Walhout Civil

Havenwerken Terschelling

Variantenstudie



Gemeente Terschelling

22 september 2025
Z036001-RAP-013-00
DEFINITIEF

CREATING A LEGACY

Havenwerken Terschelling

Variantenstudie

Verantwoording

Document	Z036001-RAP-013-00
Revisie	00
Status	DEFINITIEF
Datum	22-09-2025
Aantal pagina's	84
Auteur(s)	ir. L.A. Nobel drs. ing. J. Walhout mevr. H. Hamji BSc
Autorisatie	ing. K.W. Walhout

Opdrachtgever	Gemeente Terschelling
Contactpersoon	ing. P.E. Dijkstra
Adres	Postbus 14 8880 AA TERSCHELLING Nederland

Colofon

Organisatie	**Walhout Civil BV**
Bezoekadres	Wagenmakerstraat 5b 2984 BD RIDDERKERK, NL
Statutaire zetel	Nieuwstraat 49 4331 JK MIDDELBURG, NL
Telefoon	+31 (0) 118 851 011
E-mail	info@walhoutcivil.com
Website	www.walhoutcivil.com

Vrijgave

Revisie	Auteur(s)	Paraaf	Datum	Autorisatie	Paraaf	Datum
00	ir. L.A. Nobel		22-09-2025	ing. K.W. Walhout		22-09-2025

© Copyright 2025 Ingenieursbureau Walhout Civil BV - Dit document is eigendom van de Opdrachtgever en mag enkel gebruikt worden voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de Nederlandse wetgeving met betrekking tot intellectuele eigendom en De Nieuwe Regeling (DNR 2011, herz. 2013). De auteursrechten blijven berusten bij Ingenieursbureau Walhout Civil BV. © Copyright 2025 Ingenieursbureau Walhout Civil BV - This document is property of the Client and may be used only for the purpose for which it is made in compliance with the Dutch legal rights relating to intellectual property and The New Rules (DNR 2011, revision 2013). The copyrights shall remain vested with Ingenieursbureau Walhout Civil BV.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5
1.1 Aanleiding 5
1.2 Projectlocatie 5
1.3 Ontwikkelsporen 6
1.4 Leeswijzer 6
1.5 Referenties 6
1.6 Versiebeheer 6

2 Kader en uitgangspunten 7
2.1 Algemeen 7
2.2 Doelstelling variantenstudie 7
2.3 Planologische context en ruimtelijke kaders 7
2.4 Gebiedsanalyse en functionele uitgangspunten 8
2.5 Nota van uitgangspunten en beoordelingskader 8
2.6 Aanpak ontwikkeling varianten 9

3 Beoordelingsmethodiek 11
3.1 Algemeen 11
3.2 Scoresysteem en spelregels 11
3.3 Wegingsfactoren 12

4 Beoordelingscriteria 13
4.1 Algemeen 13
4.2 Beoordelingscriteria 13
4.3 Knock-out criterium 14
4.4 Criterium “Eilandercontext” 14
4.5 Criterium “Bouwkosten” 14

5 Varianten WB-kade & Dwarskade 15
5.1 Algemeen 15
5.2 Nulsituatie 15
5.3 Afgevallen varianten 16
5.4 Variant 01. Damwand met leganker 18
5.5 Variant 02. Damwand met groutanker 21
5.6 Variant 03. Combiwand 24
5.7 Variant 04. Kistdam 27
5.8 Variant 05. CSM- of diepwandsysteem 30
5.9 Variant 06. Betonnen keerwand 33
5.10 Variant 07. Klassieke gewichtsmuur 36
5.11 Variant 08. Lage steenbestorting 39
5.12 Variant 09. Verhoogde steenbestorting 41
5.13 Variant 10. Steenbekleding 45

6 Varianten Werkhaven 49
6.1 Algemeen 49
6.2 Nulsituatie 49
6.3 Variant 11. Damwand met leganker 50
6.4 Variant 12. Damwand met groutanker 53
6.5 Variant 13. Combiwand 56

7 Voorkeursvarianten 59
7.1 Algemeen 59
7.2 Voorkeursvariant WB-kade en Dwarskade 59
7.3 Voorkeursvariant Werkhaven 61

Bijlage A. Beschrijving beoordelingscriteria 63

Bijlage B. Verkenning varianten 67

Bijlage C. Weging varianten WB-kade en Dwarskade 81

Bijlage D. Weging varianten kade Werkhaven 84

1 Inleiding

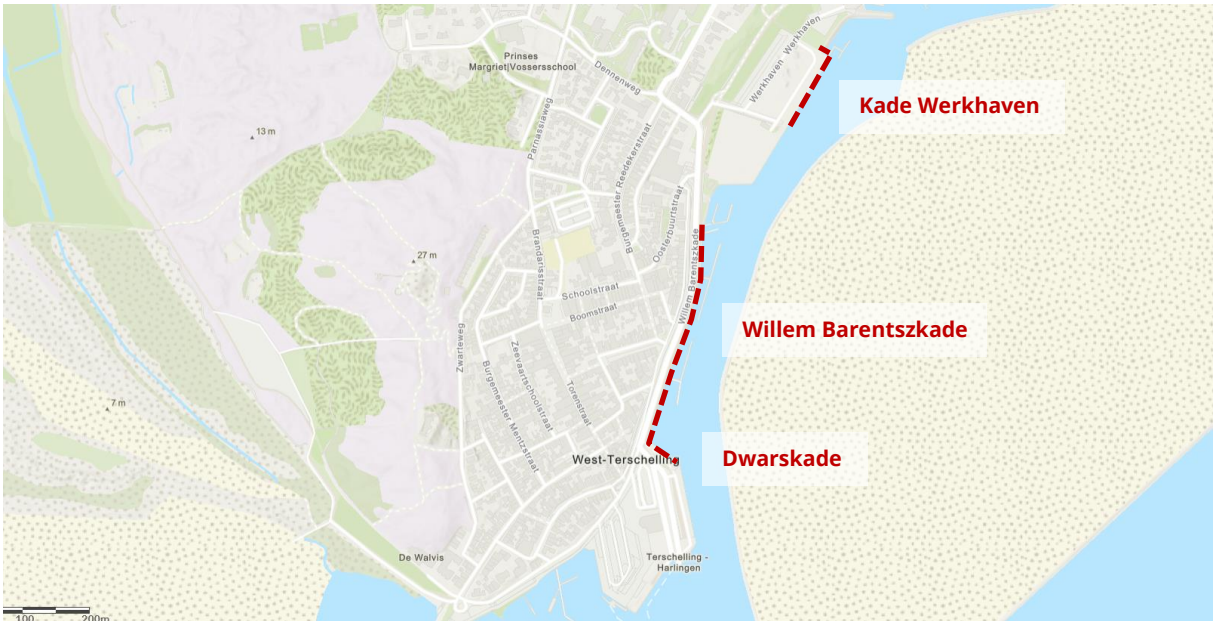
1.1 Aanleiding

Gemeente Terschelling werkt aan plannen voor de herontwikkeling van de haven van West-Terschelling. De bestaande haveninfrastructuur heeft het einde van haar technische levensduur bereikt. Door intensief gebruik, langdurige slijtage, verzakkingen en veroudering verkeren met name de kades in een steeds slechtere staat. Waar voorheen de nadruk lag op regulier onderhoud en kleinschalige herstelwerkzaamheden om de haven operationeel te houden, wordt nu gekozen voor een bredere aanpak gericht op renovatie en grootschalig herstel.

In deze variantenstudie worden de technische varianten gepresenteerd, geanalyseerd en beoordeeld, aan de hand van specifieke beoordelingscriteria. Er zijn tien varianten ontwikkeld voor de vervanging van de kades langs de Willem Barentszkade en de Dwarskade, en drie varianten voor de vervanging van de kade langs de Werkhaven. De varianten zijn op schetsontwerpniveau uitgewerkt. Ook is een verkenning gedaan naar de tijdelijke voorzieningen tijdens de realisatie, zoals het aanbrengen van bouwkuipen, zandaanvullingen of kleidammen. Hierdoor is een grondigere beoordeling tot stand gebracht, ook met het oog op de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van een variant.

Tot slot, worden in deze variantenstudie de definitieve voorkeursvarianten voor de Willem Barentszkade, Dwarskade en de Werkhaven gepresenteerd. De varianten zijn technisch vergelijkbaar, waardoor bij de keuze voor de voorkeursvariant vooral exploitatiekansen, de eilandercontext en de bouwkosten doorslaggevend zullen zijn. Daarom is onderscheid gemaakt tussen voorkeursvarianten die vooral op technische gronden of juist op kostenefficiëntie doorslaggevend zijn.

1.2 Projectlocatie



Figuur 1. Plangebied haven West-Terschelling [ArcGIS Maps, 2025]

1.3 Ontwikkelsporen

Opgemerkt wordt dat er in de loop van de tijd binnen meerdere ontwikkelsporen verschillende varianten ontwikkeld, met meerdere doorlooptijden, mogelijkheden en kansen. Deze ontwikkelsporen variëren van tijdelijke maatregelen die per direct noodzakelijk zijn, het vervangen en renoveren van de haven binnen één tot twee jaar, tot een mobiliteitsstudie met een horizon van meer dan twee jaar. Het uitgangspunt van deze variantenstudie is de één op één vervanging en renovatie van de huidige kades in het plangebied.

1.4 Leeswijzer

In deze variantenstudie worden de volgende zaken gepresenteerd:

- Duiding kader en uitgangspunten
- Toelichting beoordelingsmethodiek
- Toelichting beoordelingscriteria
- Variantenverkenning Willem Barentszkade en Dwarskade
- Variantenverkenning Werkhaven
- Analyse en beoordeling varianten
- Definitieve voorkeursvarianten

1.5 Referenties

In deze studie wordt verwezen naar de volgende referenties:

[REF 1.] College B&W Gemeente Terschelling (6 mei 2025). *Technische uitgangspunten en beoordelingskader haven*

[REF 2.] Walhout Civil (2 juni 2025). *Z036001-TNO-009-01 Havenwerken Terschelling - Memo waterveiligheid*

[REF 3.] Walhout Civil (2 juni 2025). *Z036001-TNO-010-01 Havenwerken Terschelling - Memo bouwveiligheid*

[REF 4.] Walhout Civil (2 juni 2025). *Z036001-TNO-011-01 Havenwerken Terschelling - Memo conditionering*

[REF 5.] Walhout Civil (2 juni 2025). *Z036001-TNO-012-01 Havenwerken Terschelling - Memo beoordelingskader*

[REF 6.] Projectteam Haven Terschelling (31 aug. 2025). *Presentatie Bijeenkomsten Varianten*

1.6 Versiebeheer

Documentnummer	Status	Omschrijving of toelichting
Z036001-RAP-013-00	DEFINITIEF	Ter vrijgave

2 Kader en uitgangspunten

2.1 Algemeen

Dit hoofdstuk beschrijft het kader en de uitgangspunten van de variantenstudie. Hierin wordt uiteengezet welke technische, ruimtelijke en beleidsmatige randvoorwaarden richtinggevend zijn voor de beoordeling en uitwerking van de varianten. Ook wordt kort toegelicht hoe deze uitgangspunten aansluiten bij geldende wet- en regelgeving, eerdere beleidskeuzes en de specifieke omstandigheden van de haven en het eiland.

2.2 Doelstelling variantenstudie

Voor de herinrichting van het projectgebied is het van belang een oplossing te ontwikkelen die zowel technisch haalbaar is als breed draagvlak kent. De variantenstudie vormt hierin een essentiële tussenstap, waarin meerdere oplossingsrichtingen worden verkend en getoetst op hun haalbaarheid en functionaliteit. Doel van de studie is inzicht te geven in de mogelijke technische en ruimtelijke oplossingen die binnen de randvoorwaarden van het gebied uitvoerbaar zijn. Daarmee levert de studie een onderbouwing voor de verdere besluitvorming over ontwerpkeuzes.

Naast technische haalbaarheid wordt aandacht besteed aan de bereikbaarheid tijdens de realisatie, de ruimtelijke inpassing, toekomstige gebruikswaarde (exploitatie) en de beheer- en onderhoudsaspecten. Het onderzoek sluit aan bij eerdere verkenningen en beleidskaders zoals vastgelegd in geldende plannen. In deze fase worden nog geen definitieve keuzes gemaakt, maar wel realistische alternatieven geïdentificeerd die richting geven aan het vervolgontwerp. Deze gestructureerde aanpak draagt bij aan transparantie en herleidbaarheid van het proces.

De varianten zijn beoordeeld op basis van objectieve criteria en, waar nodig, aangevuld met de deskundige inbreng van vakexperts om technische en ruimtelijke vraagstukken zorgvuldig te kunnen duiden. Deze aanpak waarborgt dat de vergelijking niet alleen transparant is, maar ook gestoeld op actuele markt- en uitvoeringskennis en ervaring.

2.3 Planologische context en ruimtelijke kaders

De mogelijkheden voor fysieke aanpassingen binnen het havengebied worden in belangrijke mate bepaald door de geldende ruimtelijke plannen van de gemeente Terschelling[1]. Het huidige bestemmingsplan is conserverend van aard en staat slechts beperkte veranderingen toe[2]. Bestaande structuren mogen in beginsel alleen worden vervangen op dezelfde

[1] Voor een volledig overzicht van de technische, ecologische en functionele uitgangspunten wordt verwezen naar de resultaten van de conditionerende onderzoeken [REF 4.]. Deze bevatten nadere informatie over onder meer bodemkwaliteit, kabels en leidingen, waterhuishouding, ecologie, en archeologie. Deze documenten zijn als bijlage bij deze studie gevoegd of opvraagbaar via de opdrachtgever.

[2] De geldende ruimtelijke plannen zijn onderhevig aan veranderende beleidsopvattingen en maken deel uit van een politiek-bestuurlijk besluitvormingsproces. Hierdoor bestaat altijd het aanmerkelijke belang of de mogelijkheid dat bestemmingsplannen worden gewijzigd of herzien. De planologische context dient daarom te worden beschouwd als richtinggevend binnen de huidige kaders, maar niet als absoluut of onomkeerbaar. Aan de inhoud van dit document kunnen in dat opzicht geen rechten worden ontleend.

locatie en met dezelfde maatvoering. Daarnaast grenst het gebied direct aan het Natura 2000-gebied Waddenzee, wat betekent dat elke ingreep getoetst moet worden op mogelijke effecten op beschermde natuurwaarden. Een passende beoordeling is verplicht als negatieve effecten niet met zekerheid kunnen worden uitgesloten.

Binnen deze context heeft de gemeente eerder gewerkt met een zogeheten bouwstenenmodel, waarin een onderscheid wordt gemaakt tussen klein onderhoud, groot onderhoud, vervanging, modernisering en volledige nieuwbouw. Vanwege juridische, technische en financiële beperkingen ligt de nadruk momenteel op de eerste drie bouwstenen. Dit sluit aan bij de wens om het havengebied toekomstbestendig te maken zonder af te wijken van het geldende beleid. Daarnaast fungeert het gebied als economisch en logistiek knooppunt, wat aanvullende eisen stelt aan bereikbaarheid, functionaliteit en veiligheid. Deze ruimtelijke kaders vormen een belangrijk referentiepunt voor het opstellen en selecteren van technisch verantwoorde varianten.

2.4 Gebiedsanalyse en functionele uitgangspunten

De eerste stap in het ontwerpproces bestond uit een integrale analyse van het plangebied. Daarbij is gekeken naar de ligging ten opzichte van waterkeringen, bestaande kadeconstructies, verkeersstromen, havengerelateerde functies en de openbare ruimte. Ook maaiveldhoogtes, bodemgesteldheid, kabels en leidingen, en bestaande ruimtelijke profielen zijn in kaart gebracht. Deze inventarisatie heeft geleid tot een overzicht van zowel knelpunten als kansen in de huidige inrichting.

Uit de analyse blijkt dat het gebied een complexe mix van functies kent, waaronder toerisme, logistiek, vervoer en nutsvoorzieningen. Dit vraagt om een zorgvuldige afstemming van technische ingrepen met de bestaande ruimtelijke structuur. Verder is aandacht besteed aan de huidige staat van onderhoud van de kades, waterkerende functies, en de veiligheid van gebruikers.

2.5 Nota van uitgangspunten en beoordelingskader

De resultaten van de verkennende analyses zijn vastgelegd in een Nota van Uitgangspunten, met verschillende memo's als onderlegger, die als fundament dienen voor de verdere studie. Deze uitgangspunten zijn afgestemd met betrokken partijen, vastgesteld door de gemeente [REF 1.] en vormen het vertrekpunt voor het opstellen en beoordelen van de varianten voor het Vervangen en Renoveren (V&R) van de haven en kades. Het betreffen de volgende memo's:

- **Memo waterveiligheid [REF 2.]**

  Korte samenvatting: de waterkeringsfunctie blijft gehandhaafd tot een hoogwaterstand van NAP +3,50 m, waarbij eens per 25 jaar een beperkte overstroming acceptabel is. De beoordeling richt zich op de constructieve en geotechnische veiligheid van de kade, niet op primaire waterkeringsnormen. Het beschermingsniveau is 1/100 jaar, mits de openbare ruimte tijdig wordt afgesloten en minimaal één ontsluitingsweg bereikbaar blijft. Vitale voorzieningen moeten boven NAP +2,80 m of achter een kering van NAP +3,50 m worden geplaatst om schade en uitval te voorkomen. Riolering en afvoeren dienen te zijn voorzien van terugslagkleppen en voldoende capaciteit om wateroverlast te beperken.

- **Memo bouwveiligheid [REF 3.]**

  Korte samenvatting: de kades en waterkerende constructies in de haven vervullen meerdere functies, zoals het keren van grond en water, verkeer, afmeren en overslag. Uitgangspunt is dat deze functionaliteiten minimaal behouden of verbeterd worden, met een aaneengesloten waterkering als randvoorwaarde. Constructies zonder voldoende restlevensduur worden vervangen. Technische eisen zijn gebaseerd op vigerende technische normen, met onderscheid tussen permanente (CC2, 25 jaar) en tijdelijke constructies (CC1, 1 jaar). Belastingnormen, niveaus en geotechnische parameters zijn vastgelegd. Duurzaamheid speelt mee via het gebruik van duurzame, corrosiebestendige materialen, maar veiligheid en stabiliteit staan voorop. Onderhoud en beheer worden integraal meegenomen in het ontwerp, zodat inspectie en herstel eenvoudig uitvoerbaar zijn. De omgevingseisen richten zich op veiligheid, bereikbaarheid en leefbaarheid: BLVC-plannen, verkeers-management, beperking van hinder en communicatie met bewoners en ondernemers zijn tijdens de realisatie verplicht. Zo ontstaat een kader waarin technische robuustheid, duurzaamheid en draagvlak samenkomen.

- **Memo conditionering [REF 4.]**

  Korte samenvatting: De randvoorwaarden en uitgangspunten vormen de basis voor het beoordelingskader waarmee varianten voor renovatie en herstel van de waterkeringen worden getoetst. Deze zijn vastgesteld in overleg met de bevoegde gezagen en geven de actuele stand van zaken weer. Belangrijke raakvlakken zijn het concessiegebied van Rijkswaterstaat, de renovatie van de veerhaven en de aangrenzende gemeentelijke kades, waarbij stabiliteit, verankering en nautische veiligheid geborgd moeten blijven. Ook gelden randvoorwaarden vanuit de provincie Fryslân en FUMO met betrekking tot ruimtelijke kwaliteit, erfgoed, Natura 2000 en ontgrondingen, en vanuit de Veiligheidsregio voor bereikbaarheid van hulpdiensten. De gemeente Terschelling is bevoegd gezag voor ruimtelijke ordening, verkeersveiligheid en (water)bouwactiviteiten.

  In de vervolgfase is het noodzakelijk om de vergunningseisen en onderzoeksverplichtingen per activiteit in detail af te stemmen met onder meer gemeente Terschelling (vergunningen), Rijkswaterstaat, provincie, FUMO en Veiligheidsregio. Daarnaast moet worden gekeken naar kabels, (brandstof)leidingen, riolering en de veiligheid van aanwezige brandstofopslagfaciliteiten. Heldere afspraken met alle betrokken bevoegde gezagen zijn cruciaal, mede omdat zij ook eigenaar of belanghebbende zijn. Een planning van onderzoeken, vergunningen en doorlooptijden vormt hierbij een belangrijk hulpmiddel.

- **Memo beoordelingskader [REF 5.]**

  Korte samenvatting: Om de varianten transparant te kunnen vergelijken, is een beoordelingskader opgesteld met eenduidige criteria, wegingsfactoren en toetsingsmethoden voor onder meer technische haalbaarheid, bereikbaarheid, inpassing, bestendigheid, onderhoud- en beheerbaarheid. In Hoofdstuk 3 wordt dit beoordelingskader nader toegelicht, inclusief de keuze van criteria, de toegepaste weging en de wijze waarop dit leidt tot een transparante beoordeling.

2.6 Aanpak ontwikkeling varianten

De ontwikkeling van oplossingsrichtingen is opgezet volgens een gestructureerde methodiek, gericht op technische haalbaarheid en ruimtelijke inpassing. In werksessies hebben technische specialisten varianten opgesteld die aansluiten bij de eerder vastgestelde uitgangspunten. Tijdens verschillende stakeholderbijeenkomsten, werksessies en informatie- en bewonersavonden zijn meerdere varianten en oplossingen ingebracht, welke zijn verzameld en meegenomen in de variantenstudie. Daarnaast hebben stakeholders ontwerpschetsen en berekeningen ingebracht, en is gebruikgemaakt van

eerdere schetsen en analyses in voorgaande verkenningen. Deze input is samengevoegd en getoetst aan de huidige uitgangspunten, zodat de opgedane lokale 'Terschellinger' kennis en ervaring optimaal benut wordt. Ook zijn de varianten tijdens bewoners- en raadsbijeenkomsten gepresenteerd en besproken [REF 6.]. Daarmee is gezorgd voor een brede basis waarin zowel technische inzichten als lokale belangen zijn meegenomen.

Elke variant is voorzien van een globale technische beschrijving met aannames over constructie, materiaalgebruik, duurzaamheid, bereikbaarheid en fasering. De ontwerpen houden rekening met de specifieke omstandigheden van het gebied, zoals beperkte ruimte, aanwezige infrastructuur en de gebruiksdruk. Deze eerste schetsen vormen de basis voor verdere beoordeling en selectie, en bieden de mogelijkheid om varianten te combineren of door te ontwikkelen binnen de planologische en technische randvoorwaarden. Door dit iteratieve proces ontstaat een realistisch beeld van wat technisch uitvoerbaar en beleidsmatig wenselijk is. Deze aanpak draagt bij aan een transparant en zorgvuldig besluitvormingsproces.

Uitgangspunt is dat alle in deze studie opgenomen varianten technisch haalbaar en uitvoerbaar zijn; varianten die dit niet zijn, zijn voorafgaand aan de verkenning uitgesloten. De varianten zijn primair gericht op de aanpak van de kades, hetgeen de grootste kostendrijver is. De nodige aanpak, vervanging en renovatie van de huidige steigers, afmeervoorzieningen, inrichtingselementen, ed. worden voor alle varianten gelijk geacht, en zijn derhalve niet meegenomen in deze studie.

3 Beoordelingsmethodiek

3.1 Algemeen

Om de verschillende varianten voor de vervanging en renovatie van de kades en de haven op een objectieve en transparante wijze te kunnen vergelijken, wordt een gestandaardiseerde wegings- en beoordelingsmethodiek toegepast, aangevuld met specifieke aandachtspunten die voortkomen uit de unieke eilandercontext.

3.2 Scoresysteem en spelregels

Elke (sub)variant wordt beoordeeld op een vooraf vastgesteld aantal criteria, waarbij voor elk criterium een kwalitatieve score wordt toegekend. Deze score staat in het teken van de impact of het effect van de (sub)variant op de doelstelling van het project. Deze scores worden gegeven volgens een vijfpuntenschaal. Deze scores worden vervolgens vertaald naar numerieke waarden om een eenduidige vergelijking mogelijk te maken. Deze numerieke waarden zijn dusdanig gekozen dat risico's en onzekerheden zwaarder worden meegenomen, en mogelijke patstelling tussen varianten wordt voorkomen. In vergelijking tot [REF 5.] zijn lagere punten aangehouden, zodat de uiteindelijke scores gemakkelijker te vergelijken zijn.

Score	Punten	Betekenis t.a.v. gevolgen	Betekenis t.o.v. beoordelingscriteria
++	5	Zeer positief effect	Er wordt meer dan het doel bereikt
+	4	Positief effect	Het doel wordt volledig of ruimschoots behaald
+/-	3	Geen effect	Er is geen duidelijke bijdrage aan het doel
-	2	Negatief of onbekend effect	Het doel wordt slechts deels bereikt of blijft onzeker
--	1	Zeer negatief effect	Doel wordt niet bereikt of tegenovergestelde wordt bereikt

Niet alle criteria wegen even zwaar in de totale afweging. Om hier rekening mee te houden, is aan ieder criterium een wegingsfactor toegekend, die de relatieve belangrijkheid ervan voor het project uitdrukt. De numerieke score op een criterium wordt vermenigvuldigd met deze wegingsfactor. Door alle gewogen scores per (sub)variant op te tellen, ontstaat een totaalscore die inzicht geeft in de relatieve geschiktheid van de varianten.

Indien de impact of het effect van een (sub)variant op een bepaald criterium onbekend is, wordt aan dat criterium een negatieve score toegekend. Hiermee kan de (sub)variant wel worden meegenomen en wordt voorkomen dat onzekerheden een onevenredige invloed hebben op de beoordeling van de varianten onderling.

Belangrijk uitgangspunt is dat de (sub)varianten niet onderling met elkaar worden vergeleken, maar uitsluitend worden beoordeeld op hun bijdrage aan het bereiken van het geformuleerde doel en effect, m.a.w. de criteria. Alleen na het vaststellen van de score en beoordeling kunnen de (sub)varianten geëvalueerd of onderlinge vergeleken worden.

3.3 Wegingsfactoren

Aangezien de bijdrage van elk criterium aan het projectsucces verschilt, wordt aan ieder criterium de onderstaande wegingsfactor toegekend. De criteria worden in hoofdstuk 4 nader toegelicht. In de praktijk zullen alle criteria impact op elkaar hebben en door de weging wordt vooraf bepaald welke criteria maatgevender zijn. Een voorbeeld zijn de bouwkosten, die zullen naar verwachting toenemen als de uitvoerbaarheid van een variant lastiger is of wanneer er meer gedaan moet worden om het eiland bereikbaar te houden.

Beoordelingscriterium	Wegingsfactor
Eilandercontext[3]	6
Bereikbaarheid	5
Bouwkosten	5
Uitvoeringsrisico's	4
Waterveiligheid	3
Bouwveiligheid	3
Conditionering	3
Exploitatie	2
Levensduur	2
Beheer en onderhoud	2

[3] De "Eilandercontext" wordt niet meegenomen in deze variantenstudie, zie ook de toelichting in Hoofdstuk 4.4.

4 Beoordelingscriteria

4.1 Algemeen

Om de varianten op een transparante en gestructureerde wijze te kunnen beoordelen, zijn vooraf beoordelingscriteria vastgesteld. Deze criteria geven richting aan de analyse en zorgen ervoor dat elk variant wordt getoetst aan dezelfde uitgangspunten. De criteria zijn afgestemd op de doelstellingen van het project en houden rekening met de specifieke omstandigheden en belangen van West-Terschelling.

4.2 Beoordelingscriteria

De beoordelingscriteria zijn een eerdere fase vastgesteld [REF 1.]. Een samenvatting per beoordelingscriterium is hieronder weergegeven. Voor een beschrijving van de verschillende beoordelingscriteria wordt verwezen naar **Bijlage A**.

Beoordelingscriterium	De variant…
1. Eilandercontext	… doet recht aan het gevoel, de beleving, waarde en ervaringen van de Terschellinger.
2. Bereikbaarheid	… waarborgt dat de bereikbaarheid voor personen, verkeer en goederen, evenals de essentiële basisinfrastructuur, continu beschikbaar blijft met minimale hinder en overlast.
3. Bouwkosten	… is financieel haalbaar gegeven de beschikbare middelen, op basis van een transparante inschatting van de benodigde investeringskosten.
4. Uitvoeringsrisico's	… is technisch en logistiek uitvoerbaar, waarbij bijzondere uitvoeringsrisico's die voortkomen uit de specifieke projectomstandigheden nadrukkelijk worden beschouwd.
5. Waterveiligheid	… waarborgt primair de hoogwaterbescherming van de omgeving, met inachtneming van de bescherming van vitale voorzieningen en overige infrastructuur.
6. Bouwveiligheid	… behoudt of optimaliseert de huidige functionaliteiten en kan worden gerealiseerd met minimale hinder, overlast en verstoring voor de omgeving.
7. Conditionering	… minimaliseert de behoefte aan aanvullende conditionering ten opzichte van de huidige situatie en bevordert een voorspelbare en haalbare voorbereiding op de uitvoering.
8. Exploitatie	… vergroot de exploitatiemogelijkheden ten opzichte van de huidige situatie.
9. Levensduur	… hoelang kan de oplossing invulling geven aan het doel van de functionaliteit.
10. Beheer en onderhoud	… welke investeringen en zorg heeft de constructie nodig tijdens haar levensduur, om technische in goede conditie te blijven.

4.3 Knock-out criterium

Naast de reguliere beoordeling op basis van scores en wegingen, zijn er enkele zogenoemde knock-out criteria vastgesteld. Dit zijn essentiële voorwaarden waaraan een variant moet voldoen om verder in de afweging meegenomen te kunnen worden. Voor dit project geldt dat als een variant in strijd is of blijkt te zijn met geldende wet- en regelgeving, deze wordt beschouwd als niet haalbaar en daardoor direct afvalt in de beoordeling. Hieronder vallen onder andere conflicten met bouw- en milieuwetgeving, het niet kunnen verkrijgen van noodzakelijke vergunningen en ontheffingen, of het veroorzaken van onaanvaardbare effecten op beschermde natuurgebieden (zoals Natura 2000-gebieden).

Indien een variant voor het knock-out criterium een negatieve of onhaalbare beoordeling krijgt, valt het variant automatisch af, ongeacht de totaalscore op andere onderdelen. Hiermee wordt voorkomen dat een variant dat in de praktijk onuitvoerbaar blijkt, desondanks op basis van een optelsom van andere scores als voorkeursoptie naar voren zou komen. Deze werkwijze borgt dat alleen haalbare varianten verder worden meegenomen in de besluitvorming.

4.4 Criterium “Eilandercontext”

In deze studie worden alle beoordelingscriteria objectief en technisch beschouwd en behandeld. Het criterium “Eilandercontext” vormt hierop een uitzondering, aangezien dit een subjectief karakter heeft en daarom apart wordt meegenomen. Tijdens stakeholderbijeenkomsten, werksessies en informatie- en bewonersavonden krijgen betrokkenen de gelegenheid hun wensen, meningen en belangen naar voren te brengen. Deze input wordt samengebracht en vastgelegd in een Nota van Draagvlak.

Het onderscheid tussen objectieve, technische criteria en het subjectieve criterium “Eilandercontext” is van belang om een zorgvuldig en transparant besluitvormingsproces te waarborgen. Door de technische aspecten onafhankelijk te beoordelen en de maatschappelijke en lokale belangen afzonderlijk te wegen, ontstaat een evenwichtige afweging die zowel recht doet aan de technische haalbaarheid en veiligheid als aan de wensen en belangen van de omgeving.

4.5 Criterium “Bouwkosten”

Voor het criterium bouwkosten wordt gewerkt met indicatieve kengetallen per strekkende meter. Deze kengetallen maken het mogelijk de varianten onderling op een consistente wijze te vergelijken. Er zijn bewust geen volledige kostenramingen opgesteld, aangezien de totale voorbereidings-, bouw- en projectkosten per variant in grote lijnen vergelijkbaar zijn. Daarnaast speelt mee dat het project nog moet worden aanbesteed, waardoor zorgvuldig wordt omgegaan met kosteninschattingen. Door in dit stadium te werken met kengetallen en bandbreedtes wordt voorkomen dat verwachtingen ontstaan over exacte bedragen, terwijl toch een betrouwbare vergelijking tussen de varianten mogelijk blijft. De gehanteerde bandbreedte in de kengetallen biedt een representatieve indicatie en vormt daarmee een passend instrument om de varianten op kosten te beoordelen. De kengetallen zijn gebaseerd op het prijspeil van 2025.

De materiaalkosten vormen één aspect, maar de uiteindelijke bouwmethode en keuze voor bereikbaarheid (omleidingen, verkeersoplossingen) kunnen nog tot kostenverschillen leiden en in een later stadium worden geoptimaliseerd. Hiervoor is een verdere detaillering van het ontwerp noodzakelijk, die pas in de volgende projectfase kan worden uitgewerkt

5 Varianten WB-kade & Dwarskade

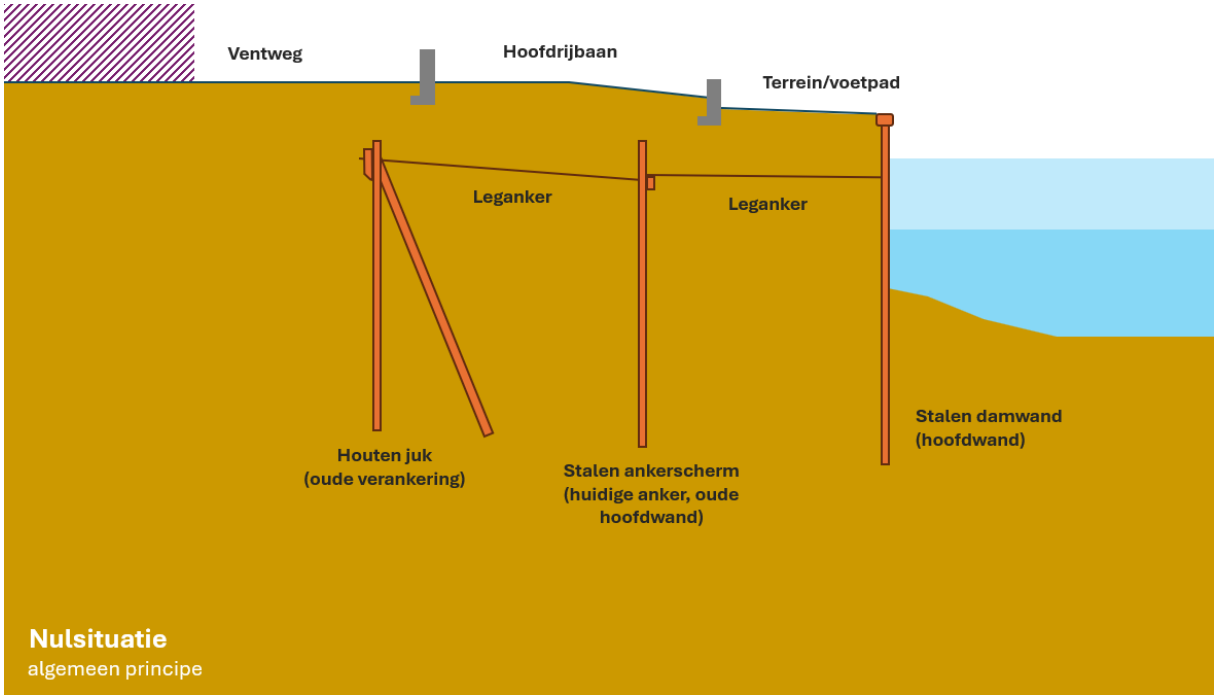
5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de varianten voor de herinrichting van de Willem Barentszkade en de aangrenzende Dwarskade gepresenteerd. Elke variant vormt een technisch en ruimtelijk alternatief, uitgewerkt op basis van de uitgangspunten, randvoorwaarden en beoordelingscriteria. De varianten lopen uiteen in mate van ingrijpendheid: van behoud en renovatie tot meer fundamentele aanpassingen van de bestaande situatie.

Aan het begin van dit hoofdstuk worden de nulsituatie en de afgevallen varianten gepresenteerd, voorzien van een aanvullende toelichting. Vervolgens worden tien varianten gepresenteerd. Per variant is een principeschets opgenomen van de impact op het dwarsprofiel, aangevuld met een visualisatie van de funderingen in de ondergrond en de eventueel benodigde tijdelijke voorzieningen tijdens de realisatie. Vervolgens wordt per variant een beknopte toelichting gegeven op de technische opbouw, tijdelijke voorzieningen, raakvlakken en inpassing, de functionele effecten en de bijbehorende kosten. Tevens worden de belangrijkste sterke en zwakke punten per beoordelingscriterium in kaart gebracht, zodat een onderlinge vergelijking mogelijk is. Dit vormt de basis voor de keuze van de voorkeursvariant. Voor een nadere duiding van de varianten wordt ook verwezen naar de verkenning in **Bijlage A**.

5.2 Nulsituatie

De varianten voor de Willem Barentszkade en de Dwarskade worden vergeleken met de huidige situatie. Om de varianten te verduidelijken worden deze in het bestaande dwarsprofiel weergegeven. De bestaande kade bestaat uit een aaneengeschakelde oudere, vervallen damwanden in de ondergrond. De huidige kade is gekoppeld aan de voormalige kade door middel van legankers. De voormalige kade is verbonden aan houten jukken (en in andere doorsneden aan stalen of houten ankerschermen). De opbouw van de kade is weergegeven in de onderstaande visualisatie en principeschets:

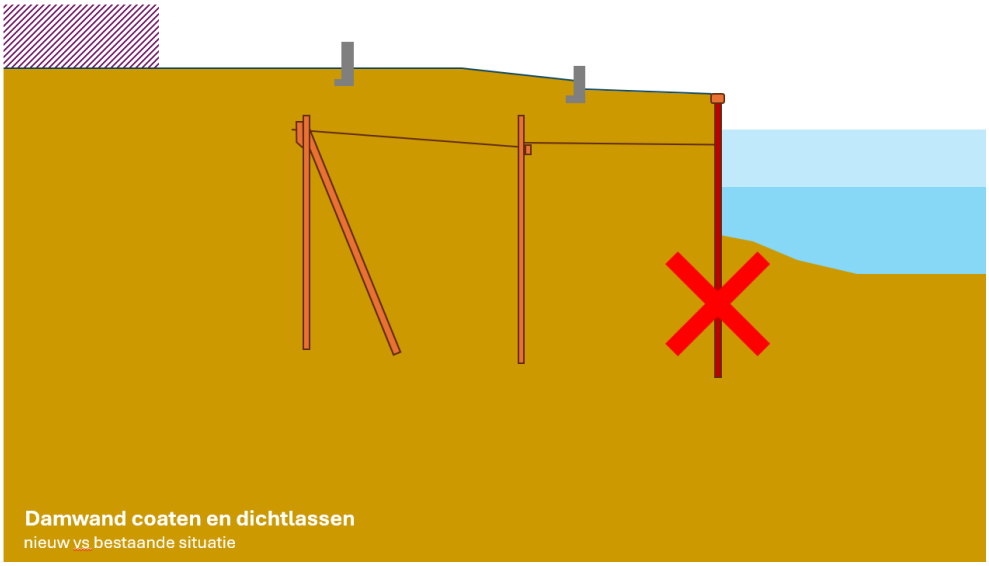


5.3 Afgevallen varianten

Tijdens de verkenning zijn verschillende varianten naar voren gekomen die bij voorbaat zijn afgevallen, omdat zij technisch niet uitvoerbaar bleken of onvoldoende aansloten bij de doelstellingen van het project. De varianten ingebracht door stakeholders en participanten binnen het project. De bij voorbaat afgevallen varianten betreffen de volgende oplossingen:

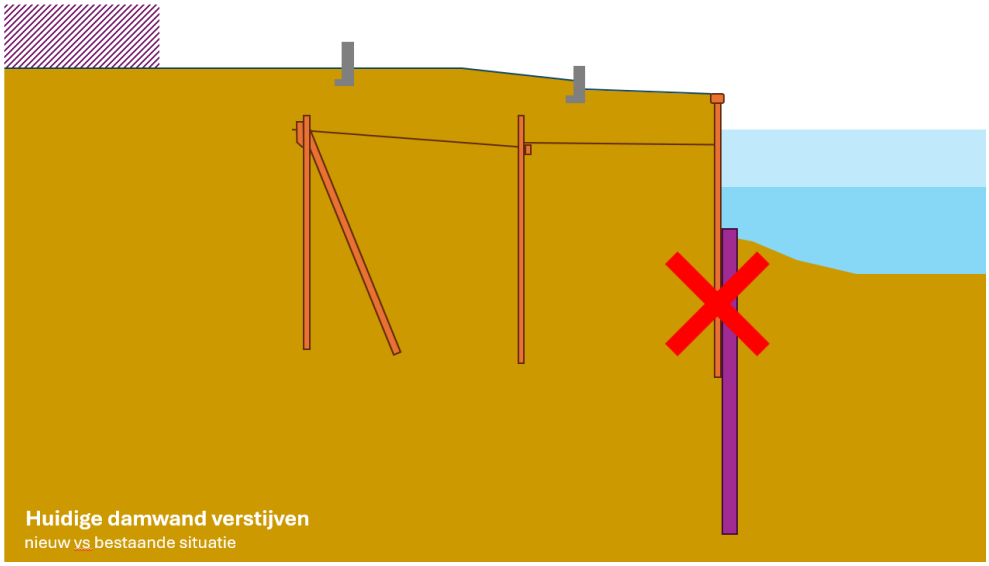
Huidige damwand coaten en dichtlassen

Het coaten en dichtlassen van de stalen damwanden levert geen constructieve verbetering op van de huidige situatie. De verminderde stabiliteit wordt namelijk veroorzaakt door te korte damwanden en een verouderd verankeringssysteem.



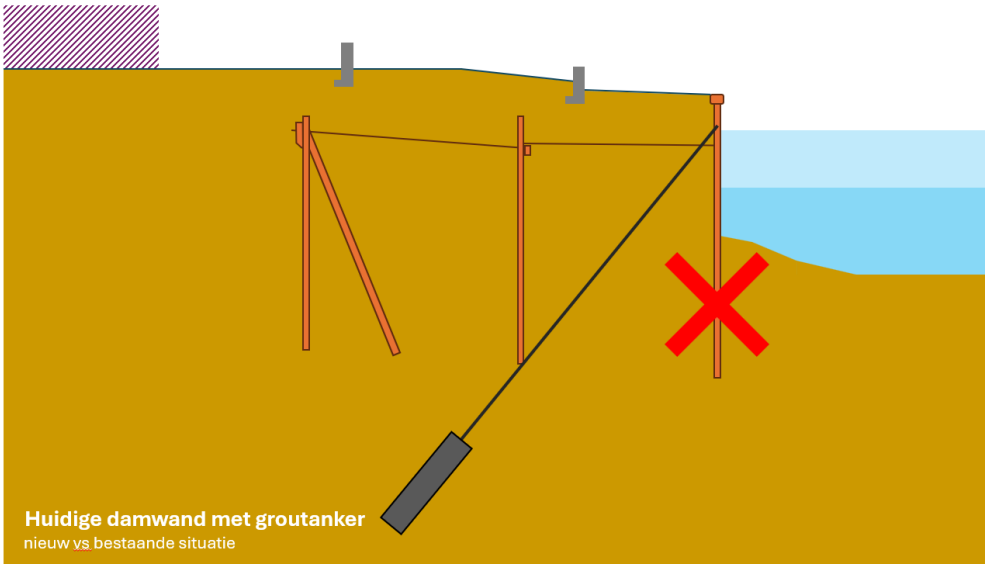
Huidige damwand verstijven met extra stalen bouwdelen

Het verstijven van de damwanden door het aanbrengen van extra staal of stalen buispalen in de ondergrond leidt evenmin tot een constructieve verbetering van de huidige situatie, aangezien het verminderde functioneren van het ankersysteem de stabiliteit blijft beperken. De onwenselijke interactie tussen de oudere en nieuwere kade wordt niet ongedaan gemaakt.



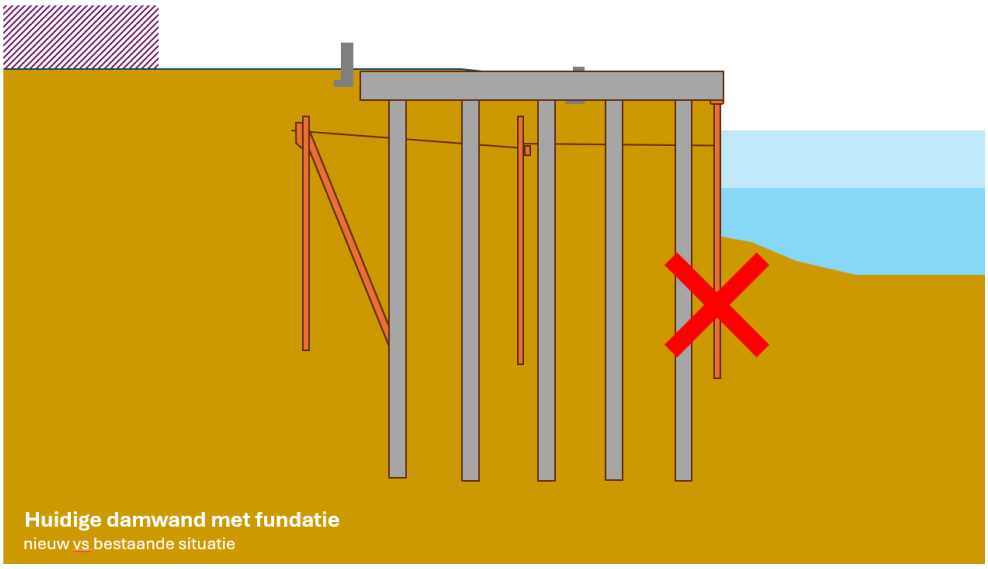
Huidige damwand voorzien van groutankers

Het aanbrengen van groutankers in een bestaande verouderde kade leidt niet tot een structurele verbetering, omdat de stabiliteit primair wordt beperkt door de onvoldoende lengte en reststerkte van de bestaande damwand, waardoor de ankers hun kracht niet effectief kunnen overdragen. Bovendien is de huidige damwandconstructie niet geschikt voor het aanbrengen van groutankers; er zijn dan volledig nieuwe gordingen nodig aan de achterzijde van de damwand.



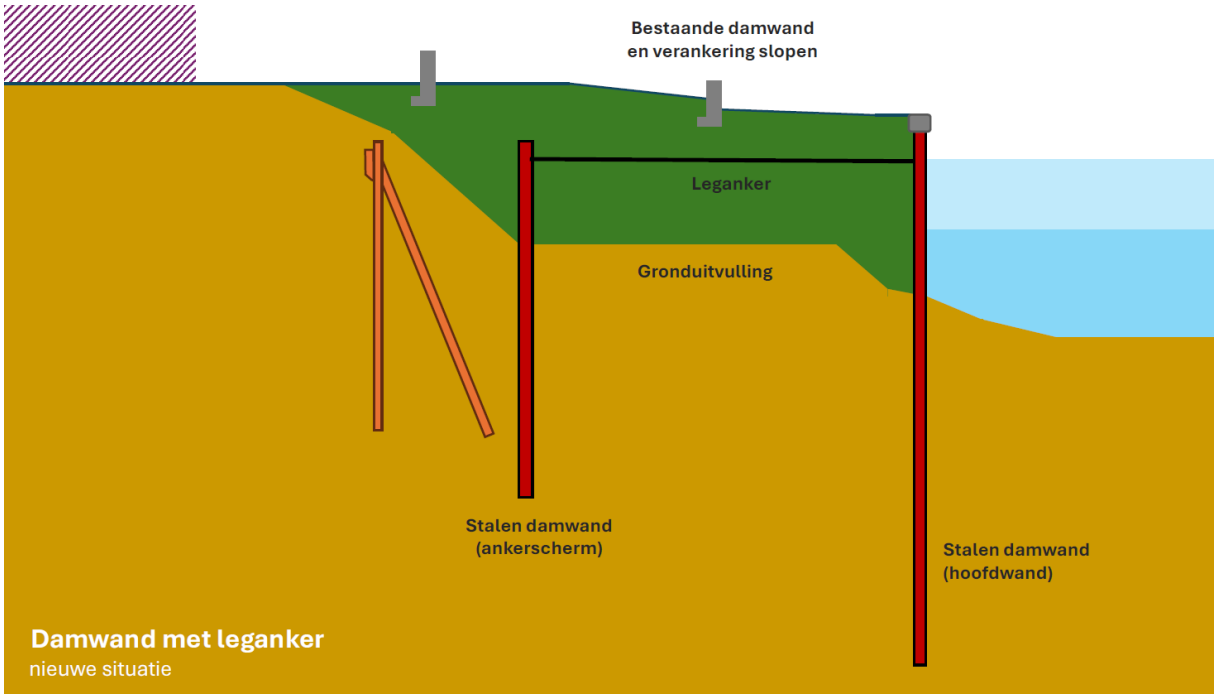
Huidige damwand met fundatie

Er zijn diverse mogelijkheden denkbaar waarbij de volledige kade wordt ontlast door betonnen of stalen paalfunderingen, platforms of ontlastvloeren. Ook zijn varianten met een betonnen of stalen overkluizing in de breedte- en lengterichting mogelijk. Dergelijke oplossingen echter vallen buiten het bereik van de doelstelling van de opdracht. De bestaande situatie wijzigt door dergelijke oplossingen fundamenteel, waardoor zijn afgevallen in de studie. Bovendien zorgen de oplossingen wel voor de afdracht van boven- en verkeersbelastingen, maar dragen zij niet bij aan het keren van water of grond.



5.4 Variant 01. Damwand met leganker

Visualisatie dwarsprofiel



Beschrijving

De bestaande legverankering wordt volledig vervangen door een nieuwe constructie. De huidige damwand en bijbehorende verankering worden geheel verwijderd. Het tussenliggende grondpakket moet hiervoor worden ontgraven. Ter vervanging wordt een nieuwe hoofdwand met ankerscherm gerealiseerd, opgebouwd uit stalen damwanden (U- of Z-profielen). De stalen damwanden worden trillingsarm aangebracht door middel van drukken, waarbij deze worden gefundeerd tot in de voldoende draagkrachtige grondlaag. De hoofdwand en het ankerscherm worden onderling verbonden door middel van stalen legankers. Na het aanbrengen van de verankering wordt het terrein aangevuld met grond. De bestaande keermuren en bestratingen worden hersteld.

Tijdelijke voorzieningen

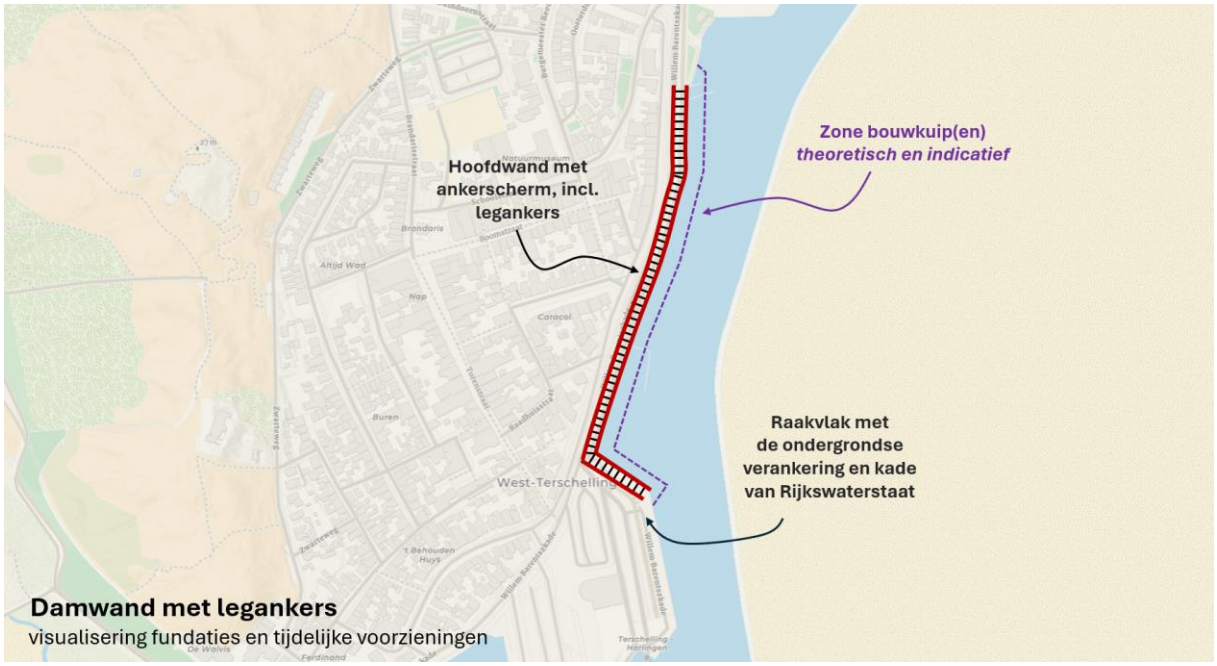
Voor een veilige en gecontroleerde uitvoering van de werkzaamheden wordt rondom de bestaande kade een tijdelijke stalen bouwkuip aangelegd. Hoewel alternatieve bouwmethoden denkbaar zijn, ligt de keuze voor een bouwkuip in dit geval voor de hand. De bouwkuip vervult een ondersteunende functie en maakt het mogelijk om de sloop- en ontgravingswerkzaamheden in droge omstandigheden uit te voeren. De tijdelijk bouwkuip wordt aangebracht ter hoogte van de houten steigers (Midden en Noorder Plankier). Daardoor is afmeren aan de kade tijdens de bouw niet mogelijk. Schepen kunnen wel passeren ter hoogte van de vaargeul.

De tijdelijke bouwkuip wordt gevormd door stalen damwanden die worden geplaatst rondom het werkgebied. Hiermee ontstaat een aaneengesloten wand die het binnendringen van getijdewater beperkt. Na het aanbrengen van de bouwkuip kan het resterende water worden weggepompt, waardoor een beheersbare werkruimte ontstaat. Dankzij deze aanpak kan de kade op een gecontroleerde wijze worden gesloopt en afgegraven. Na de realisatie wordt de bouwkuip verwijderd.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een direct raakvlak tussen de Dwarskade en de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat, waarbij funderingen en ankerschermen in elkaar doorlopen. Dit vraagt om afstemming en zorgvuldige coördinatie om constructieve samenhang en beheersbaarheid van de werkzaamheden te waarborgen. Ook zijn vergunningen en aanvullende toestemmingen benodigd. De uit te voeren sloop- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kadeconstructie niet ongewenst beïnvloeden, waardoor continue monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

Tijdens de uitvoering wordt een groot deel van de huidige kade en bestrating opengebroken. Om de huidige constructie te kunnen slopen, moet het achterliggende grondpakket worden ontgraven. Voor deze werkzaamheden is het noodzakelijk om de volledige kade tijdelijk af te sluiten voor het wegverkeer. De meeste funderingswerkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd; onder meer door de inzet van (kraan)schepen en drijvend materieel. Het aanbrengen van een bouwkuip zorgt voor beperkte afmeermogelijkheden in de Bruine Vloothaven. Schepen kunnen het bouwterrein wel passeren via de vaargeul. Het e.a. hiervoor dient nader te worden gedetailleerd en nautisch te worden getoetst.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de actuele staalprijs (damwanden en verankeringssystemen). Het betreffen reguliere uitvoeringstechnieken en bouwmethoden. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 15.000 tot € 25.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

De uitvoeringrisico's zijn beheersbaar, maar vragen wel om verhoogde aandacht. De relevante uitvoeringsrisico's zijn primair geotechnisch van aard (onvoldoende draagkracht, deformaties, stabiliteit verankering, ed.). Tijdens het uitvoeren van funderingswerkzaamheden kunnen er trillingen, geluidsoverlast en grondverplaatsingen ontstaan die kunnen leiden tot hinder en schade aan de omgeving. Speciale aandacht is nodig voor de stabiliteit van de, op staal gefundeerde, belendende panden en de aanwezige kabels en (gas)leidingen in de ondergrond.

Waterveiligheid

De waterkerende functie blijft gelijk; er wordt een vergelijkbare constructie aangebracht.

Bouwveiligheid

Het gaat om een beproefde bouwmethode waarbij de risico's over het algemeen goed voorspelbaar zijn. De meeste hinder en overlast treden op tijdens het slopen van de bestaande kade en bij het aanbrengen van de ankerwanden. Het grootste geotechnische risico ontstaat bij het uittrekken van de damwanden, doordat hierbij grond in beweging komt en grondvolume kan worden meegetrokken, met mogelijke vervormingen tot gevolg. Specifieke aandacht tijdens de realisatie is vereist voor de beheersing van deze ongewenste omgevingsbeïnvloeding en effecten.

Conditionering

Er is nadere conditionering en onderzoek nodig voor onder meer het ontgraven van de grond, activiteiten met kabels en leidingen, het aanbrengen van tijdelijke bouwkuipen en bemalingen. Het betreft een regulier vergunningstraject. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen ter bescherming van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) noodzakelijk. Er hoeven geen gronden te worden verworven. Wel is aandacht nodig voor belendende kadeconstructies van derden.

Exploitatie

Het betreft geen verandering van de bestaand situatie; de huidige constructie-opbouw en functionaliteiten blijven behouden. De exploitatiemogelijkheden blijven hierdoor gehandhaafd.

Levensduur

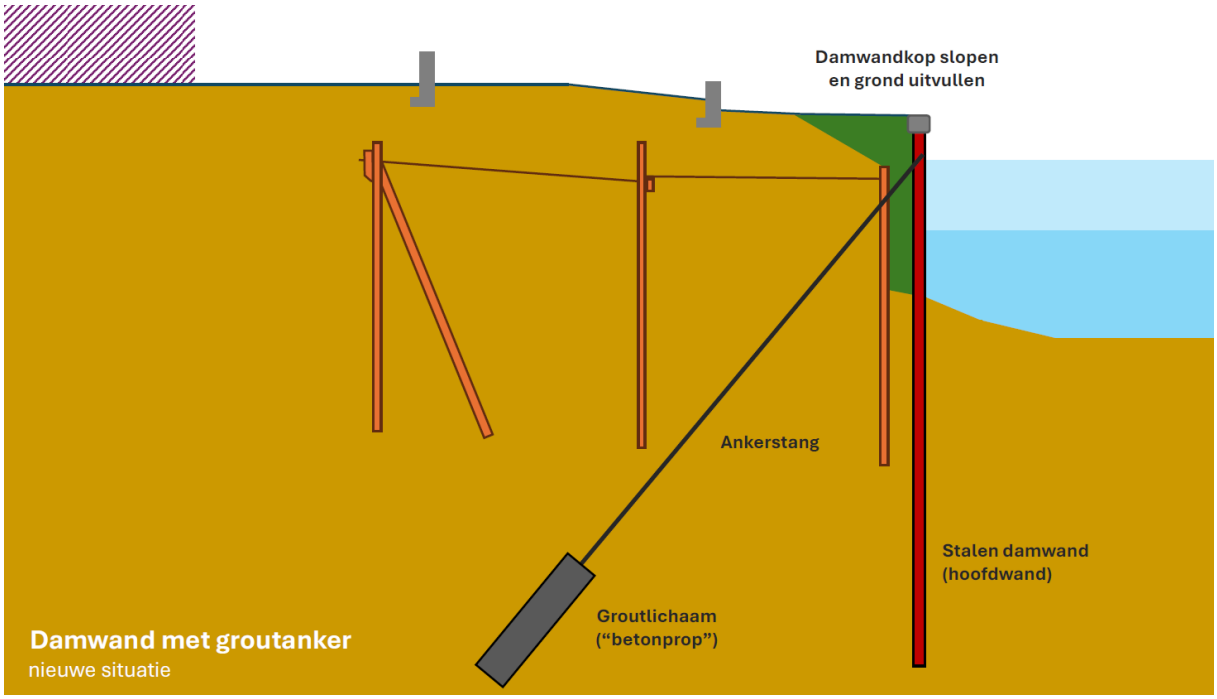
De levensduur van deze bouwmethode is 50 tot 75 jaar. Dit is deels afhankelijk van de te kiezen bouwmaterialen (staaldiktes en corrosiebescherming) en voldoende damwandplanklengtes (stabiliteit, draagkracht).

Beheer en onderhoud

De constructie vraagt op periodiek beheer en onderhoud, met aandacht voor de toestand van de hoofdwand (corrosie). Regelmatige inspecties en tijdig onderhoud zorgen dat de constructieve veiligheid en levensduur gewaarborgd blijven. De locatie is in de toekomst goed toegankelijk en bereikbaar (regulier onderhoudsprofiel).

5.5 Variant 02. Damwand met groutanker

Visualisatie



Beschrijving

Voor de huidige kade wordt een nieuwe stalen damwand (U- of Z-profielen) geplaatst. De haven wordt hierdoor max. 1-2 meter smaller. De kop van de kade wordt gesloopt. De stalen damwanden worden trillingsarm aangebracht door middel van drukken en worden gefundeerd tot in de voldoende draagkrachtige grondlaag. De hoofdwand wordt vervolgens verankerd met schuin aangebrachte groutankers, die in de bodem worden geboord en na injectie hun trekkracht overdragen op de draagkrachtige grondlagen. Na het aanbrengen van de verankering wordt de ruimte tussen de oude en nieuwe kade aangevuld met grond en verdicht. Het trottoir en kadeterrein worden vervolgens hersteld.

Tijdelijke voorzieningen

Doordat de nieuwe damwand vóór de bestaande kade wordt geplaatst, vervalt de noodzaak voor een tijdelijke bouwkuip.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een direct raakvlak tussen de Dwarskade en de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat, waarbij funderingen en ankerschermen in elkaar doorlopen. De groutankers zullen bovendien aangebracht moeten worden in de gronden van Rijkswaterstaat; hiervoor zijn toestemmingen, vergunningen en het verkrijgen van aanvullende rechten benodigd.

Het raakvlak vraagt om afstemming en zorgvuldige coördinatie om constructieve samenhang en beheersbaarheid van de werkzaamheden te waarborgen. De uit te voeren sloop- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende constructies niet ongewenst beïnvloeden, waardoor continue monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Een ander direct raakvlak betreffen de aan te brengen groutankers. Het is noodzakelijk vast te stellen onder welke hoek de groutankers worden aangebracht en in hoeverre deze in de percelen van derden, zoals belendende woningen, terechtkomen. Voor de beantwoording hiervan is nadere detaillering en ontwerpuitwerking vereist.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

Het trottoir zal voor de realisatie worden opengebroken. De rijbaan en ventweg blijven intact. Mogelijk zijn er wat ontgravingen rondom de L-muur langs de rijbaan nodig. Nadere ontwerpdetaillering dient dit uit te wijzen. De kans is groot dat de rijbaan in één rijrichting kan open blijven voor het wegverkeer. De meeste funderingswerkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd; onder meer door de inzet van kraanschepen. Schepen kunnen tijdelijk niet afmeren in de Bruine Vloothaven. De vaargeul blijft vrij.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de actuele staalprijs (damwanden en verankeringssystemen). Het betreffen reguliere uitvoeringstechnieken en bouwmethoden. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 15.000 tot € 25.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

De uitvoeringrisico's zijn beheersbaar. Het grootste risico is de aanwezigheid van objecten en funderingen in de ondergrond waardoor verankeringen niet kunnen worden aangebracht. Andere relevante uitvoeringsrisico's zijn onder meer voldoende verankering in de ondergrond, deformaties of grondverplaatsingen en uitvoeringsfouten bij het plaatsen van groutankers.

Tijdens funderingswerkzaamheden kunnen er trillingen, geluidsoverlast en grondverplaatsingen ontstaan die kunnen leiden tot hinder en schade aan de omgeving.

Waterveiligheid

De waterkerende functie blijft gelijk; er wordt een vergelijkbare constructie aangebracht.

Bouwveiligheid

Het gaat om een beproefde bouwmethode waarbij de risico's over het algemeen goed voorspelbaar zijn. De meeste hinder en overlast zullen optreden tijdens het aanbrengen van de hoofdwand en de groutverankering.

Conditionering

Er is nadere conditionering en onderzoek nodig voor onder meer grondroerende werkzaamheden en bemalingen. De benodigde conditionering is beperkt, omdat er maar binnen een smalle strook werkzaamheden worden uitgevoerd. Het betreft een regulier vergunningstraject. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen ter bescherming van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) noodzakelijk. Mogelijk dat er rechten moeten worden verkregen voor het (mede)gebruik van gronden, aangezien de groutankers, in de diepe ondergrond, mogelijk terecht kunnen komen in de percelen van derden. Ook is aandacht nodig voor belendende kadeconstructie van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

Het betreft geen verandering van de bestaand situatie; de huidige constructie-opbouw en functionaliteiten blijven behouden. De exploitatiemogelijkheden blijven hierdoor gehandhaafd. Wel wordt de haven max. 1-2 meter versmald; hierdoor wordt de vrije beschikbare ruimte voor het afmeren van schepen wat beperkt.

Levensduur

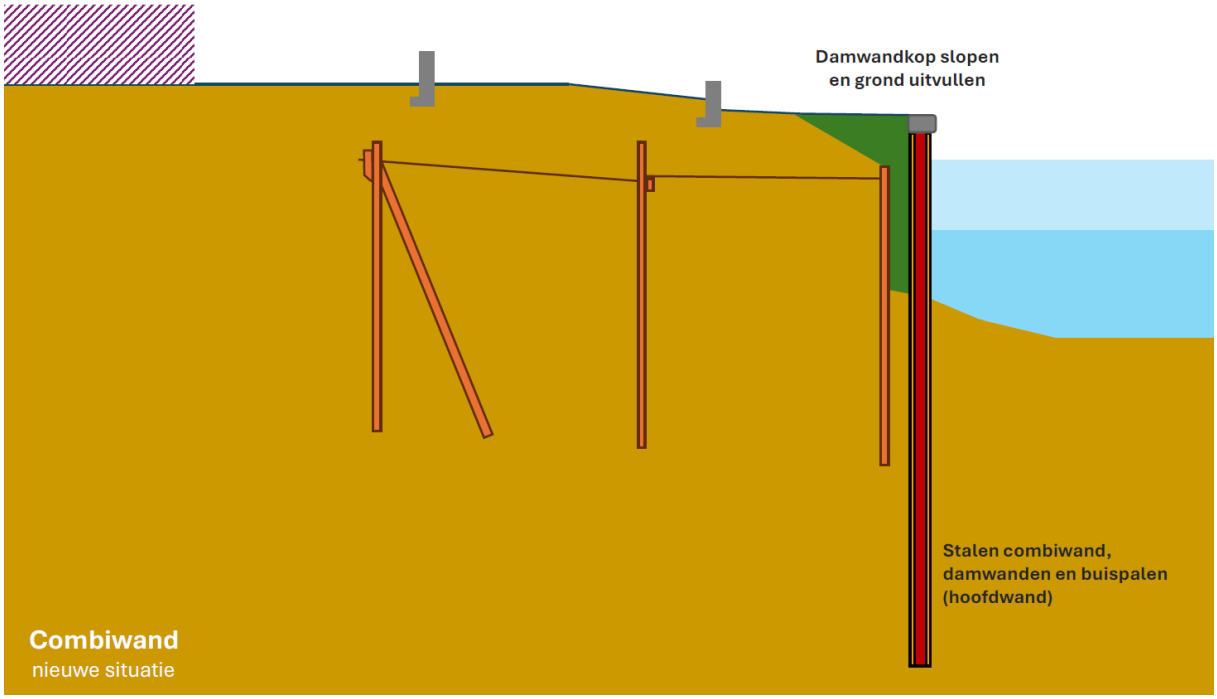
De levensduur van deze bouwmethode is 50 tot 75 jaar. Dit is deels afhankelijk van de te kiezen bouwmaterialen (staaldiktes en corrosiebescherming) en voldoende damwandplanklengtes (stabiliteit).

Beheer en onderhoud

De constructie vraagt op periodiek beheer en onderhoud, met aandacht voor de toestand van de hoofdwand (corrosie). Regelmatige inspecties en tijdig onderhoud zorgen dat de constructieve veiligheid en levensduur gewaarborgd blijven. De locatie is in de toekomst goed toegankelijk en bereikbaar (regulier onderhoudsprofiel).

5.6 Variant 03. Combiwand

Visualisatie



Beschrijving

Voor de huidige kade wordt een stalen combiwand geplaatst. Deze constructie bestaat uit zware, stalen buispalen die in de draagkrachtige grond worden aangebracht, met daartussen stalen damwandplanken (U- of Z-profielen). De haven wordt hierdoor ongeveer 1-3 meter smaller. De buispalen nemen de hoofdbelasting op, terwijl de tussenprofielen zorgen voor de afsluiting en de waterkerende functie. Hierdoor is er geen verankering in de ondergrond van de kade nodig. De kop van de kade wordt gesloopt. De combiwand wordt trillingsarm aangebracht, zoveel mogelijk door middel van drukken of boren, om hinder en schade aan de omgeving te beperken. Nadat de combiwand is geplaatst, wordt de ruimte tussen de bestaande kade en de nieuwe constructie aangevuld en verdicht. Vervolgens worden de bovenzijde en het kadeterrein afgewerkt, inclusief herstel van de bestaande verhardingen en voorzieningen.

Tijdelijke voorzieningen

Doordat de nieuwe combiwand vóór de bestaande kade wordt geplaatst, vervalt de noodzaak voor een tijdelijke bouwkuip.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een raakvlak tussen de Dwarskade en de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat. De constructies moeten op elkaar worden aangesloten. Hiervoor zijn nadere afstemming, goedkeuring en vergunningen benodigd. De uit te voeren sloop- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kade niet ongewenst beïnvloeden, waardoor continue monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

Het trottoir zal voor de realisatie worden opengebroken. De rijbaan en ventweg blijven intact en kunnen open blijven voor het wegverkeer. Mogelijk zijn beperkte afzettingen op de rijbaan nodig; ook omdat er heiwerkzaamheden plaatsvinden waarbij (draad)kranen worden ingezet. De funderingswerkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd, met behulp van (kraan)schepen en drijvend materieel. Schepen kunnen tijdelijk niet afmeren in de Bruine Vloothaven. De vaargeul blijft vrij en kan gebruikt worden door passerende schepen.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de staalprijs (damwanden en buispalen). Het betreffen reguliere uitvoeringstechnieken en bouwmethoden. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 25.000 tot € 30.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

De uitvoeringsrisico's bij een stalen combiwand omvatten onder meer trillingen, onvoorziene obstakels in de ondergrond, verkeerde paalposities (uitvoeringsfouten) en onvoldoende aansluiting van damwanden. Er is aandacht nodig voor het trillingvrij aanbrengen van de buispalen en damwanden. Ongewenste trillingen, grondverplaatsingen en schade aan belendingen moet worden voorkomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie wordt verzwaard; er wordt een zwaardere constructie aangebracht in vergelijking tot de huidige situatie. De waterkerende hoogte blijft wel gelijk. Bij hoge waterstanden inundeert het kadeterrein.

Bouwveiligheid

Tijdens het aanbrengen van de combiwand worden zware stalen buispalen gehesen, nauwkeurig gepositioneerd en in de ondergrond getrild, vaak in combinatie met het vrijboren van de grond in de buis (avegaar). Het gaat om een beproefde bouwmethode waarbij de risico's over het algemeen goed voorspelbaar zijn.

Eventueel kan extra verankering worden toegepast, bijv. groutankers. Hierdoor kunnen kortere buispalen en damwanden worden toegepast, waardoor staal en kosten kunnen worden bespaard. Dit heeft echter niet de voorkeur omdat in dat geval de ankers door de huidige kadeconstructie moeten worden gevoerd. Dit geeft risico's voor de omgeving.

Conditionering

De benodigde conditionering en onderzoeken zijn beperkt, omdat er maar binnen een smalle strook werkzaamheden worden uitgevoerd. Het betreft een regulier vergunningstraject. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen ter bescherming van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) noodzakelijk. Er hoeven geen gronden te worden verworven. Wel moeten afspraken gemaakt voor de aansluiting op de belendende kadeconstructie van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

De combiwand zorgt voor een verzwaring van de bestaande situatie. Dit biedt kansen voor exploitatie, bijvoorbeeld door het mogelijk maken van zwaardere belasting op de kade, het faciliteren van intensiever gebruik voor overslag of aanleg van schepen, en het creëren van ruimte voor nieuwe functies in de openbare ruimte.

Wel wordt de haven ongeveer 1–3 meter versmald; hierdoor neemt de vrije ruimte voor het afmeren van schepen enigszins af. Daarnaast steken de stalen buispalen uit ten opzichte van de damwanden, waardoor aanvullende afmeervoorzieningen en wrijfhout noodzakelijk zijn om een veilige en doelmatige afhandeling van de scheepvaart te waarborgen.

Levensduur

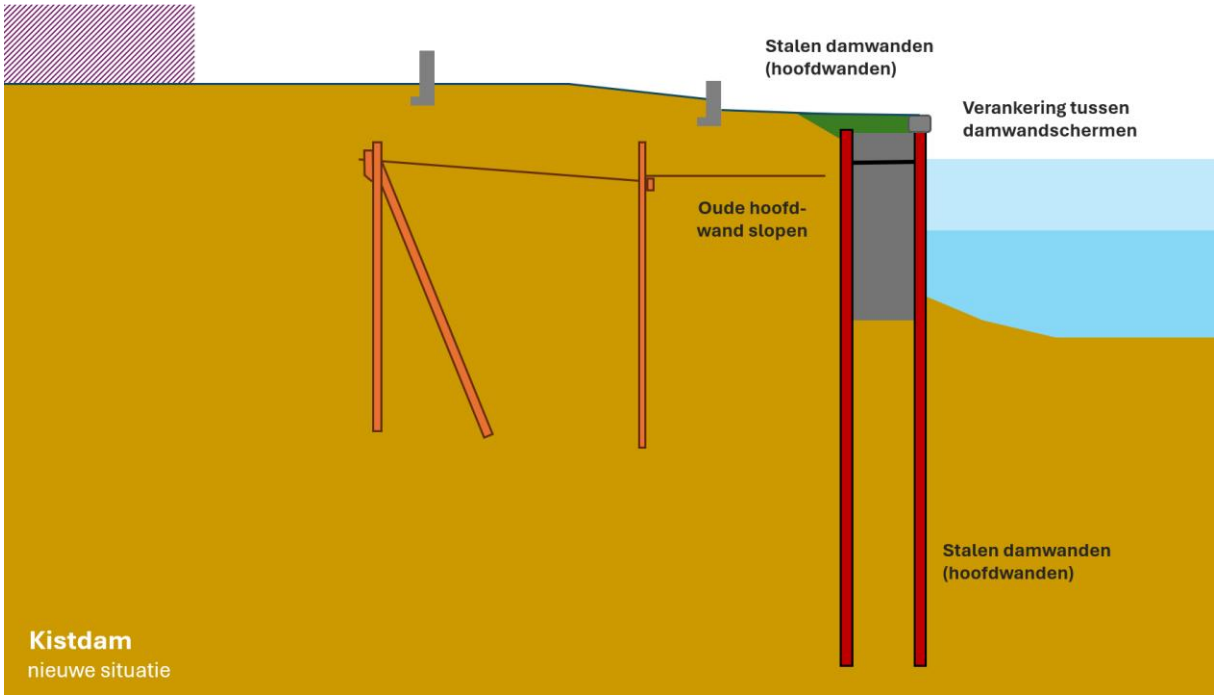
De levensduur van deze bouwmethode is 75 tot 100 jaar; dit is deels afhankelijk van de te kiezen bouwmaterialen (staal- en wanddiktes, corrosiebescherming en evt. verankering). De constructie is minder gevoelig voor lokale beschadiging en vervorming. In het algemeen kan worden gesteld dat de levensduur van een combiwand hoger is dan een reguliere verankerde damwand, ook door de massieve opbouw en de dikwandige buispalen.

Beheer en onderhoud

De constructie vraagt op periodiek beheer en onderhoud, met aandacht voor de toestand van de hoofdwand (corrosie). Bij goed uitgevoerd onderhoud kent de constructie een laag faalrisico, terwijl de onderhoudskosten gespreid en beheersbaar blijven over een langere periode.

5.7 Variant 04. Kistdam

Visualisatie



Beschrijving

Een kistdam is een robuuste constructie die bestaat uit een dubbel stalen damwandenrij en stalen framewerk, welke wordt gevuld met zand, (puin)granulaat of beton. Door het gewicht van de aanvulling verkrijgt de kistdam zijn stabiliteit en weerstand tegen water- en gronddrukken. De afmetingen van een kistdam zijn afhankelijk van de lokale omstandigheden en de gewenste functie, maar liggen veelal in de orde van 2-4 meter breed en meerdere meters diep tot in de draagkrachtige grondlaag. Door de modulaire opbouw is de kistdam relatief eenvoudig te realiseren en aan te passen, en vormt deze een veelgebruikte oplossing voor tijdelijke of semi-permanente kadeconstructies.

De stalen damwandplanken (U- of Z-profielen) worden trillingsarm aangebracht door middel van drukken om hinder en schade aan de omgeving te beperken. Nadat de kistdam is geplaatst, wordt de ruimte tussen de bestaande kade en de nieuwe constructie aangevuld en verdicht. Vervolgens wordt het terrein afgewerkt met verharding en voorzieningen.

Tijdelijke voorzieningen

Voor een veilige en gecontroleerde uitvoering van de werkzaamheden wordt rondom de bestaande kade een tijdelijke stalen bouwkuip aangelegd. Hoewel alternatieve bouwmethoden denkbaar zijn, ligt de keuze voor een bouwkuip in dit geval voor de hand. De bouwkuip vervult een ondersteunende functie en maakt het mogelijk om de werkzaamheden in droge omstandigheden uit te voeren. De tijdelijk bouwkuip wordt aangebracht ter hoogte van de houten steigers . Daardoor is afmeren aan de kade tijdens de realisatie niet mogelijk. Schepen kunnen wel passeren ter hoogte van de vaargeul.

De tijdelijke bouwkuip wordt gevormd door stalen damwanden die worden geplaatst rondom het werkgebied. Hiermee ontstaat een aaneengesloten wand die het binnendringen van getijdewater beperkt. Na het aanbrengen van de bouwkuip

kan het resterende water worden weggepompt, waardoor een beheersbare werkruimte ontstaat. Dankzij deze aanpak kan de kade op een gecontroleerde wijze worden gesloopt en afgegraven. Na de realisatie wordt de bouwkuip verwijderd.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een raakvlak tussen de Dwarskade en de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat. De constructies moeten op elkaar worden aangesloten. Hiervoor zijn nadere afstemming, goedkeuring en vergunningen benodigd. De uit te voeren sloop- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kade niet ongewenst beïnvloeden, waardoor continue monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

Het trottoir zal voor de realisatie worden opengebroken. De één rijbaan van de Willem Barentszkade en ventweg blijven intact en kunnen naar verwachting open blijven voor het wegverkeer. Mogelijk zijn beperkte afzettingen op de rijbaan nodig; ook omdat er heiwerkzaamheden plaatsvinden waarbij (draad)kranen worden ingezet. De funderingswerkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd, met behulp van (kraan)schepen en drijvend materieel. Schepen kunnen tijdelijk niet afmeren in de Bruine Vloothaven. De vaargeul blijft vrij en kan gebruikt worden door passerende schepen.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de actuele staalprijzen (damwanden en buispalen). Het betreffen reguliere uitvoeringstechnieken en bouwmethoden. Het toepassen van een kistdam is meer geschikt voor een tijdelijke situatie, omdat er snel en modulair kan worden gebouwd. Doordat er twee wanden moeten worden geplaatst zijn hogere staalkosten te verwachten dan bij een reguliere, verankerde damwand. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 20.000 tot 25.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

De uitvoeringsrisico's van een kistdamconstructie omvatten onder meer het aanbrengen van de damwanden en het verkrijgen van voldoende stabiliteit na het aanvullen van de constructie. Er zit een constructief verband tussen de benodigde damwandlengtes (kerende hoogte), de onderlinge afstand tussen de wanden en de verankering, en het type en de hoeveelheid aan te brengen vulmateriaal tussen de wanden. Er is aandacht nodig voor het trillingvrij aanbrengen van de damwanden. Ongewenste trillingen, grondverplaatsingen en schade aan belendingen moet worden voorkomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie wordt verzwaard; er wordt een zwaardere constructie aangebracht in vergelijking tot de huidige situatie. De waterkerende hoogte blijft gelijk; bij hoge waterstanden inundeert het kadeterrein.

Bouwveiligheid

Het aanbrengen van de kistdam brengt uitvoeringsrisico's met zich mee. Enerzijds moet de bestaande kadeconstructie worden ontlast en deels worden gesloopt, in combinatie met het plaatsen van de nieuwe wanden. Anderzijds moet tijdens het plaatsen van de nieuwe wanden en het uitvullen van de kist rekening worden gehouden met instabiliteit en vervormingen van de kistdam. Tijdens de bouw treden meerdere vervormingen op van de kistdam; nader ontwerp is nodig om ontoelaatbare vervormingen en ongewenste omgevingsbeïnvloeding te voorkomen.

Conditionering

Een deel van de huidige kade zal worden gesloopt, waarna er een dubbel rij nieuwe damwandwanden aangebracht wordt. Voor deze bouwactiviteiten is nadere conditionering en onderzoek benodigd. Het betreft een regulier vergunningstraject. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen ter bescherming van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) noodzakelijk. Er hoeven geen gronden te worden verworven. Wel moeten afspraken gemaakt voor de aansluiting op de belendende kadeconstructie van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

De kistdam zorgt voor een verzwaring van de bestaande situatie. De verwachting is dat de constructie geschikt is voor het opnemen van hogere bovenbelastingen. Dit geeft kansen voor zwaardere exploitatie, zoals het aanleggen van zwaardere schepen of zwaarder verkeer op de kade. Uiteraard dient het ontwerp hierin wel te voorzien. Wel wordt de haven ongeveer 2-4 meter versmald; hierdoor neemt de vrije ruimte voor het afmeren van schepen enigszins af.

Levensduur

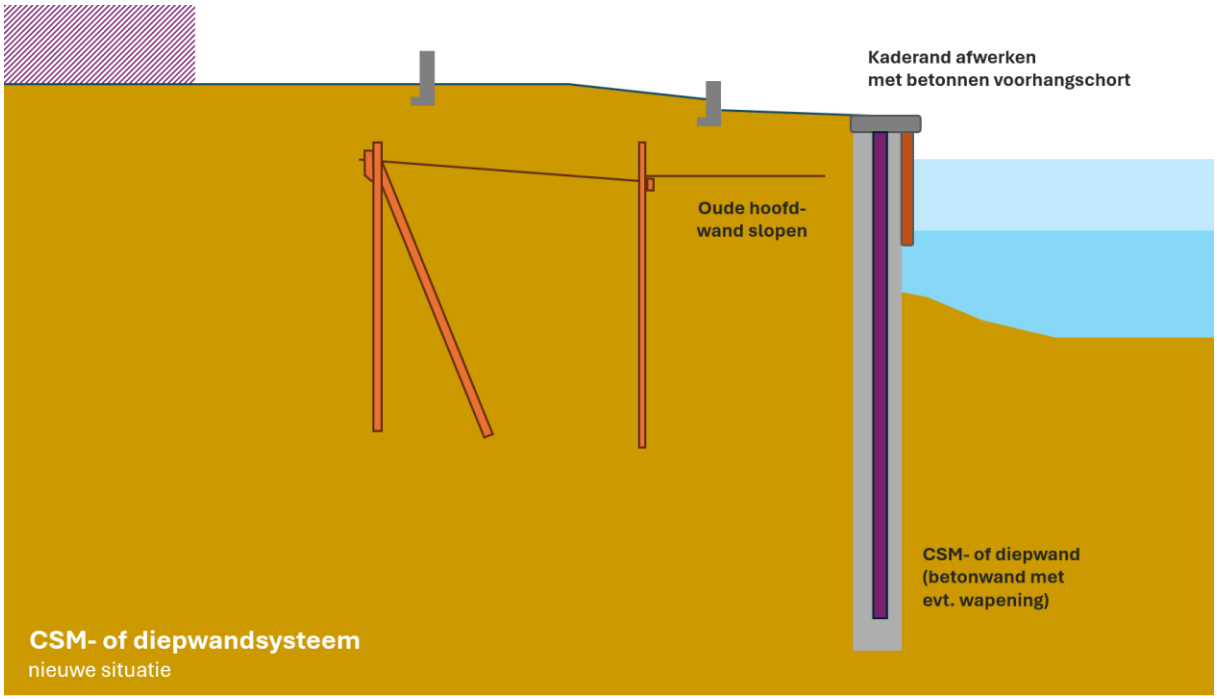
De levensduur van deze bouwmethode is 25 tot 50 jaar; dit is afhankelijk van de te kiezen bouwmaterialen (staaldiktes en corrosiebescherming) en de kwaliteit van de damwanden. De constructie is op de langere termijn mogelijk wel gevoelig voor vervorming, hetgeen in het ontwerp beheersbaar moet worden gemaakt.

Beheer en onderhoud

De constructie vraagt op periodiek beheer en onderhoud, met aandacht voor de toestand van de hoofdwand (corrosie). Bij goed uitgevoerd onderhoud kent de constructie een beperkt faalrisico, terwijl de onderhoudskosten gespreid en beheersbaar blijven over een langere periode.

5.8 Variant 05. CSM- of diepwandsysteem

Visualisatie



Beschrijving

Bij toepassing van de Cutter Soil Mixing-methode of de diepwandtechniek wordt een in de ondergrond aaneengesloten betonwand gerealiseerd. Bij een CSM-methode wordt de aanwezige grond in situ wordt gemengd met een bindmiddel, zoals cement-bentoniet of betonspecie. Bij een diepwandtechniek wordt eerst een sleuf gegraven, waarbij instorting van de sleufwanden wordt voorkomen door een steunvloeistof (dikspoeling, een mengsel van betoniet en water). Daarna wordt wapening in de sleuf neergelaten, waarna de sleuf wordt volgestort met beton. Afhankelijk van de gekozen techniek en toepassing wordt een wanddikte van circa 0,5 tot 1,0 meter bereikt.

De resulterende wand kan worden ontworpen als waterkerend element om grond- en oppervlaktewater tegen te houden, of als dragend element dat belastingen van bovengelegen constructies opneemt. Indien hogere sterkte of stabiliteit is vereist, kunnen tijdens het uitvoeren van de wand wapeningselementen (bijvoorbeeld stalen korven of profielen) worden ingebracht. Hiermee wordt de constructie geschikt voor toepassing als kadewand.

Tijdelijke voorzieningen

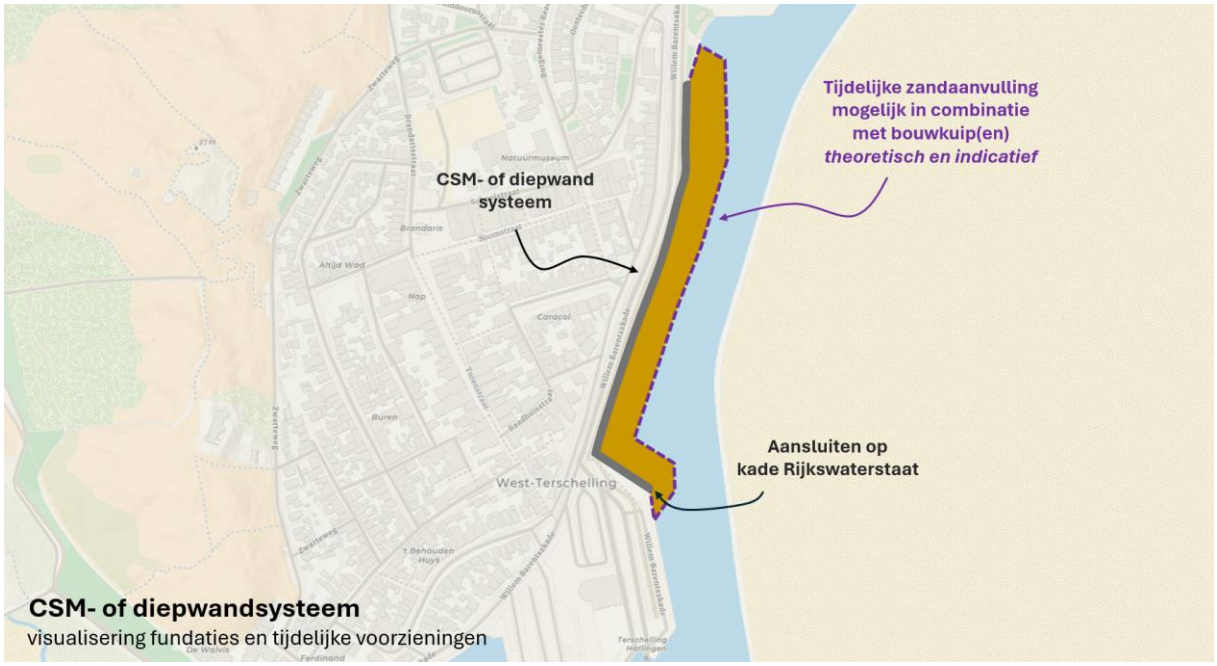
Om een CSM- of diepwandmethode te kunnen toepassen is tijdelijke zandaanvulling nodig ter plaatse van de Bruine Vloothaven. Een bouwkuip voorkomt dat de gehele haven moet worden uitgevuld met zand. De tijdelijke bouwkuip wordt gevormd door stalen damwanden die worden geplaatst rondom het werkgebied. Hiermee ontstaat een aaneengesloten wand die het binnendringen van getijdewater beperkt. De bouwkuip wordt vervolgens uitgevuld met zand. Het zand dient voldoende te worden verdicht. Hiervoor zijn mogelijk aanvullende verzwaringen of gronddrainagetechnieken benodigd. Ook is mogelijk aanvullende regulatie nodig van het freatische vlak of het grondwater in het gebied. Een nadeel van de

benodigde bouwkuip en zandaanvulling is dat de schepen niet tot beperkt kunnen passeren (bijv. alleen bij hoogwater). Na het aanbrengen van de betonwand worden de zandaanvulling en bouwkuip verwijderd.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een raakvlak tussen de Dwarskade en de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat. De constructies moeten op elkaar worden aangesloten. Hiervoor zijn nadere afstemming, goedkeuring en vergunningen benodigd. De uit te voeren sloop- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kade niet ongewenst beïnvloeden, waardoor continue monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

De CSM- of diepwand zullen voor de huidige kade worden aangebracht. Daarna wordt de hoofdwand en verankering deels gesloopt. Optioneel zou de bestaande kade ook in de ondergrond achter kunnen blijven, hetgeen nader uitgezocht dient te worden. De één rijbaan van de Willem Barentszkade en ventweg blijven intact en kunnen naar verwachting open blijven voor het wegverkeer. Mogelijk zijn beperkte afzettingen op de rijbaan nodig. De funderingswerkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd, met behulp van schepen en drijvend materieel. Schepen kunnen tijdelijk niet afmeren in de Bruine Vloothaven. Een deel van de tijdelijke bouwkuip en zandaanvulling wordt gesitueerd ter hoogte van de vaargeul. Hierdoor is scheepspassage niet of maar beperkt mogelijk. Mogelijk dat schepen alleen kunnen passeren bij hoogwater.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de beschikbaarheid van beton op locatie. Ondanks dat een CSM- en diepwand beproefde methoden zijn kunnen de kosten voor de uitvoering sterk variëren, onder meer de grondgesteldheid

en regulatie van het (grond)water zijn kostenbepalend. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 15.000 tot € 20.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

Het uitvoeren van een CSM- of diepwand geeft diverse uitvoeringsrisico's. De wand zal niet aaneengesloten worden gestort, maar in secties. Hierdoor ontstaan naden in de wanden, die kunnen gaan lekken. Ook moeten onregelmatigheden in de wand zelf worden voorkomen. Hierbij kan worden gedacht aan bijv. het insluiten van bentoniet in het beton, het instorten van de sleuf, het onvoldoende mengen van de grond en het betonmengsel, onvoldoende ontgraving en/of het niet op diepte krijgen van wapening. Het ontgraven van de grond kan bovendien leiden tot geringe vervormingen in de ondergrond. Ongewenste grondverplaatsing en deformatie aan belendingen moet worden voorkomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie wordt verzwaard, omdat er een gesloten betonwand wordt aangebracht. Dit zal leiden tot veranderingen in de grondwatersituatie achter de kade. Accumulerend afstromend grondwater en hemelwater, en eventueel overspannen grondwater, zal via drainagesystemen moeten worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. De waterkerende hoogte blijft gelijk; bij hoge waterstanden inundeert het kadeterrein.

Bouwveiligheid

De voor- en nadelen van een CSM- of diepwand ten opzichte van stalen kades zullen wat betreft bouwveiligheid niet veel opwegen. Een groot voordeel is dat de methodiek trillingvrij en geluidsarm kan worden uitgevoerd. Bovendien kan de wand veel dieper worden uitgevoerd dan reguliere damwanden, waardoor er meer kerende hoogte kan worden gerealiseerd.

Conditionering

Het aanbrengen van een CSM- of diepwand vraagt om nadere conditionering, aanvullende onderzoeken en vergunningen. Vastgesteld dient te worden in hoeverre de techniek haalbaar is gegeven de grondgesteldheid en de mogelijkheden om het grondwater te reguleren tijdens de realisatie. Voordeel is dat er in een smalle strook werkzaamheden zullen plaatsvinden en de methode naar verwachting geëlektrificeerd kan worden uitgevoerd. Dit geeft meer kansen voor de vergunningen (stikstof / Natura 2000). Mogelijk zijn mitigerende maatregelen nodig voor flora en fauna. Er hoeven geen gronden te worden verworven. Wel moeten afspraken gemaakt voor de aansluiting op de belendende kade van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

Een voordeel is dat er zeer diepe betonwanden kunnen worden gerealiseerd, veel dieper dan reguliere damwanden. Hierdoor zijn er kansen voor verondieping van de waterbodem voor de kade, waardoor er zwaardere en dieperstekende schepen kunnen afmeren. De haven wordt door het aanbrengen van de betonwand maar beperkt versmald.

Levensduur

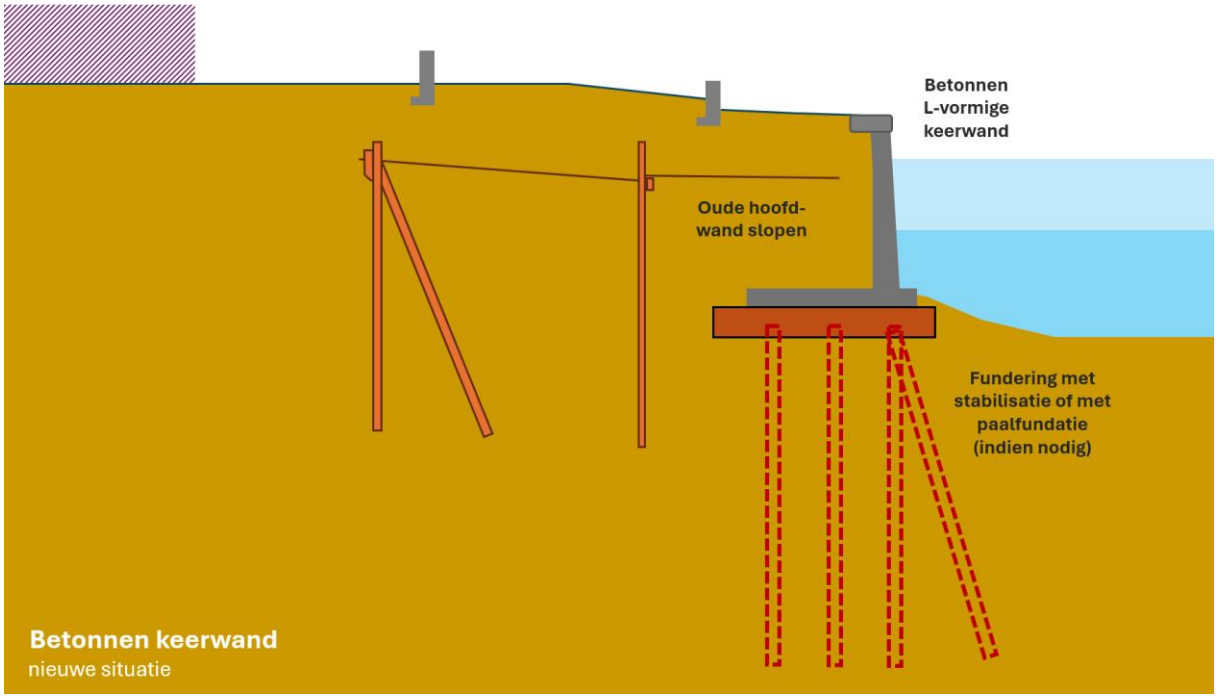
De levensduur van deze bouwmethode is 75 tot 100 jaar. De betonwand heeft, bij juiste installatie, een hoge levensduur.

Beheer en onderhoud

De betonwand heeft maar beperkt onderhoud nodig. Punt van aandacht blijft het onderhoud van de grondwaterregulering achter de kade. De onderhoudskosten zijn daarmee relatief laag en bovendien goed voorspelbaar en beheersbaar.

5.9 Variant 06. Betonnen keerwand

Visualisatie



Beschrijving

Een betonnen L-vormige keerwand bestaat uit een verticale keerwand en een horizontale voetplaat. Door het grondgewicht op de voetplaat kan de L-vormige keerwand niet kantelen en verkrijgt de constructie haar stabiliteit. De verhouding tussen de wandhoogte en de voetbreedte is vaak 1,5 tot 2,5 keer de wandhoogte (vuistregel), zodat voldoende stabiliteit kan worden gegarandeerd. Afhankelijk van de benodigde kerende hoogte en de stabiliteit van het aanwezige grondpakket, is een aanvullende stabilisering van het grondpakket of een paalfundatie nodig. Dit dient in het ontwerp nader te worden bepaald. Een paalfundering kan bestaan uit slanke houten palen of stalen buispalen.

Een voordeel is dat de betonnen L-wanden prefab kunnen worden gemaakt, en daarna vanaf de wal naar de haven in Terschelling worden gebracht. Door de modulaire opbouw zijn betonnen keerwanden relatief eenvoudig en snel te plaatsen, en vormen zij een robuuste oplossing voor het keren van grond en water bij kades. Een nadeel is dat de kerende hoogte beperkt is. Voor de afwerking en aansluiting kunnen de elementen worden voorzien van koppelstukken en voegelementen, waarmee een gesloten kadewand wordt gevormd.

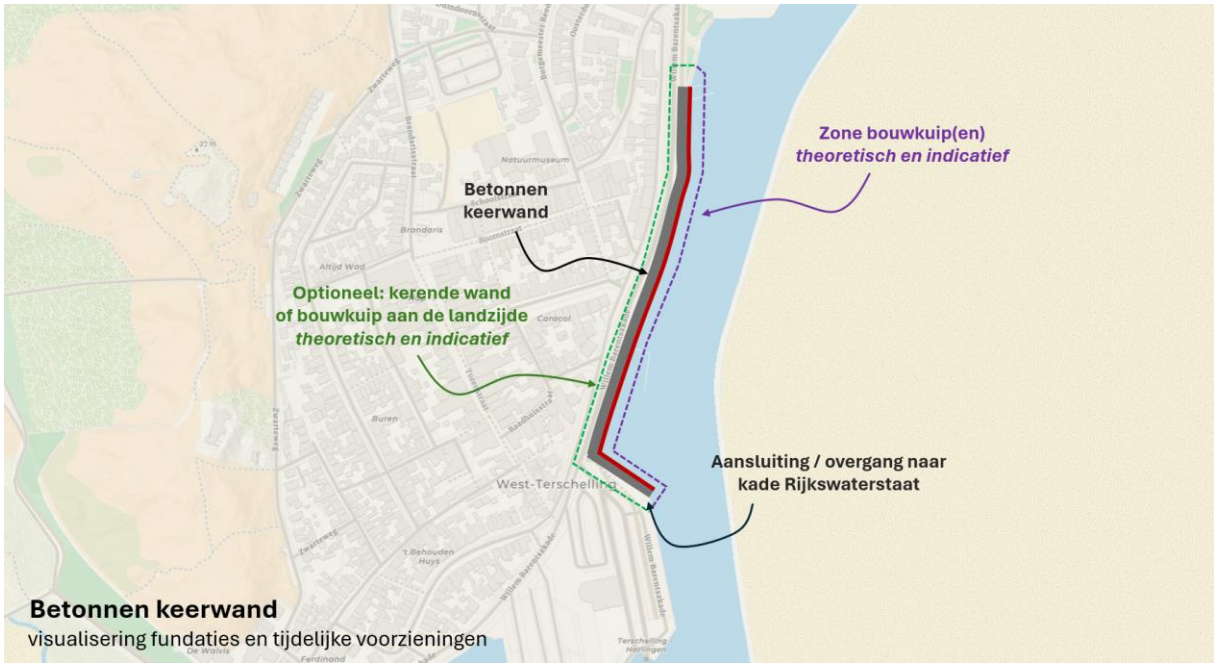
Tijdelijke voorzieningen

Om de betonnen keerwand te kunnen plaatsen is een veilig en beheersbaar werkterrein nodig. Dit kan door het toepassen van een bouwkuip. De tijdelijke bouwkuip wordt gevormd door stalen damwanden die worden geplaatst rondom het werkgebied. Hiermee ontstaat een aaneengesloten wand die het binnendringen van getijdewater beperkt. Mogelijk moeten aan de landzijde tijdelijke kerende wanden of bouwkuipen worden aangebracht, zodat diepere ontgravingen kunnen plaatsvinden, zonder dat gronddeformaties of verzakkingen ontstaan ter hoogte van de belendende woningen. Hiervoor moet wel eerst de verankering worden verwijderd en dat geeft de nodige risico's voor de omgeving.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een raakvlak met de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat. De kades moeten op elkaar worden aangesloten. Hiervoor zijn nadere afstemming en vergunningen benodigd. De uit te voeren graaf- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kade niet ongewenst beïnvloeden, waardoor monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

De betonnen keerwand wordt aangebracht ter hoogte van de bestaande kade. De huidige hoofdwand en verankering zullen moeten worden gesloopt. Een deel van de Willem Barentszkade (en Dwarskade) zal moeten worden afgegraven. Om minder ontgravingen mogelijk te maken moeten wellicht kerende wanden of bouwkuipen aangebracht worden. Hiervoor moet wel eerst de verankering worden verwijderd en dat geeft de nodige risico's voor de omgeving. Tijdens de realisatie worden de Willem Barentszkade en ventweg volledig afgesloten voor het wegverkeer. De meeste werkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd, met behulp van (kraan)schepen en drijven materieel. Schepen kunnen daardoor tijdelijk niet afmeren in de haven. De vaargeul blijft open voor gebruik.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de eventueel benodigde fundering, en de productie en het transport van de prefab betonnen keerwandelementen. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 20.000 tot € 40.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

Voor het realiseren van de betonnen keerwand zal de tijdelijke bouwkuip voldoende droog gezet moeten worden. Dit vraagt om voldoende (grond)water regulerende maatregelen en monitoring om ongewenste grondverplaatsingen of opbarsting van de bouwkuip te voorkomen. Er zijn wat betreft de uitvoering meer nautische risico's te verwachten. De zware prefab elementen vragen om de inzet van geschikt hijsmaterieel, voldoende werkruimte en zwaardere pontons t.b.v. het transport.

Waterveiligheid

De waterkerende functie en waterkerende hoogte blijven gelijk; bij hoge waterstanden inundeert het kadeterrein. Er is in het ontwerp aandacht nodig om onderloopsheid (kwelvorming) onder de wand te voorkomen.

Bouwveiligheid

De grootste uitdaging bij het aanbrengen van een betonnen keerwand is het realiseren van een stabiele ondergrond en evt. fundering. Hiervoor dient eerst de bestaande situatie te worden gesloopt. Om de sloop- en funderingswerkzaamheden mogelijk te maken is het realiseren van een tijdelijke bouwkuip noodzakelijk. De betonnen keerwandelementen dienen, na het realiseren van een stabiele ondergrond, geplaatst te worden en aan elkaar te worden gekoppeld.

Conditionering

Voor het aanbrengen van de betonnen keerwand is sloop- en graafwerk nodig. Een deel van de Willem Barentszkade dient te worden afgegraven. Dit vraagt om nadere conditionering, aanvullende onderzoeken en vergunningen. Mogelijk zijn er kleine spots met vervuilde grond aanwezig, waarvoor een nader plan en vergunning vereist is. Voorkomen moet worden dat kabels en leidingen of riolering moet worden verlegd. Er zijn mitigerende maatregelen in het kader van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) nodig. Er hoeven naar verwachting geen gronden te worden verworven. Wel moeten afspraken gemaakt voor de aansluiting op de belendende kade van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

De exploitatiemogelijkheden van een betonnen keerwand zijn gelijk aan de huidige situatie. De waterdiepte voor de kade mag niet (in de toekomst) worden aangepast om instabiliteit van de keerwand te voorkomen. Dit geeft een beperking voor toekomstige ontwikkelingen. De haven wordt door het aanbrengen van de keerwand niet verkleind.

Levensduur

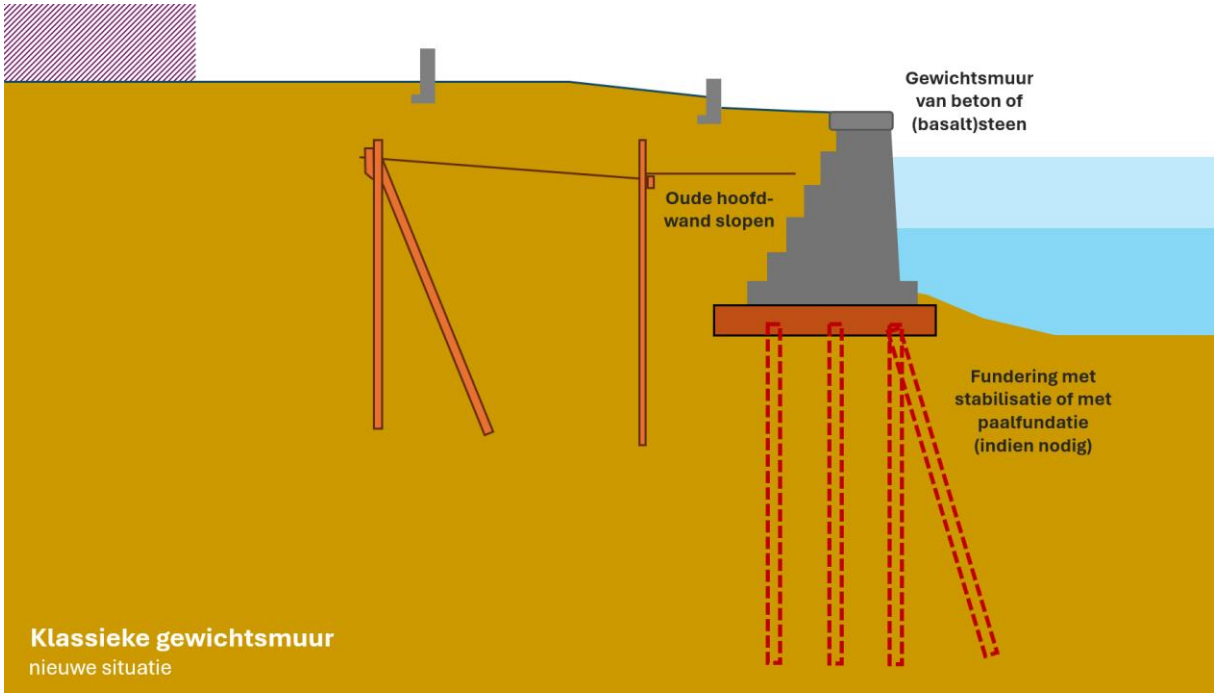
De levensduur van deze bouwmethode is tenminste 100 jaar. De betonnen keerwand heeft een hoge levensduur, mits juist gefundeerd en zodanig dat ongewenste zettingen in de komende 100 jaar kunnen worden ondervangen.

Beheer en onderhoud

Een groot voordeel van een betonnen keerwand is dat deze maar beperkt onderhoud nodig heeft. Wat betreft het onderhoud moet worden gedacht aan het reinigen van het beton of herstellen van (aanvaar)schades. Punt van aandacht blijft de grondwaterregulering achter de kade; deze dient frequent onderhouden te worden. De onderhoudskosten zijn daarmee relatief laag en bovendien goed voorspelbaar en beheersbaar.

5.10 Variant 07. Klassieke gewichtsmuur

Visualisatie



Beschrijving

Een klassieke gewichtsmuur omvat een massieve keermuurconstructie die zijn stabiliteit ontleent aan het eigen gewicht. De muur wordt doorgaans uitgevoerd in beton of metselwerk en geplaatst op of tegen de bestaande kade. Door de grote massa wordt weerstand geboden tegen gronddruk en waterdruk, zonder dat aanvullende verankering nodig is. Een gewichtsmuur is een beproefde methode die al sinds de 19e eeuw veelvuldig wordt toegepast bij kades. Dankzij de eenvoudige werking (stabiliteit door eigen gewicht) is het een betrouwbare en breed geaccepteerde oplossing.

De afmetingen van een gewichtsmuur zijn afhankelijk van de belasting en het benodigde tegengewicht. In de praktijk variëren de breedtes tussen 1,5 en 4 meter en kunnen hoogtes tot circa 3 meter worden gerealiseerd. De fundering wordt meestal gevormd door een gestabiliseerd zandbed of een betonnen funderingsplaat, zodat zettingen worden beperkt en de constructie duurzaam kan functioneren. Afhankelijk van de benodigde kerende hoogte en de stabiliteit van het aanwezige grondpakket, is een aanvullende stabilisering van het grondpakket of een paalfundatie nodig. Dit dient in het ontwerp nader te worden bepaald. Een paalfundering kan bestaan uit slanke houten palen of stalen buispalen.

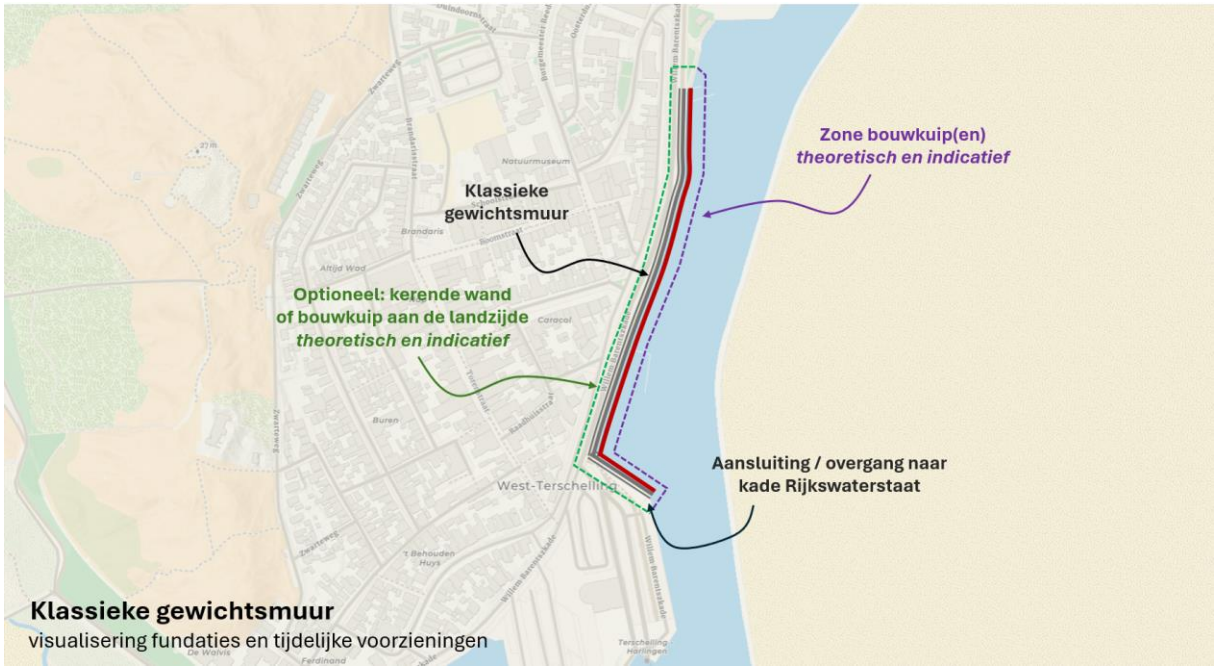
Tijdelijke voorzieningen

Om de klassieke gewichtsmuur te kunnen plaatsen is een veilig en beheersbaar werkterrein nodig. Dit kan door het toepassen van een bouwkuip. De tijdelijke bouwkuip wordt gevormd door stalen damwanden die worden geplaatst rondom het werkgebied. Hiermee ontstaat een aaneengesloten wand die het binnendringen van getijdewater beperkt. Mogelijk moeten aan de landzijde tijdelijke kerende wanden of bouwkuipen worden aangebracht, zodat diepere ontgravingen kunnen plaatsvinden, zonder dat gronddeformaties of verzakkingen ontstaan ter hoogte van de belendende woningen. Hiervoor moet wel eerst de verankering worden verwijderd en dat geeft de nodige risico's voor de omgeving.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een raakvlak met de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat. De kades moeten op elkaar worden aangesloten. Hiervoor zijn nadere afstemming en vergunningen benodigd. De uit te voeren graaf- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kade niet ongewenst beïnvloeden, waardoor monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

De klassieke gewichtsmuur wordt aangebracht ter hoogte van de bestaande kade. De huidige hoofdwand en verankering zullen moeten worden gesloopt. Een deel van de Willem Barentszkade (en Dwarskade) zal moeten worden afgegraven. Om minder ontgravingen mogelijk te maken moeten wellicht kerende wanden of bouwkuipen aangebracht worden. Hiervoor moet wel eerst de verankering worden verwijderd en dat geeft de nodige risico's voor de omgeving. Tijdens de realisatie worden de Willem Barentszkade en ventweg volledig afgesloten voor het wegverkeer. De meeste werkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd, met behulp van (kraan)schepen en drijven materieel. Schepen kunnen daardoor tijdelijk niet afmeren in de haven. De vaargeul blijft open voor gebruik.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de eventueel benodigde fundering en het opmetselen, storten of aanbrengen van (delen van) de gewichtsmuur. De verwachting is een klassieke gewichtsmuur meer bouwtijd in beslag neemt in vergelijking tot de installatie van reguliere stalen kadewanden. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 20.000 tot € 40.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

Voor het realiseren van de klassieke gewichtsmuur zal de tijdelijke bouwkuip voldoende droog gezet moeten worden. Dit vraagt om (grond)water regulerende maatregelen en monitoring om ongewenste grondverplaatsingen of opbarsting van de bouwkuip te voorkomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie en waterkerende hoogte blijven gelijk; bij hoge waterstanden inundeert het kadeterrein. Er is in het ontwerp aandacht nodig om onderloopsheid (kwelvorming) onder de wand te voorkomen.

Bouwveiligheid

De grootste uitdaging bij het aanbrengen van een klassieke gewichtsmuur is het realiseren van een stabiele ondergrond en evt. fundering. Hiervoor dient eerst de bestaande situatie te worden gesloopt. Om de sloop- en funderingswerkzaamheden mogelijk te maken is het realiseren van een tijdelijke bouwkuip noodzakelijk. De bouwmethode en toe te passen bouwmaterialen dienen te worden uitgedetailleerd en ontworpen, met het oog op het realiseren van voldoende gewicht.

Conditionering

Voor het aanbrengen van de klassieke gewichtsmuur is sloop- en graafwerk nodig. Een deel van de Willem Barentszkade dient te worden afgegraven. Dit vraagt om nadere conditionering, aanvullende onderzoeken en vergunningen. Mogelijk zijn er kleine spots met vervuilde grond aanwezig, waarvoor een nader plan en vergunning vereist is. Voorkomen moet worden dat kabels en leidingen of riolering moet worden verlegd. Er zijn mitigerende maatregelen in het kader van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) nodig. Er hoeven naar verwachting geen gronden te worden verworven. Wel moeten afspraken gemaakt voor de aansluiting op de belendende kade van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

De exploitatiemogelijkheden van een klassieke gewichtsmuur zijn gelijk aan de huidige situatie. De waterdiepte voor de kade mag niet (in de toekomst) worden aangepast om instabiliteit van de keerwand te voorkomen. Dit geeft een beperking voor toekomstige ontwikkelingen. De haven wordt door het aanbrengen van de keerwand niet verkleind.

Levensduur

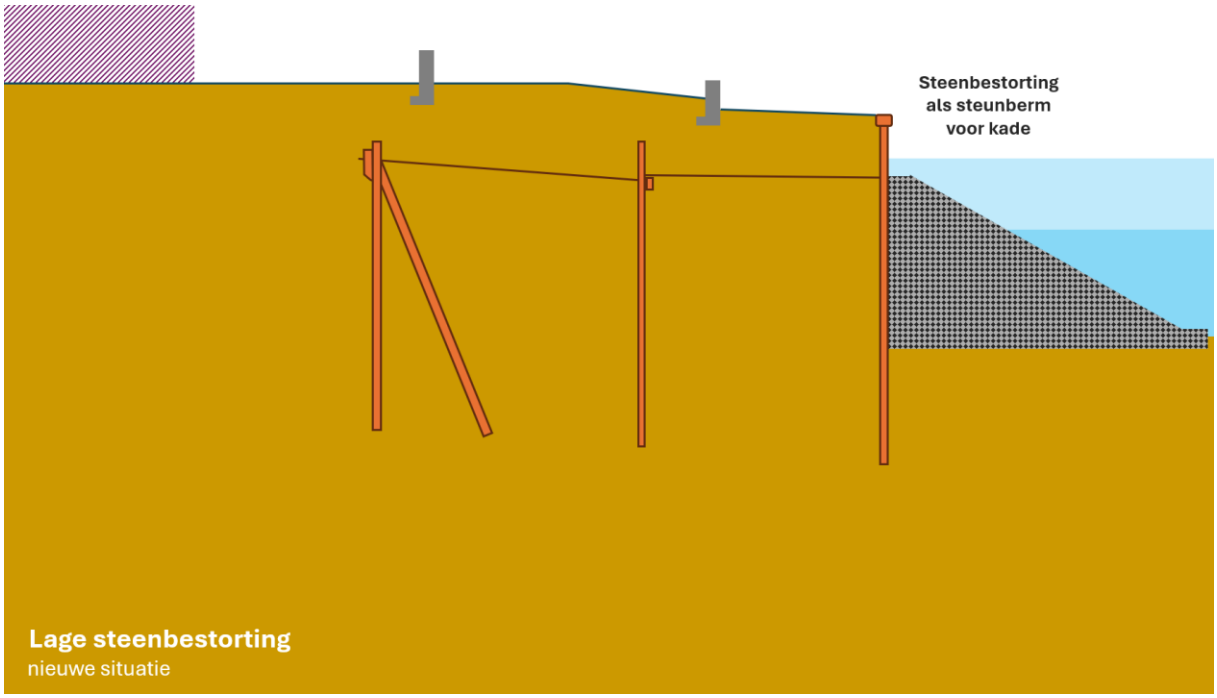
De levensduur van deze bouwmethode is tenminste 100 jaar. De klassieke gewichtsmuur heeft een hoge levensduur , mits juist gefundeerd en zodanig dat ongewenste zettingen in de komende 100 jaar kunnen worden ondervangen.

Beheer en onderhoud

Een groot voordeel van een klassieke gewichtsmuur is dat deze maar beperkt onderhoud nodig heeft. Wat betreft het onderhoud moet worden gedacht aan het reinigen van de wand of herstellen van (aanvaar)schades. Punt van aandacht blijft de grondwaterregulering achter de kade; deze dient frequent onderhouden te worden. De onderhoudskosten zijn daarmee relatief laag en bovendien goed voorspelbaar en beheersbaar.

5.11 Variant 08. Lage steenbestorting

Visualisatie



Beschrijving

Een lage steenbestorting, ook wel steunberm genoemd, bestaat uit een laag breuksteen of natuursteen die wordt aangebracht aan de teen of het talud van de bestaande kade. De bestorting dient als steun en extra stabiliteit voor de kadeconstructie en draagt bij aan het voorkomen van afschuivingen of erosie. De steenbestorting kan uitgevoerd worden vanaf de huidige waterbodem of worden aangebracht op een zandaanvulling. Ter bescherming van de ondergrond kan onder de bestorting een laag geotextiel of filterdoek worden aangebracht, waarmee uitspoeling en erosie van de fijne gronddeeltjes worden tegengegaan.

De oplossing is relatief eenvoudig en wordt veel toegepast als (tijdelijke) versterking van bestaande kades. Naar verwachting wordt de teen van de steenbestorting gepositioneerd ter hoogte van de bestaande houten steigers. Een nadeel is dat de beschikbare vaarwegdiepte hierdoor afneemt[4]. Om eventuele uitspoeling of erosie van het stortsteen te voorkomen kan het toepassen van colloïdaal beton of waterbouwasfalt worden overwogen.

Tijdelijke voorzieningen

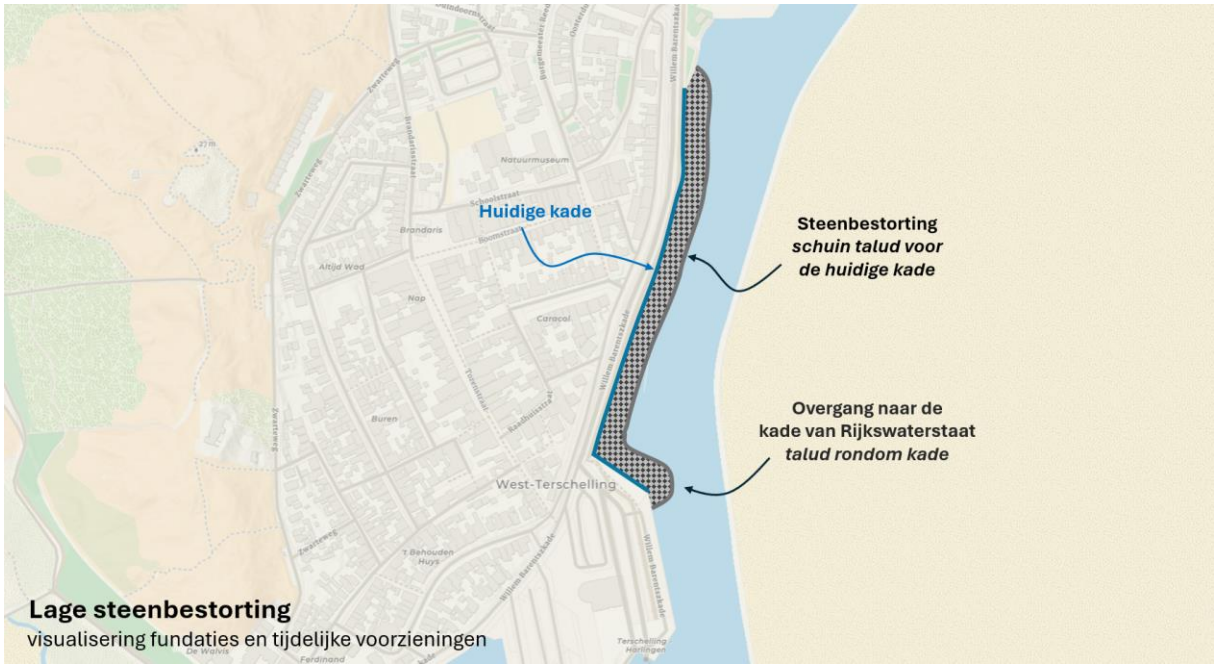
Er zijn geen tijdelijke voorzieningen nodig om de steenbestorting aan te brengen.

Maatgevende raakvlakken

[4] Deze variant voldoet niet aan de uitgangspunten [REF 5.] omdat deze leidt tot een functiewijziging. In het verleden is deze variant meerdere malen door specialisten en stakeholders aangedragen, waardoor deze variant in deze variantenstudie ook wordt beschouwd en beoordeeld.

Er is een raakvlak met de aangrenzende kade en de waterbodem van Rijkswaterstaat. Om een stabiele aansluiting te realiseren, moet ook de waterbodem voor deze kade worden aangevuld met stortsteen, uitgevoerd met een schuin aflopend talud. Het talud komt dus gedeeltelijk te liggen voor de kade van Rijkswaterstaat. Dit geeft ook een permanente beperking van de vaardiepte in de vaargeul.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

De lage steenbestorting of steunberm wordt voor de bestaande kade aangebracht. Tijdens de realisatie kan de Willem Barentszkade en Dwarskade volledig in gebruik blijven voor het wegverkeer. Er zijn alleen tijdelijke afmeerbeperkingen voor de scheepvaart in de Bruine Vloothaven. De vaargeul blijft open voor gebruik.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de benodigde hoeveelheid stort- of natuursteen. De beschikbaarheid van stort- of stortsteen is sterk afhankelijk van steenmijnproductie, marktomstandigheden of evt. vrijkomend materiaal binnen andere projecten. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 5.000 tot € 8.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

Bij het aanbrengen van de steenbestorting worden stenen gestort voor de kade. Een uitvoeringsrisico is dat er zakkingen en verplaatsingen optreden van de bestaande kade, onder meer doordat de passieve zijde zeer zwaar wordt belast. Het risico bestaat dat het grondpakket dusdanig wordt ingedrukt dat de kade kortstondig in beweging komt en verzakt. Monitoring is nodig om ongewenste verplaatsingen te voorkomen. Daarnaast moet ongelijkmatige zakking en uitspoeling van de steunberm zelf worden voorkomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie van de constructie zal op de langere termijn afnemen. De stortsteen is immers geen vervanging voor een waterkering; het water kan door de constructie heen spoelen. De huidige stalen damwand zal blijven corroderen en uiteindelijk zullen er gaten ontstaan in het staal. Hierdoor is uittreding van grondwater en gronddeeltjes mogelijk, waardoor er uitspoelingen en verzakkingen zullen ontstaan op het kadeterrein. Dit proces kan leiden tot instabiliteit van de kadeconstructie, schade aan de verhardingen en een verhoogd risico op bezwijken bij hoge waterstanden of belastingen.

Bouwveiligheid

De werkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd. Tijdens de realisatie van de steunberm dient rekening te worden gehouden met risico's ten aanzien van afschuiving of onverwachte zetting van het stortmateriaal. Ook dient de stabiliteit en het deformatiegedrag van de huidige kade te worden gemonitord.

Na het aanbrengen van de steenbestorting ontstaat een aanvullende veiligheidsverplichting. De aanwezigheid van de steunberm vergroot het risico dat personen van de kade vallen en op de stortstenen terechtkomen. Om deze risico's te beperken, is het plaatsen van een hekwerk langs de volledige kade verplicht.

Conditionering

Voor het aanbrengen van de steenbestorting zijn vergunningen nodig. De benodigde conditionering is beperkt. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen nodig ten behoeve van flora, fauna en stikstof. Er moeten aanvullende afspraken gemaakt worden met Rijkswaterstaat voor het aanbrengen van een talud nabij de belendende kade. Ook zal een nautisch onderzoek en toetsing moeten uitwijzen of het verantwoord is om een deel van de haven en vaargeul te verondiepen.

Exploitatie

De exploitatiemogelijkheden van haven worden door het aanbrengen van de steenbestorting sterk beperkt. De ligplaatsen langs de huidige kade komen allen te vervallen. Alleen ondiep stekende schepen kunnen tussen de steigers en de steunberm afmeren. Diepstekende schepen kunnen alleen afmeren aan de buitenzijde van de steigers. De exploitatie van de haven wordt door deze variant sterk verkleind. Een ander nadeel is dat de steenbestorting in de toekomst lastig te verwijderen is. Ook kunnen achteraf geen (afmeer)palen meer geplaatst worden vanwege het stortsteen op de bodem.

Levensduur

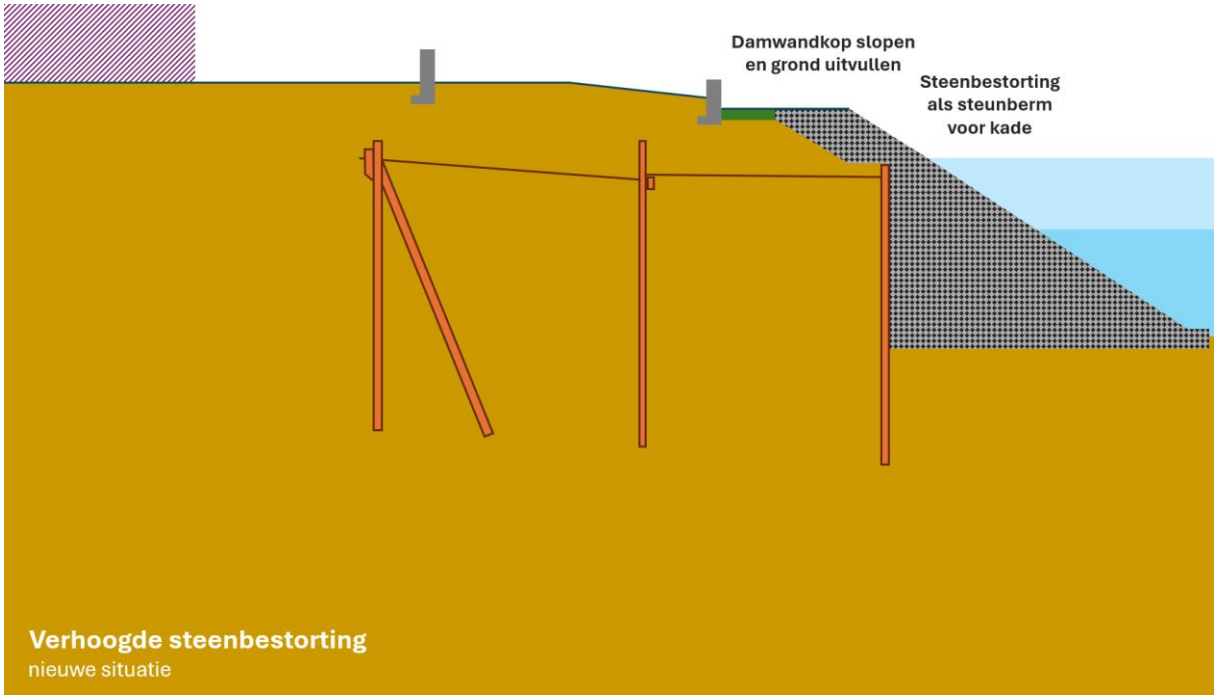
De levensduur van deze bouwmethode is 15 tot 25 jaar. Op termijn zal het corrosieproces van de stalen damwanden leiden tot uittreding van grondwater en het ontstaan van verzakkingen, waardoor de levensduur aanzienlijk wordt beperkt.

Beheer en onderhoud

Er kan geen adequaat beheer of onderhoud worden uitgevoerd aan stortsteen; eenmaal aangebracht is de laag niet gemakkelijk aanpasbaar of herstelbaar. Eventuele schade, uitspoeling of zettingen kunnen uitsluitend worden opgelost door het opnieuw aanbrengen van aanvullend stortmateriaal, wat extra kosten en overlast met zich meebrengt.

5.12 Variant 09. Verhoogde steenbestorting

Visualisatie



Beschrijving

Een alternatief op de lage steenbestorting (en het plaatsen van hekwerken langs de kade om valgevaar op de stenen te voorkomen), is het aanbrengen van een verhoogde steenbestorting. Hierbij wordt een hoger stortstenen talud opgetrokken, waarbij de kop van de bestaande kade wordt gesloopt en het stortsteen wordt afgewerkt tot aan het trottoir op de kade. De steenbestorting kan uitgevoerd worden vanaf de huidige waterbodem of worden aangebracht op een zandaanvulling. Ter bescherming van de ondergrond kan onder de bestorting een laag geotextiel of filterdoek worden aangebracht, waarmee uitspoeling en erosie van de fijne gronddeeltjes worden tegengegaan. Om eventuele uitspoeling of erosie van het stortsteen te voorkomen kan het toepassen van colloïdaal beton of waterbouwasfalt worden overwogen.

Naar verwachting wordt de teen van de steenbestorting gepositioneerd ter hoogte van de bestaande houten steigers. Een nadeel van een verhoogde steenbestorting is dat de beschikbare vaarwegdiepte afneemt[5]. Een voordeel is dat over de volledige hoogte van de kade een golfbrekende constructie wordt voorzien.

Tijdelijke voorzieningen

Er zijn geen tijdelijke voorzieningen nodig om de steenbestorting aan te brengen.

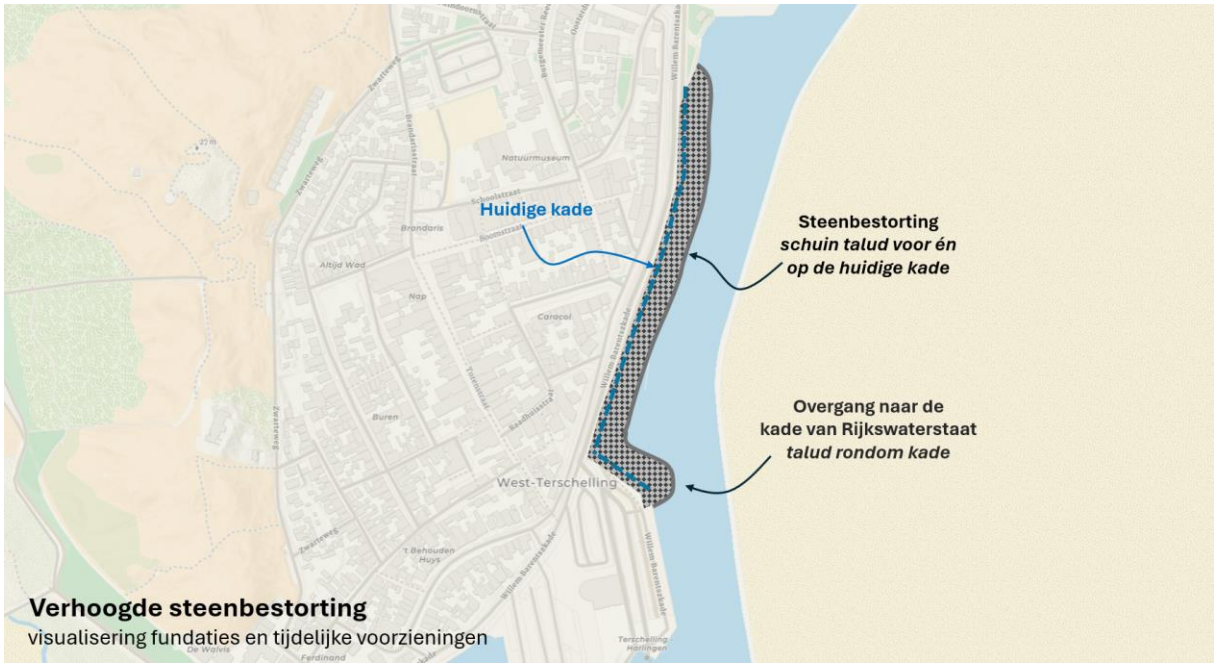
Maatgevende raakvlakken

Er is een raakvlak met de aangrenzende kade en de waterbodem van Rijkswaterstaat. Om een stabiele aansluiting te realiseren, moet ook de waterbodem voor deze kade worden aangevuld met stortsteen, uitgevoerd met een schuin

[5] Deze variant voldoet niet aan de uitgangspunten [REF 5.] omdat deze leidt tot een functiewijziging. In het verleden is deze variant meerdere malen door specialisten en stakeholders aangedragen, waardoor deze variant in deze variantenstudie ook wordt beschouwd en beoordeeld.

aflopend talud. Het talud komt dus gedeeltelijk te liggen voor de kade van Rijkswaterstaat. Dit geeft ook een permanente beperking van de vaardiepte in de vaargeul.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

De verhoogde steenbestorting of steunberm wordt voor de bestaande kade aangebracht. Tijdens de realisatie kan de Willem Barentszkade en Dwarskade volledig in gebruik blijven voor het wegverkeer. Er zijn tijdelijke afmeerbeperkingen voor de scheepvaart in de Bruine Vloothaven. De vaargeul blijft open voor gebruik.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de benodigde hoeveelheid stort- of natuursteen. De beschikbaarheid van stort- of stortsteen is sterk afhankelijk van steenmijnproductie, marktomstandigheden of evt. vrijkomend materiaal binnen andere projecten. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 6.000 tot € 9.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

Bij het aanbrengen van de steenbestorting wordt de bestaande deksloof verwijderd en stenen gestort voor en op de kade. Een uitvoeringsrisico is dat zakkingen en verplaatsingen optreden van de bestaande kade, onder meer doordat de passieve zijde zeer zwaar wordt belast en de bestaande deksloof wordt verwijderd. Het risico bestaat dat het grondpakket dusdanig wordt ingedrukt dat de kade kortstondig in beweging komt en verzakt. Monitoring is nodig om ongewenste verplaatsingen te voorkomen. Daarnaast moet ongelijkmatige zakking en uitspoeling van de steunberm zelf worden voorkomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie van de constructie zal op de langere termijn afnemen. De stortsteen is immers geen vervanging voor een waterkering; het water kan door de constructie heen spoelen. De huidige stalen damwand zal blijven corroderen en uiteindelijk zullen er gaten ontstaan in het staal. Hierdoor is uittreding van grondwater en gronddeeltjes mogelijk, waardoor er uitspoelingen en verzakkingen zullen ontstaan op het kadeterrein. Dit proces kan leiden tot instabiliteit van de kadeconstructie, schade aan de verhardingen en een verhoogd risico op bezwijken bij hoge waterstanden of belastingen.

Bouwveiligheid

De werkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd. Tijdens de realisatie van de steunberm dient rekening te worden gehouden met risico's ten aanzien van afschuiving of onverwachte zetting van het stortmateriaal. Ook dient de stabiliteit en het deformatiegedrag van de huidige kade te worden gemonitord.

Conditionering

Voor het aanbrengen van de steenbestorting zijn vergunningen nodig. De benodigde conditionering is beperkt. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen nodig ten behoeve van flora, fauna en stikstof. Er moeten aanvullende afspraken gemaakt worden met Rijkswaterstaat voor het aanbrengen van een talud nabij de belendende kade. Ook zal een nautisch onderzoek en toetsing moeten uitwijzen of het verantwoord is om een deel van de haven en vaargeul te verondiepen.

Exploitatie

De exploitatiemogelijkheden van haven worden door het aanbrengen van de steenbestorting sterk beperkt. De ligplaatsen langs de huidige kade komen allen te vervallen. Alleen ondiep stekende schepen kunnen tussen de steigers en de steunberm afmeren. Diepstekende schepen kunnen alleen afmeren aan de buitenzijde van de steigers. Daarnaast zal het trottoir voor de kade worden versmald vanwege de verhoogde rand met stortsteen. De exploitatie van de haven wordt door deze variant dan ook sterk verkleind. Een ander nadeel is dat de steenbestorting in de toekomst lastig te verwijderen is. Ook kunnen achteraf geen (afmeer)palen meer geplaatst worden vanwege het stortsteen op de bodem.

Levensduur

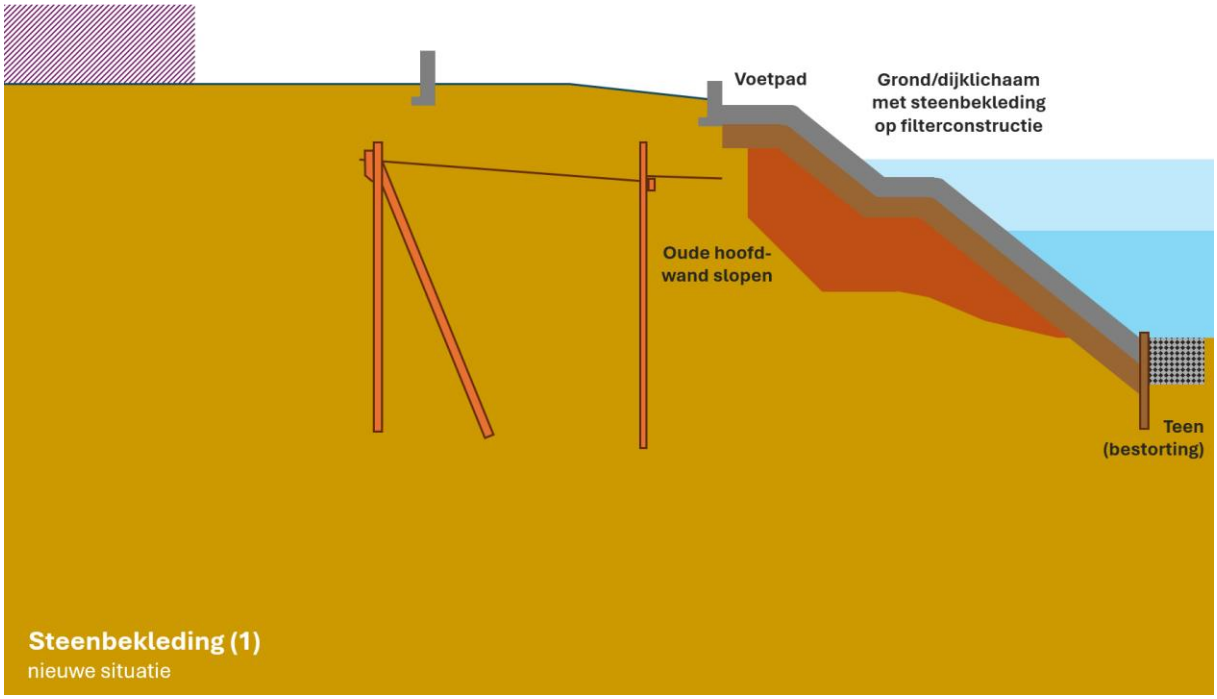
De levensduur van deze bouwmethode is 15 tot 25 jaar. Op termijn zal het corrosieproces van de stalen damwanden leiden tot uittreding van grondwater en het ontstaan van verzakkingen, waardoor de levensduur aanzienlijk wordt beperkt.

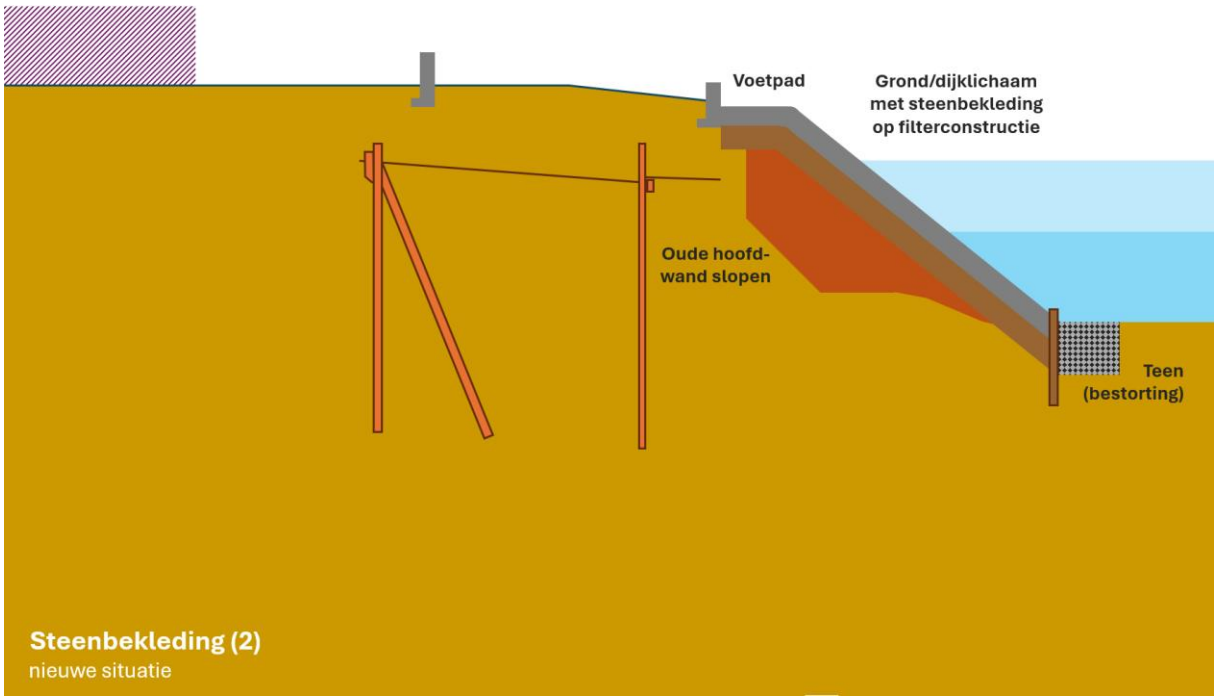
Beheer en onderhoud

Er kan geen adequaat beheer of onderhoud worden uitgevoerd aan stortsteen; eenmaal aangebracht is de laag niet gemakkelijk aanpasbaar of herstelbaar. Eventuele schade, uitspoeling of zettingen kunnen uitsluitend worden opgelost door het opnieuw aanbrengen van aanvullend stortmateriaal, wat extra kosten en overlast met zich meebrengt.

5.13 Variant 10. Steenbekleding

Visualisaties





Beschrijving

Een steenbekleding omvat een taludverdediging met zetstenen, meestal uitgevoerd in basalt of beton. De constructie is te vergelijken met een traditionele dijk. De constructie heeft een ‘aloude nautische uitstraling’. Er zijn verschillende manieren waarop het dijklichaam en talud kan worden opgebouwd, met een trede in het talud (1) of een volledig doorgetrokken talud

(2). De steenbekleding wordt aangebracht op een talud met behulp van handmatige of machinaal geplaatste zetstenen. De ruimte tussen de zetstenen wordt uitgevuld met splitgrind. De bovenzijde wordt aangesloten op het trottoir.

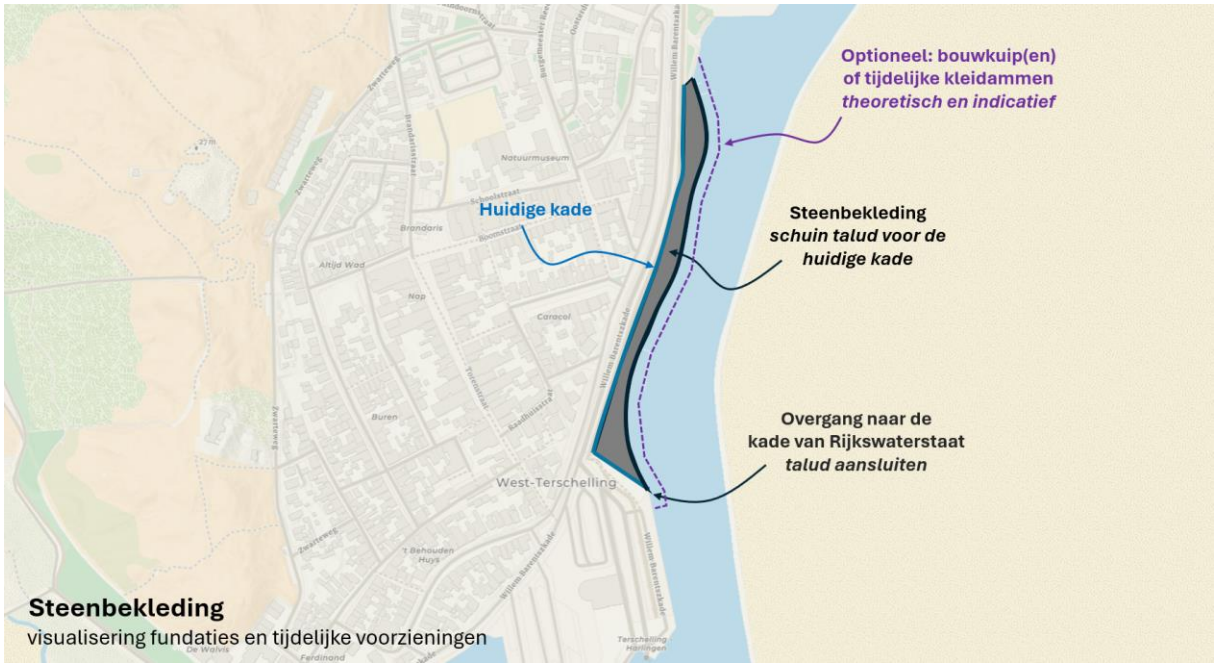
Onder de zetstenen ligt een filterlaag van fijn breuksteen en geotextiel, die de uitspoeling van de grond voorkomt en de stabiliteit van de bekleding ondersteunt. De filterlaag onder de zetstenen zorgt niet alleen voor het voorkomen van uitspoeling van de ondergrond, maar ook voor het gecontroleerd afvoeren van onderdruk en overdruk die ontstaan bij neerslaande golven en golfklappen op de zetsteenbekleding. Hierdoor blijft de stabiliteit behouden en wordt schade aan de steenbekleding voorkomen.

Onder de filterlaag is een (water)afsluitende kleilaag voorzien. Onder de kleilaag bevind zich een zandaanvulling. Dit zand kan mogelijk elders op Terschelling worden ingewonnen. Aan de voorzijde van de constructie wordt een houten teenschot aangebracht, welke wordt gestabiliseerd met breuksteen. De teen zorgt ervoor dat de steenbekleding niet kan afschuiven. Een nadeel van de steenbekleding en het dijklichaam is dat de beschikbare vaarwegdiepte afneemt[6].

Tijdelijke voorzieningen

Overwogen moet worden om tijdelijke stalen bouwkuipen of lage kleidammen aan te brengen, zodat de teenschotten en steenbekleding in 'den droge' kunnen worden aangebracht, en er geen hinder van het getij is.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



[6] Deze variant voldoet niet aan de uitgangspunten [REF 5.] omdat deze leidt tot een functiewijziging. In het verleden is deze variant meerdere malen door specialisten en stakeholders aangedragen, waardoor deze variant in deze variantenstudie ook wordt beschouwd en beoordeeld.

Maatgevende raakvlakken

Er is een raakvlak met de aangrenzende kade en de waterbodem van Rijkswaterstaat. Om een stabiele aansluiting te realiseren, moet ook de waterbodem voor deze kade worden afgewerkt met steenbekleding. Het talud komt mogelijk voor een deel te liggen voor de kade van Rijkswaterstaat.

Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

De nieuwe steenbekleding en het dijklichaam worden te hoogte van de bestaande kade aangebracht. Nadere detaillering en ontwerp dient uit te wijzen of de bestaande hoofdwand gedeeltelijk of volledig gesloopt dient te worden. Dit bepaald ook of de Willem Barentszkade en Dwarskade gedeeltelijk moeten worden afgesloten voor het wegverkeer. Er zijn tijdelijke afmeerbeperkingen voor de scheepvaart in de Bruine Vloothaven. De vaargeul blijft open voor gebruik.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de benodigde hoeveelheid zand, klei, zetsteen, ed. Mogelijk kan zand van elders op Terschelling worden gebruikt. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 8.000 tot € 12.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

Bij deze variant wordt de bestaande hoofdwant geheel of gedeeltelijk verwijderd. Dit geeft uitvoerings- en geotechnische risico's, waaronder zakkingen, verplaatsingen en deformaties van de bestaande kade. Monitoring tijdens de realisatie moet ongewenste omgevingsbeïnvloeding tijdig signaleren, zodat mitigerende maatregelen kunnen worden genomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie verplaatst van een verticale wand naar een traditioneel dijklichaam. Een groot voordeel is dat de steenbekleding het dijklichaam versterkt en fungeert als een robuuste waterkering die golven kan breken, de energie van golfklappen kan absorberen en zo erosie en schade aan het talud voorkomt. De variant voorziet niet in de kering van hogere waterstanden. Wel zijn in de toekomst hoogte-uitbreidingen mogelijk.

Bouwveiligheid

De werkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd. Tijdens de realisatie van het dijklichaam en de steenbekleding dient rekening te worden gehouden met risico's ten aanzien van afschuiving, onverwachte zetting en erosie van het materiaal. Het getij en hoogwater beperken de uitvoering, waardoor bouwkuipen en kleidammen mogelijk nodig zijn om droog te kunnen werken. Het deformatiegedrag van de Willem Barentszkade dient tijdens de realisatie te worden gemonitord, ook om ongewenste omgevingsbeïnvloeding te voorkomen.

Conditionering

Voor het aanbrengen van de steenbekleding zijn vergunningen nodig. De benodigde conditionering is beperkt. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen nodig ten behoeve van flora, fauna en stikstof. Er moeten aanvullende afspraken gemaakt worden met Rijkswaterstaat voor het aanbrengen van een talud nabij de belendende kade. Ook zal een nautisch onderzoek en toetsing moeten uitwijzen of het verantwoord is om een deel van de haven en vaargeul te verondiepen.

Exploitatie

De exploitatiemogelijkheden van haven worden door het aanbrengen van de steenbekleding sterk beperkt. De ligplaatsen langs de huidige kade komen allen te vervallen. Alleen ondiep stekende schepen kunnen tussen de steigers en de steunberm afmeren. Diepstekende schepen kunnen alleen afmeren aan de buitenzijde van de steigers. Daarnaast zal het trottoir voor de kade worden versmald vanwege de verhoogde rand met stortsteen. De exploitatie van de haven wordt door deze variant sterk verkleind.

Levensduur

De levensduur van deze methode is 50 tot 75 jaar. De levensduur van de variant wordt beperkt door de steenbekleding; deze moet om de 50 jaar worden versterkt. De kern van de dijklichaam kan langer meegaan. Het is van belang dat de bekleding voldoende zwaar en robuust wordt uitgevoerd (vergelijkbaar met primaire waterkeringen).

Beheer en onderhoud

Het dijklichaam en de steenbekleding vormen samen één integraal systeem dat door zorgvuldig beheer en onderhoud veilig en duurzaam kan functioneren. De steenbekleding vraagt aandacht voor de ligging en stabiliteit van de zetstenen, de conditie van de teen- en bovensluiting en de werking van de onderliggende filterlaag. Losgeraakte of verschoven stenen dienen tijdig te worden hersteld. Door cyclisch beheer, inspectie (schouw) en tijdig onderhoud blijft de waterkerende functie behouden en zijn de kosten voorspelbaar en beheersbaar over de langere termijn.

6 Varianten Werkhaven

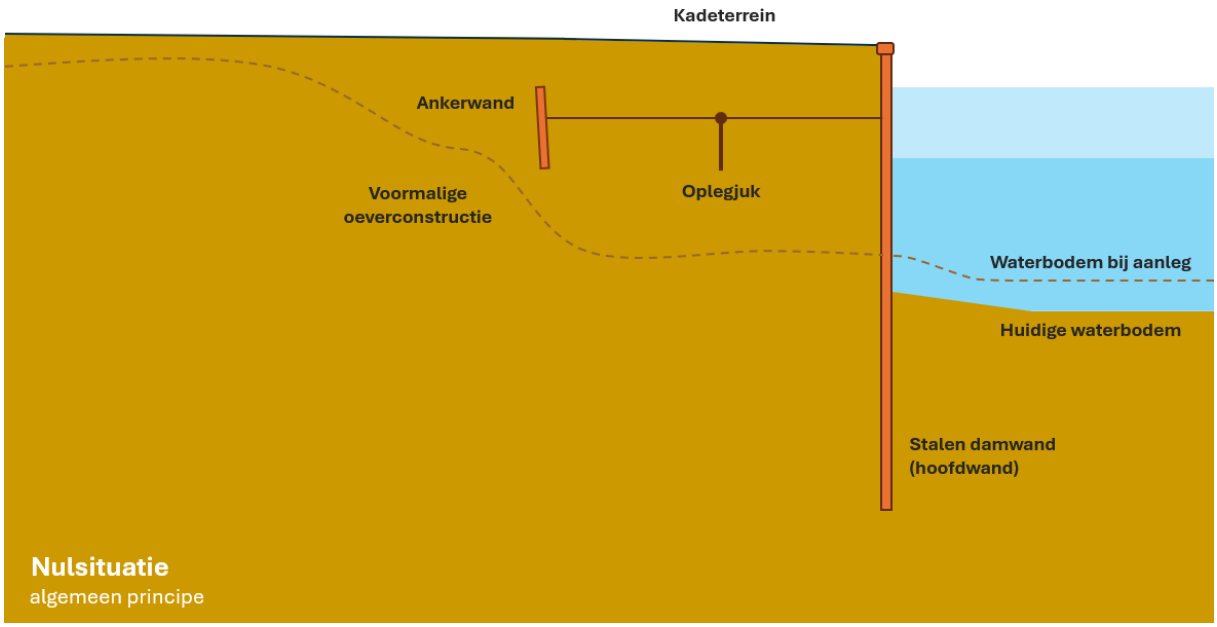
6.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de varianten voor de herinrichting van de Werkhaven gepresenteerd. Elke variant vormt een technisch en ruimtelijk alternatief, uitgewerkt op basis van de uitgangspunten, randvoorwaarden en beoordelingscriteria. De varianten lopen uiteen in mate van ingrijpendheid: van behoud en renovatie tot meer fundamentele aanpassingen van de bestaande situatie.

In dit hoofdstuk worden drie haalbare varianten gepresenteerd. Per variant is een principeschets opgenomen van de impact op het dwarsprofiel, aangevuld met een visualisatie van de funderingen in de ondergrond en de eventueel benodigde tijdelijke voorzieningen tijdens de realisatie. Vervolgens wordt per variant een beknopte toelichting gegeven op de technische opbouw, tijdelijke voorzieningen, raakvlakken en inpassing, de functionele effecten en de bijbehorende kosten. Tevens worden de belangrijkste sterke en zwakke punten per beoordelingscriterium in kaart gebracht, zodat een onderlinge vergelijking mogelijk is. Dit vormt de basis voor de keuze van de voorkeursvariant. Voor een nadere duiding van de varianten wordt ook verwezen naar de verkenning in **Bijlage A**.

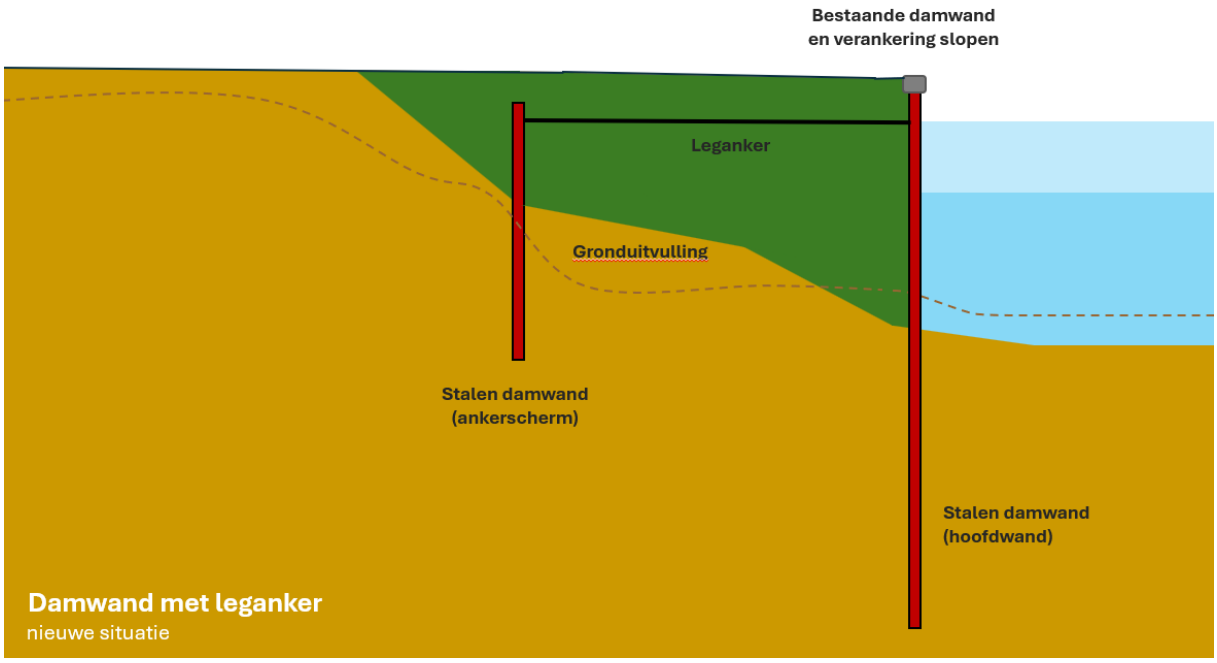
6.2 Nulsituatie

De varianten voor de kade aan de Werkhaven worden vergeleken met de huidige situatie. Om de varianten te verduidelijken worden deze in het bestaande dwarsprofiel weergegeven. De bestaande kade bestaat uit een hoofdwand, welke is verankerd met een leganker en een ankerschot in de ondergrond. De kop van de kade wordt gebruikt als roll-on-roll-off-voorziening (ro-ro), voor de overslag van rijdende materieel en voertuigen. Om ro-ro mogelijk te maken worden losse stalen staalplaten toegepast. De opbouw van de kade is weergegeven in de onderstaande visualisatie en principeschets:



6.3 Variant 11. Damwand met leganker

Visualisatie dwarsprofiel



Beschrijving

De bestaande legverankering wordt volledig vervangen door een nieuwe constructie. De huidige damwand en bijbehorende verankering worden geheel verwijderd. Het tussenliggende grondpakket moet hiervoor worden ontgraven. Vermoedelijk is een grondsanering noodzakelijk vanwege grondvervuiling. Ter vervanging wordt een nieuwe hoofdwand met ankerscherm gerealiseerd, opgebouwd uit stalen damwanden (U- of Z-profielen). De stalen damwanden worden trillingsarm aangebracht door middel van drukken, waarbij deze worden gefundeerd tot in de voldoende draagkrachtige grondlaag. De hoofdwand en het ankerscherm worden onderling verbonden door middel van stalen legankers. Na het aanbrengen van de verankering wordt het terrein aangevuld met grond. Het katerrein wordt hersteld.

Tijdelijke voorzieningen

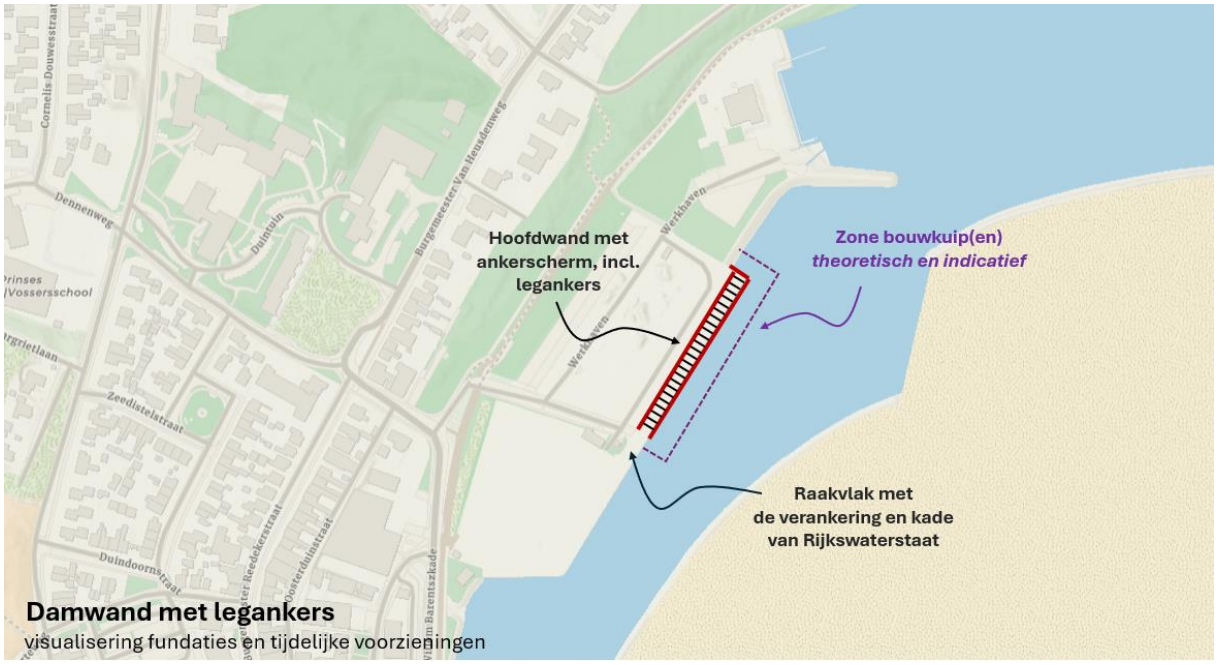
Voor een veilige en gecontroleerde uitvoering van de werkzaamheden wordt rondom de bestaande kade een tijdelijke stalen bouwkuip aangelegd. Hoewel alternatieve bouwmethoden denkbaar zijn, ligt de keuze voor een bouwkuip in dit geval voor de hand. De bouwkuip vervult een ondersteunende functie en maakt het mogelijk om de sloop- en ontgravingswerkzaamheden in droge omstandigheden uit te voeren. De tijdelijk bouwkuip wordt aangebracht ter hoogte van de huidige vaargeul, hierdoor is geen tot beperkte passage van schepen naar de Jachthaven mogelijk.

De tijdelijke bouwkuip wordt gevormd door stalen damwanden die worden geplaatst rondom het werkgebied. Hiermee ontstaat een aaneengesloten wand die het binnendringen van getijdewater beperkt. Na het aanbrengen van de bouwkuip kan het resterende water worden weggepompt, waardoor een beheersbare werkruimte ontstaat. Dankzij deze aanpak kan de kade op een gecontroleerde wijze worden gesloopt en afgegraven. Na de realisatie wordt de bouwkuip verwijderd.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een met de aangrenzende stalen kade en het peilhuis van Rijkswaterstaat. Dit vraagt om afstemming en zorgvuldige coördinatie om constructieve samenhang en beheersbaarheid van de werkzaamheden te waarborgen. Ook zijn vergunningen en aanvullende toestemmingen benodigd. De uit te voeren sloop- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kadeconstructie niet ongewenst beïnvloeden, waardoor monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

Het kadeterrein is om veiligheidsredenen afgesloten voor het wegverkeer. Dit blijft zo totdat de kade is hersteld. Met name de Jachthaven zal hinder en overlast ondervinden van de bouwwerkzaamheden, omdat schepen de bouwkuip maar beperkt kunnen passeren. Het e.a. hiervoor dient nader te worden gedetailleerd en nautisch te worden getoetst.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de actuele staalprijs (damwanden en verankeringssystemen). Het betreffen reguliere uitvoeringstechnieken en bouwmethoden. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 15.000 tot € 25.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

De uitvoeringrisico's zijn beheersbaar, maar vragen wel om verhoogde aandacht. De relevante uitvoeringsrisico's zijn primair geotechnisch van aard (onvoldoende draagkracht, deformaties, stabiliteit verankering, ed.). Tijdens het uitvoeren van funderingswerkzaamheden kunnen er trillingen, geluidsoverlast en grondverplaatsingen ontstaan die kunnen leiden

tot hinder en schade aan de omgeving. Speciale aandacht is nodig voor de aanpak, bescherming, verlegging of sloop van de aanwezige waterafvoer- en brandstofleidingen in de ondergrond.

Waterveiligheid

De waterkerende functie blijft gelijk; er wordt een vergelijkbare constructie aangebracht.

Bouwveiligheid

Het gaat om een beproefde bouwmethode waarbij de risico's over het algemeen goed voorspelbaar zijn. De meeste hinder en overlast treden op tijdens het slopen van de bestaande kade en bij het aanbrengen van de ankerwanden. Het grootste geotechnische risico ontstaat bij het uittrekken van de damwanden, doordat hierbij grond in beweging komt en grondvolume kan worden meegetrokken, met mogelijke vervormingen tot gevolg. Specifieke aandacht tijdens de realisatie is vereist voor de beheersing van deze ongewenste omgevingsbeïnvloeding en effecten.

Conditionering

Er is nadere conditionering en onderzoek nodig voor onder meer het ontgraven van de grond, activiteiten met kabels en (brandstof)leidingen, saneringsactiviteiten, het aanbrengen van tijdelijke bouwkuipen en bemalingen. Het betreft een regulier vergunningstraject. Het aanpakken of slopen van brandstofinstallaties vereist aanvullende vergunningen. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen ter bescherming van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) noodzakelijk. Er hoeven geen gronden te worden verworven. Wel is aandacht nodig voor belendende kadeconstructies van derden.

Exploitatie

Het betreft geen verandering van de bestaand situatie; de huidige constructie-opbouw en functionaliteiten blijven behouden. De exploitatiemogelijkheden blijven hierdoor gehandhaafd.

Levensduur

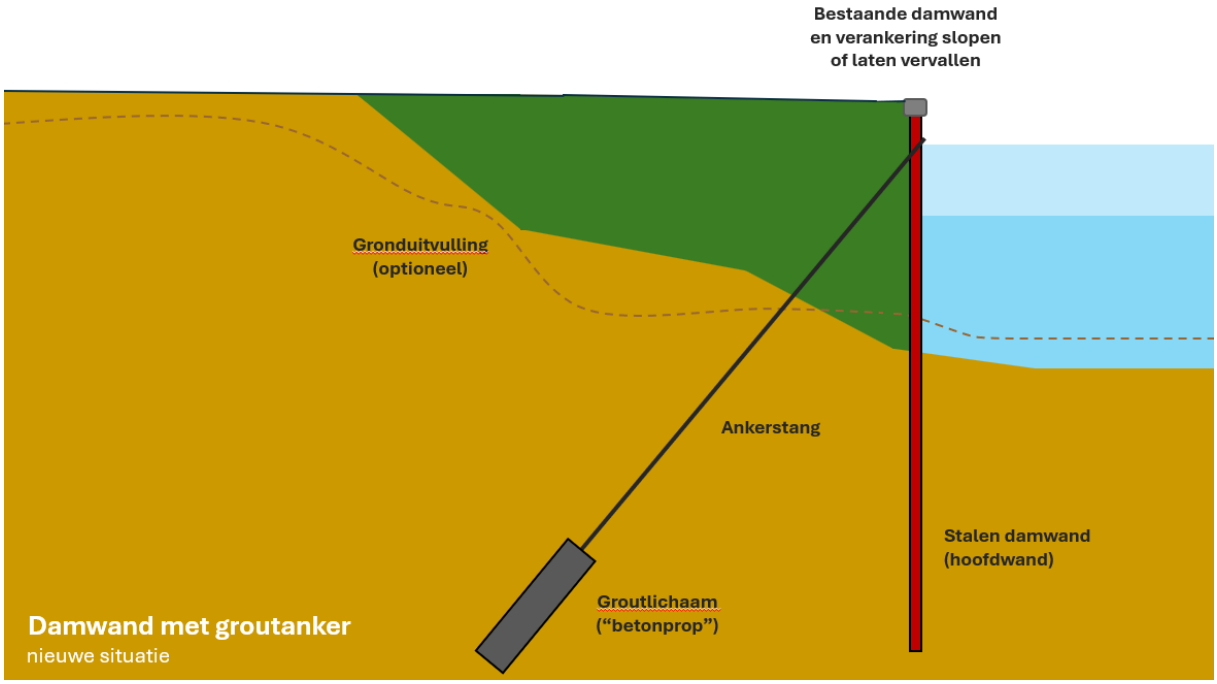
De levensduur van deze bouwmethode is 50 tot 75 jaar. Dit is deels afhankelijk van de te kiezen bouwmaterialen (staaldiktes en corrosiebescherming) en voldoende damwandplanklengtes (stabiliteit, draagkracht).

Beheer en onderhoud

De constructie vraagt op periodiek beheer en onderhoud, met aandacht voor de toestand van de hoofdwand (corrosie). Regelmatige inspecties en tijdig onderhoud zorgen dat de constructieve veiligheid en levensduur gewaarborgd blijven. De locatie is in de toekomst goed toegankelijk en bereikbaar (regulier onderhoudsprofiel).

6.4 Variant 12. Damwand met groutanker

Visualisatie



Beschrijving

Voor de huidige kade wordt een nieuwe stalen damwand (U- of Z-profielen) geplaatst. De haven wordt hierdoor max. 1-2 meter smaller. De kop van de kade wordt gesloopt en het achterliggende grondpakket wordt volledig gesaneerd. De stalen damwanden worden trillingsarm aangebracht door middel van drukken en worden gefundeerd tot in de voldoende draagkrachtige grondlaag. De hoofdwand wordt vervolgens verankerd met schuin aangebrachte groutankers, die in de bodem worden geboord en na injectie hun trekkracht overdragen op de draagkrachtige grondlagen. Na het aanbrengen van de verankering wordt de ruimte tussen de oude en nieuwe kade aangevuld met grond en verdicht. Het kadeterrein wordt vervolgens volledig hersteld.

Tijdelijke voorzieningen

Doordat de nieuwe damwand vóór de bestaande kade wordt geplaatst, vervalt de noodzaak voor een tijdelijke bouwkuip.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een raakvlak met de aangrenzende kade van Rijkswaterstaat. Dit vraagt om afstemming en zorgvuldige coördinatie om samenhang en beheersbaarheid van de werkzaamheden te waarborgen. Ook zijn vergunningen en toestemmingen benodigd.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

Het kadeterrein is om veiligheidsredenen afgesloten voor het wegverkeer. Dit blijft zo totdat de kade is hersteld. De meeste funderingswerkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd, met behulp van (kraan)schepen en ander drijvend materieel. Passerende (plezier)vaartuigen van en naar de Jachthaven zullen naar verwachting beperkt hinder en overlast ondervinden van de werkzaamheden. De vaargeul blijft grotendeels vrij voor gebruik.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de actuele staalprijs (damwanden en verankeringssystemen). Het betreffen reguliere uitvoeringstechnieken en bouwmethoden. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 15.000 tot € 25.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

De uitvoeringrisico's zijn beheersbaar. Het grootste risico is de aanwezigheid van onbekende objecten en funderingen in de ondergrond waardoor verankeringen niet kunnen worden aangebracht. Andere relevante uitvoeringsrisico's zijn onder meer voldoende verankering in de ondergrond, deformaties of grondverplaatsingen en uitvoeringsfouten bij het plaatsen van groutankers. Ook moet worden voorkomen dat er schade ontstaat aan aanwezige ondergrondse leidingen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie blijft gelijk; er wordt een vergelijkbare constructie aangebracht.

Bouwveiligheid

Het gaat om een beproefde bouwmethode waarbij de risico's over het algemeen goed voorspelbaar zijn. De meeste hinder en overlast zullen optreden tijdens het aanbrengen van de hoofdwand en de groutverankering.

Conditionering

Er is nadere conditionering en onderzoek nodig voor onder meer het ontgraven van de grond, activiteiten met kabels en (brandstof)leidingen, saneringsactiviteiten, het aanbrengen van tijdelijke bouwkuipen en bemalingen. Het betreft een regulier vergunningstraject. Het aanpakken of slopen van brandstofinstallaties vereist aanvullende vergunningen. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen ter bescherming van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) noodzakelijk. Ook is aandacht nodig voor belendende kadeconstructie van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

Het betreft geen verandering van de bestaand situatie; de huidige constructie-opbouw en functionaliteiten blijven behouden. De exploitatiemogelijkheden blijven hierdoor gehandhaafd. Wel wordt de haven max. 1-2 meter versmald; hierdoor wordt de vrije beschikbare ruimte voor het afmeren van schepen wat beperkt.

Levensduur

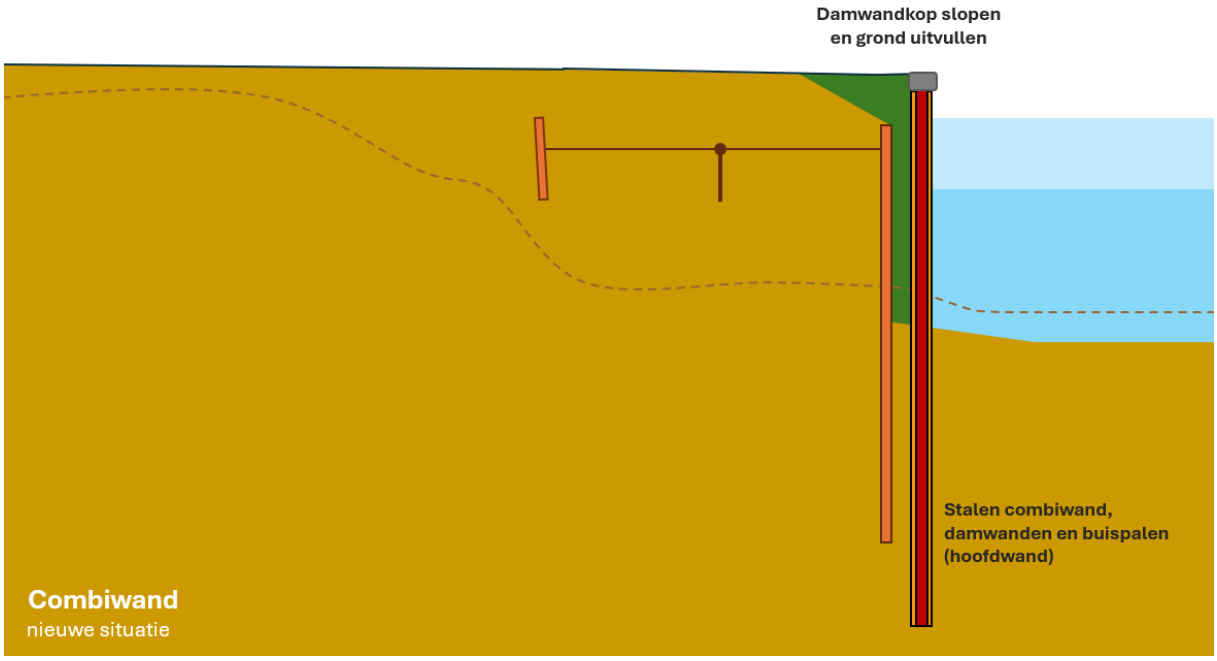
De levensduur van deze bouwmethode is 50 tot 75 jaar. Dit is deels afhankelijk van de te kiezen bouwmaterialen (staaldiktes en corrosiebescherming) en voldoende damwandplanklengtes (stabiliteit).

Beheer en onderhoud

De constructie vraagt op periodiek beheer en onderhoud, met aandacht voor de toestand van de hoofdwand (corrosie). Regelmatige inspecties en tijdig onderhoud zorgen dat de constructieve veiligheid en levensduur gewaarborgd blijven. De locatie is in de toekomst goed toegankelijk en bereikbaar (regulier onderhoudsprofiel).

6.5 Variant 13. Combiwand

Visualisatie



Beschrijving

Voor de huidige kade wordt een stalen combiwand geplaatst. Deze constructie bestaat uit zware, stalen buispalen die in de draagkrachtige grond worden aangebracht, met daartussen stalen damwandplanken (U- of Z-profielen). De haven wordt hierdoor ongeveer 1-3 meter smaller. De buispalen nemen de hoofdbelasting op, terwijl de tussenprofielen zorgen voor de afsluiting en de waterkerende functie. Hierdoor is er geen verankering in de ondergrond van de kade nodig. De kop van de kade wordt gesloopt. De combiwand wordt trillingsarm aangebracht, zoveel mogelijk door middel van drukken of boren, om hinder en schade aan de omgeving te beperken. Nadat de combiwand is geplaatst, wordt de ruimte tussen de bestaande kade en de nieuwe constructie aangevuld en verdicht. Vervolgens worden de bovenzijde en het kadeterrein afgewerkt, inclusief herstel van de bestaande verhardingen en voorzieningen.

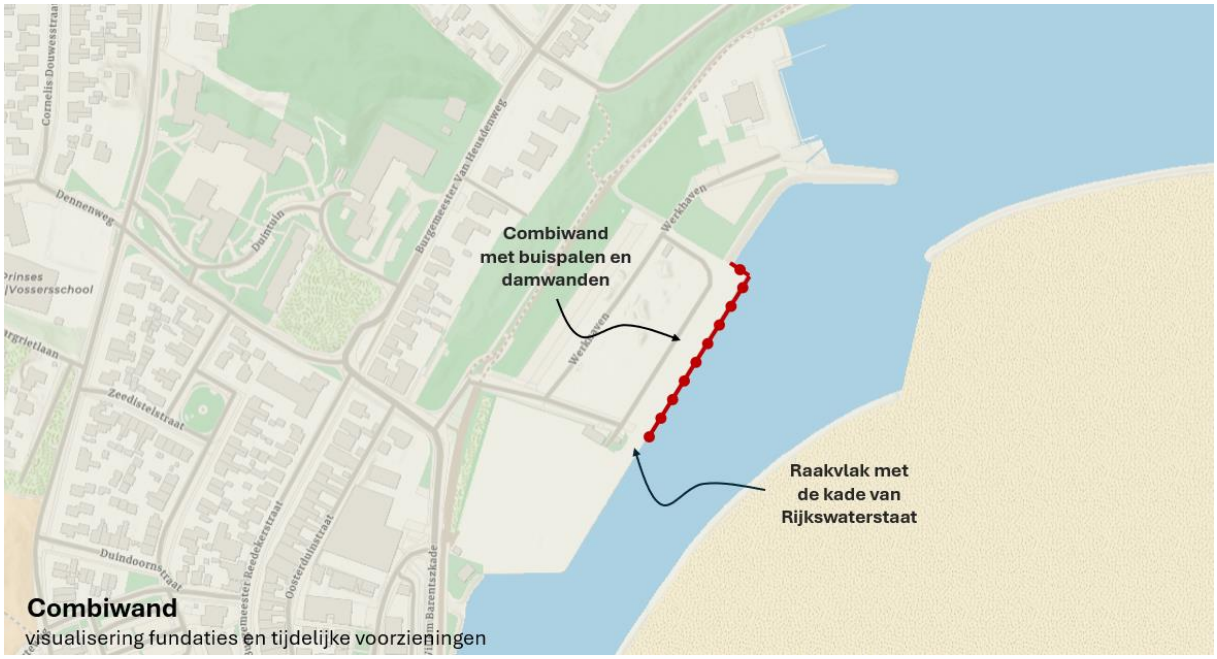
Tijdelijke voorzieningen

Doordat de nieuwe combiwand vóór de bestaande kade wordt geplaatst, vervalt de noodzaak voor een tijdelijke bouwkuip.

Maatgevende raakvlakken

Er bestaat een raakvlak met aangrenzende kade van Rijkswaterstaat. De kadeconstructies moeten op elkaar worden aangesloten. Hiervoor zijn nadere afstemming, goedkeuring en vergunningen benodigd. De uit te voeren sloop- en funderingswerkzaamheden mogen de aangrenzende kade niet ongewenst beïnvloeden, waardoor continue monitoring en mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn om schade, zettingen of verlies van stabiliteit te voorkomen.

Visualisatie fundaties en voorzieningen



Beoordelingscriteria

Bereikbaarheid

Het kadeterrein is om veiligheidsredenen afgesloten voor het wegverkeer. Dit blijft zo totdat de kade is hersteld. De meeste funderingswerkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd, met behulp van (kraan)schepen en ander drijvend materieel. Passerende (plezier)vaartuigen van en naar de Jachthaven zullen naar verwachting beperkt hinder en overlast ondervinden van de werkzaamheden. De vaargeul blijft grotendeels vrij voor gebruik.

Bouwkosten

De bouwkosten worden in grote mate bepaald door de staalprijs (damwanden en buispalen). Het betreffen reguliere uitvoeringstechnieken en bouwmethoden. Een indicatief kengetal voor de materiaalkosten van deze variant is € 25.000 tot € 30.000 per meter (bandbreedte, excl. alle voorbereidings-, bouw- en uitvoeringskosten).

Uitvoeringsrisico's

De uitvoeringsrisico's bij een stalen combiwand omvatten onder meer trillingen, onvoorziene obstakels in de ondergrond, verkeerde paalposities (uitvoeringsfouten) en onvoldoende aansluiting van damwanden. Er is aandacht nodig voor het trillingvrij aanbrengen van de buispalen en damwanden. Ongewenste trillingen, grondverplaatsingen en schade aan belendingen moet worden voorkomen.

Waterveiligheid

De waterkerende functie wordt verzwaard; er wordt een zwaardere constructie aangebracht in vergelijking tot de huidige situatie. De waterkerende hoogte blijft wel gelijk. Bij hoge waterstanden inundeert het kadeterrein.

Bouwveiligheid

Tijdens het aanbrengen van de combiwand worden zware stalen buispalen gehesen, nauwkeurig gepositioneerd en in de ondergrond getrild, vaak in combinatie met het vrijboren van de grond in de buis (avegaar). Het gaat om een beproefde bouwmethode waarbij de risico's over het algemeen goed voorspelbaar zijn. Eventueel kan extra verankering worden toegepast, bijv. groutankers. Hierdoor kunnen kortere buispalen en damwanden worden toegepast, waardoor staal en kosten kunnen worden bespaard. Dit heeft echter niet de voorkeur.

Conditionering

De benodigde conditionering en onderzoeken zijn beperkt, omdat er maar binnen een smalle strook werkzaamheden worden uitgevoerd. Het betreft een regulier vergunningstraject. Het aanpakken of slopen van brandstofinstallaties vereist aanvullende vergunningen. Mogelijk zijn mitigerende maatregelen ter bescherming van flora en fauna (stikstof / Natura 2000) noodzakelijk. Er hoeven geen gronden te worden verworven. Wel moeten afspraken gemaakt voor de aansluiting op de belendende kadeconstructie van Rijkswaterstaat.

Exploitatie

De combiwand zorgt voor een verzwaring van de bestaande situatie. Dit biedt kansen voor exploitatie, bijvoorbeeld door het mogelijk maken van zwaardere belasting op de kade, het faciliteren van intensiever gebruik voor zwaardere overslag, kranen, bovenbelastingen en de aanleg van zwaardere schepen. Wel wordt de haven ongeveer 1–3 meter versmald; hierdoor neemt de vrije ruimte voor het afmeren van schepen enigszins af. Daarnaast steken de stalen buispalen uit ten opzichte van de damwanden, waardoor aanvullende afmeervoorzieningen en wrijfhout noodzakelijk zijn om een veilige en doelmatige afhandeling van de scheepvaart te waarborgen.

Levensduur

De levensduur van deze bouwmethode is 75 tot 100 jaar; dit is deels afhankelijk van de te kiezen bouwmaterialen (staal- en wanddiktes, corrosiebescherming en evt. verankering). De constructie is minder gevoelig voor lokale beschadiging en vervorming. In het algemeen kan worden gesteld dat de levensduur van een combiwand hoger is dan een reguliere verankerde damwand, ook door de massieve opbouw en de dikwandige buispalen.

Beheer en onderhoud

De constructie vraagt op periodiek beheer en onderhoud, met aandacht voor de toestand van de hoofdwand (corrosie). Bij goed uitgevoerd onderhoud kent de constructie een laag faalrisico, terwijl de onderhoudskosten gespreid en beheersbaar blijven over een langere periode.

7 Voorkeursvarianten

7.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt de voorkeursvariant toegelicht. Deze keuze is gebaseerd op de vergelijking van de onderzochte varianten, waarbij technische haalbaarheid, inpassing, kosten, risico's en andere aspecten tegen elkaar zijn afgewogen. De voorkeursvariant vormt het uitgangspunt voor verdere uitwerking en besluitvorming.

7.2 Voorkeursvariant WB-kade en Dwarskade

De varianten zijn afgewogen aan de hand van de vooraf vastgestelde criteria. Voor een gedetailleerde afweging per variant wordt verwezen naar **Bijlage B**. De scores per variant zijn hieronder weergegeven.

Variant	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Beoordelingscriterium	Damwand met leganker	Damwand met groutanker	Combiwand	Kistdam	CSM- of diepwandsysteem	Betonnen keerwand	Klassieke gewichtsmuur	Lage steenbestorting	Verhoogde steenbestorting	Steenbekleding
Bereikbaarheid	5	20	25	10	20	10	10	20	15	15
Bouwkosten	15	15	5	10	15	5	5	20	20	20
Uitvoeringsrisico's	8	12	12	8	8	8	8	4	8	12
Waterveiligheid	9	9	12	9	12	9	9	6	3	9
Bouwveiligheid	6	9	9	6	12	9	9	6	3	9
Conditionering	6	12	12	6	9	6	6	12	12	12
Exploitatie	6	6	10	6	10	6	6	2	4	4
Levensduur	6	6	8	4	10	10	10	2	4	6
Beheer / onderhoud	8	8	8	6	8	10	10	4	2	8
Totaalscore	**69**	**97**	**101**	**65**	**104**	**73**	**73**	**76**	**71**	**95**

Uit de analyse blijkt dat *Variant 05. CSM- en diepwandsysteem* en *Variant 03. Combiwand* hoog scoren op de gehanteerde criteria. De scoreprestaties van deze varianten zijn echter in grote lijnen vergelijkbaar met die van *Variant 02. Damwand met groutankers* en *Variant 10. Steenbekleding*, waardoor meerdere varianten als kansrijk kunnen worden beschouwd.

Het is logisch dat de varianten vergelijkbare scoreprestaties laten zien, aangezien in deze variantenstudie verschillende bouwmethodieken van hetzelfde systeem worden afgewogen en niet fundamenteel afwijkende oplossingen waarbij het systeem en de functies per variant wezenlijk verschillen. Wat betreft technische prestaties zijn de meeste varianten in grote lijnen vergelijkbaar, mits zij zorgvuldig worden uitgewerkt, voorbereid en uitgevoerd. Bij het vaststellen van de definitieve voorkeursvariant zullen met name de kansen voor exploitatie, de wensen van stakeholders en omwonenden (de 'eilandercontext') en de bouwkosten een doorslaggevende rol spelen in de besluitvorming.

Een kort overzicht van de kansrijke varianten, met een kostenindicatie en een korte afweging:

Kansrijke varianten (op volgorde van hoogst behaalde score)	**Indicatie kengetal van materiaalkosten per m.** (excl. andere bouwkosten)	**Afweging voor- en nadelen** (kort en bondige samenvatting)
Variant 05. CSM- en diepwandsysteem	**€ 15.000 - € 20.000**	*# Voordelen:* trillingsarm, weinig hinder voor omgeving, kan hoge belastingen aan, duurzaam *# Nadelen:* zandaanvulling nodig voor uitvoering, specialistische techniek, risico's waterdichtheid
Variant 03. Combiwand	**€ 25.000 - € 30.000**	*# Voordelen:* hoge belastbaarheid, lange levensduur, geschikt voor zware schepen / voertuigen / kranen *# Nadelen:* relatief veel staal nodig, hoge kosten, veel funderingsactiviteiten tijdens realisatie
Variant 02. Damwand met groutankers	**€ 15.000 - € 25.000**	*# Voordelen:* beproefde techniek, weinig ruimte nodig, flexibel aanpasbaar *# Nadelen:* risico's ondergrond, risico's omgeving, onderhoud damwand en corrosie
Variant 10. Steenbekleding	**€ 8.000 - € 12.000**	*# Voordelen:* eenvoud, robuust voor golfslag, oude havenbeeld van Terschelling, nautische uitstraling *# Nadelen:* verminder vaarwegbreedte, functie wijziging van de haven, mogelijk bouwkuip nodig

In de totale afweging scoort de **Variant 05. CSM- en diepwandsysteem** het hoogst. Bij deze variant wordt in de ondergrond een aaneengesloten betonwand gerealiseerd door de grond te mixen met beton of door een gewapende betonwand aan te brengen. Deze variant scoort hoog vanwege de beperkte hinder voor de omgeving (trillingsarm en geen afsluiting van de Willem Barentszkade nodig). Wel is een tijdelijke afsluiting van de haven noodzakelijk.

Wanneer kosten als belangrijkste criterium worden gehanteerd, komt **Variant 10. Steenbekleding** naar voren als meest voordelige voorkeursvariant. Een steenbekleding bestaat uit een dijk- of taludverdediging met zetstenen op een filter- en kleilaag, aangevuld met een teenconstructie, en biedt een robuuste en traditionele bescherming tegen water en golven. Deze oplossingsvariant leidt echter tot een beperking van de vaarwegbreedte en daarmee blijft een deel van de haven onbenut voor exploitatie. Voor de toepassing van deze variant is een functiewijziging van de haven noodzakelijk.

7.3 Voorkeursvariant Werkhaven

De varianten zijn afgewogen aan de hand van de vooraf vastgestelde criteria. Voor een gedetailleerde afweging per variant wordt verwezen naar **Bijlage D**. De scores per variant zijn hieronder weergegeven.

Variant	11	12	13
Beoordelingscriterium	Damwand met leganker	Damwand met groutanker	Combiwand
Bereikbaarheid	10	15	25
Bouwkosten	15	15	5
Uitvoeringsrisico's	8	16	16
Waterveiligheid	9	9	12
Bouwveiligheid	9	9	12
Conditionering	6	6	9
Exploitatie	6	6	10
Levensduur	6	6	8
Beheer / onderhoud	8	8	8
Totaalscore	**77**	**90**	**105**

Uit de analyse blijkt dat *Variant 13. Combiwand* het hoogste scoort op de gehanteerde criteria. De doorslaggevende factoren zijn de bereikbaarheid tijdens de bouw, lagere uitvoeringsrisico's en de kansen voor de exploitatie. Een alternatief op de combiwand is *Variant 12. Damwand met groutanker*. De variant *11. Damwand met leganker* scoort het laagst, met name doordat tijdens de realisatie en bouwkuip nodig is, die moet worden aangebracht ter hoogte van de vaargeul.

Wat betreft technische prestaties zijn de meeste varianten in grote lijnen vergelijkbaar, mits zij zorgvuldig worden uitgewerkt, voorbereid en uitgevoerd. Bij het vaststellen van de definitieve voorkeursvariant zullen ook met name de kansen voor exploitatie, de wensen van stakeholders en omwonenden (de 'eilandercontext') en de bouwkosten een doorslaggevende rol spelen in de besluitvorming.

Een kort overzicht van de kansrijke varianten, met een kostenindicatie en een korte afweging:

Kansrijke varianten (op volgorde van hoogst behaalde score)	**Indicatie kengetal van materiaalkosten per m.** (excl. andere bouwkosten)	**Afweging voor- en nadelen** (kort en bondige samenvatting)
Variant 13. Combiwand	**€ 25.000 - € 30.000**	*# Voordelen:* hoge belastbaarheid, lange levensduur, geschikt voor zware schepen / voertuigen / kranen *# Nadelen:* relatief veel staal nodig, hoge kosten, veel funderingsactiviteiten tijdens realisatie
Variant 12. Damwand met groutankers	**€ 15.000 - € 25.000**	*# Voordelen:* beproefde techniek, weinig ruimte nodig, flexibel aanpasbaar *# Nadelen:* risico's ondergrond, risico's omgeving, onderhoud damwand en corrosie

In de totale afweging scoort de **Variant 13. Combiwand** het hoogst. Bij deze variant worden zware, stalen buispalen aangebracht met daartussen stalen damwandplanken. De variant scoort hoog op de beperkte hinder tijdens de uitvoering.

Wanneer kosten als belangrijkste criterium worden gehanteerd, komt **Variant 12. Damwand met groutankers** naar voren als meest voordelige voorkeursvariant. Bij deze variant wordt een damwand geplaatst voor de huidige kade, waarna deze wordt verankerd met groutankers (stalen stangen met betonproppen) in de ondergrond.

Bijlage A. Beschrijving beoordelingscriteria

Criterium 1 - Eilandercontext

De eilandercontext richt zich op het gevoel, de beleving, de geschiedenis en de ervaringen van de bewoners van (West-) Terschelling. Het betreft een subjectief criterium. De eilandercontext wordt opgehaald door middel van participatie met de omgeving, (bewoners rondom projectgebied, inwoners, bedrijfsleven en overige stakeholders op het eiland). Bij de beoordeling van varianten wordt nadrukkelijk gekeken naar de mate waarin een variant aansluit bij de identiteit van het eiland en esthetisch gewenst is. Historische waarden, tradities en de verbondenheid van Terschellingers met hun omgeving vormen belangrijke aspecten. Zo is geborgd dat de uitkomst niet alleen technisch en functioneel verantwoord is, maar vooral aansluit bij de ziel van Terschelling. Alleen in deze context wordt het een project door en voor de Terschellingers.

Doel: de variant doet recht aan het gevoel, de beleving, waarde en ervaringen van de Terschellinger.

Criterium 2 - Bereikbaarheid

Tijdens de uitvoering van de renovatie- en herstelwerkzaamheden aan de kades en haven van West-Terschelling moet de bereikbaarheid van het eiland te allen tijde geborgd blijven. Dit betreft het vervoer van personen en goederen, het weg- en scheepvaartverkeer, openbaar vervoer, het transport van brandstof, (slib)afval en materialen, en het functioneren van de essentiële basisinfrastructuur, zoals gas-, water-, elektriciteits- en datavoorzieningen. De bereikbaarheid is op verschillende niveaus te definiëren: bereikbaarheid van de woningen en bedrijven die grenzen aan het projectgebied, de bereikbaarheid van West-Terschelling zelf en de bereikbaarheid van heel Terschelling. Essentieel is de ontsluiting van de personen, goederen en stromen vanuit het concessiegebied en de industriële goederenstroom vanuit de Werkhaven c.q. het Betonningsterrein. De varianten worden beoordeeld op de mate waarin zij de bereikbaarheid en infrastructuur continu ondersteunen, met minimale hinder en overlast voor bewoners, bedrijven, bezoekers en vervoer- en hulpdiensten. Een variant die de continuïteit effectief zekerstelt en verstoringen beperkt, scoort positief binnen dit criterium.

Doel: de variant waarborgt dat de bereikbaarheid voor personen, verkeer en goederen, evenals de essentiële basisinfrastructuur, continu beschikbaar blijft met minimale hinder en overlast.

Criterium 3 - Bouwkosten

De varianten worden beoordeeld op de hoogte van de totale bouwkosten die nodig zijn voor de realisatie van de renovatie en het herstel van de kades en haven van West-Terschelling. Hierbij wordt gekeken naar de directe investeringskosten, inclusief ontwerp, voorbereiding, materiaalgebruik, uitvoering, nazorg en het onderhoud tijdens de realisatieperiode. De (SSK-)kostenramingen zijn gebaseerd op marktconforme uitgangspunten en waar mogelijk onderbouwd met referenties of kostendeskundige inschattingen; daarbij wordt de bandbreedte van onzekerheden en risico's aangegeven. De life cycle cost kosten (onderhouds- en beheerkosten op lange termijn) worden in deze beoordeling niet meegenomen; de focus van het criterium bouwkosten ligt op de investeringskosten voor de realisatie. Een variant met lagere bouwkosten, zonder afbreuk te doen aan de kwaliteit en de eisen, scoort positief. Varianten met hoge of moeilijk voorspelbare kostenniveaus, of met aanzienlijke risico's op kostenstijgingen, worden negatief gewaardeerd. Hoewel een maximaal projectbudget is vastgesteld,

worden ook varianten waarvan de kosten dit budget overschrijden meegenomen in de beoordeling om een volledig beeld van alle mogelijke oplossingen te hebben.

Doel: de variant is financieel haalbaar gegeven de beschikbare middelen, op basis van een transparante (onderbouwde) inschatting van de benodigde investeringskosten en kostenonzekerheden.

Criterium 4 - Uitvoeringsrisico's

Bij de beoordeling van uitvoeringsrisico's ligt de nadruk op de technische en logistieke haalbaarheid van de uitvoering, waarbij hinder en overlast voor de uitvoering buiten beschouwing wordt gelaten (betreft criterium bouwveiligheid). Bij de beoordeling wordt uitsluitend gekeken naar buitengewone uitvoeringsrisico's of risico's die specifiek voortvloeien uit de bijzondere projectlocatie. Reguliere uitvoeringsrisico's die bij elk project voorkomen, blijven buiten beschouwing. Varianten worden beoordeeld op de mate van geotechnische risico's bij kade- en funderingswerken. Ook de omvang van eventuele ontgravingen wordt hierin meegenomen, evenals de logistieke uitdagingen die samenhangen met werken in de eilandomgeving, zoals transportbeperkingen, opslag, aanvoer van materieel en de afhankelijkheid van het getij en het weer. Ook de wijze van uitvoering (werken vanaf de wal of vanaf het water) is een belangrijk beoordelingsaspect.

Doel: de variant is technisch en logistiek uitvoerbaar, waarbij uitvoeringsrisico's die voortkomen uit de project- en locatiespecifieke omstandigheden nadrukkelijk zijn beschouwd.

Criterium 5 - Waterveiligheid

Waterveiligheid is een essentieel beoordelingscriterium binnen het project, gericht op het beschermen van vitale inrichtingselementen, installaties en infrastructuur tegen schade en uitval bij hoogwater of overstromingen. In de nieuwe situatie blijven de bestaande lokale waterkeringsfuncties gehandhaafd. De hoogwaterstand moet effectief worden gekeerd ter plaatse van of direct achter de bestaande kades. De exacte ligging van de waterkering, zoals een kerende wand, constructie of oeverlijn, wordt nader vastgesteld tijdens de uitwerking van het ontwerp. Bij de beoordeling van een variant wordt gekeken naar de bescherming van voorzieningen zoals elektriciteitsinfrastructuur, laadinfrastructuur, afvaltransport, waterafvoersystemen, pompen en communicatievoorzieningen. Een variant die de continuïteit van deze vitale functies effectief waarborgt onder extreme hoogwateromstandigheden, scoort positief binnen dit criterium.

Doel: de variant waarborgt primair de hoogwaterbescherming van de omgeving, met inachtneming van de bescherming van vitale voorzieningen en infrastructuur.

Criterium 6 - Bouwveiligheid

Bij de beoordeling van bouwveiligheid staat het behouden en waar mogelijk optimaliseren van de huidige functionaliteiten centraal. Dit betekent dat het gebruik, de beschikbaarheid en de belasting van de bestaande kades en haven gedurende de bouwperiode in stand blijft of verbeterd wordt. Daarnaast wordt de mate waarin een variant bijdraagt aan het vergroten van de veiligheid en leefbaarheid voor de omgeving tijdens de uitvoering beoordeeld. Specifiek gaat het over bouwhinder, overlast en verstoringen (geluid, licht, stof, stank of trillingen) voor de directe omgeving en het eiland zelf. De varianten worden beoordeeld ten opzichte van de normale gebruikssituatie, dus zonder bouwproject.

Doel: de variant behoudt of optimaliseert de huidige functionaliteiten en wordt gerealiseerd met minimale hinder, overlast en verstoring voor de omgeving.

Criterium 7 - Conditionering

Bij het criterium conditionering wordt gekeken naar de mate waarin een variant afhankelijk is van aanvullende onderzoeken, vergunningen, grondverwerving, verleggingen van kabels en leidingen, of andere voorbereidingen voordat de uitvoering start. Varianten worden beoordeeld op hun voorspelbaarheid, de doorlooptijd en de complexiteit van deze voorbereidende activiteiten. De varianten worden beoordeeld ten opzichte van de huidige situatie, waarbij is gekeken naar de mate waarin aanvullende conditionering noodzakelijk is om de uitvoering mogelijk te maken.

Doel: de variant minimaliseert de behoefte aan aanvullende conditionering ten opzichte van de huidige situatie en bevordert een voorspelbare en haalbare voorbereiding op de uitvoering.

Criterium 8 - Exploitatie

Binnen het criterium exploitatie wordt beoordeeld in hoeverre een variant bijdraagt aan het vergroten van de economische, maatschappelijke of duurzaamheidskansen voor de haven van Terschelling. Hierbij gaat het onder andere om het creëren of verbeteren van ligplaatsen voor historische schepen (bijv. Bruine Vloot, MS Holland, Friendship), het faciliteren van industriële en commerciële activiteiten (op- en overslag goederen), het versterken van recreatieve functies, en het bevorderen van de ontwikkeling van flora en fauna en duurzaamheid binnen de projectgrenzen en scope. De varianten worden vergeleken met de huidige situatie. Een variant die nieuwe exploitatiemogelijkheden opent of bestaande functies versterkt, en daarmee de toekomstbestendigheid van de haven vergroot, scoort positief binnen dit criterium. Een variant die deze kans niet benut of beperkt, worden lager gewaardeerd. De exploitatiemogelijkheden worden niet beoordeeld op basis van een maatschappelijke kosten-batenanalyse; alleen zaken die direct binnen het project realiseerbaar zijn worden meegenomen. Kansen die aanvullend onderzoek vereisen blijven buiten beschouwing.

Doel: de variant vergroot de exploitatiemogelijkheden van de locatie ten opzichte van de huidige situatie.

Criterium 9 - Levensduur

Bij het criterium levensduur wordt beoordeeld in hoeverre een variant voorziet in een robuuste, langdurig functionerende oplossing. De levensduur betreft de periode waarin de constructie zonder structurele vervanging of grootschalige versterking in staat is zijn functie te vervullen. De technische levensduur wordt bepaald uitgaande van regulier gebruik, waarbij in de beoordeling expliciet rekening wordt gehouden met materiaalkeuze, verwachte degradatieprocessen, toegepaste ontwerpuitgangspunten en de milieubelasting waaraan het bouwwerk naar verwachting wordt blootgesteld. Varianten die een langere en stabiele functionele periode bieden met een beperkt onderhoudsregime worden hoger gewaardeerd dan varianten met een kortere gebruiksduur of hogere onderhoudsfrequentie. Systemen met een modulaire of vervangbare opbouw kunnen ook positief scoren als ze eenvoudig aanpasbaar zijn zonder dat de gehele constructie vervangen hoeft te worden. De beoordeling richt zich op de verwachte levensduur in jaren, mede gebaseerd op bekende kengetallen en praktijkervaringen. Opgemerkt wordt dat de bouwregelgeving voorschrijft dat nieuwe constructies voor een minimale ontwerplevensduur van 50 dan wel 100 jaar moeten worden ontworpen. Dit betekent dat bij het opstellen van het ontwerp expliciet moet worden aangetoond dat aan deze ontwerplevensduur per definitie kan worden voldaan.

Doel: de variant is toekomstbestendig, binnen de context van het gebruik, beheer en onderhoud, en waarborgt een maximale levensduur.

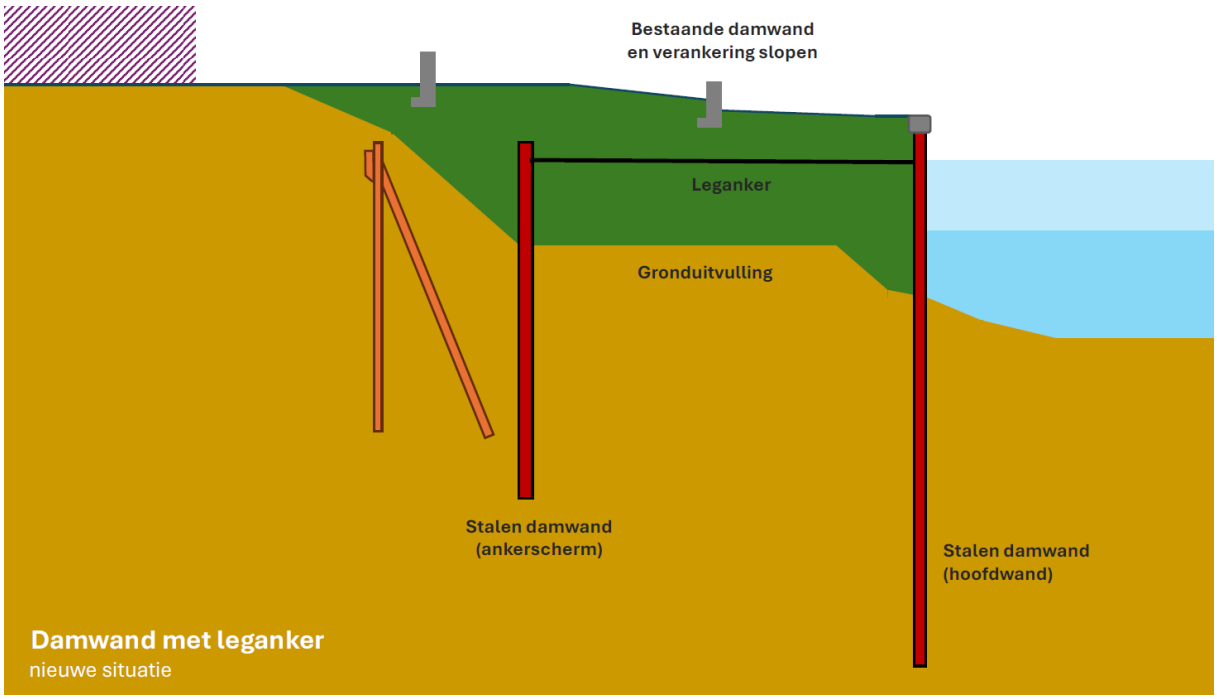
Criterium 10 - Beheer en onderhoud

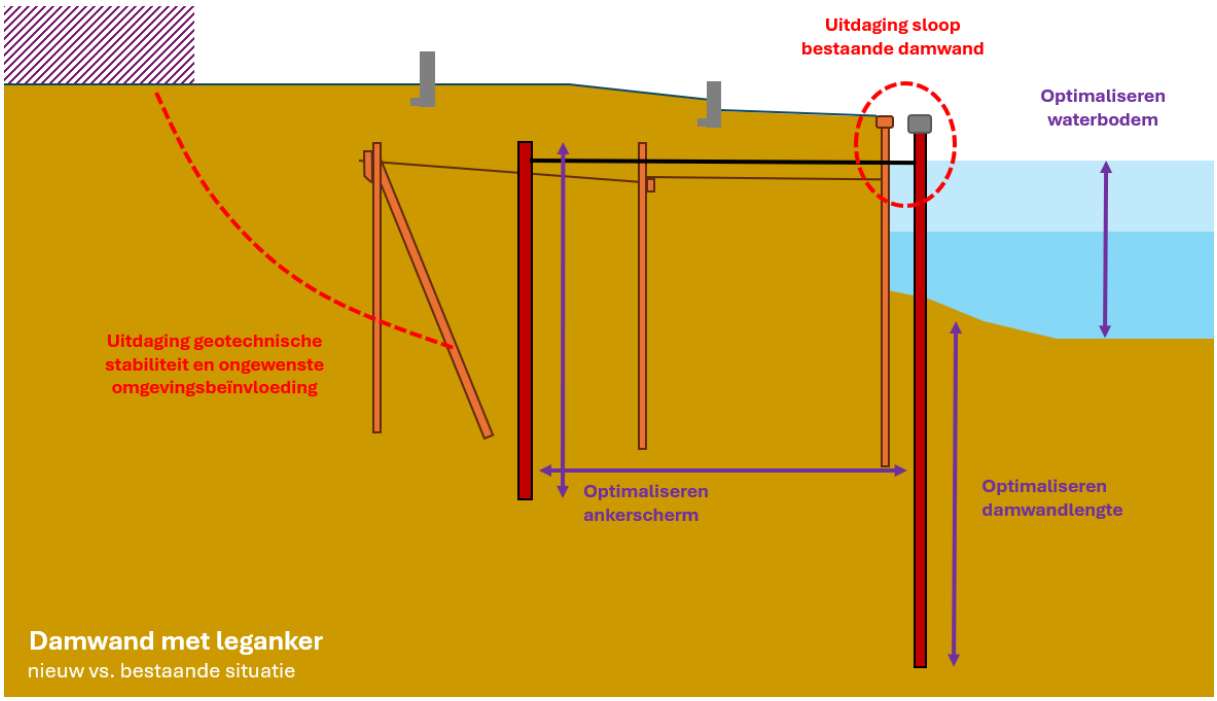
Bij de beoordeling van het beheer en onderhoud staat het efficiënt, beheersbaar en duurzaam beheren en onderhouden van de variant over de gehele levensduur centraal. Het gaat hierbij om de verwachte onderhoudsfrequentie, de benodigde inspanning en middelen, de bereikbaarheid van constructieonderdelen voor inspectie en herstel, en de voorspelbaarheid van toekomstige beheeropgaven. Varianten met eenvoudige inspectiemogelijkheden, lage onderhoudsbehoefte en minimale inzet van specialistisch materieel of menskracht scoren gunstiger binnen dit criterium. Varianten die gepaard gaan met frequente of ingrijpende onderhoudsbehoeften, dan wel toekomstige complexe of kostbare beheeringrepen, worden lager gewaardeerd. Voor het onderhoudsprofiel wordt, waar mogelijk, gebruikgemaakt van ervaringsgegevens en kengetallen uit vergelijkbare projecten.

Doel: de variant maakt duurzaam en efficiënt beheer mogelijk met een lage en voorspelbare onderhoudsbehoefte.

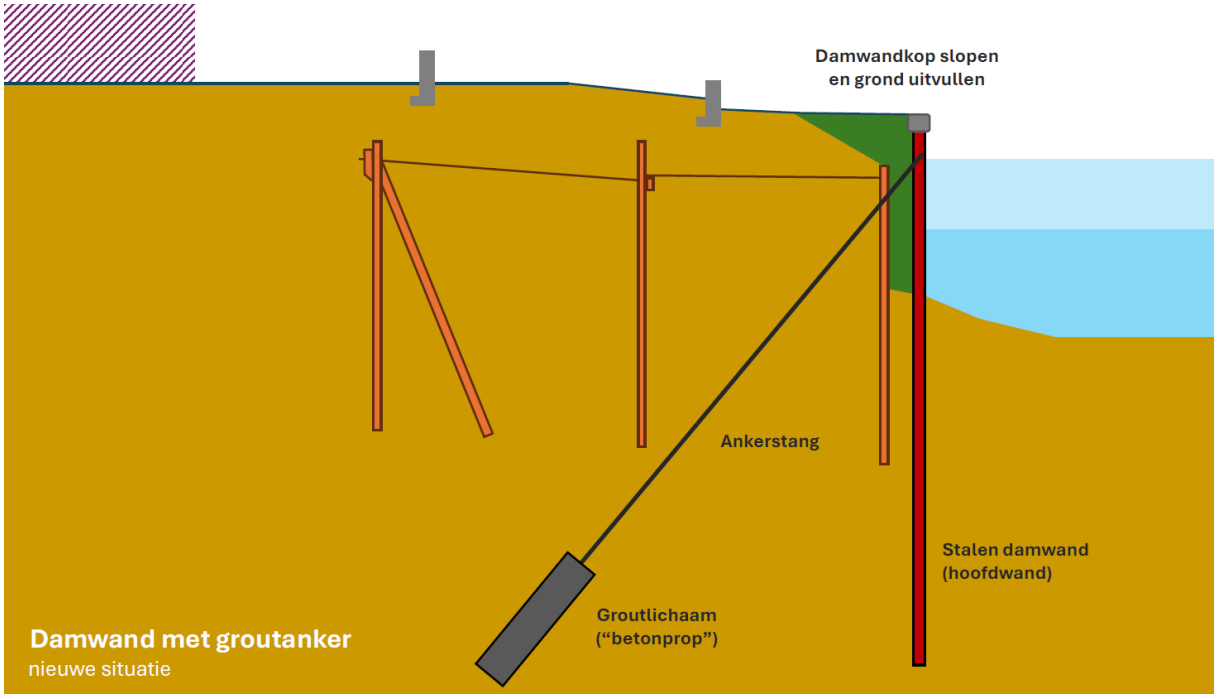
Bijlage B. Verkenning varianten

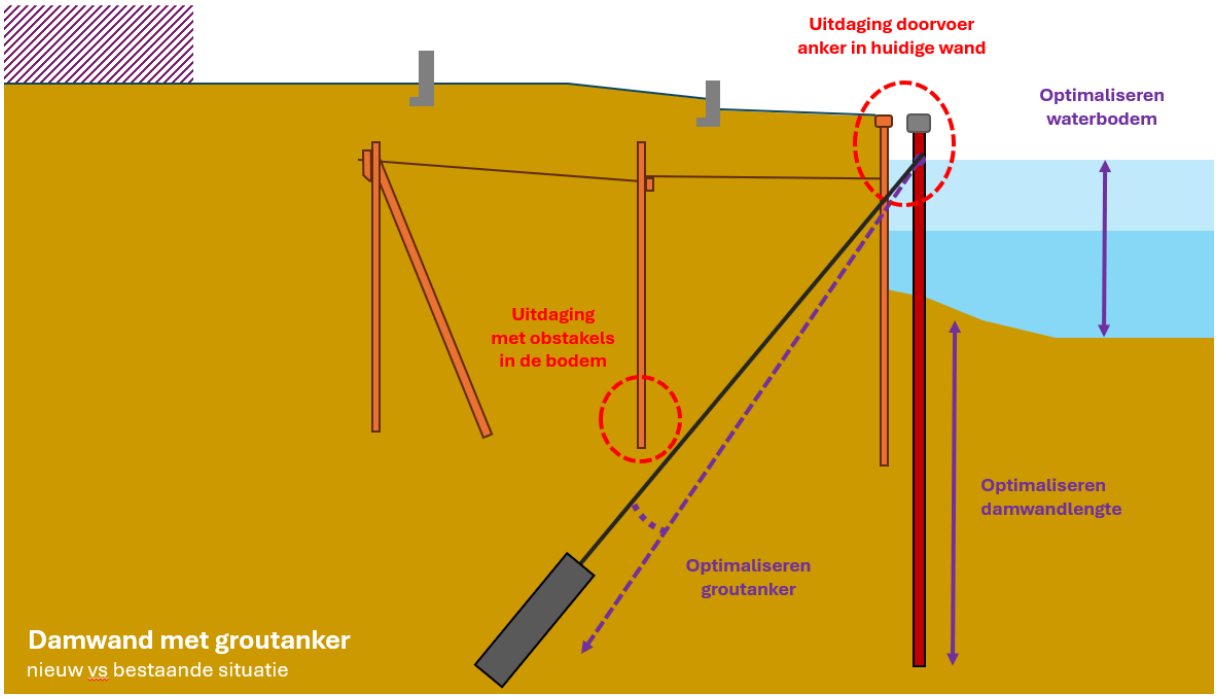
Variant 01. Damwand met leganker



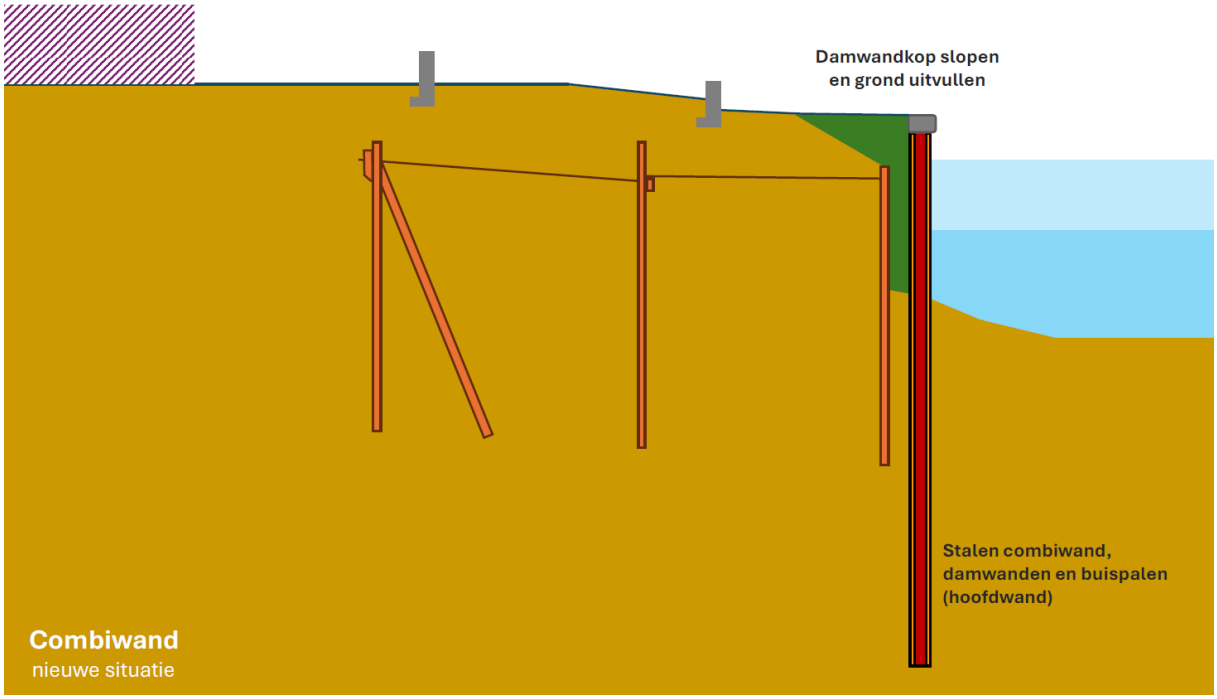


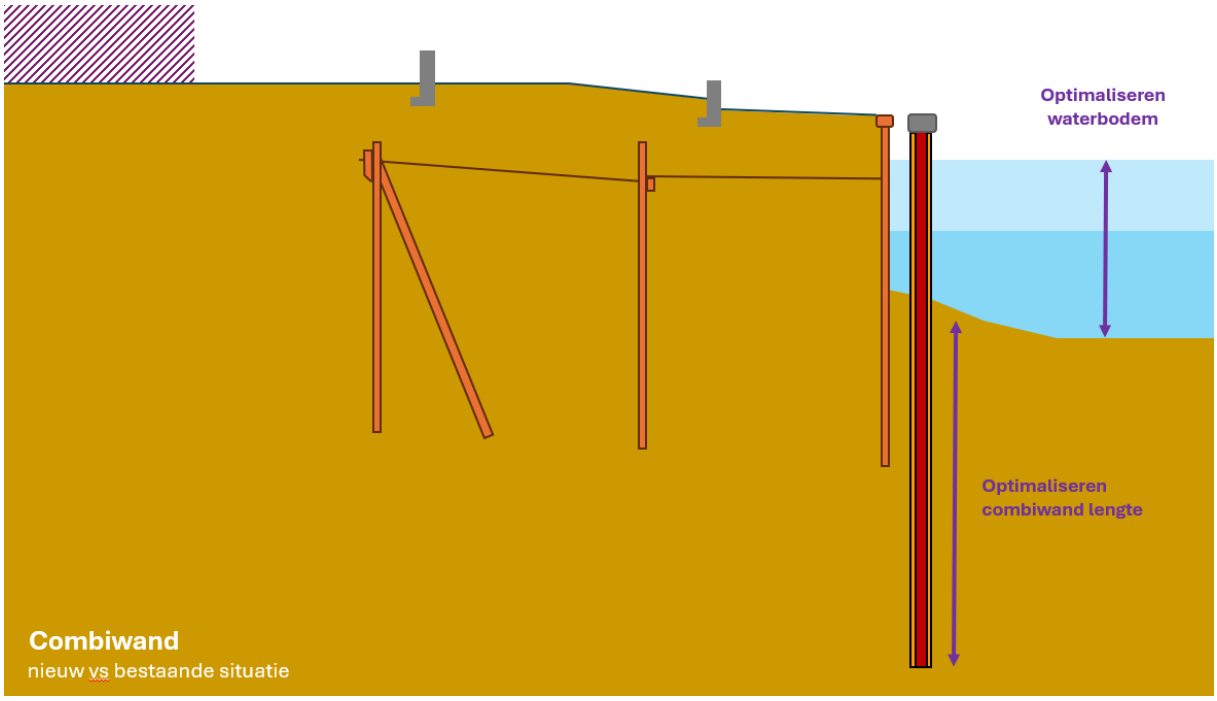
Variant 02. Damwand met groutanker



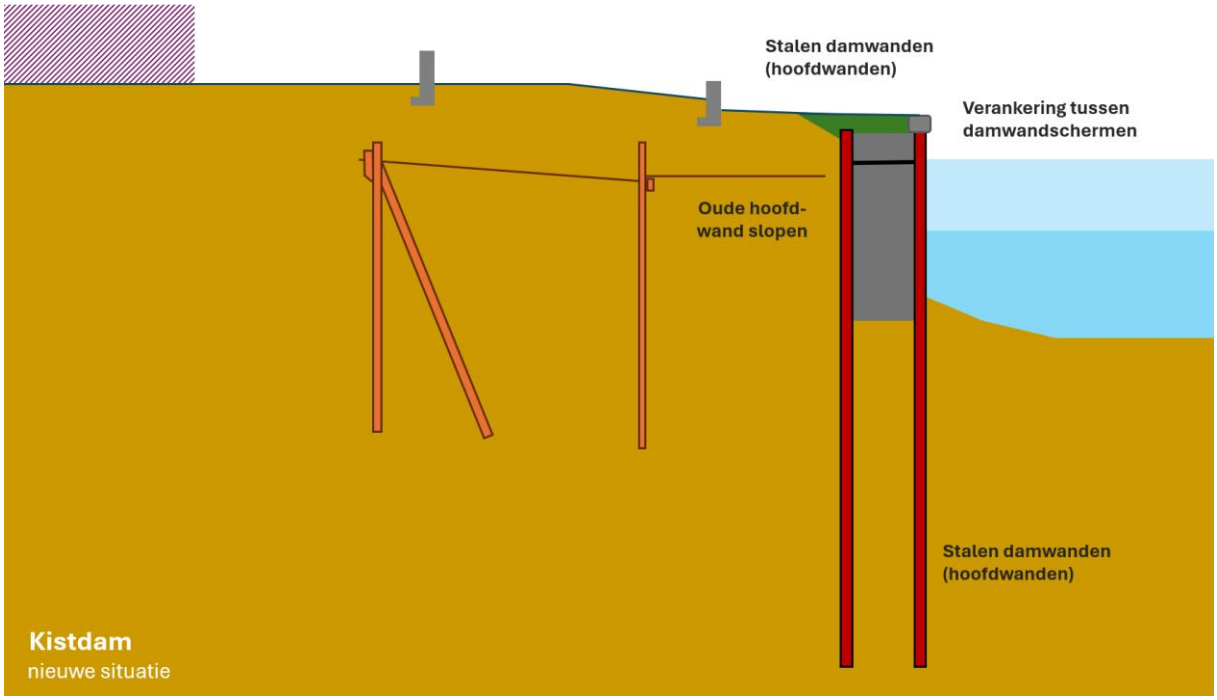


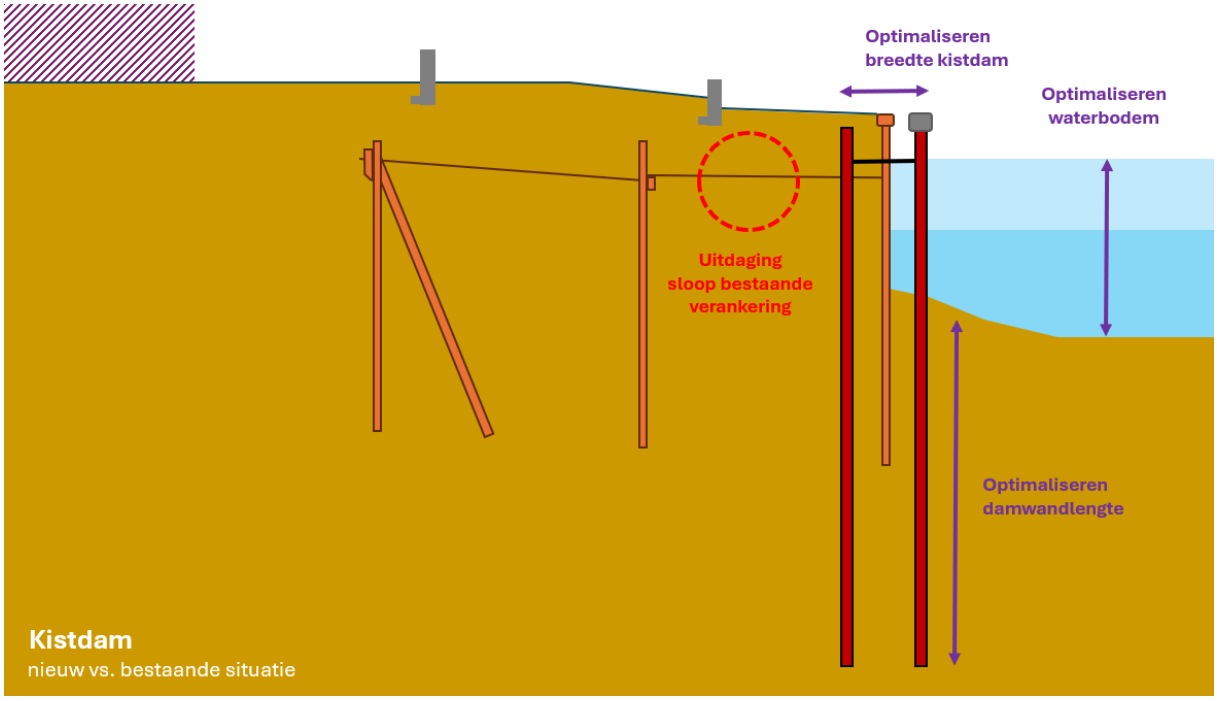
Variant 03. Combiwand



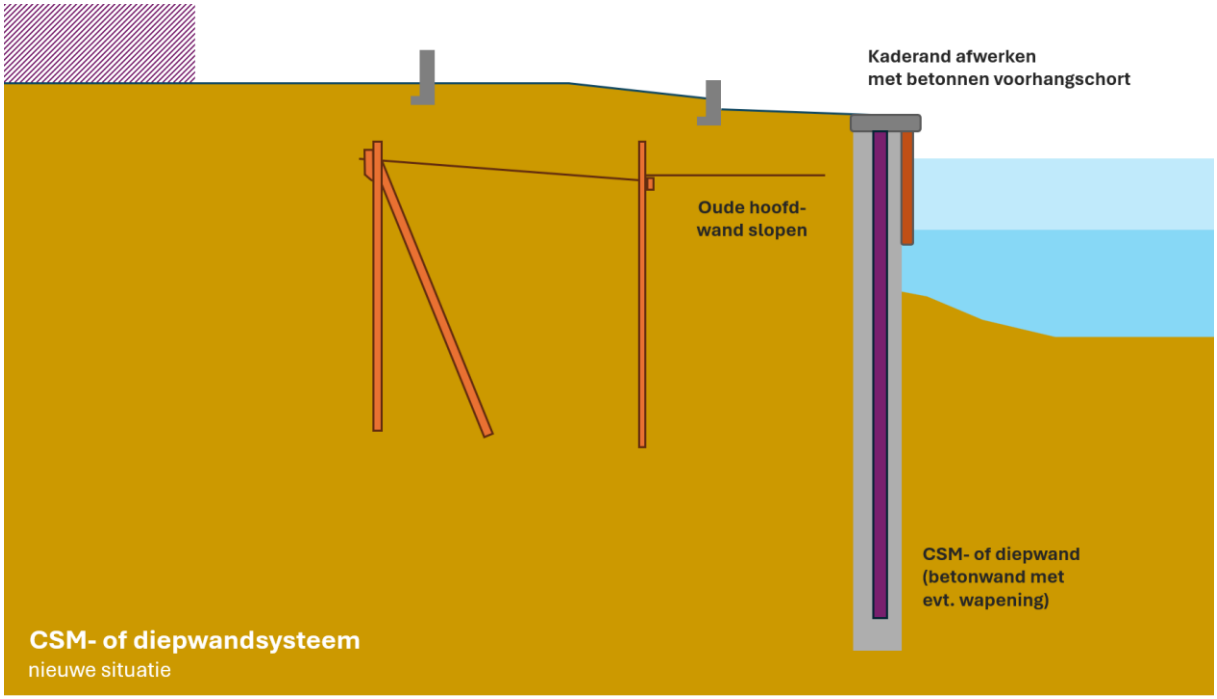


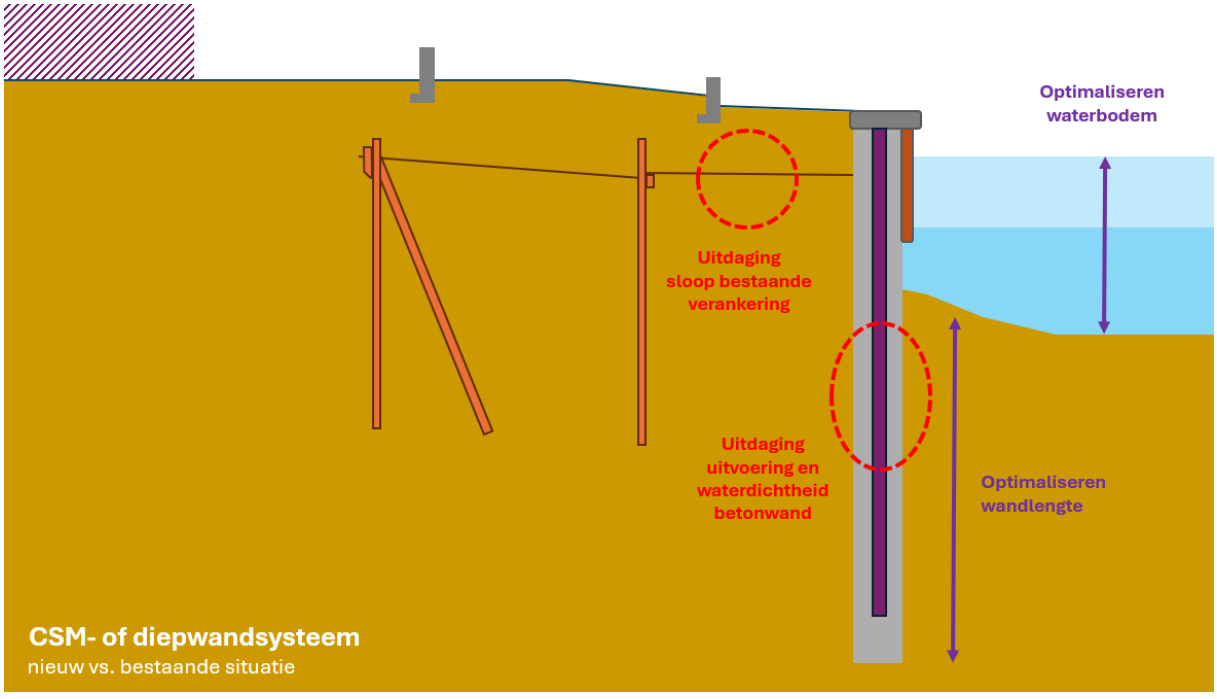
Variant 04. Kistdam



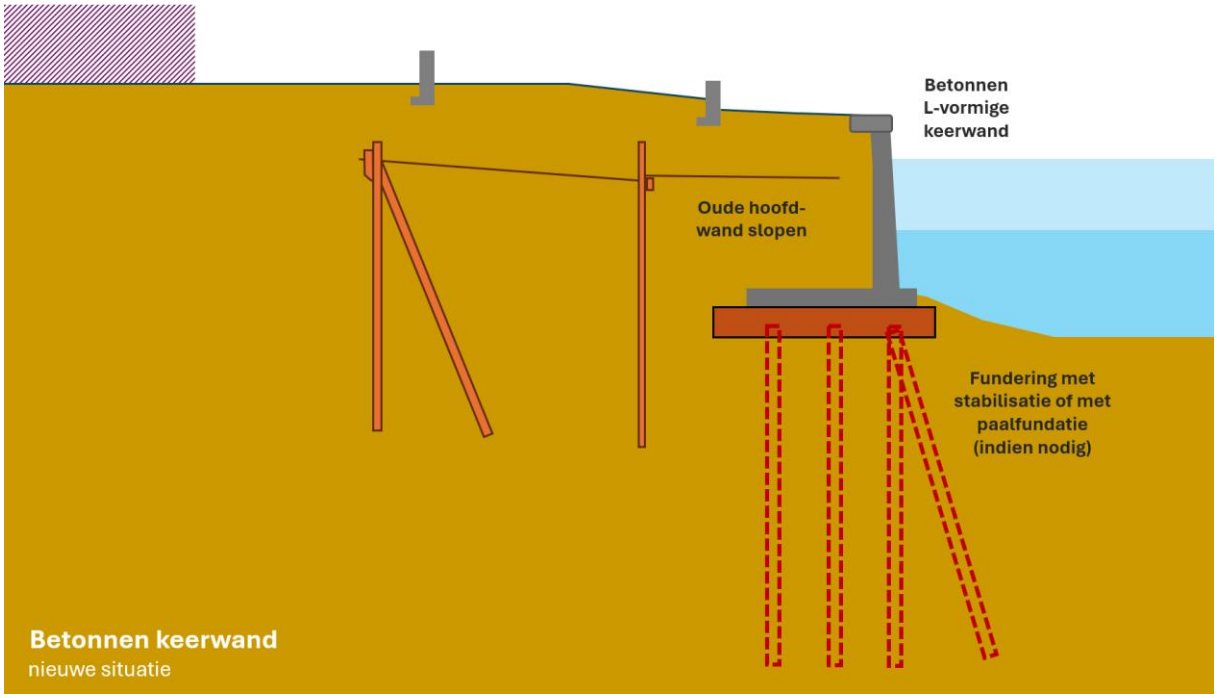


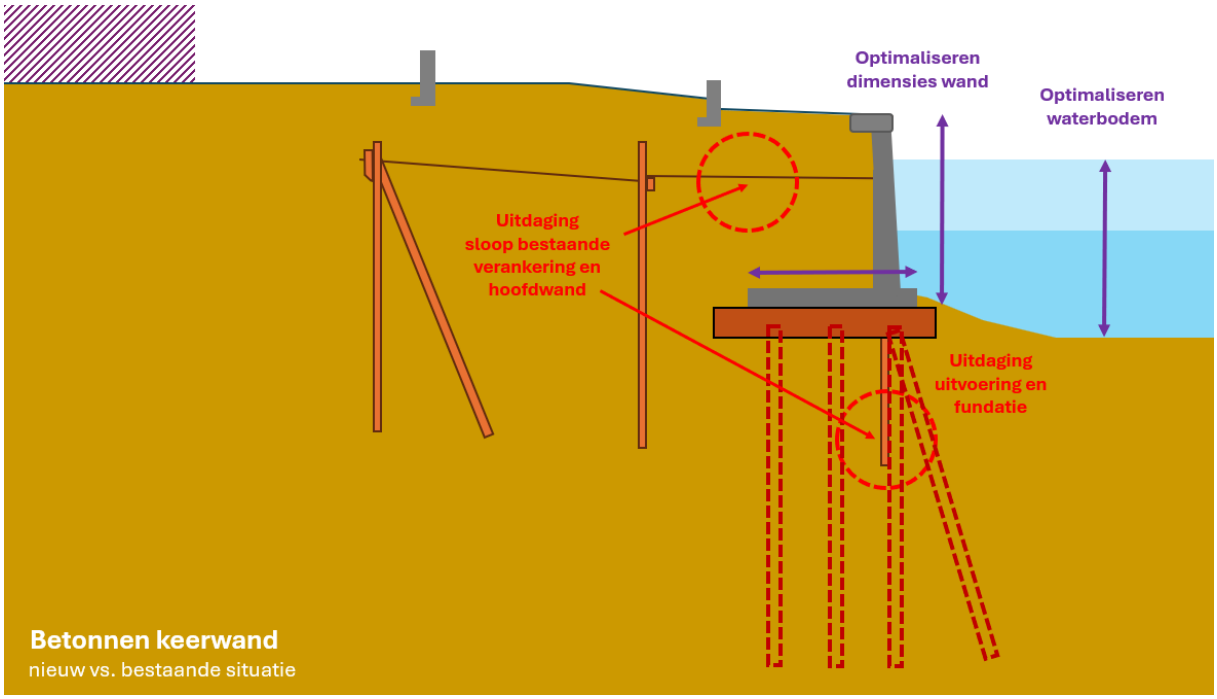
Variant 05. CSM- of diepwandsysteem



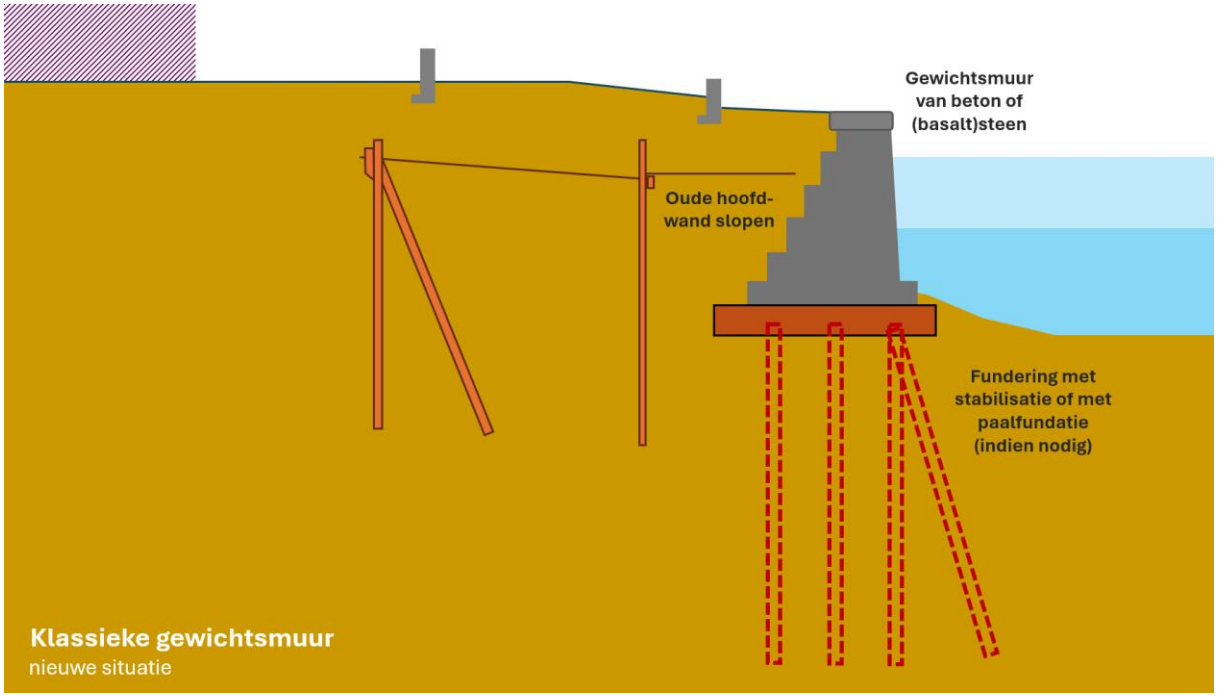


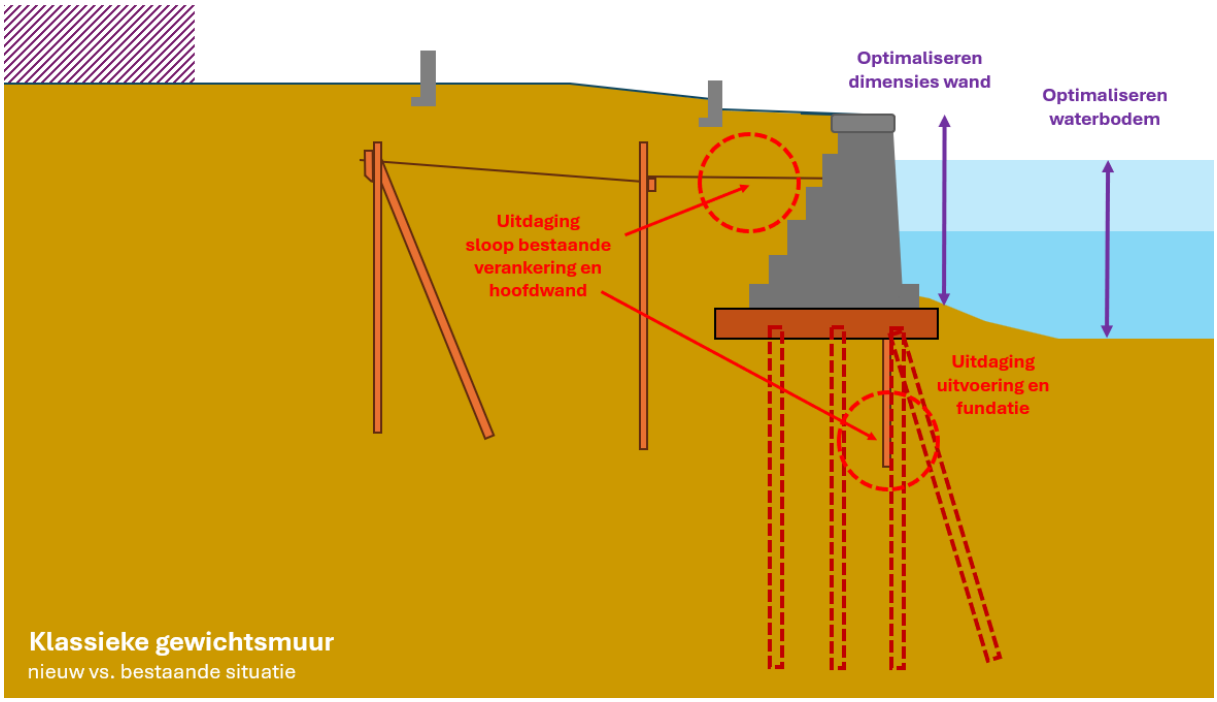
Variant 06. Betonnen keerwand



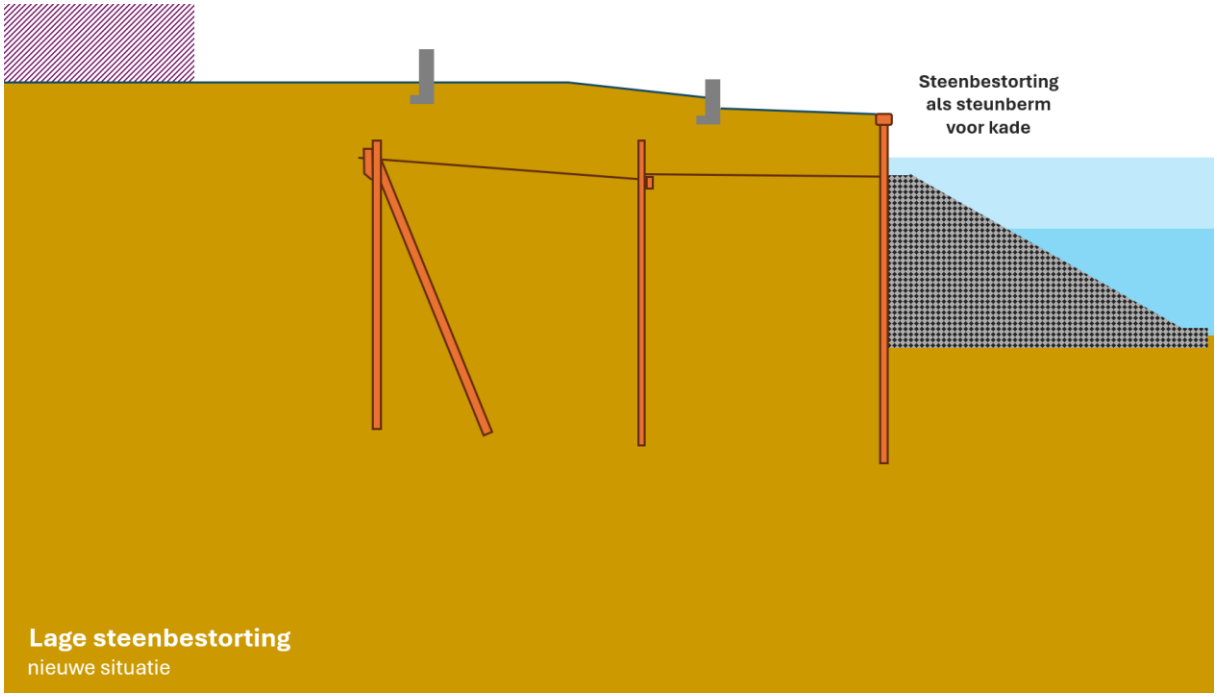


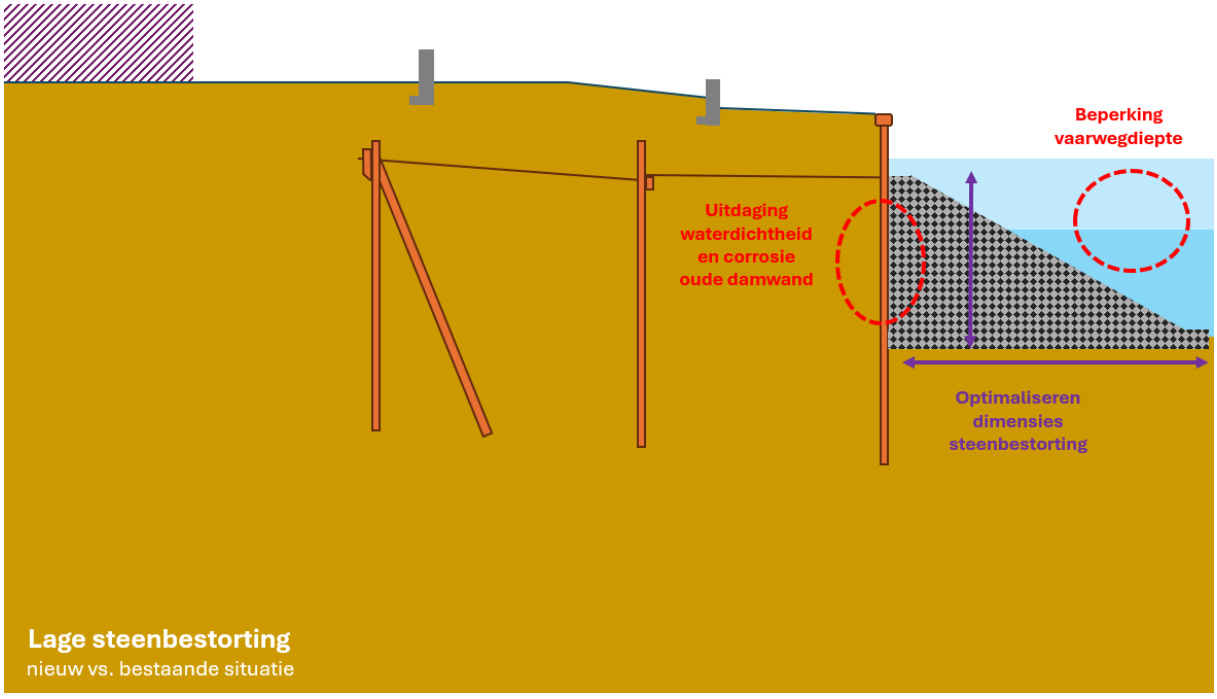
Variant 07. Klassieke gewichtsmuur



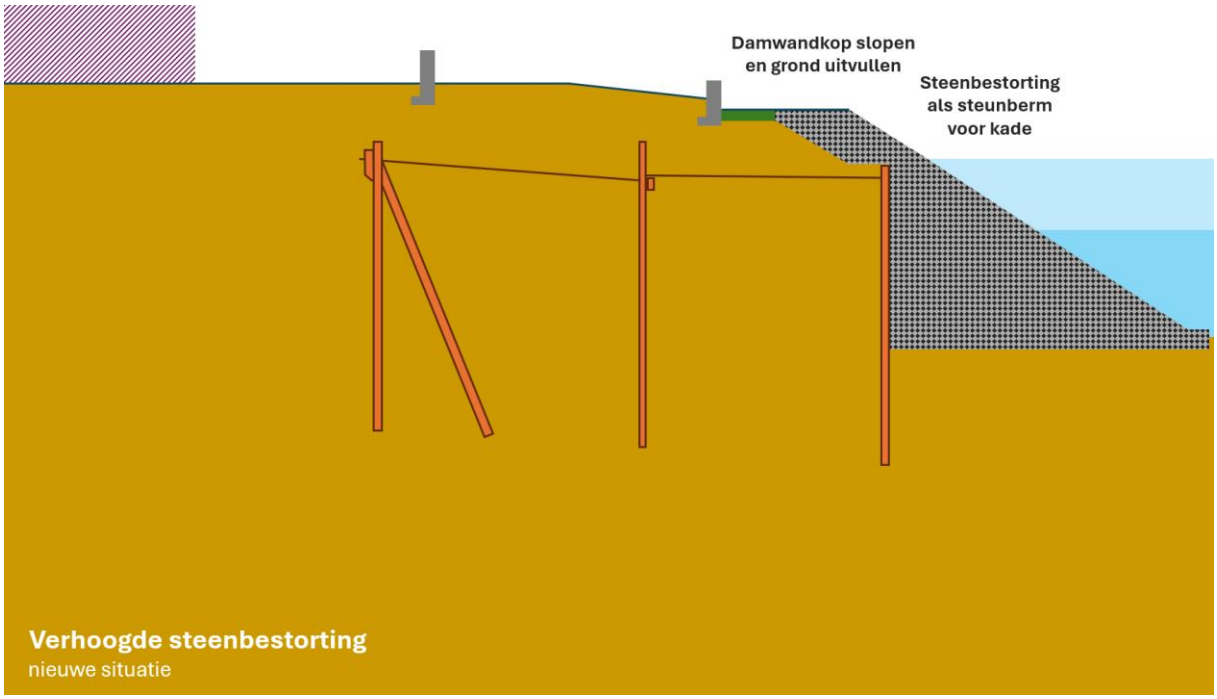


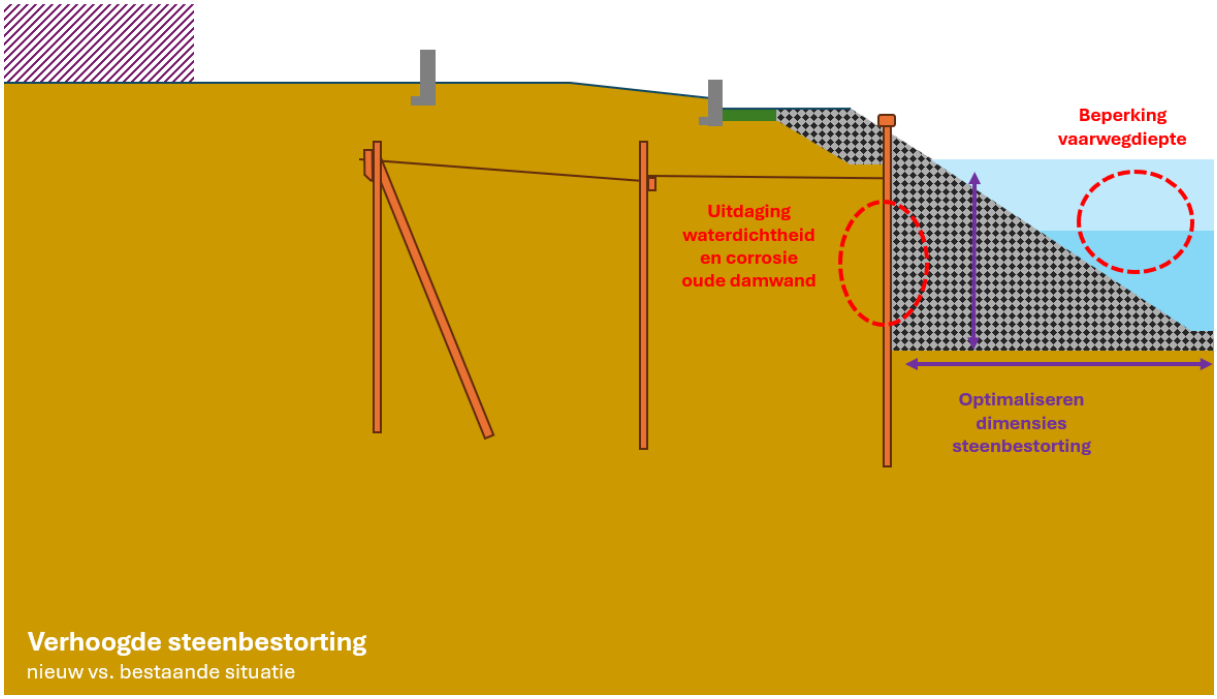
Variant 08. Lage steenbestorting



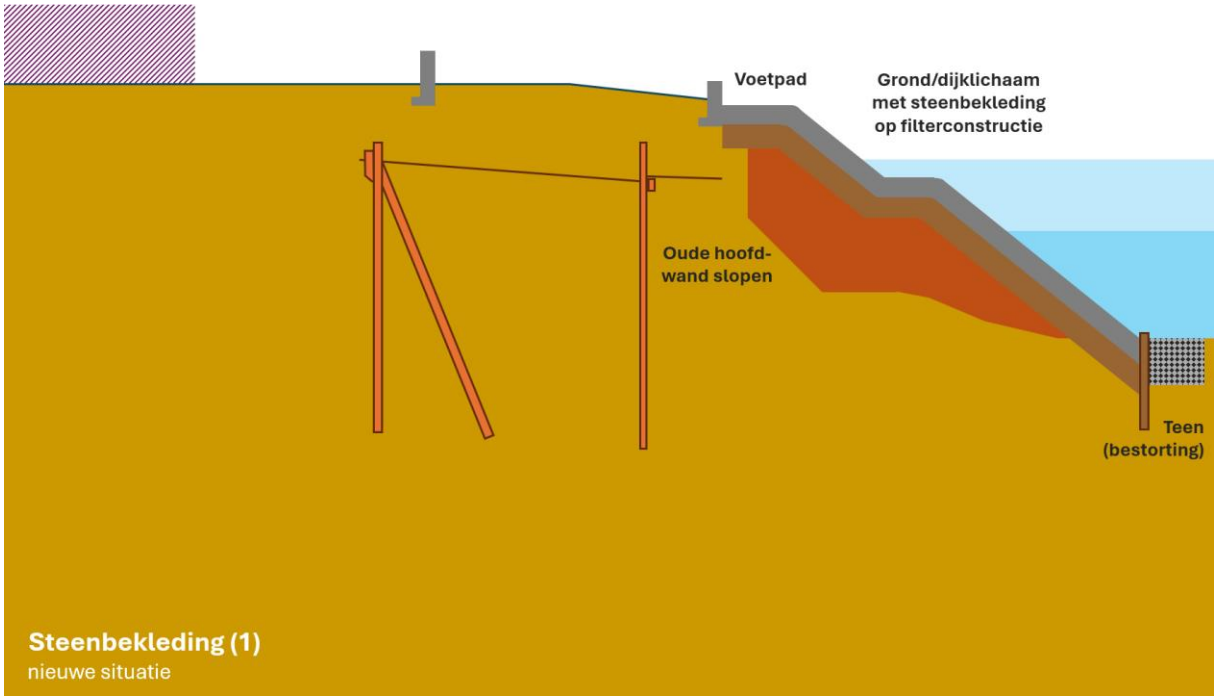


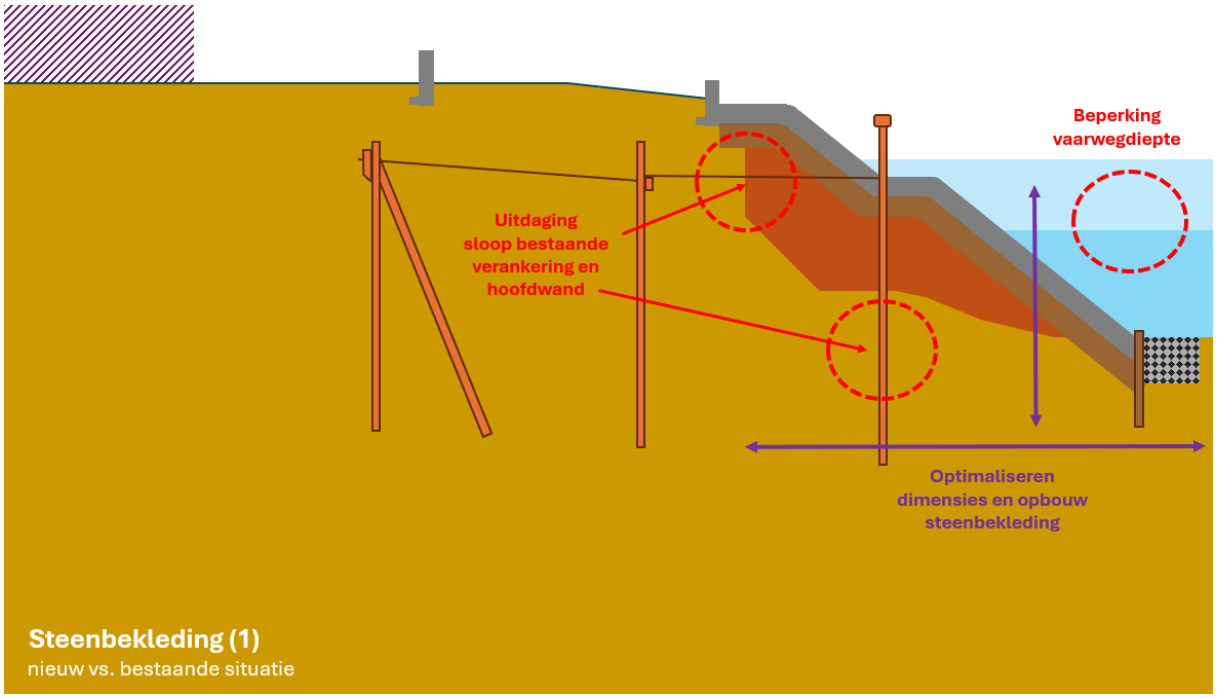
Variant 09. Verhoogde steenbestorting



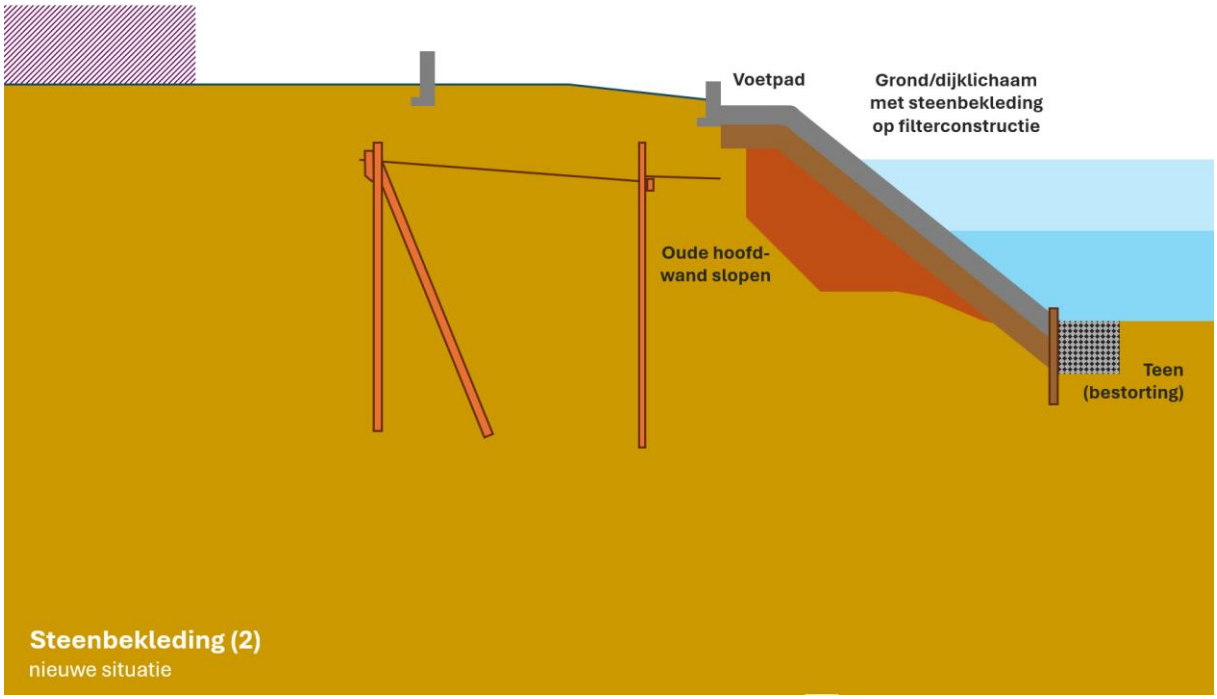


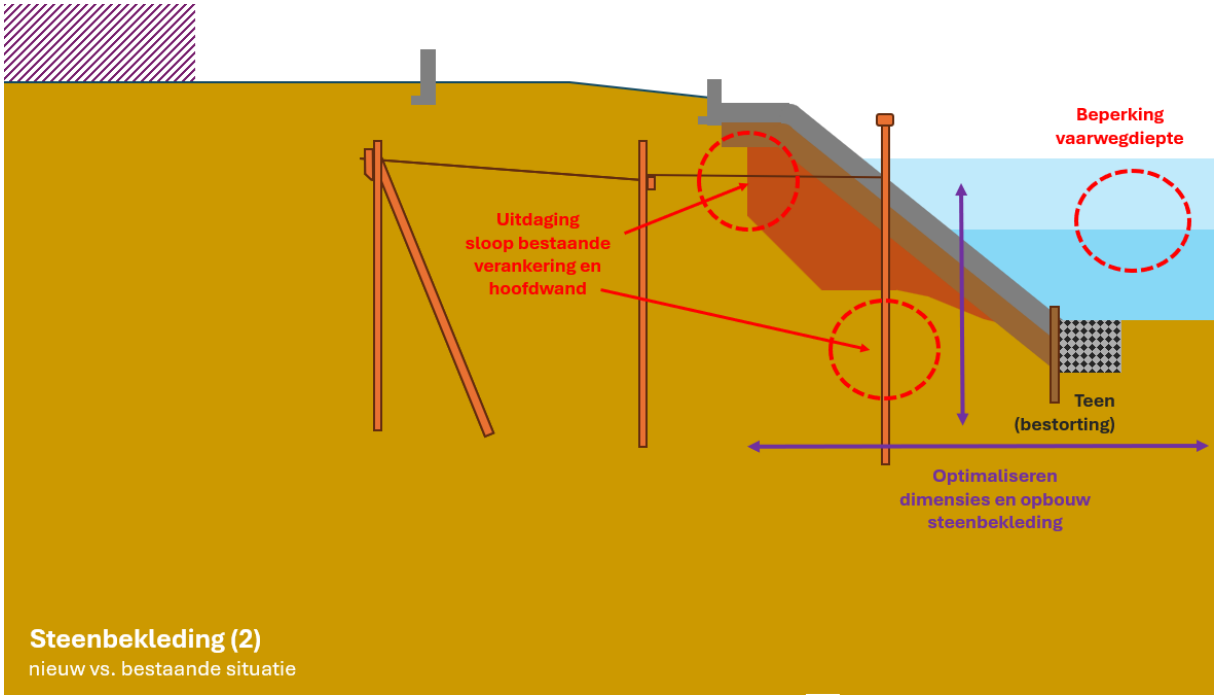
Variant 10. Steenbekleding (1)



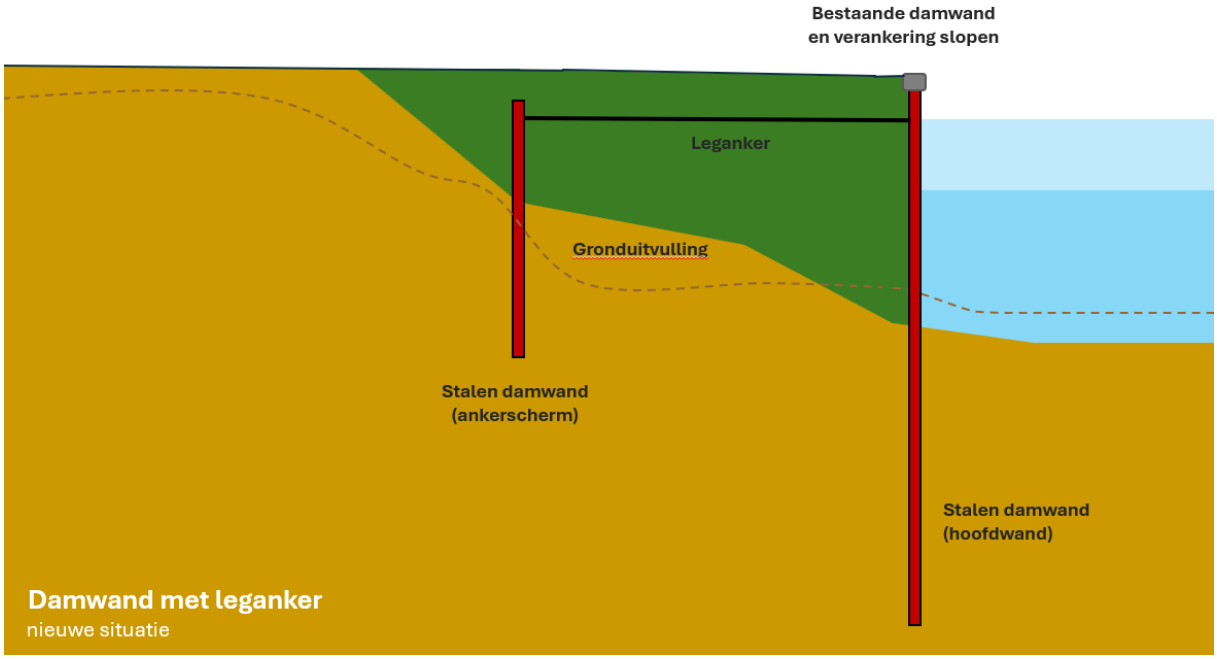


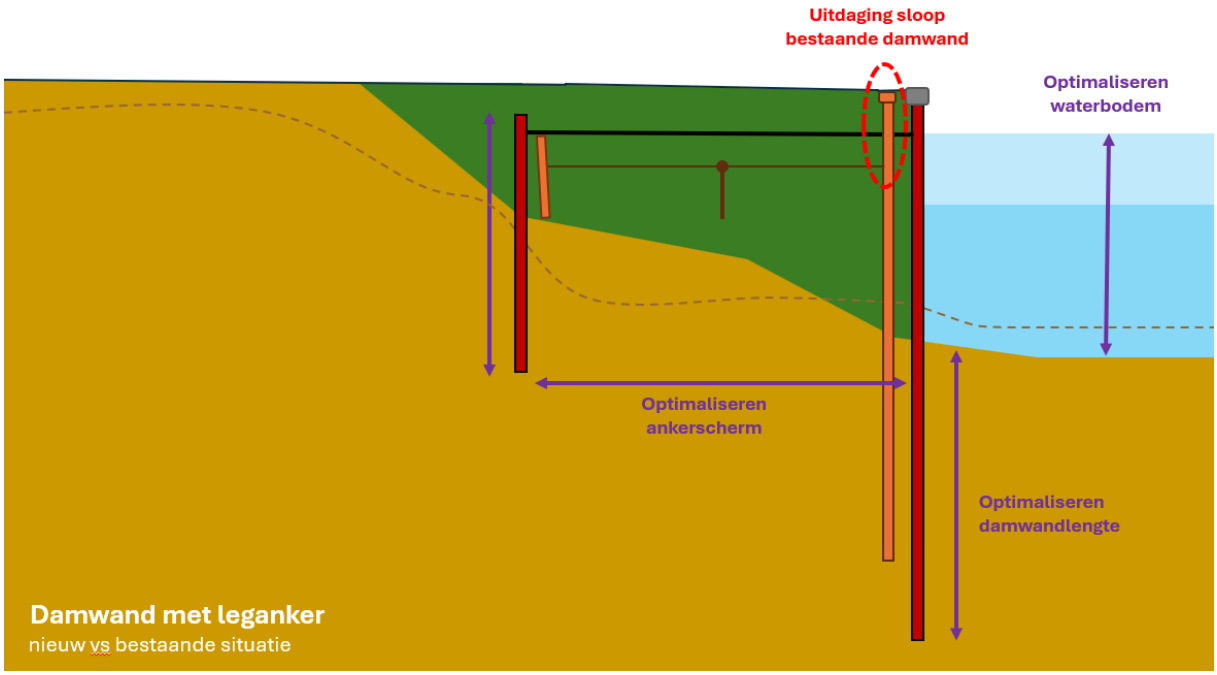
Variant 10. Steenbekleding (2)



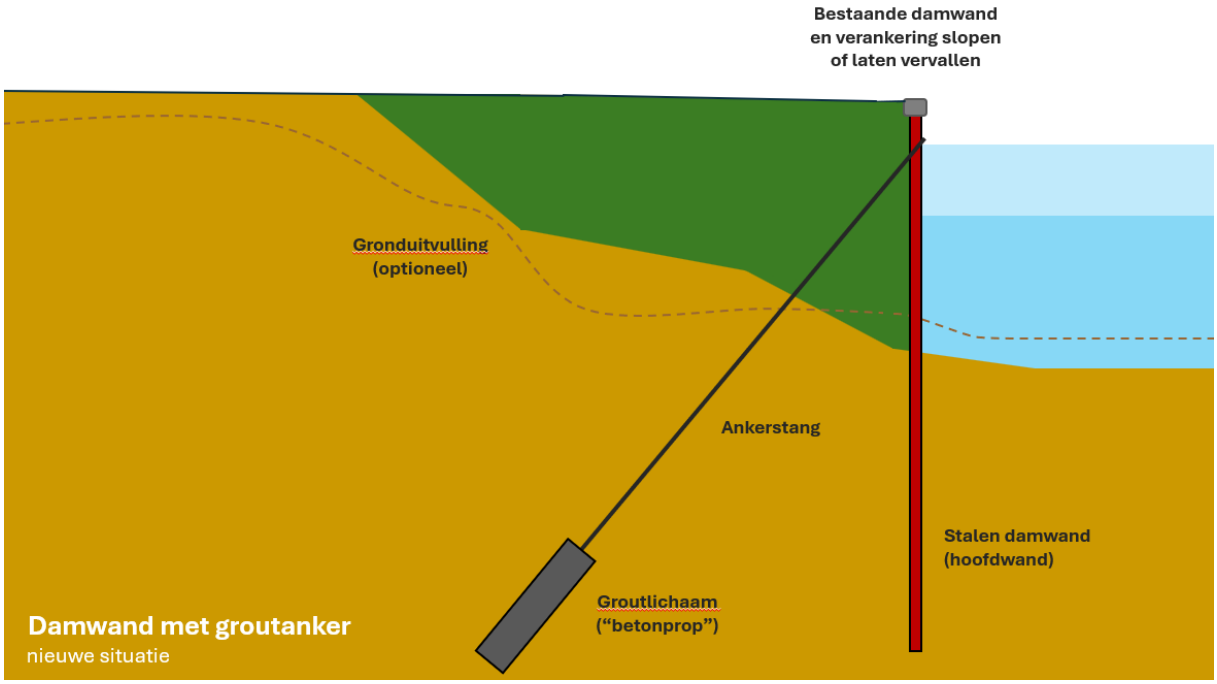


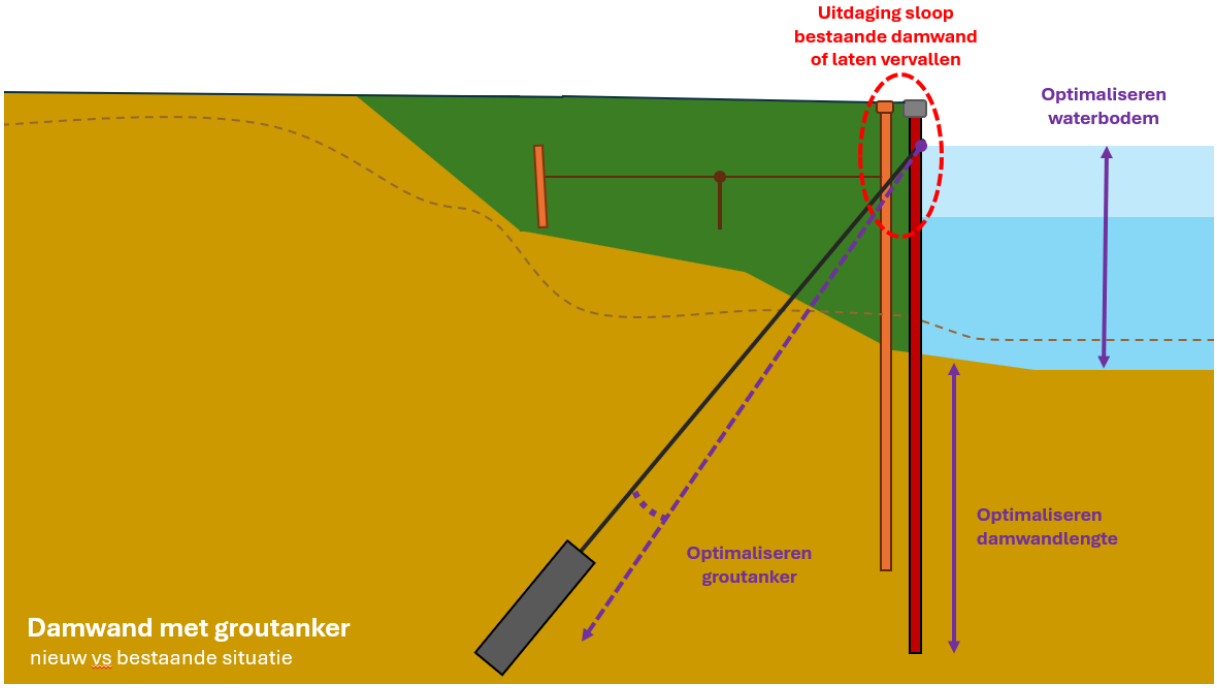
Variant 11. Damwand met leganker



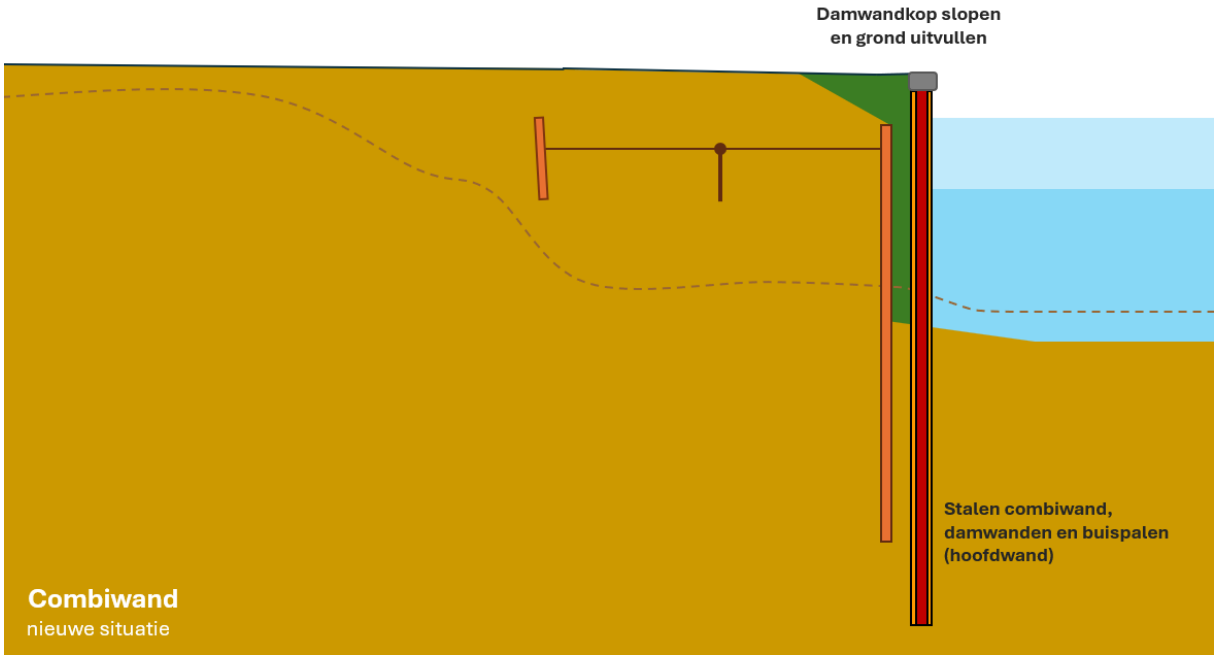


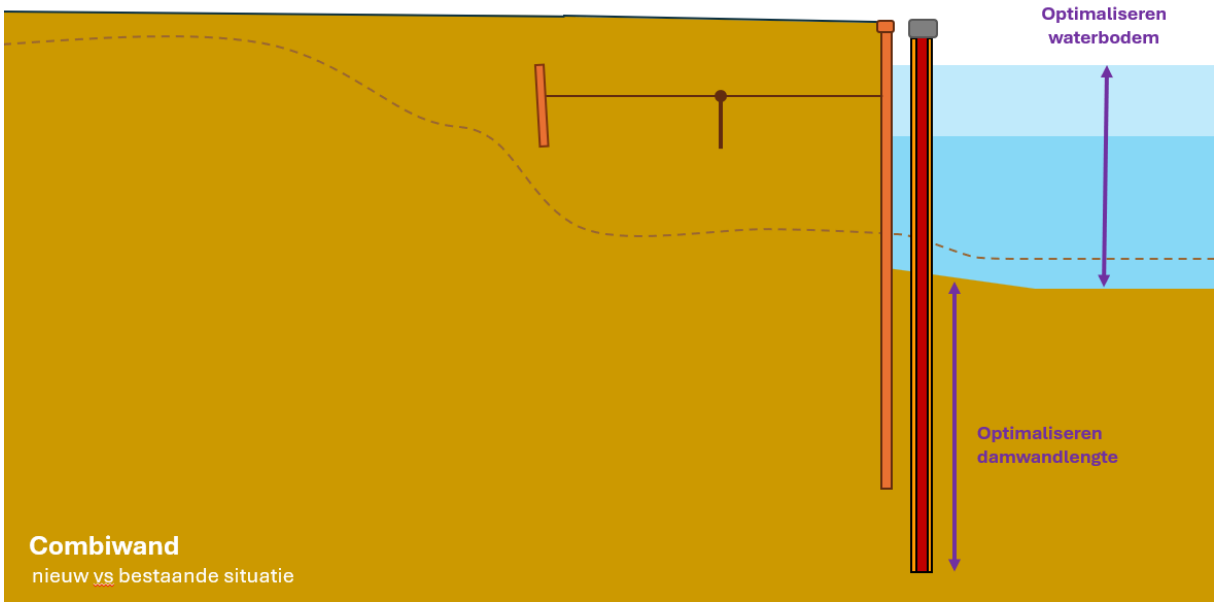
Variant 12. Damwand met groutanker





Variant 13. Combiwand





Bijlage C. Weging varianten WB-kade en Dwarskade

Beoordelings-criterium	Variant 01. Damwand met leganker			
	Weging	Score	Punten	Gewogen score
Bereikbaarheid	5	- -	1	5
Bouwkosten	5	+/-	3	15
Uitvoeringsrisico's	4	-	2	8
Waterveiligheid	3	+/-	3	9
Bouwveiligheid	3	-	2	6
Conditionering	3	-	2	6
Exploitatie	2	+/-	3	6
Levensduur	2	+/-	3	6
Beheer / onderhoud	2	+	4	8
Totale scorepunten				69

Variant 02. Damwand met groutanker			
Weging	Score	Punten	Gewogen score
5	+	4	20
5	+/-	3	15
4	+/-	3	12
3	+/-	3	9
3	+/-	3	9
3	+	4	12
2	+/-	3	6
2	+/-	3	6
2	+	4	8
			97

Beoordelings-criterium	Variant 03. Combiwand			
	Weging	Score	Punten	Gewogen score
Bereikbaarheid	5	++	5	25
Bouwkosten	5	--	1	5
Uitvoeringsrisico's	4	+/-	3	12
Waterveiligheid	3	+	4	12
Bouwveiligheid	3	+/-	3	9
Conditionering	3	+	4	12
Exploitatie	2	++	5	10
Levensduur	2	+	4	8
Beheer / onderhoud	2	+	4	8
Totale score				101

Variant 04. Kistdam			
Weging	Score	Punten	Gewogen score
5	-	2	10
5	-	2	10
4	-	2	8
3	+/-	3	9
3	-	2	6
3	-	2	6
2	+/-	3	6
2	-	2	4
2	+/-	3	6
			65

Beoordelings-criterium	Variant 05. CSM- of diepwand			
	Weging	Score	Punten	Gewogen score
Bereikbaarheid	5	+	4	20
Bouwkosten	5	+/-	3	15
Uitvoeringsrisico's	4	-	2	8
Waterveiligheid	3	+	4	12
Bouwveiligheid	3	+	4	12
Conditionering	3	+/-	3	9
Exploitatie	2	++	5	10
Levensduur	2	++	5	10
Beheer / onderhoud	2	+	4	8
Totale scorepunten				104

Variant 06. Betonnen keerwand			
Weging	Score	Punten	Gewogen score
5	-	2	10
5	--	1	5
4	-	2	8
3	+/-	3	9
3	+/-	3	9
3	-	2	6
2	+/-	3	6
2	++	5	10
2	++	5	10
			73

Beoordelings-criterium	Variant 07. Klassieke gewichtsmuur			
	Weging	Score	Punten	Gewogen score
Bereikbaarheid	5	-	2	10
Bouwkosten	5	--	1	5
Uitvoeringsrisico's	4	-	2	8
Waterveiligheid	3	+/-	3	9
Bouwveiligheid	3	+/-	3	9
Conditionering	3	-	2	6
Exploitatie	2	+/-	3	6
Levensduur	2	++	5	10
Beheer / onderhoud	2	++	5	10
Totale score				73

Variant 08. Lage steenbestorting			
Weging	Score	Punten	Gewogen score
5	+	4	20
5	+	4	20
4	--	1	4
3	-	2	6
3	-	2	6
3	+	4	12
2	--	1	2
2	--	1	2
2	-	2	4
			76

Beoordelings-criterium	Variant 09. Hoge steenbestorting			
	Weging	Score	Punten	Gewogen score
Bereikbaarheid	**5**	+/-	3	15
Bouwkosten	**5**	+	4	20
Uitvoeringsrisico's	**4**	--	2	8
Waterveiligheid	**3**	-	1	3
Bouwveiligheid	**3**	-	1	3
Conditionering	**3**	+	4	12
Exploitatie	**2**	--	2	4
Levensduur	**2**	--	2	4
Beheer / onderhoud	**2**	-	1	2
Totale score				**71**

Variant 10. Steenbekleding			
Weging	Score	Punten	Gewogen score
5	+/-	3	15
5	+	4	20
4	+/-	3	12
3	+/-	3	9
3	+/-	3	9
3	+	4	12
2	--	2	4
2	+/-	3	6
2	+	4	8
			95

Bijlage D. Weging varianten kade Werkhaven

Beoordelings-criterium	Variant 11. Damwand met leganker			
	Weging	Score	Punten	Gewogen score
Bereikbaarheid	**5**	-	2	10
Bouwkosten	**5**	+/-	3	15
Uitvoeringsrisico's	**4**	-	2	8
Waterveiligheid	**3**	+/-	3	9
Bouwveiligheid	**3**	+/-	3	9
Conditionering	**3**	-	2	6
Exploitatie	**2**	+/-	3	6
Levensduur	**2**	+/-	3	6
Beheer / onderhoud	**2**	+	4	8
Totale scorepunten				**77**

Variant 12. Damwand met groutanker			
Weging	Score	Punten	Gewogen score
5	+/-	3	15
5	+/-	3	15
4	+	4	16
3	+/-	3	9
3	+/-	3	9
3	-	2	6
2	+/-	3	6
2	+/-	3	6
2	+	4	8
			90

Beoordelings-criterium	Variant 13. Combiwand			
	Weging	Score	Punten	Gewogen score
Bereikbaarheid	**5**	+/-	5	25
Bouwkosten	**5**	--	1	5
Uitvoeringsrisico's	**4**	+	4	16
Waterveiligheid	**3**	+	4	12
Bouwveiligheid	**3**	+	4	12
Conditionering	**3**	+/-	3	9
Exploitatie	**2**	++	5	10
Levensduur	**2**	+	4	8
Beheer / onderhoud	**2**	+	4	8
Totale score				**108**