Royal HaskoningDHV
*Enhancing Society Together*

RAPPORT

# Rapport mogelijke alternatieven

Verkenningsfase, dijkversterking Zuid Beveland West (Hansweert)

Klant: Projectorganisatie Waterveiligheid (POW)

Referentie: BF9643WATRP180702

Versie: 2.0/Finale versie

Datum: 15 augustus 2018

Foto: Robbert de Koning

**HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.**

George Hintzenweg 85
3068 AX ROTTERDAM
Netherlands
Water
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
+31 10 209 44 26 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

| | |
|---|---|
| Titel document: | Rapport mogelijke alternatieven |
| Ondertitel: | Mogelijke alternatieven |
| Referentie: | BF9643WATRP180702 |
| Versie: | 2.0/Finale versie |
| Datum: | 15 augustus 2018 |
| Projectnaam: | Dijkversterking Hansweert |
| Projectnummer: | BF9643 |
| Auteur(s): | Erik Arnold |

| | |
|---|---|
| Opgesteld door: | Erik Arnold |
| Gecontroleerd door: | Ric Huting |
| Datum/Initialen: | 17/07/2018 |
| Goedgekeurd door: | Roel van de Laar |
| Datum/Initialen: | 30/072018 |

| Classificatie |
|---|
| Projectgerelateerd |

## Disclaimer

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.*

Royal HaskoningDHV

# Inhoud


| | | |
|---|---|---|
| **1** | **INLEIDING** | **5** |
| 1.1 | Doel | 5 |
| 1.2 | Aanleiding | 5 |
| 1.3 | Ontwerpproces | 5 |
| 1.4 | Leeswijzer | 7 |
| **2** | **Projectomgeving** | **8** |
| 2.1 | Beschrijving projectgebied | 8 |
| 2.2 | Veiligheidsopgave | 9 |
| 2.3 | Uitgangspunten | 10 |
| 2.4 | Programma van Eisen (PvE) | 11 |
| **3** | **Opstellen bouwstenen** | **12** |
| 3.1 | Inventarisatie en selectie | 12 |
| 3.2 | Bouwstenen grondwerk | 12 |
| 3.3 | Bouwstenen constructief | 17 |
| 3.4 | Bouwstenen voorland | 21 |
| 3.5 | Bouwstenen overig | 23 |
| **4** | **Samenstellen mogelijke alternatieven** | **24** |
| 4.1 | Werkwijze en criteria | 24 |
| 4.2 | Overal en altijd toe te passen | 25 |
| 4.2.1 | Bouwstenen die “overal noodzakelijk” zijn | 25 |
| 4.2.2 | Bouwstenen die “op bepaalde locaties noodzakelijk” zijn | 25 |
| 4.3 | Basiskeuze Mogelijke Alternatieven | 27 |
| 4.3.1 | Toelichting werkwijze | 27 |
| 4.3.2 | Beschrijving mogelijk alternatieven | 28 |
| 4.4 | Optimalisaties | 35 |
| **5** | **Vooruitblik** | **38** |
| 5.1 | Vervolgstappen | 38 |
| 5.2 | Parallel spoor | 38 |

Royal HaskoningDHV

## Tabellen

Tabel 1-1: Gehanteerde definities 6
Tabel 2-1: Resultaten veiligheidsbeoordeling per 11 juli 2018 9
Tabel 2-2: Uitgangspunten t.b.v. samenstellen mogelijke alternatieven 10

## Figuren

Figuur 1-1: Ontwerpproces verkenningsfase Hansweert 6
Figuur 2-1: Overzicht traject (van dp 244,50 – dp 296) 8
Figuur 3-1: Oplossingsrichting grondwerk voor hoogte 13
Figuur 3-2: Oplossingsrichting grondwerk voor stabiliteit binnenwaarts 14
Figuur 3-3: Oplossingsrichting grondwerk voor stabiliteit buitenwaarts 15
Figuur 3-4: Oplossingsrichting grondwerk voor piping 16
Figuur 3-5: Oplossingsrichting grondwerk voor bekleding 16
Figuur 3-6: Oplossingsrichting constructief voor hoogte 17
Figuur 3-7: Oplossingsrichting constructief voor stabiliteit binnenwaarts 18
Figuur 3-8: Oplossingsrichting constructief voor stabiliteit buitenwaarts 19
Figuur 3-9: Oplossingsrichting constructief voor piping 20
Figuur 3-10: Oplossingsrichting constructief voor bekleding 21
Figuur 3-11: Oplossingsrichting voorland voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding 22
Figuur 3-12: Oplossingsrichting overig voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding 23
Figuur 4-1: Bouwstenen “overal noodzakelijk” 25
Figuur 4-2: Bouwsteen “op bepaalde locaties noodzakelijk” 25
Figuur 4-3: Bouwsteen “op bepaalde locaties noodzakelijk om stabiliteit te vergroten” 26
Figuur 4-4: Voorbeeld van een mogelijk alternatief 27
Figuur 4-5: MA1, Binnenwaartse dijkversterking met mogelijk (extra) ruimtebeslag binnendijks 28
Figuur 4-6: MA2, Buitenwaartse dijkversterking met mogelijk ruimtebeslag binnendijks 29
Figuur 4-7: MA3, Vierkante dijkversterking, grondwerk en mogelijk ruimtebeslag binnendijks 30
Figuur 4-8: MA4, Verticale kering, met matig ruimtebeslag binnendijks 31
Figuur 4-9: MA5, Verticale kering, zonder ruimtebeslag 32
Figuur 4-10: MA6, Binnenwaartse dijkversterking met verticale kering, zonder ruimtebeslag 32
Figuur 4-11: MA7, Verticale kering met grondwerk, matig tot geen ruimtebeslag 33
Figuur 4-12: MA8, Buitenwaartse dijkversterking met zand, matig tot geen ruimtebeslag binnendijks en veel ruimtebeslag buitendijks 34
Figuur 4-13: Optimalisaties: verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort 35
Figuur 4-14: Optimalisaties, verminderen golfoploop en piping 36

Figuur 4-15: Optimalisaties, vergroting stabiliteit buitenzijde 37

## Bijlagen

A1 Bijlage 1: Overzicht Mogelijke Alternatieven

# 1 INLEIDING

## 1.1 Doel

Dit rapport beschrijft de bouwstenen en de mogelijke alternatieven voor de dijkversterking bij Hansweert.

## 1.2 Aanleiding

Bij de derde toetsronde in 2010 is een deel van de dijk van Hansweert afgekeurd omdat de binnenwaartse stabiliteit onvoldoende is [1]. De veiligheidsbeoordeling volgens de nieuwe normering gaf voor het gehele normtraject N30-2 een aanzienlijk kruinhoogtetekort (tot orde grootte van drie meter), met een totale afkeurlengte van 4550 meter [2]. De totale werklengte van het traject is vastgesteld en opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma 2018-2023 (HWBP) op 5150 meter (van dp 244,50 – dp 296); in Figuur 2-1 is het dijktraject weergegeven [3]. De uitkomsten van deze veiligheidsanalyse vormen de basis voor de opgave van het project Zuid-Beveland West.

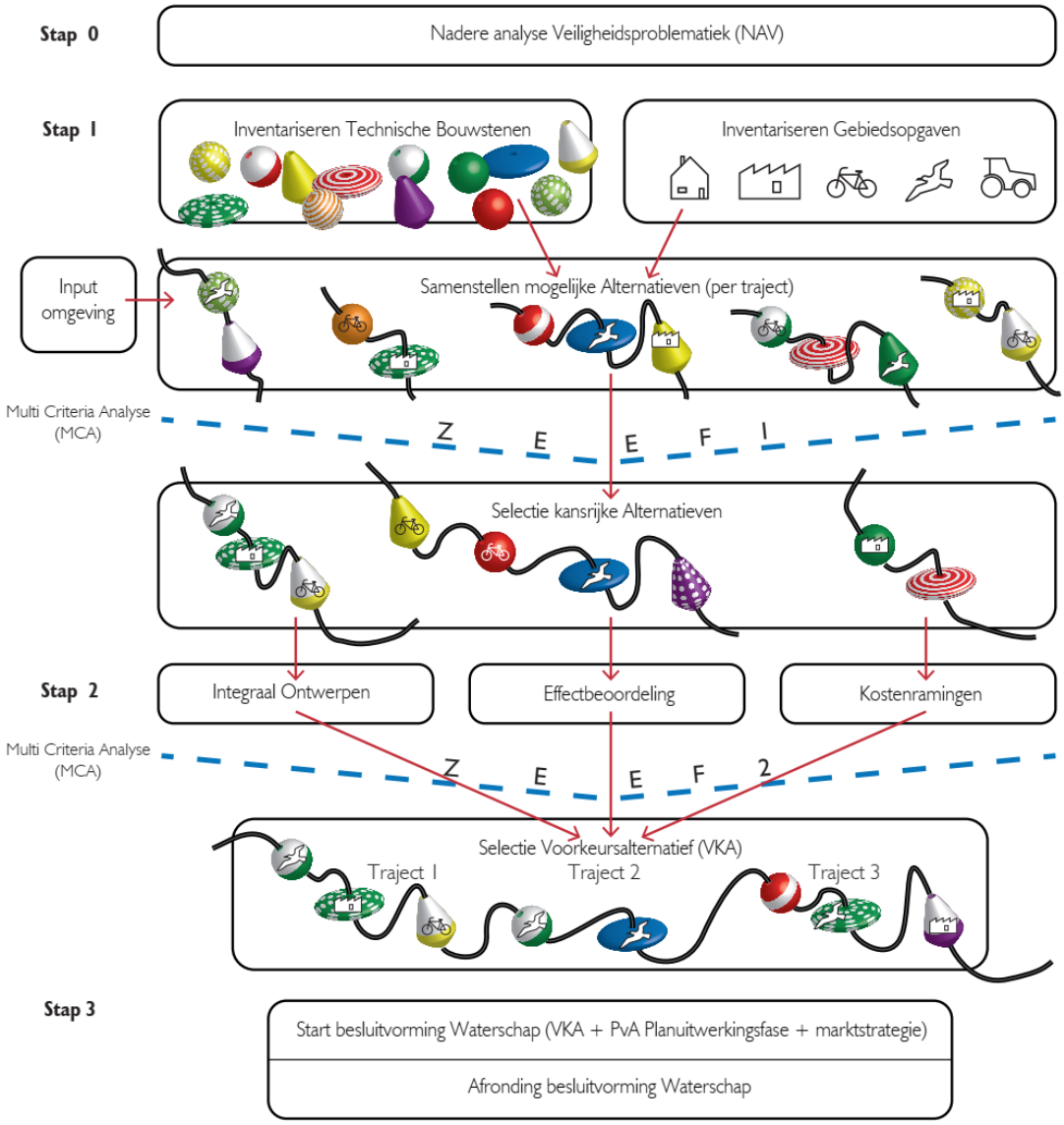
De Projectorganisatie Waterveiligheid (POW), een samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen, onderzoekt de wijze waarop de dijk het beste kan worden versterkt. Hansweert geldt voor het Waterschap als voorbeeldproject, omdat vanaf het begin samen met de omgeving wordt gekeken naar de beste en veiligste oplossing.

## 1.3 Ontwerpproces

Om te komen tot een set bouwstenen en mogelijke alternatieven wordt het ontwerpproces gevolgd zoals beschreven is in de Handreiking Verkenningsfase van HWBP [5], welke verder is uitgewerkt in het door de POW opgestelde Plan van Aanpak Verkenning HWBP Hansweert [4]. Deze werkwijze is gericht op het verkennen van de volledige ontwerpruimte, waarmee het risico is verkleind dat op een later moment nieuwe alternatieven worden aangedragen of alternatieven worden uitgesloten zonder dat de keuze expliciet is gemaakt en onderbouwd. Dit rapport beschrijft hoe de bouwstenen zijn geïnventariseerd, en zijn samengesteld tot mogelijke alternatieven (zie stap 1a, in Figuur 1-1). Daarnaast zijn de uitgangspunten beschreven, zoals gehanteerd tijdens dit proces. Het proces bestaat uit de volgende stappen:

- Stap 0: Uitvoeren van de Nadere Veiligheidsanalyse (NVA);
- Stap 1a: Van Bouwstenen naar Mogelijke alternatieven;
- Stap 1b: Van Mogelijke alternatieven naar Kansrijke alternatieven;
- Stap 2: Van Kansrijke alternatieven naar Voorkeursalternatief;
- Stap 3: Besluitvorming Voorkeursalternatief.

De voorliggende notitie beschrijft het proces en de resultaten van stap 1a. De eerstvolgende stap (zie stap 1b, in Figuur 1-1) binnen de verkenningsfase is het beoordelen van de mogelijke alternatieven aan de hand van een beoordelingskader en vervolgens het selecteren van de kansrijke alternatieven.




*Figuur 1-1: Ontwerpproces verkenningsfase Hansweert*

*Tabel 1-1: Gehanteerde definities*

| # | Gehanteerde definities | |
|---|---|---|
| 1 | Bouwsteen | Technische maatregel waarmee de veiligheid van de dijk met betrekking tot een specifiek faalmechanisme wordt vergroot. |
| 2 | Meekoppelkans | Mogelijkheid om ruimtelijke ambities of opgaven te realiseren in samenhang met het versterken van de kering, het verbeteren van de waterveiligheid is niet het primaire doel. |
| 3 | Mogelijk alternatief (MA) | Logische combinatie van meerdere bouwstenen, die de volledige veiligheidsopgave oplost binnen een traject |
| 4 | Kansrijk alternatief (KA) | Een alternatief dat de volledige veiligheidsopgave oplost en kansrijk is op basis van de criteria uit zeef 1 |
| 5 | Voorkeursalternatief (VKA) | Een alternatief dat de volledige veiligheidsopgave in een dijktraject oplost, en kansrijk is op basis van de criteria uit zeef 2 |

## 1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de mogelijke alternatieven voor de dijkversterking bij Hansweert:

- Hoofdstuk 2 beschrijft de omgeving van het project en de veiligheidsopgave;
- Hoofdstuk 3 geeft het proces weer van de brede inventarisatie en de selectie van de bouwstenen;
- Hoofdstuk 4 bevat een overzicht van de samengestelde mogelijke alternatieven op basis van de geselecteerde bouwstenen;
- Hoofdstuk 5 geeft ten slotte een doorkijk naar het vervolg van de verkenningsfase.

# 2 Projectomgeving

In dit hoofdstuk is het projectgebied beschreven waarbij onderscheid is gemaakt tussen het dijktraject zelf en het omliggende gebied (paragraaf 2.1). Vervolgens is de veiligheidsopgave beschreven waarvoor de dijk bij Hansweert wordt versterkt door waterschap Scheldestromen (paragraaf 2.2). De technische bouwstenen en mogelijke alternatieven zijn opgesteld op basis van uitgangspunten (paragraaf 0) en getoetst aan het Programma van Eisen (paragraaf 2.4).

## 2.1 Beschrijving projectgebied

**Het dijktraject**

In de nieuwe Waterwet van 2017 is een nieuwe norm voor het dijktraject vastgesteld. Het beschouwde dijktraject Hansweert heeft een lengte van ruim 5,15 km, waarbij 4,55 km (dp 244,50 – dp 290) in normtraject N30-2 en 0,6 km (dp 290 – dp 296) in normtraject N30-3 ligt. Ter plaatse van de overgang tussen de twee normtrajecten ligt een overgangszone (tussen dp 290 tot dp 293) waarbij de strengste eis over een lengte van 300 meter is doorgezet (zie Figuur 2-1).

*Figuur 2-1: Overzicht traject (van dp 244,50 – dp 296)*

**Het omliggende gebied**

Het omliggende gebied is grofweg in te delen in drie typen:

- **Kanaal** - dijktraject dat is gelegen aan de voorhaven van de sluis van Hansweert; achter de dijk liggen de restanten van het voormalig sluiscomplex van Hansweert. Aan de zuidzijde is het buitendijkse slibdepot gelegen.
- **Dorp** - dijktraject dat ter hoogte ligt van het dorp Hansweert. Het dorp Hansweert ligt direct achter de dijk. Buitendijks is een bedrijventerrein met bebouwing en havenkom aanwezig.
- **Landelijk gebied**- dijktraject met agrarisch gebied achter de dijk. Voor de dijk aan de Westerschelde ligt Natura2000 gebied.

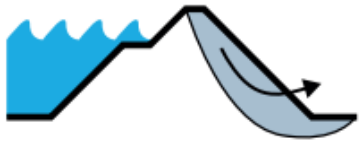
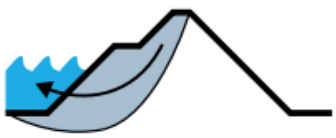
## 2.2 Veiligheidsopgave

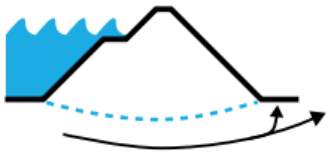
Met de beoordeling op basis van het Wettelijk Beoordelings-Instrumentarium (WBI) geeft de beheerder waterschap Scheldestromen inzicht in het veiligheidsoordeel van het traject. Deze beoordeling is vastgelegd in de Veiligheidsanalyse, waarin wordt verwoord:

- de actuele waterveiligheid van de waterkering op het niveau van de verschillende faalmechanismes;
- de verandering van het veiligheidsbeeld in de tijd;
- de gevoeligheden van de verschillende uitgangspunten.

De uitgangspunten van de beoordeling zijn vastgelegd in de Uitgangspuntennotitie Verkenningsfase [7]. Een overzicht van de verschillende faalmechanismen en de resultaten van de veiligheidsbeoordeling zijn samengevat in Tabel 2-1.

*Tabel 2-1: Resultaten veiligheidsbeoordeling per 11 juli 2018*

| # | | Spoor | Resultaat |
|---|---|---|---|
| 1 | | Hoogtespoor | Overal is een aanzienlijk hoogtetekort, variërend van ca. 0,8m tot 2,8m |
| 2 |  | Stabiliteit binnenwaarts | Stabiliteit binnenwaarts is in de huidige situatie overal onvoldoende; door de benodigde kruinverhoging verslechterd de binnenwaartse stabiliteit |
| 3 | | Steenbekleding | De steenbekleding is tussen dp264 en dp270 over een lengte van 600m afgekeurd (dikte tekort ca 6 cm), het overig deel is goedgekeurd; |
| 4 |  | Stabiliteit buitenwaarts | Resultaat van de berekeningen is nog onbekend; |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 |  <br>Piping en heave<br> <br>Micro-instabiliteit<br> <br>Instabiliteit van het voorland (afschuiving en zettingsvloeiing) | Overige toetssporen | Berekeningen zijn nog niet afgerond. |

## 2.3 Uitgangspunten

Bij het opstellen van de technische bouwstenen en het samenstellen van de mogelijke alternatieven zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

*Tabel 2-2: Uitgangspunten t.b.v. samenstellen mogelijke alternatieven*

| # | Uitgangspunten | Toelichting |
|---|---|---|
| 1 | Over het gehele traject is sprake van een hoogtetekort | Door de grootte van het hoogtetekort is de opgave voor hoogte bepalend voor de volledige ontwerpopgave. |
| 2 | Over het gehele traject dient de erosiebestendigheid van het bovenbeloop van het buitentalud, de kruin en het binnentalud te worden vergroot. | Door het toestaan van een overslagdebiet van 10 l/m/s [7] dient bekleding voldoende erosiebestendig te zijn. Tevens wordt door verbetering voorkomen dat het overslagdebiet door indringing van water in de dijkkern het freatisch vlak in de dijk negatief beïnvloed. |
| 3 | Bekleding is op een klein deel afgekeurd. | De steenbekleding is tussen dp264 en dp270 over een lengte van 600m afgekeurd (dikte tekort ca 6 cm), het overig deel is goedgekeurd. |
| 4 | Over het gehele traject is sprake van Macro Instabiliteit binnenwaarts. | Stabiliteit binnenwaarts is in de huidige situatie overal onvoldoende en verslechterd door de kruinverhoging. |
| 5 | Piping en Heave is niet meegenomen (wel als bouwstenen maar niet in de mogelijke alternatieven). | De toets op Piping en Heave is nog niet afgerond. Omdat enerzijds de maatregelen voor de andere toetssporen positief effect hebben op mogelijke Piping en Heave en anderzijds een maatregel van Piping en Heave relatief eenvoudig is toe te voegen (deze maatregel kan zonder negatief effect op omgeving worden ingepast) wordt Piping en Heave voor de keuze van de het VKA niet meegewogen. |
| 6 | Microstabiliteit en instabiliteit voorland is nog niet meegenomen | Deze toetsen zijn nog net afgerond. Maatregelen voor deze faalmechanismen zijn niet keuzebepalend en kunnen later (verkenningsfase of plantuitwerkingenfase) als optimalisatie worden toegevoegd. |

## 2.4 Programma van Eisen (PvE)

Om het ontwerpproces helder en gestructureerd te laten plaatsvinden is het van belang gemaakte ontwerpafwegingen, keuzen en randvoorwaarden expliciet vast te leggen. De Projectorganisatie Waterveiligheid werkt daarom conform de aanpak Systems engineering van Rijkswaterstaat [4].

Enkele uitgangspunten van Systems engineering zijn:
- Vroeg in de ontwikkelingsfase beschrijven van eisen en functies;
- Tegelijkertijd zowel eisen afleiden als het ontwerp verder uitwerken;
- Opstellen van klanteneisen-, systeemeisen- en vraagspecificaties;
- Gestructureerd ontwerpen van de passende oplossing bij de eisen;
- Realiseren van de oplossing en aantonen dat deze voldoet.

Voor de systematische vastlegging van de eisen wordt zoveel als mogelijk aangesloten op de werkwijze van Rijkswaterstaat door gebruik te maken van GRIP. GRIP is een Relatics omgeving, waarin alle relevante data m.b.t. het project in een omgeving worden vastgelegd en ontsloten door een systeemspecificatie. Een systeemspecificatie is een uitgebreid Programma van Eisen (PvE) en geeft een gestructureerd overzicht van het betreffende systeem (HWBP Zuid-Beveland West), de beschikbare oplossingsruimte, een beschrijving van de benodigde functionaliteiten, de context van het systeem, de geïdentificeerde raakvlakken met (andere systemen in) de omgeving, de eisen gesteld aan het systeem evenals een beschrijving van de gemaakte ontwerpkeuzes, passend bij de eisen. Het betreft een groeidocument waarbij naarmate het project vordert de systeemspecificatie aangevuld zal worden en in detail zal toenemen. Momenteel bevindt het project zich in de verkenningsfase, waarbij de systeemspecificatie Verkenningsfase HWBP Zuid-Beveland West [8] bestaat uit een globale set van eisen waarmee de functies van de dijk zelf als de omliggende infrastructuur zijn geborgd.

Bij het opstellen van deze systeemspecificatie is gebruik gemaakt van:
- de Basisspecificatie Dijk (Rijkwaterstaat, update Waterschap Rivierenland) [6];
- de Uitgangspuntennotitie Verkenningsfase dijkversterking Hansweert [7];
- het Plan van Aanpak Verkenningsfase [4];
- Beleidsdocumenten van waterschap Scheldestromen.

De bouwsteencombinaties ten behoeve van de dijkversterking worden ontworpen op de voorgeschreven levensduur, waarbij de kerende hoogte van de dijk voldoende is om het water te keren, de bekleding bestand is gemaakt tegen beschadiging en waarbij de stabiliteit van de dijk is geborgd (macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts), etc. Daarmee voldoen de bouwstenencombinaties aan de technische eisen. De mogelijke bouwsteencombinaties/alternatieven in dit rapport bieden daarnaast aanknopingspunten om een ruimtelijk kwalitatief dijkontwerp te maken en voldoende ruimte om rekening te kunnen houden met impact op de omgeving (nabij gelegen bebouwing, scheepvaart, Natura2000 gebied, etc.) en de kosten.

# 3 Opstellen bouwstenen

In dit hoofdstuk zijn de technische bouwstenen geïnventariseerd en geselecteerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de oplossingsrichtingen: grondwerk (paragraaf 3.2), constructief (paragraaf 3.3), voorland (paragraaf 3.4) en overig (paragraaf 3.5). De bouwstenen voldoen aan het PvE (paragraaf 0) en vormen mogelijke oplossingen voor de faalmechanismen waarvoor de dijk bij Hansweert is afgekeurd (paragraaf 2.2).

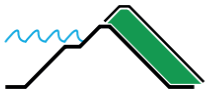
## 3.1 Inventarisatie en selectie

Een bouwsteen is de wijze waarop de veiligheid van de dijk met betrekking tot een specifiek faalmechanisme wordt vergroot. Om te komen tot technische bouwstenen is gestart met een brede inventarisatie van mogelijke bouwstenen aan de hand van drie interne ontwerpsessie (23 mei, 1 en 14 juni 2018) met experts (op het gebied van landschap, waterbouw, omgeving, beheer & onderhoud, innovatie & duurzaamheid). De resultaten van deze ontwerpsessies zijn vervolgens teruggekoppeld aan het hele projectteam op 27 juni 2018.

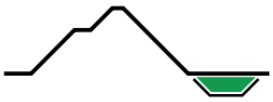
Daarnaast zijn dijkateliers georganiseerd waarbij belanghebbenden, overheden, NGO's en overige belangstellenden zijn uitgedaagd mee te denken in het ontwerpproces. Hierbij zijn alle bouwstenen gepresenteerd en is gezocht naar mogelijke alternatieven per deeltraject. Resultaten van deze bijeenkomst zijn vastgelegd in een beeldverslag [9].

## 3.2 Bouwstenen grondwerk

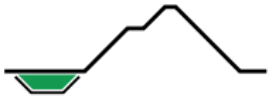
In Figuur 3-1 t/m Figuur 3-5 zijn de bouwstenen gegeven, waarbij de oplossingsrichting is gezocht in grond. De oplossingsrichting grond zal plaatsvinden in klei en zand; het optimale ruimtebeslag versus kruinhoogte wordt bepaald door de geometrie (taludhellingen, bermhoogte en bermbreedte) te variëren. Voordeel van bouwstenen in grond is dat ze relatief eenvoudig uitbreidbaar/aanpasbaar zijn bij een toekomstige dijkversterking en bovendien relatief goedkoop zijn in tegenstelling tot de harde constructieve oplossingsrichting (zie paragraaf 3.3). Nadeel van bouwstenen in grond is dat ze relatief veel ruimte in beslag nemen en daardoor niet altijd inpasbaar zijn in de omgeving. Bij de bouwstenen in grondwerk is wisselend sprake van een binnendijks- of buitendijks ruimtebeslag.

| # | Bouwstenen grondwerk om het hoogtetekort aan te vullen | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Grondwerk |  Ophoging binnendijks | Ophoging van het dijklichaam door het binnendijks aanbrengen van grond. |
| | Verbreden buitenberm | Verbreden van de buitenberm door aanbrengen van grond. Het verbreden van de buitenberm verminderd de golfoploop en golfoverslag en heeft daardoor een positief effect op de benodigde kruinhoogte (om een positief effect te hebben op de benodigde kruinhoogte moet de hoogte van de berm voldoen aan een minimale hoogte). |
| | Ophoging buitendijks | Ophoging van het dijklichaam door het buitendijks aanbrengen van grond. De buitenberm kan op de meest optimale hoogte worden gebracht. |
| | Verflauwen buitentalud | Verflauwen van het buitentalud (van het beneden en/of bovenbeloop) door het zeewaarts verplaatsen van de dijkteen. De buitenberm kan op de meest optimale hoogte worden gebracht. Een flauw buitentalud met een berm op optimale hoogte vermindert de golfoploop en golfoverslag en heeft daardoor een positief effect op de benodigde kruinhoogte |
| | Ophoging binnen- en buitendijks | Ophoging van het dijklichaam door het zowel buitendijks als binnendijks aanbrengen van grond |
| | Bouwstenen voor hoogte | |

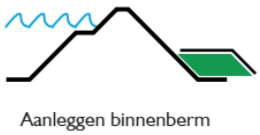
*Figuur 3-1: Oplossingsrichting grondwerk voor hoogte*

| # | Bouwstenen grondwerk om de stabiliteit binnenwaarts te vergroten | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Grondwerk | <br>Verflauwen binnentalud | Verflauwen van het binnentalud door het binnendijks aanbrengen van grond |
| | <br>Verflauwen binnentalud met kruinverlegging | Verflauwen van het binnentalud door het zeewaarts verplaatsen van de kruin en het buitendijks aanbrengen van grond. |
| | <br>Aanleggen binnenberm | Aanbrengen of aanpassen van een binnenberm of steunberm door het binnendijkse aanbrengen van grond. |
| |  <br>Grondverbetering binnenteen | Het uitvoeren van een grondverbetering door het verwijderen van de huidige (slappe) ondergrond en terugplaatsen van sterker en zwaardere grond. |
| | Bouwstenen voor stabiliteit binnenwaarts | |

*Figuur 3-2: Oplossingsrichting grondwerk voor stabiliteit binnenwaarts*

| # | Bouwstenen grondwerk om de stabiliteit buitenwaarts te vergroten | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Grondwerk | Verflauwen buitentalud | Verflauwen van het buitentalud (van het beneden en/of bovenbeloop) door het zeewaarts verplaatsen van de teen / buitendijks aanbrengen van grond. De buitenberm kan op de meest optimale hoogte worden gebracht. |
| | Verflauwen buitentalud met kruinverlegging | Verflauwen van het buitentalud (van het beneden en/of bovenbeloop) door het landwaarts verplaatsen van de kruin en het binnendijks aanbrengen van grond. De buitenberm kan op de meest optimale hoogte worden gebracht. |
| | Verbreden buitenberm | Aanbrengen of aanpassen van een buitenberm of steunberm door het zeewaarts verplaatsen van de teen / buitendijks aanbrengen van grond. |
| | Aanleggen lage buitenberm | Aanbrengen of aanpassen van een lage buitenberm ter plaatse van de kreukelberm. |
| |  Grondverbetering buitenteen | Het uitvoeren van een grondverbetering door het verwijderen van de huidige (slappe) ondergrond en terugplaatsen van sterker en zwaardere grond. |
| | Bouwstenen voor stabiliteit buitenwaarts | |

*Figuur 3-3: Oplossingsrichting grondwerk voor stabiliteit buitenwaarts*

| # | Bouwstenen grondwerk om piping tegen te gaan | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Grondwerk |  | Aanbrengen of aanpassen van een binnenberm of steunberm door het binnendijkse aanbrengen van grond. |
| | Bouwstenen voor piping | |

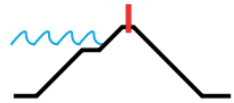
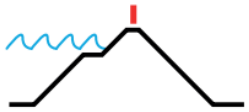
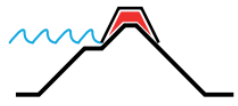
*Figuur 3-4: Oplossingsrichting grondwerk voor piping*

| # | Bouwstenen grondwerk om de bekleding te versterken | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Grondwerk | | Verbreden van de buitenberm door aanbrengen van grond. Het verbreden van de buitenberm vermindert de golfbelasting op het bovenbeloop en heeft daardoor een positief effect op de stabiliteit van de bekleding op het bovenbeloop (om een positief effect te hebben op de stabiliteit van de bekleding moet de hoogte van de berm voldoen aan een minimale hoogte). |
| | Bouwstenen voor bekleding | |

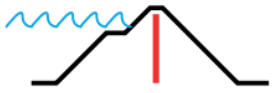
*Figuur 3-5: Oplossingsrichting grondwerk voor bekleding*

## 3.3 Bouwstenen constructief

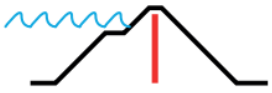
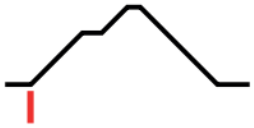
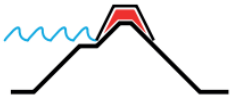
In Figuur 3-6 t/m Figuur 3-10 zijn de bouwstenen gegeven waarbij de oplossingsrichting is gezocht in (beweegbare) harde constructies. Op de kruin van de dijk kan bijvoorbeeld een vaste betonnen keerwand worden toegepast of een bewegende constructie, die alleen tijdens maatgevende omstandigheden de kerende hoogte van de dijk vergroot. Bij een vaste verticale kering valt te denken aan een damwand in het dijklichaam. Voordeel van deze 'constructieve' bouwstenen is dat ze relatief weinig ruimte in beslag nemen en daardoor beter inpasbaar zijn in de omgeving; nadeel van deze bouwstenen is dat ze relatief duur zijn en lastig uitbreidbaar/aanpasbaar zijn bij een toekomstige dijkversterking.

| # | Bouwstenen constructief om het hoogtetekort aan de vullen | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Constructief |  <br>Verticale kering in en op de kruin | Ophoging van de dijk door aanbrengen van een verticale kering in en op de kruin van de dijk |
| |  <br>Beweegbare/wegneembare constructie op kruin | Ophoging van de dijk door het tijdelijk aanbrengen van een verticale kering in en op de kruin van de dijk of het toepassen van een beweegbare constructie die permanent aanwezig is. |
| | <br>Verticale kering buitentalud + grond | Ophoging van de dijk door aanbrengen van een verticale kering en grondaanvulling aan de buitenzijde van de dijk |
| | <br>Verticale kering binnentalud + grond | Ophoging van de dijk door aanbrengen van een verticale kering en grondaanvulling aan de binnenzijde van de dijk |
| |  <br>Gewapende grond constructie | Ophoging van het dijklichaam door het toepassen van een taludversteiling door het aanbrengen van een gewapende grondconstructie |
| | Bouwstenen voor hoogte | |

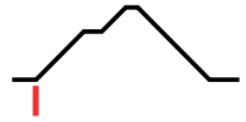
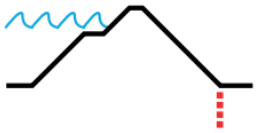
*Figuur 3-6: Oplossingsrichting constructief voor hoogte*

| # | Bouwstenen constructief om de stabiliteit binnenwaarts te vergroten | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Constructief |  Verticale kering in kruin | Toepassen van een verticale kering in de kruin van de dijk. De verticale kering heeft een positief effect het op glijmechanisme waardoor de stabiliteit van het binnentalud verbetert. De verticale kering heeft tevens een positief effect op het freatisch vlak in en onder de dijk. |
| | Verticale kering in buitenberm | Toepassen van een verticale kering in de buitenberm van de dijk. De verticale kering vermindert de instroom van water en heeft een positief effect op het freatisch vlak in en onder de dijk. |
| | Verticale kering in binnenteen | Toepassen van een verticale kering in de binnenteen van de dijk. De verticale kering heeft een positief effect op het glijmechanisme waardoor de stabiliteit van het binnentalud verbetert. De verticale kering heeft tevens een positief effect op het freatisch vlak in en onder de dijk. |
| | Gewapende grond constructie | Toepassen van een gewapende grondconstructie in een bestaand of nieuw talud zorgt dat de stabiliteit toeneemt. |
| | Bouwstenen voor stabiliteit binnenwaarts | |

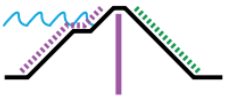
*Figuur 3-7: Oplossingsrichting constructief voor stabiliteit binnenwaarts*

| # | Bouwstenen constructief om de stabiliteit buitenwaarts te vergroten | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Constructief |  <br>Verticale kering in kruin | Toepassen van een verticale kering in de kruin van de dijk. De verticale kering heeft een positief effect het op glijmechanisme waardoor de stabiliteit van het buitentalud verbetert. |
| |  <br>Verticale kering in buitenteen | Toepassen van een verticale kering in de buitenteen van de dijk. De verticale kering heeft een positief effect het op glijmechanisme waardoor de stabiliteit van het buitentalud verbetert. De verticale kering verminderd de instroom van water en heeft een positief effect op het freatisch vlak in en onder de dijk. |
| | <br>Verticale kering in buitenberm | Toepassen van een verticale kering in de buitenberm van de dijk. De verticale kering heeft een positief effect het op glijmechanisme waardoor de stabiliteit van het buitentalud verbetert. De verticale kering vermindert de instroom van water en heeft een positief effect op het freatisch vlak in en onder de dijk. |
| |  <br>Gewapende grond constructie | Toepassen van een gewapende grondconstructie in een bestaand of nieuw talud zorgt dat de stabiliteit toeneemt. |
| | Bouwstenen voor stabiliteit buitenwaarts | |

*Figuur 3-8: Oplossingsrichting constructief voor stabiliteit buitenwaarts*

| # | Bouwstenen constructief om piping tegen te gaan | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Constructief |  Verticale kering in buitenteen | Toepassen van een verticale kering in de buitenteen van de dijk. De verticale kering vermindert de instroom van water en heeft een positief effect op piping en heave. |
| |  Verticale kering in binnenteen (poreus) | Toepassen van een verticale maatregel in de binnenteen van de dijk. De verticale maatregel reguleert de uitstroom van water, waarbij uitspoeling van gronddeeltjes wordt voorkomen. Innovatieve maatregelen zijn onder andere een grof-zand barrière, verticaal geotextiel of zandpalen. |
| | Verticale kering in binnenteen (dicht) | Toepassen van een verticale constructie in de binnenteen van de dijk. De verticale constructie voorkomt de uitstroom van water en uitspoeling van gronddeeltjes. |
| | Bouwstenen constructief voor piping | |

*Figuur 3-9: Oplossingsrichting constructief voor piping*

| # | Bouwstenen constructief om de bekleding te versterken | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| Constructief | Vernieuwen of aanpassen benedenbeloop | Het aanbrengen van een nieuwe steenbekleding of het verbeteren van de huidige steenbekleding (bijvoorbeeld overlagen) op het benedenbeloop van de dijk |
| | Verstevigen bovenbeloop met hard materiaal | Het aanbrengen van een nieuwe bekleding op het bovenbeloop van de dijk bestaande uit een hard materiaal (bijvoorbeeld steenbekleding) |
| | Verstevigen bovenbeloop met zacht materiaal | Het aanbrengen van een nieuwe bekleding op het bovenbeloop van de dijk bestaande uit een zacht materiaal (bijvoorbeeld gras en klei) |
| |  Accepteren faalkans bekleding dankzij verticale kering | Het accepteren van een grotere faalkans of schade aan de bekleding, door het overnemen van de functie van de bekleding door een zelfstandig kerende constructie (verticale kering zoals een diepwand). De bekleding hoeft daardoor niet te worden versterkt. |
| | Bouwstenen constructief voor bekleding | |

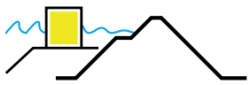
*Figuur 3-10: Oplossingsrichting constructief voor bekleding*

## 3.4 Bouwstenen voorland

In Figuur 3-11 zijn de bouwstenen gegeven waarbij de oplossingsrichting is gezocht in het voorland.

- Door het verhogen van het voorland wordt de belasting op de dijk en daarmee de benodigde kruinhoogte verlaagd. Een verhoging van het voorland kan worden uitgevoerd in zand (op het slik) of in klei (op het haventerrein of het slibdepot);
- De sterkte van de waterkering kan ook worden vergroot door het (periodiek) aanbrengen van een zachte bekleding in de vorm van zand. Waterkeringen die gebruikmaken van een combinatie van ‘harde’ en ‘zachte’ versterkingstechnieken, worden hybride waterkeringen genoemd. Een duin voor een dijk zorgt voor een verbetering van het waterkerend vermogen van een dijk. Het zand dat tijdens een storm van een duin afslaat, komt terecht op de vooroever van een dijk. De vooroever functioneert daardoor als een golfbreker en beperkt verdere afslag van de dijk. Tijdens rustige perioden wordt het zand weer naar de duinstrook getransporteerd. Anders gezegd, hoe meer zand aanwezig is op de vooroever en het strand, hoe groter het waterkerende vermogen van de duinstrook. Voorbeelden zijn de recentelijk uitgevoerde versterking van het Sophiastrand en de Oesterdam of de Dijk-in-Duin oplossing bij Katwijk. Een nadeel van deze oplossing is dat na verloop van tijd weer nieuw zand moet worden aangebracht; een stuk periodiek onderhoud dus.

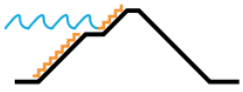
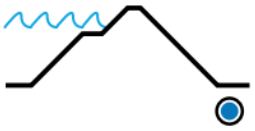
Voordeel van deze oplossingsrichting is dat de golfoploop wordt verminderd en daarmee het hoogte tekort wordt beperkt; daarnaast verlaagd het de belasting op de steenbekleding en vergroot het de stabiliteit aan de buitenzijde van de dijk. Nadeel van deze oplossingsrichting is dat bijna al deze bouwstenen niet de volledige veiligheidsopgave oplossen en dus meer als optimalisaties moeten worden gezien (in combinatie met andere bouwstenen).

| # | Bouwstenen voorland voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| voorland | Golfbreker vast of drijvend | Het aanbrengen van een golfbreker aan de zeezijde van de dijk. De benodigde kruinhoogte wordt verlaagd en stabiliteit van de bekleding wordt verbeterd door de golfbelasting op de dijk te verlagen. Dit kan door in het water of op het voorland aan de zeezijde van de dijk een golfbreker aan te brengen in de vorm van bijvoorbeeld een breukstenen dam. Ook kan de bestaande havendam worden verhoogd en versterkt. Op de locatie van het slibdepot kan de golfbreker mogelijk op het slibdepot (bermhoogte) worden geplaatst. |
| | Verhoogd voorland | Het aanbrengen van een verhoogd voorland aan de zeezijde van de dijk. De benodigde kruinhoogte wordt verlaagd en stabiliteit van de bekleding wordt verbeterd door de golfbelasting op de dijk te verlagen. Dit kan door het voorland aan de zeezijde van de dijk te verhogen. Tevens heeft dit positief effect op stabiliteit en tegengaan van piping. Het huidige bedrijventerrein en het slibdepot vervullen deze functie. |
| |  Niet waterkerend object op verhoogd voorland | Het aanbrengen van waterkerende objecten of het toekennen van sterkte aan bestaande niet waterkerende objecten, zoals bebouwing op het buitendijkse bedrijventerrein zorgt voor het reduceren van de golfbelasting op de achterliggende dijk. De benodigde kruinhoogte wordt verlaagd en stabiliteit van de bekleding wordt hierdoor verbeterd. |
| | Zand of duin | Het aanbrengen van een zandbuffer of duin aan de zeezijde van de dijk. De benodigde kruinhoogte wordt verlaagd en stabiliteit van de bekleding wordt verbeterd door de golfbelasting op de dijk te verlagen. Tevens heeft dit positief effect op de stabiliteit. |
| | Bouwstenen voorland voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding | |

*Figuur 3-11: Oplossingsrichting voorland voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding*

## 3.5 Bouwstenen overig

In Figuur 3-12 zijn de overige bouwstenen gegeven voor de hoogte-, stabiliteits- en pipingsopgave. Het toepassen van een golfoploop remmende bekleding op buitentalud, een drainage of het dempen van de sloot lossen de veiligheidsopgave niet helemaal op en moeten dus als optimalisaties worden gezien.

| # | Overige bouwstenen voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding | |
|---|---|---|
| | **Bouwstenen** | **Toelichting** |
| overig |  <br>Golfoplooprremmende bekleding buitentalud | Door het verminderen van de golfoploop op het buitentalud van de dijk zal de benodigde kruinhoogte afnemen. De golfoploop kan worden verminderd door het toepassen van een ruwere dijkbekleding. Een ruwe dijkbekleding bestaat bijvoorbeeld uit losse breuksteen (meest effectieve variant) of open steenasfalt of bijvoorbeeld variatie in hoogte van betonzuilen (minder effectief). |
| | <br>Versterking binnentalud | Vergroten van de erosiebestendigheid en verlagen van de waterdoorlatendheid van het binnentalud van de dijk door het aanbrengen van een erosiebestendig materiaal (bijvoorbeeld dikke kleilaag). |
| |  <br>Drainage | De stabiliteit van het binnentalud kan vergroot worden door het aanbrengen van een drainage in de binnenteen van de dijk. De drainage zal de freatische grondwaterstand verlagen waardoor een afschuiving minder snel zal optreden. De drainage kan bestaan uit een drainagekoffer (horizontale drainage, drenotube) of een verticale drainage (bijvoorbeeld grindpalen). De maatregel kan tevens piping en heave tegengaan. |
| | <br>Sloot dempen | De stabiliteit van het binnentalud kan vergroot worden door het aanpassen van de bestaande watergang, door het verplaatsen of dempen. |
| | Bouwstenen voorland voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding | |

*Figuur 3-12: Oplossingsrichting overig voor hoogte, stabiliteit, piping en bekleding*

# 4 Samenstellen mogelijke alternatieven

In dit hoofdstuk is de werkwijze die is gevolgd verwoord en zijn de criteria beschreven die zijn gehanteerd bij het samenstellen van de mogelijke alternatieven. De grootte van de hoogte-, stabiliteits- en bekledingsopgave en de mate waarin een bouwsteen de opgave kan oplossen, bepaalt of een bouwsteencombinaties mogelijk is (of niet). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen bouwstenen die overal en altijd toegepast kunnen worden (paragraaf 4.2), zijn er een aantal keuze mogelijkheden met bouwstenen (paragraaf 4.3) en zijn er een aantal optimalisaties mogelijk met bouwstenen (paragraaf 4.4).

## 4.1 Werkwijze en criteria

Bij het samenstellen van de mogelijke alternatieven is de volgende werkwijze en zijn de volgende criteria toegepast:

- de volledige set bouwstenen dient te worden toegepast in één of meerdere mogelijke alternatieven, zodat geen impliciete keuze wordt gemaakt waardoor een bouwsteen afvalt;
- er wordt alleen beoordeeld of een combinatie van bouwstenen bijdraagt aan de benodigde opgave, er wordt geen keuze gemaakt of iets wel/niet wenselijk is;
- in de set mogelijke alternatieven worden alleen bouwstenen toegepast die de opgave volledig kunnen oplossen (bijvoorbeeld het volledige hoogtetekort). Bouwstenen die slechts een deel de opgave oplossen of de opgave aanzienlijk minder effectief oplossen (een steunberm is een factor twee effectiever dan een taludverflauwing bij een identiek ruimtebeslag) worden als 'optimalisatie' gezien en kunnen later (in de verkenningsfase of in de planuitwerkingsfase) aan een mogelijk alternatief worden toegevoegd;
- bij het samenstellen van de mogelijke alternatieven worden bouwstenen separaat genoemd die overal nodig zijn (bijvoorbeeld 'het versterken van het bovenbeloop buitenwaarts' is overal en altijd nodig);
- een set mogelijke alternatieven bestaat uit een ‘logische combinatie’ van verschillende bouwstenen, waarbij is voorgesorteerd op een buitenwaartse, binnenwaartse of vierkante dijkversterking met weinig of veel ruimtebeslag;
- het aantal harde constructies is geminimaliseerd door in één mogelijk alternatief het aantal harde constructies te beperken (dus niet aan binnen- en buitenzijde van de waterkering constructies opnemen);
- in principe wordt gekozen voor een volledige oplossing in grond, als het echt niet anders kan komen harde constructies in beeld (zie bijvoorbeeld Mogelijke Alternatief 1, 2 , 3, 7 en 8);
- mogelijke alternatieven worden opgesteld op doorsnedeniveau. Er wordt nog geen combinatie gemaakt voor het gehele traject van 5,1km lengte;

## 4.2 Overal en altijd toe te passen

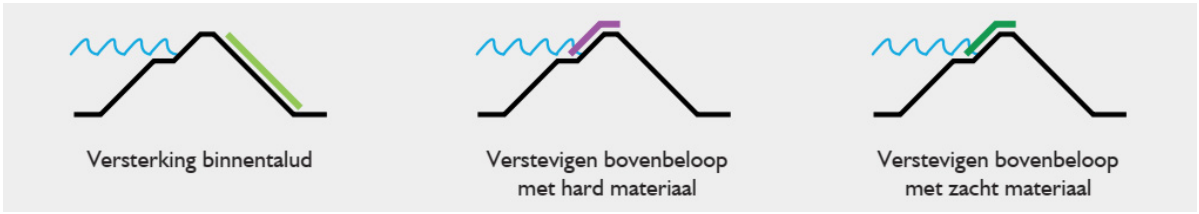
In Figuur 4-1 en Figuur 4-2 zijn de bouwstenen weergegeven die onafhankelijk van de te maken keuzen toegepast worden. Deze bouwstenen betreffen bouwstenen die “overal noodzakelijk” zijn, en bouwstenen die “op bepaalde locaties noodzakelijk” zijn.

### 4.2.1 Bouwstenen die “overal noodzakelijk” zijn

Doordat een hoger overslagdebiet wordt toegestaan [1] onder maatgevende stormomstandigheden zal meer water over dijk slaan; om erosie van het bovenbeloop, de kruin en het binnentalud te voorkomen zal het binnentalud moeten worden versterkt. Tevens is dit noodzakelijk om te voorkomen dat er door oploop en overslag water in het dijklichaam zal indringen.

Om golfaanval op te kunnen nemen met de bekleding zal het bovenbeloop op het buitentalud ook moeten worden verstevigd met hard of zacht materiaal.

De bouwstenen die “overal noodzakelijk” zijn, zijn weergegeven in Figuur 4-1.

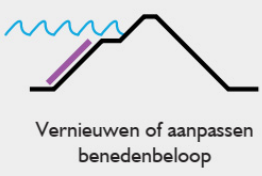
| # | Bouwstenen “overal noodzakelijk” |
|---|---|
| Overal noodzakelijk |  |
| | Versterking binnentalud en versteviging bovenbeloop buitentalud |

*Figuur 4-1: Bouwstenen “overal noodzakelijk”*

### 4.2.2 Bouwstenen die “op bepaalde locaties noodzakelijk” zijn

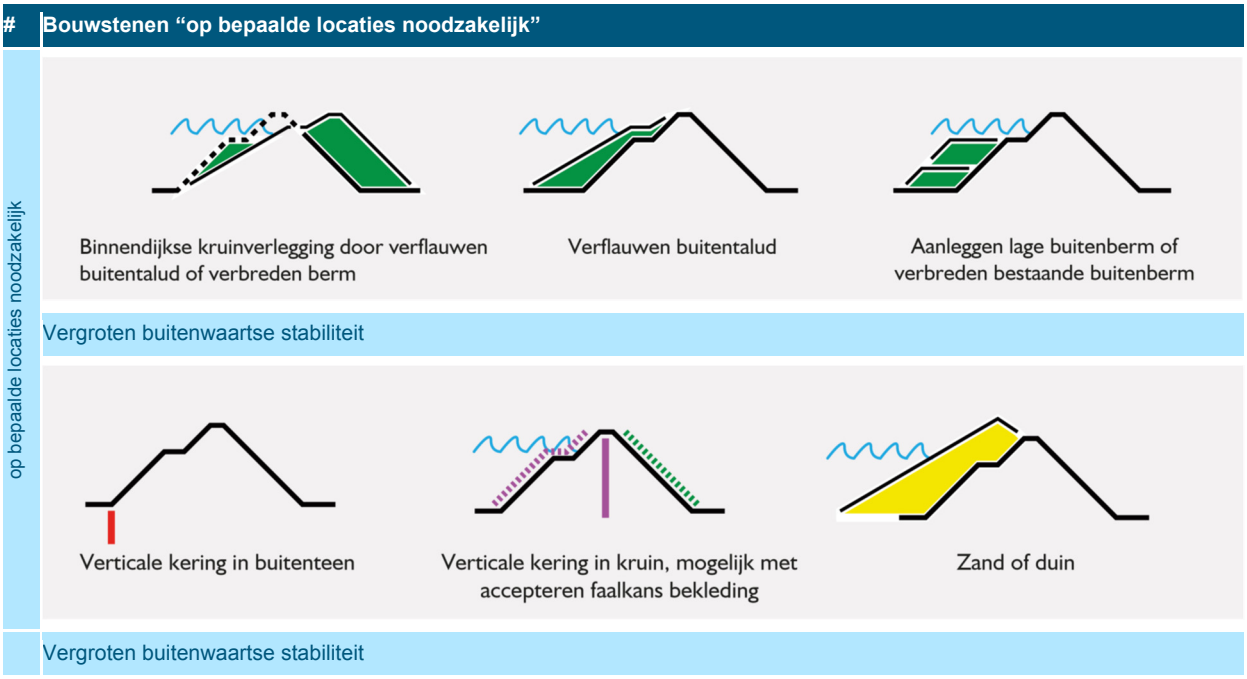
De steenbekleding is tussen dp264 en dp270 over een lengte van 600m afgekeurd. Hierom dient op dit traject de steenbekleding te worden verbeterd. Het toepassen van deze bouwsteen is alleen afhankelijk van het toetsoordeel en alleen noodzakelijk als de bekleding is afgekeurd. Het maken van een keuze is hiervoor niet aan de orde.

De bouwsteen die “op bepaalde locaties noodzakelijk” is, is weergegeven in Figuur 4-2.

| # | Bouwstenen “op bepaalde locaties noodzakelijk” |
|---|---|
| op bepaalde locaties |  |
| | Vernieuwen of aanpassen steenbekleding op benedenbeloop |

*Figuur 4-2: Bouwsteen “op bepaalde locaties noodzakelijk”*

De bouwstenen die “op bepaalde locaties noodzakelijk zijn om de buitenwaartse stabiliteit te vergroten” zijn weergegeven in Figuur 4-3.



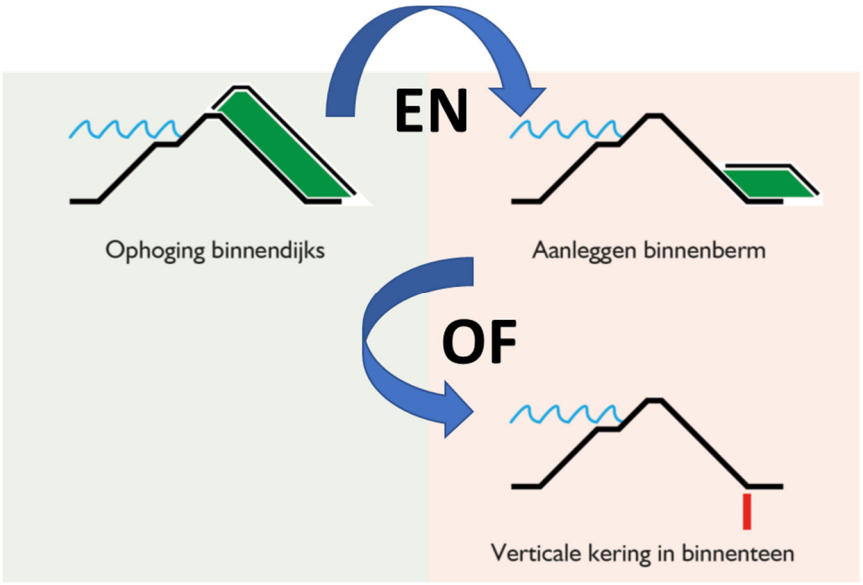

*Figuur 4-3: Bouwsteen “op bepaalde locaties noodzakelijk om stabiliteit te vergroten”*

## 4.3 Basiskeuze Mogelijke Alternatieven

### 4.3.1 Toelichting werkwijze

In deze paragraaf zijn de acht Mogelijke Alternatieven (MA) weergegeven in Figuur 4-5 t/m Figuur 4-12. In deze figuren zijn bouwstenen weergegeven, gerangschikt in 2 kolommen. De twee kolommen geven de drie problemen (hoogte en stabiliteit binnenwaarts) aan waarvoor de bouwstenen in de betreffende kolom een oplossing geven. Het mogelijk alternatief is dus een samenvoeging van de bouwstenen uit elk van deze twee kolommen (EN-EN). Daar waar in één kolom meerdere bouwstenen onder elkaar worden weergegeven, betreffen dit keuzes. Het mogelijk alternatief maakt gebruik van 1 van de genoemde bouwstenen in deze kolom (OF-OF).

In Figuur 4-4 is als voorbeeld weergegeven:
- Mogelijk Alternatief 1a (ophoging binnendijks + aanleggen binnenberm;
- Mogelijk Alternatief 1b (ophoging binnendijks + aanleggen verticale kering);



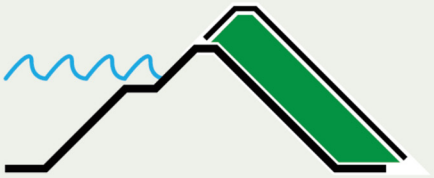
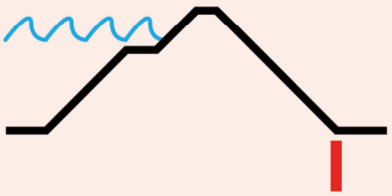

*Figuur 4-4: Voorbeeld van een mogelijk alternatief*

Royal HaskoningDHV

### 4.3.2 Beschrijving mogelijk alternatieven

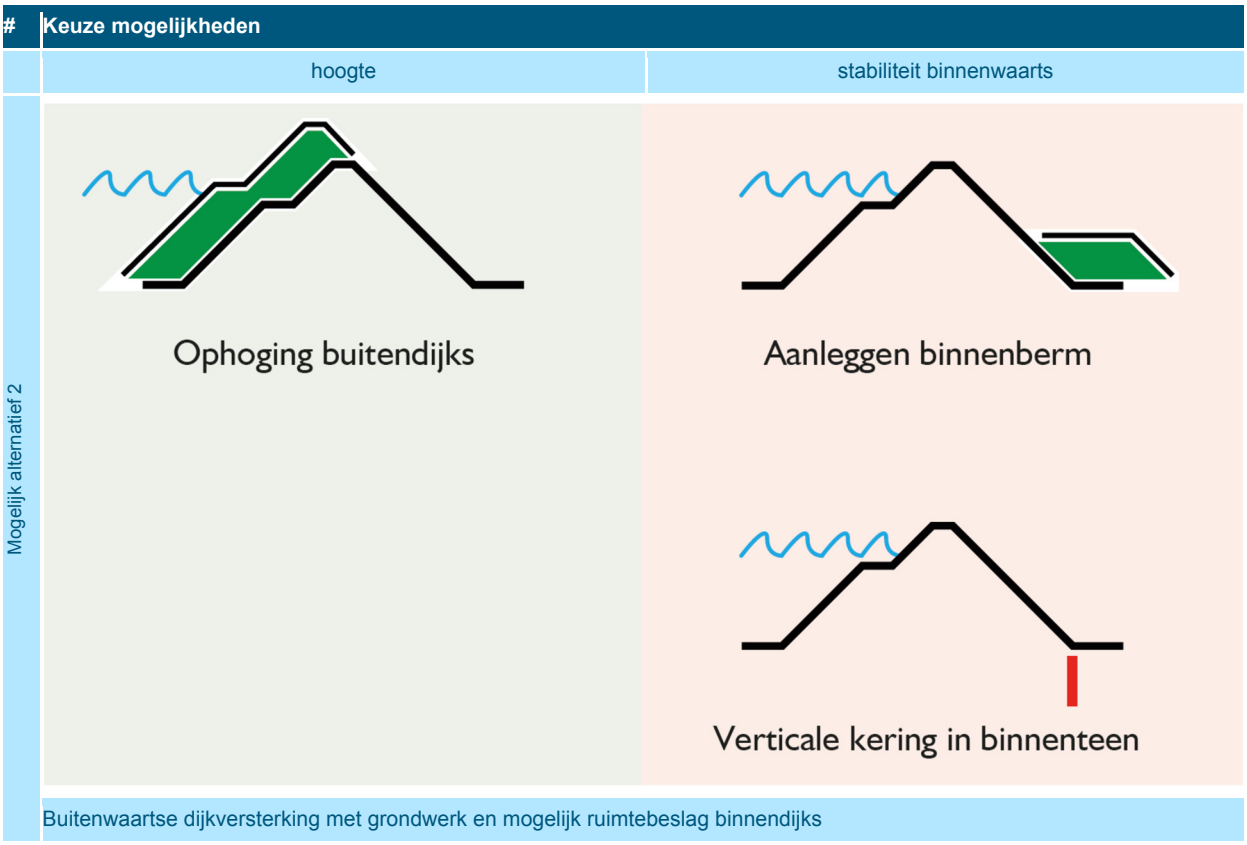
De mogelijke alternatieven zijn als volgt:

- MA 1: de hoogteopgave is hier opgelost door het toepassen van een ophoging binnendijks, de stabiliteitsopgave is opgelost door het aanleggen van een binnenberm of als het qua ruimtebeslag echt niet anders kan met een verticale kering in de binnenteen.

| # | Keuze mogelijkheden | |
|---|---|---|
| | hoogte | stabiliteit binnenwaarts |
| Mogelijk alternatief 1 |  Ophoging binnendijks | Aanleggen binnenberm  Verticale kering in binnenteen |
| | Binnenwaartse dijkversterking met grondwerk en mogelijk (extra) ruimtebeslag binnendijks | |

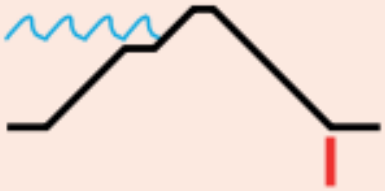
*Figuur 4-5: MA1, Binnenwaartse dijkversterking met mogelijk (extra) ruimtebeslag binnendijks*

MA 2: de hoogteopgave is hier opgelost door een ophoging buitendijks, de stabiliteitsopgave is opgelost door het aanleggen van een binnenberm of als het qua ruimtebeslag echt niet anders kan met een verticale kering in de binnenteen.



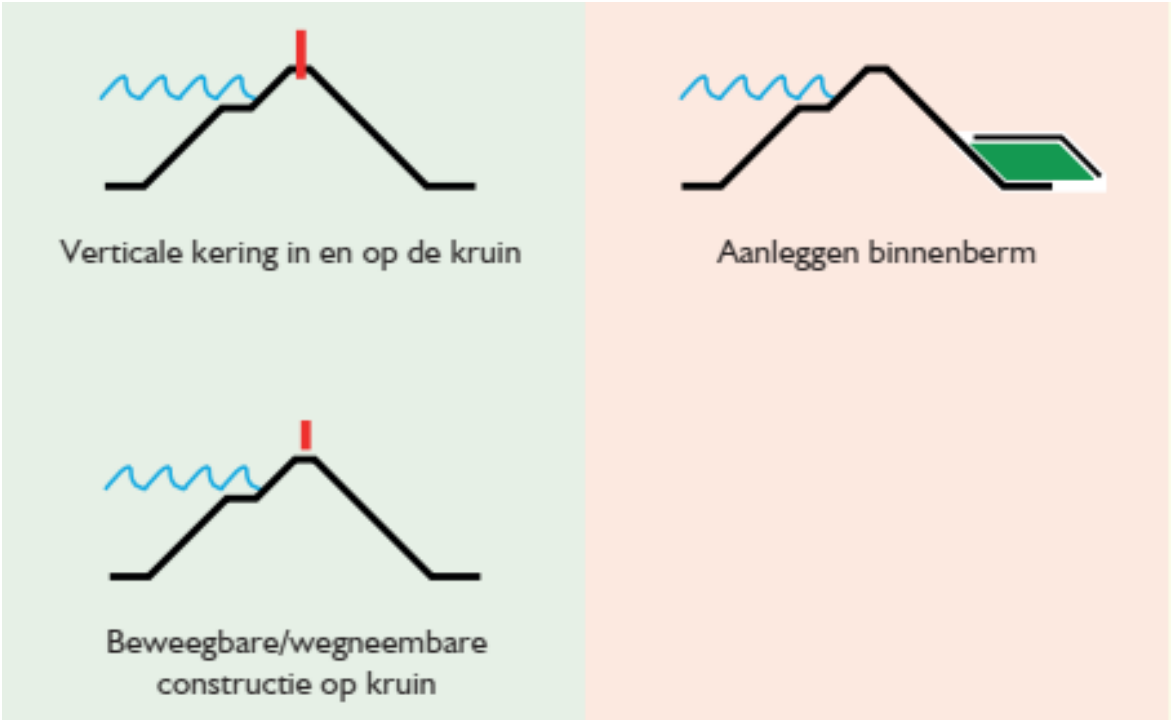

*Figuur 4-6: MA2, Buitenwaartse dijkversterking met mogelijk ruimtebeslag binnendijks*

- MA 3: de hoogteopgave is opgelost door een ophoging binnen- en buitendijks, de stabiliteitsopgave is opgelost door het aanleggen van een binnenberm of als het qua ruimtebeslag echt niet anders kan met verticale kering in de binnenteen.

| # | Keuze mogelijkheden | |
|---|---|---|
| | hoogte | stabiliteit binnenwaarts |
| Mogelijk alternatief 3 | Ophoging binnen- en buitendijks | Aanleggen binnenberm  Verticale kering in binnenteen |
| | Vierkante dijkversterking, met grondwerk en mogelijk ruimtebeslag binnendijks | |

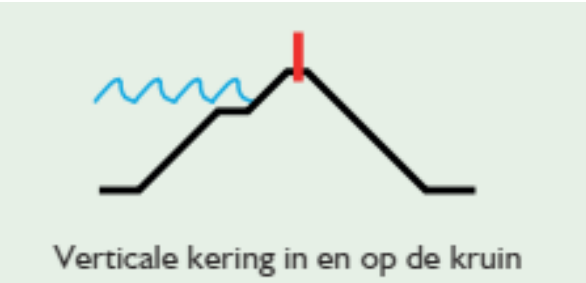
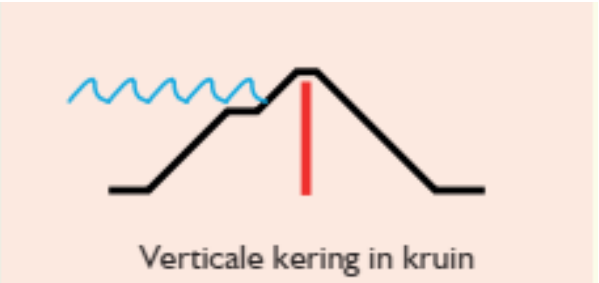
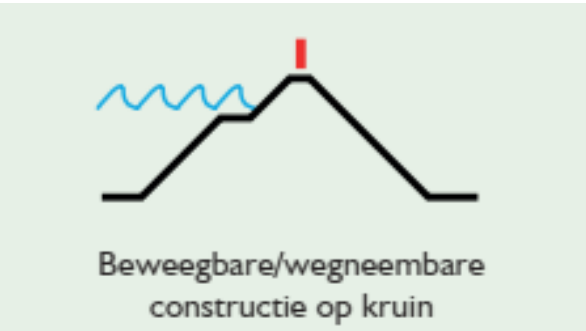
*Figuur 4-7: MA3, Vierkante dijkversterking, grondwerk en mogelijk ruimtebeslag binnendijks*

- MA 4: de hoogteopgave is opgelost door het toepassen van een beweegbare/wegneembare of vaste verticale kering op de kruin in combinatie met een binnenberm voor de binnenwaartse stabiliteitsopgave.

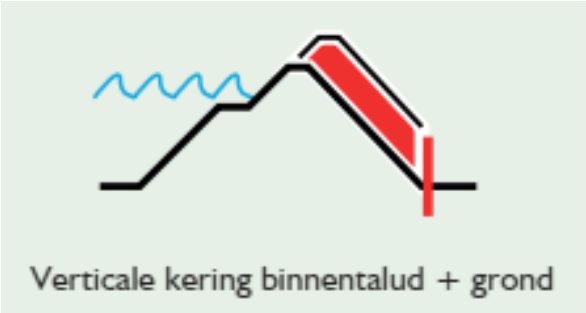
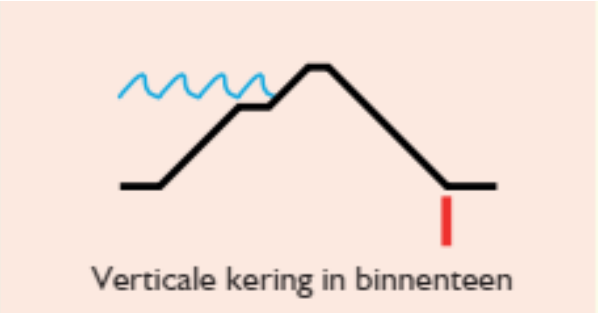
| # | Keuze mogelijkheden | |
|---|---|---|
| | hoogte | stabiliteit binnenwaarts |
| Mogelijk alternatief 4 |  | |
| | Verticale kering, met matig ruimtebeslag binnendijks | |

*Figuur 4-8: MA4, Verticale kering, met matig ruimtebeslag binnendijks*

- MA 5: de hoogteopgave is opgelost door het toepassen van een beweegbare/wegneembare of vaste verticale kering op de kruin in combinatie met een verticale kering in het dijklichaam voor de binnenwaartse stabiliteitsopgave waarbij eventueel het falen van de bekleding dankzij de verticale kering kan worden geaccepteerd.
- MA 6: de hoogteopgave is opgelost door het toepassen van een verticale kering in het binnentalud met grond in combinatie met een verticale kering in de binnenteen voor de stabiliteitsopgave binnenwaarts.

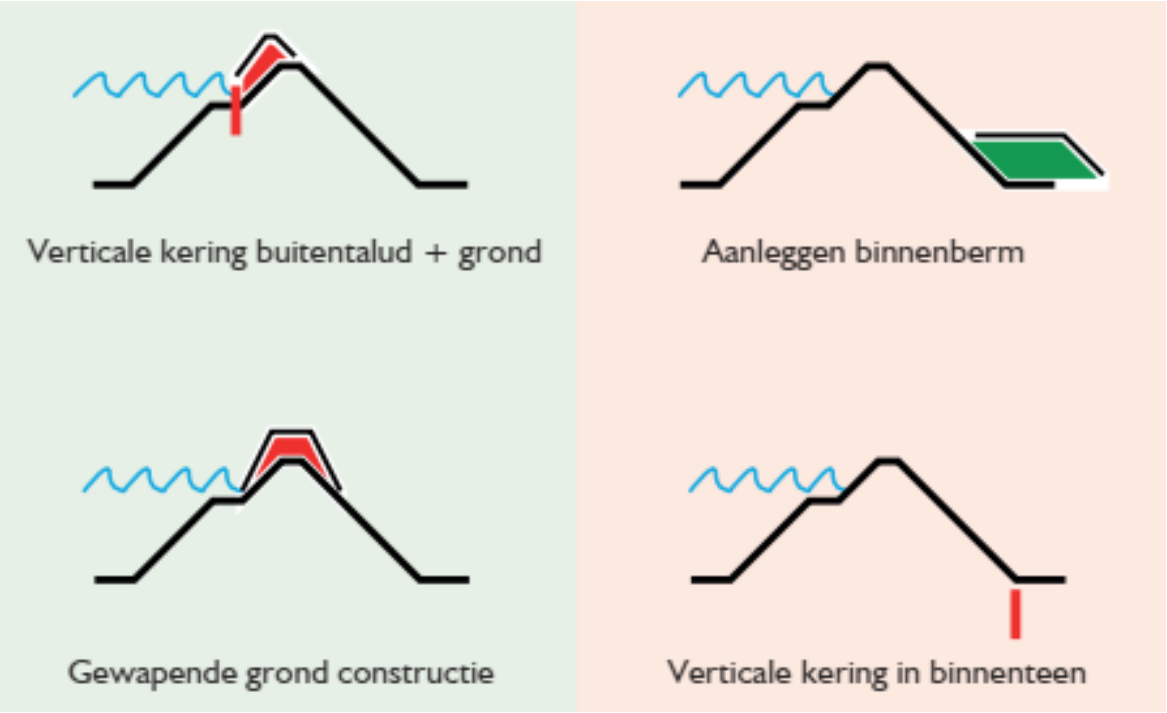
| # | Keuze mogelijkheden | |
|---|---|---|
| | hoogte | stabiliteit binnenwaarts |
| Mogelijk alternatief 5 |  |  |
| |  | |
| | Verticale kering, zonder ruimtebeslag | |

*Figuur 4-9: MA5, Verticale kering, zonder ruimtebeslag*

| # | Keuze mogelijkheden | |
|---|---|---|
| | hoogte | stabiliteit binnenwaarts |
| Mogelijk alternatief 6 |  |  |
| | Binnenwaartse dijkversterking met verticale kering, zonder ruimtebeslag | |

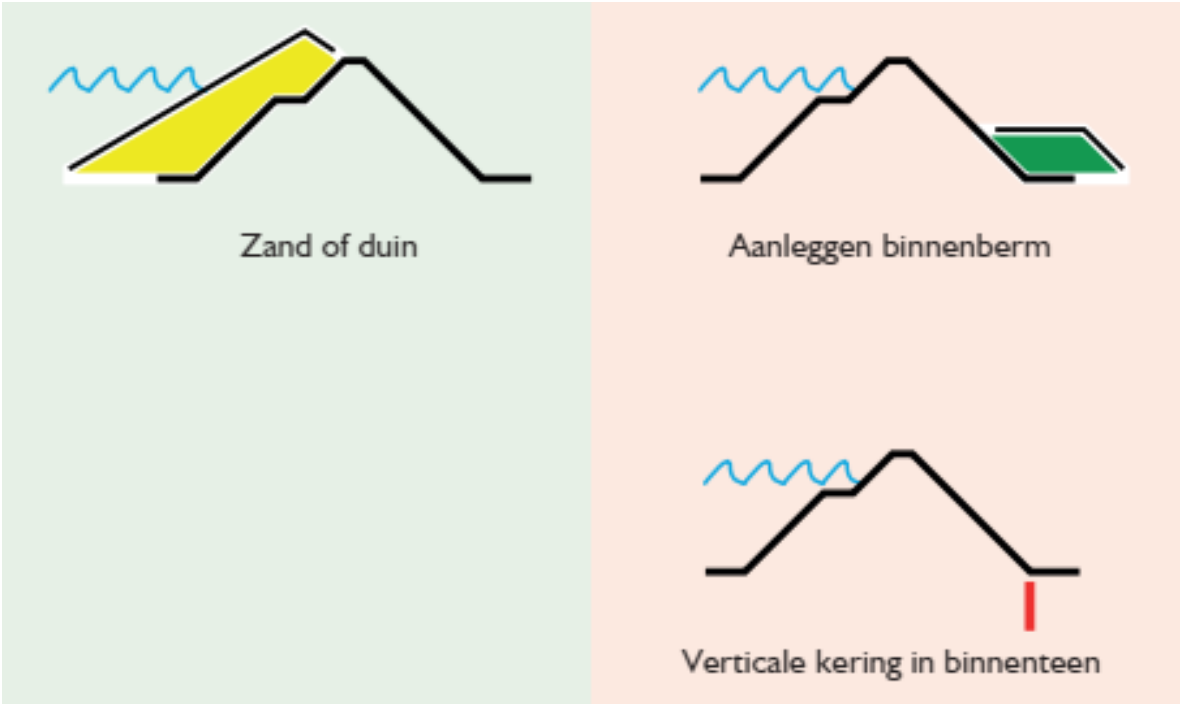
*Figuur 4-10: MA6, Binnenwaartse dijkversterking met verticale kering, zonder ruimtebeslag*

- MA 7: de hoogteopgave is opgelost door het toepassen van een verticale kering in het buitentalud en grond of een gewapende grond constructie in combinatie met een binnenberm of als het qua ruimtebeslag echt niet anders kan met een verticale kering in de binnenteen voor de stabiliteitsopgave.

| # | Keuze mogelijkheden | |
|---|---|---|
| | hoogte | stabiliteit binnenwaarts |
| Mogelijke alternatief 7 |  | |
| | Verticale kering met grondwerk, matig tot geen ruimtebeslag | |

*Figuur 4-11: MA7, Verticale kering met grondwerk, matig tot geen ruimtebeslag*

- MA 8: de hoogteopgave is opgelost door het toepassen van een groot zandlichaam of duin voor de dijk in combinatie met een binnenberm of als het qua ruimtebeslag echt niet anders kan met een verticale kering in de binnenteen ten behoeve van de stabiliteitsopgave.

| # | Keuze mogelijkheden | |
|---|---|---|
| | hoogte | stabiliteit binnenwaarts |
| Mogelijk alternatief 8 |  | |
| | Buitenwaartse dijkversterking met zand, matig tot geen ruimtebeslag binnendijks en veel ruimtebeslag buitendijks | |

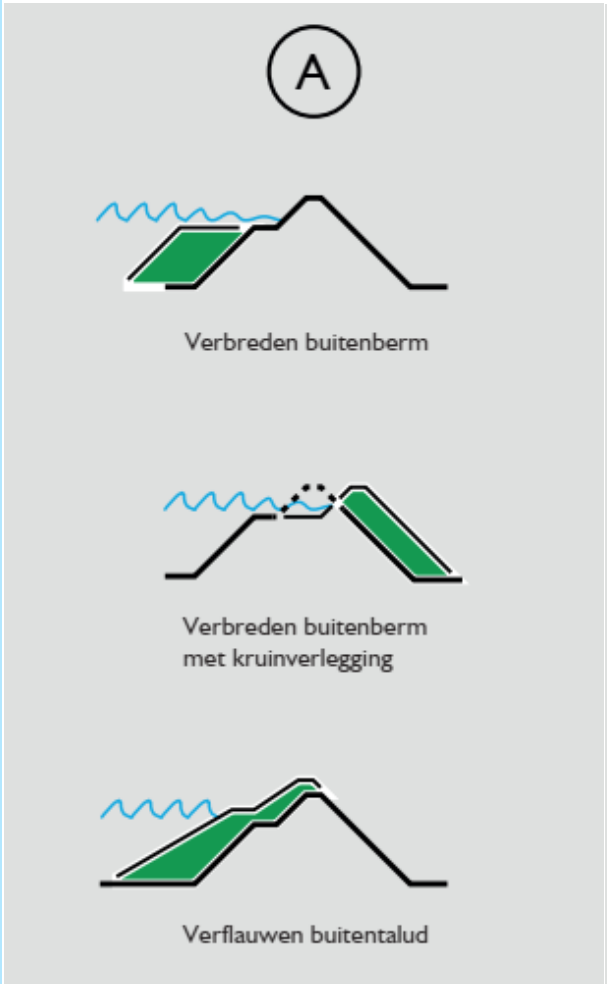
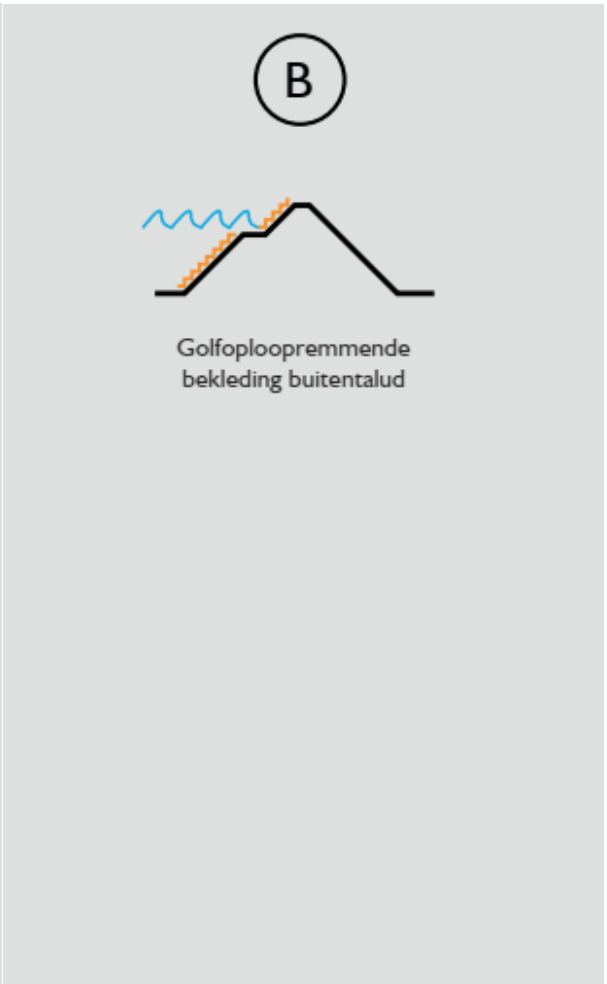
*Figuur 4-12: MA8, Buitenwaartse dijkversterking met zand, matig tot geen ruimtebeslag binnendijks en veel ruimtebeslag buitendijks*

**Overgebleven bouwsteencombinaties/alternatieven**:
Binnen de acht Mogelijke Alternatieven zijn voor de twee opgaven (hoogte en stabiliteit binnenwaarts) meer bouwstenen per opgave gegeven, waardoor binnen een Mogelijk Alternatief meer sub-alternatieven te maken zijn. In Figuur 4-4 zijn bijvoorbeeld twee sub-alternatieven te maken binnen een Mogelijk Alternatief. Op hun beurt kunnen deze sub-alternatieven weer uitgebreid worden met bouwstenen die als ‘optimalisatie’ dienen (zie paragraaf 4.4). Doordat deze bouwstenen die als optimalisatie kunnen dienen, alsnog als aanvulling op een Mogelijk Alternatief meegenomen kunnen worden vallen geen bouwsteencombinaties af, wel zijn de Mogelijke Alternatieven voorgesorteerd op een buitenwaartse, binnenwaartse of vierkante dijkversterking met weinig of veel ruimtebeslag. Het voorsorteren is van belang voor de volgende stap waarbij Kansrijke Alternatieven zullen worden geselecteerd voor de verschillende typen dijktraject: kanaalzone, dorpsrand en landelijk gebied (paragraaf 2.1).

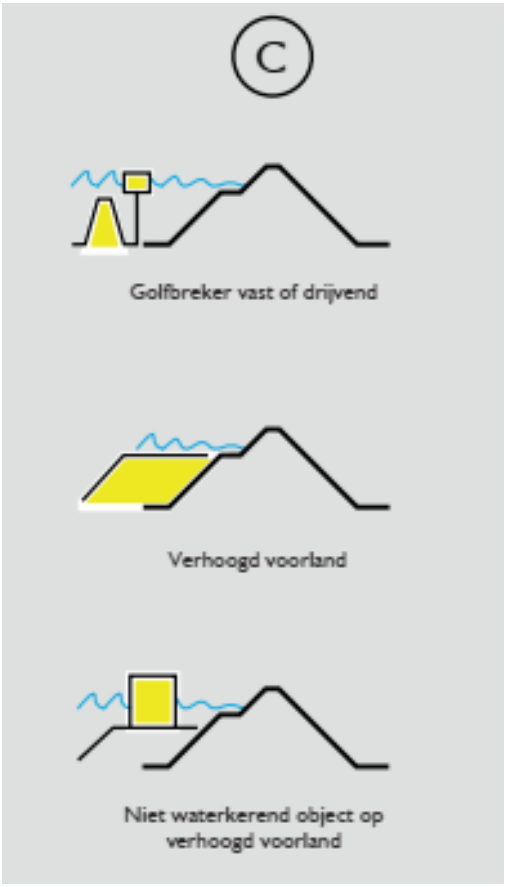
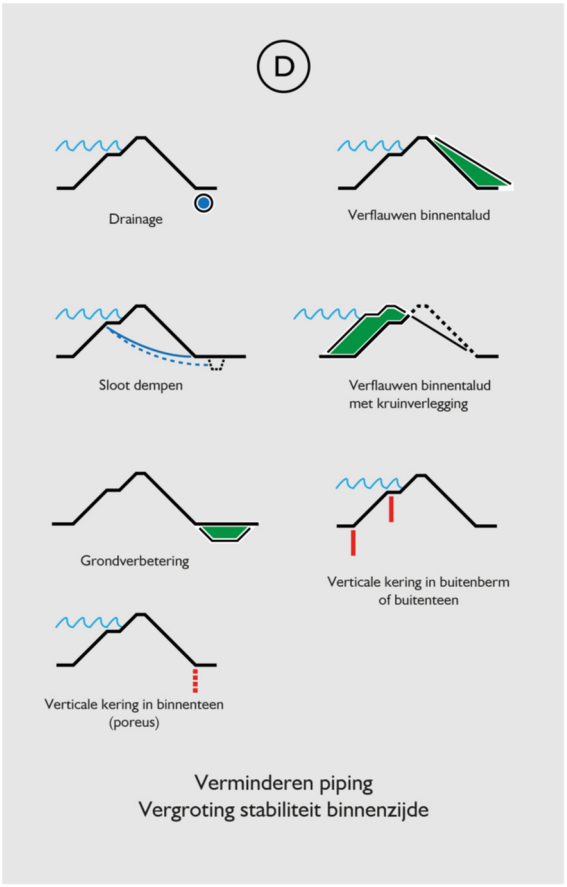
## 4.4 Optimalisaties

In Figuur 4-13 t/m Figuur 4-15 zijn de bouwstenen gegeven die als optimalisatie kunnen dienen. Ze lossen namelijk niet de veiligheidsopgave geheel op en kunnen later (voor of na vaststellen VKA) worden toegevoegd.

In kolom D staat de bouwsteen ‘grondverbetering’, deze is toegevoegd ten behoeve van de binnenwaartse stabiliteit (innovatieve oplossing). Door zwaarder materiaal toe te passen wordt de stabiliteit verbeterd. Omdat deze overlap heeft met de steunberm binnendijks wordt deze bouwsteen als optimalisatie gezien.

| # | Optimalisaties | |
|---|---|---|
| Optimalisaties A en B |  |  |
| | Verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort. | Verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort. |

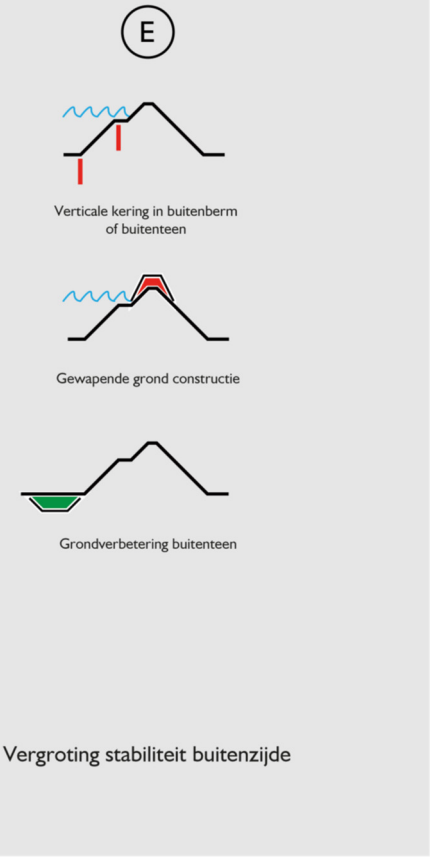
*Figuur 4-13: Optimalisaties: verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort*

| # | Optimalisaties | |
|---|---|---|
| Optimalisaties C en D |  |  |
| | Verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort. Minder belasting op steenbekleding.Vergroting stabiliteit binnen- en buitenzijde. | Verminderen piping. Vergroting stabiliteit binnenzijde. |

*Figuur 4-14: Optimalisaties, verminderen golfoploop en piping*

In kolom D staat de bouwsteen ‘drainage’ in de binnenteen van de dijk, deze is toegevoegd ten behoeve van het verminderen van piping en het vergroting van de stabiliteit aan de binnenzijde. Door het aanbrengen van een drainage in de binnenteen van de dijk, zal de freatische grondwaterstand verlagen waardoor een afschuiving minder snel zal optreden. De drainage kan bestaan uit een drainagekoffer (horizontale drainage, drenotube) of een verticale drainage (bijvoorbeeld grindpalen)

In kolom E staat de bouwsteen ‘verticale kering in buitenberm’, deze is toegevoegd ten behoeve van de binnenwaartse stabiliteit en piping (innovatieve oplossing).

| # | Optimalisaties |
|---|---|
| Optimalisaties E |  |
| | Vergroting stabiliteit binnenzijde buitenzijde. |

*Figuur 4-15: Optimalisaties, vergroting stabiliteit buitenzijde*

# 5 Vooruitblik

## 5.1 Vervolgstappen

Het samenstellen van mogelijke alternatieven is onderdeel van stap 1 in het verkenningsproces. De vervolgstappen in de verkenningsfase zijn (zie Figuur 1-1):

- Stap 1b: Beoordelen van mogelijke alternatieven en selecteren van de meest kansrijke alternatieven (zeef 1);
- Stap 2: Beoordelen van kansrijke alternatieven en selectie concept Voorkeursalternatief (zeef 2);
- Stap 3: Besluitvorming Voorkeursalternatief dijkversterking.

Stap 1b: Beoordelen mogelijke alternatieven en selecteren van de meest kansrijke alternatieven

Om te komen tot een selectie van kansrijke alternatieven, worden de mogelijke alternatieven beoordeeld aan de hand van een vooraf opgesteld beoordelingskader. Per traject worden de voor- en nadelen van de mogelijke alternatieven gewogen aan de hand van de thema's: techniek, beheer en onderhoud, ruimtebeslag, vergunbaarheid, integrale veiligheid en kosten. Dit wordt indicatief berekend of vindt op basis van een expert judgement plaats. Op basis van de beoordeling, en in overleg met betrokken omgevingspartijen, wordt bepaald welke alternatieven kansrijk zijn. In deze eerste zeef vallen alternatieven af die bijvoorbeeld te weinig doelbereik kennen, of tot veel grotere kosten (zonder meer voordelen) leiden dan de andere mogelijkheden.

Stap 2: Beoordelen van kansrijke alternatieven en selectie concept Voorkeursalternatief

De kansrijke alternatieven worden vervolgens nader uitgewerkt in een globaal ruimtelijk ontwerp, onderzocht op de thema's techniek, beheer en onderhoud, ruimtebeslag, vergunbaarheid, integrale veiligheid, milieuaspecten, draagvlak omgeving, ruimtelijke kwaliteit, kosten en besproken met betrokken partijen. Op basis van de onderzochte thema's worden de kansrijke alternatieven beoordeeld en tegen elkaar afgewogen. Op basis van de afweging wordt een concept voorkeursalternatief (VKA) geadviseerd.

Stap 3: Besluitvorming Voorkeursalternatief

Het waterschap vraagt aan diverse betrokken partijen een advies over het concept-VKA. Op basis van alle voor- en nadelen maakt het Algemeen Bestuur van het waterschap een keuze voor een Voorkeursalternatief.

## 5.2 Parallel spoor

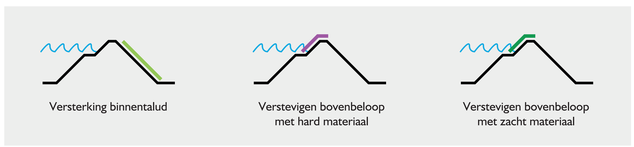
Meekoppelkansen zijn in een parallel spoor opgehaald en worden beoordeeld. Bij het samenstellen van de mogelijke alternatieven zijn ze daarom buiten beschouwing gelaten. Beide sporen zullen weer samen komen tijdens het beoordelen van de mogelijke alternatieven (Zeef 1). Een meekoppelkans kan namelijk invloed hebben op de keuze van de kansrijke alternatieven, bijvoorbeeld doordat (bij gelijke overige effecten) een bepaald alternatief een meekoppelkans beïnvloedt of onmogelijk maakt ten opzichte van een ander alternatief.

# Referenties


[1] Derde Toets Primaire Waterkeringen, landelijke toets 2006-2001, Inspectie Verkeer en Waterstaat, IVW/WB/2011/000002, november 2011
[2] Veiligheidsanalyse HWBP PROJECT 24S ZUID-BEVELAND WEST, Waterschap Scheldestromen, 26 januari 2017
[3] Projectenboek HWBP 2016, de nieuwe norm, Programmadirectie Hoogwaterbescherming, november 2015
[4] Plan van Aanpak Verkenning HWBP Hansweert (24s), Projectorganisatie Waterveiligheid, 28 september 2017, Registratienummer: 2017013645
[5] Handreiking Verkenning HWBP, Programmabureau HWBP, februari 2014
[6] Basisspecificatie Dijk versie 1.0, Waterschap Rivierenland, 10 juli 2017
[7] Uitgangspuntennotitie Verkenningsfase, dijkversterking Hansweert, concept, 7 juni 2018, referentie BF9643WATRP1805101521
[8] Systeemspecificatie, Verkenningsfase HWBP Zuid-Beveland West (Hansweert 24s), concept (versie 1.0), 18 juli 2018
[9] Beeldverslag van 4 dijkateliers, juli 2018

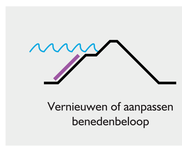
# A1 Bijlage 1: Overzicht Mogelijke Alternatieven

## *Mogelijke alternatieven, overal noodzakelijk*

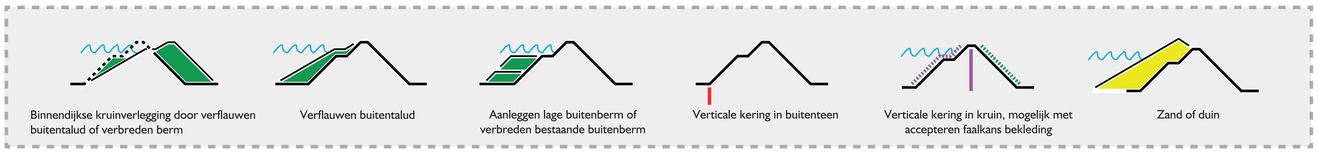



Versterking binnentalud en versteviging bovenbeloop buitentalud

## *Mogelijke alternatieven, op bepaalde locaties noodzakelijk*




Vernieuwen of aanpassen steenbekleding op benedenbeloop



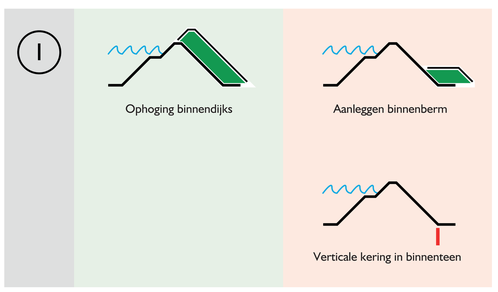

Vergroten van de buitenwaartse stabiliteit

---

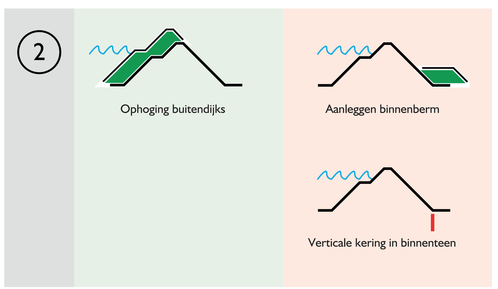
## *Mogelijke alternatieven, basiskeuzen*

### Grondwerk

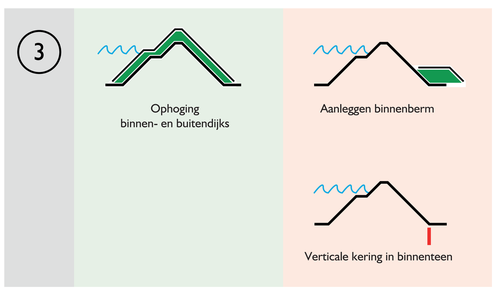
Hoogte | Stabiliteit binnenwaarts




***Binnenwaartse*** *dijkversterking met grondwerk en mogelijk (extra) ruimtebeslag binnendijks.*



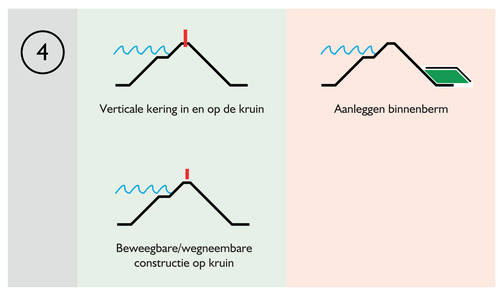

***Buitenwaartse*** *dijkversterking met grondwerk en mogelijk ruimtebeslag binnendijks*



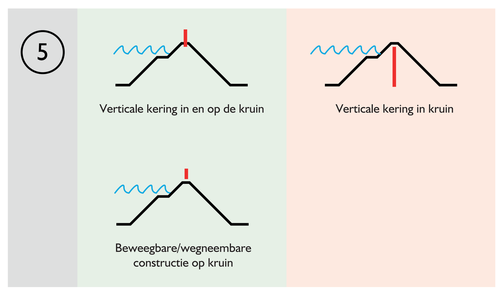

***'Vierkante'*** *dijkversterking met grondwerk en mogelijk (extra) ruimtebeslag binnendijks*

### Constructief

Hoogte | Stabiliteit binnenwaarts



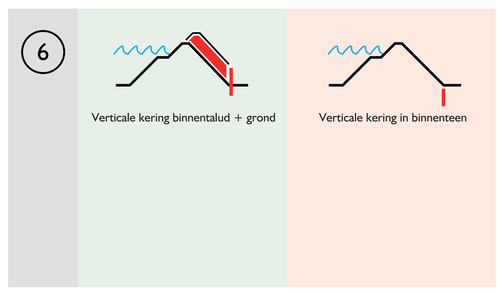

*Verticale kering, met* ***matig*** *ruimtebeslag binnendijks*



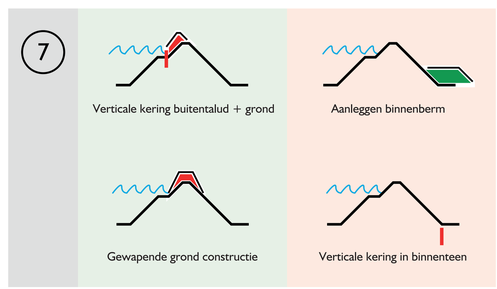

*Verticale kering,* ***zonder*** *ruimtebeslag*

### Constructief / voorland

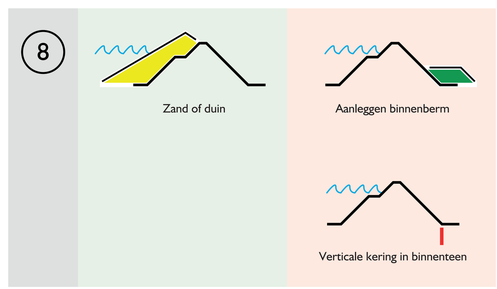
Hoogte | Stabiliteit binnenwaarts




*Binnenwaartse dijkversterking met verticale kering,* ***zonder*** *ruimtebeslag*




*Verticale kering met grondwerk,* ***matig*** *tot* ***geen*** *ruimtebeslag*




*Buitenwaartse dijkversterking met zand,* ***matig*** *tot* ***geen*** *ruimtebeslag binnendijks en veel ruimtebeslag buitendijks*

---

## *Mogelijke alternatieven, optimalisaties*

### A

Verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort

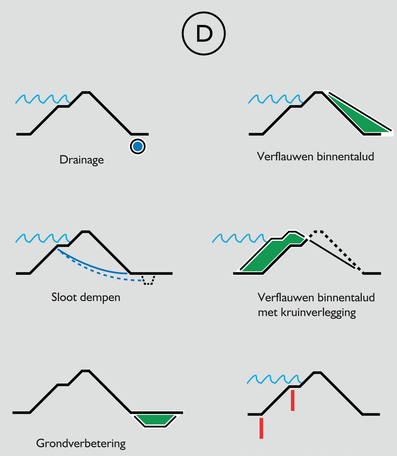
### B

Verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort

### C

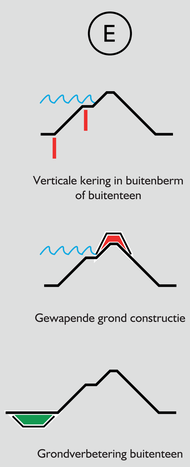
Verminderen golfoploop: beperkt het hoogte tekort
Minder belasting op steenbekleding
Vergroting stabiliteit binnen- en buitenzijde

### D




Verminderen piping
Vergroting stabiliteit binnenzijde

### E




Vergroting stabiliteit buitenzijde

---

# Mogelijke alternatieven

HWBP Zuid-Beveland West

Versie 14 augustus 2018

ROBBERT DE KONING LANDSCHAPSARCHITECT BNT

WaterschapScheldestromen

With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,000 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

## Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

## Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

## Integrity

Royal HaskoningDHV is the first and only engineering consultancy with ETHIC Intelligence anti-corruption certificate since 2010.

ETHIC Intelligence
CERTIFICATE ANTI-CORRUPTION COMPLIANCE SYSTEM

**royalhaskoningdhv.com**

Royal HaskoningDHV
*Enhancing Society Together*