damwand dat kan worden blootgesteld aan kruiend ijs. De damwand is een obstakel voor het kruiend ijs. De verwachting is dat de damwand de kracht van het kruiend ijs niet kan opnemen en daarom zal falen. Ook door het ruwe oppervlakte en veel interactie punten met ijs, is in de huidige situatie het waarschijnlijk dat er een aantal stenen kunnen verplaatsen als gevolg van kruiend ijs. Verplaatste stenen kunnen tamelijk eenvoudig worden hersteld. Hoofdstuk 7.1.6 geeft aan dat wanneer er onherstelbare schade ontstaat, er 1 punt mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de golfbreker niet ijsbestendig is.

Duurzaamheid

Bij de dimensionering van de golfbreker is er gebruik gemaakt van een kleine schade waarde. Bij een storm van eens in de 100 jaar zal er geen schade ontstaan, of maximaal een aantal verplaatste stenen. Echter door een grote dynamische belasting als gevolg van de golven, kan de levensduur van de damwand drastisch worden verminderd. Voornamelijk doordat de grond het zal gaan begeven. Uit hoofdstuk 7.1.7 blijkt dat er 3 punten mag worden toegekend een golfbreker waarvan de levensduur van 50 jaar wordt gegarandeerd maar kan worden beïnvloed door externe factoren. Er is dus een onzekerheid in het behalen van de levensduur.

7.3.4 VARIANT 4 – DAMWAND GOLFBREKER MET BERM BOVEN WATER

De variant van een combinatie met een damwand en een stortstenen golfbreker, waarvan de berm boven water ligt op de zelfde hoogte als de kruin van de damwand, heeft de op een na laagste punten. De variant heeft 2,25 aantal punten en valt daarom binnen de categorie redelijke variant (zoals beschreven is in hoofdstuk 7.1.1). Deze variant heeft niet de voorkeur. Verder zal er worden onderbouwd waarom de variant het aantal punten heeft behaald.

Kosten

De damwand golfbreker met de berm boven water kost 9721,69 euro per strekkende meter en is de duurste variant. Dit is meer dan twee keer zoveel dan de traditionele golfbreker met filter laag en kern, volgens hoofdstuk 7.1.2 mag er 1 punt worden toegekend aan deze variant. De kosten zijn zo hoog doordat er gebruik moet worden gemaakt van een zwaar damwand profiel. Een damwand golfbreker weegt dus niet op tegen een traditionele golfbreker.

Betrouwbaarheid

Een damwand golfbreker met een berm van stortstenen wordt niet vaak toegepast. Echter is er redelijk veel bekend over het dimensioneren van een damwand en een stortstenen golfbreker. Een combinatie geeft een aantal onzekerheden, echter kan het ontwerp nog redelijk betrouwbaar zijn. Uit hoofdstuk 7.13 blijkt dat er een score van 3 punten mag worden toegekend, vanwege de aanwezige onzekerheid in de resultaten van de empirische formules.

Ervaring

Deze variant wordt vrij weinig toegepast. Er is veel ervaring met het plaatsen van een damwand en er is ook veel ervaring met het plaatsen van een stortstenen golfbreker. Volgens hoofdstuk 7.1.4 mag er 4 punten worden toegekend, omdat er niet veel ervaring is, maar wel veel ervaring met het plaatsen van een damwand en een stortstenen golfbreker.

Uitvoerbaarheid

Deze variant hoeft na verwachting geen gebruik te maken van speciale uitvoeringsmethoden waar ook veel risico's aan zijn verbonden. De verwachte uitvoeringsmethode is dat er als eerst een damwand wordt geplaatst en vervolgens hier de stortstenen tegen aan te plaatsen. Er zijn kleine risico's verbonden met het uitvoeren van deze type golfbreker, er dient wel rekening te worden gehouden met de damwand wanneer de stenen worden aangebracht. De risico's groter dan die van varianten 1 en 2. Uit hoofdstuk 7.1.5 blijkt dat er 4 punten mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de uitvoering redelijk eenvoudig is.

Ijsbestendigheid

Deze variant met de berm boven water is redelijk ijsbestendig. Door het ruwe oppervlakte en veel interactie punten met ijs, is in de huidige situatie het waarschijnlijk dat er een aantal stenen kunnen verplaatsen als gevolg van kruiend ijs. Verplaatste stenen kunnen tamelijk eenvoudig worden hersteld. Ook is de verwachting dat het gewicht van het ijs de damwand kan vervormen. Echter kan het ijs zich wel over de damwand bewegen, makkelijker dan bij variant 3. Hoofdstuk 7.1.6 geeft aan dat wanneer er herstelbare schade ontstaat, er 2 punt mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de golfbreker slecht ijsbestendig is.

Duurzaamheid

Bij de dimensionering van de golfbreker is er gebruik gemaakt van een kleine schade waarde. Bij een storm van eens in de 100 jaar zal er geen schade ontstaan, of maximaal een aantal verplaatste stenen. Bij variant 3 speelt de dynamische belasting een grote rol, echter doordat de berm tot op het niveau van de kruin ligt, is de dynamische belasting sterk terug gedrongen. Uit hoofdstuk 7.1.7 blijkt dat er 5 punten mag worden toegekend een golfbreker waarvan de levensduur van 50 jaar wordt gegarandeerd.

7.3.5 VARIANT 5 – GEOCONTAINER

Deze variant is een golfbreker dat bestaat uit geocontainers en geotubes. De variant heeft 3,15 aantal punten en valt daarom binnen de categorie redelijke variant (zoals beschreven is in hoofdstuk 7.1.1). Deze variant heeft niet de voorkeur. Verder zal er worden onderbouwd waarom de variant het aantal punten heeft behaald.

Kosten

De geocontainer golfbreker is de goedkoopste variant. Deze variant zal 5561,41 euro per strekkende meter gaan kosten, volgens hoofdstuk 7.1.2 mag er 4 punten worden toegekend aan deze variant. De kosten worden voornamelijk gereduceerd doordat er gebruik kan worden gemaakt van “goedkoop” zand. Echter kost het geotextiel wel veel.

Betrouwbaarheid

Bij het dimensioneren van geocontainers en geotubes bestaan grote onzekerheden, voornamelijk omdat het in de laatste jaren aan populariteit toeneemt. De empirische formules zijn gebaseerd op waarnemingen van geocontainers in een bepaalde configuratie. In hoeverre de formule ook geldt voor een andere situatie is onduidelijk. Uit hoofdstuk 7.13 blijkt dat er een score van 2 punten mag worden toegekend, vanwege de aanwezige grote onzekerheid in de resultaten van de empirische formules.

Ervaring

Deze variant wordt vrij weinig toegepast, echter neemt de laatste jaren de populariteit wel toe. Er is nog weinig ervaring met het plaatsen van een geocontainer golfbreker. Volgens hoofdstuk 7.1.4 mag er 2 punten worden toegekend, omdat er niet veel ervaring is.

Uitvoerbaarheid

Er bestaan redelijk eenvoudige uitvoeringsmethoden voor het plaatsen van deze variant. De grootste risico is dat de geocontainer de trekkrachten niet op kan nemen tijdens het aanbrengen van de geocontainer. De uitvoerbaarheid is dus redelijk eenvoudig. Uit hoofdstuk 7.1.5 blijkt dat er 4 punten mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de uitvoering redelijk eenvoudig is.

Ijsbestendigheid

Een van de grootste risico's van een geocontainer is dat het geotextiel scheurt. Dit is meestal het gevolg van vandalisme, echter is het waarschijnlijk dat ook ijs in staat is om het geotextiel te scheuren. Bij de stabiliteit berekeningen is er ook geen rekening gehouden met ijs, het ijs zou redelijk eenvoudig over de geocontainer moeten kunnen “klimmen”. Waarschijnlijk blijft de geocontainer niet op zijn plaats wanneer er ijs tegen de geocontainer drukt. Hoofdstuk 7.1.6 geeft aan dat wanneer er herstelbare schade ontstaat, er 2 punt mag worden toegekend aan een golfbreker waarvan de golfbreker slecht ijsbestendig is.

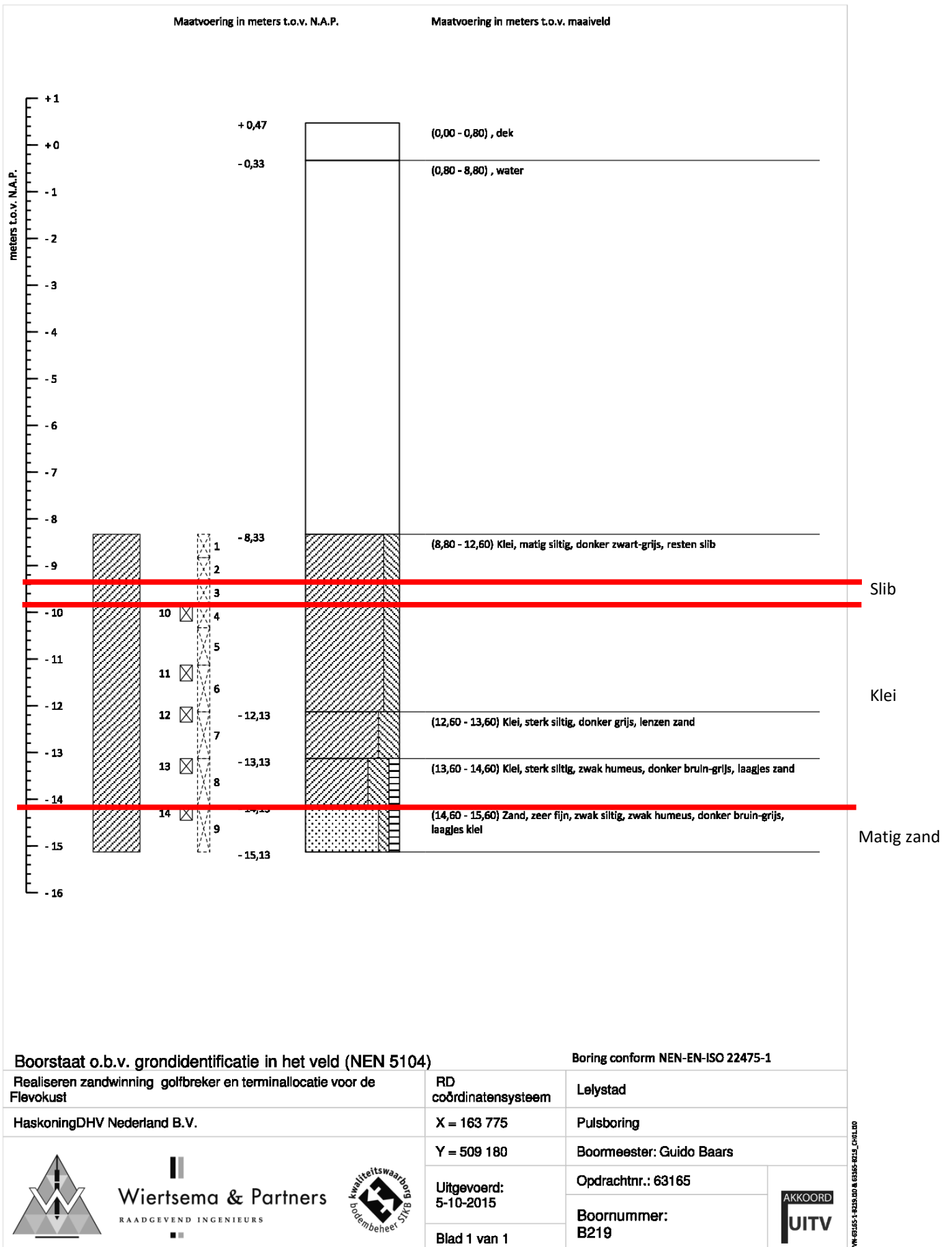
Duurzaamheid

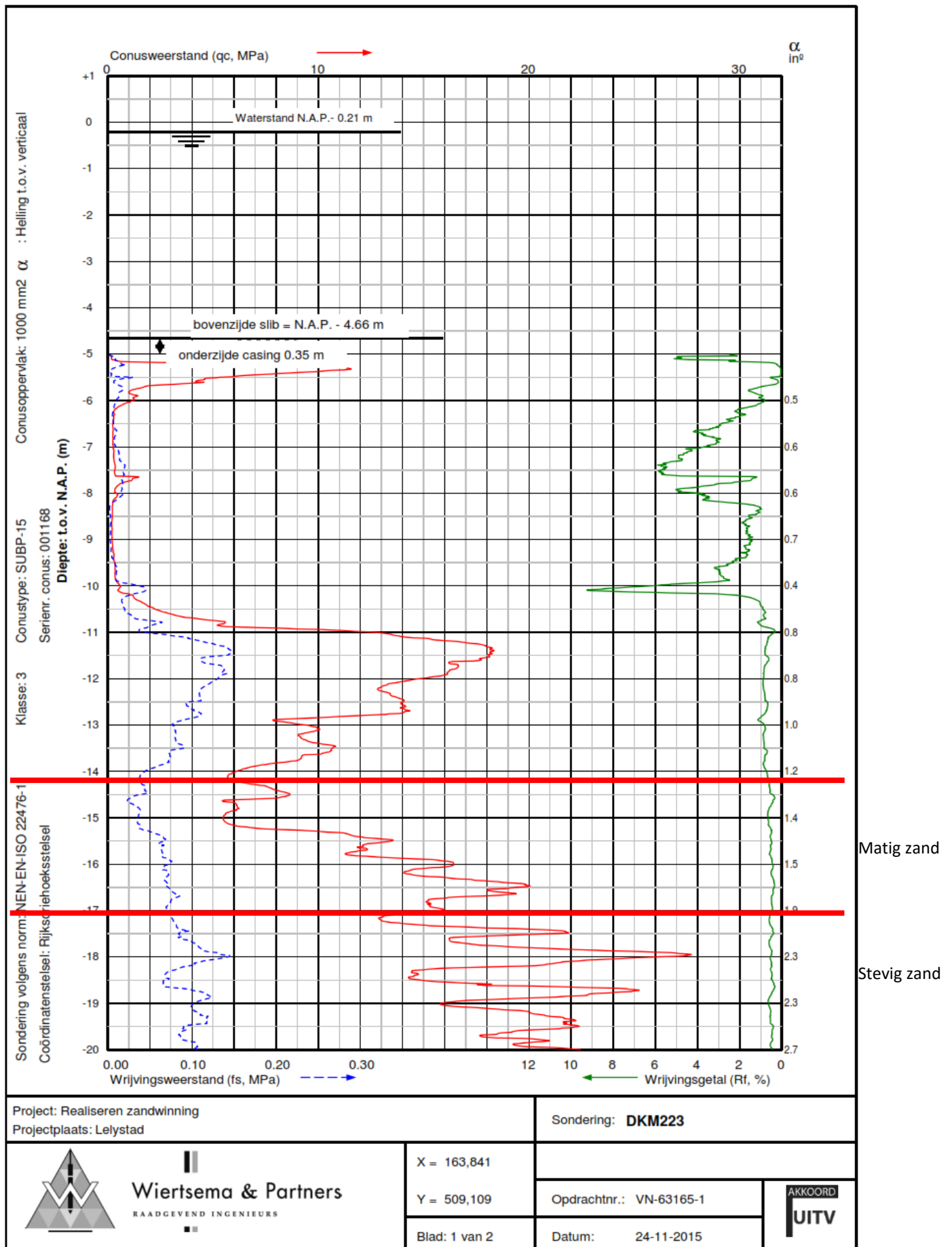
Bij de dimensionering van de golfbreker is er gebruik gemaakt van een kleine schade waarde. Bij een storm van eens in de 100 jaar zal er geen schade ontstaan. Echter door externe factoren zoals vandalisme en ijsvorming, kan de levensduur van de geocontainer drastisch worden verminderd. Uit hoofdstuk 7.1.7 blijkt dat er 3 punten mag worden toegekend een golfbreker waarvan de levensduur van 50 jaar wordt gegarandeerd maar kan worden beïnvloed door externe factoren. Er is dus een onzekerheid in het behalen van de levensduur.

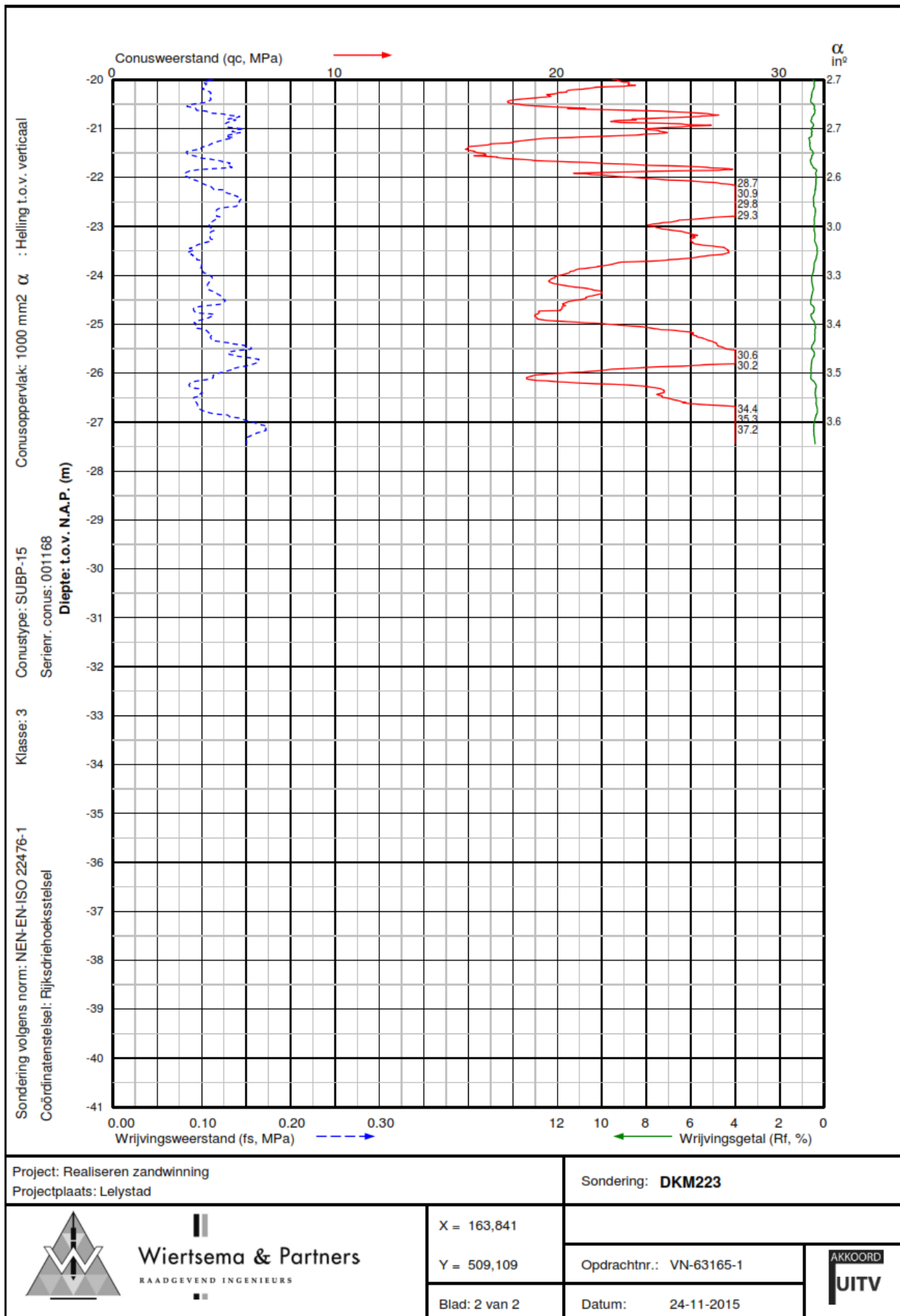
BIBLIOGRAFIE

- [1] R. Bruins, „Advies m.b.t. golfbreker project Flevokust,” LieveenseCSO, Breda, 4 december 2015.
- [2] CUR, CIRIA, Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering, London, Gouda: CUR, CIRIA, 1991.
- [3] CIRIA, CUR, CETMEF, The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), London: C683, CIRIA, 2007 (reprinted 2012).
- [4] K. d'Angremond & F.C. van Roode, Breakwaters and Closure Dams, Delft: Delft University on behalf of Vereniging voor Studie- en Studentenbelangen te Delft, 2004.
- [5] CUR, CUR-publicatie 214 Geotextiele zandelementen, Gouda: Stichting CUR, 2004.
- [6] CUR, CUR-publicatie 217 geotextiele zandelementen, Gouda: Stichting CUR, 2006.
- [7] Sytske Stuij & Johan Henrotte, Hydraulische Randvoorwaarden Golfbreker Flevokust, 2015.
- [8] Krystian W. Pilarczyk, „Design aspects of geotubes and geocontainers,” Zoetermeer, 1996.
- [9] H. J. Kriel, „Hydraulic stability of multi-layered sand-filled geotextile tube breakwaters under wave attack,” Stellenbosch University, 2012.
- [10] S. Takahashi, „Design of vertical breakwaters,” Port and Airport research institute Japan, 1996 (Revised in July, 2002 Version 2.1).
- [11] Royal HaskoningDHV Nederland B.V., „Terminal Flevokust Voorontwerp,” Royal HaskoningDHV Nederland B.V., 2015.
- [12] Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, „Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebieden,” Rijks, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, 2004.
- [13] Wiertsema & Partners, „Voorlopige resultaten Geotechnisch onderzoek,” Wiertsema & Partners, Tolbert, 2015.

BIJLAGE I – BORING B219 & SONDERING DKM223







BIJLAGE II - RAPPORT D-SHEET PILING VARIANT 4

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company: <Not Registered>
<Not Registered>

Date of report: 4/21/2016
Time of report: 1:51:28 PM

Date of calculation: 4/21/2016 Time of
calculation: 1:51:03 PM

Filename: E:\FlevoHaven Tender GDK\bestand\D-sheet\Rapport\Variant 4

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview per Stage and Test	3
2.2 Calculation Errors	3
2.3 Warnings	3
2.4 CUR Verification Steps	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum allowable moments	5
3.3 Calculation Options	5
4 Outline Stage 3: golfbelasting	7
5 Step 6.4 Stage 3: golfbelasting	8
5.1 General Input Data	8
5.1.1 Horizontal Loads	8
5.2 Input Data Left	8
5.2.1 Calculation Method	8
5.2.2 Water Level	8
5.2.3 Surface	8
5.2.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)	8
5.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	8
5.2.6 Surcharge Loads	9
5.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	9
5.4 Calculated force from a layer Left	9
5.5 Input Data Right	9
5.5.1 Calculation Method	10
5.5.2 Water Level	10
5.5.3 Surface	10
5.5.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 1)	10
5.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	10
5.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	10
5.7 Calculated force from a layer Right	11
5.8 Calculation Results	11
5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	11
5.8.2 Moments, Forces and Displacements	11
5.8.3 Charts of Stresses	13
5.8.4 Stresses	13
5.8.5 Percentage mobilized resistance	14

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment	Mob. perc. resistance	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3		-236,06	61,77	0,0	10,7	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-234,36	75,66	0,0	11,0	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	0,0	0,00	0,00	0,0	6,5	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		0,00	0,00			
2	EC7(NL)-Step 6.3		-1404,28	336,59	0,0	22,3	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		-1403,93	410,82	0,0	24,7	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	372,7	-808,72	209,33	0,0	13,7	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-970,46	251,20			
3	EC7(NL)-Step 6.3		-3137,39	747,44	0,0	37,4	---
3	EC7(NL)-Step 6.4		-3137,39	837,24	0,0	39,7	---
3	EC7(NL)-Step 6.5	1502,2	-2504,13	617,15	0,0	25,1	---
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-3004,96	740,58			
Max		1502,2	-3137,39	837,24	0,0	39,7	---

2.2 Calculation Errors

Error

The maximum calculated moment exceeds the maximum allowable elastic moment in one or more stages.

2.3 Warnings

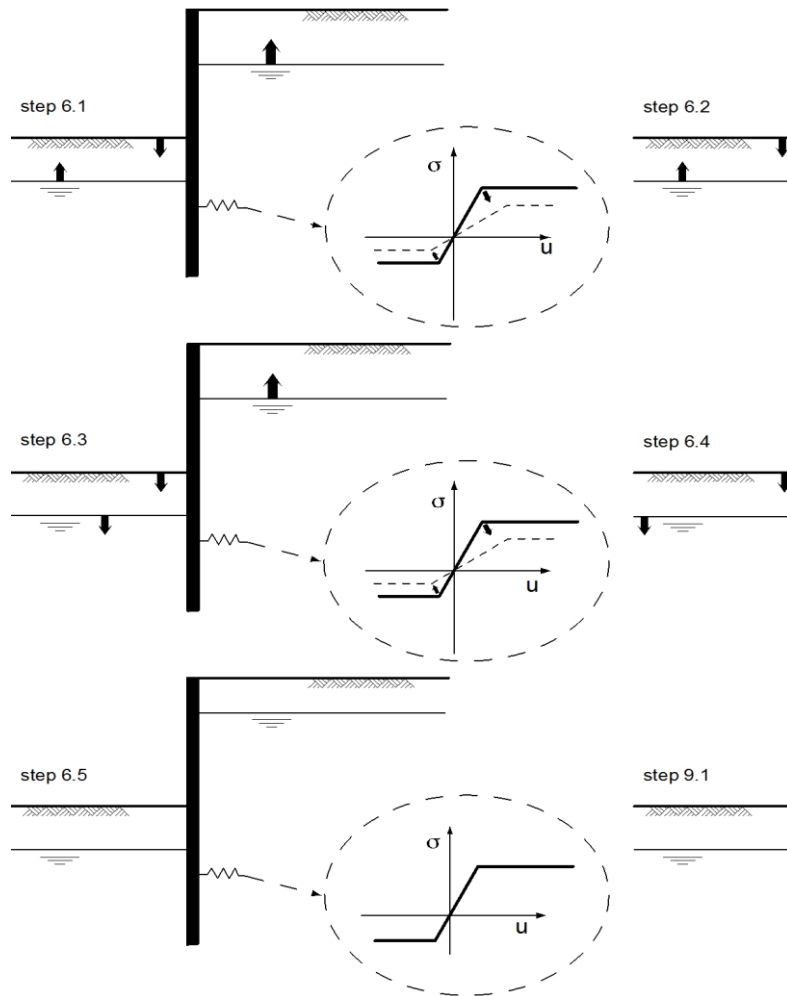
Warning

In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in the materials is more than 15 degrees. According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a Ka, Ko, Kp calculation.

Profile(s):

- prof (fase 1)

2.4 CUR Verification Steps



3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

Model	Sheet piling
Check vertical balance	No
Number of construction stages	3
Unit weight of water	1
0,00 kN/m ³ Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No Elastic calculation Yes

3.2 Sheet Piling Properties

Length	26,00 m
Level top side	1,00 m Number of sections 1

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width
AZ 50	-25,00	1,00	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI	Red. factor on EI	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
AZ 50	2,5423E+05	1,00	2,5420E+05	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm/m']
AZ 50	2156,00	1,00	1,00	1,00	2156,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No Calculation refinement Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verified stage only Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.

Verification of stage	1: Aanbrengen damwand
-----------------------	-----------------------

Used partial factor set	RC 1
-------------------------	------

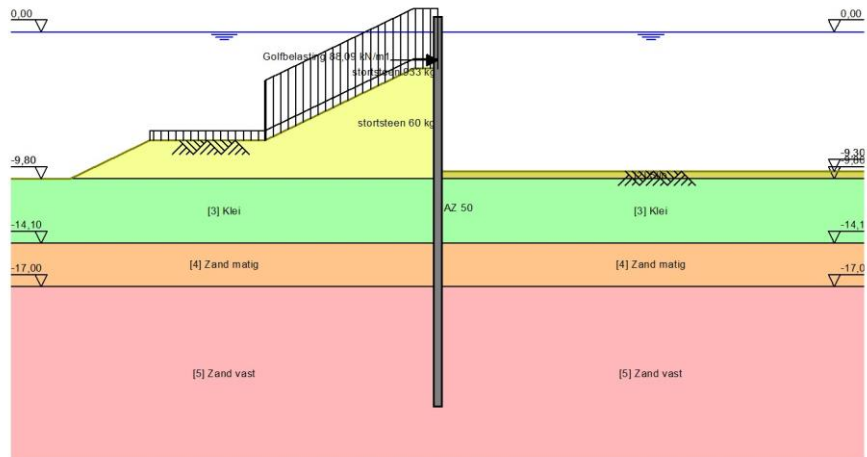
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00

Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15

- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	2: Aanbrengen stortsteen
Used partial factor set	RC
1 Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	3:
golfbelasting	
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m

4 Outline Stage 3: golfbelasting

Outline - Stage 3: golfbelasting



5 Step 6.4 Stage 3: golfbelasting

5.1 General Input Data

5.1.1 Horizontal Loads

Name	Level [m]	Load [kN/m²]
Golfbelasting 88...	-1,89	88,09

5.2 Input Data Left

5.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.2.2 Water Level

Water level: 0,05 [m]

5.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-2,44
1,16	-2,44
8,36	-7,24
13,94	-7,24
17,78	-9,80

5.2.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)

Layer nam	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]			
[1] Zand aanv	0,00	19,00	20,00	0,00	26,66	17,77
[3] Klei	-9,80	15,00	10,50	0,00	19,81	13,21
[4] Zand matig	-14,10	19,00	21,00	0,00	28,98	19,33
[5] Zand vast	-17,00	19,00	21,00	0,00	31,34	16,60

Layer nam	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
[1] Zand aanv	0,00	1,00	1,00	Fine
[3] Klei	-9,80	1,00	1,00	Fine
[4] Zand matig	-14,10	1,00	1,00	Fine
[5] Zand vast	-17,00	1,00	1,00	Fine

Layer nam	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
[1] Zand aanv	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[3] Klei	-9,80	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[4] Zand matig	-14,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[5] Zand vast	-17,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

5.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
[1] Zand aanv	0,00	22500,00	22500,00	11250,00	11250,00
[3] Klei	-9,80	4500,00	4500,00	2250,00	2250,00
[4] Zand matig	-14,10	45000,00	45000,00	22500,00	22500,00

Layer nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[5] Zand vast	-17,00	67500,00	67500,00	33750,00	33750,00

Layer nam	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	5625,00	5625,00
[3] Klei	-9,80	1125,00	1125,00
[4] Zand matig	-14,10	11250,00	11250,00
[5] Zand vast	-17,00	16875,00	16875,00

5.2.6 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
stortsteen 60 kg	0,00	2,40
	13,94	2,40
stortsteen 933 kg	0,00	14,92
	8,36	14,92

5.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive	K _a	K _o	K _p [-]
1	-3,01	7,4	12,7	0,33	0,33	0,57
2	-4,16	10,2	33,1	0,35	0,35	1,12
3	-5,30	12,1	50,1	0,33	0,33	1,37
4	-6,44	14,7	76,5	0,34	0,34	1,74
5	-7,58	17,3	84,6	0,34	0,34	1,64
6	-8,73	19,9	16,1	0,34	0,34	0,34
7	-9,32	21,3	16,1	0,33	0,33	0,33
8	-9,57	21,9	16,1	0,33	0,33	0,33
9	-10,34	30,4	16,1	0,46	0,46	0,46
10	-11,41	29,7	18,8	0,47	0,47	0,47
11	-12,49	28,8	22,7	0,47	0,47	0,47
12	-13,56	27,7	23,6	0,46	0,46	0,46
13	-14,58	17,2	355,8	0,27	0,27	5,62
14	-15,55	19,3	231,2	0,27	0,27	3,21
15	-16,52	21,5	242,9	0,27	0,27	3,01
16	-17,57	22,4	332,5	0,25	0,27	3,68
17	-18,71	25,1	365,5	0,25	0,30	3,63
18	-19,86	27,8	417,2	0,25	0,33	3,74
19	-21,00	30,5	470,8	0,25	0,35	3,85
20	-22,14	33,1	530,5	0,25	0,37	3,99
21	-23,29	35,7	592,7	0,25	0,38	4,12
22	-24,43	38,3	656,2	0,25	0,40	4,23

5.4 Calculated force from a layer Left

Name	Force
[1] Zand aanv	103,75
[3] Klei	125,45
[4] Zand matig	55,97
[5] Zand vast	1042,88

5.5 Input Data Right

5.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.5.2 Water Level

Water level: -0,20 [m]

5.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-9,35

5.5.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 1)

Layer nam	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
[2] Slib	-9,30	10,00	10,50	0,00	13,12	0,00
[3] Klei	-9,80	15,00	10,50	0,00	19,81	13,21
[4] Zand matig	-14,10	19,00	21,00	0,00	28,98	19,33
[5] Zand vast	-17,00	19,00	21,00	0,00	31,34	16,60

Layer	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
[2] Slib	-9,30	1,00	1,00	Fine
[3] Klei	-9,80	1,00	1,00	Fine
[4] Zand matig	-14,10	1,00	1,00	Fine
[5] Zand vast	-17,00	1,00	1,00	Fine

Layer nam	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
[2] Slib	-9,30	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[3] Klei	-9,80	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[4] Zand matig	-14,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[5] Zand vast	-17,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

5.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[2] Slib	-9,30	2250,00	2250,00	1125,00	1125,00
[3] Klei	-9,80	4500,00	4500,00	2250,00	2250,00
[4] Zand matig	-14,10	45000,00	45000,00	22500,00	22500,00
[5] Zand vast	-17,00	67500,00	67500,00	33750,00	33750,00

Layer nam	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[2] Slib	-9,30	562,50	562,50
[3] Klei	-9,80	1125,00	1125,00
[4] Zand matig	-14,10	11250,00	11250,00
[5] Zand vast	-17,00	16875,00	16875,00

5.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive	K _a	K _o	K _p [-]
1	-9,57	0,1	0,2	0,63	0,77	1,59
2	-10,34	0,2	1,4	0,43	0,66	2,79
3	-11,41	0,4	2,9	0,43	0,66	2,78
4	-12,49	0,7	4,4	0,43	0,66	2,78
5	-13,56	0,9	5,9	0,43	0,66	2,78

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive	K _a	K _o	K _p [-]
6	-14,58	2,2	41,1	0,29	0,52	5,35
7	-15,55	5,3	96,8	0,29	0,52	5,28
8	-16,52	8,4	152,9	0,29	0,52	5,28
9	-17,57	11,0	221,8	0,27	0,48	5,47
10	-18,71	14,5	290,5	0,27	0,48	5,47
11	-19,86	17,9	359,3	0,27	0,48	5,47
12	-21,00	21,4	428,0	0,27	0,48	5,47
13	-22,14	24,8	496,7	0,27	0,48	5,47
14	-23,29	28,2	565,5	0,27	0,48	5,47
15	-24,43	31,7	634,2	0,27	0,48	5,47

5.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
[2] Slib	0,08
[3] Klei	15,53
[4] Zand matig	281,11
[5] Zand vast	1179,32

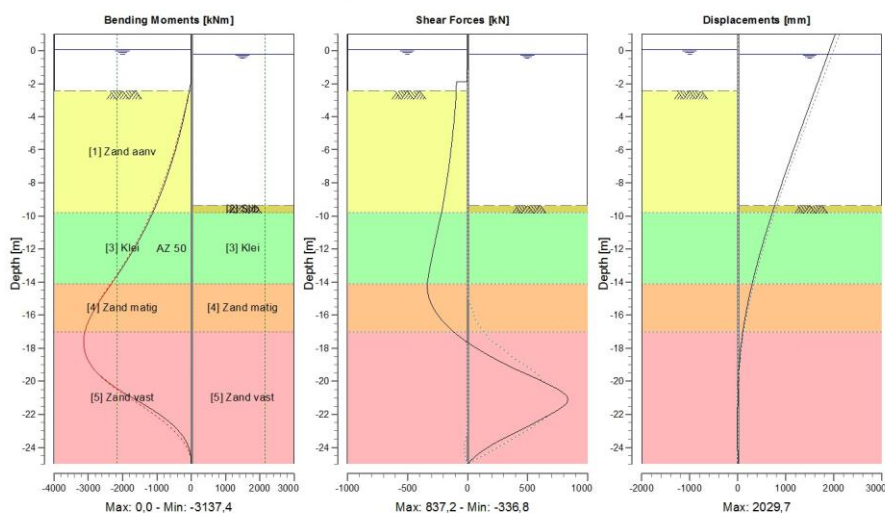
5.8 Calculation Results

Number of iterations: 7

5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 3: golfbelasting

Step 6.4 - Partial factor set: RC 1



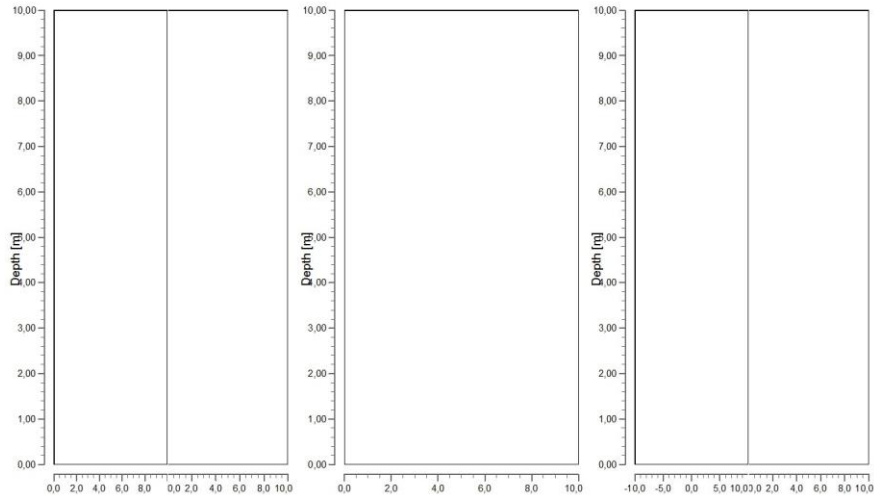
5.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force	Displacement [mm]
1	1,00	0,00	0,00	2029,7
1	0,05	0,00	0,00	1911,1
2	0,05	0,00	0,00	1911,1
2	0,00	0,00	-0,01	1904,9
3	0,00	0,00	-0,01	1904,9

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force	Displacement [mm]
3	-0,20	-0,03	-0,31	1879,9
4	-0,20	-0,03	-0,31	1879,9
4	-1,04	-1,18	-2,42	1774,4
5	-1,04	-1,18	-2,42	1774,4
5	-1,89	-4,12	-4,54	1668,9
6	-1,89	-4,12	-92,63	1668,9
6	-2,44	-55,45	-94,00	1600,2
7	-2,44	-55,45	-94,00	1600,2
7	-3,58	-168,34	-104,60	1457,8
8	-3,58	-168,34	-104,60	1457,8
8	-4,73	-295,99	-119,15	1316,2
9	-4,73	-295,99	-119,15	1316,2
9	-5,87	-441,53	-135,90	1176,2
10	-5,87	-441,53	-135,90	1176,2
10	-7,01	-607,91	-155,63	1038,4
11	-7,01	-607,91	-155,63	1038,4
11	-8,16	-798,54	-178,32	903,8
12	-8,16	-798,54	-178,32	903,8
12	-9,30	-1016,80	-203,99	773,3
13	-9,30	-1016,80	-203,99	773,3
13	-9,35	-1027,03	-205,18	767,7
14	-9,35	-1027,03	-205,18	767,7
14	-9,80	-1121,80	-216,07	717,8
15	-9,80	-1121,80	-216,07	717,8
15	-10,88	-1372,54	-249,98	602,4
16	-10,88	-1372,54	-249,98	602,4
16	-11,95	-1658,48	-281,56	493,2
17	-11,95	-1658,48	-281,56	493,2
17	-13,03	-1976,96	-310,53	391,6
18	-13,03	-1976,96	-310,51	391,6
18	-14,10	-2325,07	-336,71	299,0
19	-14,10	-2325,08	-336,69	299,0
19	-15,07	-2644,77	-315,96	224,7
20	-15,07	-2644,77	-315,78	224,7
20	-16,03	-2919,17	-243,25	160,1
21	-16,03	-2919,20	-242,95	160,1
21	-17,00	-3098,01	-118,32	106,2
22	-17,00	-3097,93	-118,25	106,2
22	-18,14	-3111,69	106,77	57,1
23	-18,14	-3111,61	106,67	57,1
23	-19,29	-2825,21	407,12	23,8
24	-19,29	-2825,37	407,80	23,8
24	-20,43	-2165,83	735,02	5,0
25	-20,43	-2166,45	739,86	5,0
25	-21,57	-1241,99	787,23	-2,9
26	-21,57	-1241,68	784,91	-2,9
26	-22,71	-498,80	503,43	-4,3
27	-22,71	-498,86	502,62	-4,3
27	-23,86	-101,29	200,34	-3,0
28	-23,86	-101,36	199,92	-3,0
28	-25,00	0,00	0,05	-1,0
Max		-3111,69	787,23	2029,7
Max, minor nodes incl.		-3137,39	837,24	2029,7

5.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: Aanbrengen damwand



5.8.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob* [%]	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob* [%]
1	1,00	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	0,05	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,05	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,00	0,00	0,50	-		0,00	0,00	-	
3	0,00	0,00	0,50	-		0,00	0,00	-	
3	-0,20	0,00	2,50	-		0,00	0,00	-	
4	-0,20	0,00	2,50	-		0,00	0,00	-	
4	-1,04	0,00	10,95	-		0,00	8,45	-	
5	-1,04	0,00	10,95	-		0,00	8,45	-	
5	-1,89	0,00	19,40	-		0,00	16,90	-	
6	-1,89	0,00	19,40	-		0,00	16,90	-	
6	-2,44	0,00	24,90	-		0,00	22,40	-	
7	-2,44	0,00	24,90	A	58	0,00	22,40	-	
7	-3,58	8,66	36,33	A	58	0,00	33,83	-	
8	-3,58	9,05	36,33	A	31	0,00	33,83	-	
8	-4,73	11,42	47,77	A	31	0,00	45,27	-	
9	-4,73	10,97	47,77	A	24	0,00	45,27	-	
9	-5,87	13,34	59,20	A	24	0,00	56,70	-	
10	-5,87	13,51	59,20	A	19	0,00	56,70	-	
10	-7,01	16,02	70,63	A	19	0,00	68,13	-	
11	-7,01	16,05	70,63	A	21	0,00	68,13	-	
11	-8,16	18,68	82,07	A	21	0,00	79,57	-	
12	-8,16	18,60	82,07	A		0,00	79,57	-	
12	-9,30	21,32	93,50	A		0,00	91,00	-	
13	-9,30	21,24	93,50	A		0,00	91,00	-	
13	-9,35	21,36	94,00	A		0,00	91,50	-	
14	-9,35	21,32	94,00	A		0,00	91,50	P	
14	-9,80	22,42	98,50	A		0,36	96,00	P	
15	-9,80	30,94	98,50	A		0,63	96,00	P	

15	-10,88	29,91	109,25	A		2,12	106,75	P	
Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*
16	-10,88	30,24	109,25	A		2,12	106,75	P	
16	-11,95	29,26	120,00	A		3,61	117,50	P	
17	-11,95	29,27	120,00	A		3,61	117,50	P	
17	-13,03	28,35	130,75	A		5,10	128,25	P	
18	-13,03	28,16	130,75	A		5,10	128,25	P	
18	-14,10	27,30	141,50	A		6,60	139,00	P	
19	-14,10	16,01	141,50	A	5	12,70	139,00	P	
19	-15,07	18,33	151,17	A	5	69,54	148,67	P	
20	-15,07	18,12	151,17	A	8	68,72	148,67	P	
20	-16,03	20,44	160,83	A	8	124,89	158,33	P	
21	-16,03	20,29	160,83	A		124,81	158,33	P	
21	-17,00	22,62	170,50	A		180,95	168,00	P	
22	-17,00	21,12	170,50	A		187,43	168,00	P	
22	-18,14	23,71	181,93	A		256,18	179,43	P	
23	-18,14	23,82	181,93	A		256,16	179,43	P	
23	-19,29	26,46	193,36	A		324,90	190,86	P	
24	-19,29	26,49	193,36	A		324,90	190,86	P	
24	-20,43	29,16	204,79	A		265,30	202,29	2	67
25	-20,43	29,14	204,79	A		265,30	202,29	2	67
25	-21,57	205,97	216,21	1	42	23,08	213,71	A	
26	-21,57	208,39	216,21	1	41	23,08	213,71	A	
26	-22,71	289,57	227,64	2	52	26,51	225,14	A	
27	-22,71	296,63	227,64	2	52	26,51	225,14	A	
27	-23,86	258,41	239,07	1	42	29,95	236,57	A	
28	-23,86	260,45	239,07	1	41	29,95	236,57	A	
28	-25,00	145,79	250,50	1	21	33,38	248,00	A	

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading) Mob Percentage passive mobilized

5.8.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right
Effective	1328,0	1476,0
Water	3137,5	3075,2
Total	4465,6	4551,2

Considered as passive side
Maximum passive effective resistance
Mobilized passive effective resistance
Percentage mobilized resistance

Right
3720,78 kN
1476,04 kN
39,7 %

End of Report

BIJLAGE III - RAPPORT D-SHEET PILING VARIANT 4.1

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company: <Not Registered>
<Not Registered>

Date of report: 4/21/2016
Time of report: 2:20:06 PM

Date of calculation: 4/21/2016 Time of
calculation: 2:17:18 PM

Filename: E:\FlevoHaven Tender GDK\bestand\D-sheet\Rapport\Variant 4.1

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview per Stage and Test	3
2.2 Warnings	3
2.3 CUR Verification Steps	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum allowable moments	5
3.3 Calculation Options	5
4 Outline Stage 4: Golfbelasting	8
5 Step 6.4 Stage 4: Golfbelasting	9
5.1 General Input Data	9
5.1.1 Horizontal Loads	9
5.2 Input Data Left	9
5.2.1 Calculation Method	9
5.2.2 Water Level	9
5.2.3 Surface	9
5.2.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)	9
5.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	9
5.2.6 Surcharge Loads	10
5.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	10
5.4 Calculated force from a layer Left	10
5.5 Input Data Right	10
5.5.1 Calculation Method	11
5.5.2 Water Level	11
5.5.3 Surface	11
5.5.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)	11
5.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	11
5.5.6 Surcharge Loads	11
5.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	12
5.7 Calculated force from a layer Right	12
5.8 Calculation Results	12
5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	12
5.8.2 Moments, Forces and Displacements	13
5.8.3 Charts of Stresses	14
5.8.4 Stresses	14
5.8.5 Percentage mobilized resistance	15

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment	Mob. perc. resistance	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3		-236,06	61,77	0,0	10,7	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-234,36	75,65	0,0	11,0	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	0,0	0,00	0,00	0,0	6,5	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		0,00	0,00			
2	EC7(NL)-Step 6.3		463,31	-117,98	0,0	13,9	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		450,60	-139,05	0,0	14,6	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	-57,9	155,40	-41,37	0,0	8,4	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		186,49	-49,64			
3	EC7(NL)-Step 6.3		-185,80	51,11	0,0	15,6	---
3	EC7(NL)-Step 6.4		-170,50	72,69	0,0	16,1	---
3	EC7(NL)-Step 6.5	-35,3	110,15	47,95	0,0	10,3	---
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		132,18	57,54			
4	EC7(NL)-Step 6.3		-1260,24	289,89	0,0	21,6	---
4	EC7(NL)-Step 6.4		-1259,46	352,69	0,0	23,5	---
4	EC7(NL)-Step 6.5	342,0	-633,15	165,60	0,0	13,7	---
4	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-759,77	198,72			
Max		342,0	-1260,24	352,69	0,0	23,5	---

2.2 Warnings

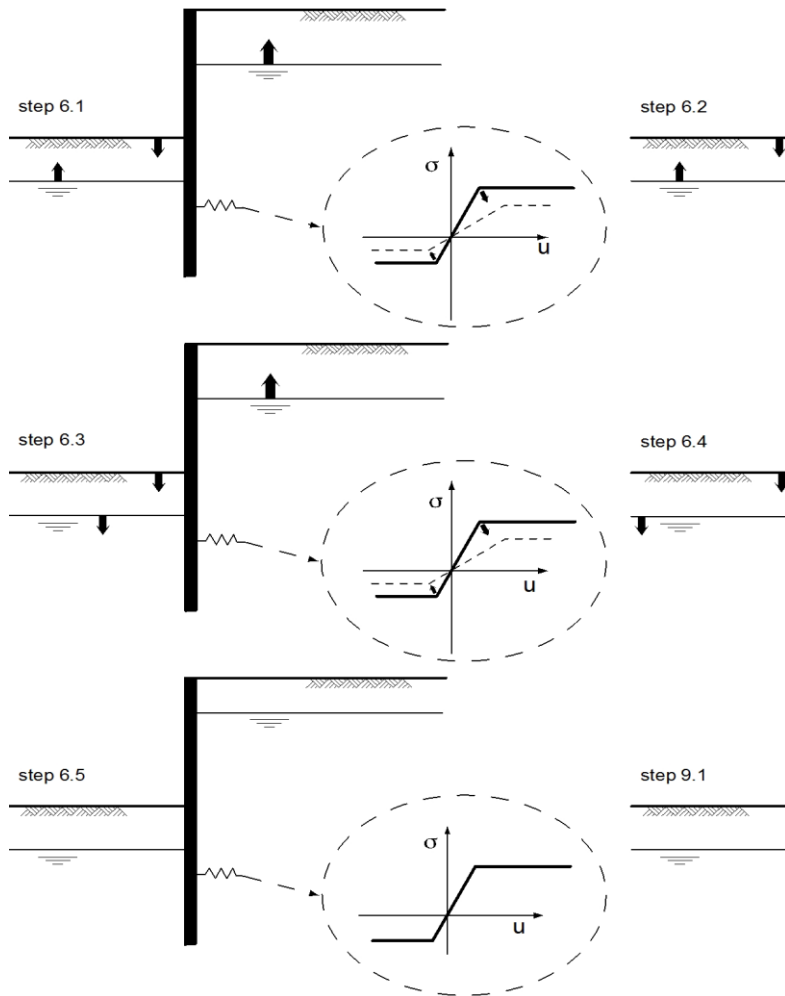
Warning

In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in the materials is more than 15 degrees. According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a Ka, Ko, Kp calculation.

Profile(s):

- prof (fase 1)

2.3 CUR Verification Steps



3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

Model	Sheet piling
Check vertical balance	No
Number of construction stages	4
Unit weight of water	1
0,00 kN/m ³ Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No Elastic calculation Yes

3.2 Sheet Piling Properties

Length	26,00 m
Level top side	1,00 m Number of sections 1

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width
AZ 50	-25,00	1,00	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI	Red. factor on EI	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
AZ 50	2,5423E+05	1,00	2,5420E+05	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm/m']
AZ 50	1354,00	1,00	1,00	1,00	1354,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No Calculation refinement Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verified stage only Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.

Verification of stage	1: Aanbrengen damwand
-----------------------	-----------------------

Used partial factor set	RC 1
-------------------------	------

Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00

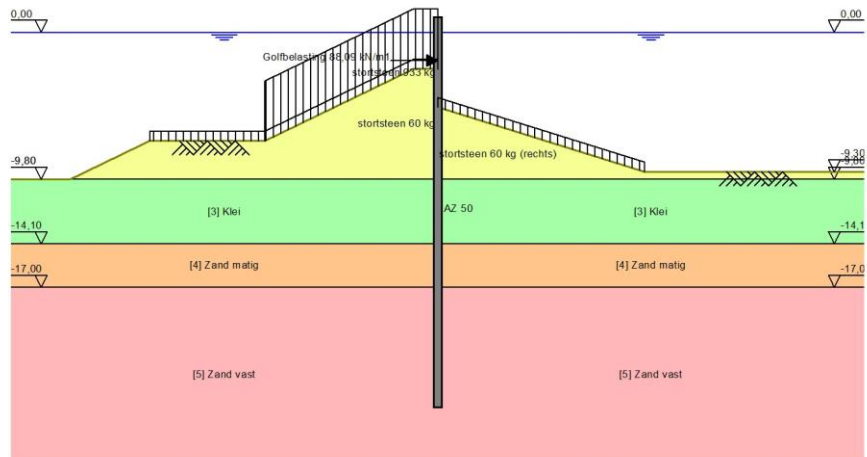
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15

- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	2: Aanbrengen steunberm
Used partial factor set	RC
1 Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	3: Aanbrengen stortsteen
Used partial factor set	RC
1 Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	4:
Golfbelasting	
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00

- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m

4 Outline Stage 4: Golfbelasting

Outline - Stage 4: Golfbelasting



5 Step 6.4 Stage 4: Golfbelasting

5.1 General Input Data

5.1.1 Horizontal Loads

Name	Level [m]	Load [kN/m ²]
Golfbelasting 88...	-1,89	88,09

5.2 Input Data Left

5.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.2.2 Water Level

Water level: 0,05 [m]

5.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-2,44
1,16	-2,44
8,36	-7,24
13,94	-7,24
17,78	-9,80

5.2.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)

Lay r nam	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
[1] Zand aanv	0,00	19,00	20,00	0,00	26,66	17,77
[3] Klei	-9,80	15,00	10,50	0,00	19,81	13,21
[4] Zand matig	-14,10	19,00	21,00	0,00	28,98	19,33
[5] Zand vast	-17,00	19,00	21,00	0,00	31,34	16,60

Lay r	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
[1] Zand aanv	0,00	1,00	1,00	Fine
[3] Klei	-9,80	1,00	1,00	Fine
[4] Zand matig	-14,10	1,00	1,00	Fine
[5] Zand vast	-17,00	1,00	1,00	Fine

Lay r nam	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Activ e [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
[1] Zand aanv	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[3] Klei	-9,80	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[4] Zand matig	-14,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[5] Zand vast	-17,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

5.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Lay r nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	22500,00	22500,00	11250,00	11250,00
[3] Klei	-9,80	4500,00	4500,00	2250,00	2250,00
[4] Zand matig	-14,10	45000,00	45000,00	22500,00	22500,00

Layer nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[5] Zand vast	-17,00	67500,00	67500,00	33750,00	33750,00

Layer nam	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	5625,00	5625,00
[3] Klei	-9,80	1125,00	1125,00
[4] Zand matig	-14,10	11250,00	11250,00
[5] Zand vast	-17,00	16875,00	16875,00

5.2.6 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
stortsteen 60 kg	0,00	2,40
	13,94	2,40
stortsteen 933 kg	0,00	14,92
	8,36	14,92

5.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive	K _a	K _o	K _p [-]
1	-3,08	7,6	14,1	0,33	0,33	0,62
2	-4,36	10,5	36,1	0,34	0,34	1,17
3	-5,03	11,5	37,9	0,33	0,33	1,09
4	-5,58	12,8	56,3	0,33	0,33	1,47
5	-6,64	15,2	78,4	0,34	0,34	1,74
6	-7,71	17,6	86,9	0,34	0,34	1,66
7	-8,77	20,0	13,6	0,34	0,34	0,34
8	-9,55	21,8	13,6	0,33	0,33	0,33
9	-10,34	30,4	13,6	0,46	0,46	0,46
10	-11,41	29,7	18,8	0,47	0,47	0,47
11	-12,49	28,8	22,7	0,47	0,47	0,47
12	-13,56	27,7	23,6	0,46	0,46	0,46
13	-14,58	17,2	355,8	0,27	0,27	5,62
14	-15,55	19,3	231,2	0,27	0,27	3,21
15	-16,52	21,5	242,9	0,27	0,27	3,01
16	-17,57	22,4	332,5	0,25	0,27	3,68
17	-18,71	25,1	365,5	0,25	0,30	3,63
18	-19,86	27,8	417,2	0,25	0,33	3,74
19	-21,00	30,5	470,8	0,25	0,35	3,85
20	-22,14	33,1	530,5	0,25	0,37	3,99
21	-23,29	35,7	592,7	0,25	0,38	4,12
22	-24,43	38,3	656,2	0,25	0,40	4,23

5.4 Calculated force from a layer Left

Name	Force
[1] Zand aanv	103,64
[3] Klei	125,45
[4] Zand matig	55,97
[5] Zand vast	615,36

5.5 Input Data Right

5.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.5.2 Water Level

Water level: -0,20 [m]

5.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-5,05
10,00	-9,35

5.5.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)

Lay r nam	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
[1] Zand aanv	0,00	19,00	20,00	0,00	26,66	17,77
[3] Klei	-9,80	15,00	10,50	0,00	19,81	13,21
[4] Zand matig	-14,10	19,00	21,00	0,00	28,98	19,33
[5] Zand vast	-17,00	19,00	21,00	0,00	31,34	16,60

Lay r nam	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
[1] Zand aanv	0,00	1,00	1,00	Fine
[3] Klei	-9,80	1,00	1,00	Fine
[4] Zand matig	-14,10	1,00	1,00	Fine
[5] Zand vast	-17,00	1,00	1,00	Fine

Lay r nam	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Activ e [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
[1] Zand aanv	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[3] Klei	-9,80	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[4] Zand matig	-14,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[5] Zand vast	-17,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

5.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Lay r nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	22500,00	22500,00	11250,00	11250,00
[3] Klei	-9,80	4500,00	4500,00	2250,00	2250,00
[4] Zand matig	-14,10	45000,00	45000,00	22500,00	22500,00
[5] Zand vast	-17,00	67500,00	67500,00	33750,00	33750,00

Lay r nam	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	5625,00	5625,00
[3] Klei	-9,80	1125,00	1125,00
[4] Zand matig	-14,10	11250,00	11250,00
[5] Zand vast	-17,00	16875,00	16875,00

5.5.6 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
stortsteen 60 kg (rechts)	0,00	2,40
	10,00	2,40

5.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive	K _a	K _o	K _p [-]
1	-5,58	1,9	10,1	0,34	0,34	1,74
2	-6,64	4,6	23,9	0,34	0,34	1,77
3	-7,71	7,3	38,9	0,34	0,34	1,82
4	-8,77	10,0	59,8	0,34	0,34	2,03
5	-9,55	11,9	14,1	0,34	0,34	0,40
6	-10,34	16,9	14,1	0,46	0,46	0,46
7	-11,41	16,2	28,9	0,47	0,47	0,83
8	-12,49	15,4	27,2	0,46	0,46	0,82
9	-13,56	14,7	26,9	0,46	0,46	0,84
10	-14,58	9,4	165,8	0,26	0,26	4,60
11	-15,55	12,1	172,0	0,27	0,27	3,79
12	-16,52	14,7	198,3	0,27	0,32	3,62
13	-17,57	16,3	274,4	0,25	0,32	4,22
14	-18,71	19,2	331,9	0,25	0,35	4,34
15	-19,86	22,0	393,3	0,25	0,38	4,47
16	-21,00	24,8	458,7	0,25	0,40	4,61
17	-22,14	27,7	525,5	0,25	0,42	4,73
18	-23,29	30,5	592,9	0,25	0,43	4,82
19	-24,43	33,3	660,7	0,25	0,44	4,90

5.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
[1] Zand aanv	147,79
[3] Klei	107,43
[4] Zand matig	458,54
[5] Zand vast	336,37

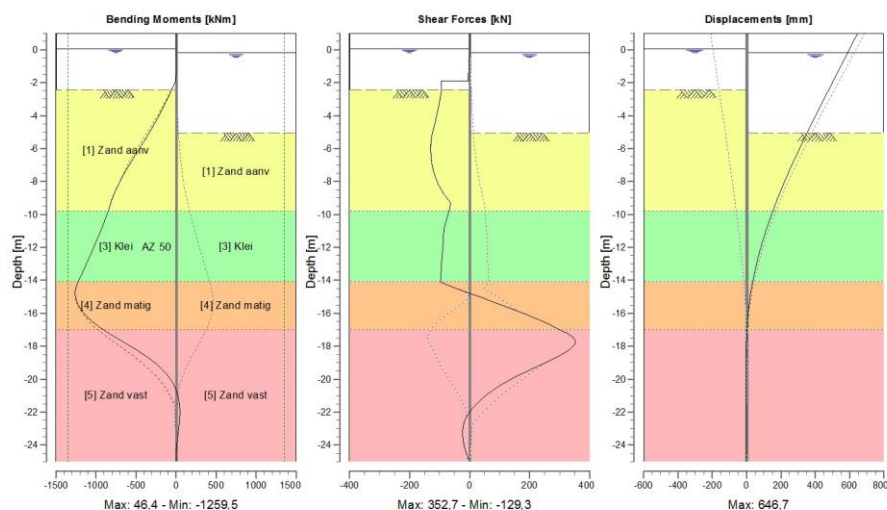
5.8 Calculation Results

Number of iterations: 8

5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 4: Golfbelasting

Step 6.4 - Partial factor set: RC 1

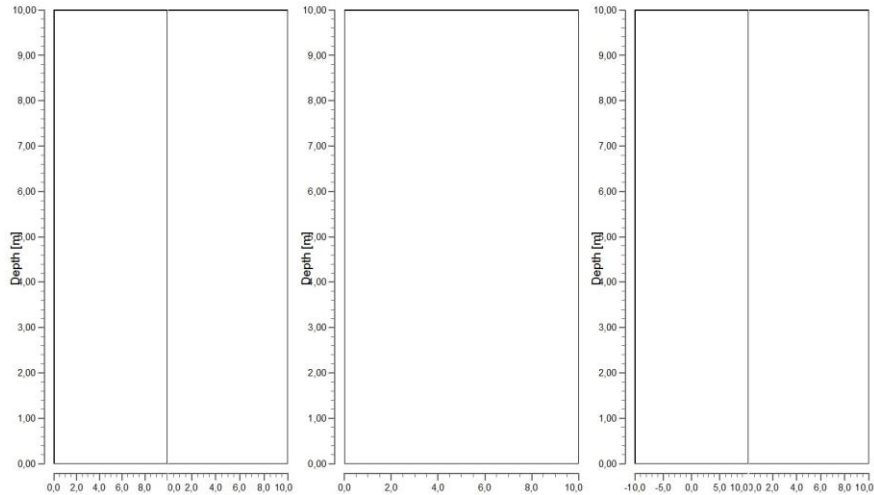


Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force	Displacement [mm]
1	1,00	0,00	0,00	646,7
1	0,05	0,00	0,00	600,1
2	0,05	0,00	0,00	600,1
2	0,00	0,00	-0,01	597,7
3	0,00	0,00	-0,01	597,7
3	-0,20	-0,03	-0,31	587,9
4	-0,20	-0,03	-0,31	587,9
4	-1,04	-1,18	-2,42	546,4
5	-1,04	-1,18	-2,42	546,4
5	-1,89	-4,12	-4,54	505,0
6	-1,89	-4,12	-92,63	505,0
6	-2,44	-55,45	-94,00	478,0
7	-2,44	-55,45	-94,00	478,0
7	-3,72	-182,68	-106,12	415,7
8	-3,72	-182,68	-106,12	415,7
8	-5,00	-328,82	-122,78	354,5
9	-5,00	-328,82	-122,78	354,5
9	-5,05	-334,98	-123,48	352,1
10	-5,05	-334,98	-123,48	352,1
10	-6,11	-470,48	-129,32	303,0
11	-6,11	-470,48	-129,31	303,0
11	-7,17	-605,43	-122,71	255,9
12	-7,17	-605,44	-122,70	255,9
12	-8,24	-726,31	-102,71	211,6
13	-8,24	-726,30	-102,70	211,6
13	-9,30	-815,69	-63,09	170,4
14	-9,30	-815,69	-63,09	170,4
14	-9,80	-848,52	-68,22	152,3
15	-9,80	-848,52	-68,22	152,3
15	-10,88	-931,12	-85,42	116,2
16	-10,88	-931,13	-85,43	116,2
16	-11,95	-1024,89	-89,07	84,3
17	-11,95	-1024,89	-89,06	84,3
17	-13,03	-1122,97	-93,45	57,1
18	-13,03	-1122,97	-93,45	57,1
18	-14,10	-1225,32	-97,00	35,0
19	-14,10	-1225,31	-97,05	35,0
19	-15,07	-1253,97	44,23	19,8
20	-15,07	-1254,02	44,26	19,8
20	-16,03	-1144,85	182,70	9,2
21	-16,03	-1144,87	183,10	9,2
21	-17,00	-908,29	298,69	2,8
22	-17,00	-908,49	299,64	2,8
22	-18,14	-520,95	337,38	-0,6
23	-18,14	-520,87	337,07	-0,6
23	-19,29	-198,27	218,63	-1,3
24	-19,29	-198,30	218,35	-1,3
24	-20,43	-20,71	98,40	-0,9
25	-20,43	-20,72	98,36	-0,9
25	-21,57	42,55	19,67	-0,4
26	-21,57	42,58	19,55	-0,4
26	-22,71	38,04	-19,59	0,0
27	-22,71	38,03	-19,54	0,0
27	-23,86	12,87	-19,84	0,1
28	-23,86	12,87	-19,80	0,1
28	-25,00	0,00	0,00	0,2
Max		-1254,02	337,38	646,7
Max, minor nodes incl.		-1259,46	352,69	646,7

5.8.2 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: Aanbrengen damwand



5.8.3 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob* [%]	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob* [%]
1	1,00	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	0,05	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,05	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,00	0,00	0,50	-		0,00	0,00	-	
3	0,00	0,00	0,50	-		0,00	0,00	-	
3	-0,20	0,00	2,50	-		0,00	0,00	-	
4	-0,20	0,00	2,50	-		0,00	0,00	-	
4	-1,04	0,00	10,95	-		0,00	8,45	-	
5	-1,04	0,00	10,95	-		0,00	8,45	-	
5	-1,89	0,00	19,40	-		0,00	16,90	-	
6	-1,89	0,00	19,40	-		0,00	16,90	-	
6	-2,44	0,00	24,90	-		0,00	22,40	-	
7	-2,44	0,00	24,90	A	54	0,00	22,40	-	
7	-3,72	9,00	37,70	A	54	0,00	35,20	-	
8	-3,72	9,20	37,70	A	29	0,00	35,20	-	
8	-5,00	11,83	50,50	A	29	0,00	48,00	-	
9	-5,00	11,47	50,50	A	30	0,00	48,00	-	
9	-5,05	11,57	51,00	A	30	0,00	48,50	-	
10	-5,05	11,68	51,00	A	23	0,00	48,50	P	
10	-6,11	13,92	61,63	A	23	16,81	59,13	P	
11	-6,11	14,04	61,63	A	19	17,06	59,13	P	
11	-7,17	16,40	72,25	A	19	30,83	69,75	P	
12	-7,17	16,41	72,25	A	20	31,76	69,75	P	
12	-8,24	18,86	82,88	A	20	46,16	80,38	P	
13	-8,24	18,78	82,88	A		51,64	80,38	P	
13	-9,30	21,32	93,50	A		68,07	91,00	P	
14	-9,30	21,21	93,50	A		13,29	91,00	P	
14	-9,80	22,42	98,50	A		14,82	96,00	P	
15	-9,80	30,94	98,50	A		17,33	96,00	P	
15	-10,88	29,91	109,25	A		16,52	106,75	P	
	Level	Left				Right			

Node numbe	[m]	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*
16	-10,88	30,24	109,25	A		29,52	106,75	P	
16	-11,95	29,26	120,00	A		28,23	117,50	P	
17	-11,95	29,27	120,00	A		27,79	117,50	P	
17	-13,03	28,35	130,75	A		26,67	128,25	P	
18	-13,03	28,16	130,75	A		27,44	128,25	P	
18	-14,10	27,30	141,50	A		26,44	139,00	P	
19	-14,10	16,01	141,50	A	5	144,65	139,00	P	
19	-15,07	18,33	151,17	A	5	187,08	148,67	P	
20	-15,07	18,12	151,17	A	8	154,29	148,67	P	
20	-16,03	20,44	160,83	A	8	164,09	158,33	3	86
21	-16,03	20,29	160,83	A		158,58	158,33	3	87
21	-17,00	22,62	170,50	A		117,68	168,00	2	55
22	-17,00	21,12	170,50	A		147,51	168,00	2	59
22	-18,14	82,32	181,93	1	23	17,69	179,43	A	
23	-18,14	84,48	181,93	1	24	17,74	179,43	A	
23	-19,29	135,37	193,36	1	35	20,61	190,86	A	
24	-19,29	135,39	193,36	1	34	20,58	190,86	A	
24	-20,43	107,79	204,79	1	25	23,47	202,29	A	
25	-20,43	109,37	204,79	1	24	23,39	202,29	A	
25	-21,57	74,17	216,21	1	15	26,30	213,71	A	
26	-21,57	76,60	216,21	1	15	26,20	213,71	A	
26	-22,71	55,32	227,64	1	10	44,50	225,14	1	
27	-22,71	57,54	227,64	1	10	45,94	225,14	1	
27	-23,86	49,84	239,07	1		62,94	236,57	1	10
28	-23,86	51,88	239,07	1		64,21	236,57	1	10
28	-25,00	49,47	250,50	1		76,25	248,00	1	11

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading) Mob Percentage passive mobilized

5.8.4 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right
Effective	900,4	1050,1
Water	3137,5	3075,2
Total	4037,9	4125,3

Considered as passive side	Right
Maximum passive effective resistance	4473,50 kN
Mobilized passive effective resistance	1050,13 kN
Percentage mobilized resistance	23,5 %

End of Report

BIJLAGE IV - RAPPORT D-SHEET PILING VARIANT 5

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company: <Not Registered>
<Not Registered>

Date of report: 4/21/2016
Time of report: 2:53:25 PM

Date of calculation: 4/21/2016 Time of
calculation: 2:51:59 PM

Filename: E:\FlevoHaven Tender GDK\bestand\D-sheet\Rapport\Variant 5

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview per Stage and Test	3
2.2 Warnings	3
2.3 CUR Verification Steps	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum allowable moments	5
3.3 Calculation Options	5
4 Outline Stage 4: Golfbelasting	8
5 Step 6.4 Stage 4: Golfbelasting	9
5.1 General Input Data	9
5.1.1 Horizontal Loads	9
5.2 Input Data Left	9
5.2.1 Calculation Method	9
5.2.2 Water Level	9
5.2.3 Surface	9
5.2.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)	9
5.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	9
5.2.6 Surcharge Loads	10
5.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	10
5.4 Calculated force from a layer Left	10
5.5 Input Data Right	10
5.5.1 Calculation Method	11
5.5.2 Water Level	11
5.5.3 Surface	11
5.5.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)	11
5.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	11
5.5.6 Surcharge Loads	11
5.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	12
5.7 Calculated force from a layer Right	12
5.8 Calculation Results	12
5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	12
5.8.2 Moments, Forces and Displacements	13
5.8.3 Charts of Stresses	14
5.8.4 Stresses	14
5.8.5 Percentage mobilized resistance	15

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment	Mob. perc. resistance	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3		-235,83	62,95	0,0	10,8	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-234,31	77,03	0,0	11,1	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	0,0	0,00	0,00	0,0	6,5	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		0,00	0,00			
2	EC7(NL)-Step 6.3		461,49	-119,18	0,0	13,9	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		450,33	-141,20	0,0	14,7	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	-61,7	152,90	-41,62	0,0	8,4	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		183,49	-49,94			
3	EC7(NL)-Step 6.3		-715,45	172,61	0,0	19,6	---
3	EC7(NL)-Step 6.4		-705,24	212,32	0,0	20,8	---
3	EC7(NL)-Step 6.5	60,2	-199,69	51,80	0,0	11,9	---
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-239,63	62,16			
4	EC7(NL)-Step 6.3		-933,87	224,66	0,0	20,9	---
4	EC7(NL)-Step 6.4		-930,61	271,66	0,0	22,3	---
4	EC7(NL)-Step 6.5	160,8	-330,09	80,45	0,0	12,6	---
4	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-396,11	96,54			
Max		160,8	-933,87	271,66	0,0	22,3	---

2.2 Warnings

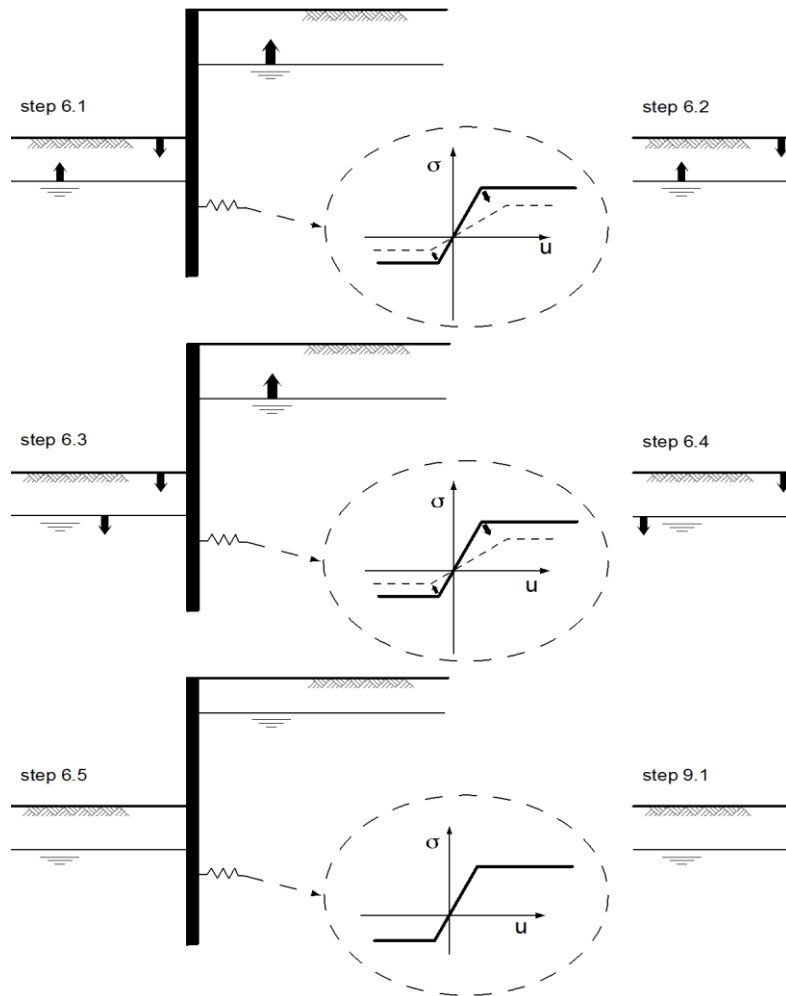
Warning

In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in the materials is more than 15 degrees. According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a Ka, Ko, Kp calculation.

Profile(s):

- prof (fase 1)

2.3 CUR Verification Steps



3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

Model	Sheet piling
Check vertical balance	No
Number of construction stages	4
Unit weight of water	1
0,00 kN/m ³ Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No Elastic calculation Yes

3.2 Sheet Piling Properties

Length	26,00 m
Level top side	1,00 m Number of sections 1

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width
AZ 46	-25,00	1,00	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI	Red. factor on EI	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
AZ 46	2,3195E+05	1,00	2,3190E+05	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm/m']
AZ 46	1103,00	1,00	1,00	1,00	1103,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No Calculation refinement Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verified stage only Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.

Verification of stage	1: Aanbrengen damwand
-----------------------	-----------------------

Used partial factor set	RC 1
-------------------------	------

Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00

Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15

- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	2: Aanbrengen steunberm
Used partial factor set	RC
1 Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	3: Aanbrengen stortsteen
Used partial factor set	RC
1 Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Verification of stage	4:
Golfbelasting	
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00

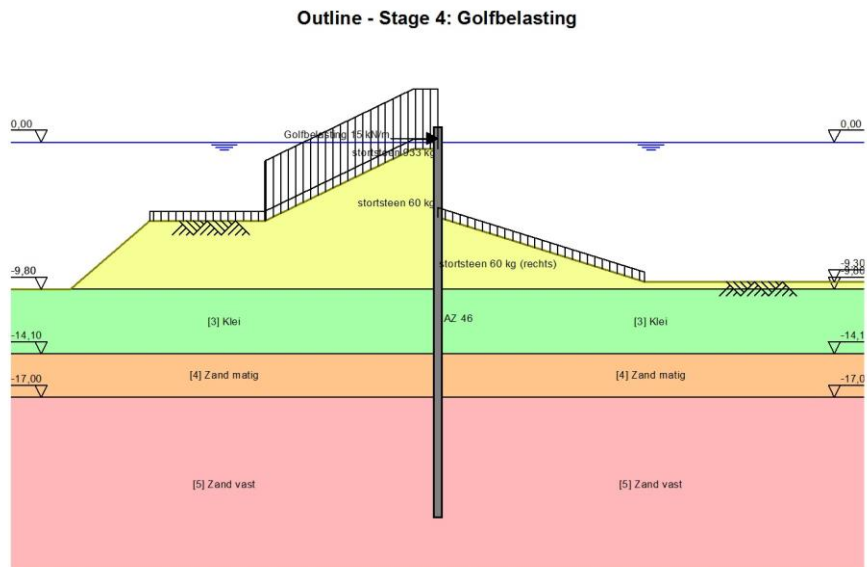
Material factors

- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of subgrade reaction	1,30

Geometry modification

- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m

4 Outline Stage 4: Golfbelasting



5 Step 6.4 Stage 4: Golfbelasting

5.1 General Input Data

5.1.1 Horizontal Loads

Name	Level [m]	Load [kN/m²]
Golfbelasting 15...	0,25	15,00

5.2 Input Data Left

5.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.2.2 Water Level

Water level: 0,05 [m]

5.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-0,44
1,16	-0,44
8,36	-5,24
13,94	-5,24
17,78	-9,80

5.2.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)

Layer nam	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]			
[1] Zand aanv	0,00	19,00	20,00	0,00	26,66	17,77
[3] Klei	-9,80	15,00	10,50	0,00	19,81	13,21
[4] Zand matig	-14,10	19,00	21,00	0,00	28,98	19,33
[5] Zand vast	-17,00	19,00	21,00	0,00	31,34	16,60

Layer nam	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
[1] Zand aanv	0,00	1,00	1,00	Fine
[3] Klei	-9,80	1,00	1,00	Fine
[4] Zand matig	-14,10	1,00	1,00	Fine
[5] Zand vast	-17,00	1,00	1,00	Fine

Layer nam	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
[1] Zand aanv	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[3] Klei	-9,80	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[4] Zand matig	-14,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[5] Zand vast	-17,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

5.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
[1] Zand aanv	0,00	22500,00	22500,00	11250,00	11250,00
[3] Klei	-9,80	4500,00	4500,00	2250,00	2250,00
[4] Zand matig	-14,10	45000,00	45000,00	22500,00	22500,00

Layer nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[5] Zand vast	-17,00	67500,00	67500,00	33750,00	33750,00

Layer nam	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	5625,00	5625,00
[3] Klei	-9,80	1125,00	1125,00
[4] Zand matig	-14,10	11250,00	11250,00
[5] Zand vast	-17,00	16875,00	16875,00

5.2.6 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
stortsteen 60 kg	0,00	2,40
	13,94	2,40
stortsteen 933 kg	0,00	14,92
	8,36	14,92

5.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive	K _a	K _o	K _p [-]
1	-1,01	7,4	10,4	0,33	0,33	0,46
2	-2,15	10,2	33,0	0,35	0,35	1,12
3	-3,29	12,1	39,2	0,33	0,33	1,08
4	-4,43	14,7	55,0	0,34	0,34	1,26
5	-5,03	16,1	63,6	0,34	0,34	1,34
6	-5,58	17,3	72,5	0,34	0,34	1,42
7	-6,64	19,8	91,3	0,34	0,34	1,56
8	-7,71	22,2	113,1	0,34	0,34	1,72
9	-8,77	24,6	6,0	0,33	0,33	0,33
10	-9,55	26,4	6,0	0,33	0,33	0,33
11	-10,34	36,8	6,0	0,46	0,46	0,46
12	-11,41	36,1	19,3	0,47	0,47	0,47
13	-12,49	35,2	26,5	0,47	0,47	0,47
14	-13,56	34,1	27,4	0,47	0,47	0,47
15	-14,58	21,1	462,0	0,28	0,28	6,05
16	-15,55	23,2	269,5	0,27	0,27	3,18
17	-16,52	25,4	268,6	0,27	0,27	2,88
18	-17,57	26,0	369,5	0,25	0,26	3,60
19	-18,71	28,8	395,2	0,25	0,29	3,50
20	-19,86	31,5	440,6	0,26	0,32	3,57
21	-21,00	34,2	489,8	0,26	0,34	3,66
22	-22,14	36,8	547,9	0,25	0,36	3,79
23	-23,29	38,3	607,9	0,25	0,38	3,92
24	-24,43	39,5	669,6	0,24	0,39	4,03

5.4 Calculated force from a layer Left

Name	Force
[1] Zand aanv	153,04
[3] Klei	152,87
[4] Zand matig	67,38
[5] Zand vast	548,73

5.5 Input Data Right

5.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.5.2 Water Level

Water level: -0,20 [m]

5.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-5,05
10,00	-9,35

5.5.4 Soil Material Properties in Profile: prof (fase 2)

Layer nam	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
[1] Zand aanv	0,00	19,00	20,00	0,00	26,66	17,77
[3] Klei	-9,80	15,00	10,50	0,00	19,81	13,21
[4] Zand matig	-14,10	19,00	21,00	0,00	28,98	19,33
[5] Zand vast	-17,00	19,00	21,00	0,00	31,34	16,60

Layer nam	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
[1] Zand aanv	0,00	1,00	1,00	Fine
[3] Klei	-9,80	1,00	1,00	Fine
[4] Zand matig	-14,10	1,00	1,00	Fine
[5] Zand vast	-17,00	1,00	1,00	Fine

Layer nam	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
[1] Zand aanv	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[3] Klei	-9,80	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[4] Zand matig	-14,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
[5] Zand vast	-17,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

5.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer nam	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	22500,00	22500,00	11250,00	11250,00
[3] Klei	-9,80	4500,00	4500,00	2250,00	2250,00
[4] Zand matig	-14,10	45000,00	45000,00	22500,00	22500,00
[5] Zand vast	-17,00	67500,00	67500,00	33750,00	33750,00

Layer nam	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
[1] Zand aanv	0,00	5625,00	5625,00
[3] Klei	-9,80	1125,00	1125,00
[4] Zand matig	-14,10	11250,00	11250,00
[5] Zand vast	-17,00	16875,00	16875,00

5.5.6 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
stortsteen 60 kg (rechts)	0,00	2,40
	10,00	2,40

5.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive	K _a	K _o	K _p [-]
1	-5,58	1,9	10,1	0,34	0,34	1,74
2	-6,64	4,6	23,9	0,34	0,34	1,77
3	-7,71	7,3	38,9	0,34	0,34	1,82
4	-8,77	10,0	59,8	0,34	0,34	2,03
5	-9,55	11,9	14,1	0,34	0,34	0,40
6	-10,34	16,9	14,1	0,46	0,46	0,46
7	-11,41	16,2	28,9	0,47	0,47	0,83
8	-12,49	15,4	27,2	0,46	0,46	0,82
9	-13,56	14,7	26,9	0,46	0,46	0,84
10	-14,58	9,4	165,8	0,26	0,26	4,60
11	-15,55	12,1	172,0	0,27	0,27	3,79
12	-16,52	14,7	198,3	0,27	0,32	3,62
13	-17,57	16,3	274,4	0,25	0,32	4,22
14	-18,71	19,2	331,9	0,25	0,35	4,34
15	-19,86	22,0	393,3	0,25	0,38	4,47
16	-21,00	24,8	458,7	0,25	0,40	4,61
17	-22,14	27,7	525,5	0,25	0,42	4,73
18	-23,29	30,5	592,9	0,25	0,43	4,82
19	-24,43	33,3	660,7	0,25	0,44	4,90

5.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
[1] Zand aanv	147,79
[3] Klei	107,43
[4] Zand matig	423,11
[5] Zand vast	319,87

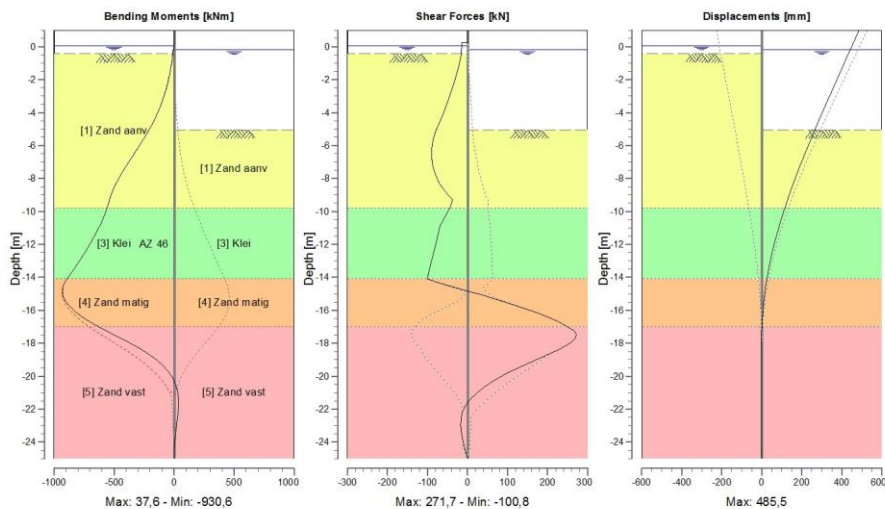
5.8 Calculation Results

Number of iterations: 6

5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 4: Golfbelasting

Step 6.4 - Partial factor set: RC 1

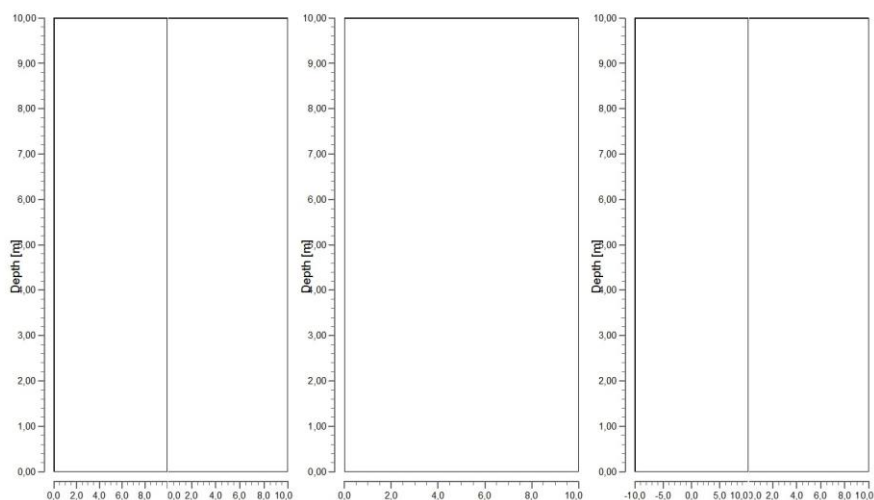


5.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force	Displacement [mm]
1	1,00	0,00	0,00	485,5
1	0,25	0,00	0,00	457,9
2	0,25	0,00	-15,00	457,9
2	0,05	-3,00	-15,00	450,5
3	0,05	-3,00	-15,00	450,5
3	0,00	-3,75	-15,01	448,7
4	0,00	-3,75	-15,01	448,7
4	-0,20	-6,78	-15,31	441,3
5	-0,20	-6,78	-15,31	441,3
5	-0,44	-10,52	-15,91	432,4
6	-0,44	-10,52	-15,91	432,4
6	-1,58	-34,04	-26,47	390,5
7	-1,58	-34,04	-26,47	390,5
7	-2,72	-72,23	-40,97	348,7
8	-2,72	-72,23	-40,97	348,7
8	-3,86	-128,19	-57,65	307,4
9	-3,86	-128,19	-57,65	307,4
9	-5,00	-204,84	-77,29	266,8
10	-5,00	-204,84	-77,29	266,8
10	-5,05	-208,73	-78,22	265,0
11	-5,05	-208,73	-78,22	265,0
11	-6,11	-298,69	-88,90	228,2
12	-6,11	-298,69	-88,90	228,2
12	-7,17	-393,26	-87,12	192,9
13	-7,17	-393,26	-87,12	192,9
13	-8,24	-478,89	-71,96	159,5
14	-8,24	-478,89	-71,93	159,5
14	-9,30	-538,14	-37,14	128,5
15	-9,30	-538,14	-37,12	128,5
15	-9,80	-558,55	-44,52	114,7
16	-9,80	-558,55	-44,52	114,7
16	-10,88	-619,36	-68,56	87,3
17	-10,88	-619,36	-68,57	87,3
17	-11,95	-698,69	-79,06	62,9
18	-11,95	-698,69	-79,06	62,9
18	-13,03	-789,72	-90,32	42,0
19	-13,03	-789,72	-90,32	42,0
19	-14,10	-892,41	-100,73	25,1
20	-14,10	-892,41	-100,76	25,1
20	-15,07	-926,54	36,02	13,6
21	-15,07	-926,53	36,46	13,6
21	-16,03	-831,18	159,49	5,9
22	-16,03	-831,18	160,02	5,9
22	-17,00	-629,41	248,69	1,4
23	-17,00	-629,31	248,84	1,4
23	-18,14	-328,29	246,28	-0,7
24	-18,14	-328,32	245,97	-0,7
24	-19,29	-103,07	144,90	-0,9
25	-19,29	-103,09	144,99	-0,9
25	-20,43	8,33	55,68	-0,5
26	-20,43	8,32	55,86	-0,5
26	-21,57	37,63	0,97	-0,1
27	-21,57	37,61	0,96	-0,1
27	-22,71	25,25	-16,72	0,1
28	-22,71	25,25	-16,63	0,1
28	-23,86	7,52	-12,18	0,1
29	-23,86	7,52	-12,17	0,1
29	-25,00	0,00	0,01	0,2
Max		-926,54	248,84	485,5
Max, minor nodes incl.		-930,61	271,66	485,5

5.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: Aanbrengen damwand



5.8.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob* [%]	Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob* [%]
1	1,00	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	0,25	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,25	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,05	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	0,05	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	0,00	0,00	0,50	-		0,00	0,00	-	
4	0,00	0,00	0,50	-		0,00	0,00	-	
4	-0,20	0,00	2,50	-		0,00	0,00	-	
5	-0,20	0,00	2,50	-		0,00	0,00	-	
5	-0,44	0,00	4,90	-		0,00	2,40	-	
6	-0,44	0,00	4,90	A	72	0,00	2,40	-	
6	-1,58	8,66	16,30	A	72	0,00	13,80	-	
7	-1,58	9,05	16,30	A	31	0,00	13,80	-	
7	-2,72	11,40	27,70	A	31	0,00	25,20	-	
8	-2,72	10,96	27,70	A	31	0,00	25,20	-	
8	-3,86	13,31	39,10	A	31	0,00	36,60	-	
9	-3,86	13,50	39,10	A	27	0,00	36,60	-	
9	-5,00	15,97	50,50	A	27	0,00	48,00	-	
10	-5,00	16,02	50,50	A	25	0,00	48,00	-	
10	-5,05	16,13	51,00	A	25	0,00	48,50	-	
11	-5,05	16,15	51,00	A	24	0,00	48,50	P	
11	-6,11	18,55	61,63	A	24	16,81	59,13	P	
12	-6,11	18,52	61,63	A	22	17,06	59,13	P	
12	-7,17	21,00	72,25	A	22	30,83	69,75	P	
13	-7,17	20,91	72,25	A	20	31,76	69,75	P	
13	-8,24	23,44	82,88	A	20	46,16	80,38	P	
14	-8,24	23,30	82,88	A		51,64	80,38	P	
14	-9,30	25,86	93,50	A		68,07	91,00	P	
15	-9,30	25,75	93,50	A		13,29	91,00	P	
15	-9,80	26,96	98,50	A		14,82	96,00	P	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob*
16	-9,80	37,32	98,50	A		17,33	96,00	P	
16	-10,88	36,24	109,25	A		16,52	106,75	P	
17	-10,88	36,65	109,25	A		29,52	106,75	P	
17	-11,95	35,60	120,00	A		28,23	117,50	P	
18	-11,95	35,70	120,00	A		27,79	117,50	P	
18	-13,03	34,69	130,75	A		26,67	128,25	P	
19	-13,03	34,60	130,75	A		27,44	128,25	P	
19	-14,10	33,63	141,50	A		26,44	139,00	P	
20	-14,10	19,97	141,50	A	5	144,65	139,00	P	
20	-15,07	22,28	151,17	A	5	180,06	148,67	3	96
21	-15,07	22,05	151,17	A	9	154,29	148,67	P	
21	-16,03	24,37	160,83	A	9	149,56	158,33	2	79
22	-16,03	24,21	160,83	A		145,60	158,33	3	80
22	-17,00	26,54	170,50	A		87,01	168,00	1	40
23	-17,00	24,73	170,50	A		120,75	168,00	1	48
23	-18,14	84,18	181,93	1	22	17,69	179,43	A	
24	-18,14	87,55	181,93	1	23	17,74	179,43	A	
24	-19,29	108,99	193,36	1	26	20,61	190,86	A	
25	-19,29	109,44	193,36	1	26	20,58	190,86	A	
25	-20,43	83,09	204,79	1	18	23,47	202,29	A	
26	-20,43	83,58	204,79	1	18	23,39	202,29	A	
26	-21,57	59,55	216,21	1	12	30,11	213,71	1	
27	-21,57	62,20	216,21	1	12	31,75	213,71	1	
27	-22,71	51,09	227,64	1		51,59	225,14	1	9
28	-22,71	53,54	227,64	1		53,03	225,14	1	9
28	-23,86	52,17	239,07	1		63,52	236,57	1	10
29	-23,86	54,44	239,07	1		64,79	236,57	1	10
29	-25,00	56,52	250,50	1		72,18	248,00	1	10

*

Stat unloading) Mob Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is Percentage passive mobilized

5.8.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right
Effective	922,0	998,2
Water	3137,5	3075,2
Total	4059,5	4073,4

Considered as passive side
Maximum passive effective resistance
Mobilized passive effective resistance
Percentage mobilized resistance

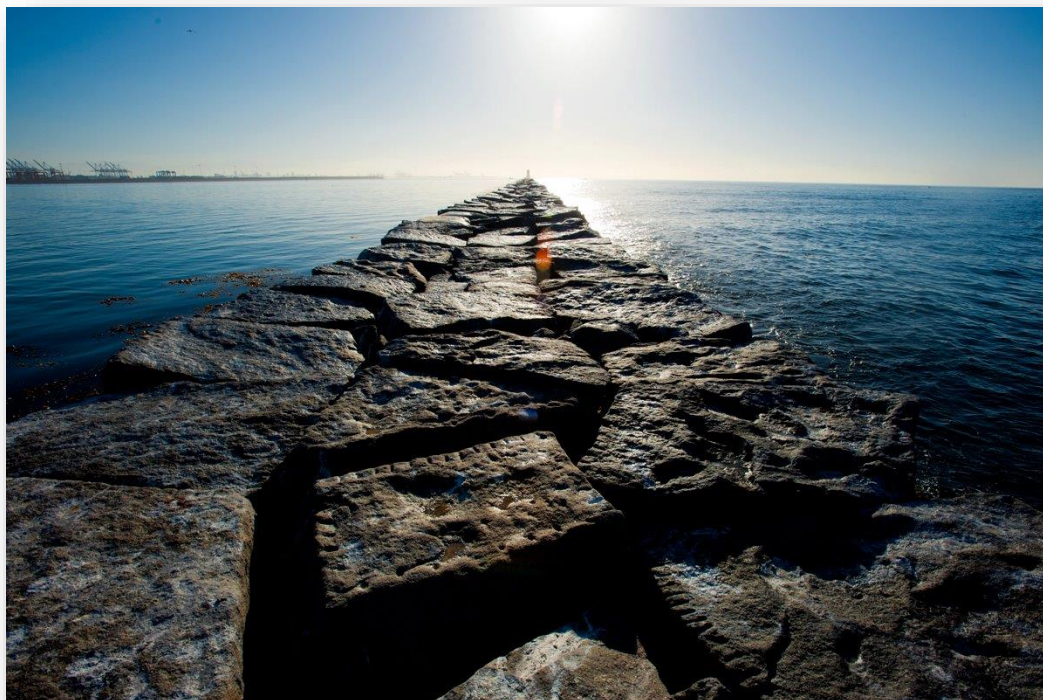
Right
4473,50 kN
998,20 kN
22,3 %

End of Report

BIJLAGE F – DEFINITIEF ONTWERP

Definitief ontwerp

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Definitief ontwerp
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 11-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	26-4-2016	Definitief Definitief ontwerp	Dennis Dane	Erwin van den Boer
2.0	26-5-2016	Concept aanpassen naar concept rapport	Dennis Dane	Erwin van den Boer
3.0	11-6-2016	Definitief	Dennis Dane	Erwin van den Boer

DEFINITIEF ONTWERP

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Definitief ontwerp
Versie: 3.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 11-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
1.1 SAMENVATTING	1
1.2 SYMBOLEN	2
1.3 DEFINITIES EN BEGRIPPEN	3
2. UITGANGSPUNTEN	4
2.1 GOLFKARAKTERISTIEKEN	4
2.2 WATERSTANDEN	5
2.3 ALGEMENE WAARDES	5
2.4 BORING	6
2.5 UITSLUITINGEN PARAMETERS	7
3. BEPALEN DIMENSIES.....	8
3.1 UITGANGSPUNTEN	8
3.2 BEPALEN OPTIMALE DIMENSIES.....	9
3.2.1 <i>Empirische formules</i>	9
3.2.2 <i>Bepalen dimensies</i>	11
3.3 SAMENVATTING DIMENSIES	14
3.4 HOEVEELHEID BENODIGD MATERIAAL	15
3.5 GRADERING.....	16
3.6 KOSTEN	17
4. ZETTING EN STABILITEIT	18
4.1 MATERIAALEIGENSCHAPPEN	18
4.2 EERSTE STABILITEITS BEREKENINGEN	20
4.2.1 <i>Invoer</i>	20
4.2.2 <i>Model</i>	20
4.2.3 <i>Resultaat</i>	21
4.3 ZETTING.....	22
4.3.1 <i>Invoer</i>	22
4.3.2 <i>Model</i>	22
4.3.3 <i>Resultaat</i>	23
4.4 TWEEDE STABILITEITSBEREKENINGEN	24
4.4.1 <i>Invoer</i>	24
4.4.2 <i>Model</i>	24
4.4.3 <i>Resultaat</i>	25
5. IJSBESTENDIGHEID.....	26
5.1 KRACHTEN ALS GEVOLG VAN KRIJEND IJS	26
5.2 BEPALEN ACCEPTABLE SCHADE.....	27
5.3 BEREKENINGEN AAN DE HAND VAN D-GEO STABILITY	28
5.3.1 <i>Invoer</i>	28
5.3.2 <i>Model</i>	29
5.3.3 <i>Resultaten</i>	30
5.4 BEREKENINGEN AAN DE HAND VAN D-GEO STABILITY	32
5.4.1 <i>Invoer</i>	32
5.4.2 <i>Model</i>	33
5.4.3 <i>Resultaten</i>	34

6. DEFINITIEF ONTWERP	36
6.1 DIMENSIES ZONDER OVERHOOGTE	36
6.2 DIMENSIES MET OVERHOOGTE	37
6.3 HOEVEELHEID BENODIGD MATERIAAL	38
6.3.1 Gradering.....	39
6.3.2 Kosten.....	40
6.4 STABILITEIT	41
6.5 ZETTING	41
6.5.1 Invoer.....	41
6.5.2 Model	42
6.5.3 Resultaat	42
BIBLIOGRAFIE.....	43

Bijlagen

BIJLAGE I – BORING B219 & SONDERING DKM223	44
BIJLAGE II – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER ZONDER OVERHOOGTE.....	45
BIJLAGE III – EERSTE ZETTINGSBEREKENINGEN RAPPORT	46
BIJLAGE IV – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER MET OVERHOOGTE	47
BIJLAGE V – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER MET OVERHOOGTE EN EXTRA BREEDTE	48
BIJLAGE VI – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER ZONDER OVERHOOGTE EN MET EXTRA BREEDTE.....	49
BIJLAGE VII – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER ZETTING DEFINITIEF ONTWERP	50
BIJLAGE VIII – DEFINITIEF ZETTINGSRAPPORT	51
BIJLAGE IX – DEFINITIEF ONTWERP	52

1. INLEIDING

In dit document worden de verschillende varianten uitgelicht. Uiteindelijk zal er doormiddel van een Multi-Criteria analyse (hierna te noemen MCA) een voorkeursvariant bepaald. Ook worden in dit document varianten uitgesloten op basis van de voor en nadelen. De varianten die worden behandeld zijn de volgende varianten:

- Stortstenen golfbreker met kern en filter laag(semi permeable);
- Stortstenen golfbreker zonder kern en filter laag (volledig permeable);
- Damwand golfbreker met stortstenen berm onder water;
- Damwand golfbreker met stortstenen berm boven water;
- Golfbreker van geocontainers.

Per variant worden als eerst de dimensies bepaald doormiddel van empirische formules. Doormiddel van deze formules kan er enigszins optimaal worden gedimensioneerd. Wanneer de dimensies bekend zijn voor alle varianten, kan er worden bepaald hoeveel een variant per strekkende meter ongeveer gaat kosten. De kosten is een van de belangrijkste punten in het MCA. Andere die in het MCA worden behandeld zijn:

- Betrouwbaarheid;
- Ervaring;
- Uitvoerbaarheid;
- IJsbestendigheid;
- Duurzaamheid.

1.1 SAMENVATTING

In deze paragraaf worden de gegevens zoals beschreven in dit hoofdstuk kort weergegeven. De definitieve golfbreker is stabiel en heeft een zetting van 1,27 meter. Ook is de golfbreker in zekere maten bestand tegen kruien ijs. De definitieve kosten per strekkende meter golfbreker is 8590,94 euro.

1.2 SYMBOLEN

In deze paragraaf worden een aantal gebruikte symbolen omschreven, in zowel het Nederlands als in het Engels. Dit omdat Engels vaak wordt gebruikt in de waterbouw.

Symbool	Omschrijving (NL)	Description (En)
a	Helling van het talud	Inclination of a slope
A	Oppervlakte	Surface
B	Kruinbreedte	Crest width
B_t	Teen breedte	Toe width
C_{pl}	Plunging factor	Plunging factor
C_s	Surging factor	Surging factor
Ct(max)	Transmissie (maximale)	Transmission (maximum)
Dn₅₀	Denkbeeldige steendiameter	Notional rock diameter
Dn_{50 a / f / t / k}	Denkbeeldige steendiameter bovenste laag / filter laag / teen / kern	Notional rock diameter armour layer / filter layer / toe / core
g	Zwaartekrachtversnelling	Gravity acceleration
h	Waterdiepte	Water depth
H_{1/100}	Golfhoogte met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave height with a frequency of once in 100 years
h_i	Diepgang teen Lee-kant	Depth toe Lee-side
H_s / H_i	Significante / incidentele golfhoogte	Significant \ incidental wave height
h_t	Diepgang teen zeekant	Depth toe seaside
K_t	Laagdikte factor	Layer thickness factor
L	Golf lengte	Wave length
L_{1/100}	Golf lengte met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave length with a frequency of once in 100 years
N	Aantal golven gedurende een storm	Number of waves during a storm
n	Aantal lagen van steen	Number of layers of stone
N.A.P.	Nieuw Amsterdam Peil	New Amsterdam Level
Na	Aantal stenen per oppervlakte	Number of rocks in a surface
N_v	Porositeit	Porosity
P	Denkbeeldige doorlatendheid factor	Notional Permeability Factor
R_c / h_c / η*	Kruinhoogte	Crest height
S_d	Schade getal / niveau	Damage level
S_i	Schouder breedte Lee-kant	Shoulder width Lee-side
S_s	Schouder breedte zee-kant	Shoulder width seaside
T_{1/100}	Golfperiode met een frequentie van eens in de 100 jaar	Wave period with a frequency of once in 100 years
t_{a/f/t}	Laagdikte bovenste laag / filter laag / teen	Layer thickness armour layer / filter layer / toe
T_m	Gemiddelde golfperiode	Mean wave period
W_{50 a / f / t / k}	Denkbeeldige steendiameter bovenste laag / filter laag / teen / kern	Notional rock diameter armour layer / filter layer / toe / core
Δ	Relatieve drijfvermogene dichtheid	Relative buoyant density
ξ_{cr}	Critische surf parameter	Critical surf parameter
ξ_m	Surf parameter gebaseerd op T _m	Surf parameter based on T _m
ρ_s / ρ_r	Dichtheid stortstenen	Density rubble
ρ_w	Dichtheid water	Density water
ρ_z	Dichtheid zand	Density sand
OCR	Overconsolidatie ratio	Overconsolidation ratio
C_v	Verticale consolidatie coefficient	Vertical consolidation coefficient
RR	Herladen/zwelling ratio	Reloading/swelling ratio
CR	Samendrukking ratio	Compression ratio
Ca	Coefficient van tweede samendrukking	Coefficient of secondary compression
Fr;H;edge	Horizontale kracht ten gevolgen van kruieid ijs	Horizontal force as a result of ice
K_p	Passieve weerstand coefficient	Passive resistance coefficient

1.3 DEFINITIES EN BEGRIPPEN

In dit hoofdstuk worden alle definities en begrippen omschreven die in het eindrapport worden gebruikt. Per document in de bijlage, kan er een begrippenlijst zijn toegevoegd, om zo de leesbaarheid van de documenten te vergroten.

Woord	Omschrijving (NL)
Berm	Verwijst naar de berm van een golfbreker. De berm van de golfbreker is het hoogste horizontale vlak, ook wel de kruin genoemd.
Bestemmingsvlak	Een gebied waarin het (onderdeel van een) project plaats vindt.
Diffactie	Golven buigen om een punt, waardoor de golfhoogte gereduceerd of groter worden.
Downtime	Dit is de tijd wanneer de golven tegen de kade te groot zijn voor een schip om te kunnen aanmeren.
Draagkrachtigheid	Een begrip uit de grondmechanica dat aangeeft hoeveel de grond kan dragen
Flevokust	Naam van het project waar de golfbreker een onderdeel van uitmaakt
Hydraulische randvoorwaarden	Bestand waarin de belangrijkste golfkarakteristieken vandaan komen
interlocitie	Een naam dat wordt gebruikt om aan te geven hoeveel hoekige punten een steen heeft
Maxima centrale	Een energiecentrale ten noord-oosten van de golfbreker
MGeoBase	Een programma dat dient als database voor grondparameters
Nominale steendiameter	Geeft aan wat de nominale diameter is van een steen, wordt gebruikt in het bepalen van de steengrootte
Opdrachtgever	De partij die het werk uitbesteed
Quarry-run	Een naam voor grof grind
Reflectie	Tegen de kust of een kade zal een golf terugkaatsen. De golfhoogte kan hierdoor groter worden,
Refractie	Golven onder een hoek op de kust, willen loodrecht op de kust invallen. Hierdoor buigen de golven en wordt de energie groter of kleiner, afhankelijk van de vorm van de kust.
Shoaling	De afmetingen van een golf verandert zodra de golf zich in ondiep water bevindt. De afmetingen veranderen steeds sterker naarmate de golf dichterbij de kust komt (ondieper wordt).
Sondering	Een begrip uit de grondmechanica dat wordt gebruikt om de draagkrachtigheid van een grondsoort te bepalen
Surging golven	Type golf dat niet breekt wanneer het de kust raakt
Plunging golven	Type golf dat wel breekt wanneer het de kust raakt
Transmissie	Een golfreductie factor doordat golven zich door de golfbreker heen bewegen, waardoor achter de golfbreker ook een golf ontstaat
National Permeability factor	Een factor dat de doordringbaarheid van een golfbreker aangeeft
Bovenste laag	De top laag van de golfbreker, zijn de grootste stenen, op deze laag slaan de golven kapot
Filter laag	Onder de bovenste laag, zorgt er voor dat de kern niet weg spoelt, ook kunnen de stenen van de filter laag zich niet door de bovenste laag bewegen
Schouder	Onderdeel van de golfbreker, bevindt zich onder de teen.
Teen	Zorgt voor een opsluiting van de bovenste laag, zodat de bovenste laag op zijn plaats blijft liggen
Damage level (Schade niveau)	Geeft de maten van vervorming van de golfbreker aan als gevolg van golfaanslag (schade)
Lee-kant	De kant achter de golfbreker
Cohesie	Een grondparameter in de grondmechanica
Hoek van inwendige wrijving	Een grondparameter in de grondmechanica
Slip Cirkel	Op de punten in dit cirkel worden berekening uitgevoerd voor de stabiliteit
Overhoogte	De extra hoogte dat moet worden toegepast om de zetting te compenseren
Zetting	De ondergrond zal gaan samendrukken als gevolg van een belasting erop. De maten waarin deze zal gaan samendrukken wordt zetting genoemd.
Bischop methode	Een methode om de stabiliteit van een golfbreker of dijklichaam te berekenen.
Materials	In de D-programma's worden grond ingevoerd onder de naam materials
Points	In de D-programma's wordt een model gemaakt aan de hand van opgegeven punten, deze punten worden met elkaar verbonden om zo een sluitend model te krijgen.
D-programma's	Naam voor de programma's D-Settlement, D-GeoStability, D-Sheet Piling en MGeoBase
Limits	In de D-programma's wordt het model gelimiteerd tot een bepaald punt. Deze 2 punten heten de Limits
Phreatic Line	In de D-programma's is het water niveau het Phreatic level
NEN Bjerrum methode	Een veel gebruikte methode om zetting mee te bepalen
Darcy	Een rekenmethode om de zetting mee te bepalen
D-Settlement	Een van de D-programma's om zetting mee te bepalen
D-GeoStability	Een van de D-programma's om de stabiliteit van een dijklichaam of een golfbreker te bepalen
MGeoBase	Een van de D-programma's waarin de grondeigenschappen zijn opgeslagen in een database
D-Sheet Piling	Een van de D-programma's waarin een damwand / combi wand kan worden doorberekend

2. UITGANGSPUNTEN

Uit de inhoudsberekeningen en diffractie berekeningen is gebleken dat bij de betreffende begin en eind positie er geen extra downtime mag ontstaan. Dit houdt in dat er geen transmissie mag ontstaan. Er kan een extra downtime ontstaan door transmissie. Transmissie houdt in dat een deel van de golf over of door de golfbreker beweegt en hierdoor golven ontstaan achter de golfbreker. Echter wordt de kruin van de varianten dan zodanig hoog dat dit waarschijnlijk minder economisch is dan wanneer er transmissie wordt toegestaan. De transmissie dat wordt toegestaan is maximaal 10%.

2.1 GOLFKARAKTERISTIEKEN

Er worden voor twee situaties golfkarakteristieken bepaald. De eerste situatie is significante golfhoogte voor een golf die maximaal 10 keer per jaar voorkomt uit de richting van 300 graden, dit wordt de gereduceerde golfkarakteristieken genoemd. Deze zijn van belang om de kruinhoogte te bepalen. De tweede situatie is de significante golfhoogte voor een golf die 1/100 jaar voorkomt. Dit is van belang om voor de sterkte berekeningen van de type golfbrekers. Er wordt een gereduceerde golfhoogte genomen voor de kruinhoogte omdat er een grotere transmissie mag optreden wanneer er al een downtime aanwezig is doormiddel van diffractie.

Gereduceerde golfkarakteristieken

Golfhoogte	Hs	0,9	[meter]
Golfperiode	Tm	3,82	[seconden]
Golflengte	Lm	22,76	[meter]

Maximale golfkarakteristieken

Golfhoogte	H _{1/100}	1,5	[meter]
Golfperiode	T _{1/100}	4,33	[seconden]
Golflengte	L _{1/100}	22,76	[meter]
Stormduur 1/100 jaar		8	[uur]
Aantal golven	N	6651	[golven]

De golfhoogte bij de gereduceerde golfkarakteristieken is een aanname. De downtime berekeningen geven aan dat een golfhoogte van 0,9 meter uit de richtingen van 270, 300 en 330 graden een downtime toename oplevert van $0,1201 - 0,0294 = 0,0907\%$. De downtime zal dan niet meer voldoen bij de lengte zoals beschreven in de downtime berekeningen. Echter is de verwachting dat de golfbreker niet meer dan 10 meter langer hoeft te worden. Door transmissie toe te staan kan de kruin van de golfbreker lager liggen.

De maximale golfkarakteristieken zijn bepaald doormiddel van de "Advies m.b.t. golfbreker project Flevokust" [1]. Dit rapport heeft bepaald wat de golfhoogte en periode is die 1/100 jaar voorkomt. Ook geeft dit rapport aan dat een storm die 1/100 jaar voorkomt een duur heeft van 8 uur. De bijbehorende aantal golven is dan $8 * 3600 / 4,33 = 6651$ golven.

2.2 WATERSTANDEN

De waterstanden zijn ook van belang voor de varianten. Bij de variant golfbreker met berm onder water kan het voorkomen dat de berm onder water ligt. In dit geval mag de nominale steendiameter worden gereduceerd. Bij deze variant ligt de berm 1 meter onder N.A.P.. De laagste waterstand is -1,66 meter, dit betekent dat de berm bij de laagste waterstand en de grootste golven, boven water ligt. Verder is de laagste waterstand met een terugkeertijd van 1 jaar -0,77 meter. Deze waterstand wordt aangehouden voor de maximale kruinhoogte. De eisen geven aan dat de golfbreker niet meer dan 2,5 meter boven de laagste waterniveau mag uitkomen. Dit betreft het gezichtsveld van de schipper. De maximale kruinhoogte is dan $-0,77 + 2,5 = 1,73$ meter +N.A.P..

Tabel 1, waterstanden. Bron [11]

Terugkeertijd (jaar)	zonder meerspiegelstijging		met meerspiegelstijging (0.3 m)	
	Waterstand laag (mNAP)	Waterstand hoog (mNAP)	Waterstand laag (mNAP)	Waterstand hoog (mNAP)
1	-0.77	0.54	-0.47	0.84
10	-1.21	0.81	-0.91	1.11
50	-1.52	0.99	-1.22	1.29
100	-1.66	1.07	-1.36	1.37

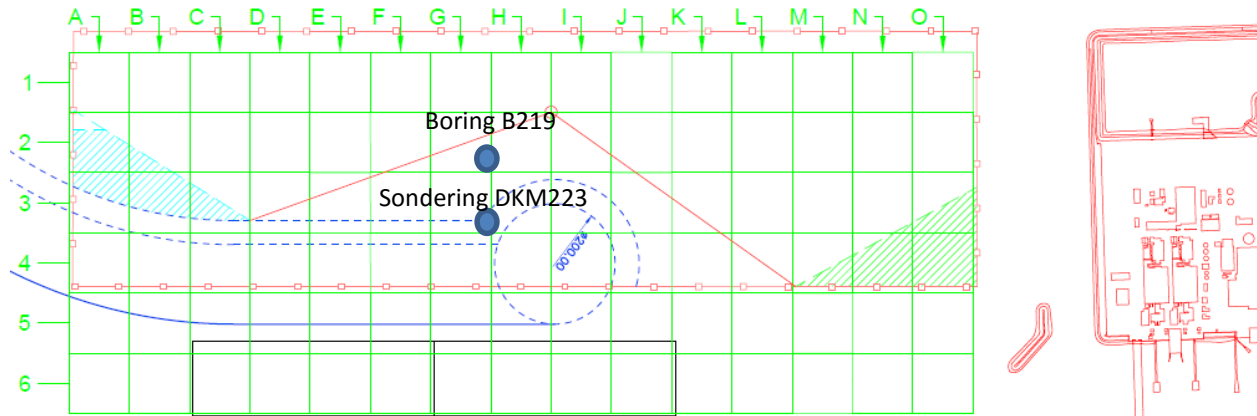
2.3 ALGEMENE WAARDES

De overige waarden die van toepassing zijn, zijn:

Helling	a	1/1,5 [-]
Dichtheid stortstenen	ρ_s	2650 [kg/m ³]
Dichtheid zand	ρ_z	1600 [kg/m ³]
Dichtheid water	ρ_w	1000 [kg/m ³]

2.4 BORING

Er wordt gebruikt gemaakt van boring B219 en sondering DKM223. Deze liggen tamelijk in de buurt van de locatie van de golfbreker zoals bepaald in de inhoudsberekeningen. In afbeelding 1 is weergegeven waar deze boring zich bevind.

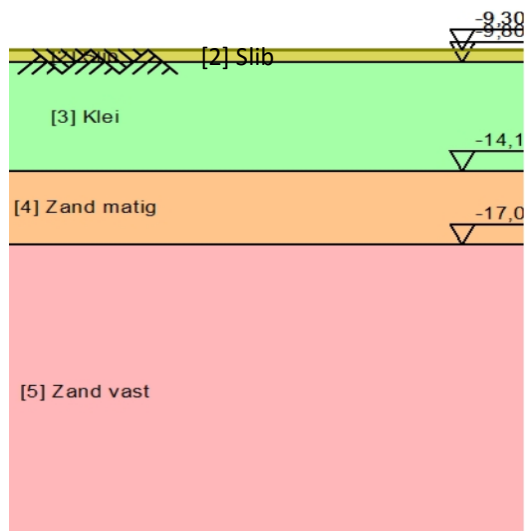


Afbeelding 1 – Locatie van boring en sondering



Tabel 2 – Gelaagdheid grond.

Bereik m -N.A.P.	Grond soort
9,30 – 9,80	Slib
9,80 – 14,10	Klei
14,10 – 17,00	Matig zand
17,00 +	Stevig zand



Afbeelding 2 – Gelaagdheid grond.

Aan de hand van de sondering en boring is de gelaagdheid zoals in tabel 2 bepaald. Ook is dit schematisch weergegeven in afbeelding 2. Op de volgende pagina's in dit hoofdstuk zijn ook de boring en de sondering weergegeven. Deze worden gebruikt als basis invoer voor de varianten en het definitieve ontwerp.

2.5 UITSLUITINGEN PARAMETERS

In de varianten studie worden bepaalde parameters niet meegenomen. Dit zijn:

- Stabiliteit
- Zetting
- Refractie
- Shoaling
- Krachten ten gevolg van kruiend ijs (wordt wel op afgewogen in het MCA)
- Krachten ten gevolg van stroming

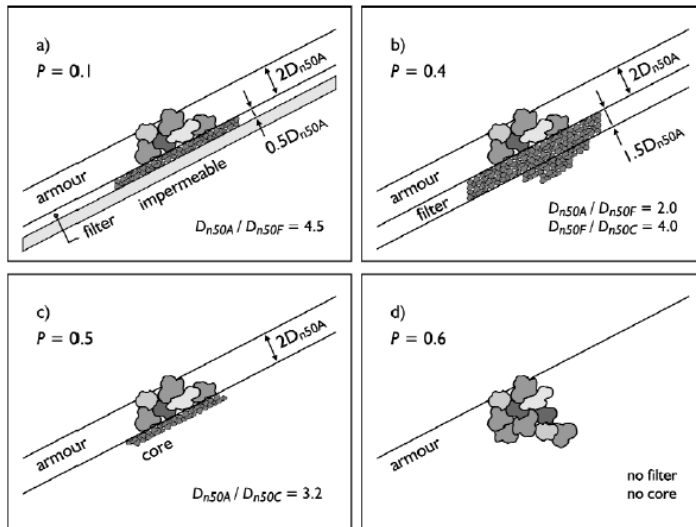
Een deel zal worden meegenomen in het definitieve ontwerp.

3. BEPALEN DIMENSIES

In de varianten studie zijn de meeste dimensies al bepaald.

3.1 UITGANGSPUNTEN

Een van de belangrijkste parameters van een stortstenen golfbreker is de permeability. De permeability moet worden geschat doormiddel van afbeelding 2. De permeability van de stortstenen golfbreker wordt geschat op 0,2. Een permeability van 0,2 ligt dicht tegen de on-penetreerbare kern dan tegen die van een filter laag. Dit is gedaan om veiliger te zitten dan voor $P = 0,4$, want een lagere permeability resulteert in een hogere vereiste nominale steendiameter.



Afbeelding 3 – Notional Permeability. Bron [3]

Uitleg – Afbeelding 3

De P hangt af van de mate waarin de golven door de golfbreker kunnen bewegen.

A: Dit is een golfbreker waarbij de bovenstelaag bestaat uit 2 maal de gemiddelde steen diameter, met daaronder een filterlaag en daaronder een grondkerend materiaal zoals geotextiel.

B: Dit is een golfbreker met een bovenstelaag, filter laag en daaronder een kern van (grof) grind.

C: Dit is een golfbreker waarbij onder de bovenste laag een zeer grove kern aanwezig is.

D: Dit is een golfbreker waarbij de gehele golfbreker bestaat uit de zelfde soort steen.

Resultaat: Notional Permeability factor (P) = 0,2

Plunging wave	C_{pl}	6,20 [-]
Surging wave	C_s	1,00 [-]

3.2 BEPALEN OPTIMALE DIMENSIES

Er is al redelijk veel onderzoek gedaan naar stortstenen golfbrekers. Deze empirische formules kunnen al een goede inzicht geven over “optimale” dimensies. De dimensies zoals de minimale grootte van de stortstenen in de bovenste laag, filter laag, kern en teen kunnen empirisch worden bepaald met daarbij de diktes van de lagen. De hoogte van de kruin dat zal zorgen voor een transmissie van maximaal 10% kan ook worden berekend en de breedte van de kruin. Verder worden ook de diepte van de teen bepaald. Wanneer deze dimensies zijn bepaald, is er genoeg informatie om de golfbreker “optimaal” te dimensioneren volgens empirische formules. De formules worden ingevuld volgens de uitgangspunten aangegeven in hoofdstuk 3.1.1 en hoofdstuk 2.

3.2.1 EMPIRISCHE FORMULES

In het bovenstaande stuk is beschreven welke dimensies er moeten worden bepaald om “optimaal” te dimensioneren. Alle formules komen uit de Rock Manual [3]. De eerste formule is die van de nominale steendiameter, aangezien de andere formules afhangen van de nominale steendiameter.

Nominale steendiameter

De Rock Manual stelt dat de formule van de nominale steendiameter afhangt van de type golven. Er zijn twee formules, één voor plunging golven en één voor surging golven. Er kan worden bepaald welke type golf er zal optreden doormiddel van de volgende formules:

$$\xi_m = \frac{\tan a}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{9,81 \cdot T_m^2}}} \quad (1)$$

$$\xi_{cr} = \left(\frac{C_{pl}}{C_s} \cdot P^{0,31} \cdot \sqrt{\tan a} \right)^{\frac{1}{P+0,5}} \quad (2)$$

Wanneer ξ_m kleiner is dan ξ_{cr} , dan zijn de golven plunging. Wanneer ξ_m groter of gelijk aan ξ_{cr} is, dan zijn de golven surging. De formules voor de nominale steendiameter is dan als volgt:

Voorwaarde: Plunging waves ($\xi_m < \xi_{cr}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D n_{50}} = C_{pl} \cdot P^{0,18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5} \quad (3)$$

Voorwaarde: Surging waves ($\xi_m \geq \xi_{cr}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D n_{50}} = C_s \cdot P^{-0,13} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \sqrt{\cot a} \xi_m^P \quad (4)$$

De schade niveau (S_d) kan worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 3 – Schade niveau (S_d). Bron [3]

Slope (cota)	Start of damage	Damage level Intermediate damage	Failure
1,5	2	3 - 5	8
2	2	4 - 6	8
3	2	6 - 9	12
4	3	8 - 12	17
6	3	8 - 12	17

Uitleg – Damage level (S_d)

Tabel 2 geeft aan wat voor een schade getal er moet worden gebruikt. Voor verschillende hellingen (cot a). <i>Start of damage:</i> Bij dit getal zal er nog net geen schade optreden. <i>Intermediate damage:</i> In het bereik dat is aangegeven zal er tolereerbare schade ontstaan. Deze zal moeten worden gerepareerd op den duur. <i>Failure:</i> Voor alle schade getallen hoger dan deze waarde, zal de golfbreker het gaan begeven. Resultaat: Schade getal (S_d) = 2

De helling van de golfbreker is 1:1,5. Bij een storm van 1/100 jaar mag er schade op treden. Echter voor de veiligheid wordt er gerekend met een minimale schade van $S_d=2$.

Kruin hoogte en breedte

De kruinhoogte (R_c) wordt bepaald doormiddel van de transmissie over en door de golfbreker. Er is bekend dat de transmissie maximaal 0,1 mag zijn. De breedte van de kruin zal volgens de vuistregel 3 maal de nominale steendiameter zijn. Dit is de kleinst mogelijke breedte, de verwachting is dat dit zal leiden in het meest economische ontwerp. De formule voor de transmissie door en over een golfbreker, bij een smalle kruin ($B/H_s < 10$) is:

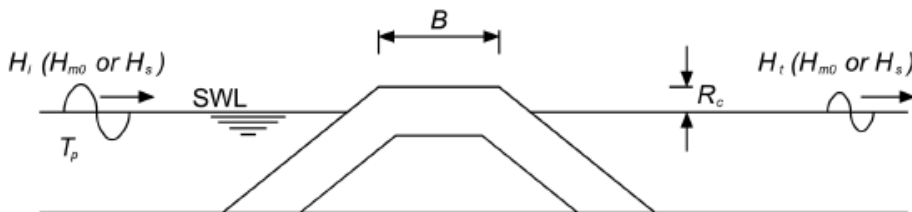
$$\begin{aligned} \text{Voorwaarde: } Ct, \max &= 0,05 < -0,006 * \frac{B}{H_s} + 0,9 < 0,9 \\ Ct &= (-0,4 * (\frac{R_c}{H_s}) + 0,64 * (\frac{B}{H_s})^{-0,31} * (1 - \text{Exp}[-0,5 * \xi_m])) \end{aligned} \quad (5)$$

De transmissie is 0,1, oftewel dit zal kleiner zijn dan de maximale transmissie.

De formule kan worden herschreven zodat de kruinhoogte (R_c) kan worden bepaald. Ook is de breedte een functie van de nominale steendiameter. De formule wordt dan als volgt:

$$\begin{aligned} \text{Voorwaarde: } Ct, \max &= 0,05 < -0,006 * \frac{B}{H_s} + 0,9 < 0,9 \\ R_c &= -2,5 * \left(Ct - 0,64 * \left(\frac{3 * D_{n50}}{H_s} \right)^{-0,31} * (1 - \text{Exp}[-0,5 * \xi_m]) \right) * H_s \end{aligned} \quad (6)$$

De transmissie is ook weergegeven in afbeelding 3.



Afbeelding 4 – Transmissie door stortstenen golfbreker. Bron [3]

Dit zijn de belangrijkste empirische formules om een aantal dimensies te bepalen. Verder worden ook een aantal andere dimensies bepaald doormiddel van tabellen en figuren.

3.2.2 BEPALEN Dimensies

Het grootste deel van de formules zijn bekend. Deze kunnen nu worden ingevuld volgens de uitgangspunten. Als eerst wordt de nominale steendiameter bepaald voor de bovenste laag en ook voor de overige lagen

Nominale steendiameter

De belangrijkste steendiameter is die van de bovenste laag. Van deze laag hangt de diameter af van kern en filter laag. Echter moet er eerst worden bepaald welk type golven tegen de golfbreker slaan.

Bepalen golftype:

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{9,81 \cdot T_m^2}}} \quad (1)$$

Resultaat: $\xi_m = \frac{\frac{1}{1,5}}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot 1,5}{9,81 \cdot 4,33^2}}} = 2,95$ (1-I)

$$\xi_{cr} = \left(\frac{C_{pl}}{C_s} \cdot P^{0,31} \cdot \sqrt{\tan \alpha} \right)^{\frac{1}{P+0,5}} \quad (2)$$

Resultaat: $\xi_{cr} = \left(\frac{6,2}{1} \cdot 0,2^{0,31} \cdot \sqrt{\frac{1}{1,5}} \right)^{\frac{1}{0,2+0,5}} = 4,97$ (2-I)

De $\xi_m < \xi_{cr}$, dus de golven zijn plunging.

Bovenste laag:

De nominale steendiameter moet worden bepaald voor plunging golven, dus moet er gebruikt worden gemaakt van de formule voor plunging golven:

$$\frac{H_s}{\Delta Dn_{50}} = C_{pl} \cdot P^{0,18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5} \quad (3)$$

Resultaat: $\frac{1,5}{\left(\frac{2650-1000}{1000} \right) Dn_{50}} = 6,2 \cdot 0,2^{0,18} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{6651}} \right)^{0,2} \cdot 2,95^{-0,5}$ (3-I)

$Dn_{50} = 0,706$ meter

$Dn_{50} = \frac{1,5}{1,65 \cdot 6,2 \cdot 0,2^{0,18} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{6651}} \right)^{0,2} \cdot 2,95^{-0,5}} = 0,706 \text{ m}$

Filter laag:

De Rock Manual geeft aan dat de massa van de filter laag tussen de 10 á 15 keer lichter mag zijn dan de stenen van de bovenste laag. Oftewel een nominale diameter mag een factor 2,2 á 2,5 keer minder lang zijn. De nominale steendiameter van de filter laag is dan:

$$Dn_{50f} = \frac{Dn_{50}}{f} \quad (3-II)$$

Resultaat: $Dn_{50f} = \frac{0,706}{2,5} = 0,283$ (3-II)

$Dn_{50f} = 0,283$ meter

Kern:

De Rock Manual geeft aan dat de massa van de kern tussen de 10 á 15 keer lichter mag zijn dan de stenen van de filter laag. Oftewel een nominale diameter mag een factor 2,2 á 2,5 keer minder lang zijn. De nominale steen diameter van de kern is dan:

$$Dn_{50k} = \frac{Dn_{50f}}{f} \quad (3 - III)$$

Resultaat:
 $Dn_{50k} = 0,283 \text{ meter} \quad Dn_{50k} = \frac{0,283}{2,5} = 0,113$ (3 - III)

Teen:

De Rock Manual geeft aan dat er een verhouding is tussen de golfhoogte en diepte van de teen. Deze verhouding is weergegeven in de naast gelegen tabel 3. De waterdiepte van de teen wordt gesteld op -5 m N.A.P.. Op deze diepte is aangenomen dat er geen zand meer zal wegspoelen onder de teen ten gevolgen van de golven. De nominale steendiameter is de teen zal dan zijn:

Tabel 4 – Stabiliteit van de teen bescherming. Bron [3]

ht/h	Hs/Dn50
0,5	3,3
0,6	4,5
0,7	5,4
0,8	6,5

$$\frac{h_t}{h} = x \rightarrow \frac{Hs}{\Delta \cdot Dn_{50t}} \quad (3 - IV)$$

Resultaat:
 $Dn_{50t} = 0,276 \text{ meter} \quad \frac{5}{9,8} = 0,5 \rightarrow \frac{1,5}{1,65 \cdot Dn_{50t}} = 3,3$ (3 - IV)

$$Dn_{50t} = \frac{1,5}{1,65 \cdot 3,3} = 0,276 \text{ m} \quad (3 - IV)$$

Verder geeft de Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering [2] aan dat breedte van de teen over het algemeen 3,3 maal de nominale steendiameter is. Oftewel een breedte van $0,276 \cdot 3,3 = 0,92$ meter.

Laag diktes:

De formule voor de laagdikte is:

$$t = n \cdot kt \cdot Dn_{50} \quad (7)$$

Tabel 5 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit. Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50	Blocky rock eg mean BLC = 0,65	Irregular rock eg mean BLC = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 5 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLC) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:
 $kt = 0,87$
 $nv = 35\%$

De laagdiktes zijn dan als volgt:

$t = n * kt * Dn_{50}$	(7)
Resultaat: $t_a = 2 * 0,87 * 0,706 = 1,23 \text{ m}$	
$t_a = 1,23 \text{ m}$	
$t_f = 2 * 0,87 * 0,283 = 0,49 \text{ m}$	(7-1)
$t_a = 0,49 \text{ m}$	
$t_t = 2 * 0,87 * 0,276 = 0,48 \text{ m}$	
$t_a = 0,48 \text{ m}$	

Kruin dimensies:

De formule van de kruin is bekend. De breedte van de kruin is 3 maal de steendiameter. De hoogte moet ervoor zorgen dat er maximaal een transmissie van 0,1 is. Er mag een hogere transmissie optreden wanneer de downtime al is bereikt. Zoals beschreven in hoofdstuk 2 zal de golfhoogte dan 0,9 meter zijn en de periode 3,82 seconden. De hoogte van de kruin is dan:

$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\frac{1,5}{2 * \pi * 0,9}}} = 3,35$	(1)
Resultaat: $\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\frac{1,5}{2 * \pi * 1,5}}} = 2,95$	
$\xi_m = 2,95$	(1-1)

$R_c = -2.5 * \left(Ct - 0.64 * \left(\frac{3 * Dn_{50}}{H_s} \right)^{-0.31} * (1 - \text{Exp}[-0.5 * \xi_m]) \right) * H_s$	(6)
Resultaat: $R_c = 0,673 \text{ meter}$	
$R_c = -2.5 * \left(Ct - 0.64 * \left(\frac{3 * 0,706}{0,9} \right)^{-0.31} * (1 - \text{Exp}[-0.5 * 3,35]) \right) * 0,9 = 0,673 \text{ meter}$	(6-1)

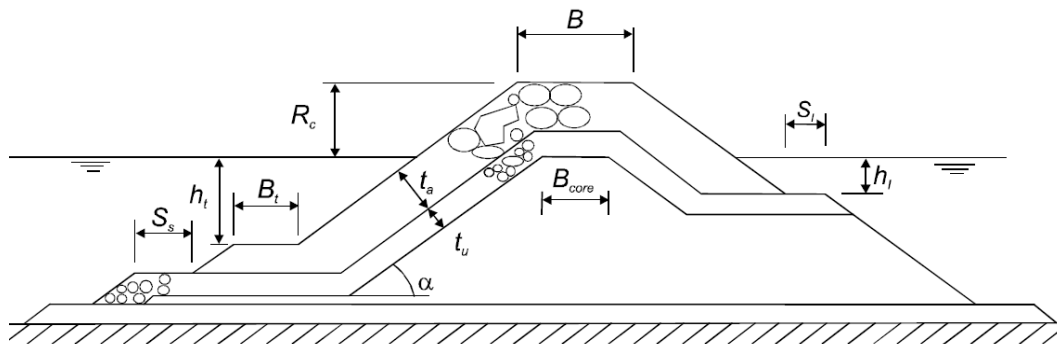
De kruin heeft een hoogte van 0,673 meter boven N.A.P. en een breedte van $3 * 0,706 = 2,12$ meter.

Schouder:

De laatste dimensies die worden bepaald is de breedte van de schouder. De schouder is een uitloper van de filterlaag. Manual of the use of rock in coastal and shoreline engineering [2] geeft aan dat een breedte van 2 meter aan de IJsselmeer kant voldoende is en aan de Lee kant is 0,5 maal de laag dikte van de filter laag voldoende. Oftewel $0,5 * 0,49 = 0,25$ meter.

3.3 SAMENVATTING DIMENSIES

Alle dimensies uit afbeelding 5 zijn berekend in hoofdstuk 3.1.2.



Afbeelding 5 – Dimensies stortstenen golfbreker. Bron [3]

Nominale steendiameter armour laag	Dn_{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen armour laag	W_{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filter laag	Dn_{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filter laag	W_{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen laag	Dn_{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen laag	W_{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern laag	Dn_{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern laag	W_{50k}	3,82	[kilogram]
Kruinhoogte	R_c	0,673	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	2,12	[meter]
Teenbreedte	B_t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Armour laag dikte	t_a	1,23	[meter]
Filter laag dikte	t_u	0,49	[meter]
Teen laag dikte	t_a	0,48	[meter]
Diepte teen zeekant	h_t	-5,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte teen leekant	h_l	-3,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S_s	2,00	[meter]
Schouderbreedte leekant	S_l	0,25	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

3.4 HOEVEELHEID BENODIGD MATERIAAL

De hoeveelheid benodigd materiaal en gradering wordt bepaald door de volgende formules uit de Rock Manual [2]:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Hierin is de A de oppervlakte van de laag. Omdat er per strekkende meter het materiaal moet worden bepaald, is de oppervlakte gelijk aan de lengte van de laag. De parameters kt en nv kunnen worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 6 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit.
Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLc = 0,65	Irregular rock eg mean BLc = 0,50	Blocky rock eg mean BLc = 0,65	Irregular rock eg mean BLc = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 5 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLc) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:
kt = 0,87
nv = 35%

Alle lagen bestaan uit 2 lagen van de double standard irregular rock.

Bovenste laag

De lengte van de bovenste laag is 18,35 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 18,35 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 29 \text{ stenen}/m^{-1}$

29 stenen / m-1

27,04 ton / m-1 $\leftarrow \text{Gewicht} = 29 * \frac{932,5}{1000} = 27,04 \text{ ton}/m^{-1}$ (8-I)

Filter laag

De lengte van de filter laag is 20,87 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 20,87 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 83 \text{ stenen}/m^{-1}$

83 stenen / m-1

4,98 ton / m-1 $\leftarrow \text{Gewicht} = 83 * \frac{60,06}{1000} = 4,98 \text{ ton}$ (8-II)

Teen

De lengte van de teen is 2,68 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat:	$Na = 2 * 2,68 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,276} = 11 \text{ stenen} / m^{-1}$	(8- III)
11 stenen / m-1		
0,61 ton / m-1	$Gewicht = 11 * \frac{55,72}{1000} = 0,61 \text{ ton}$	

Kern

De kern heeft een oppervlakte van 163,5 m². Per strekkende meter is dit 163,5 m³.

3.5 GRADERING

Van het gewicht van de steen moet worden bepaald welke gradering er geschikt is voor de betreffende steen. Dit kan worden bepaald door de volgende tabel:

Tabel 7 – Gradering stortsteen. Bron [3]

Heavy	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
	10.000-15.000	6500	10.000	15.000	22.500	12.000	13.000
	6000-10.000	4000	6000	10.000	15.000	7500	8500
	3000-6000	2000	3000	6000	9000	4200	4800
	1000-3000	700	1000	3000	4500	1700	2100
Light	300-1000	200	300	1000	1500	540	690
	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
	60-300	30	60	300	450	120	190
	10-60	2	10	60	120	20	35
	40-200	15	40	200	300	80	120
Coarse	5-40	1,5	5	40	80	10	20
	15-300	3	15	300	450	45	135
	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	< 50% mm	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg		
	45/125	22,4	45	125	180	63	
	63/180	31,5	63	180	250	90	
	90/250	45	90	250	360	125	
	45/180	22,4	45	180	250	63	
	90/180	45	90	180	250	NA	

Uitleg – Gradering stortsteen

De tabel geeft aan welke klasse stortsteen er moet gebruikt worden voor een bepaalde nominale steendiameter.

In de rij van Passing requirement, wordt er aangegeven welke stenen er door een zeef gaan bij en de percentage van de stenen.

Verder wordt er bij de M een bereik gegeven, namelijk de lower en upper limit. Dit geeft aan welke stenen de kleinste en welke de grootste zullen zijn in een gradering.

In de tabel Coarse is het bereik niet uitgedrukt in kilogrammen maar in milimeters. begeben.

Bovenste laag:

De stenen van de bovenste laag hebben een gemiddeld gewicht van 932 kilogram. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 1000-3000 kg.

Filter laag:

De stenen van de filter laag hebben een gemiddeld gewicht van 60 kilogram. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 60-300 kg.

Teen:

De stenen van de teen hebben een gemiddeld gewicht van 56 kilogram. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 60-300 kg.

Kern:

De stenen van de kern hebben een gemiddelde lengte van 110 mm. Volgens tabel 7 is de benodigde gradering dan minimaal 45/180 nodig.

3.6 KOSTEN

De kosten in dit hoofdstuk zijn geleverd door een extern baggerbedrijf. Deze kosten geven een goede indicatie van de verwachte kosten voor een golfbreker. De hoeveelheden zijn bekend, dus de prijs per strekkende meter golfbreker kan worden bepaald. De kosten per eenheid is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 8 – Kosten materieel

Onderdeel	Kosten (euro)	eenheid
Stortsteen 60 - 300 kg	22,5	per ton
Stortsteen 300 - 1000 kg	25	per ton
Stortsteen 1000 - 3000 kg	27,5	per ton
Quarry-run 45/180	17,5	per ton
Zand (schoon)	7,5	per m ³
Zand (secundair)	5	per m ³
Geotextiel	1	per m ²
Geolon 200 PP	8,75	per m ²

Deze kosten zijn inclusief manuren. De kosten worden dan als volgt:

Tabel 9 – Kosten voorkeursvariant.

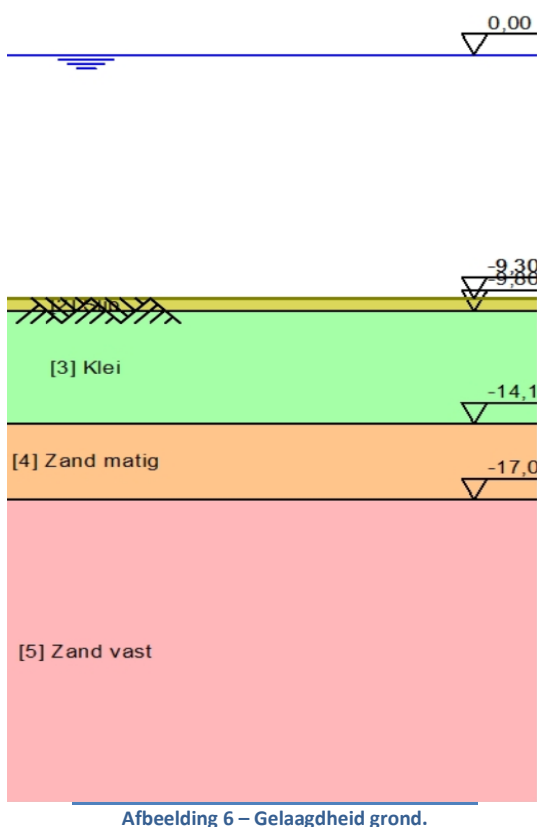
Onderdeel	Prijs / eenheid	Hoeveelheid	Prijs
Bovenste laag	27,5	27,04	743,60
Filter laag	22,5	4,98	112,05
Kern	17,5	281,63	4928,53
Teen	22,5	0,613	13,79
Totaal			€5797,98

4. ZETTING EN STABILITEIT

In dit hoofdstuk worden de zetting en stabiliteit berekend. Dit wordt berekend doormiddel van het programma "D-Settlement" voor de zetting en "D-Geo Stability" voor de stabiliteit.

4.1 MATERIAALEIGENSCHAPPEN

De programma's D-Settlement en D-Geo Stability hebben grondparameters nodig om de berekeningen te kunnen uitvoeren. Deze grondparameters hangen af van de grondlaag. In hoofdstuk x is er al aangegeven welke grond er aanwezig bij de betreffende diepte. Door de database van het programma "MGeobase" toe te passen, kunnen de grond parameters worden ingeschat. In afbeelding x is de afbeelding met de grondlagen nog eens weergegeven.



Afbeelding 6 – Gelaagdheid grond.

In de boring (Bijlage I) is aangegeven dat de klei ziltig is. Uit MGeobase is er gekozen om gebruik te maken van "Clay, sl san, weak", dit houdt in dat de klei laag zandig is en zwak. De volgende laag is matig zand. Dit zand is ziltig, dus wordt er gebruik gemaakt van "Sand, sl sil, moderate". De laag daaronder is een stevige zandlaag. Voor deze laag zal er gebruik worden gemaakt van "Sand, Clean, Moderate". Verder is het ook nodig om aan de stortstenen waarden toe te kennen. Voor de zetting is dit niet nodig aangezien de golfbreker als belasting op de bovengrond wordt gezet. Echter voor de stabiliteit is dit wel van belang. De dichtheid, cohesie en hoek van inwendige wrijving zijn van belang. Alle stortstenen (ook quarry run) hebben een porositeit van 35%. De dichtheid van steen is $26,50 \text{ kN/m}^3$. De droge dichtheid van alle stenen is dus $26,50 \cdot (1-0,35) = 17,23 \text{ kN/m}^3$. De natte dichtheid is wanneer de porien zijn gevuld met water, dus de 35% is nu gevuld met zoet water. De natte dichtheid is $26,50 \cdot (1-0,35) + 10,00 \cdot 0,35 = 20,73 \text{ kN/m}^3$. Verder geeft "manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering" aan dat de cohesie van stortstenen 0 is en de hoek van inwendige wrijving tussen de 25 en 55% ligt. Voor hoekige poreuze willekeurige geplaatste stortstenen wordt de hoek van inwendige wrijving op 45% geschat. Voor quarry-run wordt dit

lager geschat op 40%, dit omdat quarry run minder hoekig is en dus ook minder interlocktie punten.

Tabel 10 – Grondgegevens voor stabiliteitsberekeningen. Bron [MGeoBase]

Grond	Naam Geobase	Droge dichtheid	Natte dichtheid	Cohesie	Hoek van inwendige wrijving
[2] Slib	Peat, mod pl, moderate	13	13	5	15
[3] Klei	Clay, sl sand, weak	15	15	5	22,5
[4] Zand matig	Sand, sl sil, moderate	19	21	0	32,5
[5] Zand stevig	Sand, clean, moderate	19	21	0	35
[A] Quarry run	-	17,23	20,73	0	40
[B] Filter laag	-	17,23	20,73	0	45
[C] Teen	-	17,23	20,73	0	45
[D] Bovenste laag	-	17,23	20,73	0	45

Tabel 11 - Grondgegevens voor zettingsberekeningen. Bron [MGeoBase]

Grond	Naam Geobase	OCR	Cv	RR	CR	Ca
[2] Slib	Peat, mod pl, moderate	1,30000	1,00000	0,29970	0,89910	0,01150
[3] Klei	Clay, sl sand, weak	1,30000	1,00000	0,07892	0,23676	0,00460
[4] Zand matig	Sand, sl sil, moderate	1,30000	1,00000	0,00080	0,00398	0,00000
[5] Zand stevig	Sand, clean, moderate	1,30000	1,00000	0,00080	0,00239	0,00000
[A] Quarry run	-	-	-	-	-	-
[B] Filter laag	-	-	-	-	-	-
[C] Teen	-	-	-	-	-	-
[D] Bovenste laag	-	-	-	-	-	-

4.2 EERSTE STABILITEITS BEREKENINGEN

Als eerst wordt er bepaald of met de berekende dimensies de golfbreker stabiel is. Dit is nog zonder een toegepaste overhoogte als gevolg van zetting.

4.2.1 INVOER

Project instellingen:

Er wordt gebruik gemaakt van de Bishop methoden. Met Cohesie en hoek van inwendige wrijving.

Slip Cirkel:

De cirkel geeft aan welke punten er worden berekend. Hoe meer punten hoe preciezer het resultaat wordt.

Overige instellingen:

Materials

De materialen zijn weergegeven in hoofdstuk 5.1 tabel 10.

Points

De coördinaten (punten) zijn weergegeven in bijlage II.

Limits

Het limiet van het model loopt van -25 meter tot 75 meter.

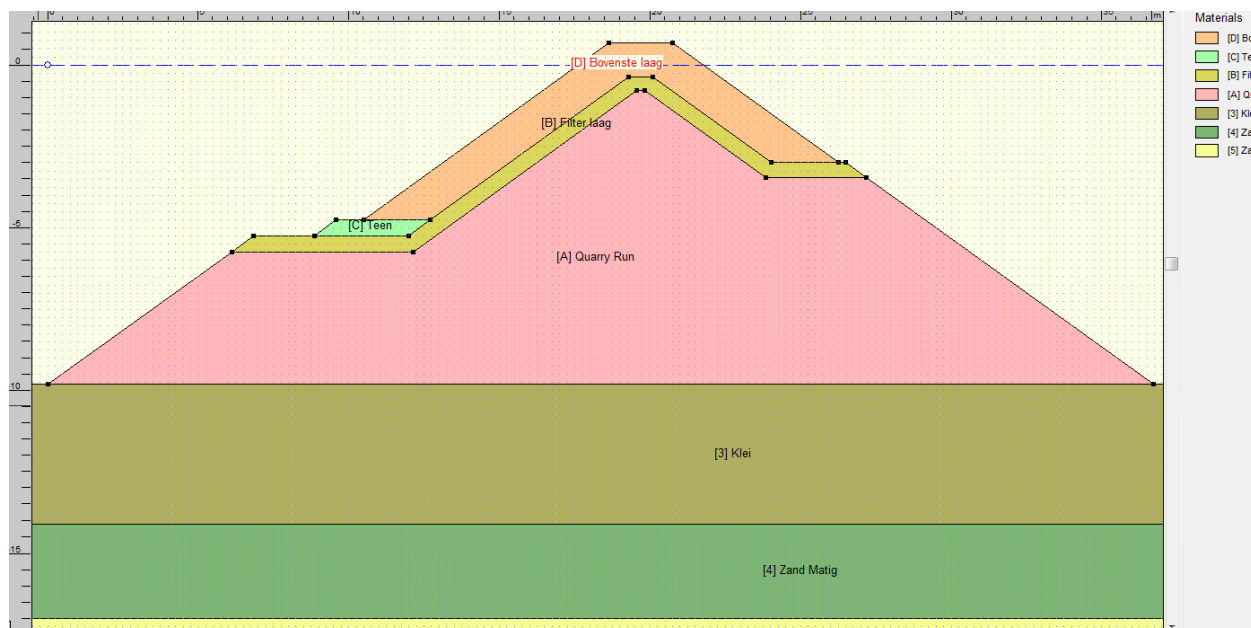
Phreatic Line

Het model ligt ook ten opzichten van N.A.P., de phreatic line ligt op N.A.P..

Grid			
X-left [m]	0,000	Y-top [m]	8,000
X-right [m]	45,000	Y-bottom [m]	1,500
Number [-]	45	Number [-]	11
Tangent line			
Y-top [m]	1,000	Fixed point	
Y-bottom [m]	-15,000	☐ Use fixed point	
Number [-]	16	X-fixed [m]	0,000
		Y-fixed [m]	0,000

Afbeelding 7 – Slip Cirkel

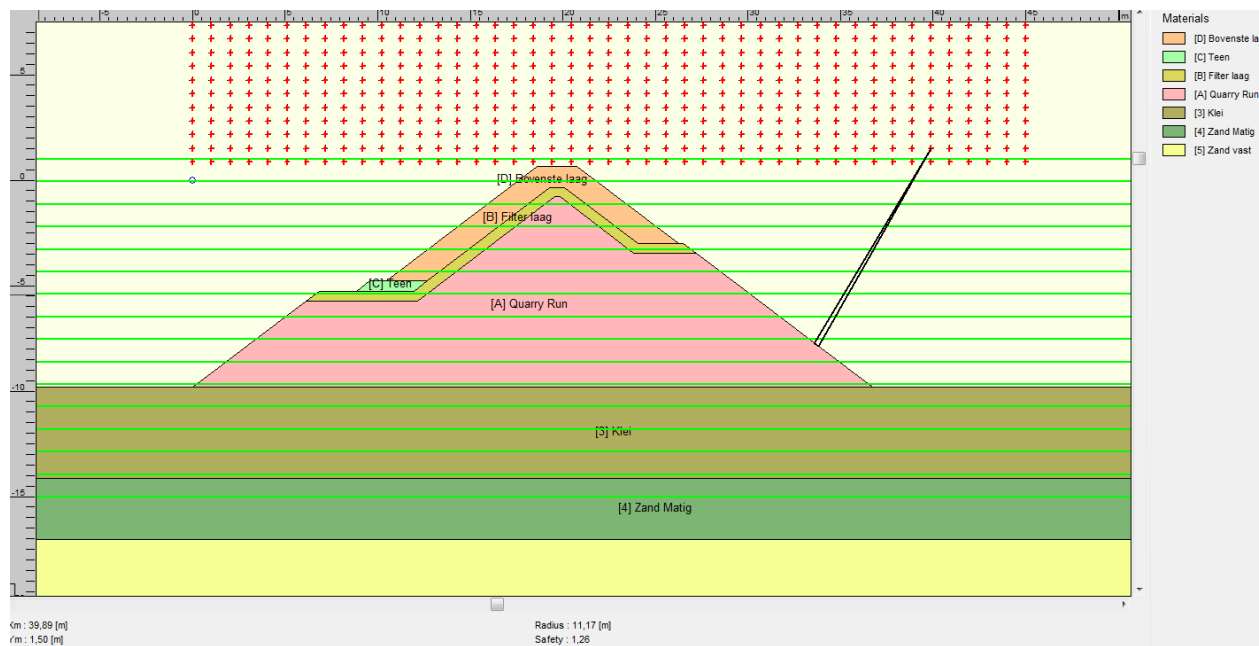
4.2.2 MODEL



Afbeelding 8 – Model eerste stabiliteitsberekeningen

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. De slip cirkel is niet aangegeven in de afbeelding. Deze is wel weergegeven in de resultaten.

4.2.3 RESULTAAT



Afbeelding 9 – Resultaat eerste stabiliteitsberekening

De kleinste veiligheidsfactor is 1,26. Dit is groter dan de minimale vereiste veiligheidsfactor van 1,15. De golfbreker in deze situatie is stabiel.

4.3 ZETTING

In dit hoofdstuk wordt er bepaald wat voor een zetting er zal gaan optreden. De zetting is van belang omdat de golfbreker niet lager mag komen te liggen dan de berekende kruinhoogte van 0,673 meter. Er zal dus een overhoogte moeten worden meegenomen om het effect van zetting te compenseren.

4.3.1 INVOER

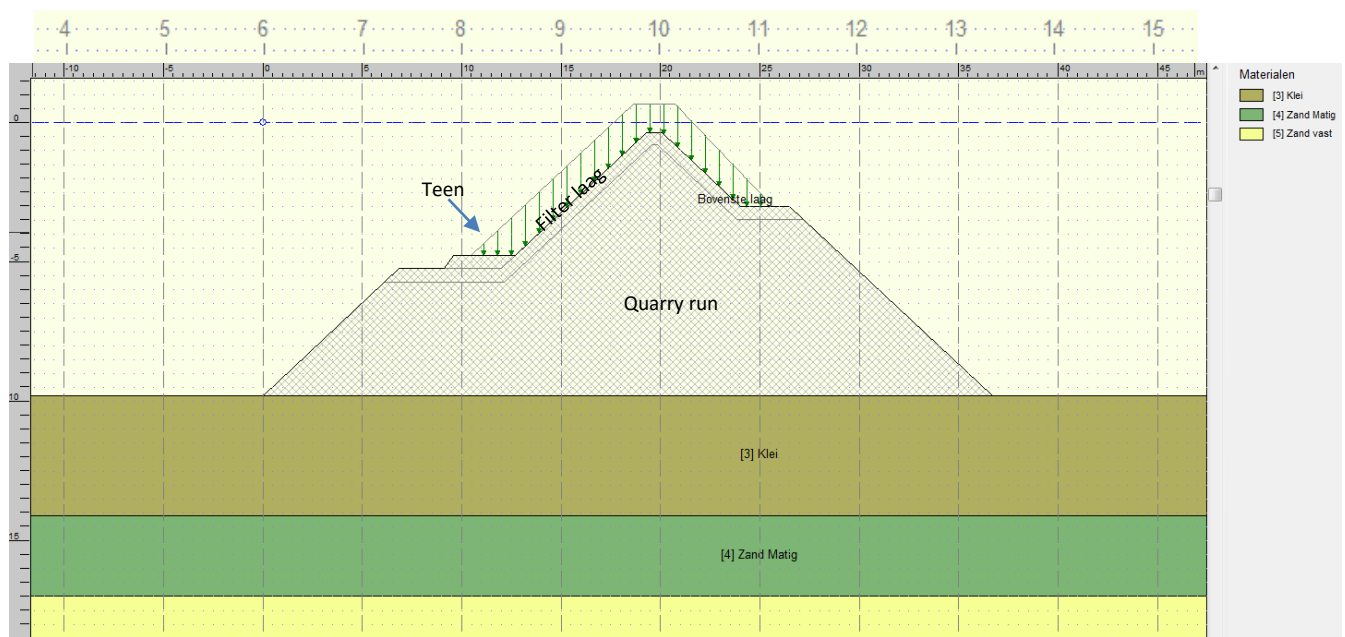
Project instellingen:

Er wordt gebruik gemaakt van de NEN Bjerrum methode in combinatie met Darcy. Dit is een van de meest gebruikte methoden.

Overige instellingen:

Materials	De materialen zijn weergegeven in hoofdstuk 4.1 tabel 11.
Points	De coördinaten (punten) zijn weergegeven in bijlage II.
Limits	Het limiet van het model loopt van -25 meter tot 75 meter.
Phreatic Line (_ _ _)	Het model ligt ook ten opzichten van N.A.P., de phreatic line ligt op N.A.P..

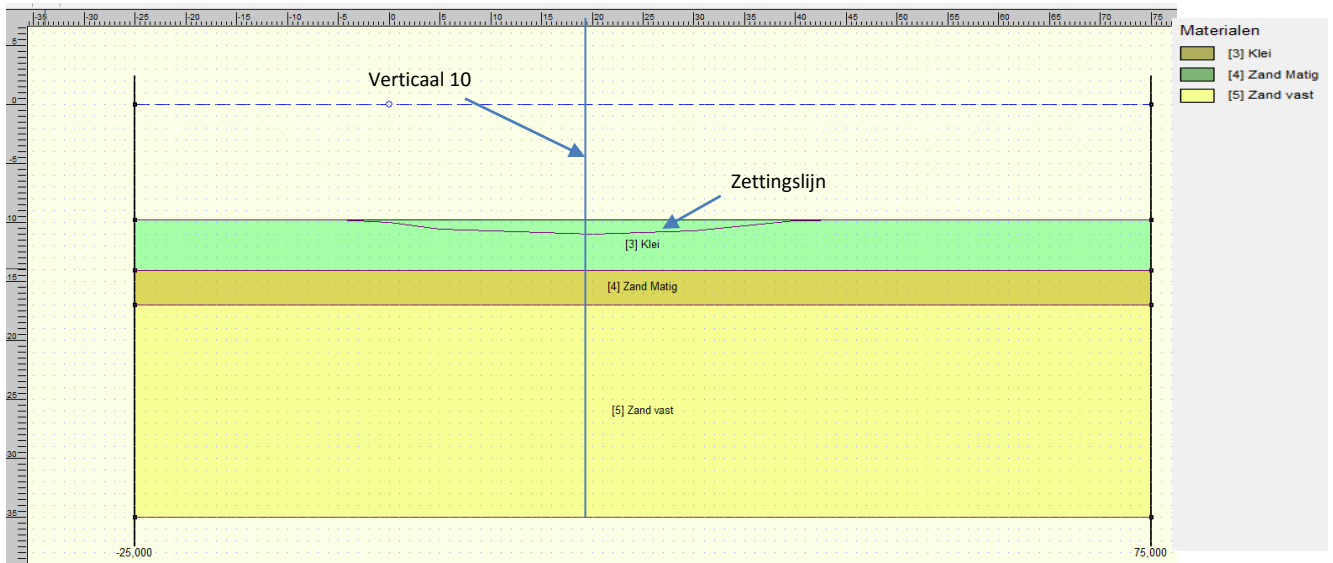
4.3.2 MODEL



Afbeelding 10 – Model zettingsberekening

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. In tegenstelling tot het stabiliteitsmodel, wordt de golfbreker in zijn geheel meegenomen als een belasting. Aangezien de golfbreker als belasting op de grond zal dienen. Er is nog geen planning voor het plaatsen van golfbreker. De starttijd van de belasting is dan ook voor elke dag 1 dag. Op deze manier wordt alle zetting meegenomen, ook is de verwachting dat het plaatsen van de golfbreker in een zodanige korte periode kan worden aangelegd ten opzichten van de eindzetting (10.000 dagen), dat de tijd van plaatsen nauwelijks effect heeft op de eindzetting.

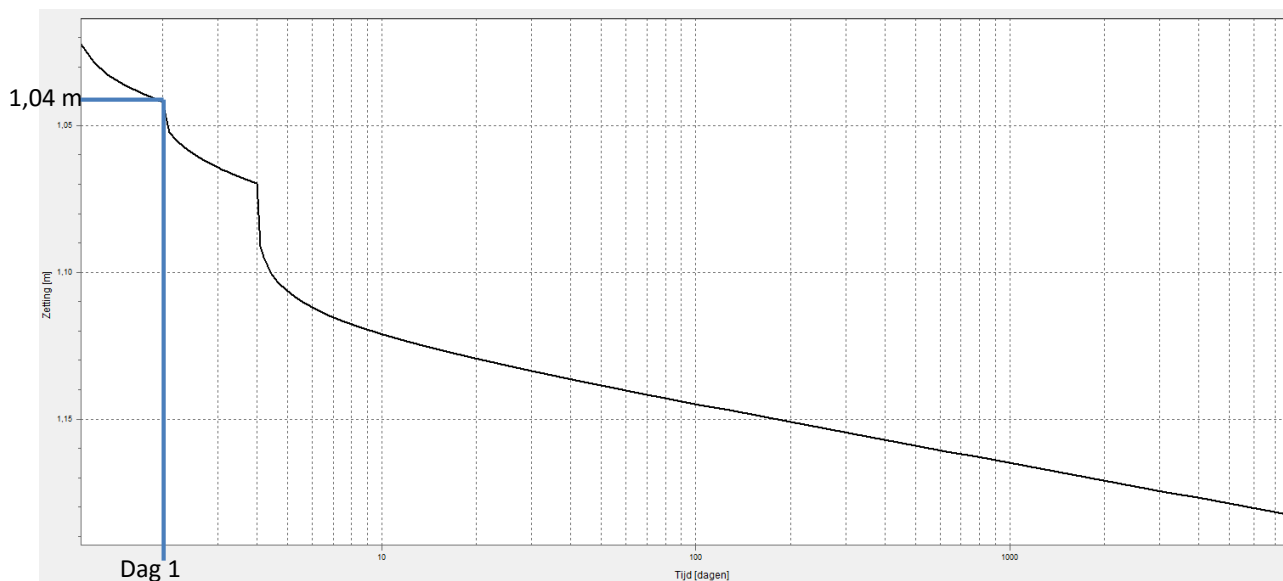
4.3.3 RESULTAAT



Afbeelding 11 – Resultaat zetting

In de bovenstaande is de zetting weergegeven. De zettingslijn is aangegeven in het paars. De zetting is maximaal in de verticale lijn 10 (zie afbeelding 11). De maximale zetting is 1,185 meter. Alle berekende gegevens en een uitgebreide invoer is weergegeven in het automatisch gegenereerd rapport in bijlage III.

De overhoogte is 1,185 meter, echter zal door een toename in het gewicht als gevolg van de overhoogte, ook een extra zetting optreden. Om ook deze extra zetting op te vangen, zal er 10% worden toegevoegd bovenop de overhoogte. De nieuwe overhoogte wordt dan $1,185 \cdot 0,10 = 1,30$ meter. De nieuwe kruin hoogte is dan dus $0,673 + 1,30 = 1,98$ meter. Dit is groter dan 2,5 meter boven de laagste waterstand van $-0,77$ meter ($2,5 - 0,77 = 1,73$ meter), en blijft voldoet niet aan de eis. Echter tijdens de bouw zal de golfbreker al meer dan 1 meter zijn gezakt (zie afbeelding 12). In de gebruiksfase zal de golfbreker nooit 2,5 meter boven de laagste waterstand uit komen. Voor de stabiliteitsberekeningen zal een zettingscompensatie van 0,52 meter worden meegenomen. Dit omdat na dag 1 de zetting bij verticaal 10 al 1,04 meter is. Voor de veiligheid zal de helft hiervan als zettingscompensatie bovenop de huidige 0,673 meter gedaan. Dit maakt de kruinhoogte voor de stabiliteitsberekeningen 1,20 meter.



Afbeelding 12 – Zetting uitgezet in tijd.

4.4 TWEEDE STABILITEITSBEREKENINGEN

In de tweede stabiliteitsberekeningen is het golfbreker profiel aangepast aan de zetting. Dit houdt in dat de zetting is gecompenseerd waardoor de golfbreker hoger komt te liggen. De zettingscompensatie is 0,52 meter bovenop de kruinhoogte.

4.4.1 INVOER

Project instellingen:

Er wordt gebruik gemaakt van de Bishop methoden. Met Cohesie en hoek van inwendige wrijving.

Slip Cirkel:

De cirkel geeft aan welke punten er worden berekend. Hoe meer punten hoe preciezer het resultaat wordt.

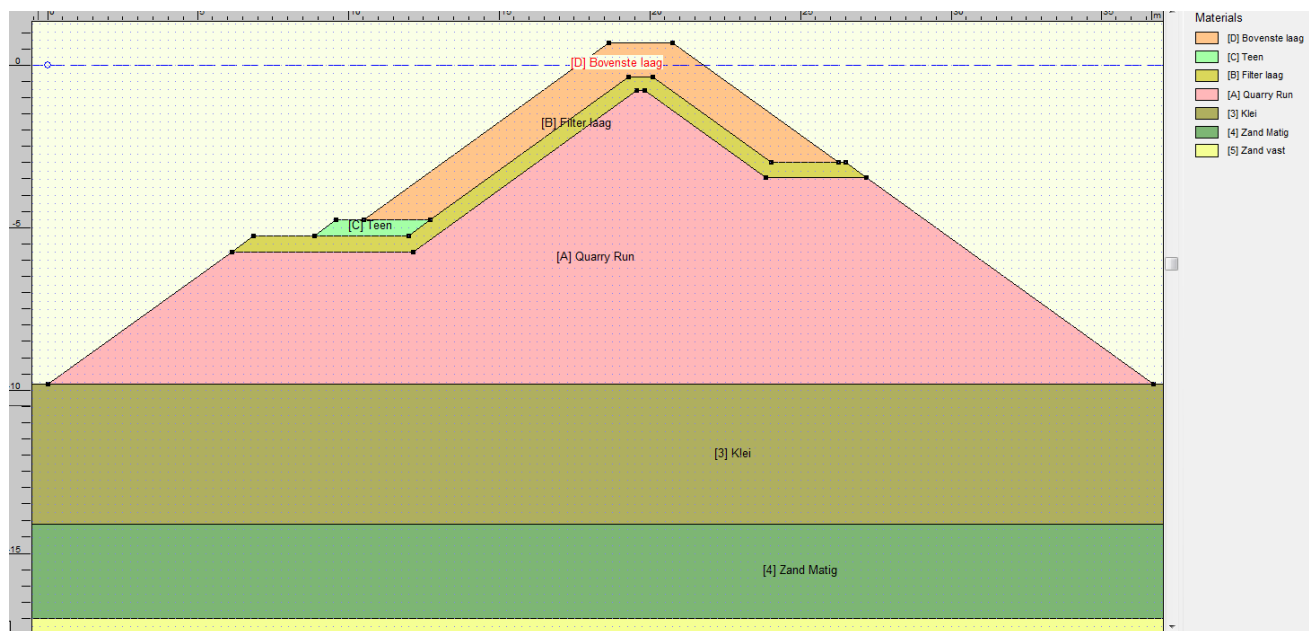
Overige instellingen:

Materials	De materialen zijn weergegeven in hoofdstuk 4.1 tabel 10.
Points	De coördinaten (punten) zijn weergegeven in bijlage IV.
Limits	Het limiet van het model loopt van -25 meter tot 75 meter.
Phreatic Line	Het model ligt ten opzichten van N.A.P., de phreatic line ligt op N.A.P..

Grid			
X-left [m]	0,000	Y-top [m]	8,000
X-right [m]	45,000	Y-bottom [m]	1,500
Number [-]	45	Number [-]	11
Tangent line		Fixed point	
Y-top [m]	1,000	☐ Use fixed point	
Y-bottom [m]	-15,000	X-fixed [m]	0,000
Number [-]	16	Y-fixed [m]	0,000

Afbeelding 13 – Slip Cirkel

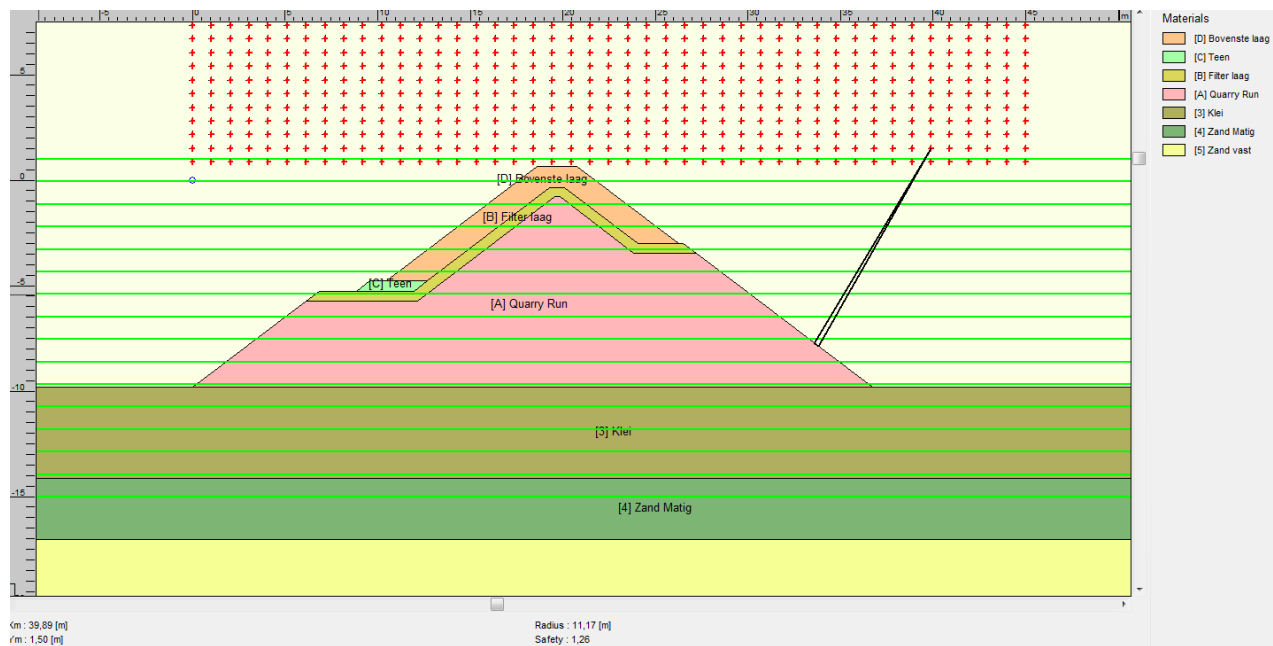
4.4.2 MODEL



Afbeelding 14 – Model tweede stabiliteitsberekeningen

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. De slip cirkel is niet aangegeven in de afbeelding. Deze is wel weergegeven in de resultaten.

4.4.3 RESULTAAT



Afbeelding 15 – Resultaten tweede stabiliteitsberekeningen

De kleinste veiligheidsfactor is 1,26. Dit is groter dan de minimale vereiste veiligheidsfactor van 1,15. De golfbreker in deze situatie is stabiel.

5. IJSBESTENDIGHEID

In het IJsselmeer kan er ijsvorming optreden. Het ijs zal zorgen voor een bepaalde kracht op de golfbreker. De golfbreker ligt echter zodanig laag dat er geen kruiend ijs van enkele meter hoog kan ontstaan. Na verwachting kan het een maximale hoogte bereiken van 1 meter. Het ijs op het IJsselmeer wordt vaak niet dikker dan 20 centimeter¹. Er is gekozen voor een economisch ontwerp door een steil talud te gebruiken. Echter is een steil talud een groot nadeel wanneer er ijsvorming ontstaat. Ook doordat de bovenste laag van de golfbreker bestaat uit willekeurig geplaatste hoekige stortstenen, is dit een groot nadeel voor de stabiliteit en duurzaamheid. De stortstenen zorgen voor veel punten waarachter het ijs kan blijven haken. Er kunnen dus grote horizontale krachten ontstaan als gevolg van kruiend ijs. Echter is de kans klein dat er kruiend ijs ontstaat. Ijsvorming op het IJsselmeer is niet bijzonder. Echter vaak staat de wind vanuit het oosten wanneer er ijs op het IJsselmeer ligt. De combinatie van de wind vanuit het noorden met een zodanige windkracht dat er kruiend ijs kan ontstaan tegen de golfbreker is klein, echter niet te verwaarlozen.

5.1 KRACHTEN ALS GEVOLG VAN KRUIEND IJS

Zoals is beschreven kunnen er grote krachten ontstaan als gevolg van kruiend ijs. Deze krachten zullen horizontaal worden geplaatst ten opzichten van het water niveau. De krachten worden ingevoerd in D-Geo stability. Er zal worden gevarieerd in waterniveau om zo te bepalen in welke situatie de krachten van kruiend ijs maatgevend is.

De Rock Manual geeft aan dat de formule van de krachten als gevolg van kruiend ijs, als volgt is:

Voorwaarde:

- De kruinhoogte is groter dan 2 maal de ijsdikte ($R_c > 2 \cdot t_{ice}$)
- De dikte van de bovenste laag is dikker dan de ijsdikte ($t_a > t_{ice}$)

$$F_r; H; edge = 0,5 \cdot pr \cdot g \cdot (1 - nv) \cdot h^2 \cdot Kp$$

(9)

Waarin:

Horizontale kracht [kN/m]	$F_r; H; edge$	x
Dichtheid stortsteen [t/m ³]	pr	2,65 [t/m ³]
Zwaartekracht constante [m/s ²]	g	9,81 [m/s ²]
Porositeit stortsteen [-]	nv	0,35 [-]
Maxima -> Steendiameter of ijsdikte [m]	h	0,706 [m]
Passive resistance coëfficiënt [-]	Kp	20 [-]

De passive resistance coëfficiënt is meestal in de orde grootte van 20. Wanneer de kruinhoogte minder hoog wordt, zal de coëfficiënt ook minder groot worden. Echter zal de coëfficiënt 20 blijven voor de veiligheid. Voor de volgende waterstanden zal de stabiliteit van de golfbreker worden berekend met de invloed van kruiend ijs:

1. 0,8 meter + N.A.P. ($R_c = 2 \cdot t_{ice}$, oftewel $0,8 = 1,2 - 2 \cdot 0,2$);
2. 0 meter N.A.P.;
3. -1,52 meter N.A.P. (laagste waterstand).

$$F_r; H; edge = 0,5 \cdot pr \cdot g \cdot (1 - nv) \cdot h^2 \cdot Kp$$

(9)

Resultaat: 1: $0,5 \cdot 2,65 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0,35) \cdot 0,706^2 \cdot 20 = 84,22 \text{ kN}$
84,22 kN

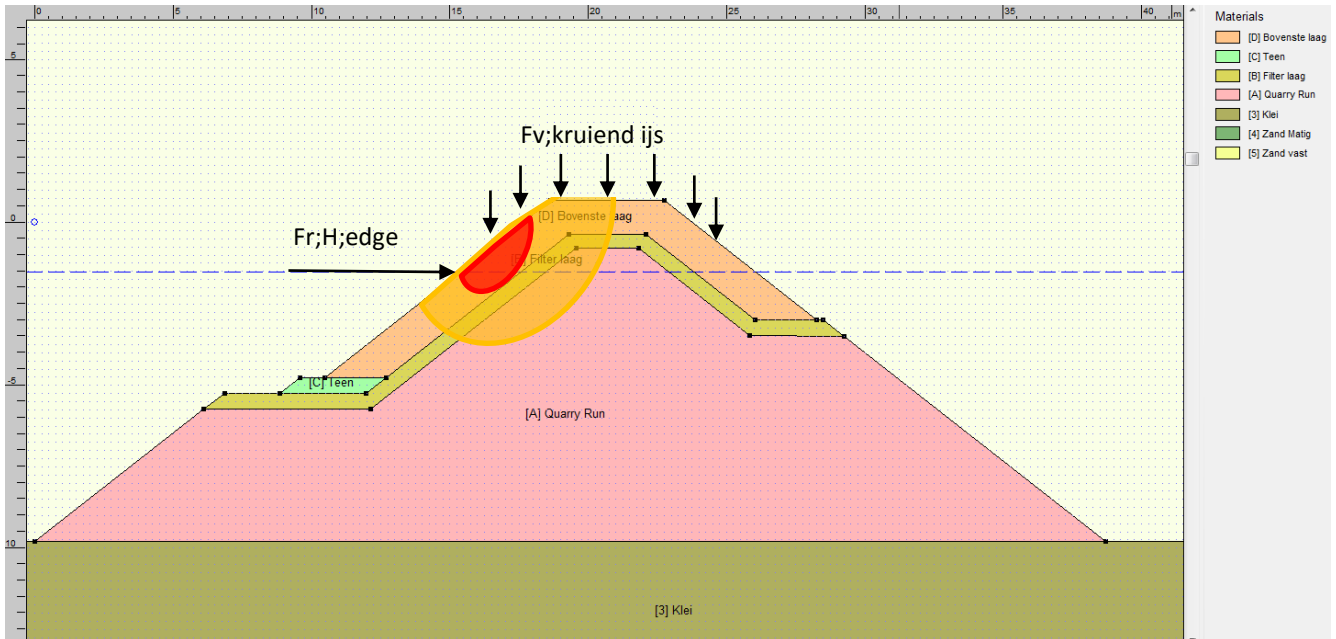
(9-1)

De hoek van inwendige wrijving van de stortstenen in de golfbreker is 45 graden. De spreiding van de kracht als gevolg van kruiend ijs is 45 graden. Voor de veiligheid is dit in het model 40 graden ($2 \cdot 20 \text{ graden} = 40 \text{ graden}$). De verticale kracht is het gewicht van het kruiend ijs. De maximale hoogte is 1 meter, dus de verticale kracht is $F_v; \text{kruiend ijs} = 10 \cdot 1,0 = 10 \text{ kN/m}^2$.

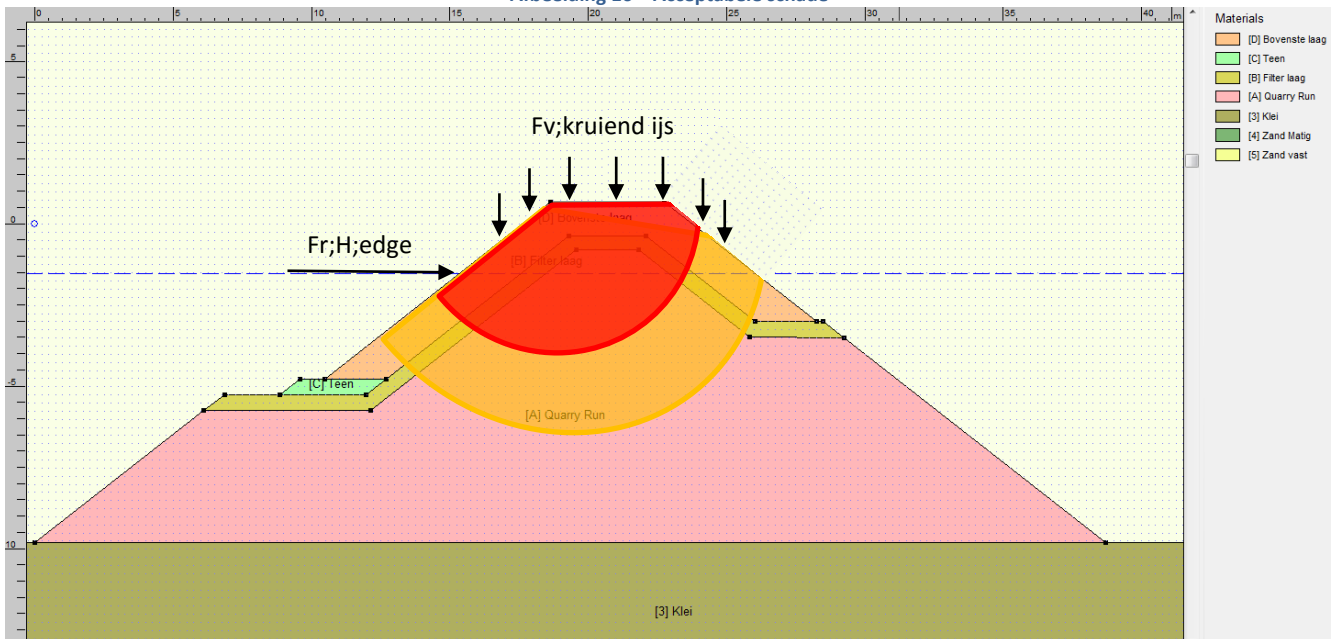
¹ <http://www.meteolink.nl/educatief/ijsselmeer-ijs/>

5.2 BEPALEN ACCEPTABLE SCHADE

Voor het ontwerp is er gebruik gemaakt van een economisch ontwerp. Wanneer er kruierend ijs ontstaat en het ijs is voldoende dik, dan zal er waarschijnlijk schade ontstaan. De schade wordt bepaald doormiddel van het programma D-Geo stability. In het programma staat de factor vanaf wanneer er schade ontstaat op 1,15. Er is dus al een veiligheid meegenomen. Een acceptabele schade is wanneer de glijvlak buiten de kern blijft (rood vlak). Ook mag het vlak niet de gehele bovenkant van de golfbreker bevatten (zie afbeelding 16 en afbeelding 17).



Afbeelding 16 – Acceptabele schade



Afbeelding 17 – Onacceptabele schade

5.3 BEREKENINGEN AAN DE HAND VAN D-GEO STABILITY

Er wordt gebruik gemaakt van het zelfde model als die van hoofdstuk 5.4. Dit model is inclusief de berekende zetting. Wanneer de golfbreker zal falen door de krachten van het ijs zal de golfbreker worden aangepast wat naar de verwachten het meest logische is om aan te passen.

5.3.1 INVOER

De invoer van het model is het zelfde als die van hoofdstuk 4,4, er is echter een kracht toegevoegd aan het model. De invoer inclusief de kracht wordt hieronder nog eens aangegeven:

Project instellingen:

Er wordt gebruik gemaakt van de Bishop methoden. Met Cohesie en hoek van inwendige wrijving.

Slip Cirkel:

De cirkel geeft aan welke punten er worden berekend. Hoe meer punten hoe preciezer het resultaat wordt.

Grid	
X-left [m]	0,000
X-right [m]	45,000
Number [-]	45
Y-top [m]	8,000
Y-bottom [m]	1,500
Number [-]	11
Tangent line	
Y-top [m]	1,000
Y-bottom [m]	-15,000
Number [-]	16
Fixed point	
☐ Use fixed point	
X-fixed [m]	0,000
Y-fixed [m]	0,000

Afbeelding 18 – Slip Cirkel

Overige instellingen:

Materials	De materialen zijn weergegeven in hoofdstuk 4.1 tabel 10.
Points	De coördinaten (punten) zijn weergegeven in bijlage IV.
Limits	Het limiet van het model loopt van -25 meter tot 75 meter.
Phreatic Line	Het model ligt ten opzichten van N.A.P., de phreatic line ligt op N.A.P., afhankelijk van de situatie is de Phreatic Line 0,80; 0,00 of -1,52 meter t.o.v. N.A.P..

Krachten horizontaal:

De krachten zijn als volgt weergegeven: [Fr;H;edge ; Aangrijpingspunt X-as; Waterniveau t.o.v. N.A.P.; Richting kracht; Spreiding van de kracht d.m.v. hoek van inwendige wrijving]

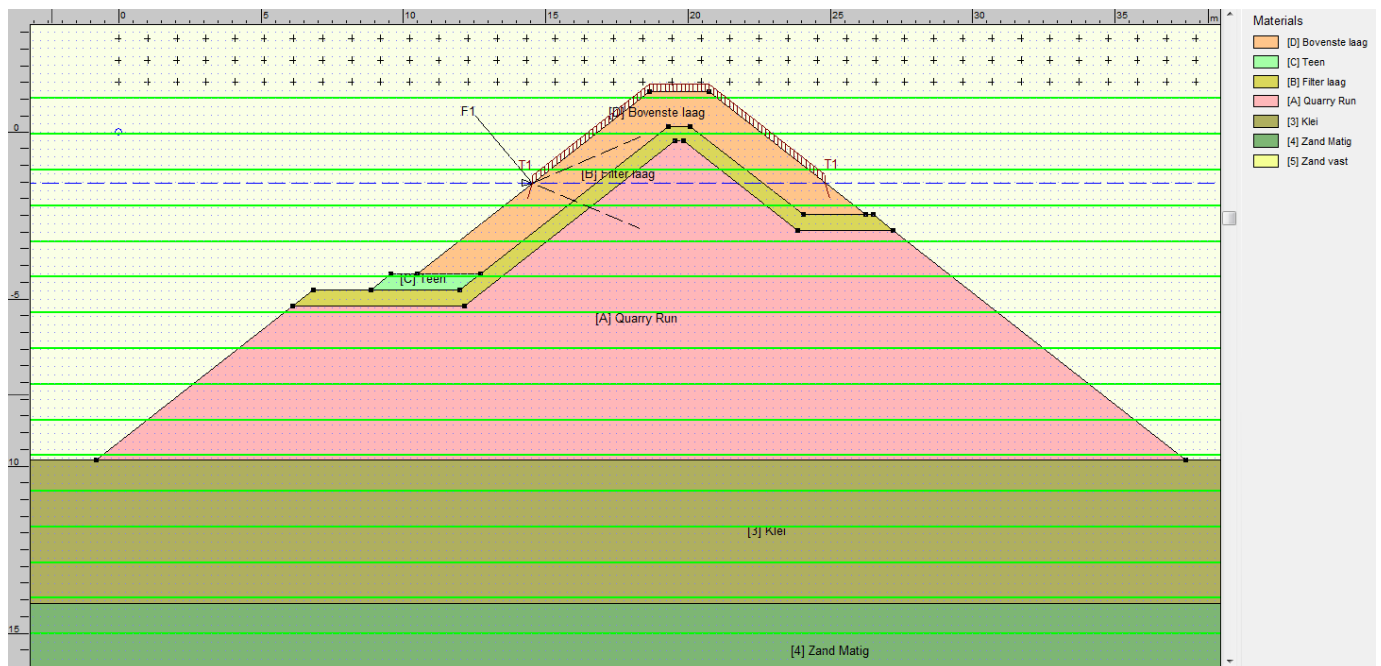
1. Magnitude = 84,22 kN/m; X = 14,54; Y = -1,52; Direction = -90 graden; Distribution = 20 graden;
2. Magnitude = 84,22 kN/m; X = 16,82; Y = +0,00; Direction = -90 graden; Distribution = 20 graden;
3. Magnitude = 84,22 kN/m; X = 18,02; Y = +0,80; Direction = -90 graden; Distribution = 20 graden;

Krachten verticaal:

De krachten zijn als volgt weergegeven: [Fr;kruierend ijs; Snijpunt waterlijn met golfbreker begin; Snijpunt waterlijn met golfbreker eind; Spreiding van de kracht d.m.v. hoek van inwendige wrijving, tijdelijke belasting]

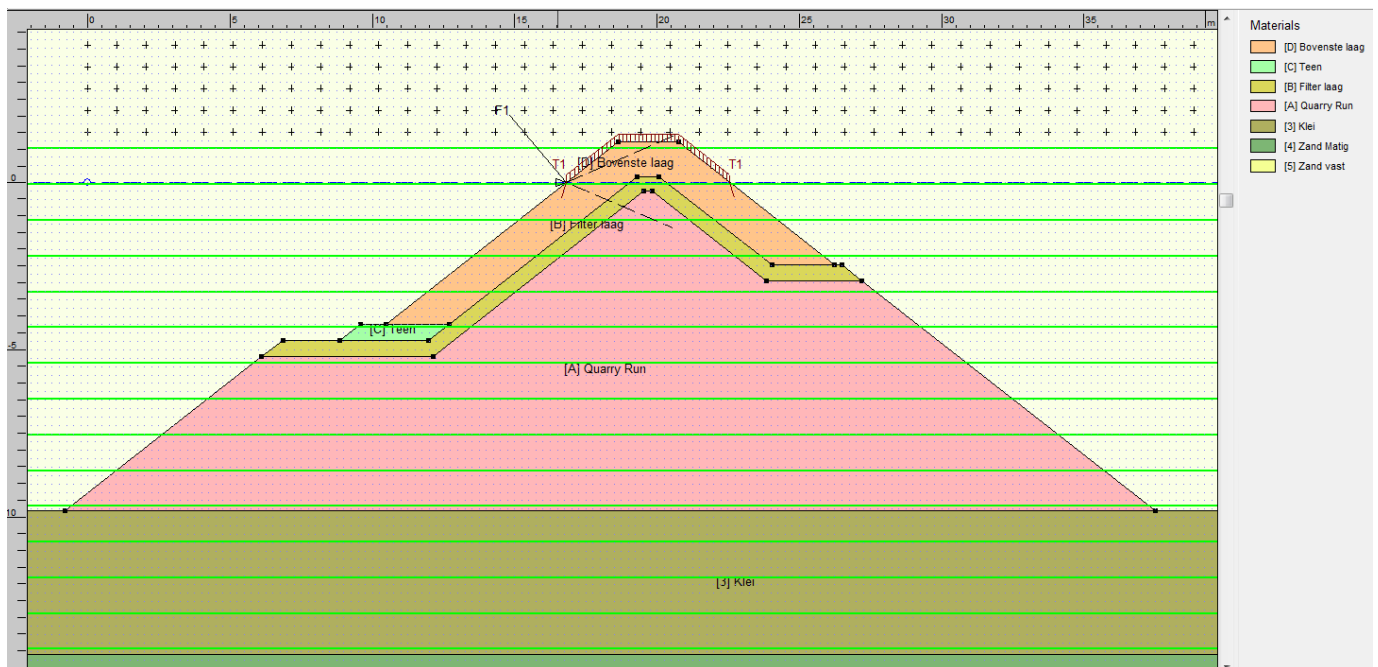
1. Magnitude = 10,00 kN/m²; X_{start} = 14,54; X_{eind} = 24,83; Distribution = 20 graden; Temporary;
2. Magnitude = 10,00 kN/m²; X_{start} = 16,82; X_{eind} = 22,55; Distribution = 20 graden; Temporary;
3. Magnitude = 10,00 kN/m²; X_{start} = 18,02; X_{eind} = 21,35; Distribution = 20 graden; Temporary;

5.3.2 MODEL



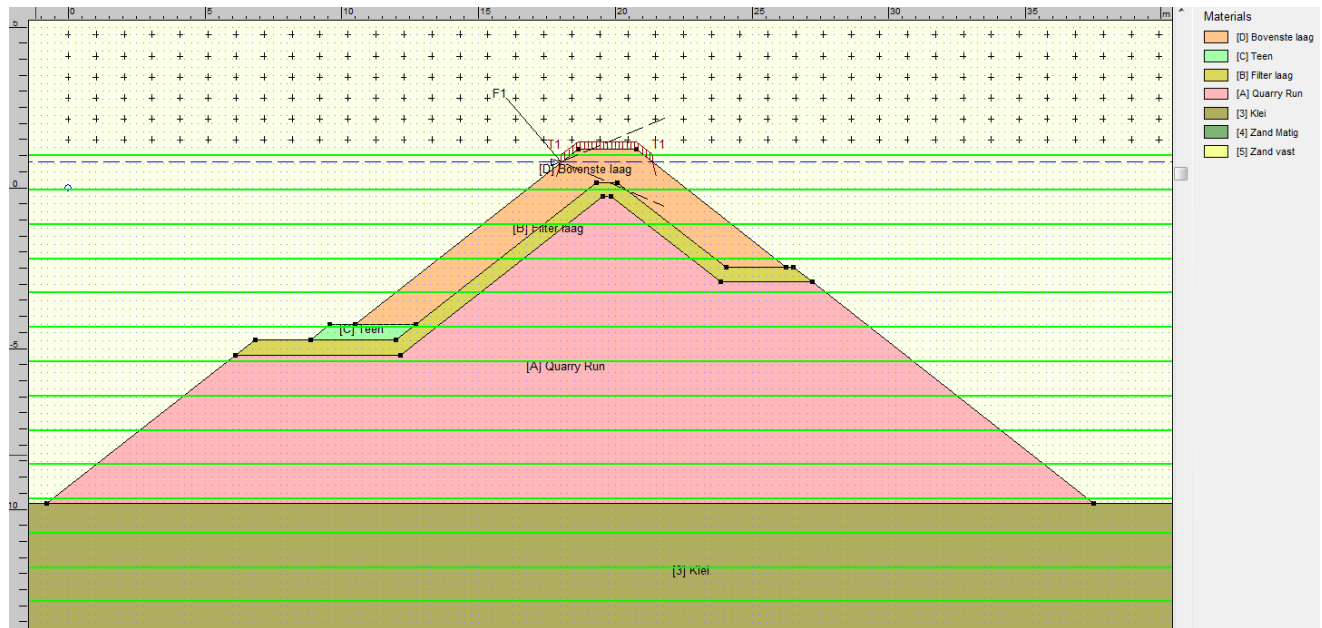
Afbeelding 19 – IJsberekening model sub dwarsdoorsnede 1

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. Dit is inclusief de slip cirkel punten de horizontale kracht (F1) en de verticale kracht (T1).



Afbeelding 20 – IJsberekening model sub dwarsdoorsnede 2

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. Dit is inclusief de slip cirkel punten de horizontale kracht (F1) en de verticale kracht (T1).

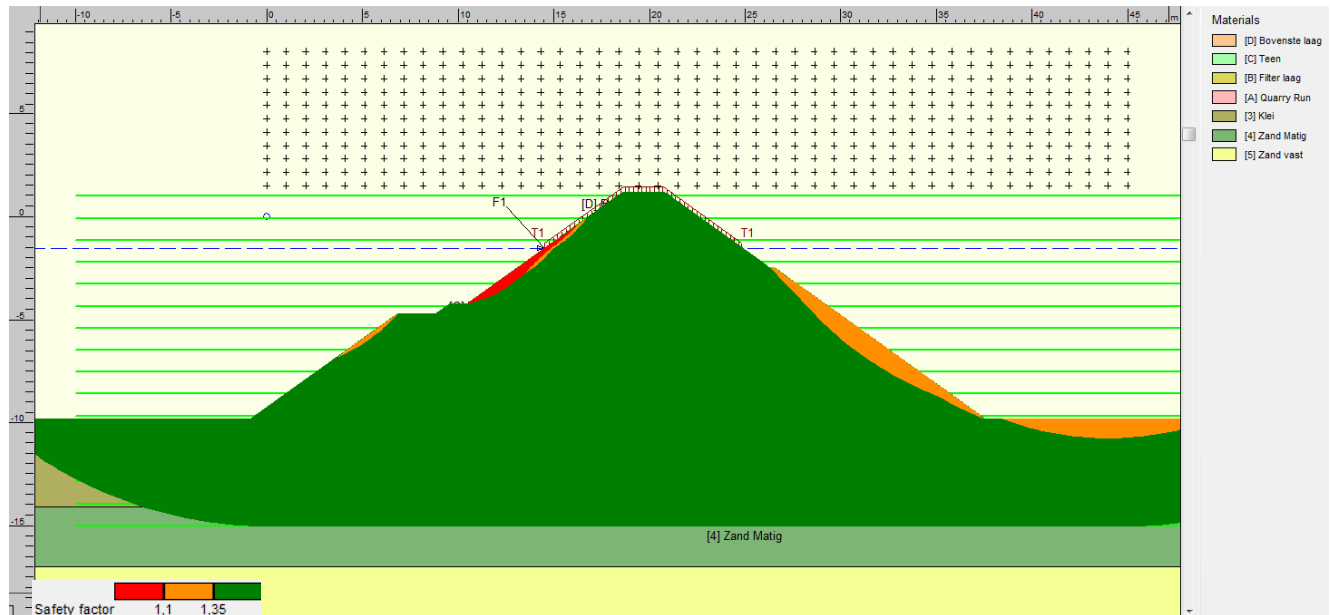


Afbeelding 21 - IJsberekening model sub dwarsdoorsnede 3

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. Dit is inclusief de slip cirkel punten de horizontale kracht (F1) en de verticale kracht (T1).

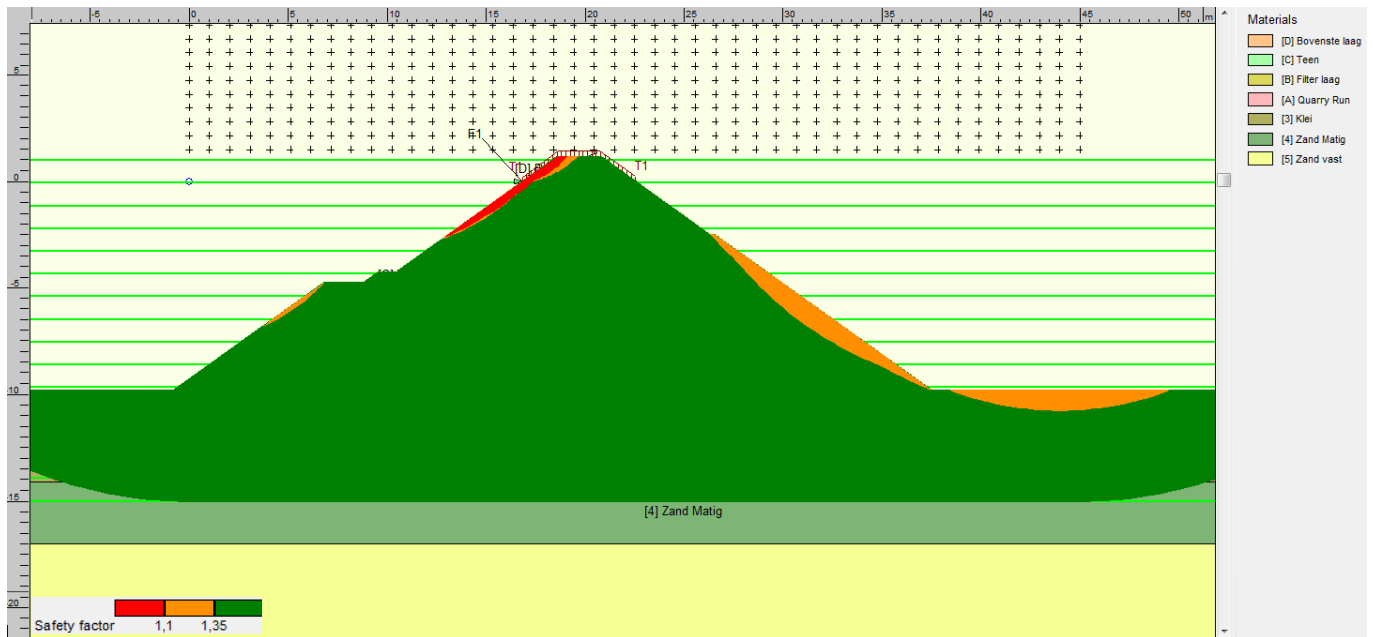
5.3.3 RESULTATEN

De resultaten van de berekeningen zijn in dit hoofdstuk weergegeven.



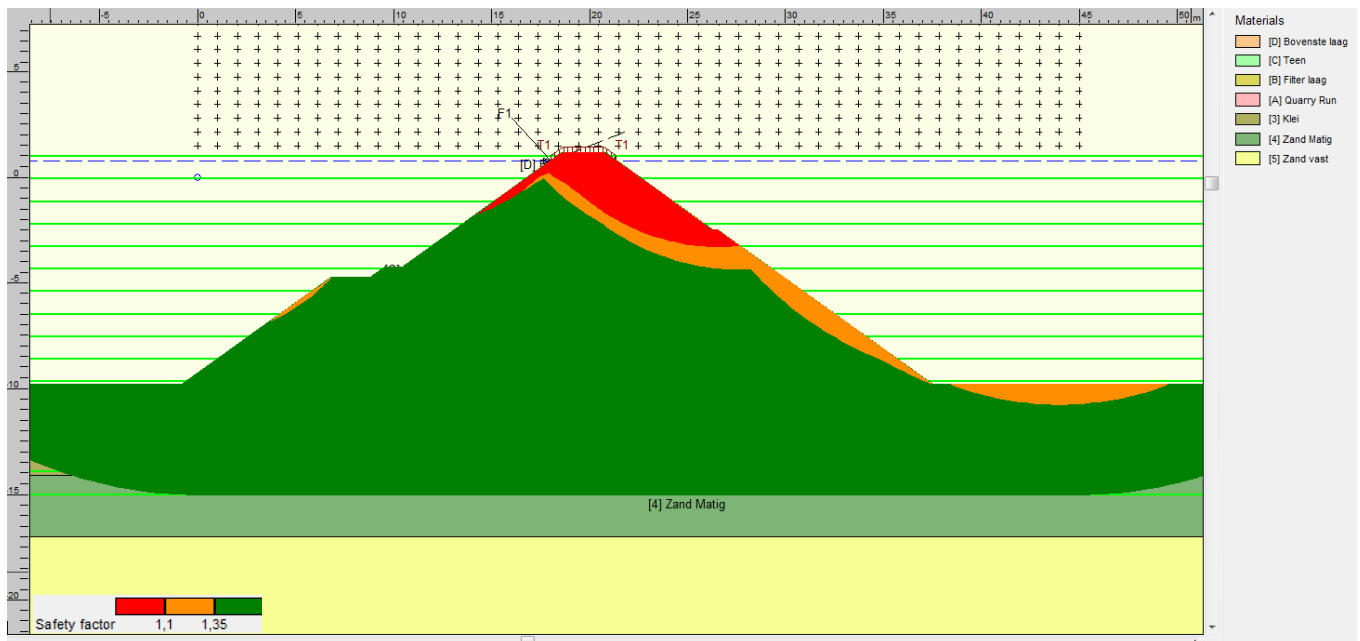
Afbeelding 22 – IJsberekening resultaat sub dwarsdoorsnede 1

De bovenstaande afbeelding geeft aan dat er een deel gaat falen (rood vlak), echter zal dit binnen de bovenste laag blijven. Zoals beschreven in hoofdstuk 5.2, zal dit een acceptabele schade zijn, ondanks dat er schade optreedt.



Afbeelding 23 – IJsberekening resultaat sub dwarsdoorsnede 2

De bovenstaande afbeelding geeft aan dat er een deel gaat falen (rood vlak), echter zal dit binnen de bovenste laag blijven en bevat het falend vlak niet de gehele bovenkant. Zoals beschreven in hoofdstuk 5.2, zal dit een acceptabele schade zijn, ondanks dat er schade optreedt.

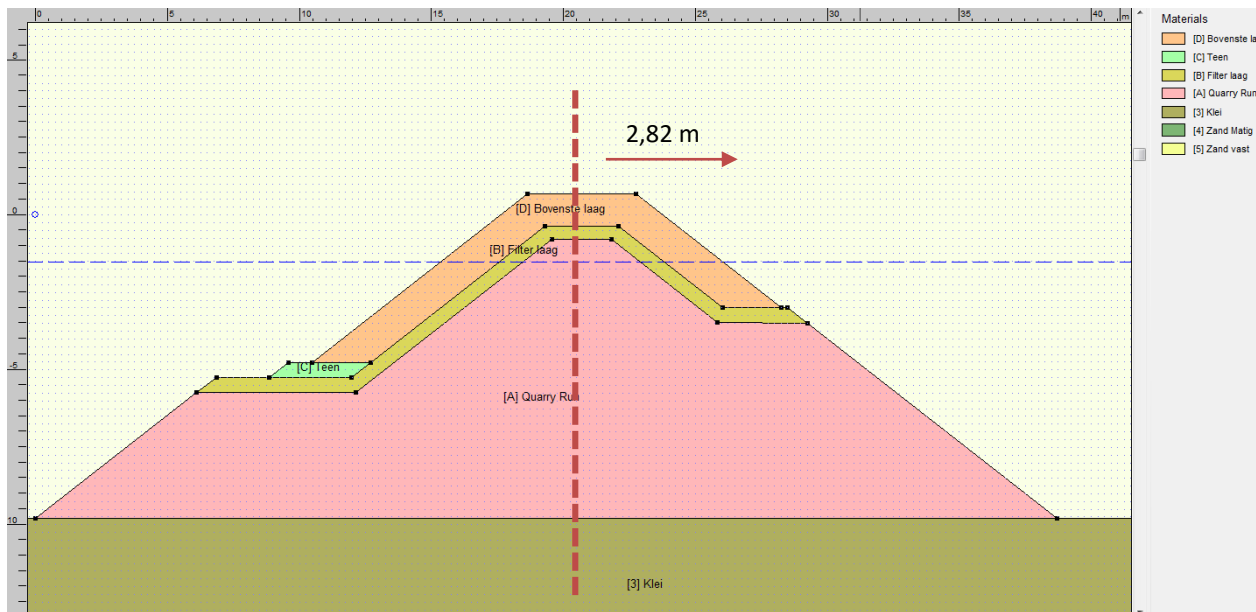


Afbeelding 24 – IJsberekening resultaat sub dwarsdoorsnede 3

De bovenstaande afbeelding geeft aan dat er een groot deel gaat falen (rood vlak), het falend vlak doorkruist ook de kern en de gehele bovenkant van de golfbreker. Zoals beschreven in hoofdstuk 5.2, zal dit een onacceptabele schade zijn.

5.4 BEREKENINGEN AAN DE HAND VAN D-GEO STABILITY

Zoals berekend in hoofdstuk 5.3 zal de golfbreker niet voldoen als gevolg van kruierend ijs. In dit hoofdstuk wordt de golfbreker 4 maal de steendiameter breder gemaakt. Alle punten rechts van de rode lijn in afbeelding 15, worden met $4 \cdot 0,706 = 2,82$ meter naar rechts verplaatst. Door de golfbreker breder te maken, zal een falend glijvlak niet meer de gehele bovenkant bevatten. Alleen in dwarsdoorsnede 3 van hoofdstuk 5.3 voldeed de golfbreker niet. In dit hoofdstuk zal alleen voor dit punt de golfbreker worden berekend. De dwarsdoorsneden voldeden al. Echter zal er in dit hoofdstuk wel worden gekeken of de golfbreker ook voldoet wanneer er geen kruierend ijs op de golfbreker ligt, maar er wel horizontale kracht op de golfbreker aanwezig is door het ijs. De verticale belasting van het kruierend ijs kan gunstig werken op de stabiliteit van de golfbreker.



Afbeelding 25 – Verplaatsen punten.

5.4.1 INVOER

De invoer van het model is het zelfde als die van hoofdstuk 4.3, er is echter een kracht toegevoegd aan het model. De invoer inclusief de kracht wordt hieronder nog eens aangegeven:

Project instellingen:

Er wordt gebruik gemaakt van de Bishop methoden. Met Cohesie en hoek van inwendige wrijving.

Slip Cirkel:

De cirkel geeft aan welke punten er worden berekend. Hoe meer punten hoe preciezer het resultaat wordt.

Overige instellingen:

Materials De materialen zijn weergegeven in hoofdstuk 4.1 tabel 10.
Points De coördinaten (punten) zijn weergegeven in bijlage V.
Limits Het limiet van het model loopt van -25 meter tot 75 meter.
Phreatic Line Het model ligt ten opzichten van N.A.P., de phreatic line ligt op N.A.P., afhankelijk van de situatie is de Phreatic Line 0,80; 0,00 of -1,52 meter t.o.v. N.A.P..

Grid		Y-top [m]		Y-bottom [m]	
X-left [m]	0,000	8,000		1,500	
X-right [m]	45,000				
Number [-]	45	Number [-]		11	
Tangent line		Fixed point			
Y-top [m]	1,000	☐ Use fixed point			
Y-bottom [m]	-15,000	X-fixed [m]		0,000	
Number [-]	16	Y-fixed [m]		0,000	

Afbeelding 26 – Slip Cirkel

Krachten horizontaal:

De krachten zijn als volgt weergegeven: [F_r ; H ; edge ; Aangrijpingspunt X-as; Waterniveau t.o.v. N.A.P.; Richting kracht; Spreiding van de kracht d.m.v. hoek van inwendige wrijving]

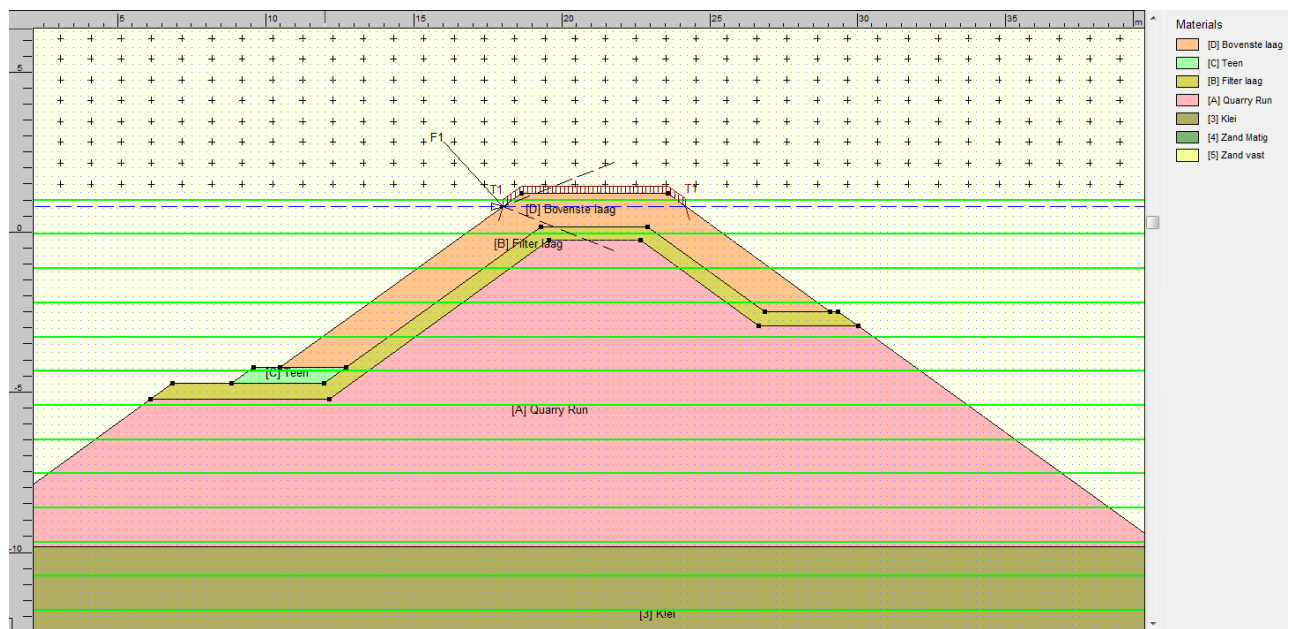
4. Magnitude = 84,22 kN/m; X = 18,02; Y = +0,80; Direction = -90 graden; Distribution = 20 graden;
5. Magnitude = 84,22 kN/m; X = 18,02; Y = +0,80; Direction = -90 graden; Distribution = 20 graden;

Krachten verticaal:

De krachten zijn als volgt weergegeven: [F_r ; kruierend ijs; Snijpunt waterlijn met golfbreker begin; Snijpunt waterlijn met golfbreker eind; Spreiding van de kracht d.m.v. hoek van inwendige wrijving, tijdelijke belasting]

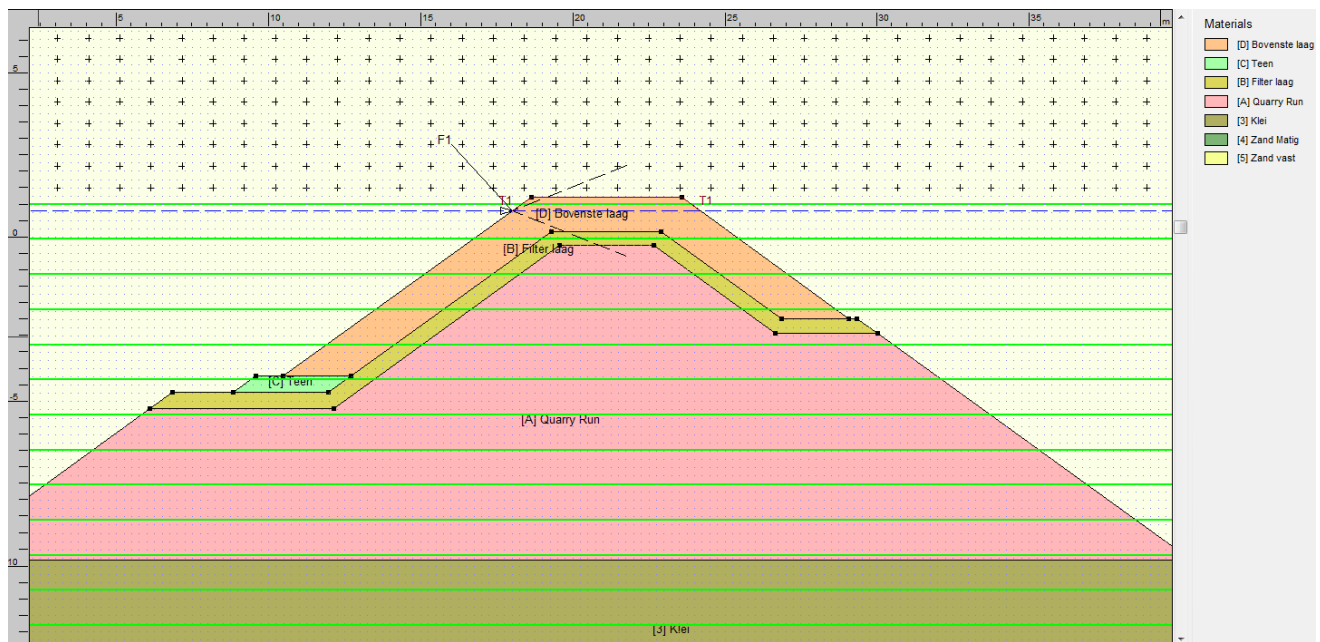
4. Magnitude = 10,00 kN/m²; X_{start} = 18,02; X_{eind} = 24,17; Distribution = 20 graden; Temporary;
5. Magnitude = 00,00 kN/m²; X_{start} = 18,02; X_{eind} = 24,17; Distribution = 20 graden; Temporary;

5.4.2 MODEL



Afbeelding 27 – IJsberekening model sub dwarsdoorsnede 4

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. Dit is inclusief de slip cirkel punten de horizontale kracht (F_1) en de verticale kracht (T_1).

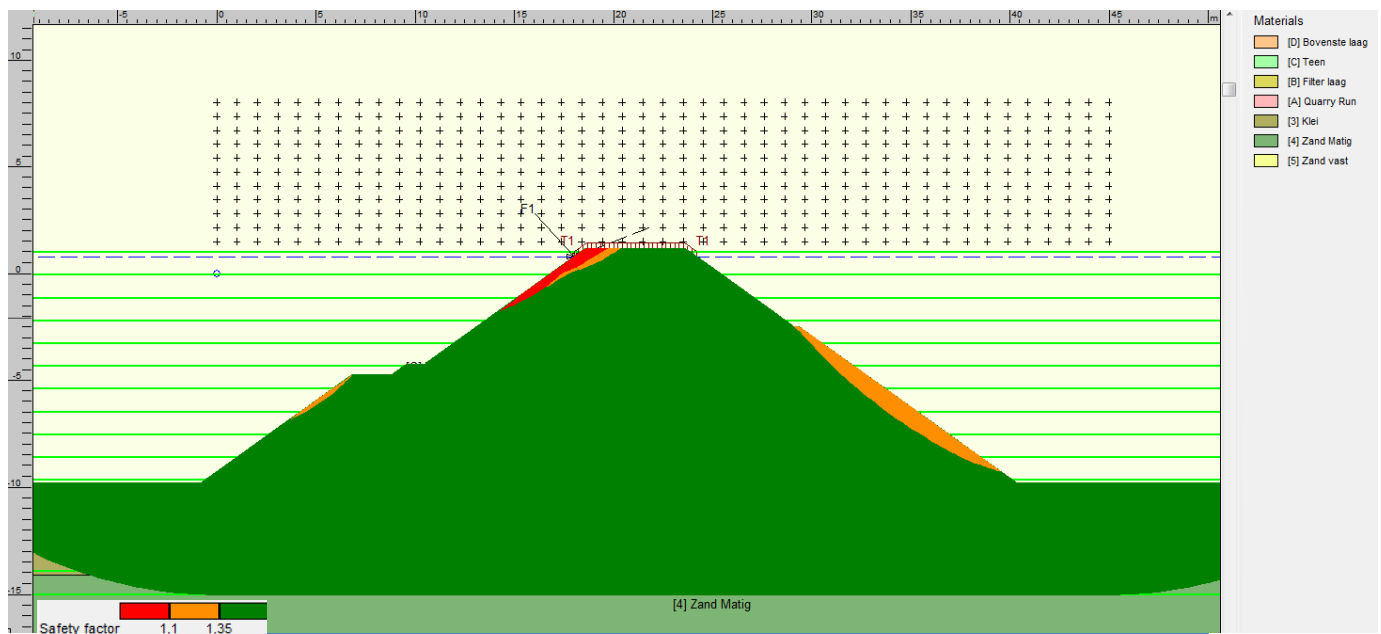


Afbeelding 28 - IJsberekening model sub dwarsdoorsnede 5

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. Dit is inclusief de slip cirkel punten de horizontale kracht (F1) en de verticale kracht (T1).

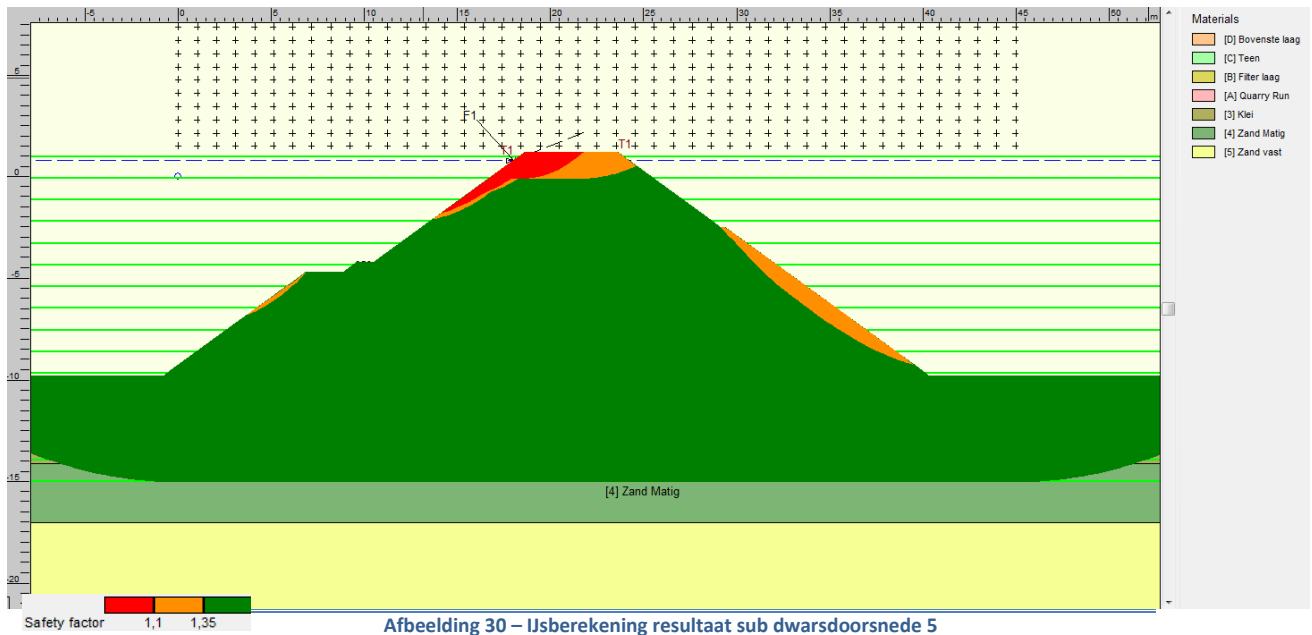
5.4.3 RESULTATEN

De resultaten van de berekeningen zijn in dit hoofdstuk weergegeven.



Afbeelding 29 – IJsberekening resultaat sub dwarsdoorsnede 4

De bovenstaande afbeelding geeft aan dat er een deel gaat falen (rood vlak), echter zal dit binnen de bovenste laag blijven en bevat het falend vlak niet de gehele bovenkant. Zoals beschreven in hoofdstuk 5.2, zal dit een acceptabele schade zijn, ondanks dat er schade optreedt.



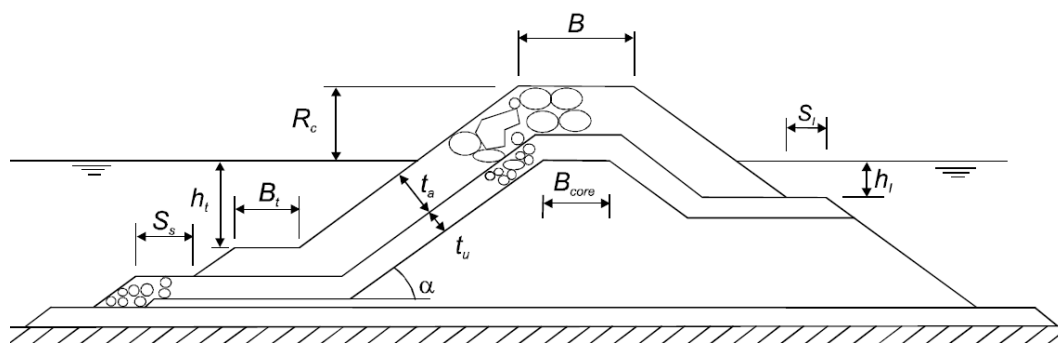
De bovenstaande afbeelding geeft aan dat er een groot deel gaat falen (rood vlak), het falend vlak doorkruist ook de kern en de gehele bovenkant van de golfbreker. Zoals beschreven in hoofdstuk 5.2, zal dit een onacceptabele schade zijn. Waarschijnlijk zal het gehele rode vlak horizontaal worden doorgetrokken over de gehele kruin. De gehele bovenste laag en filter laag zullen waarschijnlijk falen wanneer kruisend ijs lang genoeg op de golfbreker staat.

6. DEFINITIEF ONTWERP

In dit hoofdstuk worden alle dimensies samengevat die zijn bepaald in de voorgaande hoofdstukken. Ook zal het definitieve ontwerp nogmaals worden getoetst aan de stabiliteit en zetting, om aan te tonen dat het definitieve ontwerp voldoet aan de eisen.

6.1 DIMENSIES ZONDER OVERHOOGTE

In dit hoofdstuk worden de dimensies nogmaals weergegeven, de dimensies zijn van de uiteindelijk ligging de golfbreker. Dit zijn de dimensies wanneer de golfbreker zijn volledige zetting heeft bereikt.

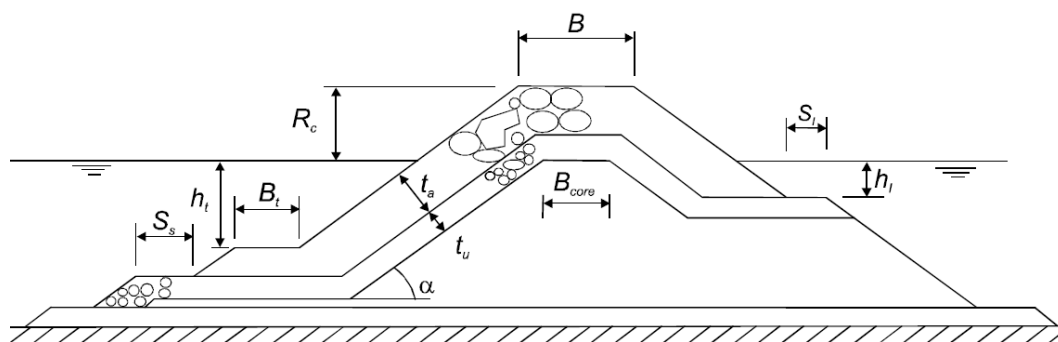


Afbeelding 31 – Dimensies stortstenen golfbreker. Bron [3]

Nominale steendiameter armour laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen armour laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filter laag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filter laag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen laag	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen laag	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern laag	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern laag	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Kruinhoogte	R _c	0,673	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	4,94	[meter]
Teenbreedte	B _t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Armour laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filter laag dikte	t _u	0,49	[meter]
Teen laag dikte	t _a	0,48	[meter]
Diepte teen zeekant	h _t	-4,76	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte teen leekant	h _l	-3,00	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S _s	2,00	[meter]
Schouderbreedte leekant	S _l	0,25	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

6.2 DIMENSIES MET OVERHOOGTE

In dit hoofdstuk worden de dimensies nogmaals weergegeven, de dimensies zijn van de uiteindelijk ligging de golfbreker. Dit zijn de dimensies wanneer de golfbreker zijn volledige zetting nog niet heeft bereikt.



Afbeelding 32 – Dimensies stortstenen golfbreker. Bron [3]

Nominale steendiameter armour laag	Dn _{50a}	0,706	[meter]
Gewicht steen armour laag	W _{50a}	932,5	[kilogram]
Nominale steendiameter filter laag	Dn _{50u}	0,283	[meter]
Gewicht steen filter laag	W _{50u}	60,06	[kilogram]
Nominale steendiameter teen laag	Dn _{50t}	0,276	[meter]
Gewicht steen teen laag	W _{50t}	55,72	[kilogram]
Nominale steendiameter kern laag	Dn _{50k}	0,113	[meter]
Gewicht steen kern laag	W _{50k}	3,82	[kilogram]
Kruinhoogte	R _c	1,97	[meter t.o.v. N.A.P.]
Kruinbreedte	B	4,94	[meter]
Teenbreedte	B _t	0,92	[meter]
Hoek talud	a	1/1,5	[m/m]
Armour laag dikte	t _a	1,23	[meter]
Filter laag dikte	t _u	0,49	[meter]
Teen laag dikte	t _a	0,48	[meter]
Diepte teen zeekant	h _t	-3,45	[meter t.o.v. N.A.P.]
Diepte teen leekant	h _l	-1,70	[meter t.o.v. N.A.P.]
Schouderbreedte zeekant	S _s	2,00	[meter]
Schouderbreedte leekant	S _l	0,25	[meter]
Waterdiepte	h	-9,8	[meter t.o.v. N.A.P.]

6.3 HOEVEELHEID BENODIGD MATERIAAL

De hoeveelheid benodigd materiaal en gradering wordt bepaald voor de golfbreker met overhoogte, door de volgende formule kan de benodigde hoeveelheid worden bepaald, uit de Rock Manual [2]:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (10)$$

Hierin is de A de oppervlakte van de laag. Omdat er per strekkende meter het materiaal moet worden bepaald, is de oppervlakte gelijk aan de lengte van de laag. De parameters kt en nv kunnen worden bepaald doormiddel van de volgende tabel:

Tabel 12 – Algemene waarden voor het bepalen van de laagdikte en porositeit.
Bron [3]

Layer and placement type	Parameter	Reference (spherical foot staff) survey method		Highest point survey method	
		Blocky rock eg mean BLc = 0,65	Irregular rock eg mean BLc = 0,50	Blocky rock eg mean BLc = 0,65	Irregular rock eg mean BLc = 0,50
Single dense	kt, kthp	0,84	0,77	0,89	0,82
Single dense	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double standard	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double standard	nv, nvftp (%)	32	35	36	40
Double dense	kt, kthp	0,91	0,87	0,96	0,92
Double dense	nv, nvftp (%)	31	32	35	36

Uitleg – Porositeit en laagdikte

Tabel 10 geeft aan wat voor een porositeit (nv) en laagdikte factor (kt) er moet worden gebruikt, afhankelijk van de manier waarop de stenen zijn geplaatst (mean BLc) en hoeveel lagen (Single / Double) en dichtheid van de geplaatste stenen (dense / standard).

In het ontwerp is er gebruikt gemaakt van irregular geplaatste stenen volgens de Reference survey method. Verder bestaat het uit twee lagen die standaard zijn geplaatst.

Resultaat:

kt = 0,87

nv = 35%

Alle lagen bestaan uit 2 lagen van de double standard irregular rock.

Bovenste laag

De lengte van de bovenste laag is 21,35 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat:	$Na = 2 * 21,35 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,706} = 34,2 \text{ stenen/m}^{-1}$	(8- I)
34,2 stenen / m-1		
31,89 ton / m-1	$Gewicht = 34,2 * \frac{932,5}{1000} = 31,89 \text{ ton/m}^{-1}$	

Filter laag

De lengte van de filter laag is 26,47 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat:	$Na = 2 * 26,47 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,283} = 105,8 \text{ stenen/m}^{-1}$	(8- II)
105,8 stenen / m-1		
6,35 ton / m-1	$Gewicht = 105,8 * \frac{60,06}{1000} = 6,35 \text{ ton}$	

Teen

De lengte van de teen is 4,00 meter. Dit is gelijk aan de oppervlakte per strekkende meter. De hoeveelheid benodigde stenen is:

$$Na = n * A * kt * \frac{(1-nv)}{Dn_{50}} \quad (8)$$

Resultaat: $Na = 2 * 4,00 * 0,87 * \frac{1-0,35}{0,276} = 16,4 \text{ stenen} / m^{-1}$

16,4 stenen / m-1

0,91 ton / m-1 $Gewicht = 16,4 * \frac{55,72}{1000} = 0,91 \text{ ton}$

(8- III)

Kern

De kern heeft een oppervlakte van 249,96 m². Per strekkende meter is dit 249,96 m³. De porositeit is 35%, dit houdt in dat het gewicht aan stenen per strekkende meter 163,5 * (1 - 0,35) * 2,65 = 430,56 ton

6.3.1 GRADERING

Van het gewicht van de steen moet worden bepaald welke gradering er geschikt is voor de betreffende steen. Dit kan worden bepaald door de volgende tabel:

Tabel 13 – Gradering stortsteen. Bron [3]

	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
Heavy	10.000-15.000	6500	10.000	15.000	22.500	12.000	13.000
	6000-10.000	4000	6000	10.000	15.000	7500	8500
	3000-6000	2000	3000	6000	9000	4200	4800
	1000-3000	700	1000	3000	4500	1700	2100
	300-1000	200	300	1000	1500	540	690

	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	M	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	Lower limit kg	Upper limit kg
Light	60-300	30	60	300	450	120	190
	10-60	2	10	60	120	20	35
	40-200	15	40	200	300	80	120
	5-40	1,5	5	40	80	10	20
	15-300	3	15	300	450	45	135

	Class Designation	ELL	NLL	NUL	EUL	
	Passing requirements kg	< 5% kg	< 10% kg	< 70% kg	< 97% kg	< 50% mm
Coarse	45/125	22,4	45	125	180	63
	63/180	31,5	63	180	250	90
	90/250	45	90	250	360	125
	45/180	22,4	45	180	250	63
	90/180	45	90	180	250	NA

Uitleg – Gradering stortsteen

De tabel geeft aan welke klasse stortsteen er moet gebruikt worden voor een bepaalde nominale steendiameter.

In de rij van Passing requirement, wordt er aangegeven welke stenen er door een zeef gaan bij en de percentage van de stenen.

Verder wordt er bij de M een bereik gegeven, namelijk de lower en upper limit. Dit geeft aan welke stenen de kleinste en welke de grootste zullen zijn in een gradering.

In de tabel Coarse is het bereik niet uitgedrukt in kilogrammen maar in milimeters. begeben.

Bovenste laag:

De stenen van de bovenste laag hebben een gemiddeld gewicht van 932 kilogram. Volgens tabel 13 is de benodigde gradering dan minimaal 1000-3000 kg.

Filter laag:

De stenen van de filter laag hebben een gemiddeld gewicht van 60 kilogram. Volgens tabel 13 is de benodigde gradering dan minimaal 60-300 kg.

Teen:

De stenen van de teen hebben een gemiddeld gewicht van 56 kilogram. Volgens tabel 13 is de benodigde gradering dan minimaal 60-300 kg.

Kern:

De stenen van de kern hebben een gemiddelde lengte van 110 mm. Volgens tabel 13 is de benodigde gradering dan minimaal 45/180 nodig.

6.3.2 KOSTEN

De kosten in dit hoofdstuk zijn geleverd door een extern baggerbedrijf. Deze kosten geven een goede indicatie van de verwachte kosten voor een golfbreker. De hoeveelheden zijn bekend, dus de prijs per strekkende meter golfbreker kan worden bepaald. De kosten per eenheid is weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel 14 – Kosten materieel

Onderdeel	Kosten (euro)	eenheid
Stortsteen 60 - 300 kg	22,5	per ton
Stortsteen 300 - 1000 kg	25	per ton
Stortsteen 1000 - 3000 kg	27,5	per ton
Quarry-run 45/180	17,5	per ton
Zand (schoon)	7,5	per m ³
Zand (secundair)	5	per m ³
Geotextiel	1	per m ²
Geolon 200 PP	8,75	per m ²

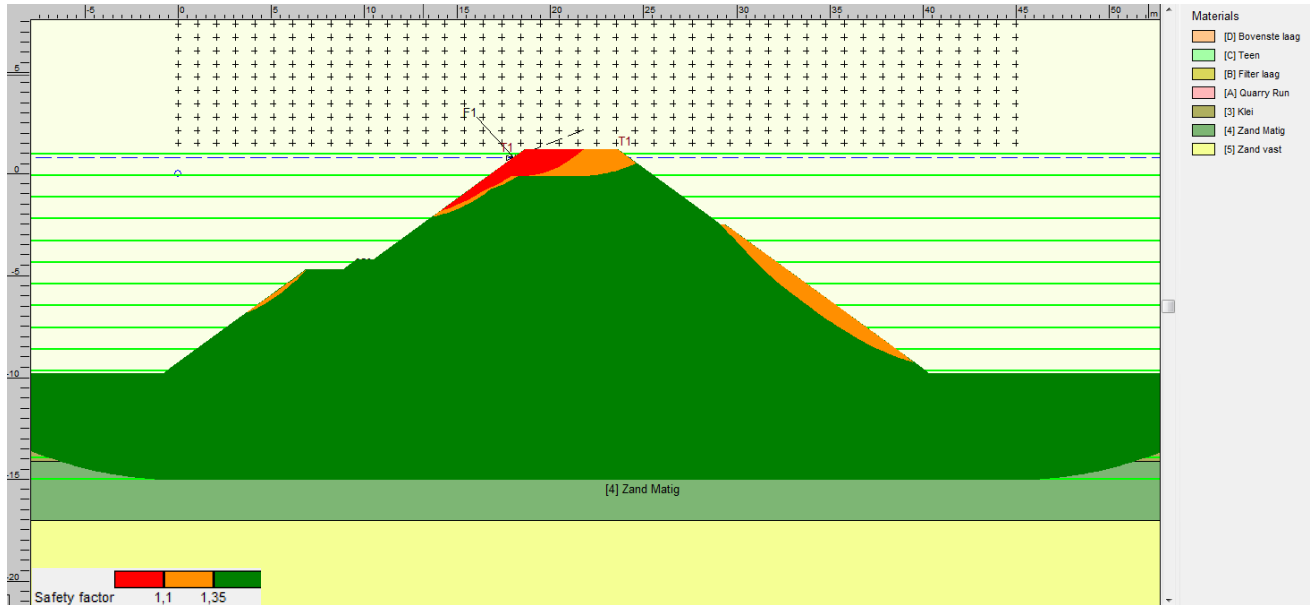
Deze kosten zijn inclusief manuren. De kosten worden dan als volgt:

Tabel 15 – Kosten definitief ontwerp.

Onderdeel	Prijs / eenheid	Hoeveelheid	Prijs
Bovenste laag	27,5	31,89	876,98
Filter laag	25	6,35	158,75
Kern	17,5	430,56	7534,73
Teen	22,5	0,91	20,48
Totaal			€8590,94

6.4 STABILITEIT

De stabiliteit is berekend in hoofdstuk 5.4, de meest maatgevende situatie voor de stabiliteit, is de situatie waarin er grote krachten ontstaan als gevolg van kruisend ijs. Met de huidige dimensies ontstaat er acceptabele schade. Zoals is weergegeven in afbeelding 33, waarin binnen het rode vlak schade kan ontstaan. Deze schade is te repareren.



Afbeelding 33 – IJsberekening resultaat sub dwarsdoorsnede 5

6.5 ZETTING

De overhoogte die is berekend in hoofdstuk 4.3 zal zorgen voor een extra zetting. Deze zetting wordt berekend in dit hoofdstuk, en er wordt bepaald of de nieuwe zetting acceptabel is.

6.5.1 INVOER

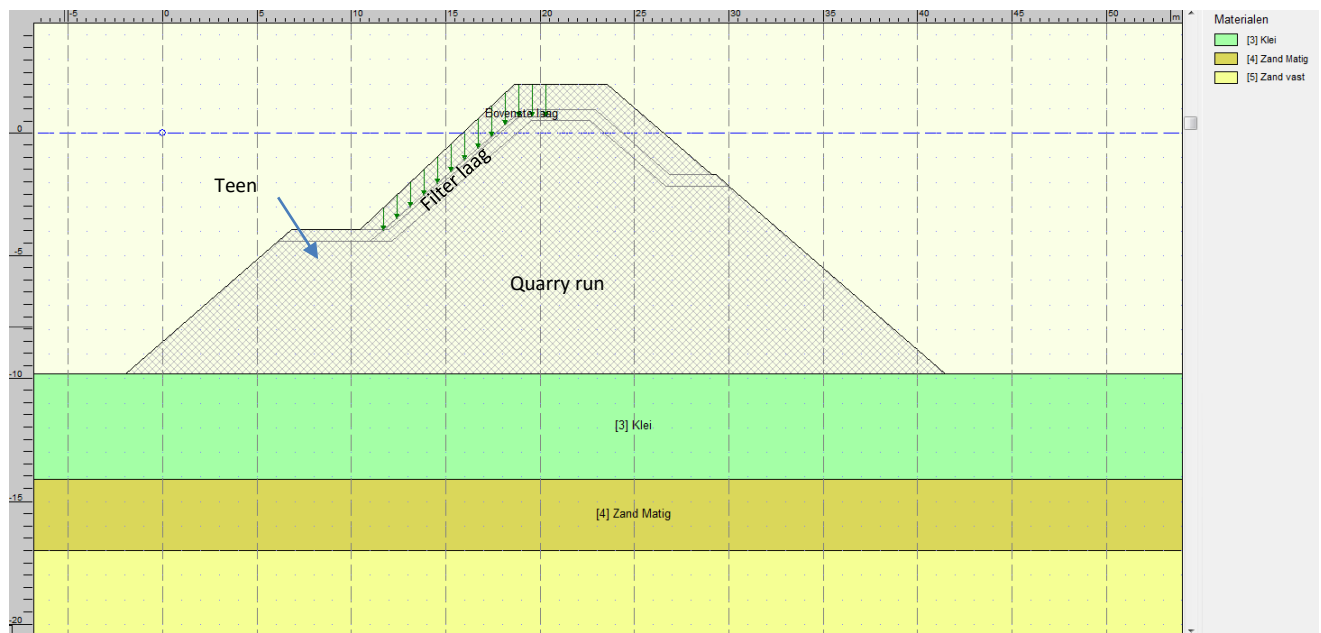
Project instellingen:

Er wordt gebruik gemaakt van de NEN Bjerrum methode in combinatie met Darcy. Dit is een van de meest gebruikte methoden.

Overige instellingen:

Materials	De materialen zijn weergegeven in hoofdstuk 4.1 tabel 11.
Points	De coördinaten (punten) zijn weergegeven in bijlage VII.
Limits	Het limiet van het model loopt van -25 meter tot 75 meter.
Phreatic Line (_ _ _)	Het model ligt ook ten opzichten van N.A.P., de phreatic line ligt op N.A.P..

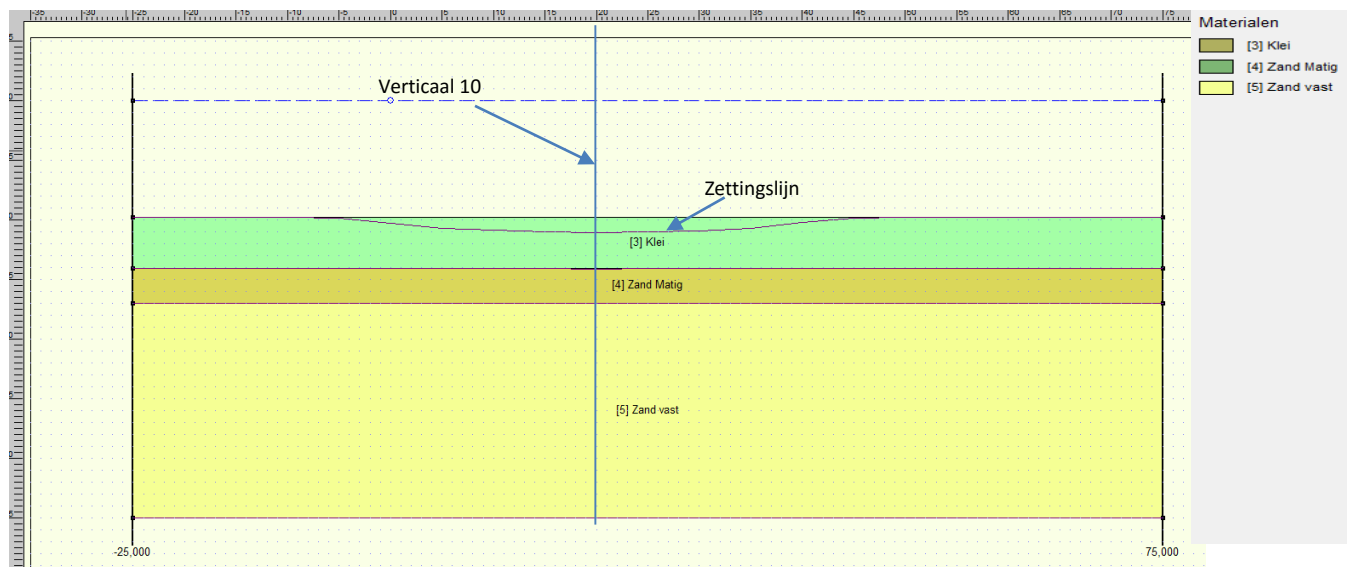
6.5.2 MODEL



Afbeelding 34 – Model tweede zettingsberekening

De bovenstaande afbeelding geeft aan hoe de invoer het model visueel weergeeft. In tegenstelling tot het stabiliteitsmodel, wordt de golfbreker in zijn geheel meegenomen als een belasting. Aangezien de golfbreker als belasting op de grond zal dienen. Er is nog geen planning voor het plaatsen van golfbreker. De starttijd van de belasting is dan ook voor elke dag 1 dag. Op deze manier wordt alle zetting meegenomen, ook is de verwachting dat het plaatsen van de golfbreker in een zodanige korte periode kan worden aangelegd ten opzichten van de eindzetting (10.000 dagen), dat de tijd van plaatsen nauwelijks effect heeft op de eindzetting.

6.5.3 RESULTAAT



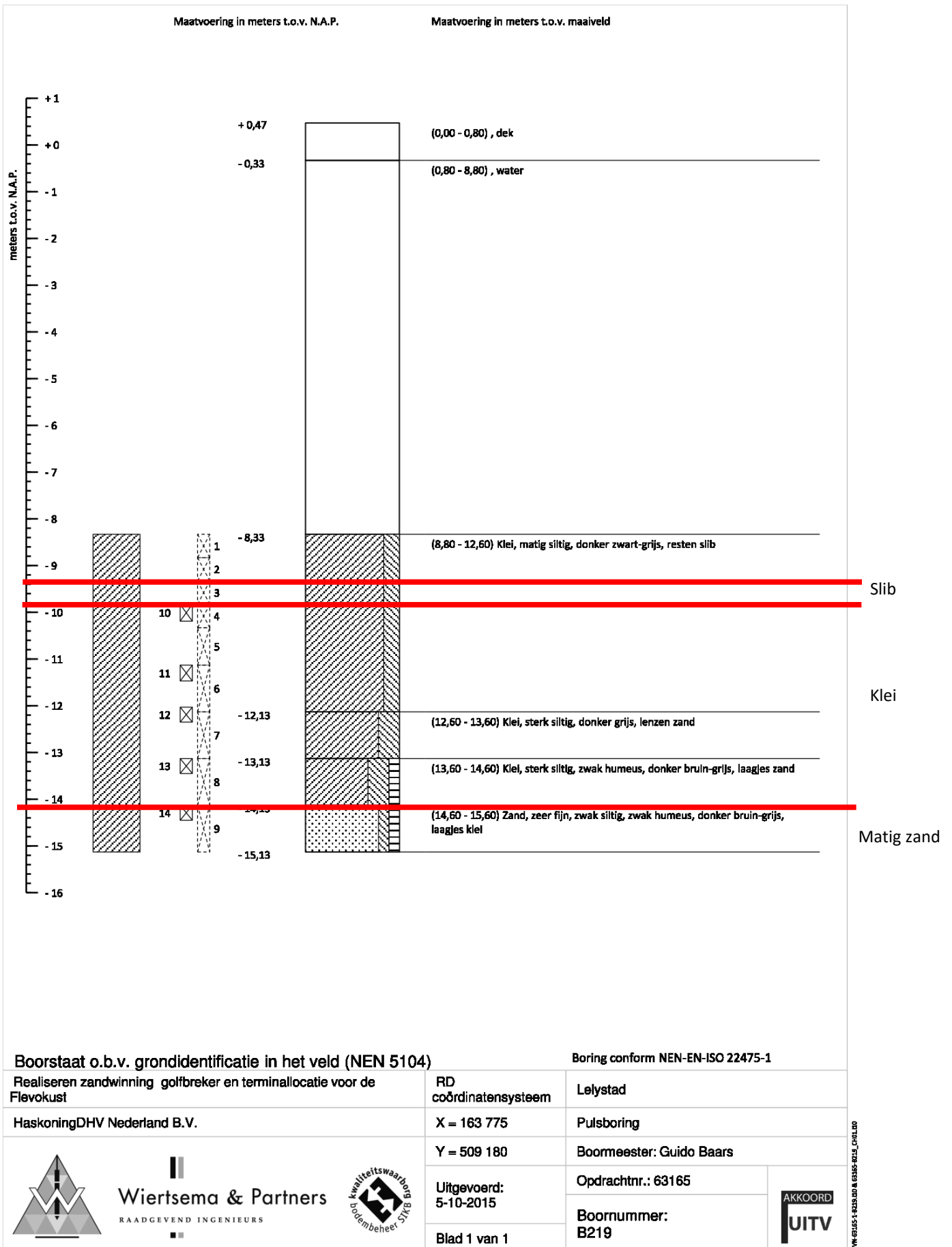
Afbeelding 35 – Resultaat tweede zettingsberekening

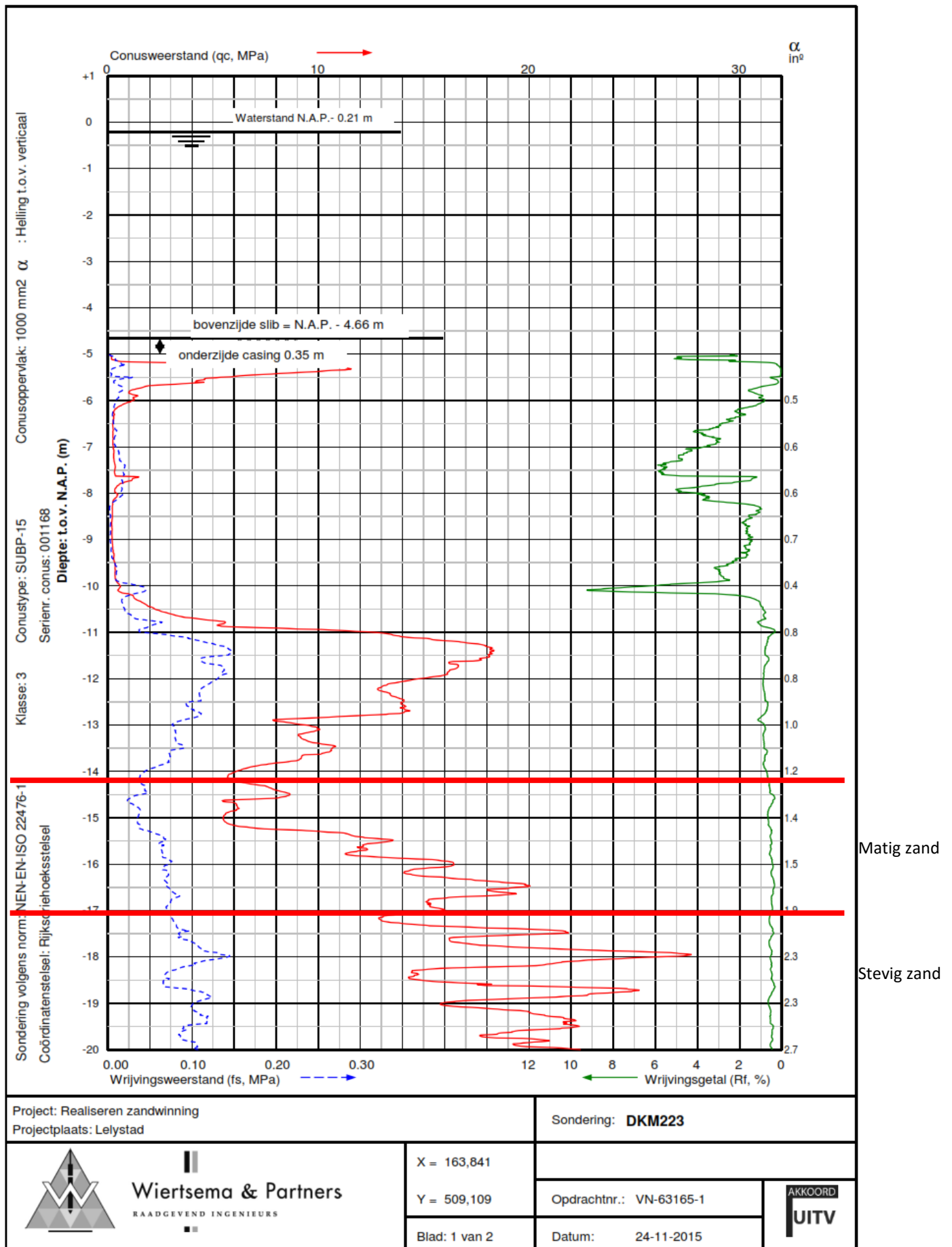
In de bovenstaande is de zetting weergegeven. De zettingslijn is aangegeven in het paars. De zetting is maximaal in de verticale lijn 10 (zie afbeelding 35). De maximale zetting is 1,274 meter. Alle berekende gegevens en een uitgebreide invoer is weergegeven in het automatisch gegenereerd rapport in bijlage VIII.

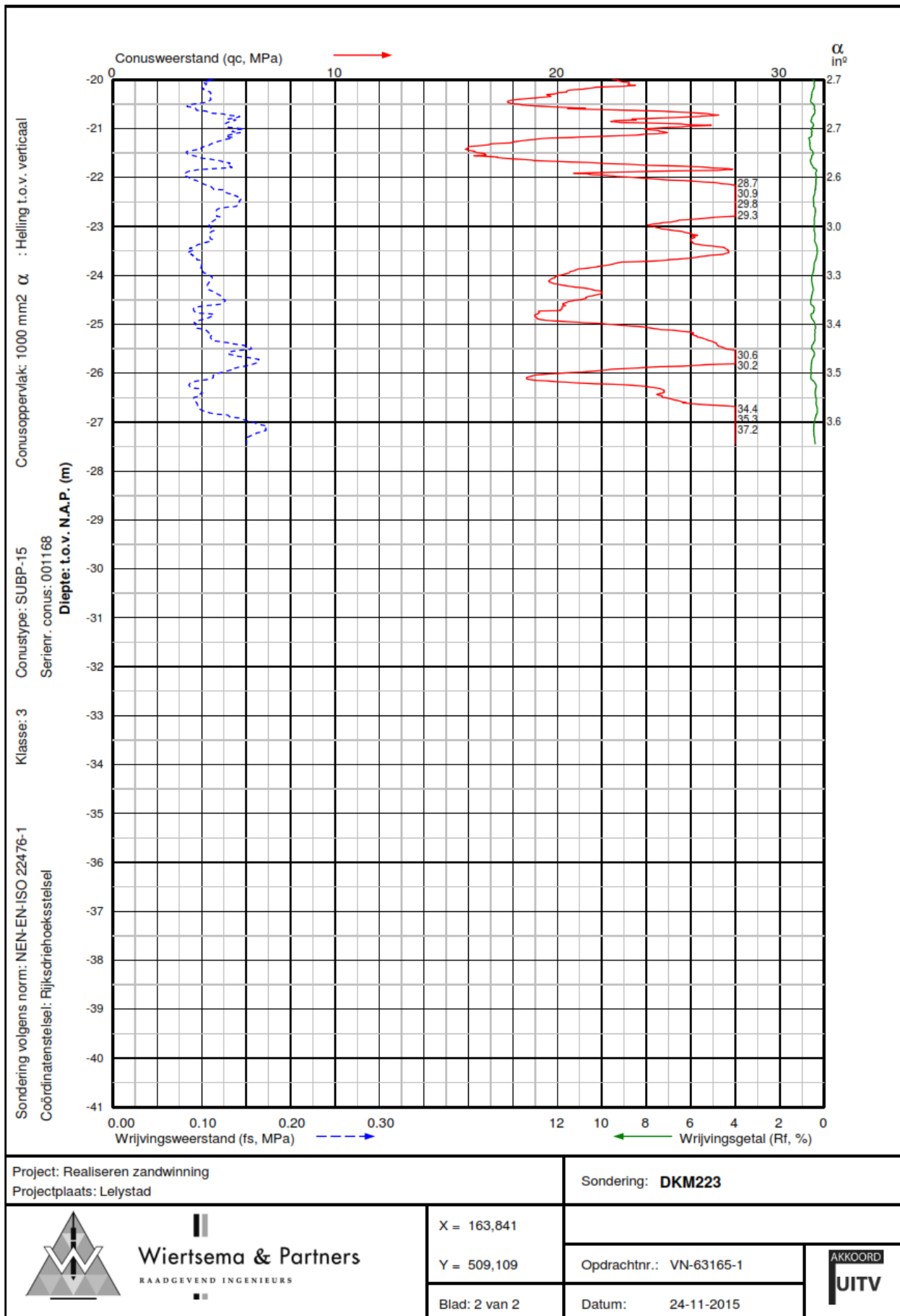
BIBLIOGRAFIE

- [1] R. Bruins, „Advies m.b.t. golfbreker project Flevokust,” LieveenseCSO, Breda, 4 december 2015.
- [2] CUR, CIRIA, Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering, London, Gouda: CUR, CIRIA, 1991.
- [3] CIRIA, CUR, CETMEF, The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), London: C683, CIRIA, 2007 (reprinted 2012).
- [4] K. d'Angremond & F.C. van Roode, Breakwaters and Closure Dams, Delft: Delft University on behalf of Vereniging voor Studie- en Studentenbelangen te Delft, 2004.
- [5] CUR, CUR-publicatie 214 Geotextiele zandelementen, Gouda: Stichting CUR, 2004.
- [6] CUR, CUR-publicatie 217 geotextiele zandelementen, Gouda: Stichting CUR, 2006.
- [7] Sytske Stuij & Johan Henrotte, Hydraulische Randvoorwaarden Golfbreker Flevokust, 2015.
- [8] Krystian W. Pilarczyk, „Design aspects of geotubes and geocontainers,” Zoetermeer, 1996.
- [9] H. J. Kriel, „Hydraulic stability of multi-layered sand-filled geotextile tube breakwaters under wave attack,” Stellenbosch University, 2012.
- [10] S. Takahashi, „Design of vertical breakwaters,” Port and Airport research institute Japan, 1996 (Revised in July, 2002 Version 2.1).
- [11] Royal HaskoningDHV Nederland B.V., „Terminal Flevokust Voorontwerp,” Royal HaskoningDHV Nederland B.V., 2015.
- [12] Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, „Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebieden,” Rijks, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, 2004.
- [13] Wiertsema & Partners, „Voorlopige resultaten Geotechnisch onderzoek,” Wiertsema & Partners, Tolbert, 2015.

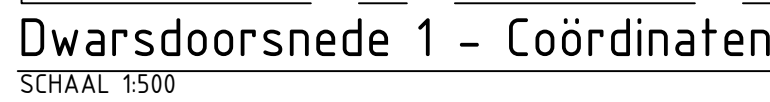
BIJLAGE I – BORING B219 & SONDERING DKM223







BIJLAGE II – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER ZONDER OVERHOOGTE



VERKLARING

REFERENTIEDOCUMENTEN:

OPMERKINGEN:

- Maatvoering in millimeters, tenzij anders aangegeven.
- Peilmaten in meters ten opzichte van N.A.P.
- Coördinaten in millimeters ten opzichte van het oorsprong
- Hoeken in graden (°), tenzij anders aangegeven

VERZENDSTATUS:	
Acceptatie (A)	
Commentaar (C)	
Info (I)	✓
Toetsing (T)	
Uitvoering (U)	

02	25-05-2016	Concept voor concept rapport	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
01	12-05-2016	Eerste uitgave	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
REVISIE	DATUM	WIJZIGING	DOC. STATUS	OPGESTELD	CONTROLE	VRIJGAVE

AANNEMER
Gebr. De Koning



Postbus 88
3350 AB Papendrecht
Scheepvaartweg 1
Telefoon: 078-6442644
Telefax: 078-6442630
mail: info@gebrdekoning.nl

PROJECT
Flevokust - Golfbreker

ONDERWERP
Coördinaten zonder overhoogte

DOCUMENTNR: Bijlage F -> Bijlage II FASE: S0

FORMAAT: A1 BLAD: 1

DOCUMENTTYPE: TEKENING

SCHAAL: 1:500

BLAD: 1

CONTRACTNR: -

SCHAAL: 1:500

TERENINGNR

TEK-001

BIJLAGE III – EERSTE ZETTINGSBEREKENINGEN RAPPORT

Rapport voor D-Settlement 9.2

Zettingsberekeningen Ontwikkeld
door Deltares

Datum van rapport: 26-5-2016 Tijd van
rapport: 0:58:09

Datum van berekening: 17-5-2016 Tijd van
berekening: 14:36:14

Bestandsnaam: \..\Afstuderen\Definitief ontwerp\Geo\V2\Zetting definitief ontwerp

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Weergave van de Invoer	3
2.1 Laagscheidingen	3
2.2 PN-Lijnen	3
2.3 Algemene Gegevens	3
2.4 Grondprofielen	3
2.5 Grondeigenschappen	3
2.6 Niet-Uniforme Belastingen	4
2.7 Verticalen	4
3 Resultaat per Verticaal	5
3.1 Resultaat voor Verticaal 10 (X = 20,00 m; Z = 0,00 m)	5
4 Zettingen	6
4.1 Zettingen	6

2 Weergave van de Invoer

2.1 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - X -	-25,000	75,000			
3 - Y -	-9,800	-9,800			
2 - X -	-25,000	75,000			
2 - Y -	-14,100	-14,100			
1 - X -	-25,000	75,000			
1 - Y -	-17,000	-17,000			
0 - X -	-25,000	75,000			
0 - Y -	-35,000	-35,000			

2.2 PN-Lijnen

PN-lijnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-25,000	75,000			
1 - Y -	0,000	0,000			

2.3 Algemene Gegevens

Grondmodel:	NEN Bjerrum
Consolidatiemodel:	Darcy
Rekmodel:	Lineair
Grondwaterniveau:	Initiëel bepaald door PN-lijnummer 1
Volumiek gewicht grondwater:	9,81
[kN/m³] Spanningsspreiding	
- Grond:	Buisman
- Belastingen:	Geen
Einde consolidatie:	10000,00
[dagen] Geen onderhouden hoogte	
Pg (initiëel):	Variabel evenwijdig aan de initiële grondspanning
Pg (Per stap):	Automatisch verhoogd tot de uiteindelijke grondspanning
Kruipsnelheid referentietijd:	1,000
[dagen] Geen denkbeeldig maaiveld	
Met onderwaterzakken	
(alleen voor niet-uniforme belastingen)	
- Criterium einde iteratie :	0,10
[m] Breedte belastingkolom	
- Niet-Uniforme Belastingen :	1,00 [m]
- Trapeziumvormige Belastingen :	1,00 [m]

2.4 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	PN-lijn boven	PN-lijn onder
3	[3] Klei	1	1
2	[4] Zand Matig	1	1
1	[5] Zand vast	1	1

2.5 Grondeigenschappen

Laag nummer	Gedraineerd	Volumiek gewicht	
		Onverzadigd [kN/m³]	Verzadigd [kN/m³]
3	Nee	15,00	15,00
2	Nee	19,00	21,00
1	Nee	19,00	21,00

Laag nummer	Berging type	Vert. consolid. coëfficiënt Cv [m²/s]	Verticale [m/s]	Rek modulus [m/s]	Initieel vertikal [m/s]
3	Vert. kons.	1,00E+01	-	-	-

Laag nummer	Berging type	Vert. consolid. coëfficiënt C_v [m ² /s]	Verticale [m/s]	Rek modulus [m/s]	Initieel vertikal [m/s]
2	Vert. kons.	1,00E+01	-	-	-
1	Vert. kons.	1,00E+01	-	-	-

Laag nummer	POP [kN/m ²]	OCR [-]	Equiv. age [dagen]
3	-	1,30	-
2	-	1,30	-
1	-	1,30	-

Laag nummer	Secundaire zwelling type	Secundaire zwelling factor [-]	Spanning ontlastings ratio [-]
3	Volledig	-	-
2	Volledig	-	-
1	Volledig	-	-

Laag nummer	Herbelasting/ zwel-ratio RR [-]	Compressie-ratio CR [-]	Sec. comp.-coëfficiënt C_a [-]	Herbelasting/ zwel-index C_r [-]	Compressie-index C_c [-]	Init. poriën-getal (e_0) [-]
3	0,0789200	0,2367600	0,0046000	-	-	-
2	0,0008000	0,0039800	0,0000000	-	-	-
1	0,0008000	0,0023900	0,0000000	-	-	-

2.6 Niet-Uniforme Belastingen

Belasting nummer	Tijd [dagen]	Volumiek gewicht	
		Onverzadigd [kN/m ³]	Verzadigd [kN/m ³]
1	1	17,23	20,73
2	2	17,23	20,73
3	3	17,23	20,73
4	4	17,23	20,73

Belastingnummer	Coördinaten [m]					
1 - X -	0,00	6,11	12,13	19,55	19,83	23,84
1 - Y -	-9,80	-5,73	-5,73	-0,78	-0,78	-3,46
1 - X -	27,19	36,71				
1 - Y -	-3,46	-9,80				
2 - X -	6,11	6,85	11,98	19,30	20,08	24,04
2 - Y -	-5,73	-5,24	-5,24	-0,36	-0,36	-3,00
2 - X -	26,50	27,19				
2 - Y -	-3,00	-3,46				
3 - X -	8,85	9,57	12,70			
3 - Y -	-5,24	-4,76	-4,76			
4 - X -	10,49	18,63	20,75	26,25		
4 - Y -	-4,76	0,67	0,67	-3,00		

2.7 Verticalen

Verticaalnummer	X-coördinaten [m]				
1 - 5	-25,000	-20,000	-15,000	-10,000	-5,000
6 - 10	0,000	5,000	10,000	15,000	20,000
11 - 15	25,000	30,000	35,000	40,000	45,000
16 - 20	50,000	55,000	60,000	65,000	70,000
21	75,000				

Berekening van doorsnede op $Z = 0,000$ m
Discretisatie = 100

3 Resultaat per Verticaal

3.1 Resultaat voor Verticaal 10 (X = 20,00 m; Z = 0,00 m)

Diepte [m]	Effectieve Spanning [kPa]	Stijg- hoogte [m]	Belasting [kPa]	Zetting [m]
-9,800	113,697	0,000	113,697	1,185
-9,900	113,938	0,000	113,938	1,122
-10,000	114,065	0,000	114,065	1,071
-10,100	114,343	0,000	114,343	1,025
-10,200	114,654	0,000	114,654	0,982
-10,300	114,948	0,000	114,948	0,942
-10,400	115,213	0,000	115,213	0,904
-10,500	115,450	0,000	115,450	0,868
-10,600	115,665	0,000	115,665	0,833
-10,700	115,862	0,000	115,862	0,799
-10,800	116,048	0,000	116,048	0,767
-11,350	116,958	0,000	116,958	0,604
-11,950	117,886	0,000	117,886	0,449
-12,700	119,071	0,000	119,071	0,279
-13,700	120,788	0,000	120,788	0,082
-14,100	121,526	0,000	121,526	0,010
-14,100	121,526	0,000	121,526	0,010
-14,850	127,485	0,000	127,485	0,008
-15,550	133,129	0,000	133,129	0,007
-16,300	139,253	0,000	139,253	0,006
-17,000	145,035	0,000	145,035	0,005
-17,000	145,035	0,000	145,035	0,005
-18,000	153,392	0,000	153,392	0,004
-19,000	161,854	0,000	161,854	0,003
-20,000	170,413	0,000	170,413	0,003
-21,000	179,064	0,000	179,064	0,002
-22,000	187,804	0,000	187,804	0,002
-23,000	196,632	0,000	196,632	0,002
-24,000	205,547	0,000	205,547	0,001
-25,000	214,547	0,000	214,547	0,001
-26,000	223,632	0,000	223,632	0,001
-27,800	240,191	0,000	240,191	0,001
-28,800	249,502	0,000	249,502	0,001
-29,800	258,891	0,000	258,891	0,000
-31,800	277,891	0,000	277,891	0,000
-33,800	297,171	0,000	297,171	0,000
-35,000	308,863	0,000	308,863	0,000

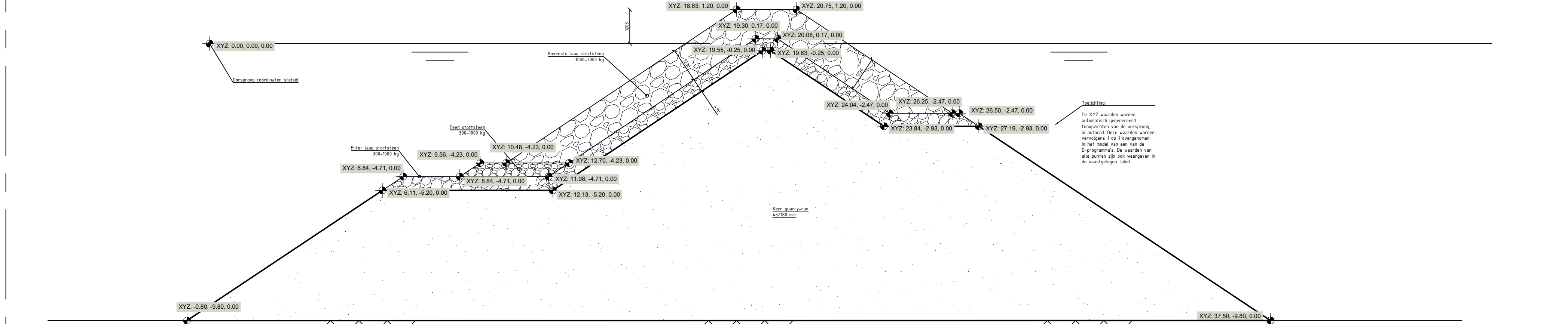
4 Zettingen

4.1 Zettingen

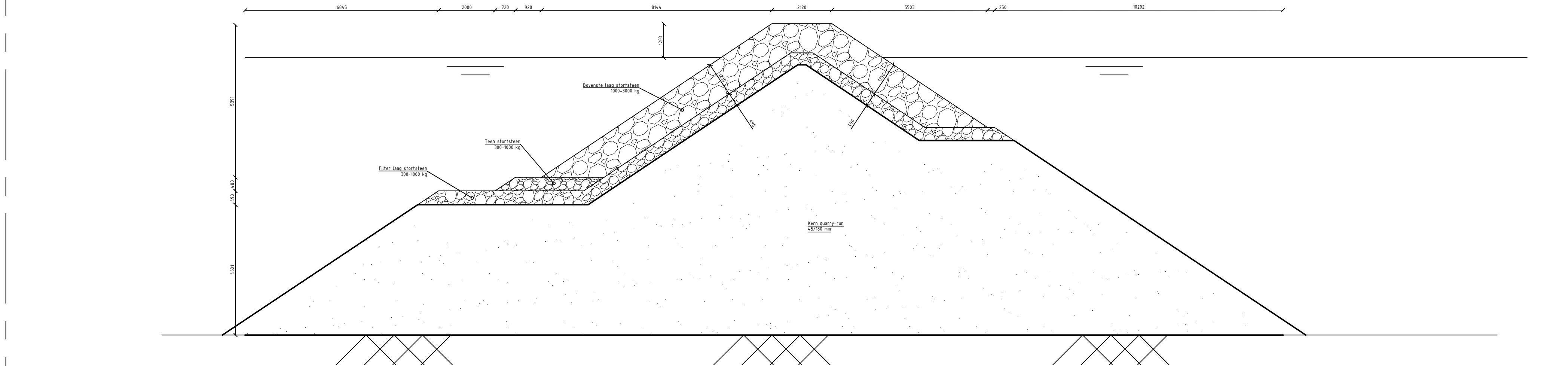
Verticaal nummer	X-coördinaat [m]	Maaiveld [m]	Zetting [m]
1	-25,00	-9,80	0,008
2	-20,00	-9,80	0,008
3	-15,00	-9,80	0,009
4	-10,00	-9,80	0,012
5	-5,00	-9,80	0,024
6	0,00	-9,80	0,217
7	5,00	-9,80	0,798
8	10,00	-9,80	0,945
9	15,00	-9,80	1,085
10	20,00	-9,80	1,185
11	25,00	-9,80	1,074
12	30,00	-9,80	0,907
13	35,00	-9,80	0,487
14	40,00	-9,80	0,040
15	45,00	-9,80	0,016
16	50,00	-9,80	0,011
17	55,00	-9,80	0,009
18	60,00	-9,80	0,008
19	65,00	-9,80	0,007
20	70,00	-9,80	0,007
21	75,00	-9,80	0,007

Einde Rapport

BIJLAGE IV – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER MET OVERHOOGTE



Dwarsdoorsnede 2 - Coördinaten
SCHAAL 1:500



Dwarsdoorsnede 2 - Maten
SCHAAL 1:500

Bijlage IV - Coördinaten met overhoogte				
Kern			Filter laag	
X	Y		X	Y
-0,8	-9,8		6,11	-5,2
6,11	-5,2		6,85	-4,71
12,13	-5,2		11,98	-4,71
19,55	-0,25		19,3	0,17
19,83	-0,25		20,08	0,17
23,84	-2,93		24,04	-2,47
27,19	-2,93		26,5	-2,47
37,5	-9,8		27,19	-2,93
Teen			Bovenste laag	
X	Y		X	Y
8,85	-4,71		10,49	-4,23
9,57	-4,23		18,63	1,2
12,7	-4,23		20,75	1,2
			26,25	-2,47

VERKLARING

REFERENTIEDOCUMENTEN:

-

OPMERKINGEN:

- Maatvoering in millimeters, tenzij anders aangegeven.
- Peilmaten in meters ten opzichte van N.A.P.
- Coördinaten in millimeters ten opzichte van het oorsprong
- Hoeken in graden (*), tenzij anders aangegeven

VERZENDSTATUS:

Acceptatie (A)	
Commentaar (C)	
Info (I)	✓
Toetsing (T)	
Uitvoering (U)	

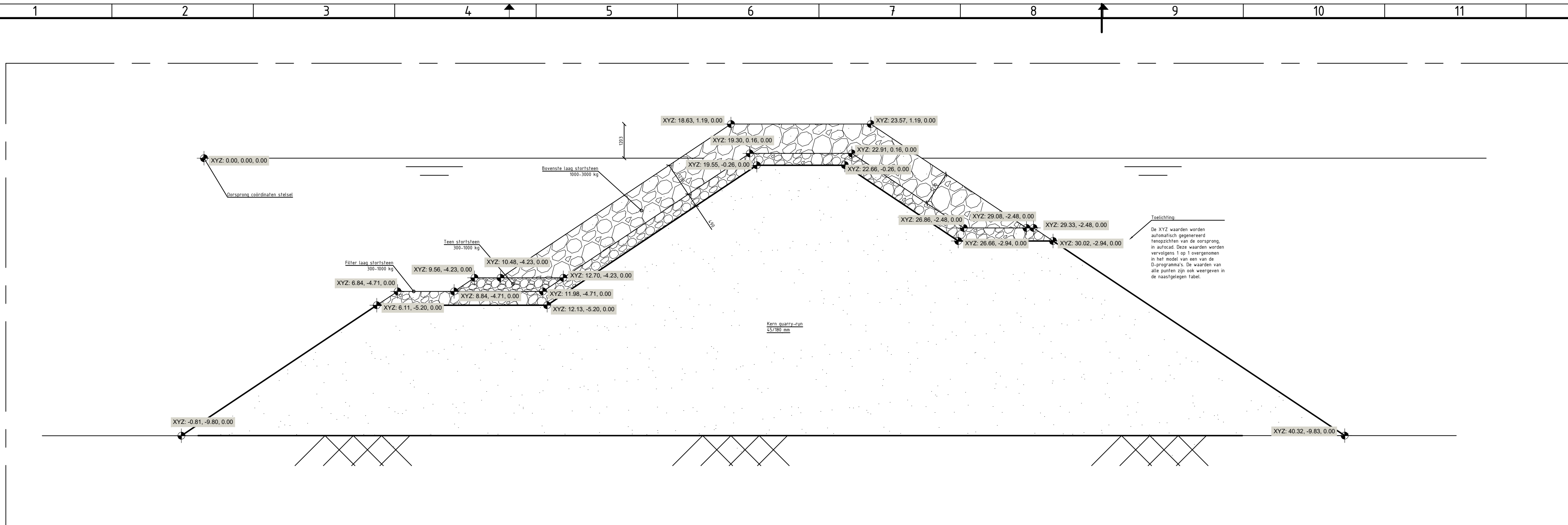
02	25-05-2016	Concept voor concept rapport	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
01	12-05-2016	Eerste uitgave	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
REVISIE	DATUM	WIJZIGING	DOC. STATUS	OPGESTELD	CONTROLE	VRIJGAVE

AANEMER		
Gebr. De Koning		
		Postbus 88 3350 AB Papendrecht Scheepvaartweg 1 Telefoon: 078-6442644 Telefax: 078-6442630 e-mail: info@gebrdekonig.nl

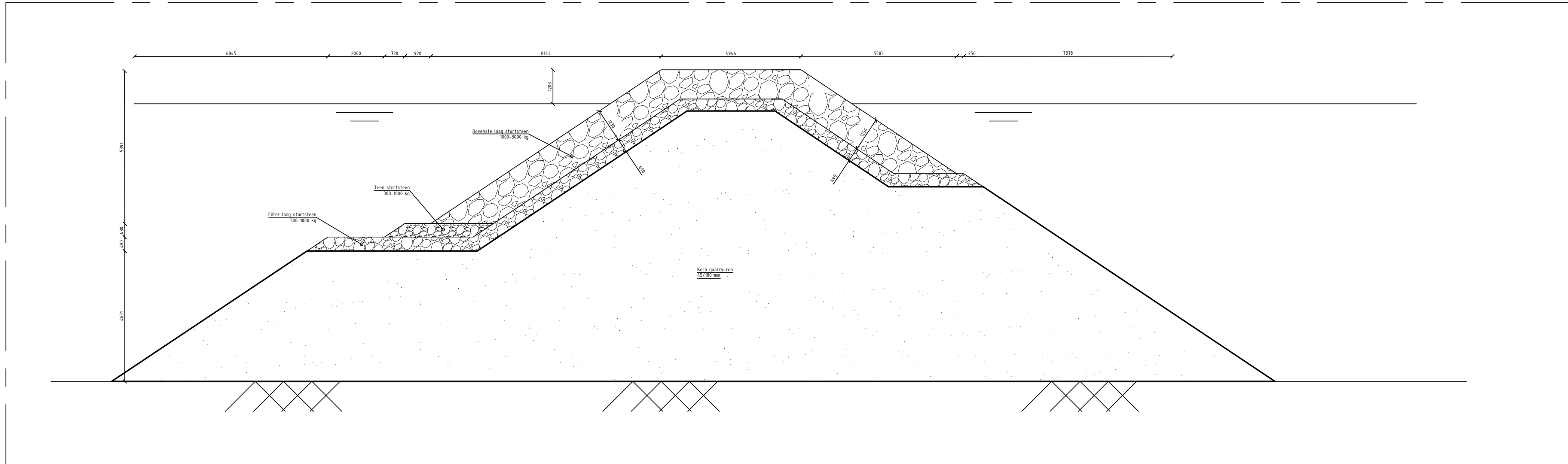
PROJECT	Flevokust - Golfbreker
ONDERWERP	Coördinaten met overhoogte

DOCUMENTNR: Bijlage F -> Bijlage IV	FASE: S0	FORMAAT: A1	BLAD: 1
DOCUMENTTYPE: TEKENING	PROJECTNR: 1	TEKENINGNR:	TEK-002
CONTRACTNR: -	SCHAAL: 1:500		

BIJLAGE V – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER MET OVERHOOGTE EN EXTRA BREEDTE



Dwarsdoorsnede 3 - Coördinaten
SCHAAL 1:500



Dwarsdoorsnede 3 - Maten
SCHAAL 1:500

Bijlage V - Coördinaten met overhoogte en extra breedte

Kern			Filter laag	
X	Y		X	Y
-0,81	-9,8		6,11	-5,2
6,11	-5,2		6,84	-4,71
12,13	-5,2		11,98	-4,71
19,55	-0,26		19,3	0,17
22,66	-0,26		22,91	0,17
26,66	-2,94		26,86	-2,47
30,02	-2,94		29,33	-2,47
40,32	-9,8		30,02	-2,94

Teen			Bovenste laag	
X	Y		X	Y
8,85	-4,71		10,49	-4,23
9,57	-4,23		18,63	1,2
12,7	-4,23		23,57	1,2
			29,08	-2,47

VERKLARING

REFERENTIEDOCUMENTEN:

-

OPMERKINGEN:

- Maatvoering in millimeters, tenzij anders aangegeven.
- Peilmaten in meters ten opzichte van N.A.P.
- Coördinaten in millimeters ten opzichte van het oorsprong
- Hoeken in graden (*), tenzij anders aangegeven

VERZENDSTATUS:

Acceptatie (A)	
Commentaar (C)	
Info (I)	✓
Toetsing (T)	
Uitvoering (U)	

02	25-05-2016	Concept voor concept rapport	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
01	12-05-2016	Eerste uitgave	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
REVISIE	DATUM	WIJZIGING	DOC. STATUS	OPGESTELD	CONTROLE	VRUJGAVE

AANNEMER

Gebr. De Koning



Postbus 88

3350 AB Papendrecht

Scheepvaartweg 1

Telefoon: 078-6442644

Telefax: 078-6442630

e-mail: info@gebrdekonink.nl

PROJECT

Flevokust - Golfbreker

ONDERWERP

Coördinaten met overhoogte en extra breedte

DOCUMENTNR: Bijlage F -> Bijlage V

FASE: S0

FORMAAT: A1

BLAD: 1

DOCUMENTTYPE: TEKENING

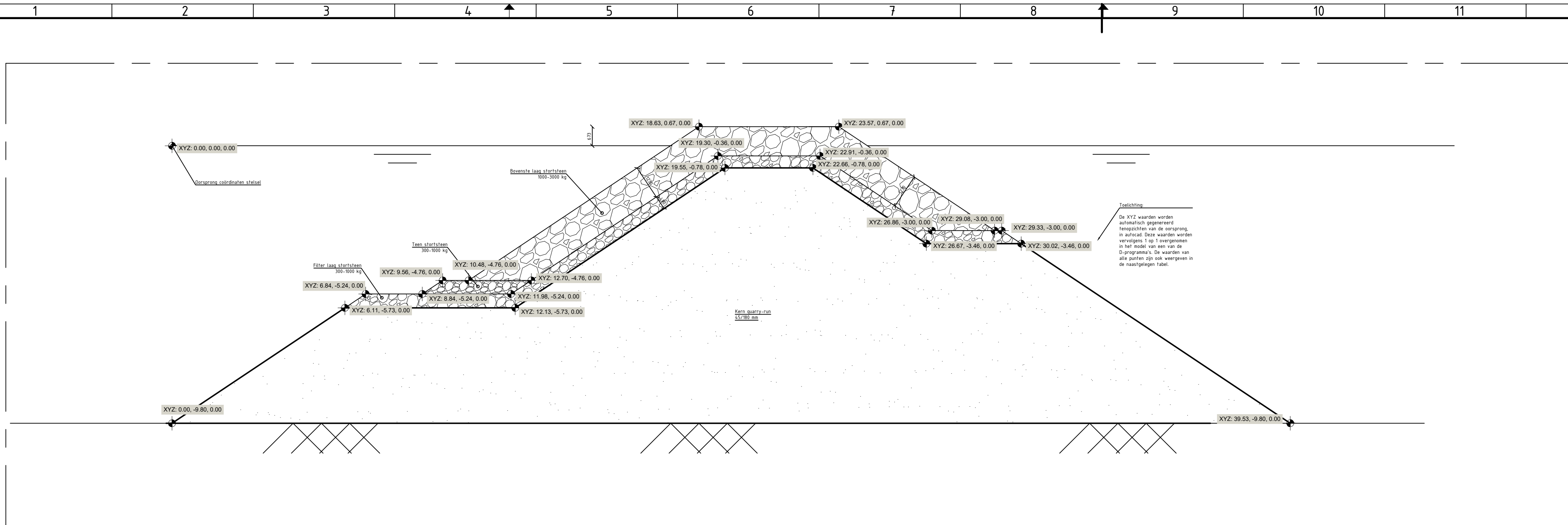
PROJECTNR: 1

TEKENINGNR: TEK-003

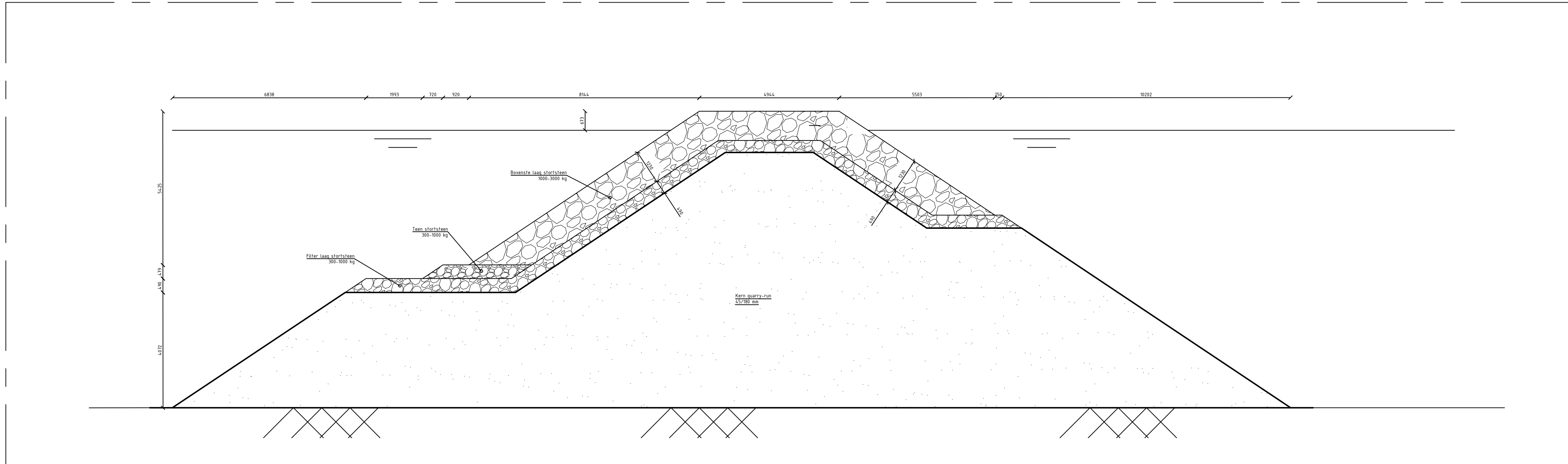
CONTRACTNR: -

SCHAAL: 1:500

**BIJLAGE VI – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER ZONDER OVERHOOGTE EN MET EXTRA
BREEDTE**



Dwarsdoorsnede 4 - Coördinaten
SCHAAL 1:500



Dwarsdoorsnede 4 - Maten
SCHAAL 1:500

Bijlage VI - Coördinaten zonder overhoogte en met extra breedte

Kern		Filter laag	
X	Y	X	Y
0	-9,8	6,11	-5,73
6,11	-5,73	6,84	-5,24
12,13	-5,73	11,98	-5,24
19,55	-0,78	19,3	-0,36
22,66	-0,78	22,91	-0,36
26,67	-3,46	26,86	-3
30,02	-3,46	29,33	-3
39,53	-9,8	30,02	-3,46
Teen		Bovenste laag	
X	Y	X	Y
8,84	-5,24	10,48	-4,76
9,56	-4,76	18,63	0,67
12,7	-4,76	23,57	0,67
		29,08	-3

VERKLARING

REFERENTIEDOCUMENTEN:

-

OPMERKINGEN:

- Maatvoering in millimeters, tenzij anders aangegeven.
- Peilmaten in meters ten opzichte van N.A.P.
- Coördinaten in millimeters ten opzichte van het oorsprong
- Hoeken in graden (*), tenzij anders aangegeven

VERZENDSTATUS:

Acceptatie (A)	
Commentaar (C)	
Info (I)	✓
Toetsing (T)	
Uitvoering (U)	

02	25-05-2016	Concept voor concept rapport	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
01	12-05-2016	Eerste uitgave	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
REVISIE	DATUM	WIJZIGING	DOC. STATUS	OPGESTELD	CONTROLE	VRUIGAVE

AANNEMER

Gebr. De Koning





Postbus 88
3350 AB Papendrecht
Scheepvaarweg 1
Telefoon: 078-6442644
Telefax: 078-6442630
e-mail: info@gebrdekonink.nl

PROJECT

Flevokust - Golfbreker

ONDERWERP

Coördinaten zonder overhoogte en met extra breedte

DOCUMENTNR: Bijlage F -> Bijlage VI

FASE: S0

FORMAAT: A1

BLAD: 1

DOCUMENTTYPE: TEKENING

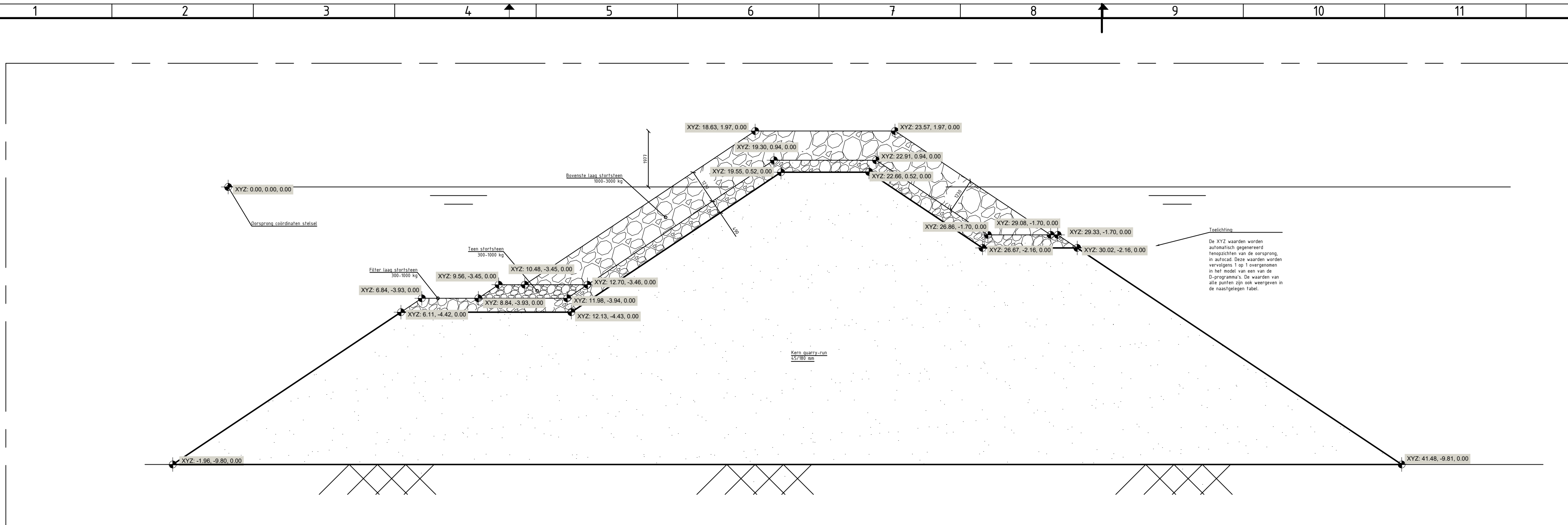
PROJECTNR: 1

TEKENINGNR: TEK-004

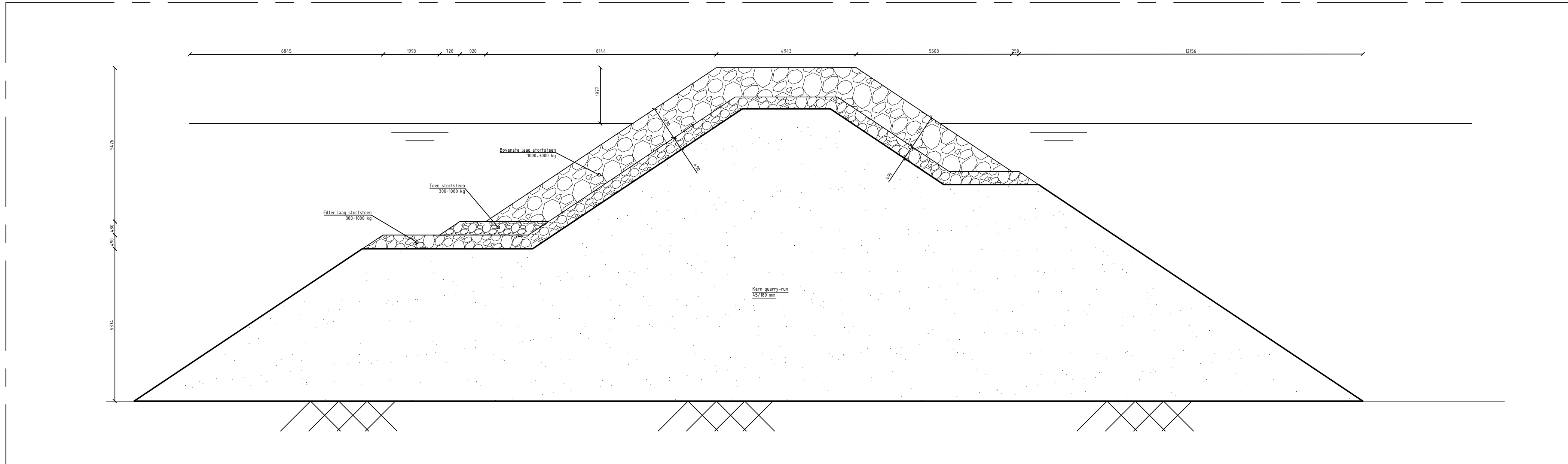
CONTRACTNR:

SCHAAL: 1:500

BIJLAGE VII – TEKENING PUNTEN GOLFBREKER ZETTING DEFINITIEF ONTWERP



Dwarsdoorsnede 5 - Coördinaten
SCHAAL 1:500



Dwarsdoorsnede 5 - Maten
SCHAAL 1:500

Bijlage VII - Coördinaten zetting met overhoogte					
Kern			Filter laag		
X	Y		X	Y	
-1,96	-9,8		6,11	-4,42	
6,11	-4,42		6,84	-3,93	
12,13	-4,42		11,98	-3,93	
19,55	0,52		19,3	0,94	
22,66	0,52		22,91	0,94	
26,67	-2,16		26,86	-1,7	
30,02	-2,16		29,33	-1,7	
41,48	-9,8		30,02	-2,16	
Teen			Bovenste laag		
X	Y		X	Y	
8,84	-3,93		10,48	-3,45	
9,56	-3,45		18,63	1,97	
12,7	-3,45		23,57	1,97	
			29,08	-1,7	

VERKLARING

REFERENTIEDOCUMENTEN:

-

OPMERKINGEN:

- Maatvoering in millimeters, tenzij anders aangegeven.
- Peilmaten in meters ten opzichte van N.A.P.
- Coördinaten in millimeters ten opzichte van het oorsprong
- Hoeken in graden (*), tenzij anders aangegeven

VERZENDSTATUS:

Acceptatie (A)	
Commentaar (C)	
Info (I)	✓
Toetsing (T)	
Uitvoering (U)	

02	25-05-2016	Concept voor concept rapport	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
01	12-05-2016	Eerste uitgave	Concept	D.D.	E.v.d.B.	D.D.
REVISIE	DATUM	WIJZIGING	DOC. STATUS	OPGESTELD	CONTROLE	VRUIGAVE

AANNEMER	RODESCHOOLOTTTERDAM	DE KONING	Postbus 88 3350 AB Papendrecht Scheepvaartweg 1 Telefoon: 078-6442644 Telefax: 078-6442630 e-mail: info@gebrdekonin.nl
Gebr. De Koning			

PROJECT		
Flevokust - Golfbreker		
ONDERWERP		
Coördinaten zetting met overhoogte		
DOCUMENTNR: Bijlage F -> Bijlage VII FASE: S0	FORMAAT: A1	BLAD 1
DOCUMENTTYPE: TEKENING	PROJECTNR: 1	TEKENINGNR: TEK-005
CONTRACTNR:	SCHAAL: 1:500	

BIJLAGE VIII – DEFINITIEF ZETTINGSRAPPORT

Rapport voor D-Settlement 9.2

Zettingsberekeningen Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 26-5-2016 Tijd van
rapport: 1:10:52

Datum van berekening: 17-5-2016 Tijd van
berekening: 15:29:26

Bestandsnaam: \\.\Geo\V2\Zetting definitief ontwerp met overhoogte

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Weergave van de Invoer	3
2.1 Laagscheidingen	3
2.2 PN-Lijnen	3
2.3 Algemene Gegevens	3
2.4 Grondprofielen	3
2.5 Grondeigenschappen	3
2.6 Niet-Uniforme Belastingen	4
2.7 Verticalen	4
3 Resultaat per Verticaal	5
3.1 Resultaat voor Verticaal 10 (X = 20,00 m; Z = 0,00 m)	5
4 Zettingen	6
4.1 Zettingen	6

2 Weergave van de Invoer

2.1 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - X -	-25,000	75,000			
3 - Y -	-9,800	-9,800			
2 - X -	-25,000	75,000			
2 - Y -	-14,100	-14,100			
1 - X -	-25,000	75,000			
1 - Y -	-17,000	-17,000			
0 - X -	-25,000	75,000			
0 - Y -	-35,000	-35,000			

2.2 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-25,000	75,000			
1 - Y -	0,000	0,000			

2.3 Algemene Gegevens

Grondmodel:	NEN Bjerrum
Consolidatiemodel:	Darcy
Rekmodel:	Lineair
Grondwaterniveau:	Initiëel bepaald door PN-lijnnummer 1
Volumiek gewicht grondwater:	9,81
[kN/m³] Spanningsspreiding	
- Grond:	Buisman
- Belastingen:	Geen
Einde consolidatie:	10000,00
[dagen] Geen onderhouden hoogte	
Pg (initiëel):	Variabel evenwijdig aan de initiële grondspanning
Pg (Per stap):	Automatisch verhoogd tot de uiteindelijke grondspanning
Kruipsnelheid referentietijd:	1,000
[dagen] Geen denkbeeldig maaiveld	
Met onderwaterzakken	
(alleen voor niet-uniforme belastingen)	
- Criterium einde iteratie :	0,10
[m] Breedte belastingkolom	
- Niet-Uniforme Belastingen :	1,00 [m]
- Trapeziumvormige Belastingen :	1,00 [m]

2.4 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	PN-lijn boven	PN-lijn onder
3	[3] Klei	1	1
2	[4] Zand Matig	1	1
1	[5] Zand vast	1	1

2.5 Grondeigenschappen

Laag nummer	Gedraineerd	Volumiek gewicht	
		Onverzadigd [kN/m³]	Verzadigd [kN/m³]
3	Nee	15,00	15,00
2	Nee	19,00	21,00
1	Nee	19,00	21,00

Laag nummer	Berging type	Vert. consolid. coëfficiënt Cv [m²/s]	Verticale [m/s]	Rek modulus [m/s]	Initieel vertikal
3	Vert. kons.	1,00E+01	-	-	-

Laag nummer	Berging type	Vert. consolid. coëfficiënt C_v [m ² /s]	Verticale [m/s]	Rek modulus [m/s]	Initieel vertikal
2	Vert. kons.	1,00E+01	-	-	-
1	Vert. kons.	1,00E+01	-	-	-

Laag nummer	POP [kN/m ²]	OCR [-]	Equiv. age [dagen]
3	-	1,30	-
2	-	1,30	-
1	-	1,30	-

Laag nummer	Secundaire zwelling type	Secundaire zwelling factor [-]	Spanning ontlastings ratio [-]
3	Volledig	-	-
2	Volledig	-	-
1	Volledig	-	-

Laag nummer	Herbelasting/ zwel-ratio RR [-]	Compressie-ratio CR [-]	Sec. comp.-coëfficiënt C_a [-]	Herbelasting/ zwel-index Cr [-]	Compressie-index C_c [-]	Init. poriën-getal (e_0) [-]
3	0,0789200	0,2367600	0,0046000	-	-	-
2	0,0008000	0,0039800	0,0000000	-	-	-
1	0,0008000	0,0023900	0,0000000	-	-	-

2.6 Niet-Uniforme Belastingen

Belasting nummer	Tijd [dagen]	Volumiek gewicht	
		Onverzadigd [kN/m ³]	Verzadigd [kN/m ³]
1	1	17,23	20,73
2	2	17,23	20,73
3	3	17,23	20,73
4	4	17,23	20,73

Belastingnummer	Coördinaten [m]						
1 - X -	-1,96	6,11	12,13	19,55	22,66	26,67	
1 - Y -	-9,80	-4,42	-4,42	0,52	0,52	-2,16	
1 - X -	30,02	41,48					
1 - Y -	-2,16	-9,80					
2 - X -	6,11	6,84	11,98	19,30	22,91	26,86	
2 - Y -	-4,42	-3,93	-3,93	0,94	0,94	-1,70	
2 - X -	29,33	30,02					
2 - Y -	-1,70	-2,16					
3 - X -	10,48	18,63	23,57	29,08			
3 - Y -	-3,93	1,97	1,97	-1,70			
4 - X -	11,00	18,63	20,75	20,98			
4 - Y -	-4,42	0,67	0,67	0,52			

2.7 Verticalen

Verticaalnummer	X-coördinaten [m]				
1 - 5	-25,000	-20,000	-15,000	-10,000	-5,000
6 - 10	0,000	5,000	10,000	15,000	20,000
11 - 15	25,000	30,000	35,000	40,000	45,000
16 - 20	50,000	55,000	60,000	65,000	70,000
21	75,000				

Berekening van doorsnede op Z = 0,000 m Discretisatie = 100

3 Resultaat per Verticaal

3.1 Resultaat voor Verticaal 10 (X = 20,00 m; Z = 0,00 m)

Diepte [m]	Effectieve Spanning [kPa]	Stijg- hoogte [m]	Belasting [kPa]	Zetting [m]
-9,800	136,745	0,000	136,745	1,274
-9,900	137,199	0,000	137,199	1,209
-10,000	137,648	0,000	137,648	1,156
-10,100	138,078	0,000	138,078	1,108
-10,200	138,485	0,000	138,485	1,064
-10,300	138,869	0,000	138,869	1,022
-10,400	139,232	0,000	139,232	0,982
-10,500	139,578	0,000	139,578	0,943
-10,600	139,910	0,000	139,910	0,906
-10,700	140,231	0,000	140,231	0,871
-10,800	140,541	0,000	140,541	0,836
-11,350	142,109	0,000	142,109	0,663
-11,950	143,627	0,000	143,627	0,496
-12,700	145,327	0,000	145,327	0,311
-13,700	147,379	0,000	147,379	0,093
-14,100	148,163	0,000	148,163	0,013
-14,100	148,163	0,000	148,163	0,013
-14,850	154,117	0,000	154,117	0,011
-15,550	159,681	0,000	159,681	0,009
-16,300	165,673	0,000	165,673	0,008
-17,000	171,305	0,000	171,305	0,007
-17,000	171,306	0,000	171,306	0,007
-18,000	179,428	0,000	179,428	0,006
-19,000	187,644	0,000	187,644	0,005
-20,000	195,951	0,000	195,951	0,004
-21,000	204,343	0,000	204,343	0,004
-22,000	212,817	0,000	212,817	0,003
-23,000	221,368	0,000	221,368	0,003
-24,000	229,994	0,000	229,994	0,002
-25,000	238,693	0,000	238,693	0,002
-26,000	247,465	0,000	247,465	0,002
-27,800	263,436	0,000	263,436	0,001
-28,800	272,408	0,000	272,408	0,001
-29,800	281,450	0,000	281,450	0,001
-31,800	299,743	0,000	299,743	0,000
-33,800	318,307	0,000	318,307	0,000
-35,000	329,571	0,000	329,571	0,000

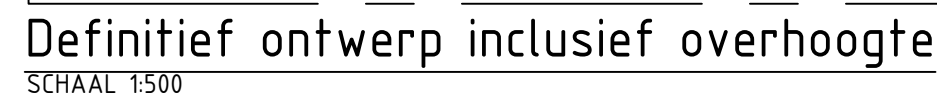
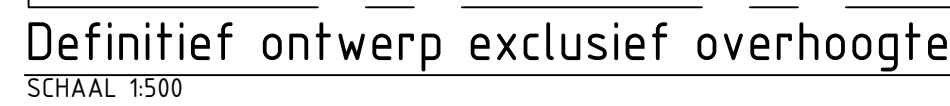
4 Zettingen

4.1 Zettingen

Verticaal nummer	X-coördinaat [m]	Maaiveld [m]	Zetting [m]
1	-25,00	-9,80	0,009
2	-20,00	-9,80	0,010
3	-15,00	-9,80	0,014
4	-10,00	-9,80	0,022
5	-5,00	-9,80	0,053
6	0,00	-9,80	0,525
7	5,00	-9,80	0,924
8	10,00	-9,80	1,048
9	15,00	-9,80	1,176
10	20,00	-9,80	1,274
11	25,00	-9,80	1,210
12	30,00	-9,80	1,115
13	35,00	-9,80	0,895
14	40,00	-9,80	0,459
15	45,00	-9,80	0,047
16	50,00	-9,80	0,021
17	55,00	-9,80	0,014
18	60,00	-9,80	0,010
19	65,00	-9,80	0,009
20	70,00	-9,80	0,008
21	75,00	-9,80	0,008

Einde Rapport

BIJLAGE IX – DEFINITIEF ONTWERP



PROJECT	
Flevokust - Golfbreker	
ONDERWERP	
Definitief ontwerp	
DOCUMENTNR: Bijlage F -> Bijlage IX FASE: D0	FORMAAT: A1
DOCUMENTTYPE: TEKENING	BLAD: 1
CONTRACTNR:	TEKENINGNR: TEK-006
SCHAAL: 1:500	

BIJLAGE G – INTERVIEWS

Interview

Golfbreker Flevokust



Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Interview
Versie: 1.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 11-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Revisie nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Gecontroleerd
1.0	11-6-2016	Concept - Interview	Dennis Dane	Erwin van der Boer

INTERVIEW

Golfbreker Flevokust

Projectnaam: Golfbreker Flevokust
Documenttitel: Interview
Versie: 1.0
Status: Definitief
Opdrachtgever: Gebr. De Koning
Plaats: Papendrecht
Publicatiedatum: 11-6-2016

Auteur: Dennis Dane

Goedkeuring afstudeerbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

Goedkeuring bedrijfsbegeleider:

Naam: _____

Datum: _____

Paraaf: _____

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
2. LIEVENSESCO	2
2.1 MAILWISSELING	2
2.2 VERDER VERLOOP	4
3. BAGGERBEDRIJF DE BOER	7
3.1 MAILWISSELING	7

Bijlage

BIJLAGE I - VRAGEN VOOR LIEVENSE CSO – GOLFHOOGTES.....	12
BIJLAGE II - ANTWOORD VAN LIEVENSECSO	13

1. INLEIDING

Dit document geeft de manier waarop is gecommuniceerd naar externe partijen weer.

2. LIEVENSESCO

De golfbreker is in de tender fase uitbesteed aan het ingenieursbureau LievenseSCO. Dit bedrijf had de beschikking tot alle benodigde golfkarakteristieken. Zelf had ik al de hydraulisch randvoorwaarden en het document van LievenseSCO waarin een voor ontwerp voor de golfbreker is gemaakt. Qua golfkarakteristieken had ik nog veel nodig en veel vragen. De mail wisseling wordt in de onderstaande paragraaf weergegeven:

2.1 MAILWISSELING

Mail nummer: 1	Vraag
Verzend gegevens:	
Van: Dennis Dane [mailto:dennis-dane01@hotmail.com] Verzonden: dinsdag 16 februari 2016 11:59 Aan: Westebing, Fokke LievenseCSO <FWestebing@LievenseCSO.com> CC: e.v.d.boer@gebrdekonig.nl Onderwerp: RE: Golfbreker - afstuderen	
Inhoud mail:	
Beste F. Westebing,	
 Ik heb geprobeerd de vragen zo kort en duidelijk mogelijk te houden.	
De vragen heb ik bijgevoegd in de bijlagen, net als de bestanden waar de vragen over gaan. Bijlage 1 zijn de vragen en bijlage 2 en 3 ondersteunen de vragen.	
Bijlage 1 - Vragen (Vragen voor lievense CSO - golfhoogtes.docx)	
Bijlage 2 - Rapport Lievense CSO (DDTF-N-004-0c Golfbreker.docx)	
Bijlage 3 - Hydraulische Randvoorwaarden RHDHV (DOCUVITP-#1778695-v1-Hydraulische_Randvoorwaarden_Golfbreker.pdf)	
 Ik hoop dat u de vragen kan beantwoorden of gedeeltelijk kan beantwoorden. Alvast bedankt voor uw tijd.	
 Met vriendelijke groeten,	
 Dennis Dane	
Bijlagen:	
Bijlage 1 - Vragen voor lievense CSO - golfhoogtes.docx = Bijlage 1 - Vragen voor lievense CSO - golfhoogtes	
Bijlage 2 - Rapport Lievense CSO (DDTF-N-004-0c Golfbreker.docx) = Rapport van LievenseSCO over de uitbesteedde golfbreker (niet bijgevoegd in dit document)	
Bijlage 3 - Hydraulische Randvoorwaarden RHDHV (DOCUVITP-#1778695-v1-Hydraulische_Randvoorwaarden_Golfbreker.pdf) = de hydraulische randvoorwaarde (niet bijgevoegd in dit document)	

Mail nummer: 2		Antwoord op mail 1
Verzend gegevens:		
Van: Westebring, Fokke LievenseCSO <FWestebring@LievenseCSO.com>		
Verzonden: dinsdag 16 februari 2016 16:59:48		
Aan: Dennis Dane [mailto:dennis-dane01@hotmail.com]		
CC: -		
Onderwerp: RE: Golfbreker - afstuderen		
Inhoud mail:		
Dennis, Ik kom hier op zijn vroegst donderdag op terug. Vandaag en morgen heb ik geen tijd om hier achteraan te gaan. Met vriendelijke groet, ir. Fokke Westebring Projectleider		
Bijlagen:		
-		

Waarop ik een week later geen bericht terug had, dus ben ik gaan bellen naar Dhr. F. Westebring op dinsdag 23 februari. De zelfde dag nog kreeg ik de volgende mail:

Mail nummer: 3 Antwoord op mail 1 als gevolg van het bellen	
Verzend gegevens:	
Van: Westebring, Fokke LievenseCSO <FWestebring@LievenseCSO.com> Verzonden: dinsdag 23 februari 2016 16:00:12 Aan: Dennis Dane [mailto:dennis-dane01@hotmail.com] CC: - Onderwerp: RE: Golfbreker - afstuderen	
Inhoud mail:	
Beste Denis, Sorry voor de vertraging. Hierbij stuur ik je het document met vragen met daarin toegevoegd de antwoorden (zie track changes) Ook stuur ik je de laatste versie van ons rapport mee. De versie 0c die jij stuurde was niet het definitieve rapport zoals we hebben opgeleverd. Daarnaast stuur ik je ook het VO rapport van Royal Haskoning DHV. Het rapport van Alkyon kan ik zo snel niet vinden. Mocht je dat echt nodig hebben en Erwin kan het je ook niet leveren moet je nog maar even vragen dan ga ik het hier aan de opstellers van ons rapport vragen. Met vriendelijke groet, ir. Fokke Westebring Projectleider	
Bijlagen:	
Bijlage 1 – DDTF-N-004-0 (niet bijgevoegd in dit document) Bijlage 2 – 20150204-VO-Rapport-Terminal-Flevokust-MW-AF20140282-versie-5.0-incl.-bijlagen.pdf (niet bijgevoegd in dit document) Bijlage 3 – Vragen voor lievense CSO - golfhoogtes.docx = Bijlage II – Antwoord van LievenseSCO	

2.2 VERDER VERLOOP

Verder heb ik LievenseSCO nog een aantal keer benaderd op de zelfde manier zoals is beschreven in paragraaf 2.1. Ik heb onder andere nog een keer een kaart van de ligging van de vaargeul opgevraagd (vaargeul ligt buiten de scope van mijn afstudeeronderzoek) en het bestand Alkyon, echter gaf zoals in de onderstaande mail te zien, LievenseCSO aan dat zij het bestand ook niet meer in bezit hadden.

Mail nummer: 4	Vragen naar Alkyon bestand
Verzend gegevens:	
Van: Dennis Dane [mailto:dennis-dane01@hotmail.com] Verzonden: maandag 29 februari 2016 16:18 Aan: Westebring, Fokke LievenseCSO <FWestebring@LievenseCSO.com> CC: - Onderwerp: Golfbreker - afstuderen, Alkyon rapport	
Inhoud mail:	
Beste F. Westebring, Ik heb uw rapport aandacht doorgespit, dit rapport is erg handig. Voornamelijk voor bepaalde input. Ik heb nu grote stappen kunnen zetten in het bepalen van de optimale locatie van de golfbreker, inclusief het effect van diffractie. Er wordt inderdaad ook verwezen naar het Alkyon rapport. Ik ben vandaag langs gegaan bij Erwin betreft het Alkyon rapport. Erwin gaf aan dat dit rapport niet in zijn bezit heeft. Ik wil het liefst dit rapport ook gebruiken ter ondersteuning van mijn onderzoek. Ik hoop dat u deze nog kan vinden. Ik hoor graag snel weer en alvast bedankt. Met vriendelijke groeten, Dennis Dane	
Bijlagen:	
-	

Waarna Dhr. Fokke Westebring dit intern heeft gevraagd of ze dit bestand in bezit hadden.

Mail nummer: 5	Intern vragen
Verzend gegevens:	
Van: Westebring, Fokke LievenseCSO Verzonden: 02 March 2016 09:29 Aan: Zwol van, Boye LievenseCSO CC: Dennis Dane (dennis-dane01@hotmail.com) Onderwerp: FW: Golfbreker - afstuderen, Alkyon rapport	
Inhoud mail:	
Boye, Een student is nog bezig met Flevokust en zoekt daarvoor het Alkyon rapport dat jullie ook gebruikt hebben voor de golfbreker studie. Ik kan dat niet vinden op het netwerk. Kan jij hem dat toesturen. Alvast bedankt. Met vriendelijke groet, ir. Fokke Westebring Projectleider	
Bijlagen:	
-	

Mail nummer: 6	Intern reactie
Verzend gegevens:	
Van: Zwol van, Boye LievenseCSO Verzonden: woensdag 2 maart 2016 11:16 Aan: Westebring, Fokke LievenseCSO <FWestebring@LievenseCSO.com> Onderwerp: RE: Golfbreker - afstuderen, Alkyon rapport	
Inhoud mail:	
Het betreffende Alkyon rapport hebben we niet (is niet meegeleverd bij de tenderdocs).	
Met vriendelijke groet,	
ir. Boye van Zwol	
Ingenieur-Specialist	
Bijlagen:	
-	

Mail nummer: 7	Reactie mail 4
Verzend gegevens:	
Van: Westebring, Fokke LievenseCSO <FWestebring@LievenseCSO.com> Verzonden: woensdag 2 maart 2016 12:14:50 Aan: Dennis Dane [mailto:dennis-dane01@hotmail.com] CC: - Onderwerp: RE: Golfbreker - afstuderen	
Inhoud mail:	
Dennis,	
Zie reactie onder. wij hebben het rapport ook niet.	
Met vriendelijke groet,	
ir. Fokke Westebring	
Projectleider	
Bijlagen:	
-	

3. BAGGERBEDRIJF DE BOER

Baggerbedrijf de Boer en Gebr. de Koning hebben zich samen ingeschreven in de tender. Mijn bedrijfsbegeleider gaf aan dat baggerbedrijf de Boer de prijzen had wat de golfbreker betreft. Ik heb toen ook naar baggerbedrijf de Boer gemaïld om een aantal prijzen op te vragen.

3.1 MAILWISSELING

Mail nummer: 1 Vraag

Verzend gegevens:

Van: Dennis Dane [mailto:dennis-dane01@hotmail.com]
Verzonden: dinsdag 19 april 2016 11:39
Aan: Patrick de Laat
CC: e.v.d.boer@gebrdekoning.nl
Onderwerp: Prijzen golfbreker project Flevokust - afstudeeropdracht

Inhoud mail:

Beste P. de Laat,

Ik wil me graag als eerst voorstellen, ik ben Dennis Dane en ik studeer momenteel af bij Gebr. de Koning op het onderwerp "golfbreker voor project Flevokust". Ik ben verwezen door Erwin van der Boer betreft prijzen voor materieel en materiaal.

Momenteel zit ik in de varianten studie fase van mijn afstuderen. Ik heb de meeste van mijn varianten zodanig uitgewerkt dat ik (vrijwel) alle dimensies heb bepaald. Ik kom nu aan op het punt om een prijsindicatie te geven per variant. Echter heb ik totaal geen idee wat bepaald materieel en materiaal zou kosten. Ik hoop dat u mij een aantal prijzen of als dit niet mogelijk is een indicatie van prijzen kan geven van bepaald materiaal / materiaal. Ik bereken de prijs van een variant per strekkende meter.

Indien mogelijk zou ik graag de prijs of indicatie van de prijs van de volgende onderdelen verkrijgen (het gaat voornamelijk om de gradering, maar ik heb voor de zekerheid ook de berekende nominale steen diameter, gewicht van de steen, en aantal stenen per strekkende meter, mee gestuurd):

Variant 1 - Stortstenen golfbreker helling 1:1,5 met filter laag en kern:

1. Armour laag stortstenen 1000-3000 kg
 - W50 932 kg
 - Dn50 0,706 m
 - 29 stenen per strekkende meter
2. Filter laag stortstenen 60-300 kg
 - W50 60 kg
 - Dn50 0,283 m
 - 83 stenen per strekkende meter
3. Teen stortstenen 60-300 kg
 - W50 56 kg
 - Dn50 0,276 m
 - 11 stenen per strekkende meter
4. Kern grind 45/180 (quarry-run / grind)
 - W50 3,8 kg
 - Dn50 0,11 m
 - Oppervlakte 163,5 m²

Variant 2 - Stortstenen golfbreker helling 1:1,5 zonder filter laag en kern:

1. Kern stortstenen 300-1000 kg
 - W50 517 kg
 - Dn50 0,580 m
 - 613 stenen per strekkende meter

Voor varianten 3 en 4 heb ik voldoende aan de beantwoording van variant 1 & 2.

Variant 5 - Geocontainer in combinatie met geotube

1. Geocontainer
 - Vulling: 240 m³
 - Omtrek: 16,6 m
 - Breedte: 7,6 m
 - Hoogte: 1,5 m
 - Vullingpercentage: 80% gevuld
 - Geolon 200 PP
2. Spleijbak schip beunlengte 26,8 meter (indien mogelijk ook de max. openingsbreedte spleijbak);
3. Plaatsen van geotube met de afmetingen:
 - Breedte: 3,28 m
 - Hoogte: 1,5 m
 - Vullingpercentage: 80% gevuld
4. Zand voor in geocontainer;
5. Kosten voor vullen van geocontainer met zand;

Ik heb in principe genoeg aan de kosten van zand met de bijbehorende uitvoeringskosten voor het plaatsen van een geocontainer. Desondanks heb ik toch wat informatie extra gegeven, mocht u hier wat aan hebben. Ik heb de afmetingen van de beunlengte direct uit CUR 217 met de bijbehorende geocontainer. Ik zou graag van een spleijbak schip ook de maximale openingsbreedte willen weten, mocht u deze weten. Ik maak in het ontwerp gebruik van 15 geocontainers en 4 geotubes.

Ik hoop dat de vragen en informatie duidelijk zijn. Mocht er iets niet duidelijk zijn, dan hoor ik dat graag. Verder hoop ik ook dat u mijn vragen kan/mag beantwoorden. Ik hoor graag weer zo snel mogelijk van u.

Met vriendelijke groeten,

Dennis Dane

Bijlagen:

-

Mail nummer: 2		Antwoord op mail 1
Verzend gegevens:		
From: PdeLaat@dutchdredging.nl To: dennis-dane01@hotmail.com Date: Tue, 19 Apr 2016 18:23:27 +0200 Subject: RE: Prijzen golfbreker project Flevokust - afstudeeropdracht		
Inhoud mail:		
Zit je op kantoor in Papendrecht? Wellicht dat ik morgen of overmorgen even naar jullie kantoor kom voor wat andere zaken. Kunnen we gelijk onderstaande even doornemen. Groet, Patrick		
Bijlagen:		
-		

Mail nummer: 3		Antwoord op mail 2
Verzend gegevens:		
From: dennis-dane01@hotmail.com To: PdeLaat@dutchdredging.nl Date: Tue 19 april 2016 19:41:13 Subject: RE: Prijzen golfbreker project Flevokust - afstudeeropdracht		
Inhoud mail:		
Beste P. de Laat, Ik ben morgen aanwezig op het kantoor in Papendrecht van 07:45 tot 17:00. Overmorgen heb ik een afspraak op met mijn school, dus kan ben ik niet aanwezig. Met vriendelijke groeten, Dennis Dane		
Bijlagen:		
-		

Echter is Patrick nooit langs gekomen. Ook die dagen in de zelfde week na de mail. Die vrijdag heb ik hem gebeld met de vraag of hij nog zou langskomen. Hij verontschuldigde zich, hij was de afspraak vergeten. Hij zou mij later die middag terug bellen (rond 1300), echter was dit hem ook ontglipt. Ik stuurde hem vrijdag middag nog een mail:

Mail nummer: 4 Vraag om reactie	
Verzend gegevens:	
From: dennis-dane01@hotmail.com To: PdeLaat@dutchdredging.nl Date: Tue 19 april 2016 19:41:13 Subject: RE: Prijzen golfbreker project Flevokust - afstudeeropdracht	
Inhoud mail:	
Beste P. de Laat, Het is mij niet meer duidelijk of ik zou bellen, of ik gebeld zou worden. Maar je gaf aan dat ik in principe maandag kon langskomen. Ik ben maandag heel de dag beschikbaar behalve tussen 11:00 en 13:00 uur. Met vriendelijke groeten, Dennis Dane	
Bijlagen:	
-	

Maandag ochtend kreeg ik vervolgens antwoord van Patrick wat de prijzen betreft:

Mail nummer: 4 Vraag om reactie	
Verzend gegevens:	
From: PdeLaat@dutchdredging.nl To: dennis-dane01@hotmail.com CC: e.v.d.boer@gebrdekoning.nl Date: Mon, 25 Apr 2016 07:37:17 +0200 Subject: RE: Prijzen golfbreker project Flevokust - afstudeeropdracht	
Inhoud mail:	
Beste Dennis, Excuses het is me opnieuw ontschoten. Komende week heb ik een volle agenda. Heeft vast te maken met mijn vakantie van volgende week. ;-) Hieronder een korte reactie op wat prijzen voor de afwegingen. Leverantie prijzen franco aangebracht in het werk: Stortsteen 1000-3000 kg ca 27,50 per ton Kern stortstenen 300-1000 kg ca 25 per ton Stortsteen 60-300 kg ca 22,50 per ton Kern materiaal 45/180 (quarry-run / grind) ca 15,00 tot 17,50 per ton Zand (schoon) ca 5,00 tot 7,50 per m3 (sterk markt afhankelijk) Zand (secundair) ca 2,50 tot 5,00 per m3 (sterk markt afhankelijk) Geocontainer of –tubes weet ik niet exact. Een stuk doek kost ca 1,00 per m2 met daarbij wat manuren arbeid zou mijn benadering zijn.	

Een geotube kost ca 10 per m3 inhoud heb ik me weleens laten vertellen.

Zink- of kraagstuk ca 5,00 per m2

Succes met je opdracht en ik hoop dat je hiermee wat verder weet te komen.

Groet,

Patrick

Bijlagen:

-

Dit is hoe het contact met baggerbedrijf de Boer is verlopen.

BIJLAGE I - VRAGEN VOOR LIEVENSE CSO – GOLFHOOGTES

Beste Fokke Westebring,

Uitleg:

Figuur 1 komt uit jullie rapport over de golven bij Flevokust. Ik heb deze waarde vergeleken met die uit de hydraulische randvoorwaarden. Deze komen niet overeen met elkaar. Nu heb ik begrepen dat u in jullie rapport de maxima centrale heb meegenomen, en dat het rapport niet meer geldig is. Ook is het mij niet helemaal duidelijk op welke locatie jullie de gegevens hebben gebruikt uit de hydraulische randvoorwaarden.

Vragen:

1. In het rapport heeft u het over punt P2. In figuur 3 heb ik een kaart meegestuurd met de punten uit de hydraulische randvoorwaarden. Is punt P2 ook point 2 zoals beschreven in de hydraulische randvoorwaarden?
 - A. Waarom heeft u voor punt P2 gekozen?
2. Zou u de berekeningen van figuur 1 willen delen? Of wanneer dit niet kan:
 - A. In het geval dat u door middel van figuur 2 factoren heeft gebruikt om tot figuur 1 te komen: Welke factoren heeft u meegenomen om de golfhoogte te reduceren of juist groter te maken. Zoals bijvoorbeeld diffractie, refractie, reflectie, shoaling of andere factoren. Om zo te komen tot de golfhoogte in figuur 1.
 - B. Of heeft u zelf de golfhoogtes bepaald ten gevolgen van de wind en strijklengte, en heeft u dan ook de maxima centrale meegenomen met factoren (refractie, diffractie, shoaling, enz.)?
 - C. Hoe heeft u de Maxima centrale beschouwd, wanneer deze is meegenomen? Zoals bijvoorbeeld een vlakke zeebodem, waar golven tegen een rechte kade komen.
3. Uit het rapport is mij niet duidelijk welke kant op de graden gaan. Mij lijkt dat de graden met de klok mee gaan. Dus 90 graden zijn golven vanuit het Oosten naar het Westen. Klopt dit?
4. Welke golven adviseert u dat ik gebruik, uit de hydraulische randvoorwaarden(figuur 2) of uit u rapport(figuur 1)? Want in uw rapport geeft u aan dat de hydraulische randvoorwaarden zijn gewijzigd , waardoor dit rapport niet meer geldig is.
 - A. Wat adviseert u dat ik nog moet doen met die golven? Ten gevolgen van wat (Factoren als diffractie ten gevolgen van de Maxima centrale, shoaling ten gevolgen van ondieper worden van de bodem, reflectie ten gevolgen van de Maxima centrale, enz..)
5. In het rapport komt naar voren dat er verder onderzoek moet worden gedaan naar windopzet en andere lokale effecten, wat zijn de andere lokale effecten?
6. Heeft u misschien nog tips, of handige literatuur die u mij kan aanbevelen?

Ik hoop dat u deze vragen kunt beantwoorden, of gedeeltelijk kunt beantwoorden. Bedankt voor uw tijd, en ik hoor graag snel weer.

Met vriendelijke groeten,

Dennis Dane

Figuren ter ondersteuning van de vragen. In de mail heb ik ook de bestanden in de bijlagen gedaan, waar deze figuren in zijn terug te vinden. En welke mijn vragen ondersteunen.

hoofdrichting (graden)	360	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	totaal
Hs (m)	18.87	2.3	1.76	2.79	1.98	7.08	5.84	10.7	19.46	11.92	7.46	9.83	100
0.05	17.28	1.19	0.62	0.48	0.03	0.02	0.86	7.21	18.25	11.45	7.16	9.48	74.03
0.1	14.62	0.27	0.05	0.01	0	0	0.03	2.37	14.34	10.36	6.65	8.95	57.65
0.15	12.16	0.02	0	0	.	.	0	0.61	9.68	8.75	5.8	8.32	45.35
0.2	9.99	0	0	.	.	.	.	0.1	5.83	7.03	4.9	7.55	35.4
0.25	8.11	0	0	.	.	.	.	0.01	3.49	5.21	3.9	6.7	27.42
0.3	6.37	0	0	.	.	.	.	0	1.96	3.7	2.98	5.84	20.86
0.35	4.83	0	.	.	.	.	.	0	0.91	2.59	2.16	4.94	15.42
0.4	3.4	0	.	.	.	.	.	.	0.39	1.66	1.69	3.94	11.08
0.45	2.23	0	.	.	.	.	.	.	0.18	1	1.27	3.02	7.71
0.5	1.45	0	.	.	.	.	.	.	0.1	0.59	0.93	2.17	5.23
0.55	0.88	0	.	.	.	.	.	.	0.05	0.33	0.62	1.38	3.25
0.6	0.45	0	.	.	.	.	.	.	0.03	0.19	0.39	0.81	1.86
0.65	0.23	0	.	.	.	.	.	.	0.02	0.1	0.24	0.48	1.06
0.7	0.15	.	.	.	.	.	.	.	0.01	0.05	0.15	0.27	0.63
0.75	0.09	.	.	.	.	.	.	.	0.01	0.02	0.08	0.16	0.36
0.8	0.06	.	.	.	.	.	.	.	0	0.01	0.04	0.11	0.22
0.9	0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01	0.02	0.04
1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	0.01
1.1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Figuur 1, Golven per windrichting uit DDTF-N-004-0C Golfbreker in punt P2

Uitvoerlocatie 2

Hm0 (m)	Dir (deg. N)												All classes
	-15.00	15.00	45.00	75.00	105.00	135.00	165.00	195.00	225.00	255.00	285.00	315.00	
0.00	12.651	5.974	11.832	5.246	3.238	5.375	7.812	23.688	8.974	3.899	1.911	9.399	100.000
0.05	12.246	5.572	11.236	5.022	3.188	5.219	7.707	23.000	8.775	3.726	1.729	9.128	96.547
0.10	11.524	5.026	10.304	3.732	2.291	4.055	6.321	21.988	7.931	3.418	1.449	8.339	86.376
0.15	10.594	4.287	8.409	2.273	1.053	1.852	3.999	19.282	6.235	2.874	1.037	7.095	68.989
0.20	9.902	3.932	6.863	1.608	0.296	1.107	2.835	16.566	5.032	2.486	0.731	6.250	57.609
0.25	8.725	3.264	5.289	0.774	0.094	0.513	1.673	12.002	3.562	1.885	0.388	5.443	43.611
0.30	7.255	2.907	3.390	0.185	0.037	0.174	0.823	8.085	2.390	1.390	0.121	4.141	30.898
0.35	6.268	2.324	2.363	0.109	0.008	0.064	0.468	5.564	1.679	1.080	0.111	3.332	23.370
0.40	5.278	1.916	1.575	0.076	0.002	0.029	0.290	4.020	1.183	0.895	0.111	2.714	18.091
0.45	4.153	1.488	1.142	0.051	0.000	0.012	0.191	2.574	0.753	0.675	0.109	1.950	13.096
0.50	3.437	1.142	0.762	0.039	0.000	0.006	0.060	1.367	0.458	0.480	0.109	1.495	9.356
0.55	2.591	0.918	0.491	0.031	0.000	0.002	0.025	0.694	0.277	0.304	0.107	1.002	6.443
0.60	1.698	0.610	0.304	0.018	0.000	0.000	0.014	0.341	0.135	0.181	0.099	0.618	4.018
0.65	1.219	0.468	0.216	0.014	0.000	0.000	0.010	0.203	0.090	0.133	0.088	0.476	2.915
0.70	0.860	0.269	0.082	0.006	0.000	0.000	0.002	0.103	0.053	0.072	0.076	0.290	1.813
0.75	0.560	0.090	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.031	0.043	0.062	0.203	1.078
0.80	0.406	0.033	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.019	0.029	0.045	0.133	0.716
0.85	0.252	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.008	0.010	0.031	0.088	0.425
0.90	0.191	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.006	0.006	0.016	0.062	0.296
0.95	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.002	0.008	0.039	0.193
1.00	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.004	0.029	0.150
1.05	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.002	0.014	0.078
1.10	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.010	0.045
1.15	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.018
1.20	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.008
1.25	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006
1.30	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
1.35	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Total	12.651	5.974	11.832	5.246	3.238	5.375	7.812	23.688	8.974	3.899	1.911	9.399	100.000

Figuur 2, Golven per windrichting uit hydraulische randvoorwaarden in punt 2.



Figuur 3, Locatie uit hydraulische randvoorwaarden

BIJLAGE II - ANTWOORD VAN LIEVENSEC SO

Beste Fokke Westebring,

Uitleg:

Figuur 1 komt uit jullie rapport over de golven bij Flevokust. Ik heb deze waarde vergeleken met die uit de hydraulische randvoorwaarden. Deze komen niet overeen met elkaar. Nu heb ik begrepen dat u in jullie rapport de maxima centrale heb meegenomen, en dat het rapport niet meer geldig is. Ook is het mij niet helemaal duidelijk op welke locatie jullie de gegevens hebben gebruikt uit de hydraulische randvoorwaarden.

Vragen:

1. In het rapport heeft u het over punt P2. In figuur 3 heb ik een kaart meegestuurd met de punten uit de hydraulische randvoorwaarden. Is punt P2 ook point 2 zoals beschreven in de hydraulische randvoorwaarden?
 - A. Waarom heeft u voor punt P2 gekozen?

Nee. Let op eerst is een review gedaan van het voorontwerp van Royal Haskoning DHV. Zij gebruiken het Alkyon rapport uit 2008 en punt P2 uit dat Alkyon rapport.

Later heeft Royal Haskoning de hydraulische randvoorwaarden opgesteld.

Dus bekijk de locaties van de punten uit het Alkyon rapport en de punten uit de hydraulische randvoorwaarden.

2. Zou u de berekeningen van figuur 1 willen delen? Of wanneer dit niet kan: De berekeningen uit figuur 1 zijn niet door ons gemaakt maar komen uit het voorontwerp van Royal Haskoning DHV. Wij kunnen de berekeningen dus niet delen.
 - A. In het geval dat u door middel van figuur 2 factoren heeft gebruikt om tot figuur 1 te komen: Welke factoren heeft u meegenomen om de golfhoogte te reduceren of juist groter te maken. Zoals bijvoorbeeld diffractie, refractie, reflectie, shoaling of andere factoren. Om zo te komen tot de golfhoogte in figuur 1. Figuur 1 niet van ons. Voor onze berekeningen zie ons laatste rapport.
 - B. Of heeft u zelf de golfhoogtes bepaald ten gevolgen van de wind en strijklengte, en heeft u dan ook de maxima centrale meegenomen met factoren (refractie, diffractie, shoaling, enz.)? zie laatste versie van het rapport. Wij hebben geen wind en strijklengte berekeningen gemaakt maar we hebben wel rekening gehouden met effect van maxima centrale door golven uit bepaalde richtingen niet mee te nemen.
 - C. Hoe heeft u de Maxima centrale beschouwd, wanneer deze is meegenomen? Zoals bijvoorbeeld een vlakke zeebodem, waar golven tegen een rechte kade komen. Zier vorige punt. Golven uit noordelijke richtingen die door de maxima centrale niet rechtstreeks naar de terminal kunnen lopen zijn uitgesloten.

3. Uit het rapport is mij niet duidelijk welke kant op de graden gaan. Mij lijkt dat de graden met de klok mee gaan. Dus 90 graden zijn golven vanuit het Oosten naar het Westen. Klopt dit? [Klopt 360 graden is golven van noord naar zuid, 90 graden van oost naar west, 180 graden van zuid naar noord, 270 graden van west naar oost.](#)

4. Welke golven adviseert u dat ik gebruik, uit de hydraulische randvoorwaarden(figuur 2) of uit u rapport(figuur 1)? Want in uw rapport geeft u aan dat de hydraulische randvoorwaarden zijn gewijzigd, waardoor dit rapport niet meer geldig is. [Wij hebben uiteindelijk ook hydraulische randvoorwaarden gebruikt.](#)

A. Wat adviseert u dat ik nog moet doen met die golven? Ten gevolgen van wat (Factoren als diffractie ten gevolgen van de Maxima centrale, shoaling ten gevolgen van ondieper worden van de bodem, reflectie ten gevolgen van de Maxima centrale, enz..)

[zie onze laatste rapportage voor wat wij wel en niet hebben meegenomen voor een redelijke inschatting in de tender fase maar ook wat er contractueel nog zou moeten gebeuren als we het definitieve ontwerp moeten maken.. Ik weet niet hoe diep jij moet gaan, hoeveel tijd je hebt en welke modellen je tot je beschikking hebt.](#)

5. In het rapport komt naar voren dat er verder onderzoek moet worden gedaan naar windopzet en andere lokale effecten, wat zijn de andere lokale effecten? [Zie ook laatste rapport maar hier gaat het vooral om wat er nog met de golven gebeurt achter de golfbreker. In onze sommen gaan we er vanuit dat de golven die voorbij de golfbreker komen daarna gewoon ongehinderd en onveranderd doorlopen tot aan de terminal.](#)

6. Heeft u misschien nog tips, of handige literatuur die u mij kan aanbevelen? [Zie vooral referenties in laatste versie van ons rapport. Dat hebben wij nodig gehad voor onze analyse.](#)

Ik hoop dat u deze vragen kunt beantwoorden, of gedeeltelijk kunt beantwoorden. Bedankt voor uw tijd, en ik hoor graag snel weer.

Met vriendelijke groeten,

Dennis Dane

Figuren ter ondersteuning van de vragen. In de mail heb ik ook de bestanden in de bijlagen gedaan, waar deze figuren in zijn terug te vinden. En welke mijn vragen ondersteunen.