

Achtergrondrapport Techniek

**Bijlage van het Milieueffectrapport Fase 1 Dijkversterking
Pannerdense Waard - Westervoort
Waterschap Rijn en IJssel**

26 april 2024 -

Contactpersoon

ARCADIS NEDERLAND B.V.

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding van het project	4
1.2	Doel van het achtergrondrapport	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Beleidskader	5
3	Beoordelingskader	7
3.1	Ontplobbare oorlogsresten	7
3.2	Bijdrage aan hoogwaterveiligheid	8
3.3	Mate van uitvoerbaarheid	8
3.4	Mate van uitbreidbaarheid	9
3.5	Invloed van kabels en leidingen	10
4	Huidige situatie en autonome ontwikkeling	12
4.1	Ontplobbare oorlogsresten	12
4.2	Hoogwaterveiligheid	13
4.3	Uitvoerbaarheid en uitbreidbaarheid	14
4.4	Kabels en leidingen	15
5	Effectbeoordeling kansrijke alternatieven	17
5.1	Kandiadijk	17
5.2	Kandia - ProRail tunnel	23
5.3	De Waai	27
5.4	Loo	31
5.5	Loodijk – Schans	35
5.6	Mosterdhof	40
5.7	Tussen de Bruggen West	44
5.8	Tussen de Bruggen Oost	51
6	Mitigatie, compensatie en leemte in kennis	53
6.1	Mitigerende- en compenserende maatregelen	53
6.2	Leemte in kennis	53

1 Inleiding

1.1 Aanleiding van het project

In 2019 is de hoogwaterveiligheid van het dijktraject tussen Spijk en Westervoort beoordeeld. Hieruit is gebleken dat een groot deel van deze primaire waterkering niet voldoet aan de nieuwe veiligheidsnorm uit de Waterwet. Daarom moet de dijk worden versterkt. Het dijktraject tussen Spijk en Westervoort (dijkkring 48-1) is te groot om in één keer aan te pakken. Het Waterschap Rijn en IJssel (WRIJ) heeft in haar trajectaanpak dan ook besloten om het dijktraject op te splitsen in drie deelprojecten. Het eerste deelproject dat wordt versterkt, is project Pannerdense Waard – Westervoort. Dit deelproject loopt vanaf dijkpaal 155 in de Pannerdense Waard tot en met dijkpaal 275 bij de brug van de A12 over de IJssel bij Westervoort.

Voor het deelproject Pannerdense Waard – Westervoort geldt sinds 2017 een veiligheidsnorm van 1:10.000 per jaar, waar uiterlijk in 2050 aan moet worden voldaan. Dit betekent dat de kans op een overstroming in 2050 niet groter mag zijn dan 1/10.000 per jaar. Van de 11,4 km voldoet 8,8 km niet of in mindere mate aan deze veiligheidsnorm. Daarom werkt het Waterschap Rijn en IJssel de komende jaren aan een dijkversterking.

De dijkversterking bevindt zich momenteel in de verkenningsfase die tot de zomer 2024 loopt. In deze fase onderzoekt het Waterschap Rijn en IJssel samen met ingenieursbureau Arcadis verschillende alternatieven en de bijbehorende voor- en nadelen. Uiteindelijk wordt toegewerkt naar het vaststellen van het voorkeursalternatief per deeltraject. Dit is het alternatief waaraan, vanuit de afweging tussen alle belangen, de voorkeur wordt gegeven.

1.2 Doel van het achtergrondrapport

De verschillende alternatieven die in de verkenningsfase worden onderzocht zijn de Kansrijke Alternatieven. Deze alternatieven hebben effecten op de omgeving en het milieu. Om milieu een volwaardige plaats te geven in de besluitvorming, worden de milieueffecten in kaart gebracht. Dit gebeurt in de Milieueffectrapportage Fase 1 Dijkversterking Pannerdense Waard - Westervoort. Dit achtergrondrapport is een bijlage van het Milieueffectrapportage Fase 1.

Het achtergrondrapport Techniek heeft als doel het beschrijven het wettelijk- en beleidsmatig kader, het beoordelingskader en de referentiesituatie (huidige situatie en autonome ontwikkeling). Ook zijn de Kansrijke Alternatieven van de dijkversterking in dit achtergrondrapport beoordeeld.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het wettelijk- en beleidskader van het thema beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft het beoordelingskader dat voor de effectbeoordeling is gebruikt. Hoofdstuk 4 beschrijft de huidige situatie en autonome ontwikkeling. In hoofdstuk 5 staat de effectbeoordeling van de Kansrijke Alternatieven per deeltraject. De mitigerende- en compenserende maatregelen en leemte in kennis worden beschreven in hoofdstuk 6.

2 Beleidskader

Dit hoofdstuk licht toe welke wettelijke en beleidsmatige kaders er van toepassing zijn op het thema techniek. Het betreft een selectie van de belangrijkste documenten. Het gaat daarbij om bestaande en vastgestelde plannen, en om van kracht zijnde wet- en regelgeving die kaders en/of voorwaarden kunnen stellen aan het project. Voor techniek geldt alleen nationaal beleid.

Tabel 1. Nationaal Beleid

Kader	Relevantie voor project
Arbeidsomstandighedenbesluit	<p>Het aspect Ontplobbare Oorlogsresten (OO) is vastgelegd in Artikel 4.10 van het Arbobesluit. Artikel 4.10 stelt dat als er gevaar kan bestaan voor de veiligheid of gezondheid van werknemers door de mogelijke aanwezigheid van OO, er alvorens werkzaamheden worden aangevangen, hiernaar een oriënterend onderzoek wordt ingesteld. Indien het oriënterend onderzoek de mogelijke aanwezigheid van OO, die gevaar kunnen opleveren voor de veiligheid of gezondheid van werknemers, niet uitsluit, wordt een nader onderzoek ingesteld. Indien uit het nader onderzoek blijkt dat gevaar bestaat voor de veiligheid of gezondheid van werknemers door de aanwezigheid van ontplofbare oorlogsresten, worden die OO opgespoord of andere passende maatregelen getroffen om dit gevaar te voorkomen. Het opsporen van OO wordt daarbij uitsluitend verricht door een bedrijf dat voor de te verrichten arbeid in het bezit is van een certificaat opsporen ontplofbare oorlogsresten (CS-OOO), dat is afgegeven door Onze Minister of een door hem aangewezen certificerende instelling.</p>
Waterwet en WBI	<p>In 2017 zijn voor de primaire waterkeringen nieuwe normen vastgesteld, deze zijn vastgelegd in de Waterwet. In de waterwet staat dat de dijk tussen Pannerdensedijkwaard en Westervoort (dijkpaal 155 – 274), die onderdeel uitmaakt van dijktraject 48-1, bescherming moet bieden met een maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/10.000 per jaar. Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) dat in 2017 in werking is getreden bepaalt hoe beoordeeld moet worden of de dijk voldoet aan de veiligheidsnorm. Op basis van de beoordeling met het WBI is de dijk afgekeurd op veel verschillende faalmechanismen. De belangrijkste die na aanscherping in het project nog resterend zijn: piping, macrostabiliteit binnenwaarts, gras erosie kruin en binnentalud (hoogte) en gras afschuiving binnentalud.</p>
Omgevingswet	<p>De Omgevingswet regelt onder andere de aanleg, het beheer en het gebruik van watersystemen, waaronder waterkeringen, oppervlaktewater- en grondwaterlichamen. De Omgevingswet vervangt per 1 januari 2024 de Waterwet.</p> <p>In de Omgevingswet geldt een resultaatverplichting voor de omgevingswaarde (voorheen de ondergrens). Dit betekent dat de omgevingswaarde bij primaire keringen voor 2050 gehaald moet zijn.</p> <p>De omgevingswet heeft in 2024 de Waterwet vervangen.</p>
Deltaprogramma	<p>In het Deltaprogramma en de Deltabeslissing is het zogenaamde basisbeschermingsniveau vastgelegd. In de Waterwet is dit basisbeschermingsniveau vertaald naar veiligheidsnormen per dijktraject.</p>
NEN3651 – Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken	<p>Het doel van de norm is het verkrijgen van ondergrondse buisleidingsystemen in of nabij belangrijke waterstaatswerken, veilig voor mens, milieu en goederen, door eisen te stellen aan het ontwerp, de aanleg, de bedrijfsvoering en bedrijfsbeëindiging van buisleidingsystemen.</p>

De daartoe gestelde eisen zijn veiligheidseisen. Afwijken van (deterministische) eisen in deze norm is mogelijk, indien wordt aangetoond dat hetzelfde of een hoger veiligheidsniveau wordt bereikt.

Vanuit het project verandert de referentiesituatie en daarmee dus de belasting op de aanwezige leidingen. Dit kan ertoe leiden dat de buisleiding in relatie tot de waterkering een onveilige situatie wordt of dat er mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn.

3 Beoordelingskader

In de onderstaande tabel is het beoordelingskader op hoofdlijnen voor de technische aspecten weergegeven. In de daaropvolgende paragrafen worden de beoordelingskaders nader toegelicht.

Zetting in de ondergrond

Bij een dijkversterking kunnen zettingen optreden in de ondergrond, bijvoorbeeld als gevolg van een ophoging van de dijk. Het aspect zettingen is niet meegenomen in het beoordelingskader. Door de grondopbouw langs het traject (dunne deklaag) en de beperkte ophoging van 20 centimeter, wordt er weinig zetting verwacht en wordt niet verwacht dat deze zetting invloed heeft op de omgeving. In de volgende fase wordt het ontwerp verder uitgewerkt, met als uitgangspunt dat dit niet tot zetting leidt.

Tabel 2. Beoordelingskader Techniek

Deelaspect	Criterium	Type
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplobbare oorlogsresten	kwalitatief
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	kwalitatief
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	kwalitatief
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	kwalitatief
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	kwalitatief

3.1 Ontplobbare oorlogsresten

Het aspect ontplobbare oorlogsresten (OO) omvat alle tijdens een gewapend conflict achtergelaten ontplobbare munitie en gebruikte niet-gesprongen munitie. Voor de dijkversterking vinden bodemroerende activiteiten plaats. In dit MER Fase 1 is de eventuele aanwezigheid van OO onderzocht. Er is op deze manier bepaald of aanvullende veiligheidsmaatregelen moeten worden getroffen.

De aanwezigheid van OO is onder andere in 2021 onderzocht door T&A Survey. De resultaten hiervan zijn gebruikt in de effectbeoordeling. Hierbij is beschouwd in hoeverre OO aanwezig zijn in het plangebied en of aanvullende veiligheidsmaatregelen nodig zijn; c.q. verwijdering van OO noodzakelijk is. Omdat geen sprake kan zijn van een toename van OO, kunnen geen negatieve effecten optreden. Het effect kan alleen neutraal, positief of zeer positief zijn.

Het effect wordt bij het opsporen en verwijderen van OO positief (+) of zeer positief (++) beoordeeld. Indien er geen sprake is van een verhoogde kans op het aantreffen van OO (onverdacht gebied) of de verdachte bodem niet wordt geroerd, is sprake van een neutrale score (0). In hoeverre er sprake is van (0), (+) of (++) is derhalve afhankelijk van de situering van verdacht gebied ten aanzien van de voorgenomen bodemroerende werkzaamheden en de wijze waarop wordt omgegaan met aanwezige OO. Het kan bijvoorbeeld voorkomen dat er binnen het projectgebied een mogelijk OO wordt gedetecteerd, maar dat dit object zich niet bevindt op een locatie waar de bodem geroerd zal worden. Het kan ook zijn dat een mogelijk OO wordt gedetecteerd en dat op basis van deze aanwezigheid wordt besloten de (bouw)plannen aan te passen zodat er niet op de locatie van het mogelijk OO gegraven hoeft te worden. Het kan ook zijn dat het object zich dieper in de bodem bevindt dan de ontgravingsdiepte van de voorgenomen werkzaamheden. In sommige gevallen zou er dan gekozen kunnen worden deze objecten niet te verwijderen.

Tabel 3. Beoordelingsschaal effect op ontplofbare oorlogsresten

Score	Toelichting
++	Er is een vergrote kans is dat een groot gedeelte van de aanwezige OO binnen het permanente en tijdelijke ruimtebeslag van de kering wordt opgespoord en verwijderd
+	Er is een vergrote kans is dat een gedeelte van de aanwezige OO binnen het permanente en tijdelijke ruimtebeslag van de kering wordt opgespoord en verwijderd
0	Geen invloed op ontplofbare oorlogsresten
-	Niet van toepassing
--	Niet van toepassing

3.2 Bijdrage aan hoogwaterveiligheid

De hoogwaterveiligheid ten opzichte van de huidige situatie mag niet verslechteren. Derhalve zijn er geen negatieve scores toegekend in de beoordelingsschaal van hoogwaterveiligheid. Indien er geen aanpassingen worden gedaan, waardoor de huidige situatie hetzelfde blijft, wordt een neutrale score gegeven. Wanneer het alternatief de kering laat voldoen aan de ondergrens, zal er positief (+) worden gescoord. De dijk voldoet dan aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de Waterwet, voor zichtjaar 2080. Als de oplossing tevens positief bijdraagt aan een ander faalmechanisme en/of oplossing biedt voor een langere levensduur, dan is dit een zeer positieve (++) score.

Tabel 4. Beoordelingsschaal Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave

Score	Toelichting
++	Het gekozen alternatief verhoogd de hoogwaterveiligheid voor de relevante faalmechanismen en andere faalmechanismen tot 2075 en/of biedt oplossing voor een langere levensduur (langer dan 50 jaar voor grondoplossingen en 100 jaar voor constructieve oplossingen).
+	Het gekozen alternatief voldoet aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de Waterwet, voor zichtjaar 2080.
0	Geen wijziging ten opzichte van de referentie situatie.
-	Niet van toepassing.
--	Niet van toepassing.

3.3 Mate van uitvoerbaarheid

Bij uitvoerbaarheid wordt beoordeeld in hoeverre een alternatief te realiseren is. Er wordt gekeken naar ervaring met de toegepaste techniek(en), complexiteit van de uitvoering en planning. De uitvoerbaarheid wordt vooral bepaald in

hoeverre de maatregelen in het standaard ontwerp van het alternatief uitvoerbaar zijn, maar ook de omgang met maatwerklocaties (waar door een lokaal afwijkende situatie een andere versterkingsmaatregel moet worden uitgevoerd) wordt betrokken in de beoordeling.

Het toepassen van een steunberm wordt als voorbeeld beschreven. De steunberm kan over grote delen van het traject passen, maar dit kan lokaal niet het geval zijn. Als de steunberm uitvoerbaar is binnen de beschikbare werkruimte en als er met weinig omgevingsaspecten rekening hoeft te worden gehouden dan zou deze positief scoren. Als er in het traject op meerdere maatwerklocaties een damwand moet worden toegepast en als dit slecht uitvoerbaar is, dan heeft dat invloed op de score.

Het alternatief wordt als zeer positief (++) beoordeeld als het realiseerbaar is met technieken waar veel ervaring mee is, de uitvoeringsmethodiek weinig complex is, en veelal past met de beschikbare werkruimte, maar weinig afhankelijk van omgevingsaspecten. Omgevingsaspecten zijn bijvoorbeeld een koppeling met andere projecten en beperkingen door omstandigheden, zoals waterstanden, het broedseizoen en het gesloten dijkseizoen. Het alternatief wordt als zeer negatief (-) beoordeeld als het realiseerbaar is met technieken waar weinig ervaring mee is en er is geen goede terugvaloptie. De uitvoeringsmethodiek complex is, en moeilijk uitvoerbaar is met de beschikbare werkruimte en erg afhankelijk van omgevingsaspecten is. De score positief (+) en negatief (-) liggen ertussen.

Tabel 5. Beoordelingsschaal Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is

Score	Toelichting
++	De uitvoeringsmethode is goed maakbaar met standaard technieken en binnen de beschikbare werkruimte, de uitvoeringsmethode is daarmee niet complex. De planning is weinig afhankelijk van de omstandigheden.
+	De uitvoeringsmethode is weinig complex, omdat er veel ervaring is met de uitvoeringsmethode en het alternatief. De planning van de uitvoering is enigszins afhankelijk van de omgeving.
0	Het alternatief is maakbaar met standaard technieken of er is een goede terugval optie beschikbaar. De uitvoering is afhankelijk van de omstandigheden en afstemming met de omgeving. De uitvoering is daarmee sterk bepalend voor de te plannen werkstromen.
-	De uitvoeringsmethode is complex, omdat er weinig ervaring is met uitvoeringsmethode. Ook is de planning van de uitvoering afhankelijk van omgevingsaspecten.
--	De uitvoeringsmethode is zeer complex, omdat het bestaat uit methodieken waar nog weinig ervaring mee is en er is geen goede terugvaloptie. Daarnaast is de planning van de uitvoering sterk afhankelijk van omgevingsaspecten.

3.4 Mate van uitbreidbaarheid

Voor het aspect uitbreidbaarheid is gekeken in welke mate een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is in hoogte, breedte en sterkte. Bij het ontwerp is rekening gehouden met een toename van de belasting voor een periode van 50 jaar bij grondoplossingen en 100 jaar bij constructieve oplossingen. Er wordt dus gekeken naar de mogelijkheid om het dijklichaam uit te breiden tegenover een algehele vervanging van bepaalde onderdelen van de dijk. Over het algemeen geldt hierbij het uitgangspunt dat een dijk met een oplossing in grond makkelijker uit te breiden is dan een constructieve oplossing.

Is een alternatief makkelijk uit te breiden en laat het alternatief ruimte over voor een toekomstige versterking, dan scoort het alternatief zeer positief (++)). Als het alternatief makkelijk uit te breiden is bij een toekomstige dijkversterking, scoort deze positief (+). Wijzigt het alternatief de uitbreidbaarheid niet, dan wordt een neutrale score (0) gegeven. Als het alternatief enkel uit te breiden is door een andere maatregel te nemen dan de initiële versterking, dan krijgt het alternatief een negatieve score (-). Dit kan bijvoorbeeld zijn bij een steunberm die in de toekomst niet uit te breiden is vanwege beperkte ruimte. Dan kan deze berm enkel uitgebreid worden door een stabiliteitsscherm of door meer ruimte te creëren aan de andere zijde van de dijk. Is een alternatief niet (doelmatig) uitbreidbaar en moet het volledig vervangen worden, dan wordt een zeer negatieve (-) score gegeven. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een damwand constructie die een totale levensduur heeft van 100 jaar en hogere belastingen niet meer op kan vangen.

Tabel 6. Beoordelingsschaal Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is

Score	Toelichting
++	Het alternatief is makkelijk uit te breiden en laat ruimte over voor een toekomstige versterking.
+	Het alternatief is makkelijk uit te breiden bij een toekomstige versterking.
0	Het alternatief is op grote delen van het traject te breiden bij een toekomstige versterking, maar op delen van het traject is dit enkel mogelijk door middel van een andere maatregel dan de initiële versterking.
-	Het alternatief is enkel uitbreidbaar door middel van een andere maatregel dan de initiële versterking
--	Het alternatief is niet (doelmatig) uitbreidbaar.

3.5 Invloed van kabels en leidingen

Het technische aspect kabels en leidingen beoordeeld in welke mate de kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief. Als een kabel of leiding parallel aan het dijklichaam ligt, binnen de veiligheidszone van de waterkering, of het dijklichaam kruist, kan dit grote effecten hebben op de uitwerking van het alternatief. Dit gaat met name om de kabels of leidingen met impact, zoals: hogedruk gasleidingen, waterleidingen, persriool en vrijverval riolering. Indien op deze leidingen een effect wordt ondervonden van de dijkversterkingen, moeten deze leidingen ofwel verlegd of vervangen worden, of er dient een vervangende waterkering of overkluizing gerealiseerd te worden. Bij deze ingrepen zijn vaak hoge kosten te verwachten. Dit in tegenstelling tot de kleine huisaansluitingen. Deze hebben geen significant effect en worden derhalve buiten beschouwing gelaten in de effectbeoordeling.

Ten opzichte van de huidige situatie en op basis van de alternatieven die worden onderzocht, kan geen positief effect behaald worden. Hierdoor wordt geen positieve score gegeven. Als het alternatief geen negatieve invloed heeft op de bestaande kabels en leidingen, en de huidige situatie behouden blijft, wordt er een neutrale score (0) gegeven. Heeft het alternatief een negatieve invloed op de bestaande kabels en leidingen, maar zijn er enkele mitigerende maatregelen benodigd, dan krijgt het alternatief een negatieve score (-). Dit geldt voor locaties met leidingen waar aanvullende maatregelen tot een beperkte verhoging van de kosten leidt. Als het alternatief een zeer negatieve invloed heeft op de bestaande leidingen en er maatwerk benodigd is, scoort het alternatief zeer negatief (- -). Dit geldt bijvoorbeeld voor grote transportleidingen, waar de kosten tot in de miljoenen lopen als er maatregelen genomen moeten worden.

Tabel 7. Beoordelingsschaal Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief

Score	Toelichting
++	Niet van toepassing.
+	Niet van toepassing.
0	Het alternatief heeft geen invloed op bestaande kabels & leidingen.
-	Het alternatief heeft een negatieve invloed op bestaande kabels en leidingen. Er zijn enkele mitigerende maatregelen aan het dijklichaam benodigd.

Score**Toelichting**

- -

Het alternatief heeft een zeer negatieve invloed op bestaande kabels en leidingen. Er zijn mitigerende maatregelen of er is maatwerk benodigd, zoals volledig vervangen of verleggen van de leiding, toepassen vervangende waterkering of een overkluizing.

4 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

In dit hoofdstuk wordt de huidige situatie voor het thema techniek beschreven. Per thema worden ook autonome ontwikkelingen beschreven (indien relevant) en welke mogelijke invloed dit heeft op de projectreferentie en de effectbeoordeling.

4.1 Ontploffbare oorlogsresten

Voor ontploffbare oorlogsresten (OO) wordt het gebied onderzocht dat direct kan worden beïnvloed door de dijkversterking. In 2022 heeft Arcadis in beeld gebracht welke explosievenonderzoeken zijn uitgevoerd voor het onderzoeksgebied van de dijkversterking Pannerdense Waard – Westervoort¹. Uit deze analyse is naar voren gekomen dat het gebied voor een gedeelte is onderzocht in bureaustudies in de vorm van historisch Vooronderzoek OO. Het meest relevante vooronderzoek is het onderzoek van T&A Survey uit 2021. In dit vooronderzoek wordt door T&A Survey geconcludeerd dat het onderzochte gebied volledig verdacht is op de aanwezigheid van OO in de bodem. Een gedeelte van het onderzoeksgebied PanWes is echter nog niet onderzocht, waardoor geen harde uitspraken gedaan kunnen worden over de status van dit gedeelte van het onderzoeksgebied (verdacht/onverdacht op het voorkomen van OO in de bodem).

Uit het Vooronderzoek OO van T&A Survey blijkt het tracé van deelproject 1, lopende van Westervoort naar Pannerdense Waard, grotendeels verdacht is op de aanwezigheid van OO. Volgens T&A Survey is het onderzoeksgebied PanWes - dijktracé 1 (gedeeltelijk) verdacht op de volgende OO:

- Raketten (kaliber 60 lb, verschoten)
- Geschutmunitie (25 ponder tot 5.5 inch/7.2 inch, verschoten)
- Klein-kaliber munitie (gedumpt)
- Handgranaten (gedumpt)
- Geweergranaten (gedumpt)
- Munitie voor granaatwerpers (gedumpt)
- Raketten (gedumpt)
- Afwerpmunitie (gewichtsklassen 220 lb, 260 lb, 250 lb, 500 lb, 1000 lb GP/MC/fragmentatie, afgeworpen)

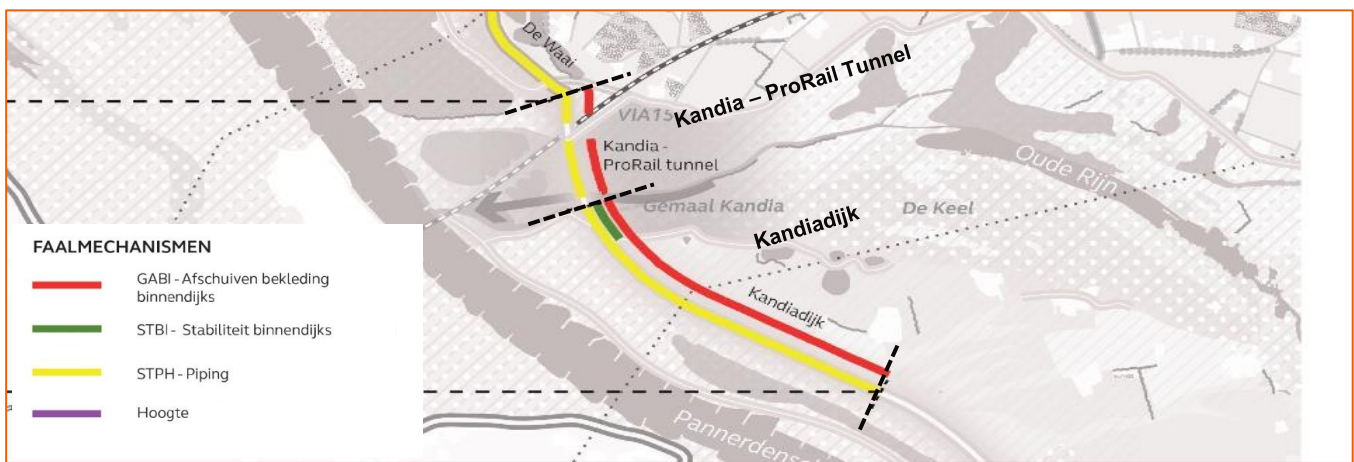
¹ Arcadis, 2022, Analyse explosievenonderzoek OO, kenmerk D10037348

4.2 Hoogwaterveiligheid

4.2.1 Huidige situatie

Kandiadijk - Kandia ProRail tunnel

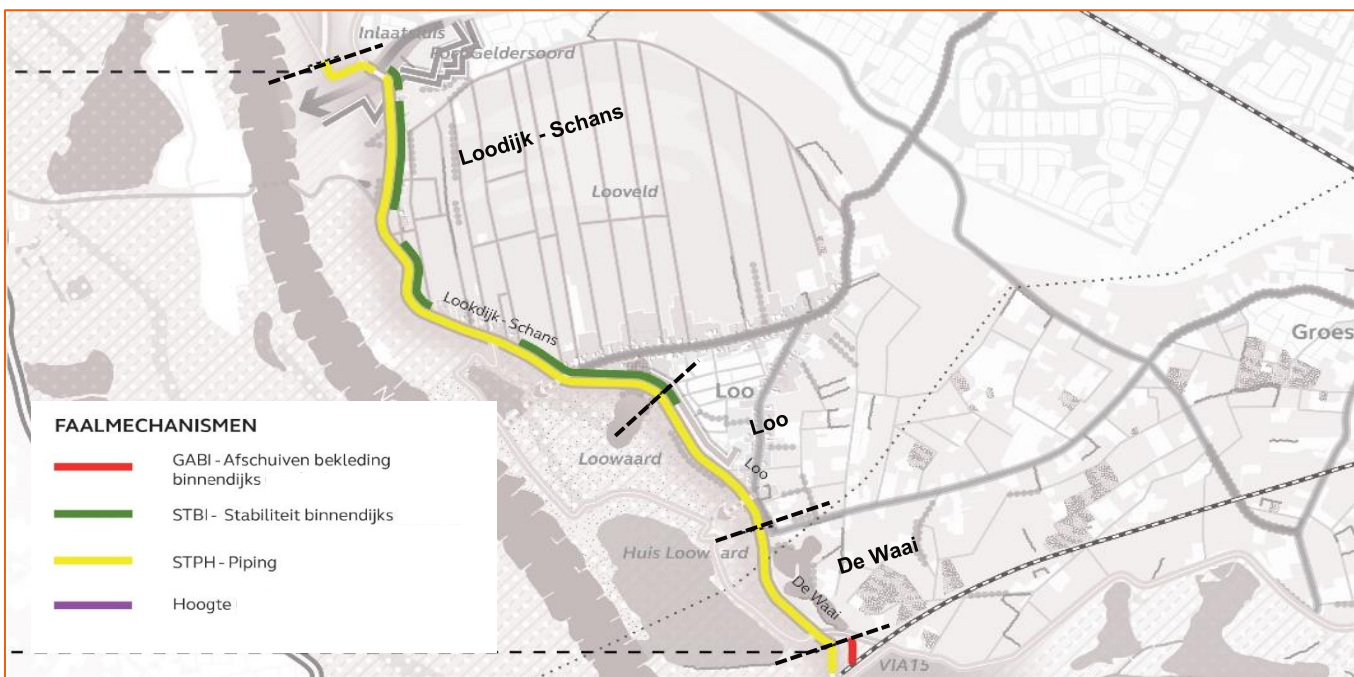
Afwijkend op de overige trajecten is dit een dijk met een zandige dijk kern. Dit maakt dat voor deze trajecten de dijk niet voldoet op het faalmechanisme gras afschuiven binnentalud (rood). Daarnaast voldoet bijna het gehele traject niet op piping (geel) en is er heel lokaal een stabiliteitsopgave (groen).



Figuur 1. Faalmechanismen Kandiadijk - Kandia ProRail tunnel

De Waai, Loo en Loodijk-Schans

Voor het gehele traject geldt een pipingopgave. Met name het deel rondom de dorpskern van Loo en de Waai heeft geen stabiliteitsopgave. Op grote delen van Loodijk tot de Schans geldt wel een stabiliteitsopgave.

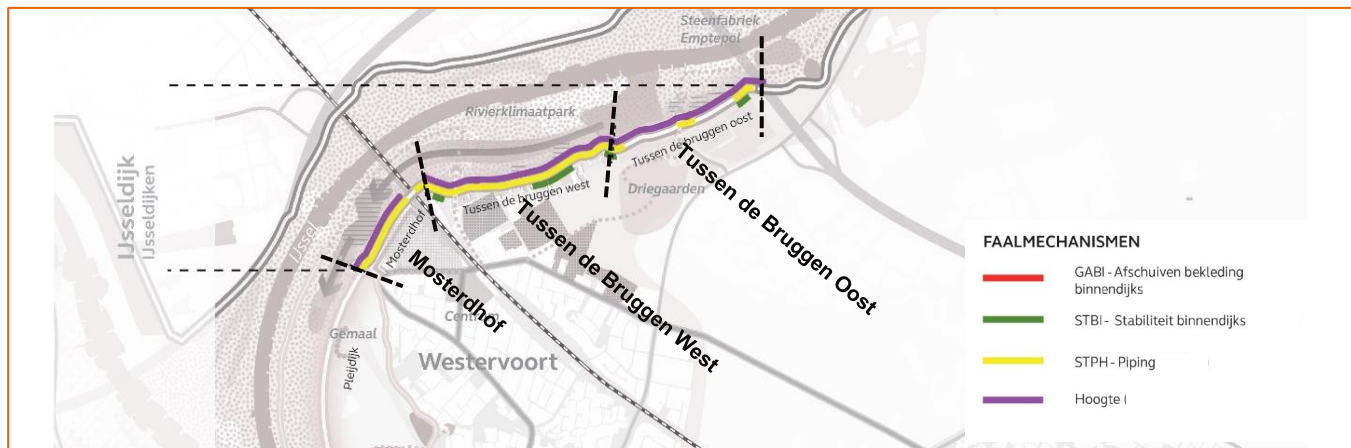


Figuur 2. Faalmechanismen De Waai, Loo en Loodijk-Schans

Mosterdhof en Tussen de bruggen oost en west

Voor dit traject geldt voor het hele traject, op het deel rondom de spoorbrug na, dat de dijk enkele decimeters te laag is (paars). Op het grootste deel van het traject is de kering onvoldoende veilig voor het faalmechanisme piping (geel). Door gebiedsontwikkelingen bij Tussen de Bruggen Oost is het binnendijks maaiveld opgehoogd, waardoor hier op grote delen geen pipingopgave geldt. Doordat hier lokaal het maaiveld hoger ligt rondom woningen en de deklaag dikker is, voldoet de dijk hier op het grootste deel op macrostabiliteit binnenwaarts (groen).

Figuur 3. Faalmechanismen Mosterdhof en Tussen de bruggen oost en west



4.2.2 Autonome ontwikkeling

Onzekerheden hydraulische belastingen

Voor het bepalen van de Hydraulische belastingen en de daaruit volgende benodigde kruinhoogte zijn in de voorverkenning onzekerheden en bandbreedtes verkend en is in samenspraak met het Adviesteam Dijkontwerp en de afdelingen W&V en A&S van het waterschap een basisscenario opgesteld. Het basisscenario is geen bovengrens van de mogelijke hydraulische belastingen. Bij het opstellen zijn de uitgangspunten in beeld gebracht die leiden tot gunstigere hydraulische belastingen (bijv. als sprake is van klimaat scenario G) en uitgangspunten die ongunstiger uitpakken (bijv. een hoger afvoerniveau of voor sommige riviertakken een andere afvoerverdeling). Het basisscenario is zodanig opgesteld om hier een balans in te vinden. Als onzekerheden op alle punten van het basisscenario worden beschouwd is de impact van meevallers groter dan de impact van tegenvallers. Hiermee is een stabiele basis gecreëerd voor de verkenningsfase van de dijkversterking. Desondanks zijn er onzekerheden die gedurende het project op kunnen treden, vanuit ontwikkeling op het gebied van HR, die leiden tot een verhoging van de hydraulische belastingen.

4.3 Uitvoerbaarheid en uitbreidbaarheid

Voor uitvoerbaarheid en uitbreidbaarheid wordt gekeken naar de opbouw van de huidige dijk en aanwezige omgevingsaspecten direct aangrenzend aan de dijk, zoals woningen, begroeiing en waterkerende kunstwerken.

De waterkering in het te versterken traject van PanWes is een dijk in grondoplossing. In de dijk kern zelf zijn geen constructies aanwezig. Enkel ter hoogte van de spoorbrug is op het buitentalud steenbekleding aanwezig. Langs het traject is op verschillende locaties een steunberm/ pipingberm aanwezig. Er zijn meerdere kunstwerken aanwezig in het traject, zoals gemaal Kandia, ProRail tunnel, defensiekunstwerk Westervoort, landhoofd spoorbrug en landhoofd A12. Bij kunstwerken is het gebruikelijk dat hier achter- en onderloopsheidschermen aanwezig zijn. Het is dus te verwachten dat ter hoogte van deze kunstwerken damwanden aanwezig zijn in de kering over een grotere breedte.

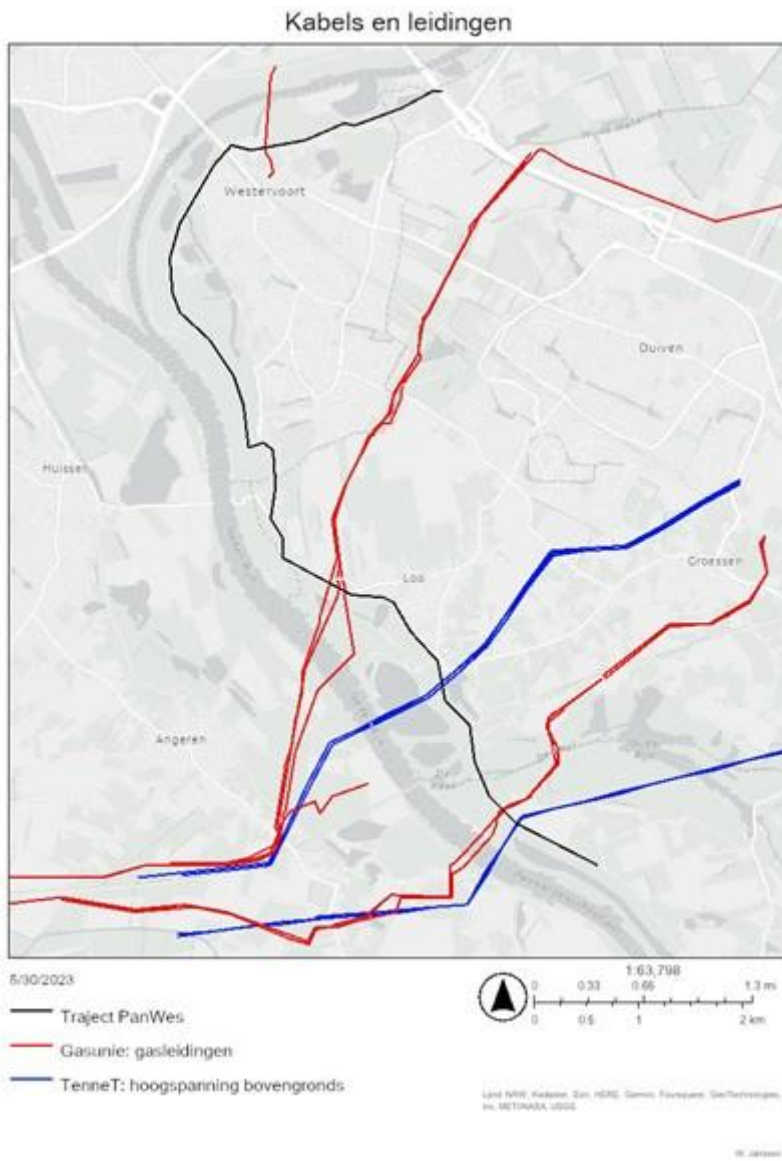
Ter hoogte van de dorpskern van Loo staat de bebouwing in een lint tegen de kering aan. In het traject van Loo tot aan de Schans staan er diversen boerderijen aan de kering. Bij de Mosterdhof en Tussen de bruggen west zijn er ook veel woningen dicht op de kering aanwezig. De woningen aan de dijk zorgen voor beperkte ruimte om binnendijks te versterken.

4.4 Kabels en leidingen

Voor het aspect kabels en leidingen is onderzocht welke kabels en leidingen het dijktraject kruisen. Over het gehele traject zijn er enkele locaties waar er een grote leiding de kering kruist. Onderstaand zijn puntsgewijs de locaties weergegeven:

- Gasleidingen (Tennet):
 - Tussen DP165 en DP166 kruisen drie gasleidingen de kering;
 - Tussen DP194 en DP196 kruisen drie gasleidingen de kering;
 - Tussen DP256 en DP257 kruist één gasleiding de kering;
- Waterleidingen (Vitens)
 - Tussen DP181 en DP182 kruist één waterleiding de kering;
 - Rond DP209 kruist één waterleiding de kering;
 - Tussen DP250 en DP251 kruist één waterleiding de kering;
 - Rond DP263 kruist één waterleiding de kering;
 - Tussen DP269 en DP270 kruist één waterleiding de kering;
- Riolleiding:
 - Rond DP258 kruist één riool persleiding de kering;
 - Rond DP269 kruist één riool persleiding de kering.

In de huidige situatie zijn geen hoogspanningskabels in de grond aanwezig rondom het dijklichaam. Bij de analyse is niet gekeken naar de kleinere kabels en leidingen zoals lage druk leidingen, laagspanningskabels, datakabels en huisaansluitingen. Deze hebben beperkt invloed op het ontwerp en zijn daarmee niet onderscheidend tussen de alternatieven.



Figuur 4. Kabels en Leidingen Traject PanWes

5 Effectbeoordeling kansrijke alternatieven

In deze paragraaf worden de effecten voor het thema techniek beschreven. De effecten worden beschreven per individueel criterium en sub thema dat relevant is voor het thema techniek

5.1 Kandiadijk

In Tabel 8 de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 8. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject Kandiadijk

Subaspect	Criterium	Kandiadijk alternatief 1	Kandiadijk alternatief 2	Kandiadijk alternatief 3	Kandiadijk alternatief 4
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplobbare oorlogsresten	++	+	+	+
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+	+	+	+
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	0	+	+	+
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	0	--	-	--
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	-	--	--	--

5.1.1 Effect op ontplobbare oorlogsresten

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandiadijk alternatief 1

De klei-ingraving in dit alternatief heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een groot gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Voor dit alternatief geldt dat het niet volledig wordt gedekt door het Vooronderzoek OO. Voorafgaande aan de bodemingrepen dienen aanvullende OO-maatregelen te worden getroffen, bestaande uit het uitvoeren een nieuw Vooronderzoek OO of een opsporingsonderzoek (opsporen en verwijderen aanwezige OO).

Kandiadijk alternatief 2

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Kandiadijk alternatief 3 (voorkeursalternatief)

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Kandiadijk alternatief 4

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Samenvattende beoordeling

Alternatieven 2, 3 en 4 hebben een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

Alternatief 1 heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een groot gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als zeer positief (++) beoordeeld.

5.1.2 Bijdrage aan Hoogwaterveiligheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandiadijk alternatief 1

Het alternatief klei-ingraving, taludverflauwing en lokaal een steunberm lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Kandiadijk alternatief 2

Het alternatief constructie binnentalud lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Kandiadijk alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Het alternatief taludverflauwing met verticale maatregel voor piping en lokaal een steunberm lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Kandiadijk alternatief 4

Het alternatief taludverflauwing met verticale maatregel voor piping en lokaal een constructie voor stabiliteit lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Samenvattende beoordeling

Alle alternatieven richten zich op het verhogen van de veiligheid ten aanzien van de aanwezige faalmechanismen piping, gras afschuiven binnentalud en lokaal macrostabiliteit binnenwaarts. Voor de overige faalmechanismen voldoet de kering al aan de gestelde eisen en is er geen verbeteropgave noodzakelijk. Alle alternatieven voldoen aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de Waterwet, voor zichtjaar 2080. Hierdoor scoren alle alternatieven positief (+).

5.1.3 Uitvoerbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandiadjk alternatief 1

De klei-ingraving met taludverflauwing en lokaal een steunberm is een alternatief dat gerealiseerd kan worden met standaard uitvoeringstechnieken en waar veel ervaring mee is. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn:

- De klei-ingraving in het voorland is echter niet het hele jaar uitvoerbaar. Redenen:
 - Ontgraving van het voorland ten behoeve van de klei-ingraving heeft (tijdelijk) een negatieve invloed op de sterkte van de dijk (risico op piping en de klei niet te verdichten).
 - De werkzaamheden in het voorland zijn niet toegestaan in het broedseizoen.
 - In de uiterwaard bij de Kandiadjk is op een groot deel een hoogwatergeul aanwezig en plaatselijk heeft deze overlap met de benodigde kleiingraving. De aanwezigheid van deze strang stelt restricties aan de uitvoering, omdat alleen bij lage rivierwaterstand uitgevoerd kan worden.
- Het traject sluit aan op gemaal Kandia, dat voorzien is van onder- en achterloopsheidschermen. Het alternatief dient aangesloten te worden op het gemaal, bijvoorbeeld door het bekleden van de bodem van de uitvliet.

Kandiadjk alternatief 2

Voor het alternatief constructie binnentalud (voor gras afschuiven binnentalud, piping en lokaal stabiliteit) geldt dat de constructie binnen het huidige ruimtegebruik gerealiseerd kan worden en daardoor geen extra ruimte nodig heeft. Het plaatsen van de constructie kan met een standaard uitvoeringstechniek waar veel ervaring mee is. De ondergrond is geschikt om een damwand (of verticale wand met vergelijkbare sterkte) in te plaatsen en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

Aan de noordzijde sluit het traject aan op gemaal Kandia. De constructie moet hierop aangesloten worden en hierdoor moet lokaal afgeweken worden van de ligging van de constructie.

Kandiadjk alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Het alternatief taludverflauwing en verticale maatregel piping met lokaal een steunberm is goed uitvoerbaar met een standaard uitvoeringstechniek en er is veel ervaring mee. Het alternatief neemt binnenwaarts meer ruimte in beslag dan in de huidige situatie, maar er is voldoende ruimte beschikbaar voor de uitvoering.

De ondergrond is over het algemeen geschikt om een kunststof heavescherm in te plaatsen, maar zeer lokaal zijn grindhoudende lagen aanwezig op geringe diepte. De standaard uitvoeringswijze voor kunststof schermen is inbrengen middels een moederplank en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

Aan de noordzijde sluit het traject aan op gemaal Kandia. Het heavescherm moet hierop aangesloten worden, hierdoor moet vermoedelijk lokaal afgeweken worden van de ligging van de constructie.

Kandiadjk alternatief 4

Het alternatief taludverflauwing en verticale maatregel piping met lokaal een constructie voor stabiliteit is goed uitvoerbaar met een standaard uitvoeringstechniek en er is veel ervaring mee. Voor wat betreft de uitvoerbaarheid is er geen onderscheid tussen de lokaal benodigde stalen damwand en het kunststof heavescherm.

Het alternatief neemt binnenwaarts meer ruimte in beslag dan de huidige situatie, maar er is voldoende ruimte beschikbaar voor de uitvoering en voor het plaatsen van de damwand.

De ondergrond is geschikt om een verticaal scherm in te plaatsen en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

Aan de noordzijde sluit het traject aan op gemaal Kandia. De constructie moet hierop aangesloten worden, hierdoor moet vermoedelijk lokaal afgeweken worden van de ligging van de constructie.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 scoort neutraal (0). Het alternatief is maakbaar met standaard technieken. De uitvoering is echter afhankelijk van de omstandigheden. De aanwezigheid van de strang buitendijks stelt restricties aan de uitvoering, waardoor de klei-ingraving alleen bij lage rivierwaterstand uitgevoerd kan worden. Ook is de uitvoering afhankelijk van de omgeving, zoals het werken buiten het gesloten dijkseizoen en het broedseizoen. Alternatief 2, 3 en 4 scoren positief (+), omdat de uitvoeringsmethode weinig complex is en er beperkt ruimte benodigd is om de alternatieven aan te leggen.

5.1.4 Uitbreidbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandiadijk alternatief 1

De klei-ingraving en taludverflauwing zijn in de basis makkelijk uitbreidbaar bij een toekomstige dijkversterking, omdat de maatregel in grond zijn en daar makkelijk extra grond bij aangebracht kan worden. Er kan doorgebouwd worden op wat er al aanwezig is.

Aandachtspunten voor de Kandiadijk:

- In de uiterwaard is een hoogwatergeul aanwezig, waar de benodigde klei-ingraving aan grenst en op delen overlap mee heeft.
Ter hoogte van de hoogwatergeul is de klei-ingraving moeilijk uit te breiden.
- De steunberm ter hoogte van de aansluiting met gemaal Kandia grenst aan een bomenrij. Verbreding van de berm kan maar gaat ten koste van de bomen.

Kandiadijk alternatief 2

Alternatief 2 betreft een stalen damwand in het binnentalud tegen de mechanismen afschuiven van het binnentalud en piping.

De stalen damwand wordt ontworpen op een levensduur van 100 jaar. Gedurende deze periode corrodeert het materiaal. Zeker als de damwand ook een stabiliserende functie heeft, kan deze de (hogere) belastingen na 100 jaar mogelijk niet meer opvangen. Indien de damwand niet meer voldoet moet deze volledig vervangen worden om weer aan de veiligheidseisen te voldoen. Als de corrosie mee valt of als de sterkte van de plank vanwege de uitvoering dikker is gekozen, bestaat de mogelijkheid dat de damwand na 100 jaar nog steeds voldoet. De damwand scoort vooralsnog zeer negatief (-) op uitbreidbaarheid.

Kandiadijk alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Alternatief 3 betreft een verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm, een taludverflauwing en lokaal een steunberm tegen stabiliteit.

De lengte van het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Bij een zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en een vergrote kans dat deze uitgebreid moeten worden. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen. Verlengen van het scherm door middel van een groutinjectie is vanwege de grote strekkingen niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren.

Buitendijks klei aanbrengen ter compensatie van de hogere grondwaterstanden is niet doelmatig. Een heavescherm gaat uit van het principe dat er voldoende weerstand aanwezige is tegen het verticaal uitstromen van zand achter het scherm en niet van een horizontale benodigde kwelweglengte. Voor een tijdelijke situatie van bijvoorbeeld één beoordelingsperiode van 12 jaar kan buiten de leggerzone rekening gehouden met intredeweerstand, maar voor weer een levensduur van 100 jaar is dit niet voldoende veilig.

De taludverflauwing is in grond en is wel goed uit te breiden, omdat daar makkelijk extra grond bij aangebracht kan worden. Er kan doorgebouwd worden op wat er al aanwezig is. Ter hoogte van de berm is een bomerrij aanwezig, waardoor er beperkt ruimte aanwezig is om de berm uit te breiden.

Kandiadijk alternatief 4

Alternatief 4 betreft een verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm, een taludverflauwing en lokaal een constructie. De lengte voor het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Bij een zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en een vergrote kans dat deze uitgebreid moeten worden. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen. Verlengen van het scherm door middel van een groutinjectie is vanwege de grote strekkingen niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren.

De taludverflauwing is wel goed uit te breiden, omdat de maatregel in grond is en daar makkelijk extra grond bij aangebracht kan worden. Er kan doorgebouwd worden op wat er al aanwezig is.

De lokale constructie wordt uitgevoerd met een stalen damwand. De stalen damwand wordt ontworpen op een levensduur van 100 jaar. Gedurende deze periode corrodeert het materiaal. Zeker als de damwand ook een stabiliserende functie heeft, kan deze de (hogere) belastingen na 100 jaar mogelijk niet meer opvangen. Indien de damwand niet meer voldoet moet deze volledig vervangen worden om weer aan de veiligheidseisen te voldoen. Als de corrosie mee valt of als de sterkte van de plank vanwege de uitvoering dikker is gekozen, bestaat de mogelijkheid dat de damwand na 100 jaar nog steeds voldoet.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 is een klei-ingraving met taludverflauwing en lokaal een steunberm. Dit alternatief is op een groot deel makkelijk uitbreidbaar, omdat het alternatief volledig in grond is. Op delen, ter hoogte van de hoogwatergeul en de bomerrij binnendijks, is dit niet het geval. Hierdoor scoort alternatief 1 neutraal (0). Bij alternatieven 2 en 4 wordt de piping- en stabiliteitsopgave opgelost met een verticale maatregel. Deze alternatieven scoren daarom zeer negatief (- -). Bij alternatief 3 wordt een verticaal scherm tegen piping geplaatst, maar de stabiliteitsopgave opgelost met een steunberm. Een steunberm is volledig in grond en daarmee goed uitbreidbaar in de toekomst. Alternatief 3 scoort daarom gemiddeld negatief (-).

5.1.5 Invloed Kabels en leidingen

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandiadijk alternatief 1

In alternatief 1 is sprake van een kruising met drie gasleidingen en één hoogspanningsmast. De hoogspanningsmasten liggen buiten het ruimtegebruik van het alternatief. Voor de kruising met de gasleidingen zijn enkele mitigerende maatregelen nodig.

Buiten de genoemde kruisingen liggen in dit deeltraject geen kabels en leidingen binnen 50 meter van de binnen- en buitenteen.

Kandiadijk alternatief 2

In alternatief 2 is sprake van een kruising met drie gasleidingen en één hoogspanningsmast. Werken onder een hoogspanningskabel geeft veel restricties. Zo kan het al moeilijk zijn om een heistelling in te zetten. Voor de kruising met de gasleidingen zijn grote aanpassingen nodig op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren. Door de hoge ligging van de leidingen in het maaiveld, zijn de kruisingen van de damwand met de leiding complex. Dit wordt extra bemoeilijkt door de voorwaarden die worden gesteld aan werken in nabijheid van deze belangrijke leidingen.

Buiten de genoemde kruisingen liggen in dit deeltraject geen kabels en leidingen binnen 50 meter van de binnen- en buitenteen.

Kandiadijk alternatief 3 (voorkeursalternatief)

In alternatief 3 is sprake van een kruising met drie gasleidingen en één hoogspanningsmast. Werken onder een hoogspanningskabel geeft veel restricties. Zo kan het al moeilijk zijn om een heistelling in te zetten. Voor de kruising met de gasleidingen zijn grote aanpassingen nodig op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Buiten de genoemde kruisingen liggen in dit deeltraject geen kabels en leidingen binnen 50 meter van de binnen- en buitenteen.

Kandiadijk alternatief 4

In alternatief 4 is sprake van een kruising met drie gasleidingen en één hoogspanningsmast. Werken onder een hoogspanningskabel geeft veel restricties. Zo kan het al moeilijk zijn om een heistelling in te zetten. Voor de kruising met de gasleidingen zijn grote aanpassingen nodig op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Buiten de genoemde kruisingen liggen in dit deeltraject geen kabels en leidingen binnen 50 meter van de binnen- en buitenteen.

Samenvattende beoordeling

In het deeltraject Kandiadijk zijn kabels en leidingen aanwezig, waaronder drie gasleidingen en een hoogspanningsmast. Alternatief 1 scoort negatief, omdat er maatregelen voor kabels en leidingen nodig zijn om het alternatief aan te leggen (-). Alternatief 2, 3 en 4 scoren zeer negatief (- -), omdat er naar verwachting grote aanpassingen nodig zijn om de verticale maatregel uit te kunnen voeren.

5.2 Kandia - ProRail tunnel

In Tabel 9 zijn de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 9. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject Kandia - ProRail tunnel

Subaspect	Criterium	Kandia - ProRail tunnel alternatief 2	Kandia - ProRail tunnel alternatief 3
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplofbare oorlogsresten	+	+
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+	+
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	0	0
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	--	-
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	0	0

5.2.1 Effect op Ontplobbare oorlogsresten

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 2

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 3 (voorkeursalternatief)

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Samenvattende beoordeling

Alternatieven 2 en 3 hebben een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

5.2.2 Bijdrage aan Hoogwaterveiligheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 2

Het alternatief constructie binnentalud lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Het alternatief taludverflauwing met verticale maatregel voor piping lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Samenvattende beoordeling

Beide alternatieven richten zich op het verhogen van de veiligheid ten aanzien van de aanwezige faalmechanismen piping en gras afschuiven binnentalud. Aan de overige faalmechanismen voldoet de kering al aan de gestelde eisen en is er geen verbeteropgave noodzakelijk. Beide alternatieven voldoen aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de waterwet, voor zichtjaar 2080. Hierdoor scoren beide alternatieven positief (+).

5.2.3 Uitvoerbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 2

Voor het alternatief constructie binnentalud (voor gras afschuiven binnentalud en piping) geldt dat de constructie binnen het huidig ruimtegebruik gerealiseerd kan worden en daardoor geen extra ruimte nodig heeft. Het plaatsen van de constructie kan met een standaard uitvoeringstechniek waar veel ervaring mee is. De ondergrond is geschikt om een damwand (of verticale wand met vergelijkbare sterkte) in te plaatsen en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

De constructie moet aangesloten worden op het gemaal Kandia en de ProRail tunnel, hierdoor moet vermoedelijk lokaal afgeweken worden van de ligging van de constructie. Dit maakt de uitvoering op die locaties complexer.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Het alternatief taludverflauwing en verticale maatregel piping is goed uitvoerbaar met een standaard uitvoeringstechniek en er is veel ervaring mee. Het alternatief neemt binnenwaarts meer ruimte in beslag dan het huidige ruimtegebruik van de kering, maar er is voldoende ruimte beschikbaar voor de uitvoering.

De ondergrond is over het algemeen geschikt om een kunststof heavescherm in te plaatsen, maar zeer lokaal zijn grindhoudende lagen aanwezig op geringe diepte. De standaard uitvoeringwijze voor kunststof schermen is inbrengen middels een moederplank en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

De constructie moet aangesloten worden op het gemaal Kandia en de ProRail tunnel, hierdoor moet vermoedelijk lokaal afgeweken worden van de ligging van de constructie. Dit maakt de uitvoering op die locaties complexer.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 2 en 3 scoren beide neutraal (0). De alternatieven zijn maakbaar met standaard technieken, maar lokaal moeten de alternatieven worden aangesloten op het gemaal Kandia en de ProRail tunnel, dit maakt de uitvoering complexer.

5.2.4 Uitbreidbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 2

Alternatief 2 betreft een stalen damwand in het binnentalud ter voorkoming van de mechanismen afschuiven van het binnentalud (GABI) en piping.

De stalen damwand wordt ontworpen op een levensduur van 100 jaar. Gedurende deze periode corrodeert het materiaal. Zeker als de damwand ook een stabiliserende functie heeft, kan deze de (hogere) belastingen na 100 jaar mogelijk niet meer opvangen. Indien de damwand niet meer voldoet moet deze volledig vervangen worden om weer aan de veiligheidseisen te voldoen. Als de corrosie mee valt of als de sterkte van de plank vanwege de uitvoering dikker is gekozen, bestaat de mogelijkheid dat de damwand na 100 jaar nog steeds voldoet. De damwand scoort vooralsnog zeer negatief (- -) op uitbreidbaarheid.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Alternatief 3 betreft een verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm en een taludverflauwing.

De lengte van het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Bij een zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en zal deze uitgebreid moeten worden. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen. Verlengen van het scherm door middel van een groutinjectie is vanwege de grote strekkingen niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren.

Buitendijks klei aanbrengen ter compensatie van de hogere grondwaterstanden is niet doelmatig. Een heavescherm gaat uit van het principe dat er voldoende weerstand aanwezig is tegen het verticaal uitstromen van zand achter het scherm en niet van een horizontale benodigde kwelweglengte. Voor een tijdelijke situatie van bijvoorbeeld één beoordelingsperiode van 12 jaar kan buiten de leggerzone rekening gehouden met intredeweerstand, maar voor weer een levensduur van 100 jaar is dit niet voldoende veilig.

De hierboven beschreven sterk beperkte uitbreidbaarheid van kunststof heaveschermen is altijd het geval en geldt dus ook voor alle alternatieven en deeltrajecten waar een kunststof heavescherm aanwezig is.

De taludverflauwing is in grond en is wel goed uit te breiden, omdat daar makkelijk extra grond bij aangebracht kan worden. Er kan doorgebouwd worden op wat er al aanwezig is. Ter hoogte van de berm is een bomerrij aanwezig, waardoor er beperkt ruimte aanwezig is om de berm uit te breiden.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 2 scoort zeer negatief (- -). De verticale maatregel is niet (doelmatig) uitbreidbaar en dient na einde levensduur vaak volledig vervangen te worden. Alternatief 3 scoort negatief (-), omdat de taludverflauwing goed uit te breiden is, maar de verticale maatregel is niet (doelmatig) uitbreidbaar is en na einde levensduur vaak volledig vervangen dient te worden.

5.2.5 Invloed Kabels en leidingen

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 2

Bij de ProRail tunnel is er sprake van kruisende kabels of leidingen. Deze zijn geïntegreerd in de tunnel en hebben geen invloed op de waterveiligheid. Er liggen beperkt kabels en leidingen in dit deeltraject, deels in de binnenkruin (kabel) en deels binnendijs. Deze leidingen hebben geen significant effect op het alternatief.

Kandia - ProRail tunnel alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Bij de ProRail tunnel is er sprake van kruisende kabels of leidingen. Deze zijn geïntegreerd in de tunnel en hebben geen invloed op de waterveiligheid. Er liggen beperkt kabels en leidingen in dit deeltraject, deels in de binnenkruin (kabel) en deels binnendijs. Deze leidingen hebben geen significant effect op het alternatief.

Samenvattende beoordeling

In het deeltraject Kandia - ProRail Tunnel zijn aanwezige kabels en leidingen geïntegreerd in de tunnel. Alternatief 2 en 3 zijn niet onderscheidend en scoren neutraal (0), de leidingen hebben geen impact op de alternatieven.

5.3 De Waai

In Tabel 10 zijn de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 10. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject De Waai

Subaspect	Criterium	De Waai alternatief 1	De Waai alternatief 2
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplobbare oorlogsresten	++	+
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+	+
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	0	+
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	+	--
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	0	-

5.3.1 Effect op ontplobbare oorlogsresten

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

De Waai alternatief 1

De klei-ingraving in dit alternatief heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een groot gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

De Waai alternatief 2 (voorkeursalternatief)

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een groot gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als zeer positief (++) beoordeeld.

Alternatief 2 heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

5.3.2 Bijdrage hoogwaterveiligheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

De Waai alternatief 1

Het alternatief klei-ingraving lost het relevante faalmechanisme op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

De Waai alternatief 2 (voorkeursalternatief)

Het alternatief verticale maatregel piping lost het relevante faalmechanisme op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Samenvattende beoordeling

Beide alternatieven richten zich op het verhogen van de veiligheid ten aanzien van het faalmechanisme piping. Aan de overige faalmechanismen voldoet de kering al aan de gestelde eisen en is er geen verbeteropgave noodzakelijk. Beide alternatieven voldoen aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de waterwet, voor zichtjaar 2080. Hierdoor scoren beide alternatieven positief (+).

5.3.3 Uitvoerbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

De Waai alternatief 1

De klei-ingraving met taludverflauwing en lokaal een steunberm is een alternatief dat gerealiseerd kan worden met standaard uitvoeringstechnieken en waar veel ervaring mee is. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn:

De klei-ingraving in het voorland is slechts een beperkt deel van het jaar uitvoerbaar.

Redenen:

- Ontgraving van het voorland ten behoeve van de klei-ingraving heeft (tijdelijk) een negatieve invloed op de sterkte van de dijk (risico op piping en de klei niet te verdichten).
- De werkzaamheden in het voorland zijn niet toegestaan in het broedseizoen.
- In de uiterwaard is een grote plas aanwezig, maar deze ligt op grote afstand van de kering en heeft geen invloed op de uitvoering. In het zuidelijk deel van het traject is een bosschage aanwezig, ter hoogte van de overgang van traject Kandia-ProRail naar de Waai. Voor het realiseren van de klei-ingraving moet dit gekapt worden.

De Waai alternatief 2 (voorkeursalternatief)

Het alternatief verticale maatregel piping is goed uitvoerbaar met een standaard uitvoeringstechniek en er is veel ervaring mee. Het alternatief neemt binnenwaarts meer ruimte in beslag het huidige ruimtegebruik, maar er is voldoende ruimte beschikbaar voor de uitvoering. De ondergrond is geschikt om een kunststof heavescherm in te plaatsen en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen. Richting het einde van het traject, nabij dijkpaal 181+000, wordt een dijk op-/ afrit gekruist. Het pipingscherm moet hier doorgezet worden.

De ondergrond is over het algemeen geschikt om een kunststof heavescherm in te plaatsen, maar zeer lokaal zijn grindhoudende lagen aanwezig op geringe diepte. De standaard uitvoeringswijze voor kunststof schermen is inbrengen middels een moederplank en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorbereiden) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 scoort neutraal (0). Enerzijds is het alternatief maakbaar met standaard technieken. Daar staat tegenover dat het alternatief afhankelijk is van de omgeving voor de uitvoering, zoals het werken buiten het gesloten dijkseizoen

en het broedseizoen. Alternatief 2 scoort positief (+), omdat het alternatief maakbaar is met standaard technieken en de planning minder afhankelijk is van het broedseizoen.

5.3.4 Uitbreidbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

De Waai alternatief 1

De klei-ingraving is in de basis makkelijk uitbreidbaar bij een toekomstige dijkversterking, omdat het een maatregel in grond is en daar makkelijk extra grond bij aangebracht kan worden. Er kan doorgebouwd worden op wat er al aanwezig is. De daarvoor beschikbare ruimte tussen de thans benodigde klei-ingraving en de in de uiterwaard gelegen waterpartij (op minimaal 120 m van de buitenteen van de dijk) is toereikend.

De Waai alternatief 2 (voorkeursalternatief)

Alternatief 2 betreft een verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm.

De lengte van het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Bij een zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en zal deze uitgebreid moeten worden. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen. Verlengen van het scherm door middel van een groutinjectie is vanwege de grote strekkingen niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren.

Buitendijks klei aanbrengen ter compensatie van de hogere grondwaterstanden is niet doelmatig. Een heavescherm gaat uit van het principe dat er voldoende weerstand aanwezige is tegen het verticaal uitstromen van zand achter het scherm en niet van een horizontale benodigde kwelweglengte. Voor een tijdelijke situatie van bijvoorbeeld één beoordelingsperiode van 12 jaar kan buiten de leggerzone rekening gehouden met intredeweerstand, maar voor weer een levensduur van 100 jaar is dit niet voldoende veilig.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 is een klei-ingraving en is makkelijk uitbreidbaar, omdat het alternatief volledig in grond is en de ruimte beschikbaar is. Hierdoor scoort alternatief 1 positief (+). Alternatief 2 is een verticale maatregel die niet uitbreidbaar is en na einde levensduur vaak volledig vervangen dient te worden. Hierdoor scoort alternatief 2 zeer negatief (- -).

5.3.5 Invloed van kabels en leidingen

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

De Waai alternatief 1

Bij alternatief 1 kruist een hoogspanningsmast de kering. De masten liggen buiten het ruimtebeslag van het alternatief.

Verder zijn er een beperkt aantal andere kabels en leidingen aanwezig. In de binnenkruin en tussen wiel en binnenteen liggen kabels van Liander en KPN en een leiding van Vitens. Deze leidingen hebben geen significant effect op het alternatief.

De Waai alternatief 2 (voorkeursalternatief)

Bij alternatief 2 kruist een hoogspanningsmast de kering. Voor het werken onder in nabijheid van een hoogspanningsmast worden voorwaarden gesteld. Dit zorgt voor meer complexiteit tijdens de uitvoering.

Verder zijn er een beperkt aantal andere kabels en leidingen aanwezig. In de binnenkruin en tussen wiel en binnenteen liggen kabels van Liander en KPN en een leiding van Vitens. Deze leidingen hebben geen significant effect op het alternatief.

Samenvattende beoordeling

In het deeltraject De Waai zijn kabels en leidingen aanwezig, waaronder een hoogspanningsmast, kabels van Liander en KPN en een leiding van Vitens. Alternatief 1 scoort neutraal (0), omdat het alternatief geen invloed heeft op bestaande kabels en leidingen. Alternatief 2 scoort negatief (-), omdat er enkele mitigerende maatregelen nodig zijn.

5.4 Loo

In Tabel 11 zijn de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 11. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject Loo

Subaspect	Criterium	Loo alternatief 1	Loo alternatief 3
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplobbare oorlogsresten	++	+
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+	+
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	0	-
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	0	--
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	0	0

5.4.1 Effect op ontplobbare oorlogsresten

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loo alternatief 1

De klei-ingraving in dit alternatief heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en zal een groot gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocatie:

- COB-00058 ter hoogte van dijkpaal 188 t/m 189

Bij maatwerklocaties COB-00058 wordt een damwand geplaatst. Als gevolg van deze maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en zal een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Voor dit alternatief geldt dat het niet volledig wordt gedekt door het Vooronderzoek OO. Voorafgaande aan de bodemingrepen dienen aanvullende OO-maatregelen te worden getroffen, bestaande uit het uitvoeren een nieuw Vooronderzoek OO of een opsporingsonderzoek (opsporen en verwijderen aanwezige OO).

Loo alternatief 3 (voorkeursalternatief)

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en zal een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocatie:

- COB-00058 ter hoogte van dijkpaal 188 t/m 189.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een groot gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als zeer positief (++) beoordeeld.

Alternatief 3 heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

5.4.2 Bijdrage aan hoogwaterveiligheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loo alternatief 1

Het alternatief klei-ingraving lost het relevante faalmechanisme op voor het zichtjaar 2080. Lokaal, einde van het deeltraject, is maatwerk benodigd in de vorm van een stabiliteitsscherm. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Loo alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Het alternatief verticale maatregel piping lost het relevante faalmechanisme op voor het zichtjaar 2080. Lokaal, einde van het deeltraject, is maatwerk benodigd in de vorm van een stabiliteitsscherm. Dit scherm wordt gecombineerd met de verticale maatregel tegen piping. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Samenvattende beoordeling

Beide alternatieven richten zich op het verhogen van de veiligheid ten aanzien van het faalmechanisme piping en lokaal is maatwerk benodigd ten behoeve van macrostabiliteit binnenwaarts. Aan de overige faalmechanismen voldoet de kering al aan de gestelde eisen en is er geen verbeteropgave noodzakelijk. Beide alternatieven voldoen aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de waterwet, voor zichtjaar 2080. Hierdoor scoren beide alternatieven positief (+).

5.4.3 Uitvoerbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loo alternatief 1

De klei-ingraving met taludverflauwing en lokaal een steunberm is een alternatief dat gerealiseerd kan worden met standaard uitvoeringstechnieken en waar veel ervaring mee is. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn:

- De klei-ingraving in het voorland is slechts een beperkt deel van het jaar uitvoerbaar.
Redenen:
- Ontgraving van het voorland ten behoeve van de klei-ingraving heeft (tijdelijk) een negatieve invloed op de sterkte van de dijk (risico op piping en de klei niet te verdichten).
- De werkzaamheden in het voorland zijn niet toegestaan in het broedseizoen.
- De klei-ingraving kruist een afrit richting de recreatieplas waar de ingraving ook onder door gezet moet worden. Voor de uitvoering betekent dit dat de afrit eerst afgegraven moet worden en weer teruggebracht. Het vraagt extra inspanning tijdens de uitvoering, maar de uitvoering wordt er niet complexer van.

Loo alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Het alternatief verticale maatregel piping is goed uitvoerbaar met een standaard uitvoeringstechniek en er is veel ervaring mee. Het alternatief neemt binnenwaarts weinig ruimte in beslag, maar er zijn wel enkele obstakels aanwezig waardoor op grote strekkingen de beschikbare ruimte voor de realisatie beperkt is. Zo kruist het tracé een weg en grenzen er tuinen van woningen aan de dijk. Daar waar de tuinen heel dicht tegen de dijk aan liggen is de ruimte van de tuinen tijdelijk nodig voor de uitvoering. Na uitvoering dienen de tuinen hersteld te worden.

De ondergrond is over het algemeen geschikt om een kunststof heavescherm in te plaatsen, maar zeer lokaal zijn grindhoudende lagen aanwezig op geringe diepte. De standaard uitvoeringswijze voor kunststof schermen is inbrengen middels een moederplank en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

Op het einde van het traject is maatwerk benodigd ten behoeve van de stabiliteitsopgave. Voorzien is dat daar een stalen constructieve damwand wordt geplaatst. Voor deze damwand geldt ten aanzien van uitvoerbaarheid hetzelfde als beschreven voor het kunststof heavescherm.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 scoort neutraal (0), omdat het alternatief maakbaar is met standaard technieken, maar wel afhankelijk is van de omstandigheden zoals het werken buiten het gesloten dijkseizoen en het broedseizoen. Alternatief 3 scoort negatief (-), omdat het alternatief maakbaar is met standaard technieken maar dit moet gebeuren in een complexe omgeving. Er grenzen tuinen direct aan de kering en er moet een weg gekruist worden.

5.4.4 Uitbreidbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loo alternatief 1

De klei-ingraving is in de basis makkelijk uitbreidbaar bij een toekomstige dijkversterking, omdat het een maatregel in grond is en daar makkelijk extra grond bij aangebracht kan worden. Er kan doorgebouwd worden op wat er al aanwezig is. In de uiterwaard zijn geen beperkende objecten aanwezig die het niet mogelijk maken om uit te breiden in de toekomst.

Om de stabiliteit van de dijk te verbeteren wordt echter ook een stabiliteitsscherm (stalen damwand) aangelegd. De stalen damwand wordt ontworpen op een levensduur van 100 jaar. Gedurende deze periode corrodeert het materiaal. Zeker als de damwand ook een stabiliserende functie heeft, kan deze de (hogere) belastingen na 100 jaar mogelijk niet meer opvangen. Indien de damwand niet meer voldoet moet deze volledig vervangen worden om weer aan de veiligheidseisen te voldoen. Als de corrosie mee valt of als de sterkte van de plank vanwege de uitvoering dikker is gekozen, bestaat de mogelijkheid dat de damwand na 100 jaar nog steeds voldoet. De damwand is echter niet uitbreidbaar.

Loo alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Alternatief 3 betreft een verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm.

De lengte van het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Bij een zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en zal deze uitgebreid moeten worden. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen. Verlengen van het scherm door middel van een groutinjectie is vanwege de grote strekkingen niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren.

Buitendijks klei aanbrengen ter compensatie van de hogere grondwaterstanden is niet doelmatig. Een heavescherm gaat uit van het principe dat er voldoende weerstand aanwezige is tegen het verticaal uitstromen van zand achter het scherm en niet van een horizontale benodigde kwelweglengte. Voor een tijdelijke situatie van bijvoorbeeld één beoordelingsperiode van 12 jaar kan buiten de leggerzone rekening gehouden met intredeweerstand, maar voor weer een levensduur van 100 jaar is dit niet voldoende veilig.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 bestaat grotendeels uit een klei-ingraving en deze is goed uitbreidbaar, omdat het alternatief volledig in grond is. Om de stabiliteit van de dijk te verbeteren is voor de maatwerklocatie voorsnog in een stabiliteitsscherm (stalen damwand) voorzien, deze is niet uitbreidbaar. Hierdoor scoort alternatief 1 gemiddeld neutraal (0). Alternatief 3 is een verticale maatregel. Een verticale maatregel is niet uitbreidbaar en dient na einde levensduur vaak volledig vervangen te worden. Hierdoor scoort alternatief 3 zeer negatief (- -).

5.4.5 Invloed van kabels en leidingen

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loo alternatief 1

Er zijn geen kabels en leidingen met impact aanwezig binnen dit deeltraject. Bij dijkpaal 181+50 kruist het distributienet van 2 buitendijkse adressen de dijk. Op deze locatie ligt ook distributienet binnendijs langs de (op enige afstand van de dijk gelegen) weg.

Verder liggen in de dijk en in de omgeving van de dijk geen kabels of leidingen anders dan elektra in de binnenkruin als voeding voor de openbare verlichting. Deze leidingen hebben geen significant effect op het alternatief.

Loo alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Er zijn geen kabels en leidingen met impact aanwezig binnen dit deeltraject. Bij dijkpaal 181+50 kruist het distributienet van 2 buitendijkse adressen de dijk. Op deze locatie ligt ook distributienet binnendijs langs de (op enige afstand van de dijk gelegen) weg.

Verder liggen in de dijk en in de omgeving van de dijk geen kabels of leidingen anders dan elektra in de binnenkruin als voeding voor de openbare verlichting. Deze leidingen hebben geen significant effect op het alternatief.

Samenvattende beoordeling

In het deeltraject Loo zijn geen kabels en leidingen met impact aanwezig. Wel ligt er een distributienet binnendijs en wat elektra in de binnenkruin. Alternatief 1 en 3 scoren neutraal (0), want er zijn geen leidingen met impact aanwezig binnen dit deeltraject en de leidingen die er liggen hebben geen effect op de alternatieven (0).

5.5 Loodijk – Schans

In Tabel 12 zijn de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 12. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject Loodijk - Schans

Subaspect	Criterium	Loodijk - Schans alternatief 1	Loodijk - Schans alternatief 2	Loodijk - Schans alternatief 3
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplobbare oorlogsresten	++	+	+
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+	+	+
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	0	+	+
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	+	--	-
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	-	--	--

5.5.1 Effect op ontplobbare oorlogsresten

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loodijk - Schans alternatief 1

De klei-ingraving in dit alternatief heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een groot gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocaties:

- COB-00056 ter hoogte van dijkpaal 193
- COB-00057 ter hoogte van dijkpaal 206
- COB-00053 ter hoogte van dijkpaal 210
- COB-00054 ter hoogte van dijkpaal 211

Bij maatwerklocaties COB-00035, COB-00056, COB-00057, COB-00053 en COB-00054 wordt een damwand geplaatst. Als gevolg van deze maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Voor dit alternatief geldt dat het niet volledig wordt gedekt door het Vooronderzoek OO. Voorafgaande aan de bodemingrepen dienen aanvullende OO-maatregelen te worden getroffen, bestaande uit het uitvoeren een nieuw Vooronderzoek OO of een opsporingsonderzoek (opsporen en verwijderen aanwezige OO).

Loodijk - Schans alternatief 2

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Loodijk - Schans alternatief 3 (voorkeursalternatief)

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocaties:

- COB-00056 ter hoogte van dijkpaal 193
- COB-00057 ter hoogte van dijkpaal 206
- COB-00053 ter hoogte van dijkpaal 210
- COB-00054 ter hoogte van dijkpaal 211

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een groot gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als zeer positief (++) beoordeeld.

Alternatieven 2 en 3 hebben een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

5.5.2 Bijdrage aan Hoogwaterveiligheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loodijk - Schans alternatief 1

Het alternatief klei-ingraving met lokaal een steunberm lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Loodijk - Schans alternatief 2

Het alternatief verticale maatregel piping met lokaal een constructie voor stabiliteit lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Loodijk - Schans alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Het alternatief verticale maatregel piping met lokaal een steunberm lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Samenvattende beoordeling

Alle alternatieven richten zich op het verhogen van de veiligheid ten aanzien van het faalmechanisme piping en lokaal macrostabiliteit binnenwaarts. Aan de overige faalmechanismen voldoet de kering al aan de gestelde eisen en is er geen verbeteropgave noodzakelijk. Alle drie de alternatieven voldoen aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de waterwet, voor zichtjaar 2080. Hierdoor scoren alle alternatieven positief (+).

5.5.3 Uitvoerbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loodijk - Schans alternatief 1

De klei-ingraving met taludverflauwing en lokaal een steunberm is een alternatief dat gerealiseerd kan worden met standaard uitvoeringstechnieken en waar veel ervaring mee is. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn:

- De klei-ingraving in het voorland is slechts een beperkt deel van het jaar uitvoerbaar.
Redenen:
- Ontgraving van het voorland ten behoeve van de klei-ingraving heeft (tijdelijk) een negatieve invloed op de sterkte van de dijk (risico op piping en de klei niet te verdichten).
- De werkzaamheden in het voorland zijn niet toegestaan in het broedseizoen.
- Aan het begin van het traject is een buitendijks wiel aanwezig. Deze is aangemerkt als maatwerk, omdat een wiel vaak meerdere meters diep is en er onder water klei aangebracht moet worden. Als er op de bodem van het wiel een laag stevig slib aanwezig is, hoeft enkel rond de waterlijn wat klei aangebracht te worden. Of de stevige laag slib aanwezig is, is onzeker.

Op delen langs het traject zijn binnendijks lokaal steunbermen benodigd. Het realiseren van de bermen vraagt extra ruimtebeslag ten opzichte van de huidige situatie. Op enkele locaties passen, door aanwezigheid van woningen met tuinen, de bermen niet en zijn deze aangemerkt als maatwerklocaties. De maatwerklocaties worden uitgevoerd met een constructie en deze passen wel binnen de beschikbare ruimte. Het maatwerk kan uitgevoerd worden met standaard technieken. Op de delen die niet als maatwerk zijn aangemerkt is voldoende ruimte beschikbaar om de steunbermen te realiseren.

Op delen langs het traject zijn lokaal steunbermen benodigd. Het realiseren van de bermen vraagt extra ruimtebeslag ten opzichte van de huidige situatie. Op enkele locaties passen, door aanwezigheid van woningen met tuinen, de bermen niet en zijn deze aangemerkt als maatwerklocaties. De maatwerklocaties worden uitgevoerd met een constructie en deze passen wel binnen de beschikbare ruimte.

Loodijk - Schans alternatief 2

Dit alternatief wordt volledig uitgevoerd als verticale maatregel voor piping en daar waar een stabiliteitsopgave benodigd is, wordt de verticale maatregel uitgevoerd als piping- en stabiliteitsscherm. De locaties met enkel een maatregel voor piping worden uitgevoerd met een kunststof heavescherm en de locaties met dubbelfunctie met een stalen damwand. Beide maatregelen kunnen uitgevoerd worden met standaard technieken waar veel ervaring mee is.

De ondergrond is over het algemeen geschikt om een kunststof heavescherm in te plaatsen, maar zeer lokaal zijn grindhoudende lagen aanwezig op geringe diepte. De standaard uitvoeringswijze voor kunststof schermen is inbrengen middels een moederplank en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

De maatregelen kunnen uitgevoerd worden binnen het huidige ruimtegebruik, maar voor de uitvoering is een werkstrook nodig die vaak wel ruimtebeslag heeft op de percelen die dicht tegen de dijk aan liggen. Voor deze percelen geldt dat tijdelijk de tuin als werkstrook wordt ingericht na uitvoering weer in oorspronkelijke hersteld moet worden.

Aan de noordzijde sluit het traject aan op het defensiekunstwerk Westervoort. De constructie moet hierop aangesloten worden, hierdoor moet vermoedelijk lokaal afgeweken worden van de ligging van de constructie.

Loodijk - Schans alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Dit alternatief wordt volledig uitgevoerd als verticale maatregel voor piping. Op delen met een stabiliteitsopgave wordt een berm toegepast. Het realiseren van de bermen vraagt extra ruimtebeslag ten opzichte van de huidige situatie. Op enkele trajecten na, is er voldoende ruimte voor de steunbermen.

Op locaties waar de bermen als gevolg van de aanwezigheid van woningen met tuinen niet passen (de zogenaamde maatwerklocaties), wordt de stabiliteitsmaatregel uitgevoerd met een constructie. Aan de noordzijde sluit het traject

aan op het defensiekunstwerk Westervoort. De constructie moet hierop aangesloten worden, hierdoor moet vermoedelijk lokaal afgeweken worden van de ligging van de constructie.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 scoort gemiddeld neutraal (0), omdat het alternatief maakbaar is met standaard technieken, maar de uitvoering afhankelijk is van de omgeving, zoals het werken buiten het gesloten dijkseizoen en het broedseizoen. Alternatief 2 en 3 scoren positief (+), omdat de alternatieven maakbaar zijn met standaard technieken en de uitvoering minder afhankelijk is van voorgenoemde factoren. Een aandachtspunt is de aansluiting van de alternatieven op het defensiekunstwerk Westervoort en de beperkte ruimte op enkele plekken, omdat tuinen en woningen dicht langs de kering staan.

5.5.4 Uitbreidbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loodijk - Schans alternatief 1

De klei-ingraving en de steunbermen zijn in de basis makkelijk uitbreidbaar bij een toekomstige dijkversterking, omdat het maatregelen in grond zijn en daar makkelijk extra grond bij aangebracht kan worden. Er kan doorgebouwd worden op wat er al aanwezig is. In de uiterwaard zijn geen beperkende objecten aanwezig die het niet mogelijk maken om uit te breiden in de toekomst en bij de delen waar de berm wordt toegepast is dit in landelijk gebied en zijn daar ook geen objecten aanwezig die beperkingen meebrengen.

Aan het begin van het traject is een buitendijks wiel aanwezig. Deze is aangemerkt als maatwerk, omdat een wiel vaak meerdere meters diep is en er dan onder water klei aangebracht moet worden. Dit is niet op een standaard wijze en waarschijnlijk alleen bij lage rivierwaterstanden mogelijk.

Voor de maatwerklocaties (ter plaatse van de woningen) wordt een constructieve stalen damwand toegepast. Een stalen damwand heeft een levensduur van 100 jaar en gedurende deze periode corrodeert het materiaal. Met name als de damwand ook een stabiliserende functie heeft kan deze de hogere belastingen na 100 jaar mogelijk niet meer opvangen. Indien de damwand niet meer voldoet moet deze volledig vervangen worden, zodat de dijk de daaropvolgende 100 jaar weer veilig is. Als de corrosie mee valt of als de sterkte van de plank vanwege de uitvoering dikker is gekozen, bestaat de mogelijkheid dat de damwand na 100 jaar nog steeds voldoet. De damwand scoort vooralsnog zeer negatief op uitbreidbaarheid.

Loodijk - Schans alternatief 2

Alternatief 2 betreft een verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm en op de maatwerklocatie wordt een stalen damwand toegepast. Het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar, maar bij zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en zal deze uitgebreid moeten worden.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen, zoals bijvoorbeeld het verlengen van de damwand doormiddel van een groutinjectie. Op grote strekkingen is dit niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren en is volledig vervangen in dat geval noodzakelijk.

Een stalen damwand heeft een levensduur van 100 jaar en gedurende deze periode corrodeert het materiaal. Met name als de damwand ook een stabiliserende functie heeft kan deze de hogere belastingen, die verwacht worden na 100 jaar, niet opvangen. De damwand moet dan volledig vervangen worden, zodat de dijk de daaropvolgende 100 jaar veilig is. Als de corrosie mee valt of als de sterkte van de plank vanwege de uitvoering dikker is gekozen, bestaat de mogelijkheid dat de damwand na 100 jaar nog steeds voldoet. De damwand scoort vooralsnog zeer negatief op uitbreidbaarheid.

Loodijk - Schans alternatief 3 (voorkeursalternatief)

Alternatief 3 betreft een verticale maatregel piping met een steunberm en lokaal is maatwerk benodigd in de vorm van een stalen damwand. Voor dit alternatief geldt voor de verticale maatregel piping hetzelfde als wat voor alternatief 2 geldt. De steunbermen zijn goed uit te breiden, omdat deze vooral in het landelijke gebied zijn voorzien.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 bestaat grotendeels uit een klei-ingraving en een steunberm. Deze oplossingen in grond zijn goed uitbreidbaar, omdat hier makkelijk op doorgebouwd kan worden met een nieuwe maatregel in grond. Hierdoor scoort alternatief 1 positief (+). Alternatief 2 bestaat uit een verticale maatregel tegen piping en een stalen damwand om de stabiliteitsopgave op te lossen. De verticale maatregel en constructie zijn niet uitbreidbaar en dienen na einde levensduur vaak volledig vervangen te worden. Alternatief 2 scoort daarom zeer negatief (- -). Alternatief 3 bestaat uit een verticale maatregel tegen piping en een steunberm om de stabiliteitsopgave op te lossen. Ter plaatse van maatwerklocaties wordt een stalen damwand geplaatst. Ook voor alternatief 3 geldt dat de verticale maatregelen niet uitbreidbaar zijn. De steunbermen in dit alternatief zijn wel goed uit te breiden, omdat deze vooral in het landelijke gebied zijn voorzien. Hierdoor scoort alternatief 3 gemiddeld negatief (-).

5.5.5 Invloed van kabels en leidingen

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Loodijk - Schans alternatief 1

In alternatief 1 is sprake van vier kruisende Gasunie leidingen waarvan 2 een HDD boring die op grotere diepte liggen en er twee in een open sleuf zijn aangebracht. Daarnaast is er één kruisende Vitens waterleiding aanwezig. Dit is een HDD boring en heeft geen raakvlak met de kering.

De 2 gasleidingen die in sleuf zijn aangebracht zijn bepalend voor de score, omdat deze raakvlak hebben met het alternatief. Voor de kruising met deze leidingen zijn enkele mitigerende maatregelen nodig.

Daarnaast zijn er veelal in de kruin beperkt aanwezig, kabel voor openbare verlichting en lokaal een telecomkabel. In de binnenteen en in het achterland (op locatie van te verwachten binnenberm) ligt het distributienet en soms ook telecom. In dit deeltraject is er, buiten de grote leidingkruisingen, ook wat kruisende ondergrondse infrastructuur (DP 200 – 201 en 204 – 206). Dit lijkt veelal te gaan om distributie naar buitendijks gelegen woningen, een enkele kruising loopt door onder de rivier. De impact van de kleinere leidingen is minimaal en niet bepalend voor de keuze van het VKA. Dit geldt ook voor alternatief 2 en 3.

Loodijk - Schans alternatief 2

De twee gasleidingen die in sleuf zijn aangebracht zijn bepalend voor de score, omdat deze raakvlak hebben met het alternatief. Voor de kruising met de leidingen zijn grote aanpassingen op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Loodijk - Schans alternatief 3 (voorkeursalternatief)

De twee gasleidingen die in sleuf zijn aangebracht zijn bepalend voor de score, omdat deze raakvlak hebben met het alternatief. Voor de kruising met de leidingen zijn grote aanpassingen op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Samenvattende beoordeling

In het deeltraject Loodijk - Schans zijn kabels en leidingen aanwezig, waaronder vier gasleidingen, een waterleiding, een kabel voor openbare verlichting, en een telecomkabel. Alternatief 1 scoort negatief (-), omdat er enkele mitigerende maatregelen benodigd zijn voor de kruising met kabels en leidingen. Alternatief 2 en 3 scoren zeer negatief (- -), omdat er grote aanpassingen benodigd zijn om de verticale maatregel uit te kunnen voeren.

5.6 Mosterdhof

In Tabel 13 zijn de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 13. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject Mosterdhof

Subaspect	Criterium	Mosterdhof alternatief 1	Mosterdhof alternatief 2
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplobbare oorlogsresten	++	+
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+	+
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	0	0
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	-	--
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	-	--

5.6.1 Invloed op ontplobbare oorlogsresten

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Mosterdhof alternatief 1

De klei-ingraving in dit alternatief heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een groot gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Mosterdhof alternatief 2 (voorkeursalternatief)

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplobbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocatie:

- COB-00045 ter hoogte van dijkpaal 253

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een groot gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als zeer positief (++) beoordeeld.

Alternatief 2 heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

5.6.2 Bijdrage aan Hoogwaterveiligheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Mosterdhof alternatief 1

Het alternatief klei-ingraving met een kruinverhoging lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Mosterdhof alternatief 2 (voorkeursalternatief)

Het alternatief verticale maatregel piping met een kruinverhoging lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Samenvattende beoordeling

Beide alternatieven richten zich op het verhogen van de veiligheid ten aanzien van het faalmechanisme piping en een minimaal hoogtetekort. Aan de overige faalmechanismen voldoet de kering al aan de gestelde eisen en is er geen verbeteropgave noodzakelijk. Beide alternatieven voldoen aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de waterwet, voor zichtjaar 2080. Hierdoor scoren beide alternatieven positief (+).

5.6.3 Uitvoerbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Mosterdhof alternatief 1

De klei-ingraving met taludverflauwing en lokaal een steunberm is een alternatief dat gerealiseerd kan worden met standaard uitvoeringstechnieken en waar veel ervaring mee is. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn:

- De klei-ingraving in het voorland is slechts een beperkt deel van het jaar uitvoerbaar.
Redenen:
- Ontgraving van het voorland ten behoeve van de klei-ingraving heeft (tijdelijk) een negatieve invloed op de sterkte van de dijk (risico op piping en de klei niet te verdichten).
- De werkzaamheden in het voorland zijn niet toegestaan in het broedseizoen.
- In de uiterwaard bij Mosterdhof is op een groot deel een oppervlaktewater aanwezig. De waterpartij ligt op voldoende afstand van de benodigde klei-ingraving en zorgt dus niet voor een beperking in de uitvoering.

Mosterdhof alternatief 2 (voorkeursalternatief)

Het alternatief verticale maatregel piping is goed uitvoerbaar met een standaard uitvoeringstechniek en er is veel ervaring mee. Het alternatief neemt binnenwaarts weinig ruimte in beslag, maar er zijn wel enkele obstakels aanwezig. Ter hoogte van dijkpaal 251+000 – 252+000 ligt er een tuin direct achter de kering (nabij binnenteen). Gezien de beperkte ruimte valt er niet aan te ontkomen dat de tuin (tijdelijk) voor de realisatie wordt gebruikt. Op de rest van het traject is voldoende ruimte aanwezig voor de uitvoering.

De ondergrond is over het algemeen geschikt om een kunststof heavescherm in te plaatsen, maar zeer lokaal zijn grindhoudende lagen aanwezig op geringe diepte. De standaard uitvoeringswijze voor kunststof schermen is inbrengen middels een moederplank en er hoeven dus geen aanvullende uitvoeringsmethodieken (bijvoorbeeld voorboren) ingezet te worden om de maatregel op diepte te krijgen.

Aandachtspunt is de plaatsing van het heavescherm ter hoogte van de spoorbrug. Alhoewel er ter plaatse van de spoorbrug geen pipingopgave is (hoog achterland), moet het heavescherm daar wel doorgezet worden (voorkomen achterloopsheid). Vanwege de beperkt werkhoogte onder de spoorbrug maakt dit de uitvoering complexer. Daarbij speelt mee dat aangezien het maaiveld onder de spoorbrug hoog ligt, langere heaveschermen aangebracht moeten worden.

Samenvattende beoordeling

Beide alternatieven hebben beperkingen. Voor alternatief 1 liggen beperkingen op de uitvoeringsperiode, omdat de klei-ingraving buitendijks ligt en daardoor sterk afhankelijk is van gesloten dijkseizoen en broedseizoen. Voor alternatief 2 geldt dat dicht op tuinen wordt gewerkt en de aansluiting met de spoorbrug een aandachtspunt is. Tegelijkertijd zijn beide alternatieven goed uitvoerbaar op basis van standaard uitvoeringsmethodes. Hierdoor scoren beide alternatieven neutraal (0).

5.6.4 Uitbreidbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Mosterdhof alternatief 1

In dit alternatief is een klei-ingraving en kruinverhoging voorzien. Beide maatregelen zijn in grond en deze zijn goed uit te breiden. In de uiterwaard is op een groot deel een oppervlaktewater aanwezig. De waterpartij ligt dicht op de benodigde ruimte voor de kleiingraving. Uitbreiding is mogelijk, maar dat wordt wel complexer omdat er dan klei onder water aangebracht moet worden. In dat geval kan uitbreiding binnendijks gezocht worden. Echter, dit past niet overal in het geval van een aanvullende pipingberm en is niet doelmatig als voor een verticaal scherm als uitbreiding gekozen wordt.

Mosterdhof alternatief 2 (voorkeursalternatief)

Alternatief 2 betreft een verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm. De lengte van het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar, maar bij zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en een vergrote kans dat deze uitgebreid moeten worden.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen, zoals bijvoorbeeld het verlengen van de damwand doormiddel van een groutinjectie. Op grote strekkingen is dit niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren en is volledig vervangen in dat geval noodzakelijk.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 scoort negatief (-). Het alternatief is slecht uitbreidbaar door de aanwezige waterpartij op grote delen van het traject. Alternatief 2 is een verticale maatregel die niet uitbreidbaar is en na einde levensduur vaak volledig vervangen dient te worden. Hierdoor scoort alternatief 2 zeer negatief (- -).

5.6.5 Invloed van kabels en leidingen

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Mosterdhof alternatief 1

Bij alternatief 1 is sprake van twee kruisende waterleidingen waarvan één een HDD boring is en één in open sleuf is aangebracht. De HDD boring ligt diep onder de kering en kent geen beperkingen. De open sleuf leiding is maatgevend, omdat deze een raakvlak heeft met het alternatief. Voor de kruising met deze leiding zijn enkele mitigerende maatregelen nodig.

Bij dijkpalen 247 en 252-253 is (aanvullend op de hierboven benoemde waterleiding) een bundeling van kruisende ondergrondse infrastructuur (kabels) aanwezig die vrijwel allemaal ook de IJssel kruisen (waaronder een hoofdroute voor glasvezelkabels). Inpassing in de dijkversterking kan complex zijn, maar zal niet de keuze voor het VKA in het hele traject beïnvloeden. Dit geldt ook voor alternatief 2.

Mosterdhof alternatief 2 (voorkeursalternatief)

De kruisende waterleiding die in sleuf is aangebracht is bepalend voor de score, omdat deze raakvlak heeft met het alternatief. Voor de kruising met de leidingen zijn grote aanpassingen op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Samenvattende beoordeling

In het deeltraject Mosterdhof zijn kabels en leidingen aanwezig, waaronder twee waterleidingen en een bundeling van kruisende ondergrondse infrastructuur. Alternatief 1 scoort negatief (-), omdat er enkele mitigerende maatregel nodig zijn voor de kruising met kabels en leidingen. Alternatief 2 scoort zeer negatief (- -), omdat er grote aanpassingen benodigd zijn om de verticale maatregel uit te kunnen voeren.

5.7 Tussen de Bruggen West

In Tabel 14 zijn de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 14. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject Tussen de bruggen - West

Subaspect	Criterium	Tdb West alternatief 1	Tdb West alternatief 2	Tdb West alternatief 3	Tdb West alternatief 4	Tdb West alternatief 5
Ontploffbare oorlogsresten	Effect op ontploffbare oorlogsresten	++	+	+	+	++
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+	+	++	+	++
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	0	0	+	0	0
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	0	--	0	-	++
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	-	--	--	--	--

5.7.1 Effect op ontploffbare oorlogsresten

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Tussen de Bruggen West alternatief 1

De klei-ingraving in dit alternatief heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontploffbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een groot gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocaties:

- COB-00050 ter hoogte van dijkpaal 260.

Bij maatwerklocaties COB-00036, COB-00047 en COB-00050 wordt een damwand geplaatst. Als gevolg van deze maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Tussen de Bruggen West alternatief 2

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontploffbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocaties:

- COB-00046 ter hoogte van dijkpaal 253.
- COB-00049 ter hoogte van dijkpaal 258.
- COB-00050 ter hoogte van dijkpaal 260.
- COB-00051 ter hoogte van dijkpaal 265.

Tussen de Bruggen West alternatief 3

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Tussen de Bruggen West alternatief 4 (voorkeursalternatief)

De damwand in dit alternatief heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Dit geldt ook voor de volgende maatwerklocaties:

- COB-00046 ter hoogte van dijkpaal 254.
- COB-00047 ter hoogte van dijkpaal 254.
- COB-00048 ter hoogte van dijkpaal 256.
- COB-00050 ter hoogte van dijkpaal 260.
- COB-00051 ter hoogte van dijkpaal 265.

Tussen de Bruggen West alternatief 5

De klei-ingraving in dit alternatief heeft een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op ontplofbare oorlogsresten (OO). Als gevolg van de maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een groot gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Bij maatwerklocaties COB-00036 wordt een damwand geplaatst. Als gevolg van deze maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Samenvattende beoordeling

Alternatieven 1 en 5 hebben een groot raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een groot gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als zeer positief (++) beoordeeld.

Alternatieven 2, 3 en 4 en de meekoppelkans hebben een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

5.7.2 Bijdrage aan hoogwaterveiligheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Tussen de Bruggen West alternatief 1

Alternatief 1 lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Tussen de Bruggen West alternatief 2

Alternatief 2 lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Tussen de Bruggen West alternatief 3

Alternatief 3 lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2075. De kruin van de asverschuiving wordt hoger aangebracht dan de alternatieven die op de huidige locatie worden versterkt. Hierdoor wordt de dijk hoger aangelegd dan nodig vanuit de minimale eisen voor hoogwaterveiligheid. De dijk voldoet voor hoogte aan een langere levensduur dan zichtjaar 2075, voor de overige faalmechanismen voldoet de dijk aan de minimale eisen voor hoogwaterveiligheid.

Tussen de Bruggen West alternatief 4 (voorkeursalternatief)

Alternatief 4 lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Tussen de Bruggen West alternatief 5

Alternatief 5 lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De kruin van de asverschuiving wordt hoger aangebracht dan de alternatieven die op de huidige locatie worden versterkt. Hierdoor wordt de dijk hoger aangelegd dan nodig vanuit de minimale eisen voor hoogwaterveiligheid. De dijk voldoet voor hoogte aan een langere levensduur dan zichtjaar 2080, voor de overige faalmechanismen voldoet de dijk aan de minimale eisen voor hoogwaterveiligheid.

Samenvattende beoordeling

Alle alternatieven lossen de faalmechanisme piping, een minimaal hoogtetekort en lokaal macrostabiliteit binnenwaarts op. De bestaande kering voldoet al aan de overige faalmechanismen, hiervoor is geen verbeteropgave noodzakelijk. Alternatief 1, 2 en 4 voldoen aan de minimale eisen voor een hoogwaterveilige dijk, zoals vastgesteld in de waterwet, voor het zichtjaar 2080. De alternatieven scoren positief (+). Bij alternatief 3 en 5 wordt de kruin van de asverschuiving circa 10 cm hoger aangebracht dan nodig vanuit de minimale eisen voor hoogwaterveiligheid. De dijk heeft voor hoogte een langere levensduur dan zichtjaar 2080 en is daarmee toekomstbestendiger. Alternatief 3 en 5 scoren daarom zeer positief (++).

5.7.3 Uitvoerbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Tussen de Bruggen West alternatief 1

De klei-ingraving en kruinverhoging is een alternatief dat gerealiseerd kan worden met standaard uitvoeringstechnieken en waar veel ervaring mee is. Tijdens het hoogwater seizoen is de kans op hogere grondwaterstanden verhoogd. Bij hoge grondwaterstanden is de maatregel niet te realiseren, omdat de klei goed verdicht moet worden en dit kan niet onder water of met de grondwaterstand op het ontgravingsniveau. De klei-ingraving mag in het gesloten seizoen alleen onder voorwaarden uitgevoerd worden. Bijvoorbeeld met een hoogwateractieplan waarin de aangepaste werkwijze en stopcriteria zijn beschreven. Buiten het gesloten seizoen geldt er voor de uiterwaard ook nog een broedseizoen wat zorgt voor een beperking van uitvoering. Buiten het hoogwater seizoen ligt de gemiddeld lage grondwaterstand dieper dan de onderkant van de klei-ingraving en zorgt dit niet voor een uitvoeringsbeperking.

Ter hoogte van dijkspaal 254 – 256 is aan buitendijkse zijde overslag terrein van Struyk Verwo aanwezig. De en op de aanmeerhaven van het rangeerterrein. Deze locatie is aangemerkt als maatwerklocatie, omdat de klei-ingraving hier niet mogelijk is. Als maatwerk wordt aan binnendijkse zijde een heavescherm toegepast. Deze maatregel is goed uit te voeren met standaard technieken.

Aan de binnenzijde van de dijk is er op diverse locaties een stabiliteitsopgave. Op delen met voldoende ruimte wordt een steunberm toegepast. Op de locaties met beperkte ruimte (maatwerklocaties ter plaatse van de woningen) wordt een stalen damwand geplaatst. Binnendijks vlak naast de kering zijn tuinen en woningen aanwezig. Voor de bereikbaarheid van de woningen liggen er diversen op- en afritten langs het traject. Hier moet de verticale maatregel in doorgezet worden. Dus moet in de afritten een brede sleuf gegraven worden, waardoor de woningen tijdelijk minder

goed bereikbaar zijn. De woningen en tuinen liggen dicht tegen de dijk aan en voor de uitvoering is een werkstrook op particuliere gronden noodzakelijk.

De afwisseling binnendijkse van woningen, tuinen en op- en afritten maakt, ondanks de ruime ervaring met vergelijkbare werkzaamheden, dat de uitvoering complex is.

Tussen de Bruggen West alternatief 2

Alternatief 2 betreft een verticale maatregel voor piping met een kruinverhoging en lokaal een stalen constructie vanwege een stabiliteitsopgave. Binnendijks vlak naast de kering zijn tuinen en woningen aanwezig. Voor de bereikbaarheid van de woningen liggen er diversen op- en afritten langs het traject. Hier moeten de verticale maatregel in doorgezet worden. Dus moet in de afritten een brede sleuf gegraven worden, waardoor de woningen tijdelijk minder goed bereikbaar zijn. De woningen en tuinen liggen dicht tegen de dijk aan en voor de uitvoering is een werkstrook op particuliere gronden noodzakelijk.

De afwisseling binnendijkse van woningen, tuinen en op- en afritten maakt, ondanks de ruime ervaring met vergelijkbare werkzaamheden, dat de uitvoering complex is.

Tussen de Bruggen West alternatief 3

Alternatief 3 betreft een verticale maatregel voor piping met asverschuiving buitendijks en een kruinverhoging. Bij de asverschuiving wordt in feite een nieuwe kering in grond gebouwd. Hier is veel ervaring mee en de uitvoering (aanvoeren en verdichten van klei) is weinig complex. Dit geldt ook voor de uitvoering van de verticale maatregel voor piping (intrillen van het scherm in fijne grond met moederplank).

Belangrijke voordeel van dit alternatief is dat aan de binnenzijde gewerkt kan worden binnen het huidige ruimtegebruik van de dijk voor het realiseren van de steunberm en de verticale maatregel piping. Dit alternatief vereist dus geen extra ruimtebeslag op de binnendijkse gronden. Wel is er maatwerk nodig voor de ontsluiting van de erven, omdat de afritten niet meer aansluiten op de verschoven dijk.

Tussen de Bruggen West alternatief 4 (voorkeursalternatief)

Alternatief 4 betreft een verticale maatregel voor piping met een kruinverhoging en lokaal een steunberm vanwege de stabiliteitsopgave. Binnendijks vlak naast de kering zijn tuinen en woningen aanwezig. Voor de bereikbaarheid van de woningen liggen er diversen op- en afritten langs het traject. Hier moet de verticale maatregel in doorgezet worden. Dus moet in de afritten een brede sleuf gegraven worden, waardoor de woningen tijdelijk minder goed bereikbaar zijn.

Aan de binnenzijde van de dijk is er op diverse locaties een stabiliteitsopgave. Op delen met voldoende ruimte wordt een steunberm toegepast en op de locaties met beperkte ruimte (maatwerklocaties ter plaatse van de woningen) wordt een stalen damwand geplaatst.

De afwisseling binnendijkse van woningen, tuinen en op- en afritten maakt, ondanks de ruime ervaring met vergelijkbare werkzaamheden, dat de uitvoering complex is.

Tussen de Bruggen West alternatief 5

Alternatief 5 betreft een klei-ingraving in combinatie met asverschuiving buitendijks en een kruinverhoging. Met het uitvoeren van de klei-ingraving is veel ervaring.

Voor de planning en het uitvoeren is dit alternatief afhankelijk van de omstandigheden voor het correct aanbrengen. Tijdens het hoogwater seizoen is de kans op hogere grondwaterstanden verhoogd. Bij hoge grondwaterstanden is de maatregel niet te realiseren, omdat de klei goed verdicht moet worden en dit kan niet onder water of met de grondwaterstand op het ontgravingsniveau. De klei-ingraving mag in het gesloten seizoen alleen onder voorwaarden uitgevoerd worden. Bijvoorbeeld met een hoogwateractieplan waarin de aangepaste werkwijze en stopcriteria zijn beschreven. Buiten het gesloten seizoen geldt er voor de uiterwaard ook nog een broedseizoen wat zorgt voor een beperking van uitvoering. Buiten het hoogwater seizoen ligt de gemiddeld lage grondwaterstand dieper dan de onderkant van de klei-ingraving en zorgt dit niet voor een uitvoeringsbeperking.

Bij de asverschuiving wordt in feite een nieuwe kering in grond gebouwd. Hier is veel ervaring mee, het betreft een weinig complexe uitvoering. Belangrijke voordeel van dit alternatief is het feit dat er geen blijvende werkzaamheden

landwaarts van de huidige dijk behoeven te worden gerealiseerd. Er is dus geen extra ruimtebeslag op binnendijkse gronden.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 scoort neutraal (0). Enerzijds is de uitvoering afhankelijk van de omgeving, zoals het werken buiten het gesloten dijkseizoen en het broedseizoen. Anderzijds is het alternatief uit te voeren met standaard technieken waar veel ervaring mee is. Alternatief 2 en 4 scoren beiden neutraal (0). De afwisseling tussen veiligheidsmaatregelen maken de uitvoering complexer en er is afstemming met omgeving nodig, maar de alternatieven zijn goed maakbaar met standaard technieken.

Alternatief 3 scoort positief (+), omdat de uitvoering goed maakbaar is en er geen ruimtebeslag is op binnendijkse percelen. Het alternatief kan gerealiseerd worden met bekende uitvoeringstechnieken. Alternatief 5 scoort neutraal (0), omdat de uitvoering van het alternatief, net als bij alternatief 1, afhankelijk van de omgeving, zoals werken buiten het gesloten dijkseizoen en het broedseizoen. Daarentegen zorgt de asverschuiving ervoor dat er geen ruimte nodig is op binnendijkse percelen. De aansluiting van afritten is daarbij wel een aandachtspunt.

5.7.4 Uitbreidbaarheid

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Tussen de Bruggen West alternatief 1

Alternatief 1 scoort gemiddeld neutraal (0). Alternatief 1 betreft een klei-ingraving met een kruinverhoging en lokaal een steunberm voor stabiliteit. Zowel de klei-ingraving als de steunberm zijn makkelijk uitbreidbaar omdat dit grondoplossingen zijn. Op de grondoplossingen kan doorgebouwd worden met grond. Dit is een positief effect.

Naast de grondoplossingen zijn er maatwerklocaties aanwezig langs het traject waar een constructie wordt toegepast. Als het maatwerk enkel voor piping dient, dan is dit een kunststof heavescherm. Voor stabiliteit wordt een stalen damwand toegepast. Een verticale maatregel/ constructie is niet (doelmatig) uitbreidbaar en dient na het verloop van de levensduur vaak volledig vervangen te worden. Dit is een negatief effect.

Tussen de Bruggen West alternatief 2

Alternatief 2 verticale maatregel voor piping uitgevoerd met een kunststof heavescherm, een kruinverhoging en lokaal wordt een stalen damwand toegepast. De lengte van het kunststof heavescherm wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar, maar bij zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en zal deze uitgebreid moeten worden.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen, bijvoorbeeld met groutinjectie. Op grote strekkingen is dit niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren en is volledig vervangen in dat geval noodzakelijk.

Een stalen damwand heeft een levensduur van 100 jaar en gedurende deze periode corrodeert het materiaal. Als de damwand ook een stabiliserende functie heeft kan deze de (hogere) belastingen na 100 jaar mogelijk niet meer opvangen. Indien de damwand niet meer voldoet moet deze volledig vervangen worden, zodat de dijk de daaropvolgende 100 jaar veilig is. De damwand scoort daarom zeer negatief (-) op uitbreidbaarheid. Alternatief 2 scoort daarom zeer negatief (- -).

Tussen de Bruggen West alternatief 3

Alternatief 3 scoort gemiddeld neutraal (0). Alternatief 3 betreft een verticale maatregel voor piping met een asverschuiving en een kruinverhoging. Door de asverschuiving buitenwaarts ontstaat ruimte om binnen het huidige ruimtegebruik van de kering een toekomstige verhoging te realiseren (binnendijks). Er wordt een berm gecreëerd binnen op de locatie waar oorspronkelijk de dijk lag en kan daardoor makkelijk uitgebreid worden.

De verticale maatregel voor piping wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. Het materiaal zelf kan in principe langer mee dan 100 jaar, maar bij zwaardere belastingen in de toekomst voldoet het scherm niet meer en zal deze uitgebreid moeten worden.

Het kunststof heavescherm is niet op een efficiënte wijze uit te breiden met andere oplossingen, bijvoorbeeld met groutinjectie. Op grote strekkingen is dit niet kosten efficiënt en doelmatig uit te voeren en is volledig vervangen in dat geval noodzakelijk.

Tussen de Bruggen West alternatief 4 (voorkeursalternatief)

Alternatief 4 betreft een verticale maatregel voor piping met een kruinverhoging en lokaal een steunberm ten behoeve van stabiliteit. Op maatwerklocaties wordt een stalen damwand toegepast in plaats van de steunberm. De verticale maatregel voor piping en de maatwerklocaties zijn moeilijk uit te breiden en dienen aan het einde van de levensduur vaak volledig vervangen te worden. Dit is zeer negatief.

De steunberm is makkelijk uit te breiden omdat dit een grondoplossing betreft. Op grondoplossingen kan goed doorgebouwd worden en hoeft de maatregel niet vervangen te worden. Daar waar beperkte ruimte aanwezig is, worden steunbermen uitgevoerd als constructie. Dus waar de steunberm wel past is voldoende ruimte beschikbaar om deze uit te breiden. Onder de streep scoort alternatief 4 daarom negatief (-).

Tussen de Bruggen West alternatief 5

Alternatief 5 betreft een klei-ingraving met een asverschuiving met steunberm en een kruinverhoging. De klei-ingraving is grotendeels goed uit te breiden, maar ter hoogte van de waterpartij bij Struyk Verwo is dit niet het geval.

Door de asverschuiving buitenwaarts ontstaat ruimte om binnen het huidig ruimtegebruik van de kering een toekomstige verhoging te realiseren (binnendijks). Er wordt een berm gecreëerd binnen op de locatie waar oorspronkelijk de dijk lag en kan daardoor makkelijk uitgebreid worden.

Samenvattende beoordeling

Alternatief 1 scoort gemiddeld neutraal (0). De klei-ingraving en steunberm zijn makkelijk uit te breiden, maar ter hoogte van de maatwerklocaties wordt een constructie toegepast die niet makkelijk uit te breiden is.

De verticale maatregelen in alternatief 2 en 4 zijn niet uitbreidbaar en dienen na einde levensduur vaak volledig vervangen te worden. Hierdoor scoort alternatief 2 zeer negatief (- -). In alternatief 4 wordt het faalmechanisme stabiliteit opgelost met een steunberm van grond, dit alternatief scoort daarom gemiddeld negatief (-).

Alternatief 3 is een combinatie tussen een slecht uit te breiden verticale maatregel en een goed uit te breiden buitendijkse asverschuiving. Met de asverschuiving wordt aan de binnendijkse zijde ruimte gecreëerd, wat kan worden gebruikt voor een toekomstige uitbreiding. Alternatief 3 scoort daarom gemiddeld neutraal (0).

Alternatief 5 is een combinatie tussen een klei-ingraving en een buitendijkse asverschuiving. De asverschuiving is goed uitbreidbaar, omdat ruimte aan de binnendijkse zijde wordt gecreëerd. Ook de klei-ingraving is makkelijk uit te breiden. Alternatief 5 scoort daarom zeer positief (++) .

5.7.5 Invloed van kabels en leidingen

Onderstaand zijn per alternatief de effecten beschreven voor dit criterium.

Tussen de Bruggen West alternatief 1

Bij alternatief 1 is sprake van één kruisende Gasunie leiding die in opensleuf is aangebracht. Voor de kruising met deze leiding zijn enkele mitigerende maatregelen nodig.

Bij dijkpaal 257 is een bundeling van kruisende ondergrondse infrastructuur (kabels en leidingen) aanwezig die vrijwel allemaal ook de IJssel kruisen, waaronder een hoog kruisende regionale gasunieleiding met een diameter van

168mm. Voor deze bundeling zijn lokaal mitigerende maatregelen noodzakelijk. Dit geldt voor alle vijf de alternatieven.

Tussen de Bruggen West alternatief 2

Bij alternatief 2 is sprake van één kruisende Gasunie leiding die in opensleuf is aangebracht. Voor de kruising met deze leiding zijn grote aanpassingen op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Tussen de Bruggen West alternatief 3

Bij alternatief 3 is sprake van één kruisende Gasunie leiding die in opensleuf is aangebracht. Voor de kruising met deze leiding zijn grote aanpassingen op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Tussen de Bruggen West alternatief 4 (voorkeursalternatief)

Bij alternatief 4 is sprake van één kruisende Gasunie leiding die in opensleuf is aangebracht. Voor de kruising met deze leiding zijn grote aanpassingen op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Tussen de Bruggen West alternatief 5

Bij alternatief 5 is sprake van één kruisende Gasunie leiding die in opensleuf is aangebracht. Voor de kruising met deze leiding zijn grote aanpassingen op de verticale maatregelen nodig om dit goed uit te voeren.

Samenvattende beoordeling

In het deeltraject Tussen de Bruggen West zijn kabels en leidingen aanwezig, waaronder een Gasunie leiding. Alternatief 1 scoort negatief (-), omdat er enkele mitigerende maatregel benodigd zijn om de maatregelen uit te kunnen voeren. Alternatief 2, 3, 4 en 5 scoren zeer negatief (- -), omdat er grote aanpassingen benodigd zijn om de verticale maatregel uit te kunnen voeren. Per alternatief verschilt de complexiteit in meer of mindere mate, maar dit is niet onderscheidend voor de score.

5.8 Tussen de Bruggen Oost

In Tabel 15 zijn de effecten op gebied van Techniek voor dit deeltraject weergegeven. Het oranje omkaderde alternatief is verkozen tot voorkeursalternatief.

Tabel 15. Criteriumscores per alternatief voor deeltraject Tussen de bruggen - Oost

Subaspect	Criterium	Tdb Oost alternatief 1
Ontplobbare oorlogsresten	Effect op ontplobbare oorlogsresten	+
Hoogwaterveiligheid	Mate waarin een alternatief bijdraagt aan het realiseren van de hoogwaterveiligheidsopgave	+
Uitvoerbaarheid	Mate waarin een alternatief uitvoerbaar is	+
Uitbreidbaarheid	Mate waarin een alternatief in de toekomst uitbreidbaar is	0
Kabels en leidingen	Mate waarin aanwezige kabels en leidingen van invloed zijn op de haalbaarheid van een alternatief	-

5.8.1 Ontplobbare oorlogsresten

Bij maatwerklocaties COB-00059 en COB-00060 wordt een damwand geplaatst. Als gevolg van deze maatregel is er een verhoogde kans op het aantreffen van OO en een vergrote kans dat een gedeelte van de aanwezige OO moeten worden verwijderd.

Voor dit alternatief geldt dat het niet volledig wordt gedekt door het Vooronderzoek OO. Voorafgaande aan de bodemingrepen dienen aanvullende OO-maatregelen te worden getroffen, bestaande uit het uitvoeren een nieuw Vooronderzoek OO of een opsporingsonderzoek (opsporen en verwijderen aanwezige OO).

Alternatief 1 heeft een raakvlak met een gebied dat verdacht is op OO, waardoor voor een gedeelte van het ruimtebeslag van de dijkversterking de aanwezige OO moeten worden opgespoord en verwijderd. Het effect wordt daarom als positief (+) beoordeeld.

5.8.2 Bijdrage aan hoogwaterveiligheid

Het alternatief klei-ingraving met kruinverhoging en lokaal een steunberm lost de relevante faalmechanismen op voor het zichtjaar 2080. De dijk voldoet aan de eisen voor hoogwaterveiligheid.

Alternatief 1 lost het relevante faalmechanisme op voor het zichtjaar 2080. Hierdoor is het effect van dit alternatief beoordeeld als positief (+).

5.8.3 Uitvoerbaarheid

Alternatief 1 beperkt zich tot een kruinverhoging. De uitvoeringsmethode is een bekende techniek en door beschikbare ruimte goed uit te voeren. Op een drietal locaties is maatwerk benodigd in de vorm van een verticale maatregel voor piping en lokaal ook voor macrostabiliteit. De verticale maatregel is goed uit te voeren binnen beschikbare ruimte.

Alternatief 1 scoort positief, omdat de uitvoeringsmethode een bekende techniek is en door beschikbare ruimte goed uit te voeren.

5.8.4 Uitbreidbaarheid

Alternatief 1 is een kruinverhoging. Deze grondoplossing is makkelijk uit te breiden bij een toekomstige versterking. De maatwerk locaties bestaan deels als een oplossing die enkel voor piping dient. Daar wordt een kunststof heave scherm toegepast. Deze zou met een groutinjectie in de toekomst verlengd kunnen worden. De maatwerklocaties waar ook een scherm komt ten behoeve van stabiliteit moet aan het einde van de levensduur volledig vervangen worden.

De kruinophoging in alternatief 1 wordt uitgevoerd in grond en is makkelijk uit te breiden in de toekomst. De maatwerklocaties in dit alternatief moeten aan het einde van de levensduur volledig vervangen worden. Gemiddeld scoort dit alternatief neutraal (0).

5.8.5 Invloed van kabels en leidingen

Er zijn verschillende kabels en leidingen met impact aanwezig in dit dijktraject. Bij dijkpaal 269 en 274 zijn bundelingen van kruisende ondergrondse infrastructuur (kabels en leidingen) aanwezig. Bij dijkpaal 269 lijkt het veelal distributienet voor de voormalige steenfabriek Entepol (IJsseldijk 13 en 15). Een telecomkabel kruist hier de IJssel. Bij dijkpaal 274 is naast enkele telecomkabels ook een kruisende middenspanning en een kruisende gasleiding van Liander aanwezig. Alternatief 1 scoort negatief (-). De diverse kabels en leidingen maken de dijkversterking complex en er zijn er mitigerende maatregelen nodig.

Buitendijks liggen kabels en leidingen (inclusief een gaskabel) op circa 15 meter uit de buitenteen. Binnendijks liggen (op het westelijk deel van het traject) kabels op circa 15 meter uit de huidige binnenteen.

6 Mitigatie, compensatie en leemte in kennis

6.1 Mitigerende- en compenserende maatregelen

Mitigerende maatregelen worden genomen om de negatieve effecten van een project op het milieu te verminderen of te voorkomen. Als mitigatie niet voldoende is om de negatieve effecten volledig te voorkomen of te verminderen, kunnen compenserende maatregelen worden toegepast. In dat geval worden de negatieve effecten van een project op het milieu gecompenseerd. De effecten in MER Fase 1 zijn beoordeeld zonder mitigatie of compensatie, ook wanneer deze mitigatie wettelijk verplicht. Hiermee zijn belangrijke risico's in beeld gebracht.

Deze maatregelen staan hieronder beschreven. In de opvolgende planuitwerkingsfase wordt onderzocht welke maatregelen daadwerkelijk worden toegepast.

- Langs het dijktraject lopen verschillende grote en kleine kabels en leidingen. Om de kruisingen met deze kabels en leidingen mogelijk te maken dienen mitigerende maatregelen te worden genomen. In eerste instantie wordt gekeken of de kabels en leidingen kunnen blijven liggen. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is het beschermen van de kabels en leidingen tijdens de realisatie van de dijkversterking. Het kan ook mogelijk zijn om kabels en leidingen te verleggen of de kabels en leidingen op een dieper niveau te leggen.

6.2 Leemte in kennis

Bij een leemte in kennis is er sprake van onvoldoende informatie om definitief inzicht te geven in de milieueffecten van een project. Een leemte in kennis ontstaat veelal omdat er nog onvoldoende onderzoek of gegevens beschikbaar zijn. Het benoemen van de leemten in kennis brengt de missende informatie in beeld en helpt bij het plannen van (mogelijk) aanvullend onderzoek in de volgende fase. Voor dit thema zijn de leemte in kennis hieronder beschreven.

- In de verkenningsfase is onderzocht welk gebied verdacht is op de aanwezigheid van ontplofbare oorlogsresten. Uit de beoordeling van het Vooronderzoek OO van T&A Survey komt naar voren dat het gehele onderzochte gebied verdacht is op de aanwezigheid van OO. De exacte locatie en aard van de explosieven is onbekend. Voorafgaand aan bodemroerende activiteiten moeten veiligheidsmaatregelen worden genomen. In de planuitwerkingsfase geldt dit voor de uit te voeren onderzoeken waarbij in de bodem geroerd wordt. In de realisatiefase geldt dit voor de uitvoering van de dijkversterking.

Colofon

ACHTERGRONDRAPPORT TECHNIEK
BIJLAGE VAN HET MILIEUEFFECTRAPPORT FASE 1 DIJKVERSTERKING PANNERDENSE WAARD -
WESTERVOORT

KLANT
Waterschap Rijn en IJssel

AUTEUR
Arcadis Nederland B.V.

DATUM
26 april 2024

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro. www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op

