



EINDRAPPORT

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

"HOE KUNNEN KABELS EN LEIDINGEN MET BOEZEMWATERKERINGEN SAMEN BLIJVEN GAAN, ZOWEL NU ALS IN DE TOEKOMST?"



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

(BLANCO PAGINA)

Referentienummer	civAFS40
Auteur	Léon ten Tije (0861164)
Datum:	14-06-2016
In opdracht van	Hogeschool Rotterdam
Versie	Definitief 1.0

Handtekening/Datum:	_____
Gecontroleerd door:	Sake Essink Bedrijfsbegeleider

Handtekening/Datum:	_____
Goedgekeurd door:	R. Rolloos Docentbegeleider

Paraaf voor akkoord:

Léon ten Tije
Afstudeerder

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

(BLANCO PAGINA)

VOORWOORD

Ten behoeve van de eindfase en de afsluiting van de Bachelor studie 'Civiele techniek' aan de Hogeschool Rotterdam is bepaald dat er voor iedere student die in aanmerking komt voor afstuderen, een afstudeerproject wordt uitgevoerd die toegespitst is op de wensen uit de praktijk. Voor de afstudeerders is het hierbij zaak, om te bewijzen dat zij de benodigde competenties bezitten zoals deze gewenst zijn van een starter in het werkveld.

Het onderwerp van dit afstudeerproject is afkomstig van RPS advies- en ingenieursbureau, kortweg RPS Nederland of RPS. Zij zijn een internationaal advies- en ingenieursbureau op het gebied van omgevings- en veiligheidsvraagstukken en hebben 85 vestigingen verspreid over verschillende landen en continenten. In Nederland specialiseert RPS zich in; Veiligheid (o.a. risicobeheersing), Gebieden (o.a. inrichting en beheer van stad en land), Gebouwen (integrale aanpak en beheer van vastgoed) en infrastructuur (Harde infrastructuur, water en geo-informatie). Verder is laboratoriumonderzoek en asbestonderzoek ook onderdeel van het werkveld van RPS. RPS zit in Nederland verdeeld onder een aantal vestigingen. Wetende; Leerdam, Delft en Breda en Zwolle. Zelf ben ik gedurende de gehele afstudeerperiode werkzaam geweest bij de vestiging in Delft.

In februari ben ik gestart met de werkzaamheden aan dit afstudeerproject. Gedurende deze periode, ben ik veel te weten gekomen over een onderwerp waarvan ik nooit had verwacht dat er zo veel diepgaand onderzoek in gedaan kon worden. Hierdoor ben ik veel bekender en onderlegd geworden in een onderwerp wat in Nederland een actueel onderwerp is. Verder ben ik voor mijn gevoel sterker geworden in het bedenken van oplossingen, het verder uitwerken van deze oplossingen en het algemene proces dat hierbij hoort. Het rapport dat voor u ligt is het resultaat van de tijd die besteed is aan het onderzoek.

Ik wil hierbij ook een moment nemen om mijn afstudeer/bedrijfsbegeleider; Sake Essink te bedanken voor de mogelijkheid van het afstuderen, zijn advies en begeleiding tijdens het afstuderen. Ook wil ik mijn docentbegeleider Rolin Rolloos bedanken voor zijn begeleiding en beoordelingen vanuit de Hogeschool Rotterdam en zijn verdere hulp bij de voortgang van het afstuderen. Tot slot wil ik Albert de Beijer, Henk-Jan Mebius, Bastiaan van der Vlies en de collega's van de afdeling GGI van RPS bedanken voor hun hulp, advies en informatie gerelateerd aan het afstudeeronderwerp en hun verdere bijdrage aan het tot stand komen van dit rapport.

Léon ten Tije

Delft, 12-06-2016

(BLANCO PAGINA)

SAMENVATTING

Als onderdeel van de eindfase van de bachelor opleiding Civiele techniek aan de Hogeschool Rotterdam, wordt er geacht dat de studenten het beheersen van een aantal competenties kunnen bewijzen door een afstudeeronderzoek in de praktijk te voltooien. In dit praktijkonderzoek dienen deze competenties herleidbaar te zijn en zo kan er bepaald worden of de afstudeerstudent over de benodigde competenties beschikt om als starter te kunnen functioneren in de praktijk. In deze afstudeerperiode heeft afstudeerstudent Léon ten Tije zijn afsluitend onderzoek verricht bij RPS advies- en ingenieursbureau naar de mogelijke wijzen waarop kabels en leidingen samen kunnen gaan met boezemwaterkeringen. Met de hulp van het afstudeerbedrijf en verschillende praktijkexperts is dit onderzoek voltooid en als volgt gedefinieerd:

In een land als Nederland waar er al eeuwenlang wordt getracht veilig samen te leven met de grote hoeveelheid oppervlaktewater wat wij tot onze beschikking hebben, is een goed functionerend watersysteem van groot belang. Ook om onze polders droog te houden moet het intredende water afgevoerd kunnen worden naar zee. Hierin zijn de boezemwateren van groot belang. De “boezem” van een watersysteem betreft het oppervlaktewater zonder vast peil, wat er toe dient om het overtollige polderwater op te slaan voordat het geloosd kan worden op (meestal) een rivier, voor deze het afvoert naar zee. Het boezemwater heeft geen vastgesteld peil, maar wel een streefpeil wat zoveel mogelijk gehandhaafd blijft. Om de polders te beschermen tegen dit boezemwater zijn er zogeheten boezemkaden of boezemwaterkeringen. Deze moeten voorkomen dat het water van de boezem bij hoog water het achtergelegen land of polder binnenstroomt.

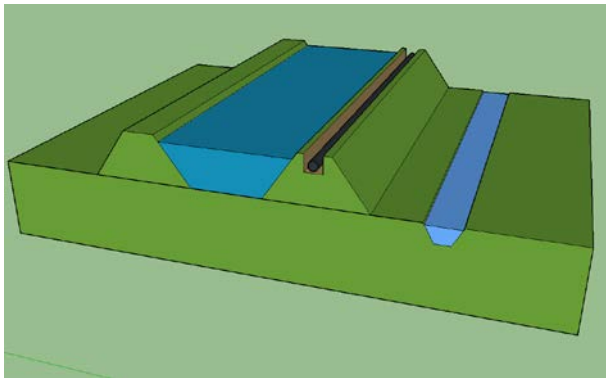
In Nederland is het niet ongevoel om aan het water, op een dijk of onder aan een dijk woonachtig te zijn. Maar met het wonen op of rondom een boezemwaterkering ontstaat de noodzaak voor de basisbehoeften waar recht op is en hiermee de noodzaak van het aanleggen van de kabels en leidingen. Deze zijn benodigd om deze basisvoorzieningen aan te leveren aan de woonachtigen. Hierbij kan het nodig zijn om het tracé van de kabels en leidingen in de boezemwaterkering te plaatsen. Beheerders van de boezemwaterkeringen, de waterschappen, zien liever dat hun keringen onberoerd blijven door kabels en leidingen tracés. Bij het falen van een gas- of waterleiding zijn de gevolgen op de waterkering veelal niet te overzien. De waterschappen dragen zorg voor de veiligheid met betrekking tot het waterbeheer en hierom moeten zij veelal overtuigd worden dat het aanleggen van nutsvoorzieningen in een boezem-kerend grondlichaam voldoende veilig is.

Om een mogelijke oplossing te vinden voor dit probleem is er vooronderzoek gedaan naar de beschikbare mogelijkheden voor het aanleggen van nutsvoorzieningen, de voor- en nadelen hiervan en de overige randvoorwaarden die van toepassing zijn. Tevens zijn er gesprekken/interviews afgelegd met praktijkexperts en beheerders om te bepalen waar de problemen zich voordoen en wat voor hen de mogelijke oplossingen konden zijn.

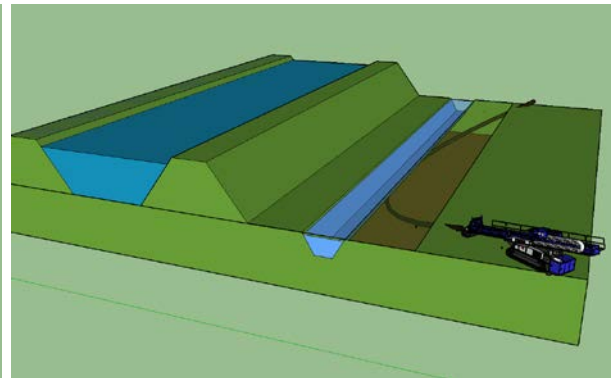
Hierbij kan worden geconcludeerd, dat beheerders erkennen dat het ongewenst, maar tevens onvermijdbaar is dat in sommige situaties nutsvoorzieningen in boezem-kerende grondlichamen moeten worden geplaatst. Doordat hier een duidelijk eenduidig beeld ontstond bij praktijkexperts en beheerders, werd het duidelijk dat het enige aanwezige probleem is; dat het veiligheidsaspect de aanleg van nutsvoorzieningen in boezemwaterkeringen ongewenst maakt, maar dat er tevens wordt geaccepteerd dat de basisbehoeften van woonachtigen het noodzakelijk maakt dat deze (indien niet anders mogelijk) in boezem-kerende grondlichamen worden geplaatst.

De wensen die beheerders hierbij wél uitspreken is dat er in het ontwerp duidelijk moet zijn dat de kans van falen van de leidingen en kering zo klein mogelijk worden gemaakt en dat er zoveel mogelijk gebruik moet worden gemaakt van bundeling van de nutsvoorzieningen. Bovendien wordt simultane aanleg als een pré gezien. Hierop zal dan de vergunning worden verleend.

Uit deze bevindingen ontstond de wens voor een advies voor de wijze waarop deze nutsvoorzieningen op een zo goed mogelijke wijze samen konden gaan met de boezemwaterkeringen. Waarbij dit tevens volgens de goedkeuring van de beheerders gedaan kan worden. Een brainstormsessie volgde waarbij een aantal varianten werden bedacht die in lijn waren met de mogelijkheden op het gebied van de gevonden aanlegmethoden en wensen van beheerders. Tevens volgde uit deze brainstormsessie een variantenstudie die onderscheid moest maken voor de beste variant voor respectievelijk; “Verbinding op korte afstand” en “Verbinding op lange afstand”. Met behulp van een MCA (Multi Criteria Analyse) werden de onderstaande varianten en een toepassingsmateriaal als beste geëvalueerd:



Figuur 1. Schets variant korte afstand: Aanleg door sleufontgraving in de kruin van de waterkering, buiten het leggerprofiel



Figuur 2. Schets variant lange afstand: Gebogen HDD boring, Op diepte deels binnen de veiligheidszone/beschermingszone boezemwaterkering

Concluderend zijn deze varianten gedetailleerd uitgewerkt en getoetst doormiddel van de NEN-normen die van toepassing zijn. Dit werd gedaan door ze te toetsen met de benodigde risicofactoren in drie boezemkering-opbouwen. Deze zijn gekozen omdat zij representatief zijn voor de beheersgebieden van de waterschappen die in ogenschouw worden genomen in dit onderzoek. Hiermee is aangetoond dat doormiddel van het toepassen van bundeling en de hierdoor verplichte simultane aanleg aan de wensen van de beheerders met de bovenstaande varianten kan worden voldaan. Bovendien zorgt de mantelbuis voor een tweede waterkerende functie bij het falen van medium voerende leiding, wat voor extra veiligheid zorgt na aanleg.

Hiermee zijn naar verwachting twee goede wijze geopperd die, wanneer toegepast, de toepassing van kabels en leidingen in boezemwaterkeringen weer een stuk veiliger en dus beter mogelijk maken.

SUMMARY

As a part of the final phase of the bachelor study Civil Engineering tasks at the Rotterdam University of Applied Sciences, students are deemed to be able to prove that they possess a certain amount of competences necessary to complete a graduation research project in practice. During this graduation project the competences necessary are deemed to be traceable throughout the project. This way there can be determined if the graduate possesses the necessary skills to function in practice as a starter. During this recent graduation period, graduate Léon ten Tije has been working on his final research report at RPS advice- and engineering agency on the different possibilities in which ways underground cables and pipelines can be combined with embankments charged with holding back so called 'boezem water'. With the help of the graduate business and different experts from practice the research project was completed and defined as follows:

In a country like the Netherlands, where the population has been trying to live side-by-side with the large amount of surface water that we have available for centuries, a properly functioning surface water system is of great importance. To keep our polders dry, there has to be the possibility to drain the incoming water of the polders to the ocean. This is the reason why, so called 'boezem waters' are so important to the water system. The 'boezem' of a water system is a piece of surface water without a permanently defined water level. Its function is to process and move all the excess incoming water of the polder area to (most commonly) a river, which moves it further out to sea. The 'boezem water' doesn't have a set water level, but it does have a target level which needs to be maintained as much of the time as possible. To protect the polders against this 'boezem water' there are so-called boezem quays or boezem embankments in place. These quays or embankments need to prevent the 'boezem water' to pour into the backwater country or polder when there is a high water level situation.

In the Netherlands it's not uncommon to have housing by the water, on an embankment or at the bottom of an embankment. But with living on or next to a boezem embankment there is the necessity of getting your basic human needs of water and electricity in the shape of underground cables and pipelines. Sometimes it's even needed to put the route of said cables and pipelines in the boezem embankments. Agencies who manage these boezem embankments, the Dutch water boards, would much rather see that their embankments would stay unperturbed by the cables and pipeline routes. In the event of a failure of a gas- or water pipeline the consequences are mostly incalculable. The water boards are responsible for the safety in concerning to water control. Therefore they need to be convinced that laying the utility route inside the soil embankment is sufficiently safe.

To find a possible solution for this problem a preliminary research had to be done to the available possibilities for the laying of utility routes, de advantages and disadvantages of each of them and the remaining conditions that are in place. Furthermore, some conversations/interviews were conducted with experts from practice and field managers to determine where the problems usually occur and what they thought were possible solutions.

From this it is possible to conclude, that field managers acknowledge that it's undesirable, but also unavoidable that in some situations utility routes need to be placed in boezem embankments. Because there was a very clear picture with experts from practice and field managers, it was clear that there is still one problem present, in that; the safety aspect of the laying of utility routes in boezem embankments is undesirable, but there is also the acceptance that the basic needs of people deems it necessary (if there is no other possible solution) that the utility routes get placed in boezem embankments.

The requests that field managers do enounce is that in the design of the utility cables and pipelines there has to be extended proof that the chance of failure is as small as it reasonably can be and that the different types of utility get combined as much as possible. Furthermore, a simultaneous installation is seen as a beneficial factor. The permit will be granted as such.

From these findings the desire arose for a recommendation for the way that these utility cables and pipelines could be combined with the boezem embankments in the best way possible. Where this could also be done with the consent of the field managers. A brainstorming session followed where a couple of variants were thought up that were in line with the possibilities present with the laying methods that were found previously and the wishes of the field managers. From this brainstorming session a variant study followed that had to make a clear distinction between the best variant for, respectively: “Variant over a short distance” and “Variant of a long distance”. With the help of an MCA the variants below and a type of material suited for the application were deemed the best after evaluation:

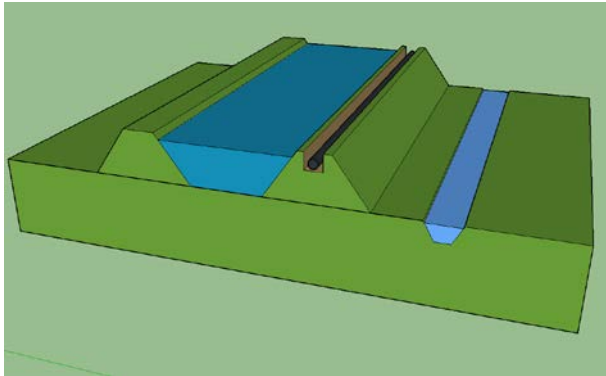


Figure 3. Sketch-up of variant over a short distance:
Installation by digging a ditch in the crown of the embankment, outside of the layer profile

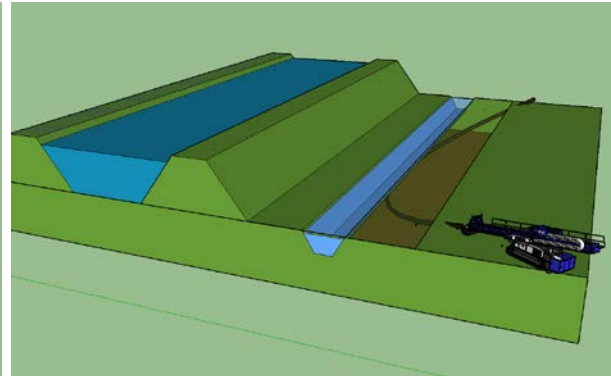


Figure 4. Sketch-up of variant over a long distance: Bent HDD-drilling. At depth partially inside the safety zone/protection zone of the embankment

These variants were later thought out in greater detail by reviewing the by means of the rules present in the NEN-normen that are applicable. This was done by reviewing the variants with the needed risk factors in three boezem embankments. These had properties that are inherent to the management areas of the water boards that are being taken into consideration for this research. With this it is proven that with bundling of the utilities the therefore forced simultaneous construction the requests of the field managers can be met with these variants. Furthermore, the use of a casing tube will grant the embankment with a tube that has a second water retaining function when the inner utility pipeline fails. This grants an extra bit of safety.

With this, there can be concluded that there are two good ways presented that, when applied, will make the application of cables and pipelines in boezem embankments safer and thus better possible.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	V
SAMENVATTING	VII
SUMMARY	IX
INHOUDSOPGAVE BIJLAGEN	XIII
AFBEELDING- EN TABELLEN LIJST	XV
VERKLARENDE WOORDENLIJST & LIJST MET AFKORTINGEN	XVI
1. INTRODUCTIE	1
1.1. Doel van het project.....	1
1.2. Project Locatie	2
1.3. Proces.....	3
1.3.1. Oriëntatiefase.....	3
1.3.2. Analysefase	3
1.3.3. Oplossingsfase	3
1.3.4. Uitwerkingsfase.....	3
1.3.5. Afrondingsfase.....	3
2. HUIDIGE OMSTANDIGHEDEN	4
2.1. Literatuuronderzoek.....	4
2.1.1. Introductie	4
2.1.2. Boezemwaterkeringen	4
2.1.3. Beheer	4
2.1.4. Kabels en leidingen.....	5
2.1.4.1. Algemeen.....	5
2.1.4.2. Kabels	5
2.1.4.3. Leidingen	5
2.1.4.4. Aanlegmethoden.....	5
2.1.4.5. Renovatiemethoden.....	6
2.1.4.6. Normtoepassing.....	6
2.2. Praktijkonderzoek	7
2.2.1. Introductie	7
2.2.2. Redenvoering.....	7
2.2.2.1. Techniek	7
2.2.2.2. Regelgeving	8
2.2.2.3. Overige bevindingen	8
3. VARIANTENSTUDIE	9
3.1. Introductie	9
3.2. Lijst van varianten voor korte afstand	9
3.3. Lijst van varianten voor lange afstand	10
3.4. Lijst van varianten voor materialen	12
4. VARIANTKEUZE - MCA	13
4.1.1. Opbouw MCA.....	13
4.1.2. Conclusies MCA	14
4.1.2.1. Gekozen variant voor korte afstanden.....	14
4.1.2.2. Gekozen variant voor lange afstanden.....	14
4.1.2.3. Gekozen toepassingsmateriaal varianten	14
4.1.3. Beknopte MCA-uitkomsten	15

5.	TECHNISCHE BENADERING VARIANTEN	16
5.1.	Introductie	16
5.2.	Randvoorwaarden.....	16
5.2.1.	Bodemopbouw.....	16
5.2.2.	Bundeling	17
5.3.	Berekeningsmethode korte variant	17
5.4.	Conclusie toetsing korte varianten.....	18
5.5.	Berekeningsmethode lange variant	19
5.6.	Conclusie toetsing lange variant.....	20
6.	CONCLUSIE	21
6.1.	Conclusie project	21
6.2.	Conclusie hoofdvraag	22
6.3.	Conclusie deelvragen	22
7.	AANBEVELINGEN	24
7.1.	Introductie	24
7.2.	Aanbevelingen bij conclusie	24
7.2.1.	Verplicht toepassen van een mantelbuis	24
7.2.2.	Verplichten van bundeling	24
7.2.3.	Overkoepelende organisatie.....	24
7.3.	Aanbevelingen voor vervolgonderzoeken	25
7.3.1.	Bepalen van bruikbaarheid overige varianten	25
7.3.2.	Verdere effecten leiding falen	25
7.3.3.	Verder onderzoek naar de methode “boogboren”	25
7.3.4.	Kans van leiding falen bepalen.....	25
7.3.5.	Gevolg van leiding falen op de faalkans van een kering (VVK2)	25
7.3.6.	Onderzoek naar gebruik mantelbuizen i.c.m. aftakkingen van leidingen	25
8.	BIBLIOGRAFIE.....	26
8.1.	Normen	26
8.2.	Richtlijnen	26
8.3.	Rapporten	26
8.4.	Overig	26

INHOUDSOPGAVE BIJLAGEN

1.	Plan van Aanpak.....
2.	Vooronderzoek.....
3.	Huidige situatie.....
4.	Programma van Eisen.....
5.	Variantenstudie.....
6.	MCA (Multi Criteria Analyse).....
7.	Technische benadering varianten.....
8.	Afstudeerdocumenten Hogeschool Rotterdam.....

(BLANCO PAGINA)

AFBEELDING- EN TABELLEN LIJST

Figuur 1. Schets variant korte afstand: Aanleg door sleufontgraving in de kruin van de waterkering, buiten het leggerprofiel	VIII
Figuur 2. Schets variant lange afstand: Gebogen HDD boring, Op diepte deels binnen de veiligheidszone/beschermingszone boezemwaterkering	VIII
Figure 3. Sketch-up of variant over a short distance: Installation by digging a ditch in the crown of the embankment, outside of the layer profile	X
Figure 4. Sketch-up of variant over a long distance: Bent HDD-drilling. At depth partially inside the safety zone/protection zone of the embankment	X
Figuur 5. Alle waterschappen die Nederland rijk is (Wikipedia, 2016)	2
Figuur 6. De gekozen waterschappen/beheersgebieden voor het verdere onderzoek (Rijnlanden)	2
Figuur 7. Meest voorkomende dwarsprofielen van boezemwaterkeringen (Binnekamp, 2006)	4
Figuur 8. Voorbeeld van een leggerprofiel (HH Rijnland) (Rijnlanden)	4
Figuur 9. Procesvoorbeeld HDD-boring (VD Communication)	5
Figuur 10. Voorbeelden van toepassingsgebied NEN3651 norm (NEN, 2012)	6
Figuur 11. Gekozen variant voor korte afstanden	14
Figuur 12. Gekozen variant voor lange afstanden	14
Figuur 13. Voorstel mogelijkheden voor bundeling in mantelbuis	17
Figuur 14. Simulatie na ontgrondingskrater	18
Figuur 15. Situatie voor ontgrondingskrater	18
Figuur 16. Schematische tekening getoetste HDD-boring	19
Tabel 1. Tabel met woordverklaringen	XVI
Tabel 2. Tabel met afkortingsbetekenissen	XVI
Tabel 3. Tabel met praktijkexperts t.b.v. gesprekken	7
Tabel 4. Tabel met aanlegvarianten korte afstand	10
Tabel 5. Tabel met aanlegvarianten lange afstand	11
Tabel 6. Tabel met materiaalvarianten	12
Tabel 7. Tabel met criteria varianten t.b.v. MCA	13
Tabel 8. Tabel met criteria materialen t.b.v. MCA	13
Tabel 9. MCA puntenverdeling varianten korte afstanden	15
Tabel 10. MCA puntenverdeling varianten lange afstanden	15
Tabel 11. MCA puntenverdeling toepassingsmaterialen	15
Tabel 12. Tabel voor bodemopbouw representatieve boezemwaterkeringen	16
Tabel 13. Tabel met toepasbaarheid van toetsing variant korte afstand	17
Tabel 14. Tabel met toepasbaarheid van toetsing variant lange afstand	19

VERKLARENDE WOORDENLIJST & LIJST MET AFKORTINGEN

Woord	Verklaring
Tracé	Route, grondplan of plattegrond van een stelsel
Boezemniveau	Richtniveau waterstand in boezemwater
Leggerprofiel	Het minimum profiel waar een waterkering aan moet voldoen om te kunnen functioneren
Profiel van vrije ruimte	Fictief profiel rondom grondlichaam van een waterkering waar bebouwing of beroering ongewenst is
Nutsvoorzieningen	Een voorziening die van algemeen belang is (water, stroom, gas etc.)
Avegaarboor	Type vijzel waarmee volgens een gelijk principe als de schroef van Archimedes wordt gewerkt
Hoogheemraadschap	Een waterschap met een naam die van oudsher is bepaald omdat het orgaan een zeewerende taak heeft. Gelijke functies als waterschap
Materiaalsterkte	Hoeveelheid druk/trek een materiaal kan opnemen alvorens het bezwijkt
Grondspanning	De totale spanning die bodemlagen veroorzaken op een beschouwde diepte
Kabelgeleiders	Geleider om kabels samen met leidingen door een mantelbuis heen te trekken
Mantelbuis	Een extra leiding om een medium voerende leiding. Deze dient om meer drukspanning op te nemen of als 2 ^e medium kerende wand.
Medium voerende buis	Een leiding waardoor nutsvoorzieningen als water, gas en soms elektra wordt getransporteerd
Sleuf- niet sleuf loos	Het verschil tussen een methode waarbij een sleuf gegraven behoeft te worden, of een methode waarbij dat niet nodig is
Kruin	Hoogste punt van een dijk
Verhang	Hoogteverschil tussen twee punten
Verstoringszone	Een deel van de dijklegger wat net buiten de kernzone valt. Hierin mag zonder vergunning niets beroerd worden omwille van de kering stabiliteit
D-Geo Stability	Een programma van Deltares om de stabiliteit van grondlichamen te simuleren

Tabel 1. Tabel met woordverklaringen

Afkorting	Betekenis
MCA	Multi Criteria analyse
GFT	Gesloten Front Techniek
HDD	Horizontal Directional Drilling (Gestuurd boren)
NEN	Nederlandse Norm
ELW	Expertisenetwerk Leidingen nabij Waterstaatswerken
SDR	Standard Dimension Ratio (Wanddikte buizen)

Tabel 2. Tabel met afkortingsbetekenissen

1. INTRODUCTIE

1.1. Doel van het project

In een land zoals Nederland waarbij wij al eeuwenlang samenleven met water, zijn het gehele watersysteem en de bijbehorende waterkeringen van levensbelang. Veel van deze waterkeringen betreft zogeheten “boezemwaterkeringen”. Een boezemwaterkering kan simpelweg worden gedefinieerd als:

Een waterkerende constructie die verantwoordelijk is voor het keren (van nature) stilstaand water in watergangen die met elkaar verbonden zijn, maar van het buitenwater zijn afgesloten. (MvIM, 2009)

Buiten dat boezemwaterkeringen de bovenstaande functie vervullen, vervullen ze met grote regelmaat ook nog andere functies. Zo zijn ze, in tegenstelling tot primaire waterkeringen, een belangrijk onderdeel van het woon- en leefmilieu van de omgeving waardoor er veel verharding en bebouwing rondom is geconcentreerd.

Hiermee wordt tevens het onderwerp van het project benoemd. Met bebouwing op en rondom de boezemwaterkering ontstaan er randzaken die problematisch kunnen zijn voor de hoofdfunctie van de boezemwaterkering, namelijk; het keren van boezemwater.



Als er woningen aanwezig zijn op en rondom de

Figuur 1. Voorbeeld van een boezemkade met meerdere functies (Welmers, 2009)

boezemwaterkering, is er onder andere een verbinding noodzakelijk met de bestaande basis- en nutsvoorzieningen. Wanneer een tracé buiten de waterkering om niet mogelijk is, is veelal het enige alternatief om deze kabels en leidingen in de boezemwaterkering te plaatsen. Dit is logischerwijs niet gewenst door de beheerders van de boezemwaterkeringen en wordt zelfs liever niet toegepast.

Vanuit afstudeerbedrijf RPS is er de interesse geuit naar een onderzoek op welke wijze deze kabels en leidingen dan wél samen kunnen gaan met boezemwaterkeringen. Het doel van het project is om het probleem te doorgronden waarom het samengaan van de lijnvormige soorten infrastructuur problematisch wordt gevonden en op welke wijze het dan mogelijk opgelost kan worden. Hierbij is de hoofdvraag van het onderzoeksproject gedefinieerd als:

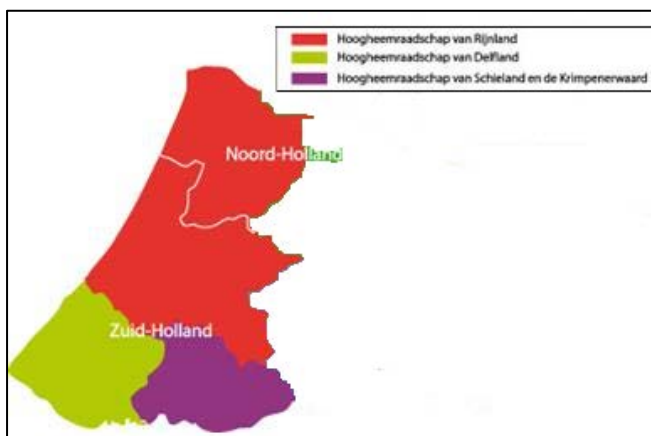
“Hoe kunnen kabels en leidingen met boezemwaterkeringen samen blijven gaan, zowel nu als in de toekomst?”

1.2. Project Locatie

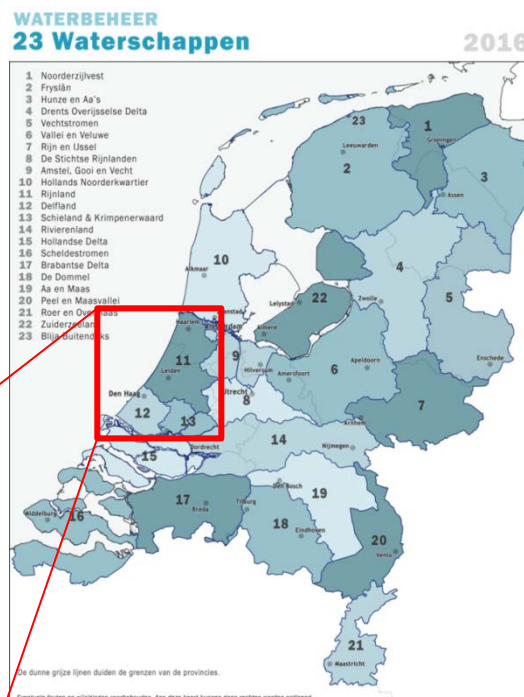
Het project heeft geen specifiek gedefinieerde locatie toegewezen gekregen waar het probleem zich voordoet. Omwille van de noodzaak om één of meerdere referenties te hebben waar de bedachte adviezen en oplossingen op toegepast konden worden, is de keuze gemaakt om een referentiegebied te kiezen. Dit gekozen gebied betreft de beheersgebieden van de drie waterschappen waarmee de meeste samenwerking plaatsvindt, wetende:

- Hoogheemraadschap Delfland
- Hoogheemraadschap Rijnland
- Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard

Voor het resterende deel van het onderzoek zal bij aannames en referenties uit worden gegaan van een of alle drie de gebieden. Omdat juist deze gebieden gekozen zijn als verder te definiëren, is de verwachting ook dat de opdrachtgever beter gebruik kan maken van het toekomstige advies, gezien dit meer geheel van toepassing is op het actuele werkveld.



Figuur 6. De gekozen waterschappen/beheersgebieden voor het verdere onderzoek (Rijnlanden)



Figuur 5. Alle waterschappen die Nederland rijk is (Wikipedia, 2016)

1.3. Proces

Bij aanvang van het proces in het plan van aanpak is er een werkvolgorde vastgesteld door het gehele project in te delen in verschillende fasen. De gedachte hiervan was om zoveel mogelijk een leidraad in het proces te hebben waarbij het altijd duidelijk was wat benodigd was om tot een eindconclusie te komen. Dit proces was als volgt in te delen:



Deze wijze van werken is ook zoveel mogelijk aangehouden gedurende het gehele project. Om het proces verder toe te lichten zal hieronder het gehele proces nader gedefinieerd worden om zo te verduidelijken wat per fase heeft plaatsgevonden.

1.3.1. Oriëntatiefase

In deze fase werd er kennis gemaakt met het bedrijf RPS en alle zaken over en rondom de stage. Er werd onderzoek gedaan naar de opdracht, de onderzoeksvraag en werd er een plan van aanpak geschreven. Tevens werd er gestart met het vooronderzoek naar het onderwerp.

Gewerkt aan: Oriëntatie, Plan van Aanpak, Vooronderzoek

1.3.2. Analysefase

In deze fase werd het vooronderzoek verder doorgezet en werd er dieper ingegaan op het onderzoeksonderwerp. Ook werden er gesprekken gevoerd met de verschillende praktijkexperts om een verder totaalbeeld te krijgen over het onderwerp. Hieruit volgde een PVE en een document over de huidige situatie.

Gewerkt aan: Vooronderzoek, Programma van Eisen, Huidige situatie

1.3.3. Oplossingsfase

In de oplossingsfase werd er gewerkt aan het bedenken van een oplossing voor de onderzoeksvraag. Hierin werd de tot nu toe vergaarde literatuurkennis gebruikt om een hoeveelheid varianten te bedenken, hierna werd er met behulp van een aantal MCA de beste variant gekozen om deze compleet te gaan uitwerken.

Gewerkt aan: Brainstormsessie, Variantenstudie, MCA

1.3.4. Uitwerkingsfase

In de uitwerkingsfase werden de uitkomsten van de brainstormsessie, variantenstudie en uiteindelijk het MCA nader uitgewerkt. Hierbij was het doel om tot een advies te komen waarbij bewezen kon worden of de gekozen oplossing een verbetering teweeg zou brengen. In deze fase is ook het totaaladvies gedefinieerd.

Gewerkt aan: Technische studie variant, rapportage

1.3.5. Afrondingsfase

In de afrondingsfase werd er de laatste hand gelegd aan de rapportage die voor u ligt en zijn de laatste zaken verbeterd die verbeterd diende te worden. Ten slotte is het totale document klaargemaakt voor toekomstig opleveren en is er gewerkt aan de presentatie voor de afstudeersessie en de verdere voorbereiding hiervan.

Gewerkt aan: Afronden gehele project, Eind rapportage

2. HUIDIGE OMSTANDIGHEDEN

2.1. Literatuuronderzoek

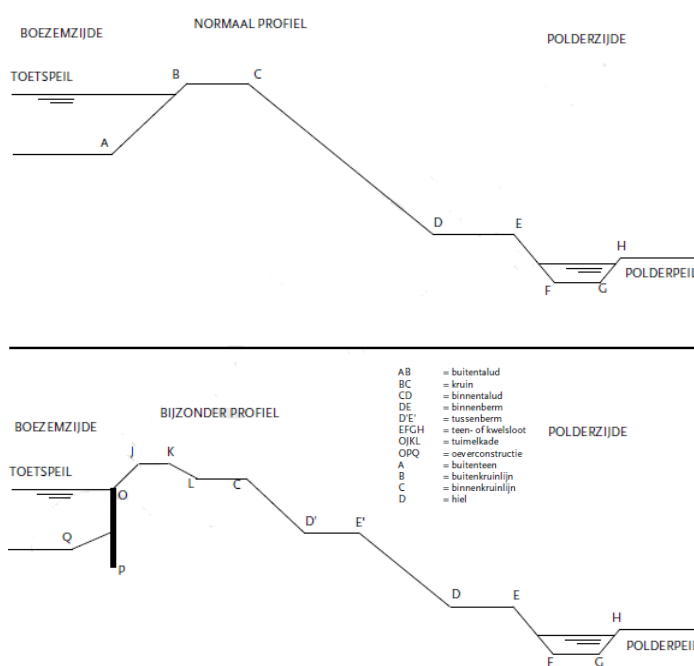
2.1.1. Introductie

Om te kunnen bepalen wat er benodigd is om de onderzoeksvraag te beantwoorden, is het zaak om de huidige situatie goed in beeld te hebben. Zodra de problemen van de huidige situatie kunnen worden uitgelicht, kan er worden gedacht aan een oplossing voor de toekomst. Hierbij was het zaak om onderzoek te verrichten naar wat in het heden de gang van zaken is, waar er problemen ontstaan en hoe verwacht wordt dat deze opgelost kunnen worden. Maar ook is het van belang om te beseffen wat mogelijk is, wat hiermee mogelijk opgelost kan worden en waar de overige problematiek ligt. Het gehele vooronderzoek stond in het teken van het bepalen van deze zaken.

2.1.2. Boezemwaterkeringen

Nederland is een land waarin water een belangrijke rol speelt. Het gehele watersysteem is zo ingedeeld dat elk stuk water een specifieke rol vervult om ons veilig te houden tegen alle soorten intredend water en hoogwater. Voor dit onderzoek zijn vooral de boezemwaterkeringen van belang. Deze keringen zijn gemaakt om het van nature stilstaand water te keren die in watergangen met elkaar verbonden zijn, maar van het buitenwater zijn afgesloten. Deze stukken water dienen dus als opslag van water voordat het uitgestort kan worden naar het buitenwater (rivieren, meer of zee). Nederland kent meer dan 6.000 km aan boezemwaterkering waarvan het grootste deel in het beheer is van het Wetterskip Fryslân en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. De hoofdfuncties die beheerders over het algemeen definiëren bij boezemwaterkeringen zijn:

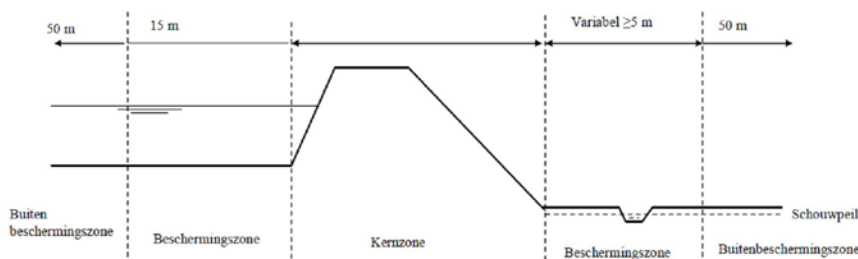
De bescherming van het achterliggende gebied tegen overstroming en de instandhouding van het boezemniveau ten behoeve van de waterhuishouding of als vaarweg.



Figuur 7. Meest voorkomende dwarsprofielen van boezemwaterkeringen (Binnekamp, 2006)

2.1.3. Beheer

Het beheer en de regelgeving van alles rondom boezemwaterkeringen ligt bij de waterschappen van Nederland. Gezien een boezemwaterkering onder de categorie 'regionale kering' valt, valt dit binnen de jurisdictie van de waterschappen. Voor de waterschappen zijn voornamelijk het vastgesteld leggerprofiel en profiel van vrije ruimte van de verschillende keringen van belang. Bij de beheerder geniet het de voorkeur dat er geheel geen kabels en leidingen in de kern van boezemwaterkeringen worden



Figuur 8. Voorbeeld van een leggerprofiel (HH Rijnland) (Rijnlanden)

geplaatst. Dit gebeurt liever buiten het leggerprofiel en zelfs buiten het profiel van vrije ruimte. Het leggerprofiel is de minimale afmeting welke de kering nog moet hebben om volgens de beheerder voldoende zijn functie te kunnen uitvoeren. Bij toepassing van de kabels en leidingen binnen het leggerprofiel zal de beheerder overtuigd moeten worden met betrekking tot de veiligheid van de aangelegde leidingen in combinatie met de waterkering. Pas als de beheerder wordt overtuigd en de vergunning wordt verstrekt, kan er overgegaan worden tot aanleg.

2.1.4. Kabels en leidingen

2.1.4.1. Algemeen

Kabels en leidingen is de verzamelnaam voor de nutsvoorzieningen die wij in Nederland kunnen leveren aan particulieren, bedrijven en instanties. In tegenstelling tot veel andere landen ligt het grootste deel van de kabels en leidingen in de bodem verwerkt. Door het gebrek aan ruimte bovengronds blijkt dit ook al jaren de beste oplossing om iedere inwoner van het land te voorzien van de basisbehoeften waar zij recht op hebben, zonder dat deze in het directe zicht liggen of voor buitenstaanders simpel toegankelijk zijn.

2.1.4.2. Kabels

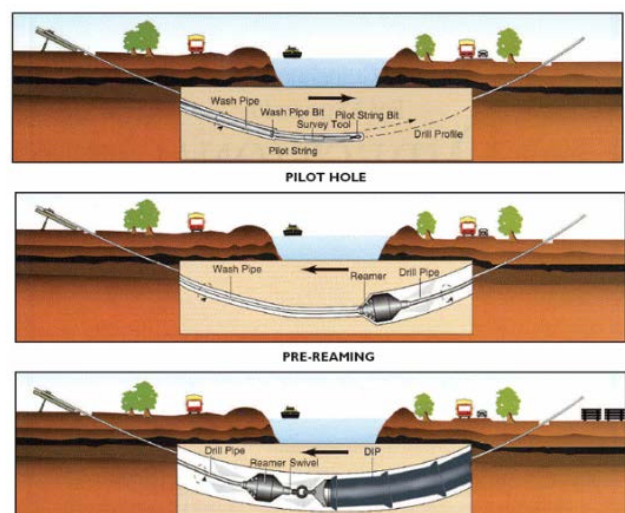
De definitie van een kabel is volgens de norm: "Geheel van geleiders welke voorzien zijn van een ommanteling en bestemd is voor transport van energie of data". Maar de term kabel wordt ook gebruikt voor soortgelijke constructie van glasvezel of coaxiaal geleidende kabels. Elektriciteitskabels zijn in Nederland in drie typen onder te verdelen, wetende; Laag-, midden-, en hoogspanningskabels. In Nederland worden de meeste kabels in de bodem geplaatst. De enige vorm van 'luchtlijn' die nog voorkomt in Nederland zijn zogeheten hoogspanningskabels. Hoogspanningskabels kunnen alleen onder specifieke omstandigheden in de bodem worden geplaatst door de grote hoeveelheid warmteontwikkeling die komt kijken bij de toepassing van dit soort kabels. Verder wordt onder kabels ook telecom, tv, netwerk en glasvezelkabels verstaan. Deze kunnen vrijwel altijd onder de grond geplaatst worden.

2.1.4.3. Leidingen

De definitie van een leiding is volgens de norm: "Buizen bestemd voor de geleiding van energie of materie". Buizen bestaan in twee verschillende vormen, te weten: Druk- en drukloze leidingen. Zowel druk als drukloze leidingen zijn toepasbaar in de bodem. In de bodem liggen verschillende soorten leidingen; Drink-, Afval- en Rioolwater, Gas en Industrie leidingen. Vooral drink en gasleidingen zijn hierin voorbeelden van drukleidingen en hebben op straatniveau een gemiddelde druk van respectievelijk 2 bar en 100 millibar.

2.1.4.4. Aanlegmethoden

Het aanleggen van kabels en leidingen en de methoden die hierbij gepaard gaan hebben in de laatste jaren van de vorige eeuw een enorme vlucht genomen. Waar het voorheen alleen mogelijk was om een sleuf te graven om de kabels en leidingen in te plaatsen, ontstonden er methoden als de GFT- boring, Avegaar boring en de HDD-boring. Deze methoden waren allemaal verlengden van boormethoden die gebruikt werden in de fossiele brandstoffenindustrie. Dankzij deze innovaties zijn deze methoden over de jaren steeds verder verbeterd. Vandaag de dag wordt de keuze welke aanlegmethode toegepast dient te worden situatieafhankelijk gemaakt. Dit zorgt voor grote flexibiliteit bij de



Figuur 9. Proces voorbeeld HDD-boring (VD Communication)

aanlegmogelijkheden en hierdoor is voor vrijwel elke situatie een oplossing denkbaar.

2.1.4.5. Renovatiemethoden

Ook het renoveren van leidingssystemen heeft de afgelopen jaren een vlucht gemaakt. Dit komt doordat het een goedkoper alternatief betreft wanneer de leidingen nog voor het grootste deel in goede staat verkeren, maar niet geheel functioneel of aan vervanging toe zijn. Op deze momenten kan renovatie een grote uitkomst zijn. Voorbeelden van de huidige renovatiemethoden zijn: Slipling, Thermoformen, Pipe-bursting, en Insitu-form*.

*Uitleg en werkwijzen van deze methoden zijn vindbaar in bijlage 2. Betreffende het vooronderzoek.

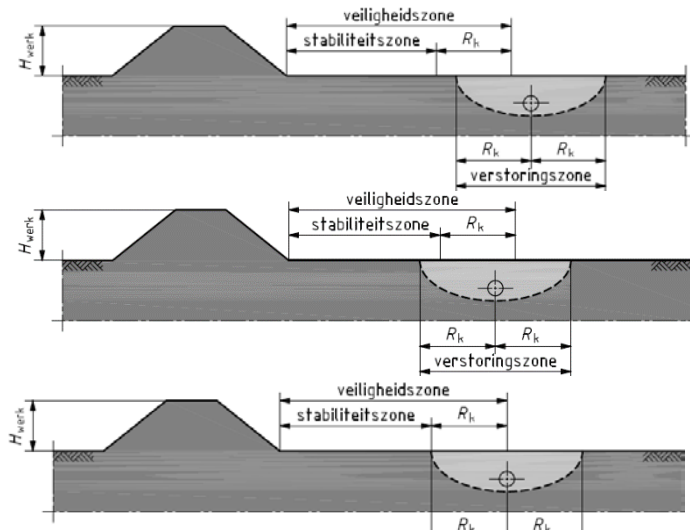
2.1.4.6. Normtoepassing

Ook bij kabels en leidingen zijn NEN-normen van toepassing. Deze NEN-normen geven uitgebreid weer waar het aanleggen van een kabel en leiding tracé aan moet voldoen en waar deze op getoetst moeten worden om te voldoen aan de eisen zoals deze volgens de norm worden gesteld. Dit natuurlijk wanneer de NEN-norm van toepassing is.

Voor dit onderzoek waren de benodigde NEN-normen: de 3650-1, 3650-3 en 3651. De 3650-1 en 3650-3 normen zijn bedoeld voor het berekenen van kabels en leidingen op hun materiaalsterkte met betrekking tot grondspanning.

Vervolgens is de 3651 norm de norm die over de sterkte van kabels en leidingen nabij waterstaatswerken gaat. Wanneer er

een keuze wordt gemaakt ten behoeve van de aanleg van een tracé in de kernzone van een waterstaatswerk, zal de minimale eis van de beheerder zijn dat de leiding voldoet aan toetsing van de bovenstaande normen. Deze normen zijn opgesteld vanuit de praktijk, waar door jarenlang ervaring is geconstateerd, hoe om te gaan met kabels en leidingen nabij of in waterstaatswerken. Hierop zijn ook alle berekenmethoden gebaseerd.



Figuur 10. Voorbeelden van toepassingsgebied NEN3651 norm (NEN, 2012)

2.2. Praktijkonderzoek

2.2.1. Introductie

Om tot een waardige conclusie en advies te komen, is advies vanuit de praktijk van groot belang. Doordat het bij dit afstudeeronderzoek een probleem betreft wat zich manifesteert als een écht praktijkprobleem, was het van groot belang om contact te zoeken met collegae uit de praktijk om hun meningen en adviezen mee te nemen in de conclusie en het advies.

Door gebruik te maken van het netwerk van de Hogeschool Rotterdam, RPS en eigen initiatief, is het gelukt om gesprekken te voeren met verschillende collegae die zicht hebben op hoe de praktijk de problematiek rond het onderwerp ervaart. Hierbij zijn gesprekken gevoerd met de volgende collegae:

Naam	Bedrijf/Instantie	Functie
Dhr. A.J.W. de Beijer	Waterschap Hollandse Delta	Projectmanager Kabels en Leidingen/ Secretaris expertise netwerk leidingen in waterstaatswerken
Dhr. H. van den Broek	Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard	Vergunningverlener
Dhr. H. Mebius	RPS advies- en ingenieursbureau	Projectmanager
Dhr. B. van der Vlies	RPS advies- en ingenieursbureau	Senior projectengineer

Tabel 3. Tabel met praktijkexperts t.b.v. gesprekken

*De complete notities van de gesprekken zijn terug te lezen in bijlage 3. Betreffende de huidige situatie.

De verwachting van deze gesprekken was dat er met enige mogelijkheid een eenduidig beeld zou ontstaan van de huidige situatie. Hieruit kon dan een bruikbare insteek uit worden gehaald voor de benadering van het onderzoek.

2.2.2. Redenvoering

In de gesprekken met de verschillende collegae uit de praktijk is er de intentie geweest om zoveel mogelijk vragen te stellen over de situatie in zijn huidige staat. Nederland beschikt over goede en relatief strenge regelgeving wat betreft waterkeringen om zo logischerwijs inwoners veiligheid te kunnen bieden in geval van hoog water of andere risico's. Hier staat tegenover dat de basisbehoeften van mensen een recht zijn. Wanneer de kern of veiligheidszone van een boezemwaterkering de enige optie is voor het plaatsen van kabels en leidingen wordt dit toch met tegenzin toegelaten. De vraag van belang voor dit onderzoek is dan ook; waar ligt deze grens en als er toch tot aanleg wordt overgegaan, wat wordt dan als minimaal nodig geacht?

2.2.2.1. Techniek

De techniek bepaald logischerwijs voor een groot deel wat mogelijk is bij initiële overwegingen van het plaatsen van kabels en leidingen tracés in boezemwaterkeringen. Mede dankzij technieken als HDD-boringen, Direct-pipe boringen en Boogboringen zijn er veel mogelijkheden waarop er een tracé kan worden aangelegd. Tevens is wat er mogelijk is met deze technieken ook zeer uitgebreid.

Wat duidelijk naar voren komt uit de gesprekken met betrekking tot de techniek in huidige en toekomstige situaties, is dat het probleem van het aanleggen van kabels en leidingen in boezemwaterkeringen mogelijk wel ooit opgelost kan worden met techniek. Maar dit is niet het voornaamste aanwezige probleem. Wat hiermee bedoeld wordt: is dat er met de techniek op dit moment véél meer mogelijk is dan dat de regelgeving toelaat. Zolang deze regelgeving dus logischerwijs geen veranderingen ondervindt, zullen de technieken ook niet altijd de veiligheid bieden

die benodigd is. Een belangrijk technisch deel wat wel meermaals terugkomt in de gesprekken is dat bundeling van de aan te leggen kabels en leidingen tracés nog te weinig gebeurt. Dit resulteert bij het aanleggen van nutsvoorzieningen vaak in het meermaals openmaken van hetzelfde stuk grond om een andere nutsvoorziening in hetzelfde tracé te plaatsen. Bij bundeling kunnen nutsbedrijven verplicht worden om tegelijkertijd hun kabels of leidingen in een mantelbuis te laten plaatsen. Dit is een vermindering van de bodemberoering en hierdoor is het risico op een verzwakking van de waterkering ook kleiner.

2.2.2.2. Regelgeving

De regelgeving ten behoeve van kabels en leidingen in en nabij waterkering wordt vrijwel altijd bepaald door de bijbehorende Nen-normen. Deze geven in grote lijnen aan wat de minimum benodigde eisen zijn waar de leiding aan dient te voldoen. Deze regelgeving is in zijn geheel opgesteld vanuit het ELW. Dit expertisenetwerk is verantwoordelijk voor het bepalen van de actuele regelgeving die uitgeschreven staat in de Nen-normen. Voornamelijk de NEN3651 is afkomstig van hun hand. In de toekomst wordt verwacht dat hier weinig aan veranderd hoeft te worden. De NEN3651 verandert mee met nieuwe technieken en krijgt aanvullingen met betrekking tot deze technieken. Tevens past o.a. de ELW de regelgeving ook aan als een techniek veilig genoeg wordt geacht. De Nen-normen zijn hierin de hoeksteen van het veilig toepassen van kabels en leidingen in waterkeringen. Hierin wordt goed werk verricht en er is niet de gedachte dat er iets schort aan de regelgeving. Door het goed toepassen van deze normen wordt het risico op dijkdoorbraken zo klein mogelijk gehouden en dit is iets wat permanent nagestreefd moet worden, zoals nu gebeurt.

2.2.2.3. Overige bevindingen

Overige bevindingen die regelmatig naar voren kwamen, die niet gecategoriseerd konden worden onder een van de bovenstaande categorieën werden ook in het onderzoek meegenomen. Zo was een belangrijk gespreksonderwerp: het gebruik van eigen aannemers door nutsbedrijven bij het aanleggen van kabels en leidingen tracés. Het gunnen van de aanleg van het gehele tracé aan één en dezelfde aannemer resulteert regelmatig in een ongecontroleerd, onlogisch en geld verspillend proces waarbij er meerdere aannemers vrijwel tegelijk werkzaam zijn in een sleuf of gebied. Hierbij ontstaat er tevens een vergroot risico dat er schade ontstaat aan kabels of leidingen die al in het tracé zijn geplaatst.

Een voorbeeld van een oplossing die dit probleem in de toekomst zou kunnen voorkomen is iets soortgelijks is de netbeheerderscoalitie 'Structin'. Structin is een samenwerking van verschillende nutsbedrijven die zich inzetten bij het gezamenlijk aanleggen van kabels en leidingen tracés bij nieuwbouwwijken. De oplossing zou bijvoorbeeld kunnen zijn; dat er een soortgelijk overkoepelend orgaan ontstaat bij de beheerder van waterkeringen of ander deel van de overheid, dat een gezamenlijke aanleg afdwingt. Dit vermindert de hoeveelheid beroerde grond in een waterkering naar verwachting aanzienlijk en versimpelt het aanlegproces.

Ook is er, zoals eerder al aangestipt, het probleem dat van oudsher nutsbedrijven niet altijd hun voorzieningen nabij een andere bepaalde voorziening hebben liggen. Voorbeelden hiervan zijn dat telecombedrijven hun kabels liever niet naast elkaar geplaatst zien worden en dat elektriciteitskabels en waterleidingen liever niet naast elkaar geplaatst willen worden. Deze gedachte is volgens verschillende gesprekspartners enigszins achterhaald en moet opgelost kunnen worden doormiddel van kabelgeleiders toe te passen in combinatie met een mantelbuis. Door alle kabels en leidingen in waterkeringen te plaatsen in mantelbuizen is niet alleen maar een enkele boring of ontgraving benodigd maar is er tevens een tweede vloeistof kerende buis aanwezig in het geval van breuken. Dit is mogelijk een oplossing die zowel de veiligheid verhoogd en de bundeling min of meer verplicht maakt. In combinatie met een beheerder voor de mantelbuis die het moment van aanleggen bepaald, kunnen de bovenstaande problemen mogelijk opgelost worden.

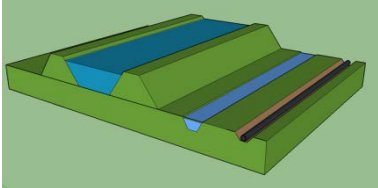
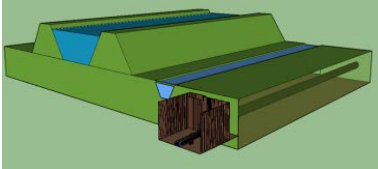
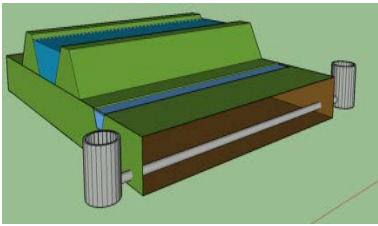
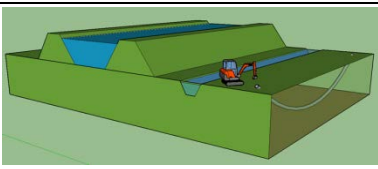
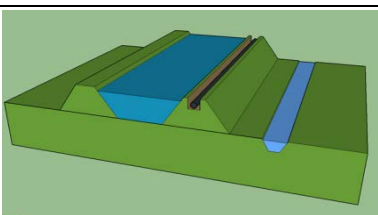
3. VARIANTENSTUDIE

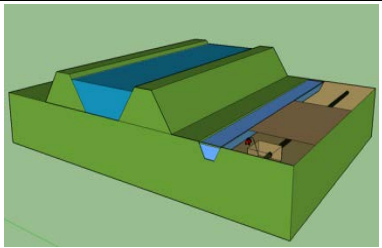
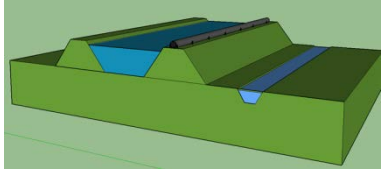
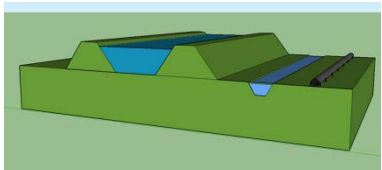
3.1. Introductie

Doordat de huidige situatie en de wensen voor de toekomst in kaart zijn gebracht en concreet zijn gemaakt, kan er gekeken worden naar mogelijke oplossingen. Om hiermee van start te gaan heeft er een brainstormsessie plaatsgevonden, waarbij rekening werd gehouden met wat er praktisch mogelijk is en wat van mogelijke oplossingen verwacht werd.

Uit deze brainstormsessies volgde een zogeheten “variantenstudie”. Deze variantenstudie is een document waarbij voor elke bedachte variant een korte omschrijving wordt gemaakt alvorens de voor- en nadelen ervan te bepalen. Dit document dient als verduidelijking van de varianten en als onderbouwing van de keuzes die vanuit de brainstormsessie zijn gemaakt. In de variantenstudie wordt er tevens voor het eerst een onderscheid gemaakt tussen een variant die toepasbaar moet worden op korte afstand en een variant die toepasbaar moet worden op langere afstanden. De reden van dit onderscheid heeft te maken met het feit dat er grote verschillen zitten in op welke wijze de aanlegmethoden goed bruikbaar zijn op lange of korte afstanden. Hierom zal een variant worden gedefinieerd voor elke aparte situatie.

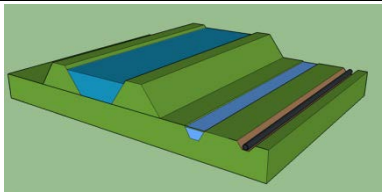
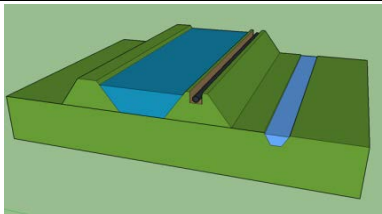
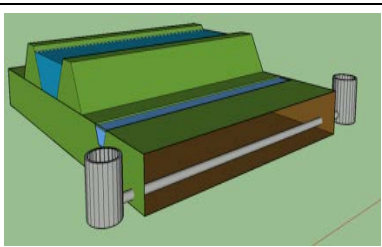
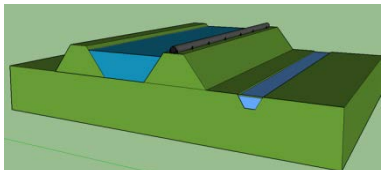
3.2. Lijst van varianten voor korte afstand

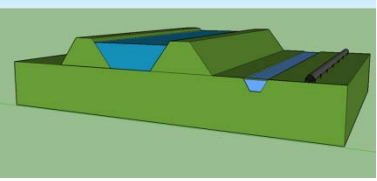
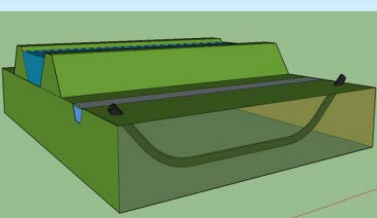
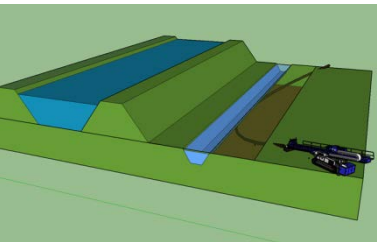
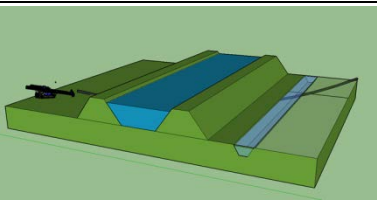
<i>Varianten voor korte afstand</i>		
Schets variant	Naam	Voordeel/Nadeel
	Sleufontgraving buiten veiligheidszone	Voordeel: Meldplicht meestal voldoende Nadeel: Kans op aanwezige obstakels is groter
	Avegaarboren buiten de veiligheidszone	Voordeel: Heeft enkel bij het in- en uittredepunt grondberoering Nadeel: Methode kan niet toegepast worden in de buurt van grondwater
	Gesloten front boring buiten de veiligheidszone	Voordeel: Aanleg kan verlengd worden met behulp van ontvangst- en vertrekschachten Nadeel: Relatief dure oplossing door benodigde (permanente) vertrek- en ontvangtschacht
	Boogboring	Voordeel: Weinig bodemberoering, buiten in- en uittredepunt Nadeel: Techniek nog niet volledig opgenomen in NEN3651 norm
	Sleufontgraving in de kruin van de waterkering, buiten het leggerprofiel	Voordeel: Relatief simpele variant om aan te leggen Nadeel: Vergunningsplicht is aanwezig bij deze variant

	Pneumatisch boren buiten de veiligheidszone	Voordeel: Weinig beroering van de bodem, buiten een kuil als vertrekpunt Nadeel: Wordt afgeraden om te gebruiken rondom keringen door de NEN3651 norm.
	Bovengrondse mantelbuis binnen de veiligheidszone	Voordeel: Geen ontgraving benodigd Nadeel: Invloeden van buitenaf zijn van groter risico
	Bovengrondse mantelbuis buiten de veiligheidszone	Voordeel: Geen ontgraving benodigd Nadeel: Neemt bovengronds veel ruimte in buiten het dijkprofiel

Tabel 4. Tabel met aanlegvarianten korte afstand

3.3. Lijst van varianten voor lange afstand

Varianten voor lange afstand		
Schets variant	Naam	Voordeel/Nadeel
	Sleufontgraving buiten veiligheidszone	Voordeel: Meldplicht meestal voldoende Nadeel: Kans op aanwezige obstakels is groter
	Sleufontgraving in de kruin van de waterkering, buiten het leggerprofiel	Voordeel: Relatief simpele variant om aan te leggen Nadeel: Vergunningsplicht is benodigd bij deze variant
	Gesloten front boring buiten de veiligheidszone	Voordeel: Aanleg kan verlengd worden met behulp van ontvangst- en vertrekschachten Nadeel: Relatief dure oplossing door benodigde (permanente) vertrek- en ontvangstschacht
	Bovengrondse mantelbuis binnen de veiligheidszone	Voordeel: Geen ontgraving benodigd Nadeel: Invloeden van buitenaf zijn van groter risico

	Bovengrondse mantelbuis buiten de veiligheidszone	Voordeel: Geen ontgraving benodigd Nadeel: Neemt bovengronds veel ruimte in buiten het dijkprofiel
	Rechte HDD boring buiten veiligheidszone	Voordeel: Weinig tot geen risico op stabiliteit van de waterkering door aanleg buiten veiligheidszone Nadeel: De boring is stuurbaar, maar wortels e.d. kunnen problemen geven
	Gebogen HDD boring op diepte, deels binnen de veiligheidszone en beschermingszone	Voordeel: De in- en uitgang van de boringen liggen in de veiligheidszone. Dit is gunstiger voor de vergunningsverlening Nadeel: Moet op een goede diepte worden aangelegd om geen invloed te hebben op de stabiliteit
	HDD boring door schuine verbindingen	Voordeel: Kan aan twee zijden van de boezem verbonden worden t.b.v. huisaansluitingen Nadeel: Hoeveelheid boorstrengen zorgt voor een duurdere variant

Tabel 5. Tabel met aanlegvarianten lange afstand

Het is met het oog op de beschikbare ruimte niet mogelijk om elk van deze varianten op een wijze te benaderen waarop ze op een concreet technische manier met elkaar te vergelijken zijn. In principe is het zo dat in theorie, elk van deze varianten toepasbaar zijn in de buurt van boezemwaterkeringen.

Daarom is deze variantenstudie ook voor een groot deel een antwoord op de onderzoeksvraag. Deze lijst is een goed voorbeeld van een scala aan mogelijkheden waarop kabels en leidingen samen kunnen gaan met boezemwaterkeringen. Aangezien het ten behoeve van het beschikbare tijdsbestek niet mogelijk is om elk van deze varianten te berekenen, wordt er voor de varianten een MCA opgesteld waarmee de beste hiervan wordt getest in een praktijksituatie.

3.4. Lijst van varianten voor materialen

Varianten voor materialen		
Variant	Naam	Voordeel/Nadeel
 Bron: (gebruiktebestrating.nl)	Beton	Voordeel: Hoge materiaalsterkte Nadeel: Slecht vervormbaar door stijve materiaaleigenschappen
 Bron: (mijnklimaatshop.nl)	Polyvinylchloride (PVC)	Voordeel: Zeer licht materiaal Nadeel: Kan niet in hele kleine stralen vervormd worden alvorens het breekt
 Bron: (Walraven)	Polyethyleen (PE)	Voordeel: Relatief hoge materiaalsterkte met kleine minimum radius Nadeel: Duurzaamheid is niet heel groot door toepassing van halffabricaten van olie
 Bron: (Stolkstaal)	Staal	Voordeel: Hoge materiaalsterkte Nadeel: Relatief duur per strekkende meter

Tabel 6. Tabel met materiaalvarianten

Voor de materialen zal tevens een MCA opgesteld worden waarvan doormiddel van bekende parameters het best toepasbare materiaal kan worden bepaald.

4. VARIANTKEUZE - MCA

Het Multi Criteria Analyse is een vergelijksmethode van de varianten uit de variantenstudie. Op deze wijze wordt een keuze gemaakt tussen de verschillende varianten zodat er, met het oog op de tijdsraming, een technische uitwerking gedaan kan worden van een variant op korte- en lange afstand die het beste wordt geacht. Hieronder zijn de resultaten van de drie MCA toetsingen die zijn afgenomen beknopt beschreven in het rapport.

4.1.1. Opbouw MCA

In de MCA worden de varianten op een aantal criteria gewaardeerd die belangrijk worden geacht voor de toepassing van de variant in kwestie. De criteria zijn opgesteld vanuit de ervaringen uit het vooronderzoek en literatuur/praktijk onderzoek en zijn gebaseerd op wensen die geuit worden vanuit de onderzoeken of de regelgeving.

Sommige criteria wegen zwaarder dan andere. Zo is er duidelijk geworden dat veiligheid de boventoon voert bij alle nieuwe of te vervangen kabels en leidingen tracés in de buurt van boezemwaterkeringen. In dit MCA hebben criteria die gerelateerd zijn tot de veiligheid dan ook een zogeheten 'invloed factor' meegekregen waarbij de score voor die criteria meermaals meetelt. Hieronder is een overzicht opgesteld van de criteria waar de varianten- en de materialen op getoetst zijn.

Criteria varianten	Invloed factor
Eenvoud van methode	X1
Technische toepasbaarheid	X2
Extra mogelijkheden bij toepassing aanlegmethode	X3
Verwachte invloed op de stabiliteit van de waterkering	X3
Verwachte aanlegkosten	X3
Duurzaamheid	X2
Hoeveel ruimte inname tijdens aanleg	X2
Hoeveel ruimte inname na aanleg	X2
Sleuf- niet sleuf loos	X2
Inpasbaarheid omgeving	X1

Tabel 7. Tabel met criteria varianten t.b.v. MCA

Criteria materialen	Invloed factor
Levensduur	X3
Duurzaamheid	X2
Materiaalgewicht	X2
Materiaalsterkte	X3
Vervormbaarheid	X2
Geschatte kosten per m ¹	X3
Minimum radius	X1
Kwaliteit bij bijzondere invloeden van buitenaf	X1
Flexibiliteit fabricage	X1

Tabel 8. Tabel met criteria materialen t.b.v. MCA

*Onderbouwing van gekozen criteria is te vinden in bijlage 6. Betreffende het MCA.

4.1.2. Conclusies MCA

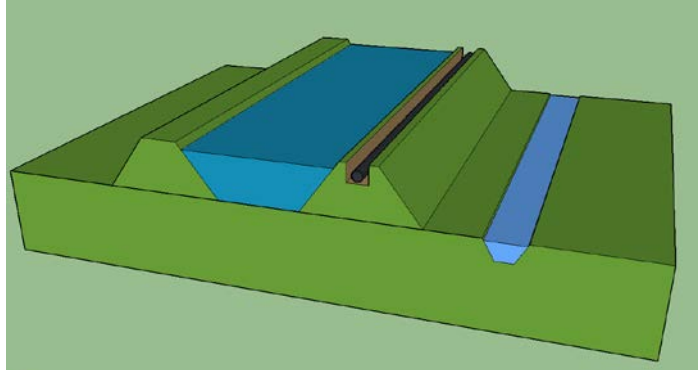
4.1.2.1. Gekozen variant voor korte afstanden

Voor de variant op korte afstand is met de eerder gedefinieerde score opbouw en criteria gekozen voor de variant waarbij de mantelbuis (met inhoud) wordt aangelegd met behulp van een 'Sleufontgraving in de kruin van de waterkering, buiten het leggerprofiel'.

De variant scoorde voornamelijk hoog op criteria als: eenvoud van methode, Technische- toepasbaarheid en mogelijkheden en verwachte aanlegkosten.

Deze variant zal dus samen met de variant voor lange afstanden verder worden uitgewerkt of het technisch- mogelijk en haalbaar is om toe te passen.

Bovendien wordt getoetst of de variant kan voldoen aan de regelgeving zoals deze beschreven staat in de norm



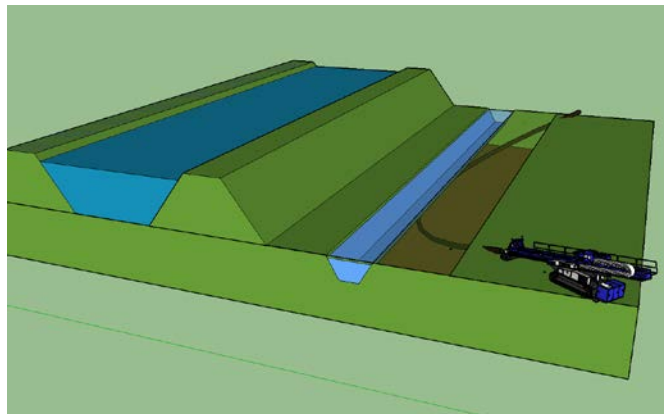
Figuur 11. Gekozen variant voor korte afstanden

4.1.2.2. Gekozen variant voor lange afstanden

Voor de variant op lange afstanden is met de eerder gedefinieerde score opbouw en criteria gekozen voor de variant waarbij de mantelbuis (met inhoud) wordt aangelegd met behulp van de 'Gebogen HDD boring op diepte, binnen de veiligheidszone/beschermingszone'.

De variant scoorde voornamelijk hoog op criteria als: Technische- toepasbaarheid en mogelijkheden en verwachte invloed op stabiliteit van de waterkering

Deze variant zal dus samen met de variant voor korte afstanden verder worden uitgewerkt of het technisch- mogelijk en haalbaar is om toe te passen. Bovendien wordt getoetst of de variant kan voldoen aan de regelgeving zoals deze beschreven staat in de norm.



Figuur 12. Gekozen variant voor lange afstanden

4.1.2.3. Gekozen toepassingsmateriaal varianten

Voor het materiaal wat gebruikt wordt bij beide gekozen varianten is tevens een MCA opgesteld. Ook hier werd gebruik gemaakt van de eerder genoemde score opbouw en criteria om te bepalen wat het toepassingsmateriaal werd. Het gekozen materiaal was hierbij PE (Polyethyleen). Het materiaal scoorde voornamelijk hoog bij criteria als: Levensduur, Materiaalgewicht en Vervormbaarheid. Hierom zal PE gebruikt worden als materiaal ten behoeve van sterkteberekeningen en overige zaken waar dit van toepassing is.

4.1.3. Beknopte MCA-uitkomsten

Hieronder staan in de tabellen de beknopte MCA-uitkomsten omschreven. De groene waarde betreft de uiteindelijk winnende variant. Voor het volledige overzicht van de MCA's, met criteria en totstandkoming, wordt er verwezen naar bijlage 6.

De scores die zijn gegeven voor de varianten op korte afstand zijn als volgt gedefinieerd:

Criteria - Varianten aanleg op korte afstand	Sleufontgraving buiten de veiligheidszone	Avegaarboring buiten de veiligheidszone	Gesloten front boring buiten de veiligheidszone	Boogboring	Sleufontgraving in de kruin van de waterkering, buiten het leggerprofiel	Pneumatisch boren buiten de veiligheidszone	Bovengrondse mantelbuis binnen de veiligheidszone	Bovengrondse mantelbuis buiten de veiligheidszone
	Score	Score	Score	Score	Score	Score	Score	Score
Totale score:	34	30	31	36	35	32	28	28
Totale score met invloedsfactoren:	74	72	67	72	76	67	64	64

Tabel 9. MCA puntenverdeling varianten korte afstanden

De scores die zijn gegeven voor de varianten op lange afstand zijn als volgt gedefinieerd:

Criteria - Varianten aanleg op lange afstand	Sleufontgraving buiten de veiligheidszone	Sleufontgraving in de kruin van de waterkering, buiten het leggerprofiel	Gesloten front boring buiten de veiligheidszone	Bovengrondse mantelbuis binnen de veiligheidszone	Bovengrondse mantelbuis buiten de veiligheidszone	Rechte HDD boring buiten de veiligheidszone	Gebogen HDD boring op diepte binnen de veiligheidszone/beschermingszone	HDD boring schuin verbonden
	Score	Score	Score	Score	Score	Score	Score	Score
Totale score:	34	30	31	36	35	45	46	44
Totale score met invloedsfactoren:	74	76	67	64	64	95	96	91

Tabel 10. MCA puntenverdeling varianten lange afstanden

De scores die zijn gegeven voor de toepassingsmaterialen:

Criteria - Materialen	Beton	PVC	PE	Staal
	Score	Score	Score	Score
Totale score:	26	36	40	30
Totale score met invloedsfactoren:	54	73	79	61

Tabel 11. MCA puntenverdeling toepassingsmaterialen

5. TECHNISCHE BENADERING VARIANTEN

5.1. Introductie

Om te kunnen bepalen of de gekozen varianten ook toepasbaar kunnen zijn op de voor het onderzoek gekozen gebied, zullen zij technisch getest moeten worden. Dit houdt in dat er getoetst moet worden op de eisen en regelgevingen die van toepassing zijn op ondergrondse infrastructuur in of nabij waterstaatswerken. Hierbij zullen voornamelijk de NEN3650 en NEN3651 van toepassing zijn. De variant over korte afstand zal een handberekening betreffen waarbij de theorie in de Nen-norm leidend zal zijn voor het verloop van de berekening. De variant over lange afstand zal een berekening betreffen die gemaakt zal worden met het computerprogramma 'Sigma'. Redenvoering hiervoor is de complexiteit van de berekeningswijze waarop een HDD boring uitgerekend moet worden gecombineerd met dat dit niet in het beschikbare tijdsbestek haalbaar was. Voor de complete berekening en details wordt verwezen naar bijlage 7. Betreffende de technische benadering.

5.2. Randvoorwaarden

5.2.1. Bodemopbouw

Om een berekening aan een mantelbuis in een boezemwaterkering te verrichten is er natuurlijkerwijs een bodemopbouw van een boezemwaterkering benodigd. Ten behoeve van de berekening aan de voorgestelde varianten, is er gevraagd aan afstudeerbegeleider Sake Essink om een drietal bodem opbouwen van boezemwaterkeringen te bepalen. Deze bodem opbouwen moesten dan zoveel mogelijk breed representatief zijn voor boezemwaterkeringen in de gebieden van de Hoogheemraadschappen zoals deze eerder omschreven zijn.

Hieruit volgde de onderstaande drie bodem opbouwen waar de berekeningen op gebaseerd zijn. Het betreft de bodemopbouw van een: veendijk, kleidijk en een kleidijk met zand tussenlaag.

Peilen op locatie	Veendijk	Kleidijk	Kleidijk met zandtussenlaag		
Waterpeil poldersloot	-4,5 m NAP	-4,5 m NAP	-4,5 m NAP		
Veiligheidszone binnentalud	-4 m NAP	-4 m NAP	-4 m NAP		
Verhang binnentalud	1:4	1:3	1:3		
Breedte kruin	3 m	3 m	3 m		
Kruinhoogte	+0 NAP	+0 NAP	+0 NAP		
Verhang buitentalud (tot - 0,5 m alleen voor veendijk)	1:1,5	1:1	1:1		
Verhang buitentalud (van - 0,5 tot -4 m)	1:2	-	-		
Boezempeil	-0,5 m NAP	-0,5 m NAP	-0,5 m NAP		
Waterdiepte	2 m	2 m	2 m		
Veendijk		Kleidijk		Kleidijk met zand tussenlaag	
Toplaag(Potgrond)	Tot -1 m NAP	Toplaag(Potgrond)	Tot -1 m NAP	Toplaag(Potgrond)	Tot -1 m NAP
Veen	Tot -5 m NAP	Klei schoon	Tot -6 m NAP	Klei schoon	Tot -4,75 m NAP
Klei-Hummeus	Tot -7 m NAP	Klei siltig	Tot -8 m NAP	Zand	Tot -6 m NAP
Klei siltig	Tot -10 m NAP	Klei humeus	Tot -10 m NAP	Klei siltig	Tot -8 m NAP
Basisveen	Tot -11 m NAP	Basisveen	Tot -11 m NAP	Klei humeus	Tot -10 m NAP
Pleistocene zand	∞	Pleistocene zand	∞	Basisveen	Tot -11 m NAP
				Pleistocene zand	∞

Tabel 12. Tabel voor bodemopbouw representatieve boezemwaterkeringen

5.2.2. Bundeling

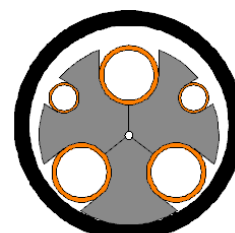
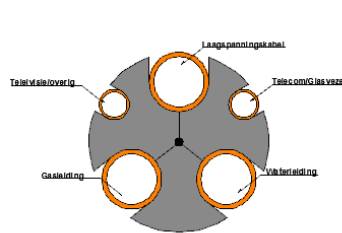
Omwille van de eerdere conclusie dat bundeling een van de wensen is van praktijkexperts, wordt in de technische benadering ook hier een verder ontwerp voor gemaakt. De mantelbuis moet één sterkteklasse (SDR) sterker zijn dan de medium voerende buizen die er binnenin geplaatst worden.

Hierop zijn twee configuraties ontworpen waarop kabels en leidingen gebundeld geplaatst kunnen worden in de boezemwaterkeringen.

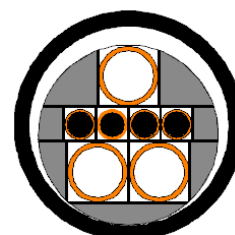
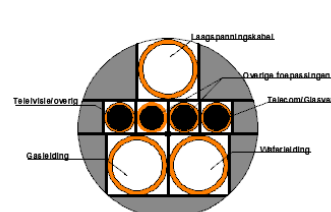
Mogelijkheid 1 is een geteste variant van de aannemer Visser en Smit Hanab en mogelijkheid 2 is een 2^e ontworpen

mogelijkheid die meer ruimte geeft aan verschillende soorten bekabeling. Maar hetzelfde principe hanteert. Beide mogelijkheden hebben hun eigen voor- en nadelen.

Mogelijkheid 1



Mogelijkheid 2



Figuur 13. Voorstel mogelijkheden voor bundeling in mantelbuis

Voordelen van het bundelen van kabels en leidingen met een kabels en leidingenscheider zijn onder andere; De vermindering van bodemberoering bij aanleg, Mantelbuis doet dienst als 2^e medium kerende wand, Verhoogde zakkingscoëfficiënt voor medium voerende leidingen binnenin de mantelbuis en de scheiding van voorzieningen.

5.3. Berekeningsmethode korte variant

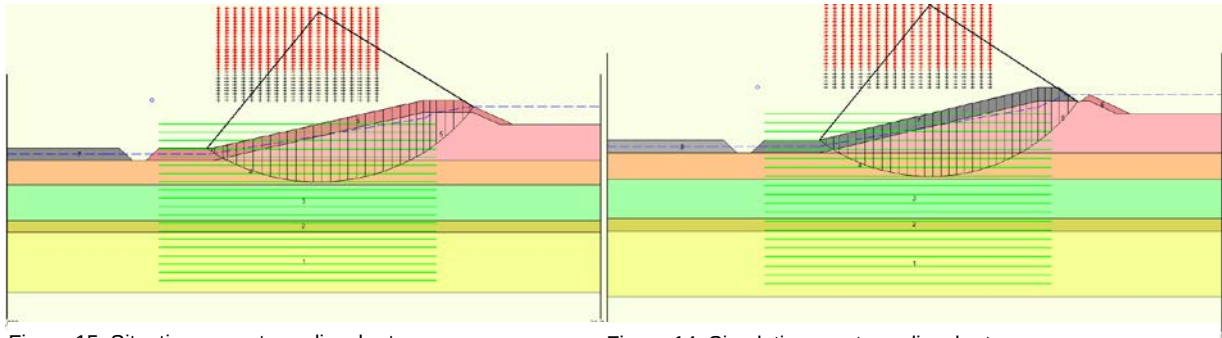
Om de korte variant te berekenen en toetsen werd, zoals eerder vermeld, gebruik gemaakt van de richtlijnen zoals deze vermeld staan in de NEN3650-1, NEN3650-3 en NEN3651. In deze berekeningen wordt er normaliter gerekend met enkel medium voerende buizen die geplaatst worden in of in de buurt van een waterkering. Omdat de voorgestelde variant een mantelbuis betreft, waren sommige berekeningen toepasbaar op de mantelbuis en sommige berekeningen op de medium voerende buizen binnen in de mantelbuis. Deze onderverdeling was gelijk in alle drie de referentie bodem opbouwen en het overzicht is als volgt:

Toetsing op	Toepasbaar op
Optredende spanning in omtrekriching van de leiding	Mantelbuis
Optredende spanning in langsrichting van de leiding	Mantelbuis
Ringstijfheid	Mantelbuis
Implosie	Mantelbuis
Test dik- of dun wandig & deflectie	Mantelbuis
Spanning en verplaatsing t.g.v. grondspanning	Mantelbuis
Momenten door direct- en indirect grondbelasting	Mantelbuis
Ontgrondingskrater en kuil door gas	Medium voerende gasleiding
Explosiekrater gas	Medium voerende gasleiding
Verwekingszone gas	Medium voerende gasleiding
Ontgrondingskrater en kuil door water	Medium voerende waterleiding

Tabel 13. Tabel met toepasbaarheid van toetsing variant korte afstand

Uit de toetsing volgde vervolgens of de mantelbuis voldeed in de voorgestelde bodem opbouw en wat de maatgevende verstoringszone betrof. Met de maatgevende verstoring, kon bepaald worden of de voorgestelde waterkeringen de verstoringszone van de berekende buizen kon weerstaan.

De wijze waarop dit werd ondernomen was door de waterkeringen te simuleren in het computerprogramma D-Geo Stability van Deltares. In D-Geo stability werd eerst gepoogd de kering te recreëren en te simuleren. Dit om te bepalen of de startsituatie een stabiele situatie betrof. Vervolgens werd de afmeting van de verstoringszone aan bodemlagen verwijderd uit de waterkering. Tevens werd de waterstand verder geplaatst indien deze de hoogte van de nieuwe situatie overschreed. Het figuur hieronder illustreert de voor- en na situatie van de veendijk bodemopbouw.



Figuur 15. Situatie voor ontgrondingskrater

Figuur 14. Simulatie na ontgrondingskrater

5.4. Conclusie toetsing korte varianten

Uit de toetsing op de variant voor korte afstanden is te concluderen dat het een oplossing is die in de voorgestelde waterkeringen en opbouwen prima functioneel is. Hierbij zijn de aanwezige spanningen en momenten bepaald op de mantelbuis en hierin voldoet deze in elke bodemopbouw. Tevens is er bij de berekeningen uit gegaan van het breken van de maatgevende medium voerende leiding binnenin de mantelbuis. Wanneer deze medium voerende leiding compleet zou falen, zou wat hierboven beschreven is het schadegevolg zijn bij deze leidingafmetingen.

Verwaarloosd in deze berekeningen is dat de mantelbuis dient als een 2^e medium kerende wand die tevens één wandsterkteklasse hoger is dan de medium voerende leidingen (dit verschil is tussen SDR11 naar SDR13,6). De verhoogde wandsterkteklasse van de mantelbuis is een verplichting vanuit de Nen-norm en zorgt in dit geval voor een extra veiligheidsfactor. De bepaling van de schade met de mantelbuis inbegrepen valt berekening technisch buiten de scope en tijdsraming van dit onderzoek. Wel kan geconcludeerd worden dat zelfs zonder de mantelbuis de schade die de medium voerende leidingen kunnen aanrichten niet voldoende is om de waterkering te laten bezwijken.

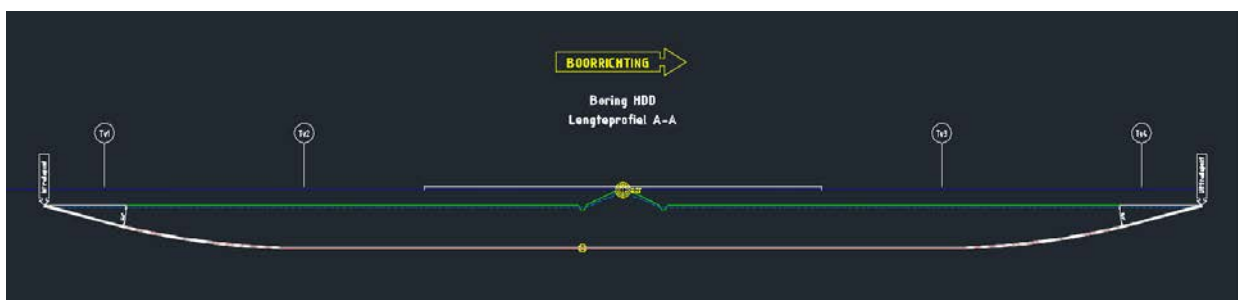
5.5. Berekeningsmethode lange variant

Om de lange variant te berekenen en te toetsen werd gebruik gemaakt van het computerprogramma Sigma. Dit programma, wat ontwikkeld is door Adviesbureau Schrijvers, is gemaakt om complexe sterkteberekeningen uit te voeren voor verschillende leiding aanlegmethoden. Met behulp van dit programma zijn de sterkteberekeningen uitgevoerd die benodigd zijn. Hiermee kon bepaald worden of de gekozen variant op lange afstand technisch toepasbaar is. Het programma werkt volgens alle toepasbare normen waaronder de NEN-3650-1, NEN3650-3, NEN-3651 en NEN-1997. Tevens worden uit deze NEN-normen waarden onttrokken om de sterkteberekening van de buis naar behoren te berekenen. Bij een HDD-boring wordt in Sigma enkel berekend op de sterkte van de mantelbuis wanneer deze drukloos is. Hierbij zijn berekeningen voor explosiekraters niet benodigd, omdat de mantelbuis een 2^e kerende laag is en hierom is dit niet benodigd. In de situatie van deze berekening is dit het geval.

Toetsing op	Toepasbaar op
Berekening trekkrachten op leiding tijdens intrekken	Mantelbuis
Berekenen benodigde trekkracht i.v.m. wrijving door grondreactie	Mantelbuis
Spanningen op leiding bovengronds	Mantelbuis
Optredende spanning in omtrekriching van de leiding	Mantelbuis
Optredende spanning in langsrichting van de leiding	Mantelbuis
Ringstijfheid	Mantelbuis
Implosie	Mantelbuis
Test dik- of dunwandig & deflectie	Mantelbuis
Spanning en verplaatsing t.g.v. grondspanning	Mantelbuis
Momenten door direct- en indirect grondbelasting	Mantelbuis

Tabel 14. Tabel met toepasbaarheid van toetsing variant lange afstand

Door de korte tijdsspanne waarbij het programma gebruikt kon worden voor het onderzoek is er een aantal concessies gemaakt ten opzichte van de input van het programma. Zo was het relatief lastig, al dan niet onmogelijk, om combi-bogen toe te passen met het programma. Dit resulteert in een oplossing waarbij de leiding als een geheel wordt aangebracht en waarbij de situatie kunstmatig wordt gesimuleerd.



Figuur 16. Schematische tekening getoetste HDD-boring

Dit houdt hierbij in dat de mantelbuis als een rechte aanleg wordt beschouwd waarbij de situatie aan beide zijden wordt gespiegeld. Op deze wijze wordt de situatie van de grondslag gelijk gemaakt bij zowel in- en uittreding, waardoor de boring kunstmatig wordt 'gesimuleerd'. Hierbij zijn de waarden gelijk als wanneer de boring aan dezelfde zijde weer naar boven zou komen. Het enige hekel punt wat hierbij niet nader bepaald kan worden is de combi-bocht, waarbij de leiding door buiging in zowel de X-as als Z-as een kleinere minimale straal krijgt dan wanneer deze enkel in de Z-as wordt gebogen. Hiermee zal dus rekening gehouden moeten worden bij het eventueel toepassen van deze variant van HDD-boren.

Voor de HDD-boring zijn tevens twee berekeningen gemaakt. Eén waarbij de mantelbuis gevuld is met een waterleiding en één waarbij de mantelbuis gevuld is met een gasleiding. Hiermee word ook voldaan aan alle verschillende waarden die van toepassing zijn bij de bundeling van verschillende type leidingen.

5.6. Conclusie toetsing lange variant

Uit de toetsing op de variant voor lange afstanden is te concluderen dat het, met enkele aanpassingen, een oplossing is die in de voorgestelde waterkering prima functioneel is. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met de minimale buigradius van leidingen bij toepassing met combi-bochten. De HDD-boring kan tevens met de bedachte bundeling prima worden toegepast doordat de mantelbuis zijn 2^e medium kerende functie vervuld.

Wanneer er rekening gehouden kan worden met de benodigde combi-bocht in de leiding (door programmatuur of handberekening) is er een goede verwachting voor de kans van slagen van de variant. Hierbij zal dan vooral rekening gehouden moeten worden met de extra benodigde ruimte die nodig is voor het realiseren van de grotere buigradius. Wanneer hier de beschikbare ruimte voor aanwezig is kan de variant in uiteenlopende situaties worden toegepast waarbij lange afstanden moeten overbrugd worden in een boezemwaterkering.

6. CONCLUSIE

6.1. Conclusie project

De boezemwaterkeringen zijn van groot belang voor het watersysteem en de waterveiligheid van Nederland en worden over het algemeen beheerd door de waterschappen van Nederland. De waterschappen zijn terughoudend wanneer het gaat om het plaatsen van kabels en leidingen in hun boezemwaterkeringen omdat dit ten koste kan gaan van de stabiliteit van de kering. Dit wordt om deze reden met grote uitzondering toegelaten. Wanneer het toch wordt toegelaten door de beheerder om kabels en leidingen te plaatsen in of nabij deze 'waterstaatswerken' moet dit gedaan worden aan de hand van de NEN3651 norm en de specifieke regelgeving van het desbetreffende waterschap. Hierin staat vermeld wat er van belang is wanneer er een vergunningsaanvraag gedaan wordt voor een nieuw tracé. Tevens staat hierin beschreven waar het nieuwe kabels en leidingen tracé aan moet voldoen.

De techniek voor het aanleggen van kabels en leidingen is al sinds een aantal jaar behoorlijk gestandaardiseerd. Zo zijn technieken waarbij gegraven wordt (sleufaanleg) of waarmee zonder gegraven aangelegd kan worden (sleufloos) op verschillende manieren en op verschillende situaties veelal toepasbaar. Voorbeelden van methoden zijn: de Geslotenfront-boring, de Avegaarboring, de HDD-boring etc.. Desalniettemin zijn er een aantal zaken, waarvan er vanuit de praktijk graag gezien zou worden dat deze vaker toegepast zullen worden.

Het belangrijkste is dat er bij het aanleggen van een nieuw tracé alle regels en normen worden opgevolgd zoals deze gesteld staan in de NEN-3651 norm. Bovendien wordt er de voorkeur gegeven aan bundeling van kabels en leidingen in zogeheten mantelbuizen omdat deze gezamenlijke aanleg afdwingen. Ook hebben mantelbuizen het voordeel dat ze als 2^e waterkerende wand kunnen dienen wanneer een leiding zou barsten. Dit heeft positieve gevolgen voor de kans dat de beheerder de aanleg van een tracé in zijn waterkering toelaat.

Tevens is de wens uitgesproken om één overkoepelend orgaan verantwoordelijk te laten zijn voor de aanleg van kabels en leidingen tracés van verschillende nutsbedrijven. Dit omdat er hierdoor naar verwachting minder beroering hoeft plaats te vinden in het grondlichaam van de waterkering door simultane aanleg. Hierbij kan dan een vorm van "huur" worden gevraagd aan de nutsbedrijven om gebruik te maken van bijv. een nieuw aan te leggen mantelbuis, waarbij het beheer en verantwoordelijkheid van de mantelbuis bij het overkoepelend orgaan komt te liggen.

Voor het concreet maken van de manieren waarop kabels en leidingen toegepast kunnen worden in boezemwaterkeringen, heeft er een brainstormsessie plaatsgevonden en is er een variantenstudie opgesteld. In deze variantenstudie worden verschillende aanlegvarianten benoemd, onderverdeeld in varianten voor korte- en lange afstanden, en worden deze onderschreven met specifieke voor- en nadelen. Dit is tevens gedaan met het type materiaal wat toegepast moet worden. Om de beste keuze uit de variantenstudie te definiëren is hierbij een Multi Criteria Analyse (MCA) opgesteld. Dit betrof voor de variant voor korte afstanden: aanleg door sleufontgraving in de kruin van de waterkering, en voor de variant voor lange afstanden: aanleg door een gebogen HDD-boring op diepte, binnen de veiligheidszone/beschermingszone. Voor het materiaal werd PE (Polyethyleen) het beste bevonden.

De winnende varianten zijn vervolgens berekend en getoetst op hun toepasbaarheid in representatieve boezemwaterkeringen. Deze representatieve boezemwaterkeringen zijn gelijk aan praktijkvoorbeelden. Hierbij zijn ze beide veilig en toepasbaar bepaald voor toepassing in deze situaties.

6.2. Conclusie hoofdvraag

Ten behoeve van het onderzoeksproces is de volgende hoofdvraag gesteld:

“Hoe kunnen kabels en leidingen samengaan met boezemwaterkeringen, zowel nu als in de toekomst?”

Hierbij geeft de variantenstudie uitkomst voor de beantwoording van deze vraag. Hierin zijn varianten opgesteld die toepasbaar zijn voor het transporteren van nutsvoorzieningen op korte afstand en op lange afstand. Al deze varianten zijn voorbeelden van hoe kabels en leidingen samen kunnen gaan met boezemwaterkeringen. Tevens zijn deze varianten zijn allemaal theoretisch toepasbaar in boezemwaterkeringen en bij twee varianten is dit verder praktisch onderbouwd met behulp van toetsingen die voortkomen uit de normen die van toepassing zijn. Hiermee wordt er verwezen naar de variantenstudie en wordt deze aangedragen als conclusie en beantwoording van de hoofdvraag.

6.3. Conclusie deelvragen

Tevens zijn er aan het begin van het onderzoek een aantal deelvragen opgesteld hieronder is de conclusie omschreven van deze deelvragen ter verduidelijking van het gehele proces.

1. “Wat is de huidige situatie van kabels en leidingen in waterkerende constructie precies?”

Kabels en leidingen worden in de huidige situatie onder specifieke omstandigheden met enig tegenzin toegepast in waterkerende constructies. Hierbij moet gedacht worden aan situaties waarbij: Er geen ruimte is om de kabels en leidingen tracés op een andere plek te leggen, er geen andere grond gepacht kan worden en hierdoor enkel de waterkering gebruikt kan worden of andere voorbeelden van dezer aard. Hierin wordt wel duidelijk kenbaar gemaakt dat wanneer het redelijkerwijs mogelijk is, er voor alternatieve tracés gekozen zal worden boven het aanleggen binnen waterkeringen. Grote reden voor de tegenzin waarmee kabels en leidingen worden toegepast in waterkerende constructies is toe te wijzen aan de vergrootte kans op instabiliteit van het grondlichaam bij lekkages van water- of gasleidingen.

2. “Welke partijen zijn voornamelijk betrokken bij kabels en leidingen in waterkeringen en wat zijn de verschillen onderling?”

Partijen die betrokken zijn bij kabels en leidingen in waterkeringen zijn onder te verdelen in beheerende partijen en aanleggende partijen. Onder beheerende partijen vallen in het geval van boezemwaterkeringen voornamelijk: de waterschappen. Onder aanleggende partijen vallen onder andere; elektriciteits-, gas- en waterbedrijven. Tevens horen bij de aanleggende partijen telecombedrijven en bedrijven die onder specifieke omstandigheden hun ‘goed’ willen transporteren. Hierbij moet wel vermeld worden dat de bedrijven die hun voorzieningen mogen plaatsen in waterkeringen zich voornamelijk beperken tot: water-, leiding-, gas- en telecombedrijven. Grote verschillen buiten de relatie tussen beheerder en aanleggende partij zijn niet prominent. Wel moet meegenomen worden dat bepaalde nutsbedrijven terughoudend zijn voor bundeling met andere nutsbedrijven. Dit zal hierom goed onderbouwd moeten worden.

3. “Bij welke partijen ligt (in de huidige situatie) de verantwoordelijkheid bij het plaatsen van kabels en leidingen in waterkeringen?”

De verantwoordelijkheid voor het plaatsen van kabels en leidingen ligt volledig bij de beheerende partijen. Dit zijn, in het geval van boezemwaterkeringen, de waterschappen. Wanneer er kan worden aangetoond dat een kabels en leidingen tracé is ontworpen en getoetst volgens de NEN-3651 norm, kan het waterschap overgaan tot het verstrekken van een vergunning. Omdat het waterschap direct verantwoordelijk is voor de waterveiligheid van de boezemwaterkering in kwestie, hebben zij tevens het laatste woord wat betreft toestemming voor het aanleggen van het tracé.

4. “Aan welke regelgeving moet worden voldaan om de plaatsing van toekomstige kabels en leidingen tracés in waterkeringen mogelijk te maken?”

Om nieuwe kabels en leidingen in boezemwaterkeringen toe te passen is het zaak dat er een vergunningsaanvraag wordt gemaakt richting het waterschap in kwestie. Hierbij moet het voldoen aan de regels en vereisten die gesteld staan in de NEN3651 norm. Bovendien moet het voldoen aan de specifieke eisen die er door het specifieke waterschap wordt gesteld in de documenten betreffende de vergunningsaanvraag.

5. “Met behulp van welke materialen of technieken kunnen we beginnen de huidige problemen mogelijk op lossen?”

De huidige problemen doen zich vooral voor met betrekking tot de aanleg en de risico's voor de stabiliteit van de waterkering. Dit kan grotendeels opgelost worden met het verplicht toepassen van mantelbuizen waar dit mogelijk wordt geacht. Door het toepassen van mantelbuizen worden er twee problemen in één keer opgelost. Doordat de mantelbuis een simultane aanleg verplicht is het probleem van het meermaals beroeren van het grondlichaam van de waterkering voorkomen. Bovendien fungeert de mantelbuis als 2^e mediumkerende wand, waardoor een leidingbreuk een minder groot direct gevolg heeft voor de stabiliteit van de waterkering.

6. “Is het haalbaar om één dezelfde oplossing te hebben voor tracés die een kleine afstand beslaan als die een lange afstand beslaan?”

Dit verschilt per variant en ligt daarom ook aan de methode welke toegepast dient te gaan worden. Wanneer er bepaalde methoden worden toegepast bij de aanleg van het tracé is er een minimumafstand aan verbonden welke het tracé minimaal moet kunnen overbruggen. Om deze reden is het eenvoudiger om de keuzes voor de varianten onder te verdelen in varianten voor de korte afstand en varianten voor langere afstanden. Op deze wijze zijn de gekozen varianten het meest ideaal voor die specifieke situaties.

7. AANBEVELINGEN

7.1. Introductie

Hoewel de variantenstudie een beantwoording van de hoofdvraag betrof, zijn er nog verdere aanbevelingen die meegenomen moeten worden bij het totaaladvies vanuit het onderzoek. Deze verdere aanbevelingen versterken de noodzaak van de conclusie en zijn een verdere verklaring voor de keuzes die hierin gemaakt zijn. Veel van de aanbevelingen zijn tevens zaken die in vervolgonderzoeken technisch verder onderzocht moeten worden indien dit nodig wordt geacht

7.2. Aanbevelingen bij conclusie

7.2.1. Verplicht toepassen van een mantelbuis

Vanuit het onderzoek wordt het aanbevolen om het aanleggen van kabels en leidingen in boezemwaterkeringen te laten plaatsvinden in combinatie met het plaatsen van een mantelbuis. De reden voor deze aanbeveling heeft alles te maken met de mate waarin het plaatsen van kabels en leidingen in boezemwaterkeringen ongewenst is bij beheerders. Normaliter werd een medium voerende leiding toegepast met een grotere wanddikte dan benodigd zodat de kans op falen tot een minimum werd beperkt.

Het toepassen van een mantelbuis lost hierbij twee problemen in een keer op. Doordat de mantelbuis dankzij de Nen-normen één wanddikte klasse hoger moet zijn dan de medium voerende leidingen, is er een leiding aanwezig met 2^e medium kerende functie die een grotere wandsterkte bezit dan de medium voerende leidingen. Bovendien zorgt een mantelbuis voor een verplichte bundeling van nutsvoorzieningen waardoor er minder beroering hoeft plaats te vinden in het grondlichaam van een boezemwaterkering.

7.2.2. Verplichten van bundeling

Het verplichten van bundelen van kabels en leidingen haakt deels in bij de bovenstaande aanbeveling. Wanneer het verplicht wordt voor de nutsbedrijven om hun voorzieningen samen te bundelen met andere nutsvoorzieningen, is de kans dat ze hiervoor in zijn per definitie groter. Zeker als het een hoofdeis betreft om de voorzieningen in een boezemwaterkering te mogen plaatsen. Dezelfde voordelen als bij de bovenstaande aanbeveling zijn hierbij van toepassing. Minder tracés betekent minder beroering van het grondlichaam en dus een mindere aantasting van de stabiliteit.

7.2.3. Overkoepelende organisatie

Een organisatie wat gelijkwaardig is aan wat 'Structin' is voor de toepassing van kabels en leidingen bij nieuwbouwprojecten, is een groot pré voor de toepassing van kabels en leidingen in boezemwaterkeringen. Wanneer er één organisatie verantwoordelijk is voor het gecoördineerd plaatsen van kabels en leidingen in boezemwaterkeringen, komt dit naar verwachting de veiligheid en stabiliteit van het grondlichaam ten goede. Hierdoor kan er namelijk vervolgd worden met het toepassen van enkele aannemers voor de aanleg van de projecten, in tegenstelling tot meerdere. Doordat er vanuit één organisatie wordt gecoördineerd bestaat er tevens minder kans op breuken en andere schade tijdens aanleg. Bovendien vermindert het de kans dat het waterkerend grondlichaam vaker beroerd moet worden.

Tot slot kan hiermee de mantelbuis eigendom worden van de beheerder, waardoor de verantwoordelijkheid van de technische staat van de mantelbuis ook bij de beheerder komt te liggen. Hier kan dan 'huur' geheven worden om medium voerende leidingen in de mantelbuis te plaatsen. Zo wordt plaatsing in boezemwaterkeringen ontmoedigd en ligt de verantwoordelijkheid van falen van de mantelbuis bij de eindverantwoordelijke van de boezemwaterkering.

7.3. Aanbevelingen voor vervolgonderzoeken

7.3.1. Bepalen van bruikbaarheid overige varianten

Voor vervolgonderzoeken kan het mogelijk van belang zijn om de overige varianten, die niet de hoogste score behaalde in een van de MCA, te berekenen op hun bruikbaarheid en toepasbaarheid. Met andere toepassingsmethoden komen andere definities en randvoorwaarden kijken. Hierbij kan mogelijk de uitkomst zijn dat de overige varianten ook bruikbaar zijn, of enkel in bepaalde situaties. Deze conclusies kunnen dan weer toegepast worden in situaties waarbij de varianten uit dit onderzoek niet bruikbaar zijn.

7.3.2. Verdere effecten leiding falen

Hoewel dit onderzoek de schade definieert die het gevolg is van het falen van medium voerende leidingen, wordt er niet bepaald wat het gevolg is voor de mantelbuis waar de medium voerende leiding in geplaatst is. Tevens wordt er niet bepaald wat de lange duur gevolgen (> 2 uur) van leiding falen in boezemwaterkeringen die niet bijtijds ontdekt worden. Deze zaken zijn van belang bij verdere toepassing van kabels en leidingen, zeker wanneer het advies uit dit rapport als waardevol wordt geaccepteerd.

7.3.3. Verder onderzoek naar de methode “boogboren”

In het vooronderzoek is er heel kort aandacht geweest voor de nieuwe methode “boogboren”. Via een intern document van het KLV en een van de geïnterviewde gedurende dit onderzoek wordt boogboren gezien als een goed alternatief voor HDD-boringen. In de toekomst kan dit reëel betekenen dat; mits er het een en ander aan verbeterd wordt, boogboringen een nieuwe methode is welke opgenomen gaat worden in de NEN-3651. In de huidige situatie is dit weliswaar niet het geval, waardoor het nog niet kan opgenomen worden in de norm. Wanneer er verder onderzoek gedaan kan worden naar deze methode, is er de kans dat het een bruikbare oplossing is voor vele problemen.

7.3.4. Kans van leiding falen bepalen

Om een correcte veiligheidsklasse aan een waterkering te kunnen geven, moeten alle niet-waterkerende objecten ook meegenomen worden in de veiligheidstoetsing. Om te kunnen definiëren hoe veilig een kabel of leiding is, moet er gekeken worden naar de kans dat deze faalt. In een vervolgonderzoek kan er mogelijk gekeken worden naar de grootte van de kans dat een waterleiding van een specifiek materiaal faalt. Hierna kan dit weer toegepast worden op de veiligheidsklasse van de waterkering en de toetsing die hierbij hoort.

7.3.5. Gevolg van leiding falen op de faalkans van een kering (VNK2)

In het kader van het nieuwe waterveiligheidsprogramma “Veiligheid Nederland in Kaart 2”, waarbij het falen van waterkeringen op een nieuwe wijze wordt gedefinieerd, is het gevolg van het falen van kabels en leidingen vrijwel niet meegenomen. Omdat dit programma naar verwachting in de toekomst een steeds grotere impact gaat spelen bij de veiligheidsclassificering van waterkeringen, is het mogelijk van belang om de gevolgen hiervan in een vervolgonderzoek verder te onderzoeken.

7.3.6. Onderzoek naar gebruik mantelbuizen i.c.m. aftakkingen van leidingen

Een van de grotere problemen waar kabels en leidingen geplaatst in mantelbuizen tegen aan lopen is dat van aftakkingen. Logischerwijs, omdat een mediumvoerende leiding zich binnen in de mantelbuis bevindt, is het onmogelijk om nog een aftakking te maken naar bijvoorbeeld; meerdere huizen of gebouwen. Een aanbeveling is dat er onderzocht kan worden wat er technisch mogelijk is zodat er toch aftakking aangesloten kunnen worden op mantelbuizen. Op deze wijze zou een van de grootste nadelen van mantelbuizen mogelijk worden weggenomen.

8. BIBLIOGRAFIE

8.1. Normen

NEN. (2012). *NEN3651*. Delft: NEN uitgeverij.

8.2. Richtlijnen

MvIM. (2009, 01 29). *Overheid.nl wetten*. Opgeroepen op 02 11, 2016, van Overheid.nl: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458>

Binnekamp, J. (2006). *Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen*. Utrecht: STOWA.

8.3. Rapporten

Hoogheemraadschap van Rijnland. (2011). *Legger regionale waterkeringen uitgangspunten*. Leiden: Hoogheemraadschap van Rijnland.

8.4. Overig

gebruiktebestrating.nl. (sd). Beton buizen. *Beton buizen*. KWR, Nieuwegein.

Kg.all. (sd). Asbest-cement leiding. *Asbest-cement leiding*. Metpromko, Rusland.

mijnklimaatshop.nl. (sd). PVC leiding. *PVC leiding*. mijnklimaatshop.nl, Lelystad.

Rijnlanden, H. d. (sd). Deelnemers.jpg. *Deelnemers*. Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, Onbekend.

Stolkstaal. (sd). Stalen buizen. *Stalen buizen*. Stolkstaal, Hendrik-Ido-Ambacht.

VD Communication. (sd). *HDD-Proces*. Opgeroepen op februari 17, 2016, van VD Communication: <http://www.vdcommunication.com/id2.html>

Walraven, v. (sd). PE buis. *PE buis*. van Walraven, Mijdrecht.

Welmers, G. (2009, maart 21). Boezemdijk. *Boezemdijk*. nb, Nederland.

Wikipedia. (2016, januari 2016). *Waterschap*. Opgeroepen op februari 23, 2016, van Wikipedia: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Waterschap_\(Nederland\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Waterschap_(Nederland))



BIJLAGE 1: PLAN VAN AANPAK

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)



BIJLAGE 2: VOORONDERZOEK

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)



BIJLAGE 3: HUIDIGE SITUATIE

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)



BIJLAGE 4: PROGRAMMA VAN EISEN

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)



BIJLAGE 5: VARIANTENSTUDIE

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)



BIJLAGE 6: MCA (MULTI CRITERIA ANALYSE)

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)



BIJLAGE 7: TECHNISCHE BENADERING VARIANTEN

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)



BIJLAGE 8: AFSTUDEERDOCUMENT. B.V. HRO

KABELS EN LEIDINGEN IN BOEZEMWATERKERINGEN

14-JUNI-2016
EINDRAPPORT



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



(BLANCO PAGINA)