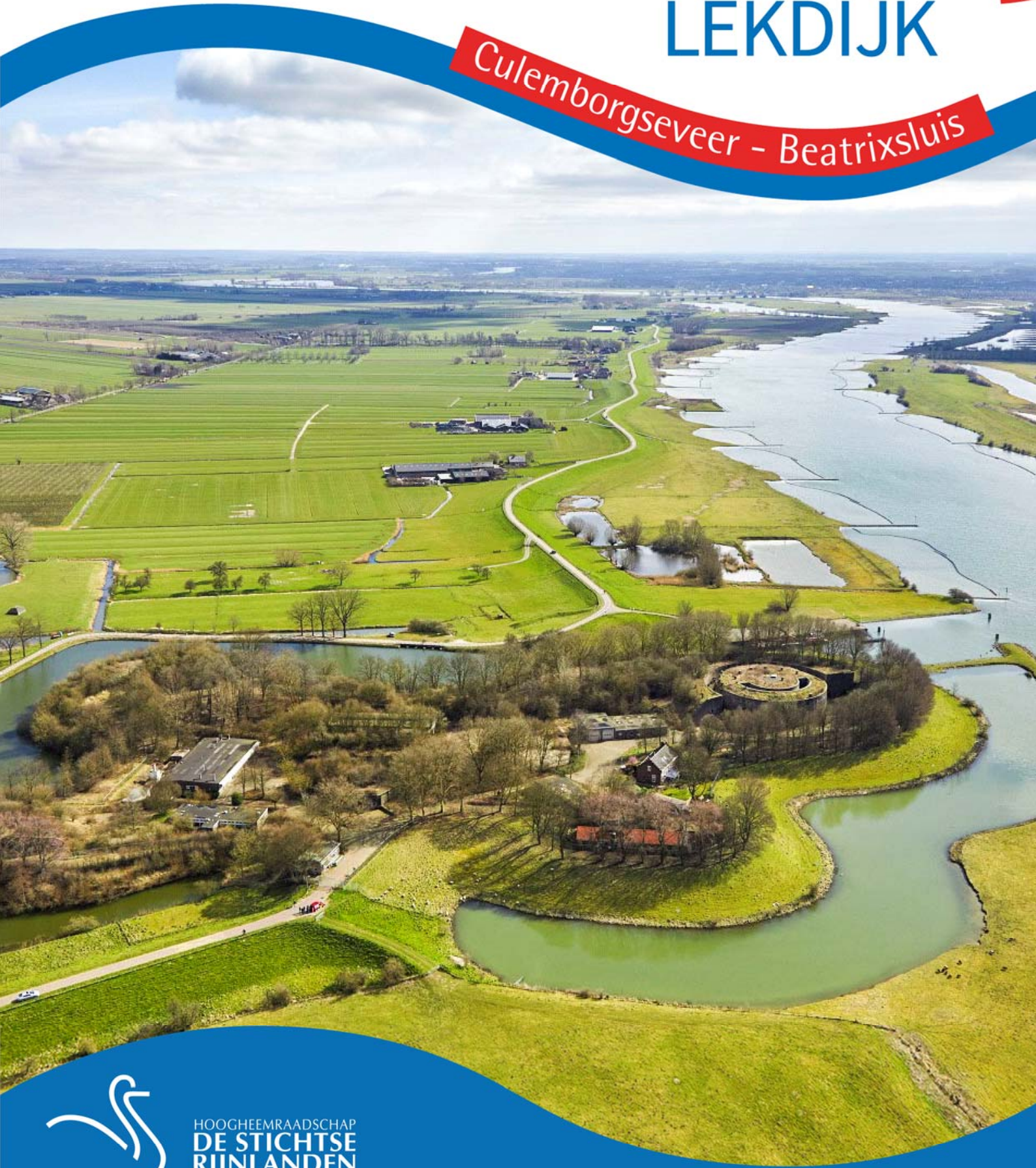


Technische innovatiescan

# STERKE LEKDIJK

Culemborgseveer - Beatrixsluis



HOOGHEEMRAADSCHAP  
DE STICHTSE  
RIJNLANDEN

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Poldermolen 2  
3994 DD Houten

030 634 57 00 **T**  
sterkelekdijk@hdrs.nl **E**  
hdrs.nl/sterkelekdijk **W**

# STERKE LEKDIJK

Titel	Technische innovatiescan
Kenmerk	SLD-RHD-TM-CUB-RP-TM-0106
Versie	Definitief
Datum	22 november 2019
Projectnaam	Dijkversterking Culemborgse Veer – Beatrixsluizen
Projectnummer	BF5981

Opgesteld door:

J.A.W. Hockx

Datum

22-11-2019

Handtekening



Gecontroleerd door

E. Arnold

Datum

22-11-2019

Handtekening



Vrijgegeven door:

E. Arnold

Datum

22-11-2019

Handtekening



## Inhoud

### 1 Projectomschrijving 4

1.1	Sterke Lekdijk	4
1.2	Deelproject Dijkversterking Culemborgse Veer – Beatrixsluizen	4
1.3	Waterveiligheid en innovatie	5
1.4	Kenmerken van dijkversterking CUB	6
1.5	Doel innovatiescan	6

### 2 Werkwijze 7

2.1	Inleiding	7
2.2	Stap 1: Inventariseren van innovaties	7
2.3	Stap 2: Beoordeling van de innovaties door middel van expertsessie	8
2.4	Stap 3: Bouwstenen	9

Bijlage A: Overzicht innovaties 13

Bijlage B: Kansrijke innovaties 14

# 1 Projectomschrijving

## 1.1 Sterke Lekdijk

De Lekdijk beschermt een groot deel van Midden-en West-Nederland tegen overstroming. Als de Lekdijk doorbreekt kan een groot deel van de Randstad overstromen, tot Amsterdam aan toe. De dijk voldoet niet aan de veiligheidsnormen en daarom versterkt Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) de dijk tussen Amerongen en Schoonhoven, over een totale lengte van 55 km. Zo is de dijk ook in de toekomst voldoende veilig en voldoet hij aan de normen die sinds 2017 gelden. De versterking van de Lekdijk is onderdeel van het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Hierbij werken de waterschappen samen met het Rijk om dijken –en dus Nederland -veilig te houden. De dijkversterking tussen Amerongen en Schoonhoven is een te grote klus om ineens te doen. Daarom is dit werk verdeeld in 6 deelprojecten.



Figuur 1—1: Deelprojecten Sterke Lekdijk

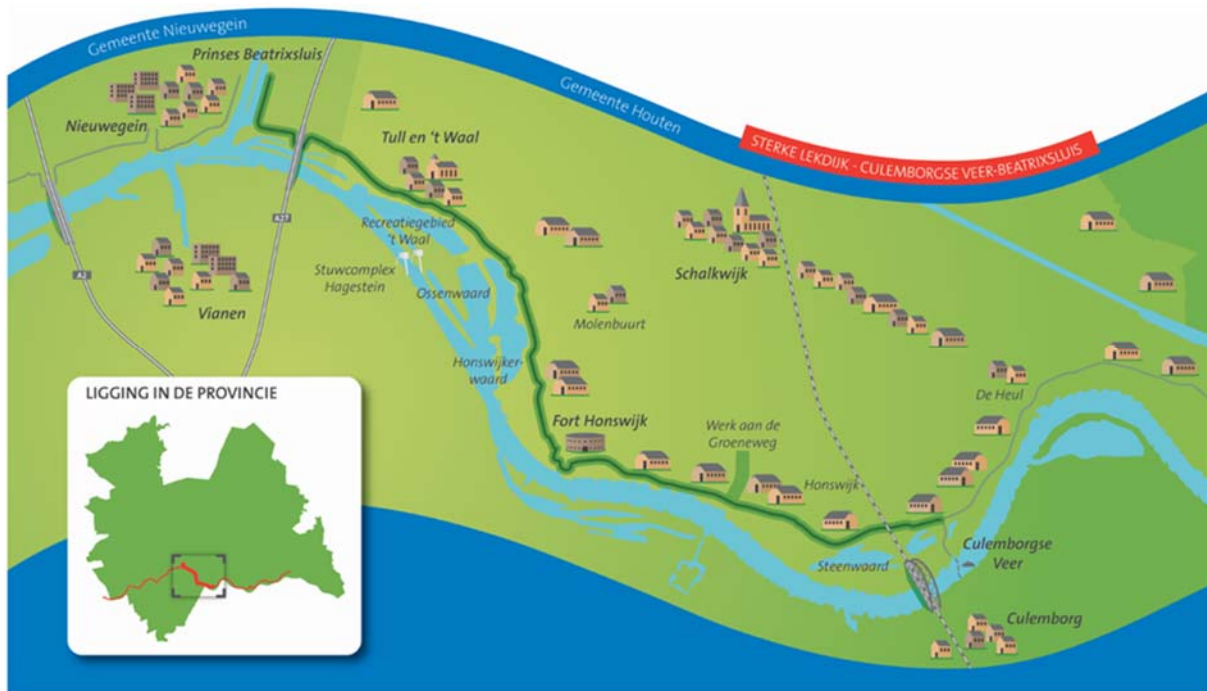
## 1.2 Deelproject Dijkversterking Culemborgse Veer – Beatrixsluizen

Het dijktraject van het project Culemborgse Veer – Beatrixsluis (afgekort als CUB) is 10,8 km lang. Van oost naar west loopt het traject langs de noordkant van de Lek van de veerweg van het Culemborgse veer (dijkpaal 306) tot aan de Beatrixsluis van het Lekkanaal (dijkpaal 204). Het traject doorkruist de gemeenten Houten en Nieuwegein, in de provincie Utrecht, en ligt in het zuiden van het beheergebied van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.

Voor een groot deel wordt de dijk geflankeerd door het landelijke gebied van het Eiland van Schalkwijk. Dit is het gebied tussen het Amsterdam-Rijnkanaal, het Lekkanaal en de rivier de Lek. Buitendijks wordt het dijktraject begrensd door de Steenwaard tegenover Culemborg, de Honswijkerwaard met fort Honswijk en recreatiegebied 't Waal met de Honswijkerplas bij het stuwcomplex Hagestein. De Ossenwaard sluit het buitendijkse gebied ter hoogte van Nieuwegein af.

De doelstelling van het project Culemborgse Veer – Beatrixsluis is gelijk aan de door het bestuur van het waterschap vastgestelde doelstelling van het overkoepelde project Sterke Lekdijk:

“Een waterveilige, toekomstbestendige en beheerbare waterkering te realiseren, op basis van een zo breed mogelijk bestuurlijk en maatschappelijk gedragen projectplan, goed ingepast in de omgeving, met zo maximaal mogelijk maatschappelijke meerwaarde en een hoge mate van innovatie en duurzaamheid.”



Figuur 1—2: Ligging deelproject CUB

### 1.3 Waterveiligheid en innovatie

Vanuit overheden, kennisinstellingen en bedrijfsleven wordt op vele fronten gewerkt aan innovatie. Technische innovaties zijn erop gericht een efficiëntere of effectievere ontwerpoplossing te leveren dan traditionele ontwerpoplossingen. Volgens het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) [1] zijn innovaties noodzakelijk om het HWBP programma op tijd en binnen budget af te ronden en de duurzaamheidsambities waar te kunnen maken.

Veelal zijn innovaties gericht op een geringer ruimtebeslag, snellere uitvoering of een kostenreductie van de dijkversterking. Innovatieve bouwstenen betreffen technieken die nog niet (of beperkt) bewezen zijn. Dit leidt automatisch tot een grotere mate van onzekerheid en risico's dan traditionele oplossingen. Deze risico's kunnen zowel van technische (de betrouwbaarheid van de innovatie) als van financiële aard (hogere kosten, langere uitvoeringsduur) zijn.

Het dijkversterkingsproject CUB van Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) [2] wil ruimte bieden aan die innovaties, die kansen bieden om het werk goedkoper, sneller en eenvoudiger uit te voeren. Daarom worden de mogelijke innovaties voor de dijkversterking CUB vroegtijdig in kaart gebracht om de kans voor een succesvolle implementatie te vergroten.

Voor de inventarisatie van de innovaties is gebruik gemaakt van de beschikbare inventarisaties van het HWBP en de verschillende Project Overstijgende Verkenningen (POV's). Een overzicht van de gehanteerde bronnen is opgenomen in de referentielijst.

#### 1.4 Kenmerken van dijkversterking CUB

Het project CUB karakteriseert zich door een hoge dijk op een veelal dikke kleilaag in het achterland en is voornamelijk afgekeurd op macrostabiliteit (zowel binnenwaarts als buitenwaarts) en piping. Aan de binnenwaartse zijde is veelal een flauwe binnenberm aanwezig met op enkele punten karakteristieke bebouwing. Aan de buitenwaartse zijde is afwisselend een kort tot zeer breed voorland aanwezig. Daarnaast zijn ook brede recreatieplassen aanwezig. Om de effecten op de omgeving zo klein mogelijk te maken, komen innovaties in beeld.

#### 1.5 Doel innovatiescan

Het doel van deze innovatiescan is het selecteren en positioneren van kansrijke technische innovaties voor dijkversterking CUB. Innovaties die niet als kansrijk worden gezien worden niet meegenomen in de verkenningsfase van het project. Proces- en marktgerichte innovaties maken geen onderdeel uit van deze scan. Deze worden in een latere fase van het project beoordeeld. Van de kansrijke innovaties wordt bekeken in welke fase die het beste nader onderzocht of toegepast kunnen worden.

## 2 Werkwijze

### 2.1 Inleiding

In stap 1 van de verkenningsfase (uitgangspunten en bouwstenen) wordt een innovatiescan waterveiligheid uitgevoerd. Doel van de innovatiescan is het verkrijgen van een totaalbeeld van relevante technische innovaties en de benodigde vervolgstappen om deze tot een succes te maken. De focus ligt hierbij op innovaties die impact hebben op het dijkontwerp (o.a. scope, ruimtebeslag, medegebruik, uitvoeringsaspecten en lokale criteria). Dit kunnen zowel innovaties zijn op het gebied van het meten en monitoring aan dijken, analyse- of rekeninnovaties en dijkversterkingstechnieken.

### 2.2 Stap 1: Inventariseren van innovaties

Voor de inventarisatie van de innovaties is een literatuurstudie uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- HWBP [3] [4]
- POV Macrostabieliteit [5] [6] [7] [8]
- POV Piping [9]
- POV Voorlanden [10]
- POV Waddenzeedijken [11] [12] [13] [14]
- Innovatiescan WAM [15]

De betreffende rapporten zijn opgenomen in de referentielijst.

Op basis van de literatuurstudie is een lijst met innovaties opgesteld. Deze lijst is opgenomen in bijlage A. In deze lijst zijn per innovatie verder de volgende onderdelen opgenomen:

#### **Innovatie (naam)**

Naam van innovatie

#### **Type innovatie**

De technische innovaties zijn onderverdeeld in de volgende onderwerpen conform [16]:

- Dijkversterkingstechniek
- Materiaalinnovatie
- Rekentechniek
- Monitoring en meten

#### **Faalmechanisme**

Faalmechanisme waar de innovatie een oplossing voor kan bieden

#### **Korte beschrijving**

Korte beschrijving van de inhoud van de innovatie

#### **Status**

Daarnaast wordt globaal aangegeven wat de huidige status van de innovatie is om tot een geaccepteerde techniek te komen.

#### **Innovatie toepasbaar voor grote dijkvakken**

Is de innovatie toepasbaar voor grote delen van de dijkversterking (dus niet alleen relevant voor maatwerklocaties met een geringe omvang)?

### Bepalend voor ruimtebeslag van het voorkeursalternatief (VKA)

Is de innovatie bepalend voor het ruimtebeslag van het VKA. Levert dit een kleiner ruimtebeslag dan een meer traditionele oplossing in grond of een damwand?

### Kansrijkheid van innovatie

Op basis van expert judgement is tijdens de expertsessie van 30 oktober 2019 (zie paragraaf 2.3) de kansrijkheid van de innovatie voor toepassing binnen dijkversterking CUB bepaald. Hierbij is gekozen uit de volgende onderdelen:

- Ja                Mogelijk toepassen in dit project
- Nee              Niet toepassen in dit project

### Toelichting

Nadere toelichting indien noodzakelijk

### Bron

Herkomst van innovatie

## 2.3        Stap 2: Beoordeling van de innovaties door middel van expertsessie

Om de innovaties te beoordelen op de mate van kansrijkheid voor toepassing binnen dijkversterking CUB is een beoordelingskader opgesteld. Het beoordelingskader is gebaseerd op de handreiking innovaties [1] en is opgenomen in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Criteria voor beoordeling toepassing van een technische innovatie binnen CUB

criterium	Onderdeel	Toelichting
Technisch functioneel	Effectiviteit	Functioneert de innovatie en is dit aantoonbaar? M.a.w. doet het wat het moet doen?
	Betrouwbaarheid	Is de werking van de innovatie aantoonbaar door testen of pilots? Is de innovatie rijp genoeg om te worden toegepast? Is er een terugvaloptie beschikbaar?
	Toekomstvastheid	Is de innovatie uitbreidbaar wanneer in de toekomst hogere eisen worden gesteld aan de waterkering?
Toepasbaarheid	Maakbaarheid	Is de innovatie maakbaar, kan het aangebracht worden, zijn er aannemers te vinden die deze innovatie kunnen realiseren?
	Ruimtebeslag	Neemt de innovatieve oplossing meer of minder ruimte in beslag dan de traditionele oplossing?
	Beheerbaarheid	In hoeverre is de innovatie na uitvoering te onderhouden en te beheren?
Kosten	Kosteneffectiviteit	Is de innovatie financieel doelmatig. Dit kan bijvoorbeeld uitgedrukt worden in lagere investeringskosten, snellere uitvoering, kleiner ruimtebeslag.



Op 30 oktober 2019 is een expertsessie georganiseerd waarbij de verschillende innovaties (opgenomen in Bijlage A:) zijn besproken en beoordeeld. Tijdens de bijeenkomst zijn nog enkele ontbrekende innovaties toegevoegd aan het overzicht. De deelnemers aan deze sessie waren:

- Arnold van der Kraan (HDSR)
- Koen Volleberg (HDSR)
- Erik Arnold (RHDHV)
- Werner Halter (Fugro)
- Johan Hockx (Fugro)

In de expertsessie zijn de innovaties beoordeeld op kansrijkheid voor toepassing binnen de dijkversterking CUB op basis van het beoordelingskader zoals opgenomen in Tabel 2-1. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in kansrijke innovaties die mogelijk kunnen worden toegepast binnen CUB en niet kansrijke innovaties die niet verder binnen CUB worden beschouwd.

Indien een innovatie niet wordt meegenomen in de verdere fasen van de verkenning (dus op basis van de innovatiescan als niet kansrijk wordt beoordeeld) is hiervoor een toelichting opgenomen in de lijst. Innovaties kunnen bijvoorbeeld niet meegenomen in de beoordeling indien:

1. De kosten van de innovatie niet opwegen tegen het voordeel dat wordt behaald t.o.v. een traditionele versterkingstechniek.
2. De omgevingscondities zijn niet optimaal voor toepassing, zoals de geometrie van de dijk of opbouw van de ondergrond.

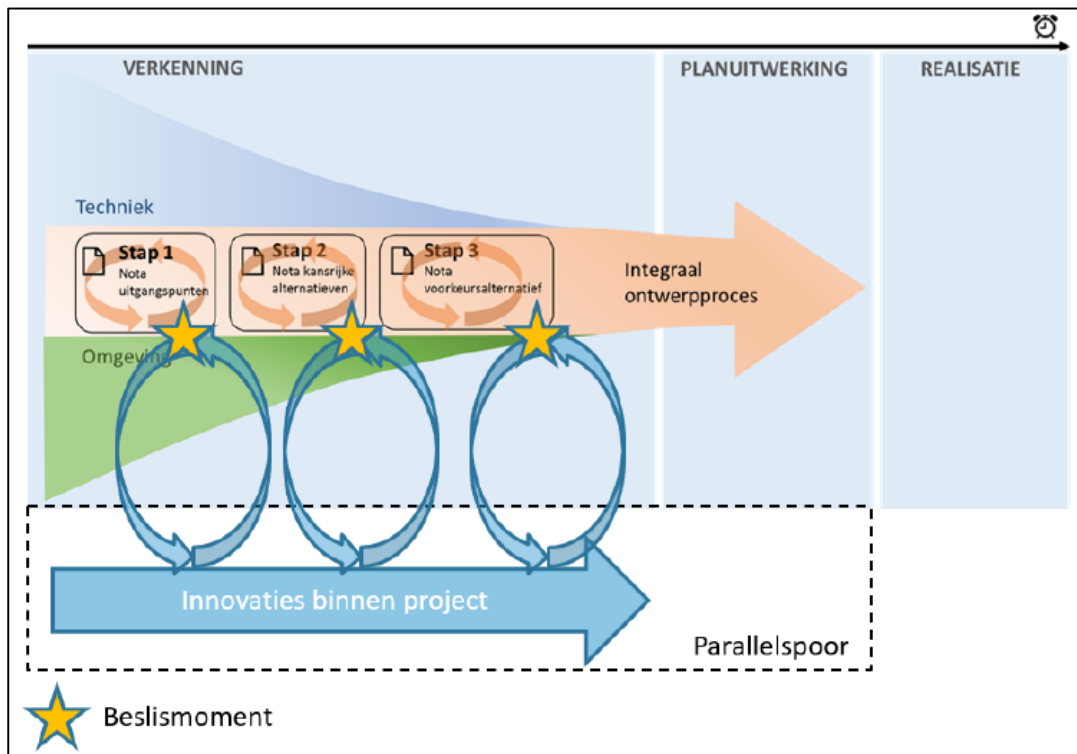
#### **2.4 Stap 3: Bouwstenen**

Op basis van de beoordelingen van de innovaties in de expertsessie is een lijst opgesteld met kansrijke innovaties die tijdens de verkenningsfase meegenomen kunnen worden. Deze lijst met kansrijke innovaties is opgenomen in Bijlage B:. Hierbij zijn de kansrijke innovaties verder gerubriceerd in de volgende onderdelen:

- Oplossing hoogte/overslag
- Oplossing macrostabiliteit met beperkt ruimtebeslag
- Oplossing piping met beperkt ruimtebeslag
- Monitoring en meten
- Rekentechnieken
- Proces

De resultaten van bovengenoemde kansrijke innovaties worden vervolgens opgenomen in stap 1 (uitgangspunten en bouwstenen) en kunnen verder in het ontwerpproces worden meegenomen als innovatieve bouwstenen voor de dijkversterking.

Na een voorstel en beslismoment in stap 2 (mogelijke en kansrijke oplossingen) worden de innovaties nader beschouwd in stap 3 bij de optimalisatie van het ontwerp van het voorkeursalternatief. De innovatiescan wordt parallel aan het integraal ontwerpproces uitgevoerd en zal aan het einde van iedere fase worden ge-update. Relevante nieuwe inzichten en het effect hiervan op het dijkontwerp worden hierbij inzichtelijk gemaakt. Binnen de beslismomenten (zie Figuur 2—1) zal een expliciete keuze worden gemaakt voor het al dan niet meenemen van (nieuwe) innovaties. Innovaties kunnen overigens in een later stadium alsnog meegenomen worden indien de inzichten veranderen.



Figuur 2—1: Innovaties binnen het project als parallel spoor

## Referenties

- [1] HWBP Handreiking verkenning versie 2, Hoogwaterbeschermingsprogramma, Oktober 2017.
- [2] „Plan van aanpakverkenningfase project dijkversterking Culemborgse veer - Beatrixsluis,” Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, versie 1.0, 20 maart 2019.
- [3] HWBP Kansenscan kennis en innovatie, HWBP, 2015.
- [4] Innovatie uit de markt, fase 2 eindrapportage, Rijkswaterstaat, 30 mei 2016.
- [5] Innovatiescan POV-M: Inspiratie voor innovatie Deel 1 Matchmaking tussen innovaties en projecten, POV M, oktober 2017.
- [6] POVM Grondverbeteringen, POV Macrostabieliteit, september 2018.
- [7] POVM Vernagelingstechnieken, POV Macrostabieliteit, september 2019.
- [8] Stabiliteitsverhogende Langsconstructies, POV Macrostabieliteit, oktober 2019.
- [9] POV Drainagetechnieken, POV Macrostabieliteit en POV-Piping, mei 2018.
- [10] Handreiking Voorland, POV Voorlanden, april 2019.
- [11] Factsheet Brede Groene Dijk, POV Waddenzeedijken, 2018.
- [12] Factsheet Dubbele Dijk, POV Waddenzeedijken, 2018.
- [13] Factsheet Rijke Dijk, POV Waddenzeedijken, 2018.
- [14] Factsheet Dijk met Voorland, POV Waddenzeedijken, 2018.
- [15] Notitie Technische innovaties WAM, Sweco-Arcadis, 30-7-2018.
- [16] Handreiking Innovaties Waterkeringen, Rijkswaterstaat, 1 november 2016.
- [17] Plan van aanpak Innovatiescan versie 2.0, POVM, 2016.

## Bijlagen

Bijlage A: Overzicht innovaties

Bijlage B: Kansrijke innovaties

## Bijlage A: Overzicht innovaties

Innovatie (naam)	Type innovatie	Faalmecanisme	Korte beschrijving	Status	Innovatie toepasbaar voor grote dijkvakken	Bepalend voor keuze VKA (ruimtebeslaa)	Kansrijkheid	Toelichting	Bronnen
<b>Dijk concepten</b>									
Balansdijk/ Brede Groene Dijk (BGD) / POV-gebiedseigen grond	Proces	Dijkconcept	Gebruik lokaal beschikbare, minder hoogwaardige, grond. Compensatie door bredere profiel.	Concept	Nee	Ja	Nee	Deze innovatie past niet in het vastgestelde Ruimtelijk Kwaliteitskader Sterke lekdijk en is daarmee voor het hele project SLD als niet kansrijk bestempeld.	<a href="http://pov-waddenzeedijken.nl/brede-groene-dijk/">http://pov-waddenzeedijken.nl/brede-groene-dijk/</a>
Multifunctionele dijk	Proces	Dijkconcept	Meerdere functies integreren in en om de dijk	Toegepast Katwijk	Nee	Ja	Nee	Gebiedseigen grond wordt wel toegepast indien mogelijk.	<a href="http://pov-waddenzeedijken.nl/multifunctionele-dijk/">http://pov-waddenzeedijken.nl/multifunctionele-dijk/</a>
Overslagbestendige dijk/ondoorbreekbare dijk/Deltadijk	Proces	Dijkconcept	Dijk waarbij voorkomen wordt dat deze kan doorbreken (wel overstromen) of extreem sterke dijk	Concept	Nee	Ja	Nee	Deze innovatie past niet in het vastgestelde Ruimtelijk Kwaliteitskader Sterke lekdijk en is daarmee voor het hele project SLD als niet kansrijk bestempeld.	<a href="http://pov-waddenzeedijken.nl/overslagbestendige-dijk/">http://pov-waddenzeedijken.nl/overslagbestendige-dijk/</a>
Rijke dijk / POV-Voorland	Proces	Dijkconcept	Natuurlijke overgang tussen water en dijk golfremming door vegetatie	Concept, Noordwaard	Nee	Ja	Ja	Ruimtegebruik en lage golfbelasting. Alleen meenemen als er al vegetatie op voorland aanwezig is.	<a href="http://pov-waddenzeedijken.nl/rijke-dijk/">http://pov-waddenzeedijken.nl/rijke-dijk/</a>
Dubbele dijk	Proces	Dijkconcept	Dubbele dijk met daartussen een binnendijs gebied voor zilte teelt	Concept	Nee	Ja	Nee	Niet relevant voor CUB. Bij voorhandig is kwelkade in het verleden toegepast (zie oude boek lekdijken).	<a href="http://pov-waddenzeedijken.nl/dubbele-dijk/">http://pov-waddenzeedijken.nl/dubbele-dijk/</a>
<b>Dijkvernagelingstechnieken</b>									
JLD Dijkstabilisator	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Stabilisatie door JLD ankers tot in draagkrachtige zandlaag	Toegepast op proeflocaties, opgenomen in POVM Publicatie "Vernagelingstechnieken" (PPV)	Nee	Nee	Ja	Bij Salmsteke niet meegenomen, bij WAM wel als mogelijkheid benoemd, is wel uitbreidbaar. Beheer niet wenselijk. Niet toepassing voor grote delen van de dijk. Wel in maatwerkoplossingen. Geen versnippering van oplossingen. Vooral bij steil binnentalud.	<a href="http://jlddijkstabilisatie.nl/">http://jlddijkstabilisatie.nl/</a>
Dijkvernageling	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Sterkte uit slappe lagen door nagels (stalen staaf met groutomhulling over gehele lengte) in dijk te boren	Toegepast lekdijk Vianen, opgenomen in POVM Publicatie "Vernagelingstechnieken" (PPV)	Nee	Nee	Ja	Idem als dijkstabilisator	<a href="http://www.dijkverbetering.waterschaprivierenland.nl/common/projecten/lekdijk-vianen/over-het-project.html">http://www.dijkverbetering.waterschaprivierenland.nl/common/projecten/lekdijk-vianen/over-het-project.html</a>
<b>Grondverbeteringstechnieken</b>									
Alternatieve ophoogmaterialen	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Toepassing van lichte (actieve zone) of juist zware (passieve zone) ophoogmaterialen om de macrostabiliiteit te verhogen.	Opgenomen in POVM publicatie " Grondverbeteringen"	Nee	Ja	Nee	Later toepassen in planuitwerkingsfase als aannemer ook is aangehaakt. Geen grootschalige toepassing. Wel duurzaamheid aspect. Licht ophoogmateriaal minder transporteffort ook voor piping bij drainairende werking. Aannemers komen hier waarschijnlijk mee. Is duurzaam om grondstoffen te gebruiken die elders overbodig zijn.	POVM publicatie " Grondverbeteringen"
Grondstabilisatie	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Verbetering van grondeigenschappen klei/veen door toevoeging van bindmiddel (cement, kalk, gips)	Opgenomen in POVM publicatie " Grondverbeteringen"	Nee	Ja	Nee	Geen dikke pakketten slappe (=lichte) klei- of veenlagen aanwezig. Deze grondverbeteringstechniek is hier daarom niet efficiënt.	POVM publicatie " Grondverbeteringen"
Consolidatie met drainage	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Door het comprimeren (samendrukken en afvoeren consolidatiewater) van de ondergrond neemt de grensspanning toe, en daarmee de sterkte	Opgenomen in POVM publicatie " Grondverbeteringen"	Nee	Ja	Nee	Geen dunne slappe lagen aanwezig. Risico op kortsluiting	POVM publicatie " Grondverbeteringen"
Granulaire kolommen	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Verzanding van het klei-/veenpakket in passieve zone door installatie van granulaire kolommen	Opgenomen in POVM publicatie " Grondverbeteringen"	Nee	Ja	Nee	Methode is meest efficiënt bij lichte deklaag. Bij CUB is deklaag relatief zwaar dus methode niet efficiënt.	POVM publicatie " Grondverbeteringen"
Gewapende grond/ Terre armee	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Gewapende grond is een gecombineerde constructie van aanvulmateriaal en geogrids en/of geotextielen en wordt laagsgewijs opgebouwd	Opgenomen in POVM publicatie " Grondverbeteringen"	Nee	Ja	Ja	Kan worden toegepast bij ruimtegebrek (steil talud benodigd)	POVM publicatie " Grondverbeteringen"
Mixed in place-light	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Methode grondverbetering bind grond met bindmiddel. Mixed in Place (Light) is een oplossing voor een ondiep glijvlak.	Nog geen pilot uitgevoerd	Nee	ja	Ja	Speelt niet echt binnen CUB maar wel meenemen	Innovatiescan POV-M, Matchmaking-tussen-innovaties-en-projecten
Proviacal	Materiaalinnovatie	Grondverbetering	Grondbehandeling met Proviacal waardoor klei beter verwerkbaar is en verbetert de sterkte en erosiebestendigheid	Buiten waterbouw	Nee	Ja	Nee	Verlagen van watergehalte van klei. In zeeland toegepast bij aanbrengen steenbekleding. Klielagen bij CUB zijn relatief zwaar met een relatief al een klein watergehalte.	HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
<b>Wandconstructies/langsconstructies</b>									
Diepwand	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit		Opgenomen in POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies"
Combiwand	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit		Opgenomen in POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies"
Kistdam	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit		Opgenomen in POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies"
Boorpalenwand	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit		Opgenomen in POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies"
Dijkdeuvel	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	In de grond gevormde groutankerpalen (groutkolommen met stalen kern)	Toegepast dijkverbetering HOP Hagestein Opheuseden, opgenomen in POVM Publicatie "stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	<a href="http://dijkdeuvel.nl/">http://dijkdeuvel.nl/</a>
Damwand kort/schuin	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Korte damwand tegen ondiepe glijvlakken		Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	HWBP Handreiking verkenning versie 2
Damwand kort	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Korte damwand tegen diepe glijvlakken bij opdrijven	Opgenomen in POVM Publicatie "stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm glijvlak gaat over de damwand heen wellicht afsluiten tussenzandlaag bij piping	HWBP Handreiking verkenning versie 2
Korte wand bestaande uit los van elkaar staande boorpalen	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Korte palenwand tegen diepe glijvlakken bij opdrijven	Opgenomen in POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	HWBP Handreiking verkenning versie 2
Soilmixwand ongewapend (voorheen Mixed in Place [MIP] genaamd)	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Methode grondverbetering, bindt grond met bindmiddel	Praktijkproef dijkratje Nieuw Lekkerland Waterschap rivierenland / Verbetering IJsseldijk Gouda (VIJG), opgenomen in POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	Handreiking innovaties waterkeringen groene versie
Damwand schuin	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Damwand schuin ingebracht reductie hor. krachten		Nee	Nee	Ja	Variant op damwandscherm	HWBP Handreiking verkenning versie 2
Trillingsvrij beton damwand	Dijkversterkingstechniek	Uitvoering	Trillingsvrij plaatsen van betonnen damwanden		Nee	Nee	Nee	Variant op damwandscherm, betonnen damwanden worden in NL niet meer geproduceerd	HWBP Handreiking verkenning versie 2
Houten paaltjes/Wootex	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Inbrengen houten palen/paaltjes		Nee	Nee	Nee	Variant op damwandscherm niet relevante bij primaire waterkering	Innovatiescan POV-M: Inspiratie voor innovatie matchmaking tussen innovaties en projecten
Flexibele damwanden/rekbare constructies	Dijkversterkingstechniek	Macrostabiliiteit	Niet duidelijk wat hiermee wordt bedoeld	Onduidelijk	Nee	Nee	Nee	Variant op damwandscherm. Damwand die mag meevormen. Is niet iets innovatiefs.	Plan van aanpak Innovatiescan versie 2.0
<b>Hoogte/overslag</b>									
Golfdepende begroeiing voorland	Dijkversterkingstechniek	Hoogte/Overslag	Door vegetatie aan te brengen worden inkomende golven gedempt waardoor benodigde kerende hoogte beperkt kan worden	recent toegepast fort Steurgat ruimte voor de rivier	Ja	Ja	Ja	Ruimte nodig voor permanente vegetatie van bv wilgen	Innovatie kruinhoogte, WSRL
Flexibele waterkering	Dijkversterkingstechniek	Hoogte/Overslag	Flexibele kering of wegneembare systeemwand. Bespaart ruimte t.o.v. dijkverhoging.	Toegepast Spakenburg/ Maas (systeemwand)	Nee	Ja	Nee	De beheerorganisatie heeft een voorkeur om vaste, definitieve constructies toe te passen. Het toepassen van een flexibele kering is daarom niet kansrijk.	Innovatie kruinhoogte, WSRL
Vaste constructie op kruin	Dijkversterkingstechniek	Hoogte/Overslag	Waterkerende muur aanbrengen op de kruin , coupures voor op- en afritten	Veel toegepast	Nee	Ja	Nee	Deze innovatie past niet in het vastgestelde Ruimtelijk Kwaliteitskader Sterke lekdijk. Daarnaast zal een vaste constructie op de kruin door extra ruimtebeslag de verkeersfunctie van de dijk verminderen. Daarnaast vergt een vaste constructie meer inspanning van de beheersorganisatie. Dit is niet wenselijk.	Innovatie kruinhoogte, WSRL

Desso Grassmaster/grasversterking	Materiaalinnovatie	Overslag	Versterken van grasbekleding door kunststofvezels in de grond te injecteren/ geogrids	Toegepast buiten de waterbouw op sportvelden	Nee	Nee	Nee	Variant op steenbekleding als hoger overslagdeniet benodigd is. Vooral rondom NWO's toepassen (Afferden). Alleen bij maatwerklocaties.	HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
<b>Piping</b>									
Geoclayliners/bentonietmatten/Dantoniet	Materiaalinnovatie	Piping / Macrostabiteit	Vergroten intredeweerstand	Waterschap Peel en maasvallei	Ja	Nee	Ja	Variant op klei ingraving. Ingrijpend in ontwerp (onder leeflaag) in combinatie met natuurontwikkeling. Weerstand neemt toe bij hoogwater. Kan ook worden toegepast bij overslag t.b.v. versterking binnentalud bij macrostabiteit.	HWBP Handreiking verkenning versie 2
Prolock B	Materiaalinnovatie	Piping	Kunststof kwelschermen	Toegepast regionale kering delfland	Ja	Nee	Ja	Variant op heavescherm gelimeteerd door aanbrengrdiepte, duurzaam in dubocalc	Eindrapportage fase 2 RWS POV piping verkenning innovaties , HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
Trisoplast	Materiaalinnovatie	Piping	Trisoplast is een waterdicht mengsel van zand, bentoniet en polymeer dat reeds geruime tijd toegepast wordt voor de afichting van stortplaatsen.	Nee	Ja	Nee	Ja	De techniek wordt nu ingezet in een verticale uitvoering (variant op heavescherm) waarbij het tot 8 meter diep als kwelscherm aangebracht wordt. De maakbaarheid van deze variant is echter nog niet aangetoond (Trisoplast is te slap).	Eindrapportage fase 2 RWS POV piping verkenning innovaties, HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
Soilmix wand (als heavescherm)	Dijkversterkingstechniek	Piping	Methode grondverbetering, bindt grond met bindmiddel	Praktijkproef dijktraject Nieuw Lekkerland Waterschap rivierenland / Verbetering IJsseldijk Gouda (VIJG), opgenomen in POVM Publicatie "Stabiliteitsverhogende Langsconstructies" (PPL)	Ja	Nee	Ja	Variant op damwandscherm (heavescherm)	Handreiking innovaties waterkeringen groene versie, Innovaties uit de markt, fase 2, POV piping
Verticaal zanddicht geotextiel (VZG)	Dijkversterkingstechniek	Piping	Piping wordt voorkomen door stoppen zandtransport doormiddel van geotextiel	Pilot bij Hagestein Opheusden. Ontwerpen beoordelingsrichtlijn beschikbaar	Ja	Nee	Ja	Dichtslibbing is mogelijk en nog onduidelijk; dit is een beheersrisico.	HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
SoSeal	Dijkversterkingstechniek	Piping	Injectie van producten van aluminiumverbindingen en organisch materiaal de doorlatendheid verminderen, om dunne zandlagen af te dichten	2016 Pilot uitgevoerd aan de Veersedijk tussen Schoonhovenseveer en Langerak (WSRL)	Ja	Nee	Ja	Functioneren van doorlatendheid lan worden gemonitord met peilbuizen.	Eindrapportage fase 2 RWS POV piping verkenning innovaties
Grofzand barriere (GZB)	Dijkversterkingstechniek	Piping	De Grof Zand Barrière (sleuf met grover zand) onderbreekt het transport van zand bij piping, zonder de waterstroom te onderbreken.	Proef ijkdijk pilot LiveDike, Pilot Gameren	Ja	Nee	Ja	Is nog niet helemaal in detail uitgewerkt	Eindrapportage fase 2 RWS POV piping verkenning innovaties
Grindkolommen, grindkoffer, zandpalen	Dijkversterkingstechniek	Piping	Aanbrengen kolom grind of zand voor drainerende werking	Proef	Ja	Nee	Ja	Variant grindkoffer / drainage / GZB; probleem is extra kwelwater, kan leiden tot verdroging	HWBP Handreiking verkenning versie 2
Biogrout	Materiaalinnovatie	Piping	Calciet-producerende bacterien plakken zandkorrels aan elkaar en stoppen ontwikkeling pipe	Onbekend	Ja	Nee	Ja	Deze methode kan toegepast worden in het watervoerende zandpakket nabij het uittredepunt van piping	Innovaties uit de markt, fase 2, POV piping
<b>Analyse/onderzoek</b>									
ISAC piping / HPT / Piping CSI / (A)MPT	Monitoring en meten	Piping	Onderzoeksmethode in situ doorlatendheid bodemlagen bepaald kan worden	HPT en MPT: bewezen innovatie. AMPT wordt in onderzoeksfase, toegepast	Ja	Ja	Ja	Kan pipingopgave en dus ruimtebeslag beperken	Eindrapportage fase 2 RWS POV piping verkenning innovaties
Grondradar voor dunne kleilagen Miramap	Monitoring en meten Monitoring en meten	Piping Bekleding	Karteringsmethode voor kleilaagdikte voorland Dijscan naar asfaltdikte, holle ruimtes in en onder het asfalt, natte en droge plekken doormiddel van bodemvochtscanner (warmte)camera's GPS	Bewezen innovatie, toegepast Bewezen innovatie	Ja Nee	Ja Nee	Ja Nee	Kan pipingopgave en dus ruimtebeslag beperken Niet relevant voor dit project (geen asfaltbekleding)	HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015 HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
Doorlatendheidmetingen voorland	Monitoring en meten	Piping	Meting van doorlatendheid deklaag voorland	Bewezen innovatie	Ja	Ja	Ja	Met behulp van een infiltratiering of -bak kan een hoeveelheid water op enige diepte onder het maaiveld op het voorland worden ingebracht. Door te meten hoe snel dit water wegloopt kan de doorlatendheid van de deklaag worden bepaald.	POV Piping Handreiking grondonderzoek voor Piping
EM-metingen op dikte van deklaag in voorland in rekening te b	Monitoring en meten	Piping	Karteringsmethode voor kleilaagdikte voorland	Bewezen innovatie	Ja	Ja	Ja	Worden toepast bij SAS en WAM	
<b>Drainagetechnieken</b>									
DMC	Dijkversterkingstechniek	Piping / Macrostabiteit	Actief/passief grondwaterstandbeheer in/onder de dijk m.b.v. horizontale drainagebuis.	Toegepast Ommelanderveedijk/Weesen, opgenomen in POVM Publicatie "Drainagetechnieken"	Ja	Ja	Ja	Ervan uitgaande dat alle drainagetechnieken innovatief zijn. Afvoer van water vergt ruimte lokaal worden toegepast	HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
Waterontspanner (bronneringssysteem)	Dijkversterkingstechniek	Piping / Macrostabiteit	Passief stijghoogtebeheer onder de deklaag	Toegepast lekdijk (SLA), opgenomen in POVM Publicatie "Drainagetechnieken"	Ja	Ja	Ja	Ervan uitgaande dat alle drainagetechnieken innovatief zijn. Afvoer van water vergt ruimte	<a href="https://waterontspanner.nl/">https://waterontspanner.nl/</a>
Grindkoffer	Dijkversterkingstechniek	Piping / Macrostabiteit	Passief stijghoogtebeheer onder de deklaag	Toegepast in Spijk, opgenomen in POVM Publicatie "Drainagetechnieken"	Ja	Ja	Ja	Ervan uitgaande dat alle drainagetechnieken innovatief zijn. Afvoer van water vergt ruimte	POVM Publicatie "Drainagetechnieken"
<b>Dijkbeheer</b>									
StabiAlert	Monitoring en meten	Beheer	Tril en tilt sensoren geven integraal beeld waterkering	toegepast buiten waterbouw, proeven ijkdijk	Nee	Nee	Nee	Monitoring is relevant voor beheerfase. Hier niet relevant voor dijkversterking.	HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
DMC	Monitoring en meten	Beheer	Actief grondwaterstandbeheer in/onder de dijk	Toegepast Ommelanderveedijk	Nee	Nee	Nee	Monitoring is relevant voor beheerfase. Hier niet relevant voor dijkversterking.	HWBP kansenscan kennis en innovatie 2015
<b>Rekentechnieken</b>									
Beter bepaling sterkte Noorse steen ( POV Wadden)	Materiaalinnovatie	Bekleding	Invetariseren , aanscherpen toetsmethode, rekenmethode	lab	Nee	Nee	Nee	Niet relevant voor dit project (geen Noorse steen)	POV Waddenzeedijken
Betere bepaling sterkte gras en kleibekledingen ( POV Wadden)	Rekentechniek	Bekleding	Ontwikkelen nieuwe toetsregels m.b.t. gras en kleibekledingen	pilot	ja	Nee	Ja	Kennis kan wellicht gebruikt worden	POV Waddenzeedijken
Beperking ankerkrachttoename Benutten actuele sterkte (POVM)	Rekentechniek Rekentechniek	Macrostabiteit Macrostabiteit	Nieuwe rekenmethode om in plaxis te rekenen Meenemen bewezen sterkte	pilot O.a. bij KIJK toegepast	Nee Nee	Nee Ja	Ja Ja	Kennis kan worden gebruikt bij uitwerken van constructieve oplossingen. Door gericht grondonderzoek, nauwkeurigere modelleren en/of probabilistische rekenen kan de scope voor de buitenwaartse versterking mogelijk worden verkleind.	POVM POVM Actuele sterkte
Sterkte in opbarstzone (POVM) POV - voorland	Rekentechniek Rekentechniek	Macrostabiteit Hoogte/bekleding/Macros	Meer sterkte uit opbarstzone meenemen Rekenmodel hoe meenemen van voorland	lopende ontwikkeling Opgenomen in "Handreiking Voorlanden", POV Voorlanden	Ja Ja	Ja Ja	Ja Ja	Meenemen als kennis beschikbaar komt Kan opgave van verschillende mechanismen verkleinen	POVM Opbarsten consequentie-analyse, POVM Handreiking Voorlanden
Damwanden berekenen op basis van POVM Publicatie stabilite	Rekentechniek	Macrostabiteit	Rekenmethode om langsconstructies te berekenen	Kennis vastgelegd in POVM Publicatie stabiliteitsverhogende langsconstructies (PPL)	Nee	Ja	Ja	Constructieve oplossingen om macrostabiteit te vergroten worden berekend conform deze publicatie.	POVM Publicatie stabiliteitsverhogende langsconstructies (PPL)
In rekening brengen reststerkte kleilaag onder grasbekleding	Rekentechniek	Bekleding	Reststerkte van klei meenemen bij beoordeling grasbekleding	Toegepast bij Grebbedijk	Ja	Nee	Ja	Wanneer de aanwezige grasbekleding niet voldoet kan wellicht door het in rekening brengen van de erosiersterkte van de klei onderlaag de bekleding alsnog worden goedgekeurd.	Land+Water nr 5 , mei 2019 "Erosiersterkte klei voorkomt harde bekleding bij dijk"
Pipingberekeningen met DGEO-flow	Rekentechniek	Piping	Met D-Geo Flow kan een pipingberekening worden uitgevoerd waarbij een gelaagde grondopbouw, tijdsafhankelijke belasting in rekening wordt gebracht.	Wordt al toegepast in CUB bij maatwerknaapak piping	Nee	ja	Ja	De rekenmethode om een gelaagde grondopbouw in rekening te brengen wordt al toegepast binnen CUB in het maatwerkonderzoek voor piping. De gelaagdheid wordt bepaald o.b.v. de HPT-sonderingen.	POV Piping
In rekening brengen van Duurzaamheid met Dubocalc	Proces	Algemeen	DuboCalc is het rekenprogramma dat werken in de GWW-sector beoordeelt op duurzaam materiaal- en energieverbruik. De waterbouwsector en RWS zijn in gesprek hoe een innovatie op een werk het beste kan worden gewaarborgd binnen het DuboCalc-systeem	Loopt al via RWS	Ja	Nee	Ja	De afweging van alternatieven kan mede worden uitgevoerd o.b.v. de duurzaamhed van een ontwerp m.b.t. DuboCalc.	RWS
Probabilistische hoogte analyse	Rekentechniek	Hoogte	Door een probabilistische benadering van waterstand/golven kan de ontwerphoogte van de waterkering worden gereduceerd	lopende ontwikkeling	Nee	Ja	Ja	Er is bij CUB op een klein gedeelte sprake van een hoogtetekort. Een probabilistische hoogteanalyse	POV Macrostabiteit
POV piping werkplaats	Proces	Piping	Brede kennis van gebiedservaring gebruiken bij piping analyses	Wordt al toegepast in CUB bij maatwerknaapak piping	ja	Ja	Ja	Een werkplaats piping wordt al toegepast binnen CUB in het maatwerkonderzoek voor piping.	POV Piping
Op een juiste wijze in rekening brengen van golfoverslagdebi	Rekentechniek	Macrostabiteit		lopende ontwikkeling	Ja	Ja	Ja	Meenemen als kennis beschikbaar komt	POV Macrostabiteit

## Bijlage B: Kansrijke innovaties

Innovatie (naam)	Faalmechanisme	Korte beschrijving
<b>Oplossing hoogte/overslag</b>		
Rijke dijk / POV-Voorland	Dijkconcept	Natuurlijke overgang tussen water en dijk golfremming door vegetatie
Golfdempende begroeiing voorland	Hoogte/Overslag	Door vegetatie aan te brengen worden inkomende golven gedempt waardoor benodigde kerende hoogte beperkt kan worden
<b>Oplossing macrostabiliteit met beperkt ruimtebeslag</b>		
JLD Dijkstabilisator	Macrostabiliteit	Stabilisatie door JLD ankers tot in draagkrachtige zandlaag
Dijkvernageling	Macrostabiliteit	Sterkte uit slappe lagen door nagels (stalen staaf met groutomhulling over gehele lengte) in dijk te boren
Gewapende grond/ Terre armee	Macrostabiliteit	Gewapende grond is een gecombineerde constructie van aanvulmateriaal en geogrids en/of geotextielen en wordt laagsgewijs opgebouwd
Mixed in place-light	Macrostabiliteit	Methode grondverbetering bind grond met bindmiddel. Mixed in Place (Light) is een oplossing voor een ondiep glijvlak.
Diepwand	Macrostabiliteit	
Combiwand	Macrostabiliteit	
Kistdam	Macrostabiliteit	
Boorpalenwand	Macrostabiliteit	
Dijkdeuvel	Macrostabiliteit	In de grond gevormde groutankerpalen (groutkolommen met stalen kern)
Damwand kort/schuin	Macrostabiliteit	Korte damwand tegen ondiepe glijvlakken
Damwand kort	Macrostabiliteit	Korte damwand tegen diepe glijvlakken bij opdrijven
Korte wand bestaande uit los van elkaar staande boorpalen	Macrostabiliteit	Korte palenwand tegen diepe glijvlakken bij opdrijven
Soilmixwand ongewapend (voorheen Mixed in Place [MIP] genoemd)	Macrostabiliteit	Methode grondverbetering, bindt grond met bindmiddel
Damwand schuin	Macrostabiliteit	Damwand schuin ingebracht reductie hor. krachten
Geoclayliners/bentonietmatten/Dantoniet	Piping / Macrostabiliteit	Vergroten intredeweerstand op het voorland
<b>Oplossing piping met beperkt ruimtebeslag</b>		
Prolock B	Piping	Kunststof kwelschermen
Trisoplast	Piping	Waterdicht mengsel van zand bentoniet en polymeer als kwelscherm
Soilmix wand (als heavescherm)	Piping	Methode grondverbetering, bindt grond met bindmiddel
Verticaal zanddicht geotextiel (VZG)	Piping	Piping wordt voorkomen door stoppen zandtransport doormiddel van geotextiel
Grofzand barriere (GZB)	Piping	De Grof Zand Barrière (sleuf met grover zand) onderbreekt het transport van zand bij piping, zonder de waterstroom te onderbreken.
Grindkolommen, grindkoffer, zandpalen	Piping	Aanbrengen kolom grind of zand voor drainerende werking
DMC	Piping / Macrostabiliteit	Actief/passief grondwaterstandbeheer in/onder de dijk m.b.v. horizontale drainagebuis.
Waterontspanner (bronneringssysteem)	Piping / Macrostabiliteit	Passief stijghoogtebeheer onder de deklaag



Grindkoffer	Piping / Macrostablieiteit	Passief stijghoogtebeheer onder de deklaag
SoSeal	Piping	Injectie van producten van aluminiumverbindingen en organisch materiaal de doorlatendheid verminderen, om dunne zandlagen af te dichten
Biogrout	Piping	Calciet-producerende bacterien plakken zandkorrels aan elkaar en stoppen ontwikkeling pipe
<b>Monitoring en meten</b>		
ISAC piping / HPT / Piping CSI / (A)MPT	Piping	Onderzoeksmethode in situ doorlatendheid bodemlagen bepaald kan worden
Grondradar voor dunne kleilagen	Piping	Karteringsmethode voor kleilaagdikte voorland
Doorlatendheidmetingen voorland	Piping	Meting van doorlatendheid deklaag voorland
EM-metingen op dikte van deklaag in voorland in rekening te brengen	Piping	Karteringsmethode voor kleilaagdikte voorland
<b>Rekentechnieken</b>		
Betere bepaling sterkte gras en kleibekledingen ( POV Wadden)	Bekleding	Ontwikkelen nieuwe toetsregels m.b.t. gras en kleibekledingen
Benutten actuele sterkte (POVM)	Macrostablieiteit	Meenemen bewezen sterkte
Sterkte in opbarstzone (POVM)	Macrostablieiteit	Meer sterkte uit opbarstzone meenemen
POV - voorland	Hoogte/bekleding/Macrostablieiteit/Piping	Rekenmodel hoe meenemen van voorland
Damwanden berekenen op basis van POVM Publicatie stabiliteitsverhogende langsconstructies (PPL)	Macrostablieiteit	Rekenmethode om langsconstructies te berekenen
In rekening brengen reststerkte kleilaag onder grasbekleding	Bekleding	Reststerkte van klei meenemen bij beoordeling grasbekleding
Pipingberekeningen met DGEO-flow	Piping	Met D-Geo Flow kan een pipingberekening worden uitgevoerd waarbij een gelaagde grondopbouw, tijdsafhankelijke belasting in rekening wordt gebracht.
Probabilistische hoogte analyse	Hoogte	
Op een juiste wijze in rekening brengen van golfoverslagdebiet t.b.v. infiltratie	Macrostablieiteit	
<b>Proces</b>		
POV piping werkplaats	Piping	Brede kennis van gebiedservaring gebruiken bij piping analyses
In rekening brengen van Duurzaamheid met Dubocalc	Algemeen	DuboCalc is het rekenprogramma dat werken in de GWW-sector beoordeelt op duurzaam materiaal- en energieverbruik. De waterbouwsector en RWS zijn in gesprek hoe een innovatie op een werk het beste kan worden gewaarborgd binnen het DuboCalc-systeem