7-8-2017

BIJLAGEN

Hulpconstructie bij relinen zinker onder de Kromme Gouwe

Opdrachtgever: Oasen N.V.
Begeleiders: J. Ros & W. Leeuwestein
Student: Mike Verschuuren

Plaats: Nieuwe Gouwe O.Z 3, 2801 SB Gouda
G.J. de Jonghweg 4-6, 3015 GG Rotterdam

BIJLAGE I PLAN VAN AANPAK

14-2-2017

Afstudeer onderzoek

Plan van Aanpak hulpconstructie zinker Kromme Gouwe

Opdrachtgever: Oasen
Begeleiders: J. Ros & W. Leeuwestein
Student: Mike Verschuuren

Plaats: Nieuwe Gouwe O.Z 3, 2801 SB Gouda
G.J. de Jonghweg 4-6, 3015 GG Rotterdam

TITELPAGINA

Hulpconstructie zinker Kromme Gouwe

Hogeschool Rotterdam, Instituut voor Gebouwde Omgeving, Civiele Techniek
Afstudeer onderzoek
Rotterdam, 14 februari 2017
Versie 2

Opdrachtgevers	Afstudeerder	Studentnummer
Hogeschool Rotterdam Oasen	Mike Verschuuren	0875641

SAMENVATTING

Dit verslag omvat het Plan van Aanpak voor het Uitvoeren van het onderzoek naar de meest efficiënte hulpconstructie voor het relinen van een oude zinker. Dit project zal uitgevoerd worden door afstuderend student Mike Verschuuren. De student is aan het afstuderen voor zijn bachelor Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam.

Het bedrijf waarvoor deze onderzoeksvraag zal worden onderzocht en uitgewerkt is Oasen. Dit is een drinkwaterbedrijf wat zich bezig houd met het produceren en leveren van schoon drinkwater in het oosten van Zuid-Holland. Oasen zal de student ondersteunen gedurende het afstuderen.

Het afstudeerrapport omvat het onderzoeken van de omgeving, mogelijke hulpconstructies en zinker tussen de Wachtelstraat en het Jaagpad. Deze zinker moet gerelined worden. Bij het relinen op deze locatie komt veel kijken, zo is de ondergrond zeer zettingsgevoelig, staan er in de nabije omgeving oude monumenten en ligt de oude zinker diep in de ondergrond. Het is hierbij de bedoeling dat de student zich focust op het analyseren van de projectlocatie en hiervoor een mogelijke hulpconstructie ontwerpt om het relinen uit te kunnen voeren.

Het doel van de student is om af te studeren en daarnaast een bijdrage te geven aan het project. Het doel van het onderzoek is een mogelijke hulpconstructie te ontwerpen om het relinen mogelijk te maken binnen de verkregen eisen en randvoorwaarden.

Inhoudsopgave

Titelpagina i
Samenvatting 1
1 Achtergronden 3
1.1 Locatie 3
1.2 Project achtergrond 4
1.2.1 Betrokken partijen 4
2 Projectopdracht 5
2.1 Hoofdvraag en sub-vragen 5
3 Project aanpak 6
3.1 Project fasering 6
3.2 Activiteiten per fase 6
3.3 Tussentijdse resultaten 6
3.3.1 Analyse projectlocatie 7
3.3.2 Constructie varianten 7
3.3.3 Multi Criteria Analyse 7
3.3.4 Gedetailleerde uitwerking gekozen variant 7
3.3.5 Eindrapport 7
3.3.6 Presentatie 7
4 Projectgrenzen 8
4.1 Projectgrenzen (lengte) 8
4.2 Projectgrenzen (Breedte) 8
5 Kwaliteit 9
5.1 Competenties 9
5.2 Bronnen en referentie 10
5.3 Gebruikte software 10
6 Projectorganisatie 11
6.1 Communicatie 12
7 Planning 13
8 Kosten en Baten 14
9 Risico's 14
BIJLAGE 1 1

1 ACHTERGRONDEN

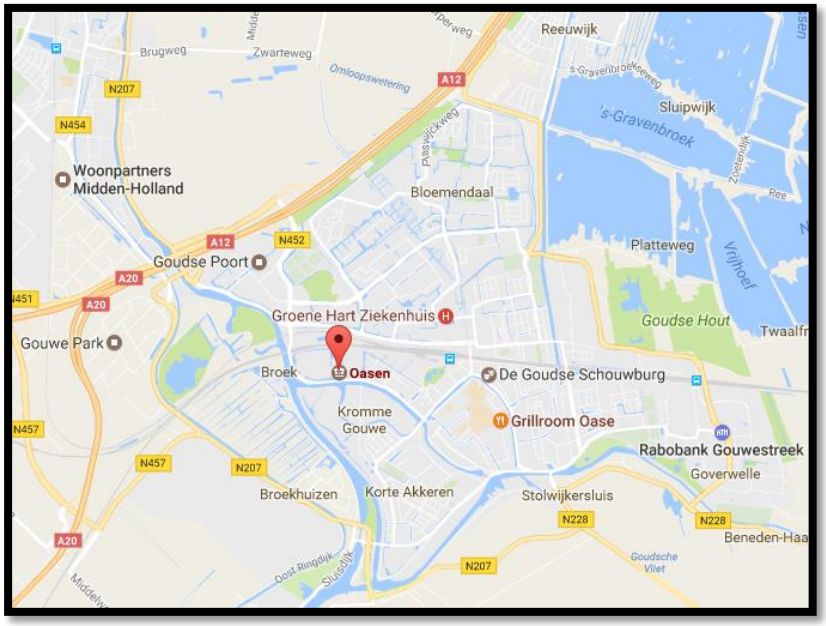
Oasen is een maatschappelijk drinkwaterbedrijf. Het bedrijf zorgt op een duurzame wijze voor haar klanten door schoon drinkwater voor zowel particulieren als bedrijven te leveren. Oasen levert schoon drinkwater aan 750.000 personen en 7.500 bedrijven in het oosten van Zuid-Holland.

Op 3 december 1883 begon Oasen met het leveren van schoon drinkwater aan 165 woningen die op het leidingnet waren aangesloten. In de loop der jaren is dit uitgebreid tot het leveren van schoon drinkwater aan wel 24 gemeenten.

Figuur 1 Oasen waterbedrijf

1.1 LOCATIE

In onderstaand figuur is de locatie van Oasen weergegeven, de overheidsinstelling ligt aan de Nieuwe Gouwe O.Z, te Gouda.



Figuur 2 Locatie Oasen

1.2 PROJECT ACHTERGROND

Beknopte omschrijving van het project:

''De noodzaak om de oude transport structuur van het leidingnet in Gouda te vervangen voor de toekomst gerichte transport structuur.''

Geschiedenis van het project

Voorheen had het drinkwaterbedrijf een ander visie op de transportstructuur dan nu. Daardoor veranderd de functie van de leiding. Van transportleiding naar hoofdleiding. Deze structuur was een gemaasd netwerk waardoor transportleidingen in sommige gevallen een grotere capaciteit nodig hadden. In de loop der jaren vonden er veranderingen plaats. Deze veranderingen omvatten: gebruik maken van een ring structuur, locaties waar het water vandaan komt, het debiet door de leidingen, veroudering en zetting. Ten gevolge van deze veranderingen is er onderhoud vereist. Dit onderhoud omvat het gestructureerd vernieuwen van het leidingnetwerk. Hierbij worden op verschillende locaties door middel van verschillende methoden leidingen vernieuwd. Deze leidingen kunnen door verandering in netwerkstructuur andere afmetingen hebben en elders gerealiseerd worden dan de oude leidingen.

Onderzoeksopdracht

Binnen het project zijn er een aantal kritieke punten waar door omstandigheden innovatief moet worden geopereerd. Een van deze kritieke punten is de Kattensingel. Tussen de Wachtelstraat en de Jaagpad ligt een zinker die vernieuwd moet worden. Deze zinker, van staal, loopt onder de Kattensingel door met de onderzijde 4,7 meter onder NAP en heeft een diameter van 406 millimeter. In het verleden had deze zinker een grotere transportfunctie dan in het heden. Hierdoor is er een 250 millimeter leiding gewenst om ervoor in de plaats te komen. Er zitten een aantal technische uitdagingen aan de locatie zoals zettingsgevoelige ondergrond, oude monumenten, een hoge grondwaterstand ten opzichte van de zinker en weinig ruimte. Om deze zinker te vervangen met een leiding moet er innovatief worden gedacht.

1.2.1 Betrokken partijen

Het project wordt uitgevoerd in combinatie met BAM Infra, Wareco en JGTC.
BAM Infra is een tak van de BAM en is gespecialiseerd op het gebied van infrastructuur binnen bepaalde projecten.
Wareco is een geotechnisch een zeer gespecialiseerd bedrijf en heeft veel kennis van geologische gegevens en berekeningen.
JGTC, oftewel Jan Groenendijk Technical Consultancy, is een man (hoogleraar) met kennis over de geschiedenis van Gouda, veel praktijkervaringen en civiel technische kennis.
Binnen deze combinatie is BAM hoofdaannemer en zijn overige partijen onderaannemer. Oasen is de opdrachtgever van dit project. Oasen treedt veel in overleg met de betrokken partijen. BAM, Wareco en JGTC voeren allemaal grondig onderzoek uit naar de geschiedenis en huidige staat van de locatie. Aan de hand van dit onderzoek wordt een uitvoeringsplan gerealiseerd wat uitgevoerd zal worden door BAM Infra.

2 PROJECTOPDRACHT

Zoals in de projectachtergrond beschreven, is een gestructureerde renovatie van het leidingnetwerk onder Gouda noodzakelijk. Binnen deze renovatie wordt momenteel een blik geworpen op de Kattensingel, waar een zinker onderdoor loopt. De projectopdracht omvat het onderzoeken en ontwerpen van een mogelijke hulpconstructie.

Bij het vernieuwen van deze zinker komt veel kijken. Zo zijn er verschillende methoden om de zinker te vervangen. Om de opdracht gedeeltelijk af te bakenen is er de voorkeur gegeven aan het relinen van de bestaande zinker. Dit is door middel van een lier de nieuwe leiding door de oude zinker heen te trekken. De nieuwe leiding heeft een buitendiameter van 250 millimeter.

Bij het relinen van de zinker moeten aan veel aspecten aandacht gegeven worden. Zo wordt er verwacht dat een leiding door de oude zinker trekken een druk genereerd van ca. 20 ton op de installatie die de lier trekt. Dit is op een locatie waar gemakkelijk zetting optreedt en waar dit zeker niet gewenst is, een probleem. Aan de Wachtelstraat en de Jaagpad staan een aantal monumenten. Deze monumenten dateren uit het jaar 1800 en zijn zeer zettingsgevoelig.

De bestaande zinker die gerelined dient te worden ligt relatief diep in de ondergrond. Om hier te kunnen opereren zal er tot op zekere diepte werkruimte en zicht gecreëerd moeten worden. Verder dient er ook een zogenoemd dodemansbed (een constructie die nodig is om de reactiekrachten op te vangen ten gevolge van het trekken van leidingen) gerealiseerd te worden. Hiervoor zal een constructie bedacht moeten worden om het relinen uit te kunnen voeren.

Tijdens het realiseren van deze waterleiding moet aan de gestelde eisen en normen voldaan worden, mede om schade aan de omgeving te voorkomen. Gewenst is om dit project voor 2018 af te ronden.

2.1 HOOFDVRAAG EN SUB-VRAGEN

Hoofdvraag:

"Met welke hulpconstructie kan de zinker onder de Kromme Gouwe in Gouda het meest efficiënt en optimaal gerelined worden?"

Sub-vragen:

- Wat zijn de geologische gegevens rondom de zinker ter plaatse van de Kromme Gouwe?
- Welke eisen (randvoorwaarden) en normen moeten in acht genomen worden?
- Hoe kan er voldoende werkruimte en zicht gecreëerd worden om te relinen?
- Welke alternatieven zijn mogelijk om de reactiekrachten ten gevolge van de lier te ondervangen?
- Wat zijn de risico's binnen dit project?
- Wat is de invloed van het plaatsen van de hulpconstructie op de omgeving?
- Wat is de invloed van het relinen op de hulpconstructie?

3 PROJECT AANPAK

Om het project goed aan te pakken wordt het onder verdeeld in fases. Tijdens deze fases worden tussentijdse producten gemaakt, beoordeeld en geoptimaliseerd. Deze fases worden uitgewerkt om een onderzoeksrapport op te leveren.

3.1 PROJECT FASERING

Het project wordt opgedeeld in de volgende fases:

- Voorbereidingsfase
- Oriëntatiefase
- Oplossingsfase
- Uitwerkingsfase
- Afrondingsfase

3.2 ACTIVITEITEN PER FASE

Voorbereidingsfase

- Opstellen Plan van aanpak
- Globale planning in PvA

Oriëntatiefase

- Opstellen onderzoeksrapport project locatie
- Analyse rapport relinen

Oplossingsfase

- Lijst met mogelijke variabelen opstellen (materialen, ontwerpen, risico's en invloed)
- Mogelijkheden uitwerken
- MCA opstellen

Uitwerkingsfase

- Gedetailleerder uitwerken ontwerpen
- Berekeningen uitvoeren

Afrondingsfase

- Eindrapport, opstellen gehele periode
- Presentatie voorbereiden
- Verdedigen bij afstudeerzitting

3.3 TUSSENTIJDSE RESULTATEN

Het afstudeerrapport zal de volgende (tussentijdse) producten bevatten:

- Plan van Aanpak
- Onderzoeksrapport (met resultaten in eventuele bijlage)
- Analyse rapport over ''relinen''
- Rapport over de mogelijke hulpconstructies voor het relinen van de zinker
- MCA over de mogelijke hulpconstructies bij het relinen
- Uitwerking van het gekozen ontwerp
- Afstudeerrapportrapport
- Presentatie/verdediging

3.3.1 Analyse projectlocatie
In het analyseverslag projectlocatie zal er beschreven worden wat er zich op deze locatie bevindt. De bijzondere eigenschappen in deze situatie zullen in kaart worden gebracht en wat er gewenst is binnen het project. De projectlocatie ligt in Gouda, tussen de Wachtelstraat en de Jaagpad. Het project betreft het vervangen van een oude stalen zinker onder de Kromme Gouwe.

3.3.2 Constructie varianten
In dit rapport wordt er gekeken naar verschillende varianten van hulpconstructies. Bij deze varianten worden de voor en nadelen onderzocht in geval van toepassing binnen het project. Deze zullen worden beoordeeld in de Multi Criteria Analyse (MCA).

3.3.3 Multi Criteria Analyse
In de MCA worden de varianten beoordeeld op verschillende aspecten zoals: materiaal kosten, uitvoeringskosten, kwaliteit en risico. Aan deze categorieën wordt een weging gelinkt. Door elke variant te beoordelen en een score te geven, zal er in combinatie met de weging bij elke variant een totaal score bekend worden. Het best scorend ontwerp zal in overleg uitgewerkt en toegepast worden binnen het project.

3.3.4 Gedetailleerde uitwerking gekozen variant
In dit rapport wordt de gekozen variant verder uitgewerkt. Er zullen berekeningen worden uitgevoerd en een technische tekening (in AutoCAD) worden opgesteld. De scope van het onderzoeksrapport ligt op het technische aspect van het project.

3.3.5 Eindrapport
In het eindrapport zitten alle documenten die tot het adviesrapport hebben geleid. De indeling van het eindrapport is als volgt: voorop het adviesrapport met de uitgewerkte variant en in de bijlage het proces wat naar dit rapport heeft toe geleid.

3.3.6 Presentatie
Aan het einde van de afstudeerperiode zal een presentatie gegeven worden aan deskundigen, leraren en studenten. Na deze presentatie vind er een verdediging plaats.

4 PROJECTGRENZEN

Het is van groot belang dat de projectgrenzen duidelijk worden gesteld om het project goed te laten verlopen en niet van de onderzoeksopdracht af te wijken.

De scope binnen dit project ligt op het ontwerpen van een passende hulpconstructie voor het relinen van de oude zinker. Hierbij wordt gekeken naar de mogelijke varianten, voor en nadelen en welke als definitief uitgewerkt wordt.

Naar aanleiding van de analyse over projectlocatie worden verschillende eisen en randvoorwaarden gesteld. Dit heeft betrekking op de geologische gegevens, omgeving (monumenten, ruimte en afsluitmogelijkheden) en de vereiste uitvoeringsmethode. Aan de hand van deze eisen en randvoorwaarden worden verschillende varianten ontworpen om tot een zo efficiënt mogelijk resultaat te komen.

Het afstudeeronderzoek begint bij de analyse van de projectlocatie met oog op de gewenste situatie en eindigt bij een definitief hulpconstructie ontwerp om het relinen uit te kunnen voeren.

4.1 PROJECTGRENZEN (LENGTE)

In de ‘’lengte’’ van de projectgrenzen wordt duidelijk aangegeven tot in hoeverre het project reikt en onderzocht wordt.

- Er wordt een onderzoeksrapport opgesteld. Dit onderzoeksrapport bevat de geologische gegevens van de projectlocatie, afmetingen waar binnen gewerkt moet worden, mogelijke hulpconstructies en de invloed van relinen op de omgeving. In geval van ontbrekende informatie worden er onderbouwd aannames gedaan, waarin zo conservatief mogelijk geredeneerd wordt (worst case scenario).
- Aan de hand van de onderzoeksresultaten wordt een MCA opgesteld om de beste keuze voor een hulpconstructie te maken.
- Deze hulpconstructie wordt gedetailleerder uitgewerkt, berekend en getekend.
- Indien er gespecialiseerde berekeningen aan de pas komen die buiten mijn kunnen liggen, zullen deze worden uitgevoerd door externe partijen (bijvoorbeeld Wareco) en meegenomen worden in het afstudeerrapport.
- Er wordt een eindrapport opgesteld met een adviesrapport erin verwerkt. Dit adviesrapport wordt geschreven aan de hand van de eerder gevonden resultaten uit de op te leveren tussenproducten.
- Als afsluiting van de afstudeeropdracht zal er een presentatie en verdediging plaatsvinden over het project.

4.2 PROJECTGRENZEN (BREEDTE)

In de ‘’breedte’’ van de projectgrenzen wordt duidelijk aangegeven wat niet bij het project hoort.

- Het onderzoeken van andere uitvoeringsmethoden met betrekking tot het plaatsen van een leiding.
- Het uitwerken van een omleidingsplan voor de af te sluiten wegen.
- Het uitwerken van een kostenraming en uitvoeringsplanning (deze is afhankelijk van OASEN en BAM Infra).

5 KWALITEIT

De kwaliteit van de op te leveren (afstudeer) producten zal gewaarborgd worden door deze te laten beoordelen door de begeleider(s) vanuit OASEN waterbedrijf. Na deze beoordeling zullen de producten tot een definitieve status worden gebracht en ingediend.

5.1 COMPETENTIES

De student zal tijdens zijn afstuderen aan de volgende competenties moeten voldoen.

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

5.2 BRONNEN EN REFERENTIE

De benodigde informatie tijdens het afstuderen zal uitsluitend uit betrouwbare bronnen worden verkregen. Onder betrouwbare bronnen vallen:

- Informatie van collega's binnen Oasen.
- Informatie van docenten van de HRO
- Erkende literatuur stukken
- Erkende internet bronnen

Alle gebruikte literatuur zal in een bronnenlijst worden bijgevoegd in APA stijl.

5.3 GEBRUIKTE SOFTWARE

Tijdens het construeren van alle op te leveren producten zullen de volgende software programma's worden toegepast:

- Microsoft office Word
- Microsoft office Excel
- Autodesk AutoCAD

6 PROJECTORGANISATIE

Dit afstudeerproject omvat een projectorganisatie die wordt opgesplitst in een interne (projectleden in contact met de HRO) en externe (projectleden zonder contact met de HRO) organisatie.

Interne organisatie	OASEN N.V
Naam	J. Ros
Functie	Coördinerend Engineer
E-mail	john.ros@oasen.nl
(mob) Tel	0681530050

Interne organisatie	Hogeschool Rotterdam
Naam	W. Leeuwestein
Functie	Docent HRO
E-mail	w.leeuwestein@hr.nl
(mob) Tel	0681765407

Interne organisatie	Hogeschool Rotterdam
Naam	Mike Verschuuren
Functie	Afstuderend student
E-mail	mverschuuren@outlook.com
(mob) Tel	0633090061

Externe organisatie	BAM Infra
Naam	Remco de Raad
Functie	Projectleider
E-mail	remco.de.raad@bam.nl
(mob) Tel	0653663872

Externe organisatie	BAM Infra
Naam	Bert Timmer
Functie	Werkvoorbereider
E-mail	bert.timmer@bam.nl
(mob) Tel	06 51 365 660

Externe organisatie	Wareco
Naam	
Functie	
E-mail	
(mob) Tel	

Externe organisatie	JGTC
Naam	Jan Groenendijk
Functie	Zzp’er
E-mail	ta1fs9@kpnmail.nl
(mob) Tel	0653 617 280

6.1 COMMUNICATIE

Om een kwalitatief hoogstaand product op te leveren zijn bijeenkomsten/vergaderingen noodzakelijk. Het voorstel is een vergadering tussen alle begeleiders en studenten half februari en half april. Direct contact met de begeleiders van OASEN zal vaker plaatsvinden. Dat zal liggen aan de samenwerking en de kwaliteit van de voortgang. Contact met de begeleiders vanuit school zal één keer in de drie weken plaatsvinden.

Onderlinge communicatie binnen de projectorganisatie kan op de volgende manieren plaatsvinden:

- E-mail
- Telefoon
- Mondeling

Onderling wordt er goed gecommuniceerd, informatie doorgespeeld en vergaderd indien nodig om project gerelateerde zaken te bespreken.

7 PLANNING

De planning voor de op te leveren producten uit hoofdstuk 3 is gemaakt aan de hand van de modulewijzer (CIVAFS40). Hierin zijn alle producten weergegeven met een globaal tijdsschema. De stageperiode start 13 februari 2017 en eindigt 1 juli 2017. Binnen deze periode zullen de volgende tijdsschema's worden aangehouden:

- Plan van Aanpak 1 week
- Onderzoeksrapport 2 weken (tegelijk met analyse relinen)
- Analyse rapport over ''relinen'' 2 weken (tegelijk met onderzoeksrapport)
- Rapport over de mogelijke hulpconstructies 5 weken
- MCA 1 week
- Uitwerking van het gekozen ontwerp 4 weken
- Afstudeerrapportrapport 4 weken
- Presentatie/verdediging 2 weken

Balken planning in **BIJLAGE 1.**

Tijdschema en inleverdata

Activiteit	Voorjaar 17	Opmerkingen
Studieplanning plus cijferlijst in orde maken	Voor 1 nov	Gesprek over studieplanning met SLC-coach
Afstudeeropdracht verwerven	Sept-dec	
Beoordeling toelaatbaar-heid (1e check)	Half december	Op basis van Osirisuitdraai van1 december resp.15 mei
Uploaden in Praktijklink afstudeerplan (formulier+ opdrachtomschrijving)	Uiterlijk 14 jan 2017	
Beoordeling opdracht-omschrijving	Binnen 10 werkdagen	Door 3 docenten van de opleiding
Controle toelaatbaarheid, vaststellen startdatum en toewijzing docent-begeleider	Na goedkeuring opdracht	Afstudeercoördinator registreert in Praktijklink, student en bedrijf krijgen mail.
Contract opmaken, onder-tekenen en uploaden in Praktijklink (student verantwoordelijk)	Na bevestigings-brief	Student, bedrijf en school (BEB) ondertekenen. Uiterlijk 1 week voor start afstuderen
Start afstuderen	Tussen 23 jan en 6 feb 2017	Alleen als student toelaatbaar is (studieresultaten) en opdracht goedgekeurd
Inleveren tussentijds verslag	1 week voor tussentijdse voordracht	Inleveren bij de begeleiders
Tussentijdse voordracht	Half april	Zelf plannen in overleg met betrokkenen
Inleveren concept eindverslag	Half mei (uiterlijk 3 weken voor inleverdatum afstudeerverslag)	In Praktijklink en hardcopy bij de begeleiders
Bespreken concept met docentbegeleider/Groen-licht-gesprek	Uiterlijk 2 weken voor inleverdatum afstudeerverslag	
Inleveren afstudeerverslag + bedrijfsbeoordeling + toestemmingsformulier	Di 13 juni	Voor 16.00 uur uploaden in Praktijklink en 3 hardcopy's inleveren bij Bureau Externe Betrekkingen IGO (AP.B01.008)
Afstudeerzitting	23 - 4 juli	Rooster wordt later bekend gemaakt
Bij uitstel: Inleveren concept eindverslag	Eind sept	In Praktijklink en hardcopy bij de begeleiders
Inleveren afstudeerverslag + bedrijfsbeoordeling + toestemmingsformulier	9 oktober 2017	Voor 16.00 uur uploaden in Praktijklink en 3 hardcopy's inleveren bij Bureau Externe Betrekkingen IGO (AP.B01.008)
Bij uitstel: afstudeerzitting	30 okt- 3 nov 2017	Rooster wordt later bekend gemaakt
Evaluatieformulier invullen	5 werkdagen na ontvangst	Wordt verstuurd per mail

8 KOSTEN EN BATEN

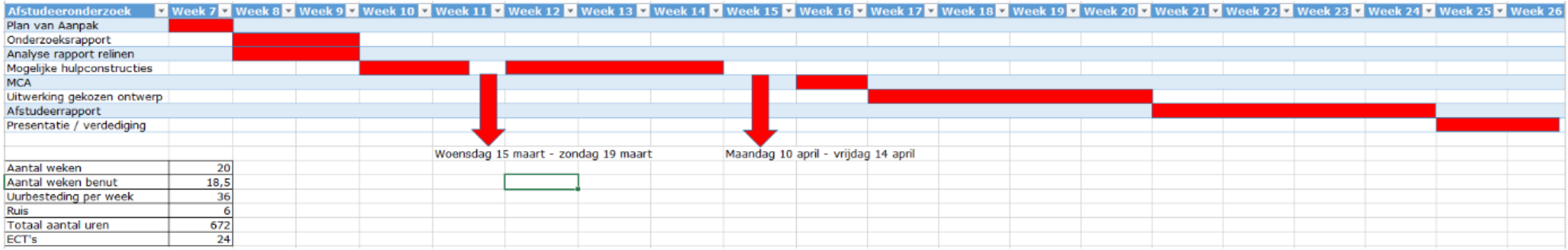
Een globale kostenraming van dit project komt neer op 250.000 euro. Dit omvat 40.000 euro vooronderzoek op de locatie, 200.000 euro uitvoeringskosten en 10.000 euro speling.

Baten binnen dit project zijn: een nieuw gestructureerd onderdeel van het leidingnetwerk en een efficiënte uitvoeringsmethode om de omgeving onbeschadigd te laten.

9 RISICO'S

In dit hoofdstuk wordt een globaal overzicht van de aanwezige risico's bij dit project weergegeven. Een kritiek aspect binnen dit project is de omgeving onaangetast achterlaten na de realisatie. Hierin draait het hoofdzakelijk om de zetting rondom de zinker die oude monumenten aan zou kunnen tasten.
Een ander risico met betrekking tot het huidige idee is dat er na de onderzoeksfase van de projectlocatie geen mogelijke of een aanzienlijk duurdere hulpconstructie vereist is om het relinen uit te kunnen voeren.

BIJLAGE 1



Aantal weken	20
Aantal weken benut	18,5
Uurbesteding per week	36
Ruis	6
Totaal aantal uren	672
ECT's	24

BIJLAGE II ANALYSERAPPORT PROJECTLOCATIE

6-3-2017

Zinker

Vooronderzoek over de Zinker onder de Kromme Gouwe

Opdrachtgever: Oasen
Begeleiders: J. Ros & W. Leeuwestein
Student: Mike Verschuuren

Plaats: Nieuwe Gouwe O.Z 3, 2801 SB Gouda
G.J. de Jonghweg 4-6, 3015 GG Rotterdam

TITELPAGINA

Analyseren zinker Kromme Gouwe

Hogeschool Rotterdam, Instituut voor Gebouwde Omgeving, Civiele Techniek
Afstudeer onderzoek
Rotterdam, 6 maart 2017

Opdrachtgevers	Afstudeerder	Studentnummer
Hogeschool Rotterdam Oasen	Mike Verschuuren	0875641

Inhoudsopgave

Titelpagina i
Inleiding 2
1 Achtergronden 3
1.1 Locatie 3
1.2 Project achtergrond 4
1.2.1 Betrokken partijen 4
2 Geologische gegevens projectlocatie 5
2.1 Omliggende gebouwen 6
2.2 Staat kade 8
3 Afmetingen projectlocatie 10
3.1 Afmetingen zinker 11
3.2 Afmetingen omgeving 12
3.3 Benodigde werkruimte 12
4 Stakeholders 13
4.1 Eisen en randvoorwaarden 13
4.2 Mindmap 14
5 Richtlijnen 15
6 Risico's 17
7 Bibliografie 18
BIJLAGE I-A Sonderingen 19
BIJLAGE I-B Identificatiecriteria 21
1. NEN 6740 21
2. CUR-publicatie 162 22
3. Grondmechanica van A. Verruijt 22
4. Robertson et al. 23
Conclusie 23
BIJLAGE I-C Uitwerking 24

INLEIDING

In dit rapport wordt er onderzoek gedaan naar de oude stalen zinker onder de Kattensingel. Hierbij wordt er informatie vergaart over de specificaties van de zinker en de nabije omgevingsaspecten. Dit onderzoek is nodig om een zo efficiënt mogelijke hulpconstructie voor het relinen te kunnen ontwerpen.

Bij het relinen op deze locatie komt veel kijken, zo is de ondergrond zeer zettingsgevoelig, staan er in de nabije omgeving oude monumenten en ligt de oude zinker diep in de ondergrond.

Het bedrijf waarvoor dit project wordt uitgevoerd is Oasen N.V. Dit is een drinkwaterbedrijf wat zich bezig houd met het produceren en leveren van schoon drinkwater in het oosten van Zuid-Holland.

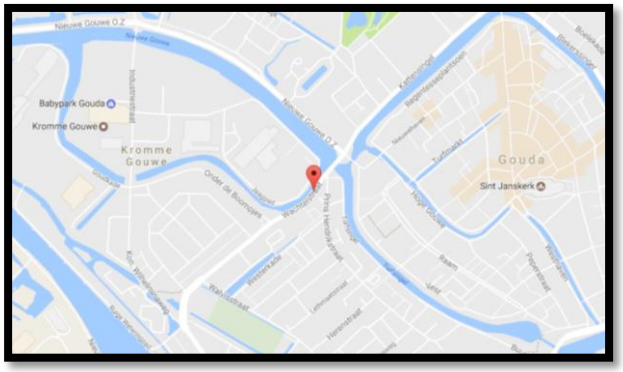
1 ACHTERGRONDEN

Oasen is een maatschappelijk drinkwaterbedrijf. Dit bedrijf is onder meer eigenaar van de zinker die zich onder de Kromme Gouwe bevind. Deze zinker is aan vervanging toe. In figuur 1 is een indicatie gegeven van zijn ligging.

Figuur 1a & b Locatie stalen zinker onder Kattensingel (indicatie)

1.1 LOCATIE

In figuur 2 is de projectlocatie weergegeven. Deze bevind zich in Gouda tussen de Wachtelstraat 21-22 en de Jaagpad 10-11.



Figuur 2 Projectlocatie zinker Kattensingel

1.2 PROJECT ACHTERGROND

Beknopte omschrijving van het project:

> *''De oude transportstructuur van het leidingnet in Gouda te vervangen voor de toekomst gerichte transport structuur.''*

Geschiedenis van het project

Voorheen had het drinkwaterbedrijf een ander visie op de transportstructuur dan nu. Daardoor veranderd de functie van de leiding van inter lokaal drinkwatertransport naar lokaal drinkwatertransport. Ten gevolge van deze veranderingen in combinatie met veroudering is er onderhoud vereist. Dit onderhoud omvat het gestructureerd vernieuwen van het leidingnetwerk. Hierbij worden op verschillende locaties leidingen vernieuwd zoals de zinker ter plaatse van de Kromme Gouwe.

Aandachtspunten

Binnen het project zijn er een aantal kritieke punten waarbij innovatief moet worden geopereerd. Een van deze kritieke punten is de locatie van de zinker tussen de Wachtelstraat en het Jaagpad die vernieuwd moet worden. Er zitten een aantal technische uitdagingen aan de locatie zoals zettingsgevoelige ondergrond, oude monumenten, een hoge grondwaterstand ten opzichte van de zinker en weinig ruimte. Om de toekomstige functie van deze leiding te behouden, moet er innovatief worden gedacht.

1.2.1 Betrokken partijen

Het project wordt uitgevoerd in combinatie met BAM Infra, Wareco en JGTC.
BAM Infra is een tak van de BAM en is gespecialiseerd in het aanleggen en vervangen van ondergrondse infra (kabels en leidingen).
Wareco is een een zeer gespecialiseerd bedrijf, het beschikt over veel kennis van geologische gegevens en berekeningen.
JGTC, oftewel Jan Groenendijk Technical Consultancy, is een man (hoogleraar) met kennis over de geschiedenis van Gouda, veel praktijkervaringen en civiel technische kennis.
Binnen deze combinatie is BAM hoofdaannemer en zijn overige partijen onderaannemer. Oasen is de opdrachtgever van dit project. Oasen treedt veel in overleg met de betrokken partijen. BAM, Wareco en JGTC voeren allemaal grondig onderzoek uit naar de geschiedenis en huidige staat van de locatie. Aan de hand van dit onderzoek wordt een uitvoeringsplan gerealiseerd wat uitgevoerd zal worden door BAM Infra.

2 GEOLOGISCHE GEGEVENS PROJECTLOCATIE

Er is onderzoek gepleegd naar de geologische gegevens van de projectlocatie. Dit is gedaan om de benodigde intensiteit van het grondonderzoek te bepalen. Iedere grondsoort heeft een andere waterdoorlatendheid, stabiliteit en zettingsgevoeligheid. Deze gegevens zijn vereist om de hulpconstructie passend te ontwerpen voor dit project.

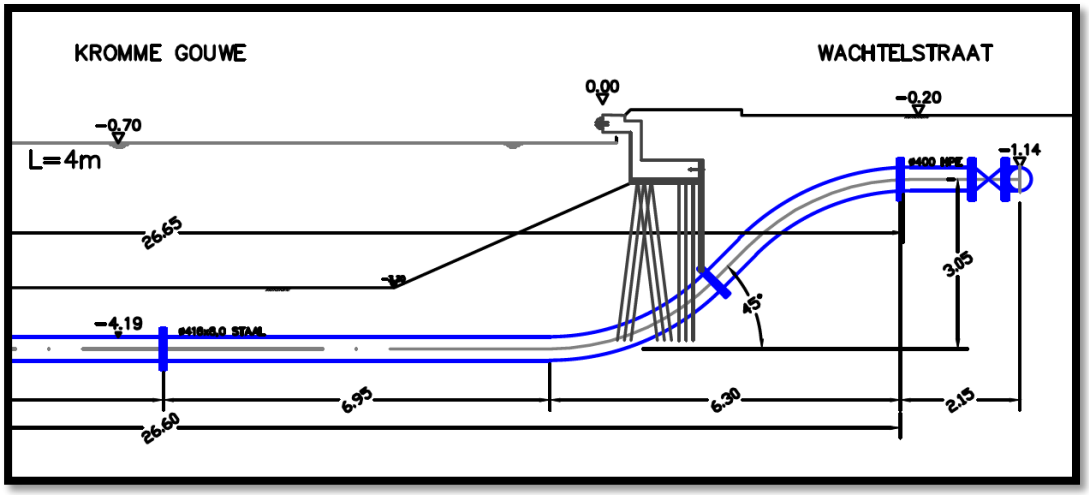
De benodigde intensiteit van een grondonderzoek is afhankelijk van bijvoorbeeld:

- de complexiteit van de geologie;
- het project zelf en haar omgeving;
- de gewenste nauwkeurigheid van de berekeningen;

Binnen de afstudeeropdracht zal de intensiteit van het grondonderzoek afhangen van de gewenste nauwkeurigheid van de berekeningen. Hoe beter de bodemopbouw in kaart wordt gebracht hoe nauwkeuriger de uitkomsten van het onderzoek zullen zijn.
Het grondonderzoek binnen het project zal bestaan uit:

a) een archiefonderzoek naar bestaande sonderingen;
b) het analyseren van geologische kaarten;

De grondwaterstand (GWS) op de project locatie bevind zich op hetzelfde niveau als het waterniveau in de Kromme Gouwe. Deze GWS bevind zich 0,5 meter onder maaiveld wanneer dit wordt genomen op de oppervlakte van de Wachtelstraat. Zie figuur 3.



Figuur 3 Grondwaterstand is gelijk aan waterstand gracht

Er is onderzoek gedaan op dinoloket naar recente sondering dicht bij de projectlocatie. Hieruit zijn een tweetal sonderingen gevonden. Om de hulpconstructie zo veilig mogelijk te ontwerpen wordt er gerekend met de meest conservatieve sondering. Voor de uitvoering van het project zal Wareco sonderingen maken op de locatie, echter zijn deze voor dit afstudeeronderzoek te laat beschikbaar. Voor beide sonderingen wordt verwezen naar BIJLAGE I-A.

Aan de hand van de plaatselijke wrijving en de conusweerstand kunnen de verschillende grondsoorten geïdentificeerd worden. Dit kan gedaan worden met behulp van verschillende identificatiecriteria. De identificatiecriteria die bekeken worden zijn:

- NEN 6740
- CUR-publicatie 162
- Grondmechanica van A. Verruijt
- Robertson et al.

Door de vier bovenstaande criteria te vergelijken in een kleine MCA, is er duidelijk geworden welke criteria het meest van toepassing is (BIJLAGE I-B). Aan de hand van de totaal score is te concluderen dat de Robertson et al. Identificatiemethode de best toepasbare methode is om de grondsoorten mee te identificeren.

2.1 OMLIGGENDE GEBOUWEN

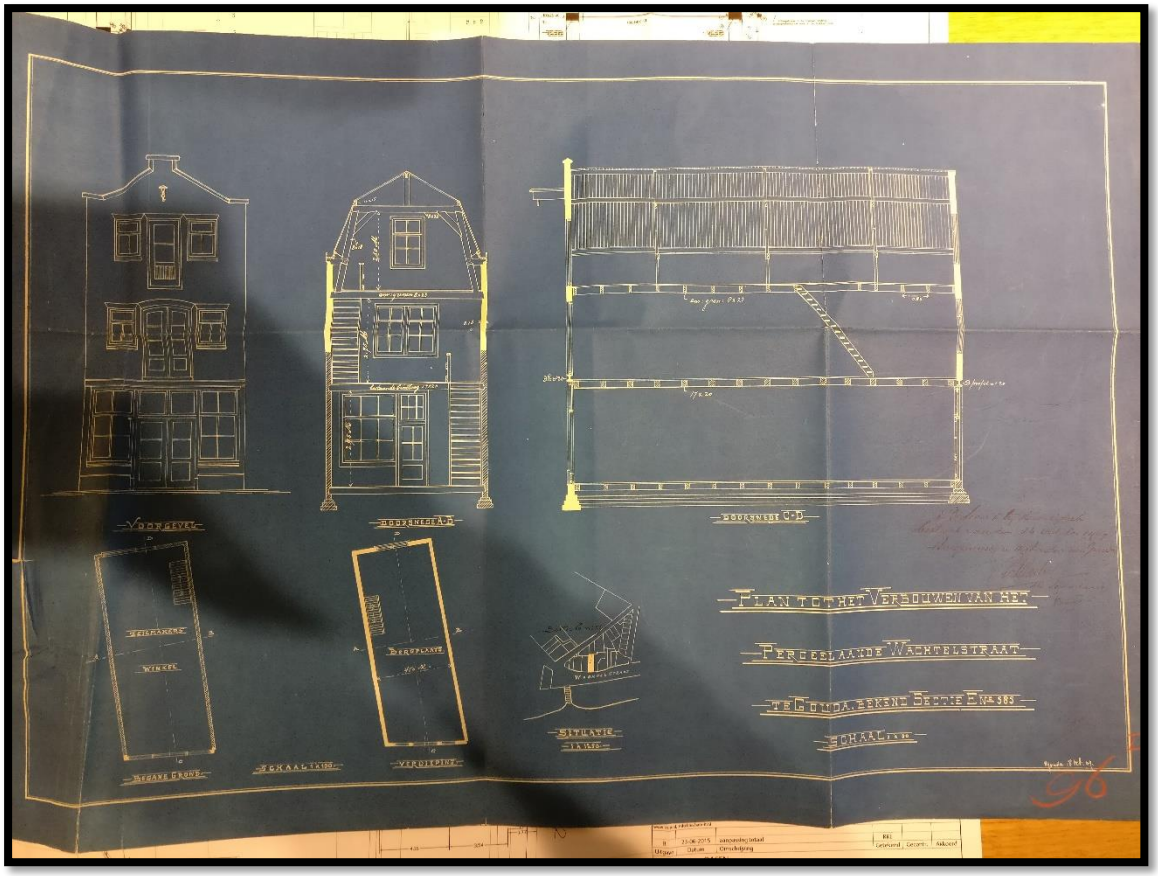
Wachtelstraat 21-22

Constructieve gegevens: Negentiende eeuwse voorgevel met gedeeltelijk achttiende of zeventiende eeuwse kern. Pand, deel uitmakend van een bouwblok met een aaneengesloten rij gevels aan de Wachtelstraat. De voor- en achtergevel zijn grotendeels opgetrokken uit metselwerk dat is gepleisterd. Uit een in 2003 uitgevoerd bouwhistorisch onderzoek blijkt dat de oorsprong van dit pand achttiende eeuws, mogelijk zeventiende eeuws is.
Panden zijn gefundeerd op staal. (Groenendijk, 2017)
De objecten Wachtelstraat 21-22 zijn van belang omdat:

1. het onderdeel uitmaakt van een gevelrij die gekenmerkt wordt door historische, middeleeuwse parcellering en daarmee samenhangende gevelwanden bevat;
2. dergelijke structuren tegen de historische binnenstad aan zeldzaam zijn;
3. de negentiende eeuwse gevelindeling deels authentiek is;
4. het in stedenbouwkundig opzicht een markante ligging heeft langs een eeuwenoude uitvalsweg van Gouda.

(K. Emmens, December 2003)

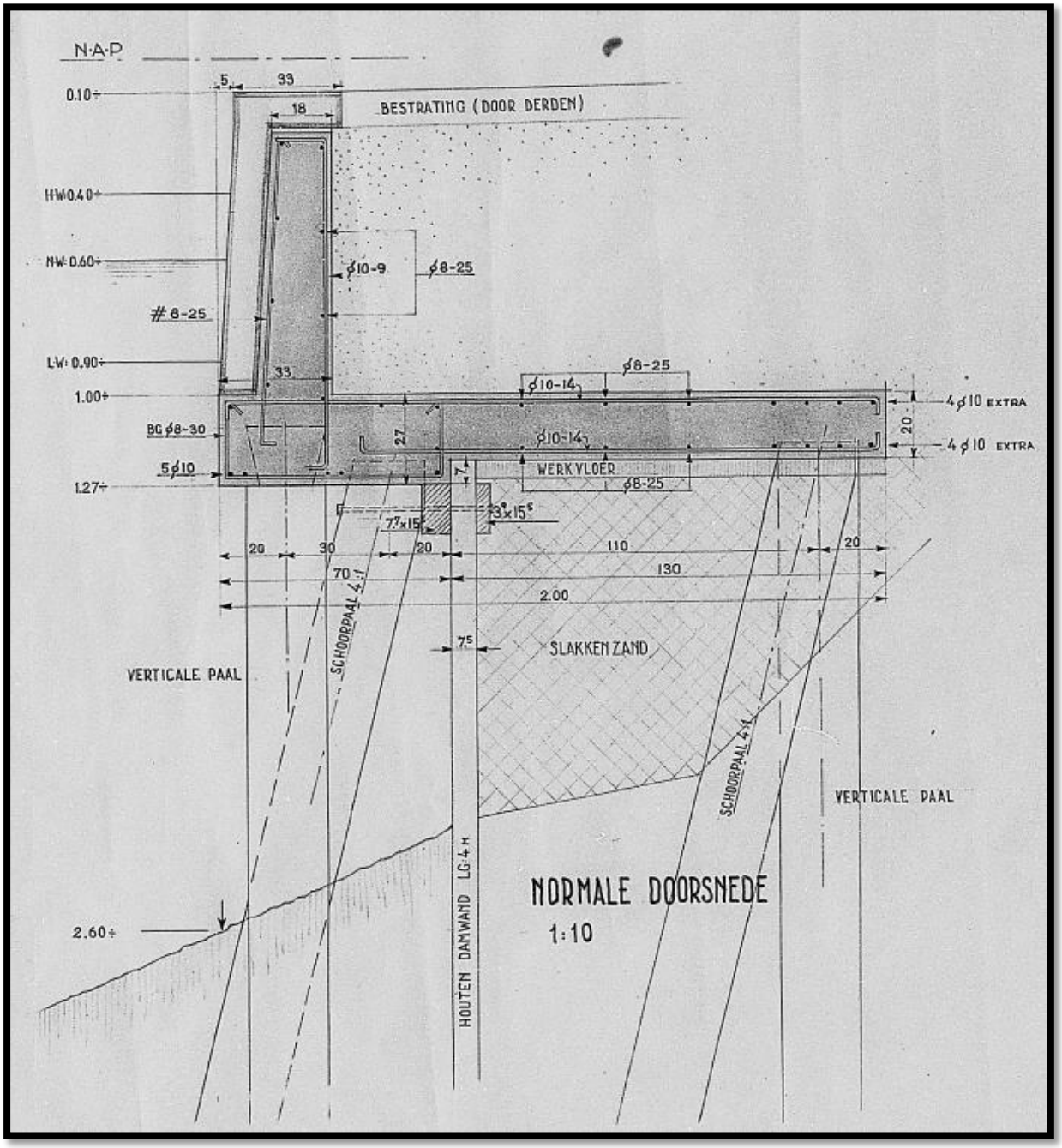
Figuur 4 Wachtelstraat panden aangegeven met vector



Figuur 5 Blauwdruk wachtelstraat 21 uit streekachrief de chocolade fabriek

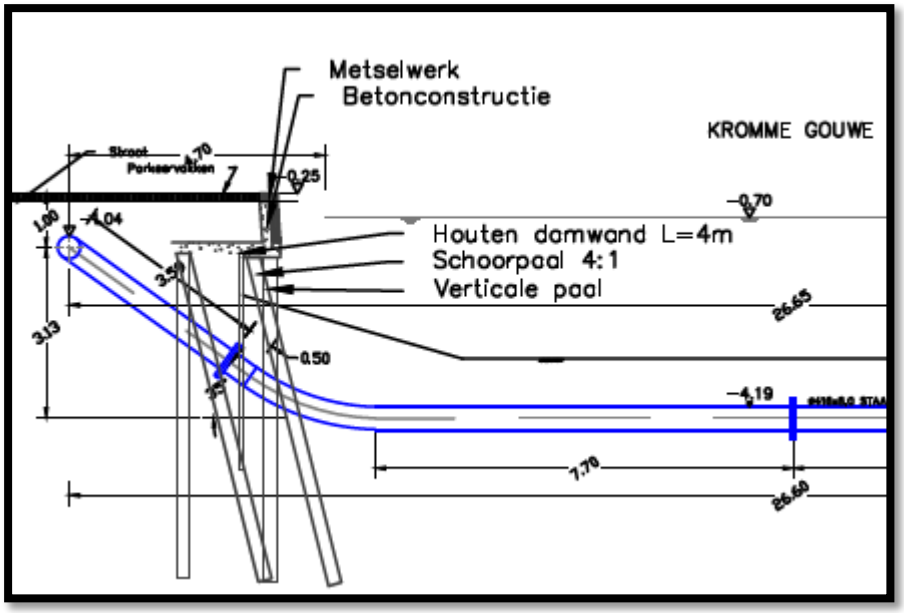
2.2 STAAT KADE

Er wordt vanuit gegaan dat de kademuur (met houten kwelscherm) geen/beperkte water- en grond kerende functie heeft bij de ontgraving, waardoor ook aan de waterzijde maatregelen benodigd zijn. Dit wordt meegenomen in het ontwerp van de hulpconstructie.



Figuur 6 Technische tekening kademuur Wachtelstraat

In Figuur 6, bovenstaande figuur, is een dwarsdoorsnede afgebeeld van de kademuur. Op deze dwarsdoorsnede zijn de gegevens van de kademuur, waterstanden en nabije grond te zien. In combinatie met de geotechnische gegevens uit de sonderingen kan berekend worden welke krachten er op de kademuur mogen komen te staan en hoe de hulpconstructie op de omgeving kan inspelen. (OASEN, 2017)



Figuur 7 Technische tekening Jaagpad

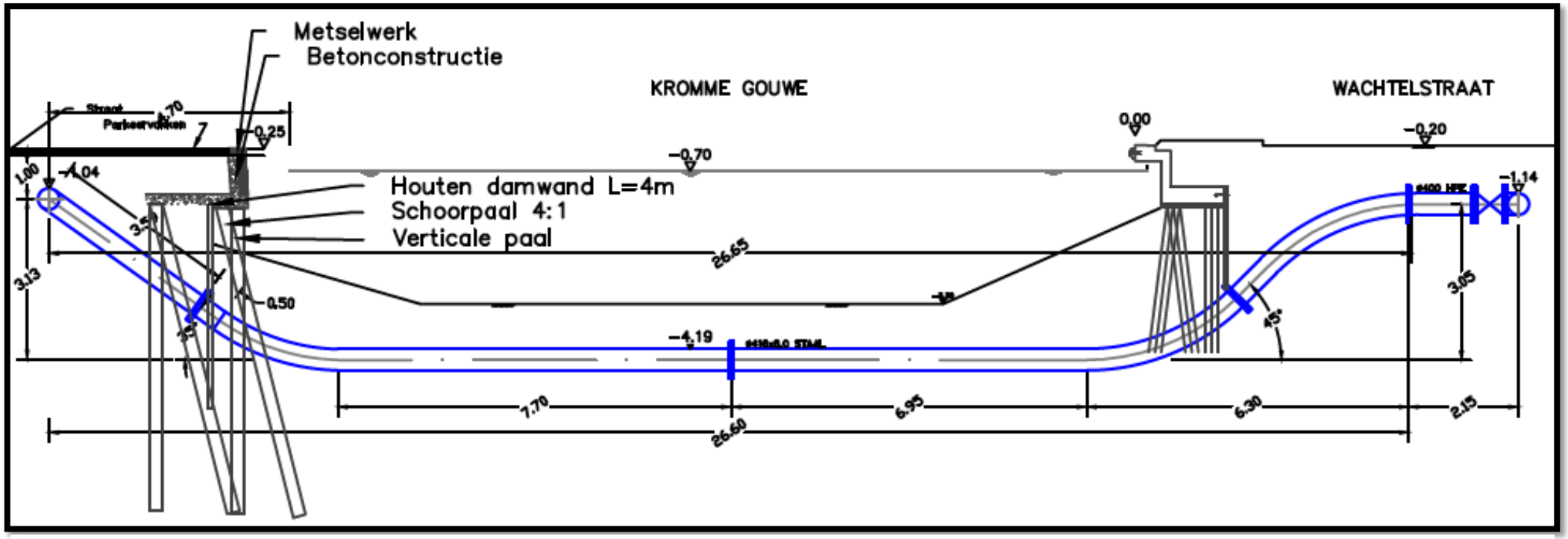
Deze kademuren dateren uit het jaar 1953 volgens tekeningen waarover beschikt wordt. In figuur 7 wordt duidelijk uit welke materialen de kademuur bestaat. De fundering bestaat uit verticale en geschoorde palen 4:1, een houten damwand met een lengte van 4 meter, slakkenzand achter deze damwand, een betonconstructie (keerwand) hier overheen en ter hoogte van het maaiveld metselwerk.

3 AFMETINGEN PROJECTLOCATIE

In dit hoofdstuk wordt er gekeken naar de beschikbare ruimte op de projectlocatie. Binnen deze ruimte moet een hulpconstructie worden gerealiseerd die de mogelijkheid biedt om het relinen goed uit te kunnen voeren. Ook moet deze zodanig worden gerealiseerd dat tijdens het plaatsen, uitvoeren van de werkzaamheden en het eventueel verwijderen van de hulpconstructie, de omgeving geen blijvende schade ondervindt.

3.1 AFMETINGEN ZINKER

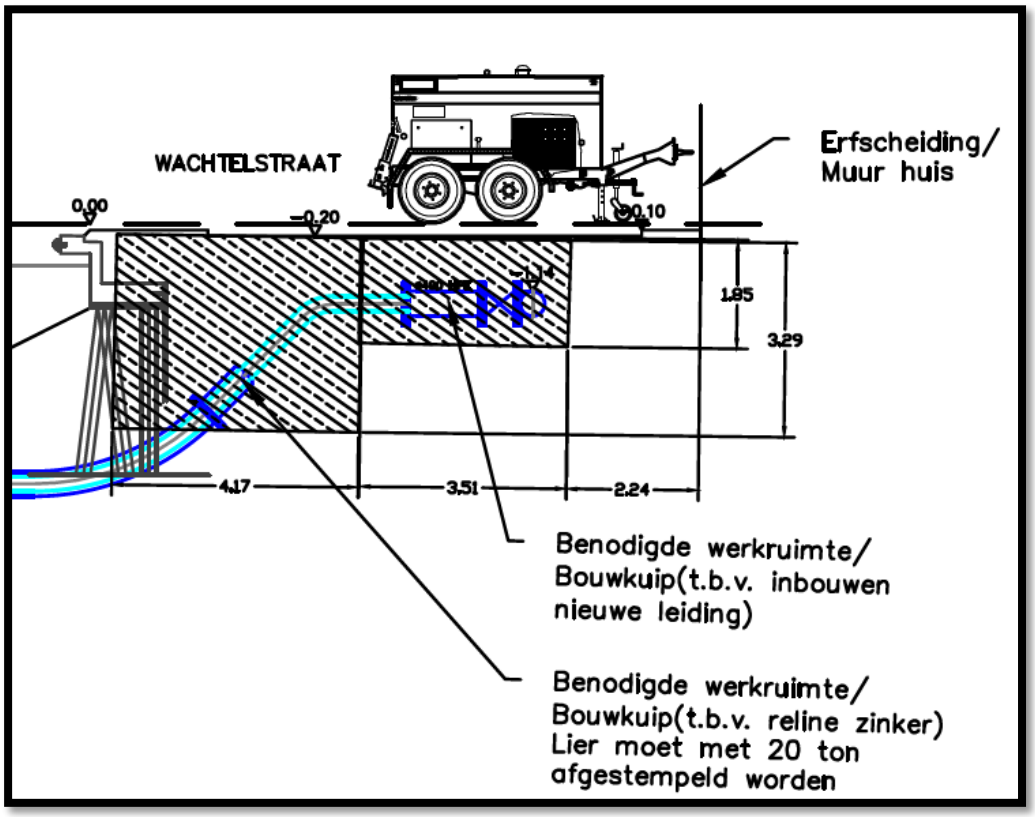
In het verleden had deze zinker een grotere transportfunctie dan in het heden. Hierdoor is er een 250 millimeter leiding gewenst om ervoor in de plaats te komen. Deze zinker, van staal, loopt onder de Kromme Gouwe door met de onderzijde 4,66 meter onder NAP en heeft een diameter van 416 millimeter. De zinker loopt op deze diepte over een lengte van 14,65 meter onder de Kromme Gouwe/Kattensingel door, waarna hij aan beide straatzijdes omhoog begint af te buigen.



Figuur 8 gegevens stalen zinker

3.2 AFMETINGEN OMGEVING

De ruimte in de omgeving is vanaf de erfscheiding/muur huis tot de kadeconstructie genomen. Onder de kadeconstructie behoord ook de fundering. Dus het gearceerde vlak links loop te ver door. Deze afstand bedraagt ca. 8,8 meter. De afstand van de erfscheiding van de Wachtelstraat met de erfscheiding van de Jaagpad bedraagt ca. 35,5 meter. De installatie voor het relinen en gearceerde vlakken die al in de tekening zijn aangegeven behoren hier (nog) niet, helaas is dit de enigste tekening beschikbaar. Hier moet even doorheen gekeken worden.



Figuur 9 zinker kant Wachtelstraat, voorgestelde arceerde vlakken wegdenken

3.3 BENODIGDE WERKRUIMTE

De installatie voor het relinen wordt boven de bouwkuip gepositioneerd en hoeft dus niet in de afmetingen van de bouwkuip mee te worden genomen. Echter heeft het personeel dat binnen de bouwkuip opereert wel werkruimte nodig. Het personeel heeft ter hoogte ven de flens ongeveer 10m² nodig op 3,4 meter onder maaiveld. Ook is er hier ongeveer dezelfde oppervlakte nodig ter plaatse van het T-stuk welke een stuk hoger ligt in de Wachtelstraat. Deze ontgraving zal tot 1,9 meter onder het maaiveld zijn. Deze dieptes zijn gebaseerd op recent onderzoek en komen redelijk overeen met de gearceerde vlakken op bovenstaande figuur. Dit is om een indicatie te krijgen. (OASEN, 2017)

4 STAKEHOLDERS

Het project, het relinen van de stalen zinker onder de Kromme Gouwe/Kattensingel, heeft een aantal belanghebbenden. Deze belanghebbenden zijn:

- Bewoners, deze wensen een:

Communicatieplan
Monitoringsplan
- Trillingsmeters
- Zettingsmeters
- Gws

Activiteiten planning

- Grachtgebruikers, deze wensen een:

Communicatieplan
Monitoringsplan
- Gws

Activiteiten planning

- Weggebruikers, deze wensen een:

Communicatieplan
Activiteiten planning

- Gemeente, deze wenst een:

Communicatieplan
Monitoringsplan
- Trillingsmeters
- Zettingsmeters
- Gws

Activiteiten planning

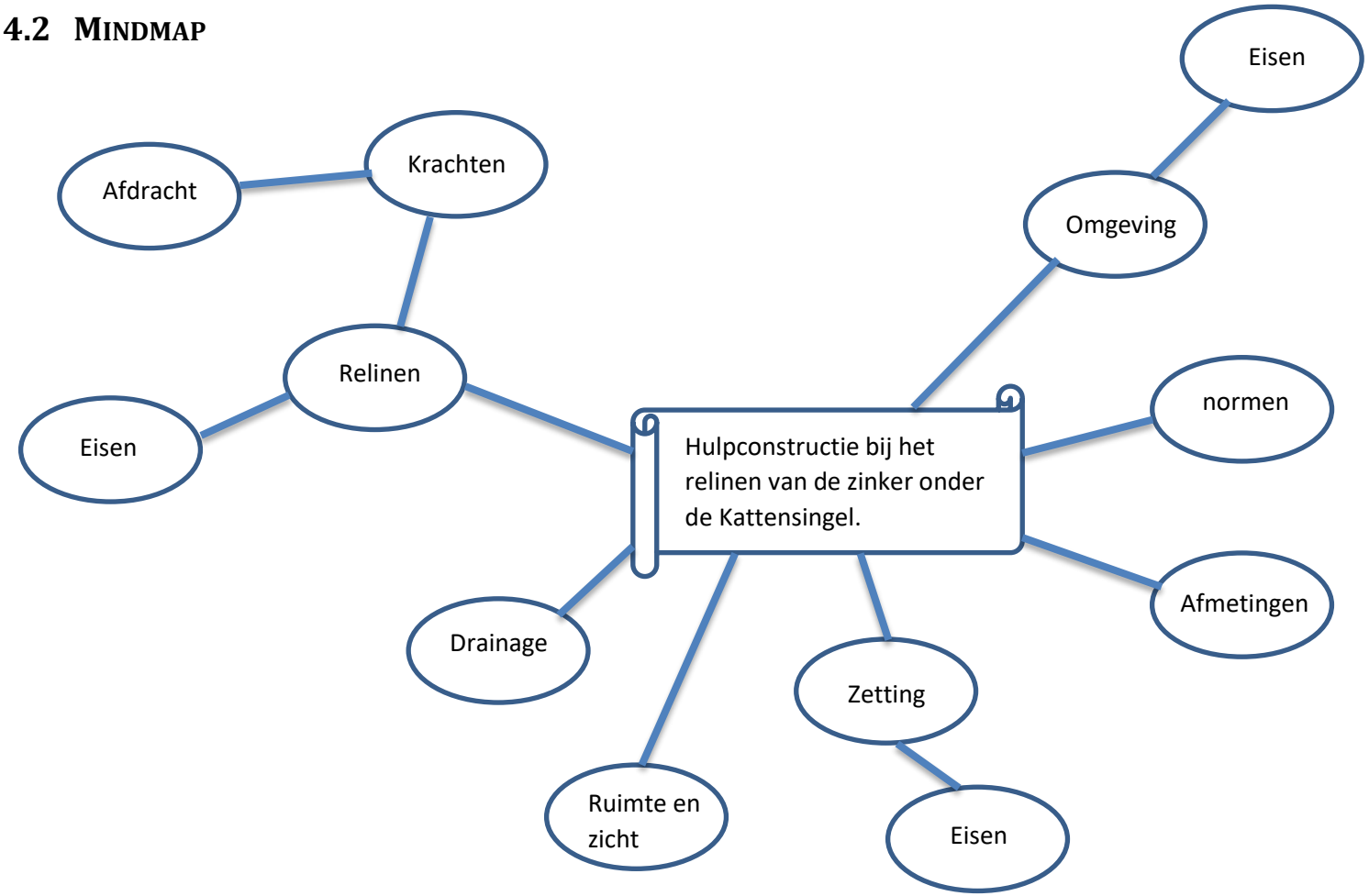
- Waterschap:

Het waterschap voorziet je van een document met allerlei randvoorwaarden na het verstrekken van de vergunning

4.1 EISEN EN RANDVOORWAARDEN

Men dient zich tijdens de uitvoering aan de vergunningseisen en -randvoorwaarden te houden. Ook wordt er voor belanghebbenden een communicatie-, monitorings- en activiteitenplan(ning) gemaakt.

4.2 MINDMAP


Eisen
Krachten
Afdracht
Omgeving
Relinen
normen
Eisen
Hulpconstructie bij het relinen van de zinker onder de Kattensingel.
Afmetingen
Drainage
Zetting
Ruimte en zicht
Eisen

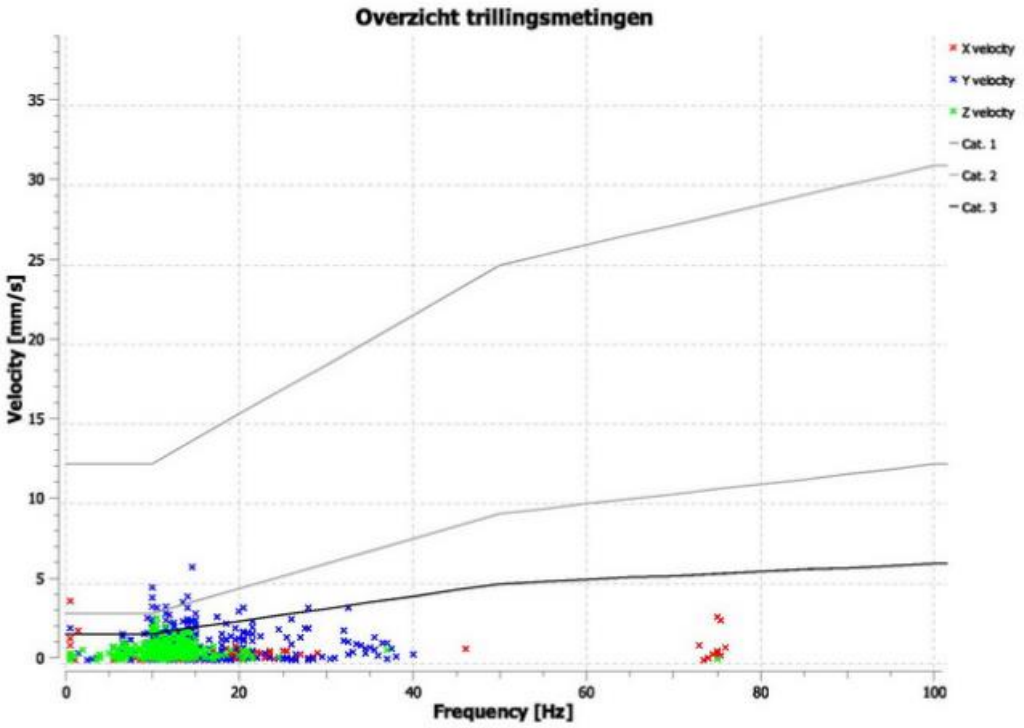
5 RICHTLIJNEN

Richtlijnen met betrekking tot zetting →
worst case scenario, buiten de hulpconstructie mag geen zetting optreden.

Richtlijnen met betrekking tot trillen →
Als uitgangspunt voor de panden geldt dat het geotechnisch en geohydrologisch evenwicht bij de oude panden niet mag worden beïnvloed. De doorbuiging van eventuele damwanden dient hierop te worden afgestemd.
Betreffende de uitvoeringswijze is gesproken over het zo veel mogelijk beperken van de optredende trillingen en het (deels) trillingsarm aanbrengen van de damwanden. De trillingen bij de bebouwing worden getoetst op basis van SBR-richtlijn, deel A (Schade aan gebouwen). Hierbij wordt categorie-3 bebouwing aangehouden.

Categorie 3:
Onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde. In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen van gebouwen.
Voor de toetsingswaarden is verder het type meting en het type trillingsbron van belang.
Onderscheid wordt tevens gemaakt tussen trillingsgevoelige funderingen en niet trillingsgevoelige funderingen.
Het bouwwerk kan ook in een slechte bouwkundige staat verkeren, hiervan is sprake indien de sterkte van de draagconstructie in belangrijke mate is verminderd door reeds aanwezige schade en/of de onderlinge samenhang tussen de onderdelen zodanig zwak is dat deze door trillingen kan bezwijken of in belangrijke mate kan verzwakken.

De karakteristieke waarden van de grenswaarden (Vtop) op beganegrondniveau als functie van de dominante frequentie worden gegeven in de onderstaande figuur



Figuur 10 Overzicht trillingsmetingen

Deze numerieke waarden weergegeven in een tabel:
De rekenwaarde van de grenswaarde wordt bepaald volgens: $V_r = \frac{V_{kar}}{\gamma_t}$

Hierbij is:
V_r de rekenwaarde van de grenswaarde
V_{kar} de karakteristieke waarde van de grenswaarde volgens bovenstaande figuur
γ_t de partiële veiligheidsfactor die het type trilling in rekening brengt volgens onderstaande waarden:
- kortdurend 1,0
- herhaald kortdurend 1,5
- continu 2,0

Karakteristieke waarde van de grenswaarde ter voorkoming van schade aan de hoofddraagconstructie, gemeten op de hoogste verdieping en op onderdelen van de hoofddraagconstructie en elementen:
- categorie 1 V_{kar} = 40 mm/s
- categorie 2 V_{kar} = 15 mm/s
- categorie 3 V_{kar} = 8 mm/s

(Trillingen, 2012)

f [Hz]	cat. 1	cat. 2	cat. 3	fund.
0	20,00	5,00	3,00	--
5	20,00	5,00	3,00	31,83
10	20,00	5,00	3,00	15,92
15	22,50	6,25	3,63	10,61
20	25,00	7,50	4,25	7,96
25	27,50	8,75	4,88	6,37
30	30,00	10,00	5,50	5,31
35	32,50	11,25	6,13	4,55
40	35,00	12,50	6,75	3,98
45	37,50	13,75	7,38	3,54
50	40,00	15,00	8,00	3,18
55	41,00	15,50	8,20	2,89
60	42,00	16,00	8,40	2,65
65	43,00	16,50	8,60	2,45
70	44,00	17,00	8,80	2,27
75	45,00	17,50	9,00	2,12
80	46,00	18,00	9,20	1,99
85	47,00	18,50	9,40	1,87
90	48,00	19,00	9,60	1,77
95	49,00	19,50	9,80	1,68
100	50,00	20,00	10,00	1,59

Tabel 1 numerieke waarden figuur 10

6 RISICO'S

Aan dit project zitten een aantal haken en ogen. Dit komt door de zwakke ondergrond, oude monumenten gefundeerd op staal en uitdagend weinig ruimte.

De kans op gevaarlijke situaties moet natuurlijk binnen veiligheidsmarges gehouden worden, dit geeft als mogelijk risico dat tijdens de uitvoering waarnemingen worden opgedaan waardoor ze niet verder gaan.

Verder is het natuurlijk ook de vraag of de staat van de oude zinker wel is zoals verwacht. Deze kan ook zo slecht zijn dat relinen niet mogelijk is. In zo een geval zal er een geheel nieuw uitvoeringsplan opgesteld moeten worden om de zinker op een andere manier te vervangen.

7 BIBLIOGRAFIE

6740, N. (2012). *google afbeeldingen*. Opgehaald van https://www.google.nl/search?q=NEN+6740&biw=1422&bih=730&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj_qcWZyMHSAhUFKMAKHVArCNYQ_AUIBigB&dpr=1.35#imgrc=_

al., R. e. (1986). *Classification of soils according to robertson*. Opgehaald van Fine civil engineering software: http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/classification-of-soils-according-to-robertson-01/

Architect. (1909, oktober 18). Blauwdruk. *Plan verbouwen Wachtelstraat 21*. Gouda, Zuid-Holland, Nederland: Streekachrief chocolade fabriek.

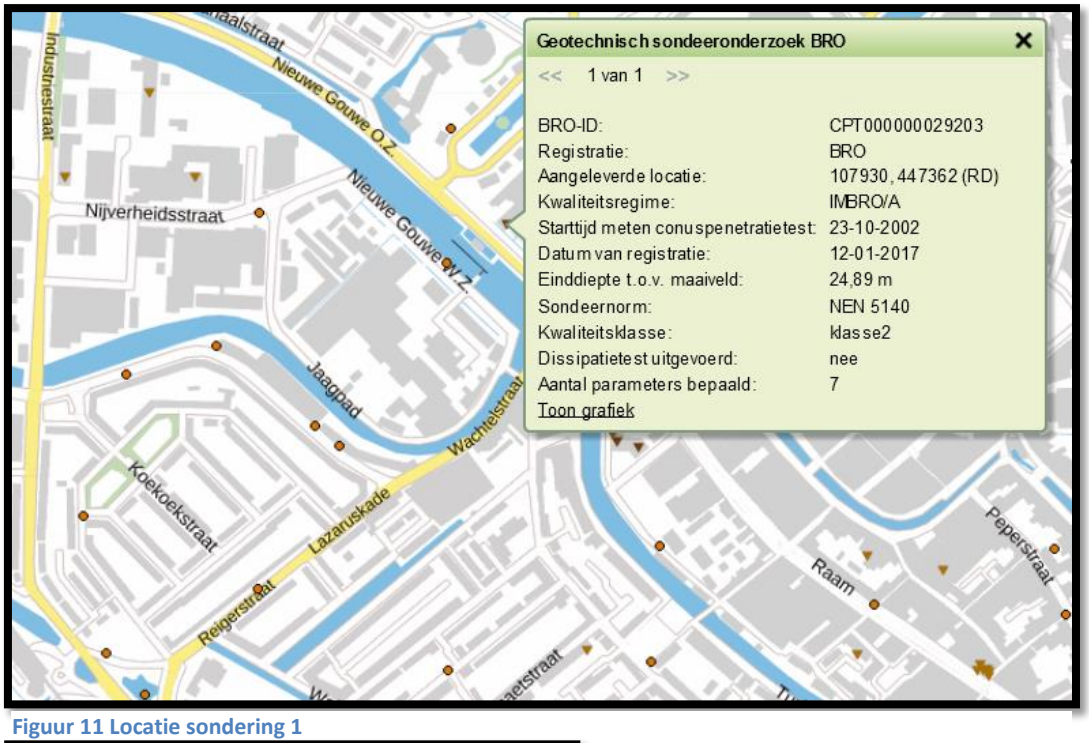
bedrijven, m. (2007, juli 3). *pagina 55*. Opgehaald van vakblad geotechniek: http://www.vakbladgeotechniek.nl/sites/default/files/pdf/archief/complete-pdf/nr3-jr11-Geotechniek.pdf

derden. (2017). *Dinoloket*. Opgehaald van https://www.dinoloket.nl/

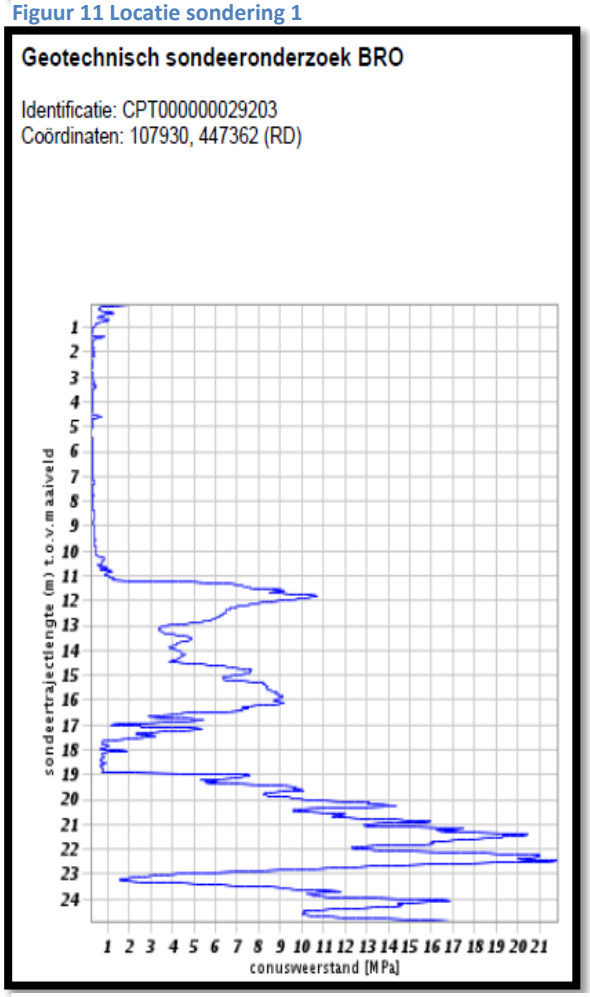
K. Emmens, A. O. (December 2003). *(Bouw-) historische inventarisatie Korte Akkeren 'vlek 2' Gouda. BAAC rapport 03.160.* Den Bosch.

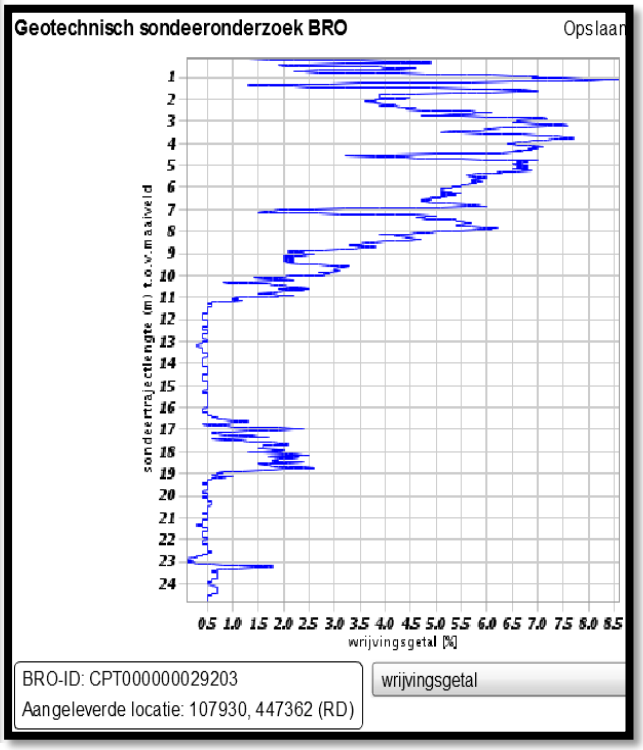
Trillingen. (2012, maart 15). Opgehaald van http://www.trillingen.com/artikelen/trillingsmetingen-sbr-richtlijn-a/2

BIJLAGE I-A SONDERINGEN

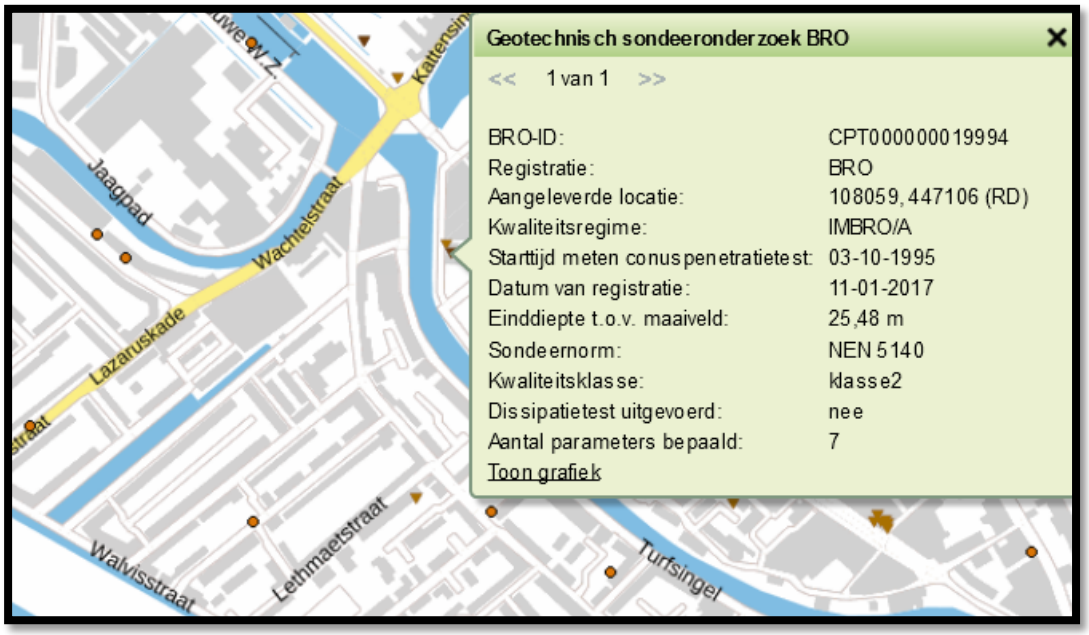


Figuur 11 Locatie sondering 1

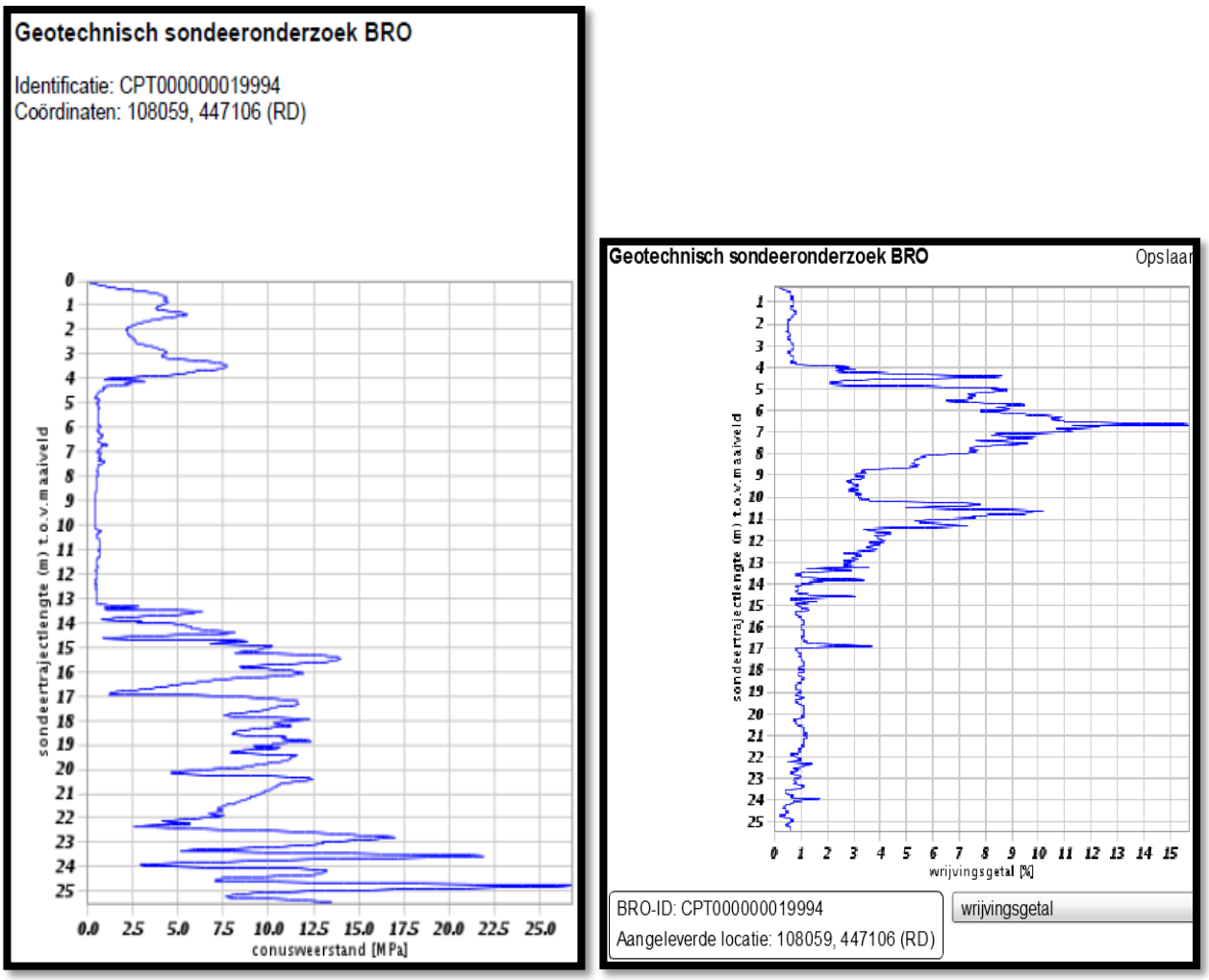




Figuur 12 Sondering 1



Figuur 13 Locatie Sondering 2



Figuur 14 Sondering 2

BIJLAGE I-B IDENTIFICATIECRITERIA

In deze bijlage wordt beschreven hoe je aan de hand van plaatselijke wrijving en conusweerstanden uit sonderingen, grondstoffen kan identificeren. Dit kan gedaan worden met behulp van verschillende identificatiecriteria. De volgende identificatiecriteria zijn beoordeeld en tegen elkaar afgewogen:

- NEN 6740
- CUR-publicatie 162
- Grondmechanica van A. Verruijt
- Robertson et al.

Deze vier criteria zullen tegen elkaar worden afgewogen, om zo tot de best toepasbare methoden te komen.

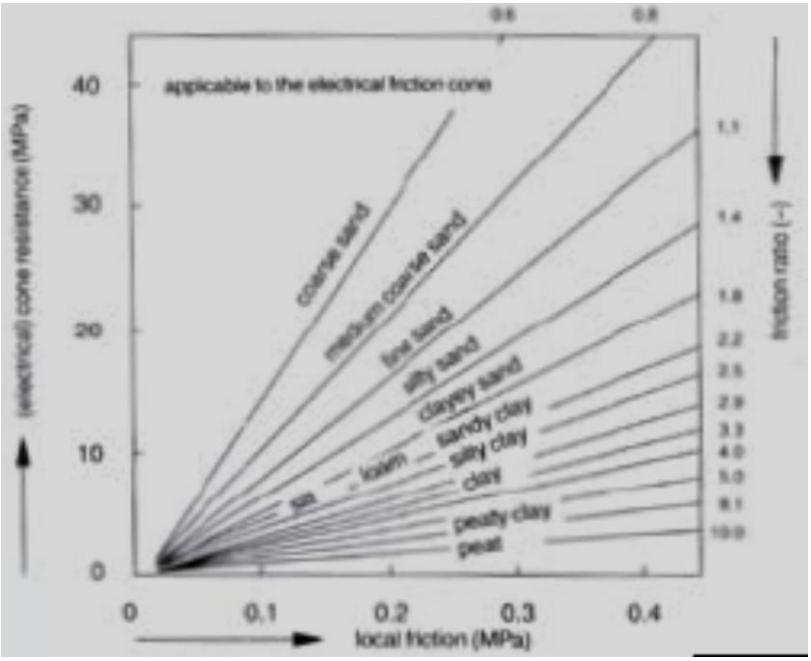
1. NEN 6740

Hoofdnaam	Bijmengsel	Consistentie[b]	γ[c] kN/m³		γ_{sat} kN/m³		q_c[dg] Mpa	C''_p		C''_s		$C_c/(1+e_0)$ [-]		C_α[d f] [-]		$C_{sw}/(1+e_0)$[e] [-]		E_{100}[f] Mpa		φ''[f] Graden		c'' 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.	
	sterk siltig, kleiig		18	19	20	21	8	200	400	∞		0,0115	0,0058	0		0,0038	0,0019	15	30	25,0	30,0	0		n.v.t.	
Leem[e]	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	3,0	5,0	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
	organisch	Slap	13		13		0,2	7,5		30		0,3067		0,0153		0,1022		0,5		15,0		0	1	10	
		Vast	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	5,0	20,0	30,0
Variatiecoëfficiënt			0,05				-	0,10										1,10				0,20			

Tabel 2. Representatieve waarden voor grondeigenschappen volgens NEN 6740

In figuur 1 is te zien dat er bij dit criterium alleen gebruik gemaakt kan worden van de conusweerstand. In een sondeerdiagram is te zien dat deze waarde erg varieert. Hierdoor is het niet duidelijk welke grondsoort het betreft.
Deze norm wordt ter afweging nog meegenomen maar is in het heden opgeheven. (6740, 2012)

2. CUR-PUBLICATIE 162



figuur 135: Grondidentificatie volgens CUR-publicatie 162

In figuur 13 is te zien dat er bij dit criterium gebruik wordt gemaakt van zowel de conusweerstand, plaatselijke wrijving als wrijvingsgetal. Doordat al deze parameters vermeld staat kan de grond redelijk nauwkeurig geïdentificeerd worden. Echter is hierbij ook niet aangegeven welke grondsoort het betreft wanneer de waarden uitkomen tussen de lijnen. (bedrijven, 2007)

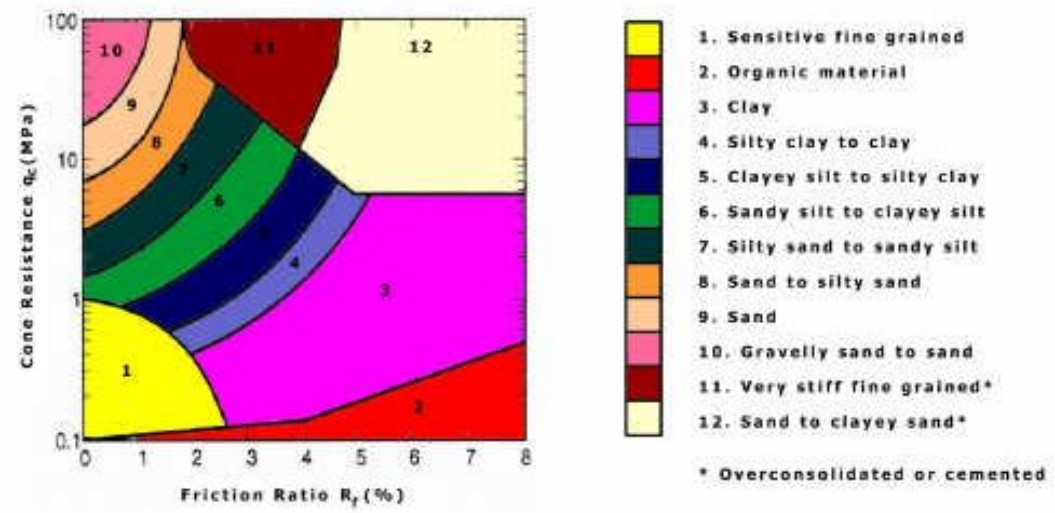
3. GRONDMECHANICA VAN A. VERRUIJT

Grondsoort	wrijving	q_c
Zand, matig – grof	0,4%	
Zand, fijn – matig	0,6%	5 – 30 kPa
Zand, fijn	0,8%	
Zand, siltig	1,1%	
Zand, kleiig	1,4%	5 – 10 kPa
Zandige klei of leem	1,8%	
Silt	2,2%	
Klei, siltig	2,5%	
Klei	3,3%	0,5 – 2 kPa
Klei, humeus	5,0%	
veen	8,1%	0 – 1 kPa

Tabel 3: Kleefgetal en conusweerstand voor diverse grondsoorten

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is te zien dat er bij dit criterium gebruik wordt gemaakt van de conusweerstand en het wrijvingsgetal. Deze tabel is redelijk gedetailleerd, alleen zijn hier ook geen grenzen vastgesteld van de verschillende grondsoorten en is de conusweerstand niet voor iedere grondsoort gegeven.

4. ROBERTSON ET AL.



figuur 14: Grondidentificatie volgens Robertson et al. (1986)

In figuur 4 is te zien dat er bij dit criterium gebruik wordt gemaakt van de conusweerstand en het wrijvingsgetal. Met de waarden die waargenomen worden uit het sondeerdiagram, kan met behulp van deze grafiek worden bepaald welke grondsoort het betreft. (al., 1986)

CONCLUSIE

Wanneer de vier eerder genoemde identificatiecriteria naast elkaar worden gezet en worden beoordeeld op hoe volledig de parameters vermeld worden en hoe nauwkeurig de grondsoorten geïdentificeerd kunnen worden, kan gemakkelijk bepaald worden aan de hand van welke criteria de grondsoorten bepaald gaan worden.
De ingevoerde waarden in tabel geven weer hoe volledig de identificatiecriteria zijn.

- 1 = slecht
- 2 = matig
- 3 = goed

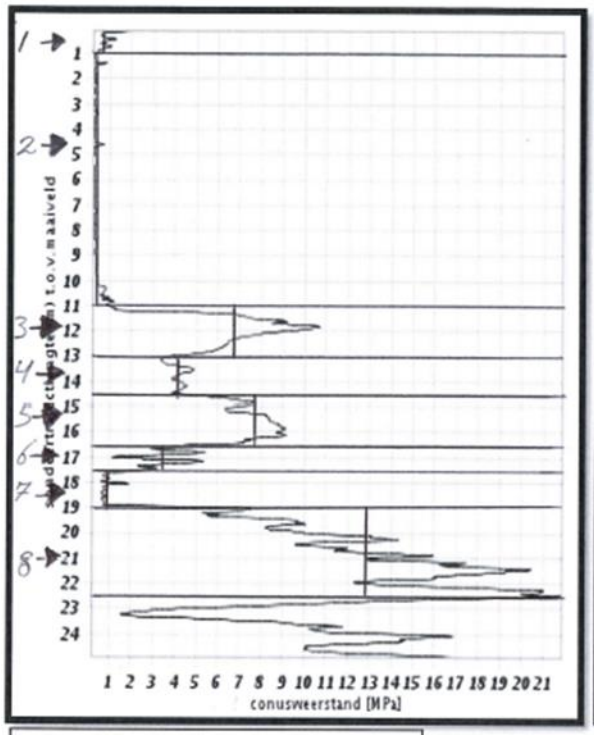
	NEN 6740	CUR-publicatie 162	A. Verruijt	Robertson et al.
Grondsoorten	3	2	3	3
Wrijving	1	3	3	3
Conusweerstand	2	3	1	3
Tussenliggende waarden	1	2	1	3
Totaal	7	10	8	12

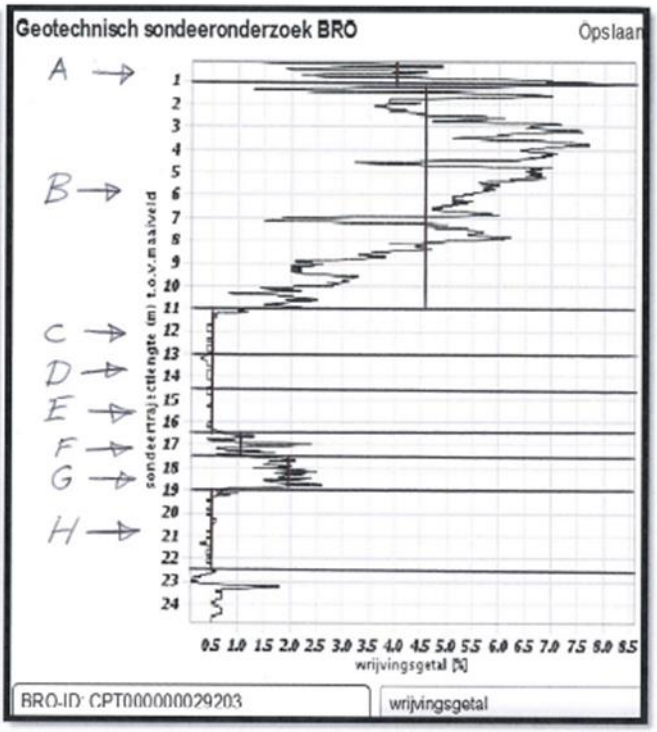
tabel 4: MCA identificatiecriteria

Aan de hand van de totaal score in tabel is te concluderen dat er gekozen wordt om de grondsoorten te identificeren met behulp van Robertson et al.

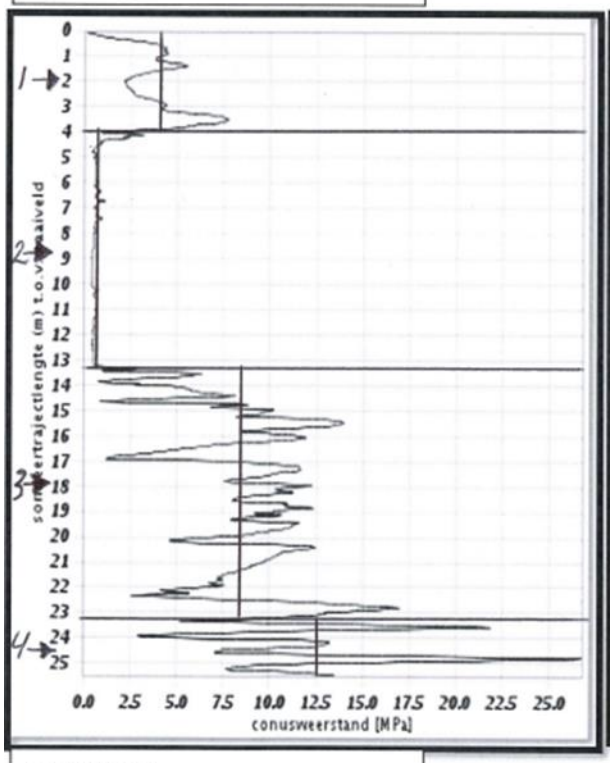
BIJLAGE I-C UITWERKING

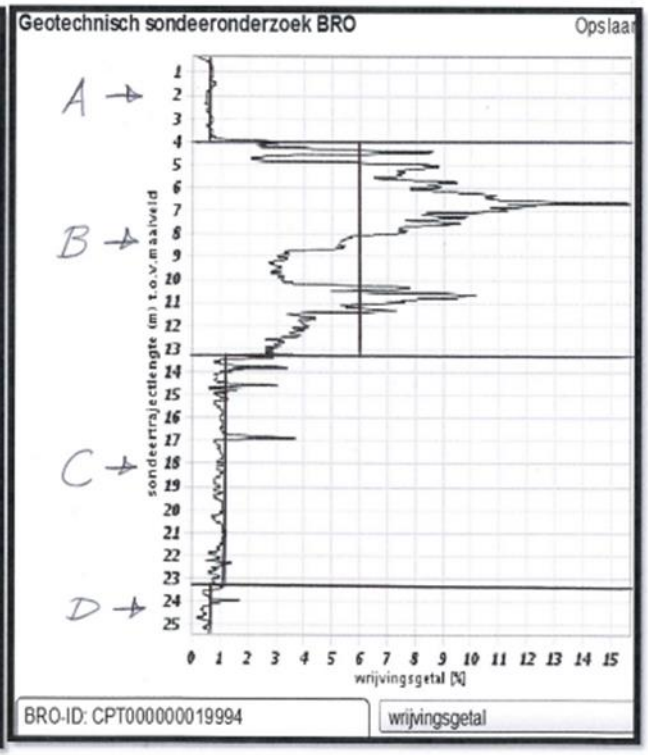
Van beide sonderingen is de conusweerstand en het wrijvingsgetal bepaald. Dit is weergegeven in de sonderingen hieronder.





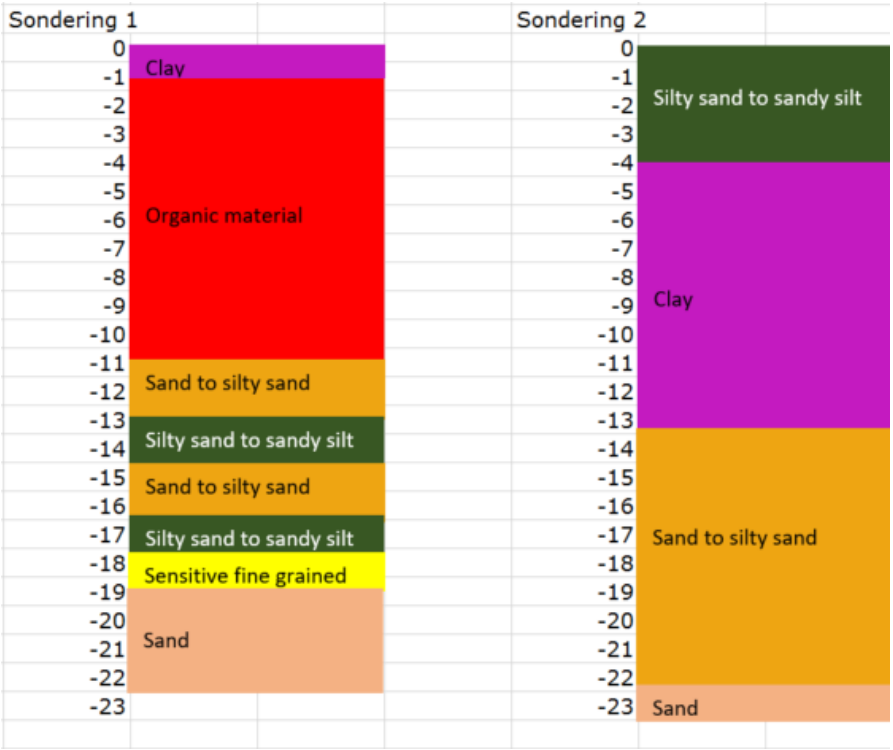
Sondering 1





Sondering 2

Met de gevonden conusweerstanden en wrijvingsgetallen, kunnen de verschillende grondsoorten worden bepaald. Deze zijn weergegeven in de staten hieronder.



Tabel 5 Geotechnische grondsoorten

Aanwezige grondsoorten:

- Clay = **Klei**
- Organic material = **Organisch materiaal**
- Sand to silty sand = **Zand tot ziltig zand**
- Silty sand to sandy silt = **Ziltig zand tot zandig zilt**
- Sensitive fine grained = **gevoelige fijnkorrels**
- Sand = **Zand**

BIJLAGE III RAPPORT MOGELIJKE HULPCONSTRUCTIES

8-5-2017

Afstudeer onderzoek

Mogelijke hulpconstructies zinker Kromme Gouwe

Opdrachtgever: Oasen
Begeleiders: J. Ros & W. Leeuwestein
Student: Mike Verschuuren

Plaats: Nieuwe Gouwe O.Z 3, 2801 SB Gouda
G.J. de Jonghweg 4-6, 3015 GG Rotterdam

TITELPAGINA

Hulpconstructie zinker Kromme Gouwe

Hogeschool Rotterdam, Instituut voor Gebouwde Omgeving, Civiele Techniek
Afstudeer onderzoek
Rotterdam, 8 mei 2017
Versie 2

Opdrachtgevers	Afstudeerder	Studentnummer
Hogeschool Rotterdam Oasen	Mike Verschuuren	0875641

Inhoudsopgave

Titelpagina i
Inleiding 2
1 Project achtergrond 3
1.1 Locatie 3
1.2 Betrokken partijen 3
2 Omgeving 4
2.1 Geotechnische gegevens 4
2.2 Staat kademuur 4
3 Eisen en Richtlijnen 5
4 Eisen aan de hulpconstructie 6
5 Uitvoeringsmogelijkheden 7
5.1 Type wand 7
5.1.1 Uitvoeringsmethode 8
5.1.2 Berlinerwand 8
5.1.3 Damwand 9
5.1.4 Damwand aan erfgrens zijde met trekankers 10
5.2 Stempelraam 10
5.3 Ontgraven 10
6 Hulpconstructie 11
6.1 Ontgraven en (gedeeltelijk) werken in den natte 11
6.2 Bouwkuip zonder kwelscherm 12
6.3 Bouwkuip met kwelscherm 13
7 Multi Criteria Analyse 14
8 Bibliografie 15
BIJLAGE 1 Sondering 16
BIJLAGE 2 CBR deel A Categorie 3 18
BIJLAGE 3 Varianten 21
BIJLAGE 4 MCA 24

INLEIDING

In dit document wordt er gekeken naar de mogelijke hulpconstructies om het relinen mogelijk te maken. Er moet gezorgd worden voor een veilige hulpconstructie voor het uitvoerend personeel. Deze hulpconstructie moet voldoende ruimte bieden op de gewenste diepte om het relinen uit te kunnen voeren. Ook dient deze hulpconstructie voldoende zicht te bevatten en vrij van water te zijn. Met betrekking tot het trillen moet er binnen de richtlijnen gebleven worden. Dit alles geeft in combinatie met weinig ruimte in een zeer slechte geologische ondergrond veel risico's. Hierbij is het een flinke uitdaging om alle bovenstaande aspecten te waarborgen en de omgeving zettingsvrij te houden.

1 PROJECT ACHTERGROND

Beknopte omschrijving van het project:

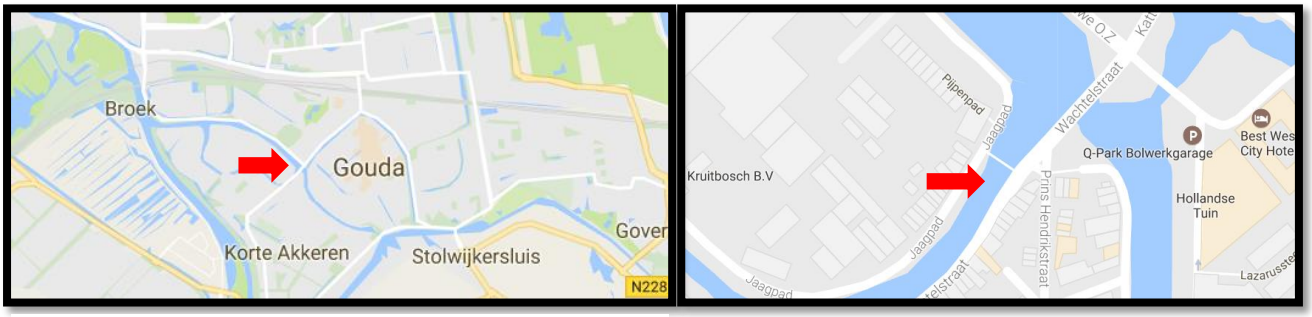
''De noodzaak om de oude transport structuur van het leidingnet in Gouda te vervangen voor de toekomst gerichte transport structuur.''

Geschiedenis van het project

Voorheen had het drinkwaterbedrijf een ander visie op de transportstructuur dan nu. Daardoor veranderd de functie van de leiding. Van transportleiding naar hoofdleiding. Deze structuur was een gemaasd netwerk waardoor transportleidingen in sommige gevallen een grotere capaciteit nodig hadden. In de loop der jaren vonden er veranderingen plaats. Deze veranderingen omvatten: gebruik maken van een ring structuur, locaties waar het water vandaan komt, het debiet door de leidingen, veroudering en zetting. Ten gevolge van deze veranderingen is er onderhoud vereist. Dit onderhoud omvat het gestructureerd vernieuwen van het leidingnetwerk. Hierbij worden op verschillende locaties door middel van verschillende methoden leidingen vernieuwd. Deze leidingen kunnen door verandering in netwerkstructuur andere afmetingen hebben en elders gerealiseerd worden dan de oude leidingen. (Oasen, 2017)

1.1 LOCATIE

De zinker die gerelined dient te worden bevindt zich onder de ''Kromme Gouwe'', tussen de Jaagpad 11 en de Wachtelstraat 21, te Gouda. Deze locatie is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 1 Locatie zinker

1.2 BETROKKEN PARTIJEN

Het project wordt uitgevoerd in combinatie met BAM Infra, Wareco en JGTC.
BAM Infra is een tak van de BAM en is gespecialiseerd op het gebied van infrastructuur binnen bepaalde projecten.
Wareco is een geotechnisch een zeer gespecialiseerd bedrijf en heeft veel kennis van geologische gegevens en berekeningen.
JGTC, oftewel Jan Groenendijk Technical Consultancy, is een man (hoogleraar) met kennis over de geschiedenis van Gouda, veel praktijkervaringen en civiel technische kennis.
Binnen deze combinatie is BAM hoofdaannemer en zijn overige partijen onderaannemer. Oasen waterbedrijf is de opdrachtgever van dit project. Oasen treedt veel in overleg met de betrokken partijen. BAM, Wareco en JGTC voeren allemaal grondig onderzoek uit naar de geschiedenis en huidige staat van de locatie. Aan de hand van dit onderzoek wordt een uitvoeringsplan gerealiseerd wat uitgevoerd zal worden door BAM Infra.

2 OMGEVING

De te ontwerpen hulpconstructie moet binnen de omgeving passen. Om deze passend te maken, zijn de geotechnische gegevens van de grondsoorten rondom de zinker onderzocht.

2.1 GEOTECHNISCHE GEGEVENS

In het vooronderzoeksrapport zijn 2 sonderingen doorgerekend. Bij het doorrekenen van deze sonderingen is de methode van Robertson et al. gebruikt. Om de hulpconstructie zo veilig mogelijk te ontwerpen, wordt met de meest conservatieve sondering gewerkt. De meest conservatieve sondering is sondering 1. Deze is terug te vinden in BIJLAGE 1. (derden, 2017) (al., 1986)

2.2 STAAT KADEMUUR

De kademuur heeft wel enige stabiliteit, maar is gewenst vrij van belasting te houden vanwege de zettingsgevoelige omgeving. Uit het vooronderzoek is gebleken dat de kademuur een houten kwelscherm heeft. Dit kwelscherm is echter lek en niet grond kerend, dit heeft als gevolg dat hier ook een grond kerende wand voor geplaatst moet worden. (Oasen, 2017)

3 EISEN EN RICHTLIJNEN

Richtlijnen met betrekking tot trillen:
Als uitgangspunt voor de panden geldt dat het geotechnisch en geohydrologisch evenwicht bij de oude panden niet mag worden beïnvloed. De doorbuiging van eventuele damwanden dient hierop te worden afgestemd.
Betreffende de uitvoeringswijze is gesproken over het zo veel mogelijk beperken van de optredende trillingen en het (deels) trillingsarm aanbrengen van de damwanden. De trillingen bij de bebouwing worden getoetst op basis van SBR-richtlijn, deel A (Schade aan gebouwen). Hierbij wordt categorie-3 bebouwing aangehouden. (Trillingen, 2012)

Richtlijnen met betrekking tot zetting:
worst case scenario, buiten de hulpconstructie mag geen zetting optreden.

De richtlijn SBR deel A is terug te vinden in BIJLAGE 2.

4 EISEN AAN DE HULPCONSTRUCTIE

De hulpconstructie moet de eigenschappen bieden om het relinen mogelijk te kunnen maken. Hieronder wordt onder andere verstaan:

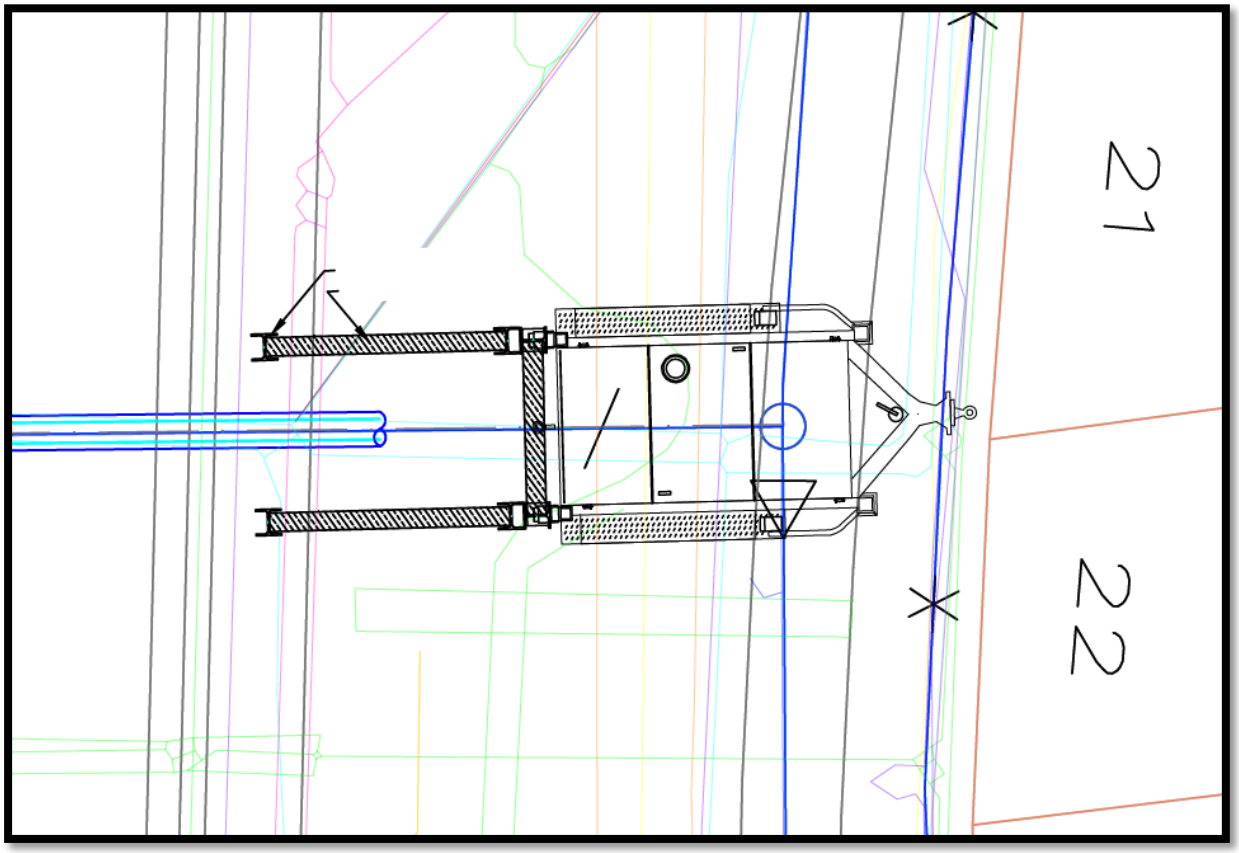
- Er moet voldoende ruimte gecreëerd worden om alle handelingen rond de zinker te kunnen uitvoeren.
- De grondwaterstand moet buiten de hulpconstructie zijn normale niveau behouden om zetting in de omgeving te voorkomen.
- Er mag tijdens en na de uitvoering geen zetting optreden buiten de hulpconstructie.
- De kabels en leidingen van ''Nutsbedrijven'' dienen onbeschadigd te blijven.
- De nieuwe leiding dient droog te worden aangesloten in verband met de hygiëne eisen aan het drinkwater.

5 UITVOERINGSMOGELIJKHEDEN

Voor dit project is een bouwkuip onontkoombaar. Dit komt door de geringe ruimte, grondeigenschappen en de eisen ten gevolge van de omgeving. De verschillende mogelijkheden komen voort uit damwandverschillen, wel of geen stempelraam, de aanbrengmogelijkheden voor de damwand, een draineerplan en eventueel een ''kwelscherm''. Oftewel: de uitvoeringstechniek. (Rotterdam, 2015)

5.1 TYPE WAND

Door de slechte grondeigenschappen in combinatie met veel leidingwerk dat door de bouwkuip loopt is het niet mogelijk damwanden direct de grond in te slaan. Wanneer dit wel gedaan zou worden, zou dit als gevolg hebben dat er een aantal verschillende kanalen beschadigd zouden raken. Om dit te voorkomen zijn er een aantal mogelijkheden. Zo is het mogelijk een berlinerwand aan te brengen. Hierbij worden er speciale buisprofielen de grond in gedrukt/trilt waarna de tussenruimtes opgevuld wordt door middel van ''schotten''. Deze schotten kunnen tussen sleuven in de buisprofielen worden verwerkt. Ook zou er een afweging gemaakt kunnen worden om de kabels en leidingen eerst om te leiden. Dit laatste zou voor de optie van damwanden slaan een vereiste zijn. Dit kan namelijk alleen wanneer de kabels en leidingen omgelegd zijn en zou een betere grond en waterkerende constructie vormen. In onderstaande afbeelding is een beeld gegeven van alle aanwezige kanalen rond de bouwkuip. (Vree, sd)



Figuur 2 bouwkuip met reline-installatie over de klik tekening geplaatst

De lichtgroene lijnen zijn gasleidingen en de overige lijnen omvatten netwerk, telefoon etc. kabels.

5.1.1 Uitvoeringsmethode
Het aanbrengen van een bouwkuip kan door middel van verschillende methoden worden uitgevoerd.

5.1.2 Berlinerwand
Het aanbrengen van de buisprofielen voor de berlinerwand kan op 4 manieren worden gedaan, namelijk:

- Statisch drukken, door middel van een grote kracht het profiel de grond in drukken.
- Trillen, door middel van een trilblok het profiel de grond in trillen.
- Fluïderend drukken, door middel van een hoge drukspuit onder het profiel de grond verzadigd maken waardoor het profiel soepeler de grond in kan worden gedrukt.
- Voorboren en drukken, de grond van te voren loswoelen waardoor het profiel soepeler de grond in kan worden gedrukt.

Welke methode gekozen wordt is sterk afhankelijk van de omgeving en ondergrond. Zo moet er in dit geval geen zetting optreden waardoor statisch drukken een minder aantrekkelijke keuze wordt.

Ook staan er een aantal oude monumenten vlak naast de te ontwerpen bouwkuip. Deze monumenten zijn zeer trilling gevoelig en onvoorspelbaar, Echter kan met een lage trillingsfrequentie de damwand het beste worden aangebracht.

Fluïderend drukken heeft als nadeel dat er onder hoge druk water in de grond wordt gespoten. FluÏderend drukken is geen aantrekkelijke keuze, door het onder hoge druk water spuiten ontstaat er veel grondvervorming en dus zetting.

Voorboren zou in deze situatie ook een goede methode zijn, maar veroorzaakt toch iets meer spanningen in de grond door zowel de roterende beweging van de boor als de stelling die hem omlaag boort. Daarna zou de druk ongeveer gelijk zijn als die van het fluïderend drukken van het buisprofiel.

Wanneer de buisprofielen in de grond zijn geplaatst kunnen de schotten ertussen worden geschoven. In de bouwkuip wordt een laag ontgraven waarna deze tot op de ontgraven diepte wordt afgesloten aan de wanden. Dit wordt gedaan met schotten. (Vree, sd)

Figuur 3 voorbeeld van een berlinerwand

5.1.3 Damwand

Het realiseren van een bouwkuip door middel van damwanden kan gedaan worden met dezelfde uitvoeringsmethoden als het aanbrengen van de buisprofielen bij een berlinerwand. Deze methoden zijn:

- Statisch drukken, door middel van een grote kracht het profiel de grond in drukken.
- Trillen, door middel van een trilblok het profiel de grond in trillen.
- Fluïderend drukken, door middel van een hoge drukspuit onder het profiel de grond verzadigd maken waardoor het profiel soepeler de grond in kan worden gedrukt.
- Voorboren en drukken, de grond van te voren loswoelen waardoor het profiel soepeler de grond in kan worden gedrukt.

Zoals zojuist beschreven is bij de berlinerwand, hangt de te kiezen methode sterk af van de omgeving en ondergrond. Aangezien de projectlocatie bij de berlinerwand gelijk is aan de projectlocatie bij een bouwkuip van damwanden, gelden hiervoor dezelfde redeneringen. Deze zijn terug te vinden in hoofdstuk 5.2.1 (Vree, sd) (Verheul, 2017)

Figuur 4 voorbeeld van een damwand met trekankers

5.1.4 Damwand aan erfgrens zijde met trekankers

Uit het vooronderzoek is gebleken dat door de geringe ruimte, diepte waarop geopereerd moet worden en relatieve slechte ondergrond rond de oude panden op de projectlocatie een massieve damwand parallel aan de oude monumenten verankerd met trekankers onontkoombaar is. Dit geeft een grote hoeveelheid stabiliteit aan de grond rond de panden, meer speling om de bouwkuip te realiseren en de grondwaterstand rond de bouwkuip op het gewenste niveau te houden. Deze zal licht trillend worden aangebracht.

5.2 STEMPELRAAM

Een bouwkuip is een constructie met krachten van buitenaf. Een afweging van een stempelraam kan worden gemaakt om te voorkomen dat de damwanden bezwijken onder de optredende krachten van buitenaf. Ook kan ervoor gekozen worden een stempelraam te plaatsen wanneer er amper tot geen vervorming van de wanden gewenst is. Deze vervorming zou namelijk zorgen voor zetting in de omliggende grond.

In dit geval dient de bouwkuip de worden ontgraven en (gedeeltelijk) watervrij gemaakt te worden. Dit betekend dat er vanaf de buitenkant zowel gronddruk als waterdruk tegen de wanden komt te staan. Om deze krachten te ondervangen zonder dat er vervorming buiten de bouwkuip in de grond optreedt, worden er langs de bouwkuip 2 gordingen geplaatst waarbij haaks op de onderste gording in het midden een stempel wordt geplaatst.
De bouwkuip heeft 2 verschillende niveaus, om deze niveaus te behouden en te zorgen dat het hogere deel niet instort door drukkrachten vanaf de zijkant wordt de stempel op de punt van deze verhoging geplaats. Dit punt is tevens het midden van de bouwkuip. Hierdoor worden de krachten in de wanden op een zo efficiënt mogelijke manier tegen elkaar afgestempeld. In afbeelding 3 is hier een dwarsdoorsnede van gegeven. (Vree, sd) (Verheul, 2017)

Figuur 5 Voorbeeld van een stempelraam

5.3 ONTGRAVEN

Bij het aanbrengen van de bouwkuip zijn er 2 mogelijkheden met betrekking tot ontgraven. Dit kan uitgevoerd worden in ''den natte'' en in ''den droge'' (door middel van drainage). Droog ontgraven heeft als voordeel dat je beter zicht hebt. Echter heeft nat ontgraven het voordeel dat de grondwaterstand beter valt te monitoren en beheersen. (Verheul, 2017)

6 HULPCONSTRUCTIE

Uit de mogelijke uitvoeringsmethoden zijn 3 ontwerpen voort gekomen. Deze 3 ontwerpen hebben ieder hun voor en nadelen en zullen in een Multi Criteria Analyse (MCA) tegen elkaar worden afgewogen.

6.1 ONTGRAVEN EN (GEDEELTELIJK) WERKEN IN DEN NATTE

Bij de eerste variant is erover nagedacht om een hulpconstructie te realiseren die ontgraven wordt in den natte. Dit betekend zonder bemaling, oftewel: er staat water in de bouwkuip. Ook wordt er hierbij in den natte gewerkt wanneer deze bouwkuip is gerealiseerd. Dit betekend dat er geen bemaling wordt toegepast zoals bij de andere 2 varianten vereist is.

Bij deze variant wordt er eerst een damwand parallel aan de erfgrens van de oude monumenten geplaatst. Deze damwand wordt over een lengte van 24 meter aangebracht en verankerd met trekankers. Hierdoor wordt de grondwaterstand achter deze damwand beter beheersbaar, het geeft stabiliteit onder de oude monumenten en meer mogelijkheden met betrekking tot het relinen van de zinker. Het aanbrengen van deze damwanden moet zorgvuldig worden gedaan, alle kabels en leidingen onder dit tracé moeten door middel van proefsleuven worden opgegraven en zoveel mogelijk tussen de damwand en de oude monumenten tijdelijk worden omgelegd. Hierna kan de damwand worden aangebracht.

De volgende stap is het aanbrengen van de buisprofielen, deze zijn gewenst op een hart op hart afstand van anderhalve meter. Door de onvoorspelbare materialen/voorwerpen in de ondergrond is het niet mogelijk om deze afstand precies te hanteren. Hierom wordt er tussen de 1,2 en 1,8 meter gezocht naar de meest gunstige locatie om het buisprofiel in te brengen en de schotten hier tussen te werken.

Na het plaatsen van deze profielen wordt er geleidelijk aan een deel ontgraven waarna de schotten steeds geplaatst worden. Deze kunnen om het kabels en leiding tracé gevormd worden.
Bij deze variant wordt er niet met een 2-delige bouwkuip gewerkt, hierbij wordt er ontgraven tot het niveau waar de zinker met een 45 graden hoek omhoog loopt.

De bouwkuip zal één tot enkele dagen met rust gelaten worden om de gronddeeltjes in het water te laten zakken, zo wordt er meer zicht in de bouwkuip gecreëerd. Ondertussen is de zinker aan de andere kant van de Kromme Gouwe afgesloten. Hierdoor kan de zinker onderwater worden doorgezaagd en kan het geen kwaad dat deze vol loopt. Een op maat gemaakt buisprofiel (verlengstuk) zal over de doorgehaalde zinker worden geplaatst. Dit verleng stuk zorgt ervoor dat de zinker boven de grondwaterstand uitmond en dat deze leeggepompt kan worden. Wanneer de zinker leeg is kan hij aan de andere kant van de Kromme Gouwe weer open gemaakt worden om het reline-proces plaats te laten vinden. Hierbij is de reline-installatie afgestempeld op de zinker zelf om krachten op zowel de ondergrond als in de zinker te voorkomen.

Na het reline-proces dient het oude T-stuk te worden geroteerd. Dit wordt zodanig gedaan tot het koppelstuk zich boven de waterstand bevind om de nieuwe leiding in het droge aan te kunnen sluiten op het T-stuk. (Groenendijk, 2017) (Verschuuren, 2017)
Deze variant wordt als optie 1 afgebeeld in BIJLAGE 3. Tevens wordt de tekening op A0 als los bestand bijgevoegd.

6.2 BOUWKUIP ZONDER KWELSCHERM

Bij de tweede variant is erover nagedacht om een hulpconstructie te realiseren die na de ontgraving volledig wordt bemaald tot 3,4 meter onder maaiveld (2,9 meter lager dan de reguliere grondwaterstand). Hierbij wordt er een bouwkuip gerealiseerd zonder kwelscherm om de grondwater toestroom uit de omgeving te verminderen.

Bij deze variant wordt er in de Kromme Gouwe eerst een 24 meter lange damwand geplaatst 0,5 meter voor de kade. Deze wordt boven de zinker en gasleiding tot een diepte van 3,7 meter onder maaiveld (3,2 meter onder waterniveau Kromme Gouwe) geplaatst en op de resterende stukken tot 10 meter onder maaiveld. Tussen deze damwand en de kade worden speciale kleikorrels, Cebogel QSE kiwa265, geplaatst welke een zwelvermogen hebben van wel 800%. Dit zorgt voor een zeer slechte waterdoorlatende muur van de Kromme Gouwe de grond onder de kade in. Ook geeft het extra stabiliteit aan de kade wanneer hier werkvoertuigen op komen te staan.

Na het aanbrengen van deze kleimuur komt er een damwand parallel aan de erfgrens van de oude monumenten geplaatst. Deze damwand wordt over een lengte van 24 meter aangebracht en verankerd met trekankers. Hierdoor wordt de grondwaterstand achter deze damwand beter beheersbaar, het geeft stabiliteit onder de oude monumenten en meer mogelijkheden met betrekking tot het relinen van de zinker. Het aanbrengen van deze damwanden moet zorgvuldig worden gedaan, alle kabels en leidingen onder dit tracé moeten door middel van proefsleuven worden opgegraven en zoveel mogelijk tussen de damwand en de oude monumenten tijdelijk worden omgelegd. Hierna kan de damwand worden aangebracht.

De volgende stap is het aanbrengen van de buisprofielen, deze zijn gewenst op een hart op hart afstand van anderhalve meter. Door de onvoorspelbare materialen/voorwerpen in de ondergrond is het niet mogelijk om deze afstand precies te hanteren. Hierom wordt er tussen de 1,2 en 1,8 meter gezocht naar de meest gunstige locatie om het buisprofiel in te brengen en de schotten hier tussen te werken.

Na het plaatsen van deze profielen wordt er geleidelijk aan een deel ontgraven waarna de schotten steeds geplaatst worden. Deze kunnen om het kabels en leiding tracé gevormd worden.
Tijdens het ontgraven en plaatsen van de schotten wordt rond de bouwkuip, behalve aan de erfgrenszijde van de damwand, bronbemaling toegepast. Deze verlaagd de grondwaterstand steeds tot het ontgraven niveau. Deze bemaling wordt (gedeeltelijk) retour gestuurd achter de damwand parallel aan de erfgrens om de grondwaterstand aan die zijde normaal te houden. Dit voorkomt zetting onder en rond de oude monumenten.

Wanneer de hulpconstructie af is zal het reline-proces worden uitgevoerd door middel van een op maat gemaakte buis. Deze buis zal als stempel tussen de zinker en de reline-installatie dienen om krachten op zowel de ondergrond als in de zinker te voorkomen. (Groenendijk, 2017) (Verschuuren, 2017)

Deze variant wordt als optie 2 afgebeeld in BIJLAGE 3. Tevens wordt de tekening op A0 als los bestand bijgevoegd.

6.3 BOUWKUIP MET KWELSCHERM

Bij de derde variant is erover nagedacht om een hulpconstructie te realiseren die na de ontgraving volledig wordt bemaald tot 3,4 meter onder maaiveld (2,9 meter lager dan de reguliere grondwaterstand). Hierbij wordt er een bouwkuip gerealiseerd met een kwelscherm om de grondwater toestroom uit de omgeving te verminderen.

Bij deze variant wordt er in de Kromme Gouwe eerst een 24 meter lange damwand geplaatst 0,5 meter voor de kade. Deze wordt boven de zinker en gasleiding tot een diepte van 3,7 meter onder maaiveld (3,2 meter onder waterniveau Kromme Gouwe) geplaatst en op de resterende stukken tot 10 meter onder maaiveld. Tussen deze damwand en de kade worden speciale kleikorrels, Cebogel QSE kiwa265, geplaatst welke een zwelvermogen hebben van wel 800%. Dit zorgt voor een zeer slechte waterdoorlatende muur van de Kromme Gouwe de grond onder de kade in. Ook geeft het extra stabiliteit aan de kade wanneer hier werkvoertuigen op komen te staan.

Na het aanbrengen van deze kleimuur komt er een damwand parallel aan de erfgrens van de oude monumenten geplaatst. Deze damwand wordt over een lengte van 24 meter aangebracht en verankerd met trekankers. Hierdoor wordt de grondwaterstand achter deze damwand beter beheersbaar, het geeft stabiliteit onder de oude monumenten en meer mogelijkheden met betrekking tot het relinen van de zinker. Het aanbrengen van deze damwanden moet zorgvuldig worden gedaan, alle kabels en leidingen onder dit tracé moeten door middel van proefsleuven worden opgegraven en zoveel mogelijk tussen de damwand en de oude monumenten tijdelijk worden omgelegd. Hierna kan de damwand worden aangebracht.

De volgende stap is het aanbrengen van een kwelscherm. Dit wordt gedaan met sika injection-304. Dit is een flexibele elastische polyacryl injectiegel voor permanente waterdichting. Deze wordt aan de kadezijde in de kleimuur schuin richting de bouwkuip ingebracht. Dit gebeurd onder een hoek van 10 graden. Het kwelscherm zal een lengte hebben van 12 meter en een diepte van 8 meter. Met dezelfde gel worden er ook aan beide kanten van de bouwkuip een kwelscherm aangebracht tot dezelfde diepte. Deze zullen aansluiten op de hoeken van het kwelscherm aan de kadezijde en de damwand die parallel loopt aan de erfgrens.

Na het plaatsen van dit kwelscherm zullen de buisprofielen worden aangebracht, deze zijn gewenst op een hart op hart afstand van anderhalve meter. Door de onvoorspelbare materialen/voorwerpen in de ondergrond is het niet mogelijk om deze afstand precies te hanteren. Hierom wordt er tussen de 1,2 en 1,8 meter gezocht naar de meest gunstige locatie om het buisprofiel in te brengen en de schotten hier tussen te werken.

Na het plaatsen van deze profielen wordt er geleidelijk aan een deel ontgraven waarna de schotten steeds geplaatst worden. Deze kunnen om het kabels en leiding tracé gevormd worden.
Tijdens het ontgraven en plaatsen van de schotten wordt rond de bouwkuip, behalve aan de erfgrenszijde van de damwand, bronbemaling toegepast. Deze verlaagd de grondwaterstand steeds tot het ontgraven niveau. Deze bemaling wordt (gedeeltelijk) retour gestuurd achter de damwand parallel aan de erfgrens om de grondwaterstand aan die zijde normaal te houden. Dit voorkomt zetting onder en rond de oude monumenten. Door het kwelscherm zal de grondwaterstand beter beheersbaar zijn en zullen er minder grondspanningsverschillen optreden. Ook wordt het risico op onvoorziene incidenten verkleind.

Wanneer de hulpconstructie af is zal het reline-proces worden uitgevoerd door middel van een op maat gemaakte buis. Deze buis zal als stempel tussen de zinker en de reline-installatie dienen om krachten op zowel de ondergrond als in de zinker te voorkomen.
Deze variant wordt als optie 3 afgebeeld in BIJLAGE 3. (Groenendijk, 2017) (Verschuuren, 2017)

7 MULTI CRITERIA ANALYSE

Om de hulpconstructie te selecteren die het meest efficiënt en optimaal ervoor kan zorgen dat de zinker onder de Kromme Gouwe gerelined kan worden, wordt een Multi Criteria Analyse (MCA) opgesteld. Deze MCA beoordeeld de varianten op alle aspecten die van belang zijn voor dit project. De variant die het hoogst scoort wint. De verhoudingen worden beschreven in cijfers van 1 tot en met 5, waarin 1 is zeer ongunstig en 5 is zeer gunstig. Bij de tabel is een toelichting gegeven waarom elk onderdeel een bepaald cijfer heeft gekregen. De MCA is terug te vinden in BIJLAGE 5.

Uit de MCA is gebleken dat de bouwkuip met een kwelscherm (variant 3) de meest efficiënte en optimale bouwkuip is om het relinen uit te voeren.

8 BIBLIOGRAFIE

al., R. e. (1986). *Classification of soils according to robertson*. Opgehaald van Fine civil engineering software: http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/classification-of-soils-according-to-robertson-01/

derden. (2017). *Dinoloket*. Opgehaald van https://www.dinoloket.nl/

Groenendijk, J. (2017, maart 2). Geschiedenis van Gouda. (M. Verschuuren, Interviewer)

Oasen. (2017, februari 13). *Intern nieuws Oasen intranet*. Opgehaald van Oasen drinkwater: https://start.oasen.nl/

Rotterdam, H. (2015). *HR Dashboard*. Opgehaald van Natschool: https://natschool.hro.nl/

Trillingen. (2012, maart 15). Opgehaald van http://www.trillingen.com/artikelen/trillingsmetingen-sbr-richtlijn-a/2

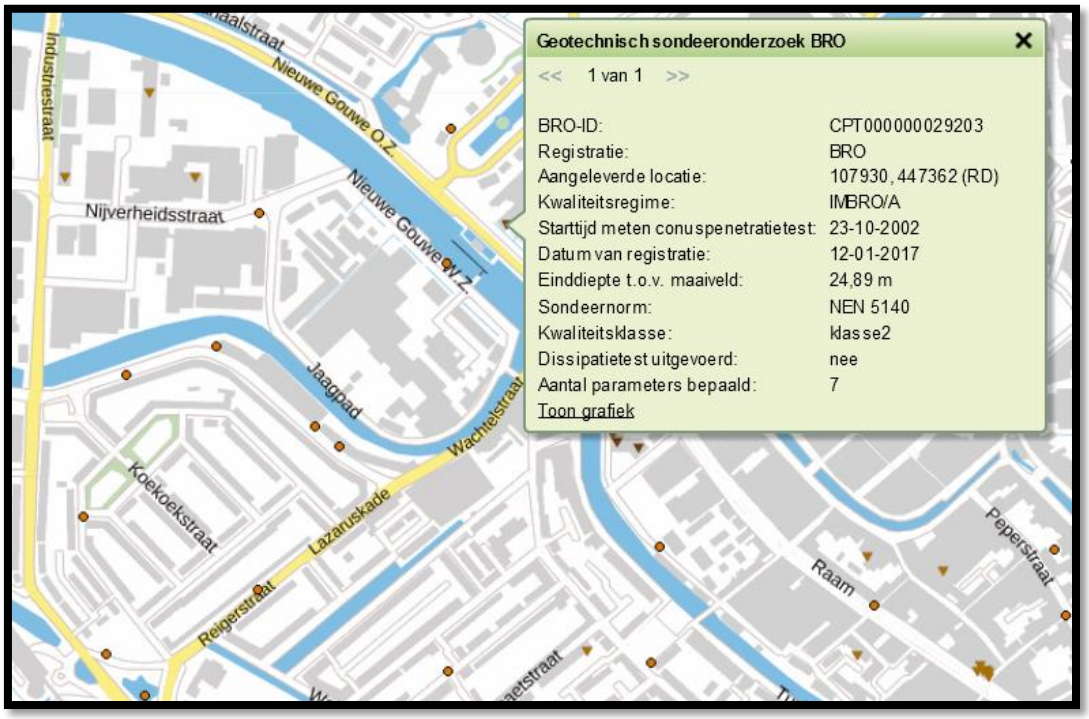
Verheul, B. P. (2017, april 19). gesprek Kandt. Nieuwekerk a/d ijssel, Zuid-Holland, Nederland.

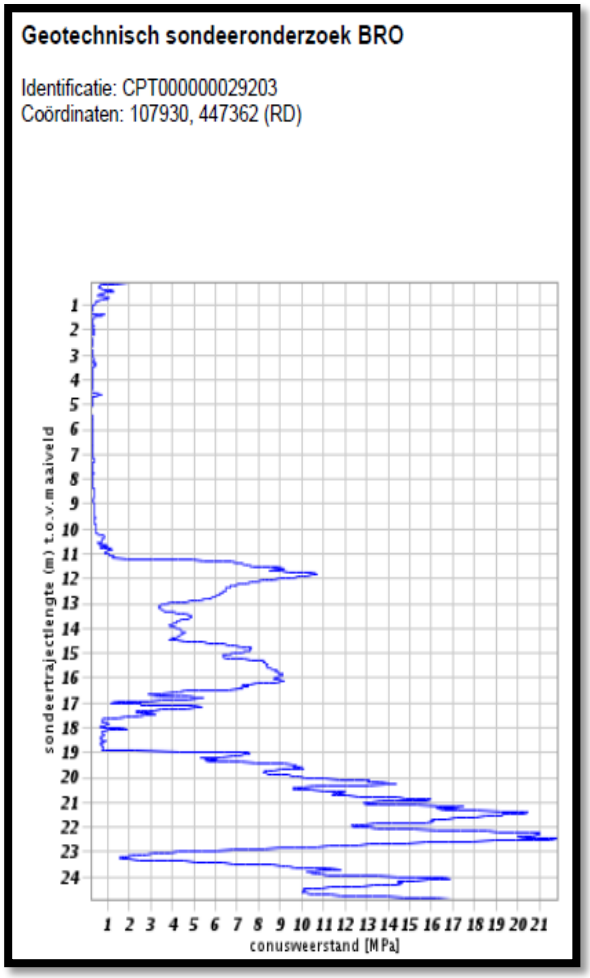
Verschuuren, M. (2017). *Vooronderzoek.* Gouda: Oasen.

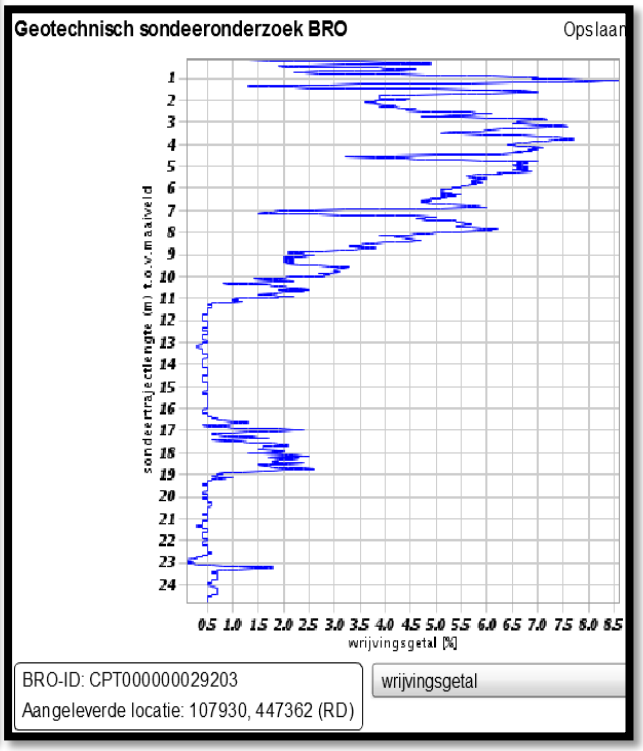
Vree, J. d. (sd). *joostdevree*. Opgehaald van joostdevree: http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/berlinerwand.htm

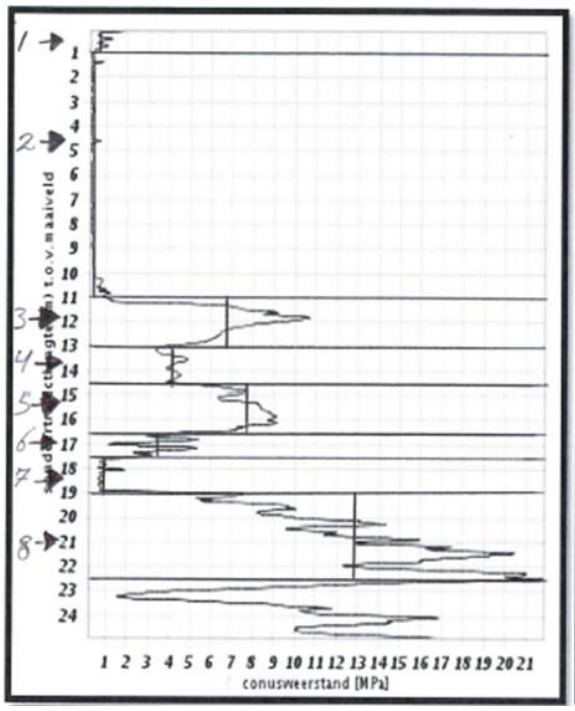
BIJLAGE 1 SONDERING

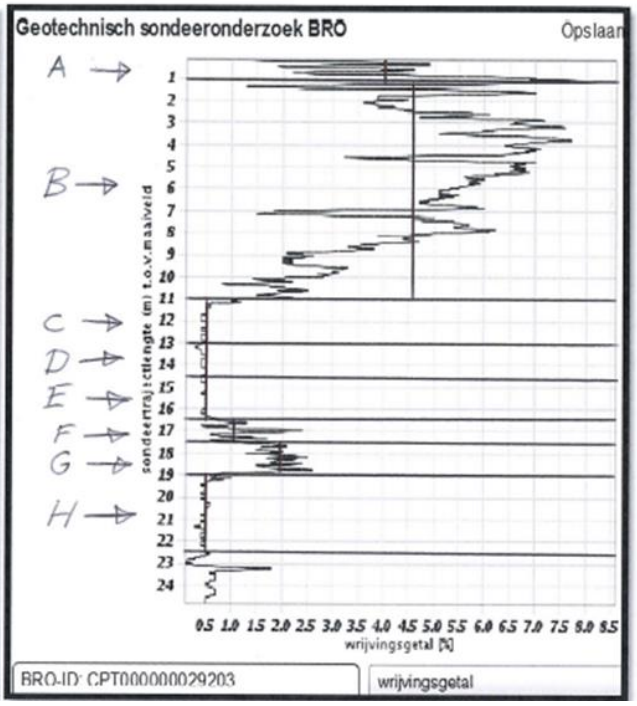
De meest conservatieve sondering met uitwerking.











Sondering 1		Sondering 2	
0		0	
-1	Clay	-1	
-2		-2	Silty sand to sandy silt
-3		-3	
-4		-4	
-5		-5	
-6	Organic material	-6	
-7		-7	
-8		-8	
-9		-9	Clay
-10		-10	
-11		-11	
-12	Sand to silty sand	-12	
-13		-13	
-14	Silty sand to sandy silt	-14	
-15	Sand to silty sand	-15	
-16		-16	
-17	Silty sand to sandy silt	-17	Sand to silty sand
-18	Sensitive fine grained	-18	
-19		-19	
-20	Sand	-20	
-21		-21	
-22		-22	
-23		-23	Sand

Tabel 1 Geotechnische grondsoorten

Aanwezige grondsoorten:

- Clay = **Klei**
- Organic material = **Organisch materiaal = veen**
- Sand to silty sand = **Zand tot ziltig zand**
- Silty sand to sandy silt = **Ziltig zand tot zandig zilt**
- Sensitive fine grained = **gevoelige fijnkorrels**
- Sand = **Zand**

BIJLAGE 2 CBR DEEL A CATEGORIE 3

Trillingsmetingen volgens SBR richtlijn A

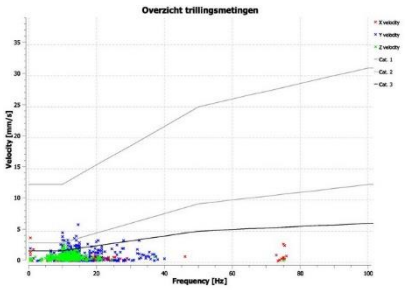
Bouwwerken kunnen door verschillende omstandigheden in trilling raken. Veel bouwwerken zijn niet expliciet ontworpen om trillingen op te nemen, waardoor er kans op schade bestaat. Een en ander is afhankelijk van de aard en de constructiewijze van het bouwwerk en de aard, de sterkte en de frequentie van de trillingen. Daar verificatie van de belasting op gebouwen door trillingen in relatie met het incasseringsvermogen van bouwwerken in bepaalde gevallen wenselijk is door de Stichting Bouwresearch (SBR) een richtlijn (A) opgesteld voor het meten en beoordelen van schade aan bouwwerken door trillingen. De meet- en beoordelingsrichtlijn A, "Schade aan gebouwen" bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van schade aan gebouwen. De richtlijn maakt onderscheid in de constructiewijze en de staat van het bouwwerk. Hierbij wordt de volgende verdeling van bouwwerken aangehouden:

Categorie 3:
Onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde. In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen van gebouwen.
Voor de toetsingswaarden is verder het type meting en het type trillingsbron van belang. Onderscheid wordt tevens gemaakt tussen trillingsgevoelige funderingen en niet trillingsgevoelige funderingen.
Het bouwwerk kan ook in een slechte bouwkundige staat verkeren, hiervan is sprake indien de sterkte van de draagconstructie in belangrijke mate is verminderd door reeds aanwezige schade en/of de onderlinge samenhang tussen de onderdelen zodanig zwak is dat deze door trillingen kan bezwijken of in belangrijke mate kan verzwakken.

Grenswaarden behorende bij Schade - SBR richtlijn A

De karakteristieke waarden van de grenswaarden (Vtop) op beganegrondniveau als functie van de dominante frequentie worden gegeven in de onderstaande figuur 1.

Figuur 1: karakteristieke grenswaarden (Vtop)



Numerieke waarden van de bovenstaande figuur 1 hier weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: numerieke waarden van figuur 1

f [Hz]	cat. 1	cat. 2	cat. 3	fund.
0	20,00	5,00	3,00	--
5	20,00	5,00	3,00	31,83
10	20,00	5,00	3,00	15,92
15	22,50	6,25	3,63	10,61
20	25,00	7,50	4,25	7,96
25	27,50	8,75	4,88	6,37
30	30,00	10,00	5,50	5,31
35	32,50	11,25	6,13	4,55
40	35,00	12,50	6,75	3,98
45	37,50	13,75	7,38	3,54
50	40,00	15,00	8,00	3,18
55	41,00	15,50	8,20	2,89
60	42,00	16,00	8,40	2,65
65	43,00	16,50	8,60	2,45
70	44,00	17,00	8,80	2,27
75	45,00	17,50	9,00	2,12
80	46,00	18,00	9,20	1,99
85	47,00	18,50	9,40	1,87
90	48,00	19,00	9,60	1,77
95	49,00	19,50	9,80	1,68
100	50,00	20,00	10,00	1,59

De rekenwaarde van de grenswaarde wordt bepaald volgens:

$$V_r = \frac{V_{kar}}{\gamma_t}$$

Hierbij is:

V_r de rekenwaarde van de grenswaarde

V_{kar} de karakteristieke waarde van de grenswaarde volgens bovenstaande figuur

γ_t de partiële veiligheidsfactor die het type trilling in rekening brengt volgens onderstaande waarden:

- kortdurend 1,0
- herhaald kortdurend 1,5
- continu 2,0

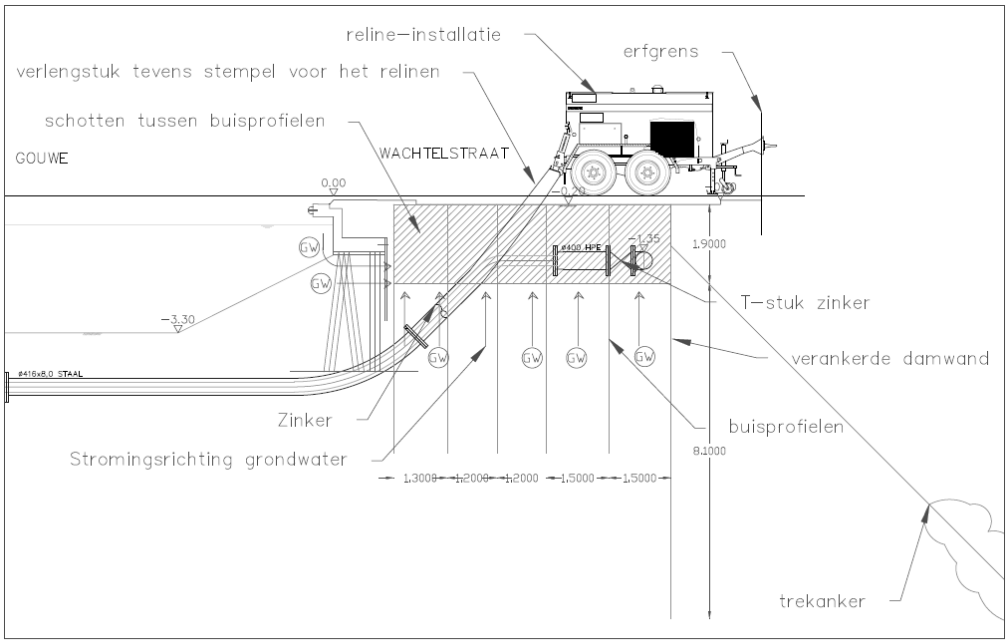
Karakteristieke waarde van de grenswaarde ter voorkoming van schade aan de hoofddraagconstructie, gemeten op de hoogste verdieping en op onderdelen van de hoofddraagconstructie en elementen:

- categorie 1 V_{kar} = 40 mm/s
- categorie 2 V_{kar} = 15 mm/s
- categorie 3 V_{kar} = 8 mm/s

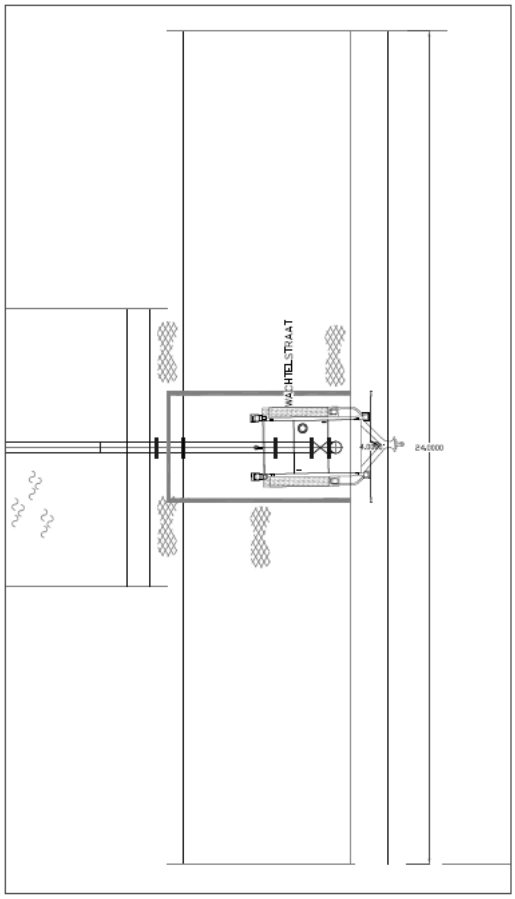
BIJLAGE 3 VARIANTEN

Er zijn 3 mogelijke hulpconstructies ontworpen, hiervan zijn dwarsdoorsnedes, langsdoorsneden en bovenaanzichten gemaakt.

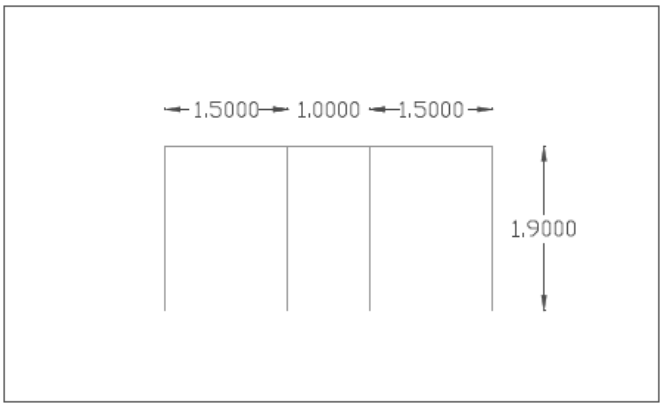
Optie 1, in den natte:



dwarsdoorsnede optie 1

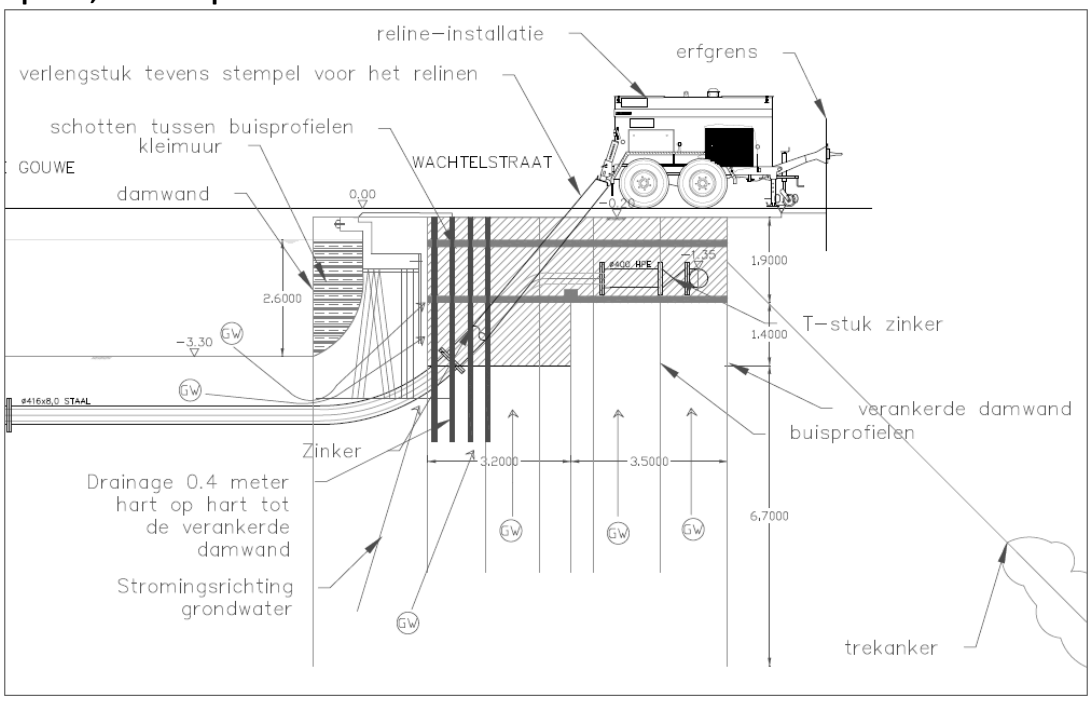


bovenaanzicht optie 1

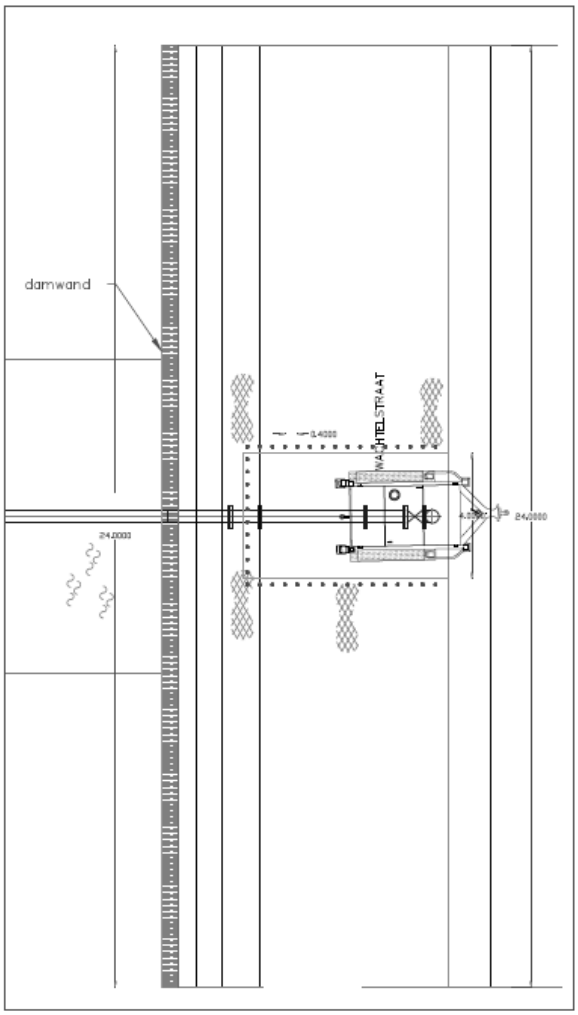


langsdoorsnede optie 1

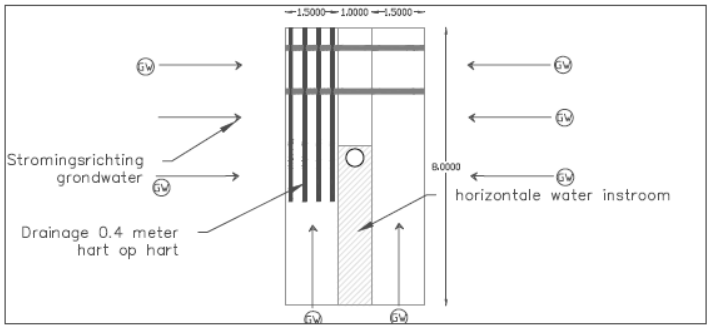
Optie 2, bouwkuip zonder kwelscherm:



dwarsdoorsnede optie 2

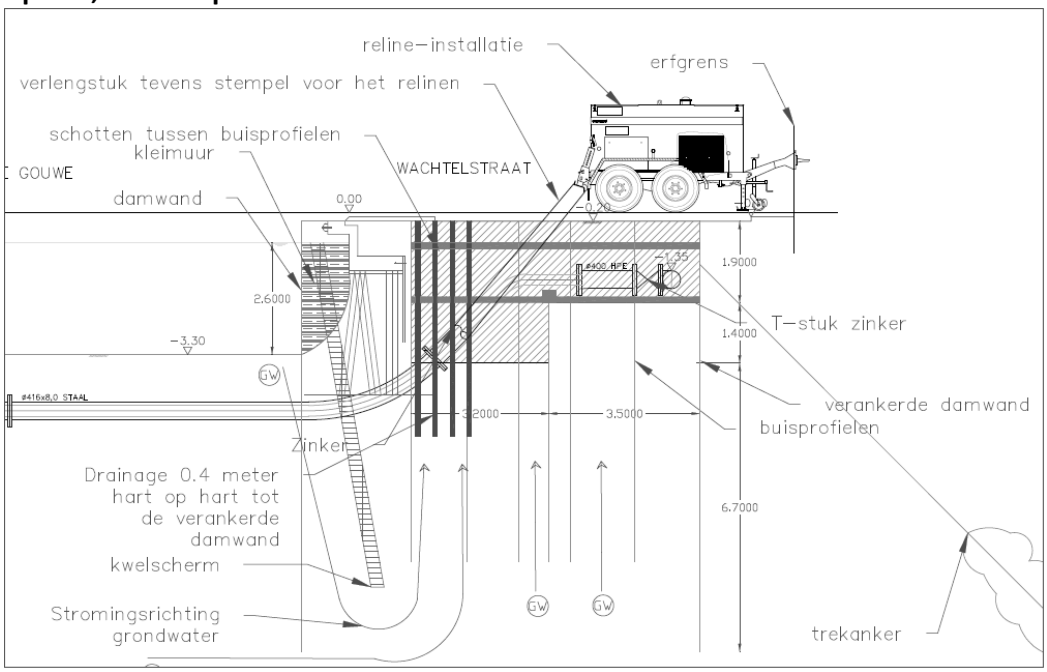


bovenaanzicht optie 2

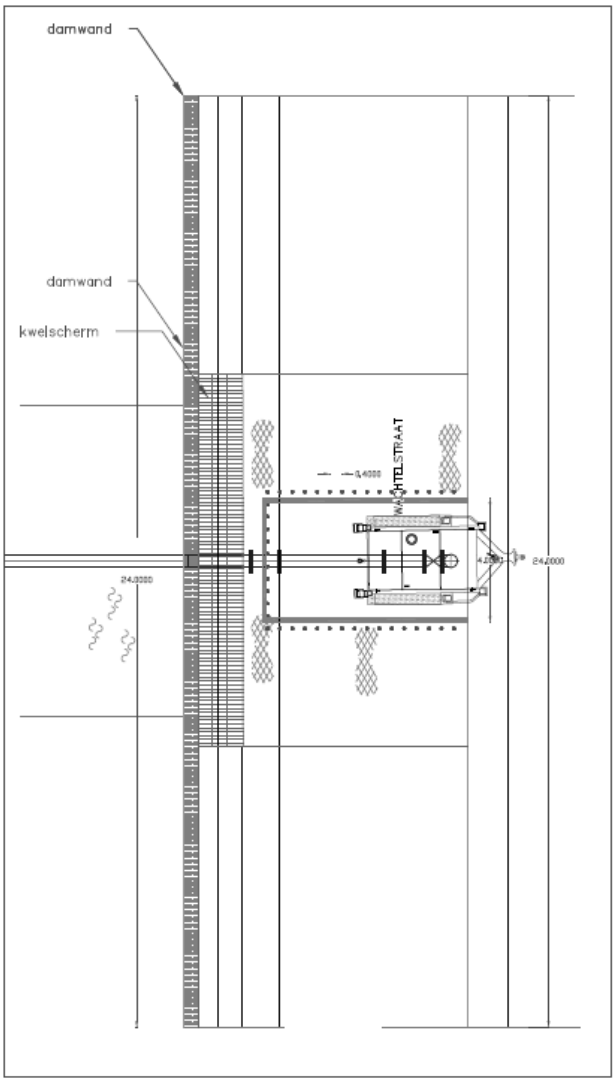


langsdoorsnede optie 2

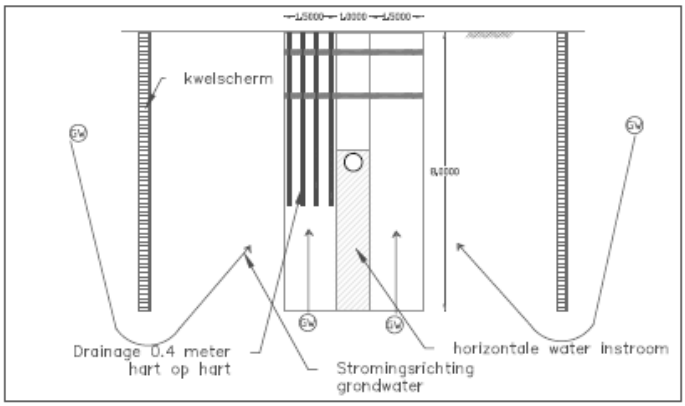
Optie 3, bouwkuip met kwelscherm:



dwarsdoorsnede optie 3



bovenaanzicht optie 3



langsdoorsnede optie 3

BIJLAGE 4 MCA

Om de meest efficiënte en optimale variant te selecteren om de zinker onder de Kromme Gouwe te relinen is deze Multi Criteria Analyse (MCA) opgesteld.

MCA mogelijke hulpconstructies	
1	zeer ongunstig
2	ongunstig
3	normaal
4	gunstig
5	zeer gunstig

Cijfer 1 - B. Verheul – Projectleider Kandt b.v
Cijfer 2 - J. de Leeuw – Constructeur Congeo
Cijfer 3 – M. Verschuuren – Afstudeerder Oasen

Risico op schade aan de omgeving heeft betrekking op kosten en omvat hiermee onvoorziene schades.
Schade aan de straat omvat het opbreken van de straat voor de bouwkuip.

	Kolom1	cijfer	cijfer	cijfer	cijfer	procent	cijfer2
	oplossing 1 in den natte						
1	uitvoeringstijd	3	5	5	4,33	0,04	0,17
2	uitvoerbaarheid hulpconstructie	3	5	4	4	0,07	0,28
3	risico op schade aan omgeving	1	2	1	1,33	0,09	0,12
4	veiligheid voor personeel	3	3	3	3	0,10	0,3
5	anticipeermogelijkheden	1	2	1	1,33	0,06	0,08
6	uitvoerbaarheid relinen	3	1	1	1,66	0,05	0,08
7	bemalingspompen	5	5	5	5	0,07	0,35
8	aanbrengen buisprofielen	3	3	3	3	0,03	0,09
9	aanbrengen schotten	2	4	2	2,66	0,03	0,08
10	plaatsen damwand met trekankers	3	3	3	3	0,04	0,12
11	plaatsen kleimuur	5	5	5	5	0,03	0,15
12	aanbrengen kwelscherm	5	5	5	5	0,03	0,15
13	aanbrengen stempelraam	3	3	3	3	0,01	0,03
14	zetting bebouwing	1	3	3	2,33	0,20	0,47
15	schade aan straat	5	4	5	4,66	0,02	0,09
16	stabiliteit bestaande kade	1	1	1	1	0,13	0,13
	totaal					1,00	2,70

.

	Kolom2	cijfer	cijfer	cijfer	cijfer	procent	cijfer2
	oplossing 2 zonder kwelscherm						
1	uitvoeringstijd	4	3	4	3,66	0,04	0,14
2	uitvoerbaarheid hulpconstructie	3	2	2	2,33	0,07	0,16
3	risico op schade aan omgeving	2	3	2	2,33	0,09	0,21
4	veiligheid voor personeel	2	4	2	2,66	0,10	0,26
5	anticipeermogelijkheden	2	3	2	2,33	0,06	0,14
6	uitvoerbaarheid relinen	3	4	3	3,33	0,05	0,16
7	bemalingspompen	2	1	1	1,33	0,07	0,09
8	aanbrengen buisprofielen	3	3	3	3	0,03	0,09
9	aanbrengen schotten	2	4	2	2,66	0,03	0,08
10	plaatsen damwand met trekankers	3	3	3	3	0,04	0,12
11	plaatsen kleimuur	3	3	3	3	0,03	0,09
12	aanbrengen kwelscherm	5	5	5	5	0,03	0,15
13	aanbrengen stempelraam	3	3	3	3	0,01	0,03
14	zetting bebouwing	2	1	1	1,33	0,20	0,26
15	schade aan straat	3	3	3	3	0,02	0,06
16	stabiliteit bestaande kade	3	3	3	3	0,13	0,39
	totaal					1	2,46

	Kolom3	cijfer	cijfer	cijfer	cijfer	procent	cijfer2
	oplossing 3 met kwelscherm						
1	uitvoeringstijd	4	2	3	3	0,04	0,12
2	uitvoerbaarheid hulpconstructie	5	4	5	4,66	0,07	0,32
3	risico op schade aan omgeving	5	4	4	4,33	0,09	0,39
4	veiligheid voor personeel	3	5	5	4,33	0,10	0,43
5	anticipeermogelijkheden	5	3	5	4,33	0,06	0,26
6	uitvoerbaarheid relinen	4	4	4	4	0,05	0,2
7	bemalingspompen	4	2	3	3	0,07	0,21
8	aanbrengen buisprofielen	3	3	3	3	0,03	0,09
9	aanbrengen schotten	5	4	5	4,66	0,03	0,14
10	plaatsen damwand met trekankers	3	3	3	3	0,04	0,12
11	plaatsen kleimuur	3	3	3	3	0,03	0,09
12	aanbrengen kwelscherm	1	1	1	1	0,03	0,03
13	aanbrengen stempelraam	3	3	3	3	0,01	0,03
14	zetting bebouwing	3	3	4	3,33	0,20	0,66
15	schade aan straat	2	4	4	3,33	0,02	0,06
16	stabiliteit bestaande kade	3	3	3	3	0,13	0,39
	totaal					1	3,56

Reden becijfering per criteria

uitvoeringstijd	De uitvoeringstijd van optie 1 is het meest gunstig omdat deze het kortste is. Bij optie 2 komen een aantal extra handelingen kijken waardoor deze het meest ongunstig is. Ondanks dat bij optie 3 de meeste handelingen komen kijken is deze alsnog gunstiger dan optie 2 omdat het reline proces bij deze optie beter uitgevoerd kan worden en de bouwkuip beter te bemalen en monitoren is.
uitvoerbaarheid hulpconstructie	De uitvoerbaarheid van optie 2 scoort het laagst door het uitvoeren van de diepere versie van een bouwkuip zonder het kwelscherm, hierdoor moet er figuurlijk gevochten worden tegen het water wat een enorme opdracht is op deze locatie met een berlinerwand. Optie 1 is niet de beste optie door de complicaties bij het ''in het droge'' koppelen van de nieuwe leiding op het T-stuk. Optie 3 scoort het beste door de aanwezigheid van dit kwelscherm in combinatie met de bemaling.
Risico op schade aan de omgeving	Optie 1 scoort het laagste bij deze criteria door het gebrek aan stabiliteit aan de kade wat ook voor schade aan de weg leid en er is geen zicht in de bouwkuip onder waterniveau waardoor materieel kapot kan geen tijdens de werkzaamheden. Optie 3 scoort hier het hoogste door alle getroffen voorzieningen zoals de kleimuur, het kwelscherm en de paralleldamwand. Deze in combinatie zorgen voor stabiliteit aan de kade, een beter te reguleren waterstand rond de bouwkuip en een ontlasting van de oude panden.
Veiligheid voor het personeel	Door alle getroffen voorzieningen bij optie 3 is de bouwkuip betrouwbaarder en veiliger voor personeel om in en rondom te werken.
anticipeermogelijkheden	Qua anticipeermogelijkheden is wederom optie 3 het meest gunstig. Door alle getroffen voorzieningen kan er op onverwachte aspecten het met adequaat gehandeld worden.
uitvoerbaarheid relinen	Het reline-proces uitvoeren vergt ruimte voor de installatie en het personeel. Ook dient de installatie afgestempeld te worden, dit geeft allerlei spanningen welke ondervangen dienen te worden op de oude zinker en de bouwkuip zelf. Bij optie 3 is dit het meest gunstig door de beter te bemalen bouwkuip en stevigere constructie ten opzichte van de andere opties.
bemalingspompen	Het aantal benodigde bemalingspompen bij optie 1 is 0, dit komt doordat de bouwkuip in den natte is, hierdoor scoort optie 1 bij dit criteria het hoogst. Optie 2 scoort het laagst door het gebrek aan een kwelscherm, hierdoor zal er een aanzienlijk hogere hoeveelheid water bemaald moeten worden dan bij optie 3 wat in combinatie met een berlinerwand constructie niet gunstig is.
aanbrengen buisprofielen	Het aanbrengen van de buisprofielen wordt in alle 3 de opties als gelijk beschouwd. Dit komt doordat dit een vroege stap is qua uitvoering en nog geen voor of nadelen per oplossing ondervind.
aanbrengen schotten	Het aanbrengen van de schotten is het meest gunstig uit te voeren in optie 3, dit komt door de getroffen voorzieningen als een kwelscherm in combinatie met de bemaling. Hierdoor kunnen de schotten tegelijk met een droge ontgraving gunstig worden aangebracht.
plaatsen damwand met trekankers	Het plaatsen van de paralleldamwand met trekankers is de eerste stap bij iedere oplossing, hierom is deze gelijk beoordeeld.
plaatsen kleimuur	Bij optie 1 hoeft er geen kleimuur geplaatst te worden, daarom scoort deze uiteraard het hoogst. Voor optie 2 en 3 is het plaatsen van deze kleimuur hetzelfde principe en dus gelijk beoordeeld.
aanbrengen kwelscherm	Aangezien het kwelscherm alleen bij optie 3 wordt aangebracht scoort deze het laagst terwijl optie 1 en 2 als gunstig worden beschouwd.
aanbrengen stempelraam	Het aanbrengen van een stempelraam wordt voor alle 3 de opties als gelijk beschouwd, bij optie 1 zou dit niet nodig kunnen zijn waarmee optie 1 gunstiger wordt. Maar indien het bij optie 1 wel nodig is wordt het een stuk lastiger door het werken onder waterniveau. Hierom is deze als neutraal genomen. Dit verschil tussen gunstig of ongunstig is

	niet maatgevend voor de keuze dus niet meegenomen in een modelering.
zetting bebouwing	Bij optie 3 vind de minste zetting rond en onder de bebouwing plaats. Dit komt voornamelijk door het kwelscherm waardoor de bemaling veel beter de reguleren valt en middels de retourbemaling de grondwaterstand buiten de bouwkuip beter op het normale niveau gehouden kan worden.
schade aan straat	Optie 1 zorgt waarschijnlijk voor de minste schade aan de straat, dit komt doordat er minder in en rond de bouwkuip hoeft te gebeuren.
stabiliteit bestaande kade	Optie 1 verleend door gebrek aan een kleimuur geen extra stabiliteit aan de kade waardoor er een grotere kans is dat hier schade aan optreed. Bij optie 2 en 3 is dit op gelijke wijze ondervangen.

Definitie per criteria

uitvoeringstijd	voorbereidingswerkzaamheden, uitvoeringswerkzaamheden en herstelwerkzaamheden kosten tijd. In dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld op hoe lang deze totale uitvoeringstijd is.
uitvoerbaarheid hulpconstructie	De uitvoerbaarheid van de varianten verschilt uiteraard. Dit komt door de verschillende handelingen dit er uitgevoerd moeten worden. Met dit criteria wordt beoordeeld welke scores de varianten halen op het gebied van haalbaarheid.
Risico op schade aan de omgeving	Tijdens de voorbereidingswerkzaamheden, uitvoeringswerkzaamheden en herstelwerkzaamheden zijn er risico's aanwezig dat er schade optreedt. Dit kan zijn aan materiaal, materieel en objecten in de omgeving. Met dit criteria wordt beoordeeld hoe groot deze kans is bij elke variant.
veiligheid	Tijdens de voorbereidingswerkzaamheden, uitvoeringswerkzaamheden en herstelwerkzaamheden is de veiligheid van mensen van groot belang. Met dit criteria worden de varianten beoordeeld op hun veiligheid.
anticipeermogelijkheden	Tijdens de voorbereidingswerkzaamheden, uitvoeringswerkzaamheden en herstelwerkzaamheden kunnen onverwachte scenario's optreden. Met dit criteria wordt beoordeeld in welke maten er geanticipeerd kan worden per oplossing.
uitvoerbaarheid relinen	Om het relinen uit te kunnen voeren moet de bouwkuip voldoen aan een aantal aspecten. Met dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld, hierbij wordt er gekeken naar de faciliteiten die elk ontwerp aan het relinen ontleent. Denk hierbij aan ruimte, zicht etc.
bemalingspompen	Met dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld op het aantal bemalingspompen dat er nodig is, of de bemaling goed uit te voeren is en of door middel van de retour bemaling de grondwaterstand achter de parallel damwand op peil gehouden kan worden.
aanbrengen buisprofielen	Met dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld op of het aanbrengen van de buisprofielen bij de varianten varieert.
aanbrengen schotten	Met dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld op of het aanbrengen van de schotten bij de varianten varieert.
plaatsen damwand met trekankers	Het plaatsen van de damwand met trekankers parallel aan de erfgrens is bij alle varianten hetzelfde. Dit moet in rust gebeuren waarbij de kabels en leidingen vooraf omgeleid worden.
plaatsen kleimuur	Wederom is het plaatsen van de kleimuur voor alle varianten hetzelfde, hierbij moeten dezelfde handelingen verricht worden, hierom is deze als neutraal beoordeeld.
aanbrengen kwelscherm	Optie 1 & 2 komen uiteraard het meest gunstig uit bij het plaatsen van een kwelscherm aangezien deze niet wordt toegepast.
aanbrengen stempelraam	Het aanbrengen van een stempelraam is in optie 3 beter te doen dan in optie 2, dit komt door de lagere gronddruk buiten de bouwkuip. Door

	een beter te bemalen omgeving ten gevolge van het kwelscherm is deze lager dan in optie 2. Echter is bij optie 1 geen stempelraam nodig door de relatief ondiepe bouwkuip, dus scoort optie 1 hier maximaal.
zetting bebouwing	Voorbereidingswerkzaamheden, uitvoeringswerkzaamheden en herstelwerkzaamheden kunnen zetting veroorzaken rond de bouwkuip. Met dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld op de verwachte hoeveelheid zetting voor de bebouwing.
schade aan straat	Voorbereidingswerkzaamheden, uitvoeringswerkzaamheden en herstelwerkzaamheden kunnen schade aan de straat veroorzaken. Met dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld op de verwachte hoeveelheid schade.
stabiliteit bestaande kade	Voorbereidingswerkzaamheden, uitvoeringswerkzaamheden en herstelwerkzaamheden kunnen de stabiliteit van de bestaande kade aantasten. Met dit criteria worden de 3 oplossingen beoordeeld op of de kade enig hinder zal ondervinden van alle werkzaamheden.

BIJLAGE IV ANALYSERAPPORT RELINEN

27-2-2017

Relinen

Analyse rapport over relinen

Opdrachtgever: Oasen
Begeleiders: J. Ros & W. Leeuwestein
Student: Mike Verschuuren

Plaats: Nieuwe Gouwe O.Z 3, 2801 SB Gouda
G.J. de Jonghweg 4-6, 3015 GG Rotterdam

TITELPAGINA

Relinen zinker Kromme Gouwe

Hogeschool Rotterdam, Instituut voor Gebouwde Omgeving, Civiele Techniek
Afstudeer onderzoek
Rotterdam, 27 februari 2017

Opdrachtgevers	Afstudeerder	Studentnummer
Hogeschool Rotterdam	Mike Verschuuren	0875641
OASEN drinkwater		

Inhoudsopgave

Titelpagina i
Inleiding 2
1 Achtergronden 3
2 Hoe werkt relinen 4
3 Eerdere projecten 6
3.1 Relinen de Hemmen 6
3.2 Relinen Wethouder Nijhuisstraat Enschede 7
4 Risico's 8
5 Bibliografie 9

INLEIDING

Renovatietechnieken voor ondergrondse infrastructuur zijn sinds de jaren 90 met enorme stappen vooruit gegaan. In Nederland ligt ongeveer 300.000 kilometer aan leidingwerk. Dit leidingwerk komt in de toekomst op een gegeven van een moment allemaal aan het eind van hun levensduur. De totale vervangingskosten van al deze leidingen zijn geschat op 60 miljard euro. Mede door dit extreme bedrag wordt er veel geïnvesteerd in het gebruik van sleuf loze technieken voor vervanging en reparatie.

Relining of relinen is een ideale rioolrenovatietechniek. Dankzij deze methode kunnen riolen worden gerenoveerd zonder ze open te breken. Het riool krijgt een nieuwe binnenkant en kan er weer tientallen jaren tegenaan. Het spreekt voor zich dat rioolrenovatie veel voordeliger is dan rioolvervanging. Bij relining wordt binnenin de bestaande pijp een nieuwe pijp geïnstalleerd. Dit kan een harde pijp zijn, die geperst of getrokken wordt, of een zachte pijp, die eerst ingebracht wordt en daarna zijn uiteindelijke vorm verkrijgt, door verhitting, lucht- of waterdruk.

Het relinen wordt voornamelijk gedaan met behulp van de kousmethode. Deze techniek heeft zich de afgelopen dertig jaar ontwikkeld tot een zeer snelle en flexibele renovatietoepassing. Ook voor omwonenden is dit een prettige methode, omdat er nagenoeg geen overlast optreedt. (RELINING ADVIES BV, Z. J.)

1 ACHTERGRONDEN

Relinen heeft zich de afgelopen 30 jaar sterk ontwikkeld. Alliander had de speciale relinetechniek ontdekt en vond een partner die hierin wilde investeren, van Voskuilen. Van Voskuilen heeft de techniek ''relinen'' verder ontwikkeld en als vervangingsproduct in de markt gezet.

Vroeger moest er een of zelfs twee sleuven gegraven worden over de gehele lengte van de leiding. Dit gaf, vooral in grootstedelijk gebied, enorm veel overlast en in sommige gevallen schade. Bij de nieuwe relinetechniek hoeven er maar 2 kopgaten gegraven te worden waar vanuit geopereerd kan worden. Dit voorkomt veel overlast, schade en kosten.

Figuur 1 Oude buis links, gerelinde buis rechts (door middel van kousmethode)

2 HOE WERKT RELINEN

Haalbaarheidsonderzoek of het relinen uberhaupt uitgevoerd kan worden zonder optredende complicaties. Leidingen dienen schoon te worden gemaakt en gecheckt te worden met een camera.

Relinen kan op meerdere manieren uitgevoerd worden. Twee van deze manieren zijn relinen door middel van de ''kousmethode'' en relinen door middel van buis in buis methode.

Kousmethode
Aan de binnenzijde van een oude buis/leiding wordt een nieuwe kunststof en gasdichte geïmpregneerde geweven kous aangebracht en verlijmd. Door middel van UV Express Curing Technology hardt deze lijm uit waarna een robot de aansluitingen van binnenuit open freest. De kous neemt de transportfunctie over en de oude buis/leiding fungeert als dragende huls.

Buis in buis methode
Dit wordt gedaan door middel van een lier. Eerst wordt er een staalkabel of een reeks stalen staven door de oude leiding naar een uiteinde geleid. Hierna wordt aan de andere kant een lier bevestigd aan deze staalkabel/reeks staven. Aan het uiteinde van de staalkabel/reeks staven wordt de nieuwe leiding bevestigd. Door het trekken door een oude leiding kan schade ontstaan, hiervoor kunnen veel maatregelen worden getroffen. In figuur 2 is een voorbeeld waarbij een deel van een pilon is gebruikt ter bescherming van de scherpe punten. Na bevestiging trek de lier de nieuwe leiding door de oude heen. Dit genereerd een zekere kracht op de installatie die moet worden ondervangen door de ondergrond.
https://www.youtube.com/watch?v=yxih6vImkC8#t=103

Figuur 2 Nieuwe leiding wordt door een deel van een pilon getrokken

Figuur 3 Aan de stalen lus op de kop was de staalkabel bevestigd voor het relinen

Voordelen relinen:

- Alleen kopgaten graven in plaats van het gehele tracé opengraven;
- Minder graafschades, omdat er minder wordt gegraven;
- De graafmachine zal minder worden ingezet bij graafwerkzaamheden, aangezien er alleen kopgaten worden gegraven;
- Bij relinen door AC-mantelbuizen komen de medewerkers minder met AC in contact dan bij het verwijderen van AC-buizen;
- Omwonenden en derden hebben minder overlast doordat er minder tracé wordt open gegraven;
- Medewerkers hebben minder kans om met bodemverontreiniging in aanraking te komen, omdat niet overal wordt gegraven.

Nadelen relinen:

- Wanneer de bestaande mantelbuis niet goed genoeg is, kan er niet worden gerelined omdat de mantelbuis kapot kan gaan voordat men klaar is met relinen;
- Er kan niet door bochten van AC-mantelbuizen worden gerelined, omdat de lierdraad dan door het AC snijdt waarbij het AC beschadigd raakt en er asbestvezels in de lierdraad kunnen achterblijven. Indien mogelijk kan er wel een kopgat worden graven in de bocht waarbij de bocht wordt verwijderd, zodat men door kan gaan met relinen, zonder dat de lierdraad door het AC snijdt. Dit geldt ook voor zinkers;
- Als de te relinen buis / kabel vastloopt tijdens het relinen dient er in de meeste gevallen een extra kopgat te worden gegraven. Bijvoorbeeld als er afsluiters in de mantelbuis zitten die niet op tekening staan;
- Bij storingen is de gerelinede buis lastig te bereiken doordat er nog een mantelbuis omheen zit;
- Relinen geeft altijd een kleinere diameter van de leiding waardoor relinen niet altijd mogelijk is.

(Siers Groep Oldenzaal B.V., 2014)

3 EERDERE PROJECTEN

In dit hoofdstuk worden 2 projecten beschreven die gebruik hebben gemaakt van de innovatieve reline methode. Bij beide projecten is gebruik gemaakt van de kousmethode.

3.1 RELINEN DE HEMMEN

Rond de zomer van 2014 is Roelofs, een modern familie bedrijf in de Nederlandse infrastructuur, gestart met de voorbereiding voor het werk ''De Hemmen''. Bij de start van dit project was nog niet bekend dat dit het eerste project in Noord-Nederland zou worden waarbij een glasvezel versterkte kous in de oude buis zou worden aangebracht.

Projectgegevens
Opdrachtgever: Gemeente Smallingerland
Provincie: Friesland
Omschrijving project: Relinen ''De Hemmen''
Jaar van uitvoering: 2015

Vanwege de ligging, direct voor de zuivering van Drachten, kon het riool maximaal 24 uur worden afgesloten in een periode van droogte. Deze eis is in het bestek meegenomen. Indien een aannemer niet aan deze eis kon voldoen diende hij te zorgen voor een by-pass van voldoende capaciteit. De werkzaamheden zijn aangenomen door de civiele aannemer Oosterhof Hollman.

Figuur 4 Relinen door middel van kousmethode

Bijzonderheden binnen dit project waren:
Een strakke planning en een weersverwachting die droog weer voorspelde waren de uitdaging binnen dit project. Er is een draaiboek opgesteld waarin van uur tot uur de werkzaamheden beschreven zijn. Hiermee hebben is aangetoond de werkzaamheden voldoende te beheersen en ook binnen de gestelde termijn van 24 uur uit te kunnen voeren. Door de goede voorbereiding zijn de werkzaamheden zonder neerslag en ruim binnen de planning uitgevoerd.
(Wonink, 2015)

3.2 Relinen Wethouder Nijhuisstraat Enschede

De grote riolen aan de Wethouder Nijhuisstraat in Enschede moeten gerenoveerd worden. Deze riolen hebben dermate schades waardoor de gemeente heeft besloten om deze te voorzien van een kous.

Projectgegevens
Opdrachtgever: Gemeente Enschede
Provincie: Overijssel
Omschrijving project: Relinen Enschede
Jaar van uitvoering: 2016

Het werk bestaat uit de volgende stappen:

1. Het maken en leveren van sterkteberekeningen, V&G projectplan, verkeersplan en een concept bewonersbrief.
2. Het verspreiden van een bewonersbrief en overige belanghebbenden in de omgeving van de uit te voeren werkzaamheden.
3. Het verzorgen van tijdelijke wegafzettingen en eventuele verkeersmaatregelen.
4. Het reinigen en obstakelvrij maken van de te renoveren riolen.
5. Het plaatselijk en tijdelijk afsluiten van riolen.
6. Het leegzuigen van rioolstrengen en/of omleiden van afvalwater.
7. Het inspecteren van rioleringen.
8. Relining van rioolstrengen met de kousmethode.
9. Het uitnemen van proefstukken.
10. Het afwerken van de kousuiteinden in putten en het waterdicht afwerken van de kousuiteinden (indien lekkage door langsloop).
11. Het openen en afwerken van de huis- en kolkaansluitingen.
12. Lokale onderhoudsmaatregelen.
13. Het uitvoeren van inspecties (verificatie-, voor- en opleveringsinspectie).

Figuur 5 Overkluizing

Bijzonderheden binnen dit project waren vooral de hoeveelheid water wat verpompt moest worden, namelijk wel 1000m³/h via een overkluizing van 45 meter. (FLUA, 2016)

4 RISICO'S

Relinen verminderd risico's aanzienlijk ten opzichte van oude aanleg methoden van leidingwerk. Risico's kunnen eigenlijk alleen maar als gevolg van een slechte/slordige voorbereiding ontstaan. Wanneer een buis niet goed gereinigd en geïnspecteerd wordt, kan het zijn dat deze obstakels bevat voor het uit te voeren relinen. Zo kan het ook zijn dat de nieuwe leiding niet beveiligd wordt ingeleid. Dit is vaak nodig om de nieuwe leiding niet te beschadigen voor scherpe punten van de oude leiding. (Voorbeeld pagina 4, figuur 2)

Verder is de enigste zorg die bij relinen komt kijken ten opzichte van een sleufsanering: De krachten die de lier bij het relinen te weeg brengt of de schadelijkheid van de 2 componenten proxy bij de kousmethode.

5 BIBLIOGRAFIE

FLUA. (2016). *Flua leidingrenovatie*. Opgehaald van Flua: http://flua.nl/project/relinen-wethouder-nijhuisstraat-enschede/

Siers Groep Oldenzaal B.V. (2014). *Ketenanalyse relinen versus traditioneel graven.* Oldenzaal: Siers. Opgehaald van http://www.siersgroep.nl/img_downloads/1435749299_1435743177_ketenanalyse-relinen-versus-traditioneel-graven-siers-27-5-2014-v.8.pdf

Wonink, i. P. (2015). *Roelofs*. Opgehaald van Roelofsgroep: http://www.roelofsgroep.nl/projecten/relinen-de-hemmen1

(Z. J.). Opgehaald van RELINING ADVIES BV: https://reliningadvies.nl/index.php/wat-is-relining

BIJLAGE V BEREKENING PARALLEL DAMWAND EN TREKANKERS

D-sheet piling
De berekening voor de parallel damwand met trekankers is na de handberekening geoptimaliseerd middels D-sheet piling.
Uit deze optimalisatie is een damwand profiel AZ18 gekomen welke aanzienlijk kleiner is dan het eerder berekende AZ46 profiel. Dit komt door het modeleren met alle factoren van dien en de invloed van de trekankers. In de handberekening is uit gegaan van een zeker damwand profiel welke binnen het voorgaande uitgangspunt van een maximale verplaatsing van 10mm uit ging.

Trekankers
Bij de optimalisatie worden er 4 trekankers onder een hoek van 20 graden met de horizontaal toegepast die een hart op hart afstand hebben van 1 meter. Elk van deze trekankers dient 49,23kN op te nemen terwijl volgens het model een maximale ankerkracht van 227,40kN is toegestaan. Dit betekend dat de grond ter plaatse van het anker 227,40 kN aan tegendruk kan geven.
Uit de handberekening is hierbij een groutklomp vereist van 1m² doorsnede. Normaliter hebben deze groutklompen een lengte van 4 tot 6 meter, maar aangezien hij met de passieve grond op de doorsnede al voldoet wordt er hier gewerkt met een groutklomp van 4 meter lang. De hoeveelheid kleef die dit met zich mee brengt wordt als extra veiligheid beschouwd.

Damwand
Bij de optimalisatie van het damwand profiel wordt het profiel AZ18 gehanteerd. Dit profiel heeft een gemiddelde horizontale verplaatsing van 10 millimeter over een inhei diepte van 12 meter, de maximale horizontale verplaatsing is hierbij 12,3 millimeter.
Deze vervorming in de horizontale richting is omgerekend naar een zakking (in verticale richting) van het maaiveld. De NEN-norm 9997-1 en CUR 166 hebben betrekking op zetting aan omliggende bebouwing en damwanden. Uit deze normen blijkt dat er een maximale relatieve rotatie van 1:300 is toegestaan onder de panden. Het omrekenen van de gemiddelde horizontale verplaatsing naar de verticale verplaatsing geeft een relatieve rotatie van 1:352,67. Dit betekend dat het maaiveld 1 millimeter zakt over een lengte van 352,67 millimeter, dit voldoet aan de norm.

D-sheet input
Grond gegevens:
Φ_{veen} = 15°
$\Phi_{klei\ organisch}$ = 15°
Y_{klei} = 15 kN/m³
$Y_{klei.nat}$ = 16 kN/m³
Y_{veen} = 13 kN/m³
$Y_{zand.nat}$ = 18 kN/m³

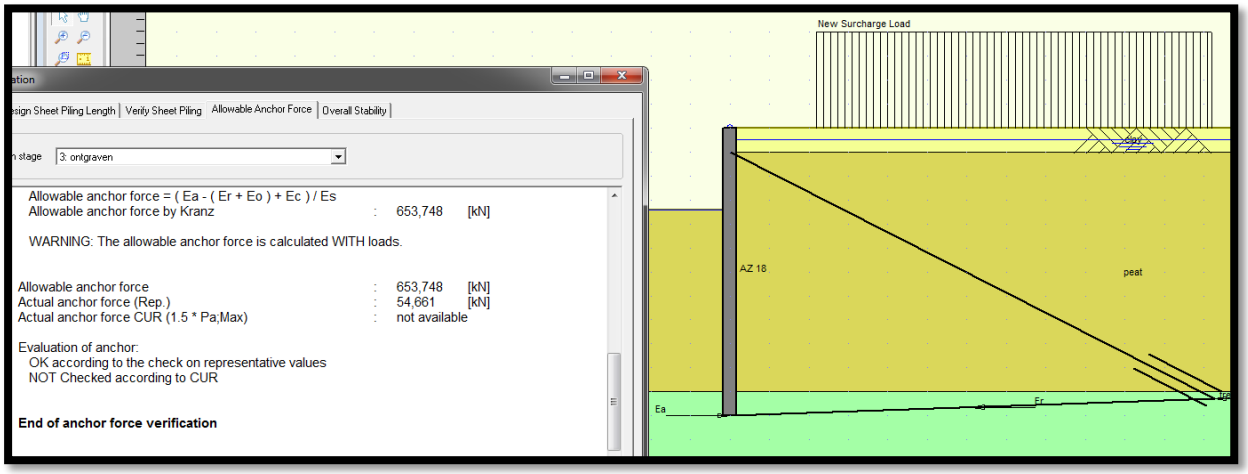
Damwand gegevens:
Standaard input AZ 18 profiel, inheidiepte 12 meter.
Een AZ18 profiel (staal) heeft een EI (Elastische Stijfheid) van 7,1820 * 10^4 kNm²/m.
Dit profiel kan een maximaal moment opnemen van 432,0 kNm/m.

Anker gegevens:
Trekanker met stanglengte 16 meter, groutklomp met de hand berekent.

Permanente belasting (oude panden):
2,2 meter naast de damwand tot 12,2 meter met een last van 10 kN/m². (Sedra, 2017)

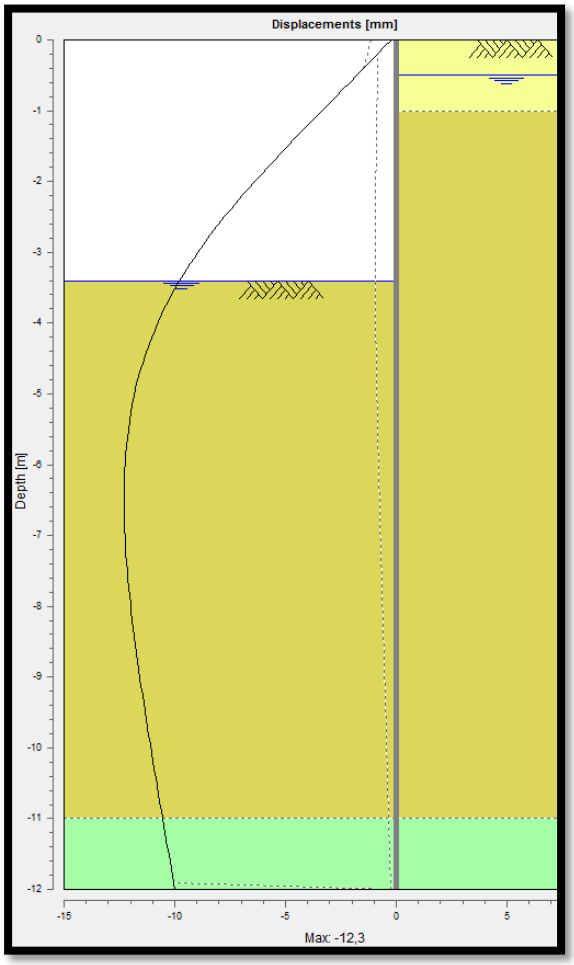
Optimalisatie damwand profiel en trekanker hoek

Allereerst is de optimale ankerhoek gezocht door verschillende modellen door te laten rekenen. Hierna is het optimale damwandprofiel bepaald door verschillende modellen door te laten rekenen. In onderstaande figuur is de ankerkracht weergegeven onder een hoek van 40 graden.

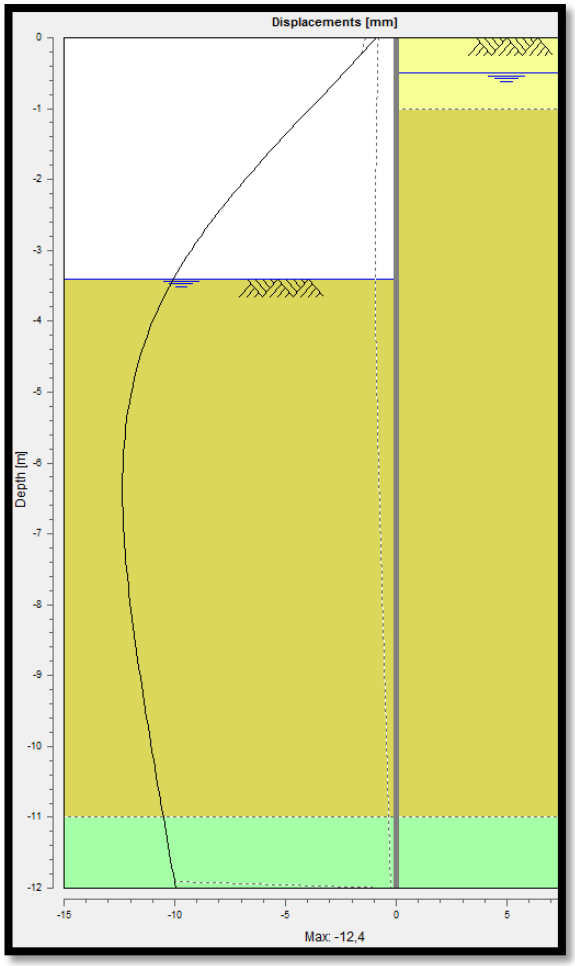


Figuur 1 Ankerkracht onder 40 graden hoek

In figuur 29 is de vervorming van een AZ 18 profiel weergegeven bij een anker ingebracht met een hoek van 10 en 20 graden. In figuur 28 is deze weergegeven voor een anker onder een hoek van 30 graden.

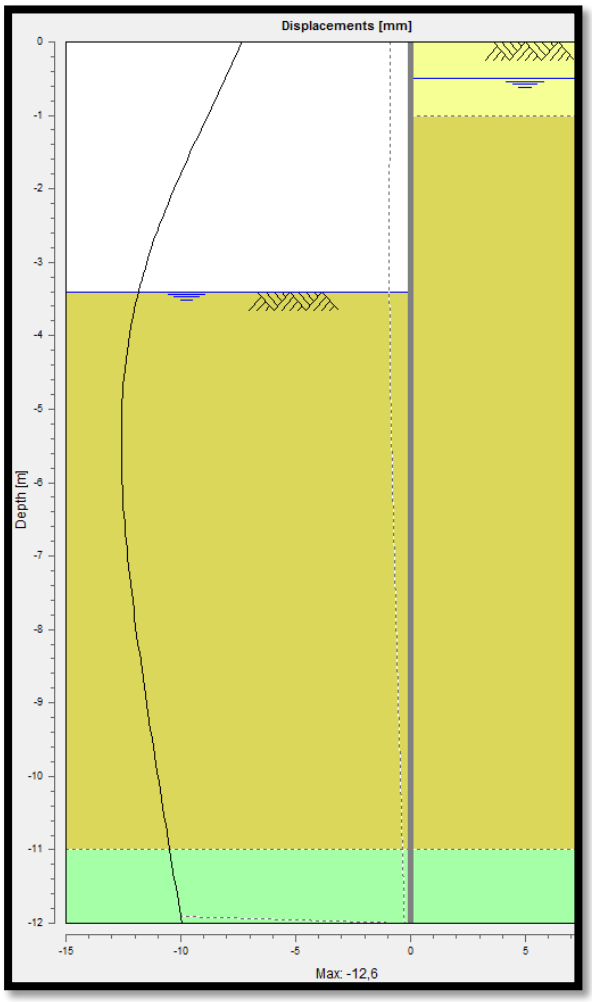


Figuur 3 Vervorming damwand AZ18 bij 10-20°

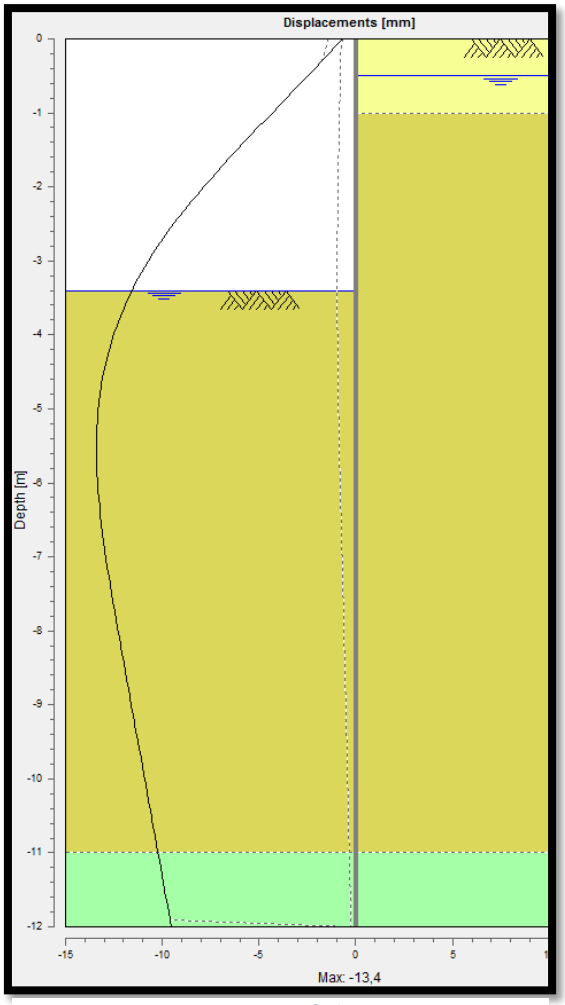


Figuur 2 Vervorming bij damwand 30°

In figuur 31 is de vervorming bij een AZ26 profiel weergegeven en in figuur 30 bij een AZ14 profiel.



Figuur 5 Vervorming AZ26 profiel

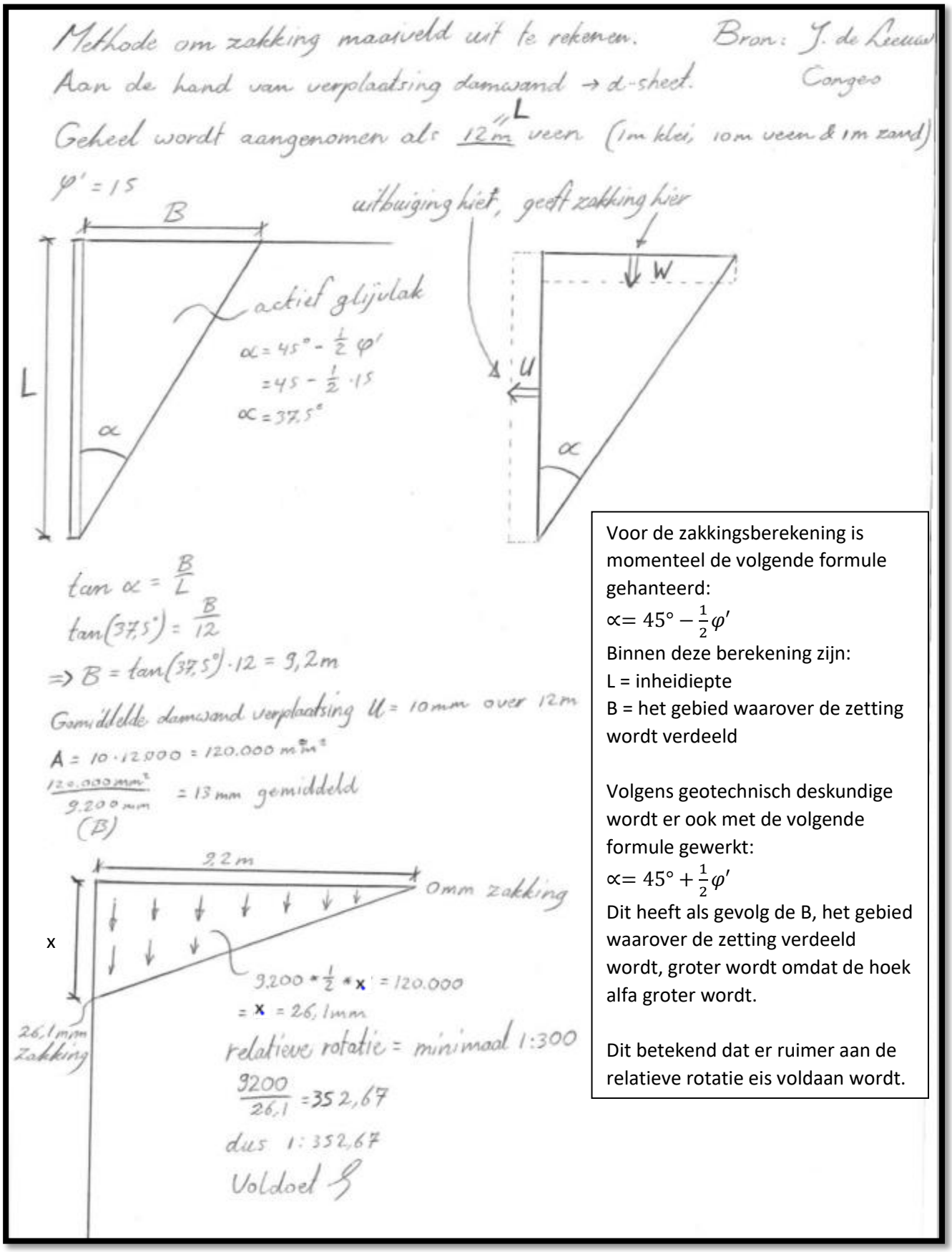


Figuur 4 Vervorming AZ14 profiel

Bovenstaande modellen geven de verschillen weer in ankerkracht bij verschillende hoeken en verschillende verplaatsingen/vervormingen bij verschillende damwandprofielen.

Een model met trekankers onder een hoek van 20 graden ingebracht met een damwandprofiel AZ18 blijkt na het optimaliseren en berekenen van de zetting het meest gunstig. Bij dit model vind de volgende relatieve rotatie plaats: 1:352,67, dit betekent dat er 1 mm zakking plaats vind over een lengte van 352,67 mm zie figuur 32. De maximale relatieve rotatie toegestaan is 1:300, dit betekend 1 mm zakking over een lengte van 300 mm. Deze voldoet.

Zakkingsberekening onder de panden aan de hand van damwandverplaatsing D-sheet



Voor de zakkingsberekening is momenteel de volgende formule gehanteerd:

$\propto = 45° - \frac{1}{2}\varphi'$

Binnen deze berekening zijn:

L = inheidiepte

B = het gebied waarover de zetting wordt verdeeld

Volgens geotechnisch deskundige wordt er ook met de volgende formule gewerkt:

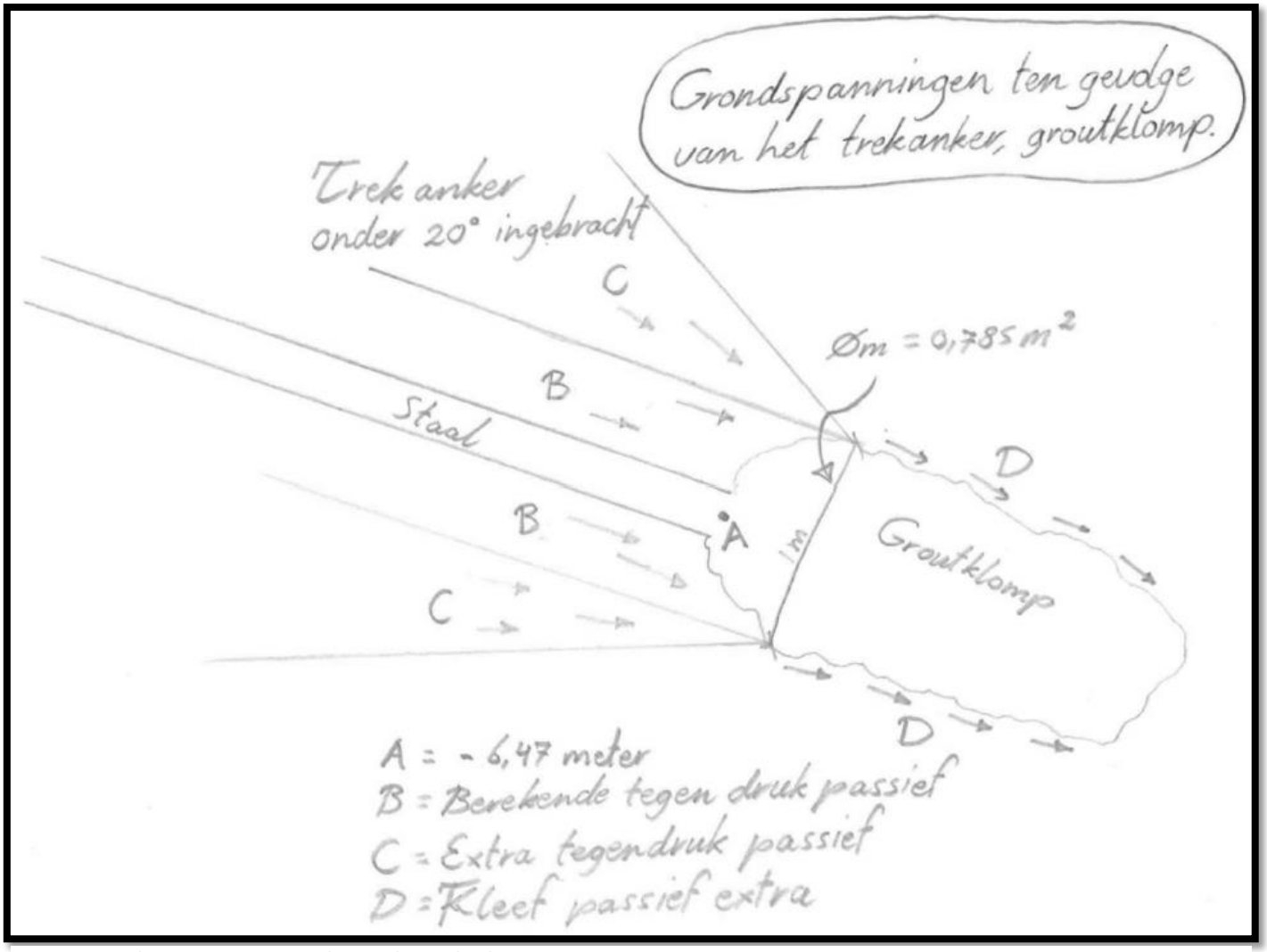
$\propto = 45° + \frac{1}{2}\varphi'$

Dit heeft als gevolg de B, het gebied waarover de zetting verdeeld wordt, groter wordt omdat de hoek alfa groter wordt.

Dit betekend dat er ruimer aan de relatieve rotatie eis voldaan wordt.

Figuur 6 Zetting berekening onder panden

Groutklomp berekening voor de trekankers



Figuur 7 Grondspanningen ten gevolge van het trekanker

De trekankers moeten een minimale kracht van 49,23 kN op kunnen nemen. Voor de kritische locatie is besloten voor de groutklomp de veiligheidsfactor 1,5 te hanteren.

$49{,}23kN * 1{,}5 = 75kN$

Het anker begint 1 meter onder maaiveld en gaat onder een hoek van 20 graden 16 meter de grond in.

$Sin(30) * 16m = 5{,}47m$

$5{,}47 + 1 = 6{,}47m$

Deze diepte is het midden van de groutklomp en aangezien deze rond is kan deze waarde als rekenwaarde worden beschouwd.

Veen, met een Kp=1,7 en een soortelijk gewicht van 13kN/m³ heeft de volgende oppervlakte nodig om 75kN aan passieve gronddruk te genereren.

$6{,}47(3 * 1{,}7 + 10) * x = 75kN$

Hieruit volgt:

$x = 0{,}77m^2$

Een groutklomp met een diameter van 1m² geeft een oppervlakte van 0,785m². Deze voldoet.

D-sheet piling rapporten bijgevoegd (parallel damwand en trekankers)

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company:	<Not Registered>
	<Not Registered>
Date of report:	1-8-2017
Time of report:	14:01:58
Date of calculation:	1-8-2017
Time of calculation:	14:01:11
Filename:	D:\Definitief dsheet\Definitief AZ18 parallel damwand

2 Summary

2.1 Maxima per Stage

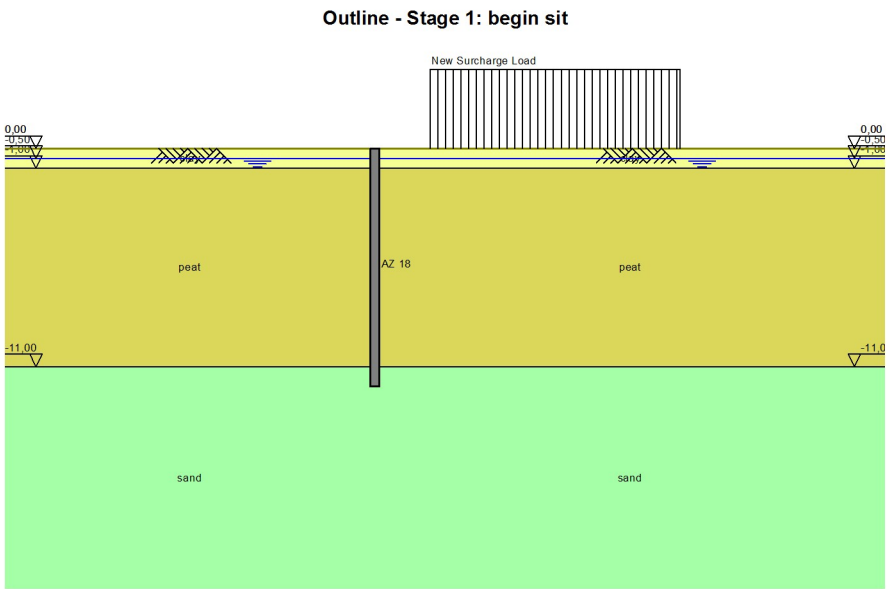
Stage nr.	Stage name	Displace-ment [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	begin sit	-0,9	-2,64	-1,41	0,0	15,2	---
2	anker aanbrengen	-4,0	-13,59	-14,52	15,2	17,5	---
3	ontgraven	**-12,3**	-57,88	-42,57	**24,9**	**29,4**	---
Max		**-12,3**	**-57,88**	**-42,57**	**24,9**	**29,4**	---

2.2 Anchors and Struts

Stage name	Anchor/strut trekanker	
	Force [kN]	State
anker aanbrengen	20,29	Elastic
ontgraven	**49,23**	Elastic
Max	**49,23**	

4 Construction Stage 1: begin sit

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]

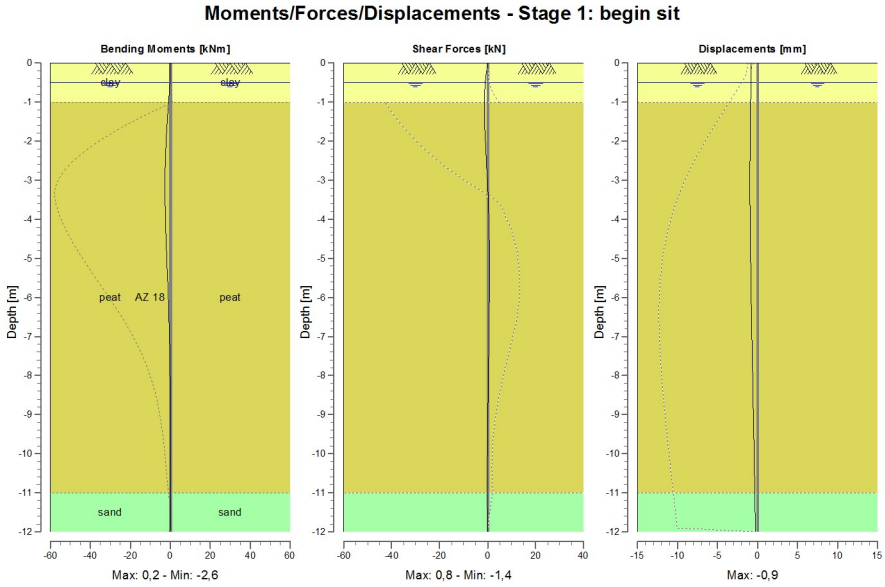
4.2.3 Surface

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

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-11,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

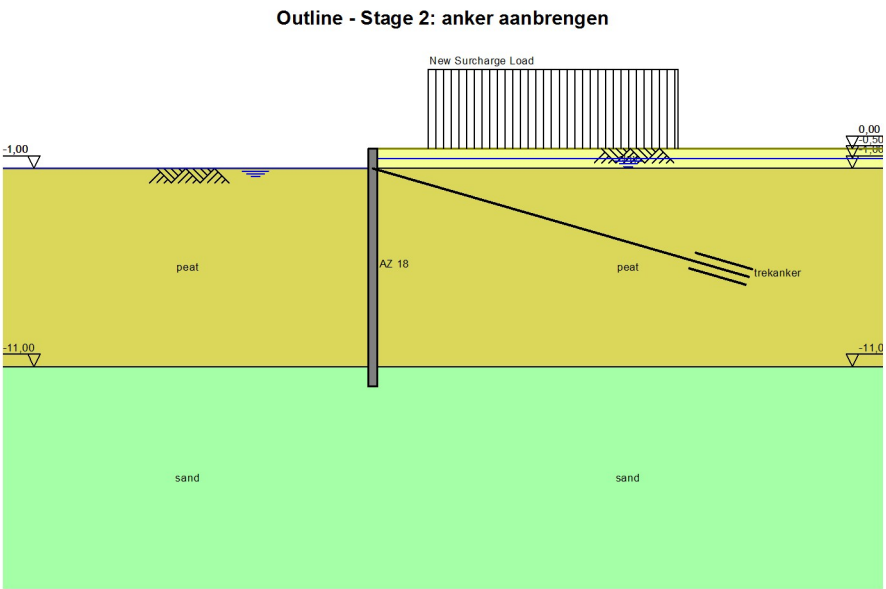


4.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,00	-0,8
1	-0,50	-0,25	-0,99	-0,8
2	-0,50	-0,25	-0,99	-0,8
2	-1,00	-0,87	**-1,40**	**-0,9**
3	-1,00	-0,87	**-1,40**	**-0,9**
3	-1,50	-1,55	-1,28	**-0,9**
4	-1,50	-1,55	-1,28	**-0,9**
4	-2,00	-2,13	-0,92	**-0,9**
5	-2,00	-2,13	-0,92	**-0,9**
5	-2,50	-2,49	-0,47	**-0,9**
6	-2,50	-2,49	-0,47	**-0,9**
6	-3,00	**-2,64**	-0,06	**-0,9**
7	-3,00	**-2,64**	-0,06	**-0,9**
7	-3,40	-2,61	0,22	**-0,9**
8	-3,40	-2,61	0,22	**-0,9**
8	-3,98	-2,41	0,53	**-0,9**
9	-3,98	-2,41	0,53	**-0,9**
9	-4,57	-2,07	0,70	**-0,9**
10	-4,57	-2,07	0,70	**-0,9**
10	-5,15	-1,65	0,77	**-0,9**
11	-5,15	-1,65	0,77	**-0,9**
11	-5,74	-1,22	0,75	-0,8
12	-5,74	-1,22	0,75	-0,8
12	-6,32	-0,81	0,67	-0,8
13	-6,32	-0,81	0,67	-0,8
13	-6,91	-0,46	0,55	-0,7
14	-6,91	-0,46	0,55	-0,7
14	-7,49	-0,18	0,42	-0,7
15	-7,49	-0,18	0,42	-0,7
15	-8,08	0,01	0,28	-0,6
16	-8,08	0,01	0,28	-0,6

5 Construction Stage 2: anker aanbrengen

5.1 Outline



5.2 Input Data Left

5.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.2.2 Water Level

Water level: -1,00 [m]

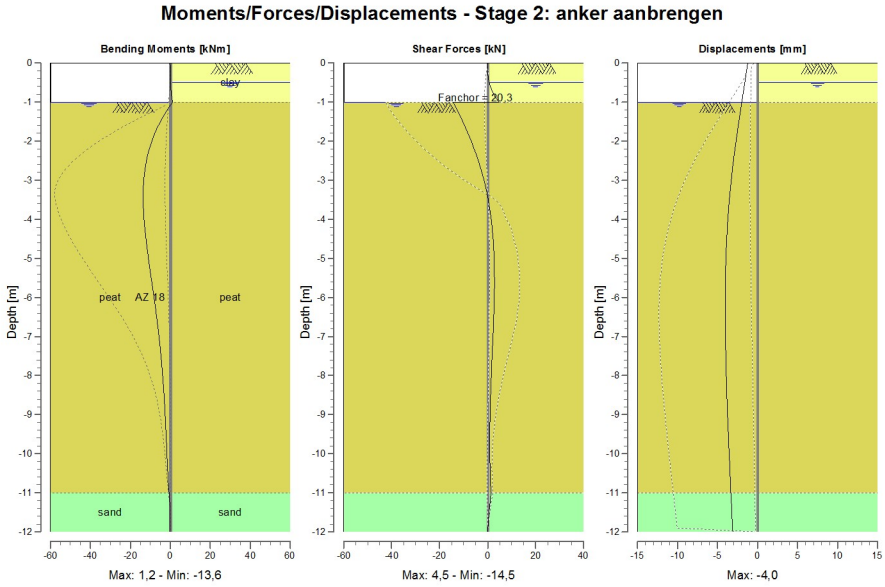
5.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-1,00

5.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-11,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

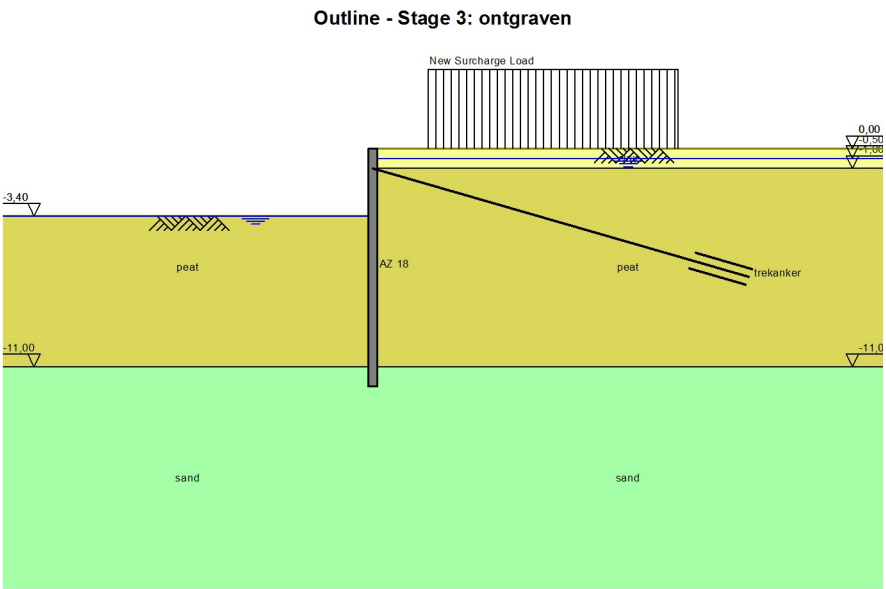


5.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,00	-1,2
1	-0,50	0,07	0,62	-1,6
2	-0,50	0,07	0,62	-1,6
2	-1,00	1,20	4,54	-2,0
3	-1,00	1,20	**-14,52**	-2,0
3	-1,50	-4,97	-10,37	-2,3
4	-1,50	-4,97	-10,37	-2,3
4	-2,00	-9,27	-6,84	-2,7
5	-2,00	-9,27	-6,84	-2,7
5	-2,50	-11,94	-3,87	-3,0
6	-2,50	-11,94	-3,87	-3,0
6	-3,00	-13,28	-1,51	-3,3
7	-3,00	-13,28	-1,51	-3,3
7	-3,40	**-13,59**	-0,05	-3,5
8	-3,40	**-13,59**	-0,05	-3,5
8	-3,98	-13,16	1,47	-3,7
9	-3,98	-13,16	1,47	-3,7
9	-4,57	-12,03	2,37	-3,9
10	-4,57	-12,03	2,37	-3,9
10	-5,15	-10,53	2,77	**-4,0**
11	-5,15	-10,53	2,77	**-4,0**
11	-5,74	-8,89	2,82	**-4,0**
12	-5,74	-8,89	2,82	**-4,0**
12	-6,32	-7,31	2,61	**-4,0**
13	-6,32	-7,31	2,61	**-4,0**
13	-6,91	-5,89	2,26	**-4,0**
14	-6,91	-5,89	2,26	**-4,0**
14	-7,49	-4,69	1,86	**-4,0**
15	-7,49	-4,69	1,86	**-4,0**
15	-8,08	-3,73	1,46	-3,9
16	-8,08	-3,73	1,46	-3,9

6 Construction Stage 3: ontgraven

6.1 Outline



6.2 Input Data Left

6.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.2.2 Water Level

Water level: -3,40 [m]

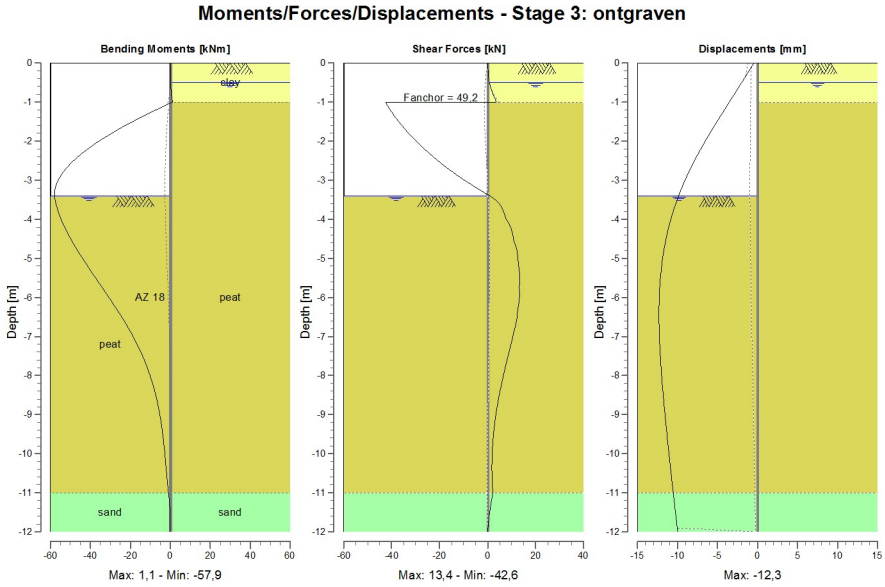
6.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-3,40

6.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-11,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



6.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,01	-0,4
1	-0,50	0,13	0,74	-2,0
2	-0,50	0,13	0,74	-2,0
2	-1,00	1,13	3,69	-3,5
3	-1,00	1,13	**-42,57**	-3,5
3	-1,50	-18,87	-37,09	-5,1
4	-1,50	-18,87	-37,09	-5,1
4	-2,00	-35,67	-29,77	-6,5
5	-2,00	-35,67	-29,77	-6,5
5	-2,50	-48,38	-20,71	-7,9
6	-2,50	-48,38	-20,71	-7,9
6	-3,00	-56,08	-9,67	-9,1
7	-3,00	-56,08	-9,67	-9,1
7	-3,40	**-57,88**	0,92	-9,9
8	-3,40	**-57,88**	0,93	-9,9
8	-3,98	-54,77	7,65	-10,8
9	-3,98	-54,77	7,65	-10,8
9	-4,57	-49,07	10,99	-11,5
10	-4,57	-49,07	10,99	-11,5
10	-5,15	-41,93	12,73	-12,0
11	-5,15	-41,93	12,74	-12,0
11	-5,74	-34,18	13,20	-12,2
12	-5,74	-34,18	13,20	-12,2
12	-6,32	-26,53	12,52	**-12,3**
13	-6,32	-26,53	12,52	**-12,3**
13	-6,91	-19,60	10,79	**-12,3**
14	-6,91	-19,60	10,79	**-12,3**
14	-7,49	-13,93	8,49	-12,2
15	-7,49	-13,93	8,49	-12,2
15	-8,08	-9,63	6,24	-12,0
16	-8,08	-9,63	6,24	-12,0

Verification anchor force

D-Sheet Piling version 16.1 Date : 21-7-2017 Time: 11:18:57

Problem identification

Stage 3: ontgraven

Height of anchor wall	:	0,00	[m]
Anchor wall bottom	:	-6,47	[m]
Anchor wall top	:	-6,47	[m]
Length of anchor	:	16,00	[m]
Cross section of anchor	:	1500000,00	[mm²]

Anchorage is: long anchorage

Note: For long anchorage, the allowable anchor force is also checked for
a short anchor (Kranz) because the Kranz verification can be sometimes decisive.

Results Kranz calculation:

Sheet piling active	(Ea)	:	0,000	[kN]
Horizontal force	(Er)	:	25,211	[kN]
Anchor wall active	(Eo)	:	0,000	[kN]
Cohesion x length	(Ec)	:	235,538	[kN]
Factor due to angle	(Es)	:	0,925	[-]

Allowable anchor force = (Ea - (Er + Eo) + Ec) / Es

Allowable anchor force by Kranz	:	227,399	[kN]

WARNING: The allowable anchor force is calculated WITH loads.

Results long anchorage calculation:

WARNING: The length of the anchor wall in relation to the depth is too small.

Anchor wall passive	(Ep)	:	483,936	[kN]
Anchor wall active	(Eo)	:	0,000	[kN]

Allowable anchor force = Ep - Eo

Allowable anchor force long anchorage	:	410,778	[kN]

Allowable anchor force	:	227,399	[kN]
Actual anchor force (Rep.)	:	49,230	[kN]
Actual anchor force CUR (1.5 * Pa;Max)	:	not available	

Evaluation of anchor:
OK according to the check on representative values
NOT Checked according to CUR

End of anchor force verification

<u>Oude berekening</u> trekanker kracht en hart op hart afstand berekening.

Gegevens:

Φ_{veen} = 15°

$\Phi_{klei\ organisch}$ = 15°

Y_{klei} = 15 kN/m³

$Y_{klei.nat}$ = 16 kN/m³

Y_{veen} = 13 kN/m³

$Y_{zand.nat}$ = 18 kN/m³

Veiligheidsfactor = 1,5

Tabel 4 Geotechnische gegevens

Om de krachten op de damwand te bepalen worden de horizontale krachten bepaald. Om dit te doen moeten eerst de hoekverdraaiingswaarden worden omgeschreven naar de Ka en Kp waarden. Hiervoor worden de volgende formules gebruikt:

$$Ka = \frac{1-Sin\Phi}{1+Sin\Phi}$$

$$Kp = \frac{1}{Ka}$$

Invullen:

Ka en Kp voor klei droog

$$Ka = \frac{1-Sin15}{1+Sin15} = 0{,}6$$

$$Kp = \frac{1}{0{,}6} = 1{,}7$$

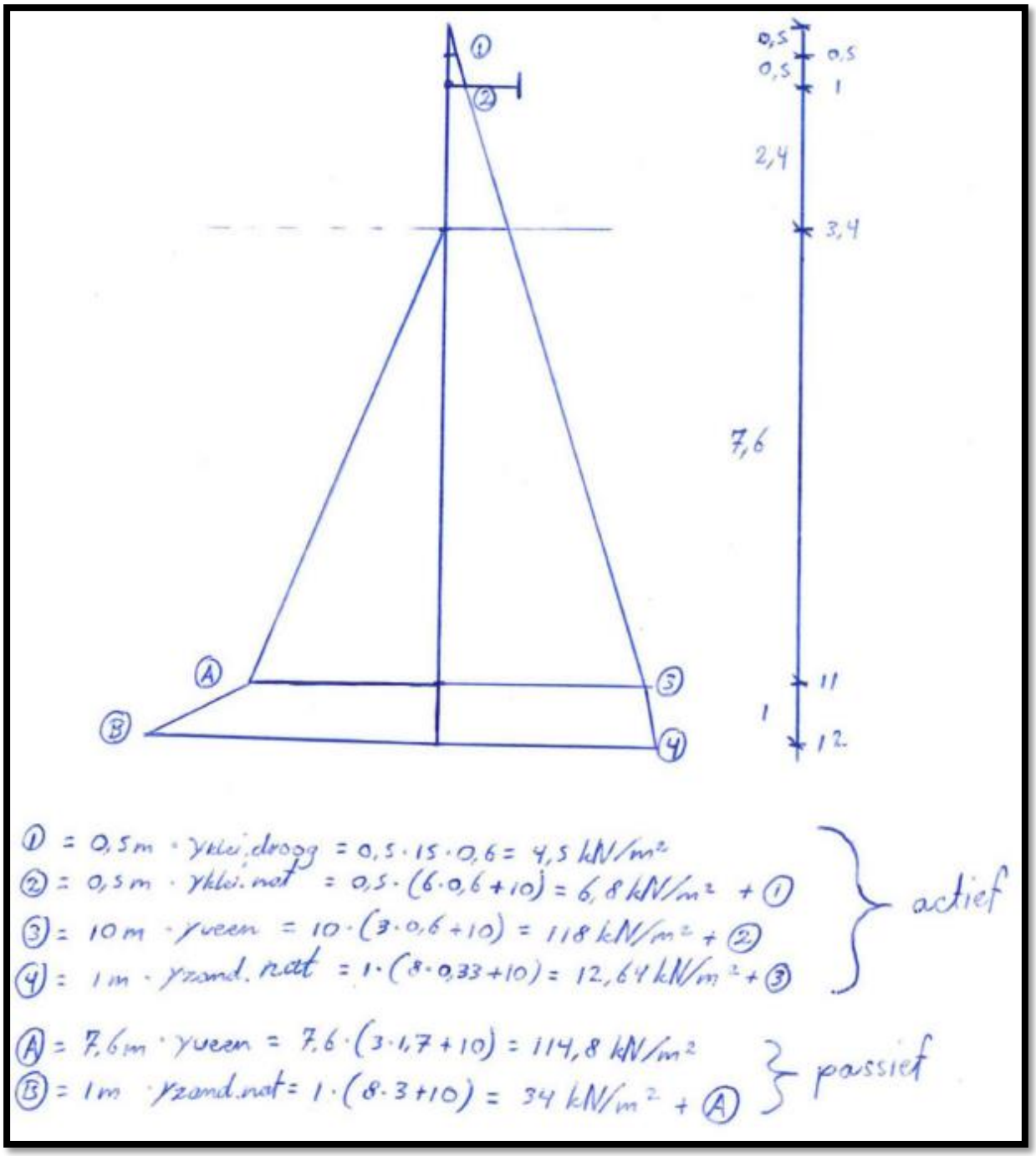
Ka en Kp voor klei nat en veen zijn hetzelfde.

Ka en Kp voor zand nat

$$Ka = \frac{1-Sin30}{1+Sin30} = 0{,}33$$

$Kp = \frac{1}{0{,}33} = 3$

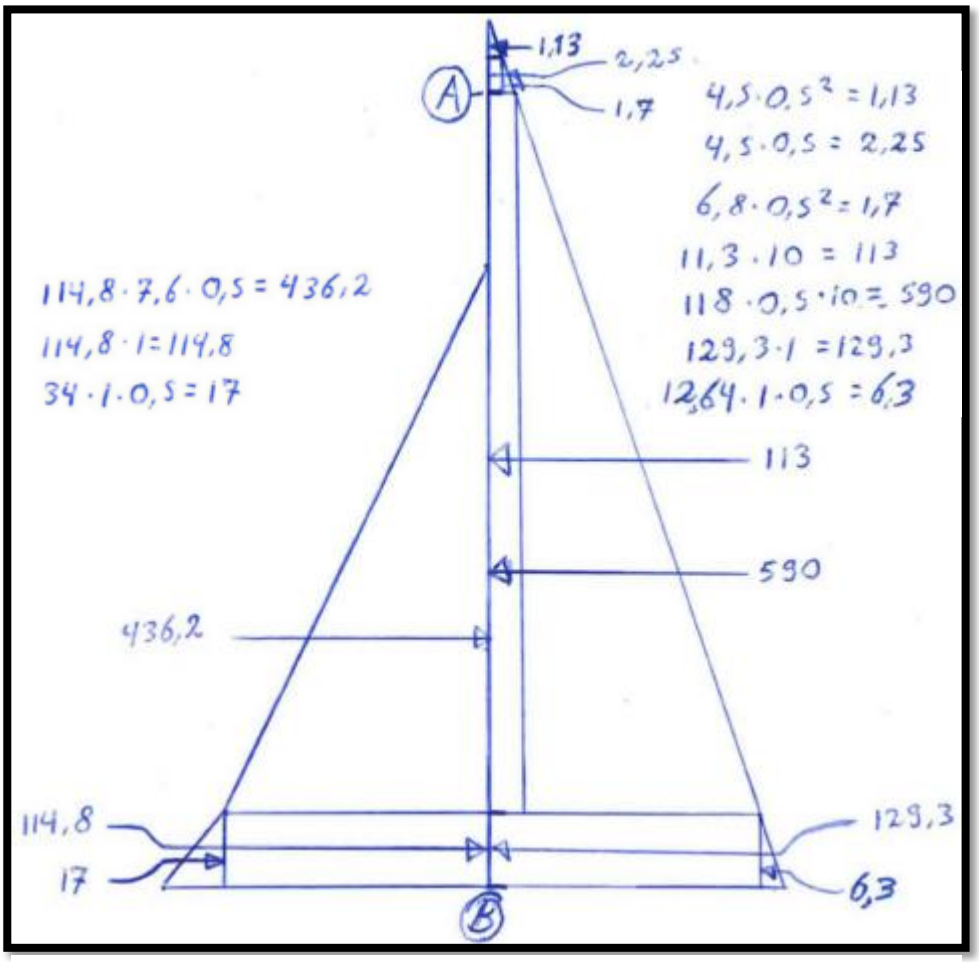
Eerst worden de horizontale grondspanningen berekend. Deze worden berekend aan de hand van onderstaand figuur. Dit wordt gedaan met het soortelijk gewicht en de berekende ka- en kp-waarden.



Figuur 8 Berekening grondspanningen

Deze grondspanningen worden omgerekend naar puntlasten op de damwand. De driehoeken grijpen aan op 1/3e van de hoogte en de rechthoeken in het midden.

Resulterende puntlasten aan de hand van bovenstaande grondspanningen:



Figuur 9 Resulterende krachten berekenen

Met deze resulterende puntlasten kan het moment berekend worden om elk punt van de damwand. Het meest gunstige punt om het moment rond te berekenen voor de benodigde ankerkracht is punt B. De volgende formule wordt voor deze momenten som toegepast:

$$\sum \mathrm{Mt.o.v.B} = 1{,}13 * 11{,}67 + 2{,}25 * 11{,}25 + 1{,}7 * 11{,}17 + 113 * 6 + 590 * 4{,}33 + 129{,}3 * 0{,}5 + 6{,}3 * 0{,}17 - 17 * 0{,}17 - 114{,}8 * 0{,}5 - 436{,}2 * 3{,}53 - \mathrm{A} * 11 = 0$$

Hieruit volgt:

$\mathrm{A} = 159{,}62 \frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}}$

Hier moet een veiligheidsfactor van 1,5 bij gehanteerd worden.

$\mathrm{A} = 159{,}62 * 1{,}5 = 240 \frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}}$

Voor de 4 meter brede bouwkuip zijn 2 trekankers met een hart op hart afstand van 2 meter en een trekkracht van 480 kN vereist.

Vergelijking belangrijkste uitkomsten hand- en modelberekeningen

	handberekening
Trekankers	2 stuks, 2m hart op hart en 480 kN trekkracht per anker
Damwand profiel	AZ46
Maximaal moment	240 kNm/m
Vervorming	Onbekend
Relatieve rotatie, zetting	Onbekend
	D-sheet model
Trekankers	4 stuks, 1m hart op hart en 75 kN trekkracht per anker
Damwand profiel	AZ18
Maximaal moment	57,88 kNm/m
Vervorming	10mm gemiddeld, 12,3mm maximaal
Relatieve rotatie, zetting	1:352,67

BIJLAGE VI BEREKENING BERLINERWAND

D-sheet piling
De berekening voor de berlinerwand is na de handberekening geoptimaliseerd middels D-sheet piling.
Uit deze optimalisatie is een buisprofiel S235 met een buiten diameter (d) van 200 millimeter, een binnen diameter (di) van 180 millimeter en een wanddikte (WD) van 10 millimeter voort gekomen. Dit komt door het modeleren met alle factoren in d-sheet en de mogelijkheid de optimale profielen te bepalen. Door deze nieuwe profielen is de maximale hart op hart afstand 1,7 meter geworden. De shotten S235 met een lengte variërend van 1 tot 1,5 meter, een hoogte van 1 meter en dikte van 30 millimeter zijn hetzelfde gebleven. In de handberekening is uit gegaan van een zeker buisprofiel welke binnen het voorgaande uitgangspunt van een maximale verplaatsing van 10mm uit ging.

D-sheet input
Grond gegevens:
Φ_{veen} = 15°
$\Phi_{klei\ organisch}$ = 15°
Y_{klei} = 15 kN/m³
$Y_{klei.nat}$ = 16 kN/m³
Y_{veen} = 13 kN/m³
$Y_{zand.nat}$ = 18 kN/m³

Buispalen S235 met een inheidiepte van 12 meter, buiten diameter (d) van 200 millimeter, een binnen diameter (di) van 180 millimeter en een wanddikte (WD) van 10 millimeter.
Gegevens:
$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$
$A = \frac{\pi(d^2-di^2)}{4} = \frac{\pi(200^2-180^2)}{4} = 5.969\ mm^2$
$I = \frac{\pi(d^4-di^4)}{64} = \frac{\pi(200^4-180^4)}{4} = 27.010 * 10^3\ mm^4$
$W = \frac{\pi(d^4-di^4)}{32d} = \frac{\pi(200^4-180^4)}{32*200} = 270.098\ mm^3$
$EI = 2{,}1 * 10^5 \frac{N}{mm^2} * 27.010 * 10^3\ \mathrm{mm}^4 = 5{,}67 * 10^{12}\ Nmm^2/m^1 = 5{,}67 * 10^3\ kNm^2/m^1$

Schotten S235 met een lengte (L) van 1,5 meter, hoogte (H) van 1 meter en dikte (D) van 30 millimeter.
$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$
$A = L * D = 1500\ mm * 30\ mm = 45.000\ mm^2$
$I = \frac{1}{12} * L * D^3 = \frac{1}{12} * 1500\ mm * 30^3 = 3.375 * 10^3\ mm^4$
$W = 22500\ mm^3$
$EI = 2{,}1 * 10^5 \frac{N}{mm^2} * 3.375 * 10^3\ \mathrm{mm}^4 = 7{,}09 * 10^{11} \frac{Nmm^2}{m^1} = 7{,}09 * 10^2\ kNm^2/m^1$

Buis + Schot
$EI = 7{,}09 * 10^2 \frac{kNm^2}{m^1} + 5{,}67 * 10^3 \frac{kNm^2}{m^1} = 6{,}38 * 10^3\ \frac{kNm^2}{m^1}$
$EI\ over\ 1{,}7\ meter = \frac{6{,}38*10^3 \frac{kNm^2}{m^1}}{1{,}7} = 3{,}544 * 10^3 \frac{kNm^2}{m^1}$

Aangezien de maximale hart op hart afstand 1,7 meter bedraagt en d-sheet maar per strekkende meter rekent, is de EI met een factor 1,7 gereduceerd om een realistisch beeld te krijgen van de daadwerkelijke verplaatsing van de buispalen.

D-sheet piling rapport bijgevoegd

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report:	7/17/2017
Time of report:	2:11:00 PM
Date of calculation:	7/17/2017
Time of calculation:	2:10:46 PM
Filename:	D:\Definitief dsheet\Definitief model combiwand

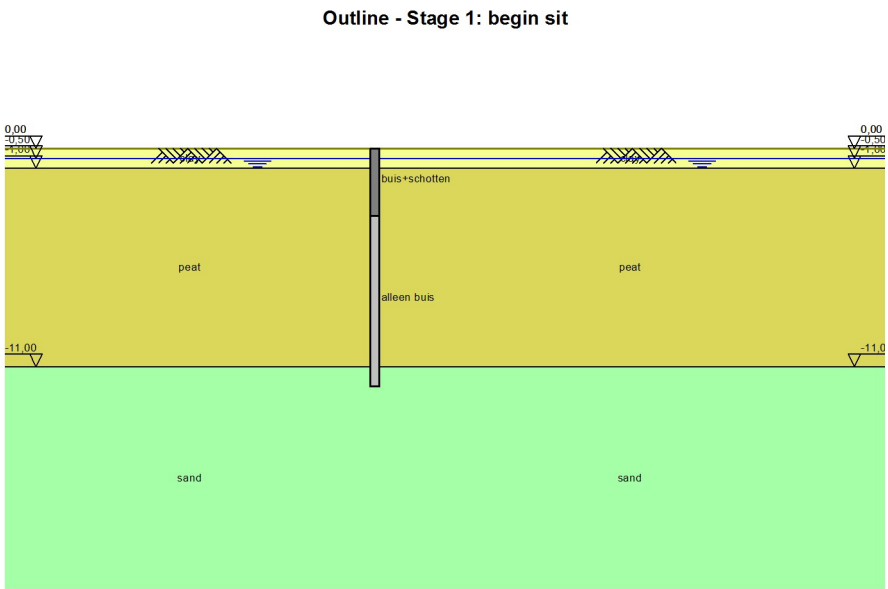
2 Summary

2.1 Maxima per Stage

Stage nr.	Stage name	Displace-ment [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	begin sit	0,0	0,00	0,00	0,0	14,1	---
2	anker aanbrengen	-4,3	0,85	1,36	0,0	16,8	---
3	ontgraven	**-13,1**	17,95	-35,96	**23,5**	**28,7**	---
Max		**-13,1**	**17,95**	**-35,96**	**23,5**	**28,7**	---

4 Construction Stage 1: begin sit

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

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-11,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure Active [kN/m²]	Horizontal pressure Passive [kN/m²]	Fictive earth pressure coefficients Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
8	-3,69	0,0	81,7	0,00	0,74	4,26
9	-4,28	0,0	85,7	0,00	0,74	4,07
10	-4,86	0,0	89,6	0,00	0,74	3,91
11	-5,45	0,0	93,5	0,00	0,74	3,77
12	-6,03	0,0	97,5	0,00	0,74	3,66
13	-6,62	0,0	101,4	0,00	0,74	3,56
14	-7,20	0,0	105,3	0,00	0,74	3,47
15	-7,78	0,0	109,2	0,00	0,74	3,39
16	-8,37	0,0	113,2	0,00	0,74	3,32
17	-8,95	0,0	117,1	0,00	0,74	3,26
18	-9,54	0,0	121,0	0,00	0,74	3,20
19	-10,12	0,0	124,9	0,00	0,74	3,15
20	-10,71	0,0	128,9	0,00	0,74	3,10
21	-11,25	0,0	560,5	0,00	0,50	12,58
22	-11,75	0,0	530,0	0,00	0,50	10,90

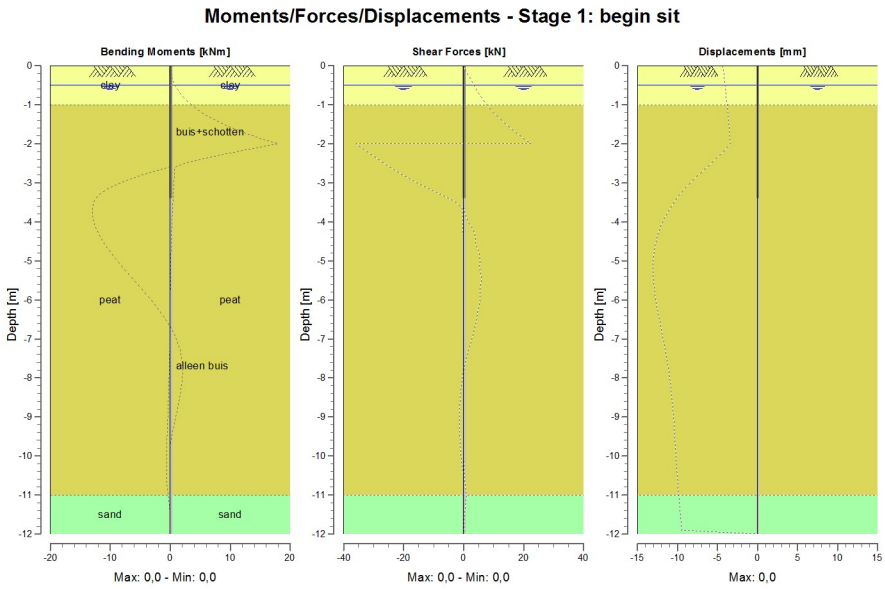
4.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
clay	4,47
peat	196,75
sand	23,30

4.8 Calculation Results

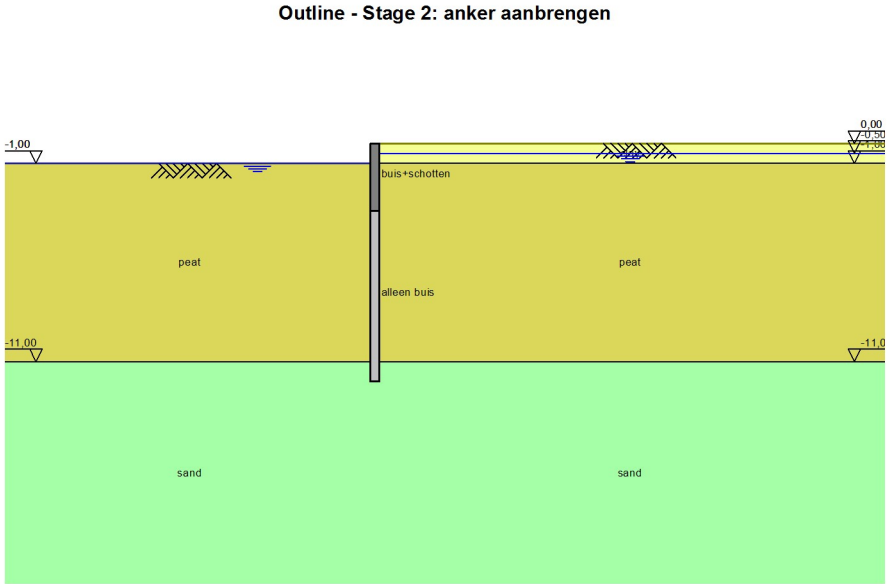
Number of iterations: 2

4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



5 Construction Stage 2: anker aanbrengen

5.1 Outline



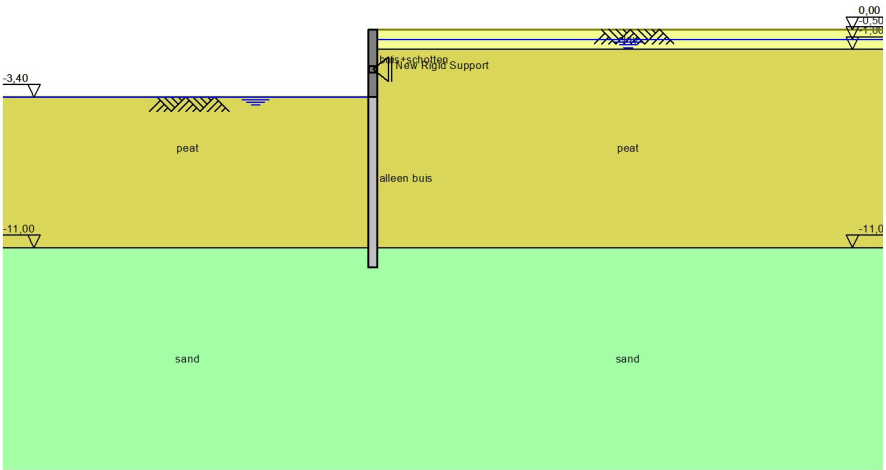
5.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure Active [kN/m²]	Horizontal pressure Passive [kN/m²]	Fictive earth pressure coefficients Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-1,25	0,0	42,9	0,00	0,74	53,77
2	-1,75	0,0	46,3	0,00	0,74	19,34
3	-2,25	0,0	49,6	0,00	0,74	12,45
4	-2,75	0,0	53,0	0,00	0,74	9,50
5	-3,20	0,0	56,1	0,00	0,74	7,99
6	-3,69	0,0	59,4	0,00	0,74	6,91
7	-4,28	0,0	63,3	0,00	0,74	6,06
8	-4,86	0,0	67,3	0,00	0,74	5,46
9	-5,45	0,0	71,2	0,00	0,74	5,02
10	-6,03	0,0	75,1	0,00	0,74	4,68
11	-6,62	0,0	79,1	0,00	0,74	4,41
12	-7,20	0,0	83,0	0,00	0,74	4,20
13	-7,78	0,0	86,9	0,00	0,74	4,02
14	-8,37	0,0	90,9	0,00	0,74	3,87
15	-8,95	0,0	94,8	0,00	0,74	3,74
16	-9,54	0,0	98,7	0,00	0,74	3,63
17	-10,12	0,0	102,7	0,00	0,74	3,53
18	-10,71	0,0	106,6	0,00	0,74	3,44
19	-11,25	0,0	489,2	0,00	0,50	14,41
20	-11,75	0,0	462,0	0,00	0,50	12,15

6 Construction Stage 3: ontgraven

6.1 Outline

Outline - Stage 3: ontgraven



6.2 Input Data Left

6.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.2.2 Water Level

Water level: -3,40 [m]

6.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-3,40

6.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-11,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure Active [kN/m²]	Horizontal pressure Passive [kN/m²]	Fictive earth pressure coefficients Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
11	-5,45	0,0	93,5	0,00	0,74	3,77
12	-6,03	0,0	97,5	0,00	0,74	3,66
13	-6,62	0,0	101,4	0,00	0,74	3,56
14	-7,20	0,0	105,3	0,00	0,74	3,47
15	-7,78	0,0	109,2	0,00	0,74	3,39
16	-8,37	0,0	113,2	0,00	0,74	3,32
17	-8,95	0,0	117,1	0,00	0,74	3,26
18	-9,54	0,0	121,0	0,00	0,74	3,20
19	-10,12	0,0	124,9	0,00	0,74	3,15
20	-10,71	0,0	128,9	0,00	0,74	3,10
21	-11,25	0,0	560,5	0,00	0,50	12,58
22	-11,75	0,0	530,0	0,00	0,50	10,90

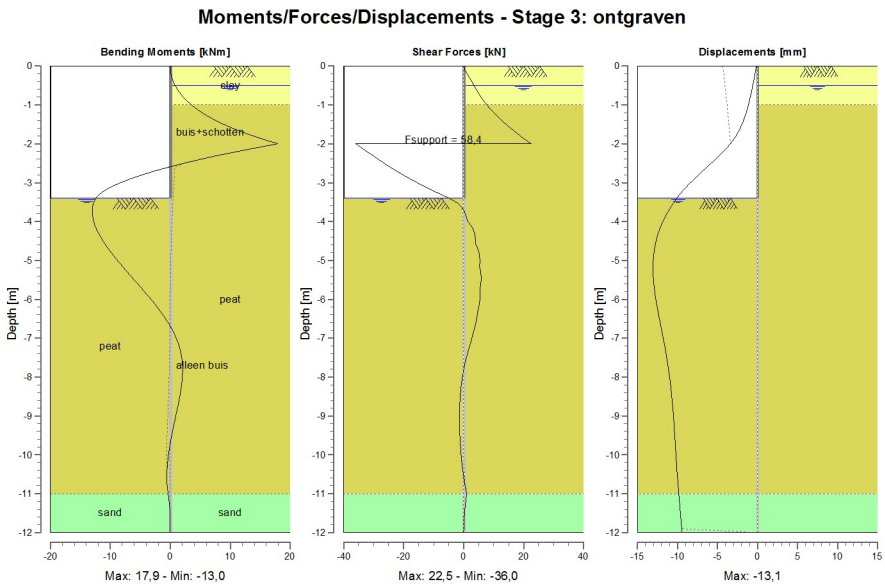
6.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
clay	6,49
peat	28,17
sand	4,01

6.8 Calculation Results

Number of iterations: 4

6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



6.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,00	-0,1
1	-0,50	0,79	3,41	-0,6
2	-0,50	0,79	3,41	-0,6
2	-1,00	3,51	7,72	-1,1

<u>Oude</u> berlinerwand berekening.

Gegevens:
Φ_{veen} = 15°
$\Phi_{klei\ organisch}$ = 15°
Y_{klei} = 15 kN/m³
$Y_{klei.nat}$ = 16 kN/m³
Y_{veen} = 13 kN/m³
$Y_{zand.nat}$ = 18 kN/m³
Veiligheidsfactor = 1,5

Tabel 5 Geotechnische gegevens

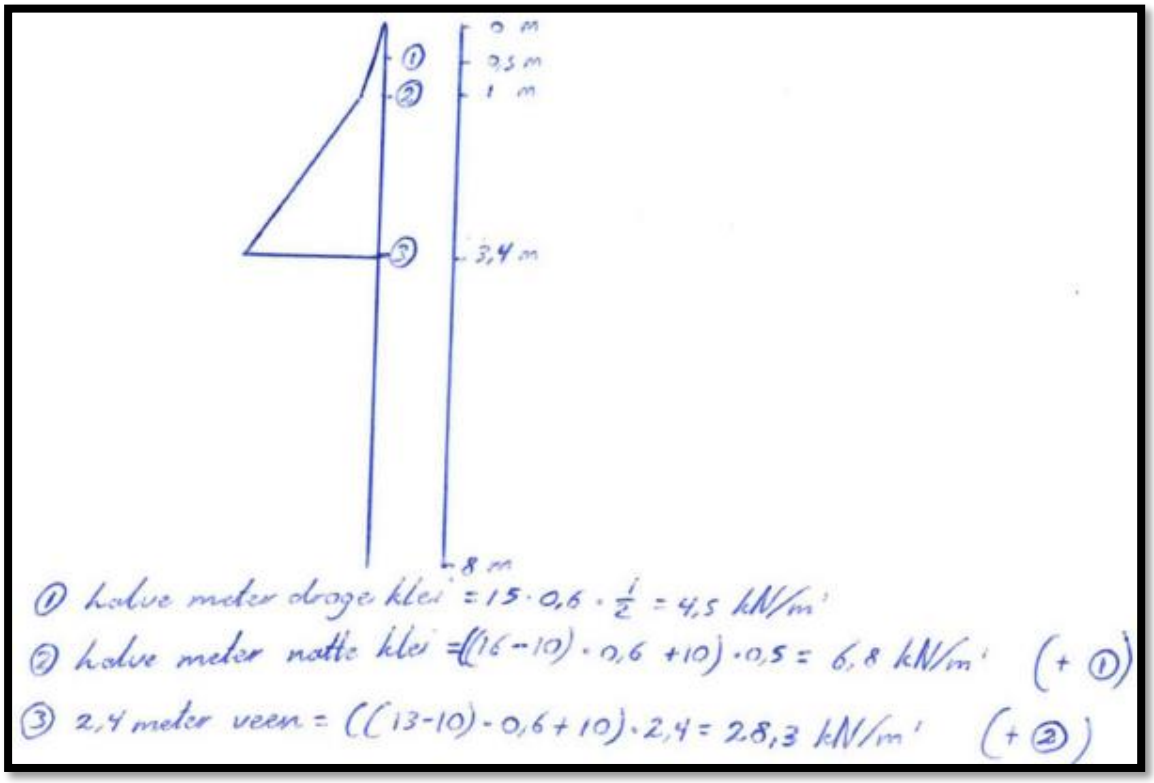
Om de krachten op de berlinerwand te bepalen worden de horizontale krachten bepaald. Om dit te doen moeten eerst de hoekverdraaiingswaarden worden omgeschreven naar de Ka- en Kp-waarden. Hiervoor worden de volgende formules gebruikt:

$$Ka = \frac{1-Sin\Phi}{1+Sin\Phi}$$
$$Kp = \frac{1}{Ka}$$

Invullen:
Ka en Kp voor klei droog
$$Ka = \frac{1-Sin15}{1+Sin15} = 0{,}6$$
$$Kp = \frac{1}{0{,}6} = 1{,}7$$

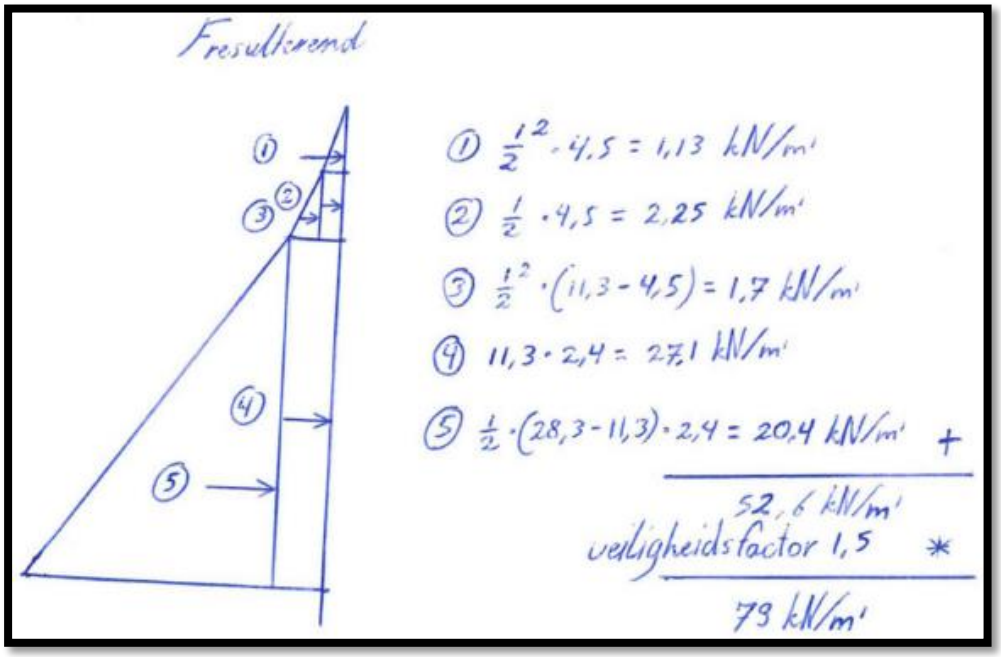
Ka- en Kp-waarde voor klei nat en veen zijn hetzelfde.

Eerst worden de horizontale grondspanningen berekend. Deze worden berekend aan de hand van onderstaande figuur. Dit wordt gedaan met het soortelijk gewicht en de berekende ka- en kp-waarden.



Figuur 10 Berekening grondspanningen

Deze grondspanningen worden omgerekend naar puntlasten op de damwand. De driehoeken grijpen aan op 1/3e van de hoogte en de rechthoeken in het midden.



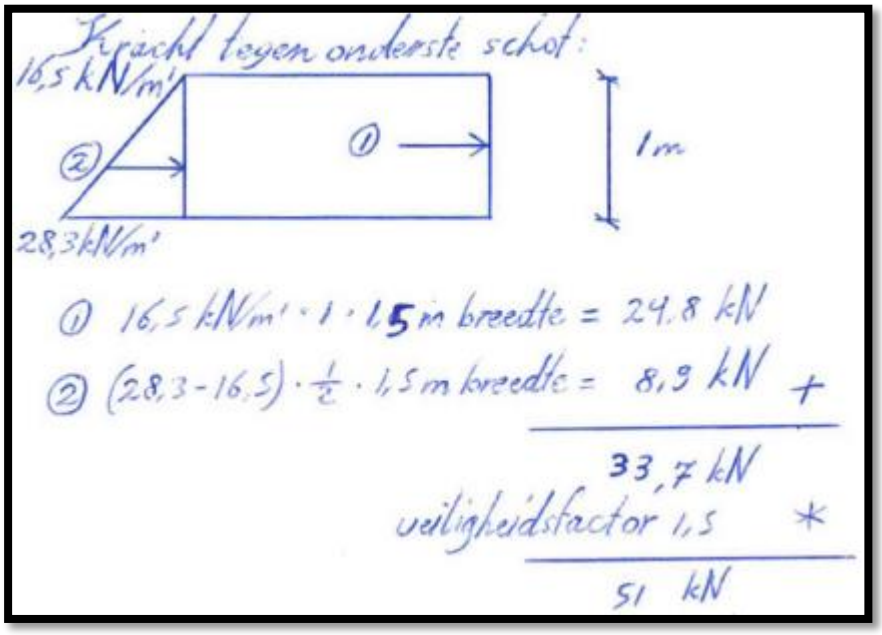
Figuur 11 Berekening resulterende krachten

De totale belasting per strekkende meter van de bouwkuip is 79 kN. Met deze waarde wordt de stempel en gording in de bouwkuip berekend in BIJLAGE VII.

Maximale belasting schotten.

Gegevens:
Maximale schotbreedte = 1,7m (h.o.h. afstand buisprofielen) – 0,2m (Diameter buisprofiel) = 1,5m.
Maximale schothoogte = 1m
De grootste kracht komt op het onderste schot.
Staalkwaliteit S235
Veiligheidsfactor = 1,5

De kracht op het onderste schot wordt in onderstaande figuur berekend.



Figuur 12 Grondspanningen omgerekend naar maximale krachten op een schot

Om de veiligheid te waarborgen is er gebruik gemaakt van een veiligheidsfactor 1,5.

Kandt maakt gebruik van stalen schotten met een dikte van 30mm. Om de doorbuiging te berekenen zijn de volgende gegevens vereist:
Maximale doorbuiging = 10 mm
$I = \frac{1}{12} * B * H^3 = \frac{1}{12} * 1000 * 3 = 225 * 10^4\ mm^4$
$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$
$q = 51\ N/mm^1$
$L = 1500\ mm$

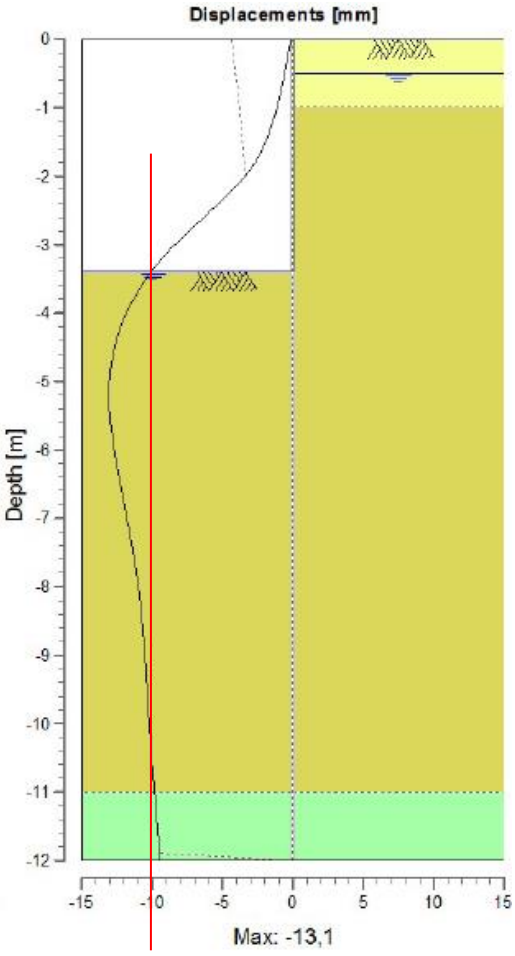
De maximale doorbuiging wordt met behulp van de volgende formule bepaald:
$vmax = \frac{-5qL^4}{384EI}$

$vmax = \frac{-5*51*1500^4}{384*2{,}1*10^5*225*10^4} = 7{,}1mm$

Unity Check:
$\frac{7{,}1}{10} = 0{,}71$ VOLDOET

Maximale vervorming
De maximale vervorming is een combinatie van de buispaal profielen en schotten.
De buispaal profielen vervormen maximaal 13,1mm, maar hebben op de onderzijde van de bouwkuip (onderste schot) een vervorming van 10mm.
De schotten hebben aan de onderzijde van de bouwkuip een maximale vervorming van 7,1mm.

Dit resulteert in een totale maximale vervorming van 10 + 7,1 = 17,1mm.



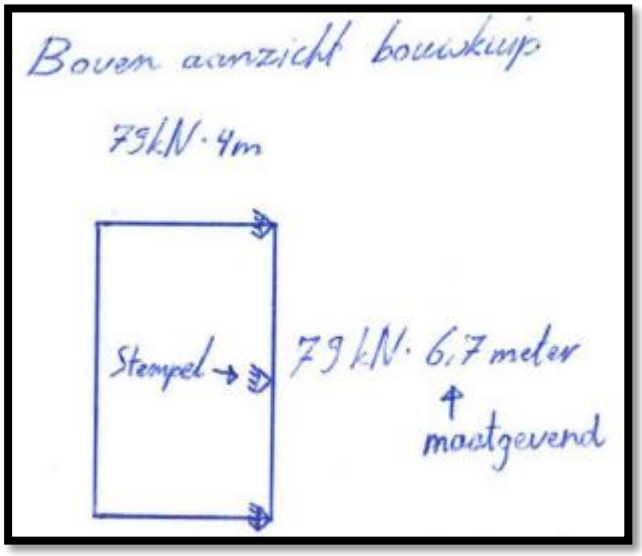
Figuur 13 buispaal vervorming aan onderzijde bouwkuip

Vergelijking belangrijkste uitkomsten hand- en modelberekeningen

	handberekening
Buispaal profiel	300mm buitendiameter, 15mm wanddikte
Schotprofiel	1-1,5m lang, 1m hoog en 30mm dik
Maximaal moment	Onbekend
Vervorming	Onbekend
	D-sheet model
Buispaal profiel	200mm buitendiameter, 10mm wanddikte
Schotprofiel	1-1,5m lang, 1m hoog en 30mm dik
Maximaal moment	17,95 kNm/m
Vervorming	10mm palen + 7,1mm schotten = 17,1mm maximaal

BIJLAGE VII BEREKENING GORDING EN STEMPEL

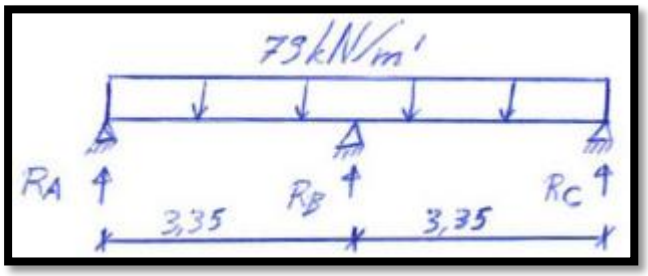
Berekening stempel en gording binnen de bouwkuip
In BIJLAGE VI was de q-last per strekkende meter berlinerwand berekend.
q-last = 79 kN/m[1]
Deze q-last staat op alle zijden van de bouwkuip, in onderstaande figuur is dit te zien.



Figuur 14 Stempelkracht berekenen

Door de stempel wordt de grootste afstand te overbruggen 4 meter, hierop wordt de gording berekend.

Stempel
Parallel aan de erfgrens wordt een stempel geplaatst, deze is in het bovenaanzicht als steunpunt geschematiseerd. Om deze stempel te berekenen wordt dit krachtenplaatje als een ligger op 3 steunpunten beschouwd, zie onderstaande figuur.



Figuur 15 Reactiekracht van de stempel bepalen

Middels een programma, constructieberekeningen, zijn de reactiekracht van de ligger bepaald. (constructieberekeningen, 2017)
$RA = 99{,}24kN$
$RB = 330{,}81kN$
$RC = 99{,}24kN$

Aangezien de stempel (RB) deze kracht van 2 kanten krijgt, moet deze 661,62 kN aan draagvermogen hebben.
Het profiel voor de stempel wordt middels een knik-berekening berekend. Hierbij wordt een veiligheidsfactor 1,5 gehanteerd.

Minimaal op te nemen drukkracht:
$661{,}62 * 1{,}5 = 1000kN$

De knik-berekening wordt uitgevoerd met behulp van de volgende formule:

$$Fknik = \frac{\pi^2 * EI}{L^2}$$

In geval van een inklemming aan twee zijdes, mag L gereduceerd worden met 50% in de berekening. Om het benodigde profiel te berekenen wordt de I berekend. Aan de hand van deze waarde wordt het profiel gekozen.

Gegevens:
Staalkwaliteit S235

$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$

$L = 4000 * 0{,}5 = 2000mm$

$I = ?$

$Fknik = 1000 * 10^3 N$

Berekening invullen:

$$1000 * 10^3 = \frac{\pi^2 * 2{,}1 * 10^5 * I}{2000^2}$$

Formule ombouwen:

$$1000 * 10^3 * 2000^2 = \pi^2 * 2{,}1 * 10^5 * I$$

$$I = \frac{1000 * 10^3 * 2000^2}{\pi^2 * 2{,}1 * 10^5}$$

$$I = 193 * 10^4 mm^4$$

profiel nr.	G_8 kg/m	A mm²	h mm	b mm	t_w mm	t_f mm	A_L m²/m	I_y x10⁴ mm⁴	$W_{y;el}$ x10³ mm³	I_z x10⁴ mm⁴	$W_{z;el}$ x10³ mm³	profiel nr.
100	42,6	5324	120	106	12	20	0,619	1143	190	399	75,3	100
120	53,1	6641	140	126	12,5	21	0,738	2018	288	703	112	120
140	64,4	8056	160	146	13	22	0,857	3291	411	1144	157	140
160	77,6	9705	180	166	14	23	0,970	5098	566	1759	212	160
180	90,6	11325	200	186	14,5	24	1,09	7483	748	2580	277	180
200	105	13128	220	206	15	25	1,20	10642	967	3651	354	200
220	120	14944	240	226	15,5	26	1,32	14605	1217	5012	444	220
240	160	19959	270	248	18	32	1,46	24290	1799	8153	657	240
260	176	21964	290	268	18	32,5	1,57	31307	2159	10449	780	260
280	192	24016	310	288	18,5	33	1,69	39547	2551	13163	914	280
300	242	30308	340	310	21	39	1,83	59201	3482	19403	1252	300
320	250	31205	359	309	21	40	1,87	68135	3796	19709	1276	320
340	253	31583	377	309	21	40	1,90	76372	4052	19711	1276	330
360	255	31881	395	308	21	40	1,93	84867	4297	19522	1268	460
400	261	32578	432	307	21	40	2,00	104119	4820	19335	1260	400
450	268	33544	478	307	21	40	2,10	131484	5501	19339	1260	450
500	275	34430	524	306	21	40	2,18	161929	6180	19155	1252	500
550	284	35438	572	306	21	40	2,28	197984	6923	19158	1252	550
600	291	36366	620	305	21	40	2,37	237448	7660	18975	1244	600
650	299	37374	668	305	21	40	2,47	281668	8433	18979	1245	650
700	306	38302	716	304	21	40	2,56	329278	9198	18797	1237	700
800	323	40427	814	303	21	40	2,75	442598	10875	18627	1230	800
900	339	42363	910	302	21	40	2,93	570434	12537	18452	1222	900
1000	355	44421	1008	302	21	40	3,13	722299	14331	18459	1222	1000

Tabel 6 overzicht HEM profielen

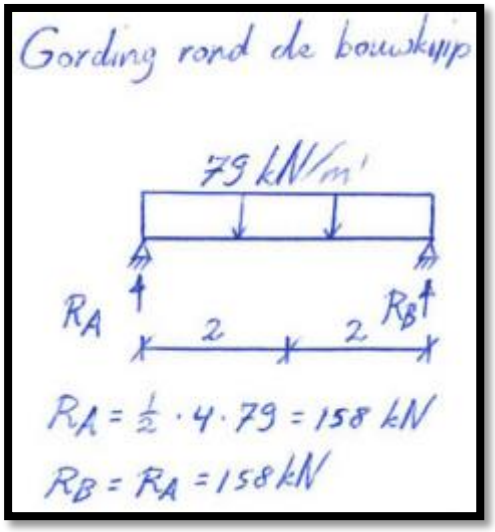
Aangezien de gording met HEM-profielen uitgevoerd zal worden, wordt er voor de stempel ook een HEM-profiel toegepast. Een HEM-profiel 100mm heet een traagheidsmoment van $399*10^4$ mm^4. Dit is terug te vinden in tabel 6.

Unity Check:

$$\frac{193*10^4}{399*10^4} < 1 \quad \text{VOLDOET}$$

Gording

De gording wordt berekend met behulp van de volgende schematisatie.



Figuur 16 q-last op de gording

In paragraaf 7.2, berlinerwand resultaat staat beschreven waarom het belangrijk is een lage vervorming van de berlinerwand te behouden. Om deze reden wordt er een gording ontworpen met een maximale vervorming van 10mm binnen de bouwkuip.
Wederom wordt er teruggerekend naar een traagheidsmoment (profiel) dat voldoet voor deze eis.

Gegevens:
Staalkwaliteit S235
$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$
$L = 4000\ mm$
$q = 79\ N/mm^1$
$vmax = 10\ mm$
$I = ?$

De formule voor de doorbuiging op een ligger ten gevolge van een q-last is:
$vmax = \frac{-5qL^4}{384EI}$

Berekening invullen:
$10 = \frac{-5*79*4000^4}{384*2{,}1*10^5*I}$

Formule ombouwen:
$10 * 384 * 2{,}1 * 10^5 * I = -5 * 79 * 4000^4$
$I = \frac{-5*79*4000^4}{10*384*2{,}1*10^5}$
$I = 12.539{,}7 * 10^4\ mm^4$

Het meest passende profiel bij dit traagheidsmoment is HEM220. HEM220 heeft een traagheidsmoment van $14.642*10^4$ mm^4.

Unity Check:
$\frac{12.539{,}7*10^4}{14.642*10^4} < 1$ VOLDOET

BIJLAGE VIII BEREKENING POMPCAPACITEIT

Kwel/pompcapaciteit berekening
Voor de pompcapaciteitsberekening wordt de wet van Darcy gebruikt.

WetvanDarcy :

$$Q = A * q = A * \left(-k * \frac{\Delta H}{\Delta x} \right)$$

De wet van Darcy is te gebruiken voor horizontale waterstromen. Echter kan deze ook omgebouwd worden naar een formule voor verticale waterstromen. Hierbij wordt A het instroomgebied en Δx de verticale afstand die het water af moet leggen. Het instroomgebied omvat de oppervlakte onder het kwelscherm in combinatie met de paralleldamwand. Door de gevoelige projectlocatie wordt voor de kwelberekening wederom een veiligheidsfactor 1,5 gehanteerd.

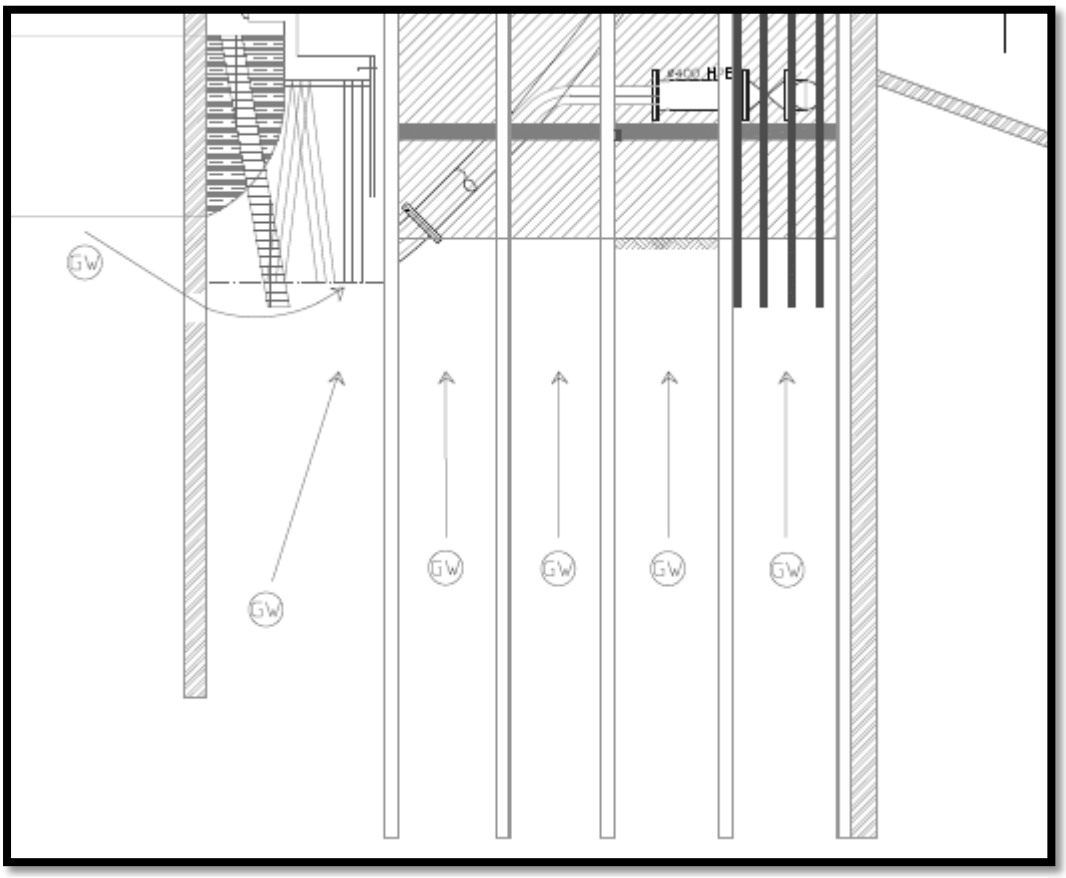
Gegevens:

- Tot 11,5 meter onder maaiveld = veen
- 3,5 meter tussen de waterstand in de Kromme Gouwe en de zinker
- 0,75 meter tussen de bodem van de Kromme Gouwe en de zinker
- 0,5 meter wordt aangehouden voor dit bodem-zinker verschil als zekerheid voor het eroderen van het bodemniveau.
- Kwelscherm komt tot 4,4 meter onder maaiveld
- Bodemniveau Kromme gouwe tot onderzijde kwelscherm = 1,6 meter
- Bodemniveau bouwkuip tot onderzijde kwelscherm = 1 meter
- K-waarde veen = 0,1 m/dag in verticale richting
- K-waarde risico gebied = 100 m/dag, dit komt door eventuele slechte hechting kwelscherm rond de zinker in combinatie met losgewoelde grond en/of zand rond de zinker uit het verleden.
- dH = 3,5 meter (waterstandsverschil)
- dx = 1 meter (er wordt alleen gerekend met dat het grondwater 1 meter verticaal omhoog moet onder het kwelscherm door omdat het grondwater in horizontale richting uit alle kant vlot toe kan stromen.)
- A = instroomgebied = 6 * 12 = 72 m²
- Veiligheidsfactor = 1,5

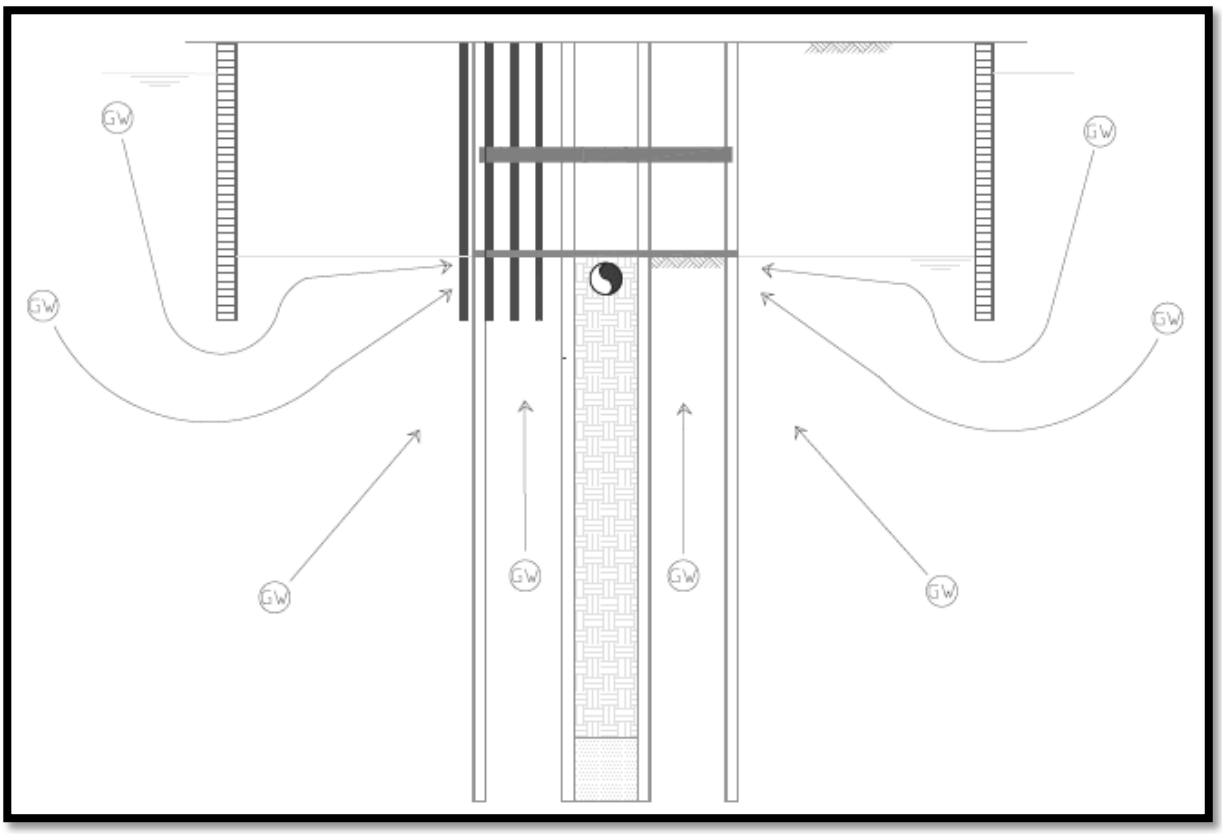
Normaal dient voor de berekening elke kwellengte te worden meegenomen waarbij de weerstanden in serie worden opgeteld. Echter heeft de kwelinstroom binnen het instroomgebied in de verticale richting een maatgevende rol dat de horizontale debieten en weestanden in het niet vallen. Deze zouden een lage waarde aan extra weerstand bieden en een lichtelijk positieve invloed hebben op de totale instroom.

K-waarde
De K-waarde bij veen speelt een grote rol. Het verschil van deze waarde in de verticale en horizontale richting vloeit voort uit de structuur van veen. Veen heeft een sterk laagsgewijze opbouw, hierdoor zijn de vezels in horizontale richting een soort watergangen waar het grondwater relatief soepel doorheen stroomt. Echt werkt het in de verticale richting als een gelaagd net, hier moet het grondwater zich loodrecht op de vezels er doorheen ''frummelen'' om zich voort te bewegen. Dit kost beduidend meer tijd.

Grondwaterstroming

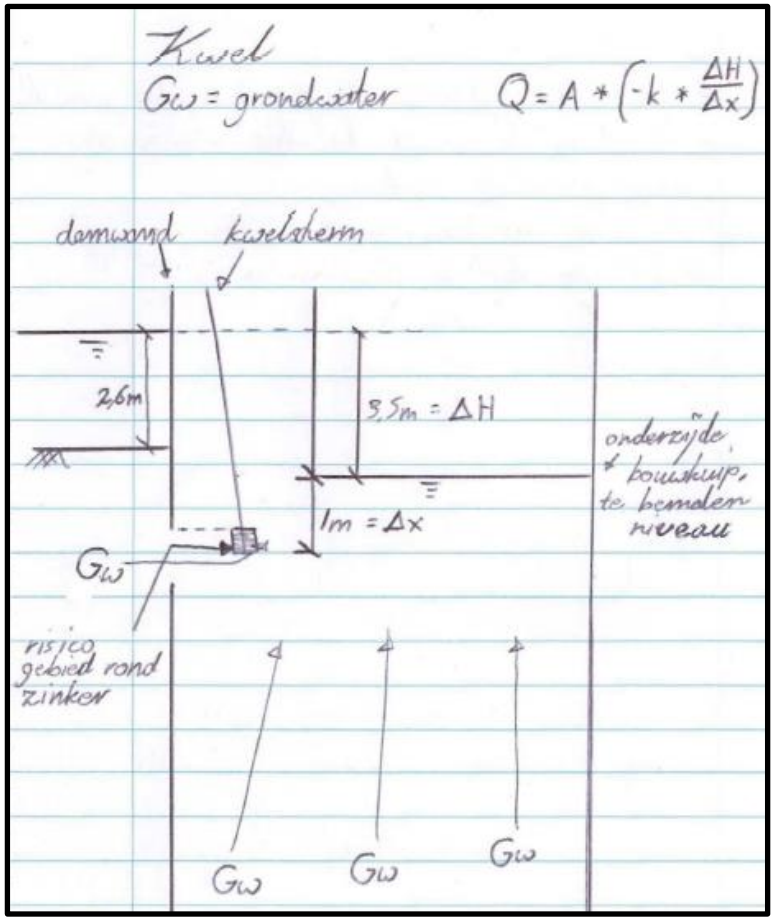


Figuur 18 Grondwater instroom dwarsdoorsnede

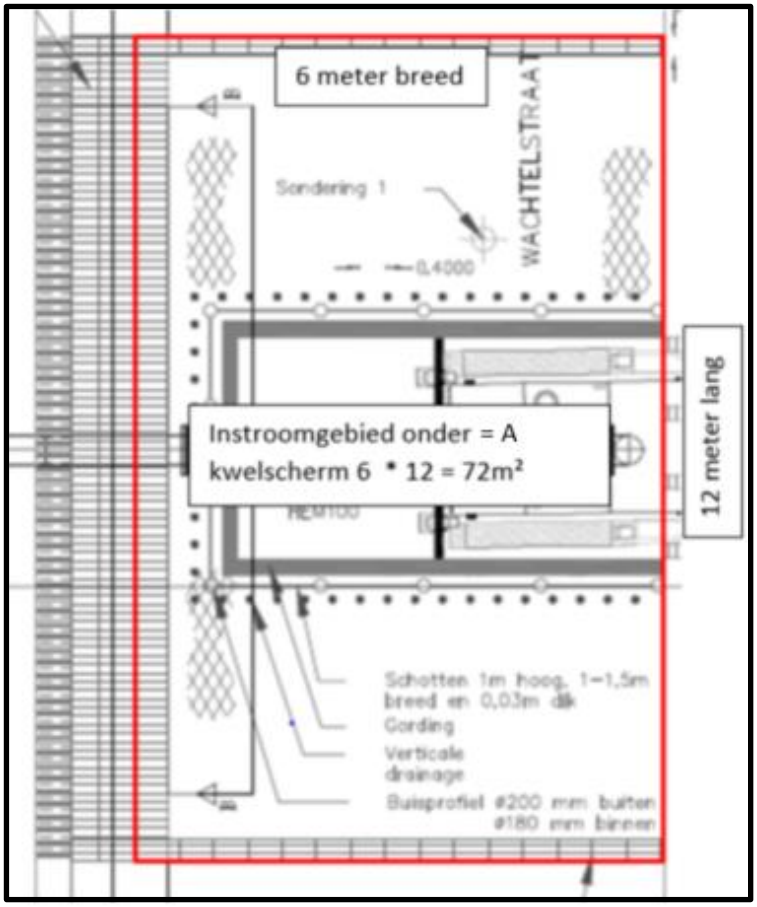


Figuur 17 Grondwater instroom langsdoorsnede

Formule invullen:



Figuur 20 Kwel instroom berekening



Figuur 19 Instroomgebied

WetvanDarcy :

$$Q = A * q = A * \left(-k * \frac{\Delta H}{\Delta x}\right)$$

$$Q = 72m^2 * \left(-0{,}1 * \frac{3{,}5}{1}\right) * 1{,}5 = 37{,}8\ m^3/dag$$

Rond de zinker wordt een oppervlakte van 0,5 meter genomen vanwege eventuele problemen met de hechting van het kwelscherm aan de zinker. Hiervoor wordt de maximale k-waarde van 100m/dag gehanteerd.

$$Q = 0{,}5m^2 * \left(-100 * \frac{3{,}5}{1}\right) * 1{,}5 = 262{,}5\ m^3/dag$$

$$Qtot = 262{,}5\frac{m^3}{dag} + 37{,}8\frac{m^3}{dag} = 300{,}3\frac{m^3}{dag}$$

$$Qtot = \frac{300{,}3}{24} = 12{,}5\ m^3/uur$$

Per dag moet er 300,3 m³ water bemaald worden.
Per uur moet er 12,5 m³ water bemaald worden.

De berekening toont aan dat het risicogebied met een K-waarde van 100 m/dag een enorme invloed heeft op de te bemalen hoeveelheid grondwater. Indien de hoeveelheid te bemalen grondwater per uur hoger zou liggen dan zou er overwogen moeten worden om extra pompen aan te schaffen ter preventie.

BIJLAGE IX BEREKENING AFSTEMPELING RELINE-INSTALLATIE

Afstempel methode
Ter afstempeling van de reline-constructie wordt een stempelbuis ontworpen die direct op de oude zinker wordt geplaatst (niet onder een hoek!). Hiervoor moeten een aantal berekeningen worden uitgevoerd of dit überhaupt mogelijk is. Allereerst wordt berekend of de oude zinker deze kracht van 20 Ton aan kan. Hierna wordt het profiel berekend dat de afstempelbuis moet hebben om deze kracht aan te kunnen.
Ervanuit gaande dat de 20 Ton aan kracht met 10 Ton aan wrijving in de buis wordt gecompenseerd, dient de resterende 10 Ton ook ondervangen te worden. Hiervoor is eerst middels een berekening gekeken of de passieve gronddruk voldeed, dit doet het echter niet. Uiteindelijk is er gekozen om de reline-installatie gedeeltelijk af te stempelen op de bouwkuip en op de oude zinker. De laatste berekening die daarom is uitgevoerd is of een buisprofiel van de berlinerwand deze kracht op kan nemen zonder te knikken.

Berekening of de oude zinker een afstempeling aan kan
Gegevens:
Kracht ten gevolge van het reline-proces = 20 Ton
Buitendiameter zinker = 416 mm
Binnendiameter zinker = 400 mm
Staalkwaliteit S235
Veiligheidsfactor = 1,5

Oppervlakte berekening oude zinker:
$$\left(\frac{416}{2}\right)^2 * \pi - \left(\frac{400}{2}\right)^2 * \pi = 10.254\ mm^2$$

Ton omrekenen naar Newton:
$$20 * 9{,}81 * 10^3 = 196.200\ N$$

Maximaal te belasten op de oude zinker:
$$235 * 10.254 = 2.410.160\ N$$

Unity Check:
$$\frac{196.200}{2.410.160} < 1 \text{ VOLDOET}$$

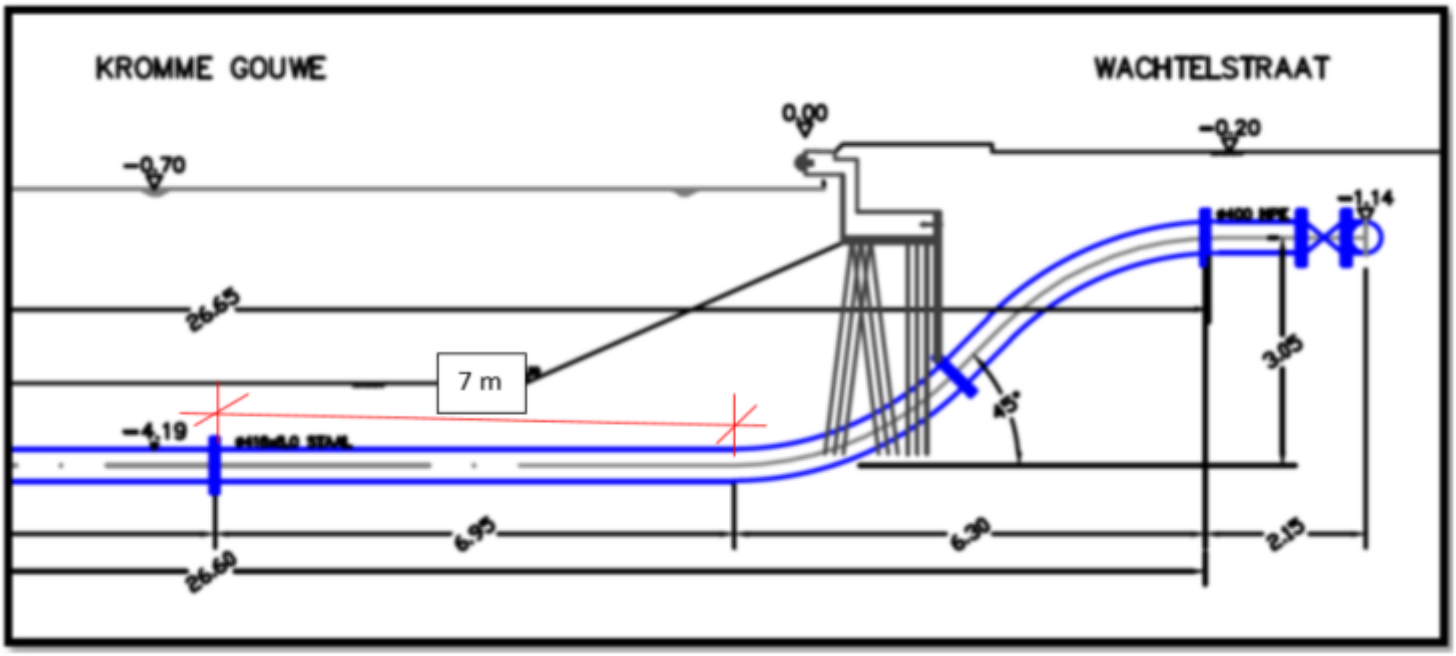
Berekening afstempelbuisprofiel tussen zinker en reline-installatie
Gegevens:
Kracht ten gevolge van het reline-proces = 20 Ton
Buitendiameter zinker = 416 mm
Staalkwaliteit S235
Veiligheidsfactor = 1,5

De afstempelbuis wordt buitendiameter 420 mm en 412 mm binnendiameter, Hierdoor heeft hij 2 mm staaldikte buiten en op de oude zinker. Voor de sterkteberekening wordt het oppervlak dat op de oude zinker afgestempeld is als rekenwaarde beschouwd. Dit geeft de volgende oppervlakte:
$$\left(\frac{416}{2}\right)^2 * \pi - \left(\frac{412}{2}\right)^2 * \pi = 2.601\ mm^2$$

Maximaal te belasten op deze oppervlakte:
$$235 * 2.601 = 611.291\ N$$

Unity Check:
$$\frac{196.200}{611.291} < 1 \text{ VOLDOET}$$

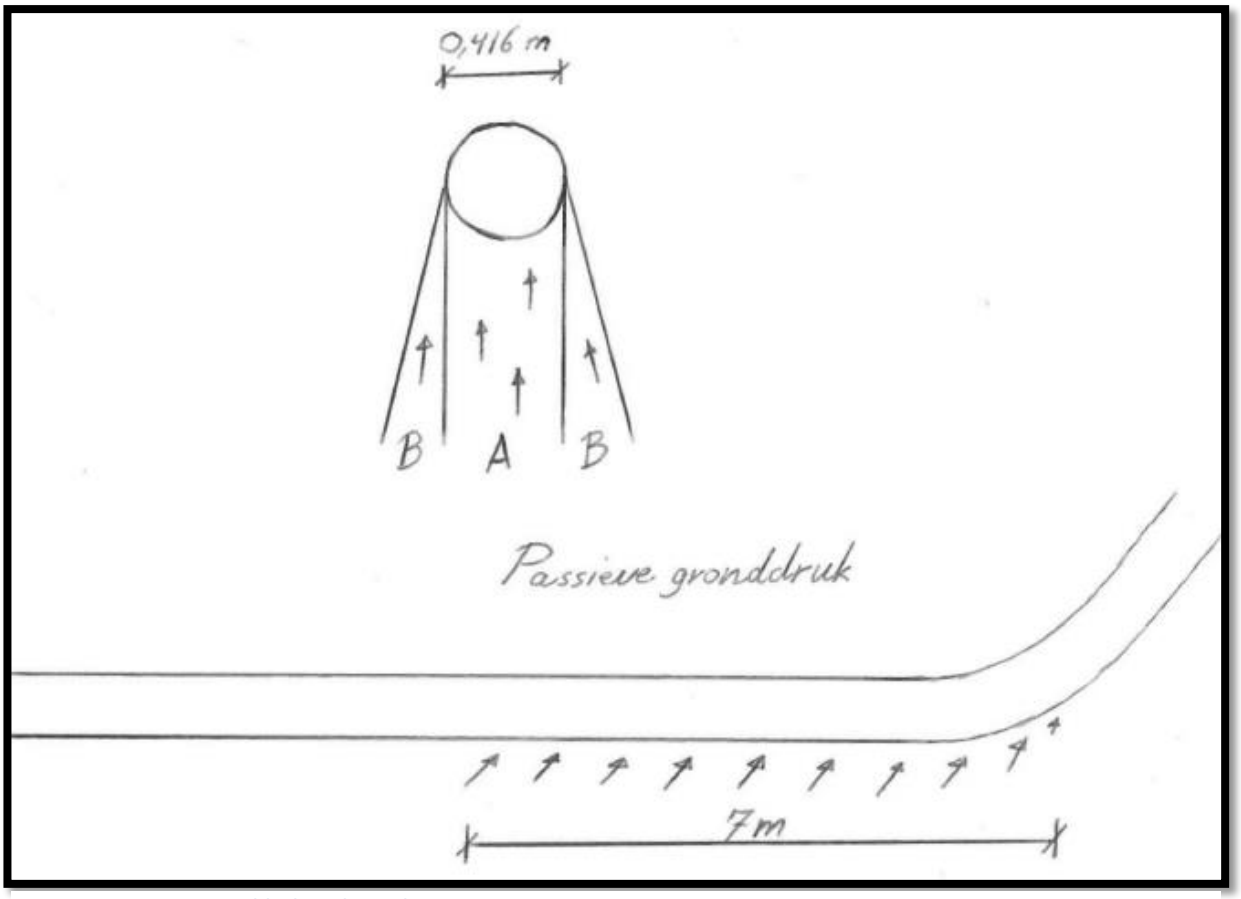
Berekening of de passieve gronddruk de 20 Tons trekkracht – de 10 Ton aan wrijving aan kan
Ervan uitgaande dat de volledige 20 Ton aan trekkracht benut dient te worden voor het relinen en dat deze dan voornamelijk veroorzaakt wordt door de wrijving in de 2 bochten van de oude zinker, dan wordt 10 Ton aan wrijving in de bocht in kwestie aan de zijde van de bouwkuip opgewekt. Deze wrijving zorgt ervoor dat de zinker als het ware omhoog wil bewegen omdat dat de richting is waar de nieuwe leiding heen wordt getrokken. Dit resulteert in een resterende 10 Ton die ondervangen dient te worden.
Om te berekenen of deze 10 Ton aan passieve gronddruk ondervangen kan worden zijn een aantal gegevens vereist
Gegevens:
Y_{veen} = 13 kN/m³
Φ_{veen} = 15°
$Ka = \frac{1-Sin\Phi}{1+Sin\Phi}$
$Kp = \frac{1}{Ka}$
Invloed lengte waarover de passieve gronddruk werkt = 7 meter (aanname gebaseerd op de helft van de lengte).
Waterniveau Kromme Gouwe tot bodem zinker = 3,9 meter



Figuur 21 Invloed lengte passieve gronddruk

Invullen:
Ka en Kp voor veen
$Ka = \frac{1-Sin15}{1+Sin15} = 0{,}6$
$Kp = \frac{1}{0{,}6} = 1{,}7$

Berekening passieve gronddruk
Passieve gronddruk op 3,9 meter diepte over een lengte van 7 meter met een Kp van 1,7 is:
$Lengte * diepte((grondspanning - waterspanning = korrelspanning) * Kp + waterspanning) =$
$7 * 3{,}9(3 * 1{,}7 + 10) = 412{,}23 kN/m$
De zinker heeft een diameter van 0,416m.
Om de passieve gronddruk van A uit figuur … te berekenen moet de passieve gronddruk per strekkende meter vermenigvuldigd worden met de diameter van de zinker.
$412{,}23 \frac{kN}{m} * 0{,}416\ m = 171{,}49\ kN = 17{,}149\ Ton$
De passieve gronddruk van B uit figuur 48 werkt ook positief, echter wordt deze buiten beschouwing gelaten vanwege zijn kleine invloed. Dit zou niet doorslaggevend mogen zijn in combinatie met de aanname van de lengte waarover de zinker passieve gronddruk verleend.



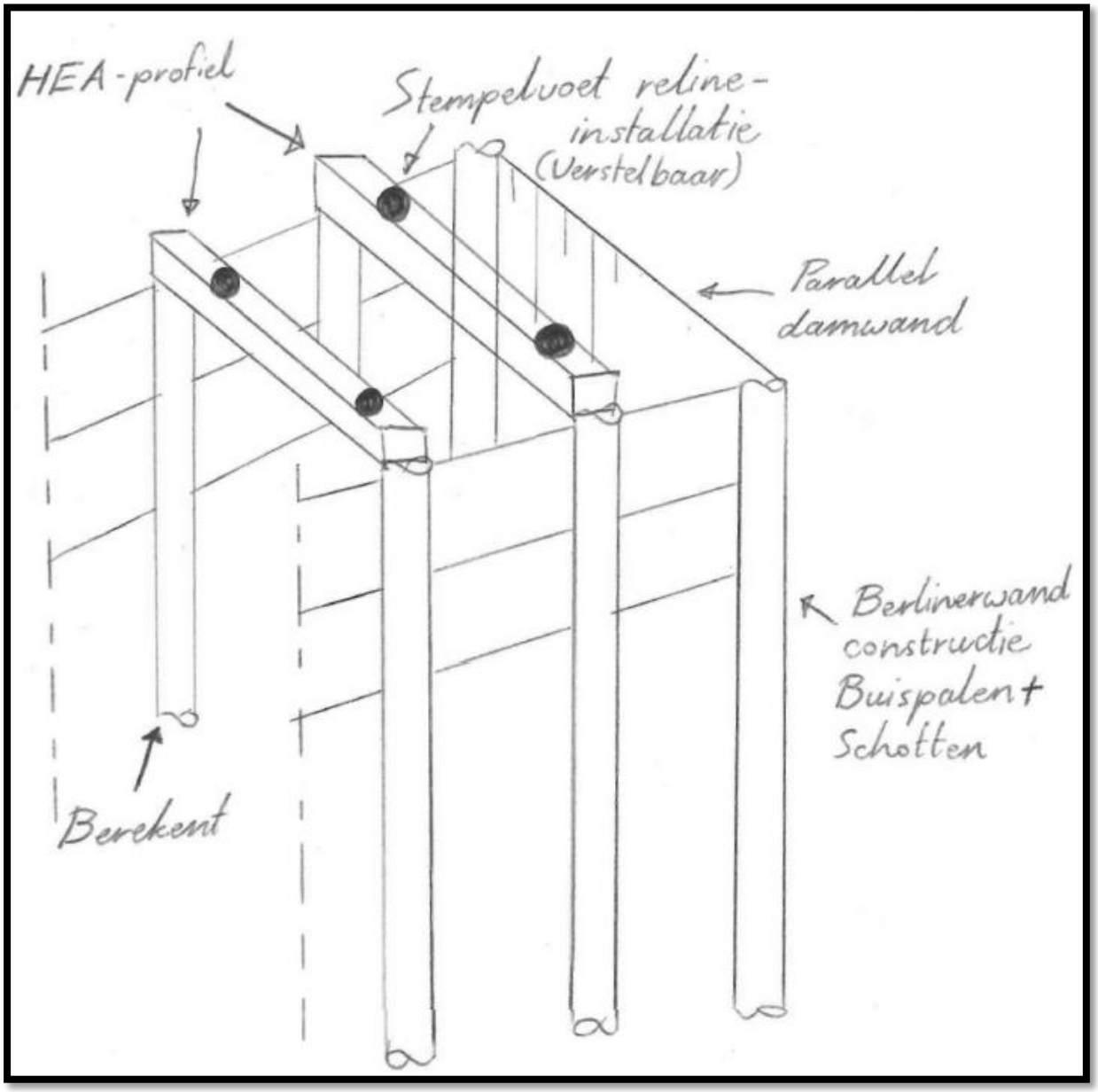
Figuur 22 Passieve gronddruk onder zinker

Berekening actieve gronddruk
Actieve gronddruk op 3,5 meter diepte over een lengte van 7 meter met een Ka van 0,6 is:
$Lengte * diepte((grondspanning - waterspanning = korrelspanning) * Ka + waterspanning) =$
$7 * 3{,}5(3 * 0{,}6 + 10) = 289{,}1 kN/m$
De zinker heeft een diameter van 0,416m.
Om de actieve gronddruk te berekenen moet de actieve gronddruk per strekkende meter vermenigvuldigd worden met de diameter van de zinker.
$289{,}1 \frac{kN}{m} * 0{,}416\ m = 120{,}27\ kN = 12{,}027\ Ton$

Van de 10 Ton die als tegendruk geleverd zou moeten worden, wordt maar: $17{,}149 - 12{,}027 = 5{,}122\ Ton$ geleverd. <u>Dus er kan niet op passieve gronddruk vertrouwd worden.</u>

Berekening afstempeling lierconstructie (gedeeltelijk) op de bouwkuip
De trekkracht van ca. 20 Ton komt voort uit de wrijving die de nieuwe leiding door de oude zinker voornamelijk in de 2 bochten ondervind. Er wordt aangenomen dat deze wrijving in beide bochten 10 Ton omvat, dit betekend dat er nog 10 Ton aan trekkracht overblijft van de reline-installatie. Deze wordt afgestempeld op de berlinerwandconstructie. Om te berekenen of de buisprofielen niet bezwijken wordt er een buisprofiel berekend op knik. De volledige 10 Ton wordt berekent over 1 buisprofiel, waarschijnlijk komt de meeste kracht op de voorste buisprofielen te staan uit figuur … . Het buisprofiel wordt aangenomen als aan 1 zijde ingeklemd en aan de bovenzijde een oplegging, dit geeft een factor 0,7 maal de kniklengte.

Gegevens:
$Kniklengte\ =\ 0{,}7\ *\ 12.000\ mm$
$Ny, Ed = optredende\ kracht = 100.000N\ (10T)$
$A = 5969\ mm^2\ buisprofiel$
$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$
$Nrd = oppervlakte * S235 = 5969\ mm^2 * 235 = 1.402.715$



Figuur 23 Principe afstempeling reline-installatie op HEA-profielen op buisprofielen

Het buisprofiel knikt als:

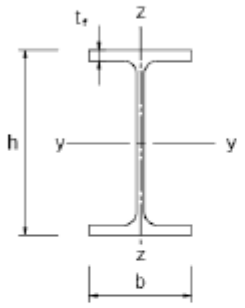
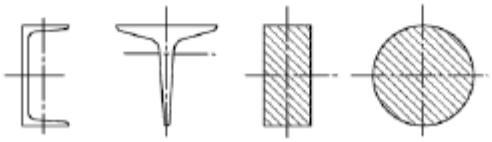
$$\frac{Ny,Ed}{Xy*Nrd} = \cdots > 1$$

Xy = waarde afgelezen uit tabel 8

Om de waarde uit deze tabel te bepalen moet de volgende formule worden ingevuld:

$$\lambda lt = \frac{Nrd}{\sqrt{\frac{\pi^2*E*Iy}{(0{,}7*L)^2}}}$$

$$\lambda lt = \frac{1.402.715}{\sqrt{\frac{\pi^2*2{,}1*10^5*27.010*10^3}{(0{,}7*12.000)^2}}} = 1{,}77$$ Deze waarde aflezen in tabel 8

Doorsnede		Begrenzingen		Knik om de as	Knikkromme S 235 S 275 S 355 S 420	Knikkromme S 460
Gewalste profielen		h/b > 1,2	$t_f \leq 40$ mm	y – y	a	a_0
				z – z	b	a_0
			40 mm < $t_f \leq 100$ mm	y – y	b	a
				z – z	c	a
		h/b ≤ 1,2	$t_f \leq 100$ mm	y – y	b	a
				z – z	c	a
			$t_f > 100$ mm	y – y	d	c
				z – z	d	c
Buisprofielen		warmvervaardigd		elke as	a	a_0
		koudgevormd en gelast		elke as	c	c
U-, T- en massieve profielen				elke as	c	c

Tabel 7 Buisprofiel koud gevormd, meest conservatief

	reductiefactor χ_{buc}			
lam_buc	a	b	c	d
0,20	1,00	1,00	1,00	1,00
0,25	0,99	0,98	0,97	0,96
0,30	0,98	0,96	0,95	0,92
0,35	0,97	0,95	0,92	0,89
0,40	0,95	0,93	0,90	0,85
0,45	0,94	0,91	0,87	0,81
0,50	0,92	0,88	0,84	0,78
0,55	0,91	0,86	0,81	0,74
0,60	0,89	0,84	0,79	0,71
0,65	0,87	0,81	0,76	0,68
0,70	0,85	0,78	0,72	0,64
0,75	0,82	0,75	0,69	0,61
0,80	0,80	0,72	0,66	0,58
0,85	0,77	0,69	0,63	0,55
0,90	0,73	0,66	0,60	0,52
0,95	0,70	0,63	0,57	0,49
1,00	0,67	0,60	0,54	0,47
1,05	0,63	0,57	0,51	0,44
1,10	0,60	0,54	0,48	0,42
1,15	0,56	0,51	0,46	0,40
1,20	0,53	0,48	0,43	0,38
1,25	0,50	0,45	0,41	0,36
1,30	0,47	0,43	0,39	0,34
1,35	0,44	0,40	0,37	0,32
1,40	0,42	0,38	0,35	0,31
1,45	0,39	0,36	0,33	0,29
1,50	0,37	0,34	0,31	0,28
1,55	0,35	0,32	0,30	0,26
1,60	0,33	0,31	0,28	0,25
1,65	0,32	0,29	0,27	0,24
1,70	0,30	0,28	0,26	0,23
1,75	0,28	0,26	0,25	0,22
1,80	0,27	0,25	0,23	0,21
1,85	0,26	0,24	0,22	0,20
1,90	0,24	0,23	0,21	0,19
1,95	0,23	0,22	0,20	0,18
2,00	0,22	0,21	0,20	0,18
2,05	0,21	0,20	0,19	0,17
2,10	0,20	0,19	0,18	0,16
2,15	0,19	0,18	0,17	0,16
2,20	0,19	0,18	0,17	0,15

Tabel 8 Reductiefactor Xy

Tussen de waarde 1,75 en 1,80 zit 0,02 verschil in de reductiefactor: 0,25 en 0,23.
Met substitueren komt voor 1,77 een reductiefactor van 0,24.

Formule invullen

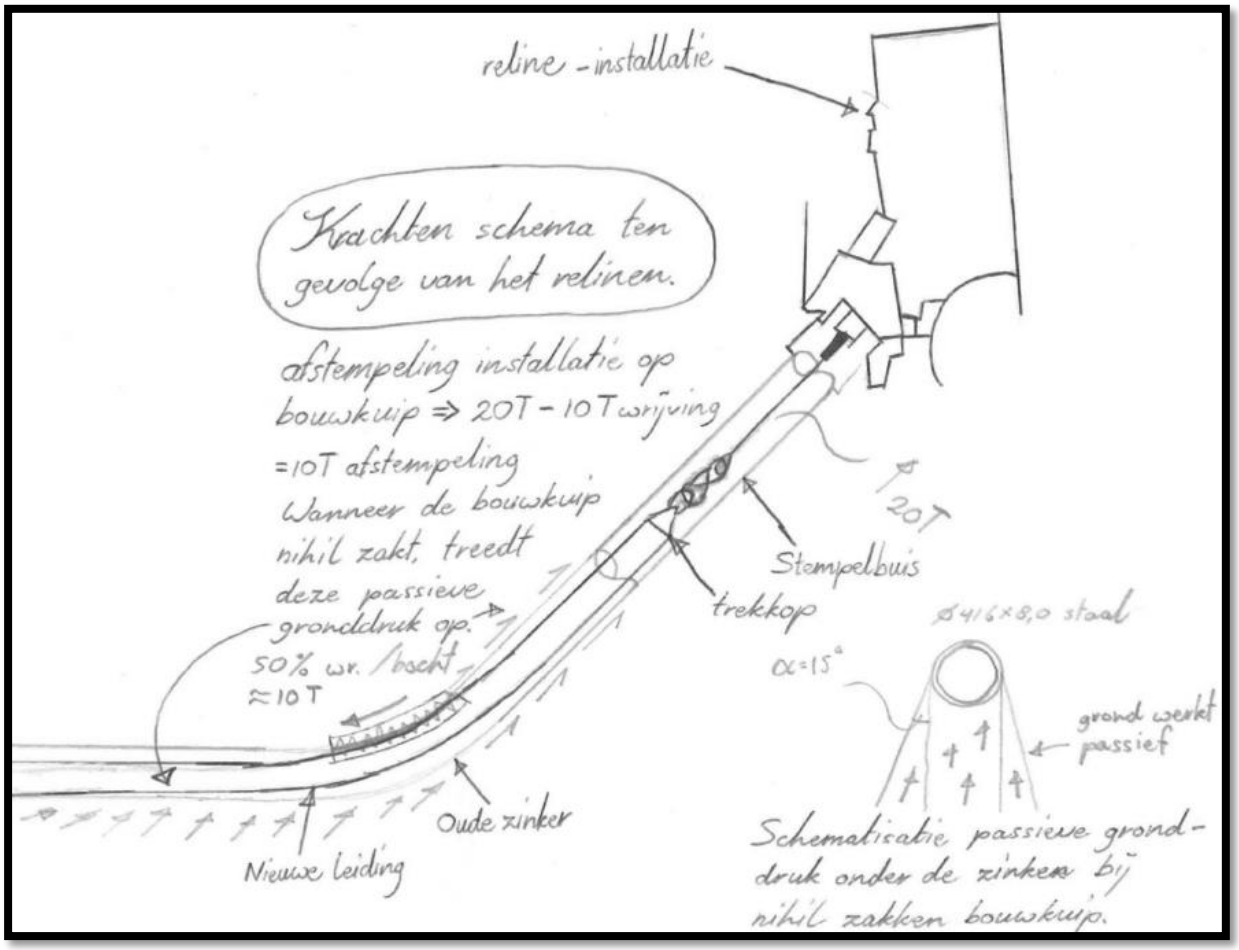
$$\frac{Ny,Ed}{Xy*Nrd} = \frac{100.000N}{0{,}24*1.402.715} = 0{,}30 < 1$$

Veiligheidsfactor 1,5 hanteren over de 10 Ton oftewel 100.000 N (Ny,Ed) geeft de volgende formule:

$$\frac{Ny,Ed}{Xy*Nrd} = \frac{150.000N}{0{,}24*1.402.715} = 0{,}45 < 1 \text{ Dus voldoet.}$$

10 Ton ten gevolge van de reline-installatie kan op 1 buispaal worden afgestempeld. Echter wordt deze last verdeeld over 2 buisprofielen middels 2 HEA profielen dwars over de bouwkuip. Dit zorgt ervoor dat de buisprofielen ruimer voldoen.

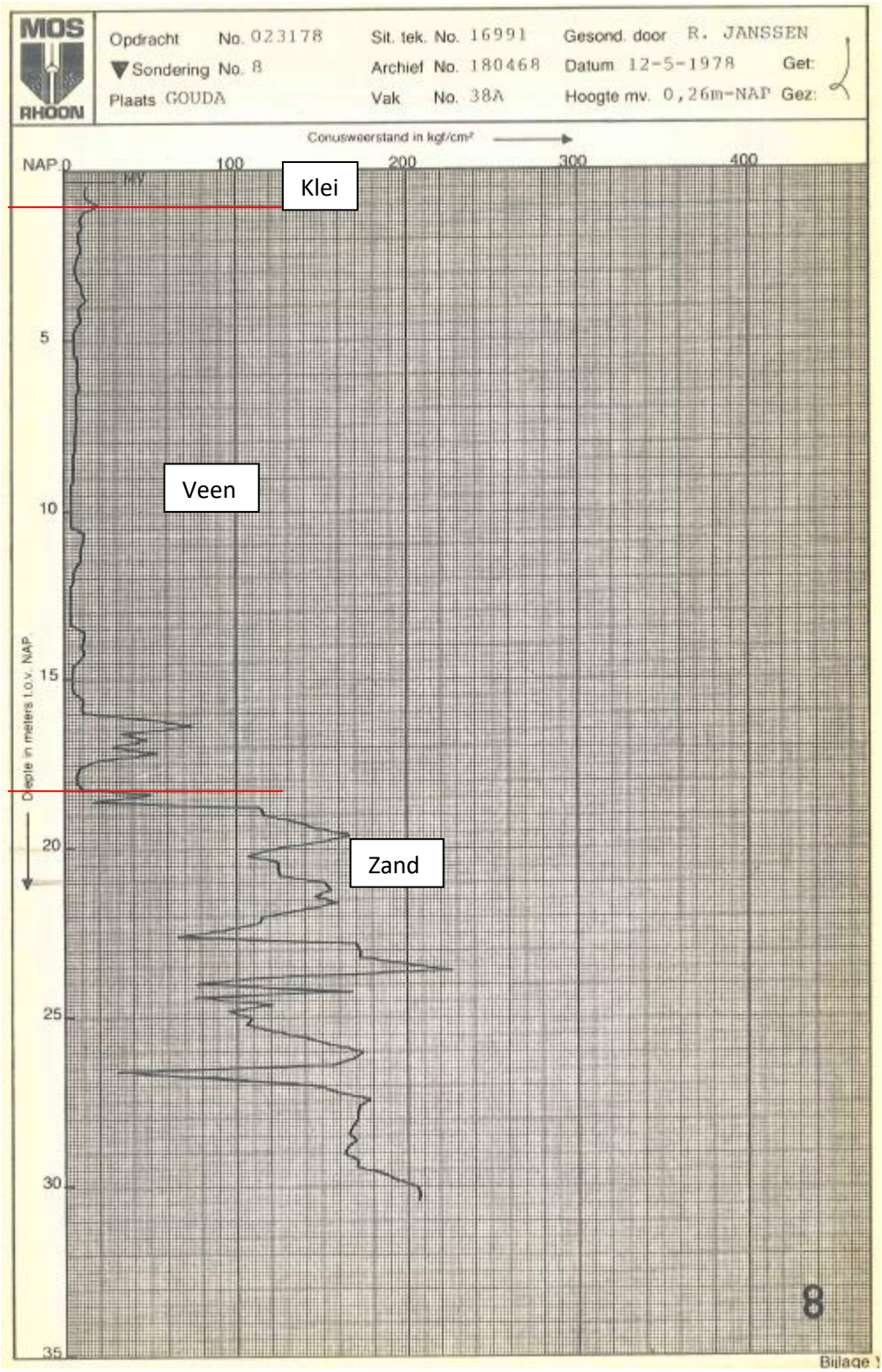
Indien er grondspanningen optreden rond de oude zinker, dan zullen deze als volgt optreden:



Figuur 24 Krachten schema eventuele kleine grondspanningen

BIJLAGE X WARECO

Zoals beschreven in hoofdstuk 8, Vergelijking definitief ontwerp met Wareco, heeft Wareco geologisch onderzoek gedaan. Tijdens dit onderzoek bleek er geen mogelijk beschikbaar tot het maken van een recente sondering. Echter heeft Wareco in een database wel een oudere sondering uit het jaar 1978 gevonden op de projectlocatie. Deze sondering heeft goedkeuring gehad om het ontwerp op te baseren. De sondering is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 25 Sondering op projectlocatie

Uit de sondering blijkt dat de grondlagen als volgt zijn opgebouwd:
Maaiveld tot -1 m = klei

-1 m tot -18 m = veen
-18 m en dieper = zand (draagkrachtige laag

D-sheet piling
De berekening voor de parallel damwand met trekankers en de berlinerwandconstructie is middels D-sheet piling uitgevoerd. De nieuwe geologische gegevens zijn in combinatie met de profielen van het huidige ontwerp ingevoerd. De buispalen en damwand zijn hierbij wederom tot 1 meter in een dragende laag ingebracht.

D-sheet input parallel damwand met trekankers
Grond gegevens:
Φ_{veen} = 15°
$\Phi_{klei\ organisch}$ = 15°
Y_{klei} = 15 kN/m³
$Y_{klei.nat}$ = 16 kN/m³
Y_{veen} = 13 kN/m³
$Y_{zand.nat}$ = 18 kN/m³

Damwand gegevens:
Standaard input AZ 18 profiel, inheidiepte 19 meter.
Een AZ18 profiel (staal) heeft een EI (Elastische Stijfheid) van 7,1820 * 10^4 kNm²/m.
Dit profiel kan een maximaal moment opnemen van 432,0 kNm/m.

Anker gegevens:
Trekanker met stanglengte 16 meter, groutklomp 4 meter lang met een diameter van 1 meter.

Permanente belasting (oude panden):
2,2 meter naast de damwand tot 12,2 meter met een last van 10 kN/m². (Sedra, 2017)

Belangrijke resultaten D-sheet model parallel damwand met trekankers
De gemiddelde verplaatsing over de inheidiepte van 19 meter omvat 10,5 millimeter.
De maximale verplaatsing bij dit model is 12,4 millimeter.
Het maximale moment is 58,69 kNm/m.
De maximaal optreden anker kracht is 49,72 kN per anker.

Controle relatieve rotatie eis
In paragraaf 3.2, randvoorwaarden, is de volgende eis voorgeschreven voor de zetting onder de oude panden:
De NEN-norm 9997-1 en CUR 166 hebben betrekking op zetting aan omliggende bebouwing en damwanden. Uit deze normen blijkt dat er een maximale relatieve rotatie van 1:300 is toegestaan onder de panden. Dit betekend 1 millimeter zakking (verticaal) over een lengte van 300 millimeter (horizontaal). (166, 2014) (NEN 9997-1, 2016)

Met de gemiddelde verplaatsing en inheidiepte kan dezelfde zettingsberekening worden opgesteld als in BIJLAGE V, berekening parallel damwand met trekankers. Voor toelichting zie figuur …
$B = \tan(37{,}5) * 19 = 14{,}58\ m$
$A = 10{,}5 * 19.000 = 199.500\ mm$
$14.580 * \frac{1}{2} * x = 199.500$
$x = 27{,}37\ mm$
$\frac{14580}{27{,}37} = 532{,}77$

Dit betekend dat de relatieve rotatie 1:532,77 is bij het ontwerp met de gegevens van Wareco geïntegreerd. Dus de parallel damwand voldoet ruimer.

Trekanker
De toegestane ankerkracht bij die model bedraagt: 180,16 kN. Echter wordt hiervan maar: 49,72 kN benut, de optredende ankerkracht. Dit voldoet.

D-sheet input berlinerwand constructie
Grond gegevens:
Φ_{veen} = 15°
$\Phi_{klei\ organisch}$ = 15°
Y_{klei} = 15 kN/m³
$Y_{klei.nat}$ = 16 kN/m³
Y_{veen} = 13 kN/m³
$Y_{zand.nat}$ = 18 kN/m³

Buispalen S235 met een inheidiepte van 19 meter, buiten diameter (d) van 200 millimeter, een binnen diameter (di) van 180 millimeter en een wanddikte (WD) van 10 millimeter.
Gegevens:
$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$
$A = \frac{\pi(d^2-di^2)}{4} = \frac{\pi(200^2-180^2)}{4} = 5.969\ mm^2$
$I = \frac{\pi(d^4-di^4)}{64} = \frac{\pi(200^4-180^4)}{4} = 27.010 * 10^3\ mm^4$
$W = \frac{\pi(d^4-di^4)}{32d} = \frac{\pi(200^4-180^4)}{32*200} = 270.098\ mm^3$
$EI = 2{,}1 * 10^5 \frac{N}{mm^2} * 27.010 * 10^3\ \mathrm{mm}^4 = 5{,}67 * 10^{12}\ Nmm^2/m^1 = 5{,}67 * 10^3\ kNm^2/m^1$

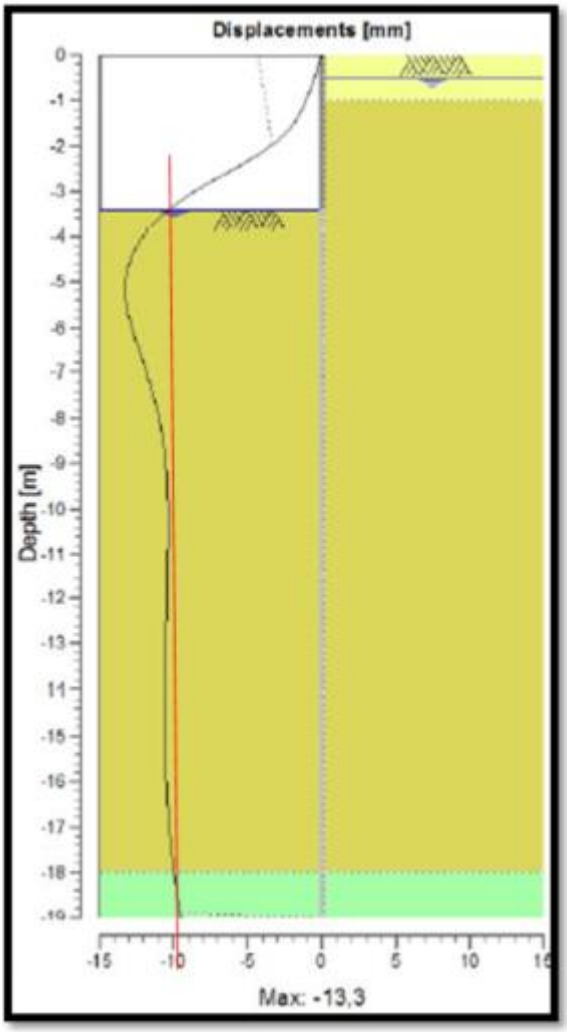
Schotten S235 met een lengte (L) van 1,5 meter, hoogte (H) van 1 meter en dikte (D) van 30 millimeter.
$E = 2{,}1 * 10^5\ N/mm^2$
$A = L * D = 1500\ mm * 30\ mm = 45.000\ mm^2$
$I = \frac{1}{12} * L * D^3 = \frac{1}{12} * 1500\ mm * 30^3 = 3.375 * 10^3\ mm^4$
$W = 22500\ mm^3$
$EI = 2{,}1 * 10^5 \frac{N}{mm^2} * 3.375 * 10^3\ \mathrm{mm}^4 = 7{,}09 * 10^{11} \frac{Nmm^2}{m^1} = 7{,}09 * 10^2\ kNm^2/m^1$

Buis + Schot
$EI = 7{,}09 * 10^2 \frac{kNm^2}{m^1} + 5{,}67 * 10^3 \frac{kNm^2}{m^1} = 6{,}38 * 10^3\ \frac{kNm^2}{m^1}$
$EI\ over\ 1{,}7\ meter = \frac{6{,}38*10^3 \frac{kNm^2}{m^1}}{1{,}7} = 3{,}544 * 10^3 \frac{kNm^2}{m^1}$

Aangezien de maximale hart op hart afstand 1,7 meter bedraagt en d-sheet maar per strekkende meter rekent, is de EI met een factor 1,7 gereduceerd om een realistisch beeld te krijgen van de daadwerkelijke verplaatsing van de buispalen.

Belangrijke resultaten D-sheet model berlinerwand
De maximale verplaatsing bij dit model is 13,3 millimeter.
Het maximale moment is 18,33 kNm/m.
Optredende stempelkracht 59,4 kN/m van 2 kanten = 118,8 kN/m * 4,5 m = 534,6 kN.

Maximale vervorming berlinerwand
De maximale vervorming is een combinatie van de buispaal profielen en schotten.
De buispaal profielen vervormen maximaal 13,3mm, maar hebben op de onderzijde van de bouwkuip (onderste schot) een vervorming van 10mm (zelfde als bij het huidige ontwerp in BIJLAGE VI).
De schotten hebben aan de onderzijde van de bouwkuip een maximale vervorming van 7,1mm.
Dit resulteert in een totale maximale vervorming van 10 + 7,1 = 17,1mm.



Figuur 26 verplaatsing buisprofielen op onderzijde bouwkuip

D-sheet piling rapporten bijgevoegd

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company:	<Not Registered>
	<Not Registered>
Date of report:	1-8-2017
Time of report:	14:10:33
Date of calculation:	1-8-2017
Time of calculation:	14:10:04
Filename:	D:\Definitief dsheet\Definitief AZ18 parallel damwand

2 Summary

2.1 Maxima per Stage

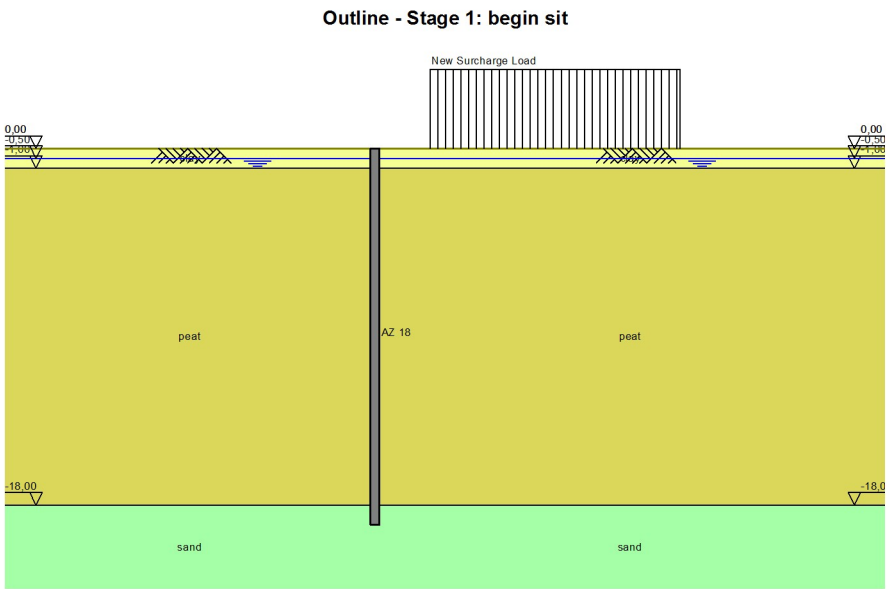
Stage nr.	Stage name	Displace-ment [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	begin sit	-1,1	-2,98	-1,56	0,0	18,9	---
2	anker aanbrengen	-4,1	-13,67	-14,67	19,6	21,6	---
3	ontgraven	**-12,4**	-58,69	-43,06	**28,1**	**32,4**	---
Max		**-12,4**	**-58,69**	**-43,06**	**28,1**	**32,4**	---

2.2 Anchors and Struts

Stage name	Anchor/strut trekanker	
	Force [kN]	State
anker aanbrengen	20,44	Elastic
ontgraven	**49,72**	Elastic
Max	**49,72**	

4 Construction Stage 1: begin sit

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]

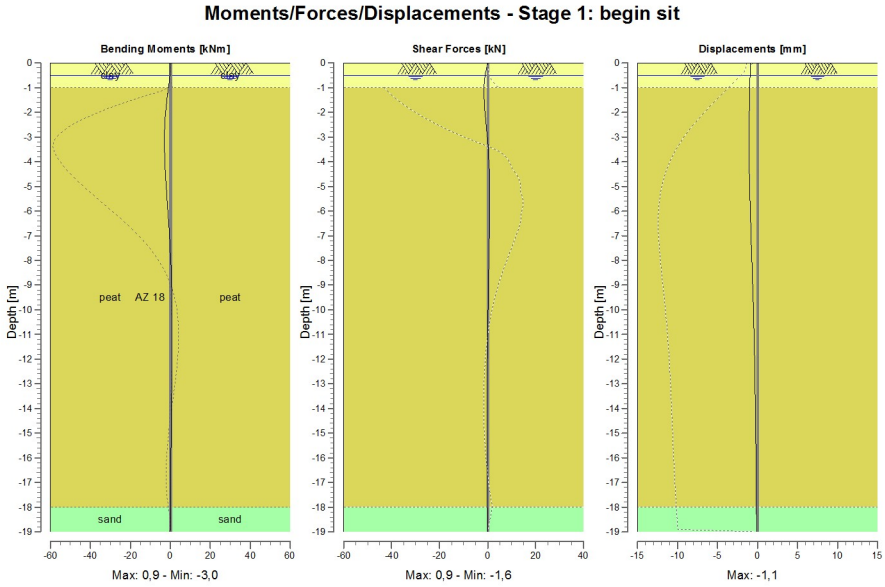
4.2.3 Surface

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

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-18,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

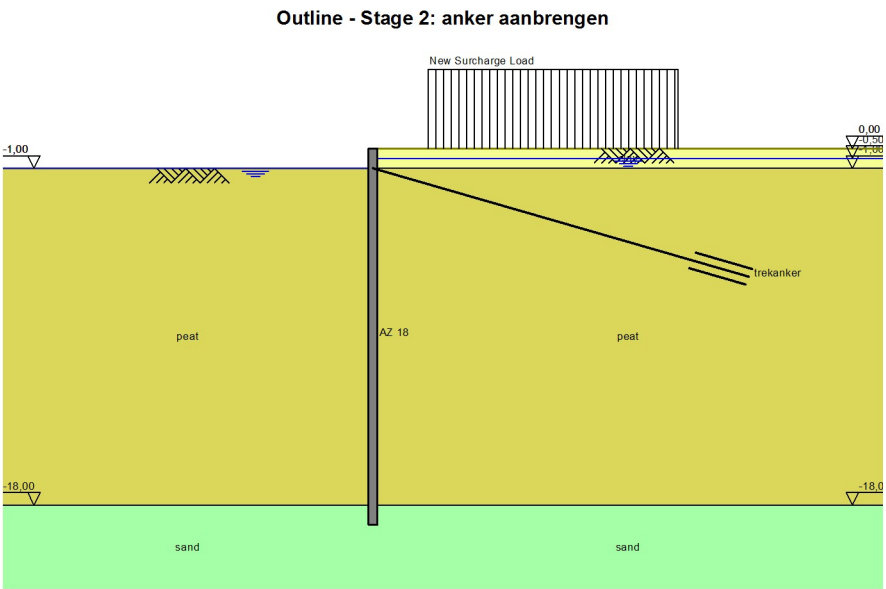


4.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,00	-0,9
1	-0,50	-0,27	-1,09	-0,9
2	-0,50	-0,27	-1,09	-0,9
2	-1,00	-0,95	**-1,54**	-1,0
3	-1,00	-0,95	**-1,54**	-1,0
3	-1,67	-1,95	-1,32	-1,0
4	-1,67	-1,95	-1,32	-1,0
4	-2,33	-2,67	-0,71	-1,0
5	-2,33	-2,67	-0,71	-1,0
5	-3,00	**-2,98**	-0,08	**-1,1**
6	-3,00	**-2,98**	-0,08	**-1,1**
6	-3,40	-2,95	0,24	**-1,1**
7	-3,40	-2,95	0,24	**-1,1**
7	-4,31	-2,58	0,73	-1,0
8	-4,31	-2,58	0,73	-1,0
8	-5,22	-1,88	0,92	-1,0
9	-5,22	-1,88	0,92	-1,0
9	-6,14	-1,10	0,90	-0,9
10	-6,14	-1,10	0,90	-0,9
10	-7,05	-0,38	0,75	-0,8
11	-7,05	-0,38	0,75	-0,8
11	-7,96	0,18	0,54	-0,7
12	-7,96	0,18	0,54	-0,7
12	-8,88	0,56	0,34	-0,6
13	-8,88	0,56	0,34	-0,6
13	-9,79	0,78	0,17	-0,5
14	-9,79	0,78	0,17	-0,5
14	-10,70	0,86	0,04	-0,5
15	-10,70	0,86	0,04	-0,5
15	-11,61	0,85	-0,06	-0,4
16	-11,61	0,85	-0,06	-0,4

5 Construction Stage 2: anker aanbrengen

5.1 Outline



5.2 Input Data Left

5.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.2.2 Water Level

Water level: -1,00 [m]

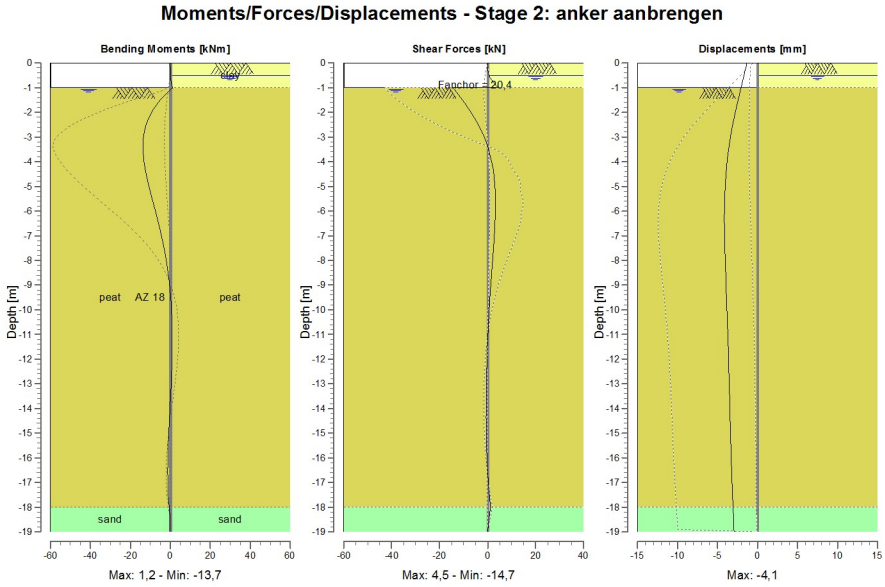
5.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-1,00

5.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-18,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

5.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

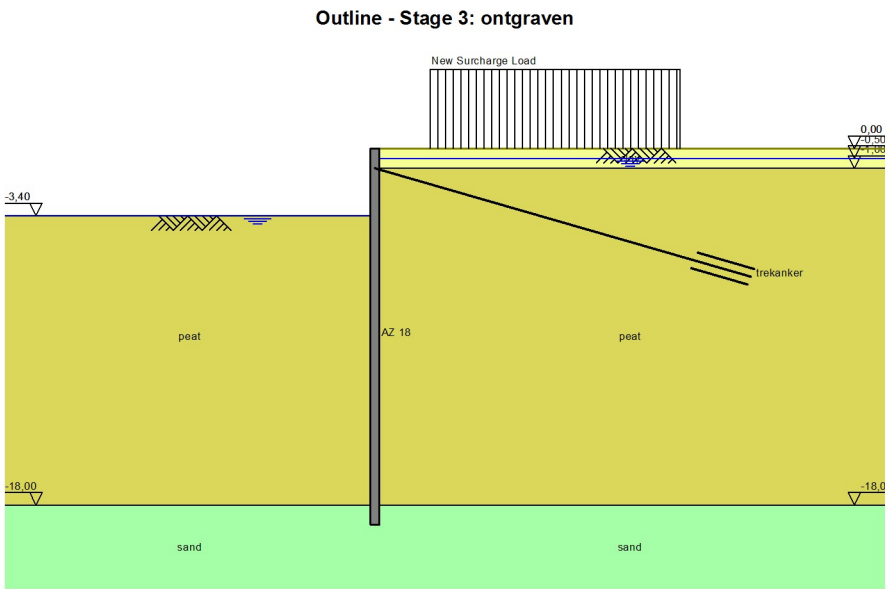


5.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,00	-1,3
1	-0,50	0,06	0,59	-1,7
2	-0,50	0,06	0,59	-1,7
2	-1,00	1,18	4,53	-2,1
3	-1,00	1,18	**-14,67**	-2,1
3	-1,67	-6,68	-9,21	-2,6
4	-1,67	-6,68	-9,21	-2,6
4	-2,33	-11,34	-4,80	-3,0
5	-2,33	-11,34	-4,80	-3,0
5	-3,00	-13,40	-1,43	-3,4
6	-3,00	-13,40	-1,43	-3,4
6	-3,40	**-13,67**	0,10	-3,6
7	-3,40	**-13,67**	0,10	-3,6
7	-4,31	-12,53	2,34	-3,9
8	-4,31	-12,53	2,34	-3,9
8	-5,22	-9,98	3,23	**-4,1**
9	-5,22	-9,98	3,23	**-4,1**
9	-6,14	-7,03	3,25	**-4,1**
10	-6,14	-7,03	3,25	**-4,1**
10	-7,05	-4,30	2,77	**-4,1**
11	-7,05	-4,30	2,77	**-4,1**
11	-7,96	-2,10	2,09	-4,0
12	-7,96	-2,10	2,09	-4,0
12	-8,88	-0,54	1,39	-4,0
13	-8,88	-0,54	1,39	-4,0
13	-9,79	0,42	0,75	-3,8
14	-9,79	0,42	0,75	-3,8
14	-10,70	0,86	0,24	-3,7
15	-10,70	0,86	0,24	-3,7
15	-11,61	0,88	-0,15	-3,7
16	-11,61	0,88	-0,15	-3,7

6 Construction Stage 3: ontgraven

6.1 Outline



6.2 Input Data Left

6.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.2.2 Water Level

Water level: -3,40 [m]

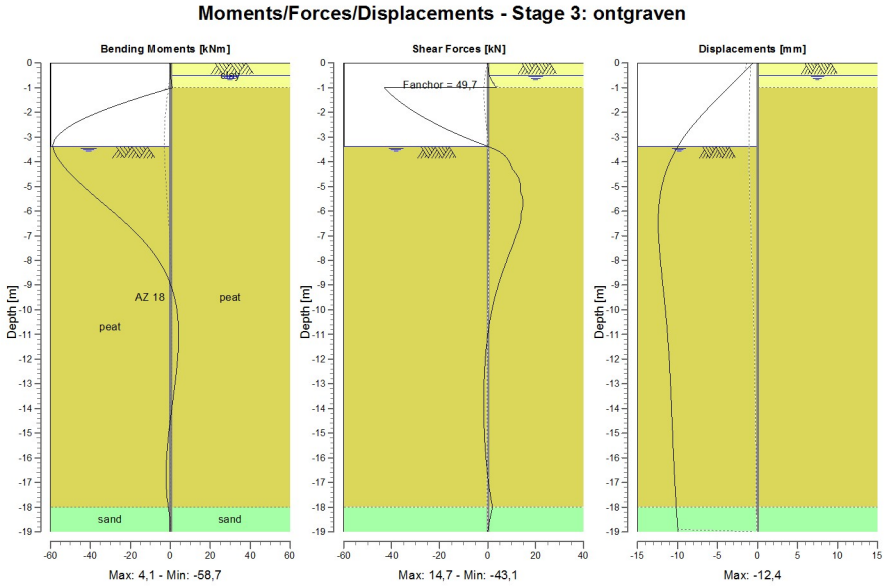
6.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-3,40

6.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-18,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



6.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	0,00	0,01	-0,6
1	-0,50	0,12	0,70	-2,1
2	-0,50	0,12	0,71	-2,1
2	-1,00	1,10	3,65	-3,7
3	-1,00	1,10	**-43,06**	-3,7
3	-1,67	-25,20	-35,23	-5,7
4	-1,67	-25,20	-35,23	-5,7
4	-2,33	-45,21	-24,15	-7,6
5	-2,33	-45,21	-24,15	-7,6
5	-3,00	-56,78	-9,90	-9,2
6	-3,00	-56,79	-9,91	-9,2
6	-3,40	-58,68	0,68	-10,0
7	-3,40	**-58,69**	0,69	-10,0
7	-4,31	-52,05	10,34	-11,3
8	-4,31	-52,05	10,34	-11,3
8	-5,22	-40,33	13,73	-12,1
9	-5,22	-40,33	13,73	-12,1
9	-6,14	-27,17	13,89	**-12,4**
10	-6,14	-27,17	13,89	**-12,4**
10	-7,05	-15,22	11,50	**-12,4**
11	-7,05	-15,22	11,50	**-12,4**
11	-7,96	-6,20	8,09	-12,2
12	-7,96	-6,20	8,08	-12,2
12	-8,88	-0,34	4,84	-11,9
13	-8,88	-0,34	4,84	-11,9
13	-9,79	2,84	2,29	-11,6
14	-9,79	2,84	2,29	-11,6
14	-10,70	4,05	0,49	-11,3
15	-10,70	4,05	0,49	-11,3
15	-11,61	3,92	-0,67	-11,1
16	-11,61	3,92	-0,67	-11,1

Verification anchor force

D-Sheet Piling version 16.1 Date : 1-8-2017 Time: 14:13:21

Problem identification

Stage 3: ontgraven

Height of anchor wall	:	0,00	[m]
Anchor wall bottom	:	-6,47	[m]
Anchor wall top	:	-6,47	[m]
Length of anchor	:	16,00	[m]
Cross section of anchor	:	1500000,00	[mm²]

Anchorage is: long anchorage

Note: For long anchorage, the allowable anchor force is also checked for
a short anchor (Kranz) because the Kranz verification can be sometimes decisive.

Results Kranz calculation:

Sheet piling active	(Ea)	:	0,000	[kN]
Horizontal force	(Er)	:	20,659	[kN]
Anchor wall active	(Eo)	:	0,000	[kN]
Cohesion x length	(Ec)	:	187,939	[kN]
Factor due to angle	(Es)	:	0,928	[-]

Allowable anchor force = (Ea - (Er + Eo) + Ec) / Es

Allowable anchor force by Kranz	:	180,161	[kN]

WARNING: The allowable anchor force is calculated WITH loads.

Results long anchorage calculation:

WARNING: The length of the anchor wall in relation to the depth is too small.

Anchor wall passive	(Ep)	:	483,936	[kN]
Anchor wall active	(Eo)	:	0,000	[kN]

Allowable anchor force = Ep - Eo

Allowable anchor force long anchorage	:	410,778	[kN]

Allowable anchor force	:	180,161	[kN]
Actual anchor force (Rep.)	:	49,717	[kN]
Actual anchor force CUR (1.5 * Pa;Max)	:	not available	

Evaluation of anchor:
OK according to the check on representative values
NOT Checked according to CUR

End of anchor force verification

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company:	<Not Registered>
	<Not Registered>
Date of report:	1-8-2017
Time of report:	14:16:48
Date of calculation:	1-8-2017
Time of calculation:	14:16:32
Filename:	D:\Definitief dsheet\Definitief model combiwand

2 Summary

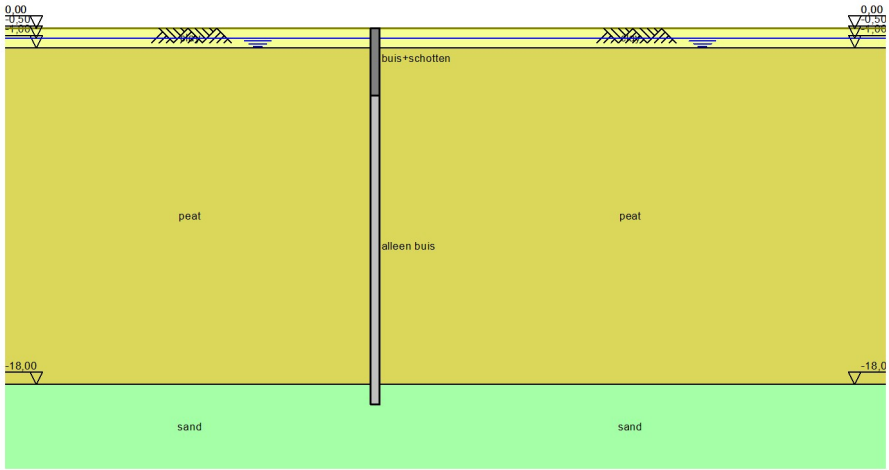
2.1 Maxima per Stage

Stage nr.	Stage name	Displace-ment [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	begin sit	0,0	0,00	0,00	0,0	18,1	---
2	anker aanbrengen	-4,3	0,85	1,36	0,0	21,0	---
3	ontgraven	**-13,3**	18,33	-36,65	**27,2**	**31,9**	---
Max		**-13,3**	**18,33**	**-36,65**	**27,2**	**31,9**	---

4 Construction Stage 1: begin sit

4.1 Outline

Outline - Stage 1: begin sit



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]

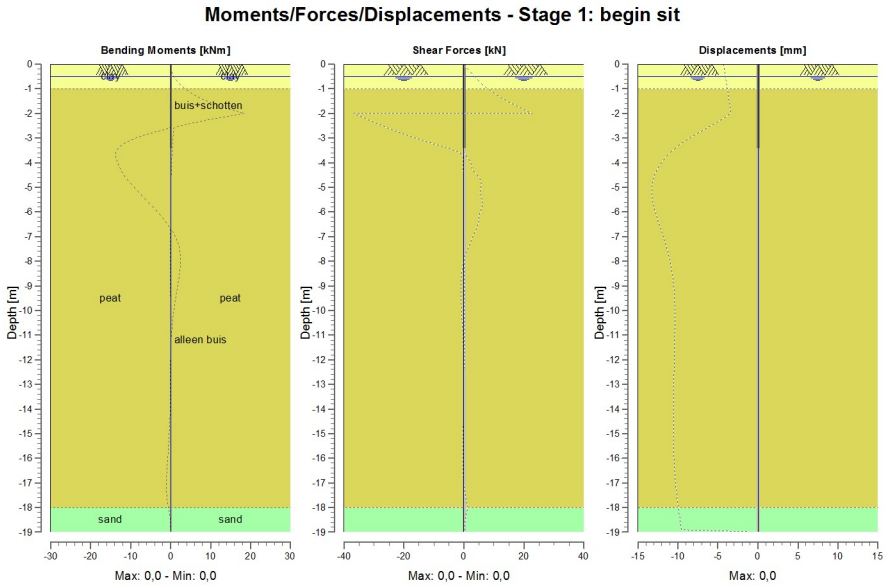
4.2.3 Surface

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

4.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-18,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

4.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



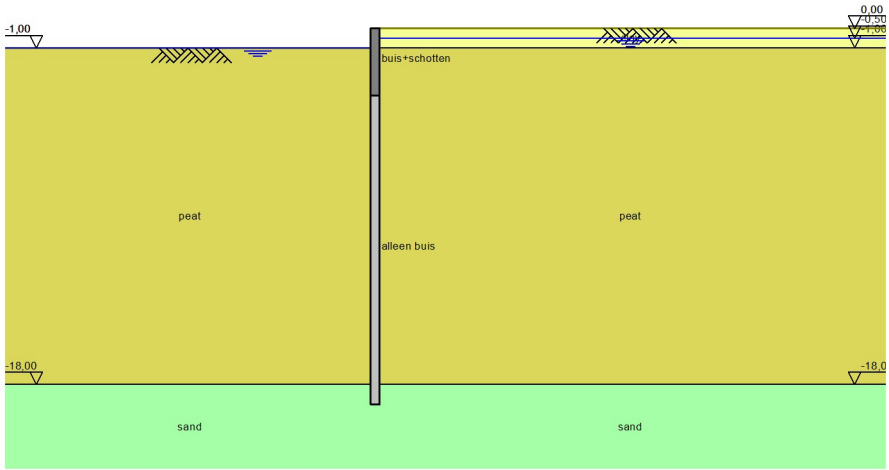
4.8.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,00	**0,00**	**0,00**	**0,0**
1	-0,50	**0,00**	**0,00**	**0,0**
2	-0,50	**0,00**	**0,00**	**0,0**
2	-1,00	**0,00**	**0,00**	**0,0**
3	-1,00	**0,00**	**0,00**	**0,0**
3	-1,50	**0,00**	**0,00**	**0,0**
4	-1,50	**0,00**	**0,00**	**0,0**
4	-2,00	**0,00**	**0,00**	**0,0**
5	-2,00	**0,00**	**0,00**	**0,0**
5	-2,50	**0,00**	**0,00**	**0,0**
6	-2,50	**0,00**	**0,00**	**0,0**
6	-3,00	**0,00**	**0,00**	**0,0**
7	-3,00	**0,00**	**0,00**	**0,0**
7	-3,40	**0,00**	**0,00**	**0,0**
8	-3,40	**0,00**	**0,00**	**0,0**
8	-4,31	**0,00**	**0,00**	**0,0**
9	-4,31	**0,00**	**0,00**	**0,0**
9	-5,22	**0,00**	**0,00**	**0,0**
10	-5,22	**0,00**	**0,00**	**0,0**
10	-6,14	**0,00**	**0,00**	**0,0**
11	-6,14	**0,00**	**0,00**	**0,0**
11	-7,05	**0,00**	**0,00**	**0,0**
12	-7,05	**0,00**	**0,00**	**0,0**
12	-7,96	**0,00**	**0,00**	**0,0**
13	-7,96	**0,00**	**0,00**	**0,0**
13	-8,88	**0,00**	**0,00**	**0,0**
14	-8,88	**0,00**	**0,00**	**0,0**
14	-9,79	**0,00**	**0,00**	**0,0**
15	-9,79	**0,00**	**0,00**	**0,0**
15	-10,70	**0,00**	**0,00**	**0,0**
16	-10,70	**0,00**	**0,00**	**0,0**

5 Construction Stage 2: anker aanbrengen

5.1 Outline

Outline - Stage 2: anker aanbrengen



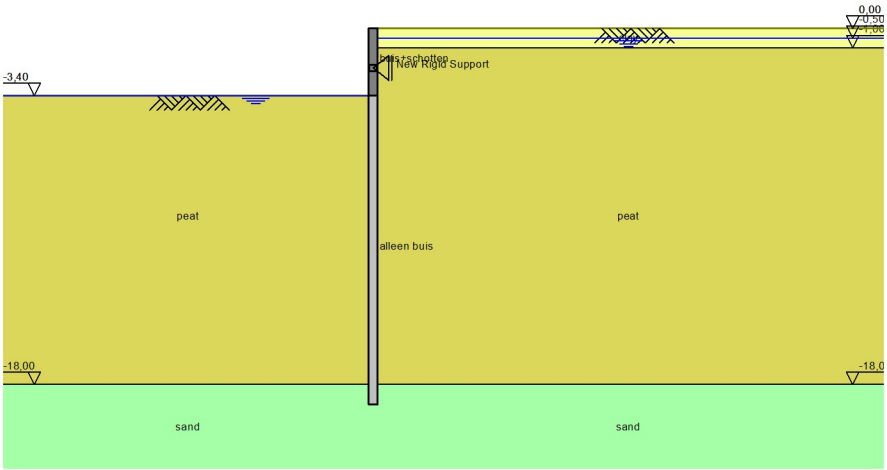
5.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure Active [kN/m²]	Horizontal pressure Passive [kN/m²]	Fictive earth pressure coefficients Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-1,25	0,0	42,9	0,00	0,74	53,77
2	-1,75	0,0	46,3	0,00	0,74	19,34
3	-2,25	0,0	49,6	0,00	0,74	12,45
4	-2,75	0,0	53,0	0,00	0,74	9,50
5	-3,20	0,0	56,1	0,00	0,74	7,99
6	-3,86	0,0	60,5	0,00	0,74	6,64
7	-4,77	0,0	66,6	0,00	0,74	5,54
8	-5,68	0,0	72,8	0,00	0,74	4,87
9	-6,59	0,0	78,9	0,00	0,74	4,42
10	-7,51	0,0	85,1	0,00	0,74	4,10
11	-8,42	0,0	91,2	0,00	0,74	3,85
12	-9,33	0,0	97,3	0,00	0,74	3,66
13	-10,24	0,0	103,5	0,00	0,74	3,51
14	-11,16	0,0	109,6	0,00	0,74	3,38
15	-12,07	0,0	115,7	0,00	0,74	3,28
16	-12,98	0,0	121,9	0,00	0,74	3,19
17	-13,89	0,0	128,0	0,00	0,74	3,11
18	-14,81	0,0	134,1	0,00	0,74	3,05
19	-15,72	0,0	140,2	0,00	0,74	2,99
20	-16,63	0,0	146,4	0,00	0,74	2,94
21	-17,54	0,0	152,5	0,00	0,74	2,89
22	-18,25	0,0	659,8	0,00	0,50	11,72
23	-18,75	0,0	618,2	0,00	0,50	10,24

6 Construction Stage 3: ontgraven

6.1 Outline

Outline - Stage 3: ontgraven



6.2 Input Data Left

6.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.2.2 Water Level

Water level: -3,40 [m]

6.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-3,40

6.2.4 Soil Material Properties in Profile: New Profile

Layer name	Level [m]	Unit weight Unsat [kN/m³]	Unit weight Sat. [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
clay	0,00	15,00	16,00	15,00	17,50	12,00
peat	-1,00	13,00	13,00	12,50	15,00	10,00
sand	-18,00	16,00	18,00	30,00	30,00	20,00

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure Active [kN/m²]	Horizontal pressure Passive [kN/m²]	Fictive earth pressure coefficients Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
8	-3,86	0,0	82,8	0,00	0,74	4,20
9	-4,77	0,0	89,0	0,00	0,74	3,93
10	-5,68	0,0	95,1	0,00	0,74	3,73
11	-6,59	0,0	101,2	0,00	0,74	3,56
12	-7,51	0,0	107,4	0,00	0,74	3,42
13	-8,42	0,0	113,5	0,00	0,74	3,31
14	-9,33	0,0	119,6	0,00	0,74	3,22
15	-10,24	0,0	125,8	0,00	0,74	3,14
16	-11,16	0,0	131,9	0,00	0,74	3,07
17	-12,07	0,0	138,0	0,00	0,74	3,01
18	-12,98	0,0	144,1	0,00	0,74	2,95
19	-13,89	0,0	150,3	0,00	0,74	2,90
20	-14,81	0,0	156,4	0,00	0,74	2,86
21	-15,72	1,4	162,5	0,02	0,74	2,82
22	-16,63	14,5	168,6	0,24	0,74	2,79
23	-17,54	16,0	174,7	0,25	0,74	2,76
24	-18,25	-12,3	731,7	0,00	0,50	10,94
25	-18,75	-10,9	687,5	0,00	0,50	9,69

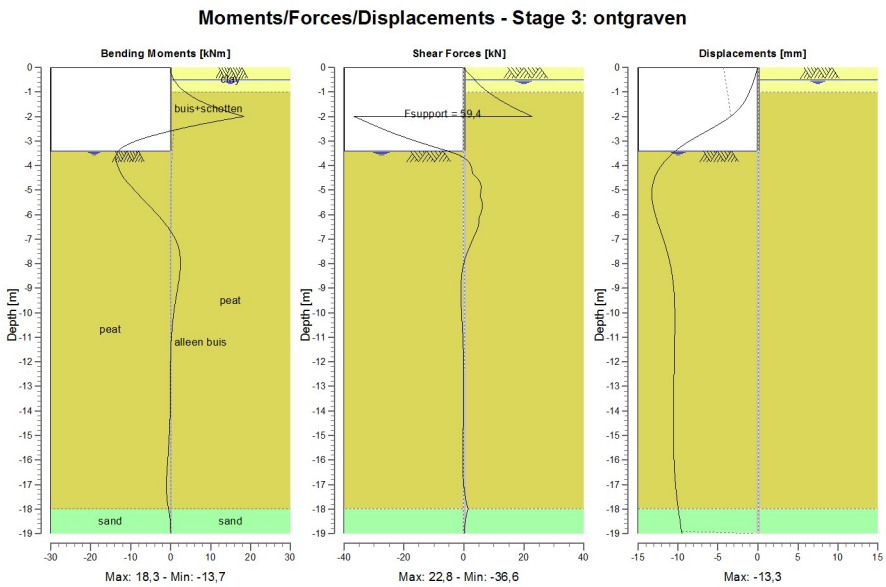
6.7 Calculated force from a layer Right

Name	Force
clay	6,70
peat	159,76
sand	15,00

6.8 Calculation Results

Number of iterations: 4

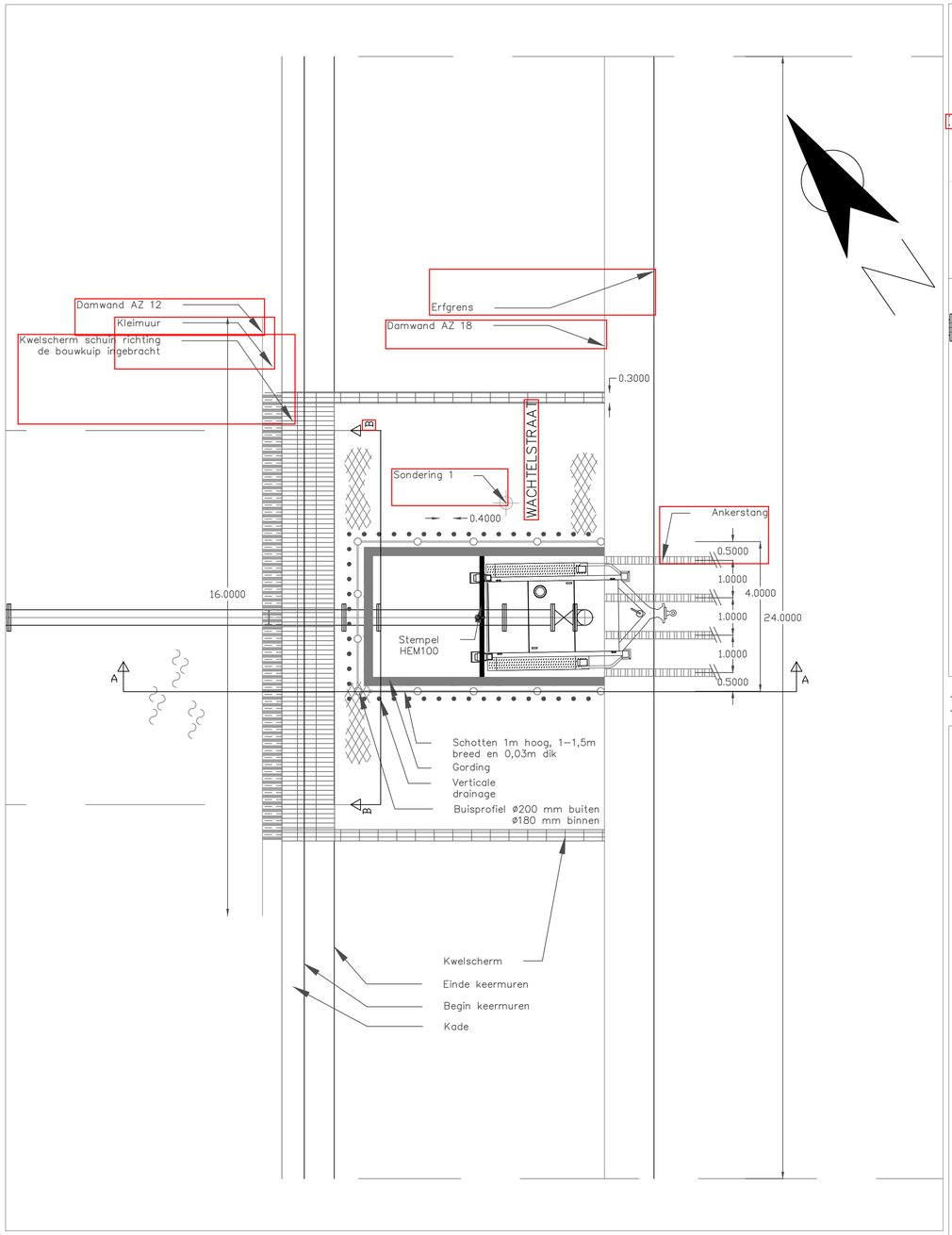
6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



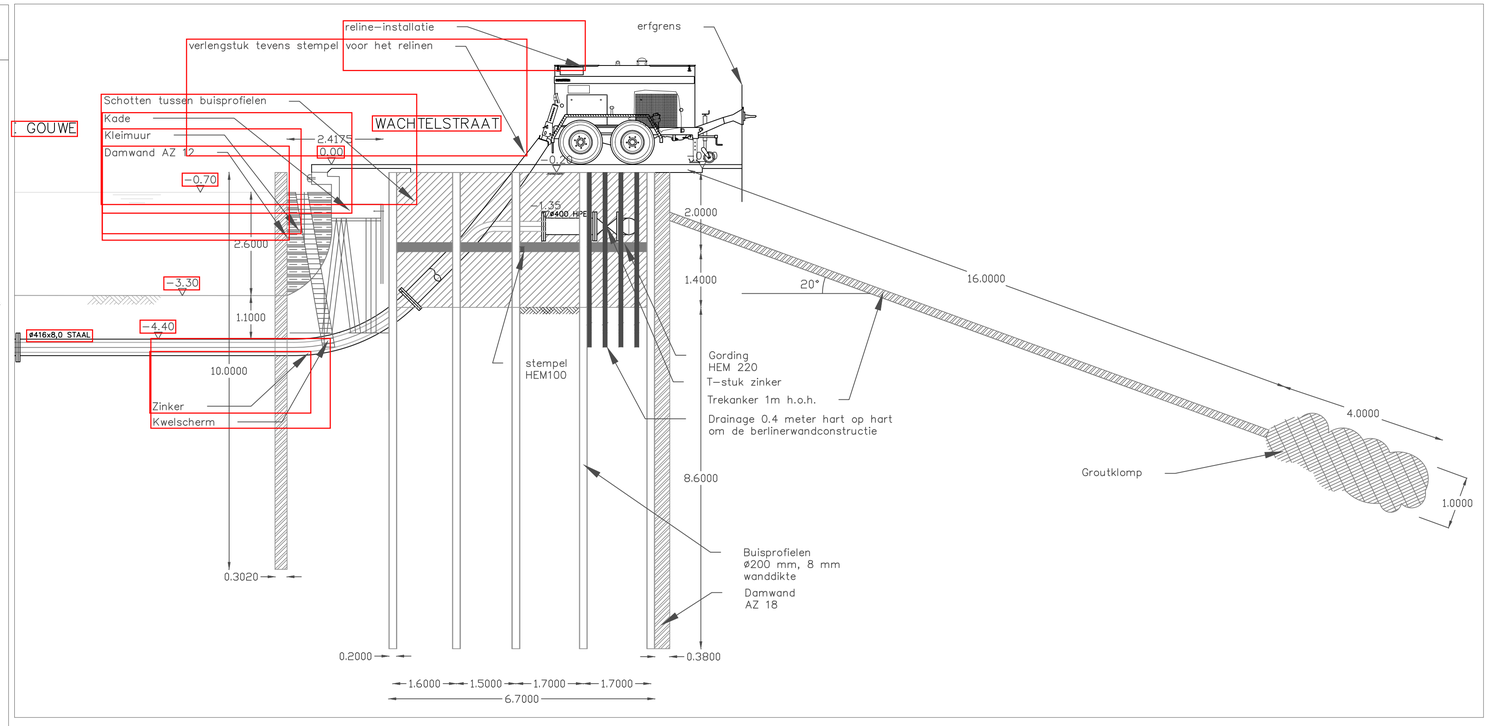
BIJLAGE XI TEKENINGEN

Tekeningnummer

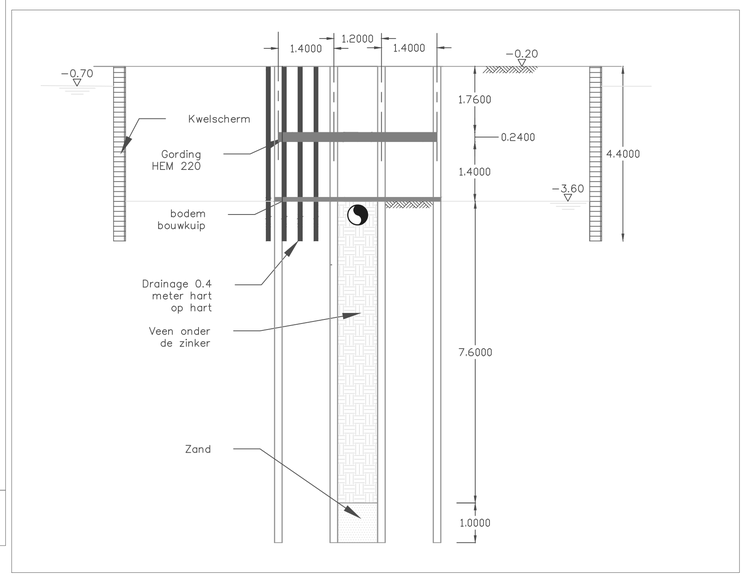
- OB-MV-1.1



Bovenaanzicht 1:50



Dwarsdoorsnede 1:50 A



langsdoorsnede 1:50 B

Legenda Maten staan in meters

- ontgraven en plaatsen schotten
- kwelscherm
- kleimuur
- staal buisprofiel
- staal trekanker
- grout
- gording en stempel
- Veen
- zand

Definitief

Hulpconstructie Relinen zinker

oasen drinkwater

Griegstraat 6
2901JW
Capelle a/d IJssel

Nieuwe Gouwe
D.Z 3
2801SB, Gouda

Relinen Zinker

Formaat: A1

Schaal: 1:50l

Blad nr: 1

Getekend:
M. Verschuuren
26-07-2017

Begeleiders:
J. Ros
W. Leeuwenstein

Paraaf/Datum:

Tekening nr.:
DB-MV-1.1

Ver. Nr.: 6