



Elektronicaweg 2, 2628 XG Delft, Postbus 5094, 2600 GB Delft
T +31 15 750 16 00 W rps.nl

BIJLAGE A. PLAN VAN AANPAK AFSTUDEREN

Berekenen van een steile wand constructie in gewapende grond op een slappe ondergrond.

Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 2.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst
Afstudeerder

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
1.1.	Het onderwerp	1
1.2.	Aanleiding	1
1.3.	Doelstelling van de scriptie	1
1.4.	Onderzoeksvragen.....	1
1.4.1.	Hoofdvraag	1
1.4.2.	Deelvragen.....	1
1.5.	Relevantie van het onderzoek	2
1.6.	Leeswijzer	2
2.	PLAN VAN AANPAK	3
2.1.	Aanleiding Plan van Aanpak.....	3
2.1.1.	Het bedrijf.....	3
2.1.2.	De opleiding	3
2.2.	Doel Plan van Aanpak	3
3.	HET BEDRIJF.....	4
3.1.	Beschrijving.....	4
3.2.	Organisatie.....	4
4.	ONDERWERP VAN HET ONDERZOEK.....	5
4.1.	Projectkader	5
4.2.	Probleemstelling (hoofdvraag).....	5
4.3.	Doestelling onderzoek	6
4.4.	Belang.....	6
4.5.	Resultaten (SMART).....	6
4.5.1.	Specifiek	6
4.5.2.	Meetbaar	6
4.5.3.	Aanwijsbaar/Acceptabel	6
4.5.4.	Realistisch.....	7
4.5.5.	Tijdsgebonden	7
4.6.	Afbakening	7
5.	PROJECTACTIVITEITEN.....	8
5.1.	Projectmanagement.....	8
5.2.	Plan van Aanpak.....	8
5.3.	Bijeenkomsten en gesprekken.....	8
5.4.	Best practices	8
5.5.	Literatuuronderzoek	8
5.6.	Software gebruik.....	8
5.7.	Rapportage	8
5.8.	Presentaties	8
5.9.	Product Breakdown Structure	9
6.	COMMUNICATIE	10
6.1.	Afstudeerder	10
6.2.	Opdrachtgever	10
6.3.	Schoolbegeleider	10
7.	FASERING EN PLANNING	11
7.1.	Fasering	11
7.2.	Planning	11

8. KWALITEIT12

8.1. Waarborging kwaliteit12

8.2. Hulpmiddelen12

8.3. Benodigde personen12

9. RISICO'S13

9.1. Interne risico's13

9.2. Externe risico's13

10. BIBLIOGRAFIE.....14

BIJLAGEN:

- A. Planning

1. INLEIDING

1.1. Het onderwerp

Dit plan van aanpak is geschreven als leidraad voor het schrijven van een scriptie over gewapende grond. Gewapende grond is een constructie die gebruikt wordt om grond te keren door het gebruik van een gewapend massief. Dit gewapende massief bestaat meestal uit een grof korrelige grondsoort waar wapening in verschillende vormen wordt toegepast. Door de wrijving tussen de wapening en de grond wordt het geheel een veel sterkere constructie die gebruikt kan worden als muur.

1.2. Aanleiding

Stel dat je op het strand bent, en je wilt graag een zandkasteel bouwen. Als je alleen droog zand gebruikt lukt het natuurlijk niet om een mooie toren te maken. Wanneer je nat zand gebruikt, blijft de toren wel staan en kan deze mooi worden opgebouwd. Gewapende grond werkt ongeveer als nat zand, alleen wordt de grond niet bij elkaar gehouden door water maar door de wapening.

Gewapende grond wordt op dit moment weinig gebruikt omdat de kennis die benodigd is, weinig tot niet te vinden is binnen de Nederlandse bouw. De constructie zijn vaak ook goedkoper en een stuk duurzamer dan de veelgebruikte traditionele methodes. Veel van het werk en kennis wordt geïmporteerd vanuit Duitsland, hierbij wordt er gebruik gemaakt van de Duitse norm. RPS wilt graag een onderzoek naar de manier van berekenen van gewapende grond aan de hand van de Nederlandse norm, hiermee wordt ook kennis gecreëerd voor het vaker toepassen van gewapende grond.

1.3. Doelstelling van de scriptie

De doelstelling van dit project is het maken van duidelijke onderscheiding van verschillende soorten gewapende grond op een zwakke ondergrond, variërend op onder andere:

- Hoogte
- Soort ondergrond
- Belastingen
- Levensduur

Om een duidelijke keuze te kunnen maken voor een muur die voor gekozen gegevens (Bijvoorbeeld: hoogte: 5 meter, Ondergrond: Veen, Belasting: 5 kN/m² en 80 jaar levensduur) optimaal is, wordt er een MCA gemaakt.

Als eindproduct moet er een weergave komen in de vorm van een grafiek, tabel of rekensysteem dat duidelijk maakt welk soort muur optimaal is voor de opgegeven situatie.

1.4. Onderzoeksvragen

1.4.1. Hoofdvraag

Wat is de optimale steile wand constructie van gewapende grond op een slappe ondergrond, daarbij lettend op hoogte, ondergrond, belastingen en CO₂-emissies?

1.4.2. Deelvragen

1. Wat zijn de huidige mogelijkheden voor een steile wand constructie die kunnen worden gebruikt op een slappe ondergrond?
2. Aan welke normen en regelgeving moeten gewapende grondconstructies voldoen in de huidige Eurocode en welke bezwijkmechanismes of rekenmodellen zijn er voor grondkerende constructies?
3. Wat is de meest optimale grondkerende constructies in vooraf bepaalde situatie?
4. Kan de gewapende grond constructie verder geoptimaliseerd worden aan de hand van de gevonden waarde?

1.5. Relevantie van het onderzoek

Tegenwoordig wordt door wereld steeds meer gekeken naar de impact van de mensheid op het klimaat en omgeving. Er wordt dus steeds vaker voor innovatieve en duurzame oplossingen gekozen, ook in het bouwen van keermuren. De gewapende grond constructie heeft een veel minder grote impact op het milieu dan meest andere keerconstructies omdat het veel minder materialen nodig heeft bij het bouwen van de constructie en vanwege de lage impact op de omgeving. Hierbij komt er ook nog dat het gebruik van deze constructies, financieel voordeliger kan zijn dan de andere mogelijkheden. Verder is het belangrijk dat deze constructies via Nederlandse norm worden onderzocht en dat de kennis van dit soort constructies ook in Nederland beschikbaar is.

1.6. Leeswijzer

Als eerst wordt het plan van aanpak besproken en de aanleiding en doel hiervan om vast te stellen wat alle partijen willen van het onderzoek. Hierna wordt er gekeken naar het afstudeerbedrijf en wat voor werkzaamheden er binnen het bedrijf gebeuren. Hierna wordt het onderwerp van het onderzoek beschreven en uitgelegd. In hoofdstuk 5 worden vervolgens alle projectactiviteiten toegelicht en hoofdstuk 6 wordt vervolgens de communicatie mogelijkheden tussen belangrijke personen vastgelegd. Hierna wordt er nog aandacht besteed aan een planning, eventueel optredende risico's en kwaliteit waarborging.

2. PLAN VAN AANPAK

2.1. Aanleiding Plan van Aanpak

Het Plan van Aanpak wordt gebruikt bij het vaststellen van kaders voor het onderzoek dat bij de scriptie wordt gedaan. Het probleem en de hierbij op te lossen onderzoeksvragen, worden in dit plan vastgesteld en gebruikt als een rode draad door het gehele onderzoek. De inhoud van dit Plan van Aanpak kan veranderen aan de hand van brede interpretatie van de onderzoeksvragen en de invloed hiervan op de inhoud van het onderzoek.

2.1.1. Het bedrijf

RPS start een onderzoek naar gewapende grond, dit onderzoek wordt gedaan door Jasper Borst, student Civiele techniek aan de Hogeschool Rotterdam. Voordat de student aan de slag kan gaan met het onderzoek, moet er een duidelijke rode draad zichtbaar zijn voor het bedrijf. Dit wordt gedaan aan de hand van dit plan van aanpak. RPS kan aan de hand van het plan van aanpak zien waar de student mee aan de slag gaat en waar de grenzen liggen van dit verslag.

2.1.2. De opleiding

Bij de opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam moet er in het kader van afstuderen een scriptie over een actueel onderwerp uit het bedrijfsleven worden geschreven. Deze scriptie moet worden geschreven als afsluiting van het afstuderen en wordt als belangrijkste beschouwd binnen deze module. Voor het in beeld brengen van het onderzoeksonderwerp voor de opleiding wordt een Plan van Aanpak geschreven.

2.2. Doel Plan van Aanpak

Om te zorgen dat tijdens het onderzoek niet teveel wordt afgeweken van het onderwerp en om er voor te zorgen dat het onderzoek niet te breed wordt, wordt er in het Plan van Aanpak kaders en eindresultaat vastgesteld. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat er duidelijke sturing kan worden gegeven aan de planning en vordering van de onderzoeksperiode. Het doel van het Plan van Aanpak is dan ook: het duidelijk maken van de achterliggende opdracht van het onderzoek.

3. HET BEDRIJF

3.1. Beschrijving

RPS Nederland is een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau voor omgevings- en veiligheidsvraagstukken met zelfstandige laboratoria. Dagelijks werken we voor bedrijven, overheden en inspecties aan een betere leef-, woon- en werkomgeving.

RPS Nederland is onderdeel van RPS Group plc. Een Engels beursgenoteerd adviesbureau dat wereldwijd met 5000 medewerkers actief is in milieu- en energieopgaven.

RPS is opgericht in 1972 in Engeland als een Rural Planning Services door Michael Boddington en is sinds dien uitgegroeid naar een bedrijf met 85 vestigingen verspreid over Australië, Canada, Engeland, Ierland, Nederland, Rusland, Verenigde Staten en Zuidoost-Azië.

RPS is in 1997 naar Nederland gekomen door de overname van BAK Nederland. Hierna is het doorgegroei door de overname van Ascor (2001), Ingenieursbureau BCC (2004) en Kraan Consulting (2008).

In het Nederlandse bedrijf worden de volgende diensten aangeboden:

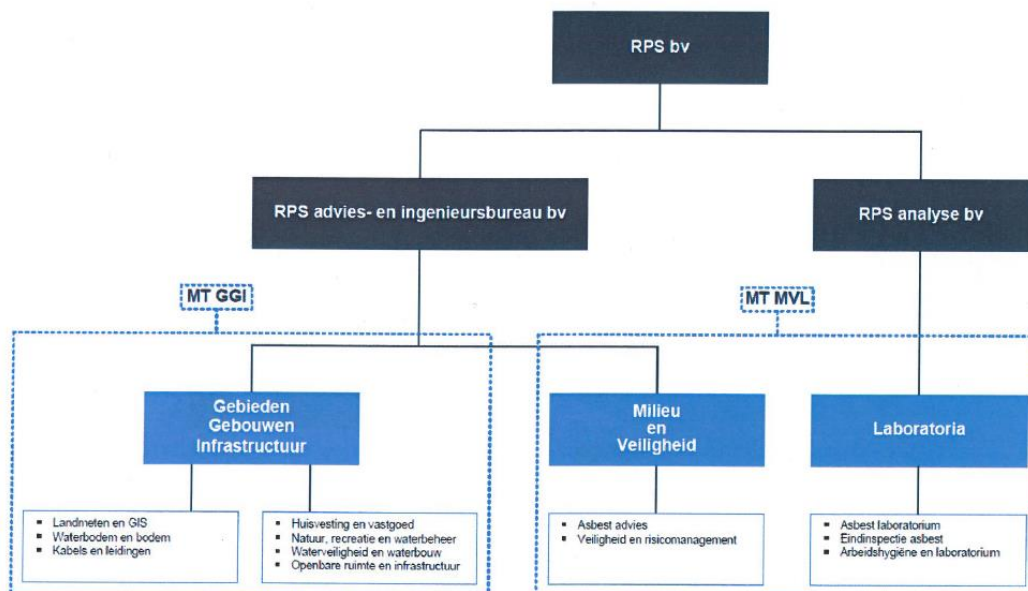
- Laboratoria: Asbest, arbeidshygiënisch en milieutechnisch onderzoek.
- Asbest: Onderzoek en inventarisatie tot en met de begeleiding van asbestprojecten.
- Veiligheid: Beheersen van risico's, verbeteren van prestaties.
- Gebieden: De inrichting én het beheer van stad en land.
- Gebouwen: Integrale aanpak onderhoud, beheer en herontwikkeling van vastgoed.
- Infrastructuur: Harde infrastructuur, water en geo-informatie

Over de hele wereld werken er meer dan 5000 mensen binnen RPS Group plc en in RPS Nederland werken ongeveer 400 mensen.

3.2. Organisatie

De organisatie van RPS Nederland bestaat uit twee takken: RPS advies- en ingenieursbureau bv & RPS analyse bv. Deze twee takken zijn gemaakt om het advies en keuringen hiervan gescheiden te houden. Binnen deze organisatie wordt onderscheid gemaakt in 3 verschillende afdelingen met daaronder vallende teams. Deze indeling staat hieronder in figuur 1.1 weergegeven.

Organisatieschema
1 januari 2015 - PZ



Figuur 3.1: Organisatieschema

4. ONDERWERP VAN HET ONDERZOEK

4.1. Projectkader

RPS wilt een onderzoek starten naar gewapende grond constructies, dit wordt onderzoek moet een alternatief bieden voor de traditionele oplossingen zoals stalen damwanden of een betonnen prefab elementen. Omdat er bij gewapende grond geen funderingspalen of damwandplanken in de grond worden aangebracht, kan de overlast voor de omgeving minder zijn. Ook zijn de kosten voor gewapende grond minder dan de traditionele oplossingen. Hierbij komt ook dat een gewapende grond constructie veel milieu vriendelijker en duurzamer kan zijn dan de andere oplossingen.

Het toepassen van gewapende grond op een zwakke ondergrond is alleen relatief moeilijk omdat het funderen van deze verticale muur geen optie is. Dit neemt namelijk een van de voordelen van gewapende grond weg.

De berekeningsmethodiek benodigd voor dit onderwerp is de focus van het onderzoek, het bedrijf heeft interesse naar een optimale berekeningsmethode voor gewapende grond. Dit zal worden geschreven aan de hand van de Nederlandse norm via de CUR 192.

Hierbij zal ook naar het aspect duurzaam worden gekeken, gezien dit een grote toevoeging kan zijn aan de kwaliteit van het ontwerp van een verticaal gewapende grondconstructie. Dit zal worden gedaan aan de hand van duurzaam GWW, waarmee er een vergelijk zal worden gemaakt met de traditionele methodes. Er wordt ook geprobeerd een duurzaamheid vergelijking te maken tussen verschillende materialen binnen de gekozen ontwerpen om te kijken wat voor een effect dit heeft op de constructie. Dit onderdeel kan wegvallen omdat er misschien niet genoeg tijd/ruimte voor is.

De criteria voor duurzaamheid worden bepaalt in een apart document dat de eisen en wensen specificeert uit duurzaam GWW. Dit zal het deel van duurzaamheid af kaderen en ervoor zorgen dat hier een duidelijke specificatie voor is.

4.2. Probleemstelling (hoofdvraag)

De probleemstelling en tevens de hoofdvraag van dit onderzoek is als volgt geformuleerd:

Wat is de optimale steile wand constructie op een slappe ondergrond per situatie, daarbij lettend op hoogte, ondergrond en duurzaamheid.

Deelvragen die het beantwoord van de probleemstelling verduidelijk zijn:

1. Wat zijn de huidige mogelijkheden voor een verticale muur constructie die kunnen worden gebruikt op een slappe ondergrond?
2. Aan welke normen en regelgeving moet een gewapende grond constructies voldoen in de huidige Eurocode?
3. Welke bezwijkmechanismes en rekenmodellen zijn er voor grondkerende constructies?
4. Wat is de meest optimale grondkerende constructies volgens een MCA in een bepaalde situatie?

4.3. Doestelling onderzoek

De doestelling van dit project is het maken van duidelijke onderscheiding van verschillende soorten gewapende grond op een zwakke ondergrond, variërend op onder andere:

- Hoogte
- Soort ondergrond
- Belastingen
- Levensduur

Het doel is om aan de hand van deze punten 3 varianten op te stellen die als maatgevend kunnen worden geschouwd. Voor de berekening worden vervolgens een 3 gewapende grond varianten opgesteld die in de daarvoor aangewezen variant worden berekend. Aan de hand van deze “test” berekeningen wordt er een algemene document opgesteld als einddocument dat te gebruiken is door het bedrijf. Het doel van het project is om binnen 18 weken een duidelijke berekeningsmethode voor een steile wand constructie in een gewapende grond op een slappe ondergrond op te zetten. Met deze berekeningsmethode moet aan het eind duidelijk worden welke verticale constructie optimaal is voor welke situatie. Er wordt hierbij ook gekeken of het gebruik van deze constructie beter is dan de traditionele methodes, hierbij kijkend naar kosten en duurzaamheid.

4.4. Belang

Tegenwoordig wordt door wereld steeds meer gekeken naar de impact van de mensheid op het klimaat en omgeving. Hierom wordt er steeds meer naar duurzame constructies gezocht om het milieu te ontlasten. In huidige projecten wordt er vaak gebruik gemaakt van veel materiaal voor funderingen en de kering zelf. Dit kan voorkomen worden via gewapende grond, gezien hier voor het grootste deel grond wordt gebruikt bij de bouw. Dit heeft dus een lagere impact op het milieu, de omgeving en de kosten die nodig zijn voor de constructie. Als de levensduur van een gewapende grond constructie gelijk of hoger valt met die van een traditionele keringen, dan kan gewapende grond een goed alternatief zijn voor deze methodes. Verder wordt de kennis van de soort constructies geïmporteerd uit het buitenland wat betekend dat de kennis voor dit soort constructies niet binnen onze grenzen ligt. Vaak wordt er vanwege deze reden, gerekend met een buitenlandse norm. Het is dus belangrijk dat deze constructies via Nederlandse norm worden onderzocht en dat de kennis van dit soort constructies ook in Nederland beschikbaar wordt.

4.5. Resultaten (SMART)

4.5.1. Specifiek

Er wordt een berekening bedacht en uitgewerkt voor het algemeen uitrekenen van gewapende grondconstructies. Hieruit wordt een optimale constructie berekend voor enkele situaties en bepaald wat voor en nadelen zijn van een gewapende grondconstructie. Hierbij worden ze ook vergeleken met de traditionele methoden van het keringen bouwen en wordt onderling vergeleken op duurzaamheid.

4.5.2. Meetbaar

Het eindresultaat zal voldoen wanneer de bedrijfsbegeleider, docent en afstudeercommissie, tevreden zijn met het resultaat, uitwerking en verdediging van het rapport. Tijdens het afstuderen zullen de docent en bedrijfsbegeleider hun meningen geven over de tussenstukken en producten van het afstuderen. Uiteindelijk zal de afstudeercommissie een eindcijfer geven aan de scriptie en verdediging, wat zal resulteren in het eindcijfer.

4.5.3. Aanwijsbaar/Acceptabel

Het onderzoek wordt uitgevoerd door een student die zal worden begeleid vanuit de opleiding en vanuit het bedrijf. Hieraan zal hij ook zijn verantwoording moeten afleggen. De student is zelf verantwoordelijk voor het producten en verdediging die hij produceert.

4.5.4. Realistisch

De aangedragen oplossing dient ruimtelijk en uitvoerbaar haalbaar te zijn, duurzaam en financieel aantrekkelijk zijn binnen bouwend Nederland. Als de resultaten van de berekeningen buiten deze criteria vallen, dan kan dit gebruikt worden als resultaten binnen de conclusie van het onderzoek.

4.5.5. Tijdsgebonden

De scriptie zal moeten worden ingeleverd op 14 juni 2016 met de volgende producten:

- 3 afstudeerverslagen en alle bijlage in hardcopy.
- 1 USB-stick met daarop het afstudeerverslag en alle bijlage.
- 1 bedrijfsbeoordeling.
- 1 toestemmingsformulier.

Hierbij wordt ook nog een verdediging van de scriptie worden gehouden in de periode van 28 juni – 1 juli.

4.6. Afbakening

Binnen het schrijven van de scriptie valt het onderzoek naar gewapende grond en de werking hiervan. Er wordt ook naar bijna alle verticaal kerende muren gekeken, alleen worden deze alleen gebruikt als vergelijking met het hoofdonderwerp.

Het onderzoek kent vier fases. Als eerste komt de Oriënterende fase (huidige fase) waarin de er oriënterend onderzoek wordt gedaan naar de opdracht en de onderzoeksvraag. Op basis hiervan schrijf je het plan van aanpak, dat zowel door de opleiding als door het bedrijf moet worden goedgekeurd.

De tweede fase wordt de analysefase, in deze fase wordt er onderzoek gedaan conform dit plan van aanpak. In deze periode wordt onderzocht wat gewapende grond precies inhoud en wat de voor- en nadelen zijn van het gebruik hiervan in vergelijking met traditionele bouwmethodes. Omdat gewapende grond zeer gevarieerd kan worden toegepast, moet er na de analyse fase een duidelijke afbakening worden gemaakt over de soorten gewapende grond die verder onderzocht en berekend gaan worden. In deze fase moet ongeveer een derde van het eindverslag compleet zijn.

In de derde fase of de oplossing fase, worden de gekozen varianten verder doorgerekend via een opgestelde berekeningsmethode. In deze fase mogen veranderingen worden gemaakt in de varianten ten gevolgen van het duurzaamheidsaspect en eventuele constructiecomponenten. Er mag alleen niet teveel aan het ontwerp worden veranderd ten gevolgen hiervan omdat er anders teveel vertraging kan worden opgelopen. In deze fase moet ongeveer twee derde van het eindverslag compleet zijn.

In de vierde fase of uitwerkingsfase, wordt het verder uitwerken van de uiteindelijke gekozen ontwerpen uitgevoerd. In deze fase mogen geen verdere aanpassingen worden gemaakt aan de ontwerpen behalve als dit absoluut nodig is om falen van de constructie te voorkomen. Ook wordt in deze fase een afronding gemaakt aan het verslag. Aanpassingen in deze fase zorgen waarschijnlijk tot vertraging van de gehele afstudeerperiode en wordt ten zeerste afgeraden.

5. PROJECTACTIVITEITEN

5.1. Projectmanagement

Een belangrijk onderdeel van elk project is het projectmanagement. De student is verantwoordelijk voor de bewaking van de voortgang en kwaliteit van zijn eigen producten. De besteding van de tijd wordt vooraf gepland via de planning die te zien is in bijlage 1.

5.2. Plan van Aanpak

Het eerste product, waarmee we een duidelijke leidraad wordt gecreëerd voor dit onderzoek is dit PvA. Hierin staat beschreven hoe het project wordt uitgevoerd, wat de grenzen zijn en hoe de planning eruit ziet. De student gebruikt het PvA als houvast en valt hierop terug wanneer dit nodig is.

5.3. Bijeenkomsten en gesprekken

De student wordt begeleid door een begeleider van school en door een begeleider op het bedrijf. De begeleider van het bedrijf geeft sturing, aanbevelingen en feedback op de gemaakte stukken. Wekelijks wordt met de bedrijfsbegeleider aan tafel gezeten om de voortgang te bespreken. Met de begeleider van school worden data afgesproken om ook vanuit de opleiding sturing, aanbevelingen en feedback op de gemaakte stukken te ontvangen. Daarnaast vinden er ook gesprekken plaats met experts op het gebied van gewapende grond, deze worden gepland in de afstuurperiode.

5.4. Best practices

Er wordt binnen het onderzoek gekeken naar vergelijkbare situaties, deze projecten worden geanalyseerd zodat het onderzoek met minder problemen en onvoorziene complicaties kan worden uitgevoerd.

5.5. Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek is het doen van een systematische studie op basis van literatuur en andere documenten om een wetenschappelijke vraagstelling te beantwoorden. Van analyseren tot selecteren. De gebruikte literatuur zal komen van afstudeeronderzoeken, artikelen uit vaktijdschriften, richtlijnen, websites en boeken.

5.6. Software gebruik

Binnen dit project wordt er waarschijnlijk gebruik gemaakt van bepaalde software die helpt bij het berekenen en verbeelden van de verschillende soorten varianten. Hieronder vallen, maar zijn niet beperkt tot:

- D-Geo stability
- Autocad

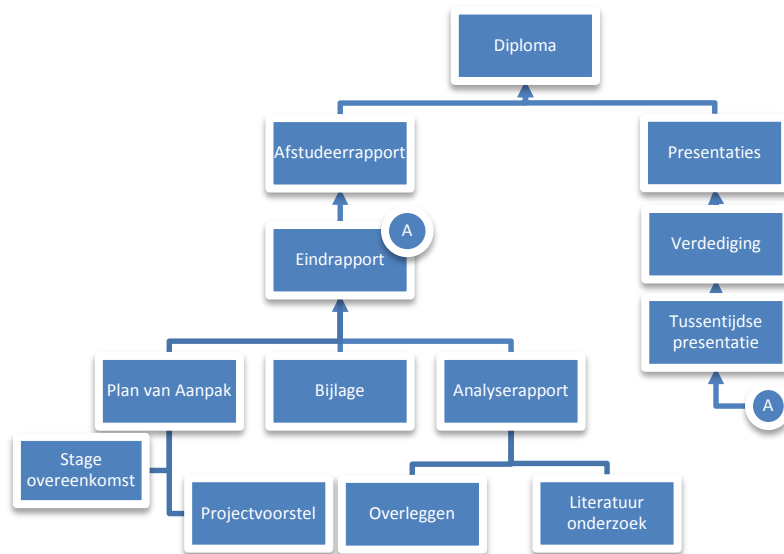
5.7. Rapportage

Gedurende het onderzoek worden oplossingen uitgewerkt in verschillende documenten. Het eindresultaat is het eindrapport, waarin gedetailleerde aanbevelingen worden gegeven aan het bedrijf. Deze documenten worden vervolgens weer omgezet naar een afstudeerrapport dat bedoeld is als eindrapportage voor het onderzoek en is bedoeld voor de opleiding.

5.8. Presentaties

De oplossingen en aanbevelingen worden in de verdediging gepresenteerd aan de afstudeercommissie en het publiek. Voor deze verdediging worden er waarschijnlijk enkele presentaties op het bedrijf gegeven ter verduidelijking van de resultaten van het onderzoek. Er wordt ook een geplande tussenpresentatie gegeven op het bedrijf voor zowel bedrijf als opleiding.

5.9. Product Breakdown Structure



6. COMMUNICATIE

6.1. Afstudeerder

Tabel 1.1: Gegevens afstudeerder

Contactgegevens			
Naam:	Jasper Borst	Telefoon (mobiel):	+31 6 517 829 25
Adres:	Bergsingel 139 B03	Telefoon (werk):	+31 15 750 16 00
Plaats:	Rotterdam	E-mail (persoonlijk):	jasperborst@gmail.com
Postcode:	3037 GD	E-mail (werk):	jasper.borst@rps.nl
Opleiding:	Civiele Techniek	School:	Hogeschool Rotterdam

6.2. Opdrachtgever

Contactgegevens			
Naam begeleider:	Sake Essink	Telefoon (werk):	+31 6 10 306 964
Bedrijf:	RPS advies en ingenieursbureau BV.	Telefoon (kantoor):	+31 15 750 16 00
Adres:	Elektronicaweg 2	E-mail:	sake.essink@rps.nl
Postcode:	2628 XG	Functie:	Senior adviseur geotechniek
Plaats:	Delft		

6.3. Schoolbegeleider

Contactgegevens			
Naam begeleider:	Rolin Rolloos	Telefoon (werk):	010 - 794 49 24
Bedrijf:	Hogeschool Rotterdam	Telefoon (Mobiel):	06 - 42 803 726
Adres:	G.J. de Jonghweg 4-6	E-mail:	r.j.rolloos@hr.nl
Postcode:	3015 GG	Functie:	Kerndocent civiele techniek
Plaats:	Rotterdam		

7. FASERING EN PLANNING

7.1. Fasering

Voor het afstuderen worden de volgende fasen onderkend:

Fase:	Duur:	Producten:
Oriëntatiefase	2 weken	Onderzoeksopzet, Plan van Aanpak, Oriënterend onderzoek
Analysefase	6 weken	Analyserend onderzoek, inventarisatie eisen, inventarisatie richtlijnen, duidelijke afbakening maken voor verder uit te werken varianten
Oplossingsfase	6 weken	Verder doorrekenen varianten, aanpassen wanneer er plaats is voor verbetering
Uitwerkingsfase	4 weken	Afschrijven scriptie, laatste berekeningen
Afrondingsfase	2 weken	Verdediging en eindrapport inleveren

7.2. Planning

Zie bijlage 1.

8. KWALITEIT

8.1. Waarborging kwaliteit

Tijdens het afstuderen moet de kwaliteit van de afgeleverde stukken gewaarborgd blijven. De afstudeerder borgt de inhoudelijke kwaliteit van de rapporten naar eigen inzicht en wordt bijgestuurd door het bedrijf en de opleiding waar dit nodig is.

8.2. Hulpmiddelen

De volgende hulpmiddelen worden beschikbaar gesteld aan de afstudeerder voor gebruik ter verbetering van de kwaliteit:

- Laptop: voor tekstverwerking, informatievergaring, etc.;
- Bureau/werkplek: voor het werken aan het product, etc.;
- MS Office: voor tekstverwerking, berekeningen etc.;
- D-geo stability: voor grond mechanische berekening, etc.;

8.3. Benodigde personen

Onderstaande personen kunnen als aanspreekpunt worden gebruikt voor verbreding van de kennis die de afstudeerder nog niet bezit:

- Jeroen Ruiter (Ten Cate)
- Fred Jonker (SBR CUR)
- Sake Essink (Senior adviseur geotechniek)
- Rolin Rolloos (Kerndocent civiele techniek)
- Sake Essink (specialist D-geo stability en D-Settlement)
- Cynthia Reintjes (Duurzaam GWW)

9. RISICO'S

9.1. Interne risico's

Interne risico's zijn zeer uiteenlopend. Hierbij gaat het om privé problemen bij de afstudeerder of het niet kunnen voltooien van de toegewezen taken.

- Niet uitvoeren van toegewezen taken.
- Ziekte.
- Niet aanwezig kunnen zijn op afgesproken vergadering of afspraak.
- Onvoldoende kennis bezitten om een toegewezen taak of opdracht uit te voeren.
- Te groot verzoek door de opdrachtgever.
- Verlies van gegevens.
- Onvoldoende communicatie.
- Niet vasthouden aan de het Plan van Aanpak of planning.

Deze risico's moeten door de afstudeerder tot een minimum worden gehouden.

9.2. Externe risico's

Externe risico's zullen voornamelijk bij de begeleiding liggen. Dit zouden de volgende punten kunnen zijn:

- Niet op komen dagen van de begeleider bij een afgesproken vergadering
- Slechte communicatie met de afstudeerder
- Bij vragen vanuit de afstudeerder geen tot slecht antwoord
- Langdurige uitval van de begeleider door ziekte
- Te veel vragen van afstudeerder

Ook vallen extreme gevallen onder externe risico's maar de oplossingen voor deze risico's zijn vanzelfsprekend.

Oplossingen per risico

Risico	Oplossing
Niet verschijnen op vergadering	Plannen van een nieuwe vergadering en eventueel oorzaak van vertraging bespreken.
Onvoldoende communicatie	Wekelijkse gesprek met begeleider houden, voldoende contact behouden buiten deze gesprekken.
Onvoldoende antwoord op vragen	Overleggen met docentbegeleider en bedrijfsbegeleider
Ziekte van de begeleider	Vragen van andere (collega's) voor feedback en begeleider over de mail vragen stellen.
Te veel vragen van afstudeerder	Vragen kunnen misschien ook aan andere (collega's) worden gesteld voor een duidelijk antwoord.

10. BIBLIOGRAFIE

Avenue2. (-, - -). *Wat is gewapende grond*. Opgeroepen op 02 16, 2016, van a2maastricht.nl:

<http://www.a2maastricht.nl/gewapendegrond>

Hogeschool Rotterdam. (sd). *Hogeschool Rotterdam*. Opgeroepen op 02 08, 2016, van N@tschool:

<http://natschool.hro.nl/>

Kuppen, W. (2015). *civAFS40_afstudeerhandleiding_2015_16_versie02*. Rotterdam: Hogeschool Rotterdam.

RPS. (sd). *RPS*. Opgeroepen op Februari 08, 2016, van RPS: <http://www.rps.nl/over-rps>

Visser, A. (2011). *Specificeren van duurzaamheid*. Ede: CROW.

BIJLAGE

A. Planning

Overallplanning afstuderen

[illegible]

[illegible]

	Week 25						Week 26					
	Lesweek 20						Lesweek 21					
	17	20	21	22	23	24	27	28	29	30	1	
Jasper Borst												
EXTERNE VERPLICHTINGEN												
Buitenlandreis												
WERKZAAMHEDEN												
Oriëntatiefase												
Introductie binnen het bedrijf												
Plan van Aanpak												
Inleveren Plan van Aanpak												
Bespreking docent												
Analysefase												
Onderzoek referentieprojecten												
Onderzoek kerende constructies												
Onderzoek gewapende grond constructies												
Onderzoek berkeningsmethode												
Opstellen algemenen berekeningsmethode												
Bepalen ideale varianten												
Schrijven tussentijds verslag												
Vorbereiden presentatie												
Inleveren tussentijds verslag												
Presentatie op bedrijf met opleidings en bedrijfsbegeleider												
Oplossingsfase												
Berekenen variant 1												
Optimaliseren variant 1												
Berekenen variant 2												
Optimaliseren variant 2												
Berekenen variant 3												
Optimaliseren variant 3												
Optimaliseren van gehele onderzoek												
Schrijven eindrapport												
EINDFASE												
Uitwerkingsfase												
Afrondingsfase												
Schrijven eindrapport												
Inleveren concept onderzoeksrapport incl. alle tekeningen en berekeningen												
Groenlichtgesprek												
Aanpassen tekeningen en rapporten												
Inleveren definitieve onderzoeksrapport												
Vorbereiden presentatie												
Eindpresentatie												

BIJLAGE B.

Vooronderzoek steile wand constructies op een slappe ondergrond



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 1.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	NORMEN	2
2.1.	Bekende norm.....	2
2.2.	In het buitenland	2
2.3.	Belastingen	2
3.	GRONDSOORTEN EN GEGEVENS.....	3
3.1.	Grind	3
3.2.	Zand	3
3.3.	Klei	4
3.4.	Veen.....	4
3.5.	Gegevenstabel grond NEN-EN 1997-1+C1_2012_NB_2012 nl.....	4
4.	BOUWMATERIALEN	5
4.1.	Staal	5
4.2.	Beton.....	5
4.3.	Kunststof	5
4.3.1.	Polyetheen (PE).....	6
4.3.2.	Polyethyleentereftalaat (PET)	6
4.3.3.	Polypropreen (PP).....	6
5.	TRADITIONELE CONSTRUCTIES VAN GRONDKEREN	7
5.1.	Damwanden	7
5.1.1.	Algemeen	7
5.1.2.	Toepassingen	7
5.1.3.	Uitvoering	7
5.2.	Betonnen prefab keermuren	8
5.2.1.	Algemeen	8
5.2.2.	Toepassingen	8
5.2.3.	Uitvoering	8
5.3.	Overige grond keringen	8
6.	GEWAPENDE GROND	9
6.1.	Geschiedenis	9
6.2.	Gewapende grond werking.....	9
6.3.	Soort constructies	10
6.3.1.	Gewapend massief	10
6.3.2.	Wapening	11
6.3.2.1.	Strips of ladders	11
6.3.2.2.	Rooster of net	11
6.3.3.	Achter aanvulling	13
6.3.4.	Bekleding	14
6.3.4.1.	Harde bekleding:.....	14
6.3.4.2.	Semi flexibele bekleding	14
6.3.4.3.	Flexibele bekleding	14
6.3.5.	Drainage	15
6.4.	Toepassingen	15
6.5.	Uitvoering	16
7.	BEHEER	17

8. HOOFDOPZET BEREKENEN GEWAPENDE GROND18

8.1. Vasleggen uitgangspunten20

8.2. Globale dimensionering20

8.3. Berekening van de zakking van het gehele massief20

8.4. Controle van de uitwendige stabiliteit21

8.5. Detaillering van de wapening22

8.6. Controleer de inwendige stabiliteit van het gewapende massief22

8.7. Controleren van de bekleding23

8.8. Bereken vervormingen gewapend massief23

8.9. Externe oorzaken23

9. DUURZAAMHEID24

10. FALEN VAN GEWAPENDE GROND CONSTRUCTIE25

11. BIBLIOGRAFIE26

11.1. Normen/Standaarden26

11.2. Rapporten26

11.3. Websites26

11.4. Overige26

1. INLEIDING

De Nederlandse creëert vaak verhogingen voor allerlei soorten doeleinden. Wanneer er genoeg ruimte is wordt er bij deze verhogingen een natuurlijk talud aangelegd. Als de ruimte schaars of niet aanwezig is, wordt er meestal een van de traditionele methode van grondkeren toegepast. Deze traditionele methodes: L-wanden, buispaal of damwanden worden gebruikt. Bij deze methodes moet echter altijd een zware fundering worden toegepast om de grond te kunnen keren. Ook is milieu vriendelijke en visuele aspect van deze constructies niet erg sterk. De kosten van dit soort traditionele grondkering zijn vaak erg hoog en daarom zijn alternatieven voor deze constructie erg gewild. Een van deze oplossingen zou het gebruik zijn van gewapende grond.

Dit verslag gaat in op wat gewapende grond is, hoe het werkt en welke elementen belangrijk zijn bij het gebruik van gewapende grond. Er wordt ook gekeken of het kan concurreren met de traditionele methodes van grond keren en of het misschien wel betere methode is die vaker gebruikt kan worden.



Figuur 1.1: Eerst geconstrueerde gewapende grond muur door Henri Vidal in 1960 [1]

2. NORMEN

2.1. Bekende norm

Binnen Nederland wordt er op dit moment met de eurocode gerekend, gezien er wordt gerekend met grond wordt er voornamelijk gekeken naar de Eurocode 7, gezien dit over geotechniek gaat. De NEN-EN 1997-1+C1 staan ook een aantal eisen voor gewapende grond constructies. Met name zijn hoofdstuk 9 en hoofdstuk 11 belangrijk en dus wordt hier naar gekeken. Ook moet Bijlage F van de eurocode in acht worden genomen, deze heeft het over zettingsberekeningen. Er moet natuurlijk ook rekening worden gehouden met hoofdstukken 1, 2 en 3, deze gelden namelijk algemeen voor alle geotechnische projecten.

Er kan ook goed gebruik worden gemaakt van de CUR-publicatie 198 [2], wat geschreven is aan de hand van NEN 6700. Dit is een oudere norm en niet meer geldig, de berekeningsmethode en uitleg zijn echter Nederland breed geaccepteerd. Dit handboek wordt op dit moment herschreven aan de hand van de eurocodes en kan misschien vroeg tijdig worden bekeken voor het onderzoek.

Voor externe situaties als aardbevingen, moet er gekeken worden naar Eurocode 8, gezien er hedendaags steeds meer met aardbevingen wordt gerekend in Nederland.

2.2. In het buitenland

Veel van de gewapende grond constructies in Nederland worden ontworpen door bedrijven uit Duitsland. Dit betekent ook dat veel van de constructies via de Duitse norm worden berekend. Gezien deze ook aan de Europese norm voldoen, zijn de constructie goed om te gebruiken in Nederland. Het is dus handig om te kijken naar het verschil tussen deze normen.

- De Duitse norm: EBGEO
- De Britse norm: BS 8006
- De Franse norm: NF P 94-220

2.3. Belastingen

Voor de belastingen op het project, wordt er gekeken naar Eurocode 1. Welk hoofdstuk hiervoor wordt gebruikt is afhankelijk van de situatie, gezien belasting bij een brug anders zijn dan die van een normale grondkering of tijdelijk grondkering.

Er wordt in ieder geval gekeken naar de volgende belastingen:

Infrastructuur

- Verkeersbelasting (NEN-EN 1991-2+C1:2011, blz 37-43)
- Rem- en versnellingskrachten (NEN-EN 1991-2+C1:2011, blz 44)
- Treinbelastingen (NEN-EN 1991-2+C1:2011, hoofdstuk 6)

Grond- waterkering

- Voetgangersbelasting (NEN-EN 1991-2+C1:2011, blz 66) (5 kN/m²)

3. GRONDSOORTEN EN GEGEVENS

Gezien er in dit onderzoek voornamelijk wordt gekeken naar het bouwen met grond, moet er worden gekeken naar welke grondsoorten er zijn en welke eigenschappen deze hebben. Wereldwijd zijn er wel duizenden grondsoorten en daarom worden er hier alleen de meeste voorkomende grondsoorten van Nederland gespecificeerd.

3.1. Grind

Grind zijn stenen die ontstaan zijn uit vast gesteente dat geërodeerd is door de elementen. De stenen worden doormiddel van rivieren getransporteerd en vervolgens afgezet. Dit grind wordt ingedeeld in klasse van grofheid:

Tabel 3.1: Indeling grofheid grind

Ondergrens	Bovengrens	Fractie
$\geq 16 \text{ mm}$	63 mm	Zeer grof grind
$\geq 5,6 \text{ mm}$	16 mm	Matig grof grind
$\geq 2 \text{ mm}$	5,6 mm	Fijn grind



Figuur 3.1: Voorbeeld grind [15]

Grind wordt vaak gebruikt in mengsel met zand en cement voor het maken van beton. Wanneer het grind wordt gebroken en dus niet meer een rond oppervlak heeft, wordt er gesproken van steenslag.

Steenslag wordt vaker gebruikt in constructies en funderingen in de GWW sector omdat het meer grip heeft dan het ronde grind. Ook kan steenslag bestaan uit puin van oude betond constructies en kapot geslagen stenen, hierdoor wordt het element grind vaak hergebruikt in allerlei soorten vormen. Verder wordt grind ook gebruikt als filterelement of filterkisten in dijk constructies of oeverbeschermingen. Het volume gewicht van grind ligt tussen de 17 en 20 kN/m³.

3.2. Zand

Zand is de benaming van alle korrels tussen de 63 micrometer en 2 mm en is overal te vinden op de wereld. Het ontstaat uit onder andere het eroderen van gesteente, maar het ook erosie van schelpen en koraal zorgt voor het ontstaan van zand. Elk zand in de wereld is anders en elke samenstelling is anders, daarom wordt er gefocust op het Nederlandse zand. Het zand wat in Nederland te vinden is, is voornamelijk fijn zand omdat dit over in de ondergrond te vinden is. Omdat dit zand overal te vinden is wordt het vaak gebruikt als ophoogzand gezien hij overal te vinden is.

Zand bestaat vaak voor een groot deel uit kleine fragmenten van mineralen en gesteenten. Deze bestaan in Nederland voornamelijk uit graniet, veldspaat, mica en kwarts. Dit komt vanuit het achterland gestroomd via de grote rivieren en komt zo in de Nederlandse ondergrond terecht.

Zand wordt gebruikt in zeer veel verschillende soorten toepassingen, waaronder ook als constructiemateriaal. Omdat zand niet samendrukbaar is, wordt het vaak toegepast als ophoogmateriaal in de GWW sector en als toeslagmateriaal in het maken van beton en asfalt. Er worden ook zandstenen en kalkzandstenen van zand gemaakt. Volumegewicht zand: 16 tot 20 kN/m³

3.3. Klei

Klei bestaat uit gronddeeltjes die kleiner zijn dan 2 micrometer en wordt ook wel een klastisch sedimentair gesteente genoemd. Klei is slecht waterdoorlatend en houdt veel water vast bij droge periodes. Zeeklei komt voornamelijk voor in kuststreken en rivierklei komt voor bij rivieren. Wanneer klei droog wordt gelegd, wordt het water dat zorgt voor de ruimte tussen de klei deeltjes ook langzaam er tussenuit gedrukt. Dit zorgt ervoor dat de klei deeltjes dichter bij elkaar gaan zitten en dat de grond inklinkt.

Klei wordt in de GWW sector voornamelijk gebruikt in dijkbouw vanwege zijn waterdichte eigenschappen. Verder wordt het gebruikt in maken van baksteen of wordt het gebruikt om mee te boetsen. Het volumegewicht van klei ligt globaal tussen de 14 en 18 kN/m³.

3.4. Veen

Veen is een natte zuurstofarme en sponsachtige grondsoort, dat ontstaat in moerassen. Het bestaat uit plantaardig materiaal dat onder water traag aan ontbinden is door het gebrek aan zuurstof. Het werd vroeger ook wel gedroogd en verbrand onder de naam 'turf'. Net als bij klei is ook veen zeer samendrukbaar en kan tot zelfs een derde van het oorspronkelijke volume verloren gaan. Bij veen kunnen dus zeer grote zetting ontstaan ten gevolge van indrukking omdat het bijna praktisch uit water bestaat. Veen is dus zeer licht en heeft dan ook een volumegewicht tussen de 10 en de 12 kN/m³.

3.5. Gegevenstabel grond NEN-EN 1997-1+C1_2012_NB_2012 nl

Tabel 2.b — Karakteristieke waarden van grondeigenschappen

Grondsoort			Karakteristieke waarde ^a van grondeigenschap												
Hoofd-naam	Bijmengsel	Consistentie ^b	γ^c kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	$q_c^{d,e}$ MPa	C_p^g	C_s^f	$C_d/(1+e_0)^g$ [-]	C_u^f [-]	$C_{uv}/(1+e_0)^g$ [-]	$E_{100}^{d,h}$ MPa	ϕ^i Graden	c^j kPa	c_u kPa	
Grind	Zwak siltig	Los	17	19	15	500	∞	0,0046	0	0,0015	45	32,5	0	n.v.t.	
		Matig	18	20	25	1000	∞	0,0023	0	0,0008	75	35,0	0		
		Vast	19 20	21 22	30	1200 1400	∞	0,0019 0,0016	0	0,0006 0,0005	90 105	37,5 40,0	0		
	Sterk siltig	Los	18	20	10	400	∞	0,0058	0	0,0019	30	30,0	0	n.v.t.	
		Matig	19	21	15	600	∞	0,0038	0	0,0013	45	32,5	0		
		Vast	20 21	22 22,5	25	1000 1500	∞	0,0023 0,0015	0	0,0008 0,0005	75 110	35,0 40,0	0		
Zand	Schoon	Los	17	19	5	200	∞	0,0115	0	0,0038	15	30,0	0	n.v.t.	
		Matig	18	20	15	600	∞	0,0038	0	0,0013	45	32,5	0		
		Vast	19 20	21 22	25	1000 1500	∞	0,0023 0,0015	0	0,0008 0,0005	75 110	35,0 40,0	0		
	Zwak siltig, kleiig		18 19	20 21	12	450 650	∞	0,0051 0,0035	0	0,0017 0,0012	35 50	27,0 32,5	0	n.v.t.	
			18 19	20 21	8	200 400	∞	0,0115 0,0058	0	0,0038 0,0019	15 30	25,0 30,0	0		
			18 19	20 21	8	200 400	∞	0,0115 0,0058	0	0,0038 0,0019	15 30	25,0 30,0	0		
Leem ^a	Zwak zandig	Slap	19	19	1	25	650	0,0920	0,0037	0,0307	2	27,5 30,0	0	50	
		Matig	20	20	2	45	1300	0,0511	0,0020	0,0170	3	27,5 32,5	1	100	
		Vast	21 22	21 22	3	70 100	1900 2500	0,0329 0,0230	0,0013 0,0009	0,0110 0,0077	5 7	27,5 35,0	2,5 3,8	200 300	
	Sterk zandig		19 20	19 20	2	45 70	1300 2000	0,0511 0,0329	0,0020 0,0013	0,0170 0,0110	3 5	27,5 35,0	0 1	50 100	
Klei	Schoon	Slap	14	14	0,5	7	80	0,3286	0,0131	0,1095	1	17,5	0	25	
		Matig	17	17	1,0	15	160	0,1533	0,0061	0,0511	2	17,5	5	50	
		Vast	19 20	19 20	2,0	25 30	320 500	0,0920 0,0767	0,0037 0,0031	0,0307 0,0256	4 10	17,5 25,0	13 15	100 200	
	Zwak zandig	Slap	15	15	0,7	10	110	0,2300	0,0092	0,0767	1,5	22,5	0	40	
		Matig	18	18	1,5	20	240	0,1150	0,0046	0,0383	3	22,5	5	80	
		Vast	20 21	20 21	2,5	30 50	400 600	0,0767 0,0460	0,0031 0,0018	0,0256 0,0153	5 10	22,5 27,5	13 15	120 170	
	Sterk zandig		18 20	18 20	1,0	25 140	320 1680	0,0920 0,0164	0,0037 0,0007	0,0307 0,0055	2 5	27,5 32,5	0 1	0 10	
			18 20	18 20	1,0	25 140	320 1680	0,0920 0,0164	0,0037 0,0007	0,0307 0,0055	2 5	27,5 32,5	0 1	0 10	
			18 20	18 20	1,0	25 140	320 1680	0,0920 0,0164	0,0037 0,0007	0,0307 0,0055	2 5	27,5 32,5	0 1	0 10	
	Organisch	Slap	13	13	0,2	7,5	30	0,3067	0,0153	0,1022	0,5	15,0	0 1	10	
		Matig	15 16	15 16	0,5	10 15	40 60	0,2300 0,1533	0,0115 0,0077	0,0767 0,0511	1,0 2,0	15,0	0 1	25 30	
	Veen	Niet voorbelast	Slap	10 12	10 12	0,1	5 7,5	20 30	0,4600 0,3067	0,0230 0,0153	0,1533 0,1022	0,2 0,5	15,0	1 2,5	10 20
Matig voorbelast		Matig	12 13	12 13	0,2	7,5 10	30 40	0,3067 0,2300	0,0153 0,0115	0,1022 0,0767	0,5 1,0	15,0	2,5 5	20 30	
Variatiecoëfficiënt v			0,05		—		0,25				0,10		0,20		

4. BOUWMATERIALEN

Binnen dit onderzoek worden er ook bouwmaterialen gebruikt die samen werken met grond om de kerende werking te realiseren. Hieronder worden er kleine beschrijvingen gegeven van alle bouwmaterialen die gebruikt kunnen worden binnen het onderzoek.

4.1. Staal

Staal is een legering dat wordt gemaakt uit ijzer en koolstof. Door de ijzererts te verhitten tot ongeveer 1200 – 1400 graden Celsius, wordt het ijzer vloeibaar. Wanneer vloeibaar ijzer in contact komt met koolstof, bijvoorbeeld door de toevoeging van houtskool, volgt er een reactie waaruit staal en koolstofdioxide wordt gecreëerd. Staal heeft als constructiemateriaal een hoge treksterkte en is goed bewerkbaar en is daarom een veel gebruikt materiaal. Het wordt bijna overal in de wereld gebruikt voor allerlei verschillende soorten functies en toepassingen. In de GWW sector wordt voornamelijk gebruikt als damwand voor het keren van water en grond.



Figuur 4.1: Voorbeeld blok staal [16]

4.2. Beton

Beton is kunstmatig steenachtig materiaal, dat gebruikt wordt als bouw materiaal. Het wordt gemaakt met cement wat als bindmiddel dient voor de toeslagmaterialen die bestaat uit bijvoorbeeld zand en grind. Door de toevoeging van water wordt het cement vloeibaar, hierna begint het verhardproces waardoor het een solide geheel wordt. Dit proces is onomkeerbaar en het beton is niet meer vloeibaar te maken. Beton heeft een zeer hoge druksterkte waardoor het uiterst geschikt is om te dienen als ondersteunend element.



Figuur 4.2: Gewapende beton bij de Kieldrechtsluis

Alleen komt er een probleem om de hoek kijken wanneer er trekkrachten of buigingen in het beton element optreden, deze zorgen namelijk gelijk voor scheuren in het beton omdat de trekweerstand van beton bijna gelijk is aan nul. Dit probleem wordt vaak opgelost door het beton te combineren met een materiaal wat wel een hoge treksterkte heeft, namelijk staal. Dit wordt gewapend beton genoemd en dit materiaal heeft een veel grotere draagkracht door de samenwerking tussen staal en beton. Gewapend beton wordt door de gehele wereld gebruikt als constructie materiaal in wegen, gebouwen en bruggen.

4.3. Kunststof

Kunststoffen zijn chemische verbindingen die door niet-natuurlijke scheikundige processen worden geproduceerd. Ze worden gebruikt in allerlei soorten producten en toepassingen en worden ook in de GWW sector en utiliteitsbouw gebruikt. Veel kunststoffen kunnen niet snel door de natuur worden afgebroken worden en hebben dus een zeer lange levensduur. De materialen kunnen wanneer zij gemaakt zijn als thermoplast, zeer makkelijk en vaak



Figuur 4.3: Voorbeeld kunststofplaat [17]

gerecycled worden. Er zijn verschillende soorten kunststof, er worden er een paar beschreven die vaak voorkomen. De meest voorkomende kunststoffen zijn polyesters, dit zijn polymeren die bestaan uit een keten van esterverbindingen.

4.3.1. Polyetheen (PE)

De meest gebruikte kunststof is de polymeer polyetheen of afgekort PE. Het wordt gebruikt door het polymeriseren van etheen dat weer gewonnen wordt bij het afbreken van nafta. Nafta is een product wat ontstaat bij het destilleren van ruwe olie.

PE kan weer worden onderscheiden worden in allerlei verschillende klasse die vaststellen wat de sterkte en weerstand van het product bepaald. Dit wordt onderverdeeld in hogedichtheidpolyetheen en lagedichtheidpolyetheen, wat een verschil in warmteweerstand en dichtheid met zich mee brengt. Over het algemeen wordt PE gebruikt bij het maken van plastic zakjes en mantels van kabels en leidingen.

4.3.2. Polyethyleentereftalaat (PET)

Ook een vaak gebruikte kunststof, want deze polyester wordt gebruikt voor het maken van frisdrankflessen en verpakkingen van voedingsmiddelen. Polyesters worden bereid door de verestering van een dicarbonzuur met een combinatie van tereftaalzuur en ethyleenglycol. De kunststof wordt altijd gemaakt via de thermoplastische methode, wat ervoor zorgt dat het een goed te recyclen polyester is. Het probleem wat optreedt bij dit product is dat het over de recycletijd iets zwakker wordt dan het originele product.

4.3.3. Polypropreen (PP)

Polypropreen is een polymeer wat heel erg op polyetheen (PE) lijkt alleen is dit polymeer veel sterker. Het verschil in sterkte is bijvoorbeeld het verschil in sterkte tussen een zwak plastic water flesje en een jerrycan. Polypropreen kan worden gemaakt door additiepolymerisatie van propreen.

Deze kunststof kan zeer zuiver worden gemaakt en is goed bestand tegen chemische stoffen en bacteriën. De kosten van dit product zijn ook gelijk aan die van polyetheen, maar het is veel duurzamer. Daarbij komt dat het product zeer goed te recyclen is vanwege zijn zuiverheid. Het wordt voornamelijk gebruikt in pijpen, touwen en andere plastic producten die in een hogere kwaliteit nodig zijn.

5. TRADITIONELE CONSTRUCTIES VAN GRONDKEREN

5.1. Damwanden

5.1.1. Algemeen



Figuur 5.1: Voorbeeld gebruik damwanden als grondkering [8]

De damwand is een verticale grond en/of waterkerende constructie die voornamelijk gemaakt wordt uit staal. De damwand bestaat uit losse elementen, deze elementen worden profielen genoemd. De elementen zijn vaak verbonden met een waterdicht slot, wat al bij het fabriceren van de damwanden wordt vervaardigd.

Het maken van de damwanden kost veel energie en wordt ook niet als heel milieuvriendelijke beschouwd. Ook het transport dat de keerwanden moeten ondergaan van ontgraving naar plaatsing, wordt als prijzig en milieu intensief gezien. Wanneer de damwanden voor langere tijd als kering dienen, moeten ze ook beschermd worden tegen de elementen met een coating of andere bescherming tegen de elementen. De damwanden worden daarin tegen wel vaak gebruikt bij het keren van grond omdat er veel ervaring is met het gebruik van deze manier van grondkeren.

5.1.2. Toepassingen

Damwanden worden niet alleen in staal opgebouwd, het wordt vaak ook in andere materialen vormen toegepast:

- Hout
- Beton
- Kunststof

Damwanden worden vaak toegepast als:

- Kademuur
- Oeverbescherming
- Onderdeel van een dijk of andere waterkering
- Wanden van een bouwput
- Insluiten of scheiden van bodemvervuiling
- Kelders
- Tunnels

5.1.3. Uitvoering

Damwanden worden zoals eerder gezegd op allerlei soorten projecten ingezet in zowel een permanenten als een tijdelijke toepassing. Over het algemeen worden de betonnen en stalen damwandprofielen via heien de grond in gebracht. Dit wordt gedaan met behulp van een heimachine die met behulp van een val blok of een ander soort blok de damwand de grond in slaat. Dit kan alleen zorgen voor beschadigingen aan de damwand en dus zijn er ook andere technieken ontwikkeld voor het inbrengen van damwanden. Afhankelijk van de omgeving kan er tussen trillen of drukken van de profielen worden gekozen. Dit is omdat het intrillen met behulp van trilblokken, bepaalde hinder kan geven aan de omgeving. Het drukken van damwanden wordt alleen gedaan bij de stalen variant van damwanden. Het trillen van damwanden is vrijwel trilling vrij en geeft ook niet veel geluidsoverlast dan de vorige twee opties. De productiesnelheid van het inbrengen via drukken is alleen zeer gering als het wordt vergeleken met heien en trillen.

Bij de uitvoering moet dus vaak groot materieel worden toegepast om de damwanden toe te passen, bv. heil/tril kranen, hijskranen en diepliggers voor het vervoer van de (grotere) elementen. Het proces van inbrengen is ook belastend voor het milieu vanwege het gebruik van de grote machines.

5.2. Betonnen prefab keermuren

5.2.1. Algemeen



Figuur 5.2: Voorbeeld gebruik L-muur als grondkering [8]

De meest gebruikte vormen van deze constructie zijn de prefab L- en T-muren. De muren gebruiken het neerwaartse gewicht van de grond om de horizontale gronddruk van de grond te keren. De muren worden ook verankerd toegepast om eventuele extra horizontale lasten op te kunnen vangen. De toepassing van keermuren wordt meestal op staal gefundeerd, wanneer er echter sprake is van een zwakke ondergrond wordt er een paalfundering of voorbelasting aangebracht. Deze keermuren kunnen ook als waterkering dienen wanneer zij waterdicht worden afgewerkt. Bij het gebruik van dit soort keermuren is er bij het gebruik van deze keermuren, zeer grote hoeveelheden aan beton en wapening nodig.

5.2.2. Toepassingen

Betonnen prefab keermuren worden vaak gebruikt als:

- Insluiting van wegfunderingen
- Keren van grond in tijdelijke situaties (LEGO-blok)
- Keren van grond bij op en afritten van tunnels
- Insluiten en inrichten van bulkopslag
- Trap aanbrengen in een helling
- Milieustraten

5.2.3. Uitvoering

Het betonnen prefab element gemakkelijk te plaatsen en te verplaatsen. Het enige wat hier eigenlijk bij nodig zijn, is een stabiele ondergrond, een kraan die sterk genoeg is om het gewicht van het profiel te tillen en een paar man om het profiel recht neer te zetten. De ondergrond is belangrijk bij deze constructie omdat deze vlak moet zijn zodat het profiel ook recht staat. Hij moet ook sterk genoeg zijn om het profiel en de belasting van de gestorte grond plus eventuele extra externe belasting te kunnen dragen. Het plaatsen van een profiel kan worden gezien in figuur 2.2, hier staat een voorbeeld van soort kraan dat zou kunnen worden gebruikt bij het plaatsen van dit soort constructies. Ook zien we hoe de grondwerkers kunnen helpen bij het plaatsen van het elementen.

De aanvoer van deze elementen is alleen wat moeilijker omdat deze vrij groot kunnen zijn. Het vervoer moet dan meestal specialistisch worden uitgevoerd, dit kost een hoop geld.

5.3. Overige grond keringen

De bovenstaande keringen zijn de grote grondkeringen die gebruikt worden in de grond, weg en waterbouw. Het keren van grond kan ook in kleine schaal voorkomen in de vorm van gemetselde muurtjes of natuurstenen muurtjes. Deze vorm komt voornamelijk voor in parken, pleinen en tuinen en wordt voornamelijk gedaan voor hoogtes onder de 2 meter. Voor deze keringen kan bijna elk soort materiaal worden gebruikt.



Figuur 5.3: Voorbeeld kleine houten kering [10]

6. GEWAPENDE GROND

6.1. Geschiedenis

Gewapende grond bestaat al heel erg lang, er werden vroeger namelijk al modderhutten gebouwd die takjes gebruikte om een sterkere en grotere hut te bouwen. In Figuur 2.1 wordt een muur getoond die tweeduizend jaar geleden is gebouwd om een platform te maken op een helling. De muur is gemaakt met behulp van houten boomstammen en



Figuur 6.1: 2000 jaar oude gewapende grondkering [3]

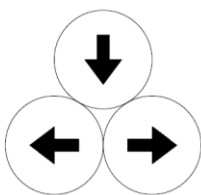
grote stenen. In de Bijbel worden er al basisprincipes beschreven van deze techniek en er is bekend dat er constructies bestonden in 4000 voor Christus die gemaakt zijn met gewapende grond. De oudst bewaarde constructies ter wereld bevinden zich in Agar-Quf, nabij Baghdad deze constructie is opgebouwd uit stenen van klei die verankerd zijn door middel van geweven matten of riet. Een andere plaats waar men voorbeelden van gewapende grond kan vinden, is de Chinese Muur waar het principe nog steeds op sommige plaatsen te zien is als funderingselement.

De moderne manier van gewapende grond is ontwikkeld door de Franse ingenieur Henri Vidal in het jaar 1960. Drie jaar later werd door Henri Vidal en zijn nieuw opgerichte bedrijf 'Terre Armée' de eerste toepassing van gewapende grond gebouwd (Figuur 1.1).

In 1983 zijn de eerste landhoofden in Nederland opgetrokken en sinds dien is het concept af en toe toegepast in projecten.

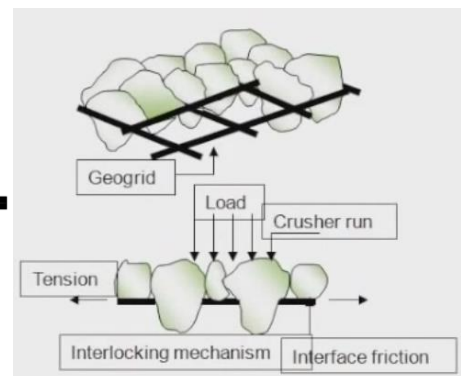
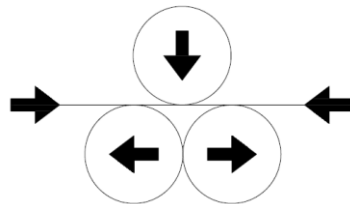
6.2. Gewapende grond werking

Niet-gewapende grond



Figuur 6.2: Werking gewapende grond

Gewapende grond



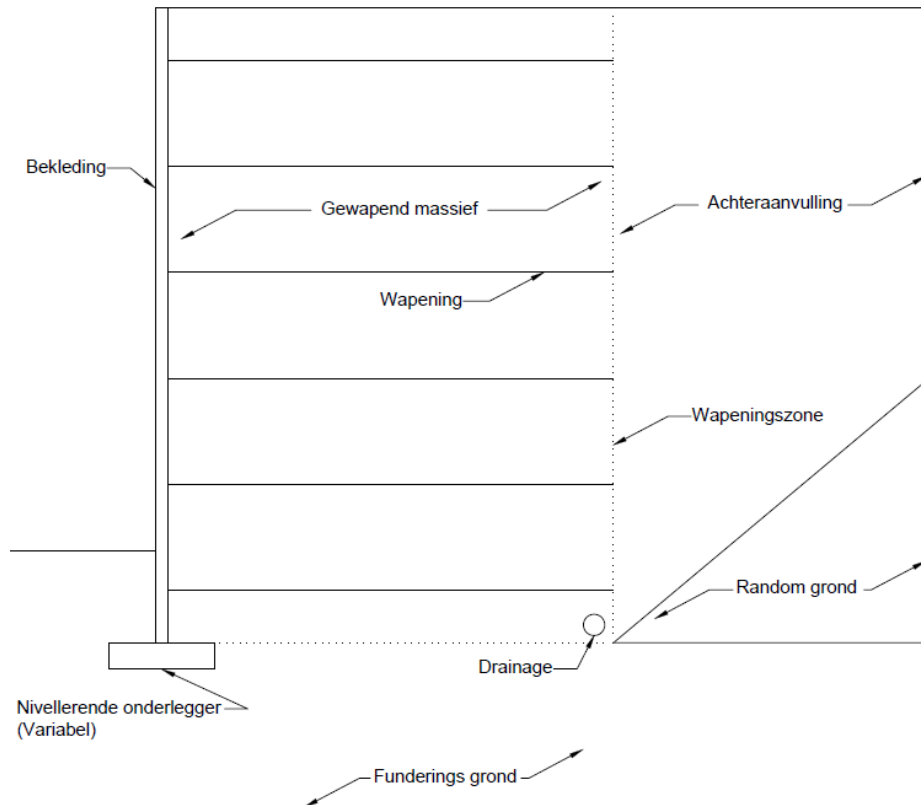
Figuur 6.3: Werking interlocking [3]

Gewapende grond werkt volgens het principe van de eerder genoemde Henri Vidal. Voor dit principe geldt dat wanneer de grond wordt belast, er in horizontale en verticale richtingen vervorming optreedt. De korrels willen hierbij dus een zijwaartse beweging maken of wanneer dit de weg van de minste weerstand is, naar boven. Wanneer tussen de bewegende korrels een wapeningsprofiel wordt toegepast, zal deze ten gevolge van wrijving tussen element en korrels de vervorming verhinderd worden. Bij het gebruik van geotextiel of gelaste ladders komt er nog het effect van 'Interlocking' erbij. Dit betekent dat de grond in de openingen komt te zitten van de wapeningsvorm. Dit zorgt ervoor dat de grond en de wapening veel beter met elkaar samenwerken met het tegengaan van vervorming.

6.3. Soort constructies

Gewapende grond kan onder elke hoek ter versteviging worden aangebracht. Maar omdat er gezocht wordt naar vervanging van verticale grondkeringen, wordt er in dit onderzoek verder alleen gekeken naar gewapende grond constructie die steiler zijn dan 70%.

Gewapende grond constructies bestaan uit een paar verschillende componenten die belangrijk zijn voor de werking van de constructie:



Figuur 6.4: Algemene opbouw gewapende grond

6.3.1. Gewapend massief

Dit is de opvulling vlak achter de bekleding en bestaat meestal uit een ander soort grond dan de grond die van nature voorkomt in het gebied. Dit komt omdat het gewapend massief goed moet kunnen samenwerken met de wapening om te voorkomen dat het geheel bezwijkt.

Het gewapend massief bestaat vaak uit een grofkorrelige grond soort zoals grind of zand, dit hangt af van de situatie. Er zijn ook mogelijkheden om andere grofkorrelige materialen toe te voegen zoals bv. lava steen. Wanneer er gebruikt wil worden gebruikt van natuurlijk aanwezige grond, moet deze grond wel voldoende grip geven aan de aangebrachte wapening. Meestal wordt er bij deze wens liever geen talud van boven de zeventig graden gebruikt vanwege structurele redenen. Wel bestaat er de mogelijkheid om de bovenste laag te voorzien van een "natuurlijke" laag. Het gehalte van organische stof, chemische stoffen en vervuiling moet laag tot niet aanwezig zijn vanwege aantasting van de wapening.

Het massief neemt de grote verticale krachten op en zorgt voor het gewicht om te voorkomen dat het geheel gaat schuiven. Verder is het gewapende massief is een belangrijk element binnen de constructie gezien de mogelijke bezwijkingsvormen die kunnen optreden in het massief. Zo kan er een afschuifvlak ontstaan in tussen twee lagen van wapening of kan te weinig wrijving tussen grond en wapening er voor zorgen dat de constructie faalt.

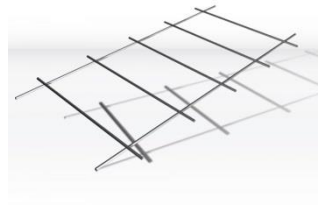
6.3.2. Wapening

De wapening van gewapende grondconstructie zorgt voor de vernieuwde sterkte van de grond dat vervolgens het gewapende massief vormt. De lengte van de wapening wordt bepaald door de hoogte van de constructie, als de constructie hoog wordt kan ervoor worden gekozen om de wapening getrapt aan te brengen. De wapening voor de constructie wordt meestal op twee soort manieren toegepast.

6.3.2.1. Strips of ladders



Figuur 6.5: Voorbeeld strip [2]



Figuur 6.6: Voorbeeld laddervormige wapening [9]

Materialen

- Staal
- Kunststof

De stalen wapening wordt meestal gewalste, tijdens het productie proces kunnen er ribbels op het staal worden aangebracht om meer wrijvingskracht mee op te wekken. De strips in kunststof worden in geproduceerd in de vorm zoals ze worden toegepast in de constructie, ook deze kunnen met ribbels worden geproduceerd.

De ladders zijn gemaakt van wapeningsstaal dat aan wordt gelast in een ladder patroon, zodat er een interlocking effect optreedt. Deze ladders worden alleen in staal geproduceerd.

6.3.2.2. Rooster of net



Figuur 6.7: Voorbeeld rooster of net [2]

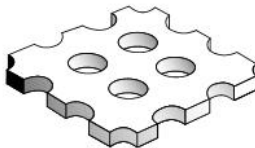
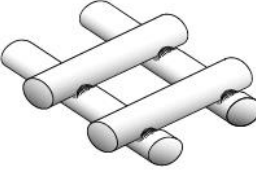
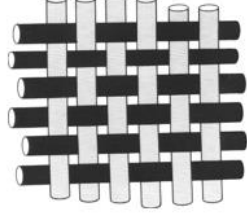


Figuur 6.8: Voorbeeld Geotextiel [11]

Materialen

- Staal
- Kunststof

De stalen roosters worden niet zo veel meer gebruikt omdat hun tegenhanger, geogrids, veel makkelijker en goedkoper is om toe te passen. Bij kleine verhogingen kan bijvoorbeeld metaaldraadgaas zoals figuur 3.5 worden gebruikt. De kunststof geogrids worden gemaakt op vier verschillende manieren, waarvan elke soort een paar positieve en negatieve punten met zich meebrengt.

Gestrekt geogrid uit geponste plaat	Gestrekt geëxtrudeerd geogrid	Gelast geogrid	Geweven geogrid
			
			

Figuur 6.9: Voorbeeld tabel geogrids [1]

Gestrekt geogrid uit geponste plaat

Dit geogrid wordt gecreëerd door een kunststofplaat die gemaakt is uit bv. polypropyleen te ponsen in een bepaald patroon. De geponste plaat wordt vervolgens verhit gestreken totdat het de juiste vorm heeft. Belangrijke kenmerken bij deze methode van produceren zijn:

- Grote openingen (ca. 40%)
- Vormt één geheel (geen zwakke plekken)
- Vaste en tevens vormvaste knooppunten
- Hoog profieldikte
- Krachtoverbrenging door middel van insluiting van de korrels
- Opname grote krachten bij zéér geringe vervorming

Gestrekt geëxtrudeerd geogrid:

Bij deze methode worden de staven van het geogrid gevormd door de kunststof door een matrijs te persen. De staven kunnen op deze manier hol en massief worden geproduceerd. Deze staven worden vervolgens in een gewenste vorm aan elkaar gesmolten, vervolgens wordt het geogrid gestrekt om het in de gewenste maat te krijgen. Belangrijke kenmerken bij deze methode van produceren zijn:

- Grote openingen (ca. 40%)
- Vormt één geheel (geen zwakke plekken)
- Snel te produceren
- Vaste en tevens vormvaste knooppunten
- Laag profieldikte
- Krachtoverbrenging door middel van insluiting van de korrels
- Opname grote krachten bij geringe vervorming

Gelast geogrid

Deze methode gebruikt de eerder genoemde kunststof strips, deze worden aan elkaar gelast in een gewenst patroon. Dit gebeurt aan de hand van thermisch of ultrasoon lassen. Belangrijke kenmerken bij deze methode van produceren zijn:

- Grote openingen (ca. 40%)
- Samengesteld product
- Hoge treksterkte
- Zwakke knooppunten
- Laag profieldikte
- In mindere mate krachtoverbrenging door insluiting en hoofdzakelijk door wrijving
- Opname krachten bij grote vervorming

Gewoven geogrid

Dit type geogrid wordt gemaakt op de oude methode van kleding weven, alleen worden in deze weefsels grotere gaten gelaten. Kunststofdraden worden in bundels in een raster samengeweven. Belangrijke kenmerken bij deze methode van produceren zijn:

- Grote openingen (ca. 40%)
- Samengesteld product
- Vaste, maar flexibele knooppunten
- Hoge treksterkte
- Zeer laag profiel
- Krachtoverbrenging door wrijving
- Opname krachten bij zeer grote vervorming

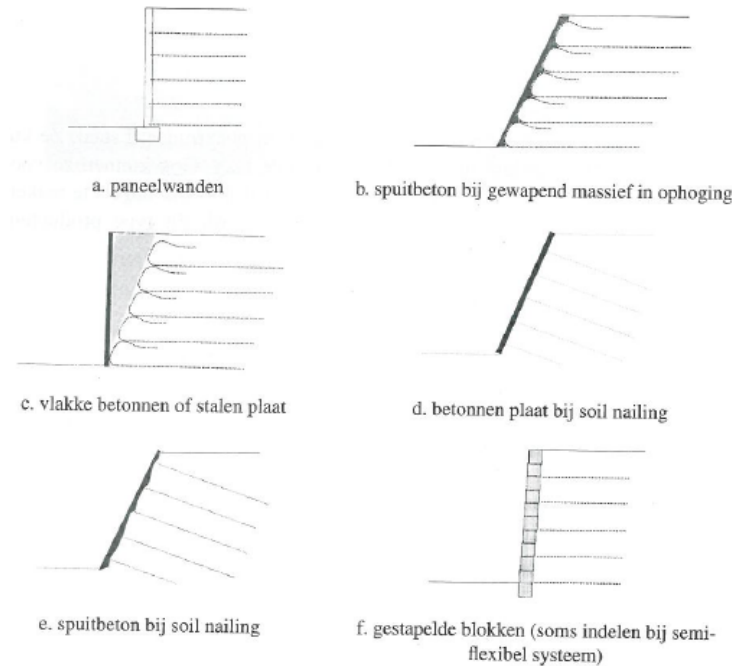
6.3.3. Achter aanvulling

De achter aanvulling is grond die moet worden bijgevuld bij de opbouw van wapeningsconstructie, en werkt in de eindsituatie mee als belasting op de constructie. Deze grond wordt meestal verwijderd uit de helling omdat er ruimte moet zijn om de constructie op te bouwen. Deze grond is voor egaliseren van de eventueel bovenliggende helling en opvulling voor achter het gewapende massief. Deze grond kan wel gezamenlijk met de constructie worden opgebouwd, waardoor het makkelijker wordt de constructie uit te voeren. Meestal bestaat deze grond uit het in-situ aanwezige grond, maar kan ook worden vervangen met een ander soort grond mocht dit nodig zijn voor bv. een wegfundering.

6.3.4. Bekleding

De mogelijkheden van de bekleding van gewapende grond constructie zijn vrijwel onbeperkt. Zolang deze bekleding wordt bevestigd met de wapening en de bekleding is sterk genoeg om de lasten te weerstaan, is het mogelijk om hem toe te passen. Er wordt hier wel onderscheiding gemaakt in drie soorten bekleding:

6.3.4.1. Harde bekleding:



Figuur 6.10: Voorbeelden harde bekledingssystemen [2]

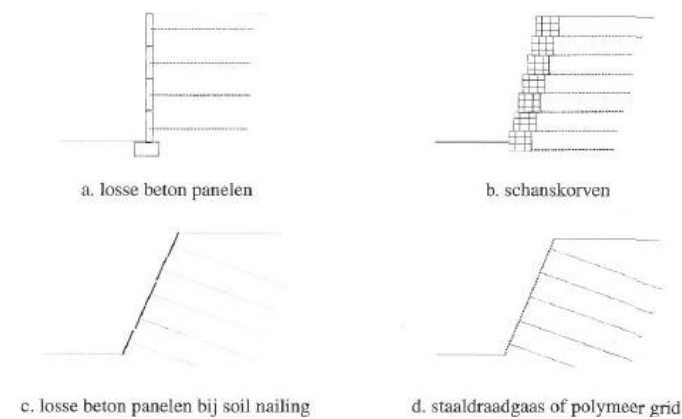
Een harde bekledingstype bestaat uit materialen die weinig tot geen vervorming in de grond volgen. Dit betekent dat de schade aan dit soort bekleding vaak groot is wanneer er een te grote vervorming optreedt.

Hierbij valt er te denken aan:

- Betonnen muurelementen
- Gemetselde wanden
- Gestapelde betonnen blokken
- Spuitbeton
- Stalen damwandpanelen

Sommige van deze systemen vallen in bepaalde situatie eerder onder de volgende categorie van semi flexibele bekledingssystemen.

6.3.4.2. Semi flexibele bekleding



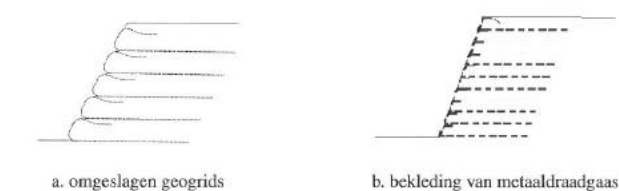
Figuur 6.11: Voorbeelden van flexibele bekledingssystemen [2]

Deze bekleding bestaat uit harde elementen die flexibel van elkaar kunnen bewegen. Deze bekleding is dus beter in staat vervormingen in de ondergrond en in het grondmassief op te nemen. Materialen voor de bekleding bestaan uit:

- Losse betonnen panelen
- Stalen roosterwanden
- Schanskorven
- Gestapelde graszoden

Bij vervorming ontstaan er vaak wel groten spleten tussen de elementen, dit wilt men qua esthetica liever niet zien gebeuren.

6.3.4.3. Flexibele bekleding



Figuur 6.12: Voorbeelden van semi-flexibele bekledingssystemen (CBS CUR, 2000)

Onder flexibele bekleding wordt bekleding bedoeld dat bestaat uit zachte elementen die de vervorming van de grond volgen. Deze vorm wordt vaak toegepast bij steile hellingen.

Hieronder vallende materialen zijn:

- Omslagsystemen
- Zakken gevuld met grond

6.3.5. Drainage

In sommige gevallen moet de constructie worden gedraineerd omdat het gevoelig is voor een te grote wateropbouw achter de wand. Dit is afhankelijk van de situatie, maar er moet altijd gekeken worden naar water drainage benodigdheden. De overdruk die na bijvoorbeeld hoog water achter een muur kan optreden, kan zorgen voor het falen van de constructie. Ook kan er water achter de muur opbouwen totdat er een kritiekpunt wordt bereikt waarop de verbinding tussen wapening of bekleding faalt of de wapening wordt uit het massief getrokken. Drainage wordt meestal gedaan door het leggen van een drainagebuis in de teen van de constructie. Deze buis zal waarschijnlijk moeten worden onderhouden en daarvoor wordt dit ook opgenomen in een beheersplan.

6.4. Toepassingen

De toepassingen van gewapende grond zijn erg veelzijdig omdat het als bouwproduct voornamelijk grond gebruikt. Het kan gebruikt worden als zowel een tijdelijke als een permanente oplossing voor verhogingen. Zo kan gewapende grond gebruikt worden als:

- Waterweg constructies



Figuur 6.13: Voorbeeld gebruik gewapende grond als waterweg constructie [12]

- Oeverbescherming (anti-erosie laag)
- Onderdeel van een dijk of andere waterkering
- Insluiting van infrastructuur funderingen



Figuur 6.14: Voorbeeld gebruik gewapende grond constructie als infrastructuur opsluiting. [14]

- Keren van grond in tijdelijke situaties
- Keren van grond bij op en afritten van tunnels
- Trap aanbrengen in een talud
- Geluidsmuur
- Landhoofden



Figuur 6.15: Voorbeeld gewapende grond als landhoofd [13]

6.5. Uitvoering

Gewapende grond is gemakkelijk uit te voeren omdat er voor de bouw alleen grond en wapening aanwezig hoeft te zijn. Verder zijn er eigenlijk alleen grondwerkers nodig om de grond te verplaatsen en het wapening bij te snijden waar nodig. Voor wanneer er gebruikt wordt gemaakt van een harde of semi-flexibele bekleding, moet deze zo recht mogelijk worden geplaatst met behulp van een nivellerende voet. Als de grond zeer zwak is, moet er een groffe grond fundering strook worden aangebracht om daarop de voet te storten. Is de grond echt van nature grof, dan kan deze gewoon gebruikt worden als fundering voor het recht plaatsen van de bekleding. Om een goed product neer te zetten, is het belangrijk dat het terrein van de constructie zo vlak mogelijk is.



Figuur 6.16: Voorbeeld nivellerende voet [3]

Het aanbrengen van het massief moet vrij gemakkelijk gaan omdat dit alleen het storten van grond is. Het massief moet wel goed worden verdicht met een wals of trilplaat omdat er anders kans bestaat dat de wapening uit het massief wordt getrokken. Als er geogrids worden gebruikt hoeven deze alleen maar te worden uitgerold en wordt bijgesneden met bv. een tantièmes. Bovendien zijn ze gemakkelijk op te slaan in rollen en nemen ze weinig ruimte in bij opslag en transport. Als er stalen wapening wordt gebruikt, kan dit ook gemakkelijk in bundels worden opgeslagen en vervoerd. De grond kan gewoon in bulk worden opgeslagen op het werkterrein, dit neemt wel wat meer ruimte in beslag. In het geval van de bekleding is het bepalen hiervan wat lastig, gezien deze in allerlei soorten en maten kan worden toegepast.

De milieu impact van gewapende grond kan heel laag uitvallen omdat er ook veel kleiner materieel kan worden ingezet bij het bouwen van de constructie. Er hoeft bij het gebruik van simpele bekleding niet veel materiaal te worden gebruikt. Ook is de milieu impact van staal en beton al veel groter dan die van geogrids en is het gebruik van grond alleen maar positief voor de omgeving. Gezien er bij de methode gewapende grond ook geen gebruik hoeft worden gemaakt van hefwerktuigen is de invloed op werkzaamheden is de invloed op de omgeving minder. Hetzelfde effect wordt extra versterkt vanwege de bouwmethode, er kan namelijk tijdens de bouw op de constructie worden gereden waardoor er multifunctioneel kan worden omgegaan met de ruimte. Ook kan de constructie gemakkelijk worden ingepast in het landschap waardoor er een positieve invloed kan worden geleverd aan de omgeving.

7. BEHEER

Een gewapende grond constructie is over het algemeen behoorlijk onderhoudsarm omdat er alleen grond en wapening voor nodig is. De constructie wordt opgebouwd met een referentieperiode en hier worden ook wapening en bekleding op gebaseerd. Tijdens deze referentie periode zou dus alleen grote reparaties moeten optreden wanneer er doormiddel van een externe oorzaak schade wordt toegebracht aan de constructie. Er kan bijvoorbeeld gebruikt worden gemaakt van soil nailing wanneer er beschadigingen zijn aan de wapening. Beschadigingen aan elementen van de bekleding kunnen worden opgelost door het element te vervangen of te repareren ter plaatsen van de beschadiging.

Om na te gaan wat voor corrosie de wapening ondergaat kan er als controle middel “dummy’s” in de constructie worden aangebracht. Deze wapening kan na bepaalde tijd worden gemakkelijk worden verwijderen om vervolgens te zien wat de status is van de wapening.

Het schoonmaken van de drainagepijp is wel belangrijk in het beheer van de constructies. Wanneer deze niet voldoet aan de drainage eisen kan het gebeuren dat de bekleding faalt of dat het gewapend massief uitspoelt. Dit moet dus worden opgenomen in een beheersplan van de constructie.

Het graven voor aanbrengen of vervangen van kabels en leiding in het stabiliteitsgebied van de constructie kan zorgen voor instabiliteit in de glijcirkels van het gebied. Dit kan voorkomen worden door bij de berekening rekening te houden met afgravingen in de glijcirkel.

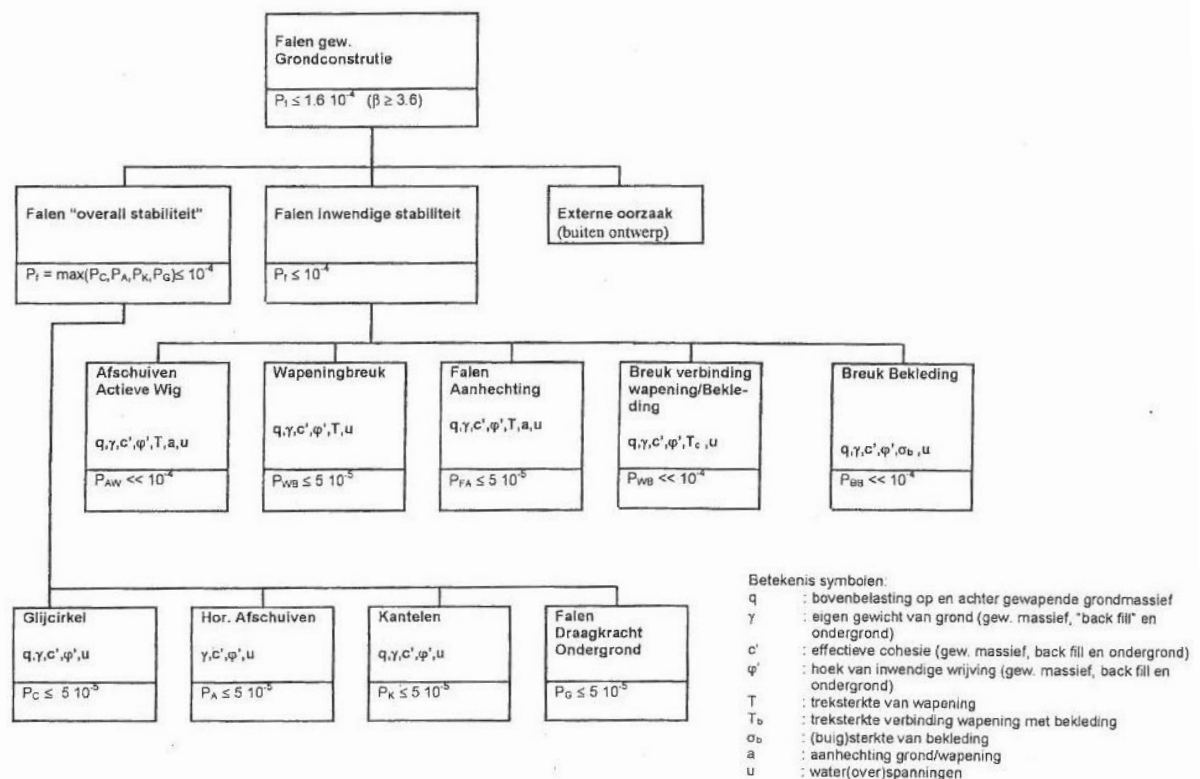
8. HOOFDOPZET BEREKENEN GEWAPENDE GROND

Bij het berekenen van een gewapende grond constructie komen een paar bezwijk mechanismes kijken die belangrijk zijn bij het bepalen van het constructief voldoen van de constructie. Deze methode is opgezet aan de hand van de CUR 198 [2]:

Tabel 8.1: Opzet berekeningsmethode

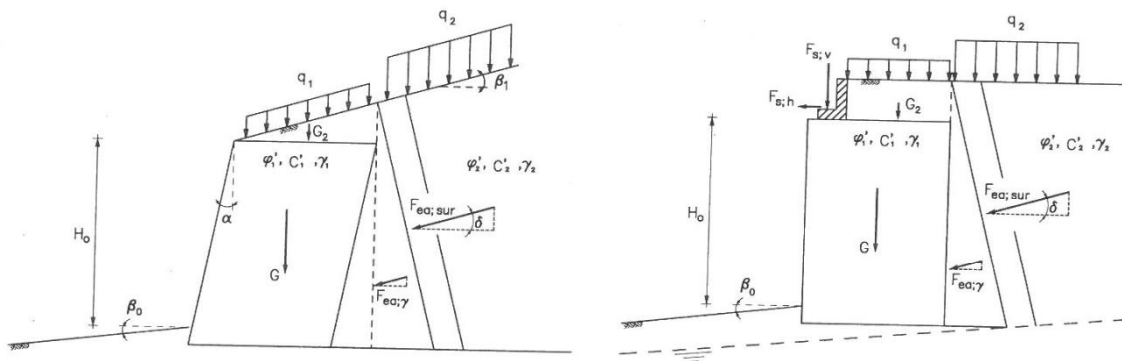
Actie	Detail	Resultaat
1. Vastleggen uitgangspunten	Hoogte van de wand Helling van de wand E.v.t. helling boven het gewapende massief E.v.t. helling voorzijde van het gewapend massief Bovenbelasting: • Q-last • Verticale F-last • Horizontale F-last Grondwaterstand(en) Grondparameters (per grond type) • Hoek van inwendige wrijving • Cohesie • Volumiek gewicht • Verzadigd volumiek gewicht	
2. Globale Dimensionering	Bepalen lengte van de wapening (L) Bepaling inbeddingsdiepte in onderlaag	
3. Berekening van de zakking van het gehele massief		Zakkingen en zakkingsverschillen acceptabel? Zo niet: andere oplossing bedenken
4. Controleren uitwendige stabiliteit	4.1. Falen van draagkracht ondergrond 4.2. Kantelen van het massief 4.3. Horizontaal verplaatsen van het massief 4.4. Diepe glijvlakken 4.5. E.v.t. Macro instabiliteit	Gekozen wapeningslengte akkoord? Zo niet: herbepalen van stap 2.
5. Detailleer de wapening (sterkte en laag indeling)	Laagindeling is afhankelijk van type bekleding en uitvoering.	
6. Controleer inwendige stabiliteit van gewapend massief	6.1. Treksterkte wapening 6.2. Aanhechting tussen wapening en gewapende grond 6.3. Afschuiven actieve wig	Gekozen wapening akkoord (qua sterkte en 3 P's) Zo niet: Andere wapening kiezen

7. Controleer bekleding inclusief verbinding met wapening	7.1. Falen van verbinding wapening en bekleding 7.2. Falen van de bekleding	Sterkte akkoord? Zo niet: Andere wapening kiezen
8. Bereken vervorming gewapend massief	8.1. Kruip van de wapening 8.2. Inklinking van het gewapende massief 8.3. Zakking van het gewapende massief	
9. E.v.t. Externe oorzaken	9.1. Aardbevingen 9.2. Vandalisme	



Figuur 8.1: Fouten bezwijken gewapende grondconstructie (CBS CUR, 2000)

8.1. Vasleggen uitgangspunten



Figuur 8.2: Basis gegevens voor het ontwerp [2]

In dit punt worden alle gegevens van de situatie in beeld gebracht en wordt er bekeken wat voor soort gewapende grond constructie het wordt. Hoe duidelijke gegevens in deze situatie, hoe beter het resultaat in de praktijk klopt met die van de berekening. Er moet in deze situatie worden gekeken naar:

- Hoogte van de wand (H)
- Helling van de wand (α)
- E.v.t. helling boven het gewapende massief (β_{s0})
- E.v.t. helling voorzijde van het gewapende massief (β_{s1})
- Bovenbelasting:
 - Q-last (q_1)
 - Verticale F-last ($F_{s,v}$)
 - Horizontale F-last ($F_{s,h}$)
- Grondwaterstand(en)
- Grondparameters (bv. klei of zand soort):
 - Hoek van inwendige wrijving (φ)
 - Cohesie (C')
 - Volumiek gewicht (γ)
 - Verzadigd volumiek gewicht (γ_{sat})

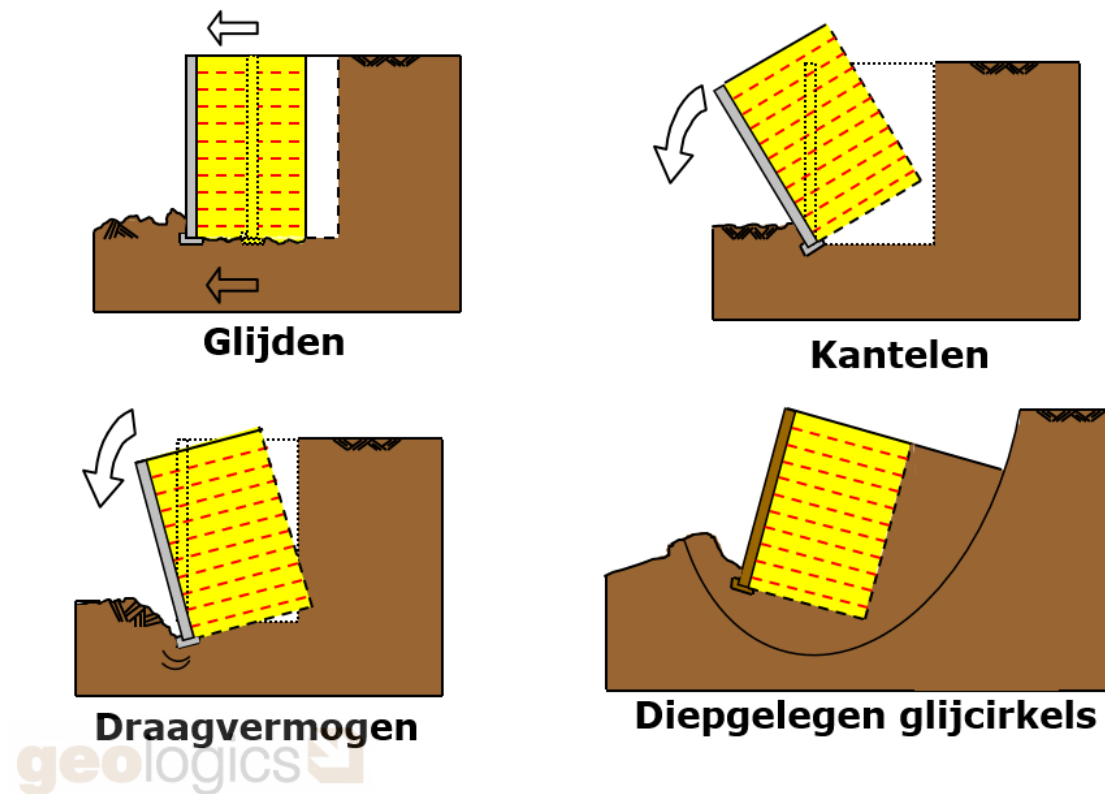
8.2. Globale dimensionering

In deze fase wordt er bepaald hoe het gewapende massief van de constructie eruit komt te zien. Er wordt hier ook gekozen voor een hellingshoek van het massief. De afmetingen van de wapening worden aan de hand van de kerende hoogte bepaald. De lengte hiervan gezamenlijk met de inbeddingsdiepte zorgt voor de afmeting van het massief. De inbeddingsdiepte wordt ook bepaald door de hoogte van de constructie. De hoogte en de inbeddingsdiepte hebben minimumregels, deze zijn te vinden in tabellen 3.6 en 3.7 in de CUR 198 [2].

8.3. Berekening van de zakking van het gehele massief

Aan de hand van bijvoorbeeld Terzaghi of andere methode in CUR 162, kunnen de zettingen in de ondergrond berekend worden ten gevolge van de plaatsing van het massief op de ondergrond. Dit kan ook worden gedaan met computerprogramma's PLAXIS of D-Settlement. Hierdoor kan worden bepaald hoeveel de constructie gaat zakken en kan er worden vergeleken of dit gewenst is volgens de eisen die afgesproken zijn met de opdrachtgever. Als hier niet aan wordt voldaan moet er een lichter massief worden gekozen of een oplossing wat de zetting kan verminderen.

8.4. Controle van de uitwendige stabiliteit

Externe Stabiliteit

Figuur 8.3: Voorbeelden van faalmogelijkheden bij uitwendige stabiliteit [1]

De hierboven weergegeven faalmogelijkheden kunnen optreden bij de bouw van een gewapende grond constructie en moeten worden gecontroleerd onder externe stabiliteit. Het glijden van de constructie kan optreden wanneer de horizontale kracht die tegen het massief aandrukt hoger is dan de wrijvingskracht, die wordt veroorzaakt door het gewicht van het massief, tussen het massief en de ondergrond.

Het kantelen van het massief kan voorkomen wanneer er een grote horizontale kracht optreedt aan de bovenkant van de constructie waardoor er een kantelend moment optreedt in de constructie met als draaipunt de voet van de constructie. Wanneer er gesproken wordt over een zacht ondergrond, zoals in Nederland, kan het kantelen van de constructie vrijwel achterwege worden gelaten als het draagvermogen criterium.

De direct dragende ondergrond van de constructie kan het begeven als het gewicht van het massief groter is dan de uiterste grondweerstand van de ondergrond. Hier moet de dragende kracht van de ondergrond dus groter zijn, is dit niet het geval dan moet de of het massief kleiner of de belastingen kleiner of moet de ondergrond worden verbeterd.

Bij het afschuiven langs diepe glijvlakken bestaat er de kans dat het gewicht van de ophoging zwaarder is dan de schuifweerstand van de ondergrond. Hier wordt de lamellenmethode met cirkelvormige glijvlakken volgens de methode Bishop gebruikt. Deze glijvlakken kunnen zich buiten en binnen in het massief plaatsvinden.

Macro instabiliteit

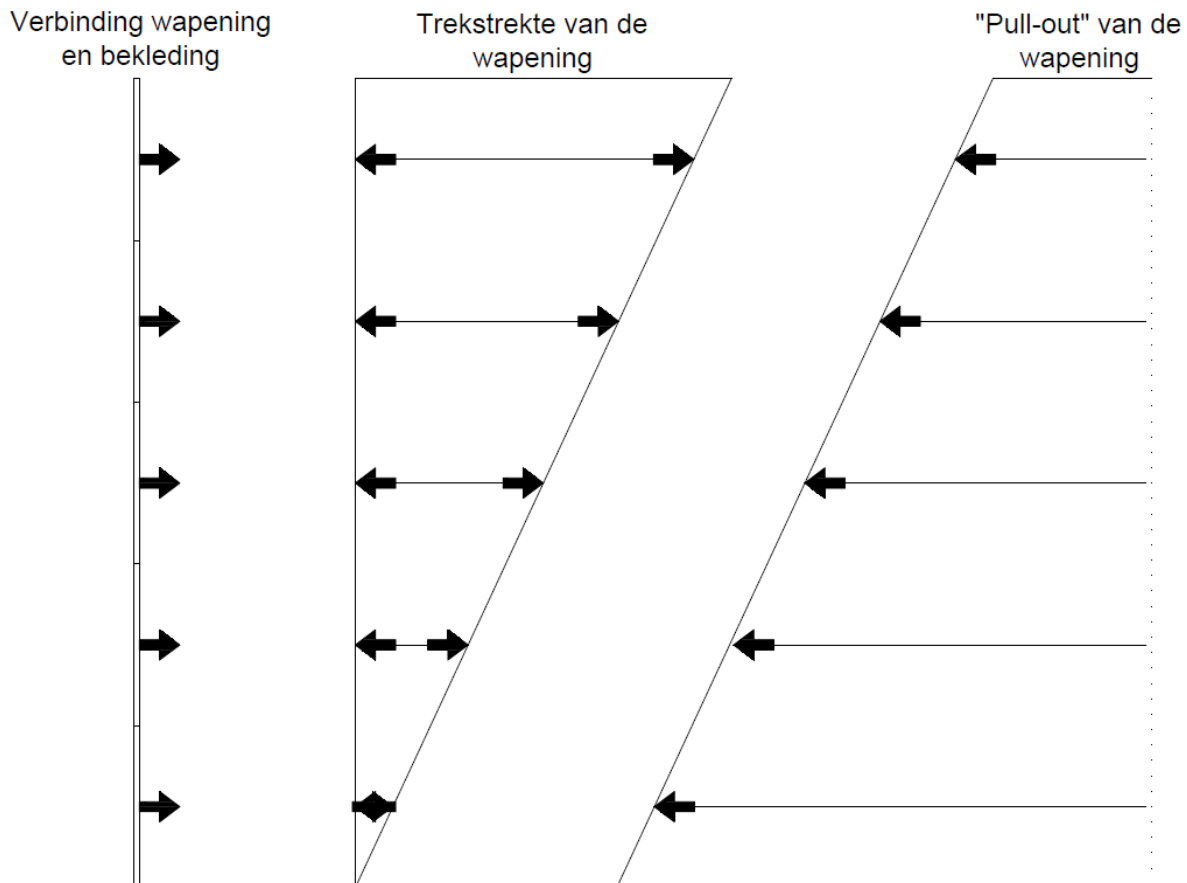
Er kan ook een extra variant optreden bij diepgelegen glijcirkels, deze macro instabiliteit is hetzelfde principe alleen bezwijkt er een strook grond tussen twee glijcirkels vanwege de belasting die geplaatst is boven op de verhoging.

8.5. Detaillering van de wapening

In deze stap moet de wapening en de laag diktes ontworpen worden. Het is veel proberen bij het ontwerpen van geogrids, het is dus handig om het volgende hoofdstuk te gebruiken voor het berekenen van de benodigde kracht van de geogrids. Er zijn wel een paar notities die gevonden zijn:

- Er wordt over het algemeen geogrids gebruikt die spanningen aankunnen van 35kN/m tot 110 kN/m.
- Er wordt een vuistregel aangehouden in Amerika voor laagdiktes is: $H_{laag\ dikte} < 600\ mm$

8.6. Controleer de inwendige stabiliteit van het gewapende massief



Figuur 8.4: voorbeeld van faalmogelijkheden bij inwendige stabiliteit

De mogelijkheden van falen binnen het gewapende massief zijn voornamelijk materiaal gericht zoals hierboven kan worden gezien. De treksterkte van de wapening kan op twee manieren worden gecontroleerd en dat zijn de *"tie back wedge method"* en *"coherent gravity method"*.

Er moet ook rekening worden gehouden met de aanhechting van de wapening met de omliggende massa. Hierbij moet de schuifspanningsoverdracht, opgewekt uit de aanhechting tussen grond en wapening, aan de boven onderzijde van de wapening groter zijn dan trekkracht van de wapening.

Er moet in de inwendige stabiliteit ook rekening worden gehouden met glijcirkels die zich door het massief snijden. Deze moeten per laag worden gecontroleerd om te voorkomen dat een laag faalt aan de hand van Bishop.

8.7. Controleren van de bekleding

In deze stap moet er gekeken worden naar de bekleding en de faalmogelijkheden hiervan. Het is een mogelijkheid dat de verbinding tussen bekleding en wapening het begeeft en dat dit tot gevolgen heeft dat de bekleding begint met verplaatsen. Verder moet ook gekeken worden of de bekleding sterk genoeg is om de belasting die het ondervindt kan houden. Wanneer de bekleding het begeeft, loopt het gewapende massief in gevaar van instorten.

8.8. Bereken vervormingen gewapend massief

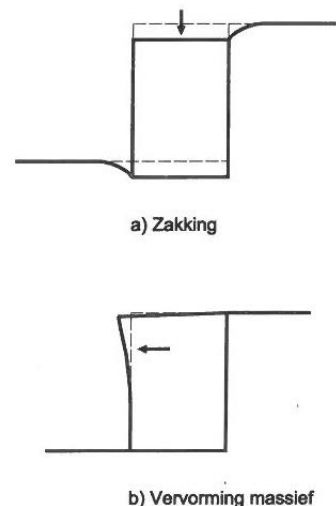
Het gewapende massief zal over de loop van de tijd steeds meer gaan vervormen. Dit zal ten gevolge van klink in de ondergrond zijn en kruip of schade aan de wapening of bekleding zijn. De vervormingen die optreden zullen weinig invloed hebben op de dragende kracht van de constructie, maar wel op het esthetische karakter van de constructie. Voor dit karakter zijn namelijk vaak eisen die opgesteld door de opdrachtgever en hier moet dus rekening mee worden gehouden.

8.9. Externe oorzaken

Deze stap houdt rekening met de extra krachten die kunnen ontstaan na de bouw van de constructie. Hier moet, als er wordt gekeken naar de berekening, worden gedacht aan aardbevingen.

Sinds er aardbevingen zijn geweest in Groningen vanwege de gaswinningen in de provincie, wordt er in Nederland meer rekening gehouden met eventuele aardbeving belastingen (Eurocode 8). Over het algemeen komen er hierbij extra horizontale en verticale belastingen op de diepe glijvlakken waardoor de constructie iets kan glijden. Na aardbevingen in Japan is gebleken dat een gewapende grond constructie, goed een aardbeving kan doorstaan, er zal waarschijnlijk alleen een overschrijding zijn van de esthetische eisen.

Zoals eerder vermeld moet ook rekening worden gehouden met het afgraven van grond ten behoeven van kabels en leiding in de glijcirkels van de constructie. Hier moet de constructie ook op worden gecontroleerd in deze fase.



Figuur 8.5: Voorbeelden van vervorming van het gewapende massief [2]

9. DUURZAAMHEID

Een gewapende grond constructie wordt op zich zelf al gezien als een duurzamere variant op de traditionelere methodes. Vanwege het minimaal gebruik van materialen wordt er al een verbetering gerealiseerd door de constructie. De toepassingen die mogelijk zijn als bekleding kan er een toevoeging worden gecreëerd aan de omgeving in plaats van een industriële uitstraling. Vaak kan er ook een toevoeging worden geplaatst die een reducerende werking heeft op CO₂ uitstoot of een toevoeging aan de biodiversiteit. Wanneer er gekozen wordt voor een bepaalde aanpak kan de keuze in materiaal en de duurzame productie daarvan ook voor reductie zorgen in de footprint van de constructie. Dit kan ook door de hergebruik mogelijkheden van materialen.

Als levensduur van de constructie wordt er vaak ontworpen voor een referentie periode van 80 tot 120 jaar.



Figuur 9.1: Voorbeeld duurzame bekleding [18]

In Nederland wordt duurzaamheid binnen de GWW sector bepaald door “duurzaam GWW” methode. Deze afspraken tussen opdrachtgevers en opdrachtnemer zorgen voor duurzamere constructies binnen de GWW sector. Om er voor te zorgen dat het onderzoek voldoet aan deze werkwijze, wordt er een apart document over deze methode opgesteld waarop kan worden teruggevallen in de loop het onderzoek.

10. FALEN VAN GEWAPENDE GROND CONSTRUCTIE

Het falen van gewapende grond is ook mogelijk gezien niet alle constructies altijd goed worden ontworpen. Met enkele voorbeelden kunnen fouten worden voorkomen in het verdere onderzoek.

Fout in wapening aankoop



Figuur 10.1: Voorbeeld gefaalde gewapende grond [3]

In het plaatje hiernaast kan een vrij hoge gefaalde constructie worden gezien. Bij de aanleg van deze constructie zijn verschillende soorten geogrids aangebracht, waardoor er verschillende spanningslagen in het gewapende massief ontstaan. Er werd bij dit voorbeeld ook aangegeven dat de geogrids te ver uit elkaar waren geplaatst (1 meter) waardoor er glijcirkels ontstaan in het massief van de gewapende grond. Fouten in materiaal en ontwerp kan grote gevolgen hebben.

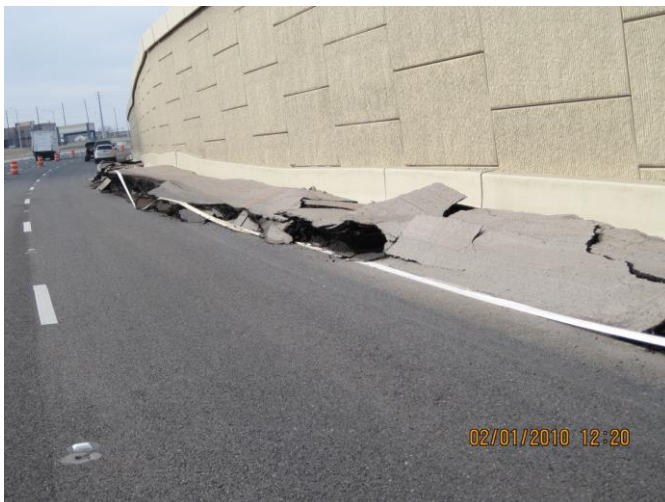
Zettingen



Figuur 10.2: Voorbeeld gefaalde ondergrond [3]

In dit plaatje kan er gezien worden welke gevolgen het slecht verdicht van de ondergrond voor gevolgen kan hebben op de esthetica van de muur. Constructief voldeed deze muur namelijk nog wel. De muur was ongeveer een meter hoog en de zakking die was opgetreden was ongeveer 100 mm. Toch blijft de muur de grond keren met grote zekerheid, alleen ziet het er niet zo mooi meer uit.

Overschrijding van de draagkracht ondergrond



Figuur 10.3: Voorbeeld overschrijding van de draagkracht [20]

In dit voorbeeld is de muur te zwaar ontworpen of is er niet gecontroleerd of de ondergrond sterk genoeg was om het massief te dragen. Hierdoor is de grond aan de voet van de constructie omhoog gekomen en is de muur in de richting van de weg gaan hangen. Dit is dus waarschijnlijk een voorbeeld van het falen van een constructie doormiddel van squeezing.

11. BIBLIOGRAFIE

11.1. Normen/Standaarden

- [21] Nederlandse staat, „NEN-EN 1997-1+C1 - Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels,” Nederlandse staat, -, 2012.
- [22] Nederlandse staat, „NEN-EN 1997-1+C1/NB - Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-1 - Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels,” Nederlandse staat, -, 2012. Richtlijnen
- [2] CBS CUR, 198 Kerende constructies in gewapende grond, Taludhelling steiler dan 70 graden, Gouda, 2000.
- [5] R. R. Berg, B. R. Christopher en N. C. Samtani, „Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I,” U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 2009.

11.2. Rapporten

- [6] B. d. Boer, „VEILIG VERNAGELEN,” VWS Geotechniek, Woerden, 2005.
- [20] J. M. Schmidt en D. L. Harpstead, „Articles and Technical Papers,” - - 2016. [Online]. Available: <http://www.kleinfelder.com/index.cfm/resource-library/articles-and-technical-papers/>. [Geopend 24 02 2016].

11.3. Websites

- [1] Geologics, „Geogrids,” - - 2013. [Online]. Available: <http://www.geologics.nl/>. [Geopend 18 02 2016].
- [3] Armtex Ltd. , „MSE Retaining Walls: Design, Usage and Specifications Part 1 - Armtex Ltd.,” 15 Januari 2013. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=28SEDUhdtg>. [Geopend 11 Februari 11].
- [4] Wikipedia, „Mechanically stabilized earth,” 08 April 2015. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Mechanically_stabilized_earth. [Geopend 11 Februari 2016].
- [7] Secugrid, „Documenten,” - - 2011. [Online]. Available: <http://www.citeko.com/>. [Geopend 15 2 2016].
- [8] „keermuur, keerwand, grondkering,” - - -. [Online]. Available: <http://www.joostdevree.nl/shtmls/keerwand.shtml>. [Geopend 15 02 2016].
- [18] Terre Armée, „Terre Armée,” onbekend onbekend onbekend. [Online]. Available: <http://www.terrearmee.nl/>. [Geopend 11 Februari 2016].
- [19] Terre Armée, „Historie,” onbekend onbekend onbekend. [Online]. Available: <http://www.terrearmee.nl/>. [Geopend 11 Februari 2016].

11.4. Overige

- [9] Progress Maschinen & Automation AG, „Nettenlasinstallatie voor de productie van rechte en gebogen laddervormige netten,” - - -. [Online]. Available: <http://www.progress-m.com/nl/produkten-nettenlasmachines/tubing-en-wandafstandhouder-lasmachines>. [Geopend 17 02 2016].
- [10] L. v. d. Wielen, Artist, Kantopsluiting / grondkering. [Art]. flickr.
- [11] TenCate, „TenCate Polyfelt Geolon® PET,” - - -. [Online]. Available: <http://www.tencate.com/nl/emea/geosynthetics/producten/TenCate-Woven-geotextiles/TenCate-Polyfelt-Geolon-PET/default.aspx>. [Geopend 18 02 2016].
- [12] FingersOnStrings, „The Reinforced Earth Company,” 18 05 2010. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=HleBFFmwis4>. [Geopend 22 02 2016].
- [13] Reinforced Earth Company Ltd., „Highways,” - - 2008. [Online]. Available: <http://www.recocanada.com/highway.php>. [Geopend 22 02 2016].
- [14] Tensar, „Two-Stage Walls,” - - -. [Online]. Available: http://www.tensarcorp.com/Applications/Retaining_Walls/2-stage-walls. [Geopend 22 02 2016].

- [15] hardeman-zand.nl, Artist, Grind. [Art]. hardeman-zand.nl.
- [16] Qiaojin, Artist, Het Staal van de Vorm van de legering (4Cr13). [Art]. Foshan Shunde Qiaojin Trading Co., Ltd. .
- [17] EKON, Artist, Kunststof platen uit PE en PP. [Art]. EKON.

BIJLAGE C.

Duurzaamheid voor kerende constructie



Auteur:	Jasper Borst - 0866897
School:	Hogeschool Rotterdam
Opleiding:	Civiele techniek
Datum:	14 juni 2016
Versie:	2.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING1

2. DUURZAAM.....2

2.1. Duurzaam inkopen.....2

2.2. Eisen gewapende grond2

2.3. Duurzaamheid binnen RPS3

3. CO₂ WAARDE4

3.1. Damwand4

3.2. L-muur.....4

3.3. Gewapende grond4

4. CONCLUSIE6

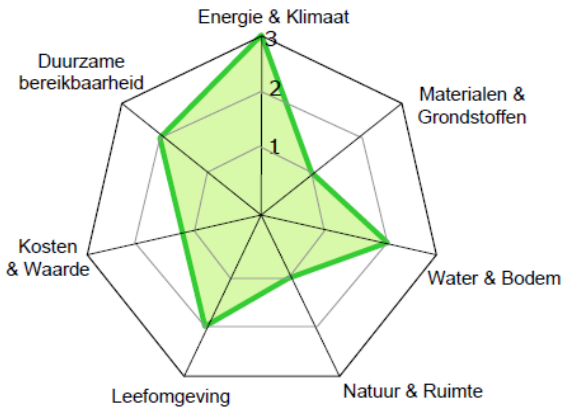
5. BIBLIOGRAFIE.....7

1. INLEIDING

Dit document is geschreven om vast te stellen wat de regels en ambities zijn bij gewapende grond constructies, gezien vanuit de gedachte van het bouwen van een milieu vriendelijke constructie. Deze duurzaamheidscriteria zullen ondersteuning geven voor het onderzoek gewapende grondconstructies. Er wordt gekeken worden wat de regels zijn vanuit de overheid voor het duurzaam afleveren van een product. Ook wordt er binnen het bedrijf gekeken wat de bedrijfswensen zijn als het gaat om duurzaamheid. Verder wordt er gekeken wat voor oplossingen er zijn voor het duidelijk maken wat de milieu-impact is van de constructies.

2. DUURZAAM

Duurzaam GWW heeft als kern dat al vroeg in een proces, aspecten van duurzaamheid worden meegenomen. Hierbij wordt er gewerkt naar een zo min mogelijke belasting op Planet, in balans met People en Profit in elk individueel project. Het meewegen van duurzaamheidsaspecten in alle fasen van een project draait om het formuleren, vastleggen en uitvoeren van ambities en deze door te geven naar de volgende projectfase. Hierbij is het Abitiweb een centraal hulpmiddel voor alle fasen en een manier van doorgeven aan de volgende fase.



Figuur 2.1: Voorbeeld Ambitiweb (PIANOo, 2015)

Het Ambitie web hanteert een aantal duurzaamheidsthema’s. Elk thema kent drie ambitieniveaus:

1. Inzicht in de grootste belasters en stromen voor het betreffende thema en daarbij het behalen van een minimumniveau;
2. Het stellen van concrete reductiedoelstellingen en het bereiken van een significante verbetering op het betreffende thema;
3. Het toevoegen van waarde, in plaats van “minder slecht”. Niet alleen is de belasting op milieu, mens of waarde nihil, er wordt zelfs een positieve bijdrage geleverd.

Onderdeel van niveau 1 is het voldoen aan de geschiktheidseisen, minimeisen en contractbepalingen van de criteriadocumenten Duurzaam Inkopen. Met de gunningscriteria kan een bijdrage worden geleverd aan niveau 2.

2.1. Duurzaam inkopen

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland heeft als overheidsgroep een selectie productgroepen duurzaamheidscriteria en informatiedocumenten ontwikkeld voor bedrijven. Hierin staat gespecificeerd hoe de overheid zijn invloed op ecologische en sociale omstandigheden van leveringen, diensten en werken wilt beperken. Hieronder valt ook de GWW sector wat aansluit bij de duurzaam GWW methode door het te specificeren naar bepaalde minimeisen die meegenomen moeten worden in het Ambitiweb, deze eisen liggen vanzelfsprekend in niveau 1. Er worden binnen deze documenten eisen voor gunningcriteria gegeven, deze liggen in de Niveau 2 klasse van het Ambitiweb.

2.2. Eisen gewapende grond

De volgende eisen worden gesteld volgens het document “Milieucriteria voor het maatschappelijk verantwoord inkopen van Grondwerken, bouwrijp maken terrein en sanering/bodemreiniging. Versie 7 mei 2015” (PIANOo, 2015):

In de navolgende tabel zijn de thema’s opgenomen waar de inkoper daadwerkelijk invloed op uit kan oefenen met de eisen en criteria uit dit criteriadocument.

Thema's	Niveau 1 Ambitiweb Selectie criterium (SC) Minimeis (ME) Contractbepaling (CB)	Niveau 2 Ambitiweb Gunningcriterium (GC)
Energie en klimaat		GC1. Grondbalans
Materialen en grondstoffen		GC1. Grondbalans

Nr.	Gunningscriteria (GC)
GC1	Grondbalans Naarmate over de grenzen van een werk minder aan- en of afvoer plaatsvindt van grond, dat in kader van het project nuttig is en geschikt is als secundaire bouwstof, wordt de inschrijving hoger gewaardeerd. Dit criterium wordt als volgt gewaardeerd: Naar mate een hoger aandeel grond vrijkomend uit het werk binnen het werk (evt. in uitwisseling met naburige werken) wordt ingezet (in volumepercentage/m³ danwel massapercentage/ton) wordt de aanbieding hoger gewaardeerd. <i>Toelichting</i> Bij de gunning kan een volledig gesloten grondbalans (vrijkomende grond die geschikt is als secundaire bouwstof, wordt volledig opnieuw ingezet) bijvoorbeeld hoger worden gewaardeerd dan een inschrijving die niet een volledige grondbalans heeft. De inkoper bepaalt afhankelijk van de aard van het werk de te hanteren eenheid m³ of ton. De inkoper moet vooraf bepalen met welke naburige werken uitwisseling plaats kan vinden. <i>Verificatie</i> De inschrijver kan worden gevraagd om een beschrijving van het grondstromenplan.

Figuur 2.2: Eisen vanuit de overheid (PIANOo, 2015)

2.3. Duurzaamheid binnen RPS

Het gebruik van het Ambitiweb binnen RPS wordt gebruikt om vast te stellen welke duurzaamheidseisen er worden gesteld door de opdrachtgever bij een bepaald project. Het gebruik van de aanpak Duurzaam GWW is nog aan het groeien binnen RPS. Verder wordt het Ambitiweb meer project matig toegepast en kan deze waarschijnlijk niet goed worden toegepast als tool voor dit onderzoek.

Andere tools die worden gebruikt voor Duurzaam GWW zijn de omgevingswijzer, CO₂-Prestatieladder en DuboCalc. De omgevingswijzer wordt meer gebruikt in de initiatie fase van een project om een probleemperspectief te creëren die voor iedereen gelijk is. Deze tool is voor de pre-projectfase en is meer locatie gericht, gezien het onderzoek niet over een locatie gaat kan deze tool ook niet gebruikt worden. De CO₂-Prestatieladder wordt gebruikt om bedrijven meer over duurzaamheid en hun invloed daarop te laten nadenken. Deze tool werkt meer op het niveau van het bedrijf zelf en de ketenanalyses en energieanalyses om het verbruik van het bedrijf inzichtelijk te maken en eventueel te verbeteren.

Het programma DuboCalc is een rekenprogramma om alle milieueffecten van winning tot sloop van een GWW-constructie in kaart te brengen. Aan deze milieueffecten worden vervolgens een prijs gehangen zodat duidelijk wordt wat voor impact een project heeft op het milieu, dit wordt ook de MKI-waarde genoemd. Het programma staat hierbij gelijk gekoppeld aan het eerder genoemde duurzaam inkopen. Verder is het gebruik van dit rekenprogramma is erg handig voor het bepalen van de milieu-impact van een constructie zijn. DuboCalc is alleen niet in bezit van RPS en kan dus niet gebruikt worden voor de berekening van de impact van de constructie en de vergelijking hiervan. Er kan wel een vergelijking worden gemaakt van de CO₂-impact door referentie terug te rekenen naar een duidelijke waarde voor een vierkante meter.

3. CO₂ WAARDE

Gezien RPS niet over een rekenprogramma voor CO₂-emissies beschikt, moet er een andere manier worden gevonden om deze emissies in kaart te brengen. Daar om zal er via internet onderzoek geprobeerd worden, waardes te achterhalen die de CO₂-emissies duidelijk in beeld kunnen brengen voor de varianten. Dit zal worden gedaan door naar de levenscyclus van de materialen in de constructie te kijken. Hierbij wordt er gekeken naar de volgende fases van de constructie:

- De creatie
- Het "nuttige" leven, het gebruik
- Het technisch of economisch verouderd zijn
- De sloop en eventueel het hergebruik

Alle waarde die hier genoemd worden zijn bepaald aan de hand van bronnen en zijn dus niet representatief voor de praktijk. De waarde zijn aangenomen om een indicatie te geven van het verschil van impact op het milieu per constructie

3.1. Damwand

Het maken van een damwand kost veel energie, maar ook het winnen en vervaardigen van de erts zijn grote vervuilers wanneer het gaat om CO₂-uitstoot. Doormiddel van hoogovens, ovens, walsen en zagen, worden vervolgens de damwand profielen geproduceerd. Volgens het ketenanalyse document van Vos & Schep (Vos & Schep, 2014), ontstaat bij de productie van een damwand de volgende CO₂-emissies:

- 283.1 kg CO₂ per m² te produceren damwand
- 10.9 kg CO₂ per m² voor het transport voor de damwand.

Dit resulteert in een waarde van ongeveer 294 kg CO₂ per m² damwand bij het creëren van de profielen.

Wat er gebeurt met de damwand tijdens de gebruiksfase is erg afhankelijk waarvoor deze wordt gebruikt. Over het algemeen verliest de damwand over 100 jaar ongeveer 3 á 5 mm (Jansen, Kraaijenbrink, & Meurs, 2014) aan dikte wanneer hij zich in geroerde grond, of verticale grondwaterbeweging, of boven de grondwaterspiegel bevindt. Dit is dus een verlies aan grondstoffen gezien deze niet meer terug te krijgen zijn. Bij de sloop kan de damwand weer wordt hergebruikt of worden omgesmolten voor een nieuw leven, dit kost alleen wel weer energie. Momenteel bedraagt het recyclingpercentage voor staal circa 80% (Rijksoverheid, 2016).

3.2. L-muur

De L-muur wordt voornamelijk gemaakt uit beton, dit wordt weer gemaakt door verschillen mengsels. Het probleem hiervan is dat er per mengsel een andere CO₂-emissie ontstaat vanwege het gebruik van verschillende bindmiddelen. Volgens het document (Bijleveld, Bergsma, & Lieshout, 2013), is de CO₂-emissie van de GWW-sector, behoorlijk hoog vanwege het hoge betonegebruik. Voor constructieve betonproducten met hoogoven cement in de GWW-sector wordt er ongeveer een CO₂-emissie van ongeveer 250 kg CO₂ per m³ beton gerekend. Voor niet-constructieve betonproducten wordt er ongeveer 160 kg CO₂ per m³ beton gerekend. De waardes omvatten zowel productie als transport CO₂-emissies. Volgens EN 13369 vallen keerwanden onder constructieve betonproducten en wordt de CO₂-emissie van 250 kg CO₂ per m³ beton leidend.

In de gebruik en verouderde fase kan er niet veel gebeuren met de constructie wanneer er geen invloeden van buitenaf op de constructie werken. Als de constructie niet goed is uitgevoerd of beschadigd raakt, kan er echter betonrot optreden waardoor veel van het wapeningsstaal en beton onbruikbaar wordt. Wanneer de constructie bij de sloop wordt gedemonteerd wordt het beton vaak gebruikt als puinfundering of als kade bescherming. Delen van de constructie kunnen worden

hergebruikt bij het maken van nieuwe constructies, dit mag echter maar tot 30% van de constructie zijn (NEN 8006, 2004).

3.3. Gewapende grond

In gewapende grond is voornamelijk de wapening van belang als het gaat om CO₂-emissies. De geogrids worden gezien als de CO₂ vriendelijkst van alle mogelijke wapening in gewapende grond en hiermee wordt dus verder gerekend. Wanneer er wordt gewerkt met een ander materiaal zoals staal, dan zullen ongeveer dezelfde waarde als bij de damwand gelden. Deze geogrid worden gemaakt door plastic onder grote hitte door een bepaalde vorm te duwen. Afhankelijk van de productie methode kunnen er zwakke en sterke punten in het geogrid te vinden zijn (Geologics, 2013). Volgens een introductiepresentatie van TenCate (TenCate, -) en het bijhorende onderzoek (Corney, Cox, Norgate, & Thrower, 2009), kan er gevonden worden dat geogrids een CO₂-emissie hebben van ongeveer 3.229 kg CO₂ per m², dit wordt verdeeld in:

- 0.32 kg CO₂ per m² geogrid (Miragrid GX 20/20)
- 0.774 kg CO₂ per m² bekleding (Rock PEC 55/55)
- 0.19 kg CO₂ per m² bekleding (Polyfelt Green)
- 0.755 kg CO₂ per m² drainage koffer + transport (Lime stone/Grind)
- 0.82 kg CO₂ per m² transport geogrids naar site
- 0.37 kg CO₂ per m² transport bekleding naar site

Deze waarde omvat de productie en het transport die worden gemaakt bij het maken en aanleveren van het product.

Bij het langdurig gebruik van geogrids, gaan de textiele langzaam rekken en ondervinden ze een bepaalde kruip. Hierdoor worden de strengen dunner en zal er een vermindering zijn in de op te nemen treksterkte van het product. Er is hierbij geen verlies van materiaal en dus heeft dit geen invloed op de uitstoot van geotextiel. Het slopen van geotextiel kan beschadigend zijn voor de geotextielen, echter kunnen deze, na schoonmaken, omgesmolten worden en gebruikt worden in andere producten. Dit is echter wel een slechtere kwaliteit dan het materiaal dat eerst werd gebruikt bij de creatie van het geotextiel, dit is het zogenaamde downcycling.

4. CONCLUSIE

Voor dit verslag is er uitgezocht welke eisen er bij de overheid liggen qua duurzaamheid en wat de duurzaamheid regeling is binnen RPS. Er binnen het bedrijf wel een interesse is voor het verduurzamen van projecten, alleen is dit huidig wat meer in een overgangsfase. Het duurzaam GWW concept is meer voor een project matig stelsel en bied niet de juiste tools voor dit onderzoek.

Het gebruik van DuboCalc was voor dit project wel een handig tool geweest om de juiste waarde te vinden voor CO₂-emissies. Gezien deze tool niet aanwezig is binnen het bedrijf zijn de mogelijke CO₂-emissies van de materialen op een simpelere manier berekend, dit is weergegeven in hoofdstuk 3. Deze waarde zullen worden gebruikt bij het berekenen van de CO₂-emissie waarde van de ontwerpen.

Eventueel kan er een ambitie web worden opgesteld voor het gehele onderzoek zodat er een duidelijk beeld is waar de varianten aan moeten voldoen als het gaat om duurzaamheidseisen.

5. BIBLIOGRAFIE

- aanpakduurzaamgww. (-, - -). *Aanpak Duurzaam GWW*. Opgeroepen op 02 16, 2016, van [aanpakduurzaamgww.nl](http://www.aanpakduurzaamgww.nl/): <http://www.aanpakduurzaamgww.nl/>
- Bijleveld, M. M., Bergsma, G. C., & Lieshout, M. v. (2013). *Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw*. Delft: CE Delft.
- Corney, N., Cox, P., Norgate, S., & Thrower, A. (2009). *Sustainable Geosystems in Civil Engineering Applications*. WRAP.
- Geologics. (2013, - -). *Geogrids*. Opgeroepen op 02 18, 2016, van [geologics.nl](http://www.geologics.nl/): <http://www.geologics.nl/>
- Jansen, d., Kraaijenbrink, i., & Meurs, d. v. (2014). *Corrosie van stalen damwandplanken in de grond*. Delft: Deltartes.
- Knipscheer. (2016). *Ketenanalyse Beton en prefab betonelementen*. -: Knipscheer.
- NEN 8006. (2004). *Milieugegevens van bouwmaterialen, bouwproducten en bouwelementen voor opname in een milieuverklaring*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- PIANOo. (2015). *milieucriteria grondwerken*. -: PIANOo.
- PIANOo. (2016, - -). *Productgroep: Grondwerken, bouwrijp maken en sanering/bodemreiniging*. Opgeroepen op 02 16, 2016, van [pianoo.nl](https://www.pianoo.nl/document/10833/productgroep-grondwerken-bouwrijp-maken-saneringbodemreiniging): <https://www.pianoo.nl/document/10833/productgroep-grondwerken-bouwrijp-maken-saneringbodemreiniging>
- Rijksoverheid. (2016, 06 03). *Afvalstoffase oeverbescherming, dijkbekleding en damwanden*. Opgehaald van Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit: <http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/oeverbescherming-dijkbekl114153/afvalstoffase-oeverbescher114763>
- RVO. (-, - -). *Duurzaam inkopen*. Opgeroepen op 02 16, 2016, van [rvo.nl/subsidies-regelingen/duurzaam-inkopen](http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/duurzaam-inkopen): <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/duurzaam-inkopen>
- TenCate. (-). *TenCate Reinforced Earth Walls intro*. Almelo: TenCate.
- Vos, M., & Schep, H. (2014). *Ketenanalyse stalen damwand*. Werkendam: Hakkers B.V.

BIJLAGE D.

Varianten opzet



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 1.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING1

2. 0-VARIANT2

3. VARIANT 1 - CASE STUDIE N302, WEST FRISIA WEG3

3.1. Locatie.....3

3.2. Het project4

3.2.1. Doel van het project.....4

3.2.2. Omschrijving4

3.2.3. Invloeden van de bouw4

3.2.4. Opbouw constructie5

3.2.5. Bouwmaterialen5

3.2.6. Ondergrond.....6

3.3. Berekening.....7

4. VARIANT 2 – WEG IN DE POLDER.....8

5. VARIANT 3 – VERHOOGING LANGS WEGEN.....9

6. BIBLIOGRAFIE.....10

BIJLAGEN:

- A. Tekening variant 1
- B. Tekening variant 2
- C. Tekening variant 3

1. INLEIDING

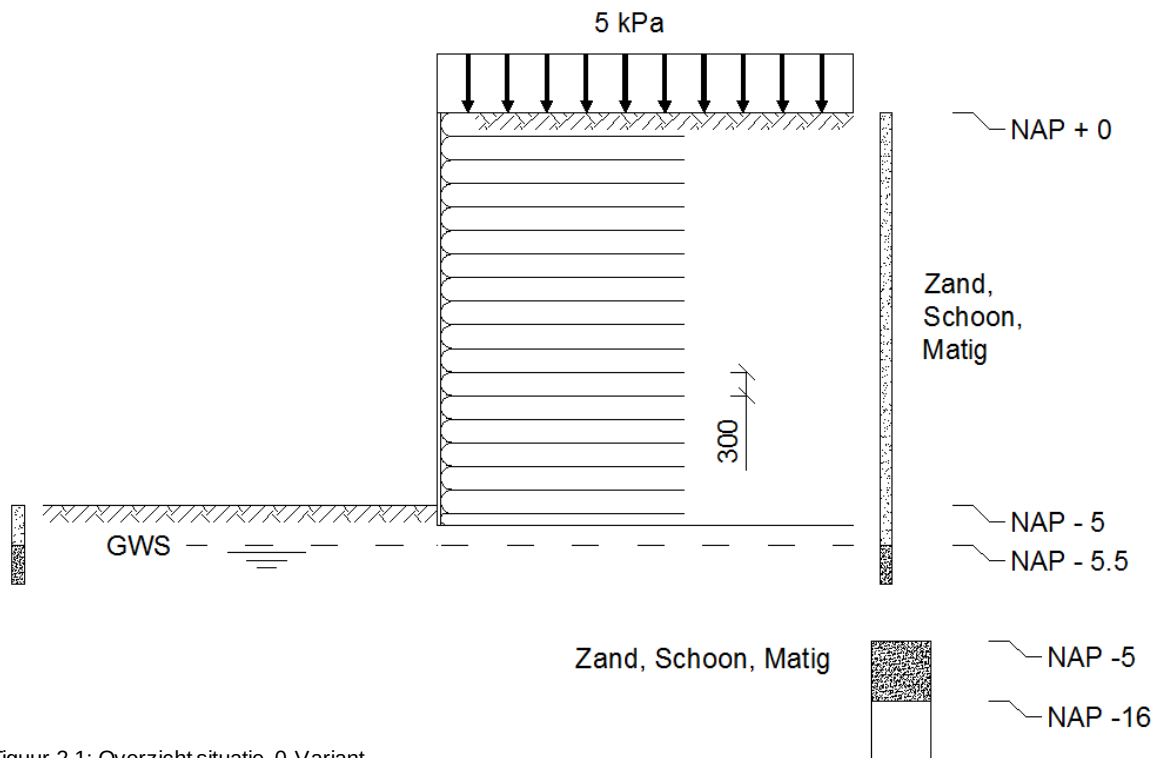
In dit rapport wordt er een case studie gedaan over het project N302 in kader van het onderwerp van gewapende grond. In het project wordt er gebruik gemaakt van gewapende grond constructie als manier om verhogingen te realiseren op een vrij zwakke ondergrond.

Het doel van deze case studie is het omschrijven en zo goed mogelijk berekenen van een gewapende grond constructie die in de praktijk wordt toegepast of is toegepast. Door een praktijk voorbeeld mee te nemen in de vergelijking tussen verschillende oplossingen wordt er een duidelijker beeld geschetst over de mogelijkheden van gewapende grond.



2. 0-VARIANT

Voordat er wordt gerekend in de modellen en situaties, wordt de berekening in een veilig situatie opgesteld en uitgerekend om de berekeningsopzet te controleren. Deze variant wordt hierom uitgerekend in volledig zand met dezelfde grondparameters voor de grondsoort. Hiermee wordt er een 0-situatie opgesteld waarin wordt aangetoond dat de constructie voldoen bij een compleet veilige situatie. Ook wordt de berekening van de constructies gekalibreerd in deze situatie. Als simpel model wordt de volgende opzet gebruikt:



Figuur 2.1: Overzicht situatie, 0-Variant

Hierbij wordt de “normale” zand parameter uit tabel 2.b uit NEN-EN 1997-1+C1 gebruikt als grondparameter voor al het zand wat gebruikt wordt:

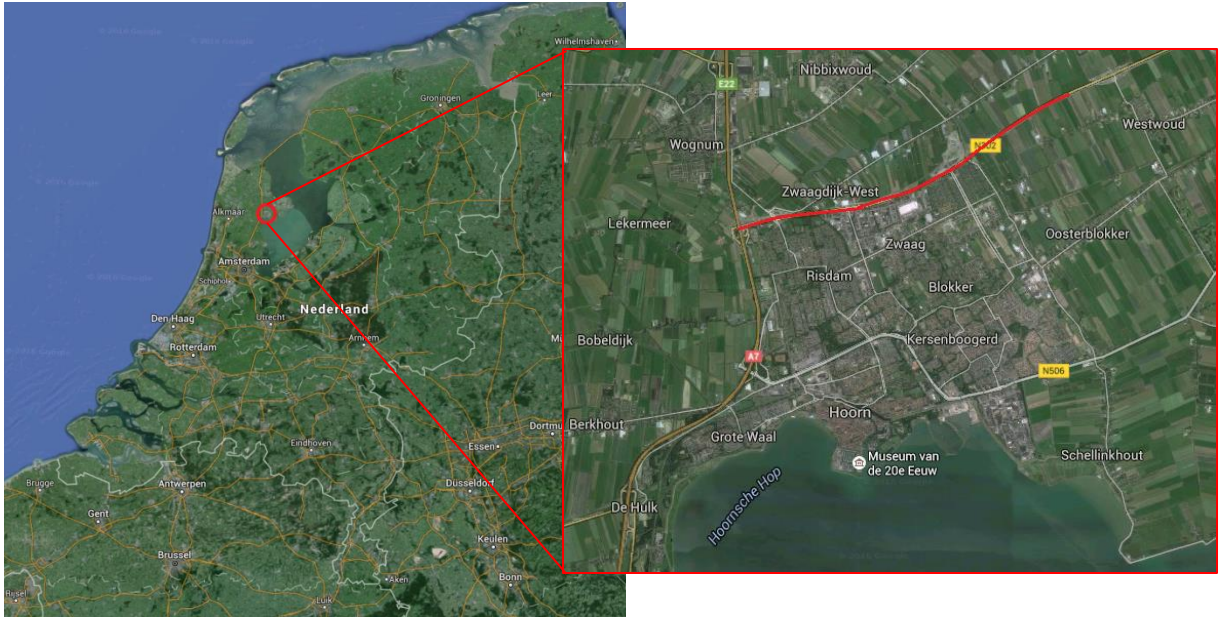
Tabel 2.1: Grondparameter 0-variant

Grondsoorten	γ^c kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	φ'^g Graden	c' kPa	c_u kPa
Zand, Schoon, Matig	18	20	32,5	0	0

Gezien dit een 0 situatie is en er geen gevaren zijn voor menselijk letsel of economische schade, wordt er gerekend met RC1.

3. VARIANT 1 - CASE STUDIE N302, WEST FRISIA WEG

3.1. Locatie



Figuur 3.1: Locatie in Nederland

Het project ligt in Noord-Holland aan de noord grens van de wijken Blokker en Zwaag in de buurt van Hoorn. Hier wordt de Westfriisiaweg of de N302 verbreed in de richting van Enkhuizen en de Houtribdijk die over het IJsselmeer een connectie maakt met Flevoland in de buurt van Lelystad. De N302 is een provinciale weg van twee rijstroken die de bovengenoemde steden ontsluit op de A7, afslag 9 Hoorn-Noord. Er wordt aan de hele weg gewerkt en is dus een groot project. Er wordt daarom alleen gekeken naar de verhogingen die worden gemaakt op het kruispunt van De Strip en de N302.



Figuur 3.2: locatie kruising

De Strip bestaat uit twee wegen met in het midden een singel en ontsluit aan beide kanten een wijk en een paar lintwegen aan het einde van de weg. De beide rijstroken van De strip zijn een richtingsverkeer met veel oversteekkruisingen en voetgangers oversteekplaatsen.

De N302 is een gebiedsontsluitingsweg in de richting van A7 voor de omringende dorpen. Het is een twee baans weg, met veel stoplichten voor aansluitende wegen. De kruising van de twee wegen is een splitsing waarop een stoplicht is geplaatst, hier zijn er inhaalstroken geplaatst op de N302 waardoor er drie wachtstroken zijn voor het stoplicht.

3.2. Het project

3.2.1. Doel van het project

De N302 wordt verbreedt omdat het hoeveelheid verkeer wat elke dag gebruikt maakt van de weg in grote getalen is toegenomen. De baan wordt nu van twee rijstroken naar vier rijstroken verbreedt om de toename van het verkeer op te vangen. Verder worden er een aantal verhoogde kruispunten op een aantal kruispunten gebouwd om de doorstroming van de weg te verbeteren.

Zoals in het vorige hoofdstuk verteld wordt er voornamelijk gekeken naar de kruising van De Strip en N302 beschouwd binnen de casestudie. Bij deze kruising worden er verhogingen voor de doorstroming aangelegd.

3.2.2. Omschrijving



Figuur 3.3: Bovenaanzicht kruising

de overige twee meter in beslag. Er zullen vier rijbanen over het viaduct rijden als belasting voor het landhoofd en de constructie. Voor de levensduur van het project wordt er een standaard van ongeveer 100 jaar aangenomen. De constructie wordt gebouwd door Molhoek Aannemingsbedrijf B.V. als onderaannemer van Heijmans.

Bij deze kruising wordt een verhoging van ongeveer zeven meter gemaakt zodat het doorgaande verkeer niet hoeft te stoppen voor het stoplicht bij de kruising N302 en De Strip. De verhoging wordt geconstrueerd door een zandhelling aan te leggen op een voorbelasten ondergrond met aan de kop een gewapende grond constructie met daarop het landhoofd van het viaduct. De gewapende grond constructie is ongeveer vijf meter hoog en het landhoofd neemt vervolgens

3.2.3. Invloeden van de bouw

De landhoofden die ten tijde van het bezoek worden geconstrueerd, waren officieel al een keer opgebouwd. De oude gewapende grond constructie die hier was gebouwd, was geconstrueerd met gebruik van ATM zand. De aannemer kon echter geen bewijs leveren dat de constructie zou werken met het ATM zand. Om deze reden is er besloten de constructie af te breken en opnieuw op te bouwen met normaal zand wat wel goedgekeurd is. De oude constructie heeft echter een flinke tijd gestaan opgebouwd geweest, dit betekent dat de ondergrond al voor een groot deel ingeklinkt is en dat de nieuwe constructie dus geen tot weinig zakking zal ondervinden.



Foto 1: Afgegraven ATM

3.2.4. Opbouw constructie

De constructie wordt opgebouwd met het omslaan van geogrids met een laagdiktes van 600 mm onder een hoek van negentig graden. Er wordt zand gebruikt in het massief met een drainage koffer van grof grind aan de voorkant van het massief. De grindkoffer heeft een dikte van ± 600 mm en het zand wordt tot een diepte van 7.5 meter gestort. Het massief wordt verdicht met een wals en een trilplaat voor bij de rand, de verdichting wordt gecontroleerd door de hoofdaannemer. De grids worden op maat gesneden en vervolgens neergelegd, hierbij overlappen ze elkaar met een minimum van 200 mm. Door gebruik te maken van platen aan de hoofdzijde van de constructie als tijdelijke kering kan er zonder problemen recht omhoog worden gebouwd. Het grid kan zo ook gemakkelijk worden terug geslagen gezien het vast kan worden gezet aan de platen. Aan de zij van de constructie zijn gewapende hellingen gepland die het massief insluiten en een natuurlijke uitstraling en overgang moeten geven aan de landhoofden. Aan de onderzijde van de constructie een gewoven geogrid aangebracht om betere spreiding te creëren op de ondergrond.



Foto 2: Op maat snijden geogrids



Foto 3: Manier van installeren omslaan geogrids

3.2.5. Bouwmaterialen

De verhogingen bestaan voornamelijk uit zand en zullen dienen als de draagkrachtige ondergrond van de weg die erop zal worden gestort. Het zand wordt gewonnen uit het IJsselmeer in de buurt van Enkhuizen. De geogrids die gebruikt worden zijn TC Miragrid GX van het bedrijf TenCate met de een bijhorende erosiemat om de constructie te beschermen. Het landhoofd en viaduct zullen waarschijnlijk worden gemaakt met gewapend beton.



Foto 4: Eindresultaat

3.2.6. Ondergrond

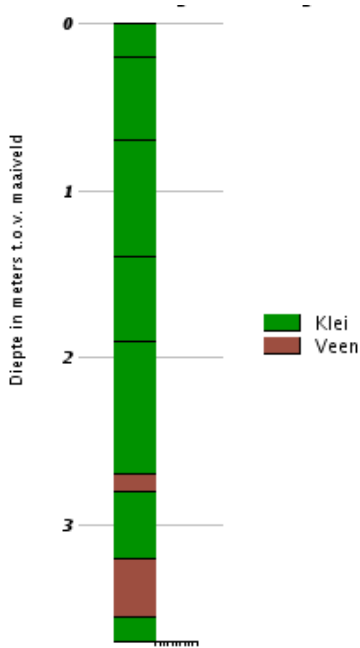
De ondergrond van het project bestaat voornamelijk uit de volgende grondopbouw die verkregen is van DINO-loket (<https://www.dinoloket.nl/>, -) voorafgaand aan het bezoek. Deze gegevens gaan tot ongeveer 3.5 met diep en zijn niet zo compleet. Tijdens het bezoek zijn er gegevens verkregen die verder ingaan over de bodemopbouw van de omgeving. Deze zijn als volgt vanaf de bodem van de constructie:

- Laag 1 - 1.08 meter: Klei, zwak zandig, vast,
- Laag 2 - 1.24 meter: Klei, zwak zandig, slap,
- Laag 3 - 0.48 meter: Veen, matig
- Laag 4 - 1.80 meter: Klei, humeus, matig
- Laag 5: Zand, schoon, matig

De karakteristieke van deze lagen zijn bepaald via boringen en proeven in een lab. Deze zijn als volgt:

ϕ in °	c' in kPa	γ in kN/m ³
25.2	5.2	16.0
25.7	2.3	15.2
14.5	2.8	10.5
22.1	1.1	13.5
32.5	0.0	20.0

Figuur 3.5: Ondergrond volgens lab onderzoek



Figuur 3.4: Ondergrond volgens DINO-loket

3.3. Berekening

In het geval van dit praktijk voorbeeld kan niet alle informatie over het doorgaande project worden gevonden en moeten er bij deze case studie een paar dingen worden aangenomen. Het gaat hier om de permanenten belasting van het landhoofd, de horizontale belastingen op dit landhoofd doormiddel van uitzetting ten gevolge van temperatuur en de horizontale belastingen door krimp en kruip van het viaduct.

De resterende brug belastingen zoals veranderlijke belasting op het brugdek, as-lasten en rembelasting moeten ook worden aangenomen, deze zijn te echter herleiden uit de Eurocode:

- Veranderlijke belasting op het brugdek: 9 kN/m
- As-lasten: 300 kN
- Rembelasting: $360 + 2.7 * L$ ($L = \text{lengte beschouwde deel}$) kN

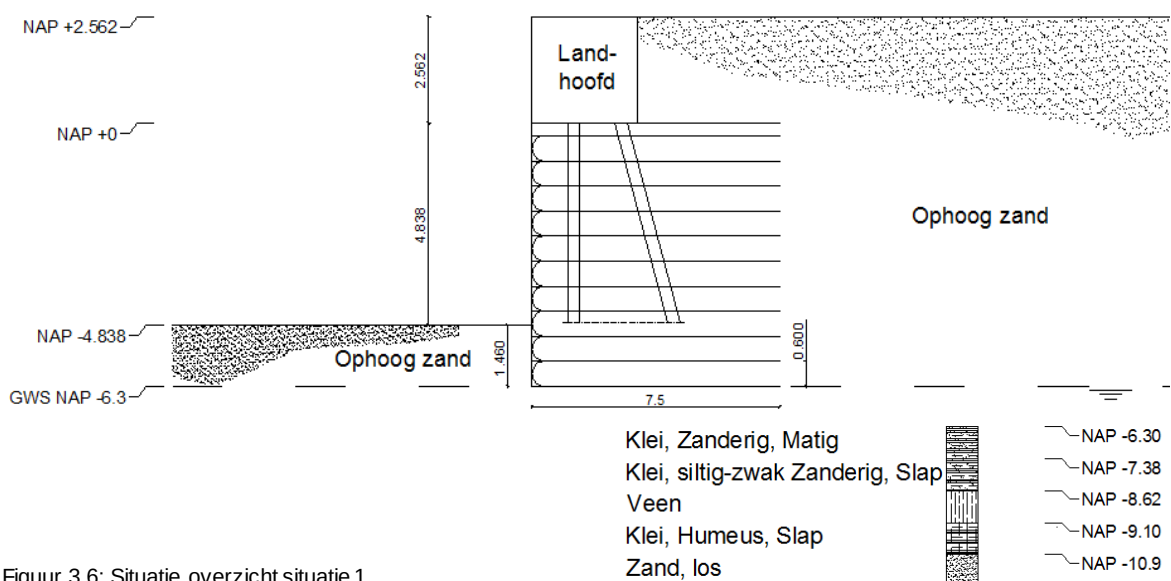
Het landhoofd staat echter op palen die later door het massief van de constructie zullen worden geslagen. Deze palen zullen alle krachten opnemen die op het brugdek plaatsvinden en dus zal de constructie zelf hier geen last van ondervinden. De as lasten kunnen na het landhoofd nog wel de constructie belasten en zullen wel worden meegenomen. De horizontale belasting die de palen eventueel kunnen uitoefenen op de constructie worden ook achterwegen gelaten gezien dit onbekend is.

Verder heeft de ondergrond in de huidige situatie al minstens een meter aan zettingen ondergaan door eerdere constructie die huidig is afgebroken. Dit wordt genegeerd en de ondergrond wordt als volledig inzakkbare fundering aangenomen. Dit wordt gedaan omdat de zwakke ondergrond een groot deel is van het onderzoek en daarom is het belangrijk dat deze zettingen mogelijkheden aanwezig blijven.

De case variant heeft de volgende afmeting:

- Kerende hoogte: 4.838 meter
- Inbeddingsdiepte: 1.460 meter
- Hoogte landhoofd: 2.562 meter
- Breedte massief: 7.500 meter
- Dikte laag: 0.600 meter

Alle waarde zijn op basis van interviews met de aannemer (Jong, 2016) gebaseerd en op paar tekeningen die getoond zijn bij dit gesprek. De tekening aan de hand van de bekende waardes, kan gezien worden in Figuur 2.6 en in bijlage 1.



4. VARIANT 2 – WEG IN DE POLDER

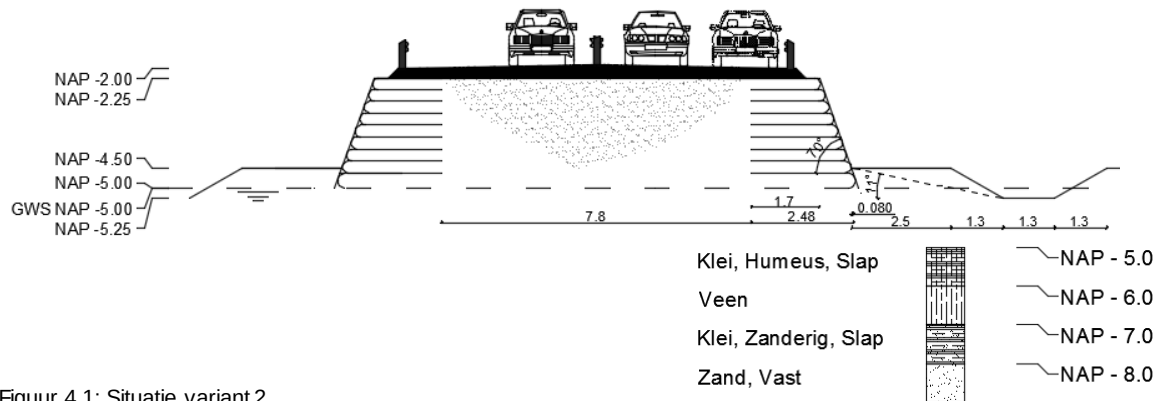
Gezien er het aantal constructies dat in Nederland wordt gebouwd met gewapende grond vrij laag is, zal er een situatie worden aangenomen waarin een lange strook van de constructie wordt gebruikt om een weg te maken in een polder. Dit zorgt voor een situatie waarbij zowel de verhoging als de krachten op het wegdek, de ondergrond belasten.

De hoogte verschillen en grondwaterstand zijn gebaseerd op de A4 bij Leidschendam, de ondergrond bestaat in dit gebied voornamelijk uit klei en veen. Met deze gegevens is er een ontwerp gemaakt van een tweebaansweg op een ondergrond van de eerder genoemde grondsoorten. Als er aan de voet van het ontwerp een sloot ligt, zal het ontwerp hier ook rekening mee moeten houden. De grond zal worden opgebouwd uit de volgende lagen met grond eigenschappen uit tabel 2.b uit NEN-EN 1997-1+C1:

Tabel 4.1: Ondergrondgegevens variant 2

Ondergrondgegevens		ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]	B.k. laag [N.A.P.]	O.k. laag [N.A.P.]	Dikte laag [m]
Laag 1	Klei, Organisch, Slap	15,0	1,0	13,0	-2,75	-3,75	1,00
Laag 2	Veen, Matig voorbelast, Matig 1	15,0	2,5	12,0	-3,75	-4,75	1,00
Laag 3	Klei, Zwak zandig, Slap	22,5	0,0	15,0	-4,75	-5,75	1,00
Laag 4	Zand, Schoon, Vast 1	35,0	0,0	21,0	-5,75	-15,75	10,00

Als dan de hoogtes worden aangehouden die bij de A4 naar bij Leidschendam worden gevonden, wordt er een kerende hoogte van 2.25 meter aangehouden. Het massief krijgt met de ontwerpregel 0.6 * hoogte (vanwege de hellingen), de breedte van 1.575 aan de bovenkant van het massief. Hiermee wordt het volgende ontwerp gevonden:



Figuur 4.1: Situatie variant 2

Hierbij heeft de ophoging de volgende waarde:

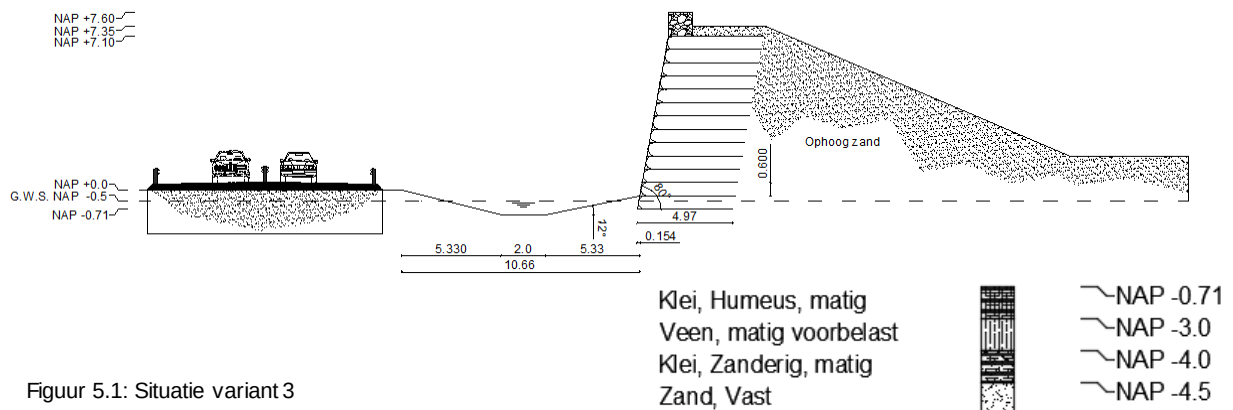
Grondgegevens	ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0
Gewapend massief	40	0	20,0

Omdat de gehele weg op de constructie vertrouwd voor stabiliteit en als er gesteld wordt dat de weg veel gebruikt wordt. Kan er gezegd worden dat er grote economische schade en menselijk letsel optreedt bij het bezwijken van de constructie. Hierdoor wordt er RC3 aangehouden bij het berekenen van de constructie.

5. VARIANT 3 – VERHOOGING LANGS WEGEN

Gewapende grond wordt in het buitenland ook gebruikt als natuurlijke geluidswal of een verhoging lang een weg. Deze wallen kunnen tot 6 á 7 meter hoog worden, maar ook veel hoger. Er is rond het vliegveld van Zaventem in België een geluidswal van 18 meter hoog gemaakt om de omgeving te beschermen tegen het geluid van de vliegtuigen. Geluidswallen zijn vaak te vinden op plekken waar dit esthetisch beter past in de omgeving. Met deze informatie zal er een grote grondverhoging worden gemaakt op de locatie waardoor de ondergrond zwaarbelast wordt door de permanente belasting.

Om te kijken of de constructie voldoende stabiel kan worden ontworpen, wordt er ook een grote sloot als scheiding aangenomen naast de grondmassa. Wanneer de ontwerpregel van $0.7 \cdot$ hoogte wordt toegepast, wordt de breedte van het massief 4.97 meter. Dit leidt tot de volgende situatie:



Figuur 5.1: Situatie variant 3

Voor deze variant worden iets sterkere grondparameters aangenomen vanwege deze groter permanente belasting. Bij deze ondergrond worden de volgende grondparameters uit tabel 2.b uit NEN-EN 1997-1+C1 gebruikt:

Tabel 5.1: Ondergrondparameters variant 3

Ondergrondgegevens		ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]	B.k. laag [N.A.P.]	O.k. laag [N.A.P.]	Dikte laag [m]
Laag 1	Klei, Organisch, Matig 1	15,0	0,0	15,0	-7,81	-10,10	2,29
Laag 2	Veen, Matig voorbelast, Matig 1	15,0	2,5	12,0	-10,10	-11,10	1
Laag 3	Klei, Zwak zandig, Matig	22,5	5,0	18,0	-11,10	-11,60	0,5
Laag 4	Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-11,60	-21,60	10

Voor de ophoging worden de volgende waarde aangenomen:

Tabel 5.2: Grondparameters variant 3

Grondgegevens	ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0
Gewapend massief	40	0	20,0

De wal staat er alleen als scheidende functie en zal niet veel economische schade of menselijk letsel aanbrengen. Vanwege deze reden zal er RC1 worden gebruikt bij het bereken van de constructie.

6. BIBLIOGRAFIE

<https://www.dinoloket.nl/>. (-, - -). *Ondergrondgegevens*. (Nederlandse Organisatie voor Toegepast-natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO) Opgeroepen op 04 2016, 04, van

<https://www.dinoloket.nl/>

Jong, K. d. (2016, 04 05). Casestudie Hoorn. (J. Borst, Interviewer)

marmorith. (2015, 05 23). *EVERGREEN: Milieuvriendelijk geluidsscherm*. Opgehaald van marmorith.nl:

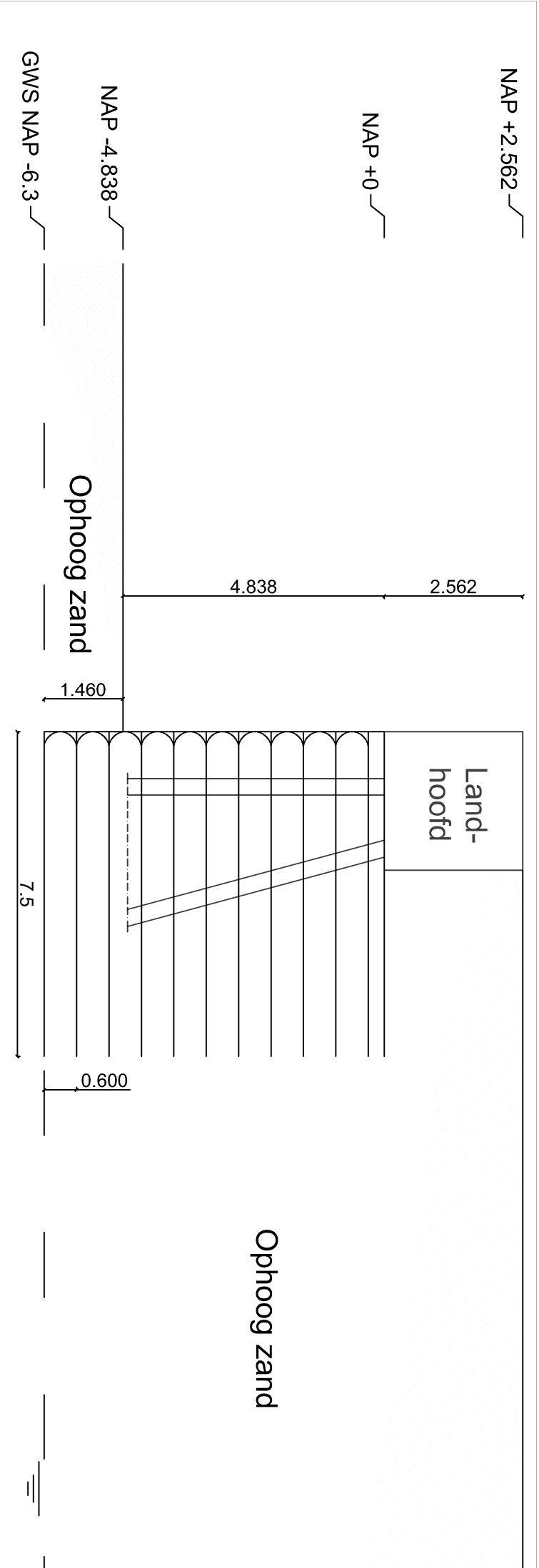
<http://www.marmorith.nl/nl/index.php?n=4&e=96&PHPSESSID=63452b47adb679a20e7f356813cc5fc4>

Ruiter, J. (2016, 05 02). kosten geogrids. (J. Borst, Interviewer)

BIJLAGE

A. Tekening variant 1

Doorsnede situatie



Opbouw ondergrond

Klei, Zanderig, Matig
Klei, siltig-zwak Zanderig, Slap
Veen
Klei, Humeus, Slap
Zand, los



 NAP-6.30
 NAP-7.38
 NAP-8.62
 NAP-9.10
 NAP-10.9

Wijz.dat. A: 28-04-16	Wijz.dat. C:
Wijz.dat. B:	Wijz.dat. D:

AFSTUDEREN - HOGESCHOOL ROTTERDAM, ACADEMIEPLEIN

Opdrachtgever:	RPS advies- en ingenieursbureau
----------------	---------------------------------

[illegible]

Tekening	Variant 1
	

Omschrijving:	Case studie
---------------	-------------

	*
--	---

Tekenaar: J. Borst	Formaat: A4	Tekeningstatus: schets
--------------------	-------------	------------------------

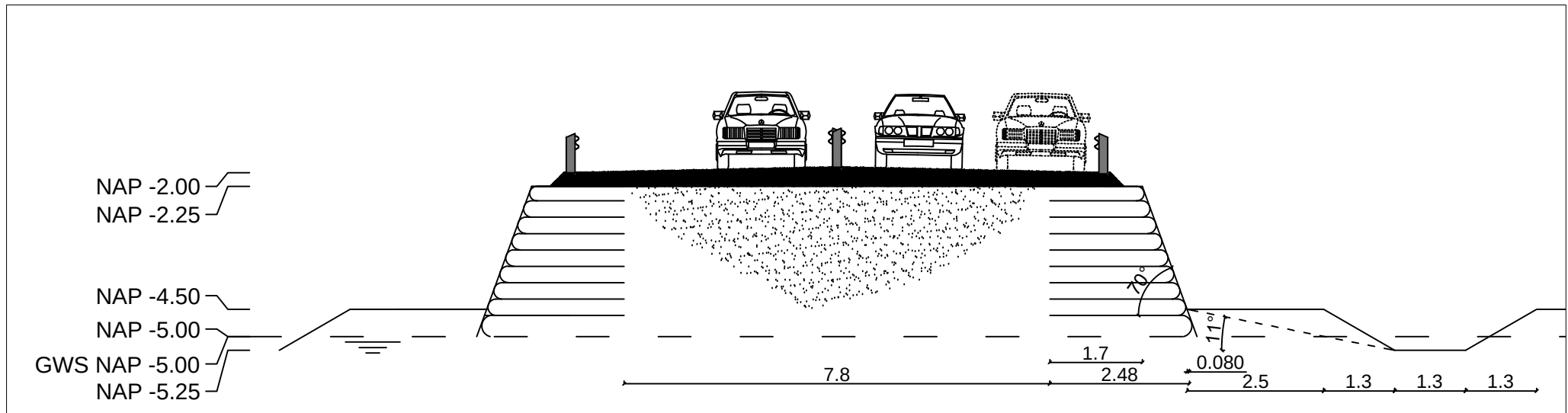
Schaal: 1 : 100	Datum: 28-04-2016
-----------------	-------------------



BIJLAGE

B. Tekening variant 2

Doorsnede situatie



Opbouw ondergrond

Klei, Humeus, Slap		NAP - 5.0
Veen		NAP - 6.0
Klei, Zanderig, Slap		NAP - 7.0
Zand, Vast		NAP - 8.0

Wijz.dat. A: 28-04-16	Wijz.dat. C:
Wijz.dat. B:	Wijz.dat. D:

AFSTUDEREN - HOGESCHOOL ROTTERDAM, ACADEMIEPLEIN

Opdrachtgever:	RPS advies- en ingenieursbureau
Tekening	Variant 2
Omschrijving:	Verhoogde weg in een polder

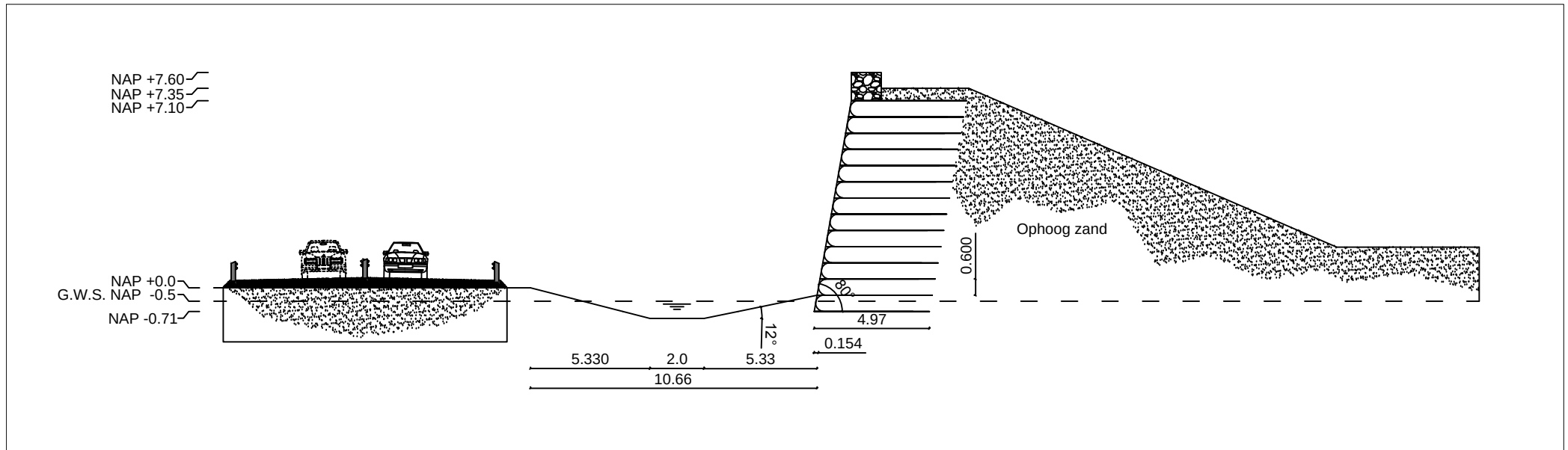


Tekenaar: J. Borst	Formaat: A4	Tekeningstatus: schets
	Schaal: 1 : 100	Datum: 28-04-2016

BIJLAGE

C. Tekening variant 3

Doorsnede situatie



Opbouw ondergrond

Klei, Humeus, matig
Veen, matig voorbelast
Klei, Zanderig, matig
Zand, Vast



NAP -0.71
NAP -3.0
NAP -4.0
NAP -4.5

Wijz.dat. A: 28-04-16 Wijz.dat. C:
Wijz.dat. B: Wijz.dat. D:

AFSTUDEREN - HOGESCHOOL ROTTERDAM, ACADEMIEPLEIN

Opdrachtgever: RPS advies- en ingenieursbureau

Tekening: Variant 3

Omschrijving: Verhoging naast een weg

Tekenaar: J. Borst

Formaat: A4

Tekeningstatus: schets

Schaal: 1:200 / 1 : 100

Datum: 28-04-2016



BIJLAGE E.

Berkeningsverslag Damwand



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 2.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst
Afstudeerder

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	BEREKENING OPZET	2
2.1.	Bepalen maatgevende uitgangspunten	2
2.2.	Bepalen grondspanningen.....	3
2.3.	Berekenen diepte waarop passieve en actieve waarde gelijk zijn.	4
2.4.	Berekenen momenten op de damwand en inheidiepte	4
2.5.	Bepalen damwandprofiel	4
2.6.	Controle D-sheet piling	5
3.	SITUATIE	6
4.	UITVOER 0-SITUATIE.....	7
5.	BIBLIOGRAFIE.....	9

BIJLAGEN:

- A. Uitvoer D-sheet piling variant 1
- B. Uitvoer D-sheet piling variant 2
- C. Uitvoer D-sheet piling variant 3

Lijst van symbolen

Latijnse letters

a	is actief
F_{ea}	Is door de grond uitgeoefende kracht op de damwand
h	is horizontaal
h	is de afstand van kracht $F_{ea,a}$ tot punt t
Ka	actieve gronddrukcoëfficiënt
Kp	passieve gronddrukcoëfficiënt
P	Is de belasting op het maaiveld
p	is passief
t	is de inbeddingsdiepte aan de passieve zijde
v	is verticaal
x	is de inheidiepte
z	is de kerende hoogte

Griekse letters

α	is de hellingshoek van de damwand met de verticale
β	is de hellingshoek van het maaiveld met de horizontale
δ	is de wandwrijvingshoek

1. INLEIDING

In dit rapport wordt een damwand constructie ontworpen aan de hand van de vooraf bepaalde parameters. De berekeningsmethode en de stappen worden beschreven die benodigd zijn om te bepalen of de constructie kan voldoen in de beschreven situatie. Als eerst wordt de berekeningsmethode beschreven die wordt toegepast om te bepalen of de constructie voldoet. Hierna wordt de situatie beschreven en worden de te gebruiken parameters bepaald waar verder in de berekening mee wordt gewerkt. Als laatste worden de resultaten van de berekeningen gegeven. In dit rapport worden alle berekeningen conform NEN-EN 9997-1 en NEN-EN 1997-1 uitgerekend.

In hoofdstuk 2 zal eerst een opzet van de berekening worden weergegeven en verder in het hoofdstuk zullen alle berekeningen worden uitgelegd. In het hoofdstuk hierna wordt de 0-variant situatie opgezet waarin de berekening van hoofdstuk 4 zullen plaats vinden.

2. BEREKENING OPZET

De berekening zal volgens het volgende stappenplan verlopen:

1. Bepalen krachten op damwand
2. Bepalen grondspanningen
3. Berekenen diepte waarop passieve en actieve waarde gelijk zin.
4. Berekenen momenten op de damwand en inheidiepte
5. Bepalen damwandprofiel
6. Controle D-sheet pilling
 - a. Stabiliteit
 - b. Zettingen

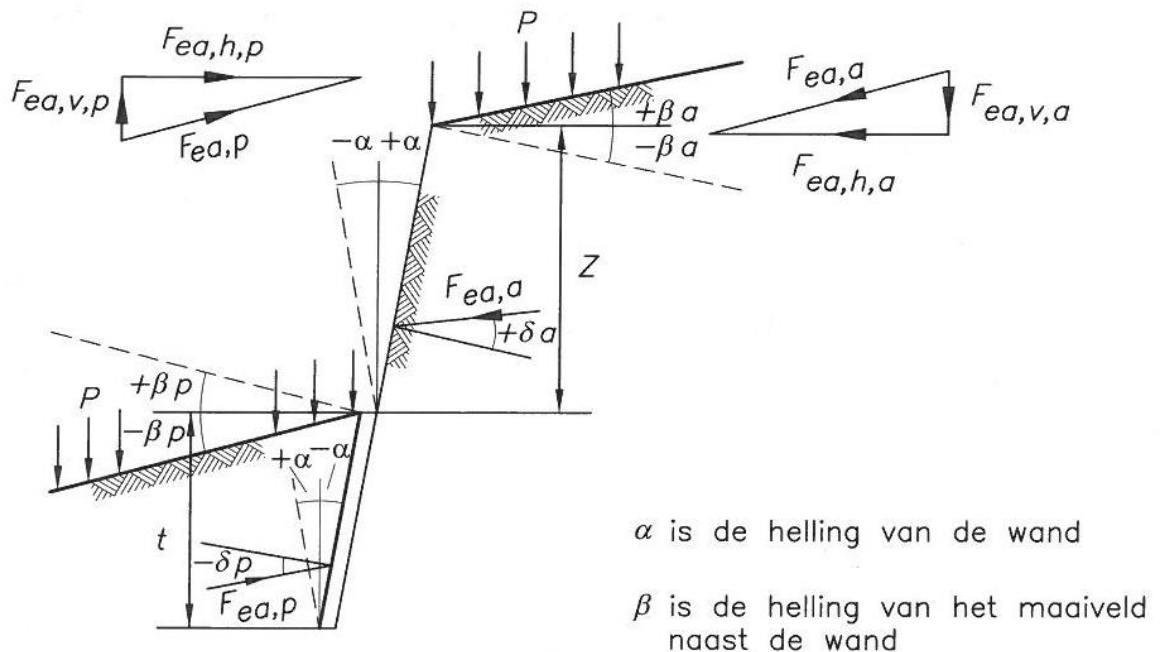
2.1. Bepalen maatgevende uitgangspunten

Volgens de Eurocode 7 moeten de belastingsfactoren voor een damwand worden bepaald via de tabel in figuur 2.1. Deze moeten aan de hand van de risicoklasse bepaald worden.

	Parameter	EC 7 OB 1		EC 7 OB 2	EC 7 OB 3
		Set 1.1	Set 1.2		
Veiligheidsniveau (referentieperiode 50 jaar)		$\beta = 3,8$ (RC 2) ¹⁾			
Belasting factoren (A)	permanent, ongunstig	1,35	1	1,35	1
	permanent, gunstig	1	1	1	1
	variabel, ongunstig	1,5	1,3	1,5	1,3
	variabel, gunstig	0	0	0	0
	kracht op gording, ankerschot en groutlichaam	-	-	-	-
	kracht op ankerstaaf en stempel	-	-	-	-
Materiaal factoren (M)	$\tan \varphi'$ ³⁾	1	1,25	1	1,25
	γ	1	1	1	1
	c'	1	1,25	1	1,25
	c_u	1	1,4	1	1,4
Factoren op weerstand (R)	draagkracht en grondweerstand ⁴⁾	1	1	1,4	1
	weerstand voorgespannen anker	1,1	1,1	1,1	1
Aanpassing geometrie	kerende hoogte [m]	+10% (max 0,5m)	+10% (max 0,5m)	+10% (max 0,5m)	+10% (max 0,5m)
Aanpassing grondwater stand	hoge zijde [m]	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	lage zijde [m]	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾

Figuur 2.1: Tabel met belastingfactor

Hierna moeten de volgende gegevens bekend zijn van de situatie, of moet worden onderbouwd worden aangenomen, voordat er kan worden begonnen met de berekening:



Figuur 2.2: Te bepalen waarden van een damwand

2.2. Bepalen grondspanningen

De belastingen op de damwand wordt bepaald door grond die de constructie moet keren. Deze worden bepaald door de horizontale grondspanningen van de meerdere lagen waar de damwand zich in bevind. Horizontale grondspanningen worden per laag berekend via:

$$F_{ea,a} = (0.5 * K_a * (\gamma_a - \gamma_w) * h_i) + \gamma_w \quad \text{Vergelijking DMW 1}$$

$$F_{ea,p} = (0.5 * K_p * (\gamma_p - \gamma_w) * h_i) + \gamma_w \quad \text{Vergelijking DMW 2}$$

Voor het berekenen van de horizontale krachten zijn de K-waardes nodig. Deze hebben een grote invloed op de grootte van de horizontale krachten. Ze worden berekend met de volgende formules:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha * \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta_a)}{\cos(\varphi - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta_a)}} \right]^2} \quad \text{Vergelijking DMW 3}$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha * \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) * \sin(\varphi + \beta_p)}{\cos(\delta_p - \alpha) * \cos(\alpha + \beta_p)}} \right]^2} \quad \text{Vergelijking DMW 4}$$

2.3. Berekenen diepte waarop passieve en actieve waarde gelijk zijn.

In deze stap wordt de diepte berekend waarop de actieve en passieve krachten aan elkaar gelijk zijn. Vanaf dit punt gaan de passieve krachten tegengewicht te geven aan de actieve krachten. Dit nulpunt (punt t) bevindt zich dus altijd dieper dan de kerende hoogte. De diepte wordt berekende via:

$$t = \frac{P_{ea,h,z,totaal}}{(K_a * (\gamma_a - \gamma_w) - K_p * (\gamma_p - \gamma_w))} \quad \text{Vergelijking DMW 5}$$

2.4. Berekenen momenten op de damwand en inheidiepte

Aan de hand van de bepaalde krachten en de armen daarvan, kunnen de momenten van de damwand worden bepaald. Deze zullen uiteindelijk zorgen voor de waarde $F_{ea,a}$ en de arm afstand van deze kracht. Met deze twee waardes kan dan de inheidiepte van de damwand worden bepaald op de volgende manier:

$$M_c = 0 \quad \text{Vergelijking DMW 6}$$

$$M_c = F_{ea,a} * (h + x) - (K_p - K_a) * \frac{x}{2} * x * \frac{x}{3} * \gamma_p \quad \text{Vergelijking DMW 7}$$

Nu kan de totale lengte van de damwand worden bepaald door kerende hoogte, afstand tot punt t en inheidiepte x bij elkaar op te tellen.

$$L_{totaal} = h + t + x \quad \text{Vergelijking DMW 8}$$

2.5. Bepalen damwandprofiel

Door met de krachten het moment van de damwand te bepalen, kan er bepaald worden welk damwandprofiel sterk genoeg is om de grond te keren:

$$W = \frac{M}{\sigma} \quad \text{Vergelijking DMW 9}$$

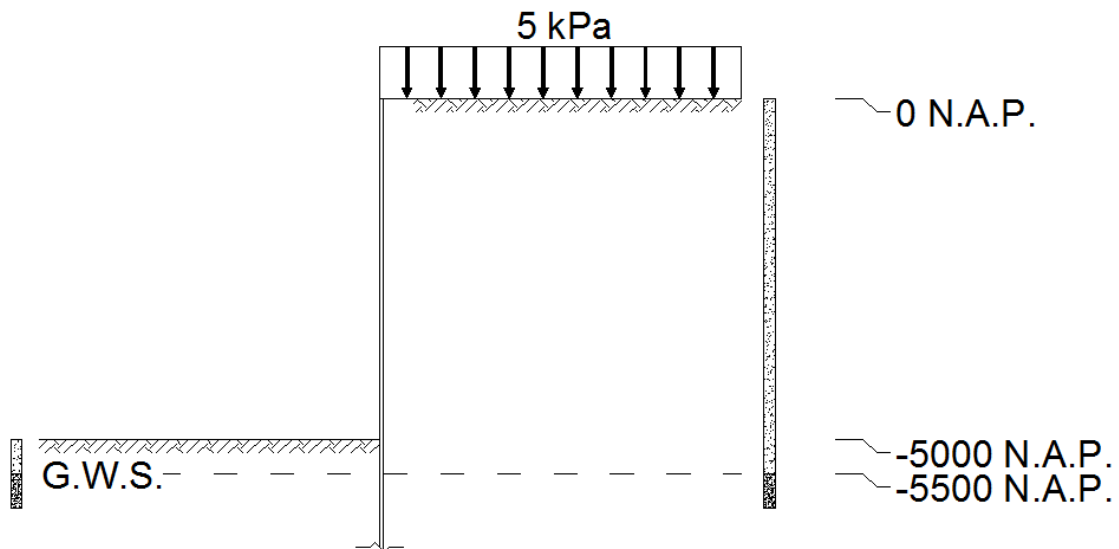
Vervolgens moet er een damwandprofiel worden gekozen dat een sterker kerend weerstand moment heeft dan dit optredende weerstandsmoment.

2.6. Controle D-sheet piling

Door gebruik te maken van het programma D-sheet piling kunnen de stabiliteit bezwijkingsvormen worden getoetst. Ook kan met dit programma bepaald worden of de damwand langer of stijver moet worden gedimensioneerd om ervoor te zorgen dat de uitbuiging van de damwand niet de eisen van de opdrachtgever overschrijdt. Deze uitvoer zit in de bijlage.

3. SITUATIE

Voor deze berekening is een fictieve situatie opgezet, waarin de damwand in een situatie is geplaatst waarin hij niet veel gevaar loopt om te bezwijken. Dit betekent dat de berekening wordt gedaan in een situatie waarin alleen zand voorkomt.



Figuur 3.1: Overzicht situatie

De damwand heeft een kerende hoogte van vijf meter, als de vuistregel van $\frac{2}{3} * h$ wordt gebruikt dan kan er gezegd worden dat de damwand een totale lengte heeft van ongeveer 15 meter. De grondwaterstand ligt aan beide zijde op N.A.P. -5.5 meter.

Op het maaiveld boven de damwand wordt een bovenbelasting aangehouden van 5 kN/m² in verband met voetgangers. Er zijn geen hellingen in het gebied die de actieve of passieve gronddruk kunnen beïnvloeden. De te keren grond bestaat uit schoon zand met een matig consistentie, deze grond wordt volgens Eurocode 7 (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012) verbonden aan een droog volumegewicht van $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ en een nat volumegewicht van $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$. De te keren grond heeft een hoek van inwendige wrijving van $\varphi'_{rep} = 32.5^\circ$ en is cohesieloos.

De bodem waarop de keermuur is gefundeerde is geschematiseerd in [figuur 2.2](#). De ondergrond bestaat ook uit een homogene laag die bestaat uit schoon zand met een matig consistentie. Deze

Zand, Schoon, Matig



-6000 N.A.P.
-16000 N.A.P.

Figuur 3.2: Overzicht ondergrond

grond wordt volgens Eurocode 7 (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012) verbonden aan een droog volumegewicht van $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ en een nat volumegewicht van $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$. De grond heeft een hoek van inwendige wrijving van $\varphi'_{rep} = 32.5^\circ$ en is cohesieloos.

Gezien er geen ernstige gevolgen kunnen optreden bij het falen van deze constructie, kan er CC1 en dus RC1 of OB1 gebruikt worden bij de berekeningen. Omdat de constructie in een veilige geometrie is geplaatst en aan de passieve kant geen rare hellingshoeken zijn te vinden, hoeft er geen reductie op de passieve gronddruk waarde te worden toegepast.

4. UITVOER 0-SITUATIE

(Deze pagina is opzettelijk leeg gelaten)

Report for D-Sheet Piling 15.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: RPS

Date of report: 5/24/2016
Time of report: 4:56:42 PM

Date of calculation: 5/9/2016
Time of calculation: 3:32:49 PM

Filename: F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 0 - damwand in volledig zand

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Maxima per Stage	3
2.2 Anchors and Struts	3
3 Input Data for all Stages	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Sheet Piling Properties	4
3.2.1 General properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum allowable moments	4
3.2.4 Properties for vertical balance	4
3.3 Calculation Options	4
4 Construction Stage 1: New Stage	5
4.1 Outline	5
4.2 Input Data Left	5
4.2.1 Calculation Method	5
4.2.2 Water Level	5
4.2.3 Surface	5
4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links	5
4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	6
4.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	6
4.4 Calculated force from a layer Left	6
4.5 Input Data Right	6
4.5.1 Calculation Method	6
4.5.2 Water Level	6
4.5.3 Surface	6
4.5.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts	7
4.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	7
4.5.6 Anchors	7
4.5.7 Uniform Loads	7
4.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	7
4.7 Calculated force from a layer Right	8
4.8 Calculation Results	8
4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	8
4.8.2 Moments, Forces and Displacements	8
4.8.3 Charts of Stresses	9
4.8.4 Stresses	10
4.8.5 Percentage mobilized resistance	10
4.8.6 Vertical Force Balance	11
4.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	11
4.8.8 Anchors/Struts	11

2 Summary

2.1 Maxima per Stage

Stage nr.	Stage name	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	New Stage	-18,0	-110,97	-45,90	35,5	37,2	---
Max		-18,0	-110,97	-45,90	35,5	37,2	---

2.2 Anchors and Struts

Stage name	Anchor/strut	
	Force [kN]	State
New Stage	66,45	Elastic
Max	66,45	

3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	1
Unit weight of water	9,81 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	10,00 m
Level top side	0,00 m
Number of sections	1
P _r ;max;point	0,00 MPa
Xi factor	1,39

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
PU 32	-10,00	0,00	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
PU 32	1,5187E+05	1,00	1,5190E+05	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Elas. char. moment [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Elas. design moment [kNm/m']
PU 32	768,00	1,00	1,00	1,00	768,00

3.2.4 Properties for vertical balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m']
PU 32	-10,00	0,00	452,00	1,52	242,00

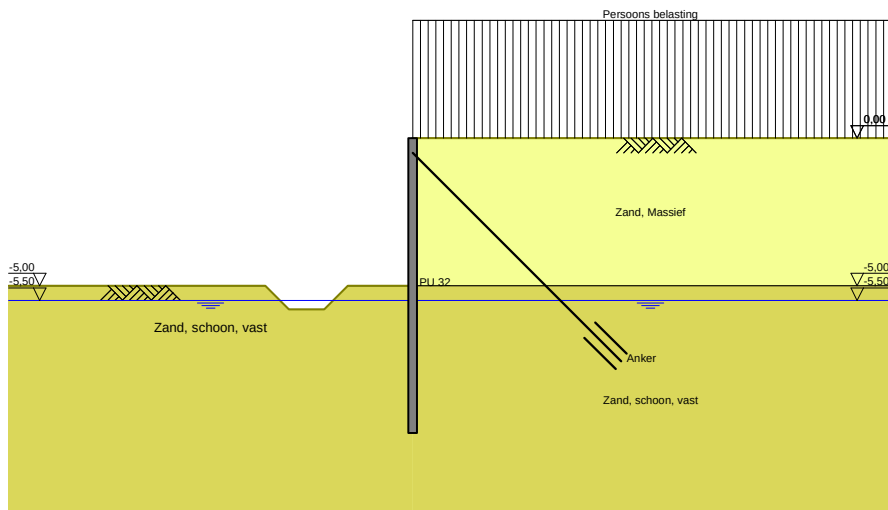
3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Lambda recalculation	Automatic
Reduce delta(s) according to CUR	Yes

4 Construction Stage 1: New Stage

4.1 Outline

Outline - Stage 1: New Stage



4.2 Input Data Left

4.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

4.2.2 Water Level

Water level: -5,50 [m]

4.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-5,00
2,20	-5,00
3,00	-5,80
4,20	-5,80
5,00	-5,00

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Zand, schoon, ...	0,00	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Zand, schoon, ...	0,00	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Zand, schoon, ...	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, schoon, ...	0,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, schoon, ...	0,00	500,00	500,00

4.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-5,25	1,3	17,5	0,27	0,30	3,69
2	-5,72	3,3	41,4	0,27	0,30	3,48
3	-6,17	4,6	36,8	0,28	0,30	2,20
4	-6,63	6,0	49,5	0,28	0,32	2,32
5	-7,08	7,4	66,1	0,28	0,35	2,55
6	-7,53	8,7	88,3	0,29	0,37	2,90
7	-7,97	10,1	118,8	0,29	0,39	3,38
8	-8,43	11,4	174,6	0,29	0,40	4,38
9	-8,88	12,8	177,0	0,29	0,41	3,97
10	-9,32	14,1	194,7	0,28	0,42	3,94
11	-9,78	15,0	212,7	0,28	0,43	3,91

4.4 Calculated force from a layer Left

Name	Force
Zand, schoon, vast	197,66

4.5 Input Data Right

4.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

4.5.2 Water Level

Water level: -5,50 [m]

4.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	0,00

4.5.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Zand, Massief	0,00	20,00	22,00	0,00	40,00	0,00
Zand, schoon, ...	-5,00	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Zand, Massief	0,00	1,00	1,00	Fine
Zand, schoon, ...	-5,00	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Zand, Massief	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, schoon, ...	-5,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

4.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, Massief	0,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand, schoon, ...	-5,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, Massief	0,00	500,00	500,00
Zand, schoon, ...	-5,00	500,00	500,00

4.5.6 Anchors

Name	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Cross section [m ² /m']	Length [m]	Angle [degree]	Yield force [kN/m']	Pre-tension. force [kN/m']
Anker	-0,50	2,100E+08	1,000E-03	10,00	-45,00	550,55	n.a.

4.5.7 Uniform Loads

Name	Load [kN/m ²]
Persoons belasting	5,00

4.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-0,25	2,2	46,0	0,22	0,36	4,60
2	-0,72	4,2	89,7	0,22	0,36	4,60
3	-1,18	6,2	131,1	0,22	0,36	4,60
4	-1,63	8,2	172,5	0,22	0,36	4,60
5	-2,08	10,1	213,8	0,22	0,36	4,60
6	-2,52	12,1	255,2	0,22	0,36	4,60
7	-2,98	14,0	296,6	0,22	0,36	4,60
8	-3,42	16,0	338,0	0,22	0,36	4,60
9	-3,88	17,9	379,4	0,22	0,36	4,60
10	-4,33	19,9	420,8	0,22	0,36	4,60
11	-4,78	21,9	462,2	0,22	0,36	4,60
12	-5,25	29,6	407,4	0,27	0,43	3,71
13	-5,72	31,6	433,8	0,27	0,43	3,71
14	-6,17	33,0	452,1	0,27	0,43	3,70
15	-6,63	34,4	470,5	0,27	0,43	3,70

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
16	-7,08	35,7	488,9	0,27	0,43	3,70
17	-7,53	37,1	507,3	0,27	0,43	3,70
18	-7,97	38,5	525,7	0,27	0,43	3,70
19	-8,43	39,9	544,2	0,27	0,43	3,70
20	-8,88	41,2	562,7	0,27	0,43	3,70
21	-9,32	42,6	581,2	0,27	0,43	3,69
22	-9,78	44,0	599,7	0,27	0,43	3,69

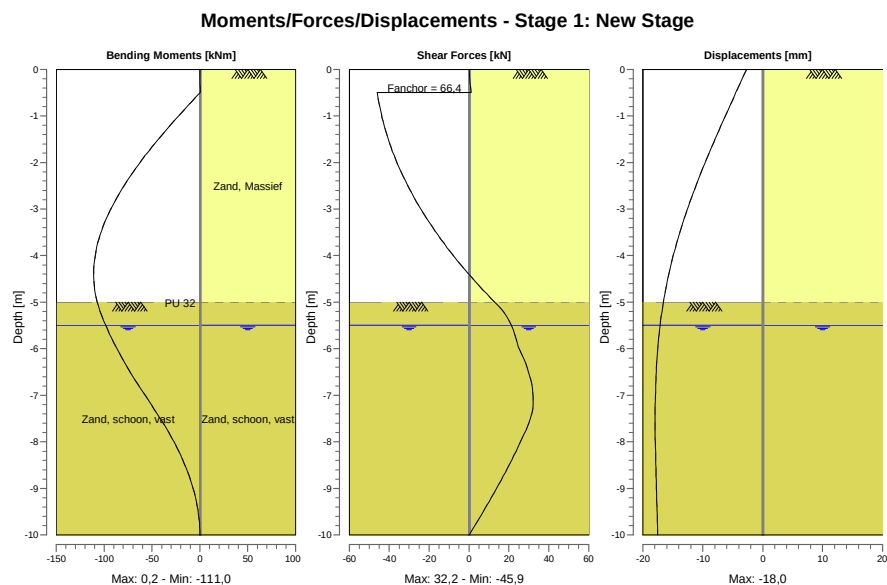
4.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
Zand, Massief	59,80
Zand, schoon, vast	184,85

4.8 Calculation Results

Number of iterations: 4

4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



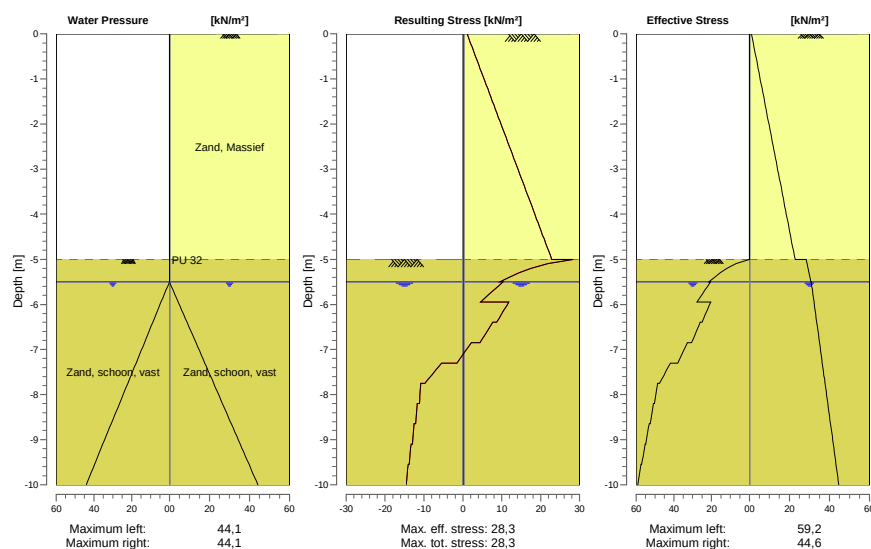
4.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,00	-2,7
1	-0,50	0,23	1,09	-4,5
2	-0,50	0,23	-45,90	-4,5
2	-0,95	-20,03	-43,99	-6,1
3	-0,95	-20,03	-43,99	-6,1
3	-1,40	-39,23	-41,20	-7,6
4	-1,40	-39,23	-41,20	-7,6
4	-1,85	-56,98	-37,53	-9,1
5	-1,85	-56,98	-37,53	-9,1
5	-2,30	-72,88	-32,98	-10,5

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
6	-2,30	-72,88	-32,98	-10,5
6	-2,75	-86,53	-27,55	-11,9
7	-2,75	-86,53	-27,55	-11,9
7	-3,20	-97,55	-21,24	-13,1
8	-3,20	-97,55	-21,24	-13,1
8	-3,65	-105,52	-14,05	-14,2
9	-3,65	-105,52	-14,05	-14,2
9	-4,10	-110,06	-5,98	-15,1
10	-4,10	-110,06	-5,98	-15,1
10	-4,55	-110,77	2,98	-15,9
11	-4,55	-110,77	2,98	-15,9
11	-5,00	-107,25	12,81	-16,6
12	-5,00	-107,25	12,81	-16,6
12	-5,50	-98,37	21,24	-17,1
13	-5,50	-98,37	21,24	-17,1
13	-5,95	-87,96	24,57	-17,5
14	-5,95	-87,96	24,57	-17,5
14	-6,40	-75,82	29,16	-17,7
15	-6,40	-75,82	29,16	-17,7
15	-6,85	-62,03	31,88	-17,9
16	-6,85	-62,03	31,88	-17,9
16	-7,30	-47,59	32,02	-17,9
17	-7,30	-47,59	32,02	-17,9
17	-7,75	-33,88	28,59	-17,9
18	-7,75	-33,88	28,59	-17,9
18	-8,20	-22,12	23,64	-17,9
19	-8,20	-22,12	23,64	-17,9
19	-8,65	-12,69	18,28	-17,8
20	-8,65	-12,69	18,28	-17,8
20	-9,10	-5,74	12,55	-17,7
21	-9,10	-5,74	12,55	-17,7
21	-9,55	-1,46	6,45	-17,6
22	-9,55	-1,46	6,45	-17,6
22	-10,00	0,00	0,00	-17,5
Max		-110,77	-45,90	-17,9
Max, minor nodes incl.		-110,97	-45,90	-18,0

4.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: New Stage



4.8.4 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	0,00	0,00	0,00	-		1,09	0,00	A	
1	-0,50	0,00	0,00	-		3,26	0,00	A	
2	-0,50	0,00	0,00	-		3,26	0,00	A	
2	-0,95	0,00	0,00	-		5,22	0,00	A	
3	-0,95	0,00	0,00	-		5,22	0,00	A	
3	-1,40	0,00	0,00	-		7,18	0,00	A	
4	-1,40	0,00	0,00	-		7,18	0,00	A	
4	-1,85	0,00	0,00	-		9,13	0,00	A	
5	-1,85	0,00	0,00	-		9,13	0,00	A	
5	-2,30	0,00	0,00	-		11,09	0,00	A	
6	-2,30	0,00	0,00	-		11,09	0,00	A	
6	-2,75	0,00	0,00	-		13,05	0,00	A	
7	-2,75	0,00	0,00	-		13,05	0,00	A	
7	-3,20	0,00	0,00	-		15,00	0,00	A	
8	-3,20	0,00	0,00	-		15,00	0,00	A	
8	-3,65	0,00	0,00	-		16,96	0,00	A	
9	-3,65	0,00	0,00	-		16,96	0,00	A	
9	-4,10	0,00	0,00	-		18,92	0,00	A	
10	-4,10	0,00	0,00	-		18,92	0,00	A	
10	-4,55	0,00	0,00	-		20,87	0,00	A	
11	-4,55	0,00	0,00	-		20,87	0,00	A	
11	-5,00	0,00	0,00	-		22,83	0,00	A	
12	-5,00	0,00	0,00	P		28,30	0,00	A	
12	-5,50	21,41	0,00	2	61	30,86	0,00	A	
13	-5,50	20,57	0,00	2	63	30,91	0,00	A	
13	-5,95	27,77	4,41	2	56	32,26	4,41	A	
14	-5,95	20,49	4,41	2	65	32,30	4,41	A	
14	-6,40	25,01	8,83	2	60	33,66	8,83	A	
15	-6,40	26,00	8,83	2	59	33,68	8,83	A	
15	-6,85	30,62	13,24	2	56	35,04	13,24	A	
16	-6,85	32,92	13,24	2	55	35,06	13,24	A	
16	-7,30	37,92	17,66	2	53	36,42	17,66	A	
17	-7,30	41,92	17,66	2	51	36,43	17,66	A	
17	-7,75	47,59	22,07	2	50	37,79	22,07	A	
18	-7,75	48,63	22,07	1	44	37,81	22,07	A	
18	-8,20	50,34	26,49	1	40	39,17	26,49	A	
19	-8,20	50,87	26,49	1	31	39,18	26,49	A	
19	-8,65	52,63	30,90	1	28	40,54	30,90	A	
20	-8,65	53,07	30,90	1	32	40,55	30,90	A	
20	-9,10	54,87	35,32	1	29	41,91	35,32	A	
21	-9,10	55,23	35,32	1	30	41,92	35,32	A	
21	-9,55	57,08	39,73	1	28	43,28	39,73	A	
22	-9,55	57,35	39,73	1	28	43,28	39,73	A	
22	-10,00	59,24	44,15	1	27	44,65	44,15	A	

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob Percentage passive mobilized

4.8.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	197,7	244,6
Water	99,3	99,3
Total	297,0	344,0

Considered as passive side	Left
Maximum passive effective resistance	530,69 kN
Mobilized passive effective resistance	197,66 kN
Percentage mobilized resistance	37,3 %
Position single support	-0,50 m
Maximum passive moment	4197,47 kNm
Mobilized passive moment	1491,28 kNm
Percentage mobilized moment	35,5 %

4.8.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	0,00 [MPa]
A maximum point resistance of zero results in a vertical toe capacity of zero	

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Vertical anchor force	-46,99
Resulting vertical force (no dead weight)	-46,99
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0,00
Vertical toe capacity is not sufficient ($47 > 0$)	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Vertical anchor force	-46,99
Resulting vertical force (no dead weight)	-46,99
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0,00
Vertical toe capacity is not sufficient ($47 > 0$)	

4.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
0,00	Zand, schoon, ...	0,00	0,00	Zand, Massief	0,00
			-5,00	Zand, schoon, ...	0,00

4.8.8 Anchors/Struts

Anchor/strut	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Force [kN]	State	Side	Type
Anker	-0,50	2,100E+08	66,45	Elastic	Right	Anchor

End of Report

5. BIBLIOGRAFIE

Backhausen, d., & Stoel, p. v. (2013). *READER GEOTECHNIEK VOOR HET HBO*. Den Haag: KIVI-NIRIA.

CBS CUR. (2000). *198 Kerende constructies in gewapende grond, Taludhelling steiler dan 70 graden*. Gouda.

DVHN. (sd). Stalen damwand instabiel. *Stalen damwand instabiel*. Atensus, HOOGEVEEN.

Nederlands Normalisatie-instituut. (2012). *NEN 9997-1+C1 (nl), Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.

Nederlands Normalisatie-instituut. (2012). *NEN-EN 1997-1+C1 - Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.

BIJLAGE

A. Uitvoer D-sheet piling variant 1

Report for D-Sheet Piling 15.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: RPS

Date of report: 5/24/2016
Time of report: 5:01:02 PM

Date of calculation: 5/24/2016
Time of calculation: 5:00:47 PM

Filename: F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 1 casestudie - damwand

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Maxima per Stage	3
2.2 Anchors and Struts	3
3 Input Data for all Stages	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Sheet Piling Properties	4
3.2.1 General properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum allowable moments	4
3.2.4 Properties for vertical balance	4
3.3 Calculation Options	4
4 Construction Stage 1: Eind situatie	5
4.1 Outline	5
4.2 Input Data Left	5
4.2.1 Calculation Method	5
4.2.2 Water Level	5
4.2.3 Surface	5
4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links	5
4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	6
4.2.6 Uniform Loads	6
4.3 Calculated force from a layer Left	6
4.4 Input Data Right	6
4.4.1 Calculation Method	7
4.4.2 Water Level	7
4.4.3 Surface	7
4.4.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts	7
4.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	7
4.4.6 Anchors	8
4.4.7 Uniform Loads	8
4.5 Calculated force from a layer Right	8
4.6 Calculation Results	8
4.6.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	8
4.6.2 Moments, Forces and Displacements	8
4.6.3 Charts of Stresses	10
4.6.4 Stresses	10
4.6.5 Percentage mobilized resistance	11
4.6.6 Vertical Force Balance	11
4.6.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	12
4.6.8 Anchors/Struts	12

2 Summary

2.1 Maxima per Stage

Stage nr.	Stage name	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	Eind situatie	-46,3	-127,21	-42,05	35,9	38,1	---
Max		-46,3	-127,21	-42,05	35,9	38,1	---

2.2 Anchors and Struts

Stage name	Anchor/strut	
	Force [kN]	State
Eind situatie	60,97	Elastic
Max	60,97	

3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	1
Unit weight of water	9,81 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	14,56 m
Level top side	2,56 m
Number of sections	1
P _r ;max;point	0,00 MPa
Xi factor	1,39

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
PU 32	-12,00	2,56	Steel	0,45

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
PU 32	1,5187E+05	1,00	6,8340E+04	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Elas. char. moment [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Elas. design moment [kNm/m']
PU 32	1136,00	1,00	1,00	1,00	1136,00

3.2.4 Properties for vertical balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m']
PU 32	-12,00	2,56	452,00	1,52	108,90

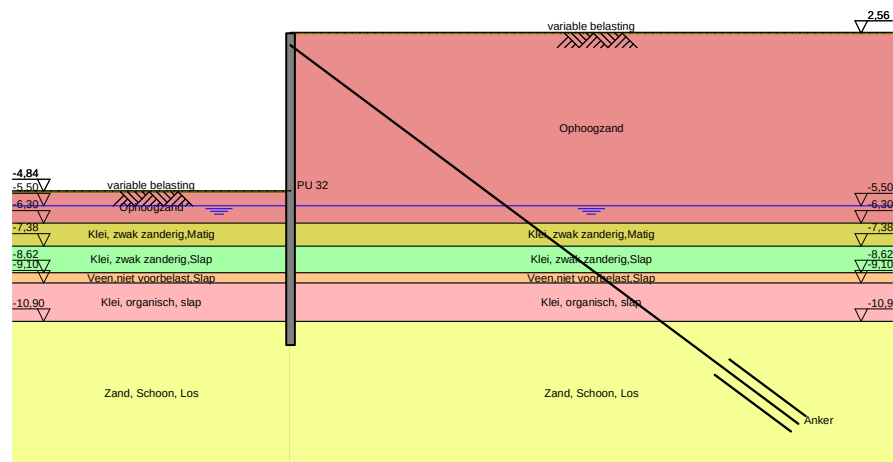
3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Lambda recalculation	Automatic

4 Construction Stage 1: Eind situatie

4.1 Outline

Outline - Stage 1: Eind situatie



4.2 Input Data Left

4.2.1 Calculation Method

Calculation method: Ka, Ko, Kp

4.2.2 Water Level

Water level: -5,50 [m]

4.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-4,84

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Ophoogzand	-4,84	18,00	20,00	0,00	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-6,30	18,00	18,00	5,00	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-7,38	15,00	18,00	5,00	n.a.	n.a.
Veen, niet voorb...	-8,62	10,00	10,00	1,00	n.a.	n.a.
Klei, organisch, ...	-9,10	13,00	18,00	5,00	n.a.	n.a.
Zand, Schoon, ...	-10,90	17,00	19,00	0,00	n.a.	n.a.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Ophoogzand	-4,84	n.a.	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-6,30	n.a.	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-7,38	n.a.	n.a.	n.a.
Veen,niet voorb...	-8,62	n.a.	n.a.	n.a.
Klei, organisch,...	-9,10	n.a.	n.a.	n.a.
Zand, Schoon, ...	-10,90	n.a.	n.a.	n.a.

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Ophoogzand	-4,84	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Klei, zwak zand...	-6,30	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Klei, zwak zand...	-7,38	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Veen,niet voorb...	-8,62	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Klei, organisch,...	-9,10	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Zand, Schoon, ...	-10,90	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00

4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Ophoogzand	-4,84	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, zwak zand...	-6,30	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, zwak zand...	-7,38	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Veen,niet voorb...	-8,62	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, organisch,...	-9,10	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand, Schoon, ...	-10,90	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Ophoogzand	-4,84	500,00	500,00
Klei, zwak zand...	-6,30	500,00	500,00
Klei, zwak zand...	-7,38	500,00	500,00
Veen,niet voorb...	-8,62	500,00	500,00
Klei, organisch,...	-9,10	500,00	500,00
Zand, Schoon, ...	-10,90	500,00	500,00

4.2.6 Uniform Loads

Name	Load [kN/m ²]
variable belasting	9,00

4.3 Calculated force from a layer Left

Name	Force
Ophoogzand	65,78
Klei, zwak zanderig,M...	73,18
Klei, zwak zanderig,Slap	90,03
Veen,niet voorbelast,S...	34,19
Klei, organisch, slap	106,05
Zand, Schoon, Los	60,87

4.4 Input Data Right

4.4.1 Calculation Method

Calculation method: Ka, Ko, Kp

4.4.2 Water Level

Water level: -5,50 [m]

4.4.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	2,56

4.4.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Ophoogzand	2,56	18,00	20,00	0,00	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-6,30	18,00	18,00	5,00	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-7,38	15,00	18,00	5,00	n.a.	n.a.
Veen,niet voorb...	-8,62	10,00	10,00	1,00	n.a.	n.a.
Klei, organisch,...	-9,10	13,00	18,00	5,00	n.a.	n.a.
Zand, Schoon, ...	-10,90	17,00	19,00	0,00	n.a.	n.a.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Ophoogzand	2,56	n.a.	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-6,30	n.a.	n.a.	n.a.
Klei, zwak zand...	-7,38	n.a.	n.a.	n.a.
Veen,niet voorb...	-8,62	n.a.	n.a.	n.a.
Klei, organisch,...	-9,10	n.a.	n.a.	n.a.
Zand, Schoon, ...	-10,90	n.a.	n.a.	n.a.

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Ophoogzand	2,56	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Klei, zwak zand...	-6,30	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Klei, zwak zand...	-7,38	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Veen,niet voorb...	-8,62	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Klei, organisch,...	-9,10	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00
Zand, Schoon, ...	-10,90	0,30	0,01	3,32	0,00	0,00

4.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Ophoogzand	2,56	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, zwak zand...	-6,30	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, zwak zand...	-7,38	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Veen,niet voorb...	-8,62	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, organisch,...	-9,10	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand, Schoon, ...	-10,90	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Ophoogzand	2,56	500,00	500,00
Klei, zwak zand...	-6,30	500,00	500,00
Klei, zwak zand...	-7,38	500,00	500,00
Veen,niet voorb...	-8,62	500,00	500,00
Klei, organisch,...	-9,10	500,00	500,00
Zand, Schoon, ...	-10,90	500,00	500,00

4.4.6 Anchors

Name	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Cross section [m ² /m]	Length [m]	Angle [degree]	Yield force [kN/m']	Pre-tension. force [kN/m']
Anker	2,00	2,100E+08	1,000E-03	25,00	-45,00	550,55	n.a.

4.4.7 Uniform Loads

Name	Load [kN/m ²]
variable belasting	9,00

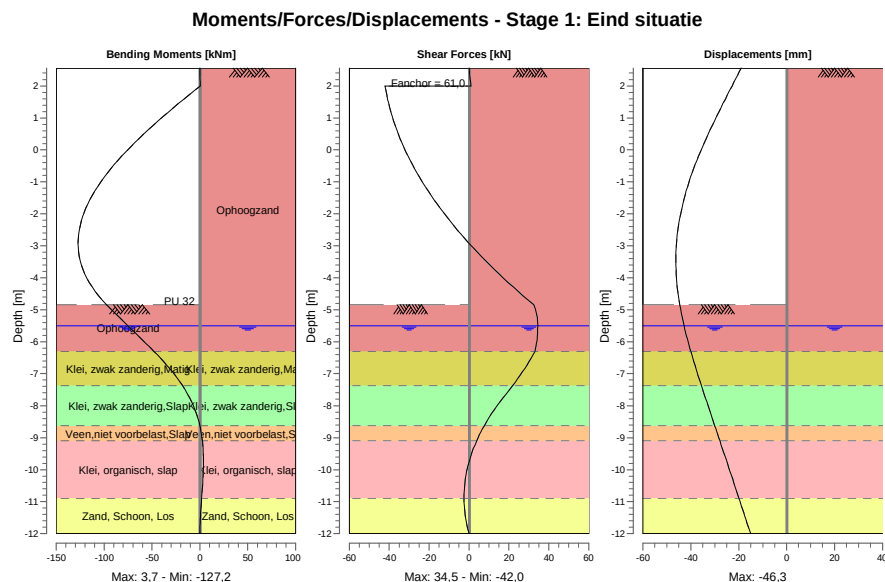
4.5 Calculated force from a layer Right

Name	Force
Ophoogzand	235,12
Klei, zwak zanderig,M...	48,08
Klei, zwak zanderig,Slap	58,74
Veen,niet voorbelast,S...	25,58
Klei, organisch, slap	92,04
Zand, Schoon, Los	66,37

4.6 Calculation Results

Number of iterations: 5

4.6.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



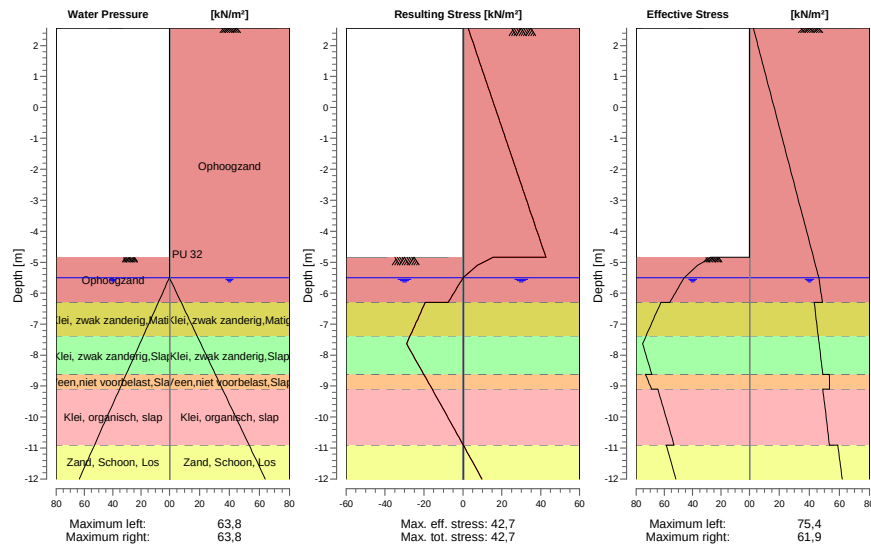
4.6.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	2,56	0,00	0,00	-19,0
1	2,00	0,26	1,06	-22,8
2	2,00	0,26	-42,05	-22,8

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
2	1,32	-27,77	-39,72	-27,4
3	1,32	-27,77	-39,72	-27,4
3	0,63	-53,81	-36,25	-31,9
4	0,63	-53,81	-36,25	-31,9
4	-0,05	-77,10	-31,65	-36,0
5	-0,05	-77,10	-31,65	-36,0
5	-0,74	-96,85	-25,91	-39,5
6	-0,74	-96,85	-25,91	-39,5
6	-1,42	-112,28	-19,03	-42,4
7	-1,42	-112,28	-19,03	-42,4
7	-2,10	-122,62	-11,01	-44,5
8	-2,10	-122,62	-11,01	-44,5
8	-2,79	-127,08	-1,86	-45,8
9	-2,79	-127,08	-1,86	-45,8
9	-3,47	-124,90	8,43	-46,3
10	-3,47	-124,90	8,43	-46,3
10	-4,16	-115,30	19,85	-45,8
11	-4,16	-115,30	19,85	-45,8
11	-4,84	-97,49	32,41	-44,6
12	-4,84	-97,49	32,41	-44,6
12	-5,50	-75,17	34,45	-42,8
13	-5,50	-75,17	34,45	-42,8
13	-5,90	-61,44	34,12	-41,5
14	-5,90	-61,44	34,12	-41,5
14	-6,30	-47,97	33,09	-40,0
15	-6,30	-47,97	33,09	-40,0
15	-6,84	-31,45	27,92	-37,8
16	-6,84	-31,45	27,92	-37,8
16	-7,38	-17,99	21,80	-35,5
17	-7,38	-17,98	21,79	-35,5
17	-8,00	-6,89	14,10	-32,8
18	-8,00	-6,89	14,09	-32,8
18	-8,62	-0,21	7,71	-30,0
19	-8,62	-0,21	7,71	-30,0
19	-9,10	2,52	3,83	-27,9
20	-9,10	2,52	3,83	-27,9
20	-9,70	3,69	0,29	-25,2
21	-9,70	3,69	0,29	-25,2
21	-10,30	3,16	-1,81	-22,5
22	-10,30	3,16	-1,81	-22,5
22	-10,90	1,80	-2,48	-19,9
23	-10,90	1,80	-2,48	-19,9
23	-11,45	0,56	-1,84	-17,5
24	-11,45	0,56	-1,84	-17,5
24	-12,00	0,00	0,00	-15,1
Max		-127,08	-42,05	-46,3
Max, minor nodes incl.		-127,21	-42,05	-46,3

4.6.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: Eind situatie



4.6.4 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	2,56	0,00	0,00	-		2,70	0,00	A	9
1	2,00	0,00	0,00	-		5,72	0,00	A	9
2	2,00	0,00	0,00	-		5,72	0,00	A	9
2	1,32	0,00	0,00	-		9,42	0,00	A	9
3	1,32	0,00	0,00	-		9,42	0,00	A	9
3	0,63	0,00	0,00	-		13,11	0,00	A	9
4	0,63	0,00	0,00	-		13,11	0,00	A	9
4	-0,05	0,00	0,00	-		16,80	0,00	A	9
5	-0,05	0,00	0,00	-		16,80	0,00	A	9
5	-0,74	0,00	0,00	-		20,50	0,00	A	9
6	-0,74	0,00	0,00	-		20,50	0,00	A	9
6	-1,42	0,00	0,00	-		24,19	0,00	A	9
7	-1,42	0,00	0,00	-		24,19	0,00	A	9
7	-2,10	0,00	0,00	-		27,89	0,00	A	9
8	-2,10	0,00	0,00	-		27,89	0,00	A	9
8	-2,79	0,00	0,00	-		31,58	0,00	A	9
9	-2,79	0,00	0,00	-		31,58	0,00	A	9
9	-3,47	0,00	0,00	-		35,27	0,00	A	9
10	-3,47	0,00	0,00	-		35,27	0,00	A	9
10	-4,16	0,00	0,00	-		38,97	0,00	A	9
11	-4,16	0,00	0,00	-		38,97	0,00	A	9
11	-4,84	0,00	0,00	-		42,66	0,00	A	9
12	-4,84	27,12	0,00	3	91	42,66	0,00	A	9
12	-5,50	46,11	0,00	2	67	46,22	0,00	A	9
13	-5,50	46,11	0,00	2	67	46,22	0,00	A	9
13	-5,90	51,24	3,92	2	62	47,45	3,92	A	9
14	-5,90	51,24	3,92	2	62	47,45	3,92	A	9
14	-6,30	56,30	7,85	2	58	48,67	7,85	A	9
15	-6,30	62,49	7,85	2	55	43,19	7,85	A	8
15	-6,84	67,77	13,15	2	52	44,52	13,15	A	8

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	-6,84	67,77	13,15	2	52	44,52	13,15	A	8
16	-7,38	72,98	18,44	2	51	45,85	18,44	A	8
17	-7,38	72,98	18,44	2	51	45,85	18,44	A	8
17	-8,00	73,03	24,52	1	45	47,37	24,52	A	8
18	-8,00	73,03	24,52	1	45	47,37	24,52	A	8
18	-8,62	69,00	30,61	1	39	48,89	30,61	A	8
19	-8,62	73,38	30,61	1	45	53,27	30,61	A	9
19	-9,10	69,10	35,32	1	42	53,30	35,32	A	9
20	-9,10	64,72	35,32	1	36	48,92	35,32	A	8
20	-9,70	60,83	41,20	1	31	50,39	41,20	A	8
21	-9,70	60,83	41,20	1	31	50,39	41,20	A	8
21	-10,30	56,98	47,09	1	27	51,87	47,09	A	8
22	-10,30	56,98	47,09	1	27	51,87	47,09	A	8
22	-10,90	53,17	52,97	1	23	53,34	52,97	A	8
23	-10,90	58,65	52,97	1	28	58,82	52,97	A	9
23	-11,45	55,33	58,37	1	25	60,34	58,37	A	9
24	-11,45	55,33	58,37	1	25	60,34	58,37	A	9
24	-12,00	52,02	63,77	1	21	61,85	63,77	A	9

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob Percentage passive mobilized

4.6.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	193,6	236,7
Water	93,3	93,3
Total	286,8	329,9

Considered as passive side	Left
Maximum passive effective resistance	508,02 kN
Mobilized passive effective resistance	193,55 kN
Percentage mobilized resistance	38,1 %
Position single support	2,00 m
Maximum passive moment	5658,28 kNm
Mobilized passive moment	2029,06 kNm
Percentage mobilized moment	35,9 %

4.6.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	0,00 [MPa]

A maximum point resistance of zero results in a vertical toe capacity of zero

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Vertical anchor force	-43,11
Resulting vertical force (no dead weight)	-43,11
Vertical toe capacity Rb;d	0,00
Vertical toe capacity is not sufficient (43 > 0)	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Vertical anchor force	-43,11
Resulting vertical force (no dead weight)	-43,11
Vertical toe capacity Rb;d	0,00
Vertical toe capacity is not sufficient (43 > 0)	

4.6.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
-4,84	Ophoogzand	0,00	2,56	Ophoogzand	0,00
-6,30	Klei, zwak zand...	0,00	-6,30	Klei, zwak zand...	0,00
-7,38	Klei, zwak zand...	0,00	-7,38	Klei, zwak zand...	0,00
-8,62	Veen,niet voorb...	0,00	-8,62	Veen,niet voorb...	0,00
-9,10	Klei, organisch,...	0,00	-9,10	Klei, organisch,...	0,00
-10,90	Zand, Schoon, ...	0,00	-10,90	Zand, Schoon, ...	0,00

4.6.8 Anchors/Struts

Anchor/strut	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Force [kN]	State	Side	Type
Anker	2,00	2,100E+08	60,97	Elastic	Right	Anchor

End of Report

BIJLAGE

B. Uitvoer D-sheet piling variant 2

Report for D-Sheet Piling 15.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: RPS

Date of report: 5/24/2016
Time of report: 5:03:39 PM

Date of calculation: 5/10/2016
Time of calculation: 10:45:44 AM

Filename: F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 2 weg in de polder - damwand

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Maxima per Stage	3
2.2 Anchors and Struts	3
2.3 Warnings	3
3 Input Data for all Stages	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Sheet Piling Properties	4
3.2.1 General properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum allowable moments	4
3.2.4 Properties for vertical balance	4
3.3 Calculation Options	4
4 Construction Stage 1: New Stage	5
4.1 Outline	5
4.2 Input Data Left	5
4.2.1 Calculation Method	5
4.2.2 Water Level	5
4.2.3 Surface	5
4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links	5
4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	6
4.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	6
4.4 Calculated force from a layer Left	7
4.5 Input Data Right	7
4.5.1 Calculation Method	7
4.5.2 Water Level	7
4.5.3 Surface	7
4.5.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts	7
4.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	8
4.5.6 Anchors	8
4.5.7 Surcharge Loads	8
4.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	8
4.7 Calculated force from a layer Right	9
4.8 Calculation Results	9
4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	9
4.8.2 Moments, Forces and Displacements	9
4.8.3 Charts of Stresses	11
4.8.4 Stresses	11
4.8.5 Percentage mobilized resistance	12
4.8.6 Vertical Force Balance	12
4.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	13
4.8.8 Anchors/Struts	13
5 Settlement by Vibration	14
5.1 Surface Settlement	14

2 Summary

2.1 Maxima per Stage

Stage nr.	Stage name	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	New Stage	-88,1	-223,27	-88,63	67,8	69,9	---

Max		-88,1	-223,27	-88,63	67,8	69,9	---
-----	--	--------------	----------------	---------------	-------------	-------------	-----

2.2 Anchors and Struts

Stage name	Anchor/strut Verbinden tussen damwand	
	Force [kN]	State
New Stage	91,36	Elastic

Max	91,36	
-----	--------------	--

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):

- Links
- Rechts

3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	1
Unit weight of water	9,81 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	8,75 m
Level top side	-2,25 m
Number of sections	1
P _r ;max;point	0,00 MPa
Xi factor	1,39

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
PU 32	-11,00	-2,25	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
PU 32	1,5187E+05	1,00	1,5190E+05	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Elas. char. moment [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Elas. design moment [kNm/m']
PU 32	768,00	1,00	1,00	1,00	768,00

3.2.4 Properties for vertical balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m']
PU 32	-11,00	-2,25	452,00	1,52	242,00

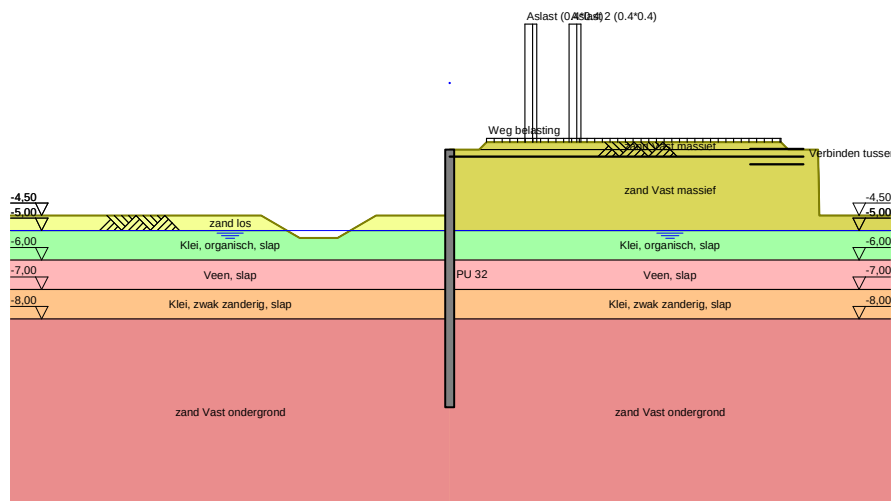
3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Lambda recalculation	Automatic
Reduce delta(s) according to CUR	Yes

4 Construction Stage 1: New Stage

4.1 Outline

Outline - Stage 1: New Stage



4.2 Input Data Left

4.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

4.2.2 Water Level

Water level: -5,00 [m]

4.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-4,50
2,50	-4,50
3,80	-5,25
5,10	-5,25
6,40	-4,50

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
zand los	-4,50	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00
Klei, organisch,...	-5,00	13,00	13,00	0,00	15,00	0,00
Veen, slap	-6,00	12,00	15,00	0,00	15,00	0,00
Klei, zwak zand...	-7,00	15,00	15,00	0,00	22,50	0,00
zand Vast onde...	-8,00	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
zand los	-4,50	1,00	1,00	Fine
Klei, organisch,...	-5,00	1,00	1,00	Fine
Veen, slap	-6,00	1,00	1,00	Fine
Klei, zwak zand...	-7,00	1,00	1,00	Fine
zand Vast onde...	-8,00	1,00	1,00	Coarse

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
zand los	-4,50	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei, organisch,...	-5,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Veen, slap	-6,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei, zwak zand...	-7,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
zand Vast onde...	-8,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
zand los	-4,50	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, organisch,...	-5,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Veen, slap	-6,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, zwak zand...	-7,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
zand Vast onde...	-8,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
zand los	-4,50	500,00	500,00
Klei, organisch,...	-5,00	500,00	500,00
Veen, slap	-6,00	500,00	500,00
Klei, zwak zand...	-7,00	500,00	500,00
zand Vast onde...	-8,00	500,00	500,00

4.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-4,63	0,7	6,4	0,33	0,41	3,00
2	-4,88	2,1	16,1	0,33	0,41	2,53
3	-5,17	5,3	7,6	0,59	0,64	0,85
4	-5,50	5,9	9,0	0,59	0,62	0,90
5	-5,83	6,6	10,5	0,60	0,61	0,96
6	-6,17	7,4	12,8	0,61	0,62	1,06
7	-6,50	8,4	15,6	0,62	0,64	1,15
8	-6,83	9,4	18,4	0,62	0,66	1,21
9	-7,17	7,9	31,2	0,47	0,54	1,87
10	-7,50	8,7	34,1	0,48	0,56	1,88
11	-7,83	9,5	37,8	0,48	0,58	1,92
12	-8,21	6,3	82,6	0,28	0,39	3,64
13	-8,64	7,6	109,2	0,28	0,40	4,00
14	-9,07	8,8	129,6	0,28	0,41	4,06
15	-9,50	9,9	137,0	0,27	0,42	3,75
16	-9,93	11,0	144,7	0,27	0,42	3,51
17	-10,36	11,9	164,4	0,26	0,43	3,57
18	-10,79	12,9	183,8	0,25	0,43	3,62

4.4 Calculated force from a layer Left

Name	Force
zand los	5,60
Klei, organisch, slap	9,03
Veen, slap	15,60
Klei, zwak zanderig, slap	34,07
zand Vast ondergrond	265,92

4.5 Input Data Right

4.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

4.5.2 Water Level

Water level: -5,00 [m]

4.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-2,25
1,00	-2,25
1,25	-2,00
11,25	-2,00
11,50	-2,25
12,50	-2,25
12,55	-4,50

4.5.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
zand Vast mas...	-2,00	20,00	22,00	0,00	40,00	0,00
zand Vast mas...	-2,25	20,00	22,00	0,00	40,00	0,00
Klei, organisch,...	-5,00	13,00	13,00	0,00	15,00	0,00
Veen, slap	-6,00	12,00	15,00	0,00	15,00	0,00
Klei, zwak zand...	-7,00	15,00	15,00	0,00	22,50	0,00
zand Vast onde...	-8,00	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
zand Vast mas...	-2,00	1,00	1,00	Coarse
zand Vast mas...	-2,25	1,00	1,00	Coarse
Klei, organisch,...	-5,00	1,00	1,00	Fine
Veen, slap	-6,00	1,00	1,00	Fine
Klei, zwak zand...	-7,00	1,00	1,00	Fine
zand Vast onde...	-8,00	1,00	1,00	Coarse

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
zand Vast mas...	-2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
zand Vast mas...	-2,25	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei, organisch,...	-5,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Veen, slap	-6,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei, zwak zand...	-7,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
zand Vast onde...	-8,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

4.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
zand Vast mas...	-2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
zand Vast mas...	-2,25	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, organisch,...	-5,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Veen, slap	-6,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, zwak zand...	-7,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
zand Vast onde...	-8,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
zand Vast mas...	-2,00	500,00	500,00
zand Vast mas...	-2,25	500,00	500,00
Klei, organisch,...	-5,00	500,00	500,00
Veen, slap	-6,00	500,00	500,00
Klei, zwak zand...	-7,00	500,00	500,00
zand Vast onde...	-8,00	500,00	500,00

4.5.6 Anchors

Name	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Cross section [m ² /m']	Length [m]	Angle [degree]	Yield force [kN/m']	Pre-tension. force [kN/m']
Verbinden tusse...	-2,50	2,100E+08	1,000E-03	12,00	0,00	550,55	n.a.

4.5.7 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
Weg belasting	1,25	9,00
	11,25	9,00
Aslast (0.4*0.4)	2,55	300,00
	2,95	300,00
Aslast 2 (0.4*0.4)	4,05	300,00
	4,45	300,00

4.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-2,38	0,5	11,5	0,20	4,17	4,17
2	-2,70	2,0	46,0	0,19	2,16	4,36
3	-3,10	3,7	168,9	0,17	1,45	7,66
4	-3,50	5,4	200,1	0,16	1,07	5,73
5	-3,90	7,2	379,5	0,15	0,83	7,86
6	-4,30	10,9	48,7	0,18	0,67	0,79
7	-4,63	12,7	48,7	0,18	0,58	0,68
8	-4,88	24,3	48,7	0,31	0,52	0,61
9	-5,17	63,8	48,7	0,75	0,75	0,75
10	-5,50	60,5	48,7	0,69	0,69	0,69
11	-5,83	57,4	60,1	0,63	0,64	0,66
12	-6,17	54,9	66,3	0,58	0,60	0,71
13	-6,50	53,0	69,0	0,55	0,58	0,71
14	-6,83	51,8	71,6	0,52	0,56	0,72
15	-7,17	42,9	185,2	0,42	0,46	1,83
16	-7,50	54,5	243,1	0,53	0,53	2,36
17	-7,83	107,2	202,9	1,02	1,02	1,93
18	-8,21	83,2	318,3	0,77	0,77	2,95
19	-8,64	75,4	425,4	0,67	0,67	3,79
20	-9,07	69,9	387,9	0,60	0,60	3,33
21	-9,50	65,4	372,6	0,54	0,54	3,10

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
22	-9,93	61,3	334,7	0,49	0,49	2,69
23	-10,36	57,3	330,9	0,45	0,45	2,58
24	-10,79	52,7	335,6	0,40	0,40	2,54

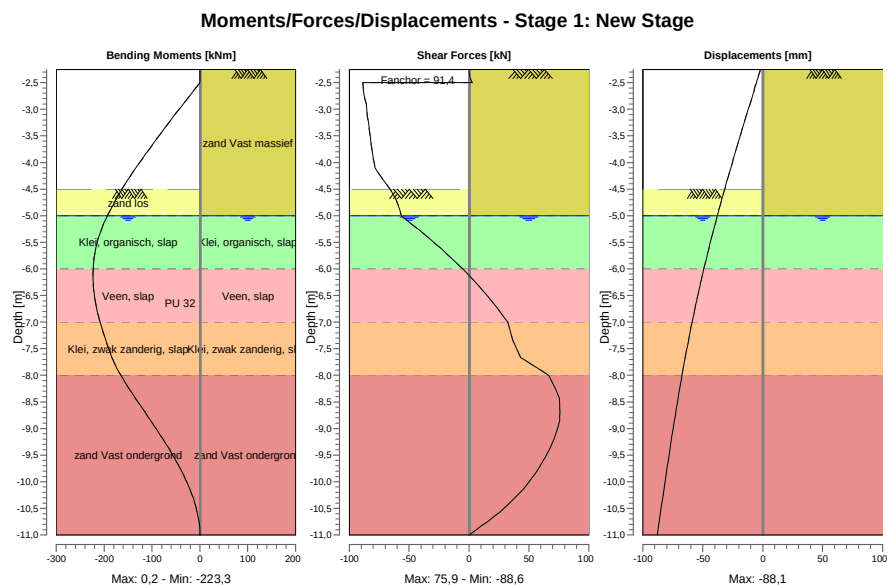
4.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
zand Vast massief	0,00
zand Vast massief	40,23
Klei, organisch, slap	60,53
Veen, slap	53,22
Klei, zwak zanderig, slap	68,19
zand Vast ondergrond	199,37

4.8 Calculation Results

Number of iterations: 5

4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



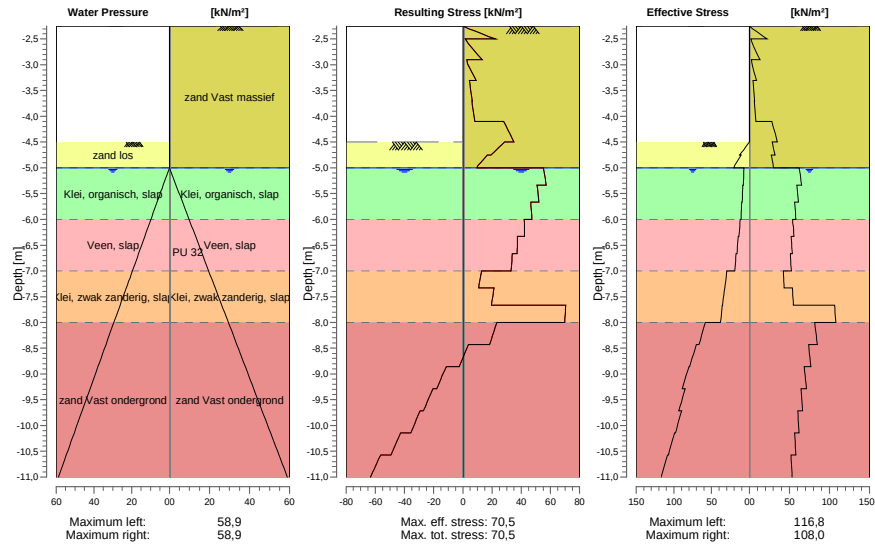
4.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	-2,25	0,00	0,00	-1,8
1	-2,50	0,23	2,73	-5,2
2	-2,50	0,23	-88,63	-5,2
2	-2,90	-34,81	-85,78	-10,7
3	-2,90	-34,81	-85,76	-10,7
3	-3,30	-68,77	-83,58	-16,1
4	-3,30	-68,77	-83,58	-16,1
4	-3,70	-101,79	-81,40	-21,4
5	-3,70	-101,79	-81,40	-21,4
5	-4,10	-133,80	-78,53	-26,6

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
6	-4,10	-133,80	-78,53	-26,6
6	-4,50	-162,79	-65,90	-31,7
7	-4,50	-162,79	-65,90	-31,7
7	-4,75	-178,47	-59,93	-34,8
8	-4,75	-178,47	-59,93	-34,8
8	-5,00	-193,00	-56,69	-37,9
9	-5,00	-193,00	-56,69	-37,9
9	-5,33	-208,80	-37,97	-41,8
10	-5,33	-208,80	-37,97	-41,8
10	-5,67	-218,61	-20,81	-45,5
11	-5,67	-218,61	-20,81	-45,5
11	-6,00	-222,95	-5,18	-49,1
12	-6,00	-222,95	-5,18	-49,1
12	-6,33	-222,34	8,84	-52,5
13	-6,33	-222,34	8,84	-52,5
13	-6,67	-217,31	21,29	-55,8
14	-6,67	-217,31	21,29	-55,8
14	-7,00	-208,35	32,43	-58,9
15	-7,00	-208,35	32,43	-58,9
15	-7,33	-196,87	36,35	-61,9
16	-7,33	-196,87	36,35	-61,9
16	-7,67	-183,60	43,16	-64,7
17	-7,67	-183,60	43,17	-64,7
17	-8,00	-165,31	66,55	-67,4
18	-8,00	-165,31	66,55	-67,4
18	-8,43	-134,80	75,47	-70,6
19	-8,43	-134,80	75,47	-70,6
19	-8,86	-102,31	75,74	-73,8
20	-8,86	-102,31	75,74	-73,8
20	-9,29	-71,10	69,44	-76,7
21	-9,29	-71,10	69,44	-76,7
21	-9,71	-43,42	59,25	-79,6
22	-9,71	-43,42	59,25	-79,6
22	-10,14	-20,91	45,35	-82,5
23	-10,14	-20,91	45,35	-82,5
23	-10,57	-5,60	25,64	-85,3
24	-10,57	-5,60	25,64	-85,3
24	-11,00	0,00	0,00	-88,1
Max		-222,95	-88,63	-88,1
Max, minor nodes incl.		-223,27	-88,63	-88,1

4.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: New Stage



4.8.4 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	-2,25	0,00	0,00	-		0,02	0,00	A	
1	-2,50	0,00	0,00	-		22,31	0,00	3	
2	-2,50	0,00	0,00	-		1,64	0,00	1	
2	-2,90	0,00	0,00	-		13,32	0,00	1	
3	-2,90	0,00	0,00	-		2,70	0,00	A	
3	-3,30	0,00	0,00	-		9,08	0,00	1	
4	-3,30	0,00	0,00	-		4,42	0,00	A	
4	-3,70	0,00	0,00	-		6,47	0,00	A	
5	-3,70	0,00	0,00	-		6,18	0,00	A	
5	-4,10	0,00	0,00	-		8,16	0,00	A	
6	-4,10	0,00	0,00	-		28,03	0,00	2	
6	-4,50	0,00	0,00	-		35,04	0,00	2	
7	-4,50	0,00	0,00	P		28,56	0,00	2	
7	-4,75	12,75	0,00	P		31,99	0,00	2	
8	-4,75	10,73	0,00	P		27,52	0,00	2	
8	-5,00	20,77	0,00	3	97	30,35	0,00	2	
9	-5,00	7,18	0,00	P		62,33	0,00	A	
9	-5,33	8,03	3,27	P		65,14	3,27	A	
10	-5,33	8,55	3,27	P		59,34	3,27	A	
10	-5,67	9,41	6,54	P		61,53	6,54	A	
11	-5,67	10,05	6,54	P		56,50	6,54	A	
11	-6,00	10,92	9,81	P		58,20	9,81	A	
12	-6,00	11,99	9,81	P		54,01	9,81	A	
12	-6,33	13,61	13,08	P		55,74	13,08	A	
13	-6,33	14,77	13,08	P		52,26	13,08	A	
13	-6,67	16,50	16,35	P		53,68	16,35	A	
14	-6,67	17,45	16,35	P		51,18	16,35	A	
14	-7,00	19,26	19,62	P		52,37	19,62	A	
15	-7,00	29,75	19,62	P		42,47	19,62	A	
15	-7,33	32,56	22,89	P		43,33	22,89	A	

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	-7,33	32,65	22,89	P		53,98	22,89	A	22
16	-7,67	35,29	26,16	3	99	54,93	26,16	A	22
17	-7,67	35,84	26,16	3	99	106,35	26,16	A	53
17	-8,00	38,23	29,43	3	97	108,00	29,43	A	53
18	-8,00	58,26	29,43	2	78	81,51	29,43	A	26
18	-8,43	66,58	33,63	2	73	84,92	33,63	A	26
19	-8,43	70,26	33,63	2	70	73,95	33,63	A	18
19	-8,86	79,24	37,84	2	67	76,79	37,84	A	18
20	-8,86	80,00	37,84	2	67	68,65	37,84	A	18
20	-9,29	89,12	42,04	2	64	71,10	42,04	A	18
21	-9,29	84,87	42,04	2	66	64,29	42,04	A	18
21	-9,71	93,43	46,25	2	64	66,44	46,25	A	18
22	-9,71	89,73	46,25	2	66	60,39	46,25	A	18
22	-10,14	97,87	50,45	2	64	62,30	50,45	A	18
23	-10,14	99,10	50,45	2	64	56,40	50,45	A	17
23	-10,57	107,40	54,66	2	62	58,11	54,66	A	17
24	-10,57	108,35	54,66	2	62	51,99	54,66	A	16
24	-11,00	116,78	58,86	2	61	53,49	58,86	A	16

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob Percentage passive mobilized

4.8.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	330,2	421,5
Water	176,6	176,6
Total	506,8	598,1

Considered as passive side	Left
Maximum passive effective resistance	472,23 kN
Mobilized passive effective resistance	330,22 kN
Percentage mobilized resistance	69,9 %
Position single support	-2,50 m
Maximum passive moment	3210,22 kNm
Mobilized passive moment	2176,69 kNm
Percentage mobilized moment	67,8 %

4.8.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	0,00 [MPa]

A maximum point resistance of zero results in a vertical toe capacity of zero

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Resulting vertical force (no dead weight)	0,00
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0,00
Vertical toe capacity is sufficient ($0 \leq 0$)	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Resulting vertical force (no dead weight)	0,00
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0,00
Vertical toe capacity is sufficient ($0 \leq 0$)	

4.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
-4,50	zand los	0,00	-2,25	zand Vast mas...	0,00
-5,00	Klei, organisch,...	0,00	-5,00	Klei, organisch,...	0,00
-6,00	Veen, slap	0,00	-6,00	Veen, slap	0,00
-7,00	Klei, zwak zand...	0,00	-7,00	Klei, zwak zand...	0,00
-8,00	zand Vast onde...	0,00	-8,00	zand Vast onde...	0,00

4.8.8 Anchors/Struts

Anchor/strut	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Force [kN]	State	Side	Type
Verbinden tusse...	-2,50	2,100E+08	91,36	Elastic	Right	Anchor

5 Settlement by Vibration

5.1 Surface Settlement

Distance [m]	Compaction [m]	Pushing [m]	Total [m]
0,19	0,2800000	-0,0949400	0,1850600
0,62	0,2384200	-0,0530200	0,1854000
1,08	0,1952600	-0,0390500	0,1562100
1,55	0,1463100	-0,0306700	0,1156400
2,01	0,1252100	-0,0236800	0,1015300
2,48	0,1098400	-0,0127600	0,0970800
2,95	0,0872800	-0,0127600	0,0745200
3,41	0,0741800	-0,0087700	0,0654100
3,88	0,0575300	-0,0059900	0,0515400
4,34	0,0387400	-0,0035400	0,0352000
4,81	0,0217400	-0,0013500	0,0203900
5,28	0,0120500	0,0000000	0,0120500
5,74	0,0068300	0,0000000	0,0068300
6,21	0,0032200	0,0000000	0,0032200
6,67	0,0004800	0,0000000	0,0004800
7,14	0,0000000	0,0000000	0,0000000
7,61	0,0000000	0,0000000	0,0000000
8,07	0,0000000	0,0000000	0,0000000
8,54	0,0000000	0,0000000	0,0000000
9,00	0,0000000	0,0000000	0,0000000
9,47	0,0000000	0,0000000	0,0000000
9,94	0,0000000	0,0000000	0,0000000
10,40	0,0000000	0,0000000	0,0000000
10,87	0,0000000	0,0000000	0,0000000
11,33	0,0000000	0,0000000	0,0000000
11,80	0,0000000	0,0000000	0,0000000
12,27	0,0000000	0,0000000	0,0000000

End of Report

BIJLAGE

C. Uitvoer D-sheet piling variant 3

Report for D-Sheet Piling 15.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: RPS

Date of report: 5/24/2016
Time of report: 5:05:59 PM

Date of calculation: 5/9/2016
Time of calculation: 3:57:14 PM

Filename: F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 3 muur langs weg - Damwand

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Maxima per Stage	3
2.2 Anchors and Struts	3
2.3 Warnings	3
3 Input Data for all Stages	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Sheet Piling Properties	4
3.2.1 General properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum allowable moments	4
3.2.4 Properties for vertical balance	4
3.3 Calculation Options	4
4 Construction Stage 1: New Stage	5
4.1 Outline	5
4.2 Input Data Left	5
4.2.1 Calculation Method	5
4.2.2 Water Level	5
4.2.3 Surface	5
4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links	5
4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	6
4.2.6 Surcharge Loads	6
4.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	6
4.4 Calculated force from a layer Left	7
4.5 Input Data Right	7
4.5.1 Calculation Method	7
4.5.2 Water Level	7
4.5.3 Surface	7
4.5.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts	7
4.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	8
4.5.6 Anchors	8
4.5.7 Uniform Loads	8
4.5.8 Surcharge Loads	8
4.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	8
4.7 Calculated force from a layer Right	9
4.8 Calculation Results	9
4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	9
4.8.2 Moments, Forces and Displacements	10
4.8.3 Charts of Stresses	11
4.8.4 Stresses	11
4.8.5 Percentage mobilized resistance	12
4.8.6 Vertical Force Balance	12
4.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	13
4.8.8 Anchors/Struts	13

2 Summary

2.1 Maxima per Stage

Stage nr.	Stage name	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	New Stage	-146,7	-1932,04	546,05	36,7	41,6	---

Max		-146,7	-1932,04	546,05	36,7	41,6	---
-----	--	---------------	-----------------	---------------	-------------	-------------	-----

2.2 Anchors and Struts

Stage name	Anchor/strut	
	Force [kN]	State
New Stage	647,01	Elastic

Max	647,01	
-----	---------------	--

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):

- Links
- Rechts

3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	1
Unit weight of water	9,81 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	19,60 m
Level top side	7,10 m
Number of sections	1
P _r ;max;point	0,00 MPa
Xi factor	1,39

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
PU 32	-12,50	7,10	Steel	2,42

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
PU 32	1,5187E+05	1,00	3,6750E+05	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Elas. char. moment [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Elas. design moment [kNm/m']
PU 32	1024,00	1,00	1,00	1,00	1024,00

3.2.4 Properties for vertical balance

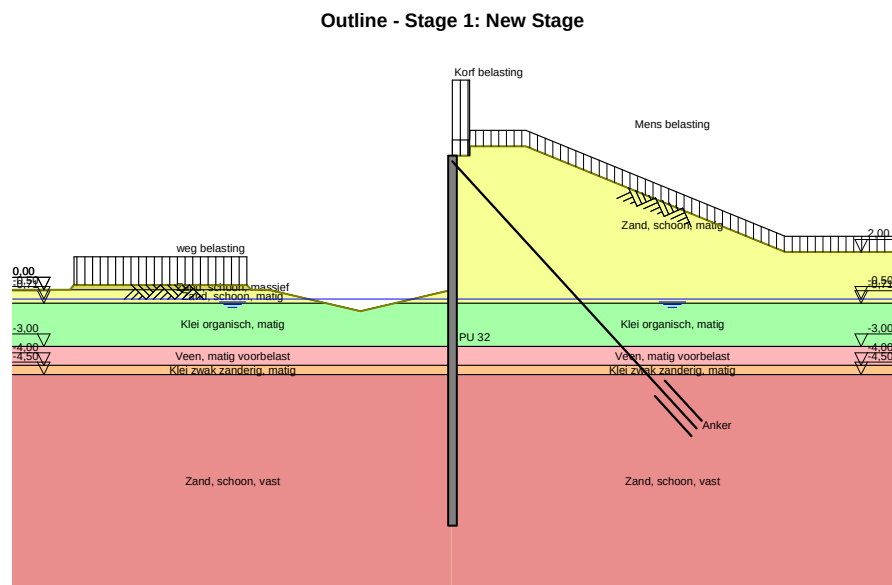
Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m']
PU 32	-12,50	7,10	452,00	1,52	585,64

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Lambda recalculation	Automatic
Reduce delta(s) according to CUR	Yes

4 Construction Stage 1: New Stage

4.1 Outline



4.2 Input Data Left

4.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

4.2.2 Water Level

Water level: -0,50 [m]

4.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	0,00
5,33	-1,13
10,66	0,00
11,66	0,00
11,91	0,25
21,91	0,25
22,16	0,00

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: Links

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Zand, schoon, ...	0,25	20,00	22,00	0,00	40,00	0,00
Zand, schoon, ...	0,00	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00
Klei organisch, ...	-0,71	15,00	20,00	0,00	15,00	0,00
Veen, matig vo...	-3,00	12,00	12,00	2,50	15,00	0,00

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Klei zwak zand...	-4,00	18,00	18,00	5,00	22,50	0,00
Zand, schoon, ...	-4,50	19,00	12,00	2,50	35,00	0,00

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Zand, schoon, ...	0,25	1,00	1,00	Fine
Zand, schoon, ...	0,00	1,00	1,00	Fine
Klei organisch, ...	-0,71	1,00	1,00	Fine
Veen, matig vo...	-3,00	1,00	1,00	Fine
Klei zwak zand...	-4,00	1,00	1,00	Fine
Zand, schoon, ...	-4,50	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Zand, schoon, ...	0,25	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, schoon, ...	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei organisch, ...	-0,71	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Veen, matig vo...	-3,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei zwak zand...	-4,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, schoon, ...	-4,50	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

4.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, schoon, ...	0,25	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand, schoon, ...	0,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei organisch, ...	-0,71	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Veen, matig vo...	-3,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei zwak zand...	-4,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand, schoon, ...	-4,50	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, schoon, ...	0,25	500,00	500,00
Zand, schoon, ...	0,00	500,00	500,00
Klei organisch, ...	-0,71	500,00	500,00
Veen, matig vo...	-3,00	500,00	500,00
Klei zwak zand...	-4,00	500,00	500,00
Zand, schoon, ...	-4,50	500,00	500,00

4.2.6 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
weg belasting	11,91	9,00
	21,91	9,00

4.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-0,25	1,2	6,2	0,32	0,32	1,62
2	-0,60	2,7	6,2	0,31	0,31	0,72
3	-1,09	7,8	14,0	0,62	0,62	1,12
4	-1,85	11,4	23,3	0,61	0,61	1,24
5	-2,62	15,0	33,8	0,59	0,69	1,33
6	-3,25	12,8	47,4	0,44	0,74	1,63
7	-3,75	12,9	47,4	0,43	0,77	1,59
8	-4,25	5,9	79,2	0,18	0,64	2,47

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
9	-4,94	4,2	138,3	0,12	0,44	3,97
10	-5,83	4,8	147,7	0,13	0,46	4,03
11	-6,72	5,4	161,1	0,14	0,48	4,17
12	-7,61	5,9	172,7	0,14	0,49	4,24
13	-8,50	6,4	210,4	0,15	0,49	4,89
14	-9,39	6,9	227,4	0,15	0,49	5,02
15	-10,28	7,3	224,8	0,15	0,49	4,72
16	-11,17	7,6	242,6	0,15	0,49	4,85
17	-12,06	8,0	260,4	0,15	0,48	4,97

4.4 Calculated force from a layer Left

Name	Force
Zand, schoon, massief	0,00
Zand, schoon, matig	4,39
Klei organisch, matig	54,35
Veen, matig voorbelast	47,42
Klei zwak zanderig, m...	35,98
Zand, schoon, vast	579,23

4.5 Input Data Right

4.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

4.5.2 Water Level

Water level: -0,50 [m]

4.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	7,10
1,00	7,10
1,01	7,60
4,26	7,60
19,27	2,00

4.5.4 Soil Material Properties in Profile: Rechts

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Zand, schoon, ...	7,60	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00
Klei organisch, ...	-0,71	15,00	20,00	0,00	15,00	0,00
Veen, matig vo...	-3,00	12,00	12,00	2,50	15,00	0,00
Klei zwak zand...	-4,00	18,00	18,00	5,00	22,50	0,00
Zand, schoon, ...	-4,50	19,00	12,00	2,50	35,00	0,00

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Zand, schoon, ...	7,60	1,00	1,00	Fine
Klei organisch, ...	-0,71	1,00	1,00	Fine
Veen, matig vo...	-3,00	1,00	1,00	Fine
Klei zwak zand...	-4,00	1,00	1,00	Fine
Zand, schoon, ...	-4,50	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Zand, schoon, ...	7,60	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei organisch, ...	-0,71	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Veen, matig vo...	-3,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei zwak zand...	-4,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, schoon, ...	-4,50	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

4.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, schoon, ...	7,60	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei organisch, ...	-0,71	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Veen, matig vo...	-3,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei zwak zand...	-4,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand, schoon, ...	-4,50	2000,00	2000,00	800,00	800,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand, schoon, ...	7,60	500,00	500,00
Klei organisch, ...	-0,71	500,00	500,00
Veen, matig vo...	-3,00	500,00	500,00
Klei zwak zand...	-4,00	500,00	500,00
Zand, schoon, ...	-4,50	500,00	500,00

4.5.6 Anchors

Name	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Cross section [m ² /m]	Length [m]	Angle [degree]	Yield force [kN/m]	Pre-tension. force [kN/m]
Anker	6,80	2,100E+08	1,000E-03	20,00	-45,00	550,00	n.a.

4.5.7 Uniform Loads

Name	Load [kN/m ²]
Mens belasting	5,00

4.5.8 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
Korf belasting	0,00	24,00
	1,00	24,00

4.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	6,95	9,5	105,3	0,30	0,78	3,32
2	6,33	12,9	116,5	0,31	0,37	2,83
3	5,40	18,9	116,3	0,35	0,35	2,17
4	4,46	18,3	145,6	0,27	0,27	2,17
5	3,52	23,2	174,1	0,29	0,29	2,15
6	2,59	28,5	232,9	0,30	0,30	2,45
7	1,65	33,6	234,2	0,31	0,31	2,14
8	0,72	38,7	262,0	0,31	0,31	2,12
9	0,13	42,0	279,7	0,32	0,32	2,12
10	-0,25	44,0	31,0	0,32	0,32	0,32
11	-0,60	45,4	31,0	0,32	0,32	0,32
12	-1,09	92,5	31,0	0,63	0,63	0,63

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
13	-1,85	96,5	31,0	0,64	0,64	0,64
14	-2,62	97,9	63,9	0,62	0,62	0,62
15	-3,25	94,2	122,6	0,59	0,59	0,77
16	-3,75	94,4	137,8	0,59	0,59	0,87
17	-4,25	66,7	310,7	0,42	0,46	1,94
18	-4,94	38,0	576,3	0,24	0,26	3,57
19	-5,83	39,0	531,4	0,24	0,27	3,30
20	-6,72	42,1	505,2	0,26	0,27	3,14
21	-7,61	42,4	489,9	0,26	0,28	3,05
22	-8,50	42,4	471,6	0,26	0,28	2,94
23	-9,39	42,2	447,3	0,26	0,29	2,79
24	-10,28	41,7	421,3	0,26	0,29	2,63
25	-11,17	41,1	397,7	0,26	0,30	2,48
26	-12,06	40,6	396,7	0,25	0,31	2,47

4.7 Calculated force from a layer Right

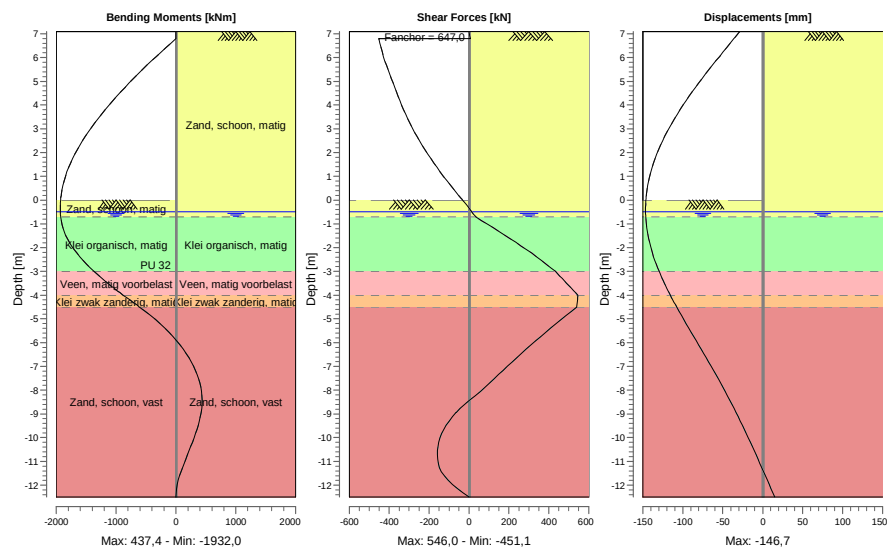
Name	Force
Zand, schoon, matig	0,00
Klei organisch, matig	218,96
Veen, matig voorbelast	94,30
Klei zwak zanderig, m...	33,36
Zand, schoon, vast	356,32

4.8 Calculation Results

Number of iterations: 6

4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 1: New Stage

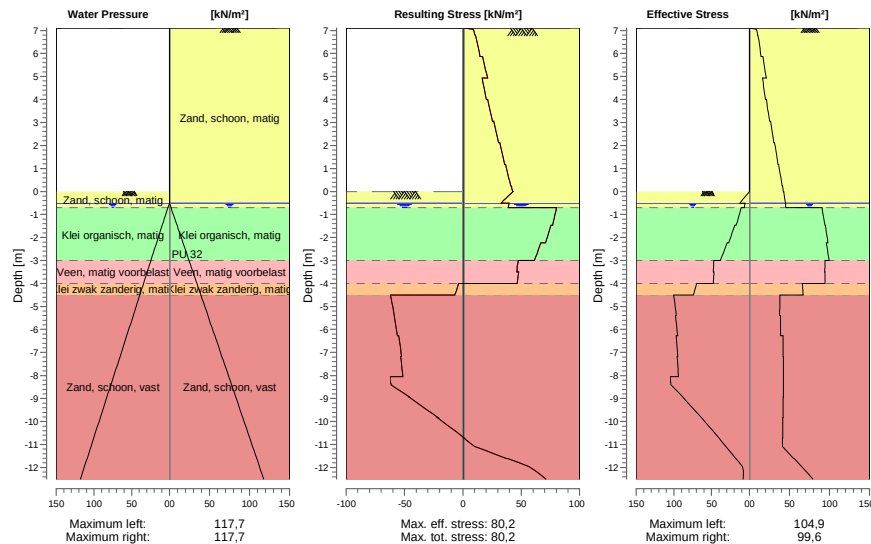


4.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	7,10	0,00	0,00	-28,7
1	6,80	0,86	6,40	-36,0
2	6,80	0,86	-451,10	-36,0
2	5,86	-408,34	-422,02	-58,5
3	5,86	-408,34	-422,02	-58,5
3	4,93	-783,96	-379,12	-80,1
4	4,93	-783,96	-379,12	-80,1
4	3,99	-1120,01	-337,73	-99,7
5	3,99	-1120,01	-337,73	-99,7
5	3,06	-1412,12	-285,09	-116,8
6	3,06	-1412,12	-285,09	-116,8
6	2,12	-1649,47	-220,62	-130,4
7	2,12	-1649,47	-220,62	-130,4
7	1,19	-1821,05	-144,50	-140,2
8	1,19	-1821,05	-144,50	-140,2
8	0,25	-1916,02	-56,81	-145,6
9	0,25	-1916,02	-56,81	-145,6
9	0,00	-1927,06	-31,43	-146,3
10	0,00	-1927,06	-31,43	-146,3
10	-0,50	-1930,82	14,31	-146,7
11	-0,50	-1930,82	14,31	-146,7
11	-0,71	-1925,72	34,24	-146,4
12	-0,71	-1925,72	34,24	-146,4
12	-1,47	-1843,83	179,25	-143,7
13	-1,47	-1843,83	179,25	-143,7
13	-2,24	-1654,94	314,28	-138,0
14	-2,24	-1654,94	314,28	-138,0
14	-3,00	-1369,23	432,59	-129,7
15	-3,00	-1369,23	432,59	-129,7
15	-3,50	-1138,74	489,13	-123,1
16	-3,50	-1138,74	489,13	-123,1
16	-4,00	-879,87	546,05	-115,7
17	-4,00	-879,87	546,05	-115,7
17	-4,50	-608,27	539,72	-107,7
18	-4,50	-608,27	539,72	-107,7
18	-5,39	-186,79	409,73	-92,5
19	-5,39	-186,79	409,73	-92,5
19	-6,28	122,09	286,29	-77,0
20	-6,28	122,09	286,29	-77,0
20	-7,17	324,83	170,74	-61,6
21	-7,17	324,83	170,74	-61,6
21	-8,06	426,26	58,14	-47,0
22	-8,06	426,30	57,90	-47,0
22	-8,94	420,43	-64,60	-33,3
23	-8,94	420,41	-64,66	-33,3
23	-9,83	326,95	-136,83	-20,4
24	-9,83	326,95	-136,82	-20,4
24	-10,72	191,89	-158,75	-8,2
25	-10,72	191,93	-158,91	-8,2
25	-11,61	60,28	-123,86	3,5
26	-11,61	60,21	-123,85	3,5
26	-12,50	-0,04	-0,17	15,1
Max		-1930,82	546,05	-146,7
Max, minor nodes incl.		-1932,04	546,05	-146,7

4.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: New Stage



4.8.4 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	7,10	0,00	0,00	-		1,51	0,00	A	
1	6,80	0,00	0,00	-		10,32	0,00	A	
2	6,80	0,00	0,00	-		10,74	0,00	A	
2	5,86	0,00	0,00	-		14,79	0,00	A	
3	5,86	0,00	0,00	-		16,71	0,00	A	16
3	4,93	0,00	0,00	-		21,26	0,00	A	16
4	4,93	0,00	0,00	-		16,40	0,00	A	13
4	3,99	0,00	0,00	-		20,17	0,00	A	13
5	3,99	0,00	0,00	-		21,22	0,00	A	13
5	3,06	0,00	0,00	-		25,27	0,00	A	13
6	3,06	0,00	0,00	-		26,36	0,00	A	12
6	2,12	0,00	0,00	-		30,59	0,00	A	12
7	2,12	0,00	0,00	-		31,45	0,00	A	14
7	1,19	0,00	0,00	-		35,78	0,00	A	14
8	1,19	0,00	0,00	-		36,51	0,00	A	15
8	0,25	0,00	0,00	-		40,93	0,00	A	15
9	0,25	0,00	0,00	-		41,35	0,00	A	15
9	0,00	0,00	0,00	-		42,55	0,00	A	15
10	0,00	0,00	0,00	P		42,79	0,00	A	
10	-0,50	12,57	0,00	P		45,19	0,00	A	
11	-0,50	5,60	0,00	P		45,17	0,00	A	
11	-0,71	6,80	2,06	P		45,65	2,06	A	
12	-0,71	10,58	2,06	P		90,77	2,06	A	
12	-1,47	17,50	9,55	P		94,27	9,55	A	
13	-1,47	19,37	9,55	P		94,70	9,55	A	
13	-2,24	27,41	17,04	P		98,22	17,04	A	
14	-2,24	29,34	17,04	P		96,14	17,04	A	
14	-3,00	38,37	24,52	P		99,60	24,52	A	
15	-3,00	46,98	24,52	P		94,29	24,52	A	77
15	-3,50	47,97	29,43	P		94,09	29,43	A	77

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	-3,50	46,82	29,43	P		94,51	29,43	A	69
16	-4,00	47,97	34,34	P		94,33	34,34	A	69
17	-4,00	69,80	34,34	3	94	66,16	34,34	A	
17	-4,50	74,11	39,24	3	88	67,28	39,24	A	
18	-4,50	100,08	39,24	2	74	38,09	39,24	A	
18	-5,39	96,85	47,96	2	68	37,98	47,96	A	
19	-5,39	97,87	47,96	2	68	39,02	47,96	A	
19	-6,28	94,90	56,68	2	63	38,93	56,68	A	
20	-6,28	97,12	56,68	2	62	42,17	56,68	A	
20	-7,17	94,64	65,40	2	57	42,09	65,40	A	
21	-7,17	95,77	65,40	2	57	42,45	65,40	A	
21	-8,06	93,84	74,12	2	53	42,39	74,12	A	
22	-8,06	104,88	74,12	2	51	42,40	74,12	A	
22	-8,94	88,15	82,84	1	41	42,37	82,84	A	
23	-8,94	88,18	82,84	1	40	42,22	82,84	A	
23	-9,83	63,61	91,56	1	27	42,21	91,56	A	
24	-9,83	63,54	91,56	1	29	41,66	91,56	A	
24	-10,72	40,37	100,28	1	18	41,67	100,28	A	
25	-10,72	40,23	100,28	1	17	41,09	100,28	A	
25	-11,61	17,88	109,00	1		55,13	109,00	1	14
26	-11,61	17,69	109,00	1		56,09	109,00	1	14
26	-12,50	8,17	117,72	A		79,36	117,72	1	20

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob Percentage passive mobilized

4.8.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	1745,7	2203,5
Water	1709,3	1709,3
Total	3455,0	3912,8

Considered as passive side	Left
Maximum passive effective resistance	4193,92 kN
Mobilized passive effective resistance	1745,70 kN
Percentage mobilized resistance	41,6 %
Position single support	6,80 m
Maximum passive moment	64096,41 kNm
Mobilized passive moment	23554,26 kNm
Percentage mobilized moment	36,7 %

4.8.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	0,00 [MPa]

A maximum point resistance of zero results in a vertical toe capacity of zero

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Vertical anchor force	-457,50
Resulting vertical force (no dead weight)	-457,50
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0,00
Vertical toe capacity is not sufficient ($458 > 0$)	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	0,00
Vertical force passive	0,00
Vertical anchor force	-457,50
Resulting vertical force (no dead weight)	-457,50
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0,00
Vertical toe capacity is not sufficient ($458 > 0$)	

4.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
0,00	Zand, schoon, ...	0,00	7,10	Zand, schoon, ...	0,00
-0,71	Klei organisch, ...	0,00	-0,71	Klei organisch, ...	0,00
-3,00	Veen, matig vo...	0,00	-3,00	Veen, matig vo...	0,00
-4,00	Klei zwak zand...	0,00	-4,00	Klei zwak zand...	0,00
-4,50	Zand, schoon, ...	0,00	-4,50	Zand, schoon, ...	0,00

4.8.8 Anchors/Struts

Anchor/strut	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Force [kN]	State	Side	Type
Anker	6,80	2,100E+08	647,01	Elastic	Right	Anchor

End of Report

BIJLAGE E.

Berkeningsverslag keermuur



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 2.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	BEREKENING OPZET	2
2.1.	Toetsing verticaal draagvermogen	2
2.1.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	2
2.1.1.1.	Bepalen rekenfactor aan de hand van risicofactor	2
2.1.1.2.	Bepalen belastingen op de constructie.....	4
2.1.1.3.	Bepalen effectieve breedte	6
2.1.2.	Bepalen invloedsdiepte.....	6
2.1.3.	Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand	7
2.1.4.	Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand	9
2.1.5.	Toetsen op doorponzen.....	11
2.1.6.	Toetsen op zijdelings wegpersen	11
2.2.	Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden	12
2.2.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	12
2.2.2.	Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand.....	12
2.2.3.	Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand	12
2.3.	Toetsing algehele stabiliteit	13
2.4.	Toetsing kantelstabiliteit	14
2.5.	Toetsing zakkingen en zakkingsverschillen.....	15
2.5.1.	Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	15
2.5.2.	Berekening spanningsspreiding in de diepte.....	15
2.5.3.	Berekening zakking	15
3.	SITUATIE.....	16
4.	RESULTATEN	17
4.1.	Toetsing verticaal draagvermogen	17
4.1.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	17
4.1.1.1.	Bepalen rekenfactor aan de hand van risicofactor	17
4.1.1.2.	Bepalen belastingen op de constructie.....	18
4.1.1.3.	Bepalen effectieve breedte	19
4.1.2.	Bepalen invloedsdiepte.....	19
4.1.3.	Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand	19
4.1.4.	Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand	20
4.1.5.	Toetsen op doorponzen.....	20
4.1.6.	Toetsen op zijdelings wegpersen	21
4.2.	Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden	22
4.2.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	22
4.2.2.	Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand	23
4.2.3.	Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand	23
4.3.	Toetsing algehele stabiliteit	24
4.4.	Toetsing kantelstabiliteit	25
4.5.	Toetsing zakkingen en zakkingsverschillen.....	26
4.5.1.	Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	26
4.5.2.	Berekening spanningsspreiding in de diepte.....	27
4.5.3.	Berekening zakking	27
5.	BIBLIOGRAFIE.....	29

BIJLAGEN:

- A. Uitvoer D-stability 0-variant
- B. Resultaten variant 1
- C. Resultaten variant 2
- D. Resultaten variant 3

Lijst van symbolen

Latijnse letters

a	halve strookbreedte [m]
$\alpha_{1;2}$	hoeken locatie [rad]
b'	effectieve breedte [m]
b_c, b_q, b_γ	reductiefactoren voor hellende onderzijde van de fundering [-]
$C'_{p;j}$	is de waarde van de primaire samendrukkingsconstante van laag j, geldig voor belastingsverhogingen vanaf de grensspanning. Voor normaal geconsolideerde grond is de grensspanning gelijk aan de aanwezige verticale effectieve spanning
$C'_{s;j}$	is de waarde van de secundaire samendrukkingsconstante, geldig voor belastingsverhogingen vanaf de grensspanning. Voor normaal geconsolideerde grond is de grensspanning gelijk aan de aanwezige verticale effectieve spanning
$c'_{u;d}$	rekenwaarde ongedraineerde cohesie [kN/m ²]
$c'_{gem;d}$	rekenwaarde gewogen gemiddelde cohesie [kN/m ²]
d_j	is de dikte van laag j [m]
H_d	rekenwaarde horizontale belasting [kN]
h_{sq}	dikte van de cohesieve laag [m]
i_c, i_q, i_y	reductiefactoren voor de richting van de belasting [-]
Ka	actieve gronddrukcoëfficiënt
Kp	passieve gronddrukcoëfficiënt
ℓ'	effectieve lengte [m]
N_c, N_q, N_γ	gronddrukfactoren voor cohesie, dekking en grondgewicht [-]
n	aantal lagen j binnen invloedsdiepte [-]
R_{hd}	rekenwaarde gedraineerde horizontale draagkracht [kN]
$R_{h;d}$	rekenwaarde afschuifweerstand uit wrijving langs funderingsvlak, op basis van minimale verticale belastingen [kN]
$R_{p;d}$	rekenwaarde passieve gronddruk [kN]
$R_{v;d}$	rekenwaarde ongedraineerde of gedraineerde verticale draagkracht [kN]
s_1	is de primaire zakking [m]
s_2	is de secundaire zakking [m]
s_c, s_q, s_γ	reductiefactoren voor de vorm van de fundering [-]
t	is tijdsduur in dagen. Voor de eindzakking wordt $t = 10.000$ dagen aangehouden
t_0	is de tijdseenheid, $t_0 = 1$ dag
V'_d	rekenwaarde effectieve verticale belasting op funderingsvlak [kN]
z	diepte [m]

Griekse letters

α	helling van de wand t.o.v. de verticaal [°]
β	(βa of βp) helling van het maaiveld naast de wand t.o.v. de horizontaal [°]
$\gamma_{j; k}$	karacteristieke waarde voor volumiek gewicht bij natuurlijk vochtgehalte van laag j indien boven grondwaterstand, of verzadigd volumiek gewicht van laag j indien beneden grondwaterstand [kN/m ³]
γ_w	volumegewicht van water [kN/m ³]
γ_γ	partiële factor volumegewicht [-]
$\gamma'_{gem;d}$	rekenwaarde gewogen gemiddelde effectief volumegewicht [kN/m ³]
δ	wandwrijvingshoek [°]
δ'_d	rekenwaarde wrijvingshoek [°]
$\lambda_c, \lambda_q, \lambda_\gamma$	reductiefactoren voor de helling van het maaiveld (dekking) [-]
$\Delta\sigma'_{v;z;d}$	is de waarde van de verticale effectieve spanningsverhoging voor het midden van een laag op diepte z [kPa].
$\sigma'_{v;max;d}$	rekenwaarde verticaal draagvermogen [kN/m ²]
$\sigma'_{v;z;d}$	dekking aan de lage zijde [kN/m ²]

$\sigma'_{sq;d}$	rekenwaarde effectieve grondspanning aan bovenzijde cohesieve laag met squeezing [kN/m ²]
$\sigma'_{v;z;d}$	dekking aan de lage zijde [kN/m ²]
$\sigma_{gem;d}$	rekenwaarde van de gelijkmatig verdeelde belasting [kPa]
$\sigma'_{v;z;0;d}$	is de waarde van de verticale effectieve spanning vóór belasten voor het midden van een laag op diepte z [kPa]
$\sigma'_{v;max;d}$	rekenwaarde ongedraineerde verticaal draagvermogen [kN/m ²]
φ	hoek van inwendige wrijving [°]

1. INLEIDING

In dit rapport wordt een keermuur constructie in de vorm van een L-muur ontworpen aan de hand van de vooraf bepaalde parameters. Het rapport beschrijft de berekeningsmethode en stappen beschreven die nodig zijn om te bepalen of de constructie kan voldoen in de beschreven situatie. Als eerst wordt de berekeningsmethode beschreven die wordt toegepast om te bepalen of de constructie voldoet. Hierna wordt de situatie beschreven en worden de te gebruiken parameters bepaald waar verder in de berekening mee wordt gewerkt. Als laatste worden de resultaten van de berekeningen gegeven. In dit rapport worden alle berekeningen conform NEN-EN 9997-1 en NEN-EN 1997-1 uitgerekend.

In hoofdstuk 2 zal eerst een opzet van de berekening worden weergegeven en verder in het hoofdstuk zullen alle berekeningen worden uitgelegd. In het hoofdstuk hierna wordt de 0-variant situatie opgezet waarin de berekening van hoofdstuk 4 zullen plaats vinden.

2. BEREKENING OPZET

Alle berekeningen voor l-muren worden gedaan door gespecialiseerde bedrijven die conform beton specificatie op maat gemaakte producten aanleveren. Omdat het rekenen aan een L-muur buiten dit onderzoek valt, worden er maten van leveranciers gebruikt en waar nodig is geïnterpoleerd. Deze maten worden gehaald van de site van de fabrikant Giverbo (<http://www.giverbo.nl>, -) en vergeleken met eventuele andere leveranciers.

De berekening zal volgens het volgende stappenplan verlopen:

1. Toetsing verticaal draagvermogen:
 - a. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak;
 - b. Bepaling invloedsdiepte;
 - c. Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand (indien van toepassing);
 - d. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand;
 - e. Toets op doorponsen (indien van toepassing);
 - f. Toets op zijdelings wegpersen (indien van toepassing);
2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden:
 - a. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak;
 - b. Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand (indien van toepassing);
 - c. Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand
3. Toetsing algehele stabiliteit
4. Toetsing kantelstabiliteit
5. Toetsing zakkings en zakkingsverschillen:
 - a. Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak;
 - b. Berekening spanningsspreiding in de diepte;
 - c. Berekening zakking;

2.1. Toetsing verticaal draagvermogen

2.1.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

2.1.1.1. Bepalen rekenfactor aan de hand van risicofactor

Eerst moeten de factor worden bepaald die moeten worden toegepast bij de berekeningen, deze wordt bepaald aan de hand van de volgende tabellen:

Tabel 2.a — Indeling constructies volgens NEN-EN 1990:2002/NB:2008

Type constructie / type berekening		Belasting ^a	
		Constructief	Grond
1	Fundering op staal, verificatie beton	B	B
2	Fundering op staal, verificatie geotechnische draagkracht	B	B
3	Paalfundering, moment plus normaalkracht	B	B
4	Paalfundering en damwand: geotechnische draagkracht	B	B
5	Ondergrondse dak/wandconstructies	B	B
6	Taludstabiliteit / overall stabiliteit van de fundering	C	C
7	Damwand op buiging belast	C	C
8	Gewichtsmuur (L-muur, gewapende grondconstructie)	B	C

^a Voor de grootte van de factoren van groep B en C zie tabel A.3 en NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011.

Tabel A.3 — Partiële factoren voor belastingen (γ_F) of belastingseffecten (γ_E)

Belasting		Symbool	Combinatie		
			A1	A2	
				Overig	Damwand
Permanent	Ongunstig	γ_G	1,35 ^{a b c}	1,0	1,0
	Gunstig		0,9	1,0	1,0
Veranderlijk	Ongunstig	γ_Q	1,5 ^b	1,3 ^b	1,1 ^b
	Gunstig		0	0	0

^a Alleen bij kleine veranderlijke belastingen is deze waarde maatgevend, zie vergelijking (6.10a) in NEN-EN 1990:2002. In de andere gevallen wordt gerekend met $\gamma_G \times \xi$, zie vergelijking (6.10b) in NEN-EN 1990:2002, waarvoor, uitgaande van $\xi = 0,89$ geldt $\gamma_G \times \xi = 1,2$. Zie ook de nationale bijlage bij NEN-EN 1990:2002.

^b De hier gegeven waarden gelden voor RC2. Voor RC1 geldt een vermenigvuldigingsfactor van 0,9 en voor RC3 van 1,1. In de kolom damwand geldt dan voor RC1 $\gamma_G = 1,0$ en voor RC3 $\gamma_G = 1,25$.

^c Bij vloeistofdrukken met een fysiek beperkte waarde mag zijn volstaan met 1,2.

Figuur 2.1: Tabellen met belastingsfactoren (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012)

Tabel 2.1: Partiele belastingsfactoren

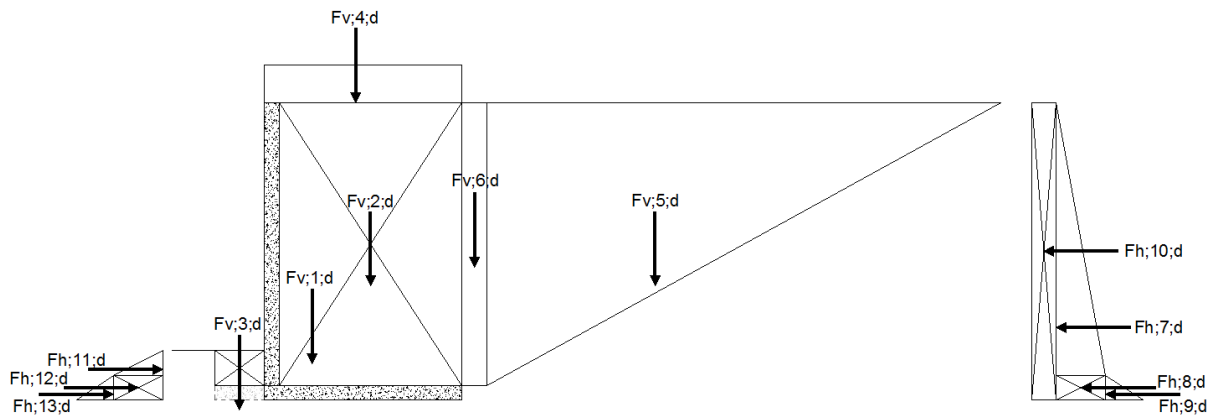
Partiele belastingfactoren volgens NEN-EN 9997-1				
Parameter	Symbool	Waarde RC1/CC1	Waarde RC2/CC2	Waarde RC3/CC3
Permanent belasting, ongunstig (1)	γ_g	1,23	1,35	1,49
Permanent belasting, ongunstig (2)	$\gamma_g * \epsilon$	1,09	1,2	1,32
Permanent belasting, gunstig	$\gamma_{g;stb}$	1	0,9	0,82
Veranderlijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;dst}$	1,35	1,5	1,65
Veranderlijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;dst}$	0	0	0
Veranderlijke belasting, ongunstig, overig	$\gamma_{Q;dst;o}$	1.17	1.3	1.43
(1) = geldt alleen bij kleine veranderlijke belastingen ($Q/G < 0.2$)				
(2) = alleen als aandeel veranderlijke belastingen groot is (conform NEN-EN 1990/NB geldt $\epsilon=0,89$)				

Tabel 2.2: Partiele materiaalfactoren

Partiele materiaalfactoren volgens NEN-EN 9997-1				
Parameter	Symbool	Waarde RC1/CC1	Waarde RC2/CC2	Waarde RC3/CC3
Hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{\varphi'} (1)$	1,2	1,3	1,3
Effectieve cohesie	$\gamma_{c'}$	1,5	1,5	1,6
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	1,5	1,8	2,0
Prisma druksterkte	γ_{qu}	1,5	1,8	2,0
Volumiek gewicht voor draagvermogen	γ_y	1,1	1,0	1,0
(1) = Factor heeft betrekking op $\tan \varphi'$				

2.1.1.2. Bepalen belastingen op de constructie

In het volgende figuur worden de horizontale en verticale krachten die op de constructie werken getoond. Deze worden berekend als "Situatie A", dit betekend dat er gerekend wordt met een maximale verticale belasting en een maximale horizontale belasting.



Figuur 2.2: Belastingen op de keermuur

Voor het berekenen van de belastingen zijn de K-waarden van de grond nodig. Deze worden op de volgende manier berekend:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha * \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta_a)}{\cos(\varphi - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta_a)}} \right]^2} \quad \text{Vergelijking LM 1}$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha * \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) * \sin(\varphi + \beta_p)}{\cos(\delta_p - \alpha) * \cos(\alpha + \beta_p)}} \right]^2} \quad \text{Vergelijking LM 2}$$

Tabel 2.3: Te bepalen krachten op de keermuur

Belastingen op keermuur			
Eigen gewicht van keermuur	$F_{v;1;d}$	$(\gamma_g * \varepsilon) * A_{muur} * \gamma_{beton}$	Vergelijking LM 3
Gewicht grond massief voet	$F_{v;2;d}$	$(\gamma_g * \varepsilon) * A_{massief;voet} * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 4
Gewicht grond massief hak	$F_{v;3;d}$	$(\gamma_g * \varepsilon) * A_{massief;hak} * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 5
Veranderlijke belasting boven massief	$F_{v;4;d}$	$\gamma_{Q;dst} * b_{massief} * q_1$	Vergelijking LM 6
Gronddruk tegen achterzijde massief	$F_{v;5;d}$	$(\gamma_g * \varepsilon) * K_a * (\sum \gamma_{grond} * h)$	Vergelijking LM 7
Q-last achter het massief	$F_{v;6;d}$	$(\gamma_g * \varepsilon) * K_a * q_2$	Vergelijking LM 8
Actieve droge gronddruk achter massief Δ	$F_{h;7;d}$	$\gamma_{g;std} * K_a * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 9

Actieve droge gronddruk achter massief □	$F_{h;8;d}$	$\gamma_{g;std} * K_a * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 10
Actieve natte gronddruk achter massief Δ	$F_{h;9;d}$	$\gamma_{g;std} * K_a * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 11
Actieve q-last achter massief	$F_{h;10;d}$	$\gamma_{g;std;o} * K_a * b_{q-last} * q_2$	Vergelijking LM 12
Passieve droge gronddruk achter massief Δ	$F_{h;11;d}$	$\gamma_{g;std} * K_p * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 13
Passieve droge gronddruk achter massief □	$F_{h;12;d}$	$\gamma_{g;std} * K_p * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 14
Passieve natte gronddruk achter massief Δ	$F_{h;13;d}$	$\gamma_{g;std} * K_p * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking LM 15

2.1.1.3. Bepalen effectieve breedte

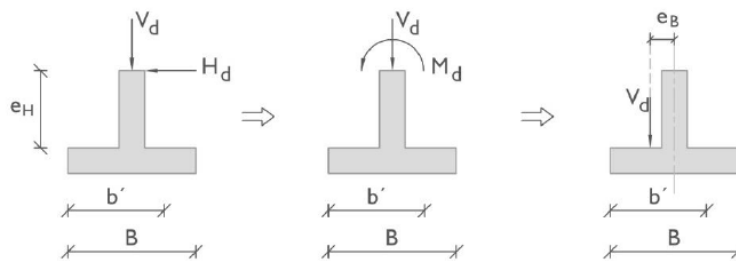
Met de bepaalde krachten kan vervolgens de waarde voor V_d en H_d worden berekend en op welke afstand ze liggen van het kantelpunt. Dit wordt gedaan door bij elk van de bovenstaande krachten de arm te bepalen van de kracht ten opzichte van het kantelpunt. Vervolgens kan dan de effectieve breedte worden bepaald, gezien het om een doorlopende grondmassa gaat, wordt het gezien als een strookfundering en wordt er gerekend met een effectieve lengte van een meter.

$$b' = B - 2 * e_b$$

Vergelijking LM 16

$$e_b = \frac{H_d * e_H}{V_d}$$

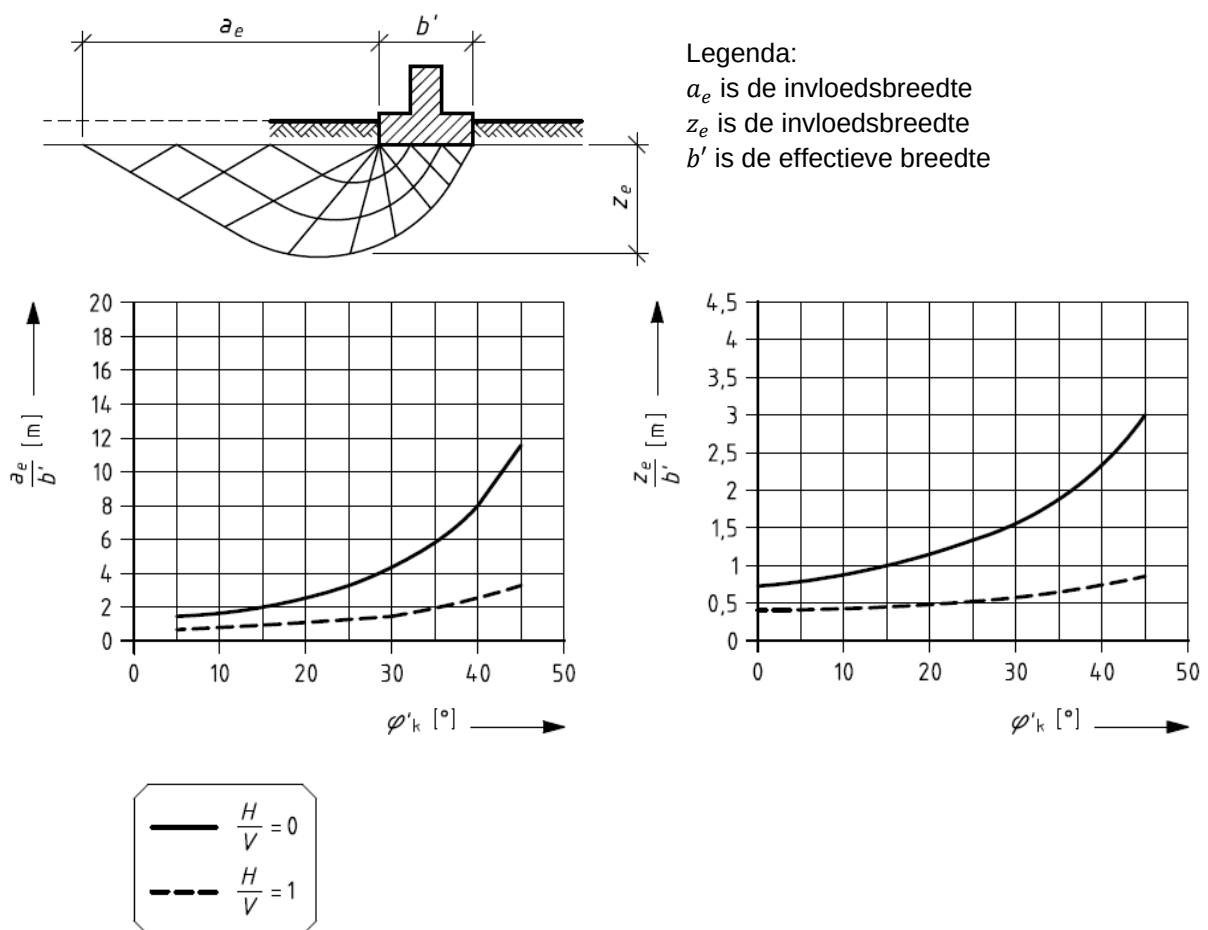
Vergelijking LM 17



Figuur 2.3: Ontstaan van de excentriciteit door horizontale kracht

2.1.2. Bepalen invloedsdiepte

Het bepalen van de invloedsdiepte en invloedsbreedte wordt gedaan via de grafieken in figuur 2.4 aan de hand van de effectieve hoek van inwendige wrijving. Aan de hand van deze grafieken zijn ook tabellen opgesteld waarmee de juiste waarde kan worden gevonden.



Figuur 2.4: Grafieken voor invloedsbreedte en invloedsdiepte

ϕ'_k	a_e/b'	
	$H/V = 1$	$H/V = 0$
5	0,65	1,25
10	0,77	1,57
15	0,92	1,99
20	1,10	2,53
25	1,33	3,27
30	1,62	4,29
35	2,01	5,77
40	2,53	8,01
45	3,27	11,61

ϕ'_k	z_e/b'	
	$H/V = 1$	$H/V = 0$
0	0,40	0,70
5	0,41	0,77
10	0,44	0,88
15	0,47	1,00
20	0,50	1,16
25	0,54	1,35
30	0,59	1,59
35	0,65	1,90
40	0,73	2,33
45	0,84	2,95

Figuur 2.5: Tabellen voor bepalen invloedsbreedte en invloedsdiepte

Doormiddel van interpolatie kan de juiste waarde worden gevonden voor de effectieve hoek van inwendige wrijving. Er wordt geïnterpoleerd om de juiste hoek te bepalen en daarna tussen 1 en 0 om de juiste $\frac{a_e}{b'}$ of $\frac{z_e}{b'}$ te vinden.

Aan de hand van de invloedsdiepte kunnen er gewogen gemiddelde van de rekenwaarden van de sterkteparameters worden bepaald voor de ondergrond. Dit wordt bepaald doormiddel van de volgende formules:

$$\phi'_{gem;d} = \frac{\sum_i^n \phi'_i * h_i * z_i}{\sum_i^n h_i * z_i}$$

Vergelijking LM 18

$$c'_{gem;d} = \frac{\sum_i^n c'_i * h_i * z_i}{\sum_i^n h_i * z_i}$$

Vergelijking LM 19

$$\gamma'_{gem;d} = \frac{\sum_i^n \gamma'_i * h_i * z_i}{\sum_i^n h_i * z_i}$$

Vergelijking LM 20

2.1.3. Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand

Deze vorm van toetsing hoeft alleen te worden toegepast bij cohesieve grondlagen, waar tijdens en na het toepassen van de belasting wateroverspanningen ontstaan. Op basis van de grondlagen die gevonden worden binnen de invloedsdiepte, kan er een van de volgende gevallen optreden:

- **Geval a:** Er is een homogene ondergrond, als deze niet uit een cohesieve grondlaag bestaat, kan deze berekening worden overgeslagen.
- **Geval b:** meerdere lagen met direct onder het funderingsvlak een cohesieve laag, gevolgd door niet-cohesieve lagen: middeling van sterkteparameters is niet toegestaan, de cohesieve laag dient te worden beschouwd als één oneindig diepe laag over de gehele invloedsdiepte (voor stroken met $l'/b' > 10$ en een stijvere laag met $\phi'_k \geq 27,5^\circ$ onder de slappe laag binnen de invloedszone mag de draagkracht zijn berekend met squeezezen, zie hoofdstuk 3.1.6)
- **Geval c:** meerdere lagen met direct onder het funderingsvlak een niet-cohesieve laag, gelegen op een cohesieve laag: er dient te worden uitgegaan van de slapste grondlaag binnen de invloedsdiepte (de berekening uit hoofdstuk 3.1.5 kan hier worden gebruikt (doorponsen)).

Voldoet de ondergrond niet aan een van deze gevallen dan kan de ongedraineerde toestand worden berekend met:

$$\sigma'_{v;max;d} = (\pi + 2) * c_{u;d} * s_c * i_c * \lambda_c + \sigma'_{v;z;d} * \lambda_q \quad \text{Vergelijking LM 21}$$

$$R_d = \sigma'_{v;max;d} * b' \quad \text{Vergelijking LM 22}$$

$$V_d < R_d \quad \text{Vergelijking LM 23}$$

Omdat keermuren als strookfunderingen gelden, wordt de waarde van $s_c = s_q = i_c = i_q = 1.0$

Om de laagspanning te bepalen wordt er gerekend met:

$$\sigma'_{v;z;d} = \sum_{j=1}^{j=n} d_j * \left(\frac{\gamma_{j;k}}{\gamma_r} - \gamma_w \right) \quad \text{Vergelijking LM 24}$$

Voor de reductiefactoren ten gevolgen van een maaiveldhelling geldt:

$$\lambda_c = 1 - 0.4 * \tan \beta \quad \text{Vergelijking LM 25}$$

$$\lambda_q = (1 - \tan \beta)^{1.9} \quad \text{Vergelijking LM 26}$$

2.1.4. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand

Op basis van de aanwezige grondlagen binnen de invloedsdiepte kunnen de volgende gevallen worden onderscheiden.

- geval a: één laag, homogene ondergrond;
- geval b: meerdere lagen, waarbij het verschil tussen hoogste en laagste waarde van $\varphi'k \leq 6^\circ$, hierbij dient de draagkracht te zijn berekend met gewogen parameters voor φ' , c' en γ'
- geval c: meerdere lagen waarbij het verschil tussen hoogste en laagste waarde van $\varphi'k > 6^\circ$, hierbij dient zowel een draagkrachtberekening volgens geval b als volgens geval c (met doorponsen, hoofdstuk 3.1.6) te worden berekend, waaruit de maatgevende draagkracht dient te worden bepaald.

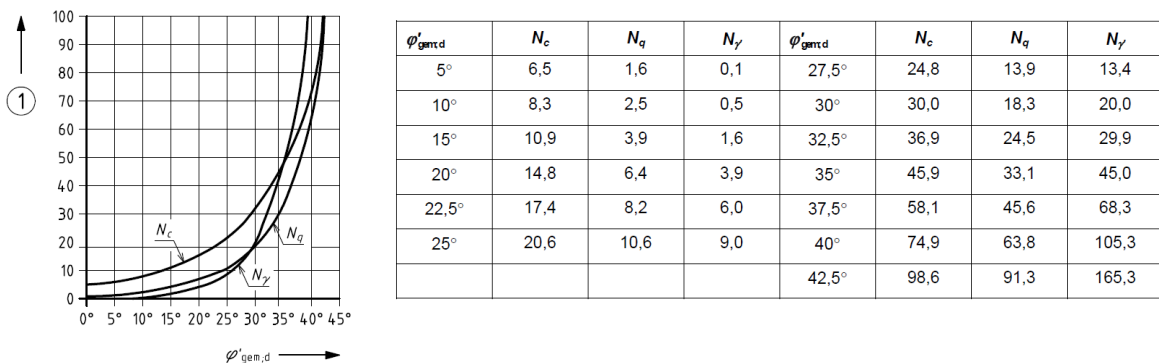
Deze toets wordt gedaan doormiddel van:

$$\sigma'_{v,max} = c'_{gem;d} * N_c * s_c * i_c * b_c * \lambda_c + \sigma'_{v;z;d} * N_q * S_q * i_q * b_c * \lambda_q + 0,5 * b' * \gamma'_{gem;d} * N_y * s_y * i_y * b_y * \lambda_y \quad \text{Vergelijking LM 27}$$

$$R_{v;d} = \sigma'_{v,max;d} * b' * l' \quad \text{Vergelijking LM 28}$$

$$R_{v;d} > V_d \quad \text{Vergelijking LM 29}$$

De draagkrachtfactoren N_c, N_q, N_y worden bepaald door de $\varphi'_{gem;d}$ in te vullen bij de grafiek en de tabel in figuur 2.7. Hierbij moet er geïnterpoleerd worden om de juiste waarden voor N_c, N_q, N_y te vinden.



Figuur 2.6: Grafiek en tabel voor bepaling N_c, N_q, N_y

Omdat keermuren als strookfunderingen gelden, wordt de waarde van $s_c = s_q = s_y = 1,0$

De reductiefactoren ten gevolge van de horizontale kracht H_d worden als volgt bepaald:

$$i_c = \frac{i_q * N_q - 1}{N_q - 1} \quad \text{Vergelijking LM 30}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0,7 * H_d}{V_d + b' * l' * c'_{gem;d} * \cot \varphi'_{gem;d}} \right)^3 \quad \text{Vergelijking LM 31}$$

$$i_y = \left(1 - \frac{H_d}{V_d + b' * l' * c'_{gem;d} * \cot \varphi'_{gem;d}} \right)^3 \quad \text{Vergelijking LM 32}$$

De reductiefactoren ten gevolge van de maaiveldhelling β (in graden) worden als volgt bepaald:

$$\lambda_c = \frac{N_q * e^{-0.0349 * \beta * \tan \varphi'_{gem;d}} - 1}{N_q - 1}$$

Vergelijking LM 33

$$\lambda_q = (1 - \tan \beta)^{1.9}$$

Vergelijking LM 34

$$\lambda_y = (1 - 0.5 * \tan \beta)^6$$

Vergelijking LM 35

De reductiefactoren ten gevolge van een hellende onderkant van de fundering worden als volgt bepaald:

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c * \tan \varphi'_{gem;d}}$$

Vergelijking LM 36

$$b_q = b_y = (1 - \alpha * \tan \varphi'_{gem;d})^2$$

Vergelijking LM 37

2.1.5. Toetsen op doorpensen

Bij deze toetsing moet het funderingsvlak naar de tweede laag worden gebracht waardoor er dus extra dekking ontstaat. Dit hoeft echter alleen gedaan te worden wanneer er een verschil van 6° in de φ'_{rep} tussen de lagen binnen de invloedzone wordt gevonden.

Wanneer dit wordt gevonden, moet er aan de hand van een lastspreiding van 8° een fictief funderingsvlak worden uitgerekend. Dit fictieve funderingsvlak bevindt zich dan op de onderzijde van de sterkere laag. Hierbij wordt dus de sterkere laag gebruikt als extra dekking bij het funderen op de zwakkere laag. De sterkere laag wordt ook gebruikt als verticale belasting met het gemiddelde tussen B_{pons} en de breedte van de grond constructie, deze belasting wordt berekend in RC2.

Door de verandering in de verticale kracht, treedt er ook een verandering op in het effectieve oppervlakte van de constructie. Dit leidt dus tot een andere b' , en deze moet dus opnieuw worden bepaald. De laag wordt vervolgens getoetst met de formules in hoofdstuk 3.1.4 of hoofdstuk 3.1.3.

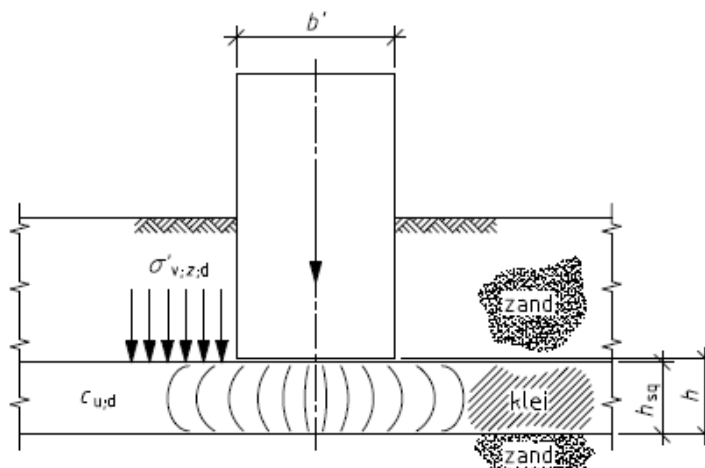
2.1.6. Toetsen op zijdelings wegpersen

Bij deze toetsing wordt er gekeken of de zwakkere laag die tussen twee sterkere lagen ligt binnen de invloedsdiepte, naar buiten wordt gedrukt. Deze berekening moet worden gedaan zodra er een cohesieve laag zich binnen de invloedsdiepte bevindt. De horizontale draagkracht van de laag wordt bepaald via de volgende formule:

$$\sigma'_{sq;d} = \sigma'_{v;z;d} + c_{u;d} * \left((\pi + 2) + \frac{b'}{h_{sq}} \right) \quad \text{Vergelijking LM 38}$$

$$R_{v;d} = \sigma'_{sq;d;strook} * b' \quad \text{Vergelijking LM 39}$$

$$V_d < R_{v;d} \quad \text{Vergelijking LM 40}$$



Figuur 2.7: Werking squeezing

2.2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden

2.2.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

Voor het toetsen van het horizontaal afschuiven moet worden een ander belastingsmodel gebruikt dan bij het toetsen van de draagkracht. Dit model wordt met "Situatie B" berekend en hierin wordt de verticale kracht minimaal wordt genomen en horizontaal maximaal. Aan de hand van de nieuwe belastingen kan de berekening in hoofdstuk 3.1.1 voor "Situatie B" worden berekend. Aan de hand van de verticale belasting verander ook de effectieve breedte van de constructie en zal opnieuw moeten worden bepaald.

2.2.2. Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand

Deze toetsing moet worden gedaan wanneer de constructie gefundeerd is op een cohesieve laag. Het horizontale draagvermogen wordt berekend door het ongedraineerde horizontale draagkracht en passieve gronddruk bij elkaar op te tellen. Dit wordt gedaan op basis van het effectieve funderingsvlak:

$$H_d < R_{h;d} + R_{p;d} \quad \text{Vergelijking LM 41}$$

$$R_{h;d} = c_{u;d} * b' * l' \quad \text{Vergelijking LM 42}$$

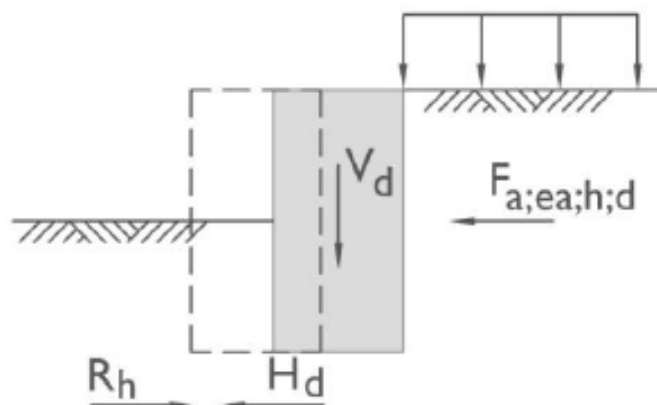
Wanneer water of lucht het contactvlak tussen fundering en een klei laag kan bereiken, moet er de volgende controle worden uitgevoerd:

$$R_{h;d} \leq 0.4 * V_d \quad \text{Vergelijking LM 43}$$

2.2.3. Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand

De toetsing in gedraineerde toestand moet worden berekend doordat de wrijvingen die optreden door het gewicht van de constructie een tegenkracht genereren aan de horizontale kracht. Ook hierbij wordt de passieve gronddruk in rekening gebracht. Als er echter sprake is van strenge eisen voor de verplaatsing van de constructie, kan de passieve gronddruk weg gelaten worden. De afschuifweerstand wordt als volgt berekend:

$$R_{h;d} = V'_d * \tan \delta_a \quad \text{Vergelijking LM 44}$$



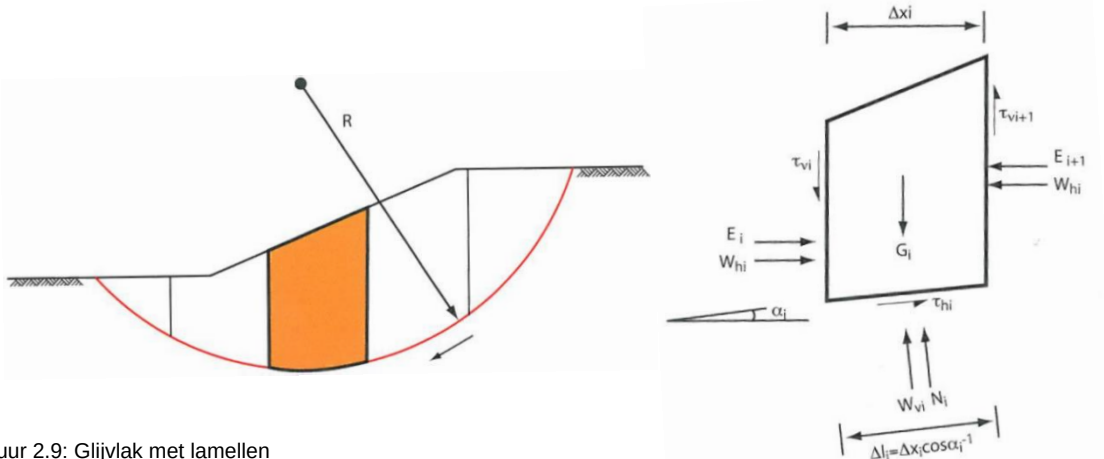
Figuur 2.8: Horizontaal afschuiven van de keermuur

Vervolgens moet de toetsing worden voltooid door de passieve gronddruk bij de afschuifweerstand op te tellen:

$$H_d < R_{h;d} + R_{p;d} \quad \text{Vergelijking LM 45}$$

2.3. Toetsing algehele stabiliteit

Voor het berekenen van de stabiliteit van de constructie wordt er gebruikt gemaakt van de methode van Bishop. De stabiliteit wordt gewaarborgd wanneer het aandrijvende moment kleiner is dan het weerstandsmoment. Deze methode berekent deze momenten door het oppervlak van het gebied boven de glijcirkel te verdelen, in lamellen van een bepaalde breedte.



Figuur 2.9: Glijvlak met lamellen

Bij elke lamel worden de grond eigenschappen, effectieve spanning en waterspanningen berekend, zodat hiermee een gewicht kan worden berekend. In **Figuur 4.4** kunnen alle krachten die werken op een lamel gezien worden. Aan de hand van deze gewichten en afstanden kunnen er momenten worden berekend. Het aandrijvende moment wordt berekend met de volgende 3 formules. Aandrijvend moment tengevolge van het gewicht van de lamel:

$$M_S = \sum_{i=1}^n \gamma_i * h_i * \Delta x_i * r \quad \text{Vergelijking LM 46}$$

Aandrijvend moment tengevolge van het gewicht van het water van de lamel:

$$M_S = \sum_{i=1}^n W_{Vi} * \Delta l_i + W_{Vi} * h + M_{extra} \quad \text{Vergelijking LM 47}$$

Aandrijvend moment ten gevolge van de krachten op de lamel:

$$M_L = \sum_{i=1}^{n_L} F * r \quad \text{Vergelijking LM 48}$$

Het weerstandsmoment wordt ontstaat door de wrijvingskracht van de grond, deze wordt berekend met de volgende formules:

Weerstandsmoment ten gevolge van de grond:

$$M_R = R \sum_{i=1}^n \tau * L \quad \text{Vergelijking LM 49}$$

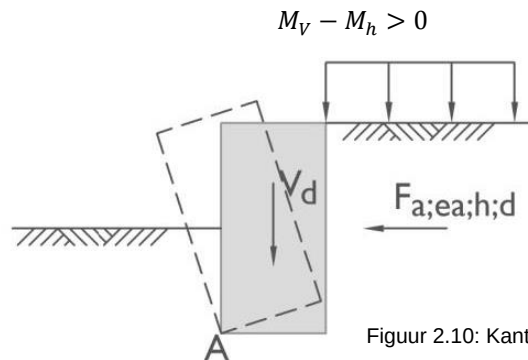
De algehele stabiliteit van wordt gecontroleerd doormiddel van een glijcirkelanalyse die de hele situatie in acht neemt. Dit wordt gedaan met behulp van D-Geo stability of Plaxis. Bij deze toetsing moet ook een controle worden gedaan voor de mogelijkheid dat er een goot wordt gegraven voor kabels en leidingen in de invloedsbreedte van de constructie. Deze kan invloed uitoefenen op de stabiliteit van de

constructie, als afmeting moet voor de goot een diepte van 0.80 meter en een breedte van 1.20 meter worden aangehouden.

2.4. Toetsing kantelstabiliteit

Het kantelen van de constructie kan ook optreden door de aandrijvende krachten achter de constructie. Bij deze toetsing moet het stabiliserende moment dat wordt veroorzaakt door de verticale kracht groter zijn dan het activerende moment dat wordt gecreëerd door de horizontale kracht.

Dit wordt op de volgende manier getoetst:



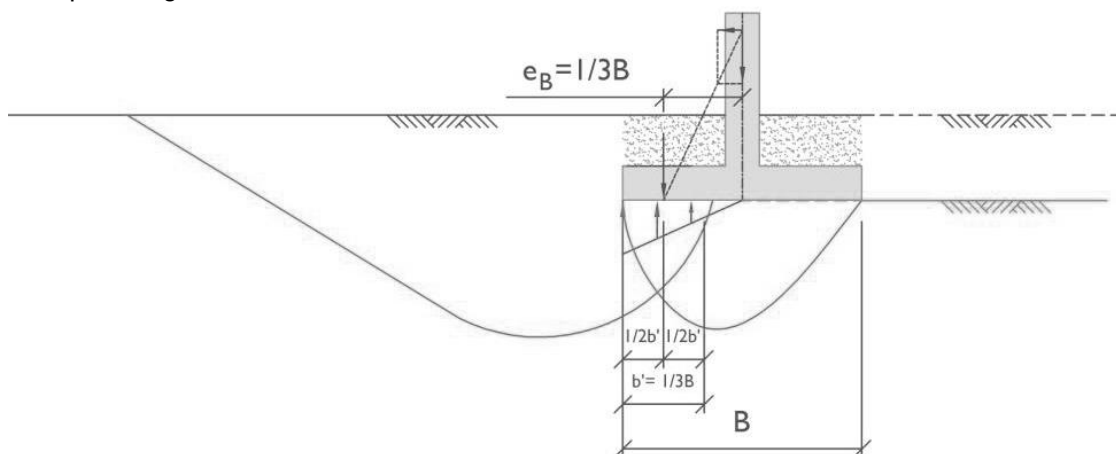
Vergelijking LM 50

Figuur 2.10: Kantelen van de keermuur

Meestal is deze controle niet nodig omdat bij een grondkerende constructie de kantelstabiliteit vrijwel verzekerd is wanneer er over de gehele voet contactdruk blijft optreden.

Wanneer de effectieve breedte kleiner is dan $\frac{2}{3} * B$, dan zal er een kier ontstaan onder de constructie. De berekening uit hoofdstuk 3.1.4 zal dan moeten worden herhaald voor de BGT en de daarbij horende factoren.

Als hierna in de UGT "Situatie A" de effectieve breedte kleiner is dan $\frac{1}{3} * B$, dan moet de draagkracht ook op de volgende manier worden beschouwd:



Figuur 2.11: Glijvlakken die ontstaan bij spleet tussen de kering en de grond

Hierbij ontstaat er een glijvalk onder de fundering en moet de draagkracht via de berekening uit hoofdstuk 3.1.4 herhaald moeten worden. Hierbij wordt de dekking op nul ingesteld en worden de waarden $i_c = i_q = i_\gamma = 1.0$.

Wanneer zowel de BGT "Situatie C" als de UGT "Situatie A" moet worden gecontroleerd, geldt de kleinste draagkracht waarde van de twee glijvlakken.

2.5. Toetsing zakkings en zakkingsverschillen

2.5.1. Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak

De belastingen die voor de zakkings worden gebruikt zijn de belastingen uit "Situatie C". Aan de hand van de krachten wordt het effectieve funderingsvlak vastgesteld. Vervolgens kan dan de gemiddelde funderingsdruk als volgt worden berekend:

$$\sigma_{gem;d} = \frac{V_d}{A'_{mom}} \quad \text{Vergelijking LM 51}$$

2.5.2. Berekening spanningsspreiding in de diepte

Voordat er kan worden berekend welke spanningen er optreden ten hoogte van de laag, moet er eerste worden gekeken met welk oppervlak de laag invloed heeft op de draagkracht van de constructie. Dit wordt voor de keermuur berekend met:

$$\Delta\sigma'_{v;z;d} = \frac{\sigma_{gem;d}}{\pi} * [(\alpha_1 - \alpha_2) + \sin \alpha_1 * \cos \alpha_1 - \sin \alpha_2 * \cos \alpha_2] \quad \text{Vergelijking LM 52}$$

$$\alpha_1 = -\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{a}{z} \right) \quad \text{Vergelijking LM 53}$$

2.5.3. Berekening zakking

De eindzakking van funderingen op staal wordt berekend uit drie verschillende zettingen:

- $s_{0;d}$ zakking door schuifvorming [m]
- $s_{1;d}$ primaire zakking [m]
- $s_{2;d}$ seculaire zakking [m]

Volgens NEN-EN 9997-1 is de zakking door schuifvorming $s_{0;d}$ te verwaarlozen. De primaire en secundaire zettingen zijn als volgt te berekenen:

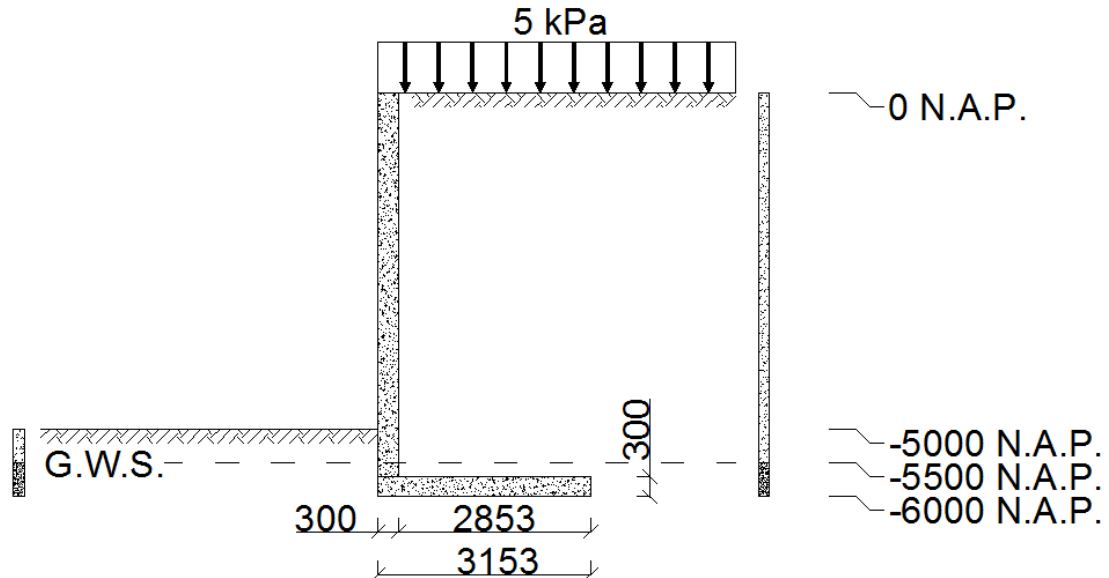
$$s_1 = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{1}{C'_{p;j}} * d_j * \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z;0;d} + \Delta\sigma'_{v;z;d}}{\sigma'_{v;z;0;d}} \right) \quad \text{Vergelijking LM 54}$$

$$s_2 = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{1}{C'_{s;j}} * d_j * \log \left(\frac{t}{t_0} \right) * \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z;0;d} + \Delta\sigma'_{v;z;d}}{\sigma'_{v;z;0;d}} \right) \quad \text{Vergelijking LM 55}$$

Er kunnen controles op de berekening worden gedaan door het gebruik van Plaxis of D-settlement.

3. SITUATIE

Voor deze berekening is een fictieve situatie opgezet, waarin de keermuur in een situatie is geplaatst waarbij hij niet veel gevaar loopt om te bezwijken. Dit betekent dat de berekening wordt gedaan in een situatie waarin alleen zand voorkomt.



Figuur 3.1: Overzicht situatie

De L-wand heeft een hoogte van zes meter en een breedte van ongeveer 3.2 meter, hierbij heeft hij een dikte van 0.3 meter. Het eigengewicht van de muur wordt berekende met een volumegewicht voor het gewapende beton van $\gamma_{beton} = 24 \text{ kN/m}^3$, voor de wandwrijving wordt $\delta' = \frac{2}{3} * \varphi'$ aangehouden. De muur wordt gefundeerd op N.A.P. -6 meter en er is een grondwaterstand die op N.A.P. -5.5 meter ligt. Het kantelpunt van de constructie ligt op de hak 6.00 meter beneden het maaiveld.

Op de keermuur wordt een bovenbelasting aangehouden van 5 kN/m² in verband met voetgangers. Er zijn geen hellingen in het gebied die de actieve of passieve gronddruk kunnen beïnvloeden. De te keren grond bestaat uit schoon zand met een matig consistentie, deze grond wordt volgens Eurocode 7 (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012) verbonden aan een droog volumegewicht van $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ en een nat volumegewicht van $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$. De te keren grond heeft een hoek van inwendige wrijving van $\varphi'_{rep} = 32.5^\circ$ en is cohesieloos.

De bodem waarop de keermuur is gefundeerde, is schematisch weergegeven in figuur 3.2. De ondergrond bestaat ook uit een homogeen laag, die weer bestaat uit schoon zand met een matig consistentie. Deze grond wordt volgens Eurocode 7 (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012)

Zand, Schoon, Matig



-6000 N.A.P.
-16000 N.A.P.

Figuur 3.2: Overzicht ondergrond

verbonden aan een droog volumegewicht van $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ en een nat volumegewicht van $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$. De grond heeft een hoek van inwendige wrijving van $\varphi'_{rep} = 32.5^\circ$ en is cohesieloos.

Gezien er geen ernstige gevolgen kunnen optreden bij het falen van deze constructie, kan er CC1 en dus RC1 gebruikt worden bij de berekeningen. Omdat de constructie er geen onveilige situatie aan de passieve kant is, hoeft er geen reductie op de passieve waarde te worden toegepast.

4. RESULTATEN

4.1. Toetsing verticaal draagvermogen

4.1.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

4.1.1.1. Bepalen rekenfactor aan de hand van risicofactor

De risicoklasse wordt vastgesteld op RC1/CC1 omdat de consequenties van deze variant zeer klein zijn. In deze fictieve situatie zijn geen ernstige gevolgen aan het bezwijken van de constructie, hierdoor worden de volgende waarde gebruikt:

Partiele belastingfactoren volgens NEN-EN 9997-1		
Parameter	Symbool	Waarde RC1/CC1
Permanent belasting, ongunstig (1)	γ_g	1,23
Permanent belasting, ongunstig (2)	$\gamma_g * \epsilon$	1,09
Permanent belasting, gunstig	$\gamma_{g;stb}$	1
Veranderlijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;dst}$	1,35
Veranderlijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;dst}$	0

Partiele materiaalfactoren volgens NEN-EN 9997-1		
Parameter	Symbool	Waarde RC1/CC1
Hoek van inwendige wrijving	$\gamma_{\phi'} (1)$	1,2
Effectieve cohesie	$\gamma_{c'}$	1,5
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	1,5
Prisma druksterkte	γ_{qu}	1,5
Volumiek gewicht voor draagvermogen	γ_y	1,1

4.1.1.2. Bepalen belastingen op de constructie

Situatie A

Bepalen K-waarden

Ka =	0,554
Kp =	1,568

Bepalen verticale krachten

E.G. muur	43,71	kN/m	
Gewicht grond boven voet	171,80	kN/m	
Gewicht grond achter voet	59,56	kN/m	
Gewicht grond boven hak	0,61	kN/m	
Permanenten belasting boven voet	0,00	kN/m	
Veranderlijke belasting boven voet	7,59	kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	kN/m	
Veranderlijke belasting landhoofd	0,00	kN/m	
Permanenten belasting landhoofd	0	kN/m	+
Vd=	283,27	kN/m	

Bepalen horizontale krachten

Actieve druk bovenbelasting (achter)	17,02	kN/m	
Passieve druk droge grond (driehoek)	-4,13	kN/m	
Passieve druk droge grond (vierkant)	0,00	kN/m	
Passieve druk natte grond (driehoek)	0,00	kN/m	
Actieve druk droge grond (driehoek)	30,64	kN/m	
Actieve druk droge grond (vierkant)	0,00	kN/m	
Actieve druk natte grond (driehoek)	0,00	kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	kN/m	
Horizontale rembelasting	0,00	kN/m	+
Hd=	43,53	kN/m	

Kantelmoment (verticaal)

	Fv	afs. tot A	Mv
E.G. muur	43,71	0,948	41,445
Gewicht grond boven voet	59,56	1,763	104,973
Gewicht grond achter voet	171,80	3,822	656,692
Gewicht grond boven hak	0,61	0,313	0,190
Permanenten belasting boven voet	0,00	2,188	0,000
Veranderlijke belasting boven voet	7,59	1,838	13,954
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	1,100	0,000
Veranderlijke belasting landhoofd	0,00	1,625	0,000
Permanenten belasting landhoofd	0,00	1,625	0,000
	283,27	2,885081703	817,254

Kantelmoment (horizontaal)

	Fh	afs. tot A	MH
Actieve druk bovenbelasting	17,02	2,63	44,68329
Passieve druk droge grond (driehoek)	-4,13	0,08	-0,34404
Passieve druk droge grond (vierkant)	0,00	0	0
Passieve druk natte grond (driehoek)	0,00	0	0
Actieve druk droge grond (driehoek)	30,64	1,75	53,61994
Actieve druk droge grond (vierkant)	0,00	2,625	0
Actieve druk natte grond (driehoek)	0,00	0,000	0,000
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	2,625	0,000
Horizontale rembelasting	0,00	0,000	0,000
	43,53	2,250194826	97,959

4.1.1.3. Bepalen effectieve breedte

e_v= 0,346 m

b'= 2,058 m

l'= 1,000 m

4.1.2. Bepalen invloedsdiepte

Bepalen effectieve breedte

ϕ'_k= 32,50°

H/V= 0,153683133

ϕ' _k	a _e /b'	
	H/V=	H/V=
	1	0
30,00°	1,62	4,29
25,00°	1,33	3,27
32,50°	1,77	4,80

Bepalen effectieve diepte

ϕ'_k= 32,50°

H/V= 0,153683133

ϕ' _k	z _e /b'	
	H/V=	H/V=
	1	0
30,00°	0,59	1,59
25,00°	0,54	1,35
32,50°	0,62	1,71

Bepalen gem. waarde

ϕ'_{gem;d}= 27,96°

c'_{gem;d}= 0,00 kN/m³

Y'_{gem;d}= 18 kN/m³

4.1.3. Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand

c_{u,d}= 0,0 kN/m²

s_c= 1,0

i_c= 1,0

λ_c= 1,0

λ_q= 1,0

σ'_{v,z;d}= 272,7272727



σ'_{v,max;d}= 273 kN/m²

R_{v,d}= 561,3725507 kN/m

V_d= 283,27 kN/m

Voldoet

4.1.4. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand

Cohesieterm =

$c'_{gem;d}$

=

0,0 kN/m²

N_c

=

34,70

s_c

=

1

i_c

=

0,697063

b_c

=

1

λ_c

=

1

0

Dekkingsterm =

$\sigma'_{v,z;d}$

=

272,727273

N_q

=

22,15

s_q

=

1

i_q

=

0,710740

b_q

=

1

λ_q

=

1

4293,513

Fudamentterm =

b'

=

2,05837 m

$Y'_{gem;d}$

=

18,2

N_Y

=

25,50

s_Y

=

1

i_Y

=

0,60617635

b_Y

=

1

λ_Y

=

1

289,247

$\sigma'_{v,max} * b'$

=

9.433,00 kN/m

V_d

=

283,27 kN/m

$\sigma'_{v,max} * b' > V_d$

Voldoet

4.1.5. Toetsen op doorpensen

Bepalen van de pons breedte

Belasting spreiding= 8,0°
B_{pons}= 6,96623 m
l'= 1,00000 m

Herbepalen Vd volgens RC2

Bepalen verticale krachten

E.G. muur	43,71	kN/m	
Gewicht grond boven voet	171,80	kN/m	
Gewicht grond boven hak	0,61	kN/m	
Bovenbelasting boven voet	7,59	kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	kN/m	
Bovenbelasting door verplaatsing fundering	1416,63	kN/m	+
Vd=	1640,34	kN/m	

Herbepalen effectieve oppervlakte

x= 0,059718994
b'pons= 6,77771 m
l'= 1,00000 m

Bijlage F. - Berekening document L-muur v2.docx

Bijlage F. - 20 van 29

Cohesieterm =

$$\begin{aligned} c'_{\text{gem;d}} &= 0,0 \text{ kN/m}^2 \\ N_c &= 34,70 \\ s_c &= 1 \\ i_c &= 1 \\ b_c &= 1 \\ \lambda_c &= 1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} c'_{\text{gem;d}} &= 0,0 \text{ kN/m}^2 \\ N_c &= 34,70 \\ s_c &= 1 \\ i_c &= 1 \\ b_c &= 1 \\ \lambda_c &= 1 \end{aligned}} \right\} 0$$

Dekkingsterm =

$$\begin{aligned} \sigma'_{v;z;d} &= 497,727273 \\ N_q &= 22,15 \\ s_q &= 1 \\ i_q &= 1 \\ b_q &= 1 \\ \lambda_q &= 1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \sigma'_{v;z;d} &= 497,727273 \\ N_q &= 22,15 \\ s_q &= 1 \\ i_q &= 1 \\ b_q &= 1 \\ \lambda_q &= 1 \end{aligned}} \right\} 11024,65909$$

Fudamentterm =

$$\begin{aligned} b' &= 6,77771 \text{ m} \\ Y'_{\text{gem;d}} &= 8,2 \\ N_Y &= 25,50 \\ s_Y &= 1 \\ i_Y &= 0,60617635 \\ b_Y &= 1 \\ \lambda_Y &= 1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} b' &= 6,77771 \text{ m} \\ Y'_{\text{gem;d}} &= 8,2 \\ N_Y &= 25,50 \\ s_Y &= 1 \\ i_Y &= 0,60617635 \\ b_Y &= 1 \\ \lambda_Y &= 1 \end{aligned}} \right\} 428,590025$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{v,\text{max}} &= \sigma'_{v,\text{max}} > V_d \\ &= 77.626,81 \text{ kN/m} \\ V_d &= 1.640,34 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Voldoet

4.1.6. Toetsen op zijdelings wegpersen

$$\sigma'_{v;z;d} = 497,727273$$

$$c'_{u;d} = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$b' = 2,05837 \text{ m}$$

$$h_{sq} = 0$$

$$\sigma'_{sq;d} = \#DEEL/0!$$

$$V_d = 1.640,34 \text{ kN/m}$$

Voldoet

4.2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden

4.2.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

Situatie B

Bepalen K-waarden

Ka =	0,554
Kp =	1,568

Bepalen verticale krachten

E.G. muur	36,42 kN/m	
Gewicht grond boven voet	143,17 kN/m	
Gewicht grond achter voet	49,63 kN/m	
Gewicht grond boven hak	0,51 kN/m	
Permanente belasting boven voet	0,00 kN/m	
Veranderlijke belasting boven voet	0,00 kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00 kN/m	
Veranderlijke belasting landhoofd	0,00 kN/m	
Permanente belasting landhoofd	0 kN/m	+
	V_d=	230 kN/m

Bepalen horizontale krachten

Actieve druk bovenbelasting	17,02 kN/m	
Passieve druk droge grond (driehoek)	-3,44 kN/m	
Passieve druk droge grond (vierkant)	0,00 kN/m	
Passieve druk natte grond (driehoek)	0,00 kN/m	
Actieve droge grond (driehoek)	30,64 kN/m	
Actieve druk droge grond (vierkant)	0,00 kN/m	
Actieve druk natte grond (driehoek)	0,00 kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00 kN/m	
Horizontale rembelasting	0,00 kN/m	+
	H_d=	44,22 kN/m

Kantelmoment (verticaal)

	F_v	afs. tot A	M_v
E.G. muur	36,423	0,948	34,538
Gewicht grond boven voet	143,168	1,763	252,333
Gewicht grond achter voet	49,633	3,822	190
Gewicht grond boven hak	0,51	0,313	0
Permanente belasting boven voet	0,00	2,188	0
Veranderlijke belasting boven voet	0,00	1,838	0
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	1,100	0
Veranderlijke belasting landhoofd	0,00	1,625	0
Permanente belasting landhoofd	0,00	1,625	0
	230	2,0752429	476,744

Kantelmoment (horizontaal)

	F_H	afs. tot A	M_H
Actieve druk bovenbelasting	17,02	2,63	44,683285
Passieve druk droge grond (driehoek)	-3,44	0,083333333	-0,286703
Passieve druk droge grond (vierkant)	0,00	0	0
Passieve druk natte grond (driehoek)	0,00	0	0
Actieve druk droge grond (driehoek)	30,64	1,75	53,619942
Actieve druk droge grond (vierkant)	0,00	2,625	0
Actieve druk natte grond (driehoek)	0,00	0,000	0,000
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	2,625	0,000
Horizontale rembelasting	0,00	0,000	0,000
	44,22	2,216478588	98,017

Bepalen effectieve breedte en lengte

$$\begin{aligned} e_b &= 0,399 \text{ m} \\ b' &= 1,9511 \text{ m} \\ l' &= 1,0000 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2.2. Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand

$$\begin{aligned} c'_{u;d} &= 0 \\ b' &= 2,05837 \text{ m} \\ l' &= 1,00000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{h;d} &= 0 \\ R_{p;d} &= \frac{4,13}{4,13} + \\ R_H &= 4,13 \end{aligned}$$

$$44,22 \text{ kN} < 4,13 \text{ kN}$$

Voldoet niet

Controle nodig wanneer water of lucht het contactvlak met de cohesie laag kan bereiken

$$4,13 = < 91,89170269$$

Voldoet niet

4.2.3. Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand

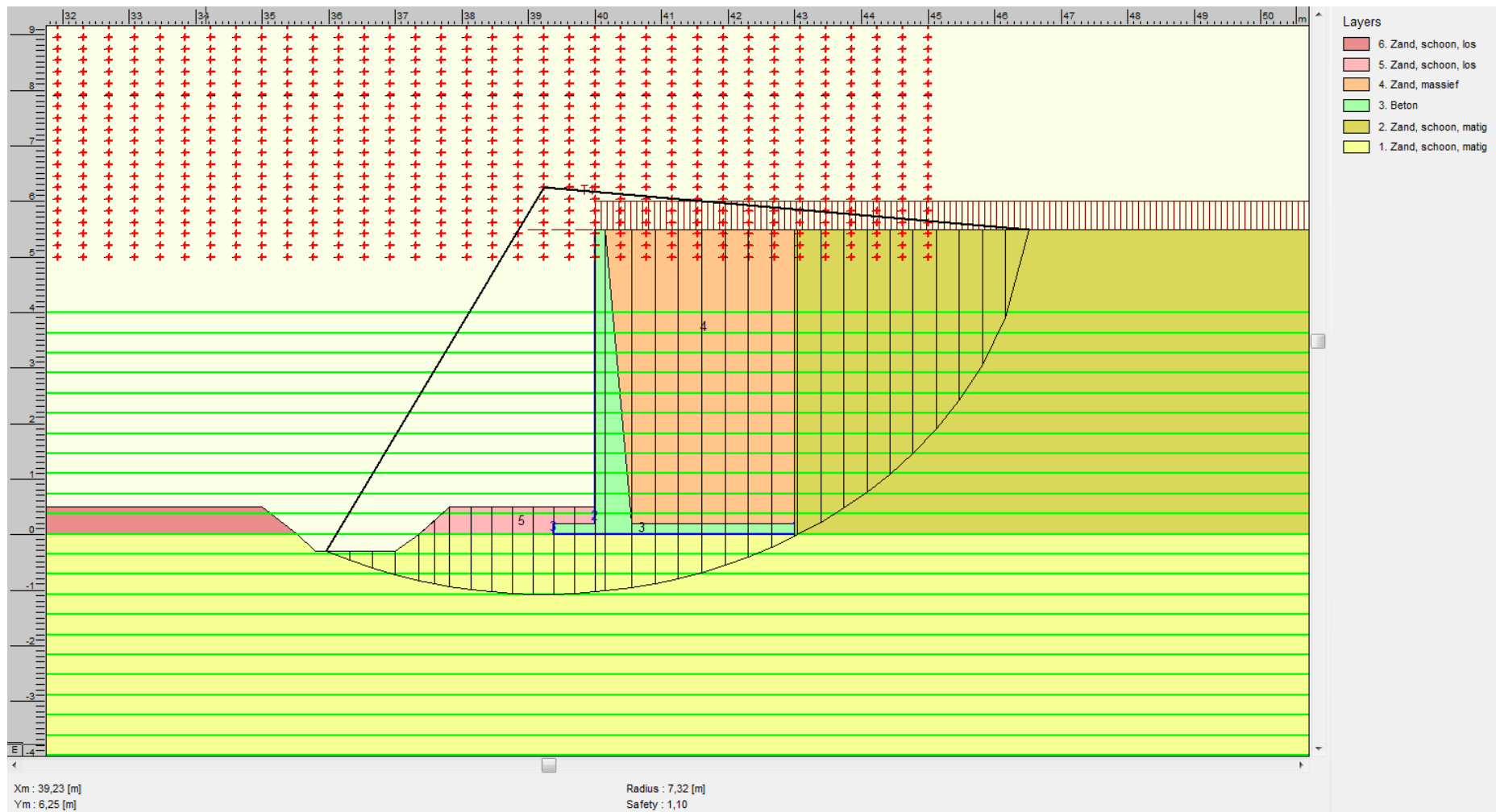
$$\begin{aligned} V'_d &= 229,73 \text{ kN} \\ \delta'_d &= 18,64^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{h;d} &= 77,50 \\ R_{p;d} &= \frac{4,13}{81,63} + \\ R_H &= 81,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$44,22 \text{ kN} < 81,63 \text{ kN}$$

Voldoet

4.3. Toetsing algehele stabiliteit



Safety = 1.10 > 1.0

Voldoet

Rapport van D-stability is te vinden in bijlage .

4.4. Toetsing kantelstabiliteit

M_v	-	M_h	=	M_{totaal}	
476,744	-	97,959	=	378,785	kNm

Voldoet

BGT		
b'	>	2/3 B
2,13512 m	>	1,83333333

Voldoet

UGT		
b'	>	1/3 B
1,95105 m	>	0,91666667

Voldoet niet

BGT	
V_d =	265
H_d =	37,21
b' =	2,1351 m

Cohesieterm =	
$c'_{gem;d}$ =	0,0 kN/m ²
N_c =	26,17
S_c =	1
i_c =	1
b_c =	1
λ_c =	1
0	
Dekkingsterm =	
$\sigma'_{v,z;d}$ =	0
N_q =	19,24
S_q =	1
i_q =	1,0000
b_q =	1
λ_q =	1
0	
Fudamentterm =	
b' =	1,95105 m
$Y'_{gem;d}$ =	18,2
N_γ =	20,24
S_γ =	1
i_γ =	1
b_γ =	1
λ_γ =	1
359,07	

	$\sigma'_{v,max} > V_d$
$\sigma'_{v,max}$ =	700,57 kN/m
V_d =	265,13 kN/m

Voldoet

4.5. Toetsing zakkings en zakkingsverschillen

4.5.1. Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak

Situatie C

Bepalen K-waarden

Ka = 0,554

Kp = 1,568

Bepalen verticale krachten

E.G. muur	40,47	kN/m	
Gewicht grond boven voet	159,08	kN/m	
Gewicht grond achter voet	55,15	kN/m	
Gewicht grond boven hak	0,56	kN/m	
Permanente belasting boven voet	0,00	kN/m	
Veranderlijke belasting boven voet	9,88	kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	kN/m	
Veranderlijke belasting landhoofd	0,00	kN/m	
Permanente belasting landhoofd	0	kN/m	+
Vd=	265	kN/m	

Bepalen horizontale krachten

Actieve druk bovenbelasting	14,55	kN/m	
Passieve druk droge grond (driehoek)	-3,53	kN/m	
Passieve druk droge grond (vierkant)	0,00	kN/m	
Passieve druk natte grond (driehoek)	0,00	kN/m	
Actieve droge grond (driehoek)	26,19	kN/m	
Actieve druk droge grond (vierkant)	0,00	kN/m	
Actieve druk natte grond (driehoek)	0,00	kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	kN/m	
Horizontale rembelasting	0,00	kN/m	+
Hd=	37,21	kN/m	

Kantelmoment (verticaal)

	Fv	afs. tot A	Mv
E.G. muur	40,470	1,763	71,328
Gewicht grond boven voet	159,075	1,763	280,370
Gewicht grond achter voet	55,147	3,822	211
Gewicht grond boven hak	0,56	0,313	0
Permanente belasting boven voet	0,00	2,188	0
Veranderlijke belasting boven voet	9,88	1,838	18
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	1,100	0
Veranderlijke belasting landhoofd	0,00	1,625	0
Permanente belasting landhoofd	0,00	1,625	0
	265	2,1907	580,814

Kantelmoment (horizontaal)

	FH	afs. tot A	MH
Actieve druk bovenbelasting	14,55	2,63	38,19084217
Passieve druk droge grond (driehoek)	-3,53	0,08	-0,29405452
Passieve druk droge grond (vierkant)	0,00	0,00	0
Passieve druk natte grond (driehoek)	0,00	0,00	0
Actieve druk droge grond (driehoek)	26,19	1,75	45,8290106
Actieve druk droge grond (vierkant)	0,00	2,63	0
Actieve druk natte grond (driehoek)	0,00	0,00	0,000
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	2,63	0,000
Horizontale rembelasting	0,00	0,00	0,000
	37,21	2,2502	83,726

4.5.2. Berekening spanningsspreiding in de diepte
Herbepalen optredende spanning

A'mom= 2,14 m²
σ_{gem;d} = V_d / A'mom
σ_{gem;d} = 129 kN/m²

Op laag 2

Graden Radialen
α₁ = - α₂ = 5,24° 0,09°
Δσ_{v;z;d} = 14,9498228

4.5.3. Berekening zakking

t= 30 dagen

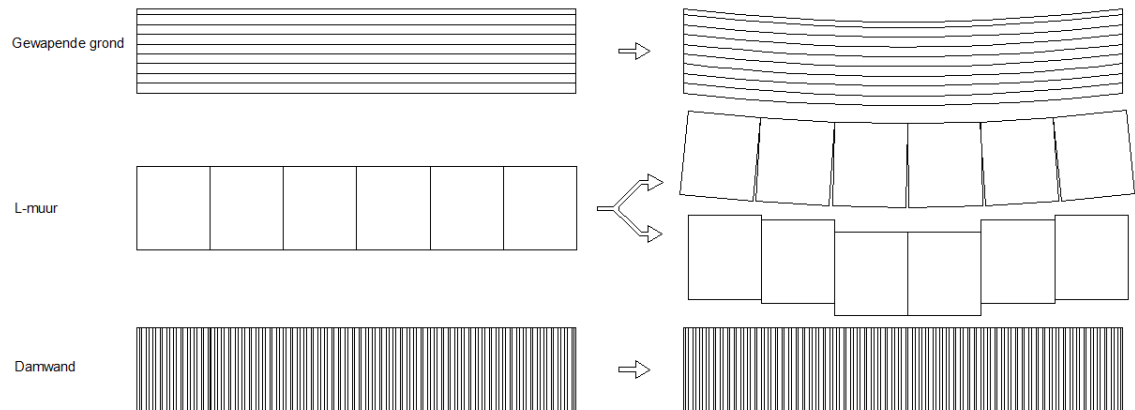
	d _j	Δσ _{v;z;d}	σ _{v;z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	S _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	15	29,41	150,00	0,00	0,00	4,48	4,48 mm
Laag 2	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 3	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 4	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 5	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	

4.5.4. D-settlement

Het gebruik van dit programma lijkt zeer veel af te wijken van de handberekeningen. Dit komt omdat de resultaten van de handberekening zijn berekend met de effectieve breedte van de constructie (invloed van horizontale kracht). Hierdoor wordt de spanning van de constructie op de ondergrond veel hoger en zal de ondergrond meer zetten op dat punt. Gezien dit niet goed te simuleren is in D-settlement, worden deze waarde niet gebruikt als controle voor de handberekening.

4.5.5. Boog zakking constructie

Wat ook invloed kan uitoefenen op zowel de esthetische kwaliteit van de constructie als mogelijk de constructieve eigenschappen van de constructie is het zakken van de constructie in een boogvorm wanneer er naar de constructie als geheel wordt gekeken.



Deze vorm van zakking zal niet worden meegenomen in de vergelijking gezien dit te veel werk is om binnen de scope van het onderzoek te blijven. Er wordt echter wel de observatie gedaan dat de L-muur het meeste nadeel heeft wanneer deze vorm van zakking optreed gezien het voor verplaatsingen en kieren zorgt tussen de verschillende elementen.

5. UITVOER 0-SITUATIE

Keerconstructie van gewapend beton

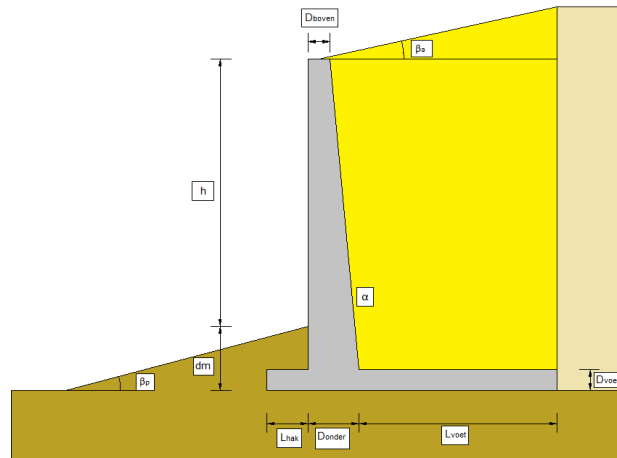
Ontwerp volgens NEN-EN 1997-1

RPS

Projectgegevens			
Referentienummer	Afstuderen		
Omschrijving	Berekening 0-variant		
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand:	Bijlage D. Varianten opzet

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	5,00
Lengte L _{voet} [m]	1,825
Lengte L _{hak} [m]	0,625
Dikte keerwand onder Donder/Dvoet [m]	0,3
Dikte keerwand boven Dboven [m]	0,15
Hellingshoek binnenzijde α [°]	2
Hellingshoek actieve kant β _a [°]	0
Hellingshoek passieve kant β _p [°]	0
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	0
Inbedding dm [m]	0,25

$$H_{\text{mech}} = 4,95 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m ²	Q	van x	tot x	
Permanent Q	0,00	1,00	2,13	t.o.v. bovenzijde wand
Veranderlijk Q	5,00	1,00	2,13	0,63 m t.o.v. punt A
Eventuele aslasten	F	x	y	
Veranderlijk F	0,00	0,00	5,25	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	0,00	1,50	5,25	
Eventuele landhoofd belasting	F	x	y	
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,00	0,00	t.o.v. Punt A
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	0,00	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,00	0,00	

Factor voor gevolgschade		
Veiligheidsklasse=	1	Factor= 0,9

Partiele factoren	UGT		BGT		
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Materiaalfactoren	
E.G. massief en grond boven massief	1,08	0,90	1,00	Hoek inw. wrijving (Y _φ)	1,20
Gronddruk tegen massief	1,08	0,90	1,00	Cohesie (Y _c)	1,50
Veranderlijke belasting boven massief	1,35	0,00	1,00	Ongedr. schuifsterkte (Y _c)	1,50
Veranderlijke belasting achter massief	1,17	1,17	1,00	Volumiek gewicht (Y _v)	1,10

Grondgegevens	φ [°]	c' [kPa]	Y [kN/m ³]		Y [kN/m ³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0	Beton	24
Grond massief	32,5	32,5	24,0		
Ondergrond [Gem]	27,96	0,00	18,2		

Ondergrondgegevens	φ [°]	c' [kPa]	Y [kN/m ³]	B.k. laag [N.A.P.]	O.k. laag [N.A.P.]	Dikte laag [m]
Laag 1 Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-5,25	-20,25	15,00
Laag 2	0,0	0,0	0,0	-20,25	-20,25	0
Laag 3	0,0	0,0	0,0	-20,25	-20,25	0
Laag 4	0,0	0,0	0,0	-20,25	-20,25	0
Laag 5	0,0	0,0	0,0	-20,25	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. en q Achter massief	59,56	17,02	612,01	49,63	17,02	145,03
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief	0,61	-4,13	0,53	0,51	-3,44	3,95
Gronddruk tgv eg. Massief en muur	215,51		146,42	179,59		286,87
Permanente belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Veranderlijke belasting op massief	7,59		13,95	0,00		0,00
Puntlasten op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	283,27	43,53	719,29	229,73	44,22	378,73

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond					Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	0,35	H/V =	0,15	z _e /b' [m] =	1,71
Effectieve breedte [m]	2,06	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand			
F _{v,totaal} [kN/m]	283,27	R _{v,d} [kN/m]=	561,37	Λ _{geo} =	0,50
					N.v.t.

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand				
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	N _q =	22,15	i _q =	0,71
	N _c =	34,70	i _c =	0,70
	N _y =	25,50	i _y =	0,61
			λ _q =	1
			λ _c =	1
			λ _y =	1
			R _{v,d} [kN/m]=	9432,999
			Λ _{geo} =	0,03
				Voldoet

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
Bpons [m] =	6,97	Rv;d [kN/m]=	77626,81	σ'sq;d [kN/m]=	0
Herbepaling Fv [kN/m] =	1640,34	Λgeo =	0,02	Λgeo =	0,00
b'pons =	6,78		Voldoet		N.v.t.

Controle horizontaal glijden					Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]			44,22		
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]			4,13	Λ _{geo} =	10,71
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]			81,63	Λ _{geo} =	0,54
					Voldoet

Controle kantelen						Situatie A & Situatie C		
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	265,13	b'	>	1/3 B
2,135121	>	1,83333		F _h [kN/m]	37,21	1,95105	>	0,916667
		Voldoet		M [kNm/m]	497,0882			Voldoet niet
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	700,567	Λ _{geo} = 0,38		Voldoet

Controle zakkings							
t= 30 dagen							
	d _j	Δσ _{v;z;d}	σ _{v;z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	15	29,41	150,00	0,00	0,00	4,48	4,48 mm
Laag 2	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 3	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 4	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 5	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	

6. BIBLIOGRAFIE

- Backhausen, d., & Stoel, p. v. (2013). *READER GEOTECHNIEK VOOR HET HBO*. Den Haag: KIVI-NIRIA.
- ABB. (2016, 06 09). *Details keerwand 150x400x98 cm met hiel*. Opgehaald van ABB: <http://www.agri-beton.nl/website/keerwanden/details-keerwand-150x400x98-cm-hiel/>
- CBS CUR. (2000). *198 Kerende constructies in gewapende grond, Taludhelling steiler dan 70 graden*. Gouda.
- <http://www.giverbo.nl>. (-, - -). *Index*. (Giverbo) Opgeroepen op 03 01, 2016, van <http://www.giverbo.nl>
- Nederlands Normalisatie-instituut. (2012). *NEN 9997-1+C1 (nl), Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Nederlands Normalisatie-instituut. (2012). *NEN-EN 1997-1+C1 - Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.

BIJLAGE

A. Uitvoer D-stability 0-variant

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 9-5-2016
 Time : 8:14:48

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Keermuur in volledig zand.sto

Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Keermuur in volledig zand.sti

===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT

=====

Problem identification :
:

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES

=====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
6 - X -	0.00	35.00	35.52	35.80	37.00	37.34
6 - Y -	0.50	0.50	0.00	-0.30	-0.30	0.00
6 - X -	37.82	40.00	40.00	40.15	43.00	100.00
6 - Y -	0.50	0.50	5.50	5.50	5.50	5.50
5 - X -	0.00	35.52	35.80	37.00	37.34	37.82
5 - Y -	0.00	0.00	-0.30	-0.30	0.00	0.50
5 - X -	40.00	40.00	40.15	43.00	100.00	
5 - Y -	0.50	5.50	5.50	5.50	5.50	
4 - X -	0.00	35.52	35.80	37.00	37.34	39.38
4 - Y -	0.00	0.00	-0.30	-0.30	0.00	0.00
4 - X -	39.38	40.00	40.00	40.00	40.15	43.00
4 - Y -	0.20	0.20	0.50	5.50	5.50	5.50
4 - X -	100.00					
4 - Y -	5.50					
3 - X -	0.00	35.52	35.80	37.00	37.34	39.38
3 - Y -	0.00	0.00	-0.30	-0.30	0.00	0.00
3 - X -	39.38	40.00	40.00	40.00	40.15	40.55
3 - Y -	0.20	0.20	0.50	5.50	5.50	0.20
3 - X -	43.00	43.00	100.00			
3 - Y -	0.20	5.50	5.50			
2 - X -	0.00	35.52	35.80	37.00	37.34	39.38
2 - Y -	0.00	0.00	-0.30	-0.30	0.00	0.00
2 - X -	43.00	43.00	43.00	100.00		
2 - Y -	0.00	0.20	5.50	5.50		
1 - X -	0.00	35.52	35.80	37.00	37.34	39.38
1 - Y -	0.00	0.00	-0.30	-0.30	0.00	0.00
1 - X -	43.00	100.00				
1 - Y -	0.00	0.00				
0 - X -	0.00	100.00				
0 - Y -	-10.00	-10.00				

PL-LINES

=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]					
-----	-----					

1	-	X	-		0.00	100.00
1	-	Y	-		0.00	0.00

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	39.38	0.00	43.00	0.00
2	40.00	5.50	40.00	0.20
3	39.38	0.20	39.38	0.00

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name
6	Zand, schoon, los
5	Zand, schoon, los
4	Zand, massief
3	Beton
2	Zand, schoon, matig
1	Zand, schoon, matig

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
6	15.45	17.27	1	1
5	15.45	17.27	1	1
4	18.18	20.00	1	1
3	24.00	24.00	1	1
2	16.36	18.18	1	1
1	16.36	18.18	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
6	0.00	25.00	-	-	-	-	-
5	0.00	25.00	-	-	-	-	-
4	0.00	33.33	-	-	-	-	-
3	0.00	89.00	-	-	-	-	-
2	0.00	27.08	-	-	-	-	-
1	0.00	27.08	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

X co-ordinate grid left	:	30.00 [m]
X co-ordinate grid right	:	45.00 [m]
Number of grid points in X - direction	:	40
Y co-ordinate grid bottom	:	5.00 [m]
Y co-ordinate grid top	:	10.00 [m]
Number of grid points in Y - direction	:	25
Y co-ordinate tangent smallest circle	:	4.00 [m]
Y co-ordinate tangent biggest circle	:	-10.12 [m]
Number of circles per grid point	:	40

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 1000

Total number of slip circles in the grid : 40000

LINE LOADS

=====

No line loads input.

UNIFORM LOAD

=====

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	5.00	40.00	100.00	90.00	Temporary

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number	Degree of consolidation
6	30
5	30
4	10
3	30
2	30
1	30

GEOTEXTILES

=====

No geotextiles were input.

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

Information on the critical circle : Fmin = 1.096
 Calculation method used : Bishop - C phi

=====

X co-ordinate center point : 39.23 [m]
 Y co-ordinate center point : 6.25 [m]

Radius of critical circle : 7.32 [m]

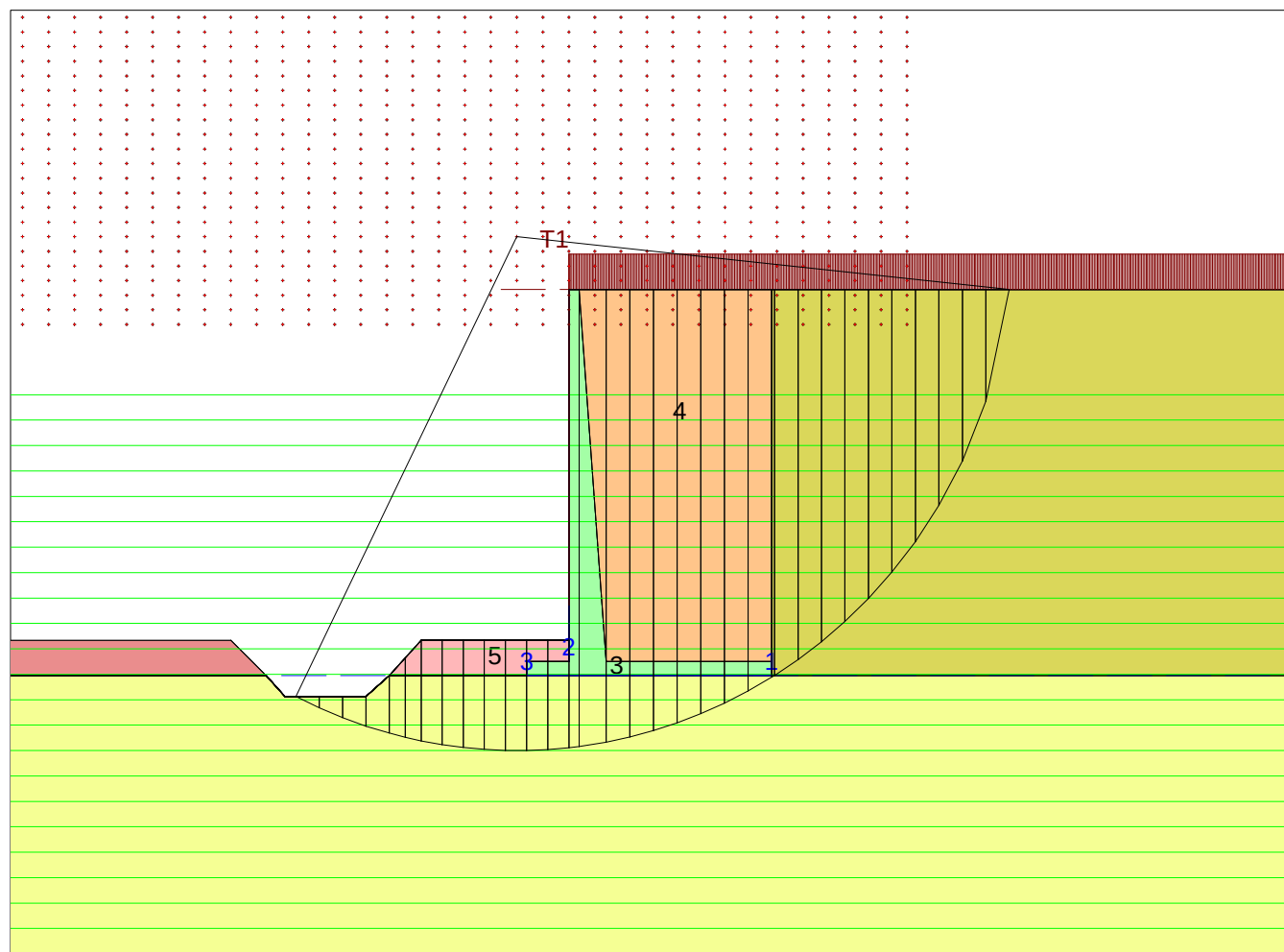
The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment	:	-1932.74 [kNm/m]
Driving moment free water	:	12.26 [kNm/m]
Driving moment external loads	:	-131.06 [kNm/m]
Iterated resisting moment	:	2118.02 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment	:	2079.94 [kNm/m]

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

Critical Circle Bishop



Layers

- 6. Zand, schoon, los
- 5. Zand, schoon, los
- 4. Zand, massief
- 3. Beton
- 2. Zand, schoon, matig
- 1. Zand, schoon, matig

Xm : 39,23 [m]
Ym : 6,25 [m]

Radius : 7,32 [m]
Safety : 1,10

BIJLAGE

B. Resultaten variant 1

Keerconstructie van gewapend beton

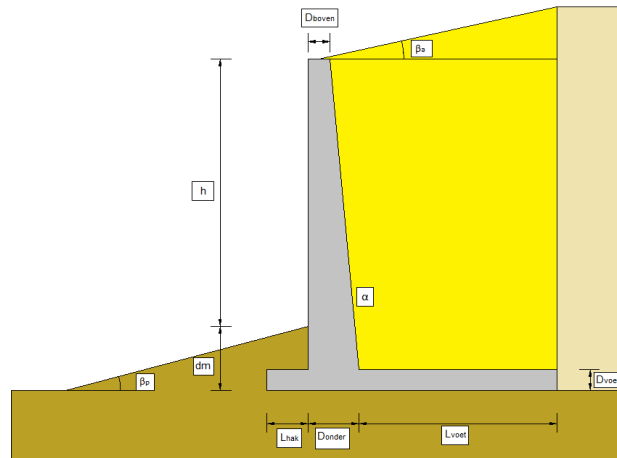
Ontwerp volgens NEN-EN 1997-1

RPS

Projectgegevens			
Referentienummer	Afstuderen		
Omschrijving	Berekening Variant 1 - Casestudie		
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand:	Bijlage D. - bijlage a - Tekening variant 1

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	4,84
Lengte L _{voet} [m]	2,025
Lengte L _{hak} [m]	0,625
Dikte keerwand onder Donder/Dvoet [m]	0,35
Dikte keerwand boven Dboven [m]	0,15
Hellingshoek binnenzijde α [°]	2
Hellingshoek actieve kant β _a [°]	0
Hellingshoek passieve kant β _p [°]	0
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	0
Inbedding dm [m]	1,46

$$H_{mech} = 5,95 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m ²	Q	van x	tot x	
Permanent Q	0,00	6,00	2,38	t.o.v. bovenzijde wand
Veranderlijk Q	9,00	4,00	2,38	0,63 m t.o.v. punt A
Eventuele aslasten	F	x	y	
Veranderlijk F	300,00	3,50	8,86	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	300,00	5,00	8,86	
Eventuele landhoofd belasting	F	x	y	
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	1,50	0,00	t.o.v. Punt A
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	1,50	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	1,50	0,00	

Factor voor gevolgschade

Veiligheidsklasse=	2	Factor=	1
--------------------	---	---------	---

Partiele factoren	UGT		BGT		
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Materiaalfactoren	
E.G. massief en grond boven massief	1,20	0,90	1,00	Hoek inw. wrijving (Yφ')	1,3
Gronddruk tegen massief	1,20	0,90	1,00	Cohesie (Yc')	1,5
Veranderlijke belasting boven massief	1,50	0,00	1,00	Ongedr. schuifsterkte (Ycu)	1,8
Veranderlijke belasting achter massief	1,30	1,17	1,00	Eigen gewicht grond (Yγ)	1,0

Grondgegevens	φ [°]	c' [kPa]	Y [kN/m ³]		Y [kN/m ³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0	Beton	24
Grond massief	32,5	32,5	24,0		
Ondergrond [Gem]	21,41	3,59	16,0		

Ondergrondgegevens		φ [°]	c' [kPa]	Y [kN/m ³]	B.k. laag [N.A.P.]	O.k. laag [N.A.P.]	Dikte laag [m]
Laag 1	Klei, Zwak zandig, Matig	25,2	5,2	16,0	-6,30	-7,38	1,08
Laag 2	Klei, Zwak zandig, Slap	25,7	2,3	15,2	-7,38	-8,62	1,24
Laag 3	een, Niet voorbelast, Slap	14,5	2,8	10,5	-8,62	-9,10	0,48
Laag 4	Klei, Organisch, Slap	22,1	1,1	13,5	-9,10	-10,90	1,8
Laag 5	Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-10,90	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. en q Achter massief	81,41	172,40	795,82	61,06	155,16	-228,45
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief	15,01	-26,83	17,76	11,26	-20,12	31,38
Gronddruk tgv eg. Massief en muur	387,11		231,43	290,33		502,88
Permanente belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Veranderlijke belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Puntlasten op het massief	354,55	354,55	-106,33	319,09	319,09	-95,70
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	838,08	540,97	852,89	681,74	490,90	114,85

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond					Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	1,33	H/V =	0,65	z _e /b' [m] =	1,57
Effectieve breedte [m]	0,35	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand			
F _{v,totaal} [kN/m]	838,08	R _{v,d} [kN/m]=	106,80	Λ _{geo} =	7,85
					Voldoet niet

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand				
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	N _q =	6,81	i _q =	0,17
	N _c =	15,37	i _c =	0,02
	N _y =	4,40	i _y =	0,05
			λ _q =	1
			λ _c =	1
			λ _y =	1
			R _{v,d} [kN/m]=	29,47154
			Λ _{geo} =	28,44
			Voldoet niet	

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
Bpons [m] =	3,30	Rv;d [kN/m]=	89,28662	σ'sq;d [kN/m]=	198,667
Herbepaling Fv [kN/m] =	817,94	Λgeo =	9,16	Λgeo =	4,12
b'pons =	0,17		Voldoet niet		Voldoet niet

Controle horizontaal glijden				Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]		490,90		
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]		28,02	Λ _{geo} =	17,52
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]		200,28	Λ _{geo} =	2,45
			Voldoet niet	

Controle kantelen						Situatie A & Situatie C		
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	695,69	b'	>	1/3 B
0,864546	>	2		F _h [kN/m]	416,13	0,63889	>	1
		Voldoet nie		M [kNm/m]	386,3663	Voldoet		
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	118,1421	Λ _{geo} = 5,89		Voldoet niet

Controle zakkings							
t=		30 dagen					
	d _j	Δσ _{v;z;d}	σ _{v;z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1,08	1144,55	8,64	0,26	0,03	296,80	2279,49 mm
Laag 2	1,24	903,73	18,06	0,49	0,07	553,10	
Laag 3	0,48	716,26	20,58	0,34	0,13	470,31	
Laag 4	1,8	543,64	32,73	0,69	0,25	942,61	
Laag 5	10	227,97	132,73	0,02	0,00	16,66	

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 9-5-2016
 Time : 8:56:44

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 1 casestudie - L-muur.sto
 Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 1 casestudie - L-muur.sti
 ===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT
 =====

Problem identification :
 :

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES
 =====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
11 - X -	0.00	45.00	45.00	45.20	47.37	47.37
11 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	0.00	0.00	2.56
11 - X -	50.37	100.00				
11 - Y -	2.56	2.56				
10 - X -	0.00	44.37	44.37	45.00	45.00	45.00
10 - Y -	-6.30	-6.30	-6.05	-6.05	-4.84	0.00
10 - X -	45.20	47.37	47.37	50.37	100.00	
10 - Y -	0.00	0.00	2.56	2.56	2.56	
9 - X -	0.00	44.37	44.37	45.00	45.00	45.00
9 - Y -	-6.30	-6.30	-6.05	-6.05	-4.84	0.00
9 - X -	45.20	45.60	47.37	47.37	47.37	50.37
9 - Y -	0.00	-6.05	-6.05	0.00	2.56	2.56
9 - X -	100.00					
9 - Y -	2.56					
8 - X -	0.00	44.37	47.37	47.37	47.37	47.37
8 - Y -	-6.30	-6.30	-6.30	-6.05	0.00	2.56
8 - X -	50.37	100.00				
8 - Y -	2.56	2.56				
7 - X -	0.00	44.37	47.37	47.37	47.37	50.37
7 - Y -	-6.30	-6.30	-6.30	-6.05	0.00	0.00
7 - X -	50.37	100.00				
7 - Y -	2.56	2.56				
6 - X -	0.00	44.37	47.37	47.37	47.37	50.37
6 - Y -	-6.30	-6.30	-6.30	-6.05	0.00	0.00
6 - X -	100.00					
6 - Y -	0.00					
5 - X -	0.00	44.37	47.37	100.00		
5 - Y -	-6.30	-6.30	-6.30	-6.30		
4 - X -	0.00	100.00				
4 - Y -	-7.38	-7.38				
3 - X -	0.00	100.00				
3 - Y -	-8.62	-8.62				
2 - X -	0.00	100.00				
2 - Y -	-9.10	-9.10				
1 - X -	0.00	100.00				

1	- Y -	-10.90	-10.90
0	- X -	0.00	100.00
0	- Y -	-15.10	-15.10

PL-LINES

=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]		
1	- X -	0.00	100.00
1	- Y -	-6.30	-6.30

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	45.00	0.00	45.00	-6.05
2	44.37	-6.05	45.00	-6.05
3	44.37	-6.05	44.37	-6.30
4	44.37	-6.30	47.37	-6.30
5	47.37	0.00	47.37	2.56

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name
11	Ophoogzand
10	Massief (Zand, Vast)
9	Beton
8	Beton
7	Ophoogzand
6	Ophoogzand
5	Klei, Zanderig, Matig
4	Klei, Zwak zanderig, Slap
3	Veen
2	Klei, Humeus, Slap
1	Zand, los

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
11	17.00	19.00	1	1
10	20.00	22.00	1	1
9	24.00	24.00	1	1
8	24.00	24.00	1	1
7	17.00	19.00	1	1
6	17.00	19.00	1	1
5	18.00	18.00	1	1
4	14.00	14.00	1	1
3	10.00	10.00	1	1
2	13.00	13.00	1	1
1	17.00	19.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
11	0.00	24.00	-	-	-	-	-
10	0.00	32.00	-	-	-	-	-
9	100.00	89.00	-	-	-	-	-
8	100.00	89.00	-	-	-	-	-
7	0.00	24.00	-	-	-	-	-
6	0.00	24.00	-	-	-	-	-
5	3.45	18.00	-	-	-	-	-

GEOTEXTILES
=====

No geotextiles were input.

NAILS
=====

No nails were input.

EARTHQUAKE
=====

No earth quake factors were input.

***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS
=====

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 40.94 [m]
X maximum = 53.44 [m]
Y minimum = 8.17 [m]
Y maximum = 13.17 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 40.94 [m]
X maximum = 53.44 [m]
Y minimum = 7.91 [m]
Y maximum = 12.91 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 0.795
Calculation method used : Bishop - C phi

=====

X co-ordinate center point : 41.60 [m]
Y co-ordinate center point : 8.17 [m]
Radius of critical circle : 19.01 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -22714.93 [kNm/m]
Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
Driving moment external loads : -6313.97 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 18064.90 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 18662.21 [kNm/m]

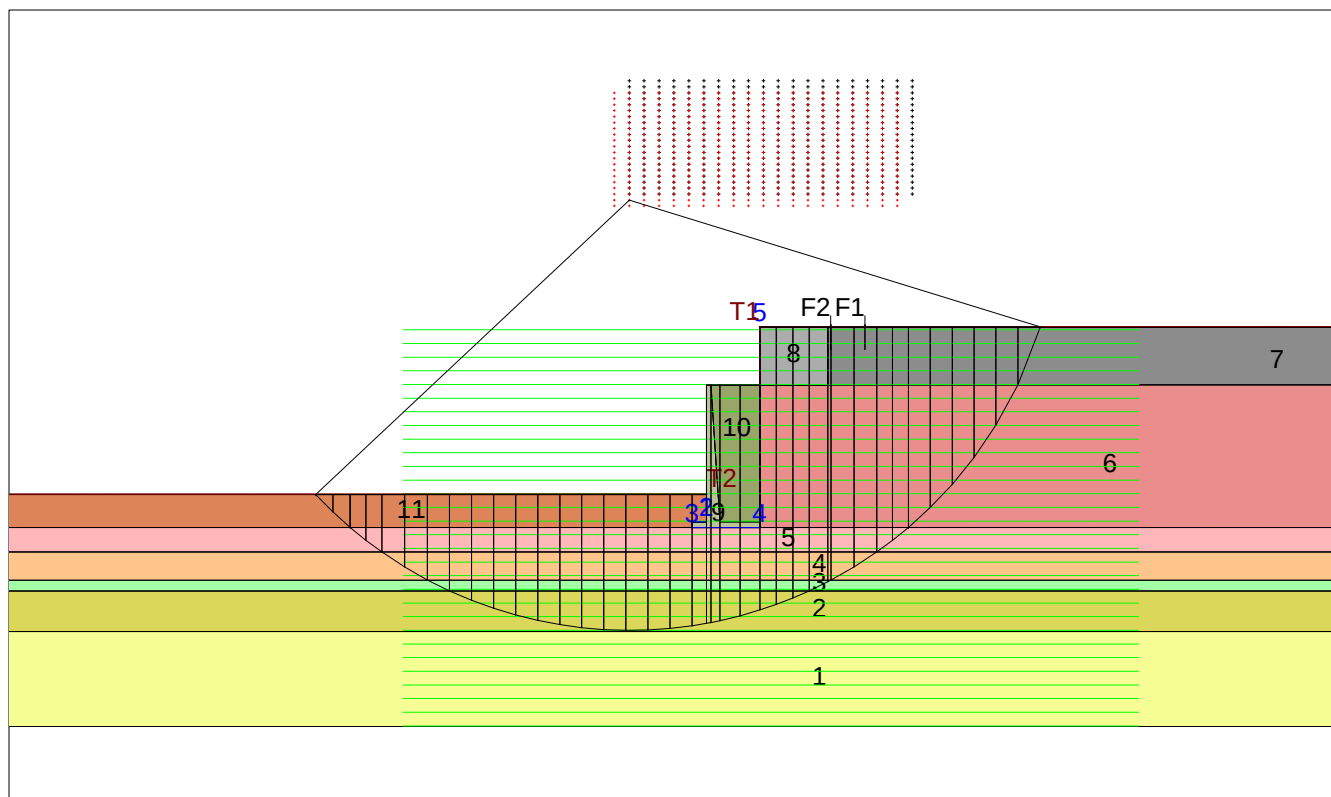
END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

Critical Circle Bishop

Layers

- 11. Ophoogzand
- 10. Massief (Zand, Vast)
- 9. Beton
- 8. Beton
- 7. Ophoogzand
- 6. Ophoogzand
- 5. Klei, Zanderig, Matig
- 4. Klei, Zwak zanderig, Slap
- 3. Veen
- 2. Klei, Humeus, Slap
- 1. Zand, los

 $X_m : 41,60$ [m]
 $Y_m : 8,17$ [m]Radius : $19,01$ [m]
Safety : $0,80$

BIJLAGE

C. Resultaten variant 2

Keerconstructie van gewapend beton

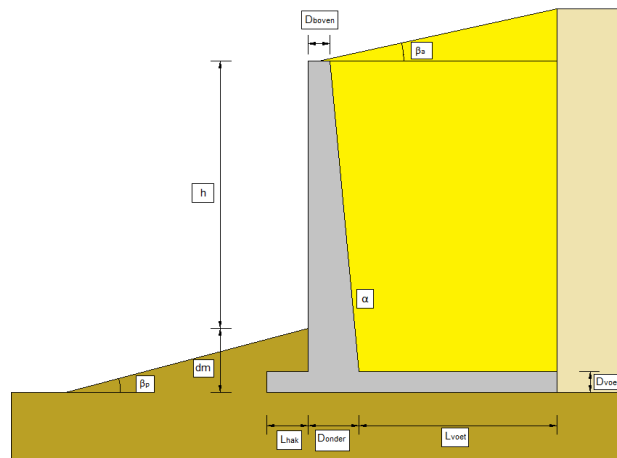
Ontwerp volgens NEN-EN 1997-1

RPS

Projectgegevens			
Referentienummer	Afstuderen		
Omschrijving	Berekening Variant 2: weg in de polder		
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand:	Bijlage D. - bijlage b - Tekening variant 2

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	2,25
Lengte L _{voet} [m]	1,6
Lengte L _{hak} [m]	0,1
Dikte keerwand onder Donder/Dvoet [m]	0,2
Dikte keerwand boven Dboven [m]	0,139
Hellingshoek binnenzijde α [°]	2
Hellingshoek actieve kant β _a [°]	0
Hellingshoek passieve kant β _p [°]	-11
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	-0,25
Inbedding dm [m]	0,48

$$H_{\text{mech}} = 2,53 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m ²	Q	van x	tot x	
Permanent Q	0,00	1,00	1,80	t.o.v. bovenzijde wand
Veranderlijk Q	9,00	1,00	1,80	0,10 m t.o.v. punt A
Eventuele aslasten	F	x	y	
Veranderlijk F	300,00	3,00	2,98	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	300,00	5,00	2,98	
Eventuele landhoofd belastingen	F	x	y	
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,00	0,00	t.o.v. Punt A
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	0,00	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,00	0,00	

Factor voor gevolgschade		
Veiligheidsklasse=	3	Factor= 1,1

Partiele factoren	UGT		BGT		
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Materiaalfactoren	
E.G. massief en grond boven massief	1,32	0,90	1,00	Hoek inw. wrijving (Yφ')	1,3
Gronddruk tegen massief	1,32	0,90	1,00	Cohesie (Yc')	1,6
Veranderlijke belasting boven massief	1,65	0,00	1,00	Ongedr. schuifsterkte (Ycu)	2,0
Veranderlijke belasting achter massief	1,43	1,17	1,00	Eigen gewicht grond (Yγ)	1,0

Grondgegevens	φ [°]	c' [kPa]	Y [kN/m ³]		Y [kN/m ³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0	Beton	24
Grond massief	40	40	24,0		
Ondergrond [Gem]	12,90	0,86	12,8		

Ondergrondgegevens					B.k. laag	O.k. laag	Dikte laag
		ϕ [°]	c' [kPa]	Υ [kN/m³]	[N.A.P.]	[N.A.P.]	[m]
Laag 1	Klei, Organisch, Slap	15,0	1,0	13,0	-2,75	-3,75	1,00
Laag 2	en, Matig voorbelast, Matig	15,0	2,5	12,0	-3,75	-4,75	1
Laag 3	Klei, Zwak zandig, Slap	22,5	0,0	15,0	-4,75	-5,75	1
Laag 4	Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-5,75	-15,75	10
Laag 5		0,0	0,0	0,0	-15,75	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. en q Achter massief	42,80	63,66	208,62	29,18	52,09	0,34
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief	0,94	-8,86	1,47	0,72	-6,04	6,76
Gronddruk tgv eg. Massief en muur	139,46		53,23	95,09		92,66
Permanente belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Veranderlijke belasting op massief	11,88		13,07	0,00		0,00
Puntlasten op het massief	286,00	0,00	429,00	234,00	0,00	351,00
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	481,08	76,60	685,41	358,98	63,88	428,66

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond					Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	0,22	H/V =	0,16	z _e /b' [m] =	1,54
Effectieve breedte [m]	1,46	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand			
F _{v,totaal} [kN/m]	481,08	R _{v,d} [kN/m]=	380,90	Λ _{geo} =	1,26
					Voldoet niet

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand				
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	N _q =	2,37	i _q =	0,70
	N _c =	8,80	i _c =	0,49
	N _y =	0,71	i _y =	0,60
			λ _q =	1,401429
			λ _c =	0,843703
			λ _y =	1,744582
			R _{v,d} [kN/m]=	582,0778
			Λ _{geo} =	0,83
			Voldoet	

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
Bpons [m] =	2,18	Rv;d [kN/m]=	445,4218	σ'sq;d [kN/m]=	236,5345
Herbepaling Fv [kN/m] =	473,30	Λgeo =	1,06	Λgeo =	2,00
b'pons =	1,33		Voldoet niet		Voldoet niet

Controle horizontaal glijden					Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]			63,88		
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]			9,77		Λ _{geo} = 6,54
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]			63,14		Λ _{geo} = 1,01
					Voldoet niet

Controle kantelen							Situatie A & Situatie C	
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	353,82	b'	>	1/3 B
1,464046	>	1,26667		F _h [kN/m]	53,56	1,38879	>	0,633333
		Voldoet		M [kNm/m]	435,2448			Voldoet
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	0	Λ _{geo} = 0,00		N.v.t.

Controle zakkingen							
t=		30 dagen					
	d _j	Δσ _{v;z;d}	σ _{v;z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1	231,35	6,50	0,48	0,18	657,23	1347,55 mm
Laag 2	1	156,95	12,50	0,35	0,13	475,94	
Laag 3	1	107,33	20,00	0,19	0,02	209,96	
Laag 4	10	36,33	119,50	0,00	0,00	4,42	
Laag 5	0	22,49	119,50	0,00	0,00	0,00	

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 9-5-2016
 Time : 11:17:11

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 2 weg in de polder - L-muur.sto
 Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 2 weg in de polder - L-muur.sti
 ===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT
 =====

Problem identification :
 :

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES
 =====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
14 - X -	0.00	37.30	38.17	38.60	39.90	40.34
14 - Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00
14 - X -	41.20	41.40	41.65	41.80	42.20	42.35
14 - Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00
14 - X -	42.60	43.50	43.50	43.62	44.50	44.75
14 - Y -	-4.50	-4.50	-2.25	-2.25	-2.25	-2.00
14 - X -	50.00	55.25	55.50	56.38	56.50	56.50
14 - Y -	-2.00	-2.00	-2.25	-2.25	-2.25	-4.50
14 - X -	57.40	57.65	57.80	58.20	58.35	58.60
14 - Y -	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50
14 - X -	58.84	59.70	60.14	61.44	61.88	62.74
14 - Y -	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50
14 - X -	100.00					
14 - Y -	-4.50					
13 - X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.20
13 - Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50
13 - X -	41.40	41.65	41.80	42.20	42.35	42.60
13 - Y -	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50
13 - X -	43.50	43.50	43.62	44.50	44.75	50.00
13 - Y -	-4.50	-2.25	-2.25	-2.25	-2.00	-2.00
13 - X -	55.25	55.50	56.38	56.50	56.50	57.40
13 - Y -	-2.00	-2.25	-2.25	-2.25	-4.50	-4.50
13 - X -	57.65	57.80	58.20	58.35	58.60	58.84
13 - Y -	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50
13 - X -	59.70	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00
13 - Y -	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50
12 - X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
12 - Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
12 - X -	41.80	42.20	42.35	42.60	43.50	43.50
12 - Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-2.25
12 - X -	43.62	44.50	44.75	50.00	55.25	55.50
12 - Y -	-2.25	-2.25	-2.00	-2.00	-2.00	-2.25
12 - X -	56.38	56.50	56.50	57.40	57.65	57.80
12 - Y -	-2.25	-2.25	-4.50	-4.50	-5.00	-5.30
12 - X -	58.20	58.35	58.60	58.84	59.70	60.14

12	- Y -	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25
12	- X -	61.44	61.88	62.74	100.00		
12	- Y -	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50		
11	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
11	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
11	- X -	41.80	42.20	42.35	43.25	43.25	43.50
11	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-4.92	-4.92
11	- X -	43.50	43.50	43.62	44.50	44.75	50.00
11	- Y -	-4.50	-2.25	-2.25	-2.25	-2.00	-2.00
11	- X -	55.25	55.50	56.38	56.50	56.50	57.40
11	- Y -	-2.00	-2.25	-2.25	-2.25	-4.50	-4.50
11	- X -	57.65	57.80	58.20	58.35	58.60	58.84
11	- Y -	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50
11	- X -	59.70	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00
11	- Y -	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50
10	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
10	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
10	- X -	41.80	42.20	42.35	43.25	43.25	43.50
10	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-4.92	-4.92
10	- X -	43.50	43.50	43.62	44.50	55.50	56.38
10	- Y -	-4.50	-2.25	-2.25	-2.25	-2.25	-2.25
10	- X -	56.50	56.50	57.40	57.65	57.80	58.20
10	- Y -	-2.25	-4.50	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30
10	- X -	58.35	58.60	58.84	59.70	60.14	61.44
10	- Y -	-5.00	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25
10	- X -	61.88	62.74	100.00			
10	- Y -	-5.00	-4.50	-4.50			
9	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
9	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
9	- X -	41.80	42.20	42.35	43.25	43.25	43.50
9	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-4.92	-4.92
9	- X -	43.50	43.50	43.62	43.75	45.35	45.35
9	- Y -	-4.50	-2.25	-2.25	-4.92	-4.92	-5.00
9	- X -	54.70	54.70	56.30	56.38	56.50	56.50
9	- Y -	-5.00	-4.92	-4.92	-2.25	-2.25	-4.50
9	- X -	57.40	57.65	57.80	58.20	58.35	58.60
9	- Y -	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50
9	- X -	58.84	59.70	60.14	61.44	61.88	62.74
9	- Y -	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50
9	- X -	100.00					
9	- Y -	-4.50					
8	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
8	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
8	- X -	41.80	42.20	42.35	43.25	45.35	54.70
8	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
8	- X -	54.70	56.30	56.38	56.50	56.50	57.40
8	- Y -	-4.92	-4.92	-2.25	-2.25	-4.50	-4.50
8	- X -	57.65	57.80	58.20	58.35	58.60	58.84
8	- Y -	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50
8	- X -	59.70	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00
8	- Y -	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50
7	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
7	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00

7 - X -	41.80	42.20	42.35	43.25	45.35	54.70
7 - Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
7 - X -	54.70	56.30	56.38	56.50	56.50	56.50
7 - Y -	-4.92	-4.92	-2.25	-2.25	-4.50	-4.92
7 - X -	56.75	56.75	57.65	57.80	58.20	58.35
7 - Y -	-4.92	-5.00	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00
7 - X -	58.60	58.84	59.70	60.14	61.44	61.88
7 - Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00
7 - X -	62.74	100.00				
7 - Y -	-4.50	-4.50				
6 - X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
6 - Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
6 - X -	41.80	42.20	42.35	43.25	45.35	54.70
6 - Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
6 - X -	56.75	57.65	57.80	58.20	58.35	58.60
6 - Y -	-5.00	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50
6 - X -	58.84	59.70	60.14	61.44	61.88	62.74
6 - Y -	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50
6 - X -	100.00					
6 - Y -	-4.50					
5 - X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
5 - Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
5 - X -	41.80	42.20	42.35	43.25	45.35	54.70
5 - Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
5 - X -	56.75	57.65	57.80	58.20	58.35	59.70
5 - Y -	-5.00	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00
5 - X -	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00	
5 - Y -	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50	
4 - X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.65
4 - Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
4 - X -	41.80	42.20	42.35	43.25	45.35	54.70
4 - Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
4 - X -	56.75	57.65	57.80	58.20	58.35	59.70
4 - Y -	-5.00	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00
4 - X -	60.14	61.44	61.88	100.00		
4 - Y -	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00		
3 - X -	0.00	100.00				
3 - Y -	-6.00	-6.00				
2 - X -	0.00	100.00				
2 - Y -	-7.00	-7.00				
1 - X -	0.00	100.00				
1 - Y -	-8.00	-8.00				
0 - X -	0.00	100.00				
0 - Y -	-18.00	-18.00				

PL-LINES

=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]	
1 - X -	0.00	100.00
1 - Y -	-5.00	-5.00

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	43.50	-2.25	43.50	-4.78
2	43.25	-4.78	43.25	-5.00
3	43.75	-4.78	45.38	-4.78
4	45.38	-4.78	45.38	-5.00
5	56.50	-2.25	56.50	-4.92
6	56.75	-4.92	56.75	-5.00
7	54.70	-4.92	54.70	-5.00
8	54.70	-4.92	56.30	-4.92

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name
14	Zand, matig
13	Zand, matig
12	Zand, matig
11	Zand, Vast, massief
10	Zand, Vast, massief
9	Beton
8	Zand, matig
7	Beton
6	Zand, matig
5	Zand, matig
4	Klei, humeus, slap
3	Veen
2	Klei, zanderig, slap
1	Zand, vast, ondergrond

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
14	18.00	20.00	1	1
13	18.00	20.00	1	1
12	18.00	20.00	1	1
11	20.00	22.00	1	1
10	20.00	22.00	1	1
9	24.00	24.00	1	1
8	18.00	20.00	1	1
7	24.00	24.00	1	1
6	18.00	20.00	1	1
5	18.00	20.00	1	1
4	13.00	13.00	1	1
3	10.00	10.00	1	1
2	15.00	15.00	1	1
1	19.00	21.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
14	0.00	25.00	-	-	-	-	-
13	0.00	25.00	-	-	-	-	-
12	0.00	25.00	-	-	-	-	-
11	0.00	30.77	-	-	-	-	-
10	0.00	30.77	-	-	-	-	-
9	100.00	89.00	-	-	-	-	-
8	0.00	25.00	-	-	-	-	-
7	100.00	89.00	-	-	-	-	-
6	0.00	25.00	-	-	-	-	-
5	0.00	25.00	-	-	-	-	-
4	0.63	11.54	-	-	-	-	-
3	0.63	11.54	-	-	-	-	-
2	0.00	17.31	-	-	-	-	-
1	0.00	26.92	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

```

X co-ordinate grid left      : 44.00 [m]
X co-ordinate grid right     : 56.00 [m]
Number of grid points in X - direction : 20

Y co-ordinate grid bottom    : -1.00 [m]
Y co-ordinate grid top       : 2.50 [m]
Number of grid points in Y - direction : 20

Y co-ordinate tangent smallest circle : -2.00 [m]
Y co-ordinate tangent biggest circle  : -15.00 [m]
Number of circles per grid point      : 30

```

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 400

Total number of slip circles in the grid : 12000

LINE LOADS

=====

Line load number	Magnitude [kN/m]	X coord. [m]	Y coord. [m]	Angle degrees	Distrib. degrees
1	300.00	45.75	-2.00	0.00	0.00
2	300.00	47.75	-2.00	0.00	0.00

UNIFORM LOAD

=====

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	9.00	44.75	55.25	90.00	Temporary

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number	Degree of consolidation
14	100
13	100
12	100
11	100
10	30
9	30
8	10
7	30
6	10
5	30
4	100
3	100
2	100
1	30

GEOTEXTILES

=====

No geotextiles were input.

NAILS =====

No nails were input.

EARTHQUAKE =====

No earth quake factors were input.

***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS =====

Information on the critical circle : Fmin = 0.551
Calculation method used : Bishop - C phi
=====

X co-ordinate center point : 54.74 [m]
Y co-ordinate center point : 2.32 [m]
Radius of critical circle : 10.14 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : 7085.75 [kNm/m]
Driving moment free water : -30.39 [kNm/m]
Driving moment external loads : 5170.10 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 3904.58 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 4664.30 [kNm/m]

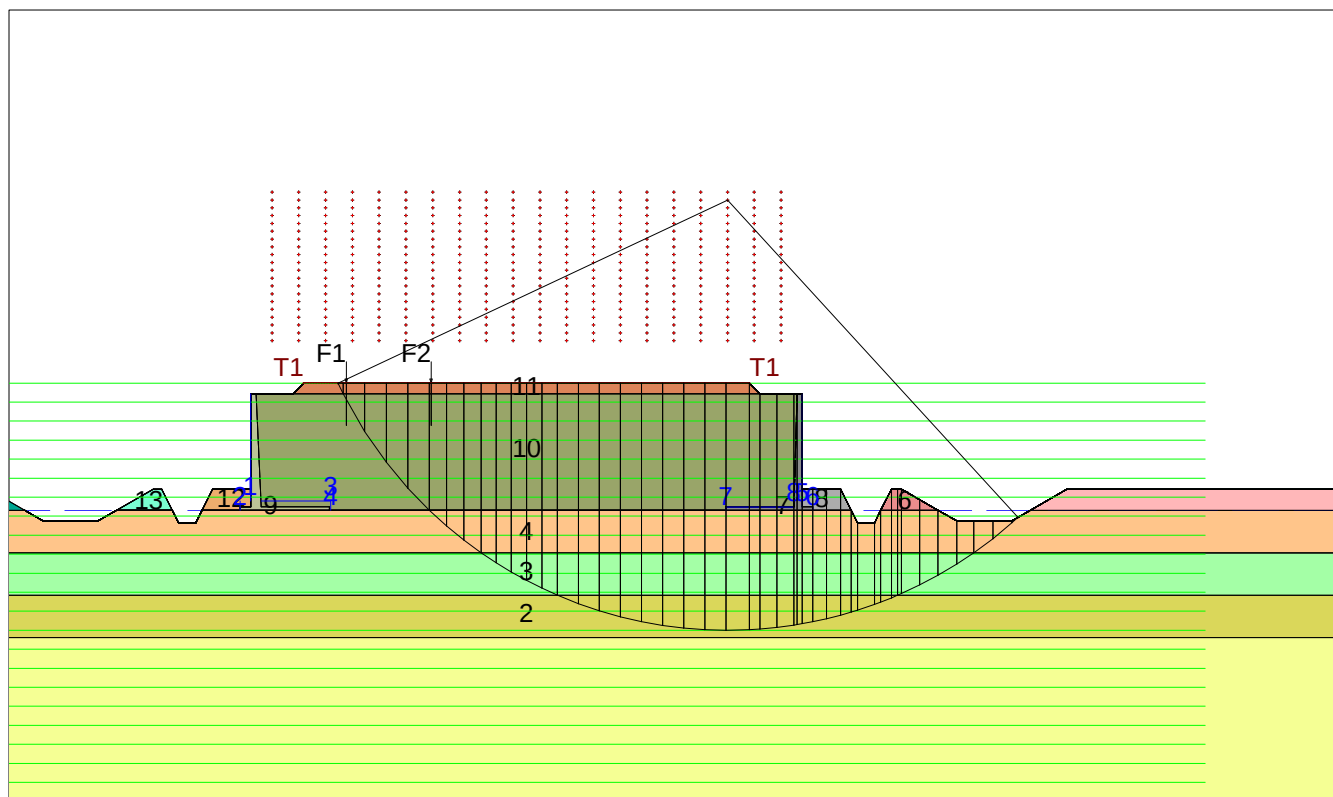
END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

Critical Circle Bishop

Layers

- 14. Zand, matig
- 13. Zand, matig
- 12. Zand, matig
- 11. Zand, Vast, massief
- 10. Zand, Vast, massief
- 9. Beton
- 8. Zand, matig
- 7. Beton
- 6. Zand, matig
- 5. Zand, matig
- 4. Klei, humeus, slap
- 3. Veen
- 2. Klei, zanderig, slap
- 1. Zand, vast, ondergrond



Xm : 54,74 [m]
Ym : 2,32 [m]

Radius : 10,14 [m]
Safety : 0,55

BIJLAGE

D. Resultaten variant 3

Keerconstructie van gewapend beton

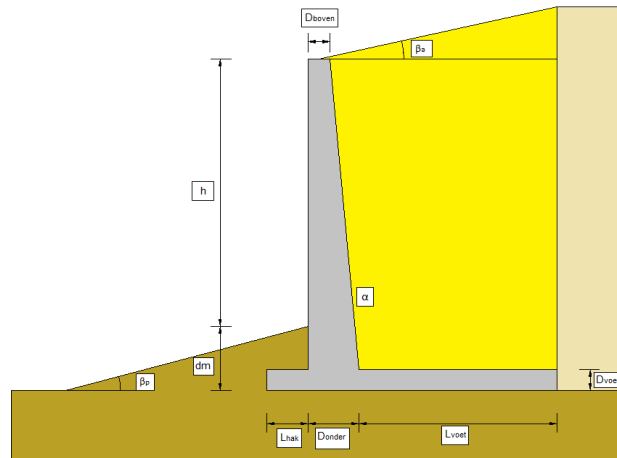
Ontwerp volgens NEN-EN 1997-1

RPS

Projectgegevens			
Referentienummer	Afstuderen		
Omschrijving	Berekening Variant 3: Verhoging langs een weg		
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand:	Bijlage D. - bijlage c - Tekening variant 3

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	7,10
Lengte L _{voet} [m]	2,635
Lengte L _{hak} [m]	0,86
Dikte keerwand onder Donder/Dvoet [m]	0,45
Dikte keerwand boven Dboven [m]	0,2
Hellingshoek binnenzijde α [°]	2
Hellingshoek actieve kant β _a [°]	0
Hellingshoek passieve kant β _p [°]	-12
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	0,21
Inbedding dm [m]	0,53

$$H_{\text{mech}} = 7,18 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m ²	Q	van x	tot x	
Permanent Q	0,00	1,00	3,09	t.o.v. bovenzijde wand
Veranderlijk Q	5,00	1,00	3,09	0,86 m t.o.v. punt A
Eventuele aslasten	F	x	y	
Veranderlijk F	0,00	0,00	8,04	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	0,00	2,00	8,04	
Eventuele landhoofd belasting	F	x	y	
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,00	0,00	t.o.v. Punt A
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	0,00	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,00	0,00	

Factor voor gevolgschade		
Veiligheidsklasse=	1	Factor= 0,9

Partiele factoren	UGT		BGT		
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Materiaalfactoren	
E.G. massief en grond boven massief	1,08	0,90	1,00	Hoek inw. wrijving (Yφ')	1,2
Gronddruk tegen massief	1,08	0,90	1,00	Cohesie (Yc')	1,5
Veranderlijke belasting boven massief	1,35	0,00	1,00	Ongedr. schuifsterkte (Ycu)	1,5
Veranderlijke belasting achter massief	1,17	1,17	1,00	Eigen gewicht grond (Yγ)	1,1

Grondgegevens	φ [°]	c' [kPa]	Y [kN/m ³]		Y [kN/m ³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0	Beton	24
Grond massief	40	40	24,0		
Ondergrond [Gem]	17,09	0,68	13,4		

Ondergrondgegevens				B.k. laag	O.k. laag	Dikte laag
	φ [°]	c' [kPa]	Y [kN/m ³]	[N.A.P.]	[N.A.P.]	[m]
Laag 1 Klei, Organisch, Slap	15,0	1,0	13,0	-7,81	-8,81	1,00
Laag 2 en, Matig voorbelast, Matig	15,0	2,5	12,0	-8,81	-9,81	1
Laag 3 Klei, Zwak zandig, Slap	22,5	0,0	15,0	-9,81	-10,81	1
Laag 4 Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-10,81	-20,81	10
Laag 5	0,0	0,0	0,0	-20,81	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. en q Achter massief	87,14	97,03	1952,04	72,62	97,03	26,72
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief	4,17	-9,17	7,74	3,53	-8,22	11,74
Gronddruk tgv eg. Massief en muur	490,98		302,08	409,15		940,27
Permanente belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Veranderlijke belasting op massief	14,07		36,98	0,00		0,00
Puntlasten op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	596,37	145,22	2144,28	485,29	146,17	819,62

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond					Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	0,88	H/V =	0,24	z _e /b' [m] =	1,54
Effectieve breedte [m]	2,18	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand			
F _{v,totaal} [kN/m]	596,37	R _{v,d} [kN/m]=	625,59	Λ _{geo} =	0,95 Voldoet

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand							
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	Nq =	5,92	iq =	0,57	λq =	1,442228	
	Nc =	14,05	ic =	0,49	λc =	0,985329	
	Ny =	3,46	iy =	0,44	λy =	1,833101	
			Rv;d [kN/m]=	1946,84	Λgeo =	0,31	Voldoet

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
B _{pons} [m] =	4,23	R _{v,d} [kN/m]=	2042,551	σ' _{sq,d} [kN/m]=	272,1293
Herbepaling F _v [kN/m] =	566,59	Λ _{geo} =	0,28	Λ _{geo} =	2,08
b' _{pons} =	1,94		Voldoet		Voldoet niet

Controle horizontaal glijden					Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]				146,17	
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]				10,62	Λ _{geo} = 13,77 Voldoet niet
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]				106,93	Λ _{geo} = 1,37 Voldoet niet

Controle kantelen							Situatie A & Situatie C	
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	554,15	b'	>	1/3 B
2,628807	>	2,63		F _h [kN/m]	124,12	2,27245	>	1,315
		Voldoet nie		M [kNm/m]	1177,288			Voldoet
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	3747,454	Λ _{geo} = 0,15		Voldoet

Controle zakkings							
t=		30 dagen					
	d _j	Δσ _{v;z;d}	σ _{v;z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1	253,04	6,50	0,49	0,18	673,16	1485,96 mm
Laag 2	1	227,38	12,50	0,39	0,15	539,39	
Laag 3	1	187,14	20,00	0,23	0,03	265,16	
Laag 4	10	76,88	120,00	0,01	0,00	8,25	
Laag 5	0	48,46	120,00	0,00	0,00	0,00	

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 9-5-2016
 Time : 11:41:57

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 3 muur langs weg - L-muur.sto
 Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 3 muur langs weg - L-muur.sti
 ===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT
=====

Problem identification :
:

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES
=====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
11 - X -	0.00	28.00	38.00	39.10	42.07	43.55
11 - Y -	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.71	-1.10
11 - X -	45.55	47.03	50.00	50.00	50.20	53.44
11 - Y -	-1.10	-0.71	0.00	7.10	7.10	7.10
11 - X -	56.38	70.00	100.00			
11 - Y -	7.10	2.00	2.00			
10 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	39.10	42.07
10 - Y -	-0.71	-0.72	0.00	0.00	0.00	-0.71
10 - X -	43.55	45.55	47.03	50.00	50.00	50.20
10 - Y -	-1.10	-1.10	-0.71	0.00	7.10	7.10
10 - X -	53.44	56.38	70.00	100.00		
10 - Y -	7.10	7.10	2.00	2.00		
9 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	38.00
9 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	0.00
9 - X -	39.10	42.07	43.55	45.55	47.03	50.00
9 - Y -	0.00	-0.71	-1.10	-1.10	-0.71	0.00
9 - X -	50.00	50.20	53.44	56.38	70.00	100.00
9 - Y -	7.10	7.10	7.10	7.10	2.00	2.00
8 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
8 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
8 - X -	43.55	45.55	47.03	50.00	50.00	50.20
8 - Y -	-1.10	-1.10	-0.71	0.00	7.10	7.10
8 - X -	53.44	56.38	70.00	100.00		
8 - Y -	7.10	7.10	2.00	2.00		
7 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
7 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
7 - X -	43.55	45.55	47.03	49.14	49.14	50.00
7 - Y -	-1.10	-1.10	-0.71	-0.71	-0.46	-0.46
7 - X -	50.00	50.00	50.20	53.44	56.38	70.00
7 - Y -	0.00	7.10	7.10	7.10	7.10	2.00
7 - X -	100.00					
7 - Y -	2.00					
6 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
6 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
6 - X -	43.55	45.55	47.03	49.14	49.14	50.00

6	- Y -	-1.10	-1.10	-0.71	-0.71	-0.46	-0.46
6	- X -	50.00	50.00	50.20	53.44	53.44	53.44
6	- Y -	0.00	7.10	7.10	7.10	-0.46	-0.71
6	- X -	100.00					
6	- Y -	-0.71					
5	- X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
5	- Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
5	- X -	43.55	45.55	47.03	49.14	49.14	50.00
5	- Y -	-1.10	-1.10	-0.71	-0.71	-0.46	-0.46
5	- X -	50.00	50.00	50.20	50.80	53.44	53.44
5	- Y -	0.00	7.10	7.10	-0.46	-0.46	-0.71
5	- X -	100.00					
5	- Y -	-0.71					
4	- X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
4	- Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
4	- X -	43.55	45.55	47.03	49.14	53.44	100.00
4	- Y -	-1.10	-1.10	-0.71	-0.71	-0.71	-0.71
3	- X -	0.00	100.00				
3	- Y -	-3.00	-3.00				
2	- X -	0.00	100.00				
2	- Y -	-4.00	-4.00				
1	- X -	0.00	100.00				
1	- Y -	-4.50	-4.50				
0	- X -	0.00	100.00				
0	- Y -	-15.00	-15.00				

PL-LINES

=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]
-----	-----
1 - X -	0.00 100.00
1 - Y -	-0.50 -0.50

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
-----	-----	-----	-----	-----
1	50.00	7.10	50.00	-0.46
2	38.00	0.00	38.00	-2.00
3	49.14	-0.46	49.14	-0.71
4	50.80	-0.46	53.44	-0.46

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name
-----	-----
11	Zand, schoon, matig
10	Zand, schoon, massief
9	Zand, schoon, matig
8	Zand, schoon, matig
7	Zand, schoon, matig

6 | Zand, schoon, massief
 5 | Beton
 4 | klei, organisch, matig
 3 | Veen, matig voorbelast
 2 | Klei, zwak zandig, matig
 1 | Zand, schoon vast

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
11	16.36	18.18	1	1
10	18.18	20.00	1	1
9	16.36	18.18	1	1
8	16.36	18.18	1	1
7	16.36	18.18	1	1
6	18.18	20.00	1	1
5	24.00	24.00	1	1
4	13.64	13.64	1	1
3	10.91	10.91	1	1
2	16.36	16.36	1	1
1	17.27	19.09	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
11	0.00	27.08	-	-	-	-	-
10	0.00	33.33	-	-	-	-	-
9	0.00	27.08	-	-	-	-	-
8	0.00	27.08	-	-	-	-	-
7	0.00	27.08	-	-	-	-	-
6	0.00	33.33	-	-	-	-	-
5	100.00	89.00	-	-	-	-	-
4	0.00	12.50	-	-	-	-	-
3	1.67	12.50	-	-	-	-	-
2	3.33	18.75	-	-	-	-	-
1	0.00	29.17	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES =====

X co-ordinate grid left : 42.50 [m]
 X co-ordinate grid right : 50.00 [m]
 Number of grid points in X - direction : 20
 Y co-ordinate grid bottom : 10.00 [m]
 Y co-ordinate grid top : 15.00 [m]
 Number of grid points in Y - direction : 20
 Y co-ordinate tangent smallest circle : 0.00 [m]
 Y co-ordinate tangent biggest circle : -5.00 [m]
 Number of circles per grid point : 20

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 400
 Total number of slip circles in the grid : 8000

LINE LOADS =====

Line load number	Magnitude [kN/m]	X coord. [m]	Y coord. [m]	Angle degrees	Distrib. degrees
1	300.00	36.00	0.00	0.00	0.00
2	300.00	34.00	0.00	0.00	0.00

UNIFORM LOAD =====

Uniform	Magnitude	X start	X end	Distrib.	Load
---------	-----------	---------	-------	----------	------

load number	[kN/m]	[m]	[m]	degrees	Type
1	5.00	50.00	100.00	90.00	Temporary
2	9.00	28.00	38.00	90.00	Temporary
3	24.00	50.00	51.00	90.00	Permanent

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number	Degree of consolidation
11	100
10	100
9	10
8	30
7	30
6	10
5	30
4	100
3	100
2	100
1	30

GEOTEXTILES

=====

No geotextiles were input.

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 9.74 [m]
 Y maximum = 14.74 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 9.47 [m]
 Y maximum = 14.47 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 9.21 [m]
 Y maximum = 14.21 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 8.95 [m]
 Y maximum = 13.95 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 8.68 [m]
 Y maximum = 13.68 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 8.42 [m]
 Y maximum = 13.42 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 8.16 [m]
 Y maximum = 13.16 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 7.89 [m]
 Y maximum = 12.89 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 7.63 [m]
 Y maximum = 12.63 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 7.37 [m]
 Y maximum = 12.37 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 7.11 [m]
 Y maximum = 12.11 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.50 [m]
 X maximum = 50.00 [m]
 Y minimum = 6.84 [m]
 Y maximum = 11.84 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 0.460
Calculation method used : Bishop - C phi

=====

X co-ordinate center point : 47.24 [m]
Y co-ordinate center point : 7.11 [m]
Radius of critical circle : 10.00 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -5163.81 [kNm/m]
Driving moment free water : 68.14 [kNm/m]
Driving moment external loads : -308.97 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 2375.26 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 3042.42 [kNm/m]

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

RPS

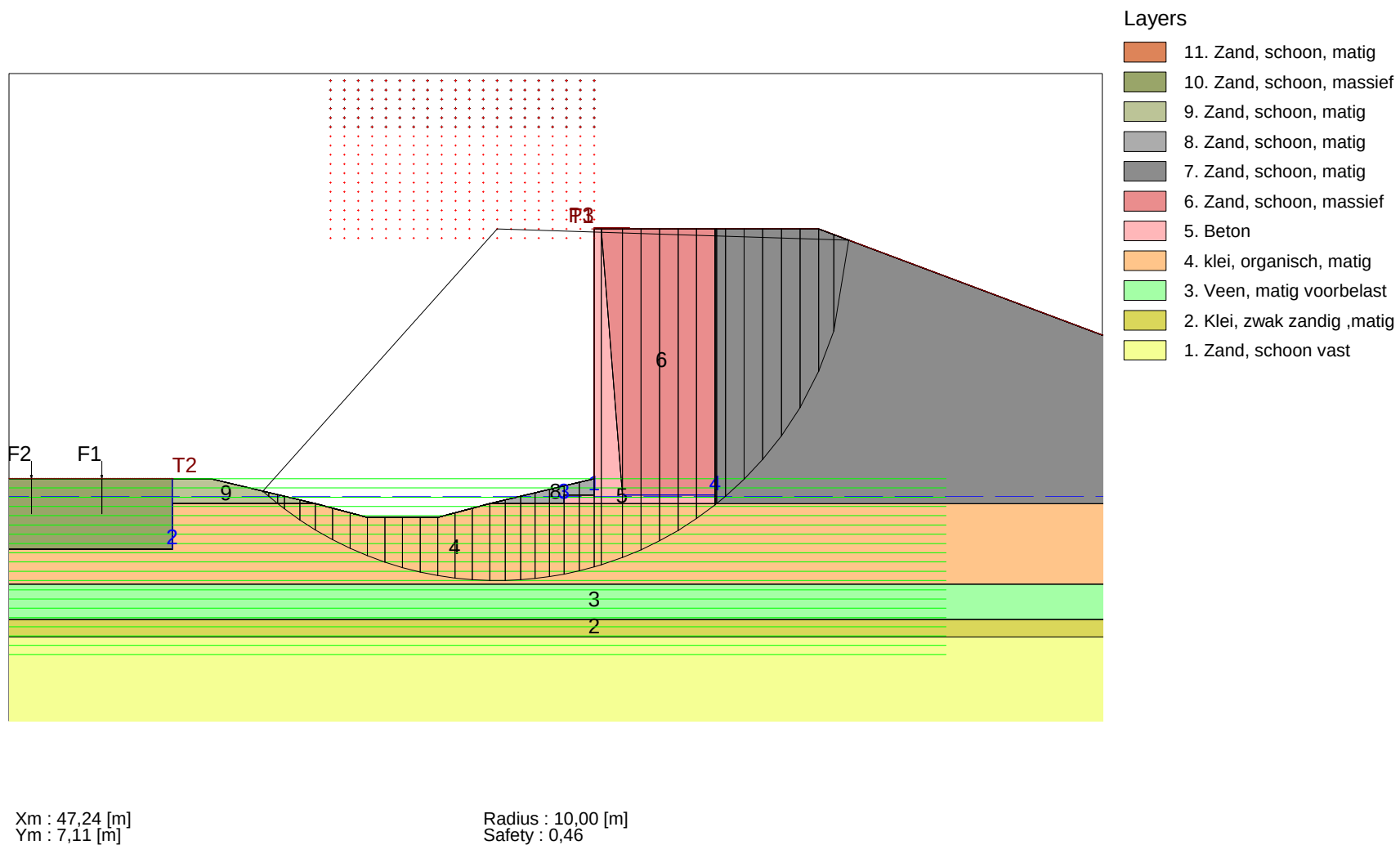
Elektronikaweg 2
2628 XG DELFTPhone
Fax

D-Geo Stability 15.1 : Berekening Variant 3 muur langs weg - L-muur stil

date
24-5-2016

Annex

Critical Circle Bishop



BIJLAGE G.

Berekeningsdocument Gewapende grond



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 3.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	BEREKENING OPZET	2
2.1.	Toetsing verticaal draagvermogen	2
2.1.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	2
2.1.1.1.	Bepalen rekenfactor aan de hand van risicofactor	2
2.1.1.2.	Bepalen belastingen op de constructie.....	4
2.1.1.3.	Bepalen effectieve breedte	6
2.1.2.	Bepalen invloedsdiepte.....	6
2.1.3.	Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand	7
2.1.4.	Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand	9
2.1.5.	Toetsen op doorponzen.....	11
2.1.6.	Toetsen op zijdelings wegpersen	11
2.2.	Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden	12
2.2.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	12
2.2.2.	Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand.....	12
2.2.3.	Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand	12
2.3.	Toetsing algehele stabiliteit	13
2.4.	Toetsing kantelstabiliteit	14
2.5.	Toetsing zakkingen en zakkingsverschillen.....	16
2.5.1.	Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	16
2.5.2.	Berekening spanningsspreiding in de diepte.....	16
2.5.3.	Berekening zakking	16
2.6.	Toetsing van inwendige stabiliteit	17
2.6.1.	Toetsen treksterkte wapening.....	17
2.6.1.1.	Trekkracht ten gevolge van eigen gewicht grond en bovenbelasting $T\gamma$; i; d	17
2.6.1.2.	Trekkracht ten gevolge van een verticale puntlast op een eventueel landhoofd TV; i; d	17
2.6.1.3.	Trekkracht ten gevolge van een horizontale puntlast op een eventueel landhoofd TH; i; d	18
2.6.1.4.	Toetsten aanhechting tussen wapening en grond.....	18
2.6.2.	Toetsen falen van de bekleding.....	18
3.	SITUATIE.....	19
4.	RESULTATEN	20
4.1.	Toetsing verticaal draagvermogen	20
4.1.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	20
4.1.2.	Bepalen invloedsdiepte.....	22
4.1.3.	Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand	22
4.1.4.	Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand	23
4.1.5.	Toetsen op doorponzen.....	23
4.1.6.	Toetsen op zijdelings wegpersen	24
4.2.1.	Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	25
4.2.2.	Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand	26
4.2.3.	Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand	26
4.5.1.	Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak.....	29
4.5.2.	Berekening spanningsspreiding in de diepte	30
4.5.3.	Berekening zakking	30
4.5.4.	D-settlement.....	30
4.5.5.	Boog zakking constructie.....	30
4.6.1.	Toetsen treksterkte wapening.....	31
4.6.2.	Toetsten aanhechting tussen wapening en grond.....	33

4.6.3.	Toetsen falen van de bekleding.....	34
4.6.4.	Invloed van kruip op kantelen constructie	35
5.	UITVOER 0-SITUATIE.....	36
6.	BIBLIOGRAFIE.....	37

BIJLAGEN:

A.	Uitvoer D-stability 0-variant
B.	Wapeningsgegevens
C.	Resultaten variant 1
D.	Resultaten variant 2
E.	Resultaten variant 3

Lijst van symbolen

Latijnse letters

$A_{w,i}$	is het aanhechtingoppervlak grond – wapening per m ² wand = $2 * L_{aanh;i} * f_{dg}$
a	halve strookbreedte [m]
b	is de breedte van het landhoofd
b'	effectieve breedte [m]
b_c, b_q, b_γ	reductiefactoren voor hellende onderzijde van de fundering [-]
$C'_{p,j}$	is de waarde van de primaire samendrukkingsconstante van laag j, geldig voor belastingsverhogingen vanaf de grensspanning. Voor normaal geconsolideerde grond is de grensspanning gelijk aan de aanwezige verticale effectieve spanning.
$C'_{s,j}$	is de waarde van de secundaire samendrukkingsconstante, geldig voor belastingsverhogingen vanaf de grensspanning. Voor normaal geconsolideerde grond is de grensspanning gelijk aan de aanwezige verticale effectieve spanning.
$c'_{gem;d}$	rekenwaarde gewogen gemiddelde cohesie [kN/m ²]
$c'_{u;d}$	rekenwaarde ongedraineerde cohesie [kN/m ²]
D_i	indien $z_i \leq (2d - b)$ dan, $z_i + b$ indien $z_i > (2d - b)$ dan, $\frac{(z_i + b)}{2 + d}$
d	is de afstand van het hart van het landhoofd tot de achterzijde van de bekleding van het gewapende massief
d_j	is de dikte van laag j [m].
e_i	is de excentriciteit van de resultante $R_{v,i;d}$ op de beschouwde laag.
$F_{s;h;d}$	is de rekenwaarde van de horizontale puntlast op het landhoofd [kN/m]
$F_{s;v;d}$	is de rekenwaarde van de verticale puntlast op het landhoofd [kN/m]
f_{aanh}	is de aanhechtingsfactor
f_{dg}	is de dekingsgraad van de wapening, bij geogrids is dit 1
Hd	rekenwaarde horizontale belasting [kN]
H_d	rekenwaarde horizontale belasting op funderingsvlak [kN]
h_i	is de verticale afstand tussen de wapeningslagen ter hoogte van de beschouwde laag [m].
h_{sq}	dikte van de cohesieve laag [m]
i_c, i_q, i_y	reductiefactoren voor de richting van de belasting [-]
K	is de gronddrukfactor [-].
Ka	actieve gronddrukcoëfficiënt
Kp	passieve gronddrukcoëfficiënt
$L_{aanh;i}$	is de lengte waarover de aanhechting optreedt [m]
L_i	is de lengte van de wapening in de beschouwde laag [m].
ℓ	effectieve lengte [m]
N_c, N_q, N_γ	gronddrukfactoren voor cohesie, dekking en grondgewicht [-]
n	aantal lagen j binnen invloedsdiepte [-]
Q	= $\tan(45 - \varphi'/2)/(d + b/2)$
$Rh; d$	rekenwaarde gedraineerde horizontale draagkracht [kN]
$R_{h;d}$	rekenwaarde afschuifweerstand uit wrijving langs funderingsvlak, op basis van minimale verticale belastingen [kN]
$R_{p;d}$	rekenwaarde passieve gronddruk [kN]
$R_{v;d}$	rekenwaarde gedraineerde of ongedraineerde verticale draagkracht [kN]
$R_{v;i;d}$	is de rekenwaarde van de verticale component van de resultante van de krachten door eigengewicht en uitwendige belastingen op het beschouwde deel van het gewapende massief (inclusief belastingfactoren), exclusief de verticale en horizontale puntlasten op het landhoofd.
s_c, s_q, s_γ	reductiefactoren voor de vorm van de fundering [-]
s_1	is de primaire zakking [m].

s_2	is de secundaire zakking [m].
$T_{i;d}$	is de rekenwaarde van de resulterende trekkracht in de beschouwde wapeningslaag [kN/m].
$T_{H;i;d}$	is de rekenwaarde van de trekkracht in de beschouwde wapeningslaag ten gevolge van een horizontale puntlast op het landhoofd (strookfundering) op het gewapende massief [kN/m].
$T_{r;i;d}$	is de rekenwaarde van de sterkte van de wapening [kN/m]
$T_{V;i;d}$	is de rekenwaarde van de trekkracht in de beschouwde wapeningslaag ten gevolge van eigen gewicht grond en bovenbelasting, inclusief excentriciteit door uitwendige belastingen [kN/m].
$T_{\gamma;i;d}$	is de rekenwaarde van de trekkracht in de beschouwde wapeningslaag ten gevolge van eigen gewicht grond en bovenbelasting inclusief excentriciteit door uitwendige belastingen [kN/m].
t	is tijdsduur in dagen. Voor de eindzakking wordt $t = 10.000$ dagen aangehouden
t_0	is de tijdseenheid, $t_0 = 1$ dag.
$V'd$	rekenwaarde effectieve verticale belasting op funderingsvlak [kN]
z	diepte [m]

Griekse letters

α	helling van de wand t.o.v. de verticaal [°]
$\alpha_{1;2}$	hoeken locatie [rad]
α_1	$= \frac{1}{D_i}$
α_2	$= Q * (1 - z_i * Q)$
β	(β_a of β_p) helling van het maaiveld [°]
γ_{aanh}	is de partiële factor
$\gamma'_{gem;d}$	rekenwaarde gewogen gemiddelde effectief volumegewicht [kN/m ³]
$\gamma_j; k$	karacteristieke waarde voor volumiek gewicht bij natuurlijk vochtgehalte van laag j indien boven grondwaterstand, òf verzadigd volumiek gewicht van laag j indien beneden grondwaterstand [kN/m ³]
γ_w	volumegewicht van water [kN/m ³]
γ_γ	partiële factor volumegewicht [-]
δ	wandwrijvingshoek [°]
$\delta'd$	rekenwaarde wrijvingshoek [°]
$\lambda_c, \lambda_q, \lambda_y$	reductiefactoren voor de helling van het maaiveld (dekking) [-]
$\Delta\sigma'_{v;z;d}$	rekenwaarde van de effectieve verticale spanningsverhoging voor een punt op de diepte z [kPa]
$\sigma_{gem;d}$	rekenwaarde van de gelijkmatig verdeelde belasting [kPa]
$\sigma'_{h;i;d}$	is de rekenwaarde van de horizontale gronddruk op de bekleding in de beschouwde laag
$\sigma'_{sq;d}$	rekenwaarde effectieve grondspanning aan bovenzijde cohesieve laag met squeezing [kN/m ²]
$\sigma_{v;i;d}$	is de rekenwaarde van de verticale korrelspanning op de beschouwde laag [kPa]
$\sigma'_{v,max;d}$	rekenwaarde verticaal draagvermogen [kN/m ²]
$\sigma'_{v;z;d}$	dekking aan de lage zijde [kN/m ²]
$\sigma'_{v;z;0;d}$	is de waarde van de verticale effectieve spanning vóór belasten voor het midden van een laag op diepte z [kPa].
φ	hoek van inwendige wrijving [°]

1. INLEIDING

In dit rapport wordt een gewapende grond constructie ontworpen aan de hand van de vooraf bepaalde parameters. Het rapport beschrijft de berekeningsmethode en stappen beschreven die nodig zijn om te bepalen of de constructie kan voldoen in de beschreven situatie. Als eerst wordt de berekeningsmethode beschreven die wordt toegepast om te bepalen of de constructie voldoet. Hierna wordt de situatie beschreven en worden de te gebruiken parameters bepaald waar verder in de berekening mee wordt gewerkt. Als laatste worden de resultaten van de berekeningen gegeven. In dit rapport worden alle berekeningen conform NEN-EN 9997-1 en NEN-EN 1997-1 uitgerekend.

In hoofdstuk 2 zal eerst een opzet van de berekening worden weergegeven en verder in het hoofdstuk zullen alle berekeningen worden uitgelegd. In het hoofdstuk hierna wordt de 0-variant situatie opgezet waarin de berekening van hoofdstuk 4 zullen plaats vinden.

2. BEREKENING OPZET

De berekening zal volgens het volgende stappenplan verlopen:

1. Toetsing verticaal draagvermogen:
 - a. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak;
 - b. Bepaling invloedsdiepte;
 - c. Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand (indien van toepassing);
 - d. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand;
 - e. Toets op doorponsen (indien van toepassing);
 - f. Toets op zijdelings wegpersen (indien van toepassing);
2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden:
 - a. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak;
 - b. Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand (indien van toepassing);
 - c. Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand
3. Toetsing algehele stabiliteit
4. Toetsing kantelstabiliteit
5. Toetsing zakkings en zakkingsverschillen:
 - a. Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak;
 - b. Berekening spanningsspreiding in de diepte;
 - c. Berekening zakking;
6. Toetsing van inwendige stabiliteit
 Bij deze berekening zal er uitgegaan worden van omgeslagen geogrids als wapening.
 - a. Toetsen treksterkte wapening
 - b. Toetsen aanhechting tussen wapening en grond
 - c. Toetsen falen van de bekleding

2.1. Toetsing verticaal draagvermogen

2.1.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

2.1.1.1. Bepalen rekenfactor aan de hand van risicofactor

Eerst moeten de factor worden bepaald die moeten worden toegepast bij de berekeningen, deze wordt bepaald aan de hand van de volgende tabellen:

Tabel 2.a — Indeling constructies volgens NEN-EN 1990:2002/NB:2008

Type constructie / type berekening		Belasting ^a	
		Constructief	Grond
1	Fundering op staal, verificatie beton	B	B
2	Fundering op staal, verificatie geotechnische draagkracht	B	B
3	Paalfundering, moment plus normaalkracht	B	B
4	Paalfundering en damwand: geotechnische draagkracht	B	B
5	Ondergrondse dak/wandconstructies	B	B
6	Taludstabiliteit / overall stabiliteit van de fundering	C	C
7	Damwand op buiging belast	C	C
8	Gewichtsmuur (L-muur, gewapende grondconstructie)	B	C

^a Voor de grootte van de factoren van groep B en C zie tabel A.3 en NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011.

Tabel A.3 — Partiële factoren voor belastingen (γ_F) of belastingseffecten (γ_E)

Belasting		Symbool	Combinatie		
			A1	A2	
				Overig	Damwand
Permanent	Ongunstig	γ_G	1,35 ^{a b c}	1,0	1,0
	Gunstig		0,9	1,0	1,0
Veranderlijk	Ongunstig	γ_Q	1,5 ^b	1,3 ^b	1,1 ^b
	Gunstig		0	0	0

^a Alleen bij kleine veranderlijke belastingen is deze waarde maatgevend, zie vergelijking (6.10a) in NEN-EN 1990:2002. In de andere gevallen wordt gerekend met $\gamma_G \times \xi$, zie vergelijking (6.10b) in NEN-EN 1990:2002, waarvoor, uitgaande van $\xi = 0,89$ geldt $\gamma_G \times \xi = 1,2$. Zie ook de nationale bijlage bij NEN-EN 1990:2002.

^b De hier gegeven waarden gelden voor RC2. Voor RC1 geldt een vermenigvuldigingsfactor van 0,9 en voor RC3 van 1,1. In de kolom damwand geldt dan voor RC1 $\gamma_G = 1,0$ en voor RC3 $\gamma_G = 1,25$.

^c Bij vloeistofdrukken met een fysiek beperkte waarde mag zijn volstaan met 1,2.

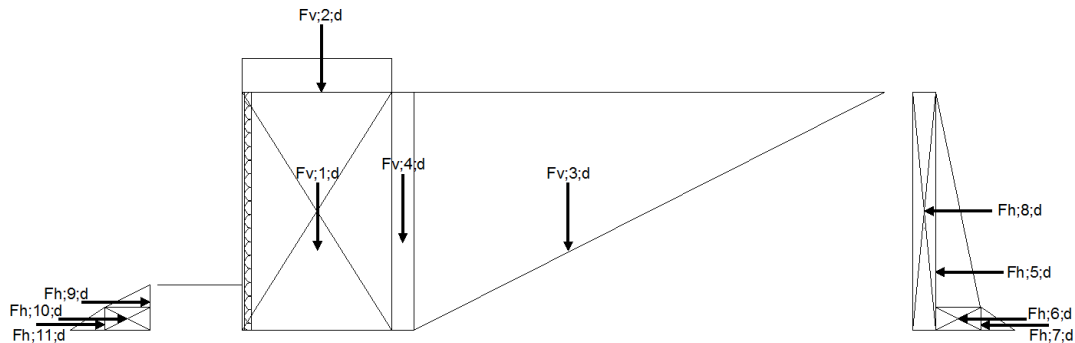
Figuur 2.1: Tabellen met belastingsfactoren (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012)

Parameter	Partiële factor ¹⁾	
	A	B
Belastingfactoren		
eigen gewicht gewapend massief en grond boven gewapend massief	1,2 ²⁾	0,9 ²⁾
gronddruk door eg-grond tegen gewapend massief en landhoofd	1,2	1,2
eigen gewicht landhoofd en brugdek	1,2	0,9
veranderlijke belasting boven massief	1,5	n.v.t.
veranderlijke belasting op brug	1,5	n.v.t.
veranderlijke belasting achter massief	1,5	1,5
horizontale belasting door krimp en kruip	1,2	1,2
horizontale belasting door temperatuur	1,5	1,5
horizontale belasting door remmen	1,5	1,5
Materiaalfactoren (geotechnische constructies, niet zijnde funderingen)		
hoek van inwendige wrijving $\tan\phi'$, $\gamma_{m;\phi}$	1,2 ³⁾	
cohesie c' , $\gamma_{m;c}$	1,5	
ongedraineerde schuifsterkte f_{undr} , $\gamma_{m;fundr}$	1,5	
eigen gewicht grond γ	- ⁴⁾	
Overige factoren		
modelfactor aanhechting γ_{aanh}	1,0	
factor voor gevolgschade γ_{ris} (toepassen aan materiaalkant)		
– weinig gevolgschade (veiligheidsklassen 1 en 2 volgens NEN 6702)	1,0	
– veel gevolgschade (veiligheidsklasse 3 volgens NEN 6702)	1,1	
¹⁾ de gegeven belastingfactoren betreffen veiligheidsklasse 3; door momentaanfactoren (tussen 0,5 en 1,0) bovenop de belastingfactoren kunnen de feitelijke factoren voor bepaalde belastingen lager zijn dan hier vermeld, zie NEN 6702 ²⁾ bij de controle van diepe glijvlakken (Bishop en dergelijke) kan worden aangehouden $\gamma_{f,g} = 1,0$ zie NEN 6702 art. 5.2.3 ³⁾ in afwijking van BS 8006 wordt uitgegaan van ϕ'_{cv} in plaats van ϕ'_{peak} , zie en bijlage bij bijlage A ⁴⁾ voor het gewicht van de grond wordt een belastingfactor gebruikt zodat geen afzonderlijke materiaalfactor benodigd is		

Figuur 2.2: Tabel met belastingsfactoren CUR (CBS CUR, 2000)

2.1.1.2. Bepalen belastingen op de constructie

In het volgende figuur worden de horizontale en verticale krachten die op de constructie werken getoond. Deze worden berekend als "Situatie A", dit betekend dat er gerekend wordt met een maximale verticale belasting en een maximale horizontale belasting.



Figuur 2.3: Belastingen op de grondmassief

Verwaarlozing in gewicht massief

Bij $F_{v,1;d}$ wordt het gewicht van het gewapende massief uitgerekend, dit wordt alleen gedaan met het gewicht van het zand waar het massief uit bestaat. Dit betekend dat het gewicht van de drainage koffer en de wapening niet wordt meegenomen. De gewicht van de wapening wordt niet meegenomen omdat de invloed hiervan zo klein is dat hij te verwaarlozen is. De drainagekoffer wordt van grind gemaakt, dit heeft dezelfde of zelfs betere waarde dan zand. Dit betekend dat daarom de drainagekoffer wordt verwaarloost en in de berekening alleen zand wordt gebruikt.

Verwaarlozing in horizontale kracht

Op de constructie kunnen ook externe horizontale krachten werken, zoals de krachten van het landhoofd. Een van deze horizontale krachten die invloed zou kunnen hebben op de constructie is windzuiging. Deze horizontale kracht wordt weggelaten bij de constructie omdat hij ook niet wordt gebruikt in de berekeningen van de andere constructies. Echter kan de constructie windzuiging of windlasten ondervinden gezien wanneer de constructievorm als landhoofd wordt gebruikt.

Voor het berekenen van de belastingen zijn de K-waarden van de grond nodig. Deze worden op de volgende manier berekend:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha * \left[1 + \frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta_a)}{\cos(\varphi - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta_a)} \right]^2} \quad \text{Vergelijking GG 1}$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha * \left[1 - \frac{\sin(\varphi - \delta_p) * \sin(\varphi + \beta_p)}{\cos(\delta_p - \alpha) * \cos(\alpha + \beta_p)} \right]^2} \quad \text{Vergelijking GG 2}$$

Tabel 2.1: Te bepalen krachten op het gewapende grond massief

Belastingen op constructie			
Eigen gewicht van gewapend massief	$F_{v,1;d}$	$Factor * A_{massief} * \gamma_{grond}$	Vergelijking GG 3
Veranderlijke belasting boven massief	$F_{v,2;d}$	$Factor * b_{massief} * q_1$	Vergelijking GG 4
Gronddruk tegen achterzijde massief	$F_{v,3;d}$	$Factor * K_a * \left(\sum \gamma_{grond} * h \right)$	Vergelijking GG 5

Q-last achter het massief	$F_{v;4;d}$	$Factor * K_a * q_2$	Vergelijking GG 6
Actieve droge gronddruk achter massief Δ	$F_{h;5;d}$	$Factor * K_a * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking GG 7
Actieve droge gronddruk achter massief $\square$	$F_{h;6;d}$	$Factor * K_a * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking GG 8
Actieve natte gronddruk achter massief Δ	$F_{h;7;d}$	$Factor * K_a * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking GG 9
Actieve q-last achter massief	$F_{h;8;d}$	$Factor * K_a * b_{q-last} * q_2$	Vergelijking GG 10
Passieve droge gronddruk tegen massief Δ	$F_{h;9;d}$	$Factor * K_p * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking GG 11
Passieve droge gronddruk tegen massief $\square$	$F_{h;10;d}$	$Factor * K_p * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking GG 12
Passieve natte gronddruk tegen massief Δ	$F_{h;11;d}$	$Factor * K_p * 0.5 * h * \gamma_{grond}$	Vergelijking GG 13

2.1.1.3. Bepalen effectieve breedte

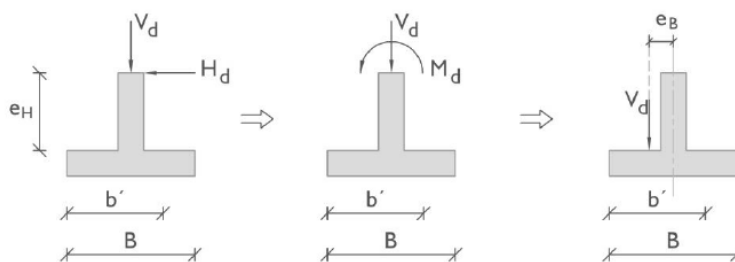
Met de bepaalde krachten kan vervolgens de waarde voor V_d en H_d worden berekend en op welke afstand ze liggen van het kantelpunt. Dit wordt gedaan door bij elk van de bovenstaande krachten de arm te bepalen van de kracht ten opzichte van het kantelpunt. Vervolgens kan dan de effectieve breedte worden bepaald, gezien het om een doorlopende grondmassa gaat, wordt het gezien als een strookfundering en wordt er gerekend met een effectieve lengte van een meter.

$$b' = B - 2 * e_b$$

Vergelijking GG 14

$$e_b = \frac{H_d * e_H}{V_d}$$

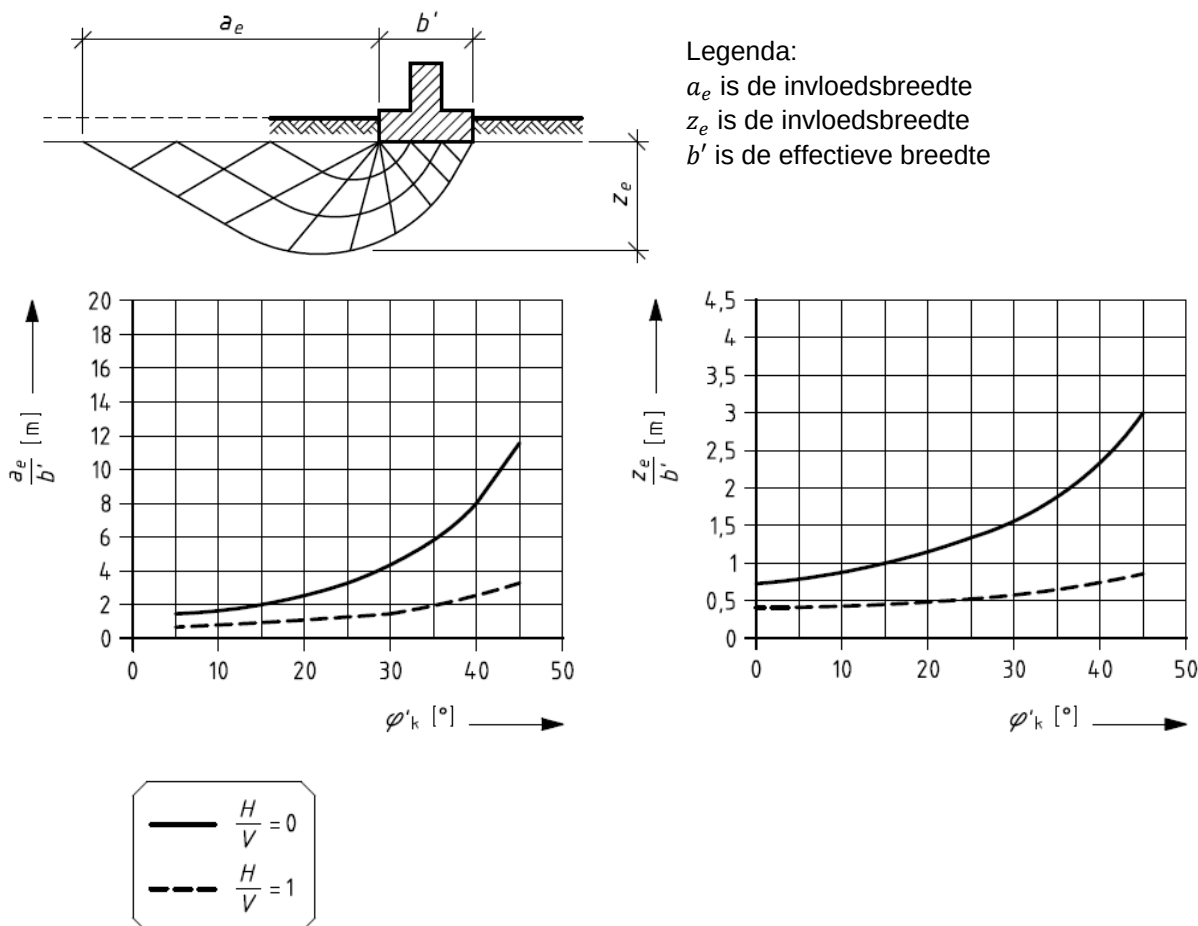
Vergelijking GG 15



Figuur 2.4: Ontstaan van de excentriciteit door horizontale kracht

2.1.2. Bepalen invloedsdiepte

Het bepalen van de invloedsdiepte en invloedsbreedte wordt gedaan via de grafieken in figuur 2.5 aan de hand van de effectieve hoek van inwendige wrijving. Aan de hand van deze grafieken zijn ook tabellen opgesteld waarmee de juiste waarde kan worden gevonden.



Figuur 2.5: Grafieken voor bepalen van invloedsbreedte en invloedsdiepte
 Bijlage G. - Berekening document gewapende grond v2.docx

ϕ'_k	a_e/b'	
	$H/V = 1$	$H/V = 0$
5	0,65	1,25
10	0,77	1,57
15	0,92	1,99
20	1,10	2,53
25	1,33	3,27
30	1,62	4,29
35	2,01	5,77
40	2,53	8,01
45	3,27	11,61

ϕ'_k	z_e/b'	
	$H/V = 1$	$H/V = 0$
0	0,40	0,70
5	0,41	0,77
10	0,44	0,88
15	0,47	1,00
20	0,50	1,16
25	0,54	1,35
30	0,59	1,59
35	0,65	1,90
40	0,73	2,33
45	0,84	2,95

Figuur 2.6: Tabellen voor bepalen invloedsbreedte en invloedsdiepte

Doormiddel van interpolatie kan de juiste waarde worden gevonden voor de effectieve hoek van inwendige wrijving. Er wordt geïnterpoleerd om de juiste hoek te bepalen en daarna tussen 1 en 0 om de juiste $\frac{a_e}{b'}$ of $\frac{z_e}{b'}$ te vinden.

Aan de hand van de invloedsdiepte kunnen er voor de ondergrond gewogen gemiddelde van de rekenwaarden van de sterkteparameters worden bepaald. Dit wordt bepaald doormiddel van de volgende formules:

$$\phi'_{gem;d} = \frac{\sum_i^n \phi'_i * h_i * z_i}{\sum_i^n h_i * z_i} \quad \text{Vergelijking GG 16}$$

$$c'_{gem;d} = \frac{\sum_i^n c'_i * h_i * z_i}{\sum_i^n h_i * z_i} \quad \text{Vergelijking GG 17}$$

$$\gamma'_{gem;d} = \frac{\sum_i^n \gamma'_i * h_i * z_i}{\sum_i^n h_i * z_i} \quad \text{Vergelijking GG 18}$$

2.1.3. Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand

Deze vorm van toetsing hoeft alleen te worden toegepast bij cohesieve grondlagen, waar tijdens en na het toepassen van de belasting wateroverspanningen ontstaan. Op basis van de grondlagen die gevonden worden binnen de invloedsdiepte, kan er een van de volgende gevallen optreden:

- **Geval a:** Er is een homogene ondergrond, als deze niet uit een cohesieve grondlaag bestaat, kan deze berekening worden overgeslagen.
- **Geval b:** meerdere lagen met direct onder het funderingsvlak een cohesieve laag, gevolgd door niet-cohesieve lagen: middeling van sterkteparameters is niet toegestaan, de cohesieve laag dient te worden beschouwd als één oneindig diepe laag over de gehele invloedsdiepte (voor stroken met $l'/b' > 10$ en een stijvere laag met $\phi'_k \geq 27,5^\circ$ onder de slappe laag binnen de invloedszone mag de draagkracht zijn berekend met squeezezen, zie hoofdstuk 3.1.6)
- **Geval c:** meerdere lagen met direct onder het funderingsvlak een niet-cohesieve laag, gelegen op een cohesieve laag: er dient te worden uitgegaan van de slappste grondlaag binnen de invloedsdiepte (de berekening uit hoofdstuk 3.1.5 kan hier worden gebruikt (doorponsen)).

Voldoet de ondergrond niet aan een van deze gevallen dan kan de ongedraineerde toestand worden berekend met:

$$\sigma'_{v,max;d} = (\pi + 2) * c_{u;d} * s_c * i_c * \lambda_c + \sigma'_{v,z;d} * \lambda_q \quad \text{Vergelijking GG 19}$$

$$R_d = \sigma'_{v,max;d} * b' \quad \text{Vergelijking GG 20}$$

$$V_d < R_d \quad \text{Vergelijking GG 21}$$

Omdat keermuren als strookfunderingen gelden, wordt de waarde van $s_c = s_q = i_c = i_q = 1.0$

Om de laagspanning te bepalen wordt er gerekend met:

$$\sigma'_{v,z;d} = \sum_{j=1}^{j=n} d_j * \left(\frac{\gamma_{j,k}}{\gamma_r} - \gamma_w \right) \quad \text{Vergelijking GG 22}$$

Voor de reductiefactoren ten gevolgen van een maaiveldhelling geldt:

$$\lambda_c = 1 - 0.4 * \tan \beta \quad \text{Vergelijking GG 23}$$

$$\lambda_q = (1 - \tan \beta)^{1.9} \quad \text{Vergelijking GG 24}$$

2.1.4. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand

Op basis van de aanwezige grondlagen binnen de invloedsdiepte kunnen de volgende gevallen worden onderscheiden.

- geval a: één laag, homogene ondergrond;
- geval b: meerdere lagen, waarbij het verschil tussen hoogste en laagste waarde van $\varphi'k \leq 6^\circ$, hierbij dient de draagkracht te zijn berekend met gewogen parameters voor φ' , c' en γ'
- geval c: meerdere lagen waarbij het verschil tussen hoogste en laagste waarde van $\varphi'k > 6^\circ$, hierbij dient zowel een draagkrachtberekening volgens geval b als volgens geval c (met doorponsen, hoofdstuk 3.1.6) te worden berekend, waaruit de maatgevende draagkracht dient te worden bepaald.

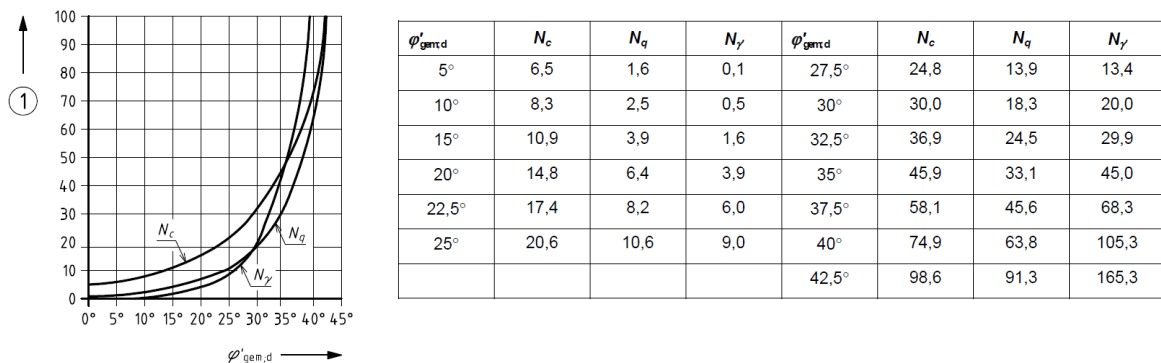
Deze toets wordt gedaan doormiddel van:

$$\sigma'_{v,max} = c'_{gem;d} * N_c * s_c * i_c * b_c * \lambda_c + \sigma'_{v;z;d} * N_q * S_q * i_q * b_c * \lambda_q + 0,5 * b' * \gamma'_{gem;d} * N_\gamma * s_\gamma * i_\gamma * b_y * \lambda_y \quad \text{Vergelijking GG 25}$$

$$R_{v;d} = \sigma'_{v,max;d} * b' * l' \quad \text{Vergelijking GG 26}$$

$$R_{v;d} > V_d \quad \text{Vergelijking GG 27}$$

De draagkrachtfactoren N_c, N_q, N_γ worden bepaald door de $\varphi'_{gem;d}$ in te vullen bij de grafiek en de tabel in figuur 2.7. Hierbij moet er geïnterpoleerd worden om de juiste waarden voor N_c, N_q, N_γ te vinden.



Figuur 2.7: Grafiek en tabel voor bepaling N_c, N_q, N_γ

Omdat gewapende grond constructies als strookfunderingen gelden, wordt de waarde van $s_c = s_q = s_\gamma = 1.0$

De reductiefactoren ten gevolge van de horizontale kracht H_d worden als volgt bepaald:

$$i_c = \frac{i_q * N_q - 1}{N_q - 1} \quad \text{Vergelijking GG 28}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.7 * H_d}{V_d + b' * l' * c'_{gem;d} * \cot \varphi'_{gem;d}} \right)^3 \quad \text{Vergelijking GG 29}$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H_d}{V_d + b' * l' * c'_{gem;d} * \cot \varphi'_{gem;d}} \right)^3 \quad \text{Vergelijking GG 30}$$

De reductiefactoren ten gevolge van de maaiveldhelling β (in graden) worden als volgt bepaald:

$$\lambda_c = \frac{N_q * e^{-0.0349 * \beta * \tan \varphi'_{gem;d}} - 1}{N_q - 1}$$

Vergelijking GG 31

$$\lambda_q = (1 - \tan \beta)^{1.9}$$

Vergelijking GG 32

$$\lambda_y = (1 - 0.5 * \tan \beta)^6$$

Vergelijking GG 33

De reductiefactoren ten gevolge van een hellende onderkant van de fundering worden als volgt bepaald:

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c * \tan \varphi'_{gem;d}}$$

Vergelijking GG 34

$$b_q = b_y = (1 - \alpha * \tan \varphi'_{gem;d})^2$$

Vergelijking GG 35

2.1.5. Toetsen op doorpensen

Bij deze toetsing moet het funderingsvlak naar de tweede laag worden gebracht waardoor er dus extra dekking ontstaat. Dit hoeft echter alleen gedaan te worden wanneer er een verschil van 6° in de φ'_{rep} tussen de lagen binnen de invloedzone wordt gevonden.

Wanneer dit wordt gevonden, moet er aan de hand van een lastspreiding van 8° een fictief funderingsvlak worden uitgerekend. Dit fictieve funderingsvlak bevindt zich dan op de onderzijde van de sterkere laag. Hierbij wordt dus de sterkere laag gebruikt als extra dekking bij het funderen op de zwakkere laag. De sterkere laag wordt ook gebruikt als verticale belasting met het gemiddelde tussen B_{pons} en de breedte van de grond constructie, deze belasting wordt berekend in RC2.

Door de verandering in de verticale kracht, treedt er ook een verandering op in het effectieve oppervlakte van de constructie. Dit leidt dus tot een andere b' , en deze moet dus opnieuw worden bepaald. De laag wordt vervolgens getoetst met de formules in hoofdstuk 3.1.4 of hoofdstuk 3.1.3.

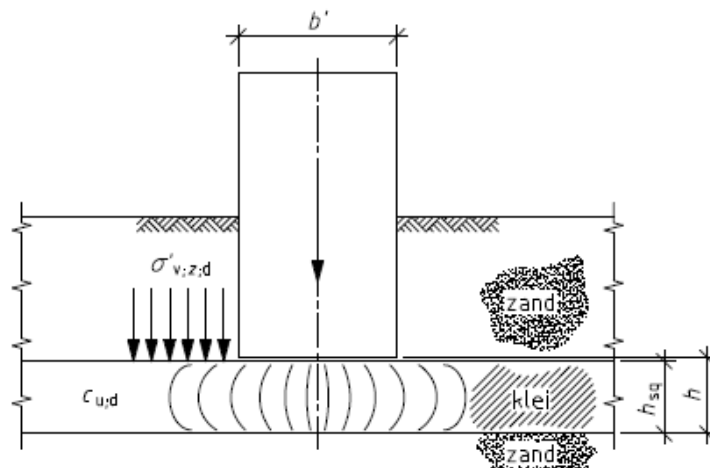
2.1.6. Toetsen op zijdelings wegpersen

Bij deze toetsing wordt er gekeken of de zwakkere laag die tussen twee sterkere lagen ligt binnen de invloedsdiepte, naar buiten wordt gedrukt. Deze berekening moet worden gedaan zodra er een cohesieve laag zich binnen de invloedsdiepte bevindt. De horizontale draagkracht van de laag wordt bepaald via de volgende formule:

$$\sigma'_{sq;d} = \sigma'_{v;z;d} + c_{u;d} * \left((\pi + 2) + \frac{b'}{h_{sq}} \right) \quad \text{Vergelijking GG 36}$$

$$R_{v;d} = \sigma'_{sq;d;strook} * b' \quad \text{Vergelijking GG 37}$$

$$V_d < R_{v;d} \quad \text{Vergelijking GG 38}$$



Figuur 2.8: Werking squeezing

2.2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden

2.2.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

Voor het toetsen van het horizontaal afschuiven wordt een ander belastingsmodel gebruikt dan bij het toetsen van de draagkracht. Dit model wordt met "Situatie B" berekend en hierin wordt de verticale kracht minimaal genomen en horizontaal maximaal aangenomen. Aan de hand van de nieuwe belastingen kan de berekening in hoofdstuk 3.1.1 voor "Situatie B" worden berekend. Aan de hand van de verticale belasting verandert ook de effectieve breedte van de constructie en deze zal opnieuw moeten worden bepaald.

2.2.2. Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand

Deze toetsing moet worden gedaan wanneer de constructie gefundeerd is op een cohesieve laag. Het horizontale draagvermogen wordt berekend door het ongedraineerde horizontale draagkracht en passieve gronddruk bij elkaar op te tellen. Dit wordt gedaan op basis van het effectieve funderingsvlak:

$$H_d < R_{h;d} + R_{p;d} \quad \text{Vergelijking GG 39}$$

$$R_{h;d} = c_{u;d} * b' * l' \quad \text{Vergelijking GG 40}$$

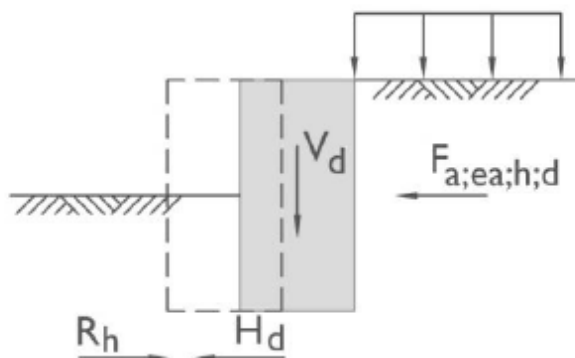
Wanneer water of lucht het contactvlak tussen fundering en een klei laag kan bereiken, moet er de volgende controle worden uitgevoerd:

$$R_{h;d} \leq 0.4 * V_d \quad \text{Vergelijking GG 41}$$

2.2.3. Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand

De toetsing in gedraineerde toestand moet worden berekend doordat de wrijvingen die optreden door het gewicht van de constructie een tegenkracht genereren aan de horizontale kracht. Ook hierbij wordt de passieve gronddruk in rekening gebracht. Als er echter sprake is van strenge eisen voor de verplaatsing van de constructie, kan de passieve gronddruk weg gelaten worden. De afschuifweerstand wordt als volgt berekend:

$$R_d = V'_d * \tan \delta_a \quad \text{Vergelijking GG 42}$$



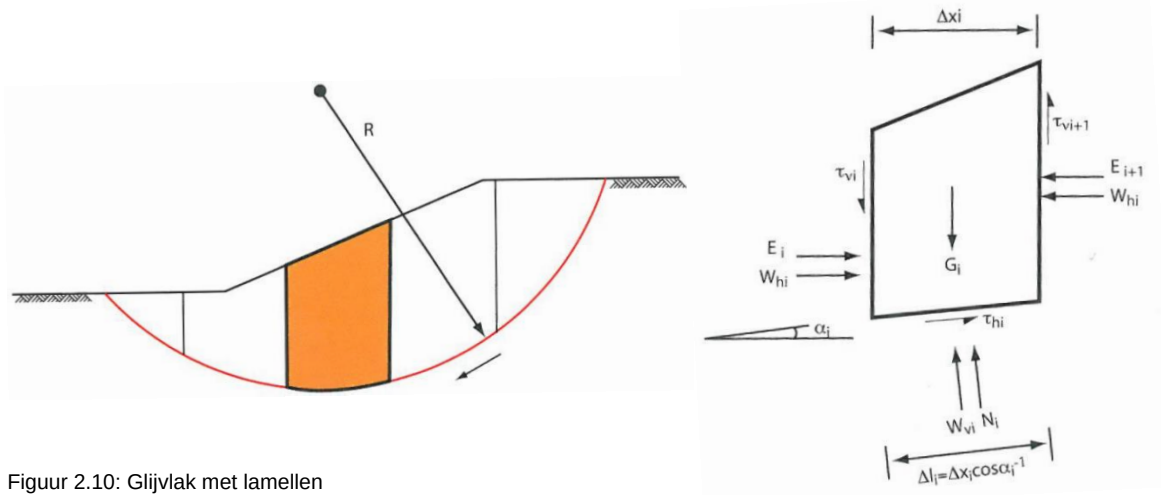
Figuur 2.9: Horizontaal afschuiven van de keermuur

Vervolgens moet de toetsing worden voltooid door de passieve gronddruk bij de afschuifweerstand worden opgeteld door:

$$H_d < R_{h;d} + R_{p;d} \quad \text{Vergelijking GG 43}$$

2.3. Toetsing algehele stabiliteit

Voor het bereken van de stabiliteit van de constructie wordt er gebruikt gemaakt van de methode van Bishop. De stabiliteit wordt gewaarborgd wanneer het aandrijvende moment kleiner is dan het weerstandsmoment. Deze methode berekent deze momenten door het oppervlak van het gebied boven de glijcirkel te verdelen, met radius R, in lamellen van een bepaalde breedte.



Figuur 2.10: Glijvlak met lamellen

Bij elke lamel worden de grond eigenschappen, effectieve spanning en waterspanningen berekend, zodat hiermee een gewicht kan worden berekend. In **Figuur 4.4** kunnen alle krachten die werken op een lamel gezien worden.

Aan de hand van deze gewichten en afstanden kunnen er momenten worden berekend. Het aandrijvende moment wordt berekend met de volgende 3 formules.

Aandrijvend moment ten gevolge van het gewicht van de lamel:

$$M_S = \sum_{i=1}^n \gamma_i * h_i * \Delta x_i * r \quad \text{Vergelijking GG 44}$$

Aandrijvend moment ten gevolge van het gewicht van het water van de lamel:

$$M_S = \sum_{i=1}^n W_{vi} * \Delta l_i + W_{vi} * h + M_{extra} \quad \text{Vergelijking GG 45}$$

Aandrijvend moment ten gevolge van de krachten op de lamel:

$$M_L = \sum_{i=1}^{n_L} F * r \quad \text{Vergelijking GG 46}$$

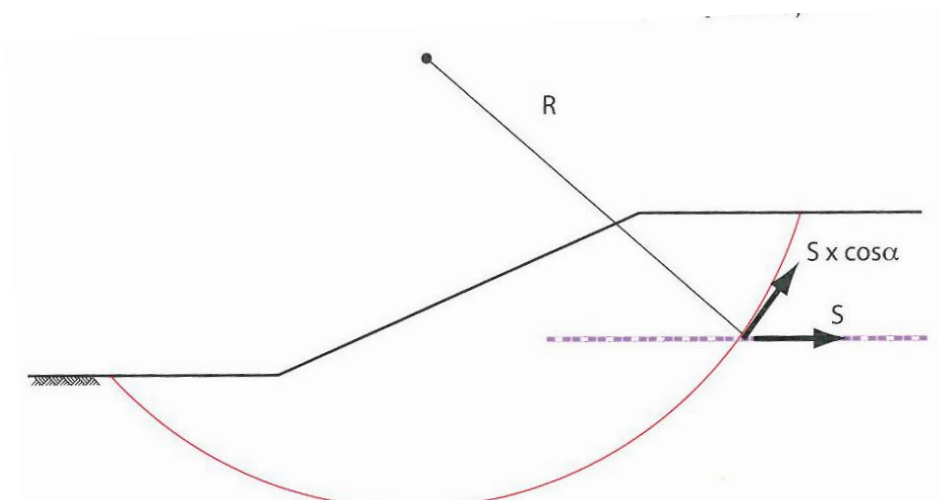
Het weerstandsmoment wordt ontstaat door de wrijvingskracht van de grond en door een kracht die kan worden ingebracht door het aanbrengen van geotextiel, **Figuur 4.5**, deze wordt berekend met de volgende formules:

Weerstandsmoment ten gevolge van de grond:

$$M_R = R \sum_{i=1}^n \tau * L \quad \text{Vergelijking GG 47}$$

Weerstandsmoment Ten gevolge van het geotextiel in de glijcirkel:

$$M_G = R * S * \cos \alpha \quad \text{Vergelijking GG 48}$$



Figuur 2.11: Invloed van geotextiel op de glijcirkel

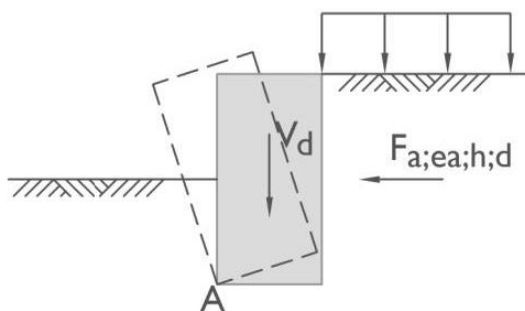
Het controleren van een glijcirkelanalyse die de hele situatie in acht neemt wordt gedaan met behulp van D-Geo stability of Plaxis. Bij deze toetsing moet ook een controle worden gedaan voor de mogelijkheid dat er een goot wordt gegraven voor kabels en leidingen in de invloedsbreedte van de constructie. Deze kan invloed uitoefenen op de stabiliteit van de constructie, als afmeting moet voor de goot een diepte van 0.80 meter en een breedte van 1.20 meter worden aangehouden.

2.4. Toetsing kantelstabiliteit

Het kantelen van de constructie kan ook optreden door de aandrijvende krachten achter de constructie. Bij deze toetsing moet het stabiliserende moment dat wordt veroorzaakt door de verticale kracht groter zijn dan het activerende moment dat wordt gecreëerd door de horizontale kracht. Dit wordt op de volgende manier getoetst:

$$M_V - M_h > 0$$

Vergelijking GG 49

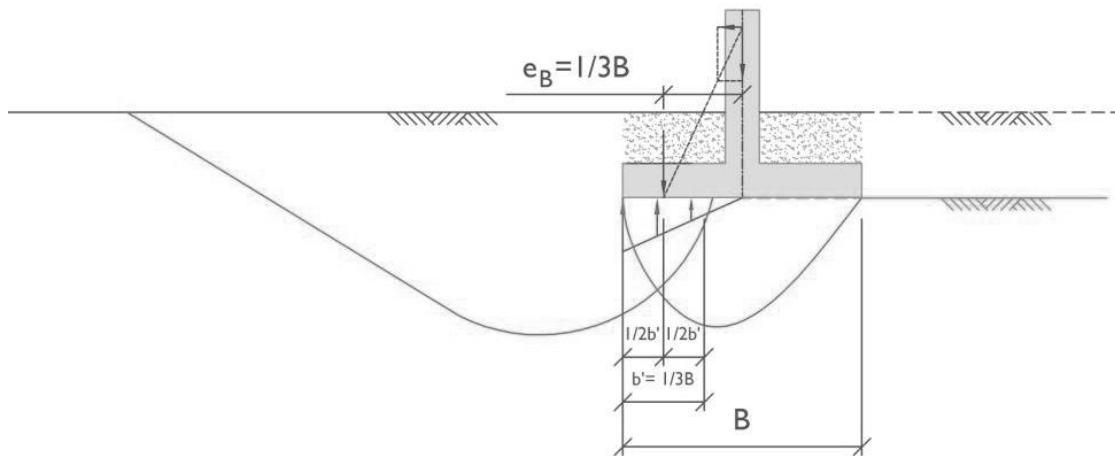


Figuur 2.12: Kantelen van de keermuur

Meestal is deze controle niet nodig omdat bij een grondkerende constructie de kantelstabiliteit vrijwel verzekerd is wanneer er over de gehele voet contactdruk blijft optreden.

Wanneer de effectieve breedte kleiner is dan $\frac{2}{3} * B$, dan zal er een kier ontstaan onder de constructie. De berekening uit hoofdstuk 3.1.4 zal dan moeten worden herhaald voor de BGT en de daarbij behorende factoren.

Als hierna in de UGT "Situatie A" de effectieve breedte kleiner is dan $\frac{1}{3} * B$, dan moet de draagkracht ook op de volgende manier worden beschouwd:



Figuur 2.13: Glijvlakken die ontstaan bij spleet tussen de kering en de grond

Hierbij ontstaat er een glijvalk onder de fundering en moet de draagkracht via de berekening uit hoofdstuk 3.1.4 herhaald worden. Hierbij wordt de dekking op nul ingesteld en worden de waarden $i_c = i_q = i_\gamma = 1.0$.

Wanneer zowel de BGT "Situatie C" als de UGT "Situatie A" moet worden gecontroleerd, geldt de kleinste draagkracht waarde van de twee glijvlakken.

Verwaarlozing 2^{de} orde moment

Door het optreden van kruip in de geotextielen wapening kan de facing van de constructie verplaatsten in horizontale richting. Hierdoor zal er deel van het verticale gewicht van de constructie zich aan de andere kant van de constructie bevinden. Hierdoor neemt het positieve moment af en het negatieve moment neemt toe. Hierdoor kan er een tweede orde moment ontstaan, er is echter niet genoeg informatie over. Omdat het onderzoeken van het mogelijk optreden van deze vorm van vervorming te lang zal duren wordt deze verwaarloost in dit onderzoek.

2.5. Toetsing zakkings en zakkingsverschillen

2.5.1. Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak

De belastingen die voor de zakkings worden gebruikt zijn de belastingen uit "Situatie C". Aan de hand van de krachten wordt het effectieve funderingsvlak vastgesteld. Vervolgens kan dan de gemiddelde funderingsdruk als volgt worden berekend:

$$\sigma_{gem;d} = \frac{V_d}{A'_{mom}} \quad \text{Vergelijking GG 50}$$

2.5.2. Berekening spanningsspreiding in de diepte

Voordat er kan worden berekend welke spanningen er optreden ten hoogte van de laag, moet er eerste worden gekeken met welk oppervlak de laag invloed heeft op de draagkracht van de constructie. Dit wordt voor de gewapende grond constructie berekend met:

$$\Delta\sigma'_{v;z;d} = \frac{\sigma_{gem;d}}{\pi} * [(\alpha_1 - \alpha_2) + \sin \alpha_1 * \cos \alpha_1 - \sin \alpha_2 * \cos \alpha_2] \quad \text{Vergelijking GG 51}$$

$$\alpha_1 = -\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{a}{z} \right) \quad \text{Vergelijking GG 52}$$

2.5.3. Berekening zakking

De eindzakking van funderingen op staal wordt berekend uit drie verschillende zettingen:

- $s_{0;d}$ zakking door schuifvorming [m]
- $s_{1;d}$ primaire zakking [m]
- $s_{2;d}$ seculaire zakking [m]

Volgens NEN-EN 9997-1 is de zakking door schuifvorming $s_{0;d}$ te verwaarlozen. De primaire en secundaire zettingen zijn als volgt te berekenen:

$$s_1 = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{1}{C'_{p;j}} * d_j * \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z;0;d} + \Delta\sigma'_{v;z;d}}{\sigma'_{v;z;0;d}} \right) \quad \text{Vergelijking GG 53}$$

$$s_2 = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{1}{C'_{s;j}} * d_j * \log \left(\frac{t}{t_0} \right) * \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z;0;d} + \Delta\sigma'_{v;z;d}}{\sigma'_{v;z;0;d}} \right) \quad \text{Vergelijking GG 54}$$

2.6. Toetsing van inwendige stabiliteit

2.6.1. Toetsen treksterkte wapening

Als wapening worden er geogrids berekend, om de treksterkte van geogrids te bepalen zijn er vijf verschillende reductiefactoren waar men rekening mee moet houden. Vier van deze reductiefactoren worden bepaald in laboratoriumproeven, deze worden door de fabrikanten van de grids uitgevoerd gezien dit zeer langdurige proeven zijn. De fabrikant levert bij het product de juiste reductie waarde die op zijn product moeten worden toegepast.

Voor het toetsen van de treksterkte van de wapening, moet de optredende trekkracht ten gevolge van de belastingen worden berekend. Er wordt vervolgens gekeken of de gekozen wapeningstype sterker is dan de optredende spanning.

$$T_{i;d} \leq T_{r;i;d} \quad \text{Vergelijking GG 55}$$

De optredende trekkracht in de wapeningslaag i met als voorwaarde dat het massief uit cohesieloze grond bestaat wordt als volgt berekend:

$$T_{i;d} = T_{\gamma;i;d} + T_{v;i;d} + T_{H;i;d} \quad \text{Vergelijking GG 56}$$

2.6.1.1. Trekkracht ten gevolge van eigen gewicht grond en bovenbelasting $T_{\gamma;i;d}$

Deze trekkracht wordt opgewekt door de verticaal werkende krachten die worden uitgeoefend op de wapeningslaag. $T_{\gamma;i;d}$ wordt als volgt bepaald:

$$T_{\gamma;i;d} = K * h_i * \sigma_{v;i;d} \quad \text{Vergelijking GG 57}$$

$$\sigma_{v;i;d} = \frac{R_{v;i;d}}{(L_i - 2 * e_i)} \quad \text{Vergelijking GG 58}$$

2.6.1.2. Trekkracht ten gevolge van een verticale puntlast op een eventueel landhoofd $T_{v;i;d}$

De rekenwaarde van de trekkracht in de wapeningslaag ten gevolgen van een verticale puntlast op een eventueel aanwezig landhoofd. Deze wordt bepaald met de volgende formule:

$$T_{v;i;d} = K * h_i * \alpha_1 * F_{s;v;d} \quad \text{Vergelijking GG 59}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{D_i} \quad \text{Vergelijking GG 60}$$

$$D_i = \begin{cases} \text{indien } z_i \leq (2d - b) \text{ dan, } z_i + b \\ \text{indien } z_i > (2d - b) \text{ dan, } \frac{(z_i + b)}{2 + d} \end{cases} \quad \text{Vergelijking GG 61}$$

2.6.1.3. Trekkraft ten gevolge van een horizontale puntlast op een eventueel landhoofd $T_{H;i;d}$

De rekenwaarde van de trekkraft in de wapeningslaag ten gevolge van een horizontale puntlast op het een eventueel aanwezig landhoofd. De wordt bepaald met de volgende formule:

$$T_{H;i;d} = 2 * h_i * \alpha_2 * F_{S;h;d} \quad \text{Vergelijking GG 62}$$

$$\alpha_2 = Q * (1 - z_i * Q) \quad \text{Vergelijking GG 63}$$

$$Q = \tan(45 - \varphi'/2)/(d + b/2) \quad \text{Vergelijking GG 64}$$

2.6.1.4. Toetsten aanhechting tussen wapening en grond

Per wapeningslaag moet worden gecontroleerd of er voldoende wapeningslengte is om de berekende trekkraft $T_{i;d}$ over te brengen naar de grond. Dit wordt gedaan door:

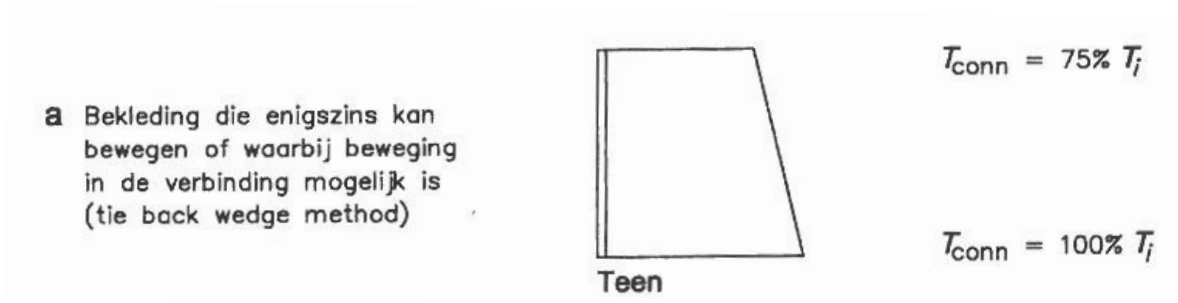
$$T_{i;d} \leq T_{r;aanh;i;d} \quad \text{Vergelijking GG 65}$$

De aanhechting tussen grond en wapening ontstaat door schuifspanning aan de boven en onderkant van de wapening. De aanhechtingskracht wordt berekend met:

$$T_{r;aanh;i;d} = f_{aanh} * \sigma'_{v;i;d} * A_{w;i}/\gamma_{aanh} \quad \text{Vergelijking GG 66}$$

2.6.2. Toetsen falen van de bekleding

De bekleding van de constructie wordt berekend met een vermindering van de krachten, zoals weergegeven in figuur 2.12.



Figuur 2.14: Herverdeling van de kracht volgens CUR 198 (CBS CUR, 2000)

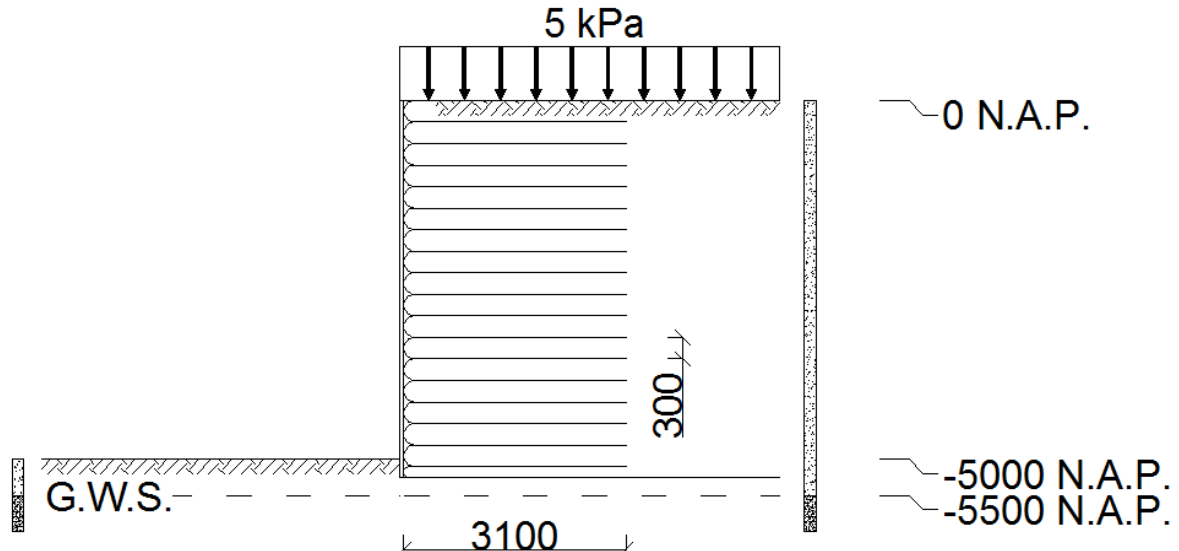
Omdat er gerekend wordt met omgeslagen geogrids, mag er gerekend worden met de volgende formules:

$$\sigma'_{h;i;d} = T_{i;d}/h_i \quad \text{Vergelijking GG 67}$$

$$T_{b;i;d} = 0.5 * h_i * \sigma'_{h;i;d} \quad \text{Vergelijking GG 68}$$

3. SITUATIE

Voor deze berekening is een fictieve situatie opgezet, waarin de constructie in een situatie is geplaatst waarin hij niet veel gevaar loopt om te bezwijken. Dit betekent dat de berekening wordt gedaan in een situatie waarin alleen zand voorkomt.



Figuur 3.1: Overzicht situatie

De gewapende grond constructie heeft een kerende hoogte van 5 meter, door gebruik te maken van de tabellen die worden gebruikt in CUR 198 (CBS CUR, 2000), en een breedte van 3.1 meter. De inbeddingsdiepte ook bepaald door de tabellen wordt in deze situatie 0.25 meter. Het eigengewicht van het gewapende massief wordt berekend met een volumegewicht van schoon, matig grof zand van $\gamma_{zand} = 18 \text{ kN/m}^3$, voor de grondwrijving wordt $\delta' = \frac{2}{3} * \varphi'$ aangehouden. De muur wordt gefundeerd op N.A.P. -5.25 meter en er is een grondwaterstand die op N.A.P. -5.5 meter ligt. Het kantelpunt van de constructie ligt op de hak 5.25 meter beneden het maaiveld.

Op de constructie wordt een bovenbelasting aangehouden van 5 kN/m^2 in verband met voetgangers. Er zijn geen hellingen in het gebied die de actieve of

Zand, Schoon, Matig



-6000 N.A.P.
-16000 N.A.P.

Figuur 3.2: Overzicht ondergrond situatie

passieve gronddruk kunnen beïnvloeden. De te keren grond bestaat uit schoon zand met een matig consistentie, deze grond wordt volgens Eurocode 7 (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012) verbonden aan een droog volumegewicht van $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ en een nat volumegewicht van $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$. De te keren grond heeft een hoek van inwendige wrijving van $\varphi'_{rep} = 32.5^\circ$ en is cohesieloos.

De bodem waarop de constructie is gefundeerd is geschematiseerd in figuur 3.2. De ondergrond bestaat ook uit een homogeen laag dat bestaat uit schoon zand met een matig consistentie, deze grond wordt volgens Eurocode 7 (Nederlands Normalisatie-instituut, 2012) verbonden aan een droog volumegewicht van $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ en een nat volumegewicht van $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$. De grond heeft een hoek van inwendige wrijving van $\varphi'_{rep} = 32.5^\circ$ en is cohesieloos.

Gezien er geen ernstige gevolgen kunnen optreden bij het falen van deze constructie, kan er CC1 en dus RC1 gebruikt worden bij de berekeningen. Omdat de constructie er geen onveilige situatie aan de passieve kant is, hoeft er geen reductie op de passieve waarde te worden toegepast.

4. RESULTATEN

4.1. Toetsing verticaal draagvermogen

4.1.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

4.1.1.1. Bepalen rekenfactor aan de hand van risicofactor

De risicoklasse wordt vastgesteld op RC1/CC1 omdat de consequenties van deze variant zeer klein zijn. In deze fictieve situatie zijn geen ernstige gevolgen aan het bezwijken van de constructie, hierdoor worden de volgende waarde gebruikt:

Belasting factoren (ULS)				SLS		
				Situatie A	Situatie B	Situatie C
E.G. massief en grond boven massief				1,2	0,9	1,0
Gronddruk tegen massief				1,2	1,2	1,0
Veranderlijke belasting boven massief				1,5	0,0	1,0
Veranderlijke belasting achter massief				1,5	1,5	1,0
Horizontale belasting door krimp en kruip				1,2	1,2	1,0
Horizontale belasting door temperatuur				1,5	1,5	1,0
Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.						
E.G. landhoofd/brugdek				1,2	0,9	1,0
Veranderlijke belasting op brug				1,5	0,0	1,0
Horizontale belasting door remmen				1,5	1,5	1,0

4.1.1.2. Bepalen belastingen op de constructie

Bepalen belastingen

Situatie A

Bepalen K-waarden

$K_a = 0,574$

$K_p = 1,518$

Bepalen verticale krachten

E.G. massief	368,55	kN/m
E.G. Aanhangende grond	68,51	kN/m
Grond boven massief	0	kN/m
Veranderlijke belasting boven massief	0	kN/m
Permanenten belasting boven massief	0	kN/m
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	kN/m

Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.

Veranderlijke belasting op brug	0,00	kN/m
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	kN/m
Vd=	437,06	kN/m

Bepalen horizontale krachten

Actieve gronddruk tegen massief	68,5106858	kN/m
Actieve veranderlijke belasting achter massief	22,593034	kN/m
Passieve gronddruk	-8,19705898	kN/m
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0	kN/m

Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.

Horizontale belasting door krimp en kruip	0	kN/m
Horizontale belasting door temperatuur	0	kN/m
Horizontale belasting door remmen	0,00	kN/m
Hd=	82,91	kN/m

Kantelmoment (verticaal)

	Fv	afs. tot A	Mv
E.G. massief	368,55	1,625	598,894
E.G. Aanhangende grond	68,51	4,365	299,040
Grond boven massief Δ	0,00	0,000	0,000
Grond boven massief $\square$	0,00	0,000	0,000
Veranderlijke belasting boven massief	0,00	1,625	0,000
Permanenten belasting boven massief	0,00	0,000	0,000
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	1,500	0,000
Veranderlijke belasting op brug	0,00	0	0
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,000	0,000
	437,06	2,05448401	897,934

Kantelmoment (horizontaal)

	FH	afs. tot A	MH
Actieve gronddruk tegen massief	68,51	1,75	119,8937
Actieve veranderlijke belasting achter massief	22,59	2,63	59,3067141
Passieve gronddruk	-8,20	0,08333333	-0,6830882
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	2,625	0
Horizontale belasting door krimp en kruip	0,00	0	0
Horizontale belasting door temperatuur	0,00	0	0
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,000	0
	82,91	2,15323262	178,517

4.1.1.3. Bepalen effectieve breedte

$e_B = 0,40845 \text{ m}$
 $b' = 2,43310 \text{ m}$
 $l' = 1,00000 \text{ m}$

4.1.2. Bepalen invloedsdiepte

Bepalen invloedsbreedte

$\phi'_k = 15,00^\circ$
 $H/V = 0,189691417$

ϕ'_k	a_e/b'	
	$H/V =$	$H/V =$
	1	0
$20,00^\circ$	1,1	2,53
$15,00^\circ$	0,92	1,99
$15,00^\circ$	0,92	1,99

Bepalen invloedsdiepte

$\phi'_k = 15,00^\circ$
 $H/V = 0,189691417$

ϕ'_k	z_e/b'	
	$H/V =$	$H/V =$
	1	0
$20,00^\circ$	0,5	1,16
$15,00^\circ$	0,47	1
$15,00^\circ$	0,47	1,00

Bepalen gem. waarde

$\phi'_{gem;d} = 27,96^\circ$
 $c'_{gem;d} = 0,000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma'_{gem;d} = 18,182 \text{ kN/m}^3$

4.1.3. Toets verticale draagkracht in ongedraineerde toestand

$c_{u,d} = 0,0 \text{ kN/m}^2$
 $s_c = 1,5$
 $i_c = 1,0$
 $\lambda_c = 1,0$
 $\lambda_q = 1,0$
 $\sigma'_{v;z;d} = 272,727273$

$\sigma'_{v;\max;d} = 273 \text{ kN/m}^2$

$R_{v;d} = 663,57 \text{ kN/m}$
 $V_d = 437,06 \text{ kN/m}$

Voldoet

4.1.4. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand

Cohesieterm =

C'gem;d= 0,0 kN/m²

Nc= 26,17

Sc= 1

ic= 0,63029225

bc= 1

λc= 1

0,00

Dekkingsterm =

σ'v;z;d= 4,09090909

Nq= 16,87

Sq= 1

iq= 0,652202

bq= 1

λq= 1

45,02

Fundamentterm =

b'= 2,43310 m

Y'gem;d= 18,2

Nγ= 15,23

Sγ= 1

iγ= 0,53204862

bγ= 1

λγ= 1

179,29

σ'v,max =

Vd=

σ'v,max*b' > Vd

545,77 kN/m

437,06 kN/m

Voldoet

4.1.5. Toetsen op doorponsen

Bepalen van de pons breedte

Belastingsspreiding= 8,0°

Bpons= 7,46623 m

l'= 1,00000 m

Herbepalen Vd volgens RC2

Bepalen verticale krachten

E.G. massief	368,55	kN/m	
Grond boven massief	0	kN/m	
Veranderlijke belasting boven massief	0	kN/m	
Bovenbelasting door verplaatsing fundering	1736,028	kN/m	
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,000	kN/m	
Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.			
E.G. landhoofd/brugdek	0	kN/m	+
	Vd=	2104,58	kN/m

Herbepalen effectieve oppervlakte

x= 0,08482332

b'pons= 7,21351 m

l'= 1,00000 m

Cohesieterm =

$$\begin{aligned} c'_{gem;d} &= 0,0 \text{ kN/m}^2 \\ N_c &= 26,17 \\ S_c &= 1 \\ i_c &= 0,63029225 \\ b_c &= 1 \\ \lambda_c &= 1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} c'_{gem;d} &= 0,0 \text{ kN/m}^2 \\ N_c &= 26,17 \\ S_c &= 1 \\ i_c &= 0,63029225 \\ b_c &= 1 \\ \lambda_c &= 1 \end{aligned}} \right\} 0$$

Dekkingsterm =

$$\begin{aligned} \sigma'_{v;z;d} &= 572,727273 \\ N_q &= 16,87 \\ S_q &= 1 \\ i_q &= 0,652202 \\ b_q &= 1 \\ \lambda_q &= 1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \sigma'_{v;z;d} &= 572,727273 \\ N_q &= 16,87 \\ S_q &= 1 \\ i_q &= 0,652202 \\ b_q &= 1 \\ \lambda_q &= 1 \end{aligned}} \right\} 6303,16685$$

Fundamentterm =

$$\begin{aligned} b' &= 7,21351 \text{ m} \\ Y'_{gem;d} &= 18,2 \\ N_Y &= 15,23 \\ S_Y &= 1 \\ i_Y &= 0,53204862 \\ b_Y &= 1 \\ \lambda_Y &= 1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} b' &= 7,21351 \text{ m} \\ Y'_{gem;d} &= 18,2 \\ N_Y &= 15,23 \\ S_Y &= 1 \\ i_Y &= 0,53204862 \\ b_Y &= 1 \\ \lambda_Y &= 1 \end{aligned}} \right\} 531,537628$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{v,max} &= \sigma'_{v,max} > V_d \\ &= 49.302,21 \text{ kN/m} \\ V_d &= 2.104,58 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Voldoet

4.1.6. Toetsen op zijdelings wegpersen

$$\begin{aligned} \sigma'_{v;z;d} &= 572,727273 \\ c'_{u;d} &= 0 \text{ kN/m}^2 \\ b' &= 2,43310 \text{ m} \\ h_{sq} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma'_{sq;d} &= \#DEEL/0! \\ V_d &= 437,06 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Voldoet

4.2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden

4.2.1. Bepaling belasting en effectieve afmetingen funderingsvlak

Situatie B

Bepalen K-waarden

$$K_a = 0,574$$

$$K_p = 1,518$$

Bepalen verticale krachten

E.G. massief	276,41 kN/m
E.G. Aanhangende grond	68,51 kN/m
Grond boven massief	0 kN/m
Veranderlijke belasting boven massief	0 kN/m
Permanente belasting boven massief	0 kN/m
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0 kN/m

Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.

Veranderlijke belasting op brug	0,00 kN/m
E.G. landhoofd/brugdek	0,00 kN/m
Vd=	344,92 kN/m

Bepalen horizontale krachten

Actieve gronddruk tegen massief	68,51069 kN/m
Actieve veranderlijke belasting achter massief	22,59303 kN/m
Passieve gronddruk	-8,197059 kN/m
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0 kN/m

Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.

Horizontale belasting door krimp en kruip	0 kN/m
Horizontale belasting door temperatuur	0 kN/m
Horizontale belasting door remmen	0,00 kN/m
Hd=	82,91 kN/m

Kantelmoment (verticaal)

	Fv	afs. tot A	Mv
E.G. massief	276,41	1,625	449,170
E.G. Aanhangende grond	68,51	4,365	299,040
Grond boven massief Δ	0,00	0,000	0,000
Grond boven massief $\square$	0,00	0,000	0,000
Veranderlijke belasting boven massief	0,00	1,625	0,000
Permanente belasting boven massief	0,00	0,000	0,000
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	1,500	0,000
Veranderlijke belasting op brug	0,00	0	0
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,000	0,000
	344,92	2,16921	748,211

Kantelmoment (horizontaal)

	FH	afs. tot A	MH
Actieve gronddruk tegen massief	68,51	1,75	119,8937
Actieve veranderlijke belasting achter massief	22,59	2,63	59,30671
Passieve gronddruk	-8,20	0,083333	-0,683088
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	2,625	0
Horizontale belasting door krimp en kruip	0,00	0	0
Horizontale belasting door temperatuur	0,00	0	0
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,000	0
	82,91	2,153233	178,517

Bepalen effectieve breedte en lengte

$$\begin{aligned} e_B &= 0,51756 \text{ m} \\ b' &= 2,2149 \text{ m} \\ l' &= 1,0000 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2.2. Toets horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand

$$\begin{aligned} c'_{u;d} &= 0 \\ b' &= 2,21489 \text{ m} \\ l' &= 1,00000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{h;d} &= 0 \\ R_{p;d} &= \frac{8,20}{8,20} + \\ R_H &= 8,20 \end{aligned}$$

$$82,91 \text{ kN} < 8,20 \text{ kN}$$

Voldoet niet

Controle nodig wanneer water of lucht het contactvlak met de cohesie laag kan bereiken

$$8,20 \text{ kN} = < 137,97 \text{ kN}$$

N.v.t.

4.2.3. Toets horizontale draagkracht in gedraineerde toestand

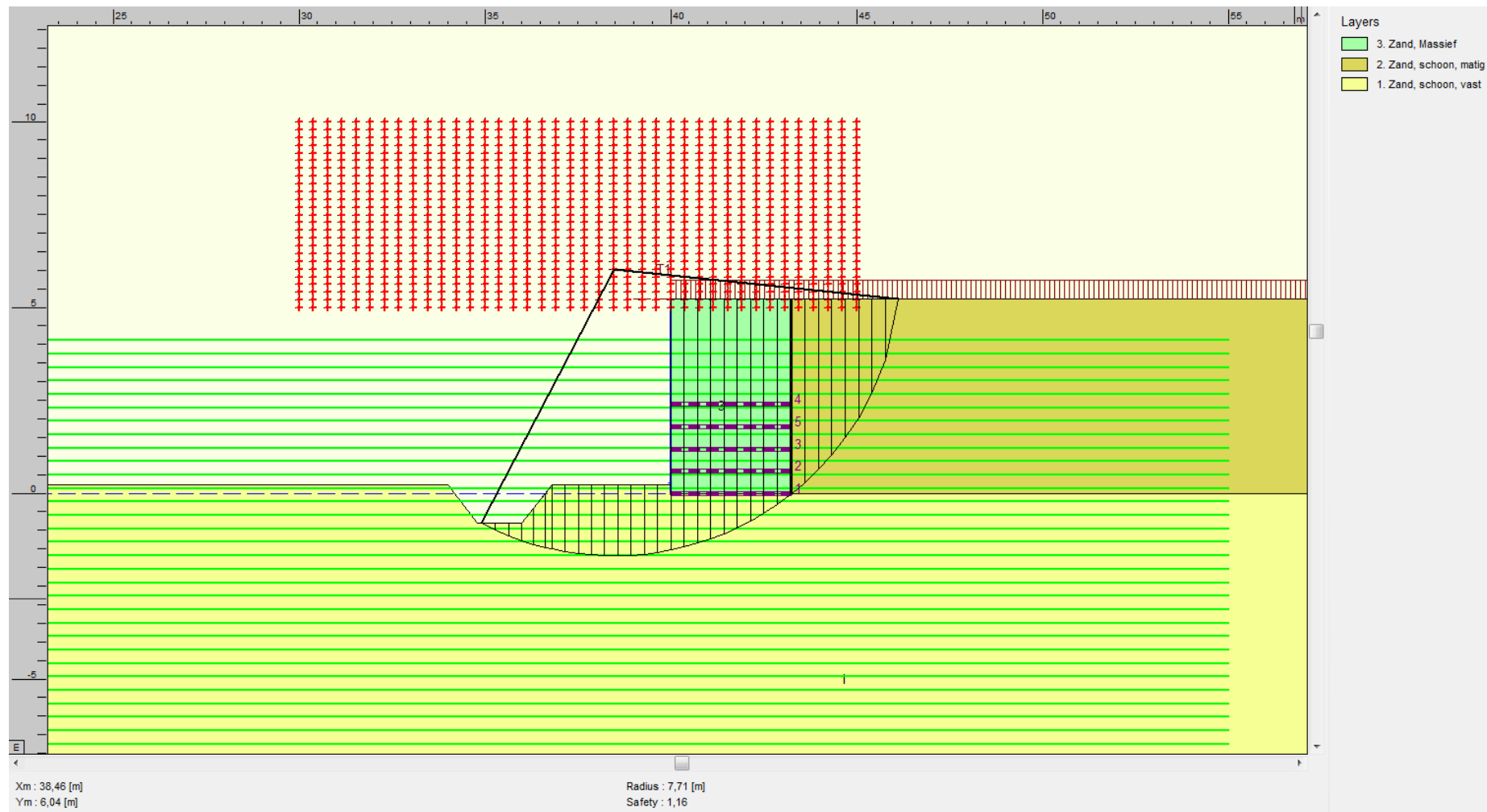
$$\begin{aligned} V'_d &= 229,73 \text{ kN} \\ \delta'_d &= 18,64^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{h;d} &= 77,50 \\ R_{p;d} &= \frac{4,13}{81,63} + \\ R_H &= 81,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$44,22 \text{ kN} < 81,63 \text{ kN}$$

Voldoet

4.3. Toetsing algehele stabiliteit



Safety = 1.16 > 1.0

Voldoet

Rapport van D-geo stability is te vinden in bijlage .

4.4. Toetsing kantelstabiliteit

M_v	-	M_h	=	M_{totaal}		
748,211	-	178,517	=	569,693	kNm	Voldoet

BGT

b'	>	2/3 B	
2,48738 m	>	2,16666667	Voldoet

UGT

b'	>	1/3 B	
2,21489 m	>	1,08333333	Voldoet

BGT

V_d =	364,22
H_d =	65,32
b' =	2,48738 m

Cohesieterm =

$c'_{gem;d}$ =	0,0 kN/m ²	
N_c =	26,17	
S_c =	1	
i_c =	1	
b_c =	1	
λ_c =	1	
		0

Dekkingsterm =

$\sigma'_{v,z;d}$ =	0	
N_q =	16,87	
S_q =	1	
i_q =	1,0000	
b_q =	1	
λ_q =	1	
		0

Fundamentterm =

b' =	2,48738 m	
$Y'_{gem;d}$ =	18,2	
N_Y =	15,23	
S_Y =	1	
i_Y =	1	
b_Y =	1	
λ_Y =	1	
		344,491021

	$\sigma'_{v,max} > V_d$	
$\sigma'_{v,max}$ =	#NAAM?	
V_d =	437,06 kN/m	N.v.t.

4.5. Toetsing zakkings en zakkingsverschillen

4.5.1. Bepaling belastingen en effectieve afmetingen funderingsvlak

Situatie c

Bepalen K-waarden

Ka = 0,574

Kp = 1,518

Bepalen verticale krachten

E.G. massief	307,13	kN/m
E.G. Aanhangende grond	57,09	kN/m
Grond boven massief	0	kN/m
Veranderlijke belasting boven massief	0	kN/m
Permanente belasting boven massief	0	kN/m
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0	kN/m

Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.

Veranderlijke belasting op brug	0,00	kN/m
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	kN/m
Vd=	364,22	kN/m

Bepalen horizontale krachten

Actieve gronddruk tegen massief	57,09223819	kN/m
Actieve veranderlijke belasting achter massief	15,06202264	kN/m
Passieve gronddruk	-6,830882484	kN/m
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0	kN/m

Wanneer de constructie een kunstwerk ondersteund.

Horizontale belasting door krimp en kruip	0	kN/m
Horizontale belasting door temperatuur	0	kN/m
Horizontale belasting door remmen	0,00	kN/m
Hd=	65,32	kN/m

Kantelmoment (verticaal)

	Fv	afs. tot A	Mv
E.G. massief	307,13	1,625	499,078
E.G. Aanhangende grond	57,09	4,365	249,200
Grond boven massief Δ	0,00	0,000	0,000
Grond boven massief □	0,00	0,000	0,000
Veranderlijke belasting boven massief	0,00	1,625	0,000
Permanente belasting boven massief	0,00	0,000	0,000
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	1,500	0,000
Veranderlijke belasting op brug	0,00	0	0
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,000	0,000
	364,22	2,054484009	748,278

Kantelmoment (horizontaal)

	FH	afs. tot A	MH
Actieve gronddruk tegen massief	57,09	1,75	99,911417
Actieve veranderlijke belasting achter massief	15,06	2,63	39,537809
Passieve gronddruk	-6,83	0,083333333	-0,5692402
E.v.t aslasten t.o.v. punt A	0,00	2,625	0
Horizontale belasting door krimp en kruip	0,00	0	0
Horizontale belasting door temperatuur	0,00	0	0
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,000	0
	65,32	2,126038021	138,880

4.5.2. Berekening spanningsspreiding in de diepte Herbepalen optredende spanning

$$A'_{\text{mom}} = 2,49 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{gem};d} = V_d / A'_{\text{mom}}$$

$$\sigma_{\text{gem};d} = 175,711385$$

Op laag 2

	Graden	Radialen
$\alpha_1 = -\alpha_2 =$	6,18°	0,11°
$\Delta\sigma_{v;z;d} =$	24,0489758	

4.5.3. Berekening zakking

t = 30 dagen

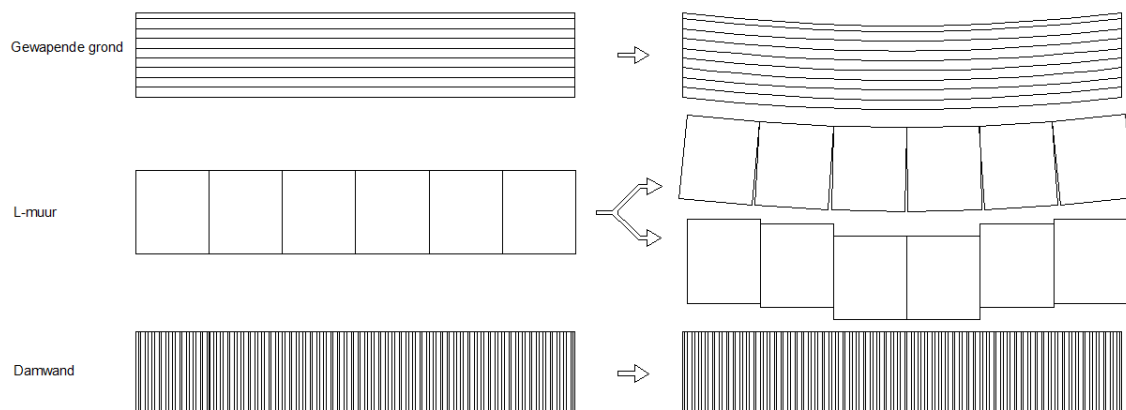
	d _j [m]	$\Delta\sigma_{v;z;d}$	$\sigma_{v;z;0;d}$	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	15	175,71	129,00	0,02	0,00	21,49	21,5 mm
Laag 2	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 3	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 4	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 5	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	

4.5.4. D-settlement

Het gebruik van dit programma lijkt zeer veel af te wijken van de handberekeningen. Dit komt omdat de resultaten van de handberekening zijn berekend met de effectieve breedte van de constructie (invloed van horizontale kracht). Hierdoor wordt de spanning van de constructie op de ondergrond veel hoger en zal de ondergrond meer zetten op dat punt. Gezien dit niet goed te simuleren is in D-settlement, worden deze waarde niet gebruikt als controle voor de handberekening.

4.5.5. Boog zakking constructie

Wat ook invloed kan uitoefenen op zowel de esthetische kwaliteit van de constructie als mogelijk de constructieve eigenschappen van de constructie is het zakken van de constructie in een boogvorm wanneer er naar de constructie als geheel wordt gekeken.



Deze vorm van zakking zal niet worden meegenomen in de vergelijking gezien dit te veel werk is om binnen de scope van het onderzoek te blijven. Er wordt echter wel de observatie gedaan dat de L-muur het meeste nadeel heeft wanneer deze vorm van zakking optreedt gezien het voor verplaatsingen en kieren zorgt tussen de verschillende elementen.

4.6. Toetsing van inwendige stabiliteit

4.6.1. Toetsen treksterkte wapening

In het geval van de berekening wordt er gebruik gemaakt van de gegevenstabel van TenCate TC Miragrid GX om de inwendige stabiliteit te bepalen. Specificatie van dit geogrid staan in bijlage B.

Benodigde treksterkte op het funderingsvlak (max $T_{Y;i;d}$)

Trekkracht ten gevolge van E.G.

$$T_{Y;i;d} = K * h_i * \sigma_{v;i;d}$$

$$H_v = 82,91 \text{ kN}$$

$$K = 0,301 \quad (\text{vanwege } \phi' = 27,96)$$

Kantelmoment (verticaal)

E.G. massief

E.G. Aanhangende grond

Grond boven massief Δ

Grond boven massief $\square$

Veranderlijke belasting boven massief

F_v	afs. tot A	M_v
368,550	1,625	598,894
68,511	4,365	299,040
0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000
0,000	1,625	0,000
437,061	2,054	897,934

$$e_i = 0,9958799 \text{ m}$$

$$\sigma_{v;i;d} = 347,35873 \text{ kPa}$$

$$T_{Y;i;d} = 62,732986 \text{ kN/m}$$

Trekkracht ten gevolge van verticale puntlast

$$T_{V;i;d} = K * h_i * \alpha_1 * F_{s;v;d}$$

$$z_i = 5,25$$

$$D_i = 4,25$$

$$\alpha_1 = 0,23529412$$

$$F_{s;v;d} = 0$$

$$T_{V;i;d} = 0 \text{ kN/m}$$

Trekkracht ten gevolge van horizontale puntlast

$$T_{H;i;d} = 2 * h_i * \alpha_2 * F_{s;h;d}$$

$$Q = 0,18824644$$

$$\alpha_2 = 0,00220365$$

$$F_{s;h;d} = 0$$

$$T_{H;i;d} = 0 \text{ kN/m}$$

Optredende trekkracht in de wapening

$$T_{i;d} = T_{Y;i;d} + T_{V;i;d} + T_{H;i;d}$$

$$T_{i;d} = 62,7329859 \text{ kN/m}$$

Wapenings laag	Diepte	Fv	Hv	ei	$\sigma_{v,i;d}$	$T_{y,i;d}$	$T_{v,i;d}$	$T_{H,i;d}$	$T_{i;d}$		(TLTDS/ γ_{ris})	
Laag 1	0,45 m	62,2597251	4,73	0,0341525	19,5681	3,5339989	0	0	3,534	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 2	1,05 m	108,182361	11,03	0,1070107	35,63344	6,4353993	0	0	6,435	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 3	1,65 m	154,104997	17,33	0,1855053	53,527461	9,6670595	0	0	9,667	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 4	2,25 m	200,027633	23,63	0,2657542	73,580375	13,288616	0	0	13,289	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 5	2,85 m	245,950269	29,93	0,3467748	96,20772	17,375114	0	0	17,375	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 6	3,45 m	291,872905	36,23	0,4282028	121,93916	22,022213	0	0	22,022	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 7	4,05 m	337,795542	42,53	0,5098721	151,46044	27,353756	0	0	27,354	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 8	4,65 m	383,718178	48,83	0,591696	185,67535	33,532968	0	0	33,533	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 9	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 10	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 11	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 12	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 13	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 14	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 15	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 16	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 17	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 18	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 19	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 20	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 21	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 22	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 23	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 24	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>
Laag 25	5,25 m	429,640814	46,93	0,5734609	204,29141	36,895029	0	0	36,895	<	39,343	<u>Voldoet</u>

4.6.2. Toetsten aanhechting tussen wapening en grond

$$T_{i;d} \leq F_{r,aanh;i;d}$$

$$46,965487 \leq 432,185527$$

$$F_{r,aanh;i;d} = f_{aanh} \cdot \sigma'_{v;i;d} \cdot A_{w;i} / \gamma_{aanh}$$

$$A_{w;i} = 2 \cdot L_{aanh;i} \cdot f_{dg}$$

$$\gamma_{aanh} = 1,0$$

$$f_{aanh} = a' \cdot \tan(\phi'_{rep} / \gamma_{m;\phi})$$

$$F_{r,aanh;i;d} = 432,18553$$

Wapenings laag	Diepte	TY _{i;d}		Fr _{aanh;i;d}	
Laag 1	0,45 m	3,534	<	6,170196032	<u>Voldoet</u>
Laag 2	1,05 m	6,43539927	<	17,23389085	<u>Voldoet</u>
Laag 3	1,65 m	9,66705951	<	34,8982133	<u>Voldoet</u>
Laag 4	2,25 m	13,2886157	<	60,35746972	<u>Voldoet</u>
Laag 5	2,85 m	17,3751142	<	95,11265328	<u>Voldoet</u>
Laag 6	3,45 m	22,0222131	<	141,0765808	<u>Voldoet</u>
Laag 7	4,05 m	27,3537558	<	200,7255203	<u>Voldoet</u>
Laag 8	4,65 m	33,5329684	<	277,3231467	<u>Voldoet</u>
Laag 9	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 10	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 11	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 12	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 13	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 14	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 15	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 16	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 17	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 18	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 19	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 20	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 21	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 22	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 23	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 24	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>
Laag 25	5,25 m	36,8950287	<	339,515215	<u>Voldoet</u>

4.6.3. Toetsen falen van de bekleding

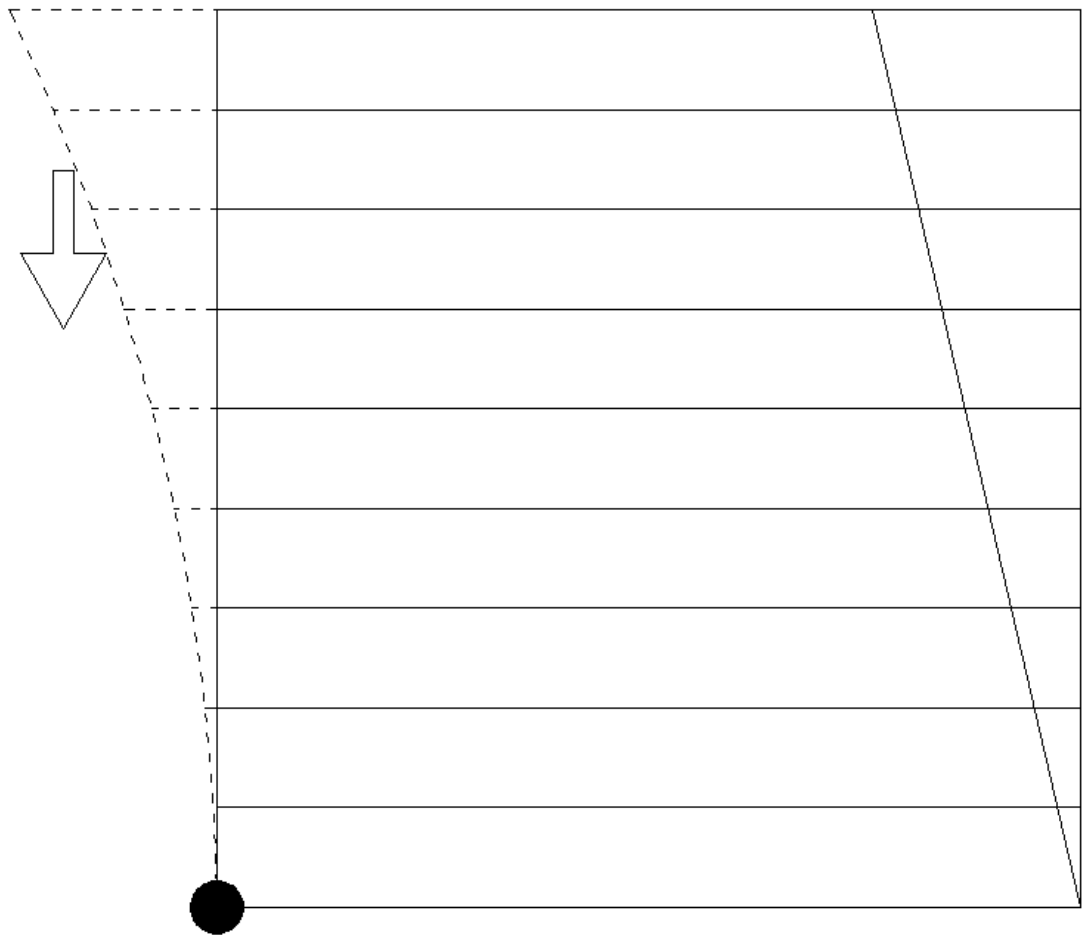
$$\sigma'_{h;i;d} = T_{i;d} / h_i$$

$$T'_{b;i;d} = 0,5 * h_i * \sigma'_{h;i;d}$$

Wapenings laag		Diepte	Procent	Tconn		$\sigma'_{h;i;d}$	$T'_{b;i;d}$	
Laag	1	0,20 m	75,95°	27,684221	>	182,2472	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	2	0,50 m	77,38°	28,204927	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	3	0,80 m	78,81°	28,725633	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	4	1,10 m	80,24°	29,24634	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	5	1,40 m	81,67°	29,767046	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	6	1,70 m	83,10°	30,287752	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	7	2,00 m	84,52°	30,808459	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	8	2,30 m	85,95°	31,329165	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	9	2,60 m	87,38°	31,849872	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	10	2,90 m	88,81°	32,370578	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	11	3,20 m	90,24°	32,891284	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	12	3,50 m	91,67°	33,411991	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	13	3,80 m	93,10°	33,932697	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	14	4,10 m	94,52°	34,453403	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	15	4,40 m	95,95°	34,97411	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	16	4,70 m	97,38°	35,494816	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	17	5,00 m	98,81°	36,015522	>	121,4981	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	18	5,25 m	100,00°	36,449444	>	145,7978	18,22472	<u>Voldoet</u>
Laag	19	5,25 m	100,00°	36,449444	>	0	0	<u>Voldoet</u>
Laag	20	5,25 m	100,00°	36,449444	>	0	0	<u>Voldoet</u>
Laag	21	5,25 m	100,00°	36,449444	>	0	0	<u>Voldoet</u>
Laag	22	5,25 m	100,00°	36,449444	>	0	0	<u>Voldoet</u>
Laag	23	5,25 m	100,00°	36,449444	>	0	0	<u>Voldoet</u>
Laag	24	5,25 m	100,00°	36,449444	>	0	0	<u>Voldoet</u>
Laag	25	5,25 m	100,00°	36,449444	>	0	0	<u>Voldoet</u>

4.6.4. Invloed van kruip op kantelen constructie

Na het onderzoek blijkt dat er bij geotextiel een bepaalde hoeveelheid kruip kan optreden. Deze kruip kan zorgen voor de verplaatsing van de bekleding van de muur. Hierdoor zou het volgende effect kunnen ontstaan:



Wanneer dit gebeurd zal het gewicht van het verplaatste stuk voorbij het kantelpunt liggen en dus zal er een extra groot kantel gewicht ontstaan. Dit betekend dus dat er een mogelijk tweede orde effect kan ontstaan die later optreed door het kruipen van de constructie. Ook kan de invloed van windzuiging zorgen van horizontale krachten op de constructie wat kan zorgen voor een groter moment. Omdat de rekgegevens van de geotextielen niet bekend zijn, wordt het mogelijk optreden van deze bezwijking niet in dit onderzoek mee genomen. Ook de invloed van de wind wordt niet meegenomen omdat niet zeker is of deze werkt op dit soort constructies. Deze twee invloeden vallen dus buiten de scope van het onderzoek.

5. UITVOER 0-SITUATIE

Keerconstructie in gewapende grond

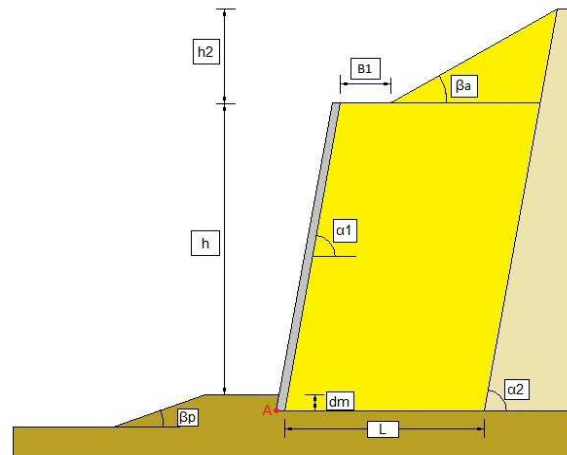
Ontwerp volgens CUR 198

RPS

Projectgegevens		
Referentienummer	Afstuderen	
Omschrijving	Berekening 0-variant	
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand: Bijlage D. Varianten opzet

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	5
Lengte massief L [m]	3,25
Hoogte boventalud h2 [m]	0
Hellingshoek bekleding α_1 [°]	90
Hellingshoek achterzijde α_2 [°]	90
Hellingshoek actieve kant β_a [°]	0
Breedte berm bovenzijde b1 [m]	0
Hellingshoek passieve kant β_p [°]	0
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	0
Inbedding dm [m]	0,25

$$H_{mech} = 5,25 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m²	Q	van x	tot x	t.o.v. bovenzijde wand
Permanent Q	0,00	0,00	3,25	0,00 m t.o.v. punt A
Veranderlijk Q	5,00	3,25	30,00	
Eventuele aslasten	F	x	y	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	0,00	0,00	5,25	
Veranderlijk F	0,00	2,00	5,25	
Eventuele landhoofd belasting	F	x	y	t.o.v. Punt A
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,00	0,00	
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	0,00	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,00	0,00	

Factor voor gevolgschade

Veiligheidsklasse=	1	Factor=	1
--------------------	---	---------	---

Partiele factoren	UGT		BGT	Materiaalfactoren	
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C		
E.G. massief en grond boven massief	1,2	0,9	1	Hoek inw. wrijving ($\gamma\phi'$)	1,20
Grondruk tegen massief	1,2	1,2	1	Cohesie ($\gamma c'$)	1,50
Veranderlijke belasting boven massief	1,5	0	1	Ongedr. schuifsterkte (γc_u)	1,50
Veranderlijke belasting achter massief	1,5	1,5	1	Volumiek gewicht ($\gamma\gamma$)	1,10

Grondgegevens	ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0
Gewapend massief	32,5	0	18,0
Ondergrond [Gem]	27,96	0,00	18,2

Ondergrondgegevens					B.k. laag	O.k. laag	Dikte
		ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]	[N.A.P.]	[N.A.P.]	laag [m]
Laag 1	Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-5,25	-20,25	15,00
Laag 2		0,0	0,0	0,0	-20,25	-20,25	0
Laag 3		0,0	0,0	0,0	-20,25	-20,25	0
Laag 4		0,0	0,0	0,0	-20,25	-20,25	0
Laag 5		0,0	0,0	0,0	-20,25	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. Achter massief	68,51	68,51	179,15	68,51	68,51	179,15
Gronddruk tgv q-belasting achter massief		22,59	59,31		22,59	59,31
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief		-8,20	-0,68		-8,20	-0,68
Gronddruk tgv eg. Massief	368,55		598,89	276,41		449,17
Permanente belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Veranderlijke belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	437,06	82,91	719,42	344,92	82,91	569,69

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond					Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	0,41	H/V =	0,19	z _e /b' [m] =	0,64
Effectieve breedte [m]	2,43	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand			
F _{v,totaal} [kN/m]	437,06	R _{v,d} [kN/m]	663,57	Λ _{geo} =	0,66 N.v.t.

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand				
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	N _q =	16,87	i _q =	0,65
	N _c =	26,17	i _c =	0,63
	N _y =	15,23	i _y =	0,53
			λ _q =	1
			λ _c =	1
			λ _y =	1
			R _{v,d} [kN/m]	545,77
			Λ _{geo} =	0,80
				Voldoet

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
Bpons [m] =	7,47	Rv;d [kN/m]=	49302,2	σ'sq;d [kN/m]=	0
Herbepaling Fv [kN/m] =	2104,58	Λgeo =	0,04	Λgeo =	0,00
b'pons =	7,21		Voldoet		N.v.t.

Controle horizontaal glijden				Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]		82,91		
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]		8,20	Λ _{geo} =	10,11 N.v.t.
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]		124,56	Λ _{geo} =	0,67 Voldoet

Controle kantelen							Situatie A & Situatie C	
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	364,22	b'	>	1/3 B
2,48738	>	2,16667		F _h [kN/m]	65,32	2,214886	>	1,083333
		Voldoet		M [kNm/m]	609,399	Voldoet		
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	0	Λ _{geo} = 0,00	N.v.t.	

Controle zakkingen							
t =		30 dagen					
	d _j [m]	Δσ _{v,z;d}	σ _{v,z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	15	175,71	129,00	0,02	0,00	21,49	21,5 mm
Laag 2	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 3	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 4	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 5	0	24,05	129,00	0,00	0,00	0,00	

Interne stabiliteit

Geogrid-indeling				
Lagen	Diepte onderkant	Laag dikte	Gridtype	Ontwerp sterkte
Laag 1	0,45	0,45	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 2	1,05	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 3	1,65	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 4	2,25	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 5	2,85	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 6	3,45	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 7	4,05	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 8	4,65	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
Laag 9	5,25	0,6	GX110/30	39,34 kN/m
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Sterktes van verschillende Geogrids (TenCate)								
	T _{CHAR} [kN/m]	T _{CR} [kN/m]	f _s	RF _{ID}	RF _W	RF _{CH}	F _n	Ontwerp sterkte
GX20/20	20	12,8	1,03	1,18	1,25	1,18	1	7,14
GX35/35	35,2	22,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	12,57
GX55/30	55,1	35,26	1,03	1,18	1,25	1,18	1	19,67
GX80/30	80	51,2	1,03	1,18	1,25	1,18	1	28,56
GX110/30	110,2	70,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	39,34
GX160/30	160	102,4	1,03	1,18	1,25	1,18	1	57,12

6. BIBLIOGRAFIE

- Backhausen, d., & Stoel, p. v. (2013). *READER GEOTECHNIEK VOOR HET HBO*. Den Haag: KIVI-NIRIA.
- CBS CUR. (2000). *198 Kerende constructies in gewapende grond, Taludhelling steiler dan 70 graden*. Gouda.
- Nederlands Normalisatie-instituut. (2012). *NEN 9997-1+C1 (nl), Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Nederlands Normalisatie-instituut. (2012). *NEN-EN 1997-1+C1 - Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- willowbankservices.co.uk. (2016, 06 09). *Reinforced Earth*. Opgehaald van willowbankservices: <http://www.willowbankservices.co.uk/reinforced-earth/>

BIJLAGE

A. Uitvoer D-stability 0-variant

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 9-5-2016
 Time : 8:31:52

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\gewapende grond in volledig zand.sto

Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\gewapende grond in volledig zand.sti

===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT

=====

Problem identification :
:

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES

=====

Boundary no.	Co-ordinates [m]						
3 - X -	0.00	34.00	34.80	36.00	36.80	40.00	
3 - Y -	0.25	0.25	-0.80	-0.80	0.25	0.25	
3 - X -	40.00	43.25	100.00				
3 - Y -	5.25	5.25	5.25				
2 - X -	0.00	34.00	34.80	36.00	36.80	40.00	
2 - Y -	0.25	0.25	-0.80	-0.80	0.25	0.25	
2 - X -	40.00	43.22	43.25	100.00			
2 - Y -	0.00	0.00	5.25	5.25			
1 - X -	0.00	34.00	34.80	36.00	36.80	40.00	
1 - Y -	0.25	0.25	-0.80	-0.80	0.25	0.25	
1 - X -	40.00	43.22	100.00				
1 - Y -	0.00	0.00	0.00				
0 - X -	0.00	100.00					
0 - Y -	-10.00	-10.00					

PL-LINES

=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]		
1 - X -	0.00	100.00	
1 - Y -	0.00	0.00	

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	40.00	5.22	40.00	0.00

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name						
3	Zand, Massief						
2	Zand, schoon, matig						
1	Zand, schoon, vast						
Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom			
3	18.18	20.00	1	1			
2	10.91	18.18	1	1			
1	17.27	19.09	1	-			
Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
3	0.00	33.33	-	-	-	-	-
2	0.00	27.08	-	-	-	-	-
1	0.00	29.17	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

```

X co-ordinate grid left           : 30.00 [m]
X co-ordinate grid right          : 45.00 [m]
Number of grid points in X - direction : 40

Y co-ordinate grid bottom         : 5.00 [m]
Y co-ordinate grid top            : 10.00 [m]
Number of grid points in Y - direction : 25

Y co-ordinate tangent smallest circle : 4.12 [m]
Y co-ordinate tangent biggest circle : -10.00 [m]
Number of circles per grid point : 40

```

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 1000
Total number of slip circles in the grid : 40000

LINE LOADS

No line loads input.

UNIFORM LOAD

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	5.00	40.00	100.00	90.00	Temporary

TREE ON SLOPE

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

Layer number	Degree of consolidation
3	30
2	70

1 | 70

GEOTEXTILES

=====

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	39.34	40.00	43.25	0.00	0.00
2	39.34	40.00	43.25	0.60	0.00
3	39.34	40.00	43.25	1.20	0.00
4	39.34	40.00	43.25	2.40	0.00
5	39.34	40.00	43.25	1.80	0.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

Information on the critical circle : Fmin = 1.161
 Calculation method used : Bishop - C phi

=====

X co-ordinate center point : 38.46 [m]
 Y co-ordinate center point : 6.04 [m]
 Radius of critical circle : 7.71 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -1808.65 [kNm/m]
 Driving moment free water : 51.85 [kNm/m]
 Driving moment external loads : -141.23 [kNm/m]
 Iterated resisting moment : 2099.56 [kNm/m]
 Non-iterated resisting moment : 2040.05 [kNm/m]

Information of the geotextile results

=====

nr	intersection point		embedding length min. [m]	mobilized embedd. tensile strength		resisting moment [kNm/m]
	X-coord [m]	Y-coord [m]		[%]	[kN/m]	
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total resisting moment from geotextiles						0.00

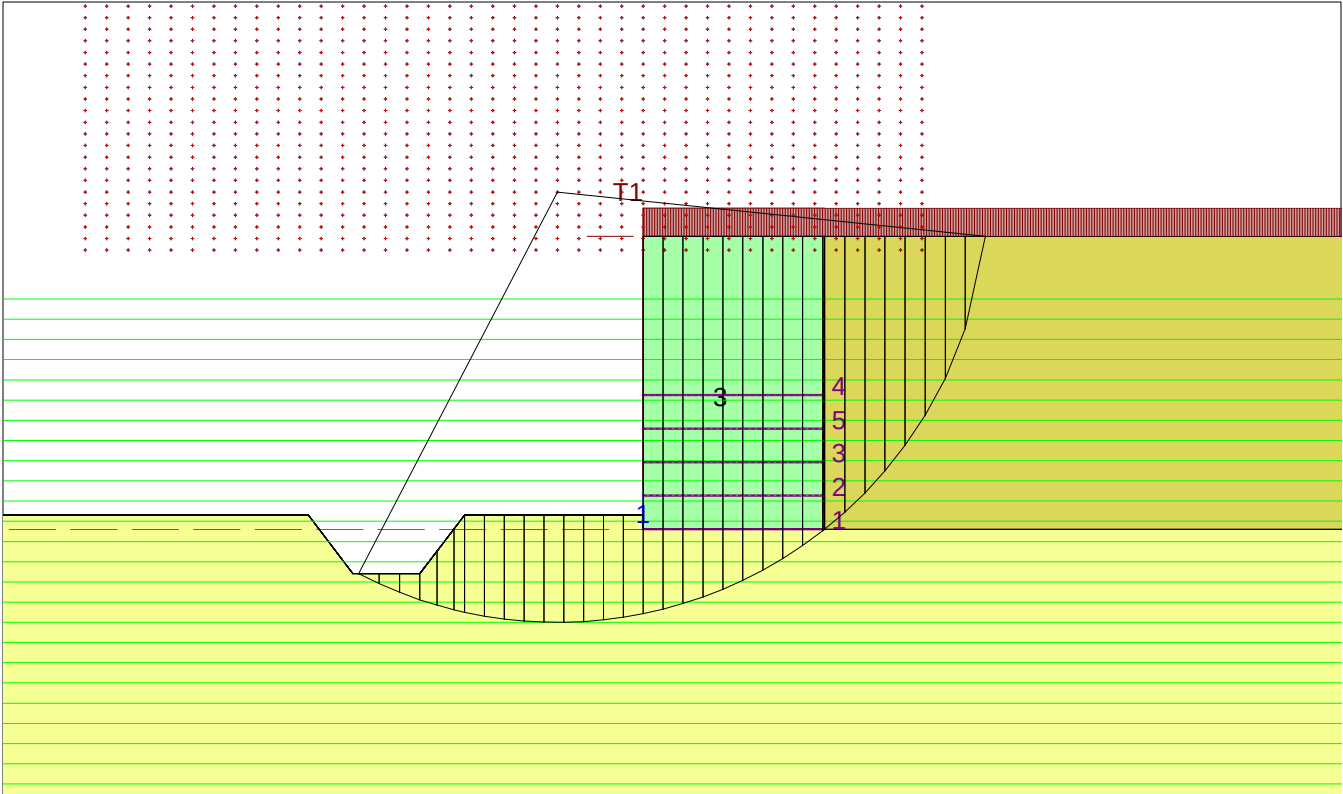
END OF D-Geo Stability OUTPUT

=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

Critical Circle Bishop

- Layers
- 3. Zand, Massief
 - 2. Zand, schoon, matig
 - 1. Zand, schoon, vast



Xm : 38,46 [m]
Ym : 6,04 [m]
Radius : 7,71 [m]
Safety : 1,16

RPS

Elektronicaweg 2
2628 XG DELFT

Phone
Fax

D-Geo Stability 15.1 : gewapende grond in volledig zand stil

date
24-5-2016

div.

-

cit.

Annex -

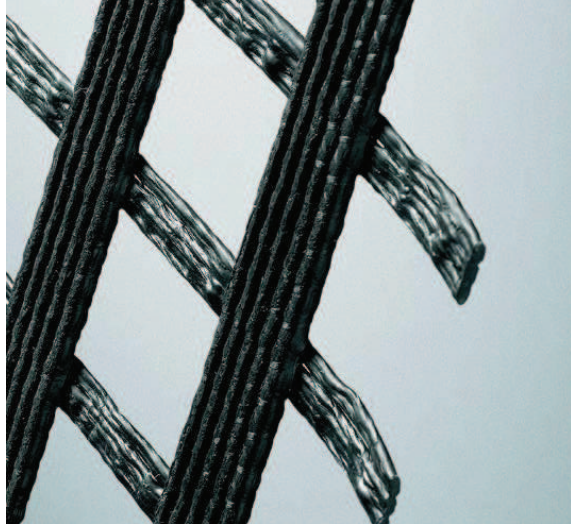
form.
A4

BIJLAGE

B. Wapeningsgegevens

TCGE Products

TC Miragrid GX



TC Miragrid GX is a geogrid, made from high-tenacity polyester, and has a polymeric coating.

Main function:

- Reinforcement

Properties [Standard]	Unit	GX 35	GX 55	GX 80	GX 110	GX 160	GX 200
Mechanical properties							
Characteristic tensile strength [EN ISO 10319]	MD kN/m	35	55	80	110	160	200
Elongation at characteristic strength [EN ISO 10319]	MD %	< 10.5	< 10.5	< 10.5	< 10.5	< 10.5	< 10.5
Creep							
<i>RF_{cr}</i> - Reduction factor for creep rupture							
10 years		1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
60 years		1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
120 years		1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
Mechanical damage							
<i>RF_{TD}</i> - Reduction factor for mechanical damage							
Material beneath	Material on top	<i>d_{max}</i>	<i>d₅₀</i>				
Sand	Sand	2 mm	-				
Sandy gravel	Sandy gravel	20 mm	6 mm	1.04	1.04	1.04	1.03
Crushed rock	Crushed rock	45 mm	25 mm	1.05	1.05	1.04	1.03
Crushed rock	Crushed rock	65 mm	6 mm	1.10	1.10	1.07	1.05
Crushed rock	Crushed rock	65 mm	25 mm	1.17	1.17	1.12	1.09
Crushed rock	Crushed rock	65 mm	25 mm	1.22	1.22	1.17	1.10
Chemical and biological effects							
<i>RF_{CH}</i> - Reduction factor for chemical and biological effects at 20 °C							
10 years		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
60 years		1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
120 years		1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
<i>f_s</i> - Factor of safety							
		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Friction							
Friction Coefficient (tan δ_{sol} / Miragrid GX / tan δ_{sol})							
CEN Norm Sand	($\varphi = 41^\circ$)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Sandy Gravel 0/8	($\varphi = 43^\circ$)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Gravel 0/32	($\varphi = 48^\circ$)	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Gravel 0/45	($\varphi = 48^\circ$)	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
MD = machine direction / CD = cross direction							
The values given are obtained in our laboratories and in accredited testing institutes. The information given in this datasheet is to the best of our knowledge true and correct. However new research results and practical experience can make revisions necessary. The right is reserved to make changes without notice at any time. No guarantees or liability can be drawn from the information mentioned herein.							

BIJLAGE

C. Resultaten variant 1

Keerconstructie in gewapende grond

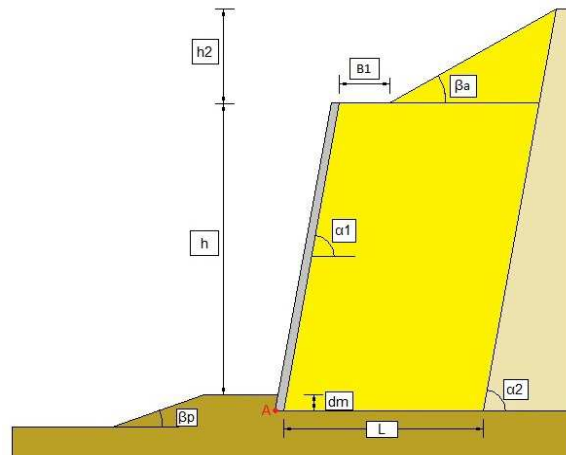
Ontwerp volgens CUR 198

RPS

Projectgegevens			
Referentienummer	Afstuderen		
Omschrijving	Berekening variant 1 - Casestudie		
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand:	Bijlage D. - bijlage a - Tekening variant 1

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	4,838
Lengte massief L [m]	7,5
Hoogte boventalud h2 [m]	2,562
Hellingshoek bekleding α_1 [°]	90
Hellingshoek achterzijde α_2 [°]	90
Hellingshoek actieve kant β_a [°]	0
Breedte berm bovenzijde b1 [m]	3
Hellingshoek passieve kant β_p [°]	0
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	0
Inbedding dm [m]	1,46

$$H_{\text{mech}} = 6,30 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m²	Q	van x	tot x	t.o.v. bovenzijde wand
Permanent Q	0,00	0,00	7,50	0,00 m t.o.v. punt A
Veranderlijk Q	9,00	3,00	30,00	
Eventuele aslasten	F	x	y	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	300,00	3,00	8,86	
Veranderlijk F	300,00	4,50	8,86	
Eventuele landhoofd belasting	F	x	y	t.o.v. Punt A
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	1,50	0,00	
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	1,50	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	1,50	0,00	

Factor voor gevolgschade

Veiligheidsklasse=	2	Factor=	1
--------------------	---	---------	---

Partiele factoren	UGT		BGT	Materiaalfactoren	
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C		
E.G. massief en grond boven massief	1,2	0,9	1	Hoek inw. wrijving (γ_ϕ)	1,25
Grondruk tegen massief	1,2	1,2	1	Cohesie (γ_c)	1,45
Veranderlijke belasting boven massief	1,5	0	1	Ongedr. schuifsterkte (γ_{cu})	1,75
Veranderlijke belasting achter massief	1,5	1,5	1	Volumiek gewicht (γ_γ)	1,00

Grondgegevens	ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0
Gewapend massief	32,5	0	18,0
Ondergrond [Gem]	23,80	0,95	17,8

Ondergrondgegevens					B.k. laag	O.k. laag	Dikte
		ϕ [°]	c' [kPa]	Υ [kN/m³]	[N.A.P.]	[N.A.P.]	laag [m]
Laag 1	Klei, Zwak zandig, Vast 1	32,5	0,0	20,0	-6,30	-7,38	1,08
Laag 2	Klei, Zwak zandig, Slap	25,2	5,2	16,0	-7,38	-8,62	1,24
Laag 3	Veen, Matig voorbelast, Matig 1	25,7	2,8	15,2	-8,62	-9,10	0,48
Laag 4	Klei, Organisch, Matig 1	22,1	1,1	13,5	-9,10	-10,90	1,8
Laag 5	Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-10,90	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. Achter massief	119,98	113,57	724,88	119,98	113,57	724,88
Gronddruk tgv q-belasting achter massief		70,98	314,44		70,98	314,44
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief		-47,41	-23,07		-47,41	-23,07
Gronddruk tgv eg. Massief	1020,28		3826,04	765,21		2869,53
Permanente belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Veranderlijke belasting op massief	60,75		227,81	0,00		0,00
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	1859,12	546,23	6722,60	1481,04	546,23	5211,43

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond						Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	0,74	H/V =	0,29	z _e /b' [m] =	1,18	
Effectieve breedte [m]	6,02	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand				
F _{v,totaal} [kN/m]	1859,12	R _{v,d} [kN/m]	5.169,42	Λ _{geo} =	0,36	Voldoet

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand					
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	N _q = 12,79	i _q = 0,50	λ _q = 1		
	N _c = 19,21	i _c = 0,46	λ _c = 1		
	N _y = 7,25	i _y = 0,36	λ _y = 1		
	R _{v,d} [kN/m]	1.898,72	Λ _{geo} = 0,98		N.v.t.

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
B _{pons} [m] =	7,80	R _{v,d} [kN/m] =	4868,56	σ' _{sq,d} [kN/m] =	1997,483
Herbepaling F _v [kN/m] =	1937,48	Λ _{geo} =	0,40	Λ _{geo} =	0,93
b' _{pons} =	6,00		Voldoet		Voldoet

Controle horizontaal glijden					Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]		546,23			
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]		561,69	Λ _{geo} =	0,97	Voldoet
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]		468,39	Λ _{geo} =	1,17	N.v.t.

Controle kantelen							Situatie A & Situatie C	
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	1470,96	b'	>	1/3 B
6,18179	>	5		F _h [kN/m]	375,18	5,641591	>	2,5
		Voldoet		M [kNm/m]	5461,96			Voldoet
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	0	Λ _{geo} = 0,00		N.v.t.

Controle zakkingen							
t = 30 dagen							
	d _j [m]	Δσ _{v,z;d}	σ _{v,z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1,08	300,74	10,80	0,12	0,01	134,44	1290,6 mm
Laag 2	1,24	291,25	20,72	0,34	0,06	391,73	
Laag 3	0,48	275,21	24,37	0,16	0,06	223,43	
Laag 4	1,8	247,38	36,52	0,37	0,16	529,44	
Laag 5	10	136,19	136,52	0,01	0,00	11,53	

Interne stabiliteit

Geogrid-indeling				
Lagen	Diepte onderkant	Laag dikte	Gridtype	Ontwerp sterkte
Laag 1	0,6	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 2	1,2	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 3	1,8	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 4	2,4	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 5	3	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 6	3,6	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 7	4,2	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 8	4,8	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 9	5,4	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 10	6	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 11	6,298	0,298	GX160/30	57,12 kN/m
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Sterktes van verschillende Geogrids (TenCate)								
	T _{CHAR} [kN/m]	T _{CR} [kN/m]	f _s	RF _{ID}	RF _W	RF _{CH}	F _n	Ontwerp sterkte
GX20/20	20	12,8	1,03	1,18	1,25	1,18	1	7,14
GX35/35	35,2	22,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	12,57
GX55/30	55,1	35,26	1,03	1,18	1,25	1,18	1	19,67
GX80/30	80	51,2	1,03	1,18	1,25	1,18	1	28,56
GX110/30	110,2	70,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	39,34
GX160/30	160	102,4	1,03	1,18	1,25	1,18	1	57,12

Controle wapeningsterkte/aanhechtsterkte

	Lengte grid [m]	$\sigma_{v,i;d}$ [kN/m]	Optredende kracht geogrid $T_{i;d}$ [kN/m]	Ontwerp sterkte $T_{r,i;d}$ [kN/m]	$T_{r,i;d} > T_{i;d}$	$L_{aanh,i;d}$ [m]	$F_{r,aanh,i;d}$ [kN/m]	$F_{r,aanh,i;d} > T_{i;d}$
Laag 1	7,50	62,01	11,20	57,12	Voldoet	4,37	132,28	Voldoet
Laag 2	7,50	76,87	13,88	57,12	Voldoet	4,70	176,32	Voldoet
Laag 3	7,50	92,16	16,64	57,12	Voldoet	5,03	226,19	Voldoet
Laag 4	7,50	107,90	19,49	57,12	Voldoet	5,36	282,14	Voldoet
Laag 5	7,50	124,10	22,41	57,12	Voldoet	5,69	344,45	Voldoet
Laag 6	7,50	140,80	25,43	57,12	Voldoet	6,02	413,39	Voldoet
Laag 7	7,50	158,01	28,54	57,12	Voldoet	6,35	489,29	Voldoet
Laag 8	7,50	175,75	31,74	57,12	Voldoet	6,68	572,45	Voldoet
Laag 9	7,50	189,53	34,23	57,12	Voldoet	7,01	647,76	Voldoet
Laag 10	7,50	202,49	36,57	57,12	Voldoet	7,34	724,56	Voldoet
Laag 11	7,50	208,73	37,70	57,12	Voldoet	7,50	763,55	Voldoet
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Controle sterkte bekleding

	Herbepalen van belasting T_{conn}	Optredende kracht in bekleding $T'_{b,i;d}$	$T'_{b,i;d} <$ ontwerp sterkte		Herbepalen van belasting T_{conn}	Optredende kracht in bekleding $T'_{b,i;d}$	$T'_{b,i;d} <$ ontwerpsterkte
Laag 1	32,12	16,06	Voldoet	-	-	-	-
Laag 2	33,11	16,55	Voldoet	-	-	-	-
Laag 3	34,10	17,05	Voldoet	-	-	-	-
Laag 4	35,09	17,54	Voldoet	-	-	-	-
Laag 5	36,08	18,04	Voldoet	-	-	-	-
Laag 6	37,06	18,53	Voldoet	-	-	-	-
Laag 7	38,05	19,03	Voldoet	-	-	-	-
Laag 8	39,04	19,52	Voldoet	-	-	-	-
Laag 9	40,03	20,02	Voldoet	-	-	-	-
Laag 10	41,02	20,51	Voldoet	-	-	-	-
Laag 11	41,51	20,76	Voldoet	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 9-5-2016
 Time : 8:49:03

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 1 casestudie - gewapende grond.sto
 Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 1 casestudie - gewapende grond.sti
 ===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT
=====

Problem identification :
:

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES
=====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
9 - X -	0.00	45.00	45.00	45.00	48.00	100.00
9 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	2.56	2.56	2.56
8 - X -	0.00	45.00	45.00	45.00	48.00	48.00
8 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	2.56	2.56	0.00
8 - X -	52.50	100.00				
8 - Y -	0.00	0.00				
7 - X -	0.00	45.00	45.00	48.00	52.50	100.00
7 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	0.00	0.00	0.00
6 - X -	0.00	45.00	45.00	52.50	52.50	100.00
6 - Y -	-4.84	-4.84	-6.30	-6.30	0.00	0.00
5 - X -	0.00	100.00				
5 - Y -	-6.30	-6.30				
4 - X -	0.00	100.00				
4 - Y -	-7.38	-7.38				
3 - X -	0.00	100.00				
3 - Y -	-8.62	-8.62				
2 - X -	0.00	100.00				
2 - Y -	-9.10	-9.10				
1 - X -	0.00	100.00				
1 - Y -	-10.90	-10.90				
0 - X -	0.00	100.00				
0 - Y -	-20.90	-20.90				

PL-LINES
=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]	
1 - X -	0.00	100.00
1 - Y -	-6.30	-6.30

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by PL-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	45.00	2.56	45.00	-4.84

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name
9	Ophoogzand
8	Beton
7	Massief (Zand, matig)
6	Ophoogzand
5	Klei, Zanderig, Matig
4	Klei, Zwak zanderig, Slap
3	Veen
2	Klei, Humeus, Slap
1	Zand, los

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
9	17.00	19.00	1	1
8	0.01	0.01	1	1
7	20.00	22.00	1	1
6	17.00	19.00	1	1
5	18.00	18.00	1	1
4	14.00	14.00	1	1
3	10.00	10.00	1	1
2	13.00	13.00	1	1
1	17.00	19.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
9	0.00	24.00	-	-	-	-	-
8	100.00	89.00	-	-	-	-	-
7	0.00	32.00	-	-	-	-	-
6	0.00	24.00	-	-	-	-	-
5	3.45	18.00	-	-	-	-	-
4	0.00	18.00	-	-	-	-	-
3	0.69	12.00	-	-	-	-	-
2	0.00	15.00	-	-	-	-	-
1	0.00	24.00	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

X co-ordinate grid left : 33.39 [m]
 X co-ordinate grid right : 45.89 [m]
 Number of grid points in X - direction : 20

 Y co-ordinate grid bottom : 8.50 [m]
 Y co-ordinate grid top : 13.50 [m]
 Number of grid points in Y - direction : 20

 Y co-ordinate tangent smallest circle : 2.50 [m]
 Y co-ordinate tangent biggest circle : -15.00 [m]
 Number of circles per grid point : 30

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 400
 Total number of slip circles in the grid : 12000

LINE LOADS

=====

Line load number	Magnitude [kN/m]	X coord. [m]	Y coord. [m]	Angle degrees	Distrib. degrees
1	300.00	49.00	2.56	0.00	0.00
2	300.00	50.50	2.56	0.00	0.00

UNIFORM LOAD

=====

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	9.00	0.00	100.00	90.00	Temporary

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number	Degree of consolidation
9	30
8	0
7	30
6	30
5	70
4	70
3	70
2	70
1	70

GEOTEXTILES

=====

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	207.16	45.00	56.00	-6.30	0.00
2	57.12	45.00	52.50	-5.90	0.00
3	57.12	45.00	52.50	-5.50	0.00
4	57.12	45.00	52.50	-5.10	0.00
5	57.12	45.00	52.50	-4.70	0.00
6	57.12	45.00	52.50	-4.30	0.00
7	57.12	45.00	52.50	-3.90	0.00
8	57.12	45.00	52.50	-3.50	0.00
9	57.12	45.00	52.50	-3.10	0.00
10	57.12	45.00	52.50	-2.70	0.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS =====

Information on the critical circle : Fmin = 0.996
 Calculation method used : Bishop - C phi
 =====

X co-ordinate center point : 43.26 [m]
 Y co-ordinate center point : 9.81 [m]
 Radius of critical circle : 20.59 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -23585.65 [kNm/m]
 Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
 Driving moment external loads : -4625.60 [kNm/m]
 Iterated resisting moment : 23483.53 [kNm/m]
 Non-iterated resisting moment : 23493.77 [kNm/m]

Information of the geotextile results =====

nr	intersection point		embedding length min. [m]	mobilized embedd. tensile strength		resisting moment [kNm/m]
	X-coord [m]	Y-coord [m]		[%]	[kN/m]	
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total resisting moment from geotextiles						0.00

END OF D-Geo Stability OUTPUT
 =====

END OF D-Geo Stability OUTPUT
 =====

Critical Circle Bishop

RPS

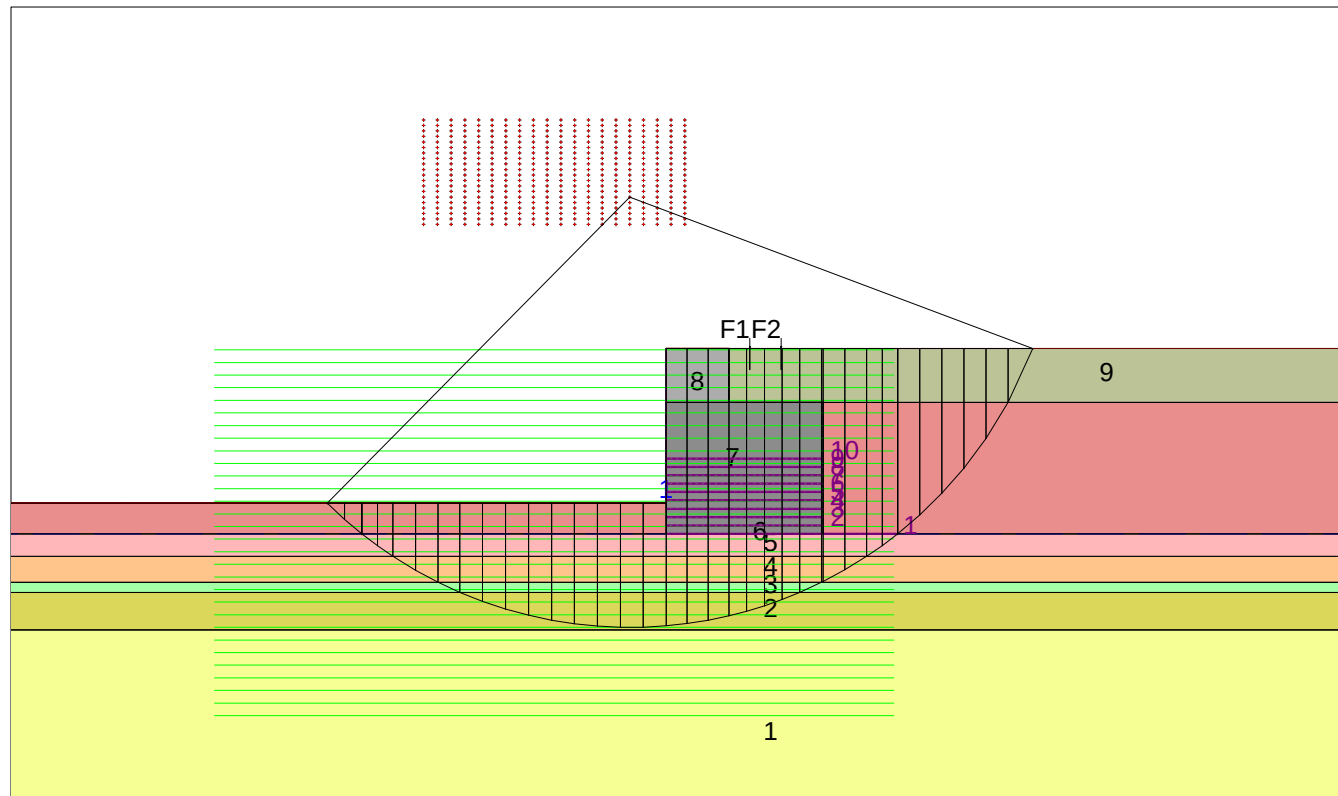
Elektronicaweg 2
2628 XG DELFT

Phone
Fax

D-Geo Stability 15.1 : Berkening_Variant 1 casesstudie - gewapende grond.sti

date
24-5-2016

Annex



Xm : 43,26 [m]
Ym : 9,81 [m]

Radius : 20,59 [m]
Safety : 1,00

Layers

-  9. Ophoogzand
-  8. Beton
-  7. Massief (Zand, matig)
-  6. Ophoogzand
-  5. Klei, Zanderig, Matig
-  4. Klei, Zwak zanderig, Slap
-  3. Veen
-  2. Klei, Humeus, Slap
-  1. Zand, los

BIJLAGE

D. Resultaten variant 2

Keerconstructie in gewapende grond

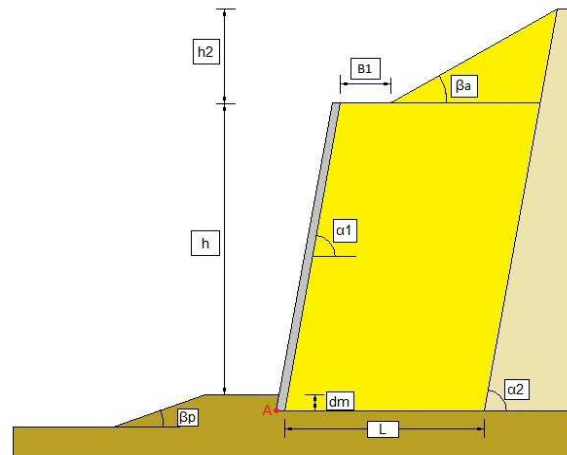
Ontwerp volgens CUR 198

RPS

Projectgegevens			
Referentienummer	Afstuderen		
Omschrijving	Berekening Variant 2 - weg in de polder		
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand:	Bijlage D. - bijlage b - Tekening variant 2

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	2,25
Lengte massief L [m]	2,58092
Hoogte boventalud h2 [m]	0,25
Hellingshoek bekleding α_1 [°]	70
Hellingshoek achterzijde α_2 [°]	90
Hellingshoek actieve kant β_a [°]	0
Breedte berm bovenzijde b1 [m]	0,5
Hellingshoek passieve kant β_p [°]	11
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	-0,25
Inbedding dm [m]	0,5

$$H_{\text{mech}} = 2,75 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m²	Q	van x	tot x	t.o.v. bovenzijde wand
Permanent Q	0,00	0,00	1,58	1,00 m t.o.v. punt A
Veranderlijk Q	9,00	0,50	30,00	
Eventuele aslasten	F	x	y	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	300,00	3,00	3,00	
Veranderlijk F	300,00	5,00	3,00	
Eventuele landhoofd belasting	F	x	y	t.o.v. Punt A
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,25	0,00	
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	0,25	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,25	0,00	

Factor voor gevolgschade			
Veiligheidsklasse=	3	Factor=	1,1

Partiele factoren	UGT		BGT	Materiaalfactoren	
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C		
E.G. massief en grond boven massief	1,32	0,99	1,1	Hoek inw. wrijving (γ_ϕ)	1,3
Grondruk tegen massief	1,32	1,32	1,1	Cohesie (γ_c)	1,6
Veranderlijke belasting boven massief	1,65	0	1,1	Ongedr. schuifsterkte (γ_{cu})	2,0
Veranderlijke belasting achter massief	1,65	1,65	1,1	Eigen gewicht grond (γ_{qu})	1,0

Grondgegevens	ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0
Gewapend massief	40	0	20,0
Ondergrond [Gem]	14,55	0,74	14,0

Ondergrondgegevens					B.k. laag	O.k. laag	Dikte
		ϕ [°]	c' [kPa]	Υ [kN/m³]	[N.A.P.]	[N.A.P.]	laag [m]
Laag 1	Klei, Organisch, Slap	15,0	1,0	13,0	-2,75	-3,75	1,00
Laag 2	leen, Matig voorbelast, Matig	15,0	2,5	12,0	-3,75	-4,75	1
Laag 3	Klei, Zwak zandig, Slap	22,5	0,0	15,0	-4,75	-5,75	1
Laag 4	Zand, Schoon, Vast 1	35,0	0,0	21,0	-5,75	-15,75	10
Laag 5		0,0	0,0	0,0	-15,75	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. Achter massief	34,22	34,22	74,09	34,22	34,22	74,09
Gronddruk tgv q-belasting achter massief		18,33	27,50		18,33	27,50
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief		-29,32	-4,89		-29,32	-4,89
Gronddruk tgv eg. Massief	187,37		241,80	140,53		181,35
Permanente belasting op massief	0,00		0,00	0,00		0,00
Veranderlijke belasting op massief	16,04		28,72	0,00		0,00
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	244,76	23,23	336,55	180,10	23,23	243,74

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond					Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	0,23	H/V =	0,09	z _e /b' [m] =	1,49
Effectieve breedte [m]	2,12	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand			
F _{v,totaal} [kN/m]	244,76	R _{v,d} [kN/m]	326,91	Λ _{geo} =	0,75 Voldoet

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand				
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	N _q =	7,73	i _q =	0,82
	N _c =	10,66	i _c =	0,79
	N _y =	5,96	i _y =	0,75
			λ _q =	0,955492
			λ _c =	1,091196
			λ _y =	0,541474
			R _{v,d} [kN/m]	205,02
			Λ _{geo} =	1,19 N.v.t.

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
Bpons [m] =	2,86	Rv;d [kN/m]=	2404,77	σ'sq;d [kN/m]=	552,6138
Herbepaling Fv [kN/m] =	257,24	Λgeo =	0,11	Λgeo =	0,44
b'pons =	2,04		Voldoet		Voldoet

Controle horizontaal glijden				Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]		23,23		
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]		39,07	Λ _{geo} =	0,59 Voldoet
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]		60,10	Λ _{geo} =	0,39 N.v.t.

Controle kantelen							Situatie A & Situatie C	
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	201,30	b'	>	1/3 B
2,15587	>	1,72061		F _h [kN/m]	16,30	1,949757	>	0,860306
		Voldoet		M [kNm/m]	280,251	Voldoet		
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	0	Λ _{geo} = 0,00		N.v.t.

Controle zakkingen							
t =		30 dagen					
	d _j [m]	Δσ _{v,z;d}	σ _{v,z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1	113,53	6,50	0,39	0,14	532,37	1109,8 mm
Laag 2	1	87,08	12,50	0,28	0,13	408,02	
Laag 3	1	63,90	20,00	0,14	0,02	167,70	
Laag 4	10	22,92	125,50	0,00	0,00	1,68	
Laag 5	0	14,26	125,50	0,00	0,00	0,00	

Interne stabiliteit

[illegible]

Sterktes van verschillende Geogrids (TenCate)								
	T _{CHAR} [kN/m]	T _{CR} [kN/m]	f _s	RF _{ID}	RF _W	RF _{CH}	F _n	Ontwerp sterkte
GX20/20	20	12,8	1,03	1,18	1,25	1,18	1,1	6,49
GX35/35	35,2	22,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	12,57
GX55/30	55,1	35,26	1,03	1,18	1,25	1,18	1	19,67
GX80/30	80	51,2	1,03	1,18	1,25	1,18	1	28,56
GX110/30	110,2	70,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	39,34
GX160/30	160	102,4	1,03	1,18	1,25	1,18	1	57,12

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 23-5-2016
 Time : 13:59:47

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 2 weg in de polder - gewapende grond.sto
 Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 2 weg in de polder - gewapende grond.sti
 ===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT
 =====

Problem identification :
 :

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES
 =====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
12 - X -	0.00	37.30	38.17	38.60	39.90	40.34
12 - Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00
12 - X -	41.20	41.50	41.75	41.90	42.30	42.45
12 - Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00
12 - X -	42.70	43.70	44.48	44.50	44.75	50.00
12 - Y -	-4.50	-4.50	-2.25	-2.25	-2.00	-2.00
12 - X -	55.25	55.50	55.52	56.34	57.44	57.69
12 - Y -	-2.00	-2.25	-2.25	-4.50	-4.50	-5.00
12 - X -	57.84	58.24	58.39	58.64	58.84	59.70
12 - Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-5.00
12 - X -	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00	
12 - Y -	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50	
11 - X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.20
11 - Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50
11 - X -	41.50	41.75	41.90	42.30	42.45	42.70
11 - Y -	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50
11 - X -	43.70	44.48	44.50	44.75	50.00	55.25
11 - Y -	-4.50	-2.25	-2.25	-2.00	-2.00	-2.00
11 - X -	55.50	55.52	56.34	57.44	57.69	57.84
11 - Y -	-2.25	-2.25	-4.50	-4.50	-5.00	-5.30
11 - X -	58.24	58.39	58.64	58.84	59.70	60.14
11 - Y -	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25
11 - X -	61.44	61.88	62.74	100.00		
11 - Y -	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50		
10 - X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.75
10 - Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
10 - X -	41.90	42.30	42.45	42.70	43.70	44.48
10 - Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-2.25
10 - X -	44.50	44.75	50.00	55.25	55.50	55.52
10 - Y -	-2.25	-2.00	-2.00	-2.00	-2.25	-2.25
10 - X -	56.34	57.44	57.69	57.84	58.24	58.39
10 - Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00
10 - X -	58.64	58.84	59.70	60.14	61.44	61.88
10 - Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00
10 - X -	62.74	100.00				

10	- Y -	-4.50	-4.50				
9	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.75
9	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
9	- X -	41.90	42.30	42.45	43.48	43.70	44.48
9	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-4.50	-2.25
9	- X -	44.50	44.75	50.00	55.25	55.50	55.52
9	- Y -	-2.25	-2.00	-2.00	-2.00	-2.25	-2.25
9	- X -	56.34	57.44	57.69	57.84	58.24	58.39
9	- Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.30	-5.30	-5.00
9	- X -	58.64	58.84	59.70	60.14	61.44	61.88
9	- Y -	-4.50	-4.50	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00
9	- X -	62.74	100.00				
9	- Y -	-4.50	-4.50				
8	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.75
8	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
8	- X -	41.90	42.30	42.45	43.48	43.70	44.48
8	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-4.50	-2.25
8	- X -	44.50	55.50	55.52	56.34	57.44	57.69
8	- Y -	-2.25	-2.25	-2.25	-4.50	-4.50	-5.00
8	- X -	57.84	58.24	58.39	58.64	58.84	59.70
8	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-5.00
8	- X -	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00	
8	- Y -	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50	
7	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.75
7	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
7	- X -	41.90	42.30	42.45	43.48	43.70	44.48
7	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-4.50	-2.25
7	- X -	44.50	55.50	55.52	56.34	56.55	57.69
7	- Y -	-2.25	-2.25	-2.25	-4.50	-5.00	-5.00
7	- X -	57.84	58.24	58.39	58.64	58.84	59.70
7	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-5.00
7	- X -	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00	
7	- Y -	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50	
6	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.75
6	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
6	- X -	41.90	42.30	42.45	43.48	56.55	57.69
6	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
6	- X -	57.84	58.24	58.39	58.64	58.84	59.70
6	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-4.50	-4.50	-5.00
6	- X -	60.14	61.44	61.88	62.74	100.00	
6	- Y -	-5.25	-5.25	-5.00	-4.50	-4.50	
5	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.75
5	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
5	- X -	41.90	42.30	42.45	43.48	56.55	57.69
5	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
5	- X -	57.84	58.24	58.39	59.70	60.14	61.44
5	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25
5	- X -	61.88	62.74	100.00			
5	- Y -	-5.00	-4.50	-4.50			
4	- X -	0.00	38.17	38.60	39.90	40.34	41.75
4	- Y -	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25	-5.00	-5.00
4	- X -	41.90	42.30	42.45	43.48	56.55	57.69
4	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00

4	- X -	57.84	58.24	58.39	59.70	60.14	61.44
4	- Y -	-5.30	-5.30	-5.00	-5.00	-5.25	-5.25
4	- X -	61.88	100.00				
4	- Y -	-5.00	-5.00				
3	- X -	0.00	100.00				
3	- Y -	-6.00	-6.00				
2	- X -	0.00	100.00				
2	- Y -	-7.00	-7.00				
1	- X -	0.00	100.00				
1	- Y -	-8.00	-8.00				
0	- X -	0.00	100.00				
0	- Y -	-18.00	-18.00				

PL-LINES

=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]
-----	-----
1 - X -	0.00 100.00
1 - Y -	-5.00 -5.00

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
-----	-----	-----	-----	-----
1	44.75	-2.00	44.50	-2.25
2	55.25	-2.00	55.50	-2.25
3	44.48	-2.25	43.70	-4.50
4	55.52	-2.25	56.34	-4.50
5	43.70	-4.50	43.48	-5.00
6	56.34	-4.50	56.55	-5.00

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name
-----	-----
12	Zand, matig
11	Zand, matig
10	Zand, matig
9	Zand, Vast, massief
8	Zand, matig
7	Zand, Vast, massief
6	Zand, matig
5	Zand, matig
4	Klei, humeus, slap
3	Veen
2	Klei, zanderig, slap
1	Zand, vast, ondergrond

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
-----	-----	-----	-----	-----
12	18.00	20.00	1	1
11	18.00	20.00	1	1
10	18.00	20.00	1	1
9	20.00	22.00	1	1
8	18.00	20.00	1	1
7	20.00	22.00	1	1
6	18.00	20.00	1	1

5	18.00	20.00	1	1	
4	13.00	13.00	1	1	
3	12.00	12.00	1	1	
2	15.00	15.00	1	1	
1	19.00	21.00	1	-	

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
12	0.00	25.00	-	-	-	-	-
11	0.00	25.00	-	-	-	-	-
10	0.00	25.00	-	-	-	-	-
9	0.00	30.77	-	-	-	-	-
8	0.00	25.00	-	-	-	-	-
7	0.00	30.77	-	-	-	-	-
6	0.00	25.00	-	-	-	-	-
5	0.00	25.00	-	-	-	-	-
4	0.63	11.54	-	-	-	-	-
3	1.56	11.54	-	-	-	-	-
2	0.00	17.31	-	-	-	-	-
1	0.00	26.92	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

X co-ordinate grid left : 44.00 [m]
 X co-ordinate grid right : 56.00 [m]
 Number of grid points in X - direction : 20

 Y co-ordinate grid bottom : -1.00 [m]
 Y co-ordinate grid top : 2.50 [m]
 Number of grid points in Y - direction : 20

 Y co-ordinate tangent smallest circle : -6.00 [m]
 Y co-ordinate tangent biggest circle : -8.00 [m]
 Number of circles per grid point : 30

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 400
 Total number of slip circles in the grid : 12000

LINE LOADS

=====

Line load number	Magnitude [kN/m]	X coord. [m]	Y coord. [m]	Angle degrees	Distrib. degrees
1	300.00	45.75	-2.00	0.00	0.00
2	300.00	47.75	-2.00	0.00	0.00

UNIFORM LOAD

=====

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	9.00	44.75	55.25	90.00	Temporary

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number | Degree of consolidation

12	100
11	100
10	30
9	30
8	10
7	30
6	10
5	30
4	100
3	100
2	100
1	30

GEOTEXTILES

=====

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	401.50	43.41	56.60	-5.00	0.00
2	12.56	43.70	47.40	-4.50	0.00
3	12.56	43.89	47.41	-4.00	0.00
4	12.56	44.04	47.41	-3.50	0.00
5	12.56	44.22	47.41	-3.00	0.00
6	12.56	44.39	47.41	-2.50	0.00
7	12.56	52.64	56.15	-4.00	0.00
8	12.56	52.64	56.34	-4.50	0.00
9	96.78	44.51	55.50	-2.25	0.00
10	12.56	52.64	55.98	-3.50	0.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 44.00 [m]
 X maximum = 56.00 [m]
 Y minimum = -1.00 [m]
 Y maximum = 2.50 [m]
 tangent minimum = -9.93 [m]
 tangent maximum = -7.93 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 1.178
 Calculation method used : Bishop - C phi

=====

X co-ordinate center point : 54.74 [m]
 Y co-ordinate center point : 1.76 [m]

Radius of critical circle : 9.76 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : 7068.65 [kNm/m]
 Driving moment free water : -30.67 [kNm/m]
 Driving moment external loads : 5156.13 [kNm/m]
 Iterated resisting moment : 8329.43 [kNm/m]
 Non-iterated resisting moment : 8096.85 [kNm/m]

Information of the geotextile results

=====

nr	intersection point		embedding length min. [m]	mobilized embedd. tensile strength		resisting moment [kNm/m]
	X-coord [m]	Y-coord [m]		[%]	[kN/m]	
1	47.70	-5.00	4.29	100	401.50	2715.41
2	47.25	-4.50	0.15	100	12.56	78.67
3	46.86	-4.00	0.55	100	12.56	72.39
4	46.51	-3.50	0.90	100	12.56	66.11
5	46.21	-3.00	1.20	100	12.56	59.83
6	45.95	-2.50	1.46	100	12.56	53.55
7	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
9	45.84	-2.25	1.33	100	96.78	388.39
10	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total resisting moment from geotextiles						3434.33

END OF D-Geo Stability OUTPUT

=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT

=====

Radius : 9,76 [m]
Safety : 1,18

BIJLAGE

E. Resultaten variant 3

Keerconstructie in gewapende grond

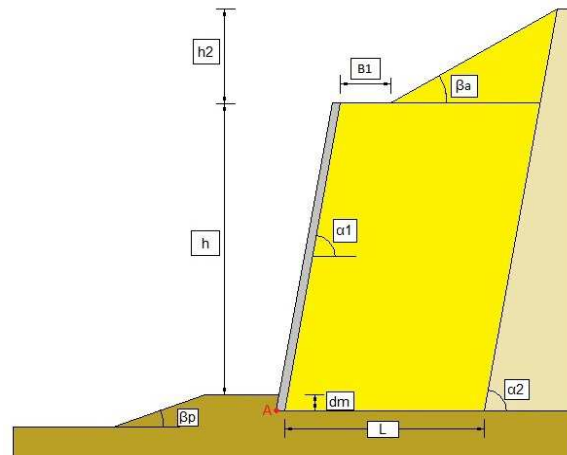
Ontwerp volgens CUR 198

RPS

Projectgegevens			
Referentienummer	Afstuderen		
Omschrijving	Berekening Variant 3 - Verhoging langs weg		
Constructeur	Jasper Borst	Tekening bestand:	Bijlage D. - bijlage c - Tekening variant 3

Geometrie	
Kerende hoogte h [m]	7,1
Lengte massief L [m]	4,29711
Hoogte boventalud h2 [m]	0,25
Hellingshoek bekleding α_1 [°]	80
Hellingshoek achterzijde α_2 [°]	80
Hellingshoek actieve kant β_a [°]	0
Breedte berm bovenzijde b1 [m]	1
Hellingshoek passieve kant β_p [°]	12
Waterniveau (vanaf punt A) [m]	0
Inbedding dm [m]	0,71

$$H_{mech} = 7,81 \text{ m}$$



Bovenbelasting in kN/m²	Q	van x	tot x	
Permanent Q	24,00	0,00	1,00	t.o.v. bovenzijde wand
Veranderlijk Q	5,00	1,00	30,00	1,38 m t.o.v. punt A
Eventuele aslasten	F	x	y	
Veranderlijk F	0,00	0,00	8,06	t.o.v. Punt A
Veranderlijk F	0,00	2,00	8,06	
Eventuele landhoofd belasting	F	x	y	
E.G. landhoofd/brugdek	0,00	0,50	0,00	t.o.v. Punt A
Veranderlijke belasting op brug/landhoofd	0,00	0,50	0,00	
Horizontale belasting door remmen	0,00	0,50	0,00	

Factor voor gevolgschade

Veiligheidsklasse=	1	Factor=	1
--------------------	---	---------	---

Partiele factoren	UGT		BGT		
Belastingsfactoren	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Materiaalfactoren	
E.G. massief en grond boven massief	1,2	0,9	1	Hoek inw. wrijving (γ_ϕ)	1,2
Grondruk tegen massief	1,2	1,2	1	Cohesie (γ_c)	1,5
Veranderlijke belasting boven massief	1,5	0	1	Ongedr. schuifsterkte (γ_{cu})	1,5
Veranderlijke belasting achter massief	1,5	1,5	1	Eigen gewicht grond (γ_{qu})	1,1

Grondgegevens	ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]
Grond achter massief	32,5	0	18,0
Gewapend massief	40	0	20,0
Ondergrond [Gem]	17,76	0,34	14,9

Ondergrondgegevens		ϕ [°]	c' [kPa]	γ [kN/m³]	B.k. laag [N.A.P.]	O.k. laag [N.A.P.]	Dikte laag [m]
Laag 1	Klei, Organisch, Matig 1	15,0	0,0	15,0	-7,81	-10,10	2,29
Laag 2	leen, Matig voorbelast, Matig	15,0	2,5	12,0	-10,10	-11,10	1
Laag 3	Klei, Zwak zandig, Matig	22,5	5,0	18,0	-11,10	-11,60	0,5
Laag 4	Zand, Schoon, Matig	32,5	0,0	20,0	-11,60	-21,60	10
Laag 5		0,0	0,0	0,0	-21,60	∞	∞

Externe stabiliteit

Belastingen	Situatie A			Situatie B		
	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]	F _v [kN/m]	F _h [kN/m]	M [kNm/m]
Gronddruk tgv eg. Achter massief	72,78	72,78	237,92	72,78	72,78	237,92
Gronddruk tgv q-belasting achter massief		24,43	98,45		24,43	98,45
Gronddruk tgv eg. Grond voor massief		-32,54	-7,70		-32,54	-7,70
Gronddruk tgv eg. Massief	805,45		2285,16	604,09		1713,87
Permanente belasting op massief	28,80		54,06	21,60		40,55
Veranderlijke belasting op massief	24,73		87,18	0,00		0,00
Landhoofd op het massief	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultanten ⁽¹⁾	948,58	64,67	2641,26	711,08	64,67	1952,35

(1) Niet alle belastingen zijn weergegeven

Controle overschijding draagkracht ondergrond					Situatie A
Excentriciteit belasting [m]	0,30	H/V =	0,07	z _e /b' [m] =	1,31
Effectieve breedte [m]	3,69	Verticale draagkracht in ongedraineerd toestand			
F _{v,totaal} [kN/m]	948,58	R _{v,d} [kN/m]	984,08	Λ _{geo} =	0,96 Voldoet

Verticale draagkracht in gedraineerde toestand				
Gronddrukcoëfficiënten [NEN-EN1997-1]	N _q =	7,25	i _q =	0,86
	N _c =	13,05	i _c =	0,84
	N _y =	5,07	i _y =	0,81
			λ _q =	0,947253
			λ _c =	1,081258
			λ _y =	0,509582
			R _{v,d} [kN/m]	481,50
			Λ _{geo} =	1,97 N.v.t.

Doorponsen bij gelaagde grond				Squeezing	
Bpons [m] =	4,94	Rv;d [kN/m]=	5979,11	σ'sq;d [kN/m]=	1318,671
Herbepaling Fv [kN/m] =	1037,39	Λgeo =	0,17	Λgeo =	0,72
b'pons =	4,02		Voldoet		Voldoet

Controle horizontaal glijden				Situatie B
F _{h,totaal} [kN/m]			64,67	
Horizontale draagkracht in ongedraineerde toestand [kN/m]			90,74	Λ _{geo} = 0,71 Voldoet
Horizontale draagkracht in gedraineerde toestand [kN/m]			181,59	Λ _{geo} = 0,36 N.v.t.

Controle kantelen							Situatie A & Situatie C	
b'	>	2/3 B	Situatie C	F _v [kN/m]	786,36	b'	>	1/3 B
3,73207	>	2,86474		F _h [kN/m]	49,82	3,491898	>	1,432371
		Voldoet		M [kNm/m]	2202,93			Voldoet
Controle overschrijding draagkracht				R _{v,d} [kN/m]	0	Λ _{geo} = 0,00		N.v.t.

Controle zakkingen							
t =	30 dagen						
	d _j [m]	Δσ _{v,z;d}	σ _{v,z;0;d}	s _{1;d} [m]	s _{2;d} [m]	s _d [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	2,29	254,17	17,18	0,63	0,23	865,42	1341,0 mm
Laag 2	1	184,40	23,18	0,29	0,12	413,58	
Laag 3	0,5	160,04	27,68	0,05	0,01	54,22	
Laag 4	10	76,11	127,68	0,01	0,00	7,79	
Laag 5	0	49,62	127,68	0,00	0,00	0,00	

Interne stabiliteit

Geogrid-indeling				
Lagen	Diepte onderkant	Laag dikte	Gridtype	Ontwerp sterkte
Laag 1	0,6	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 2	1,2	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 3	1,8	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 4	2,4	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 5	3	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 6	3,6	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 7	4,2	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 8	4,8	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 9	5,4	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 10	6	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 11	6,6	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 12	7,2	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 13	7,8	0,6	GX160/30	57,12 kN/m
Laag 14	7,81	0,01	GX160/30	57,12 kN/m
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Sterktes van verschillende Geogrids (TenCate)								
	T _{CHAR} [kN/m]	T _{CR} [kN/m]	f _s	RF _{ID}	RF _W	RF _{CH}	F _n	Ontwerp sterkte
GX20/20	20	12,8	1,03	1,18	1,25	1,18	1	7,14
GX35/35	35,2	22,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	12,57
GX55/30	55,1	35,26	1,03	1,18	1,25	1,18	1	19,67
GX80/30	80	51,2	1,03	1,18	1,25	1,18	1	28,56
GX110/30	110,2	70,53	1,03	1,18	1,25	1,18	1	39,34
GX160/30	160	102,4	1,03	1,18	1,25	1,18	1	57,12

Controle wapeningsterkte/aanhechtsterkte

	Lengte grid [m]	$\sigma_{v,i;d}$ [kN/m]	Optredende kracht geogrid $T_{i;d}$ [kN/m]	Ontwerp sterkte $T_{r,i;d}$ [kN/m]	$T_{r,i;d} > T_{i;d}$	$L_{aanh,i;d}$ [m]	$F_{r,aanh,i;d}$ [kN/m]	$F_{r,aanh,i;d} > T_{i;d}$
Laag 1	4,30	27,42	4,95	57,12	Voldoet	0,94	13,11	Voldoet
Laag 2	4,30	43,47	7,85	57,12	Voldoet	1,21	27,00	Voldoet
Laag 3	4,30	60,16	10,87	57,12	Voldoet	1,49	45,98	Voldoet
Laag 4	4,30	77,55	14,01	57,12	Voldoet	1,77	70,37	Voldoet
Laag 5	4,30	95,67	17,28	57,12	Voldoet	2,05	100,50	Voldoet
Laag 6	4,30	114,57	20,69	57,12	Voldoet	2,33	136,74	Voldoet
Laag 7	4,30	134,30	24,26	57,12	Voldoet	2,61	179,51	Voldoet
Laag 8	4,30	154,92	27,98	57,12	Voldoet	2,89	229,23	Voldoet
Laag 9	4,30	176,49	31,87	57,12	Voldoet	3,17	286,39	Voldoet
Laag 10	4,30	199,07	35,95	57,12	Voldoet	3,45	351,52	Voldoet
Laag 11	4,30	222,75	40,23	57,12	Voldoet	3,73	425,19	Voldoet
Laag 12	4,30	241,80	43,67	57,12	Voldoet	4,01	496,15	Voldoet
Laag 13	4,30	233,39	42,15	57,12	Voldoet	4,29	512,29	Voldoet
Laag 14	4,30	233,27	42,13	57,12	Voldoet	4,297114	512,57	Voldoet
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Controle sterkte bekleding

	Herbepalen van belasting T_{conn}	Optredende kracht in bekleding $T'_{b,i;d}$	$T'_{b,i;d} <$ ontwer psterkt		Herbepalen van belasting T_{conn}	Optredende kracht in bekleding $T'_{b,i;d}$	$T'_{b,i;d} <$ ontwerpsterkte
Laag 1	39,94	19,97	Voldoet	-	-	-	-
Laag 2	40,94	20,47	Voldoet	-	-	-	-
Laag 3	41,94	20,97	Voldoet	-	-	-	-
Laag 4	42,94	21,47	Voldoet	-	-	-	-
Laag 5	43,93	21,97	Voldoet	-	-	-	-
Laag 6	44,93	22,47	Voldoet	-	-	-	-
Laag 7	45,93	22,96	Voldoet	-	-	-	-
Laag 8	46,92	23,46	Voldoet	-	-	-	-
Laag 9	47,92	23,96	Voldoet	-	-	-	-
Laag 10	48,92	24,46	Voldoet	-	-	-	-
Laag 11	49,92	24,96	Voldoet				
Laag 12	50,91	25,46	Voldoet				
Laag 13	51,91	25,96	Voldoet				
Laag 14	51,93	25,96	Voldoet				
-	-	-	-				

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 9-5-2016
 Time : 12:17:17

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 3 muur langs weg - gewapende grond.sto
 Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Berekening_Variant 3 muur langs weg - gewapende grond.sti
 ===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT
 =====

Problem identification :
 :

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES
 =====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
10 - X -	0.00	28.00	38.00	39.10	42.07	43.55
10 - Y -	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.71	-1.10
10 - X -	45.55	47.03	50.00	51.38	56.40	70.00
10 - Y -	-1.10	-0.71	0.00	7.10	7.10	2.00
10 - X -	100.00					
10 - Y -	2.00					
9 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	39.10	42.07
9 - Y -	-0.71	-0.72	0.00	0.00	0.00	-0.71
9 - X -	43.55	45.55	47.03	50.00	51.38	56.40
9 - Y -	-1.10	-1.10	-0.71	0.00	7.10	7.10
9 - X -	70.00	100.00				
9 - Y -	2.00	2.00				
8 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	38.00
8 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	0.00
8 - X -	39.10	42.07	43.55	45.55	47.03	50.00
8 - Y -	0.00	-0.71	-1.10	-1.10	-0.71	0.00
8 - X -	51.38	56.40	70.00	100.00		
8 - Y -	7.10	7.10	2.00	2.00		
7 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
7 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
7 - X -	43.55	45.55	47.03	50.00	51.38	56.40
7 - Y -	-1.10	-1.10	-0.71	0.00	7.10	7.10
7 - X -	70.00	100.00				
7 - Y -	2.00	2.00				
6 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
6 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
6 - X -	43.55	45.55	47.03	49.88	50.00	51.38
6 - Y -	-1.10	-1.10	-0.71	-0.71	0.00	7.10
6 - X -	56.40	70.00	100.00			
6 - Y -	7.10	2.00	2.00			
5 - X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
5 - Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
5 - X -	43.55	45.55	47.03	49.88	54.88	56.40
5 - Y -	-1.10	-1.10	-0.71	-0.71	-0.71	7.10
5 - X -	70.00	100.00				

5	- Y -	2.00	2.00				
4	- X -	0.00	28.00	28.00	38.00	38.00	42.07
4	- Y -	-0.71	-0.72	-2.00	-2.00	-0.71	-0.71
4	- X -	43.55	45.55	47.03	49.88	54.88	100.00
4	- Y -	-1.10	-1.10	-0.71	-0.71	-0.71	-0.71
3	- X -	0.00	100.00				
3	- Y -	-3.00	-3.00				
2	- X -	0.00	100.00				
2	- Y -	-4.00	-4.00				
1	- X -	0.00	100.00				
1	- Y -	-4.50	-4.50				
0	- X -	0.00	100.00				
0	- Y -	-15.00	-15.00				

PL-LINES

=====

Pl-line no. | Co-ordinates [m]

1	- X -	0.00	100.00
1	- Y -	-0.50	-0.50

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	51.38	7.10	49.88	-0.71
2	38.00	0.00	38.00	-2.00

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no. | Material name

10	Zand, schoon, matig
9	Zand, schoon, massief
8	Zand, schoon, matig
7	Zand, schoon, matig
6	Zand, schoon, massief
5	Zand, schoon, matig
4	klei, organisch, matig
3	Veen, matig voorbelast
2	Klei, zwak zandig, matig
1	Zand, schoon vast

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
10	16.36	18.18	1	1
9	18.18	20.00	1	1
8	16.36	18.18	1	1
7	16.36	18.18	1	1
6	18.18	20.00	1	1
5	16.36	18.18	1	1
4	13.64	13.64	1	1
3	10.91	1.91	1	1
2	16.36	16.36	1	1
1	17.27	19.09	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m ²]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m ²]	Cu top [kN/m ²]	Cu bot. [kN/m ²]	Cu grad. [kN/m ² /m]
10	0.00	27.08	-	-	-	-	-
9	0.00	33.33	-	-	-	-	-
8	0.00	27.08	-	-	-	-	-
7	0.00	27.08	-	-	-	-	-
6	0.00	33.33	-	-	-	-	-
5	0.00	27.08	-	-	-	-	-
4	0.00	12.50	-	-	-	-	-
3	1.67	12.50	-	-	-	-	-
2	3.33	18.75	-	-	-	-	-
1	0.00	29.17	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

X co-ordinate grid left : 42.56 [m]
 X co-ordinate grid right : 50.06 [m]
 Number of grid points in X - direction : 20

 Y co-ordinate grid bottom : 7.59 [m]
 Y co-ordinate grid top : 12.60 [m]
 Number of grid points in Y - direction : 20

 Y co-ordinate tangent smallest circle : 0.00 [m]
 Y co-ordinate tangent biggest circle : -5.00 [m]
 Number of circles per grid point : 20

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 400
 Total number of slip circles in the grid : 8000

LINE LOADS

=====

Line load number	Magnitude [kN/m]	X coord. [m]	Y coord. [m]	Angle degrees	Distrib. degrees
1	300.00	36.00	0.00	0.00	0.00
2	300.00	34.00	0.00	0.00	0.00

UNIFORM LOAD

=====

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	5.00	51.38	100.00	90.00	Temporary
2	9.00	28.00	38.00	90.00	Temporary
3	24.00	51.38	52.38	90.00	Permanent

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number	Degree of consolidation
10	100
9	10
8	30

7		30
6		10
5		30
4		100
3		100
2		100
1		30

GEOTEXTILES

=====

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	401.50	49.91	61.50	-0.71	0.00
2	57.12	49.99	54.98	-0.11	0.00
3	57.12	50.09	55.10	0.49	0.00
4	57.12	50.20	55.22	1.09	0.00
5	57.12	50.33	55.33	1.69	0.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.56 [m]
 X maximum = 50.06 [m]
 Y minimum = 7.33 [m]
 Y maximum = 12.33 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.56 [m]
 X maximum = 50.06 [m]
 Y minimum = 7.07 [m]
 Y maximum = 12.07 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.56 [m]
 X maximum = 50.06 [m]
 Y minimum = 6.81 [m]
 Y maximum = 11.81 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.56 [m]
 X maximum = 50.06 [m]
 Y minimum = 6.54 [m]

Y maximum = 11.54 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.56 [m]
 X maximum = 50.06 [m]
 Y minimum = 6.28 [m]
 Y maximum = 11.28 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 42.56 [m]
 X maximum = 50.06 [m]
 Y minimum = 6.02 [m]
 Y maximum = 11.02 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 1.047
 Calculation method used : Bishop - C phi

X co-ordinate center point : 47.70 [m]
 Y co-ordinate center point : 6.28 [m]
 Radius of critical circle : 11.02 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -6642.35 [kNm/m]
 Driving moment free water : 79.80 [kNm/m]
 Driving moment external loads : -369.86 [kNm/m]
 Iterated resisting moment : 6954.92 [kNm/m]
 Non-iterated resisting moment : 6914.79 [kNm/m]

Information of the geotextile results

nr	intersection point		embedding length min. [m]	mobilized embedd. tensile strength		resisting moment [kNm/m]
	X-coord [m]	Y-coord [m]		[%]	[kN/m]	
1	56.21	-0.71	5.29	100	401.50	2806.17
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total resisting moment from geotextiles						2806.17

END OF D-Geo Stability OUTPUT

END OF D-Geo Stability OUTPUT

RPS

Elektronikaweg 2
2628 XG DELFTPhone
Fax

D-Geo Stability 15.1 : Berkening Variant 3 inur langs weg - gewapende grond stil

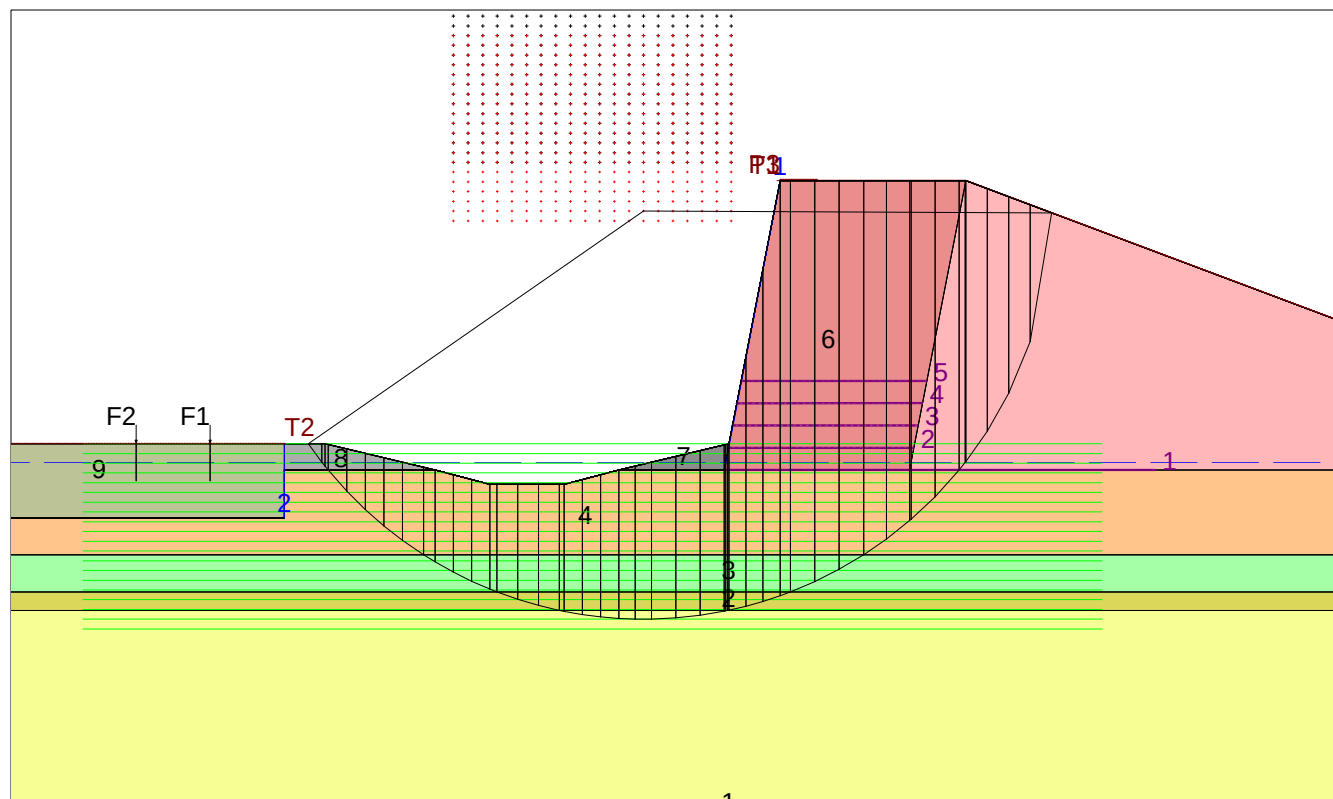
date
24-5-2016

Annex

Critical Circle Bishop

Layers

- 10. Zand, schoon, matig
- 9. Zand, schoon, massief
- 8. Zand, schoon, matig
- 7. Zand, schoon, matig
- 6. Zand, schoon, massief
- 5. Zand, schoon, matig
- 4. klei, organisch, matig
- 3. Veen, matig voorbelast
- 2. Klei, zwak zandig ,matig
- 1. Zand, schoon vast

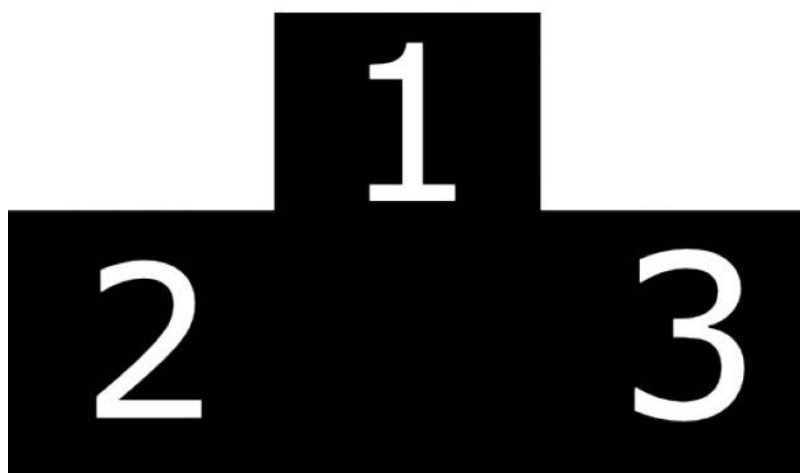


Xm : 47,70 [m]
Ym : 6,28 [m]

Radius : 11,02 [m]
Safety : 1,05

BIJLAGE H.

Multi criteria analyse



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 2.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
2. CRITERIA.....	2
2.1. Constructie.....	2
2.1.1. Toetsing Eurocode.....	2
2.1.2. Stabiliteit	2
2.2. Constructiekosten	3
2.2.1. Kosten van het ontwerp.....	3
2.2.2. Uitvoeringskosten	4
2.3. Vervormingen	5
2.3.1. Ondergrond.....	5
2.3.2. Constructie.....	5
2.4. CO ₂ -emissie	6
3. BELANG CRITERIA	7
4. BEPALING SCORE	8
4.1. Nul-variant - Damwand	8
4.1.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit	8
4.1.2. Ontwerp en uitvoeringskosten	8
4.1.3. Vervormingen ondergrond en constructie	9
4.1.4. CO ₂ -emissie.....	9
4.1.5. Samenvatting score	9
4.2. Nul-variant - L-muur.....	10
4.2.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit	10
4.2.2. Ontwerp en uitvoeringskosten	10
4.2.3. Vervormingen ondergrond en constructie	11
4.2.4. CO ₂ -emissie.....	11
4.2.5. Samenvatting score	11
4.3. Nul-variant - Gewapende grond	12
4.3.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit	12
4.3.2. Ontwerp en uitvoeringskosten	12
4.3.3. Vervormingen ondergrond en constructie	13
4.3.4. CO ₂ -emissie.....	13
4.3.5. Samenvatting score	13
4.4. Variant 1, casestudie - Damwand.....	14
4.4.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit	14
4.4.2. Ontwerp en uitvoeringskosten	14
4.4.3. Vervormingen ondergrond en constructie	15
4.4.4. CO ₂ -emissie.....	15
4.4.5. Samenvatting score	15
4.5. Variant 1, casestudie - L-muur	16
4.5.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit	16
4.5.2. Ontwerp en uitvoeringskosten	16
4.5.3. Vervormingen ondergrond en constructie	17
4.5.4. CO ₂ -emissie.....	17
4.5.5. Samenvatting score	17
4.6. Variant 1, casestudie - Gewapende grond	18
4.6.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit	18
4.6.2. Ontwerp en uitvoeringskosten	18
4.6.3. Vervormingen ondergrond en constructie	19
4.6.4. CO ₂ -emissie.....	19
4.6.5. Samenvatting score	19

4.7.	Variant 2, weg in de polder - Damwand	20
4.7.1.	Toetsing Eurocode en stabiliteit	20
4.7.2.	Ontwerp en uitvoeringskosten	20
4.7.3.	Vervormingen ondergrond en constructie	21
4.7.4.	CO ₂ -emissie	21
4.7.5.	Samenvatting score	21
4.8.	Variant 2, weg in de polder - L-muur	22
4.8.1.	Toetsing Eurocode en stabiliteit	22
4.8.2.	Ontwerp en uitvoeringskosten	22
4.8.3.	Vervormingen ondergrond en constructie	23
4.8.4.	CO ₂ -emissie	23
4.8.5.	Samenvatting score	23
4.9.	Variant 2, weg in de polder - Gewapende grond	24
4.9.1.	Toetsing Eurocode en stabiliteit	24
4.9.2.	Ontwerp en uitvoeringskosten	24
4.9.3.	Vervormingen ondergrond en constructie	25
4.9.4.	CO ₂ -emissie	25
4.9.5.	Samenvatting score	25
4.10.	Variant 3, Verhoging naast een weg - Damwand	26
4.10.1.	Toetsing Eurocode en stabiliteit	26
4.10.2.	Ontwerp en uitvoeringskosten	26
4.10.3.	Vervormingen ondergrond en constructie	27
4.10.4.	CO ₂ -emissie	27
4.10.5.	Samenvatting score	27
4.11.	Variant 3, Verhoging naast een weg - L-muur	28
4.11.1.	Toetsing Eurocode en stabiliteit	28
4.11.2.	Ontwerp en uitvoeringskosten	28
4.11.3.	Vervormingen ondergrond en constructie	29
4.11.4.	CO ₂ -emissie	29
4.11.5.	Samenvatting score	29
4.12.	Variant 3, Verhoging naast een weg - Gewapende grond	30
4.12.1.	Toetsing Eurocode en stabiliteit	30
4.12.2.	Ontwerp en uitvoeringskosten	30
4.12.3.	Vervormingen ondergrond en constructie	31
4.12.4.	CO ₂ -emissie	31
4.12.5.	Samenvatting score	31
5.	MCA.....	32
5.1.	MCA met factoren	32
5.2.	Invloed vergrotingsfactoren	32
5.3.	Invloed Eurocode en stabiliteit.....	33
5.3.1.	Invloed vervormingen	33
6.	CONCLUSIE.....	34
7.	BIBLIOGRAFIE	35

1. INLEIDING

In dit document, worden de varianten met elkaar vergeleken op basis van criteria die invloed hebben op het functioneren van het de constructie. Per variërende situatie zal een van de constructie een hogere score hebben dan de andere en daarmee beter toepasbaar zijn in die situatie.

Er zijn verschillende onderdelen opgesteld waarop de constructie worden getoetst. De score van deze onderdelen moet vergelijkbaar zijn en daarom worden er scores op bepaalde resultaten toegepast als vergelijkingsmateriaal. In het MCA worden er scores gebruikt van 1 tot 5, zodat er een duidelijk onderscheid kan worden gemaakt tussen de verschillende constructies. Voor een enkele criteria wordt er een score van 1 tot 0 gebruikt om een duidelijk verschil aan te geven. De criteria van de scores zijn nader uitgelegd in dit verslag.

De constructies worden vergeleken op de volgende criteria:

- Constructie
 - Toetsing Eurocode
 - Stabiliteit
- Constructiekosten
 - Ontwerpkosten
 - Uitvoeringskosten
- Vervormingen
 - Ondergrond
 - Constructie
- CO₂-emissie

Bij sommige onderdelen zal enkele tekstuele vergelijkingscriteria gegeven worden en bij sommige onderdelen wordt er juist aan de hand van kosten gekeken worden naar het best toepasbare ontwerp. Omdat sommige onderwerpen belangrijker worden geacht dan andere, worden de onderwerpen geschaald aan de hand van hun belang.

2. CRITERIA

2.1. Constructie

2.1.1. Toetsing Eurocode

In deze criteria worden de Eurocode toetsingen voor Verticale draagkracht, horizontale draagkracht en kantelen van de constructie onder een criteria gebracht. Het is natuurlijk belangrijk dat de constructie voldoet volgens deze eisen uit Eurocode 7, en dus worden de constructies hier op ontworpen. Het is alleen mogelijk dat sommige constructie niet kunnen voldoen aan een van de eisen uit de Eurocode. De constructies worden zo optimaal mogelijk ontworpen zodat zij altijd voldoen, dit is alleen niet altijd mogelijk. Er bestaan mogelijkheden om de constructie zo te optimaliseren dat deze criteria niet meer relevant is, dit valt echter buiten kaders van het onderzoek en het MCA. De scores van zullen worden toegewezen aan de hand van het aantal wettelijk eisen waaraan de constructie voldoet.

De constructie zal getoetst worden op de volgende vijf eisen volgens Eurocode 7:

- Verticaal draagvermogen
- Doorponen bij gelaagde grond
- Zijlings wegpersen "Squeezing"
- Horizontaal glijden
- Kantelen

Er wordt hier wel opgemerkt dat een damwandconstructie niet op deze criteria wordt gecontroleerd volgens de Eurocode en altijd veilig is op deze punten.

Er zal speciaal voor deze criteria wordt er een score aangehouden van 1 tot 0 omdat de constructie die niet kan voldoen aan de Eurocode niet gebouwd kan worden op de manier waarop het nu geconstrueerd is. Er wordt een 1 gescoord wanneer aan alle wettelijke eisen en toetsingen wordt voldaan. Wanneer de constructie dit niet kan, wordt er een score van 0 toegewezen.

Score	Criteria
1	Wordt voldaan aan alle toetsingen.
0	Er wordt niet voldaan aan enkele toetsingen.

2.1.2. Stabiliteit

De algehele stabiliteit van de constructie wordt berekend met behulp van glijcirkels volgens de methode Bishop. De stabiliteit moet ook getoetst worden volgens de Eurocode, maar deze toetsing krijgt een aparte criteria gezien de stabiliteit met behulp van D-Geo stability. Uit deze berekeningen komt een veiligheidsfactor die wordt beschreven met veilig wanneer er een waarde van 1.0 uitrolt. De constructie wordt zeer veilig beschouwd wanneer de waarde van de constructie boven de 1.5 komt.

De score van heel goed zijn dan alle veiligheidswaardes die boven de 1.4 komen, hier wordt de score van 5 aan toegekend. De score van heel slecht zijn dan de waardes die onder de 1.0 uitkomen en dus niet voldoen in stabiliteit. Ook bij deze criteria krijgen de constructies dan de bijhorende score van 0 toegewezen. Over de waardes tussen 1.0 en 1.5 worden de scores van 1 tot en met 4 verdeeld. Dit betekend dus dan de waardes van 1.0 tot 1.1 de score van 1 worden toegewezen en aan de waardes van 1.1 tot 1.2 wordt de score van 2 toegewezen. De score van 3 zal dan aan de waardes van 1.2 tot en met 1.3 worden toegewezen en een 4 aan de waardes tussen 1.3 en 1.4.

Score	Criteria
5	Safety factor >1.4
4	$1.5 \geq \text{Safety factor} > 1.3$
3	$1.3 \geq \text{Safety factor} > 1.2$
2	$1.2 \geq \text{Safety factor} \geq 1.1$
1	$1.1 > \text{Safety factor} \geq 1.0$
0	$1.0 > \text{Safety factor}$

2.2. Constructiekosten

2.2.1. Kosten van het ontwerp

De kosten van het ontwerp zijn de kosten die gemaakt worden op de materialen aan de hand van de afmetingen van de dwarsdoorsnede waarmee er gerekend is in de berekeningen. Dit wordt omgerekend in een kostenplaatje wat per strekkende meter wordt vergeleken. De kosten zijn bepaald met behulp van GWW kosten (GWW kosten, -) en TenCate (Ruiter, 2016). De waarde die bepaald zijn, worden gerekend zonder de toevoeging van transport en grond gezien deze voor alle constructies ongeveer gelijk zijn. Alle waarde die uitgewerkt zijn, zijn bepaald aan de hand van deze bronnen en zijn dus niet representatief voor de praktijk. De kosten van de constructies kunnen veranderen wanneer er verschillend materiaal wordt gebruikt of als de prijzen veranderen. De waarde zijn aangenomen om een indicatie te geven van het verschil in prijs per constructie.

De prijs van het plaatsen van een damwand kan volgens de bronnen gemakkelijk oplopen tot een prijs van ongeveer 1100,- € per m¹. De damwand is alleen waarschijnlijk de duurdere variant van de 3 verschillende constructies en in deze prijs zijn ook uitvoeringskosten meegenomen. Gezien de kosten voor deze andere constructies waarschijnlijk niet veel groter zijn dan het plaatsen van een damwand, kan er een schatting worden genomen op 600,- € per m¹ tot 1000,- € per m¹. De waardes die hier binnen vallen krijgen de score van 3 toegewezen.

Als er vervolgens een stap van 400,- € per m¹ bij alle waardes wordt toegepast, krijgen alle waardes tussen de 1000,- € per m¹ en de 1400,- € per m¹, een score van 2 opgelegd. Een score van 4 wordt toegewezen aan alle waardes tussen de 200,- € per m¹ tot 600,- € per m¹.

Voor de heel goed waardes die onder de 200,- € per m¹ vallen, wordt aan de constructies de score van 5 beloont. Daar tegenover staat de zeer slechte waardes van boven de 1400,- € per m¹ die een score van 1 krijgen toegewezen.

Score	Criteria
5	Ontwerpkosten < 200,- € per m ¹
4	200,- € per m ¹ ≤ Ontwerpkosten < 600,- € per m ¹
3	600,- € per m ¹ ≤ Ontwerpkosten ≤ 1000,- € per m ¹
2	1000,- € per m ¹ < Ontwerpkosten ≤ 1400,- € per m ¹
1	Ontwerpkosten >1400,- € per m ¹

2.2.2. Uitvoeringskosten

De uitvoeringskosten zijn erg afhankelijk van de uurlonen of uur prijzen van materiaal en personeel. Deze zijn ook bepaald aan de hand van GWW kosten (GWW kosten, -) en er komen voornamelijk kosten per uur uit. Aan de hand van referenties worden deze kosten per uur omgerekend naar kosten per strekkende meter. De waarde die bepaald zijn, worden gerekend zonder de toevoeging van transport en grond gezien deze voor alle constructies ongeveer gelijk zijn. Alle waarde die uitgewerkt zijn, zijn bepaald aan de hand van deze bronnen en zijn dus niet representatief voor de praktijk. De kosten van de constructie kunnen veranderen en anders zijn wanneer er verschillend materiaal wordt gebruikt of als de prijzen veranderen. De waarde zijn aangenomen om een indicatie te geven van het verschil in prijs per constructie.

De kosten voor het uitvoeren zullen waarschijnlijk lager liggen dan de initiële kosten omdat de constructie zeer snel zijn uit te voeren met weinig mankracht. De prijs van het plaatsen van een damwand van het vorige hoofdstuk kan er worden aangenomen dat waarschijnlijk een derde van de prijs is. Dit betekent dat de er als referentie waarde een van 350,- € per m¹ ± 50,- € per m¹ wordt aangenomen voor een score van 3.

Als er vervolgens een stap van 100,- € per m¹ bij alle waardes wordt toegepast, krijgen alle waardes tussen de 400,- € per m¹ en de 500,- € per m¹, een score van 2 opgelegd. Een score van 4 wordt toegewezen aan alle waardes tussen de 300,- € per m¹ tot 200,- € per m¹.

Voor de heel goed waardes die onder de 200,- € per m¹ vallen, wordt aan de constructies de score van 5 beloond. Daar tegenover staat de zeer slechte waardes van boven de 500,- € per m¹ die een score van 1 krijgen toegewezen.

Score	Criteria
5	Uitvoeringskosten < 200,- € per m ¹
4	200,- € per m ¹ ≤ Uitvoeringskosten < 300,- € per m ¹
3	300,- € per m ¹ ≤ Uitvoeringskosten ≤ 400,- € per m ¹
2	400,- € per m ¹ < Uitvoeringskosten ≤ 500,- € per m ¹
1	Uitvoeringskosten > 500,- € per m ¹

2.3. Vervormingen

2.3.1. Ondergrond

De deformaties van de ondergrond zijn erg maatgevend voor het gehele onderzoek omdat alle varianten met een zwakke ondergrond zijn ontworpen. Hoe meer de ondergrond vervormd, hoe groter de kans is op het falen van de constructie. Hoe groter de vervorming hoe meer kans er bestaat dat de gewenste hoogte niet bereikt kan worden. Binnen dit onderzoek wordt er alleen gekeken naar de initiële zakkingen volgens de methode van Keverling Buisman en secundaire zettingen volgens de methode Koppejan.

Als referentiewaarde wordt er een zetting van 40 tot en met 60 centimeter genomen, omdat dit een gemiddelde zetting is op zwakke ondergronden ten gevolge van menselijke handelingen tot 2050. Omdat deze waarde vrij klein zijn en over een tijdperiode van 40 jaar, wordt deze waarde verdubbeld naar een zetting van 80 tot en met 120 centimeter. Wanneer de varianten in deze categorie van zettingen vallen, wordt er een score van 3 aan de variant toegekend.

Als zeer slecht score worden alle zettingen genomen die boven de waarde vallen die 0.4 meter hoger ligt dan de vorige waarde. Dit betekent dus dat alle zettingen die groter zijn dan 1.2 meter, een score van 1 zullen krijgen toegekend. Een zeer goede waarde van 5 wordt toegekend aan alle zettingen die kleiner zijn dan 20 cm. Dit is 0.4 lager van de kleinst optredende waarde die bij de referentiewaarde is gegeven.

De zettingswaarde die tussen de waarde van de twee vorige scores vallen zullen vervolgens een score van 2 krijgen. Dit geldt voor alle zettingswaarde tussen de 60 centimeter en 120 centimeter. Dit geldt ook voor de score van 4, alleen wordt deze gerekend voor de zakkingen tussen de 20 en 40 cm.

Score	Criteria
5	Zettingen < 0.4 meter
4	0.4 meter ≤ Zettingen ≤ 0.8 meter
3	0.8 meter ≤ Zettingen ≤ 1.2 meter
2	1.2 meter ≤ Zettingen ≤ 1.6 meter
1	Zettingen > 1.6 meter

2.3.2. Constructie

Vervormen van de constructie kan lijden tot schade aan het esthetische karakter van de constructie. De vervormingen van de ondergrond hebben hier ook gevolg op, maar deze zijn hiervoor al behandeld. De zettingen van dit hoofdstuk zullen de zettingen in horizontale richting zijn, en dus de vervormingen die optreden ten gevolgen van de horizontale krachten.

Als referentie wordt er een vervorming van 50 millimeter genomen, dit is gebaseerd op de vuistregel van de maximale vervorming damwand = $\frac{1}{50} * \text{kerende hoogte}$. Hier wordt er ±20mm erbij genomen om tot een duidelijke criteria te komen. Hierdoor wordt er een score van 3 aan alle vervormingen van 40 millimeter tot 60 millimeter toegekend. Voor de vervormingswaarde van 40 tot 20 millimeter wordt er een score van 4 aangehouden en alles lager dan een vervorming van 20 millimeter krijgt een score van 5. Dit zal ook voor de scores van 2 en 1 worden gedaan alleen dan voor de waardes van 60 tot 80 en 80 en hoger.

Score	Criteria
5	20 millimeter ≥ Vervorming
4	40 millimeter ≥ Vervorming > 20 millimeter
3	60 millimeter ≥ Vervorming > 40 millimeter
2	80 millimeter ≥ Vervorming > 60 millimeter
1	Vervorming > 80 millimeter

2.4. CO₂-emissie

In bijlage C. van het onderzoeksrapport is beschreven wat welke CO₂-emissie er wordt gerekend per vierkante meter van een constructie. Met behulp van deze waarde kunnen de CO₂-emissies van de constructies worden berekend. Deze waarde worden berekend zonder uitvoering emissies, gezien dit verschilt per aannemersbedrijf.

De CO₂-uitstoot van een gemiddeld huishouden bedroeg in 2002, 7.3 ton volgens het planbureau voor de leefomgeving (Planbureau voor de Leefomgeving, 2012). Dit komt neer op 3.2 ton per persoon, dit wordt gebruikt als referentie voor het bepalen van de criteria. Gezien de bouw van een constructie veel korter is dan een jaar en er wordt gerekend met een CO₂-emissie per strekkende meter, wordt de helft van de waarde, 1.5 ton, gebruikt als referentie.

De score van 3 wordt toegewezen aan alle constructies die CO₂-emissie hebben van 1000 kg CO₂-emissie per m¹ tot en met 1500 kg CO₂-emissie per m¹.

Hierop volgend wordt de respectievelijke score van 2 toegewezen aan de constructies die CO₂-emissie hebben van 1500 kg CO₂-emissie per m¹ tot en met 2000 kg CO₂-emissie per m¹. Alle waarde die groter zijn dan 2000 kg CO₂-emissie per m¹ wordt gecijferd met een score van 1.

Een score van 4 wordt beloond aan de waarde die tussen de 1000 kg CO₂-emissie per m¹ tot en met 500 kg CO₂-emissie per m¹. De score van 5 wordt toegewezen aan alle scores die lager zijn dan de 500 kg CO₂-emissie per m¹ grens.

Score	Criteria
5	500 kg/m ¹ > CO ₂ -emissie > 0 kg/m ¹
4	1000 kg/m ¹ > CO ₂ -emissie ≥ 500 kg/m ¹
3	1500 kg/m ¹ ≥ CO ₂ -emissie ≥ 1000 kg/m ¹
2	2000 kg/m ¹ ≥ CO ₂ -emissie > 1500 kg/m ¹
1	CO ₂ -emissie > 2000 kg/m ¹

3. BELANG CRITERIA

Sommige criteria zijn belangrijker dan andere bij het vergelijken van de constructies. In dit hoofdstuk worden factoren aan sommige criteria toegewezen om te zorgen dat deze vergelijking duidelijk kan worden gemaakt. Gezien de constructie moet voldoen aan de eisen uit de Eurocode voordat deze kan worden gebouwd. Daarom zal deze score vijf keer zo groot worden gerekend als de andere, gezien dit een score van 1 en 0 is zal dit gelijk worden aan de andere scores.

Er wordt in het onderzoek gezocht naar een goedkoper en milieu vriendelijker alternatief in de vorm van de gewapende grond constructie. Met deze gedachte worden de waarde van ontwerpkosten en CO₂-emissie ook vergroot. De waardes van de ontwerpkosten en de CO₂-emissie worden vergroot met een factor twee. De uitvoeringskosten worden niet vergroot omdat deze kosten per aannemer kunnen verschillen en dus een minder zekere kostenpost is.

Het onderzoek legt ook de nadruk op het presteren van de constructie bij de aanwezigheid van een zwakke ondergrond. Het vergroten van de factor van vervormingen in de ondergrond is dan ook belangrijkere vergelijkingsfactor dan de ander criteria. Hij zal echter wel gelijk moeten blijven aan de factoren van ontwerpkosten en CO₂-emissie, gezien er geen reden is om onderscheid te maken tussen het belang van deze criteria. De score die gegeven wordt aan de zettingen zullen daarom met 2 vermenigvuldigd worden om een goed verdeling te krijgen.

De belang factoren worden aan de hand van deze redeneringen als volgt gehanteerd:

Criteria		Belang factor
Constructie	Eurocode	5
	Stabiliteit	1
Kosten	Ontwerp	2
	Uitvoering	1
Optredende vervormingen	Ondergrond	2
	Constructie	1
Duurzaamheid	CO ₂ -emissie	2

4. BEPALING SCORE

4.1. Nul-variant - Damwand

4.1.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De damwand constructie wordt niet getoetst op deze waarde en is zo geoptimaliseerd dat hij niet faalt, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 2.27 wordt gecalculeerd. Deze factor is 1.5 en dus word er een score van 5 behaald.

4.1.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Warmgewalste stalen damwand, > 50 ton, lengte 4 - 15 m, U-profiel	€ 1.033,33	per m ¹
Mengsel bentoniet / zand	€ 34,43	per m ¹
Stalen buis, Ø 73 mm, wanddikte 5,16 mm, naadloos	€ 425,52	per m ¹
Gording, UMP 240	€ 135,00	per m ¹ +
Totaal:	€ 1.628,28	per m ¹

Met de kosten van 1628.28,- € per m¹ ligt de waarde van de constructie boven de 1400,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 1.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

2 * Heier	€ 74,80	per uur
Uitzetter	€ 38,80	per uur
Dragline voor heiwerk, bakinhoud 1.800 liter, lengte makelaar 30 m	€ 98,98	per uur
Drukblok, PVE 2330 VM, 0-160 ton, dwl 15 m, hydraulisch variabel hoogfrequent	€ 160,06	per uur
Lasaggregaat 100 A, exclusief bediening	€ 1,45	per uur
Makelaar met ballastframe	€ 15,27	per uur +
	€ 352,98	per uur
Machinist (anker)	€ 40,10	per uur
Vakman GWW (anker)	€ 37,40	per uur
Lasser (gording)	€ 39,20	per uur
Spoel-boorinstallatie voor groutankers, exclusief bediening	€ 113,85	per uur +
	€ 230,55	per uur

= Plaatsing elementen, 25 meter in 32 uur

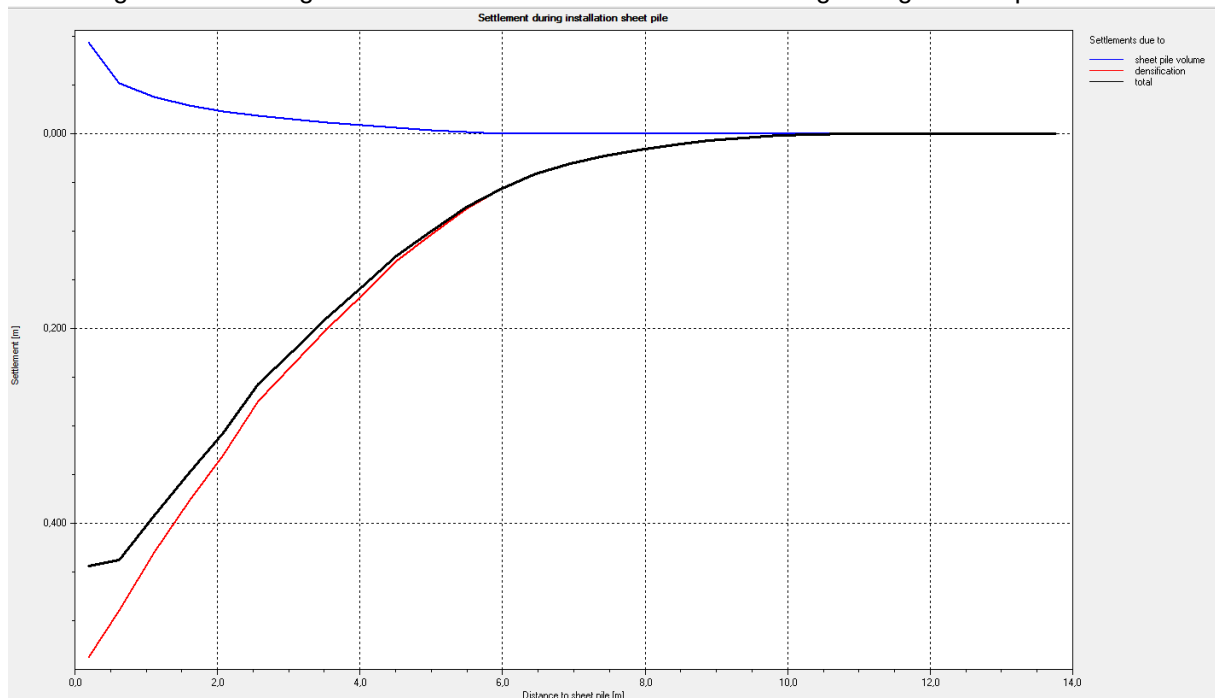
= Plaatsing elementen,	1,28	uur per m ¹
= Plaatsing elementen,	€ 301,21	per m ¹
= Plaatsing ankers, 0,5 per uur (aannee van om de 5 meter een anker)		
= Plaatsing ankers,	2,5	uur per 5 m
= Plaatsing ankers,	€ 34,82	per m ¹

Totaal uitvoering: **€ 336,03**

Met de kosten van 336.03 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 400,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 300,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 3 aan de constructie toegewezen.

4.1.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende grafiek bepaald:



Met een zetting van de ondergrond van 0.5 m ligt de waarde van de constructie beneden de 0.8 meter en boven de 0.4 meter. Met deze waarde wordt er een score van 4 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is bepaald in het berekening rapport en komt op een waarde van 18 mm.

Met een horizontale vervorming van 18 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 20 millimeter, hierdoor wordt er een score van 5 aan de constructie beloond.

4.1.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C.. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 2940 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee boven de 2000 kg/m¹ ligt, en haalt daarmee een score van 1.

4.1.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Veiligheid	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	5	1	3	4	5	1

4.2. Nul-variant - L-muur

4.2.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan alle vijf de toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 1.106 wordt gecalculeerd. Deze factor valt tussen de 1.2 en de 1.1 en dus wordt er een score van 2 behaald.

4.2.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Permanenten kosten uitvoer

Toepassen bekisting wand	€	80,80	per m ¹	
Beton C28/35, milieuklasse XF1, consistentiegebied C1, CEMIII, grind 4 - 32 mm	€	164,33	per m ¹	
Betonstaal FeB 500 HWL, diverse diameters, rond 8 t/m 25	€	207,41	per m ¹	
Ontkistingsolie, Relax 22, afname vat 205 liter	€	2,63	per m ¹	
Huur centerpennen	€	3,12	per m ¹	+
Totaal:	€	458,29	per m ¹	

Met de kosten van 458.29 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 600,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 200,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 2.

De kosten van de uitvoering van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€	72,13	per uur	
Machinist graafmachine	€	48,17	per uur	
Grondwerker	€	37,40	per uur	+
	€	157,70	per uur	

= Plaatsing elementen (h=3.5 m), 100 meter in 74,250 uur

= Plaatsing elementen, 0,7425 uur per m¹

= Plaatsing elementen, € 175,64 per m¹

Prefabricatie

Betonwerker I	€	36,00	per uur	
Timmerman I	€	39,20	per uur	
IJzervlechter I	€	39,20	per uur	+
	€	114,40	per uur	
Huur betonpomp, tot 25 m3, horizontale reikwijdte 28 m	€	400,00	een keer	

Aannemend dat er 5 L-stuk per dag wordt geproduceerd met een breedte van 4 meter

Prefabricatie = € 33,55 per stuk 4 meter

Prefabricatie = € 8,39 per m¹

Totaal uitvoering: € 184.03

Met de kosten van 184.03 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 5 aan de constructie beloond.

4.2.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj	$\Delta\sigma_{v;z;d}$	$\sigma_{v;z;0;d}$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	15	29,41	150,00	0,00	0,00	4,48	4,48 mm
Laag 2	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 3	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 4	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 5	0	14,95	150,00	0,00	0,00	0,00	

Met een zetting van de ondergrond van 4,48 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 0.4 meter. Met deze waarde wordt er een score van 5 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

E-modules van staal (wapening)= 210.000 N/mm²

Traagheidsmoment van de wand = 2109375000 mm⁴

EI wand = 4,42969E+14 Nmm²

Belasting = 18 kN/m N/mm

Lengte = 5250 mm

Verplaatsing $= (ql^4)/(30$

$EI)=$

1,0290 mm

Met een horizontale vervorming van 1.0290 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 20 millimeter, hierdoor wordt er een score van 5 aan de constructie beloond.

4.2.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 421.5625 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee onder 500 kg/m¹, en haalt daarmee een score van 5.

4.2.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	2	2	5	5	5	5

4.3. Nul-variant - Gewapende grond

4.3.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan alle vijf de toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 1.16 wordt gecalculeerd. Deze factor is kleiner dan 1.2 en gelijk aan de 1.1 en er wordt een score van 2 behaald.

4.3.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

PVC-drain verloopstuk, Ø 125 x 100 mm (drainage)	€ 7,57	per m ¹
Toepassen bekisting wand	€ 80,48	per m ¹
Grind 4/32, Bovenrijn, (drainage)	€ 128,65	per m ¹
Geogrid, GX110/30	€ 183,11	+
Totaal:	€ 399,80	per m ¹

Met de kosten van 399.80 € per m¹ ligt de waarde van de constructie boven de 200,- € per m¹ en onder de 600,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 4.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€ 72,13	per uur
Machinist graafmachine	€ 48,17	per uur
Grondwerk ploegtarief	€ 134,89	per uur
Tandemtrilwals, 2.000 - 4.000 kg, huur week	€ 15,50	per uur
Trilplaat, 710 kg, voor- en achteruit, huur week	€ 4,23	+
Totaal:	€ 274,92	per uur

- Casestudie lengte constructie ≈	46 m
- Er werden 2 lagen van 0.6 meter per dag neergelegd	
= 0,6 meter per 46 meter per 4 uur	
= 0,15 meter per 46 meter per uur	
= 6,666667 uur per 1 meter per 46 meter	
= 0,1449275 uur per vierkante meter	
= Ongeveer	€ 209,17 per m ¹

Met de kosten van 209.17 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 300,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 4 aan de constructie toegewezen.

4.3.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj [m]	$\Delta\sigma_v; z; d$	$\sigma_v; z; 0; d$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	15	152,37	129,00	0,02	0,00	19,50	19,5 mm
Laag 2	0	22,43	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 3	0	22,43	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 4	0	22,43	129,00	0,00	0,00	0,00	
Laag 5	0	22,43	129,00	0,00	0,00	0,00	

Met een zetting van de ondergrond van 19.5 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 0.4 meter. Met deze waarde wordt er een score van 5 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

Maximum toegestaande rek= 1,0%

Lengte Geogrid = 3,25 m

Horizontale vervorming = 32,50 mm

Met een horizontale vervorming van 32.5 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 40 millimeter en boven de 20 millimeter, hierdoor wordt er een score van 4 aan de constructie beloond.

4.3.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 129.89 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee onder 500 kg/m¹ ligt, en haalt daarmee een score van 5.

4.3.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	2	4	4	5	4	5

4.4. Variant 1, casestudie - Damwand

4.4.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De damwand constructie wordt niet getoetst op deze waarde en is zo geoptimaliseerd dat hij niet faalt, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 1.49 wordt gecalculleerd. Deze factor is lager dan 1.5 en hoger dan 1.3 en dus word er een score van 4 behaald.

4.4.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Warmgewalste stalen damwand, > 50 ton, lengte 4 - 15 m, U-profiel	€ 1.504,53	per m ¹
Mengsel bentoniet / zand	€ 34,43	per m ¹
Stalen buis, Ø 73 mm, wanddikte 5,16 mm, naadloos	€ 425,52	per m ¹
Gording, UMP 240	€ 135,00	per m ¹ +
Totaal:	€ 2.099,48	per m ¹

Met de kosten van 2.099.48 € per m¹ ligt de waarde van de constructie boven de 1400,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 1.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

2 * Heier	€ 74,80	per uur
Uitzetter	€ 38,80	per uur
Dragline voor heiwerk, bakinhoud 1.800 liter, lengte makelaar 30 m	€ 98,98	per uur
Drukblok, PVE 2330 VM, 0-160 ton, dwl 15 m, hydraulisch variabel hoogfrequent	€ 160,06	per uur
Lasaggregaat 100 A, exclusief bediening	€ 1,45	per uur
Makelaar met ballastframe	€ 15,27	per uur +
	€ 352,98	per uur
Machinist (anker)	€ 40,10	per uur
Vakman GWW (anker)	€ 37,40	per uur
Lasser (gording)	€ 39,20	per uur
Spoel-boorinstallatie voor groutankers, exclusief bediening	€ 113,85	per uur +
	€ 230,55	per uur

= Plaatsing elementen, 25 meter in 32 uur

= Plaatsing elementen, 1,28 uur per m¹

= Plaatsing elementen, € 438,57 per m¹

= Plaatsing ankers, 0,5 per uur (aannee van om de 5 meter een anker)

= Plaatsing ankers, 2,5 uur per 5 m

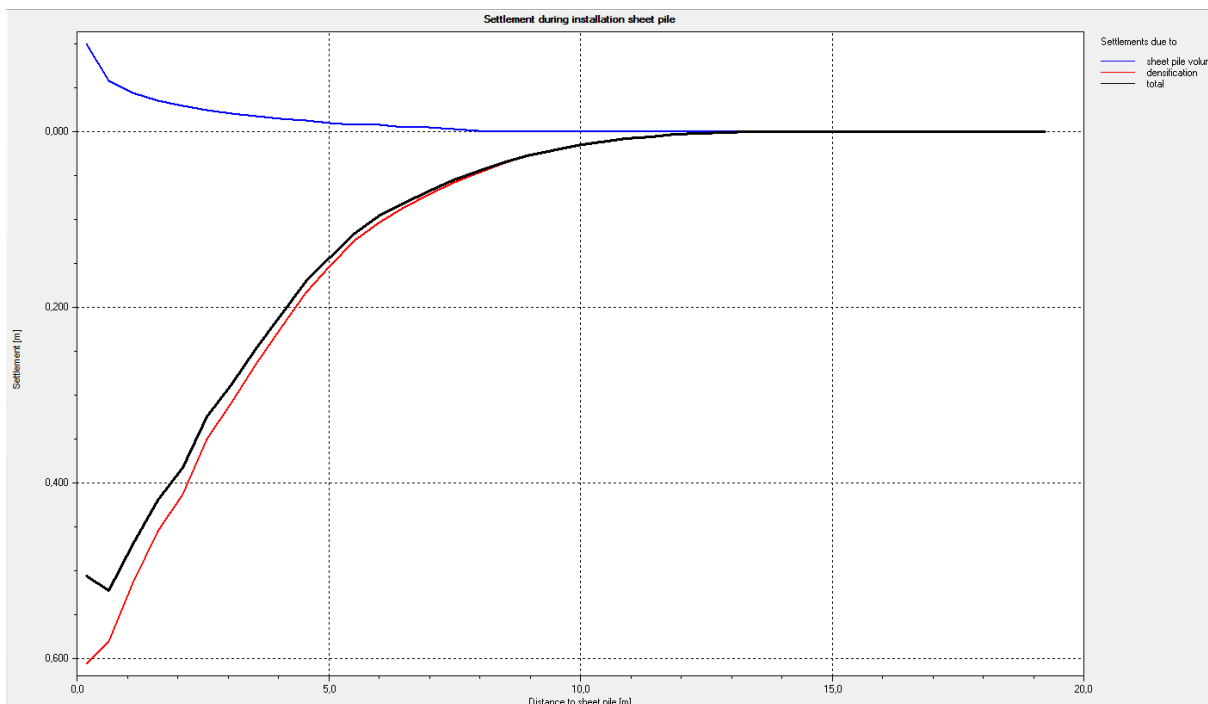
= Plaatsing ankers, € 34,82 per m¹

Totaal uitvoering: € 473,38

Met de kosten van 473.38 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 500,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 400,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 2 aan de constructie toegewezen.

4.4.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende grafiek bepaald:



Met een zetting van de ondergrond van 0.6 m ligt de waarde van de constructie beneden de 0.8 meter en boven de 0.4 meter. Met deze waarde wordt er een score van 4 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is bepaald in het berekening rapport en komt op een waarde van 46.3 mm.

Met een horizontale vervorming van 46.3 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 60 millimeter en boven 40 millimeter, hierdoor wordt er een score van 3 aan de constructie beloond.

4.4.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 4280.64 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee ver boven de 2000 kg/m¹ ligt, en haalt daarmee een score van 1.

4.4.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	4	1	2	4	3	1

4.5. Variant 1, casestudie - L-muur

4.5.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan geen van de vijf toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 0 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 0.8 wordt gecalculeerd. Deze factor valt beneden de 1.0 en dus wordt er een score van 0 behaald.

4.5.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Toepassen bekisting wand	€	89,39	per m ¹	
Beton C28/35, milieuklasse XF1, consistentiegebied C1, CEMIII, grind 4 - 32 mm	€	247,28	per m ¹	
Betonstaal FeB 500 HWL, diverse diameters, rond 8 t/m 25	€	312,11	per m ¹	
Ontkistingsolie, Relax 22, afname vat 205 liter	€	2,63	per m ¹	
Huur centerpennen	€	4,69	per m ¹	+
Totaal:	€	656,11	per m¹	

Met de kosten van 656.11 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 1000,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 600,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 3.

De kosten van de uitvoering van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€	72,13	per uur	
Machinist graafmachine	€	48,17	per uur	
Grondwerker	€	37,40	per uur	+
	€	157,70	per uur	
= Plaatsing elementen (h=3,5 m), 100 meter in 74,250 uur				
= Plaatsing elementen, 0,7425 uur per m ¹				
= Plaatsing elementen, € 210,77 per m ¹				

Prefabricatie

Betonwerker I	€	36,00	per uur	
Timmerman I	€	39,20	per uur	
IJzervlechter I	€	39,20	per uur	+
	€	114,40	per uur	

Huur betonpomp, tot 25 m3, horizontale reikwijdte 28 m	€	400,00	een keer	
--	---	--------	----------	--

Aannemend dat er 5 L-stuk per dag wordt geproduceerd met een breedte van 2 meter

Prefabricatie =	€	50,49	per stuk 4 meter	
Prefabricatie =	€	12,62	per m ¹	

Totaal uitvoering: € 223,39

Met de kosten van 223.39 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 300,- € per m¹ en boven de 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 4 aan de constructie toegewezen.

4.5.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj	$\Delta\sigma_{v;z;d}$	$\sigma_{v;z;0;d}$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1,08	1976,11	8,64	0,29	0,04	329,73	2636,11 mm
Laag 2	1,24	1560,33	18,06	0,55	0,07	628,74	
Laag 3	0,48	1236,65	20,58	0,39	0,15	540,55	
Laag 4	1,8	938,61	32,73	0,81	0,30	1114,13	
Laag 5	10	393,60	132,73	0,02	0,00	22,96	

Met een zetting van de ondergrond van 2636.11 mm ligt de waarde van de constructie boven de 1.6 meter. Met deze waarde wordt er een score van 1 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

E-modules van staal (wapening)=	210.000 N/mm ²
Traagheidsmoment van de wand =	3239583333 mm ⁴
EI wand =	6,80313E+14 Nmm ²
Belasting =	18 kN/m N/mm
Lengte =	8862 mm

$$\text{Verplaatsing} = (q l^4) / (30 EI) =$$

5,4396 mm

Met een horizontale vervorming van 5,4396 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 20 millimeter, hierdoor wordt er een score van 5 aan de constructie beloond.

4.5.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 634.375 kg CO₂ per m³ bedraagt. De waarde ligt daarmee onder 1000 kg/m³ ligt en boven de 500 kg/m³, en haalt daarmee een score van 4.

4.5.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
0	0	3	4	1	5	4

4.6. Variant 1, casestudie - Gewapende grond

4.6.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan alle vijf de toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 1.00 wordt gecalculeerd. Deze factor is kleiner dan 1.1 en gelijk aan de 1.0 en er wordt een score van 1 behaald.

4.6.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

PVC-drain verloopstuk, Ø 125 x 100 mm (drainage)	€ 7,57	per m ¹	
Toepassen bekisting wand	€ 96,54	per m ¹	
Grind 4/32, Bovenrijn, franco op de wal (drainage)	€ 154,33	per m ¹	
Geogrid, GX110/30	€ 411,84	per m ¹	+
Totaal:	€ 670,28	per m ¹	

Bij deze prijs wordt vervolgens een geogrid "Geolon 400" van 10 meter bij gerekend, die wordt gebruikt als extra ondersteuning voor de stabiliteit. Deze heeft een prijs van 52.2 € per m¹, daarmee komt het totaal op 722.48 € per m¹. Deze waarde ligt beneden de 1000,- € per m¹ en boven de 600,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 3.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€ 72,13	per uur	
Machinist graafmachine	€ 48,17	per uur	
Grondwerk ploegtarief	€ 134,89	per uur	
Tandemtrilwals, 2.000 - 4.000 kg, huur week	€ 15,50	per uur	
Trilplaat, 710 kg, voor- en achteruit, huur week	€ 4,23	per uur	+
Totaal:	€ 274,92	per uur	

- Casestudie lengte constructie ≈	46 m
- Er werden 2 lagen van 0.6 meter per dag neergelegd	

= 0,6 meter per 46 meter per 4 uur
 = 0,15 meter per 46 meter per uur
 = 6,6666667 uur per 1 meter per 46 meter
 = 0,1449275 uur per vierkante meter
 = Ongeveer **€ 250,93** per m¹

Met de kosten van 25.93 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 300,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 4 aan de constructie toegewezen.

4.6.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj [m]	$\Delta\sigma_{v;z;d}$	$\sigma_{v;z;0;d}$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1,08	269,08	10,80	0,12	0,01	130,15	1237,8 mm
Laag 2	1,24	260,59	20,72	0,32	0,05	377,12	
Laag 3	0,48	246,24	24,37	0,15	0,06	214,48	
Laag 4	1,8	221,33	36,52	0,35	0,15	505,43	
Laag 5	10	121,85	136,52	0,01	0,00	10,63	

Met een zetting van de ondergrond van 1237.8 mm ligt de waarde van de constructie boven de 1.2 meter en beneden de 1.6 meter. Met deze waarde wordt er een score van 2 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

Maximum toegestaande rek= 1,0%

Lengte Geogrid = 7,50 m

Horizontale vervorming = 75,00 mm

Met een horizontale vervorming van 75 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 80 millimeter en boven de 60 millimeter, hierdoor wordt er een score van 2 aan de constructie beloond.

4.6.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 427.1123 kg CO₂ per m³ bedraagt. De waarde ligt daarmee onder de 500 kg/m³, en haalt daarmee een score van 5.

4.6.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	1	3	4	2	2	4

4.7. Variant 2, weg in de polder - Damwand

4.7.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De damwand constructie voldoet aan alle vijf de toetsingen gesteld door de Eurocode. Dit betekent dat de er geen enkele waarde niet voldoet aan een eis, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 1.4 wordt gecalculeerd. Deze factor is kleiner dan 1.5 en groter dan 1.3 en dus word er een score van 4 behaald.

4.7.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Warmgewalste stalen damwand, > 50 ton, lengte 4 - 15 m, U-profiel	€	904,17	per m ¹
Mengsel bentoniet / zand	€	34,43	per m ¹
Stalen buis, Ø 73 mm, wanddikte 5,16 mm, naadloos	€	425,52	per m ¹
Gording, UMP 240	€	135,00	per m ¹ +
Totaal:	€	1.499,12	per m ¹

Met de kosten van 1.499,19 € per m¹ ligt de waarde van de constructie boven de 1400,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 1.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

2 * Heier	€	74,80	per uur
Uitzetter	€	38,80	per uur
Dragline voor heiwerk, bakinhoud 1.800 liter, lengte makelaar 30 m	€	98,98	per uur
Drukblok, PVE 2330 VM, 0-160 ton, dwl 15 m, hydraulisch variabel hoogfrequent	€	160,06	per uur
Lasaggregaat 100 A, exclusief bediening	€	1,45	per uur
Makelaar met ballastframe	€	15,27	per uur +
		€ 352,98	per uur
Machinist (anker)	€	40,10	per uur
Vakman GWW (anker)	€	37,40	per uur
Lasser (gording)	€	39,20	per uur
Spoel-boorinstallatie voor groutankers, exclusief bediening	€	113,85	per uur +
		€ 230,55	per uur

= Plaatsing elementen, 25 meter in 32 uur

= Plaatsing elementen, 1,28 uur per m¹

= Plaatsing elementen, € 263,56 per m¹

= Plaatsing ankers, 0,5 per uur (aannee van om de 5 meter een anker)

= Plaatsing ankers, 2,5 uur per 5 m

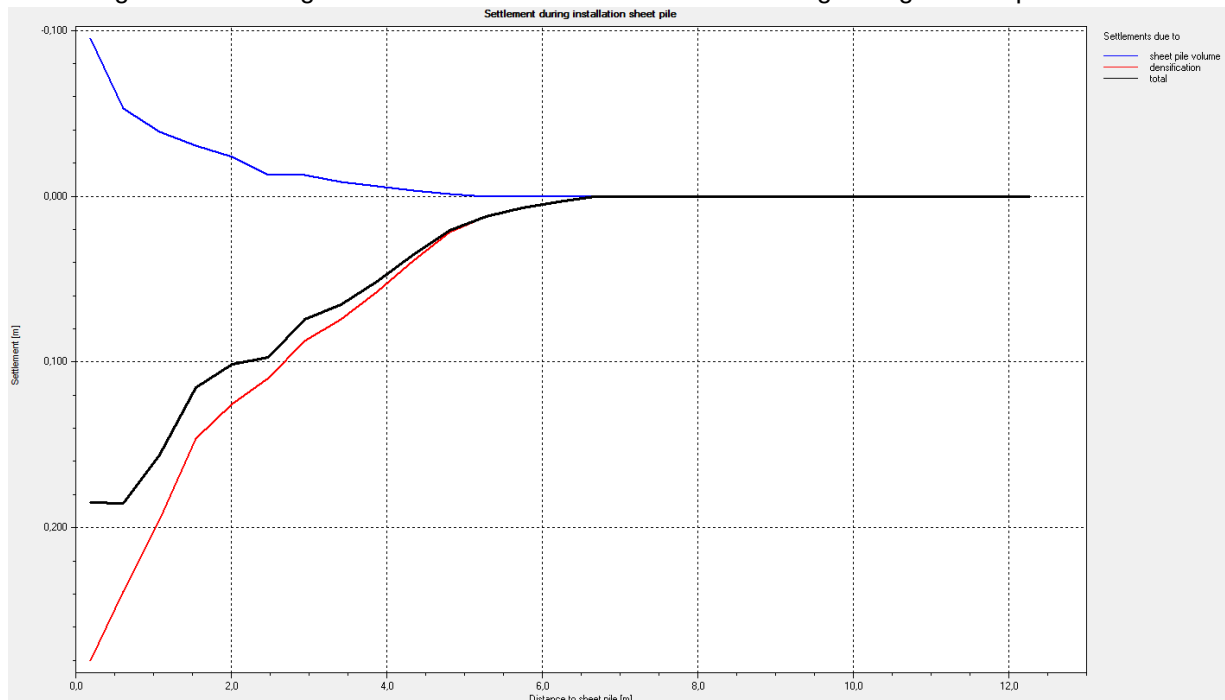
= Plaatsing ankers, € 34,82 per m¹

Totaal uitvoering: € 298,38

Met de kosten van 298,38 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 300,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 4 aan de constructie toegewezen.

4.7.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende grafiek bepaald:



Met een zetting van de ondergrond van 0.18 m ligt de waarde van de constructie beneden de 0.4 meter. Met deze waarde wordt er een score van 5 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is bepaald in het berekening rapport en komt op een waarde van 58.5 mm.

Met een horizontale vervorming van 88.1 mm ligt de waarde van de constructie boven de 80 millimeter, hierdoor wordt er een score van 1 aan de constructie beloond.

4.7.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 2572.5 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee boven de 2000 kg/m¹ ligt, en haalt daarmee een score van 1.

4.7.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Veiligheid	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	4	1	4	5	1	1

4.8. Variant 2, weg in de polder - L-muur

4.8.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan 3 van de vijf toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 0 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 0.46 wordt gecalculeerd. Deze factor valt beneden de 1.0 en dus wordt er een score van 1 behaald.

4.8.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Toepassen bekisting wand	€	80,80	per m ¹	
Beton C28/35, milieuklasse XF1, consistentiegebied C1, CEMIII, grind 4 - 32 mm	€	276,99	per m ¹	
Betonstaal FeB 500 HWL, diverse diameters, rond 8 t/m 25	€	349,61	per m ¹	
Ontkistingsolie, Relax 22, afname vat 205 liter	€	2,63	per m ¹	
Huur centerpennen	€	5,26	per m ¹	+
Totaal:	€	715,28	per m¹	

Met de kosten van 715.28 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 600,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 200,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 4.

De kosten van de uitvoering van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€	72,13	per uur	
Machinist graafmachine	€	48,17	per uur	
Grondwerker	€	37,40	per uur	+
	€	157,70	per uur	
= Plaatsing elementen (h=3,5 m), 100 meter in 74,250 uur				
= Plaatsing elementen, 0,7425 uur per m ¹				
= Plaatsing elementen, € 92,00 per m ¹				

Prefabricatie

Betonwerker I	€	36,00	per uur	
Timmerman I	€	39,20	per uur	
IJzervlechter I	€	39,20	per uur	+
	€	114,40	per uur	

Huur betonpomp, tot 25 m3, horizontale reikwijdte 28 m	€	400,00	een keer	
--	---	--------	----------	--

Aannemend dat er 5 L-stuk per dag wordt geproduceerd met een breedte van 2 meter

Prefabricatie =	€	12,17	per stuk 4 meter	
Prefabricatie =	€	3,04	per m ¹	

Totaal uitvoering: € 95,04

Met de kosten van 95.04 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 5 aan de constructie toegewezen.

4.8.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj	$\Delta\sigma_{v;z;d}$	$\sigma_{v;z;0;d}$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1	231,35	6,50	0,48	0,18	657,23	1347,55 mm
Laag 2	1	156,95	12,50	0,35	0,13	475,94	
Laag 3	1	107,33	20,00	0,19	0,02	209,96	
Laag 4	10	36,33	119,50	0,00	0,00	4,42	
Laag 5	0	22,49	119,50	0,00	0,00	0,00	

Met een zetting van de ondergrond van 1347.55 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 1.6 meter en boven de 1.2. Met deze waarde wordt er een score van 2 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

E-modules van staal (wapening)= 210.000 N/mm²

Traagheidsmoment van de wand = 657209125 mm⁴

EI wand = 1,38014E+14 Nmm²

Belasting = 20 kN/m N/mm

Lengte = 2975 mm

Verplaatsing $= (ql^4)/(30$

$EI)=$

0,3784 mm

Met een horizontale vervorming van 0.3784 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 20 millimeter, hierdoor wordt er een score van 5 aan de constructie beloond.

4.8.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 152.87175 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee onder 500 kg/m¹, en haalt daarmee een score van 5.

4.8.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
0	0	4	5	3	5	5

4.9. Variant 2, weg in de polder - Gewapende grond

4.9.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan alle vijf de toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 1.02 wordt gecalculeerd. Deze factor is kleiner dan 1.1 en gelijk aan de 1.0 en er wordt een score van 1 behaald.

4.9.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

PVC-drain verloopstuk, Ø 125 x 100 mm (drainage)	€ 7,57	per m ¹	
Toepassen bekisting wand	€ 42,15	per m ¹	
Grind 4/32, Bovenrijn, franco op de wal (drainage)	€ 67,39	per m ¹	
Geogrid, GX35/35	€ 64,75	per m ¹	+
Totaal:	€ 181,86	per m ¹	

Bij deze prijs wordt vervolgens een geogrid "Geolon 300" van 11 meter en een geogrid "Geolon 800" van 13 meter bij gerekend, deze worden gebruikt als extra ondersteuning voor de stabiliteit. Deze hebben een prijs van 33.5 € per m¹ en 109.72 € per m¹, daarmee komt het totaal op 325.08 € per m¹. Deze waarde ligt beneden de 600,- € per m¹ en boven de 200,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 4.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€ 72,13	per uur	
Machinist graafmachine	€ 48,17	per uur	
Grondwerk ploegtarief	€ 134,89	per uur	
 Tandemtrilwals, 2.000 - 4.000 kg, huur week	 € 15,50	 per uur	
 Trilplaat, 710 kg, voor- en achteruit, huur week	 € 4,23	 +	
Totaal:	€ 274,92	per uur	

- Casestudie lengte constructie ≈	46 m
- Er werden 2 lagen van 0.6 meter per dag neergelegd	
= 0,6 meter per 46 meter per 4 uur	
= 0,15 meter per 46 meter per uur	
= 6,6666667 uur per 1 meter per 46 meter	
= 0,1449275 uur per vierkante meter	
= Ongeveer	€ 109,57 per m ¹

Met de kosten van 109.57 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden de 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 5 aan de constructie toegewezen.

4.9.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj [m]	$\Delta\sigma_{v;z;d}$	$\sigma_{v;z;0;d}$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1	105,60	6,50	0,38	0,14	519,89	1079,2 mm
Laag 2	1	81,00	12,50	0,27	0,13	396,31	
Laag 3	1	59,44	20,00	0,14	0,02	161,42	
Laag 4	10	21,32	125,50	0,00	0,00	1,57	
Laag 5	0	13,26	125,50	0,00	0,00	0,00	

Met een zetting van de ondergrond van 1079.2 mm ligt de waarde van de constructie boven de 0.8 meter en beneden de 1.2 meter. Met deze waarde wordt er een score van 3 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

Maximum toegestaande rek= 1,0%

Lengte Geogrid = 2,58 m

Horizontale vervorming = 25,81 mm

Met een horizontale vervorming van 25.81mm ligt de waarde van de constructie beneden de 40 millimeter en boven de 20 millimeter, hierdoor wordt er een score van 4 aan de constructie beloond.

4.9.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 50.336 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee onder de 500 kg/m¹, en haalt daarmee een score van 5.

4.9.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	1	4	5	3	4	5

4.10. Variant 3, Verhoging naast een weg - Damwand

4.10.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De damwand constructie voldoet aan alle vijf de toetsingen gesteld door de Eurocode. Dit betekent dat de er geen enkele waarde niet voldoet aan een eis, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 2.73 wordt gecalculeerd. Deze factor ligt boven de 1.5 en dus word er een score van 5 behaald.

4.10.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Warmgewalste stalen damwand, > 50 ton, lengte 4 - 15 m, U-profiel	€ 2.025,33	per m ¹
Mengsel bentoniet / zand	€ 34,43	per m ¹
Stalen buis, Ø 73 mm, wanddikte 5,16 mm, naadloos	€ 425,52	per m ¹
Gording, UMP 240	€ 135,00	per m ¹ +
Totaal:	€ 2.620,28	per m ¹

Met de kosten van 2.620,28 € per m¹ ligt de waarde van de constructie boven de 1400,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 1.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

2 * Heier	€ 74,80	per uur
Uitzetter	€ 38,80	per uur
Dragline voor heiwerk, bakinhoud 1.800 liter, lengte makelaar 30 m	€ 98,98	per uur
Drukblok, PVE 2330 VM, 0-160 ton, dwl 15 m, hydraulisch variabel hoogfrequent	€ 160,06	per uur
Lasaggregaat 100 A, exclusief bediening	€ 1,45	per uur
Makelaar met ballastframe	€ 15,27	per uur +
	€ 352,98	per uur
Machinist (anker)	€ 40,10	per uur
Vakman GWW (anker)	€ 37,40	per uur
Lasser (gording)	€ 39,20	per uur
Spoel-boorinstallatie voor groutankers, exclusief bediening	€ 113,85	per uur +
	€ 230,55	per uur

= Plaatsing elementen, 25 meter in 32 uur

= Plaatsing elementen, 1,28 uur per m¹

= Plaatsing elementen, € 590,38 per m¹

= Plaatsing ankers, 0,5 per uur (aannee van om de 5 meter een anker)

= Plaatsing ankers, 2,5 uur per 5 m

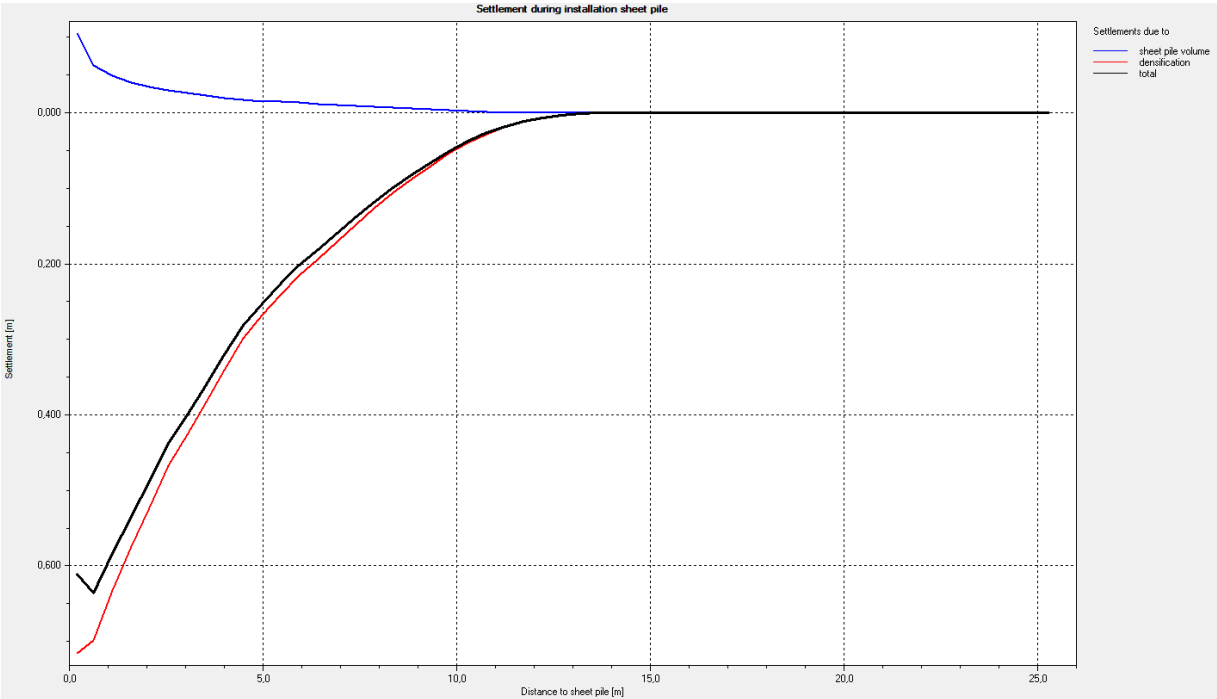
= Plaatsing ankers, € 34,82 per m¹

Totaal uitvoering: € 625,19

Met de kosten van 625.19 € per m¹ ligt de waarde van de constructie waarde boven de 500,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 1 aan de constructie toegewezen.

4.10.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende grafiek berekend:



Met een zetting van de ondergrond van 0.62 m ligt de waarde van de constructie beneden de 0.8 meter en boven de 0.4 meter. Met deze waarde wordt er een score van 4 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is bepaald in het berekening rapport en komt op een waarde van 146.7 mm.

Met een horizontale vervorming van 146.7 mm ligt de waarde van de constructie boven de 80 millimeter, hierdoor wordt er een score van 1 aan de constructie gegeven.

4.10.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document “Duurzaamheid voor kerende constructies” of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 5762.4 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee ver boven de 2000 kg/m¹ ligt, en haalt daarmee een score van 1.

4.10.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Veiligheid	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	5	1	1	4	1	1

4.11. Variant 3, Verhoging naast een weg - L-muur

4.11.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan 1 van de vijf toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 0 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 0.46 wordt gecalculeerd. Deze factor valt beneden de 1.0 en dus wordt er een score van 1 behaald.

4.11.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Toepassen bekisting wand	€	89,39	per m ¹	
Beton C28/35, milieuklasse XF1, consistentiegebied C1, CEMIII, grind 4 - 32 mm	€	276,99	per m ¹	
Betonstaal FeB 500 HWL, diverse diameters, rond 8 t/m 25	€	349,61	per m ¹	
Ontkistingsolie, Relax 22, afname vat 205 liter	€	2,63	per m ¹	
Huur centerpennen	€	5,26	per m ¹	+
Totaal:	€	723,87	per m¹	

Met de kosten van 723.87 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 1000,- € per m¹ en ligt de waarde boven de 600,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 3.

De kosten van de uitvoering van de keermuur zijn berekend met de volgende waarde:

Op locatie

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€	72,13	per uur	
Machinist graafmachine	€	48,17	per uur	
Grondwerker	€	37,40	per uur	+
	€	157,70	per uur	
= Plaatsing elementen (h=3,5 m), 100 meter in 74,250 uur				
= Plaatsing elementen, 0,7425 uur per m ¹				
= Plaatsing elementen, € 261,28 per m ¹				

Prefabricatie

Betonwerker I	€	36,00	per uur	
Timmerman I	€	39,20	per uur	
IJzervlechter I	€	39,20	per uur	+
	€	114,40	per uur	

Huur betonpomp, tot 25 m3, horizontale reikwijdte 28 m	€	400,00	een keer	
--	---	--------	----------	--

Aannemend dat er 5 L-stuk per dag wordt geproduceerd met een breedte van 2 meter

Prefabricatie =	€	56,55	per stuk 4 meter	
Prefabricatie =	€	14,14	per m ¹	

Totaal uitvoering: € 275,42

Met de kosten van 275.42 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden 300,- € per m¹ en boven de 200,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 4 aan de constructie toegewezen.

4.11.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj	$\Delta\sigma_{v;z;d}$	$\sigma_{v;z;0;d}$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	1	253,04	6,50	0,49	0,18	673,16	1485,96 mm
Laag 2	1	227,38	12,50	0,39	0,15	539,39	
Laag 3	1	187,14	20,00	0,23	0,03	265,16	
Laag 4	10	76,88	120,00	0,01	0,00	8,25	
Laag 5	0	48,46	120,00	0,00	0,00	0,00	

Met een zetting van de ondergrond van 1485.96 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 1.6 meter en boven de 1.2. Met deze waarde wordt er een score van 2 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

E-modules van staal (wapening)= 210.000 N/mm²

Traagheidsmoment van de wand = 6942708333 mm⁴

EI wand = 1,45797E+15 Nmm²

Belasting = 20 kN/m N/mm

Lengte = 8035 mm

Verplaatsing $= (ql^4)/(30$

$EI)=$

1,9059 mm

Met een horizontale vervorming van 1.9059 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 20 millimeter, hierdoor wordt er een score van 5 aan de constructie beloond.

4.11.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document "Duurzaamheid voor kerende constructies" of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 710.5825 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee boven de 500 kg/m¹ en beneden de 1000 kg/m¹, en haalt daarmee een score van 4.

4.11.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
0	0	3	4	2	5	4

4.12. Variant 3, Verhoging naast een weg - Gewapende grond

4.12.1. Toetsing Eurocode en stabiliteit

De constructie voldoet aan alle vijf de toetsingen gesteld door de Eurocode, en dus wordt de er een score van 1 toegekend aan de constructie. De toetsingen zijn terug te vinden in het berekeningsrapport van de deze variant.

Uit het berekeningsrapport blijkt dat er voor de constructie een Safety factor van 1.05 wordt gecalculeerd. Deze factor is kleiner dan 1.1 en boven de 1.0, hiermee wordt er een score van 1 behaald.

4.12.2. Ontwerp en uitvoeringskosten

De kosten van het ontwerp van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

PVC-drain verloopstuk, Ø 125 x 100 mm (drainage)	€ 7,57	per m ¹	
Toepassen bekisting wand	€ 119,72	per m ¹	
Grind 4/32, Bovenrijn, franco op de wal (drainage)	€ 191,38	per m ¹	
Geogrid, GX160/30	€ 413,79	per m ¹	+
Totaal:	€ 732,45	per m ¹	

Bij deze prijs wordt vervolgens een geogrid "Geolon 800" van 11meter bij gerekend, die wordt gebruikt als extra ondersteuning voor de stabiliteit. Deze heeft een prijs van 92.84 € per m¹, daarmee komt het totaal op 825.29 € per m¹. Deze waarde ligt beneden de 1000,- € per m¹ en boven de 600,- € per m¹, met deze waarde krijgt de constructie een score van 3.

De kosten van de uitvoering van de constructie zijn berekend met de volgende waarde:

Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500 liter	€ 72,13	per uur	
Machinist graafmachine	€ 48,17	per uur	
Grondwerk ploegtarief	€ 134,89	per uur	
Tandemtrilwals, 2.000 - 4.000 kg, huur week	€ 15,50	per uur	
Trilplaat, 710 kg, voor- en achteruit, huur week	€ 4,23	per uur	+
Totaal:	€ 274,92	per uur	

- | | |
|--|------|
| - Casestudie lengte constructie ≈ | 46 m |
| - Er werden 2 lagen van 0.6 meter per dag neergelegd | |

= 0,6 meter per 46 meter per 4 uur

= 0,15 meter per 46 meter per uur

= 6,6666667 uur per 1 meter per 46 meter

= 0,1449275 uur per vierkante meter

= Ongeveer **€ 311,17** per m¹

Met de kosten van 311.17 € per m¹ ligt de waarde van de constructie beneden de 400,- € per m¹ en boven de 300,- € per m¹, hiermee wordt er een score van 3 aan de constructie toegewezen.

4.12.3. Vervormingen ondergrond en constructie

De zettingen in de ondergrond van de constructie worden met de volgende waarde berekend:

t=	30 dagen						
	dj [m]	$\Delta\sigma_v;z;d$	$\sigma_v;z;0;d$	s1;d [m]	s2;d [m]	sd [mm]	Totale zakking midden
Laag 1	2,29	254,17	17,18	0,63	0,23	865,42	1341,0 mm
Laag 2	1	184,40	23,18	0,29	0,12	413,58	
Laag 3	0,5	160,04	27,68	0,05	0,01	54,22	
Laag 4	10	76,11	127,68	0,01	0,00	7,79	
Laag 5	0	49,62	127,68	0,00	0,00	0,00	

Met een zetting van de ondergrond van 1341.0 mm ligt de waarde van de constructie boven de 1.2 meter en beneden de 1.6 meter. Met deze waarde wordt er een score van 2 behaald door de constructie.

De horizontale vervorming van constructie is als volgt berekend:

Maximum toegestaande rek=

1,0%

Lengte Geogrid =

4,30 m

Horizontale vervorming =

42,97 mm

Met een horizontale vervorming van 42.97 mm ligt de waarde van de constructie beneden de 60 millimeter en boven de 40 millimeter, hierdoor wordt er een score van 3 aan de constructie beloond.

4.12.4. CO₂-emissie

De CO₂-emissie van de constructie wordt berekend is aan de hand van de waarde uit het document “Duurzaamheid voor kerende constructies” of Bijlage C. Hiermee wordt berekend dat de waarde van de CO₂-emissie 307.3868 kg CO₂ per m¹ bedraagt. De waarde ligt daarmee onder de 500 kg/m¹, en haalt daarmee een score van 5.

4.12.5. Samenvatting score

Toetsing Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp kosten	Uitvoering kosten	Zettingen	Horizontale vervormingen	CO ₂ -emissie
1	1	3	3	2	3	5

5. MCA

5.1. MCA met factoren

In de volgende tabel zijn alle scores van de varianten samengevat en met hun respectievelijke factoren vermenigvuldigt. De constructies kunnen een maximum score van 50 halen een minimum van 8. De totalen zijn verdeelt op het totaal aantal punten wat behaald is binnen het aantal varianten.

Levensduur = 120 Jaar		Constructie		Kosten		Optredende vervormingen		Duurzaamheid	Totale score
		Eurocode	Stabiliteit	Ontwerp	Uitvoering	Ondergrond	Constructie	CO2-emissie	
0-Variant	Damwand	5	5	2	3	8	5	2	30
	L-muur	5	2	4	5	10	5	10	41
	Gewapende grond	5	2	8	4	10	4	10	43
Variant 1	Damwand	5	4	2	2	8	3	2	26
	L-muur	0	0	6	4	2	5	8	25
	Gewapende grond	5	1	6	4	4	2	8	30
Variant 2	Damwand	5	4	2	4	10	1	2	28
	L-muur	0	0	8	5	6	5	10	34
	Gewapende grond	5	1	8	5	6	4	10	39
Variant 3	Damwand	5	5	2	1	8	1	2	24
	L-muur	0	0	6	4	4	5	8	27
	Gewapende grond	5	1	6	3	4	3	10	32
Belang factor		5	1	2	1	2	1	2	

Van deze getallen kan er een totaal worden berekend zodat er duidelijk kan worden aan gegeven welke van de drie constructie het beste heeft gescoord in de vier situaties. Dit wordt aangegeven in de volgende tabel:

	Totale score
Damwand	108
L-muur	127
Gewapende grond	144

5.2. Invloed vergrotingsfactoren

Omdat er een het gewicht van sommige van de scores zijn vergroot is het belangrijk om te kijken wat er gebeurd wanneer deze vergroting van de scores niet wordt meegeteld en hoeveel invloed deze hebben op het eindresultaat:

		Score zonder belangfactor eurocode	Score zonder belangfactor ontwerpkosten	Score zonder belangfactor zettingen	Score zonder belangfactor CO2-emissie	Score zonder alle belangfactoren	Totale score
0-Variant	Damwand	26	29	26	29	20	130
	L-muur	37	39	36	36	25	173
	Gewapende grond	39	39	38	38	25	179
Variant 1	Damwand	22	25	22	25	16	110
	L-muur	25	22	24	21	17	109
	Gewapende grond	26	27	28	26	17	124
Variant 2	Damwand	24	27	23	27	17	118
	L-muur	34	30	31	29	22	146
	Gewapende grond	35	35	36	34	23	163
Variant 3	Damwand	20	23	20	23	14	100
	L-muur	27	24	25	23	18	117
	Gewapende grond	28	29	30	27	18	132
Totale score	Damwand	92	104	91	104	67	458
	L-muur	123	115	116	109	82	545
	Gewapende grond	128	130	132	125	83	598

Omdat er verschillende manieren zijn om vergrotingsfactoren toe te passen, is het belangrijk om te weten wat er gebeurt wanneer de andere criteria met een belangfactor van twee worden berekend:

		Score belangfactor constructie stabiliteit	Score belangfactor uitvoering kosten	Score belangfactor vervormingen constructie
Totale score	Damwand	85	77	77
	L-muur	84	100	102
	Gewapende grond	88	99	96

Hier wordt geobserveerd dat:

- De L-muur de meeste punten behaalt wanneer er een belangfactor wordt toegepast op de kosten van de uitvoering.
- De L-muur de meeste punten behaalt wanneer er een belangfactor wordt toegepast op de horizontale vervorming van de constructie.

5.3. Invloed Eurocode en stabiliteit

Omdat er voor de L-muur, afmetingen van het internet wordt gehaald en niet speciaal voor de situatie wordt ontworpen en de damwand hoeft niet te voldoen aan de stabiliteit en eurocode berekeningen, wordt er gekeken naar de invloed hiervan. Dit kan gedaan worden omdat de constructie ook op palen kan worden gefundeerd en daarmee de berekeningen obsoleet maakt. Daarom wordt de score die behaald is bij deze criteria weggelaten om te kijken naar de invloed op het resultaat:

		Score zonder eurocode en stabiliteit	Score zonder eurocode en stabiliteit & zonder belangfactoren	Score zonder stabiliteit	Score zonder Eurocode
Totale score	Damwand	70	45	90	88
	L-muur	120	79	125	122
	Gewapende grond	119	74	139	124

Hier wordt geobserveerd dat:

- De L-muur de meeste punten behaalt wanneer deze criteria wordt weggelaten.
- De gewapende grond nog steeds de meeste punten behaalt wanneer de criteria stabiliteit of Eurocode apart wordt weggelaten.

5.3.1. Invloed vervormingen

Wanneer de constructie dan op palen wordt gezet, zullen ook de verticale zettingen of de horizontale verplaatsingen weg worden genomen. Wanneer dit wordt gedaan binnen het MCA, wordt er het volgende resultaat gevonden:

	Totale score zonder eurocode, stabiliteit en ondergrond zakking	Totale score zonder eurocode, stabiliteit en constructie vervormingen
Damwand	36	60
L-muur	98	100
Gewapende grond	95	106

Hier wordt geobserveerd dat:

- De L-muur de meeste punten behaalt wanneer er palen onder de constructie staan.
- Gewapende grond de meeste punten haalt wanneer horizontale verplaatsing wordt weggelaten.

6. CONCLUSIE

Het doel van het onderzoek is het vinden van een goedkoper en milieu vriendelijker alternatief voor grondkerende constructies op een zwakke ondergrond in de vorm van de gewapende grond constructie. In dit MCA wordt gevonden dat de gewapende grond constructie die gebruik maken van geogrids, een goed of beter alternatief is zijn dan de andere twee beschouwde constructies.

Met alle data die gevonden is met het berekenen van de constructies wordt er gevonden dat de gewapende grond constructie daar bijna in elke variant boven staat wanneer er wordt gekeken naar de welke criteria van belang worden gesteld door dit onderzoek. Wanneer deze vergrotingsfactoren worden verwijderd en er wordt gekeken naar het resultaat wordt het verschil tussen de drie constructies veel kleiner en is het onduidelijk welke van de drie de betere optie is.

De invloed van een ontwerp van het internet voor de L-muur kan worden weggelaten omdat het verschil bij het weglaten van de Eurocode en stabiliteits berekeningen maar een punt is. Er kan dus geconcludeerd worden dat wanneer de L-muur groter is hij waarschijnlijk wel zou voldoen aan deze berekeningen, alleen zullen de uitvoerings, ontwerpkosten en CO₂-emissies hierdoor stijgen. Dit betekent dat deze waarde vrij in evenwicht zijn, vooral gezien het een punt verschil.

Uit het MCA kan ook worden gehaald dat over het algemeen, de damwand veel stabiel is dan de andere constructies. De constructie scoort lager vanwege de hoge ontwerpkosten, uitvoeringskosten en CO₂-emissies.

Het resultaat is dus afhankelijk van welke criteria belangrijk wordt gesteld, gezien de damwand en de L-muur hogere punten halen op andere criteria. Hier zit de gewapende grond constructie echter maar een paar punten onder en dus kan er geconcludeerd worden dat de gewapende grond constructie ook goed presteert in deze criteria.

7. BIBLIOGRAFIE

- Bosch Beton. (2016, 05 17). *Bestekgenerator*. Opgehaald van <http://www.boschbeton.nl/bestekgenerator/>
- GWW kosten. (-, - -). *kosten*. Opgehaald van GWW kosten: <http://www.gwwkosten.nl/>
- <http://www.giverbo.nl>. (-, - -). *Index*. (Giverbo) Opgeroepen op 03 01, 2016, van <http://www.giverbo.nl>
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2012, 12 03). *Hoeveel is de CO2-uitstoot van een Nederlands huishouden?* Opgehaald van Planbureau voor de Leefomgeving: <http://www.pbl.nl/vraag-en-antwoord/hoeveel-is-de-co2-uitstoot-van-een-nederlands-huishouden>
- Ruiter, J. (2016, 05 02). kosten geogrids. (J. Borst, Interviewer)

BIJLAGE I.

Optimalisatie



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 3.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	VOORKOMEN VAN GROTE ZAKKINGEN	2
2.1.	Stabiliserend basis.....	2
2.2.	Stabiliserend basis met geotextiel	3
2.3.	Funderen constructie met palen	4
2.4.	GEC-palen	4
3.	BIBLIOGRAFIE.....	7

BIJLAGEN:

- A. Uitvoer D-Geo Stability - Stabilistie vlak zonder geogrids
- B. Uitvoer D-Geo Stability - Stabilistie vlak met geogrids

1. INLEIDING

In dit document wordt er gezocht naar optimalisatie mogelijkheden van de gewapende grond constructies. Er wordt gekeken hoe de zwakke punten van de gewapende grond constructie, die gevonden zijn in de Multi Criteria Analyse, kunnen worden verbeterd. Er wordt hierbij naar een oplossing gezocht die ongeveer dezelfde materialen gebruikt.

Uit het MCA is gebleken dat de gewapende grondconstructie erg goedkoop is, alleen ondervindt de constructie grote zakkingen in de ondergrond. Daarom wordt er gezocht naar een oplossing voor het beperken van deze zakkingen. Het doel van dit verslag is het voorstellen van een mogelijke oplossing voor het verbeteren van de zakkingen van gewapende grond constructies op zwakke ondergronden. Er wordt dus niet bewezen dat deze oplossingen voldoen, gezien dit buiten het onderzoek valt.

2. VOORKOMEN VAN GROTE ZAKKINGEN

Gezien er in de het onderzoek is geconstateerd dat er grote zettingen kunnen ontstaan in de ondergrond van de constructies, moet er gekeken worden naar oplossingen voor dit probleem.

2.1. Stabiliserend basis

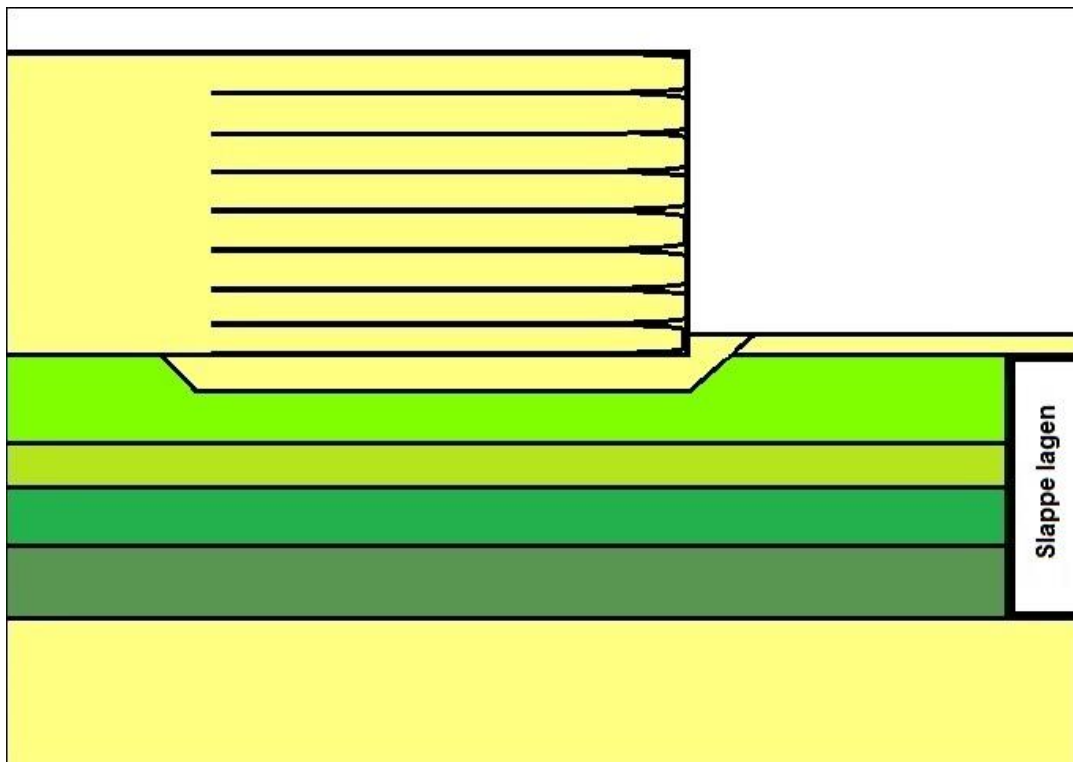
Met behulp van het verwijderen van de natuurlijke ondergrond en het toevoegen van een beter dragende grond soort, zorgt voor stabiliteit en een beter spreiding naar de ondergrond. Hierdoor kunnen ook zakkings voorkomen worden. Dit is vaak een fundering van zand en grind, en wordt toegepast bij veel L-muren die gebruikt worden bij wegenbouw. Deze manier van versterken is vrij simpel omdat er een deel van de ondergrond wordt vervangen, dit kan gemakkelijk worden gedaan door een graafmachine. Er kunnen ook ander materialen worden gebruikt voor het opvullen van de verwijderde grond.

Bij een gewapende grondconstructie zal tussen deze basis en de constructie, gebruik moeten worden gemaakt van een sterk geogrid (Geolon). Dit grid moet de krachten van de constructie nog steeds verspreiden over de ondergrond, anders ontstaan er onregelmatige zettingen.



Figuur 2.1: fundering van een L-muur

Gezien deze manier van funderen vrij eenvoudige en vaak gebruikt is, zal deze dienen als een vergelijkingsmodel voor de andere oplossingen.

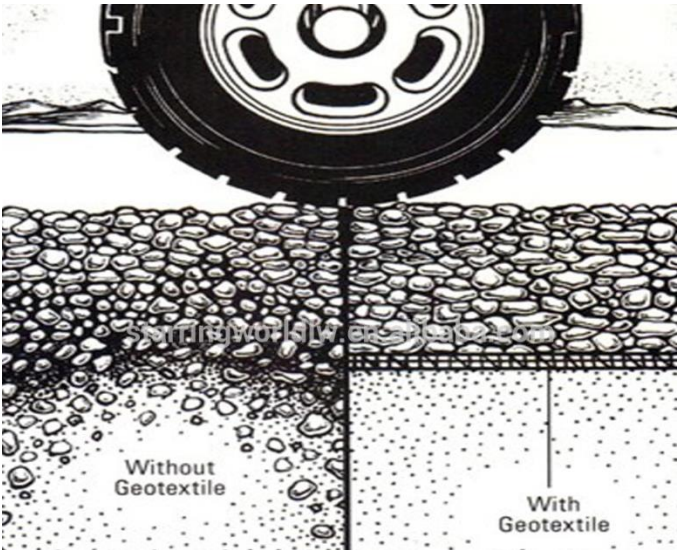


Figuur 2.2: Voorbeeld gebruik stabiliserende basis bij gewapende grond muur

2.2. Stabiliserend basis met geotextiel

Door gebruik te maken van geotextielen in het stabiliserende vlak van de constructie, kan deze sterker zijn dan vorige genoemde constructie fundering. De basis wordt dan een veel stijver geheel waardoor de spreiding naar de ondergrond veel beter wordt. Er is ook minder kans op grondverlies of wegzakken van grond in de zwakke onderlaag. Deze methode wordt vaak gebruikt bij wegen om de funderende laag van de wegen te verkleinen.

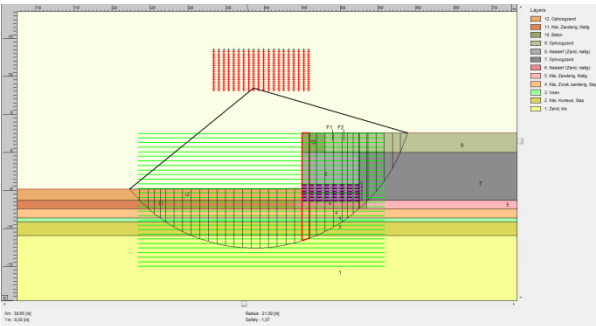
Het geogrid kan ook volledig rond het pak zand worden gewikkeld waardoor er een nog sterkere fundering ontstaat. Via deze methode kan ook de glipcirkel van de constructie in verticale richting worden verplaatst waardoor de constructie stabielier wordt. De methode vervangt ook het de sterkere geogrids die in de onderste lagen van gewapende grond worden gebruikt. Deze fundering zorgt namelijk ook dat de constructie als een geheel zakt en geen onregelmatig zettingen ondervindt.



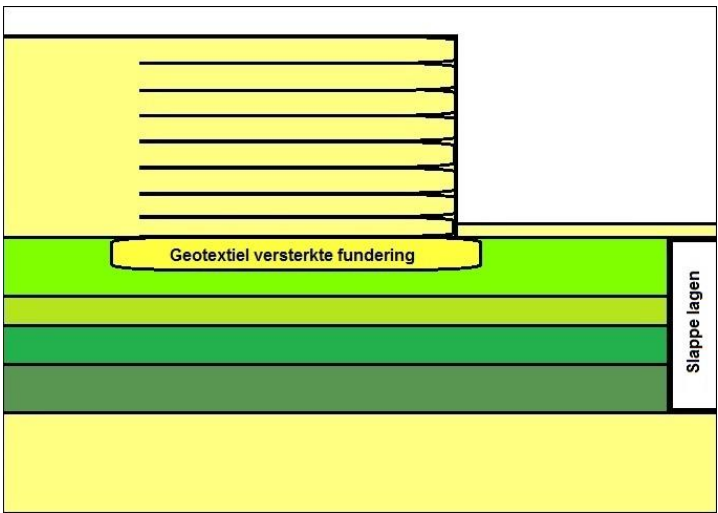
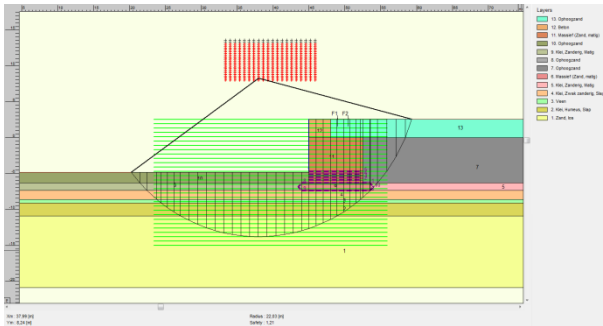
Figuur 2.3: invloed van geotextiel in een fundering

Het extra stabiliseren van de constructie kan hieronder gezien worden, vedere uitwerking staat in de bijlage:

Stabilistie vlak zonder geogrids, Safety = 1.07



Stabilistie vlak met geogrids, Safety = 1.21



Figuur 2.4: Voorbeeld gebruik stabiliserende basis met omringende geogrids bij gewapende grond muur

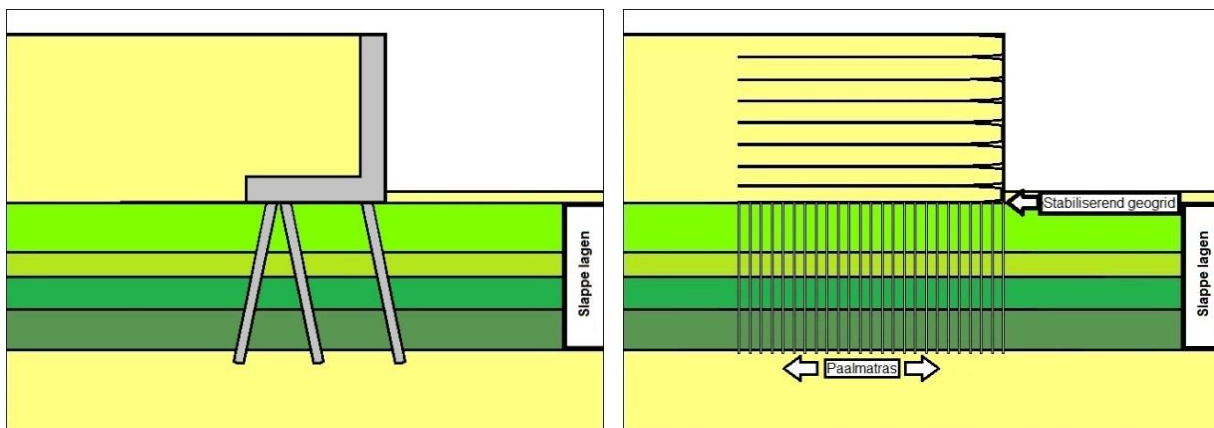
2.3. Funderen constructie met palen

Het ontlasten van de ondergrond wordt in Nederland vaak gedaan met behulp van een paalfundering. Dit wordt gedaan om het gewicht van de constructie en de daarop werkende krachten te verplaatsen en over te brengen aan een ondergrondse draagkrachtige laag. Ook grondkerende constructies die nauwelijks tot geen zettingen mogen ondervinden en op een zwakke ondergrond staan worden met palen onderbouwd. De meest heipalen worden prefab geproduceerd in een betonfabriek gefabriceerd van gewapend of voorgespannen beton. Door prefabricage onder gecontroleerde omstandigheden kan de kwaliteit van de palen worden gegarandeerd.



Figuur 2.5: Betonnen palen

Het nadeel van de palen zijn de kosten van paalfundering in vergelijking met het op staal funderen gezien een geprefabriceerde gewapend beton ongeveer tussen de 720,- € en de 770,- € per kubieke meter ligt. Er zijn nog andere soorten funderingspalen die kunnen worden gebruikt bij het funderen met palen, maar bij zwakke ondergronden worden prefab palen vaker gebruikt.

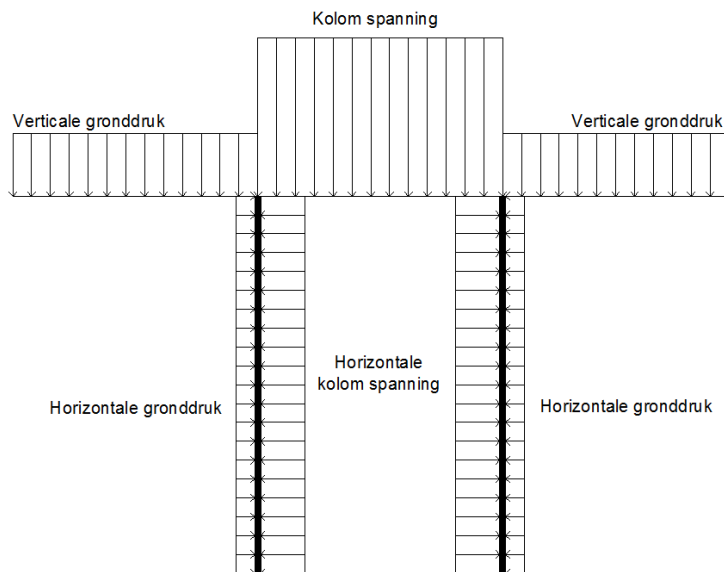


Figuur 2.6: (l) Voorbeeld gebruik palen bij een L-muur

(r) Voorbeeld gebruik paalmatras bij een gewapende grondconstructie

2.4. GEC-palen

Geotextile encased columns (GEC) en Geotextile encased stone columns (GESG), zijn grondverbeteringstechnieken die zijn ontwikkeld aan de hand van de vibropaal en funderingen met steen. Bij deze grondverbeteringstechniek/funderingstechniek wordt een stalen buis grond verdringend in de grond gebracht tot aan de funderende laag. In de buis wordt een geotextiel aangebracht en vervolgens gevuld met een draagkrachtige grondsoort zoals zand of grind. Met behulp van een geotextiel voor de algehele stabiliteit kan er een verhoging worden op de palen worden gemaakt, die zijn kracht afdraagt aan de palen/ Door hetzelfde principe als in gewapende grond zal de kracht op de palen zorgen voor een kleine uitzettingen van de palen in horizontale richting. Deze uitzetting zorgt op zijn beurt voor de treksterkte van de geotextiel waardoor er sterke palen kunnen worden gecreëerd.



Figuur 2.7: Theoretische werking GEC

Theoretisch kan met behulp van het onderzoek een idee worden gegeven van hoe dit werk, in de praktijk zal dit echter ingewikkelder zijn.

Met behulp van gewapende grond kan er uit geschetst worden hoe de kolommen werken, zie figuur 2.6. Hieruit kunnen we halen dat:

$$\sigma'_{h;i;d} = \sigma'_{h;cls} - \sigma'_{h;grond}$$

Waarin:

- $\sigma'_{h;cls}$ Horizontale spanning in de kolom.
- $\sigma'_{h;grond}$ Horizontale spanning in de grond.

$\sigma'_{h;i;d}$ is de horizontale spanning die naar buiten werkt over de hoogte van de zwakke laag op het geotextiel. Aan de hand van de CUR kan er gezegd worden dat er in het geotextiel een trekkracht ontstaat van:

$$T_{b;i;d} = 0.5 * h_i * \sigma'_{h;i;d}$$

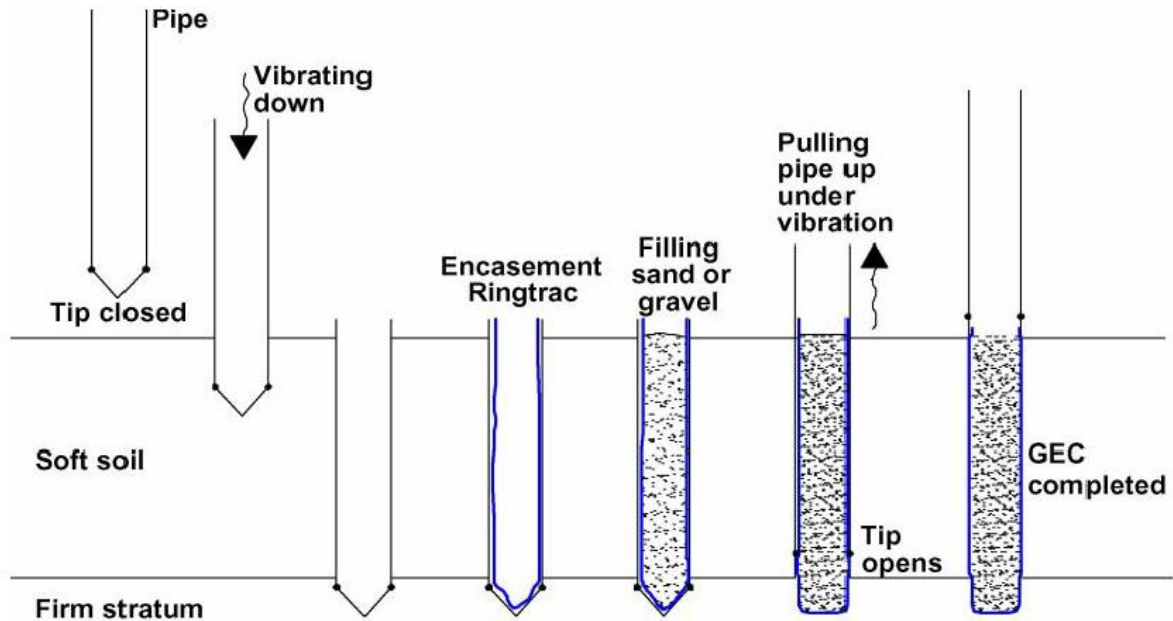


Figuur 2.8: Werking GEC

De GEC's zijn in 1995 voor het eerst gebruikt en wordt voornamelijk gebruikt in het rivierenland van Duitsland. Het is in 2006 in de CUR publicatie "Innovatieve aardebaan" genoemd binnen Nederland en is gebruikt in 2005 als fundering van het bastion "Vijfwal" van het drop Houten.

De GEC's zijn wel waterdoorlatend en dienen dus als verticale drainage van de ondergrondse lagen. Dit bevordert de drainage wat bij het bouwen van de bovenliggende constructie prima is gezien er na oplevering geen zettingen meer zullen optreden. Het systeem zou dus eventueel voor problemen kunnen zorgen in bepaalde situaties.

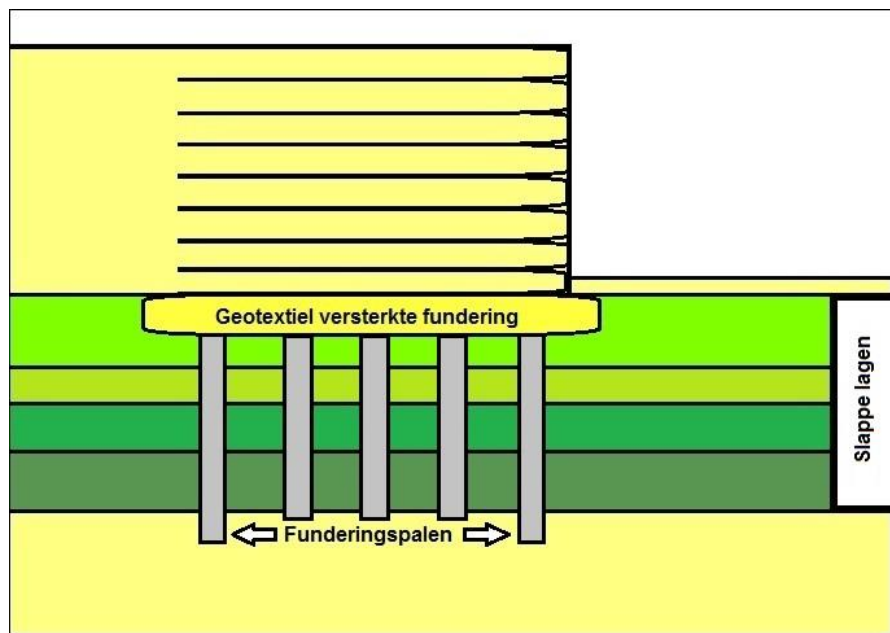
Het plaatsen van een GEC gaat op de volgende manier:



Figuur 2.9: Plaatsing van GEC

Conclusie GEC

Geotextile encased columns kunnen zeer goed werken als vervanging voor prefab beton palen voor grondconstructies. De zakkingen van betonnen palen zijn waarschijnlijk minder maar de kosten van deze soort funderingen kunnen flink minder zijn. Als het MCA van het onderzoek wordt gebruikt als vergelijking kan er gezegd worden dat het gebruik van geotextiel goedkoper is dan het gebruik van beton in grondkerende constructies. Wanneer er dezelfde of een vergelijkbare draagkracht wordt gevonden in deze kolommen, kan het gebruik hiervan goed worden verantwoord als fundering bij een gewapende grond constructie. Het zorgt namelijk voor verdichting tussen de palen en werkt als paalfundering waarop de grond wel kan steunen. Dit zorgt voor een veel sterkere ondergrond die minder wordt belast, wat positief is bij gewapende grond.



Figuur 2.10: Voorbeeld gebruik palen en versterkte fundering bij gewapende grond muur

3. BIBLIOGRAFIE

- Bosch Beton. (2016, 05 17). *Bestekgenerator*. Opgehaald van <http://www.boschbeton.nl/bestekgenerator/>: <http://www.boschbeton.nl/bestekgenerator/>
- <http://www.controleplannen.nl/>. (2016, 05 18). *controleplan*. Opgehaald van [/images/2031-2.jpg](http://www.controleplannen.nl/images/2031-2.jpg): <http://www.controleplannen.nl/controleplan/images/2031-2.jpg>
- <http://www.geosynthetica.net/>. (2016, 02 18). *Geotextile Encased Column Webinar*. Opgehaald van [geosynthetica.net](http://www.geosynthetica.net/): <http://www.geosynthetica.net/event/geotextile-encased-column-webinar-february2016/>
- HUESKER. (2016, 06 09). *Ringtrac® geotextile encased column* . Opgehaald van External Works: <http://www.externalworksindex.co.uk/entry/121518/HUESKER/Ringtrac-geotextile-encased-column-GEC/>
- Tandel, Y. K., Solanki, C. H., & Desai, A. K. (2012). *Reinforced granular column for deep soil stabilization: A review*. India: INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL AND STRUCTURAL ENGINEERING.

BIJLAGE

A. Uitvoer D-Geo Stability - Stabilisatie vlak zonder geogrids

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 24-5-2016
 Time : 17:11:50

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Test stabiliserende basis.sto

Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Test stabiliserende basis.sti

===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT

=====

Problem identification :

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES

=====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
12 - X -	0.00	45.00	45.00	45.00	48.00	100.00
12 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	2.56	2.56	2.56
11 - X -	0.00	44.00	45.00	45.00	45.00	45.00
11 - Y -	-6.30	-6.30	-6.30	-4.84	0.00	2.56
11 - X -	48.00	100.00				
11 - Y -	2.56	2.56				
10 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	45.00	45.00
10 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-4.84	0.00
10 - X -	45.00	48.00	100.00			
10 - Y -	2.56	2.56	2.56			
9 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	45.00	45.00
9 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-4.84	0.00
9 - X -	48.00	48.00	100.00			
9 - Y -	0.00	2.56	2.56			
8 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	45.00	45.00
8 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-4.84	0.00
8 - X -	48.00	52.50	100.00			
8 - Y -	0.00	0.00	0.00			
7 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	52.50	52.50
7 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-6.30	0.00
7 - X -	100.00					
7 - Y -	0.00					
6 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	52.50	53.50
6 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-6.30	-6.30
6 - X -	100.00					
6 - Y -	-6.30					
5 - X -	0.00	44.00	53.50	53.50	100.00	
5 - Y -	-7.38	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	
4 - X -	0.00	44.00	53.50	100.00		
4 - Y -	-7.38	-7.38	-7.38	-7.38		
3 - X -	0.00	100.00				
3 - Y -	-8.62	-8.62				
2 - X -	0.00	100.00				
2 - Y -	-9.10	-9.10				
1 - X -	0.00	100.00				

1	- Y -	-10.90	-10.90
0	- X -	0.00	100.00
0	- Y -	-20.90	-20.90

PL-LINES

=====

Pl-line no.	Co-ordinates [m]		
1	- X -	0.00	100.00
1	- Y -	-6.30	-6.30

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	45.00	2.56	45.00	-4.84

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no.	Material name
12	Ophoogzand
11	Klei, Zanderig, Matig
10	Beton
9	Ophoogzand
8	Massief (Zand, matig)
7	Ophoogzand
6	Massief (Zand, matig)
5	Klei, Zanderig, Matig
4	Klei, Zwak zanderig, Slap
3	Veen
2	Klei, Humeus, Slap
1	Zand, los

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
12	17.00	19.00	1	1
11	18.00	18.00	1	1
10	0.01	0.01	1	1
9	17.00	19.00	1	1
8	20.00	22.00	1	1
7	17.00	19.00	1	1
6	20.00	22.00	1	1
5	18.00	18.00	1	1
4	14.00	14.00	1	1
3	10.00	10.00	1	1
2	13.00	13.00	1	1
1	17.00	19.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
12	0.00	24.00	-	-	-	-	-
11	3.45	18.00	-	-	-	-	-
10	100.00	89.00	-	-	-	-	-
9	0.00	24.00	-	-	-	-	-
8	0.00	32.00	-	-	-	-	-
7	0.00	24.00	-	-	-	-	-
6	0.00	32.00	-	-	-	-	-
5	3.45	18.00	-	-	-	-	-
4	0.00	18.00	-	-	-	-	-

3		0.69		12.00		-		-		-		-		-		-	
2		0.00		15.00		-		-		-		-		-		-	
1		0.00		24.00		-		-		-		-		-		-	

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

X co-ordinate grid left : 33.39 [m]
 X co-ordinate grid right : 45.89 [m]
 Number of grid points in X - direction : 20

 Y co-ordinate grid bottom : 8.50 [m]
 Y co-ordinate grid top : 13.50 [m]
 Number of grid points in Y - direction : 20

 Y co-ordinate tangent smallest circle : 2.50 [m]
 Y co-ordinate tangent biggest circle : -15.00 [m]
 Number of circles per grid point : 30

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 400
 Total number of slip circles in the grid : 12000

LINE LOADS

=====

Line load number	Magnitude [kN/m]	X coor. [m]	Y coor. [m]	Angle degrees	Distrib. degrees
1	300.00	49.00	2.56	0.00	0.00
2	300.00	50.50	2.56	0.00	0.00

UNIFORM LOAD

=====

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	9.00	0.00	100.00	90.00	Temporary

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number	Degree of consolidation
12	100
11	100
10	100
9	30
8	0
7	30
6	30
5	70
4	70
3	70
2	70
1	70

GEOTEXTILES

=====

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	57.12	45.00	52.50	-5.90	0.00
2	57.12	45.00	52.50	-5.50	0.00
3	57.12	45.00	52.50	-5.10	0.00
4	57.12	45.00	52.50	-4.70	0.00
5	57.12	45.00	52.50	-6.30	0.00
6	0.00	45.00	52.50	-4.30	0.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 33.39 [m]
 X maximum = 45.89 [m]
 Y minimum = 8.24 [m]
 Y maximum = 13.24 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 1.072
 Calculation method used : Bishop - C phi

=====

X co-ordinate center point : 38.65 [m]
 Y co-ordinate center point : 8.50 [m]
 Radius of critical circle : 21.09 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -27353.04 [kNm/m]
 Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
 Driving moment external loads : -7301.13 [kNm/m]
 Iterated resisting moment : 29315.96 [kNm/m]
 Non-iterated resisting moment : 29090.34 [kNm/m]

Information of the geotextile results

=====

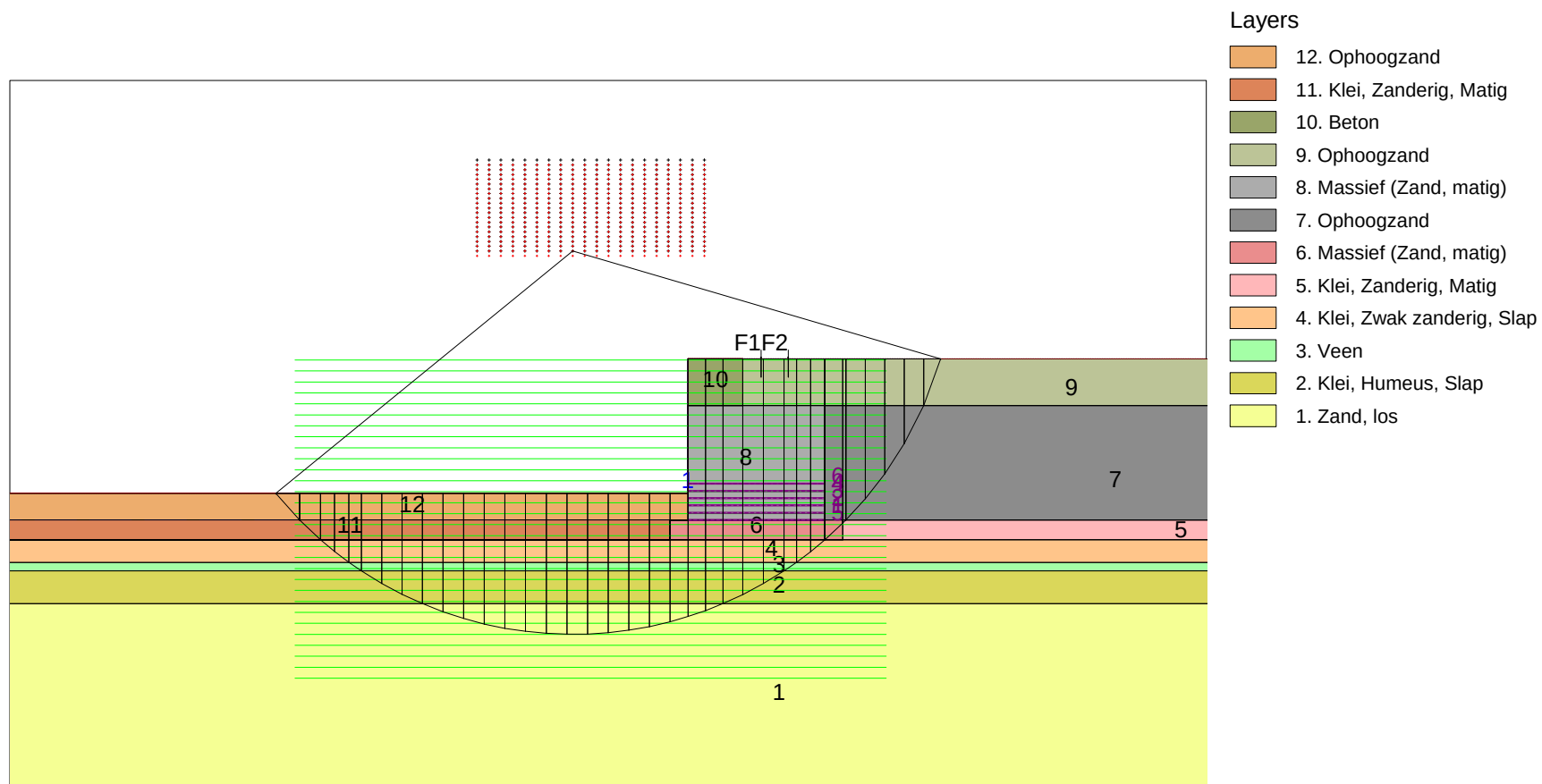
nr	intersection point X-coord [m]	intersection point Y-coord [m]	embedding length min. [m]	mobilized embedd. tensile strength [%]	mobilized embedd. tensile strength [kN/m]	resisting moment [kNm/m]
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00

----- ----- ----- ----- ----- ----- -----	
Total resisting moment from geotextiles	0.00

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT
=====

Critical Circle Bishop



Xm : 38,65 [m]
Ym : 8,50 [m]

Radius : 21,09 [m]
Safety : 1,07

B. Uitvoer D-Geo Stability - Stabilisatie vlak met geogrids

Program : D-Geo Stability
 Version : 15.1.2.4
 License : Unknown
 Company : RPS
 Date : 24-5-2016
 Time : 17:12:24

Output file : F:\Afstuderen\MSTAB\Test geokoffer.sto

Input file : F:\Afstuderen\MSTAB\Test geokoffer.sti

===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT

=====

Problem identification :
:

Calculation model : Bishop
 Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES

=====

Boundary no.	Co-ordinates [m]					
13 - X -	0.00	45.00	45.00	45.00	48.00	100.00
13 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	2.56	2.56	2.56
12 - X -	0.00	45.00	45.00	45.00	48.00	48.00
12 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	2.56	2.56	0.00
12 - X -	52.50	100.00				
12 - Y -	0.00	0.00				
11 - X -	0.00	45.00	45.00	48.00	52.50	100.00
11 - Y -	-4.84	-4.84	0.00	0.00	0.00	0.00
10 - X -	0.00	45.00	45.00	52.50	52.50	100.00
10 - Y -	-4.84	-4.84	-6.30	-6.30	0.00	0.00
9 - X -	0.00	44.00	45.00	52.50	52.50	100.00
9 - Y -	-6.30	-6.30	-6.30	-6.30	0.00	0.00
8 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	52.50	52.50
8 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-6.30	0.00
8 - X -	100.00					
8 - Y -	0.00					
7 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	52.50	52.50
7 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-6.30	0.00
7 - X -	100.00					
7 - Y -	0.00					
6 - X -	0.00	44.00	44.00	45.00	52.50	53.50
6 - Y -	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	-6.30	-6.30
6 - X -	100.00					
6 - Y -	-6.30					
5 - X -	0.00	44.00	53.50	53.50	100.00	
5 - Y -	-7.38	-7.38	-7.38	-6.30	-6.30	
4 - X -	0.00	44.00	53.50	100.00		
4 - Y -	-7.38	-7.38	-7.38	-7.38		
3 - X -	0.00	100.00				
3 - Y -	-8.62	-8.62				
2 - X -	0.00	100.00				
2 - Y -	-9.10	-9.10				
1 - X -	0.00	100.00				
1 - Y -	-10.90	-10.90				
0 - X -	0.00	100.00				

0 - Y - | -20.90 -20.90

PL-LINES

=====

Pl-line no. | Co-ordinates [m]

1 - X -	0.00	100.00
1 - Y -	-6.30	-6.30

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
The groundwater level is determined by Pl-line number 1

FORBIDDEN LINES

=====

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	45.00	2.56	45.00	-4.84

SOIL PROPERTIES

=====

Layer no. | Material name

13	Ophoogzand
12	Beton
11	Massief (Zand, matig)
10	Ophoogzand
9	Klei, Zanderig, Matig
8	Ophoogzand
7	Ophoogzand
6	Massief (Zand, matig)
5	Klei, Zanderig, Matig
4	Klei, Zwak zanderig, Slap
3	Veen
2	Klei, Humeus, Slap
1	Zand, los

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
13	17.00	19.00	1	1
12	0.01	0.01	1	1
11	20.00	22.00	1	1
10	17.00	19.00	1	1
9	18.00	18.00	1	1
8	17.00	19.00	1	1
7	17.00	19.00	1	1
6	20.00	22.00	1	1
5	18.00	18.00	1	1
4	14.00	14.00	1	1
3	10.00	10.00	1	1
2	13.00	13.00	1	1
1	17.00	19.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
13	0.00	24.00	-	-	-	-	-
12	100.00	89.00	-	-	-	-	-
11	0.00	32.00	-	-	-	-	-
10	0.00	24.00	-	-	-	-	-
9	3.45	18.00	-	-	-	-	-
8	0.00	24.00	-	-	-	-	-
7	0.00	24.00	-	-	-	-	-
6	0.00	32.00	-	-	-	-	-
5	3.45	18.00	-	-	-	-	-
4	0.00	18.00	-	-	-	-	-

3	0.69	12.00	-	-	-	-	-
2	0.00	15.00	-	-	-	-	-
1	0.00	24.00	-	-	-	-	-

No degree of consolidation $\leftrightarrow$ 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

X co-ordinate grid left	:	33.39	[m]
X co-ordinate grid right	:	45.89	[m]
Number of grid points in X - direction	:	20	
Y co-ordinate grid bottom	:	8.50	[m]
Y co-ordinate grid top	:	13.50	[m]
Number of grid points in Y - direction	:	20	
Y co-ordinate tangent smallest circle	:	2.50	[m]
Y co-ordinate tangent biggest circle	:	-15.00	[m]
Number of circles per grid point	:	30	

No fixed points input.

```
Total number of center points in the grid: 400
Total number of slip circles in the grid : 12000
```

LINE LOADS

=====

Line load number	Magnitude [kN/m]	X coord. [m]	Y coord. [m]	Angle degrees	Distrib. degrees
1	300.00	49.00	2.56	0.00	0.00
2	300.00	50.50	2.56	0.00	0.00

UNIFORM LOAD

=====

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	9.00	0.00	100.00	90.00	Temporary

TREE ON SLOPE

=====

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

Layer number	Degree of consolidation
13	100
12	100
11	100
10	100
9	30
8	0
7	30
6	30
5	70
4	70
3	70
2	70
1	70

GEOTEXTILES

=====

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	57.12	44.00	53.50	-6.30	0.00
2	57.12	45.00	52.50	-5.90	0.00
3	57.12	45.00	52.50	-5.50	0.00
4	57.12	45.00	52.50	-5.10	0.00
5	57.12	45.00	52.50	-4.70	0.00
6	57.12	44.00	53.50	-7.38	0.00
7	57.12	53.50	54.00	-6.30	0.00
8	57.12	43.50	44.00	-6.84	0.00
9	57.12	43.50	44.00	-6.84	0.00
10	57.12	53.50	54.00	-7.38	0.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

=====

No nails were input.

EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

 ***** The input has been tested, and is correct. *****

□

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 33.39 [m]
 X maximum = 45.89 [m]
 Y minimum = 8.24 [m]
 Y maximum = 13.24 [m]

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 33.39 [m]
 X maximum = 45.89 [m]
 Y minimum = 7.97 [m]
 Y maximum = 12.97 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 1.208
 Calculation method used : Bishop - C phi

=====

X co-ordinate center point : 37.99 [m]
 Y co-ordinate center point : 8.24 [m]
 Radius of critical circle : 22.03 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -30093.14 [kNm/m]
 Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
 Driving moment external loads : -7678.34 [kNm/m]
 Iterated resisting moment : 36357.86 [kNm/m]
 Non-iterated resisting moment : 35749.73 [kNm/m]

Information of the geotextile results

=====

nr	intersection point		embedding length min. [m]	mobilized embedd. tensile strength		resisting moment [kNm/m]
	X-coord [m]	Y-coord [m]		[%]	[kN/m]	
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total resisting moment from geotextiles						0.00

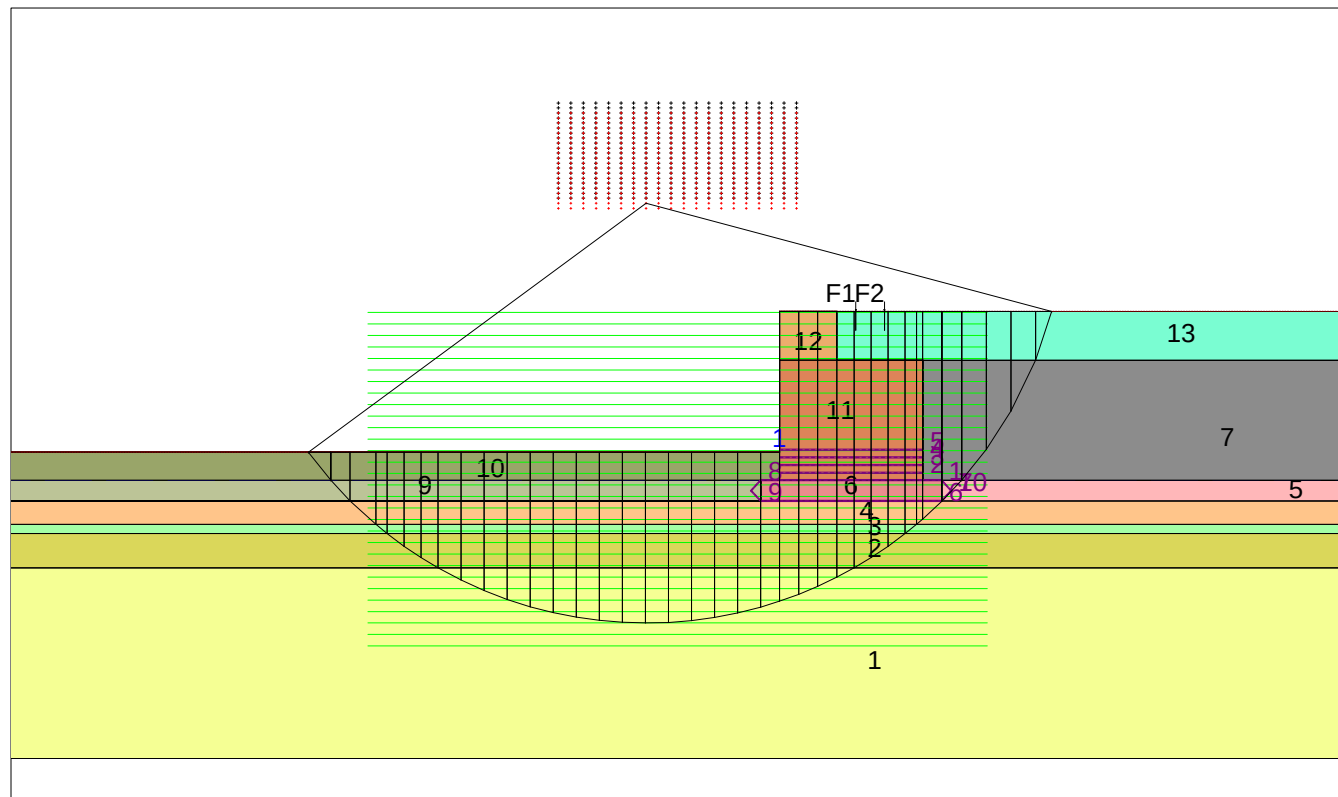
END OF D-Geo Stability OUTPUT

=====

END OF D-Geo Stability OUTPUT

=====

Critical Circle Bishop



BIJLAGE J.

HRO bijlages



Auteur: Jasper Borst - 0866897

School: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Civiele techniek

Datum: 14 juni 2016

Versie: 1.0 - Definitief

paraaf voor akkoord:

Jasper Borst

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever.

INHOUDSOPGAVE

1. BEDRIJFSBEOORDELING.....	3
2. TOESTEMMING TOT OPNAME DIGITALE KENNISBANK	4
3. MIJN ONTWIKKELING VAN COMPETENTIES	5

Om tot een goede beoordeling van het afstudeerwerk te komen hoort de opleiding graag het oordeel van het bedrijf over een aantal beroepsvaardigheden/ competenties van de student.
 Bij afstudeerteams graag elke student individueel beoordelen.
 Deze beoordeling wordt als advies meegenomen in de beoordeling van de afstudeerder op het aspect 'functioneren in het bedrijf'. Indien de ruimte op het formulier te klein is om uw oordeel toe te lichten, kunt u uw toelichting op een aparte bijlage bij dit formulier voegen. De student moet dit formulier tegelijk met het afstudeerrapport inleveren bij het stage- en afstudeerbureau IGO.

Let op: Op een separaat formulier kunt u aangeven of het afstudeerverslag vertrouwelijk behandeld moet worden en of u akkoord gaat met publicatie van het afstudeerverslag in de HBO-kennisbank.

Naam student	Jasper Borst
Studentnummer	0866897
Opleiding	Civiele Techniek
<i>Wat vindt u van de snelheid waarmee de student wegwijs is geworden in het bedrijf en het afstudeeronderwerp?</i>	
Jasper heeft zich goed en breed georiënteerd op het onderwerp. Met name het ten behoeve van een vergelijking ook ingaan op andere kerende constructies heeft zijn rapport goed gedaan.	
<i>Wat vindt u van de aanpak die de student heeft gekozen? Was er aandacht voor de bedrijfscontext, een passende theoretische onderbouwing, een goede balans tussen hoofdlijnen en details?</i>	
Jasper is breed op zoek gegaan naar oplossingen. Hij heeft hierbij de bedrijfscontext en de vragen die wij hadden concreet beantwoord. De theoretische onderbouwing gaat in op vele aspecten van de vraag.	
<i>Heeft de student het proces goed gemonitord en tijdig bijgestuurd? Heeft hij het proces afgestemd met alle partijen?</i>	
Soms was er een kleine bijsturing noodzakelijk om te voorkomen dat hij zich te veel zou verliezen in details maar door de frequente gesprekken was dit goed mogelijk. Jasper stemt de zaken netjes af. Een nadere afbakening van de opdracht hebben we in gezamenlijkheid gedaan waarbij op sommige details duidelijk is gezegd om deze niet direct verder uit te diepen.	
<i>Wat is uw oordeel over de zelfstandigheid van de student? Heeft hij eigen initiatief genomen om contacten te leggen en te onderhouden? Om feedback te vragen? Om te informeren op een onderbouwende en overtuigende wijze?</i>	
Aan het begin was er een wekelijks gesprek om de voortgang te monitoren, na verloop van tijd is dit veranderd in een inloop in combinatie met een gesprek eens per 3 weken. Jasper werkte zelfstandig maar wel informierend. Hij heeft een aantal contacten met derden gehad, deze contacten heeft hij over het algemeen zelf gelegd, soms gebruik makend van mijn netwerk.	
<i>Wat vindt u van de samenwerking met de student, de wijze waarop hij communiceert, de wijze waarop hij met afspraken omgaat, met meningsverschillen omgaat?</i>	
Ik heb een prettige samenwerking gehad met Jasper. Als tip kan ik hem meegeven om bij vragen en drukte op mijn bureau pro-actiever te reageren en te voorkomen dat het in de lucht blijft hangen.	
<i>Bent u tevreden met het eindresultaat van de afstudeeropdracht? In hoeverre is het verrassend/ vernieuwend? Is de voorgestelde oplossing acceptabel voor het bedrijf/organisatie en de beroepspraktijk? Welke elementen zijn bruikbaar voor uw bedrijf?</i>	

Ja, het eindresultaat van de afstudeer opdracht geeft een goed en compleet antwoord op onze vraag. Wij hadden altijd al het gevoel dat het toepassen van andere verticale constructies goedkoper zou zijn en uitgevoerd kan worden met een lagere belasting van het milieu, echter het onderzoek van Jasper toont dat nu ook aan voor een aantal kenmerkende casussen.

Naam: Sake Essink

Bedrijf: RPS advies en
ingenieursbureau

Handtekening:

Datum: 14-6-2016

Toestemmingsformulier tot opname en beschikbaarstelling afstudeerscriptie in een digitale kennisbank

Datum	14-06-2010
Naam student	JASPER BORST
Studentnummer	0066097
Naam instituut	IGO
Opleiding	CIVIELE TECHNIEK
Afstudeerrichting	<u>Bachelor</u> / master / overig
Titel	STEILE WAND CONSTRUCTIES op een sloppige ondergrond
Toestemming	<u>Ja</u> / nee
Emailadres	JASPER.BORST@GMAIL.COM

Digitale kennisbank

De Hogeschool Rotterdam heeft een digitale kennisbank opgezet waarin de Hogeschool scripties die door studenten in het kader van hun studie aan de Hogeschool hebben geschreven, toegankelijk worden gemaakt voor derden. Hierdoor wordt het proces van creatie, verwerving en deling van kennis binnen het onderwijs mogelijk gemaakt en ondersteund.

De in de kennisbank opgenomen scripties worden toegankelijk gemaakt voor potentiële gebruikers binnen en buiten de Hogeschool. Om opname en beschikbaarstelling mogelijk te maken dient dit toestemmingsformulier.

Bij opname en beschikbaarstelling in de digitale kennisbank behoudt de student zijn of haar auteursrecht. Daarom kan hij of zij de toestemming tot het beschikbaarstellen van haar / zijn afstudeerscriptie intrekken.

Rechten en plichten student

De student verleent aan de Hogeschool kosteloos de niet exclusieve toestemming om zijn afstudeerscriptie op te nemen in de digitale kennisbank en om deze beschikbaar te stellen aan gebruikers binnen en buiten de Hogeschool. Hierdoor mogen gebruikers de afstudeerscriptie geheel of gedeeltelijk kopiëren en bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie en/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van de afstudeerscriptie.

De student geeft de Hogeschool het recht de toegankelijkheid van de afstudeerscriptie te wijzigen en te beperken indien daar zwaarwegende redenen voor bestaan.

De student verklaart dat de stagebiedende organisatie dan wel de opdrachtgever van de afstudeerscriptie geen bezwaar heeft tegen opname en beschikbaarstelling van de afstudeerscriptie in de digitale kennisbank.

Paraaf: 

Verder verklaart de student dat hij of zij toestemming heeft van de rechthebbende van materiaal dat de student niet zelf gemaakt heeft om dit materiaal als onderdeel van de afstudeerscriptie op te nemen in de digitale kennisbank en aan derden binnen en buiten de Hogeschool beschikbaar te stellen.

Rechten en plichten Hogeschool

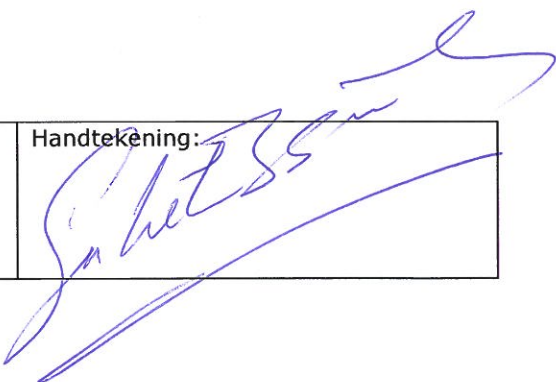
De door de student verleende niet-exclusieve toestemming geeft de Hogeschool het recht de afstudeerscriptie aan gebruikers binnen en buiten de Hogeschool beschikbaar te stellen.

De Hogeschool mag verder de afstudeerscriptie voor gebruikers binnen en buiten de Hogeschool vrij toegankelijk maken voor een gebruiker van de digitale kennisbank en mag deze gebruiker toestemming geven om de afstudeerscriptie te kopiëren en te bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie_n/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van de afstudeerscriptie. De Hogeschool zal ervoor zorgen dat vermeld wordt wie de schrijver(s) is/zijn van de afstudeerscriptie waarbij zij tevens aangeeft dat bij gebruik van de afstudeerscriptie de herkomst hiervan duidelijk vermeld moet worden. De Hogeschool zal duidelijk maken dat voor ieder commercieel gebruik van de afstudeerscriptie toestemming van de student nodig is.

De Hogeschool heeft het recht de toegankelijkheid van de afstudeerscriptie te wijzigen en te beperken indien daar zwaarwegende redenen voor bestaan.

Rechten en plichten gebruiker

Door dit Toestemmingsformulier mag een gebruiker van de digitale kennisbank de afstudeerscriptie geheel of gedeeltelijk kopiëren en/of geheel of gedeeltelijk bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie_en/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van de afstudeerscriptie.

Naam: S. Essink	Handtekening: 
-----------------	--

3. MIJN ONTWIKKELING VAN COMPETENTIES

Naam : Jasper Borst
Studentnummer : 0866897

Toelichting: Met het afstuderen toon je aan dat je onderstaande competenties ontwikkeld hebt. Dit moet je kunnen aantonen! Geef aan of en hoe je gewerkt hebt aan deze competenties en waar het bewijs daarvoor terug te vinden is in het rapport. Voeg dit verslag toe als laatste hoofdstuk van het rapport.

Competenties met Kerntaken	Beoordeling ¹	Wat heb je gedaan? Waar is dat terug te vinden in het rapport?
1 Initiëren 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.	B.1, B.3	In vooronderzoek wordt er gekeken naar het probleem van steile wand constructies en hun functie binnen de samenleving. Hier worden ook veel van de eisen voor deze constructies neer gezet. In Steile wand constructies op een slappe ondergrond Definitief wordt ook duidelijk gemaakt wat het kader is voor het project.
2 Ontwerpen 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	B.1, B.4,	In Opstellen van varianten worden drie verschillende situaties opgesteld aan de hand van een casestudie en aan de hand van praktijksituaties. Hierin worden verschillende berekeningen mee gedaan en daarvoor zijn versimpelde tekeningen gemaakt. Hiervoor is een neutrale situatie opgesteld zodat er berekeningen kunnen worden getest en gekalibreerd konden worden. Verder is er een MCA opgesteld om een duidelijke vergelijking te maken tussen de verschillende constructies, deze zijn overzichtelijk in beeld gebracht. Aan de hand van de gevonden waarden zijn vervolgens optimalisaties bedacht
3 Specificeren 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	B.5	Voor Variant 1 is er een praktijk scenario genomen en versimpeld in een reken model, zie Opstellen van varianten . Verder zijn er grote berekeningen gemaakt in Berekeningsdocument Damwand, Berekening document L-muur v2 en Berekening document gewapende grond v2 .

¹ De codes verwijzen naar de bijgevoegde rubric voor de beoordeling.

6 Monitoren, toetsen en evalueren 6.1 Hanteren van plan-do-check-act cyclus 6.2 Omgevingsbewust en maatschappelijk verantwoord handelen	A.2, B.1, B.2, B.3, B.5	In het PVA staat beschreven dat er wordt gewerkt met een plan-do-check-act cyclus. Dit wordt gehanteerd door elk document te controleren en wanneer nodig te herschrijven. Ook wordt er in Duurzaamheid kerende constructies Gekeken naar de levenscyclus van de constructies en is er in het MCA heeft CO ₂ -uitstoot een vrij belangrijke rol gekregen. Dit is ook te lezen in het eindverslag: Steile wand constructies op een slappe ondergrond Definitief
7 Analyseren en onderzoeken 7.1 Uitvoeren van onderzoek	A.1, A.2, B.2, B.3, B.4, B.5	In Steile wand constructies op een slappe ondergrond Definitief staat globaal uitgeschreven wat er in het onderzoek is gebeurd en welke stappen er zijn genomen. Hiervoor is een PVA gemaakt en aangehouden waarbij een paar verschuivingen zijn geweest vanwege prioriteit veranderingen.
8 Communiceren en samenwerken 8.1 Verwoorden en verbeelden van informatie 8.2 Functioneren in teams	C.2, C.3, C.4	Verderop in de bijlage staat het document Bedrijfsbeoordeling , hierin staat hoe er gefunctioneerd is binnen het bedrijf. Verder zijn er in Steile wand constructies op een slappe ondergrond Definitief veel verbeeldende plaatjes te zien, waaronder verbeeldende figuren voor het omschrijven van de theorieën van gewapende grond.
9 Managen en ondernemen 9.1 Regie voeren over eigen leerproces 9.2 Projectmatig werken en processen aansturen	A.2, B.2, C.1, C.2	In het PVA wordt er een grote planning opgezet voor het projectmatig werken, hiermee wordt er regie over het eigen leertraject genomen.