

7-8-2017

Afstudeeronderzoek

Hulpconstructie bij relinen zinker
onder de Kromme Gouwe



oasen
drinkwater

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

ONDERZOEKSRAPPORT

Hulpconstructie relinen zinker Kromme Gouwe

Hogeschool Rotterdam, Instituut voor Gebouwde Omgeving, opleiding HBO Civiele Techniek
 Afstudeer onderzoek
 Rotterdam, 7 aug 2017
 Versie 3

Opdrachtgevers
 Hogeschool Rotterdam
 Oasen N.V.

Afstudeerder
 Mike Verschuuren

Studentnummer
 0875641

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

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

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

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

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

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

Ondertekend door:	Functie	Paraaf	Datum
M. Verschuuren	Afstuderen student		
J. Ros	Coördinerend Engineer		
W. Leeuwestein	Docent HRO		

I VOORWOORD

Dit rapport betreft een onderzoeksrapport welke dient als schriftelijke verantwoording voor het afstuderen. Voor Oasen N.V. is er onderzoek gedaan naar hulpconstructies voor het relinen van de zinker onder de Kromme Gouwe. Zij willen weten of het technisch gezien mogelijk is om op de projectlocatie een nieuwe leiding door de oude zinker te trekken, oftewel relinen. Deze opdracht bestond al een jaar, maar was nog niet zodanig onderzocht om het project uit te voeren. Dit is een geschikt onderwerp voor mijn afstudeeronderzoek.

Het doel van dit rapport is om een onderbouwd en passend advies uit te brengen voor het vraagstuk. Het onderzoeksrapport is geschreven om informatie te verstrekken aan belanghebbenden en geïnteresseerden.

Tijdens het onderzoek heb ik veel ervaringen opgedaan. Zo heb ik met Jan Groenendijk (JGTC) archiefonderzoek uitgevoerd in het streekarchief van Gouda en zijn we op bewonersbezoeken geweest om informatie in te winnen over de staat en constructieve gegevens van de panden.

Daarnaast heb ik informatie gewonnen bij externe bedrijven zoals Kandt b.v. en Congeo. Verder heb ik eraan gewerkt om mijn competenties te verbeteren. Ondanks dat het aspect relinen buiten mijn scope lag, vond ik dit toch zeer interessant en heb ik hiervan een analyse geschreven. Hierdoor heb ik mijn kennis met betrekking tot het relinen verrijkt.

Ik wil graag de volgende mensen bedanken voor het mede mogelijk maken van dit rapport. Vanuit Oasen mijn afstudeerbegeleiders: Coördinerend Engineers hoofdleidingen Jasper Meerman & John Ros voor hun informatie, betrokkenheid en begeleiding bij mijn afstuderen. Vanuit de BAM: Werkvoorbereider Bert Timmer & Projectleider Remco de Raad voor hun informatie en betrokkenheid. Kandt b.v. en Congeo, B. Verheul en J. de Leeuw, voor hun inbreng van uitgangspunten, informatie en MCA (Multi Criteria Analyse) beoordeling. En tot slot uiteraard mijn docenten vanuit de Hogeschool Rotterdam wie mij advies hebben gegeven voor het afstudeeronderzoek: de heer Wim Leeuwestein & William Kuppen.

Dit rapport is geschreven door afstuderend student: Mike Verschuuren, van de opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam. Mike Verschuuren is 21 jaar oud, woont in Capelle aan den IJssel en heeft zijn HAVO diploma.

Gouda, augustus 2017

M. Verschuuren

II SAMENVATTING

“Hulpconstructie bij relinen zinker onder de Kromme Gouwe.” Dit is waar het onderzoek om draait. In dit rapport wordt advies uitgebracht over de meest efficiënte en optimale oplossing voor het vraagstuk, namelijk een passende hulpconstructie voor het relinen van een zinker. Een zinker is een afgezonken leiding. Relinen is een uitvoeringstechniek waarbij er een nieuwe leiding in de oude leiding wordt gerealiseerd. Van deze uitvoeringstechniek zijn verschillende methoden zoals: de kous in kous-, buis in buis- en de crackingmethode. In dit project wordt er gebruik gemaakt van de buis in buismethode. Hierbij wordt een nieuwe leiding met een kleinere diameter door de oude leiding getrokken. (OASEN, 2017) Om deze uitvoeringsmethode uit te kunnen voeren is een hulpconstructie benodigd. In dit onderzoek wordt onderzocht welke hulpconstructie deze uitvoeringsmethode mogelijk maakt. In het onderzoek is van probleemstelling naar oplossingen gewerkt wat resulteert in een definitief ontwerp.

De hoofdvraag voor dit onderzoek luid: *“Met welke hulpconstructie kan de zinker onder de Kromme Gouwe in Gouda het meest efficiënt en optimaal gerelined worden?”*

Uit deze hoofdvraag zijn een aantal deelvragen opgesteld om het onderzoek in goede banen te leiden. De volgende deelvragen zijn onderzocht en beantwoord in het onderzoek:

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

In de reguliere projecten is het geen probleem om met behulp van alle beschikbare kennis over hulpconstructies een zinker bloot te leggen op 3,4 meter onder maaiveld. Echter betreft deze projectlocatie een bijzondere situatie. De zinker bevindt zich onder een gracht in een zeer zettingsgevoelig gebied. Tevens staan er aan beide kanten van de zinker een reeks historische panden welke zeer zettingsgevoelig zijn en onbeschadigd dienen te blijven. Om hier een passende hulpconstructie te ontwerpen die het relinen mogelijk maakt, moest innovatief worden gedacht.

Het onderzoek is gestart met een vooronderzoek welke bestaat uit archiefonderzoek, bewonersbezoeken en het opvragen van gegevens bij bedrijven zoals Oasen N.V., BAM Infra, Kandt b.v. en Congeo. Alle informatie is gefilterd, geanalyseerd en toegepast in de oplossingsfase. In de oplossingsfase is er gekeken naar de mogelijkheden voor het ontwerpen en toepassen van een hulpconstructie. Daaruit zijn 3 varianten voortgekomen welke onderling zijn beoordeeld aan de hand van een Multi Criteria Analyse. Het resultaat is de meest optimale en efficiënte hulpconstructie.

Uit de Multi Criteria Analyse blijkt “een bouwkuip, te ontgraven in den droge, met een kwelscherm” de meest optimale en efficiënte hulpconstructie te zijn. Er is onderzocht met welke materialen en uitvoeringsmethode deze bouwkuip het beste gerealiseerd kan worden. De bouwkuip bestaat uit stalendamwanden, berlinerwanden, trekankers, een kleimuur, een kwelscherm, gording, een stempel en (gedeeltelijke) retourbemaling. De berlinerwand heeft in dit ontwerp bijzondere profielen, namelijk buisprofielen met sleuven, waar de schotten tussen geplaatst worden. Dit komt door de beschikbare trilblokken van Kandt b.v... (Verheul, 2017) Er is onderzoek gedaan naar de vervorming van de bouwkuip, of de te gebruiken profielen hieraan voldoen, welke profielen er als gording en stempel vereist zijn en de benodigde trekkracht per trekanker.

Het ontwerp van de bouwkuip. Het ontwerp omvat het realiseren van een bouwkuip die na de ontgraving volledig wordt bemaald tot 3,4 meter onder maaiveld (2,9 meter lager dan de reguliere grondwaterstand). Om dit te realiseren moet er een reeks uitvoeringstechnieken worden toegepast. Allereerst wordt er in de Kromme Gouwe een 16 meter lange damwand AZ12 0,5 meter voor de kade tot 10 meter onder het maaiveld (Wachtelstraat) geplaatst. Tussen deze damwand en de kade worden speciale kleikorrels geplaatst welke opzwellen en een dichte laag vormen. Dit zorgt voor een waterdichte laag en stabiliteit aan de kade.

Na het aanbrengen van deze kleimuur komt er een verankerde damwand AZ18 parallel aan de erfgrans van de panden. De verankering wordt gedaan middels 4 trekankers.

De volgende stap is het aanbrengen van een kwelscherm. Deze wordt aan de kadezijde in de kleimuur schuin richting de bouwkuip ingebracht tot een diepte van 4,4 meter onder maaiveld. Om het geheel tot deze diepte waterdicht te maken, wordt er aan vanaf de verankerde damwand aan beide kanten van de bouwkuip ook een scherm aangebracht.

Na het plaatsen van dit kwelscherm zullen de buisprofielen worden aangebracht. Tussen deze profielen worden tijdens het ontgraven de schotten geplaatst.

Tijdens het ontgraven en plaatsen van de schotten wordt rond de bouwkuip, behalve aan de erfgranszijde van de damwand, bronbemaling toegepast. Deze verlaagd de grondwaterstand steeds tot het ontgraven niveau.

Wanneer de hulpconstructie af is zal het relin-proces door middel van een stempelbuis uitgevoerd worden. Deze stempelbuis wordt geplaatst op de oude zinker om de krachten ten gevolge van het relinen op te nemen.

Het antwoord op de hoofdvraag luid: *“Een bouwkuip met kwelscherm, variant 3 van de onderzochte varianten.”*

Variant 3 is de meest efficiënte oplossing, omdat deze veel anticipeer mogelijkheden bevat. Tevens is het de meest optimale oplossing, omdat het relin-proces bij deze variant het gunstigste kan worden uitgevoerd.

Wareco, die het geologische vooronderzoek heeft uitgevoerd, had de documentatie daarvan te laat beschikbaar waardoor het niet meegenomen is in de eerste berekeningen van dit rapport. Echter is er wel een vergelijking met deze gegevens gemaakt waardoor zichtbaar wordt welke invloed de nieuwe informatie heeft op het huidige ontwerp.

Door gebrek aan tijd in combinatie met informatieve bronnen, is er een aanbeveling om nader te onderzoeken. Zo dient er onderzocht te worden welke waterspanning het kwelscherm maximaal aankan om bezwijken te voorkomen. En dient de vierkante meterlast van de panden in de Wachtelstraat bepaald te worden.

Inhoudsopgave

Onderzoeksrapport	3
I Voorwoord.....	5
II Samenvatting.....	7
Inleiding.....	11
1 Achtergronden	14
1.1 Locatie	16
2 Hoofd- en deelvragen.....	17
2.1 Afbakening keuze	17
3 Uitgangspunten en randvoorwaarden	18
3.1 Geotechnische gegevens.....	18
3.2 Randvoorwaarden	19
3.3 Uitgangspunten voor het ontwerp.....	20
3.4 Algemene informatie.....	20
4 Varianten	21
4.1 Algemeen.....	21
4.2 Varianten – toelichting & schematisatie	22
4.2.1 Variant 1 – toelichting	22
4.2.2 Variant 2 – toelichting	23
4.2.3 Variant 3 – toelichting	24
4.3 Multi Criteria Analyse.....	26
5 Variant 3 – ontwerp & technische toelichting	27
5.1 Ontwerp	27
5.2 Technische toelichting.....	28
6 Uitgevoerde berekeningen.....	31
6.1 Uitgangspunten berekeningen.....	31
6.2 SBR richtlijnen Deel A, Trillingen	31
6.3 Damwand met trekankers parallel aan de erfgrans berekening.....	32
6.4 Berlinerwand berekening.....	33
6.5 Gording en afstempeling binnen de bouwkuip berekening.....	34
6.6 Pompcapaciteit berekening.....	34
6.7 Afstempeling op de zinker en bouwkuip berekening.....	35
7 Resultaten	36
7.1 Damwand met trekankers parallel aan de erfgrans resultaat	36
7.1.1 Trekankers	38
7.2 Berlinerwand resultaat.....	39

7.2.1	Maximale verplaatsing	41
7.3	Gording en afstempeling binnen de bouwkuip resultaat.....	42
7.4	Pompcapaciteit resultaat	43
7.5	Afstempeling op de zinker en bouwkuip resultaat	45
8	Vergelijking definitief ontwerp met Wareco.....	47
9	Conclusies.....	49
9.1	Primaire conclusie	49
9.2	Secundaire conclusies	49
10	Aanbevelingen.....	51
11	Nawoord.....	52
11.1	Extra informatie.....	52
12	Bibliografie.....	53
BIJLAGEN RAPPORT		
BIJLAGE I Plan van Aanpak		
BIJLAGE II Analyserapport projectlocatie		
BIJLAGE III Rapport mogelijke hulpconstructies.....		
BIJLAGE IIII Analyserapport relinen		
BIJLAGE V Berekening parallel damwand en trekankers		
BIJLAGE VI Berekening berlinerwand		
BIJLAGE VII Berekening gording en stempel		
BIJLAGE VIII Berekening pompcapaciteit		
BIJLAGE IX Berekening afstempeling reline-installatie.....		
BIJLAGE X Wareco		
BIJLAGE XI Tekeningen		

INLEIDING

De onderzoekslocatie bevindt zich in één van de meest zettingsgevoelige gebieden van Nederland. Samen in combinatie met historische bebouwing zorgt dit voor een uiterst fijngevoelige projectlocatie. Dit dwingt organisaties met innovatieve oplossingen te komen om het gewenste resultaat te behalen, namelijk: “Het relinen van de zinker onder de Kromme Gouwe.”

Het relinen van de zinker onder de Kromme Gouwe, is onderdeel van een veel groter project. Dit is namelijk: *‘De noodzaak om de oude transport structuur van het leidingnet in Gouda te vervangen voor de toekomst gerichte transport structuur’*. Om deze taak na te streven moet de oude zinker onder de Kromme Gouwe gerelined worden, hierdoor kan de zinker zijn nieuwe functie vervullen.

Dit rapport dient als verslaglegging van het onderzoek en de bijbehorende resultaten. Hierbij is er onderzoek gedaan naar:

1. De geologische gegevens rondom de zinker;
2. Eisen (randvoorwaarden) en normen die in acht genomen moeten worden;
3. De benodigde werkruimte en het zicht voor het relinen;
4. Het opvangen van de krachten ten gevolge van het relinen;
5. Welke risico's er aanwezig zijn;
6. De invloed die het plaatsen van de hulpconstructie op de omgeving heeft;
7. De invloed van het relinen op de omgeving.

Vanuit Oasen is kwaliteit als prioriteit gegeven, in overleg is hierom een kostenraming buiten de scope gelaten om het meest efficiënte en optimale ontwerp aan het licht te brengen.

Recente ontwikkelingen op het gebied van watertransportleidingen hebben geleid tot een hernieuwde structuur. Om deze visie na te streven is het van belang dat de zinker onder de Kromme Gouwe een nieuwe functie krijgt. De zinker moet gerelined worden, omdat het al een verouderde leiding is. Met de nieuwe leiding zou de nieuwe structuurvisie tevens nagestreefd worden. Het doel van dit rapport is een advies uit te brengen over de meest optimale en efficiënte hulpconstructie.

Er is veel kennis beschikbaar over bouwkuipen. Dit heeft als gevolg dat verschillende voor en nadelen in bouwkuipen kunnen worden afgewogen om zo tot een zo efficiënt en optimaal mogelijk ontwerp te komen. Hiervan is een ontwerp uitgewerkt met onderbouwend advies.

Onderzoeksopzet

Voor dit onderzoeksrapport wordt er in eerste instantie georiënteerd in de “oriëntatiefase”. Hierbij wordt er kennis vergaard met betrekking tot het project en de projectlocatie. Hierna worden deze gegevens geanalyseerd in de “analysefase”. Op basis van deze gegevens wordt er oplossingsgericht gedacht in de “oplossingsfase”. Deze oplossingen worden tegen elkaar afgewogen in een MCA. In de “uitwerkingsfase” wordt de variant die het hoogst gescoord heeft op de MCA verder uitgewerkt. Tot slot is er de “af rondingsfase”, hierin worden alle werkzaamheden afgerond en wordt dit rapport als definitief verklaard.

Leeswijzer

Dit onderzoeksrapport is als volgt opgebouwd:

- Inleiding - Gebruikte symbolen, hierin worden symbolen en afkortingen gedefinieerd;
- Hoofdstuk 1 - Achtergronden, in de achtergronden wordt alle achtergrond informatie rond het project beschreven;
- Hoofdstuk 2 - Hoofd- en deelvragen, de hoofd- en deelvragen geven een gerichte vorm aan het onderzoeksrapport; Afbakening keuze, hier worden de projectgrenzen afgebakend, wat hoort bij het adviesrapport en wat niet;
- Hoofdstuk 3 - Uitgangspunten, het onderzoek en ontwerp dient aan een reeks eisen/randvoorwaarden te voldoen. Deze staan in dit hoofdstuk beschreven;
- Hoofdstuk 4 - Varianten, in dit hoofdstuk worden de verschillende hulpconstructie kort toegelicht en afgewogen tegen elkaar door middel van een MCA;
- Hoofdstuk 5 - Hulpconstructie, hierin wordt het definitief ontwerp met een bijbehorende technische toelichting gegeven voor de hulpconstructie;
- Hoofdstuk 6 - Uitgevoerde berekeningen, alle uitgevoerde berekeningen worden in dit hoofdstuk beschreven;
- Hoofdstuk 7 - Resultaten, van alle uitgevoerde berekeningen worden de resultaten in dit hoofdstuk gegeven;
- Hoofdstuk 8 - Vergelijking met input gegevens van Wareco;
- Hoofdstuk 9 - Conclusies, in dit hoofdstuk worden de hoofd- en deelvragen beantwoord en aanvullende conclusies gegeven;
- Hoofdstuk 10 - Aanbevelingen, na afloop van het onderzoek zijn er een aantal aspecten die nog verder onderzocht dienen te worden in verband met gebrek aan tijd of beschikbare kennis en software. Deze worden behandeld in de aanbevelingen;
- Hoofdstuk 11 - Nawoord, hierin wordt een reflectie gegeven op het onderzoek;
- Hoofdstuk 12 - Bibliografie, in de bibliografie worden alle gebruikte bronnen in APA-stijl weergegeven.

Bijlage I – Plan van Aanpak, BIJLAGE I was van belang voor de ontwikkeling van dit adviesrapport, maar heeft inhoudelijk weinig toevoeging. Hier hoeft geen aandacht aan geschonken te worden.

Bijlage II – Analyserapport projectlocatie, hierin wordt er onderzoek uitgevoerd naar de geologische gegevens, staat van de kade en oude panden.

Bijlage III – Rapport mogelijke hulpconstructies, in dit rapport worden de uitvoeringmethoden toegelicht, mogelijke varianten opgesteld en beoordeeld aan de hand van een MCA.

Bijlage IV – Analyserapport relinen, in dit rapport wordt algemene informatie gegeven met betrekking tot het aspect relinen. Dit is voor geïnteresseerden en heeft weinig toevoeging aan het adviesrapport.

Bijlage V – Berekening parallel damwand en trekankers, in deze bijlage wordt de damwand parallel aan de erfgrans berekent samen met de benodigde trekankers.

Bijlage VI – Berekening berlinerwand, in deze bijlage wordt de berlinerwandconstructie berekent, dit omvat de buisprofielen en aanwezige schotten.

Bijlage VII – Berekening gording en stempel, in deze bijlage worden de profielen voor de toe te passen gording en stempel berekent.

Bijlage VIII – Berekening pompcapaciteit, in deze bijlage wordt de toestroom van het grondwater (kwel) berekent en hoeveel de bemalingspompen per uur weg moeten pompen.

Bijlage IX – Berekening afstempeling reline-installatie, in deze bijlage wordt de afdracht van de krachten ten gevolge van de lier berekent.

Bijlage X – Vergelijking definitief ontwerp met wareco.

Bijlage XI – Tekeningen, in deze bijlage is het definitieve ontwerp weergegeven.

Gebruikte symbolen

Symbolen met betrekking tot grondeigenschappen:

Φ_{veen}	is de hoek verdraaiing van Veen	[kN/m ³]
$\Phi_{\text{klei organisch}}$	is de hoek verdraaiing van organische Klei	[kN/m ³]
Y_{klei}	is het soortelijk gewicht van Klei	[kN/m ³]
$Y_{\text{klei.nat}}$	is het soortelijk gewicht van natte Klei	[kN/m ³]
Y_{veen}	is het soortelijk gewicht van Veen	[kN/m ³]
$Y_{\text{zand.nat}}$	is het soortelijk gewicht van nat Zand	[kN/m ³]
Ka	is de rekenwaarde voor actieve gronddruk	[-]
Kp	is de rekenwaarde voor passieve gronddruk	[-]

Symbolen met betrekking tot berekeningen:

Σ	is de som van	[-]
M	is het moment	[kNm]
I	is het traagheidsmoment	[mm ⁴]
B	is de breedte	[-]
H	is de hoogte	[-]
E	is de elasticiteitsmodules	[N/mm ²]
q	is een gelijke gespreide last	[N/mm ¹]
L	is de lengte	[-]
v_{max}	is de maximale doorbuiging	[mm]
RA	is de reactiekracht bij oplegging A	[kN]
RB	is de reactiekracht bij oplegging B	[kN]
RC	is de reactiekracht bij oplegging C	[kN]
F_{knik}	is de knikkracht	[kN]
π	is en omtrek-diameter verhouding	[3,14...]
Q	is het debiet	[m ³ /dag]
K	is de rekenwaarde voor waterdoorlatendheid	[m/dag]
$\Delta H = dH$	is het waterstandsverschil	[m]
$\Delta x = dx$	is de lengte van de weerstandsweg	[m]
$\frac{dH}{Dx}$	is het verhang	[-]
A	is het frontaal oppervlak	[m ²]

Overige symbolen:

$\emptyset$	Diameter
$\sin$	Wiskundige formule-eenheid
$^{\circ}$	Graden

Afkortingen:

HEM	Breedflensbalk
MCA	Multi Criteria Analyse
H.o.h.	Hart op hart
NAP	Nationaal Amsterdams Peil
GWS	Grondwaterstand
HDPE	High Density PolyEtheen = Hogedichtheidpolyetheen

1 ACHTERGRONDEN

In dit hoofdstuk wordt de achtergrond informatie met betrekking tot de zinker onder de Kromme Gouwe verstrekt.

Beknopte omschrijving van de doelstelling vanuit Oasen waar het project “relinen zinker onder Kromme Gouwe” uit voort vloeit:

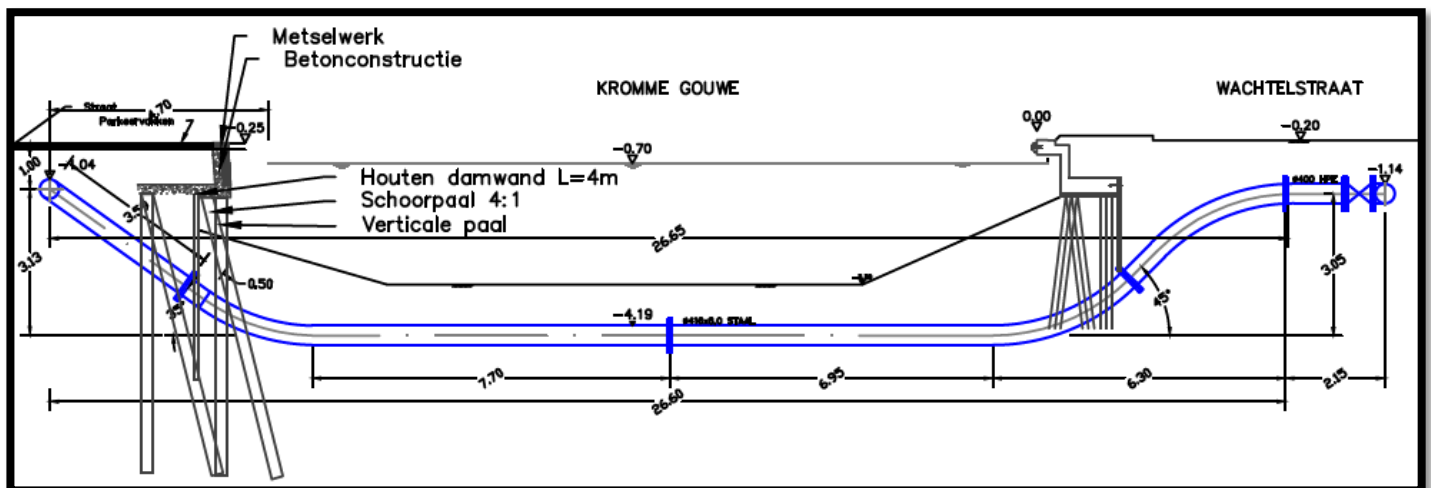
“De aanleiding van dit onderzoek komt voort uit de toekomstvisie van Oasen welke betrekking heeft op de transportstructuur van het leidingnet en de daaruit vloeiende leidingprojecten. Dit onderzoek heeft betrekking op een deel van zo’n leidingproject.”

Geschiedenis van het project

Voorheen had het drinkwaterbedrijf een ander visie op de transportstructuur dan nu. Daardoor verandert de functie van de leiding van inter lokaal (tussen gemeenten onderling) 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, gerenoveerd er gerelined. Een onderdeel van deze visie is de zinker onder de Kromme Gouwe. Deze zinker dient gerelined te worden. Hiervoor is een hulpconstructie vereist om het reline-proces mogelijk te maken.

Achtergrond informatie zinker onder de Kromme Gouwe

Deze zinker, van staal, loopt onder de Kromme Gouwe door met de onderzijde 4,7 meter onder NAP en heeft een diameter van 416 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. Het is gewenst de nieuwe leiding door de oude heen te trekken, dit heet relinen. De kadeconstructie bestaat uit geschoorde palen 4:1, een betonnen keerwand constructie en metselwerk als toplaag.



Figuur 1 Dwarsdoorsnede zinker 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 voor deze locatie de meest optimale en efficiënte hulpconstructie te ontwerpen worden de kosten buiten beschouwing gelaten.

Betrokken partijen

Het project wordt uitgevoerd in combinatie met BAM Infra, Wareco en JGTC. In een later stadium van het vooronderzoek worden Kandt b.v. (hierna te noemen Kandt) en Congeo betrokken bij het project. Wanneer er na het vooronderzoek een "GO" wordt gegeven aan het project, berekent Congeo de bouwkuip en realiseert Kandt de bouwkuip.

Vanuit Kandt is Bastiaan Verheul de contact persoon, projectleider binnen Kandt. Vanuit Congeo is Jeroen de Leeuw de contact persoon, een ervaren constructeur binnen Congeo met veel ervaring op het gebied van bouwkuipen.

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.

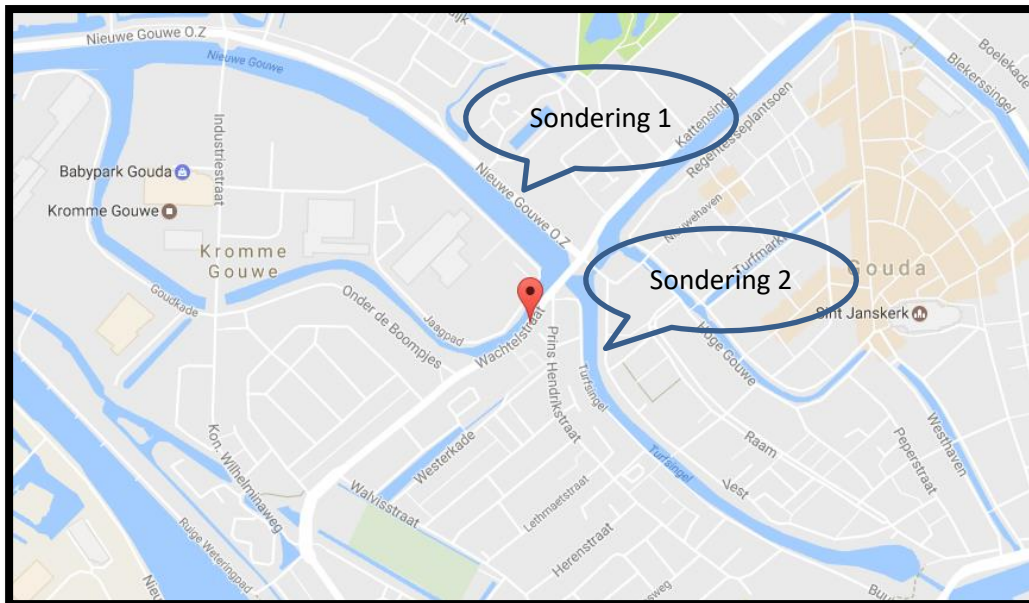
Binnen deze combinatie is BAM hoofdaannemer en zijn overige partijen onderaannemer. OASEN waterbedrijf is de opdrachtgever van dit project. OASEN treedt veel in overleg met de betrokken partijen. BAM, Wareco en JGTC voeren allemaal grondig onderzoek uit naar de geschiedenis en huidige staat van de locatie. Aan de hand van dit onderzoek wordt een uitvoeringsplan gerealiseerd wat uitgevoerd zal worden door BAM Infra.

rolverdeling	Oasen	Bam Infra	Wareco	JGTC	Kandt b.v.	Congo
Opdrachtgever	✓					
Hoofd aannemer		✓				
Onderaannemer vooronderzoek		✓	✓	✓		
Onderaannemer uitvoering hulpconstructie					✓	
Onderaannemer constructeur hulpconstructie						✓
Uitvoerende partij relinen		✓				

Tabel 1 Rolverdeling partijen

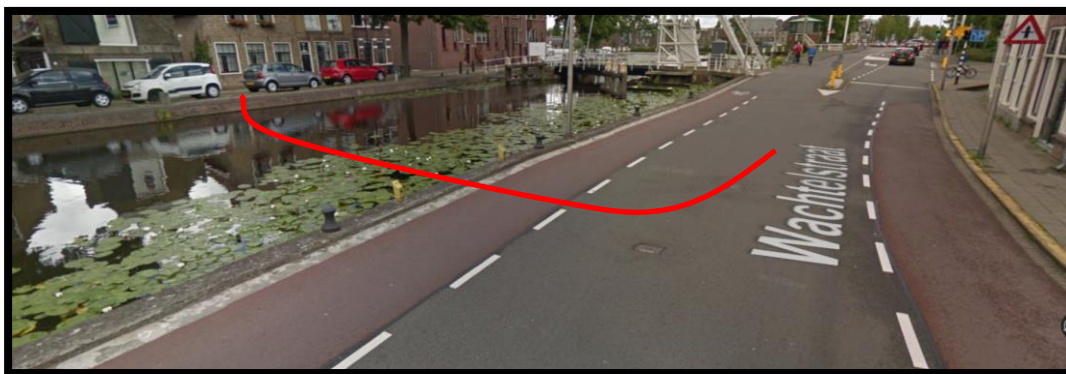
1.1 LOCATIE

In figuur 2 is de projectlocatie weergegeven. Deze bevindt zich in Gouda tussen de Wachtelstraat 21-22 en de Jaagpad 10-11. Tevens zijn hier de sonderingen in aangegeven, sondering 1 = maatgevend.



Figuur 2 Projectlocatie zinker Kromme Gouwe

Voor de beeldvorming is met een rode lijn de zinker onder de Kromme Gouwe weergegeven.



Figuur 4 Schets zinker onder Kromme Gouwe

In figuur 3 is de locatie van de hulpconstructie weergegeven. Nabij deze locatie zijn de panden die hinder kunnen ondervinden van het project geel gearceerd.



Figuur 3 Aangegeven locatie hulpconstructie voor de panden binnen het invloed gebied

2 HOOFD- EN DEELVRAGEN

Om het onderzoek in goede banen te leiden is er een plan van aanpak opgesteld waarin de hoofdvraag en de bijbehorende deelvragen de leidraad van het onderzoek vormen. Deze zijn gedurende de afstudeerperiode regelmatig bestudeerd om de doelstelling van het onderzoek na te streven.

Hoofdvraag:

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

Om deze hoofdvraag uit te werken zijn een aantal gespecificeerde deelvragen opgesteld.

Deelvragen:

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

2.1 AFBAKENING KEUZE

In dit hoofdstuk wordt afgebakend wat er bij het adviesrapport betrokken wordt en wat niet, de scope van het project. De scope van dit project ligt op het ontwerpen van een passende hulpconstructie om het relinen van de oude zinker onder de Kromme Gouwe zo optimaal en efficiënt mogelijk uit te kunnen voeren.

Hierbij worden verschillende uitvoeringstechnieken bij verschillende varianten onderzocht om tot een zo optimaal en efficiënt mogelijke hulpconstructie te komen.

Wat wordt er in dit adviesrapport behandeld?

- Er is een vooronderzoek uitgevoerd naar de projectlocatie;
- Uitgangspunten zijn opgesteld aan de hand van het vooronderzoek, normen en belangen vanuit Oasen.
- Er is een MCA (Multi Criteria Analyse) opgesteld aan de hand van 3 varianten;
- Er is onderzoek gedaan naar de beste uitvoeringsmethode voor de toe te passen materialen binnen deze projectlocatie;
- De meest optimale en efficiënte hulpconstructie is gedetailleerd uitgewerkt, berekend en getekend;

Wat ligt buiten de scope van dit adviesrapport?

- Het onderzoeken van andere uitvoeringsmethoden met betrekking tot het plaatsen van een leiding.
- Het uitwerken van een uitvoeringsplanning.
- 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).

3 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

Er is vooronderzoek gepleegd om de geotechnische gegevens, informatie van derden en uitgangspunten voor de berekeningen in kaart te brengen. Met behulp van het vooronderzoek zijn de randvoorwaarden en uitgangspunten opgesteld. Deze worden gebruikt bij het ontwerpen en berekenen van de hulpconstructie.

3.1 GEOTECHNISCHE GEGEVENS

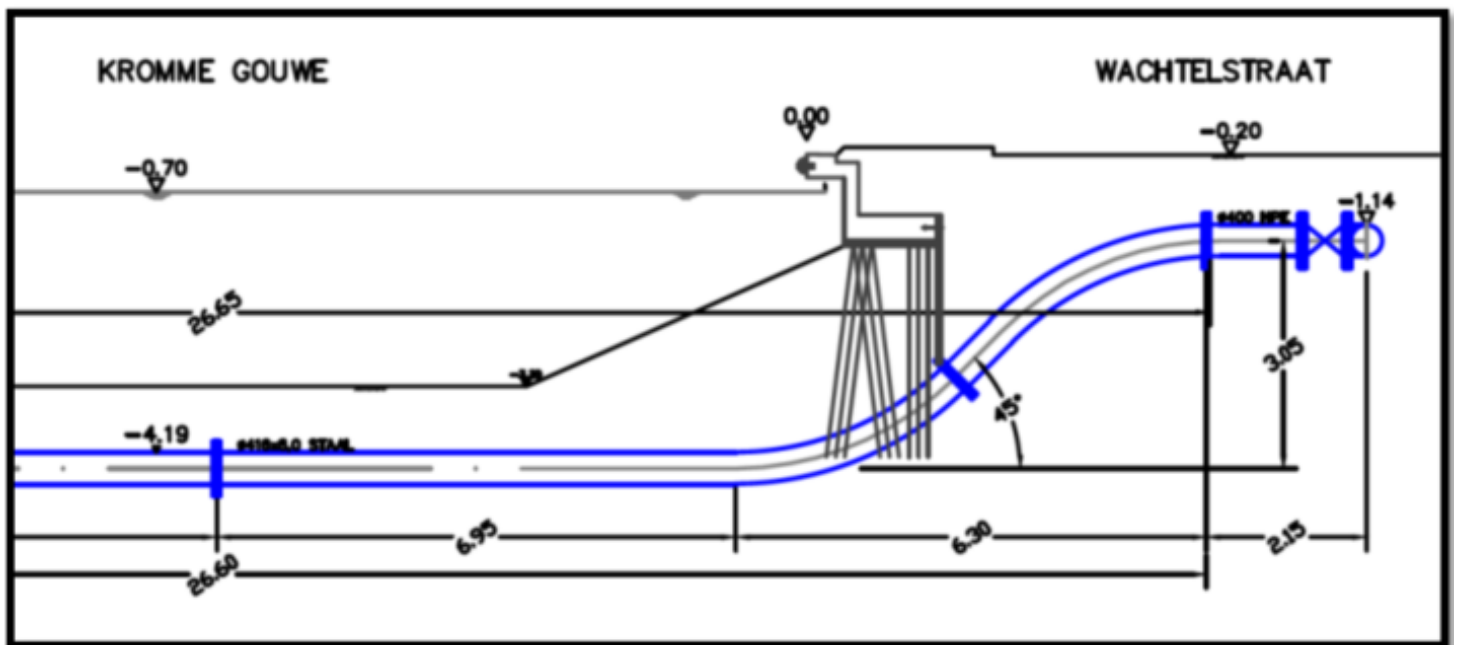
Om de hulpconstructie goed te kunnen ontwerpen zijn er de geotechnische gegevens vereist van de projectlocatie. Iedere grondsoort heeft een andere waterdoorlatendheid, stabiliteit en zettingsgevoeligheid. Deze gegevens zijn vereist om de hulpconstructie passend te ontwerpen voor dit project.

De benodigde diepgang van het grondonderzoek is gebaseerd op:

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

Aan de hand van de gewenste nauwkeurigheid voor de berekeningen is de diepgang van het grondonderzoek bepaald. Hiervoor zijn verschillende methodieken afgewogen om de sonderingen af te lezen en is er een archiefonderzoek gedaan.

De grondwaterstand (GWS) op de projectlocatie bevindt zich op hetzelfde niveau als het waterniveau in de Kromme Gouwe. Deze GWS bevindt zich 0,5 meter onder maaiveld ter plaatsen van de Wachtelstraat. Zie figuur 5.



Figuur 5 Grondwaterstand is gelijk aan waterstand gracht

Om de geotechnische gegevens van de ondergrond te verkrijgen, zijn een tweetal sonderingen beschikbaar. De sonderingen zijn weergegeven in figuur 2, paragraaf 1.1. Deze sonderingen zijn beide vrij recent en worden als "genomen op de projectlocatie" beschouwd. De sonderingen zijn gevonden in "Dinoloket" (derden, 2017). Om een zo veilig mogelijke hulpconstructie te ontwerpen, wordt er met de meest conservatieve sondering verder gewerkt. Voor de uitvoering van het project zal Wareco sonderingen maken op de locatie, echter waren deze te laat beschikbaar om toe te passen in dit afstudeeronderzoek. Voor beide sonderingen wordt verwezen naar BIJLAGE II¹⁾.

Voor het aflezen van deze sonderingen zijn een viertal identificatiecriteria geanalyseerd en tegen elkaar afgewogen. Dit viertal betreft de: NEN-norm 6740, CUR-publicatie 162, Robertson et al methode en Grondmechanica van A. Verruijt. De methode van Robertson et al. kwam als meest nauwkeurig uit de afweging en is te vinden in BIJLAGE II²⁾.

De methode Robertson et al. scoort het hoogst op het gebied van grondsoort identificatie. Dit komt doordat deze methode rekening houdt met wrijving, conusweerstand en tussenliggende waarden. Ook worden alle grondsoorten nauwkeurig gedefinieerd.

	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 2 Keuzematrix grondsoort identificatie methode

3.2 RANDVOORWAARDEN

De omgeving waarin de zinker zich bevindt speelt een belangrijke rol. Het is mogelijk dat de omgeving last krijgt van de werkzaamheden rond de zinker. Om hier goed op in te spelen is er onderzoek gedaan naar de omgeving. Hieruit zijn de volgende randvoorwaarden naar voren gekomen.

Omliggende bebouwing, NEN-norm 9997-1 en CUR 166

Uit dit onderzoek is voortgekomen dat de zinker zich tussen oude panden (monumenten) bevindt. De panden komen uit het jaar 1700-1800 en zijn gefundeerd op staal. Extra informatie hierover is te vinden in BIJLAGE II³⁾. Voor deze oude panden worden de NEN-norm 9997-1 en CUR 166 voorgeschreven.

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)

SBR richtlijn deel A, trillingen

De SBR richtlijn deel A schrijft voor verschillende categorieën trillingsfrequenties voor. Deze dient aan de richtlijn te voldoen en wordt bepaald in paragraaf 6.2. De oude panden vallen onder categorie 3 van deze richtlijn. (Trillingsmetingen SBR Richtlijn A, 2012)

¹⁾ BIJLAGE A en C van analyserapport projectlocatie

²⁾ BIJLAGE B kop 4 van analyserapport projectlocatie

³⁾ analyserapport projectlocatie, paragraaf 2.1 pagina 6 & 7

Overige randvoorwaarden

- Er ruimte gecreëerd worden om alle handelingen rond de zinker te kunnen uitvoeren. Hiervoor wordt 3 meter breedte en 6 meter lengte aangehouden. Deze afmetingen komen voort uit voorgaande relin-projecten. Dit komt door de ruimte die de oude leiding nodig heeft om omhoog te komen tot het T-stuk, de lengte van het T-stuk zelf moet vrij gegraven worden en er moet aan weerszijde van de zinker ruimte zijn om de werkzaamheden uit te voeren. (Timmer, 2017)
- Binnen de handberekeningen van dit onderzoek wordt een veiligheidsfactor van 1,5 gehanteerd. Deze veiligheidsfactor is geverifieerd aan de CUR 166 welke veiligheidsfactoren van 0,9;1,0;1,1 en 1,2 voorschrijft. Zo blijft de veiligheid uit de berekeningen bij deze kritische projectlocatie gewaarborgd. (Timmer, 2017) (Verheul, 2017)
- De kabels en leidingen van “Nutsbedrijven” dienen onbeschadigd te blijven. (OASEN, 2017)
- De nieuwe leiding dient droog te worden aangesloten in verband met de hygiëne eisen aan het drinkwater. (OASEN, 2017)

3.3 UITGANGSPUNTEN VOOR HET ONTWERP

Uit het vooronderzoek zijn een aantal uitgangspunten voortgekomen voor de hulpconstructie waaraan hij gewenst wordt te voldoen om het relinen mogelijk te kunnen maken.

Hieronder wordt onder andere verstaan:

- Indien er met grondwaterstromen gerekend dient te worden, wordt de wet van Darcy als best toepasbaar aangesteld. Voor de “omgebouwde” wet van Darcy, om de verticale in plaats van de horizontale waterdoorlatendheid te berekenen. (Leeuwenstein, 2017)
- 20 Ton kracht ten gevolge van het relin-proces. Deze kracht is gebaseerd op de lierconstructie van BAM Infra die bij soortgelijke projecten wordt gebruikt. Deze heeft een maximaal te leveren trekkracht van 20 Ton. (OASEN, 2017)
- De grondwaterstand moet buiten de hulpconstructie zijn normale niveau behouden om zetting in de omgeving te voorkomen. (Verschuuren, 2017)
- Kandt is alleen in staat buisprofielen aan te brengen voor een berlinerwandconstructie. (Verheul, 2017)
- Voor dit project is een bouwkuip onontkoombaar. Dit komt door de geringe ruimte, grondeigenschappen en de eisen ten gevolge van de omgeving. (Verschuuren, 2017)

3.4 ALGEMENE INFORMATIE

Uit het vooronderzoek is belangrijke informatie gekomen die geen randvoorwaarde nog uitgangspunt omvat, maar niet vergeten mag worden.

Kadeconstructie

Tijdens dit onderzoek is er ook onderzoek gedaan naar de bestaande kade. Deze dateert uit het jaar 1953. De kade staat gefundeerd op geschoorde palen 4:1. Extra informatie hierover is te vinden in BIJLAGE II¹⁾.

Relinen

Door de veranderingen in het transportnetwerk van het drinkwater bedrijf, is de transportfunctie voor de nieuwe leiding kleiner dan die van de oude zinker. Dit heeft als gevolg dat er een 250 millimeter HDPE (High Density PolyEtheen oftewel Hogedichtheidpolyetheen) buis gewenst is om door de oude zinker te trekken.

¹⁾ analyserapport projectlocatie, paragraaf 2.2 pagina 8 & 9

4 VARIANTEN

Vanuit de randvoorwaarden en uitgangspunten in hoofdstuk 3, zijn een drietal ontwerpen opgesteld. Deze ontwerpen worden in dit hoofdstuk toegelicht.

4.1 ALGEMEEN

Er is onderzoek gedaan naar 3 varianten bouwkuipen. De varianten bestaan uit:

- een bouwkuip in den natte (variant 1);
- een bouwkuip in den droge zonder kwelscherm (variant 2);
- en een bouwkuip in den droge met een kwelscherm (variant 3).

Verschillen en voordelen van varianten ten opzichte van elkaar

Het verschil bij deze varianten zit hem in dat bij de bouwkuip in den natte minder diep ontgraven hoeft te worden en er geen kleimuur, kwelscherm en bemaling toegepast hoeft te worden zoals bij de andere 2 varianten.

Echter wordt er bij variant 2 ook geen kwelscherm toegepast. Variant 3, een bouwkuip in den droge met een kwelscherm, heeft als voordeel ten opzicht van variant 2 dat hij beter te bemalen valt met alle voordelen van dien.

De voordelen van variant 2 en 3 ten opzichte van variant 1 zijn dat er stabiliteit aan de kade wordt verleend middels de kleimuur, er met zicht in de bouwkuip kan worden gewerkt en het aansluiten van de nieuwe leiding gemakkelijker in den droge kan worden uitgevoerd.

Deze 3 varianten zijn terug te vinden in BIJLAGE III¹⁾.

Keuze variant

De 3 varianten zijn tegen elkaar afgewogen in een MCA om de meest efficiënte en optimale hulpconstructie toe te passen. De MCA is voorgelegd aan 3 experts waarvan de gemiddelde waarde is berekend. Expert nummer 1 is Bastiaan Verheul van Kandt (projectleider met zijn expertise op het gebied van damwanden plaatsen), expert 2 is Jeroen de Leeuw van Congeo (constructeur met zijn expertise op het gebied van bouwkuipen doorrekenen) en expert 3 is Mike Verschuuren van Oasen-Hogeschool Rotterdam (zijn expertise is verkregen uit een grootschalig vooronderzoek waarin verschillende methodieken en profielen zijn onderzocht). Door het laten beoordelen van 3 experts van verschillende bedrijven is de uitkomst van de MCA betrouwbaarder.

Materialen

Voor de verschillende varianten zijn bepaalde materialen toegepast. Onder deze materialen vallen het type kleikorrels en kwelscherm, welke zijn onderzocht in BIJLAGE III²⁾. Om de materialen te bepalen zijn er een aantal uitgangspunten gegeven in paragraaf 6.1, pagina 32.

Verder in dit hoofdstuk wordt een schematisatie met korte toelichting gegeven van iedere variant.

¹⁾ Rapport mogelijke hulpconstructies, BIJLAGE B varianten en hoofdstuk 6, pagina 11, 12 en 13

Oasen ²⁾ Rapport mogelijke hulpconstructies hoofdstuk 5

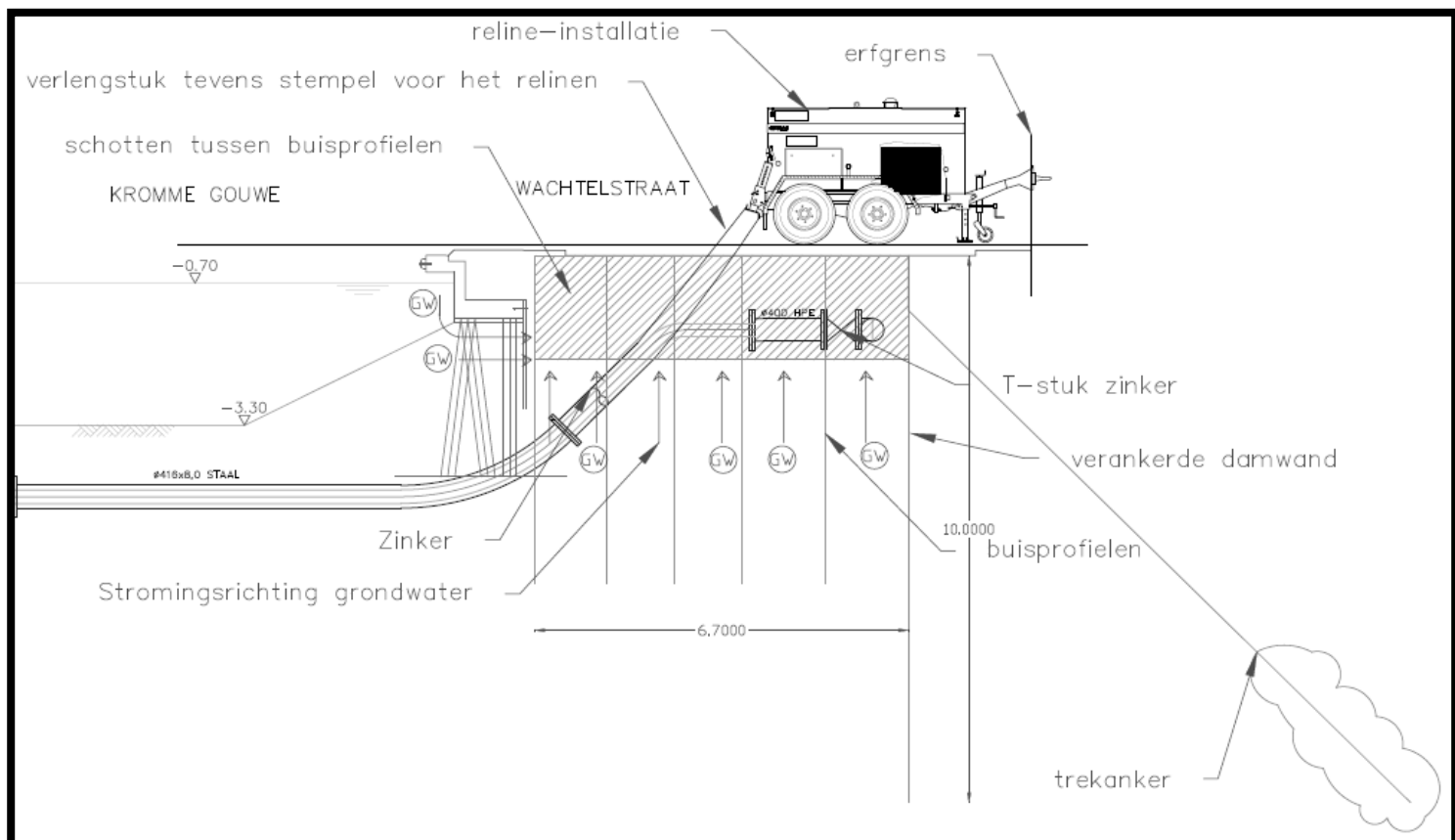
4.2 VARIANTEN – TOELICHTING & SCHEMATISATIE

4.2.1 Variant 1 – toelichting

Bij de eerste variant, een bouwkuip in den natte zonder kwelscherm, wordt de bouwkuip in den natte ontgraven. In figuur 6 is een dwarsdoorsnede weergegeven. In deze dwarsdoorsnede wordt rechts aan de erfgranszijde een paralleldamwand trapsgewijs ingebracht over een lengte van 24 meter met een inheidiepte van 12 meter. Zie paragraaf 5.2, figuur 10.

Dit wordt gedaan om tijdens de uitvoeringswerkzaamheden de panden te beschermen tegen trillingen en zetting. Aansluitend op deze damwand wordt de bouwkuip verder gerealiseerd middels een berlinerwand constructie bestaande uit buispalen met een inheidiepte van 12 meter waartussen schotten geplaatst worden.

Bij deze variant is de te ontgraven diepte 1,9 meter ten opzichte van het maaiveld. Binnen deze bouwkuip staat de waterstand op 0,5 meter onder maaiveld. De oude zinker wordt onder water door gehaald en er wordt een stempelbuis over de oude zinker aangebracht tot boven het maaiveld. Vanuit deze stempelbuis wordt de zinker leeggepompt om het relin-proces uit te kunnen voeren. Het oude T-stuk van de zinker wordt geroteerd zodat het koppelstuk boven waterniveau komt. Hier wordt de nieuwe leiding in het droge gekoppeld aan het oude T-stuk waarna de leiding weer op het gewenste niveau kan worden afgezonken.



Figuur 6 Variant 1 dwarsdoorsnede

De voordelen ten opzichte van de andere varianten zijn:

- De uitvoeringstijd is korter dan bij de andere varianten, dit komt doordat er minder gerealiseerd hoeft te worden in vergelijking tot de andere varianten;
- De hulpconstructie is beter uitvoerbaar door de afwezigheid van een kleimuur, kwelscherm en ondiepere ontgraving;
- Er hoeft geen kleimuur te worden aangebracht door de afwezigheid van een kwelscherm;

- Minder schade aan de straat, dit komt doordat de straat buiten de bouwkuip minder ver opgebroken hoeft te worden. Bij de 3^e variant is dit wel nodig voor de aanbreng van het kwelscherm.

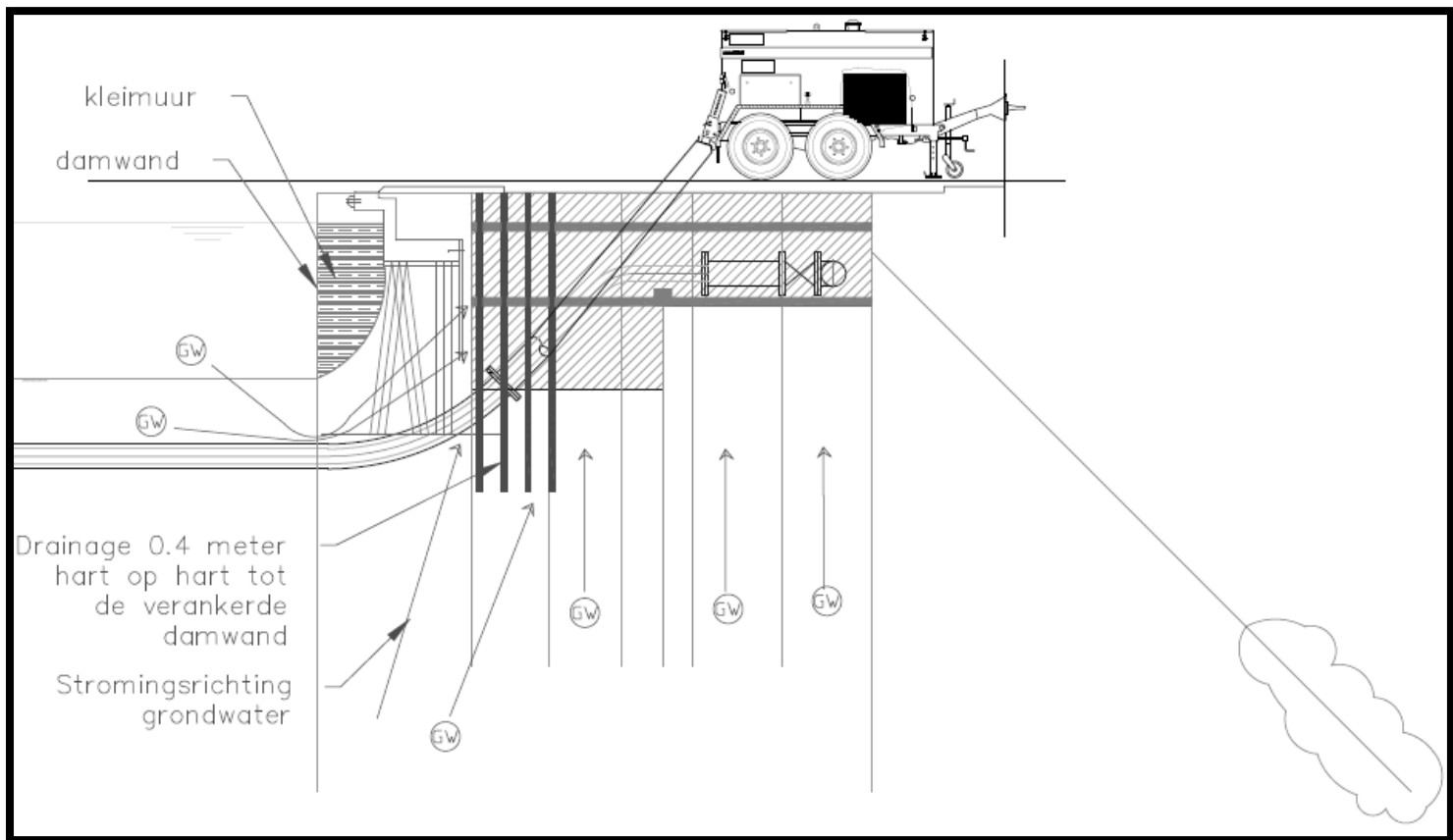
De nadelen ten opzichte van de andere varianten zijn:

- Veel risico op schade aan de omgeving, dit komt doordat er geen stabiliteit aan de kade wordt verleend middels een kleimuur en er is geen zicht tijdens de werkzaamheden in de bouwkuip, hierdoor kan materiaal beschadigen;
- Minder veiligheid voor het personeel, door bovenstaand risico is de kans dat er iets fout gaat groter, dit gaat ten koste van de veiligheid voor het personeel;
- Bij dit ontwerp is er amper de gelegenheid om te anticiperen op onvoorziene zaken, wanneer de kade bezwijkt of de leiding kapot gaat, dan is dit lastig te herstellen;
- Het relin-proces is lastiger uit te voeren, door een gebrek aan zicht in de bouwkuip en het roteren van het T-stuk om de leiding in het droge aan te sluiten;

4.2.2 Variant 2 – toelichting

Variant 2, een bouwkuip in de droge zonder kwelscherm. In figuur 7 wordt een dwarsdoorsnede van de variant weergegeven. De parallel damwand met trekankers en berlinerwandconstructie zijn gelijk aan die in variant 1. Aanvullend daarop beschikt variant 2 over een kleimuur en bronbemaling om de bouwkuip droog te houden.

Bij de tweede variant is een hulpconstructie ontworpen die tijdens de ontgraving volledig wordt bemaald tot 3,4 meter onder maaiveld (2,9 meter lager dan de reguliere grondwaterstand). De bouwkuip wordt volledig bemaald om in het droge te kunnen werken.



Figuur 7 Variant 2 dwarsdoorsnede

De voordelen ten opzichte van de andere varianten zijn:

- Er hoeft geen kwelscherm gerealiseerd te worden;
- De bouwkuip is droog, dit heeft als voordeel dat er zicht bij de werkzaamheden is;
- De kade behoudt zijn stabiliteit, de kleimuur verleend stabiliteit aan de kadeconstructie.

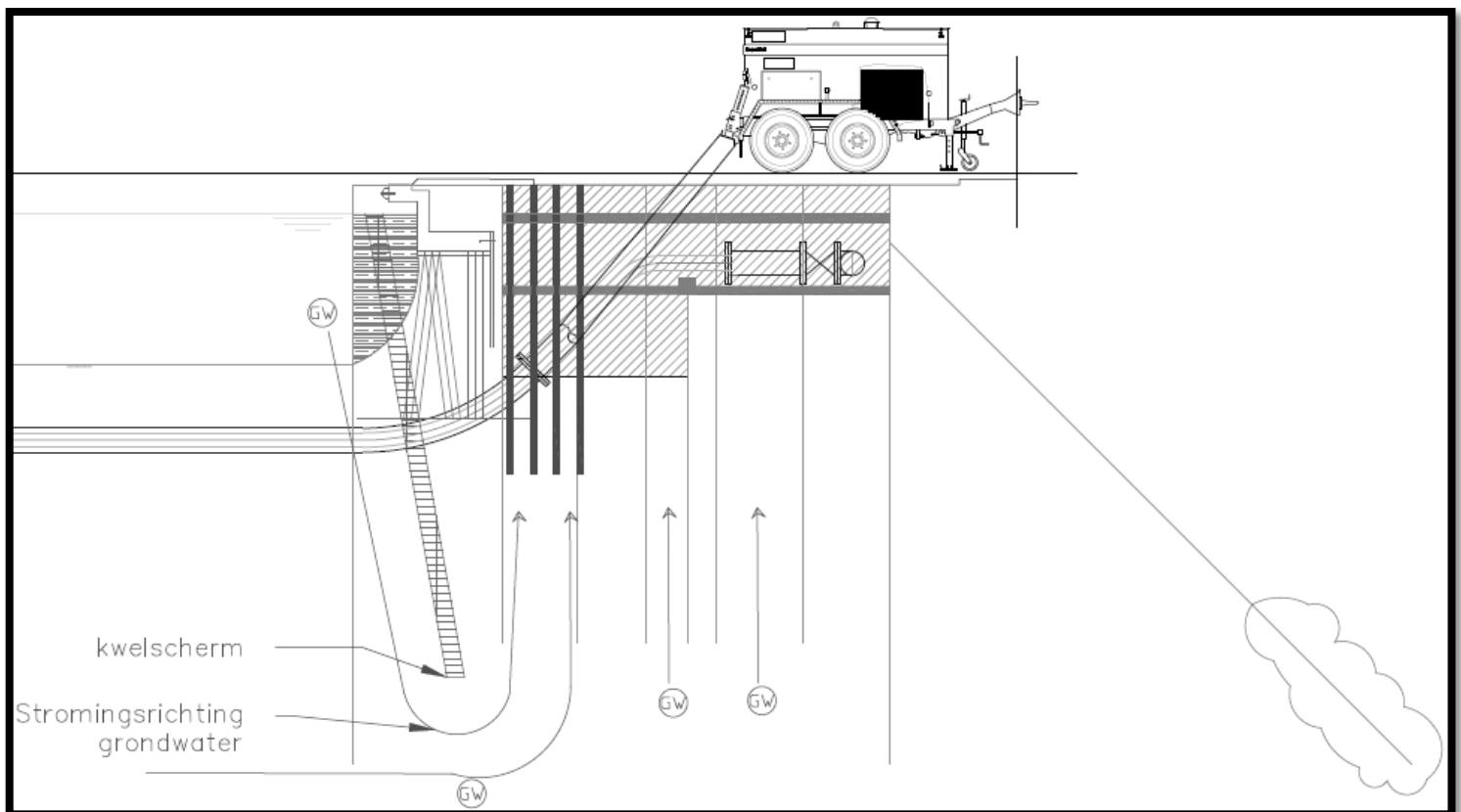
De nadelen ten opzichte van de andere varianten zijn:

- De hulpconstructie is lastiger te realiseren, door het gebrek aan een kwelscherm is de grondwaterstand lastiger te beheersen en de bouwkuip lastiger droog te houden;
- Lastig te bemalen, er zijn er meer pompen vereist;
- De kans op zetting rond bebouwing ligt erg hoog, dit komt doordat er meer grondwater bemaald wordt, hierdoor is de grondwaterstand slecht te beheersen onder de panden.

4.2.3 Variant 3 – toelichting

Variant 3, een bouwkuip met kwelscherm. In figuur 8 wordt een dwarsdoorsnede van de variant weergegeven. De parallel damwand met trekankers en berlinerwandconstructie zijn gelijk aan die in variant 1 en 2. Aanvullend daarop beschikt variant 3 over een kwelscherm. Om de grondwaterstand in de omgeving beter te reguleren

Bij de derde variant is een bouwkuip ontworpen die na de ontgraving volledig wordt bemaald tot 3,4 meter onder maaiveld.



Figuur 8 Variant 3 dwarsdoorsnede

De voordelen ten opzichte van de andere varianten komen voort uit de aanwezigheid van het kwelscherm waardoor de grondwaterstand beter te reguleren valt, hieronder valt:

- De constructie is het best uitvoerbaar, doordat de constructie het best haalbaar is;
- Risico op schade aan de omgeving is minimaal;
- De constructie garandeert meer veiligheid voor het personeel;
- De constructie biedt de mogelijkheid te anticiperen op onvoorziene zaken;
- Het relin-proces is goed uit te voeren;
- Het aanbrengen van de buisprofielen en schotten is gunstig;
- De bouwkuip is droog;
- De kade behoudt zijn stabiliteit.

De nadelen ten opzichte van de andere varianten zijn:

- Deze constructie vereist meer uitvoeringstijd, dit komt doordat er met gerealiseerd moet worden ten opzichte van de andere twee varianten;
- Deze constructie veroorzaakt de meeste schade aan de straat, dit komt door het opbreken van de straat buiten de bouwkuip ten behoeve van het kwelscherm.

4.3 MULTI CRITERIA ANALYSE

Nu liggen er 3 varianten op tafel, maar hoe wordt de beste variant geselecteerd om verder uit te werken en eventueel uit te voeren? Dit wordt gedaan middels een MCA. In een MCA worden de criteria die van toepassing zijn beoordeeld aan de hand van een normering. De variant met het hoogste cijfer is over alle criteria genomen de meest optimale variant bij de gestelde voorwaarden.

Om de MCA zo betrouwbaar mogelijk te maken is deze voorgelegd aan 3 experts:

1. B. Verheul – Kandt, projectleider met zijn expertise op het gebied van damwanden plaatsen.
2. J. de Leeuw – Congeo, constructeur met zijn expertise op het gebied van bouwkuipen doorrekenen.
3. M. Verschuuren – Oasen, Hogeschool Rotterdam, met zijn expertise verkregen uit grondig vooronderzoek en ervaring met de varianten door uitgevoerde berekeningen.

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.

Criteria

De volgende criteria zijn beoordeeld voor het selecteren van het meest optimale ontwerp:

- uitvoeringstijd
- uitvoerbaarheid hulpconstructie
- risico op schade aan omgeving
- veiligheid voor personeel
- anticipeermogelijkheden
- uitvoerbaarheid relinen
- bemalingspompen
- aanbrengen buisprofielen
- aanbrengen schotten
- plaatsen damwand met trekankers
- plaatsen kleimuur
- aanbrengen kwelscherm
- aanbrengen stempelraam
- zetting bebouwing
- schade aan straat
- stabiliteit bestaande kade

Aan de hand van deze criteria zijn de varianten beoordeeld. Elk criterium heeft een procentuele waarde (belang van het criterium) en een cijfer gekregen. In tabel 3 is het eindcijfer van elke variant gegeven. De variant die het beste uit de MCA komt heeft de hoogste score.

Kolom1	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Eindcijfer	2,70	2,46	3,56

Tabel 3 Keuzematrix varianten

Uit de MCA is variant 3, de bouwkuip met het kwelscherm als meest efficiënte en optimale variant gekozen. Deze variant wordt toegelicht in hoofdstuk 5. Variant 3 is als beste uit de MCA gekomen door hoge scores op belangrijkere criteria ondanks de lagere cijfers bij enkele minder belangrijke criteria. Zo scoort variant 3 het hoogst op de volgende criteria: uitvoerbaarheid hulpconstructie (procentueel belang van de 100% over 16 criteria: 7%), risico op schade aan de omgeving (9%), veiligheid voor personeel (10%), anticipeermogelijkheden (6%), uitvoerbaarheid relinen (5%), aanbrengen schotten (3%), zetting bebouwing (20%) en stabiliteit kade (13%). Deze 8 criteria omvatten al 73% van het procentuele belang verdeeld over 16 criteria.

De uitgebreide versie van de MCA met criteria definities staat in BIJLAGE III¹⁾.

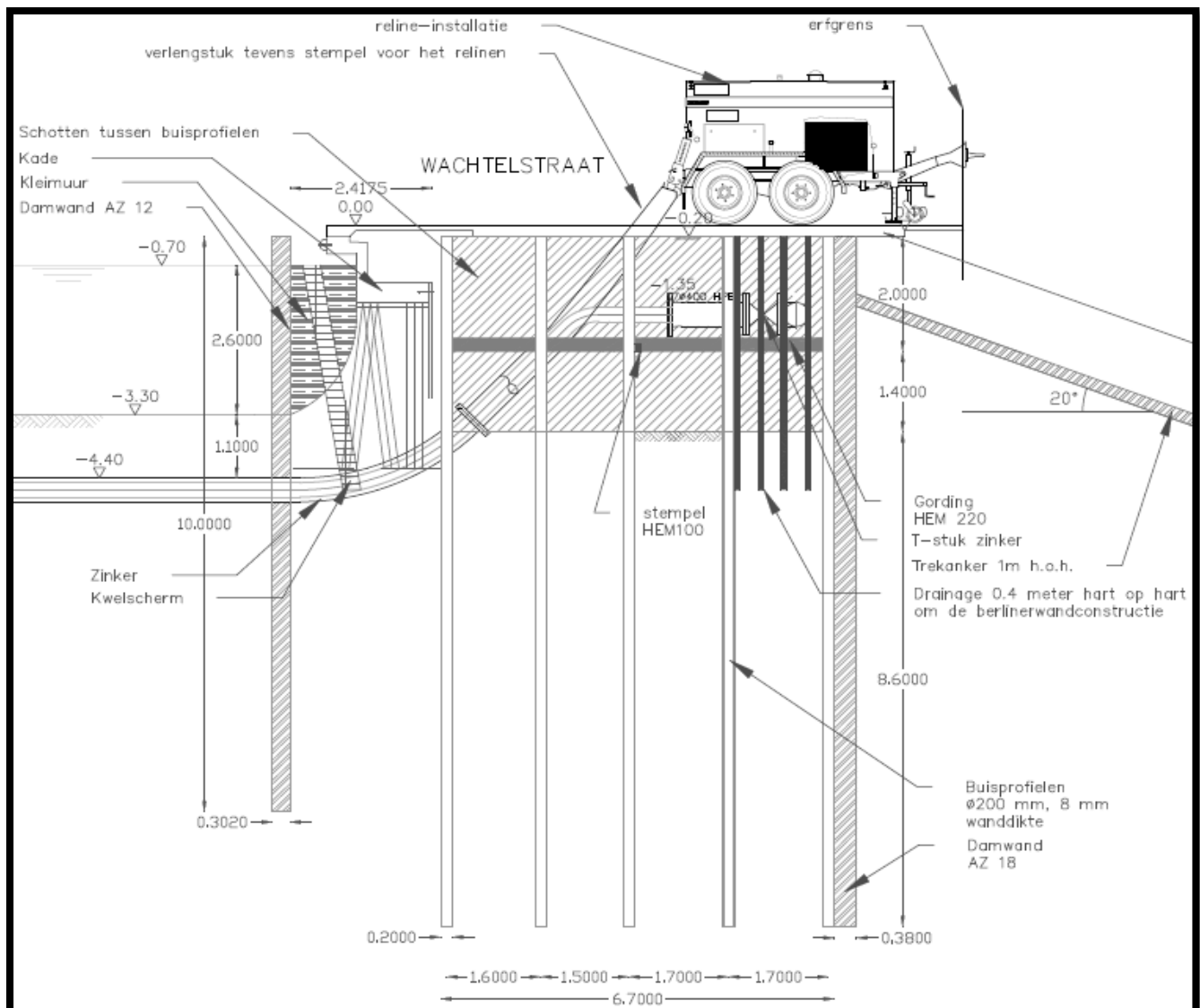
¹⁾ Rapport mogelijke hulpconstructies, BIJLAGE 4 en hoofdstuk 7 pagina 14

5 VARIANT 3 – ONTWERP & TECHNISCHE TOELICHTING

De gekozen hulpconstructie is variant 3, een bouwkuip. Deze variant beschikt over een kwelscherm in tegenstelling tot de andere 2 varianten. In dit hoofdstuk wordt het ontwerp beschreven middels een technische toelichting.

5.1 ONTWERP

Het ontwerp is een bouwkuip. Deze bouwkuip beschikt over een kwelscherm, stalen buispalen, stalen schotten, trekankers, stalen damwanden, kleimuur, stalen buis, HEM profielen en verticale bemaling. In tegenstelling tot de conceptversie van variant 3, is bij het definitief ontwerp 1 diepte aangehouden van de bouwkuip. Dit heeft geen effect op de te gebruiken profielen en is gedaan om het onnodig plaatsen van een AZ12 damwand te voorkomen. Het aanbrengen van de paralleldamwand met trekankers en de buisprofielen is het meest kritisch voor de omgeving. In het rapport "mogelijke hulpconstructies", is onderzocht welke aanbreng methode het meest efficiënt toepasbaar is voor de omgeving. Dit blijkt licht trillend te zijn onder een lage frequentie. Deze frequentie wordt onderzocht in paragraaf 6.2. Extra informatie hierover is te vinden in BIJLAGE III¹⁾. In figuur 9 is de dwarsdoorsnede van het ontwerp weergegeven.



Figuur 9 Dwarsdoorsnede definitief ontwerp

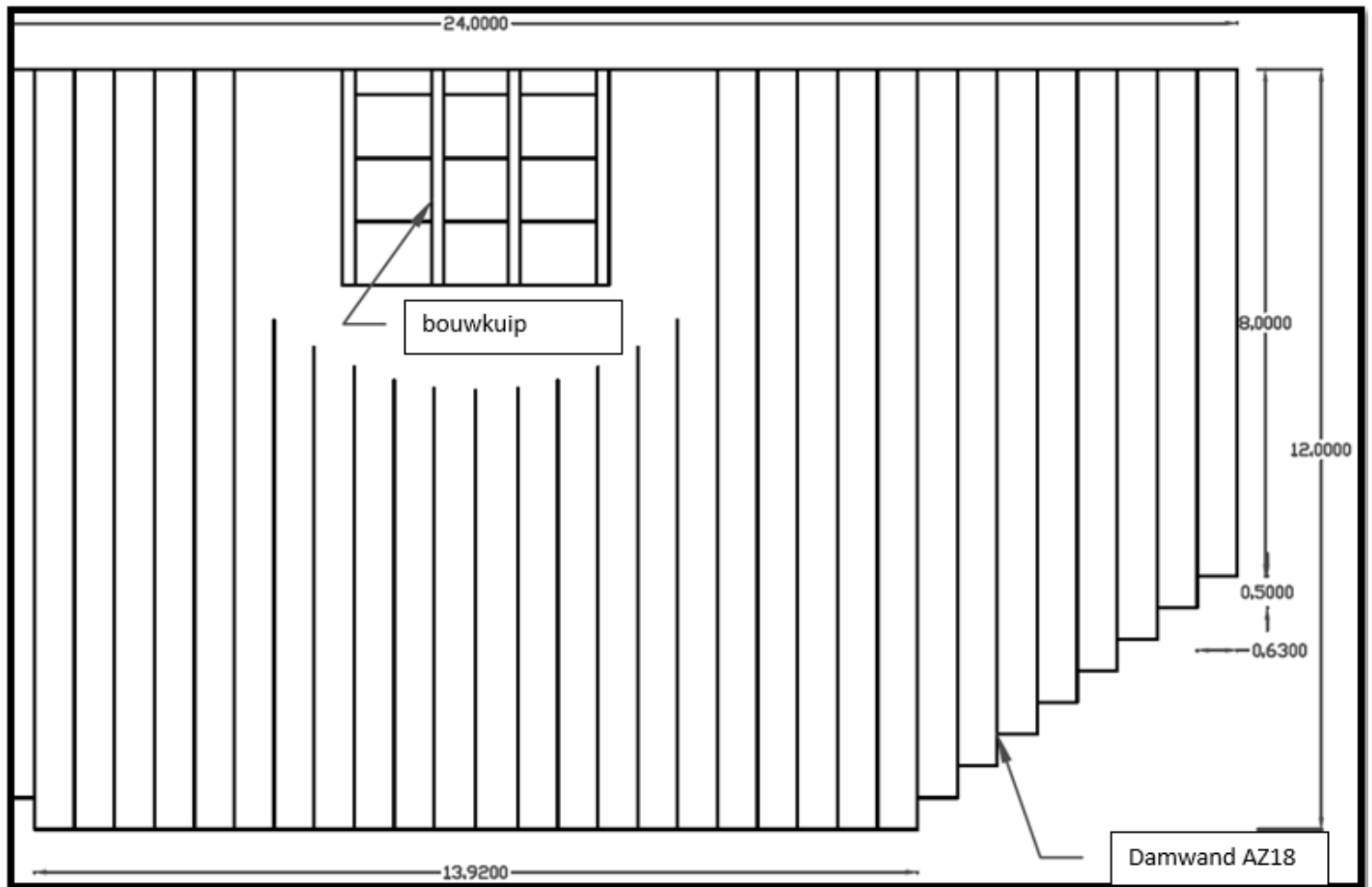
¹⁾ Rapport mogelijke hulpconstructies, hoofdstuk 5, pagina's 7 tot en met 10

5.2 TECHNISCHE TOELICHTING

De technische toelichting voor het aanbrengen van de bouwkuip, welke stappen worden er in welke volgorde genomen en waarom?

Parallel damwand

In eerste instantie wordt er begonnen met het aanbrengen van een damwand parallel aan de erfgrans van de panden. Deze damwand komt 2,2 meter voor de erfgrans van de panden en wordt trapsgewijs over een breedte van 24 meter door middel van een laag frequentie trilblok aangebracht.



Figuur 10 trapsgewijs aanbrengen damwand AZ18

Deze damwand zal na het project als verloren damwand in de grond achter blijven. Hierdoor dient hij als hulpmiddel voor toekomstige werkzaamheden. Wanneer de damwand wel getrokken wordt, komen er ook veel (zware) grondspanning welke voor een grote hoeveelheid zetting zullen zorgen. Dit komt door de grond die zich vastkleeft aan de damwand en zich mee omhoog laat trekken bij het verwijderen van de damwand. Hierdoor zal er zetting optreden onder de panden.

De primaire functie van deze damwand is: de weg die het grondwater moet afleggen van onder de oude panden naar de bouwkuip te verlengen, hierdoor kan middels retourbemaling de grondwaterstand onder de oude panden beter beheerst worden. De secundaire functie van deze damwand is door middel van het trapsgewijs realiseren om golfvorming in de vorm van trillingen te reduceren van het bouwverkeer en normale verkeer wanneer de werkzaamheden over zijn. Dit komt door de verschillende lengtes van de planken, bij verschillende afmetingen krijgen voorwerpen een eigen frequentie waarin ze versterkend mee kunnen trillen. Op deze manier worden die frequenties

onregelmatig en is het zelfs mogelijk dat de trilling gereduceerd wordt naarmate deze zich verplaatst door de damwandplanken.

De damwand wordt verankerd om de zetting onder en rond de panden binnen de NEN 9997 te houden. Tevens heeft dit als voordeel dat de panden minder gevoelig zijn voor de werkzaamheden aan de Kromme Gouwe zijde van de damwand.

Kleimuur

Vanuit de Kromme Gouwe stroomt door de “lekke” kade en horizontaal waterdoorlatende grondlagen veel water richting de bouwkuip wanneer je deze zou bemalen. Om deze hoeveelheid water te reduceren moet de weg die het water af moet leggen een hogere weerstand krijgen. Dit kan worden gedaan door het water verticaal door het veen te leiden. Veen heeft in de verticale richting een veel lagere k-waarde dan in horizontale richting. Dit wordt gedaan door middel van een kleimuur met een kwelscherm.

Eerst wordt er over een lengte van 16 meter een damwand licht ingetrild tot 10 meter diepte. Deze damwand loopt parallel aan de kade en een halve meter uit de kade. Ter hoogte van de zinker wordt de damwand tot 20 centimeter boven de zinker ingebracht. Na het plaatsen van deze damwand wordt er over een lengte van 12 meter kleikorrel tussen de damwand en de kade laagsgewijs gestort. De damwand steekt dan aan beide kanten nog 2 meter uit om het eroderen van de kleimuur tegen te gaan. Deze kleikorrels, Cebogel QSE kiwa265, hebben een zwelvermogen van 800%. Wanneer ze zwellen in een opgesloten ruimte, ontstaat er geen extra druk op deze ruimte door het zwelvermogen. Dit is uiteraard gunstig voor de damwand. (Cebo Holland, 2017)

Kwelscherm

Na het plaatsen van de kleimuur is de volgende stap is het aanbrengen van een kwelscherm. Het aanbrengen van een kwelscherm wordt gedaan om het grondwater te dwingen een verticale weg af te leggen. Veen heeft een laagsgewijze opbouw, hierdoor lopen de vezels in horizontale richting en vormen een soort watergang waar het grondwater relatief soepel doorheen stroomt. Echt werkt het in de verticale richting als een gelaagd net, hierdoor moet het grondwater zich doorheen “frummelen” om zich voort te bewegen wat beduidend meer tijd kost. Dit wordt gerealiseerd met sika injection-304. Dit is een flexibele elastische polyacryl injectiegel voor een permanente waterdichting. Deze wordt aan de kadezijde in de kleimuur schuin richting de bouwkuip ingebracht. Dit gebeurt onder een hoek van 10 graden. Het kwelscherm zal een lengte hebben van 12 meter (horizontaal) in de kleimuur en een diepte van 4,4 meter. Deze lengte is gebaseerd op de afmetingen van de bouwkuip, met deze 12 meter wordt er tussen het kwelscherm en de berlinerwand ruimte ontleend aan de verticale drainage. 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 erfgrans. (Building Trust Sika, sd)

(Retour)bemaling

Om de bouwkuip droog te houden wordt er gebruik gemaakt van (retour) bemaling. De grondwaterstand achter de damwand parallel aan de erfgrans wordt gemonitord en op pijl gehouden door middel van retour bemaling. De overige bemaling wordt in de Kromme Gouwe geloosd. Om deze (gedeeltelijke) retour bemaling mogelijk te maken moet er om de bouwkuip een kwelscherm geplaatst worden. Door de slechte geologische grondlagen en onvoorziene objecten/grondwatergangen in de ondergrond is de water toestroom relatief hoog. Mede door de horizontale waterdoorlatendheid van veen. Wanneer er een kwelscherm rond de bouwkuip gerealiseerd wordt, moet het toestromend water een langere weg met aanzienlijk meer weerstand afleggen. Hierdoor valt er beter te bemalen. Zie omschrijving in de hierboven genoemde tekst, kwelscherm – vezels.

Plaatsen bouwkuip

Voor het ontwerpen van de bouwkuip zijn er met behulp van een D-sheet piling modelleringsprogramma de optimale buis- en damwandprofielen berekend. Ook is er onderzocht onder welke hoek de trekankers het beste ingebracht kunnen worden en welke trekkracht en afmetingen deze nodig hebben. Kandt, het uitvoerend bedrijf beschikt alleen over trilblokken voor buisprofielen van de gewenste sterkte. Hierom wordt deze variant van een berlinerwand gerealiseerd middels buisprofielen met sleuven waar de schotten tussen geplaatst kunnen worden. Deze schotten worden gelijktijdig met het uitgraven van de bouwkuip aangebracht. Aan de binnenzijde van de bouwkuip wordt er gording geplaatst langs de randen en een stempel in het midden parallel aan de erfgrans.

Vervorming

De schotten tussen de buisprofielen hebben een grond kerende werking en dragen de krachten af op de buisprofielen. De buisprofielen dragen deze kracht weer af op de gording en stempels. Hierdoor worden de krachten van alle zijdes van de bouwkuip door elkaar opgeheven. De maatgevende vervorming die plaatsvindt is ter plaatse van de bodem van de bouwkuip en omvat de combinatie van verplaatste buisprofielen en vervormde schotten. Voor de beeldvorming zie figuur 19 in paragraaf 7.2.1, maximale verplaatsing.

Afstempelen relin-installatie

Wanneer de bouwkuip gerealiseerd is kan het relin-proces gestart worden. Een belangrijk aspect hiervan op de hulpconstructie is de last van ca. 20 ton die de relin-installatie kan en hoogst waarschijnlijk zal genereren ten gevolge van de treklier. Deze kracht is gebaseerd op eerder uitgevoerde relin-projecten van deze omvang en is als uitgangspunt gesteld in paragraaf 3.3, uitgangspunten voor het ontwerp. Deze kracht zou voor veel grondspanningen zorgen welke niet gewenst zijn, zie BIJLAGE IX¹⁾. Om dit te voorkomen wordt er gebruik gemaakt van een stempelbuis over de bestaande zinker naar de kop van de lier welke wordt afgestempeld op de bouwkuip. Deze buis zorgt ervoor dat de trekkracht van de lier gedeeltelijk wordt afgedragen op de zinker. Tevens zou de zinker met deze trekkracht van ca. 10 ton omhoog getrokken worden door de wrijving, dit wordt nu tegen elkaar opgeheven waardoor de grondspanningen ten gevolge van het relinen nihil zijn. De resterende trekkracht wordt afgedragen via afstempeling op HEA-profielen naar de buisprofielen in de bouwkuip. Voor de beeldvorming zie figuur 25 en 26 in paragraaf 7.5, afstempeling op de zinker en bouwkuip resultaat.

Extra informatie over het principe "relinen", is te vinden in BIJLAGE IV²⁾.

¹⁾ Berekening afstempeling relin-installatie

²⁾ Analyserapport relinen

6 UITGEVOERDE BEREKENINGEN

Aan de hulpconstructie zijn een aantal berekeningen uitgevoerd. Zo is er gerekend aan de Berlinerwand, gording en afstempeling binnen de bouwkuip, pompcapaciteit, afstempeling op de zinker, afstempeling op de bouwkuip en grondspanningen op de damwand met trekankers om de ankerkracht te berekenen.

6.1 UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN

Voor de berekeningen is er onderzoek gedaan naar uitgangspunten waar aan voldaan moest worden. De uitgangspunten voor de uit te voeren berekeningen zijn verworven uit normen, eisen vanuit Oasen en overleggen met BAM, Kandt en Congeo.

Om de berekeningen uit te kunnen voeren zijn een aantal instanties benaderd om extra uitgangspunten te verwerven bij de al eerder beschikbare uitgangspunten uit hoofdstuk 3.

De volgende uitgangspunten zijn aangeleverd:

- De buisprofielen dienen tussen de 1,2 en 1,7 meter hart op hart te worden aangebracht. Dit is afhankelijk van waar er mogelijkheid is in de ondergrond om ze aan te brengen. (Timmer, 2017) (Verheul, 2017)
- De stalen schotten hebben een maximale hoogte van 1 meter. (Verheul, 2017)
- Staalkwaliteit S235 (Verheul, 2017)
- Tijdens het relin-proces wordt de helft van de trekkracht van de lier aan wrijving in de bocht van de zinker gegenereerd. (Leeuwenstein, 2017)

6.2 SBR RICHTLIJNEN DEEL A, TRILLINGEN

Een belangrijk aspect van het aanbrengen van de bouwkuip is de aanwezige trillingsfrequentie. Trillingen kunnen voor veel schade zorgen aan de omgeving. Met de SBR richtlijnen deel A wordt de gewenste trillingsfrequentie berekend om te hanteren nabij oude panden. Hiervoor wordt categorie 3 gehanteerd. Zie paragraaf 3.2, randvoorwaarden. Voor de richtlijn zie BIJLAGE II¹⁾.

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

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

- categorie 3 $V_{kar} = 8 \text{ mm/s}$

$\frac{8 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}{1,5} = 6$ Dit geeft een trillingsfrequentie van

30 HZ om herhaald kortdurend toe te passen.

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

Tabel 4 trillingsfrequentie bepalen

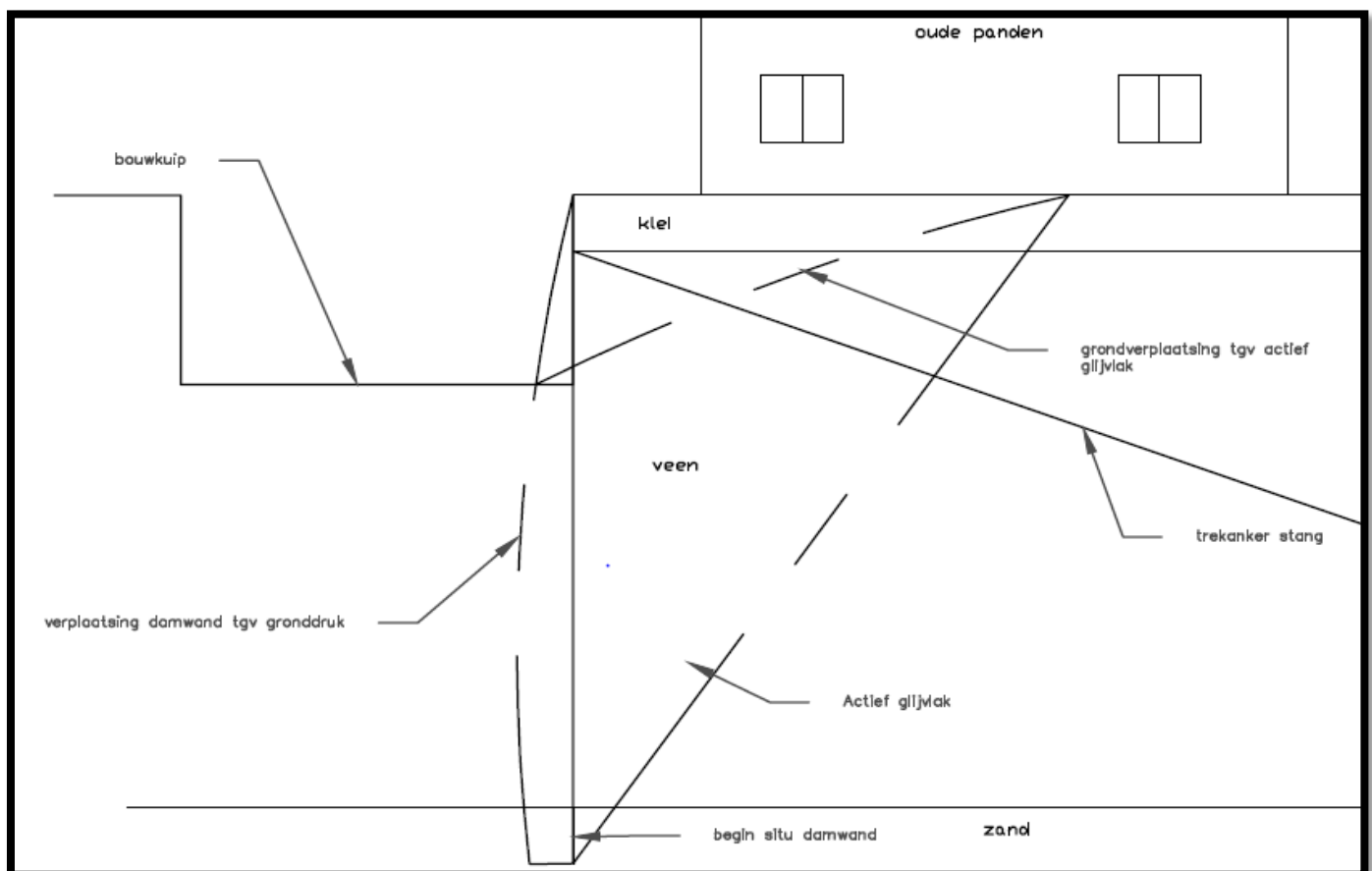
6.3 DAMWAND MET TREKANKERS PARALLEL AAN DE ERFGRENS BEREKENING

De damwand en trekankers dienen berekend te worden om binnen de wettelijk gestelde eis van relatieve rotatie te blijven uit paragraaf 3.2, randvoorwaarden. Indien deze niet aan de eis voldoen, is het risico groot dat de fundering van de panden zou scheuren en bezwijken. In figuur 11 is de begin situatie getekend als een damwand gaat verplaatsen. In figuur 12 is het gevolg weergegeven wat de relatieve rotatie met het pand doet en dat het pand hierbij zelfs kan bezwijken wanneer deze te groot wordt.

De damwand met trekankers moet ervoor zorgen dat de zetting onder de oude panden achter de bouwkuip binnen de gestelde eis blijft. Zo wordt er een maximale relatieve rotatie waarde van 1:300 voorgeschreven voor deze panden. Dit betekent dat over elke 3 meter (horizontaal) onder het pand, het pand maximaal 1 centimeter mag zakken (verticaal).

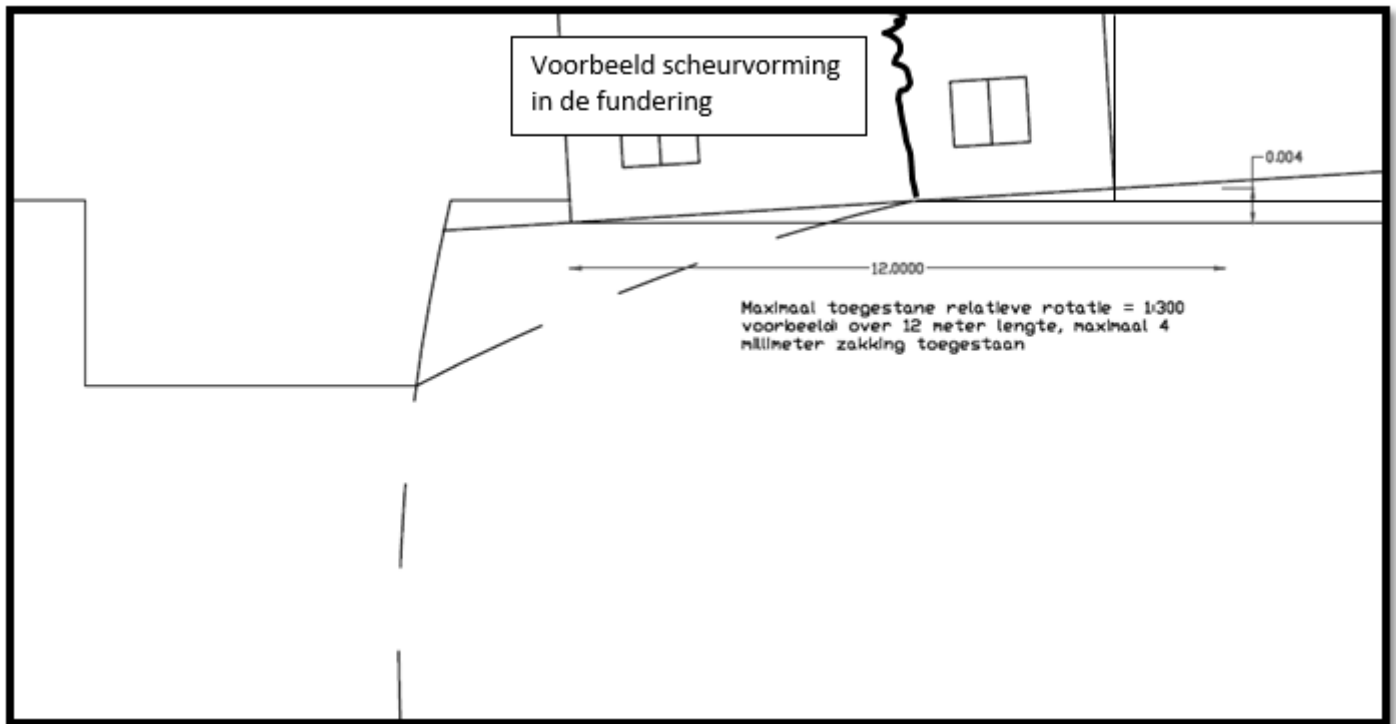
Om aan deze norm te voldoen is een D-sheet model ontworpen. Met dit model wordt het damwand profiel, de trekanker kracht en de hoek waaronder deze wordt ingebracht bepaald. Aan de hand van deze rapporten wordt een zettingsberekening gemaakt om te controleren of het model binnen een relatieve rotatie van 1:300 blijft.

Tevens is de groutklomp berekend die vereist is om het anker op zijn plek te houden. De berekeningen en modelrapporten staan in BIJLAGE V¹⁾, het resultaat hiervan staat beschreven in paragraaf 9.1.



Figuur 11 Principe vervorming damwand en het bijbehorende actieve glijvlak

¹⁾ Berekening parallel damwand met trekankers



Figuur 12 Scheefstand oude panden ten gevolge van relatieve rotatie, niet op schaal

In eerste instantie was er een berekening opgesteld met verticaal evenwicht. Hierin werden grote profielen toegepast om de vervorming minimaal te houden. Naderhand is een D-sheet model opgesteld om de profielen te optimaliseren, precieze krachten te verkrijgen en aan de tonen dat met deze profielen binnen de relatieve rotatie eis gebleven wordt. (166, 2014) (Staaltabellen, 2015)

6.4 BERLINERWAND BEREKENING

De berlinerwandconstructie dient te worden ontworpen aan de hand van de uitgangspunten uit paragraaf 3.2, randvoorwaarden en paragraaf 6.1, uitgangspunten berekeningen.

Er ruimte gecreëerd worden om alle handelingen rond de zinker te kunnen uitvoeren. Hiervoor wordt 3 meter breedte en 6 meter lengte aangehouden. Deze afmetingen komen voort uit voorgaande relin-projecten. Dit komt door de ruimte die de oude leiding nodig heeft om omhoog te komen tot het T-stuk, de lengte van het T-stuk zelf moet vrij gegraven worden en er moet aan weerszijde van de zinker ruimte zijn om de werkzaamheden uit te voeren.

De buisprofielen dienen tussen de 1,2 en 1,7 meter hart op hart te worden aangebracht. Dit is afhankelijk van waar er mogelijkheid is in de ondergrond om ze aan te brengen. De stalen schotten hebben een maximale breedte van 1,5 meter en hoogte van 1 meter. De berlinerwandconstructie bestaat uit stalen buispalen en schotten S235.

Om de buisprofielen te optimaliseren is er een d-sheet model opgesteld. Hierin worden de grondspanningen van de schotten ook afgedragen op de buisprofielen. Om de schotdikte te berekenen is er een berekening opgesteld.

De buisprofielen en stalen schotten worden berekend in BIJLAGE VI¹⁾ en het resultaat hiervan wordt beschreven in paragraaf 7.2. (Staaltabellen, 2015)

In eerste instantie was er een berekening opgesteld met verticaal evenwicht en resulterende krachten. Hierin werden grote profielen toegepast om de vervorming minimaal te houden. Middels

berekende resulterende krachten werd de schotdikte berekent. Naderhand is een D-sheet model opgesteld om de profielen te optimaliseren, precieze krachten te verkrijgen.

6.5 GORDING EN AFSTEMPELING BINNEN DE BOUWKUIP BEREKENING

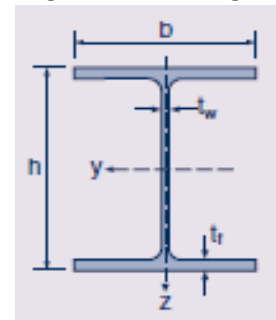
De gording en stempel dienen te worden ontworpen aan de hand van de uitgangspunten uit paragraaf 3.2, randvoorwaarden en paragraaf 6.1, uitgangspunten berekeningen.

De stalen schotten hebben een maximale breedte van 1,5 meter en hoogte van 1 meter. De gording en stempel hebben een staalkwaliteit S235.

Binnen de handberekeningen voor de gording en stempel wordt een veiligheidsfactor van 1,5 gehanteerd. Deze veiligheidsfactor is geverifieerd aan de CUR 166 welke veiligheidsfactoren van 0,9;1,0;1,1 en 1,2 voorschrijft. Zo blijft de veiligheid uit de berekeningen bij benadering gewaarborgd.

Om de bouwkuip stabiel te houden wordt er een gording en stempel toegepast. Deze zorgen ervoor dat de vervorming van de bouwkuip verlaagd wordt. Zonder gording en stempel zouden de buisprofielen een aanzienlijk grotere vervorming in horizontale richting binnen de bouwkuip hebben wat zou resulteren naar grotere grondspanningen naast de berlinerwanden.

De stempel moet voldoende drukkracht kunnen opnemen om de grondspanningen over de lengte van de bouwkuip (van 2 kanten) op te kunnen nemen. De gording moet dezelfde kracht kunnen opnemen om deze af te dragen naar de stempel in het midden van de bouwkuip. Ook moet de gording langs de randen van de bouwkuip dezelfde krachten op kunnen nemen. De gording dient dus minimaal dezelfde drukkracht te kunnen hanteren zonder te knikken. Deze dienen dan indirect als stempels. De gording en stempels worden berekend in BIJLAGE VII¹⁾, waarvan de resultaten beschreven worden in paragraaf 7.3. (Knik, sd) (Staaltabellen, 2015)



Figuur 13 HEM-profiel

De uitgevoerde berekeningen omvatten een aantal mechanica berekeningen waaronder een krachtschema voor de gording en knikberekening voor de stempel.

6.6 POMPCAPACITEIT BEREKENING

Het vereiste aantal pompen dient bepaald te worden aan de hand van een kwel/pompcapaciteit berekening. De te hanteren randvoorwaarden en uitgangspunten hiervoor staan in paragraaf 3.2, randvoorwaarden en paragraaf 3.3, uitgangspunten voor het ontwerp.

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 betekent 1 millimeter zakking (verticaal) over een lengte van 300 millimeter (horizontaal). (166, 2014) (NEN 9997-1, 2016)

Indien er met grondwaterstromen gerekend dient te worden, wordt de wet van Darcy als best toepasbaar aangesteld. Voor de "omgebouwde" wet van Darcy, om de verticale in plaats van de horizontale waterdoorlatendheid te berekenen, is een instroomgebied van 72m² voorgeschreven. (Leeuwenstein, 2017)

Om de bouwkuip droog te houden dient deze bepaald te worden middels een (gedeeltelijke) retour bemaling. Hiermee wordt de grondwaterstand onder de oude panden op peil gehouden om zetting

te voorkomen. Dit is van groot belang, mocht er zetting optreden dan kan dit enorme schade geven aan de fundering van de oude panden.

De pompcapaciteit die minimaal vereist is om de bouwkuip droog te houden kan worden berekend met de wet van Darcy. Dit is de best toepasbare manier om een eerste inschatting te maken. Bij deze berekening wordt met de meest conservatieve sondering gerekend, sondering 1. De pompcapaciteit wordt berekend in BIJLAGE VIII¹⁾. De uitkomst omgeschreven naar een benodigd aantal pompen wordt in paragraaf 7.4 beschreven. (Rotterdam, 2015)

Wet van Darcy :

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

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 parallelendamwand. Door de gevoelige projectlocatie wordt voor de kwelberekening wederom een veiligheidsfactor 1,5 gehanteerd.

6.7 AFSTEMPELING OP DE ZINKER EN BOUWKUIP BEREKENING

De afstempeling op de zinker en bouwkuip dienen berekend te worden om het verzakken van de oude leiding of het knikken van de buispalen te voorkomen. De te hanteren randvoorwaarden en uitgangspunten hiervoor staan in paragraaf 3.2, randvoorwaarden en paragraaf 3.3, uitgangspunten voor het ontwerp

Binnen de handberekeningen van dit onderzoek wordt een veiligheidsfactor van 1,5 gehanteerd. Deze veiligheidsfactor is geverifieerd aan de CUR 166 welke veiligheidsfactoren van 0,9;1,0;1,1 en 1,2 voorschrijft. Zo blijft de veiligheid uit de berekeningen bij benadering gewaarborgd. (Timmer, 2017) (Verheul, 2017)

De 20 Ton aan kracht ten gevolge van het relin-proces. (OASEN, 2017)

Om de krachten van het relin-proces af te dragen is er een stempelbuis ontworpen voor het gedeeltelijk afstempelen (gelijk aan de hoeveelheid wrijving waarmee de zinker omhoog wordt getrokken). Wanneer de lier de nieuwe leiding door de oude leiding omhoog trekt, brengt dit wrijving met zich mee. Deze wrijving zorgt ervoor dat de oude zinker in wezen omhoog getrokken wil worden. Dit wordt tegen elkaar afgestempeld middels deze stempelbuis tussen zinker en installatie. De resterende hoeveelheid van de last wordt afgestempeld op de bouwkuip zelf. De stempelbuis op de zinker en de afstempeling op de bouwkuip worden berekend in BIJLAGE IX²⁾. Het te gebruiken profiel als stempelbuis wordt beschreven in paragraaf 7.5. (Rotterdam, 2015)

7 RESULTATEN

Uit de uitgevoerde berekeningen van hoofdstuk 6 zijn de volgende resultaten voortgekomen. De laagopbouw van de grond is als volgt: maaiveld tot -1 meter = klei (licht geel in D-sheet), -1 meter tot -11 meter = veen (donker geel in D-sheet) en -11 meter en dieper = zand (groen in D-sheet). Uit paragraaf 6.1, SBR richtlijnen Deel A, trillingen is voor het aanbrengen van de damwand en buispalen een trillingsfrequentie bepaald van 30HZ. De berekeningen van deze resultaten zijn terug te vinden in BIJLAGE V tot en met IX.

7.1 DAMWAND MET TREKANKERS PARALLEL AAN DE ERFGRENS RESULTAAT

Het is van belang een damwand profiel met trekankers te gebruiken die niet bezwijken en ervoor zorgen dat de relatieve rotatie binnen de norm valt. Wanneer dit niet het geval is, heeft de omliggende bebouwing veel kans op schade wat niet gewenst is.

In eerste instantie werd er met handberekeningen gewerkt, deze verschaftte te weinig informatie voor de uitvoering van het project. Om die reden is D-sheet piling als modelleringsprogramma toegepast in combinatie met een zakkings- en groutklomp berekening.

	<i>handberekening</i>
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
	<i>D-sheet model</i>
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

Om het damwandprofiel en de trekankers te berekenen in D-sheet zijn de volgende gegevens als input gebruikt.

Grond gegevens:

$$\Phi_{\text{veen}} = 15^\circ$$

$$\Phi_{\text{klei organisch}} = 15^\circ$$

$$Y_{\text{klei}} = 15 \text{ kN/m}^3$$

$$Y_{\text{klei.nat}} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$Y_{\text{veen}} = 13 \text{ kN/m}^3$$

$$Y_{\text{zand.nat}} = 18 \text{ kN/m}^3$$

Damwand gegevens:

Standaard input AZ 18 profiel, inheidiepte 12 meter.

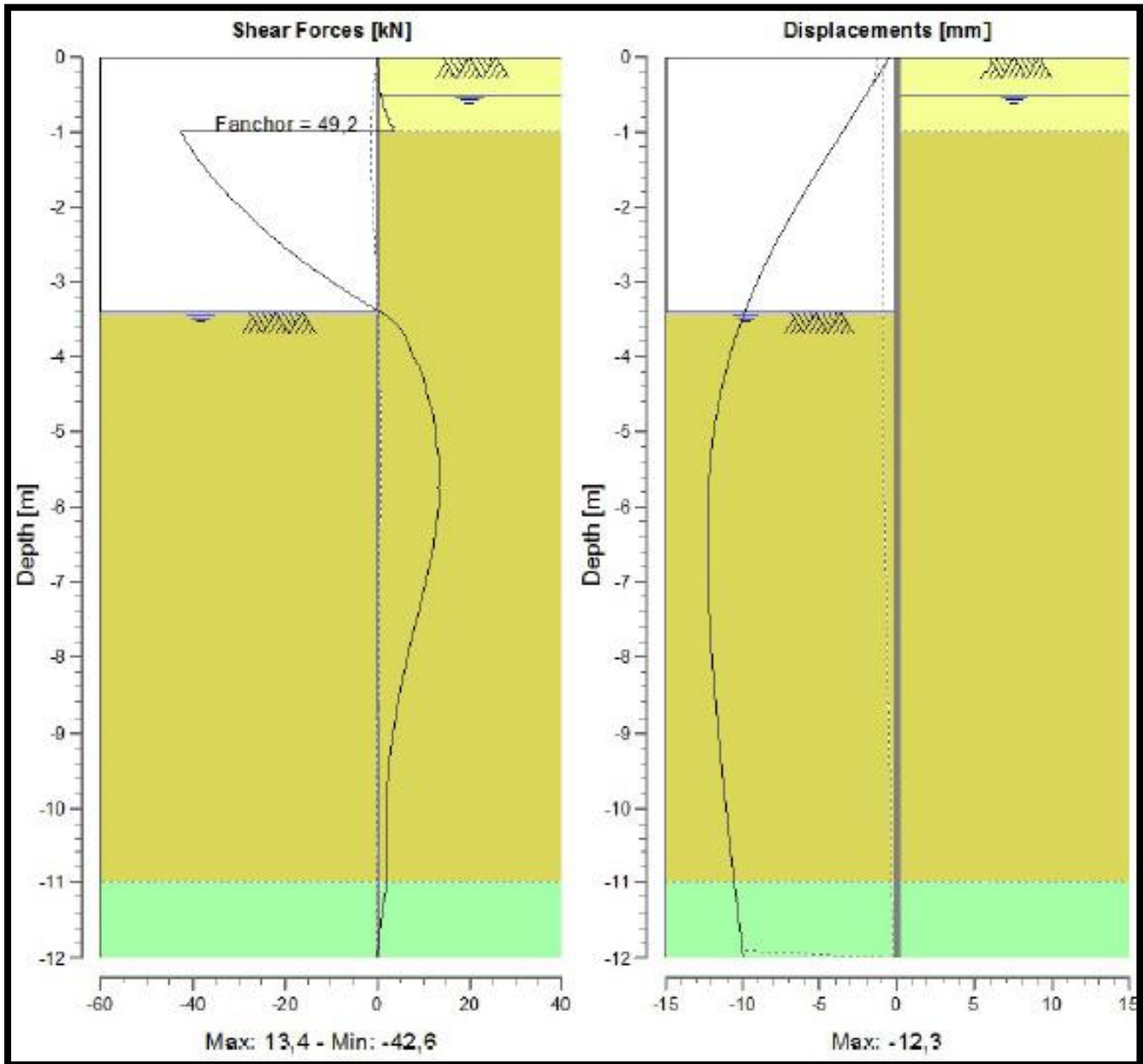
Een AZ18 profiel (staal) heeft een EI (Elastische Stijfheid) van $7,1820 \cdot 10^4 \text{ kNm}^2/\text{m}$.

Dit profiel kan een maximaal moment opnemen van 432,0 kNm/m.

Anker gegevens:

Trekanker met stanglengte 16 meter, groutklomp met de hand berekent.

Uit het modelleringsprogramma en de handberekeningen zijn de volgende gegevens gekomen: Kantt heeft damwanden van het type AZ18 nodig voor de paralleldamwand. Deze damwanden worden herhaald kortdurend trillend aangebracht met een trillingsfrequentie van 30 HZ. Deze damwand dient tot een diepte van 12 meter onder maaiveld trapsgewijs te worden ingebracht. Hierbij gaat de damwand eerst door een meter klei, dan door 10 meter veen waarna hij eindigt in een zandlaag. De maximale vervorming van de damwand is 12,3 millimeter bij een ankerkracht van 49,2 kN.

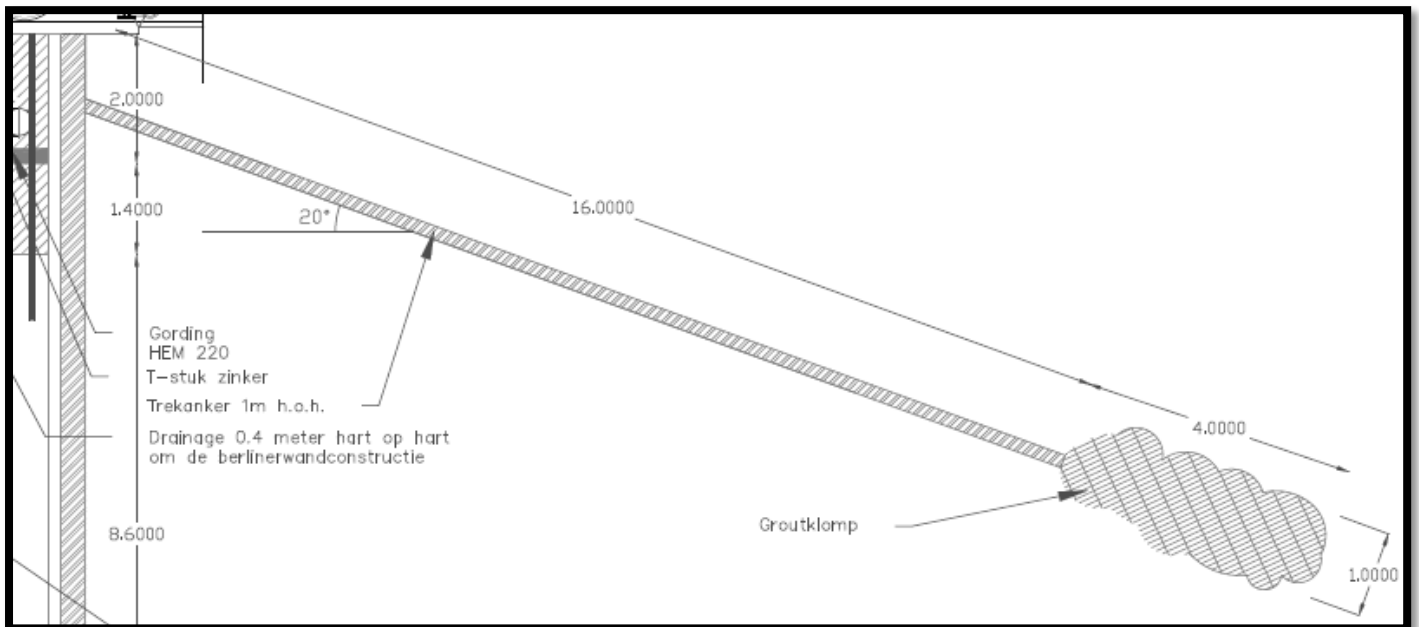


Figuur 14 ankerkracht en verplaatsingsmodel parallel damwand

7.1.1 Trekankers

Deze damwand wordt versterkt middels een viertal trekankers. Deze trekankers worden onder een hoek van 20 graden 1 meter hart op hart geplaatst met elk een trekkracht van minimaal 75 kilonewton. Ieder van deze trekankers heeft een groutklomp van 4 meter lang en een diameter van 1 meter.

Deze damwand in combinatie met de trekankers zorgt voor een maximale relatieve rotatie van 1:353 onder de panden. Dit wil zeggen dat er 1 millimeter zetting op treed over 353 millimeter lengte.



Figuur 15 Trekanker

De verplaatsing van het damwand profiel AZ18 is over een inheidiepte van 12 m gemiddeld 10 mm. Deze horizontale verplaatsing omgerekend naar een verticale zakking geeft een relatieve rotatie van 1:352,67. Dit betekent dat er 1 mm zakking plaatsvindt over een lengte van 352,67 mm (onder de panden). Dit voldoet aan de relatieve rotatie eis van 1:300.

Uit de berekeningen bij dit model is duidelijk te zien dat de maximale verplaatsing van de damwand 12,3mm bedraagt, het maximale moment van de damwand 57,88 kNm/m bedraagt en de maximale ankerkracht per trekanker 49,23 kN bedraagt.

Stage nr.	Stage name	Displacement [mm]	Moment [kNm]
1	begin sit	-0,9	-2,64
2	anker aanbrengen	-4,0	-13,59
3	ontgraven	-12,3	-57,88

Max		-12,3	-57,88
-----	--	-------	--------

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

Max	49,23	
-----	-------	--

Figuur 16 maximale verplaatsing, moment en ankerkracht

7.2 BERLINERWAND RESULTAAT

De berlinerwand is berekend om ervoor te zorgen dat de profielen niet bezwijken onder de gronddrukken van buitenaf. Tevens is het van belang dat ook de vervorming van de berlinerwand relatief laag blijft om zettingen in de omgeving laag te houden.

In figuur 17 is te zien dat de eerder berekende relatieve rotatie veroorzaakt wordt door de verplaatsing van de AZ18 damwand. Hierdoor verplaatst de grond zich binnen het actieve glijvlak voornamelijk bij D, maar ook gedeeltelijk in C.

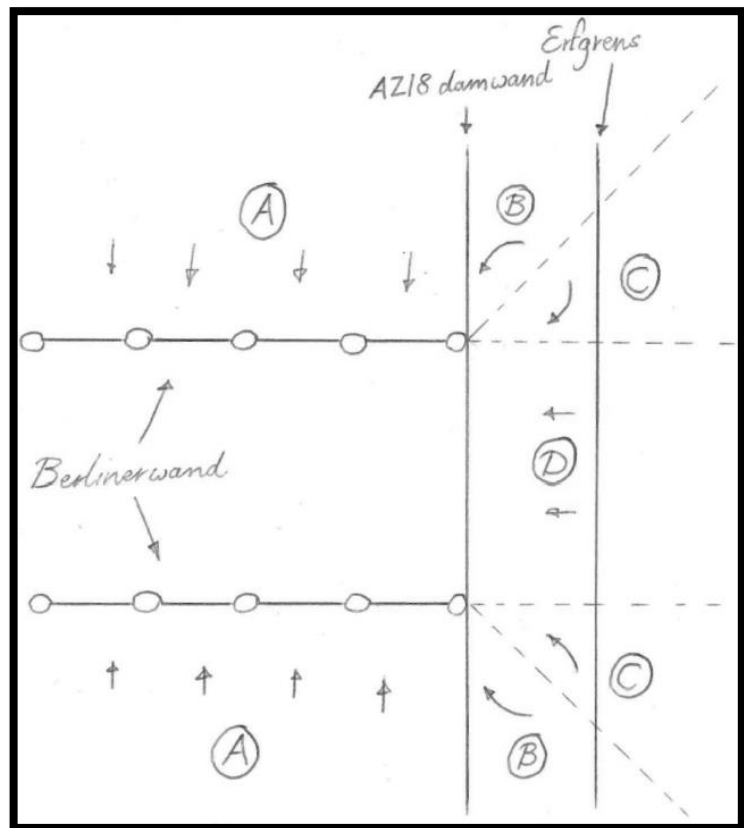
Wanneer er een slap type buisprofielen en schotten toegepast zou worden, dan gaat het actieve glijvlak van B verder in C, dit kan als gevolg hebben dat de relatieve rotatie onder de panden te groot wordt.

Er is een model opgesteld waarin de maximale vervorming 17,1 mm is.

Uit het modelleringsprogramma en de handberekeningen zijn de volgende gegevens gekomen:

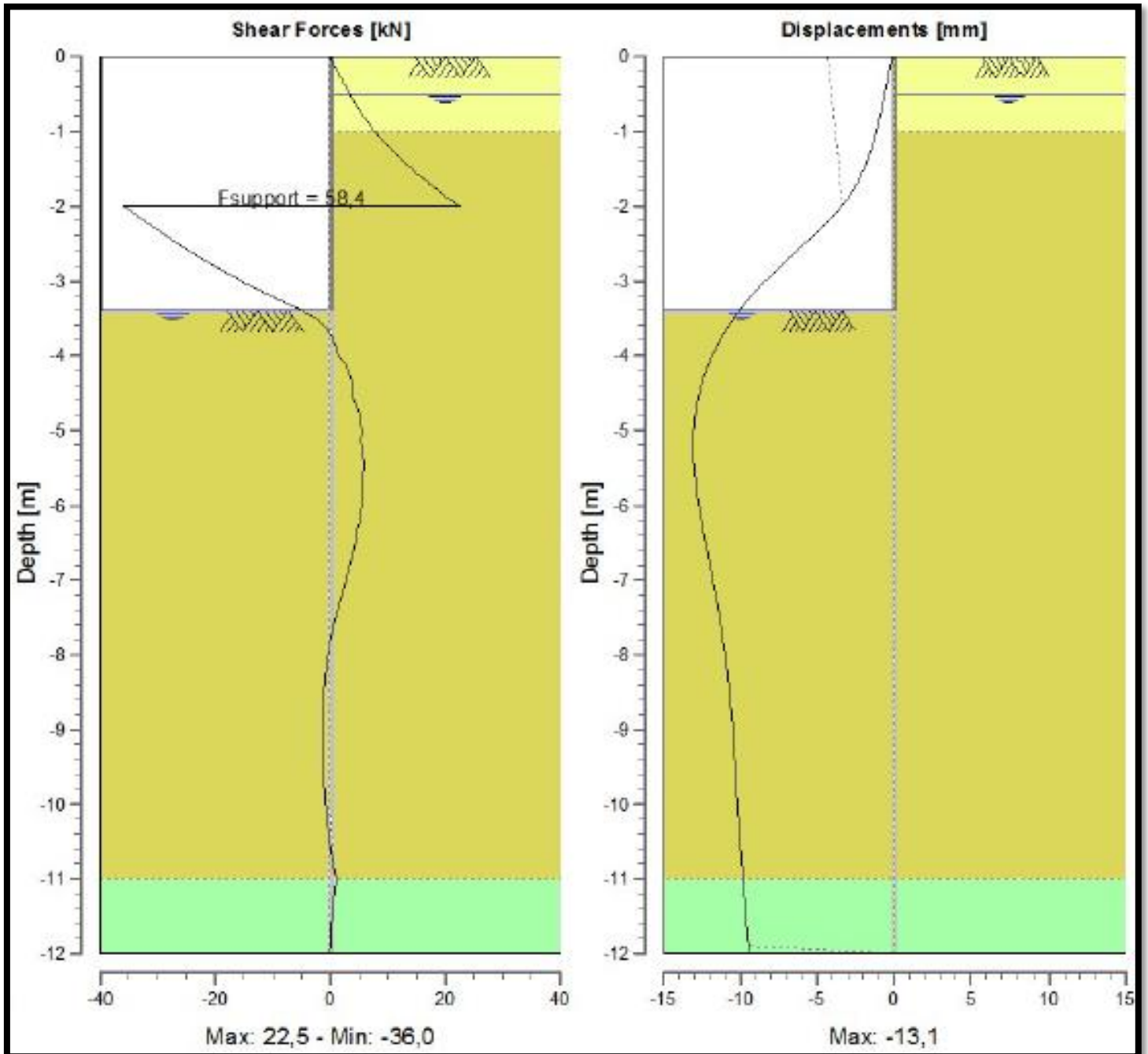
Kandt heeft buisprofielen S235 met een inheidiepte van 12 meter, buiten diameter van 200 millimeter, een binnen diameter van 180 millimeter, een wanddikte van 10 millimeter en gelaste sleuven met een breedte van 40 millimeter nodig om de schotten tussen te plaatsen. Tevens hebben ze schotten van 1 tot 1,5 meter lang, 1 meter hoog en 30 millimeter breed nodig.

Voor alle details zie BIJLAGE VI.



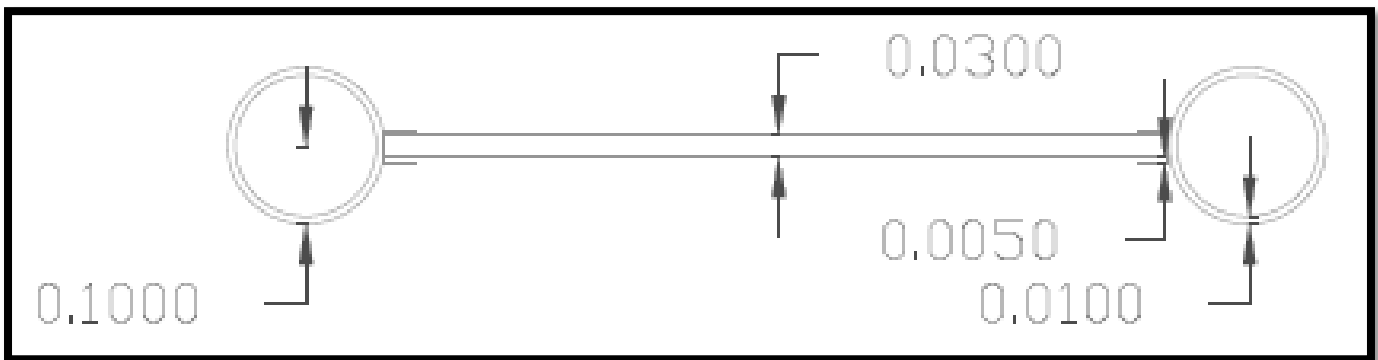
Figuur 17 Richtingen van de glijvlakken, grondverplaatsingen

Uit D-sheet blijkt dat er maximale verplaatsing van 13,1 millimeter plaatsvindt in de buisprofielen, welke zich bevindt op 5 meter onder het maaiveld. Tevens blijkt dat er een stempelkracht van $2 \cdot 58,4$ kN/m nodig is, dus 117 kN/m. Omdat deze stempel zich in het midden van de bouwkuip bevindt neemt deze ongeveer $\frac{2}{3}$ van de lengte van de bouwkuip op. Dit omvat net iets minder dan 4,5 meter. $4,5 \cdot 117 = 526,5$ kN. Deze voldoet ruim bij het HEM100 profiel in de eerder uitgevoerde handberekening.

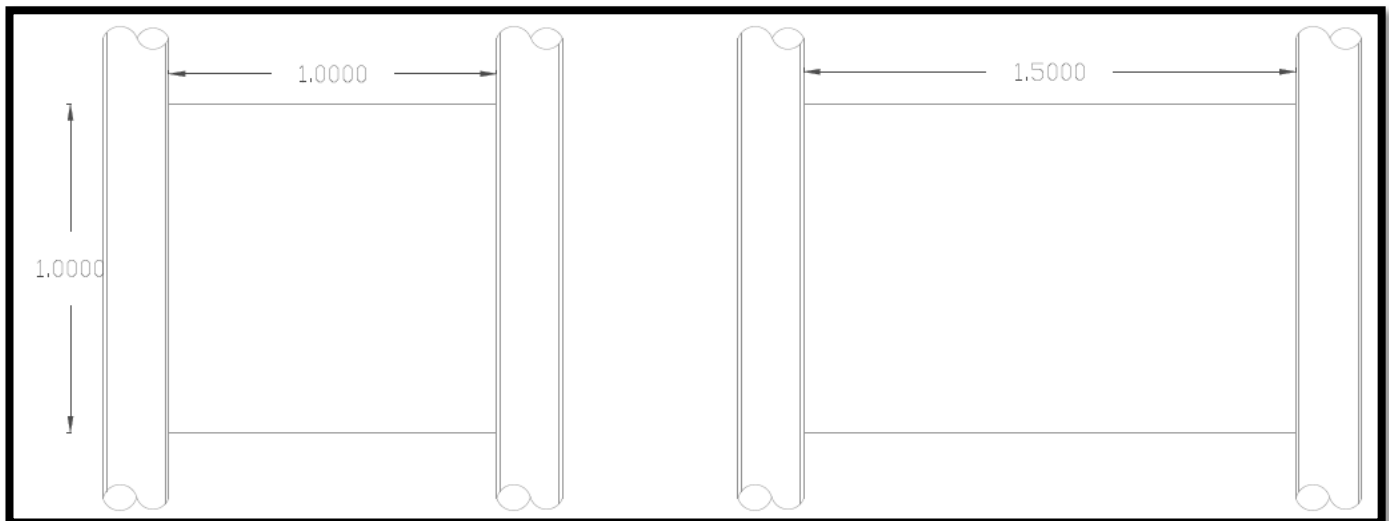


Figuur 18 stempel kracht en maximale verplaatsing

De schotten mogen maximaal 10 millimeter doorbuigen. Uit de berekeningen blijken de schotten maximaal 7,1 millimeter door te buigen. Deze voldoen voor de bouwkuip. In figuur 21 is te zien hoe de schotten in de sleuven van het buisprofiel zitten.



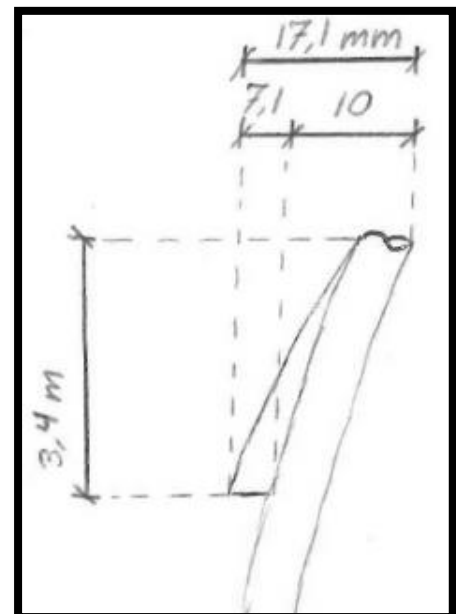
Figuur 21 detail 1 berlinerwand, aansluiten schotten in gelaste sleuven



Figuur 20 detail 2 berlinerwandconstructie, schotten afmetingen variatie

7.2.1 Maximale verplaatsing

De maximale verplaatsing van de buisprofielen en de schotten kan worden berekend door deze op te tellen ter plaatsen van de onderzijde van de bouwkuip. De schotten vervormen op deze diepte maximaal 7,1 mm en de buispalen 10 mm. Dit geeft een totale maximale verplaatsing van 17,1 mm. Zie figuur 19.



Figuur 19 verplaatsing buisprofiel en schot

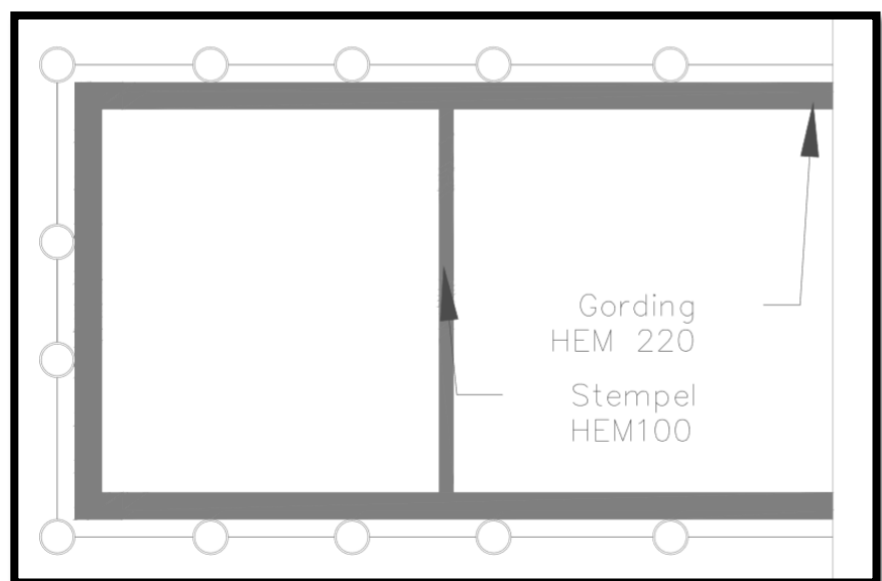
7.3 GORDING EN AFSTEMPELING BINNEN DE BOUWKUIP RESULTAAT

Om de bouwkuip stabiel te houden en de verplaatsing van de buisprofielen laag te houden is er een gording en stempel ontworpen. Wanneer dit niet zou worden toegepast dat is er een grote kans dat het zettingsprobleem uit paragraaf 7.2, berlinerwand resultaat optreedt. Dit geeft wederom een vergrote kans op schade aan omliggende bebouwing.

De stempel en gording is berekent met de gronddruk tegen de berlinerwand. Deze wordt in een schematisatie op steunpunten geplaatst om met de verkregen krachten de reactiekrachten te bepalen. Uit deze reactie krachten kan het profiel voor de stempel bepaald worden. Deze wordt gecontroleerd middels een knikberekening om te kijken of de stempel niet onder de drukkracht bezwijkt.

Om de gording te berekenen is wederom een schematisatie gemaakt. Op deze schematisatie is de gronddruk omgerekend naar een q-last. Uit deze last wordt met een aangenomen maximale doorbuiging van 10 mm teruggerekend naar welk HEM-profiel hieraan voldoet.

De bouwkuip bevat een gording en een stempel in het midden. De stempel wordt een HEM profiel 100 millimeter en de gording HEM 220 millimeter.



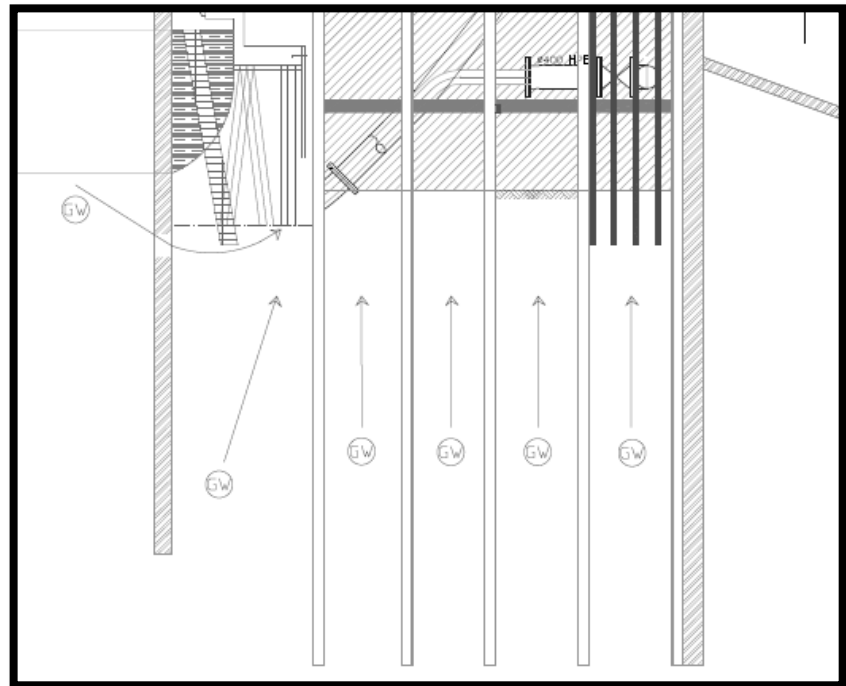
Figuur 22 Bovenaanzicht berlinerwand met gording en stempel

7.4 POMPCAPACITEIT RESULTAAT

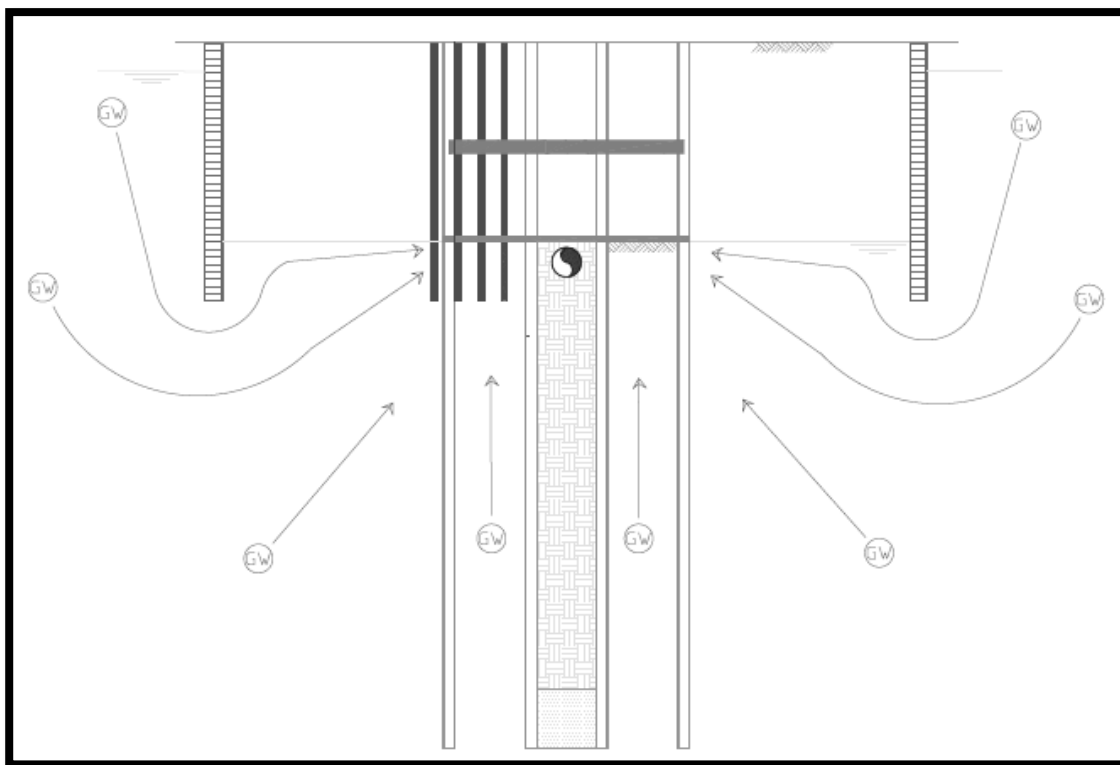
De bouwkuip dient bemaald te worden om hem droog te houden. Dit is een randvoorwaarde uit paragraaf 3.2, randvoorwaarden. De nieuwe leiding dient droog te worden aangesloten in verband met de hygiëne eisen aan het drinkwater. (OASEN, 2017)

Tevens neemt dit de kans van het opbarsten van de bodem van de bouwkuip weg, omdat hier geen waterdruk meer tegen staat.

Door de aanbreng van een damwand met kleimuur in combinatie met een kwelscherm is de vereiste pompcapaciteit per dag aanzienlijk verlaagd. Dit komt doordat het grondwater gedwongen onder het kwelscherm door een wat kleinere oppervlakte 1 meter omhoog moet komen. Zonder kwelscherm zou het water in horizontale richting over een grotere oppervlakte sneller toestromen. In figuur 23 en 24 zijn de stroomlijnen van het grondwater weergegeven.



Figuur 23 Grondwater toestroom dwarsdoorsnede



Figuur 24 Grondwater toestroom langsdoorsnede

Voor deze berekening worden de volgende gegevens gehanteerd:

Wet van Darcy :

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

- 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 (doorlatendheid k, 2011)
- K-waarde risico gebied = 100 m/dag, dit komt door eventuele slechte hechting kwelscherm rond de zinker in combinatie met losgeweelde grond en/of zand rond de zinker uit het verleden. (doorlatendheid k, 2011)
- $dH = 3,5$ 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.)
- $A = \text{instroomgebied} = 6 * 12 = 72 \text{ m}^2$
- $A = \text{risicogebied} = 0,5 \text{ m}^2$
- Veiligheidsfactor = 1,5

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 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 doorheen "frummelen" om zich voort te bewegen. Dit kost beduidend meer tijd.

Normaal dient voor de berekening elke kwelengte 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. (Rotterdam, 2015)

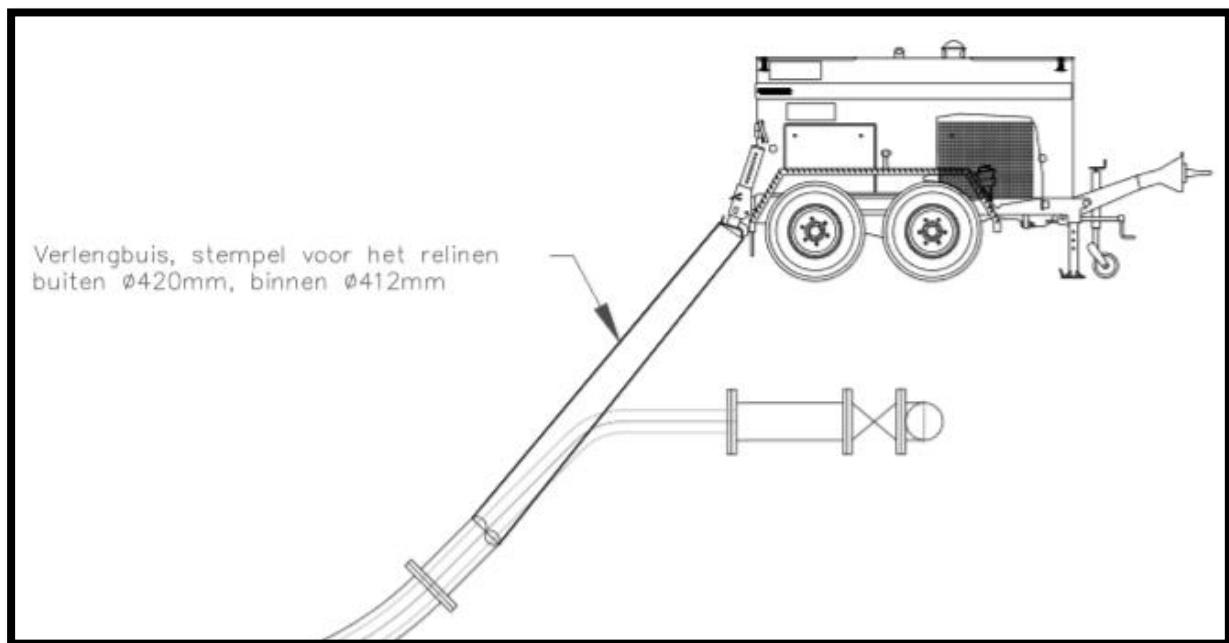
Uit de berekening blijkt een vereiste pompcapaciteit van 300,3 kubieke meter water per dag (m^3/dag) vereist te zijn. Deze bestaat uit 37,8 m^3/dag van het instroomgebied en maar liefst 262,5 m^3/dag door het risicogebied. De berekening toont aan dat het risicogebied met een K-waarde van 100 m/dag een 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.

De vereiste pompcapaciteit komt neer op 300,3 m^3/dag , oftewel 12,5 kubieke meter per uur m^3/uur . Een voorbeeld van een pomp: de PT150 D180 – 7,5 kW, met een maximale pompcapaciteit van 90 m^3/uur . Hiervan hoeft maar 1 pomp beschikbaar te zijn. (BBA Pumps, sd)

7.5 AFSTEMPELING OP DE ZINKER EN BOUWKUIP RESULTAAT

Om het relinen uit te kunnen voeren moet de reline-installatie afgestempeld worden. Uit paragraaf 3.3, uitgangspunten voor het ontwerp, staat uitgangspunt dat de afstempeling een last van 20 Ton met zich mee brengt. Om deze 20 Ton af te stempelen is de volgende constructie ontworpen.

De reline-installatie wordt gedeeltelijk afgestempeld op de oude zinker. Ter afstempeling van de reline-installatie wordt een stempelbuis ontworpen die direct op de oude zinker wordt geplaatst (niet onder een hoek!). In de eerder uitgevoerde berekening voldeed een buisprofiel met een buitendiameter van 420 millimeter en een binnendiameter van 412 millimeter. Met dit profiel wordt een veilige stempel gecreëerd om het relinen uit te voeren. Tevens voldoet de afstempeling op de zinker ruim. De ontworpen stempelbuis is afgebeeld in figuur 25.

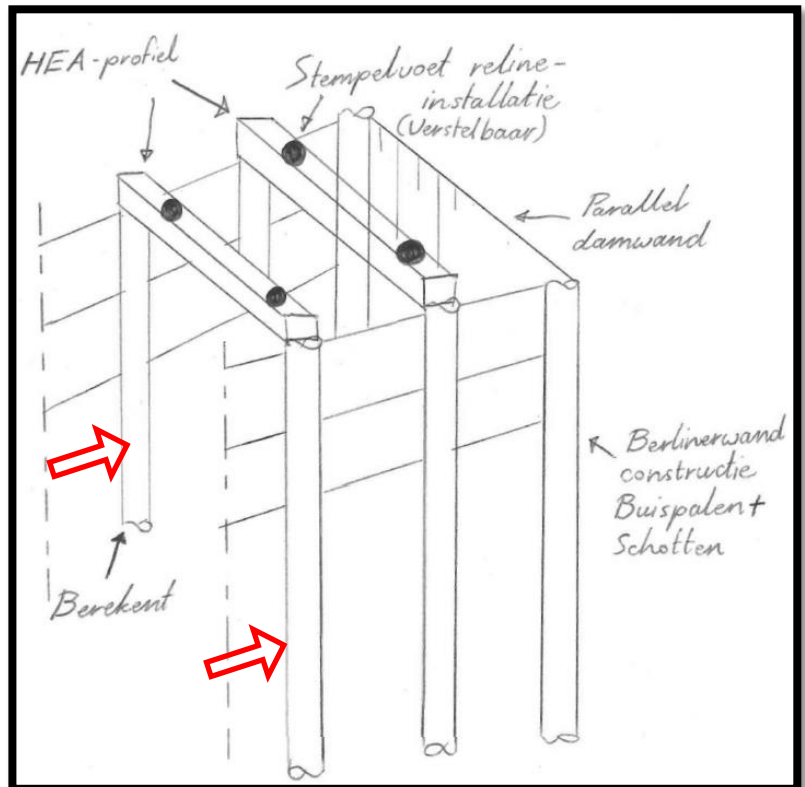


Figuur 25 Zijaanzicht stempel(buis)

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 relin-installatie gedeeltelijk af te stempelen op de bouwkuip en op de oude zinker om de resterende last van 10 Ton af te dragen. Dit wordt gedaan door 2 HEA-profielen dwars over de buisprofielen te plaatsen waar de relin-installatie op afgestempeld wordt.

De relin-installatie positioneert zijn stempelsvoeten op de HEA-profielen. De kracht ten gevolge van het relinen wordt dan via de HEA-profielen afgedragen op de buisprofielen. Met 2 rode vectoren is aangegeven op welke buisprofielen waarschijnlijk de meeste kracht komt te staan. Dit komt doordat de relin-installatie trekt vanaf de zinker waarbij hetzelfde effect optreedt als een hond die aan een touw trekt. Hierbij draagt hij zijn kracht grotendeels af via de voorpoten.



Figuur 26 Principe afstempeling van de relin-installatie op de HEA-profielen over de buispalen

Voor de berekening is er met 10 Ton op 1 buisprofiel gerekend. Dit is gedaan omdat door de wrijving 10 Ton tegen werkende kracht wordt gegeven waardoor er dus 10 Ton overblijft. Mocht dit om een of andere reden niet het geval zijn dan kan de volledige last van 20 Ton ruimschoots over beide voorste buispalen worden verdeeld (zelfs zonder de achterliggende 2 buispalen).

8 VERGELIJKING DEFINITIEF ONTWERP MET WARECO

Tijdens het vooronderzoek was er vanuit de afdeling BAM Infra opdracht gegeven aan Wareco tot een onderzoek naar de geologische gegevens. Dit rapport was pas in een later stadium van dit adviesrapport beschikbaar. Desalniettemin is er aan de hand van deze gegevens een vergelijking opgesteld met het huidige ontwerp. Hierin zijn de nieuwe geologische gegevens in D-sheet ingevoerd met de profielen van het huidige ontwerp. Hierbij zijn uiteraard wel enige aanpassingen doorgevoerd. De inheidieptes van de damwand en buisprofielen zijn aangepast op de nieuwe geologische gegevens om ze tot in een dragende laag (zand) te positioneren.

Uit de sondering weergegeven in BIJLAGE X 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:

$$\Phi_{\text{veen}} = 15^\circ$$

$$\Phi_{\text{klei organisch}} = 15^\circ$$

$$Y_{\text{klei}} = 15 \text{ kN/m}^3$$

$$Y_{\text{klei.nat}} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$Y_{\text{veen}} = 13 \text{ kN/m}^3$$

$$Y_{\text{zand.nat}} = 18 \text{ kN/m}^3$$

Damwand gegevens:

Standaard input AZ 18 profiel, inheidiepte 19 meter.

Een AZ18 profiel (staal) heeft een EI (Elastische Stijfheid) van $7,1820 \cdot 10^4 \text{ kNm}^2/\text{m}$.

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/m^2 . (Sedra, 2017)

Uitkomsten

Uit het D-sheet model blijkt dat de gemiddelde- en maximale verplaatsing van de damwand en de ankerkracht van het trekanker amper verschillen met die van het huidige ontwerp uit Hoofdstuk 7, variant 3. Wat natuurlijk van groot belang is, is of dit model binnen de maximaal toegestane relatieve rotatie eis blijft van 1:300.

Uit de berekening in BIJLAGE X blijkt dat de relatieve rotatie bij dit model op 1:532,77 uitkomt. Deze voldoet dus ruimer dan de relatieve rotatie van 1:352,67 uit het huidige ontwerp.

D-sheet input berlinerwand constructie

Grond gegevens:

$\Phi_{\text{veen}} = 15^\circ$

$\Phi_{\text{klei organisch}} = 15^\circ$

$\gamma_{\text{klei}} = 15 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{\text{klei.nat}} = 16 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{\text{veen}} = 13 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{\text{zand.nat}} = 18 \text{ kN/m}^3$

Berlinerwand constructie:

- Buisprofielen S235 met een inheidiepte van 19 meter, buiten diameter van 200 millimeter, een binnen diameter van 180 millimeter, een wanddikte van 10 millimeter en gelaste sleuven met een breedte van 40 millimeter nodig om de schotten tussen te plaatsen.
- Schotten van 1 tot 1,5 meter lang, 1 meter hoog en 30 millimeter breed nodig.
- El buisprofielen = $5,67 * 10^3 \text{ kNm}^2/\text{m}^1$
- El buisprofielen en schotten = $3,544 * 10^3 \frac{\text{kNm}^2}{\text{m}^1}$

Uitkomsten

Uit het D-sheet model is ook bij de berlinerwand gebleken dat de maximale vervorming van de schotten en buispalen amper verschillen met die van het huidige ontwerp uit hoofdstuk 7, variant 3. De maximale vervorming van de buisprofielen licht iets hoger, maar de totale maximale vervorming (buisprofiel+schot) is zelfs precies hetzelfde.

De op te nemen kracht door de stempel is 534,6 kN, deze was 526,5 kN bij het huidige ontwerp. In beide gevallen voldoet het HEM100-profiel ruim.

Vergelijking

<i>Damwand met trekankers</i>	D-sheet model gegevens Wareco
Trekankers	4 stuks, 1m hart op hart en 75 kN trekkracht per anker
Damwand profiel	AZ18
Maximaal moment	58,69 kNm/m
Vervorming	10,5mm gemiddeld, 12,4mm maximaal
Relatieve rotatie, zetting	1:532,77
D-sheet model huidig ontwerp	
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

<i>Berlinerwand constructie</i>	D-sheet model gegevens Wareco
Buispaal profiel	200mm buitendiameter, 10mm wanddikte
Schotprofiel	1-1,5m lang, 1m hoog en 30mm dik
Maximaal moment	18,33 kNm/m
Vervorming	10mm palen + 7,1mm schotten = 17,1mm maximaal
D-sheet model huidig ontwerp	
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

9 CONCLUSIES

Gedurende het afstuderen zijn de hoofd- en deelvragen onderzocht en beantwoord. Deze zullen in dit hoofdstuk worden beschreven.

Uit het onderzoek is aan de hand van de voor- en nadelen, gevonden en berekende resultaten gebleken dat variant 3, de bouwkuip met een kwelscherm de meest efficiënte en optimale hulpconstructie is om het relin-proces uit te voeren. Variant 1, een bouwkuip in den natte en variant 2, een bouwkuip in den droge zonder kwelscherm zijn afgefallen. Dit komt door de betere score van variant 3 op de belangrijkste/ zwaarst meetellende criteria in de MCA. Deze is te vinden in paragraaf 4.3, Multi Criteria Analyse.

Variant 3 is de meest efficiënte oplossing, omdat deze veel anticipeer mogelijkheden bevat. Tevens is het de meest optimale oplossing, omdat het relin-proces bij deze variant het gunstigste kan worden uitgevoerd. Deze variant verleend stabiliteit aan de kade, veiligheid aan de panden tijdens en na de werkzaamheden, de mogelijkheid om de bouwkuip beter te bemalen en de grondwaterstand in de omgeving beter te reguleren ten opzichte van de andere 2 varianten.

Er is onderzoek gepleegd naar de best toepasbare materialen en onder welke frequentie de damwanden en buisprofielen hiervan ingebracht moeten worden. Voor de gemaakte berekeningen voor dit ontwerp zie paragraaf 6.2 tot en met 6.7. Voor de resultaten van deze berekeningen, uitkomsten en benodigde profielen zie paragraaf 7.1 tot en met 7.5.

9.1 PRIMAIRE CONCLUSIE

In het begin van het onderzoek is in het Plan van Aanpak een hoofdvraag (onderzoeksvraag) opgesteld.

Hoofdvraag:

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

Antwoord:

“Een bouwkuip met kwelscherm, variant 3 van de onderzochte varianten.”

9.2 SECUNDAIRE CONCLUSIES

Om het onderzoek in goede banen te leiden zijn aan de hand van de hoofdvraag een aantal deelvragen opgesteld. De deelvragen worden behandeld in de secundaire conclusies en dienen ter ondersteuning van de hoofdvraag.

Deelvragen:

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

Antwoorden:

1. Er is een sondering uitgewerkt waaruit de geologische gegevens zijn verzameld. Voor meer informatie zie paragraaf 3.1, geotechnische gegevens.
2. Bij het ontwerpen van de hulpconstructie moet rekening gehouden worden met de NEN-norm 9997-1 en CUR 166. Deze normen 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 betekent 1 millimeter zakking (verticaal) over een lengte van 300 millimeter (horizontaal).
3. Om het relinen uit te kunnen voeren heeft men 3 meter in de breedte en 6 meter in de lengte nodig aan vrije werkruimte en zicht. Deze werkruimte wordt verschaft met het ontwerp van de bouwkuip. Aangezien deze bouwkuip volledig wordt bemaald en dus droog is, is er ook genoeg zicht om het relinen uit te kunnen voeren.
4. De kracht die de lier van het relinen tijdens het proces genereert, wordt ondervangen middels een stempelbuis en afstempeling op de bouwkuip. Middels deze afstempel methode treden er amper tot geen grondspanningen op rond de oude zinker. Voor meer informatie zie paragraaf 6.7 en 7.5.
5. De risico's binnen dit project omvatten vooral schade aan de omgeving. Binnen het invloedsgebied van de bouwkuip staan in de omgeving oude panden en een kademuur. Deze risico's worden versterkt door de ongunstige geologische gegevens op de projectlocatie. Om deze risico's zo goed mogelijk te ondervangen is variant 3 als definitieve bouwkuip geselecteerd. Dit ontwerp verleent stabiliteit aan de grond onder de oude panden, kadeconstructie en biedt de beste gelegenheid om de bouwkuip (gedeeltelijk) retour te bemalen. Voor extra informatie zie hoofdstuk 5, variant 3.
6. Het plaatsen van de hulpconstructie heeft een aantal nadelen. Zo geeft het veel schade aan de straat en risico op schade aan de kadeconstructie en omliggende bebouwing.
7. De invloed van het relinen op de hulpconstructie is nihil, de extra vervormingen die op kunnen treden zijn zodanig dat ze geen nadelige effecten hebben op de omgeving. Voor extra informatie zie paragraaf 7.5, afstempeling op de zinker en bouwkuip resultaat.

10 AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk worden de aanbevelingen behandeld die nader onderzoek vergen om dit project uit te voeren. Bij dit adviesrapport hoort 1 aanbeveling, het kwelscherm. Deze aanbeveling is gedeeltelijk in het onderzoeksrapport onderzocht, maar door gebrek aan informatieve bronnen dient er nader onderzoek te worden gedaan.

Kwelscherm

Het kwelscherm vergt nader onderzoek. Hierbij moet worden onderzocht tot welke diepte “sika injection-304” kan worden aangebracht in veen en welke waterspanning de gel in deze grondlaag maximaal aankan voor hij uitspoelt/breekt/bezwijkt. Tevens is het van belang te weten hoe de hechting van de gel met staal is. Dit is belangrijk voor het “risico gebied” rond de zinker beschreven in paragraaf 7.4, pompcapaciteit resultaat.

Permanente belasting panden, D-sheet

Momenteel wordt de permanente belasting van de oude panden geschat op 10 kilonewton per vierkante meter (kN/m^2). Aangezien de panden vroeger met lichtere materialen werden gebouwd is het logisch dat ze een lagere vierkante meter last genereren dan nieuwbouw woningen. Desalniettemin blijft de gekozen 10 kN/m^2 , ingevoerd voor de berekeningen in D-sheet, een schatting. Daarom vergt deze waarde extra onderzoek om de resultaten betrouwbaarder te maken. De invloed van een eventueel hogere vierkante meter last is meer verplaatsing van de parallelendamwand, dit heeft als gevolg dat er wellicht niet meer aan de relatieve rotatie eis wordt voldaan uit paragraaf 3.2, randvoorwaarden.

11 NAWOORD

In dit nawoord wordt er een reflectie gegeven op het onderzoeksrapport en de totstandkoming hiervan.

Met een positieve blik wordt terug gekeken op dit onderzoek. In het vooronderzoek vanuit de BAM en JGTC heeft de totstandkoming van dit adviesrapport een goede inbreng gehad. Helaas is er in de vergadering op 12 mei 2017 geconcludeerd dat dit project niet gaat plaatsvinden. Door alle risico's in combinatie met de ongunstige ondergrond, weinig ruimte en oude panden weegt dit project niet op tegen de variant om een kilometer leiding om te leggen. Dit is het alternatief op het relinen van de oude zinker en kwam pas tijdens de vergadering naar voren. Oasen had dit expres niet eerder laten weten om alle mogelijkheden rond de zinker zo aandachtig mogelijk te onderzoeken.

Er is ervaring opgedaan met betrekking tot de aspecten zelfrevisie en innovatief te denken. Dit is van groot belang om kwalitatief hoogstaande stukken en/of ontwerpen te maken. Tevens is er beter leren omgaan met feedback en hoe deze te verwerken in voorgelegde concept stukken.

In het vervolg is een afstudeerstage bij een aannemersbedrijf in verband met de beschikbare kennis op civiel technisch gebied aannemelijker. Dit heeft puur betrekking op de aanwezige kennis, normen en software.

11.1 EXTRA INFORMATIE

Aanvullende informatie met betrekking tot dit onderzoek:

- De sonderingen vanuit Wareco werden pas in begin mei beschikbaar gesteld, dit heeft als gevolg dat er met fictieve waarden is ontworpen. (de meest conservatieve sondering in de buurt van de projectlocatie) Echter is er nog wel een vergelijking opgesteld wat de invloed van deze waarden is op het huidige ontwerp.

12 BIBLIOGRAFIE

- (sd). Opgehaald van BBA Pumps: <http://www.bbapumps.com/nl/zuigerpompen-voor-bronbemaling/166>, C. (2014, augustus 4). Opgehaald van SBRCURnet: http://www.sbrcur.net.nl/uploads/media_item/media_item/135/13/Errata_CUR_166_Damwandconstructies_-_4_augustus_2014-1408373611.pdf
- (2015). Opgehaald van Staaltabellen: <http://www.staaltabellen.nl/images/stories/pdf/046.pdf>
- (2017). Opgehaald van constructieberekeningen: <http://www.constructieberekeningen.info/berekeningen/mechanica/liggers/ligger.php>
- 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/>
- Blok, R. (2006). *Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen*. ThiemeMeulenhoff bv.
- Building Trust Sika*. (sd). Opgehaald van nld.sika: http://nld.sika.com/nl/producten/document_download/PDSBouw/PDSSikaInjection.html
- Cebo Holland*. (2017). Opgehaald van cebo: <https://www.cebo.com/nederland/nl/bentoniet/cebogel-qse.html>
- derden. (2017). *Dinoloket*. Opgehaald van <https://www.dinoloket.nl/>
- doorlatendheid k*. (2011). Opgehaald van grondwaterformules: <http://www.grondwaterformules.nl/index.php/vuistregels/ondergrond/doorlatendheid-per-grondsoort>
- Groenendijk, J. (2017, maart 2). Geschiedenis van Gouda. (M. Verschuuren, Interviewer)
- K. Emmens, A. O. (December 2003). *(Bouw-) historische inventarisatie Korte Akkeren 'vlek 2' Gouda. BAAC rapport 03.160*. Den Bosch.
- Knik. (sd). Opgehaald van Joost de Vree: <http://www.joostdevree.nl/shtmls/knik.shtml>
- Leeuwenstein, W. (2017, april). Docent HRO. (M. Verschuuren, Interviewer)
- (2016). *NEN 9997-1*. Nederland: BRIS gb_BRIS.
- Oasen. (2017, februari 13). *Intern nieuws Oasen intranet*. Opgehaald van Oasen drinkwater: <https://start.oasen.nl/>
- OASEN. (2017). *Sharepoint OASEN*. Opgehaald van <https://dms.oasen.nl/afd/811000-060/bb/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fafd%2F811000%2D060%2Fbb%2FAfstudeeronderzoek%20Mike&FolderCTID=0x0120007E880BBAEBF7FD4880D1A51A60B483B0&View={E4F9E587-ADE3-48BA-B54B-250541788167}>
- Rotterdam, H. (2015). *HR Dashboard*. Opgehaald van Natschool: <https://natschool.hro.nl/>
- Sedra, A. (2017, juli). Docent. (M. Verschuuren, Interviewer)
- Timmer, B. (2017, maart). Werkvoorbereider. (M. Verschuuren, Interviewer)
- Trillingsmetingen SBR Richtlijn A*. (2012, maart 15). Opgehaald van trillingen: <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>