

RAPPORT

Verkenningfase versterking IJsselmeerdijk

Kansrijke bouwstenen en systeemmaatregelen

Klant: Waterschap Zuiderzeeland

Referentie: BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0007

Status: S0/C02

Datum: 4 februari 2021



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB NIJMEGEN
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Verkenningfase versterking IJsselmeerdijk

Ondertitel: IJMD bouwstenen en systeemmaatregelen
Referentie: BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0007
Status: C02/S0
Datum: 4 februari 2021
Projectnaam: Verkenningfase versterking IJsselmeerdijk
Projectnummer: BH5290
Auteur(s): Sander Post

Opgesteld door: Sander Post, Marc Horstman

Gecontroleerd door: Roel van de Laar

Datum: 03-02-2021

Goedgekeurd door: Odelinde Nieuwenhuis

Datum: 04-02-2021

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Inhoud

1	Algemeen	1
1.1	Aanleiding: De IJsselmeerdijk voldoet niet aan de veiligheidseisen	1
1.2	Projectdoel; een versterkte dijk die goed is ingepast in de omgeving	2
1.3	Proces van de verkenningsfase	2
1.4	Aanpak selectie kansrijke bouwstenen	5
1.5	Leeswijzer	5
2	Kenmerken van het gebied	6
2.1	Plangebied en opbouw van de dijk	6
3	De Ontwerpopgave	8
3.1	Scope van het project	8
3.2	Projectdoel en -ambitieniveau	9
3.2.1	Veilig en toekomstbestendig	10
3.2.2	Duurzaamheid en biodiversiteit	12
3.2.3	Meekoppelkansen en systeemmaatregelen	12
4	Inventarisatie bouwstenen	14
4.1	Werkwijze samenstellen bouwstenen	14
4.2	Inventarisatie mogelijke bouwstenen	15
4.3	Toelichting uitgevoerde berekeningen	17
4.4	Relevante innovaties	17
4.5	Wijze van beoordelen	17
4.6	Thema techniek en toekomstbestendig	20
4.7	Thema Beheerbaarheid	21
4.8	Thema Duurzaamheid en Biodiversiteit	23
4.9	Thema Kosten	25
4.10	Thema inpassing in de omgeving	27
4.11	Thema Gebruik en beleving van de dijk	29
5	Conclusies en aanbevelingen	32
5.1	Conclusies per familie	33
5.2	Aanbevelingen vervolgproces VKA	35
5.2.1	Aanbevelingen voor het samenstellen van oplossingen	36

6	Referenties	38
----------	--------------------	-----------

Bijlagen	39
-----------------	-----------

Bijlage 1: Beoordelingstabel zeef 0 totaal

Bijlage 2: Factsheets bouwstenen

Bijlage 3: Berekeningen bouwstenen

Bijlage 4: Memo effect nieuwe aansluiting Houtribdijk (bouwsteen E.4)

Bijlage 5: Memo effect extra pompcapaciteit Afsluitdijk (bouwsteen E.1)

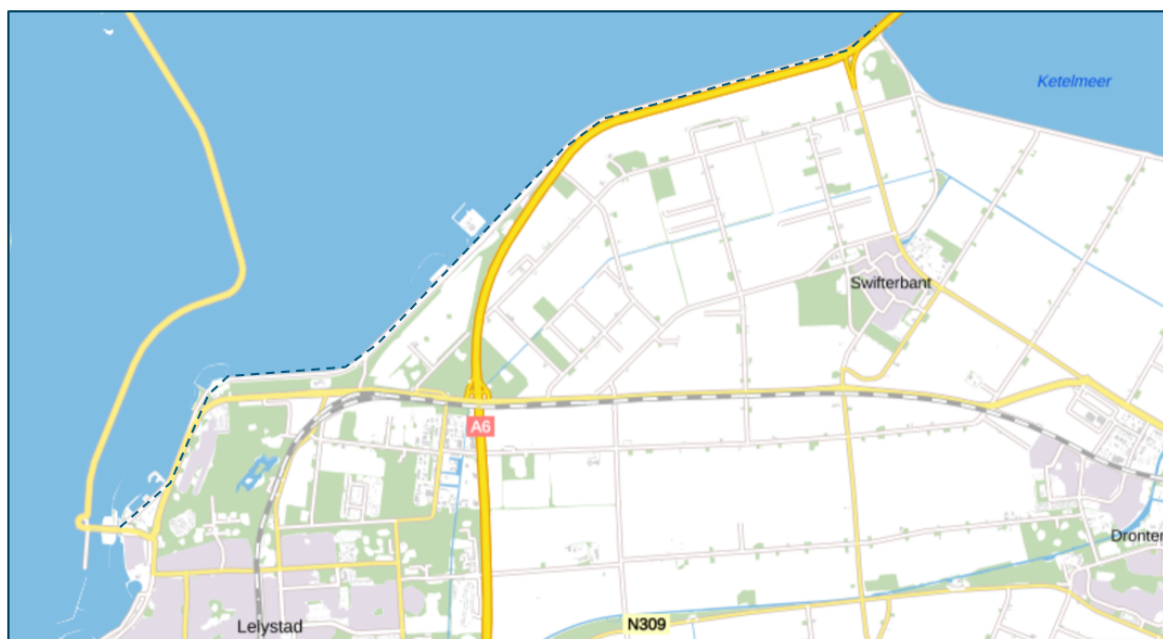
1 Algemeen

1.1 Aanleiding: De IJsselmeerdijk voldoet niet aan de veiligheidseisen

De IJsselmeerdijk beschermt de diepe Flevopolder tegen het water van het IJsselmeer. In 2018 heeft Waterschap Zuiderzeeland (hierna afgekort als: Zuiderzeeland) beoordeeld of de IJsselmeerdijk zo sterk is als de waterveiligheidsnormen voorschrijven. Dat blijkt niet zo te zijn. Sinds 2017 gelden voor de waterkeringen in Nederland nieuwe wettelijke waterveiligheidsnormen. Deze norm is voor Flevoland strenger dan daarvoor om in te spelen op de gevolgen van klimaatverandering en om de grotere hoeveelheid inwoners en de hogere economische waarde in Flevoland beter te beschermen. De waterkering voldoet ruim niet aan de nieuwe strengere norm die eraan gesteld is. Dat wil niet zeggen dat er op dit moment acuut een onveilige situatie is. Het betekent wel dat een dijkversterking nodig is. Het is de wettelijke taak van het waterschap om de keringen aan de normen te laten voldoen. Zuiderzeeland is daarom in 2019 gestart met dit meerjarige project Versterking IJsselmeerdijk.

De IJsselmeerdijk is de zwaarst aangevallen dijk van de Flevopolder. Dat komt door de ligging, waarbij bij noordwesterstorm de wind over de volle lengte van het IJsselmeer waterstanden en golven tegen de dijk opzet. De dijk beschermt de hele Flevopolder (Oostelijk en Zuidelijk Flevoland), omdat sinds 2019 de Knardijk tussen Oostelijk en Zuidelijk Flevoland geen officiële compartimenteringskering meer is. Doordat de polder circa 5 meter lager ligt dan het IJsselmeerpeil, leidt een dijkdoorbraak tot een vrijwel volledige overstroming van de polder. Het opnieuw droogmalen van polder duurt vele maanden. Het is niet overdreven om te stellen dat een dijkdoorbraak leidt tot een langdurig volledig onbewoonbaar gebied en tot mogelijk veel slachtoffers. De polder heeft dan ook een strenge waterveiligheidsnorm.

De IJsselmeerdijk is 17,6 km lang en ligt aan de noordwestzijde van Oostelijk Flevoland. De waterkering loopt van de Ketelbrug in het noorden tot aan de Houtribdijk in Lelystad (zie Figuur 1-1).

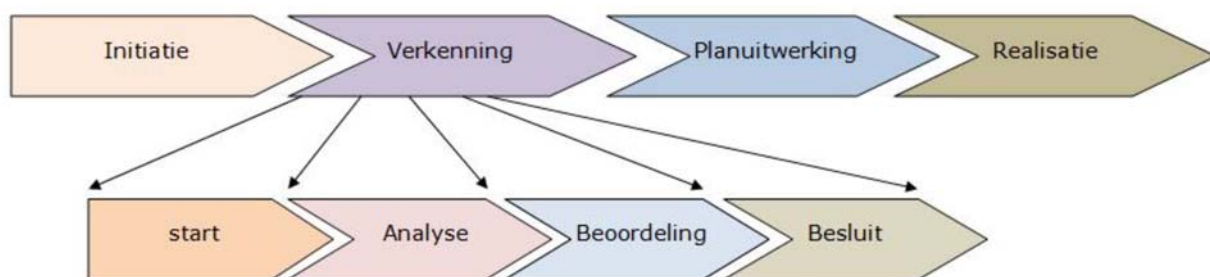


Figuur 1-1: Plangebied met tracé van de te versterken kering (zwart gestippelde lijn)

1.2 Projectdoel: Een versterkte dijk die goed is ingepast in de omgeving

Het projectdoel is het realiseren van een veilige én toekomstbestendige dijk. De nieuwe dijk wordt goed ingepast in de omgeving met behoud van de huidige ruimtelijke kwaliteit en er wordt nadrukkelijk gezocht naar de mogelijkheden voor het inpassen van innovatieve en duurzame oplossingen. De dijk dient te worden gerealiseerd op basis van een bestuurlijk en maatschappelijk gedragen plan.

Momenteel bevindt het project zich in de Verkenningfase, volgens de fasering uit het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). De planning is nu dat de verkenning halverwege 2022 wordt afgerond en resulteert in een Voorkeursbeslissing (VKB). De periode 2022- 2024 staat gepland voor de planuitwerkingsfase, in de periode hierna volgt de realisatiefase.



Figuur 1-2: Fasering HWBP dijkversterking project

1.3 Proces van de verkenningfase

Het ontwerpproces wordt doorlopen conform de HWBP-systematiek (zie Figuur 1-3). Om een goede afweging tot alternatieven en uiteindelijk het voorkeursalternatief te kunnen maken, wordt het ontwerp van de dijk door meerdere “zeven” gehaald. In elke zeef (ontwerpstap) gaan alleen de kansrijke bouwstenen/alternatieven door de zeef heen en blijven niet kansrijke bouwstenen/alternatieven achter. In de Verkenningfase zijn er drie zeef-momenten. Tussen de zeefmomenten wordt het ontwerp verder uitgewerkt. Hierbij onderscheiden we de volgende stappen:

1. Selectie kansrijke bouwstenen (zeef 0)
2. Samenstellen mogelijke alternatieven;
3. Selectie kansrijke alternatieven (zeef 1);
4. Uitwerking kansrijke alternatieven;
5. Voorkeursbeslissing (zeef 2).

Stap 1: Selectie kansrijke bouwstenen (Zeef 0)

In deze stap worden allereerst de mogelijke bouwstenen geïnventariseerd. Bouwstenen zijn technische maatregelen voor het oplossen van de waterveiligheidsopgave of het zijn maatregelen benodigd voor het behoud van de ruimtelijke kwaliteit van de dijk en zijn omgeving. Op basis van de veiligheidsopgave voor de IJsselmeerdijk en wensen/ideeën uit de omgeving (volgend uit thematafel-sessies) is in december 2020 een groslijst aan mogelijke bouwstenen gedefinieerd. Met behulp van een afwegingskader zijn de bouwstenen beoordeeld op kansrijkheid in expertsessies met specialisten van Waterschap Zuiderzeeland en RHDHV. Dit is als zeef 0 weergegeven in Figuur 1-3. Als uitkomst van deze beoordeling, kunnen bouwstenen worden uitgesloten van het vervolg van de verkenning. In voorliggende notitie worden het proces en de resultaten vastgelegd en specifieke keuzes onderbouwd.

Stap 2: Samenstellen mogelijke alternatieven

De bouwstenen worden vervolgens gecombineerd per gekozen deeltraject om tot mogelijke alternatieven te komen. Een alternatief is daarbij een combinatie van bouwstenen die het hele veiligheidsprobleem oplost over een dijkvak. Hierbij wordt gebruik gemaakt van informatie over de effecten van de bouwstenen en van expert judgement. Tezamen met een landschapsarchitect en het ruimtelijk kwaliteitskader (RKK) worden tijdens ontwerp sessies de waarden van de dijk en het gebied gevisualiseerd én worden de oplossingen als onderdeel van de omgeving ingepast.

Stap 3: Selectie kansrijke alternatieven (Zeef 1)

In zeef 1 worden kansrijke alternatieven uit de mogelijke alternatieven geselecteerd op basis van het afwegingskader. Dit afweegkader bestaat in totaal uit 19 verschillende criteria: uitvoerbaarheid, vergunbaarheid, subsidiabiliteit, milieu-impact en CO₂-reductie, circulariteit (grondstoffen), biodiversiteit, beheerbaar, uitbreidbaarheid, investeringskosten, levensduurkosten, planning, ruimtelijke kwaliteit en beleving, natuurwaarden, historische waarden, grond- en oppervlaktewater, bebouwing en bedrijvigheid, recreatief medegebruik, verkeer en bereikbaarheid, hinder tijdens aanleg en draagvlak. In ontwerp ateliers met stakeholders worden de effecten en voor- en nadelen van de alternatieven besproken. Dit resulteert in een voorstel voor circa drie kansrijke alternatieven per dijkvak.

Stap 4: Uitwerking kansrijke alternatieven

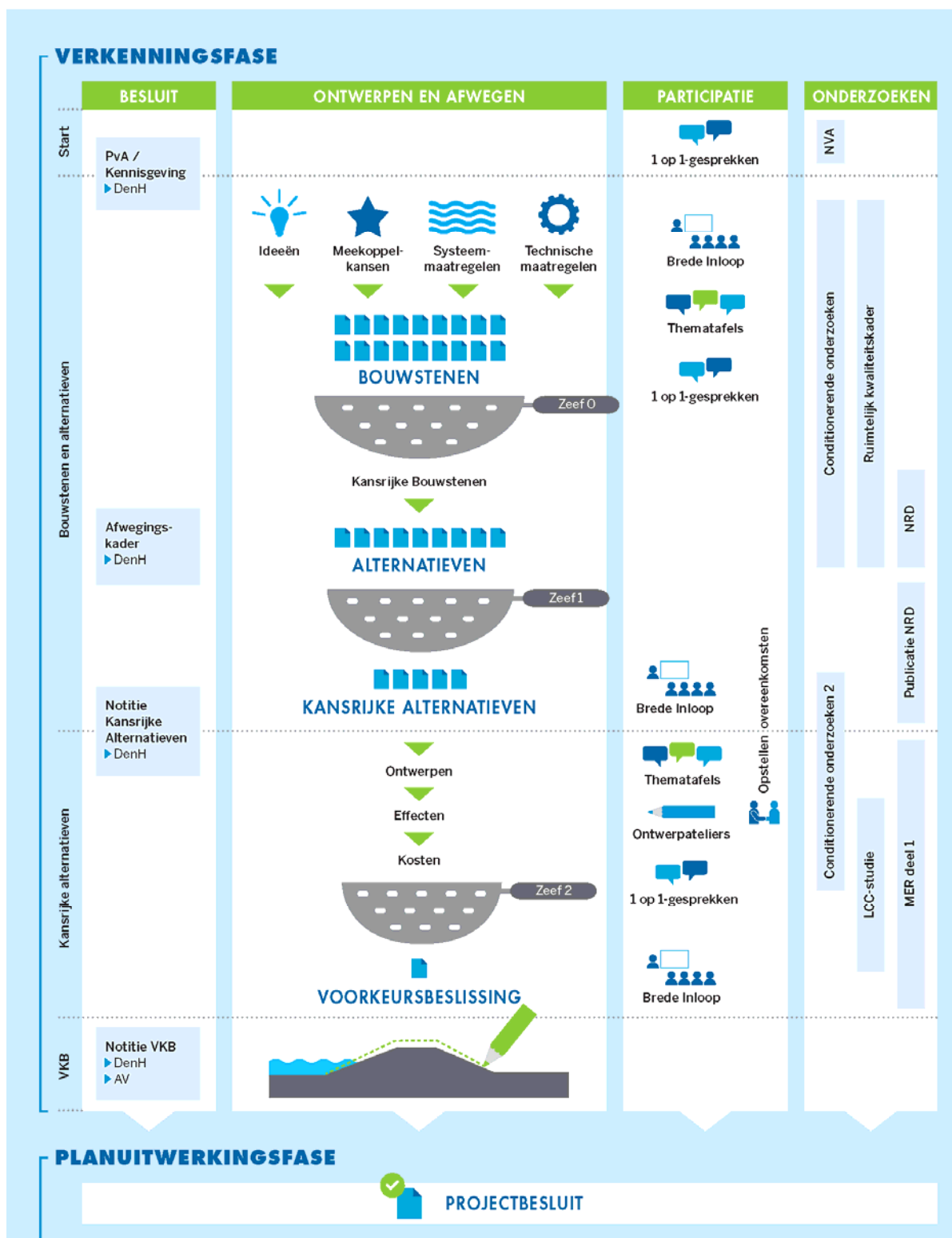
In deze stap worden de kansrijke alternatieven uitgewerkt tot het niveau waarop we de effecten kunnen beoordelen voor het plan-MER, de kansrijke alternatieven kunnen afwegen en deze met voldoende nauwkeurigheid kunnen ramen. De kansrijke alternatieven worden daarbij in een ontwerpploeg uitgewerkt, waarbij er tussentijds input vanuit het omgevingsspoor wordt verwerkt.

Stap 5: Voorkeursbeslissing (Zeef 2)

In zeef 2 worden de kansrijke alternatieven beoordeeld, inclusief de overgebleven meekoppelkansen en innovaties, aan de hand van het afwegingskader. Resultaten worden vastgelegd in de eindrapportage voor de rapportage van de Voorkeursbeslissing (VKB).

IJSSELMEERDIJK

HET PROCES



Figuur 1-3: Infographic, het ontwerpproces in de Verkenningfase

1.4 Aanpak selectie kansrijke bouwstenen

De notitie Kansrijke Bouwstenen (voorliggende rapportage) is een samenvatting van het resultaat van stap 1 “Selectie kansrijke bouwstenen (Zeef 0)” in de verkenningsfase. Doel van deze stap is het uitvoeren van een brede verkenning om alle bouwstenen in beeld te krijgen, ter voorbereiding op het combineren van de meest kansrijke bouwstenen tot mogelijke alternatieven (stap 2). Daarbij is er in een parallel proces sprake geweest van:

- A) Een inventarisatie van bouwstenen, gekoppeld aan de verbeteropgave vanuit waterveiligheid. Hierbij is er ook gekeken naar relevante technische innovaties en systeemmaatregelen.
- B) Een inventarisatie met omgevingspartijen van potentiële bouwstenen, kansrijke koppelkansen en/of gewenste inpassingsopgaven. De mogelijke koppelkansen zijn beoordeeld op kansrijkheid in notitie meekoppelkansen [1]. De wensen van de omgevingspartijen zijn daarnaast gebruikt in zeef 0 om de bouwstenen tegen elkaar af te wegen (zeef 0).

De inventarisatie van bouwstenen en het bepalen van de kansrijke bouwstenen (stap 1) geldt als het vertrekpunt voor het vervolgproces van de verkenningsfase. In stap 2 worden de kansrijke bouwstenen gecombineerd tot mogelijke alternatieven, middels een zeefanalyse (stap 3) worden vervolgens de meest kansrijke alternatieven om de dijk te versterken gekozen. In stap 4 worden de kansrijke alternatieven verder uitgewerkt om vervolgens met een zeefanalyse (stap 5) tot een goed onderbouwde keuze van het voorkeursalternatief te komen.

1.5 Leeswijzer

Het voorliggende rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken:

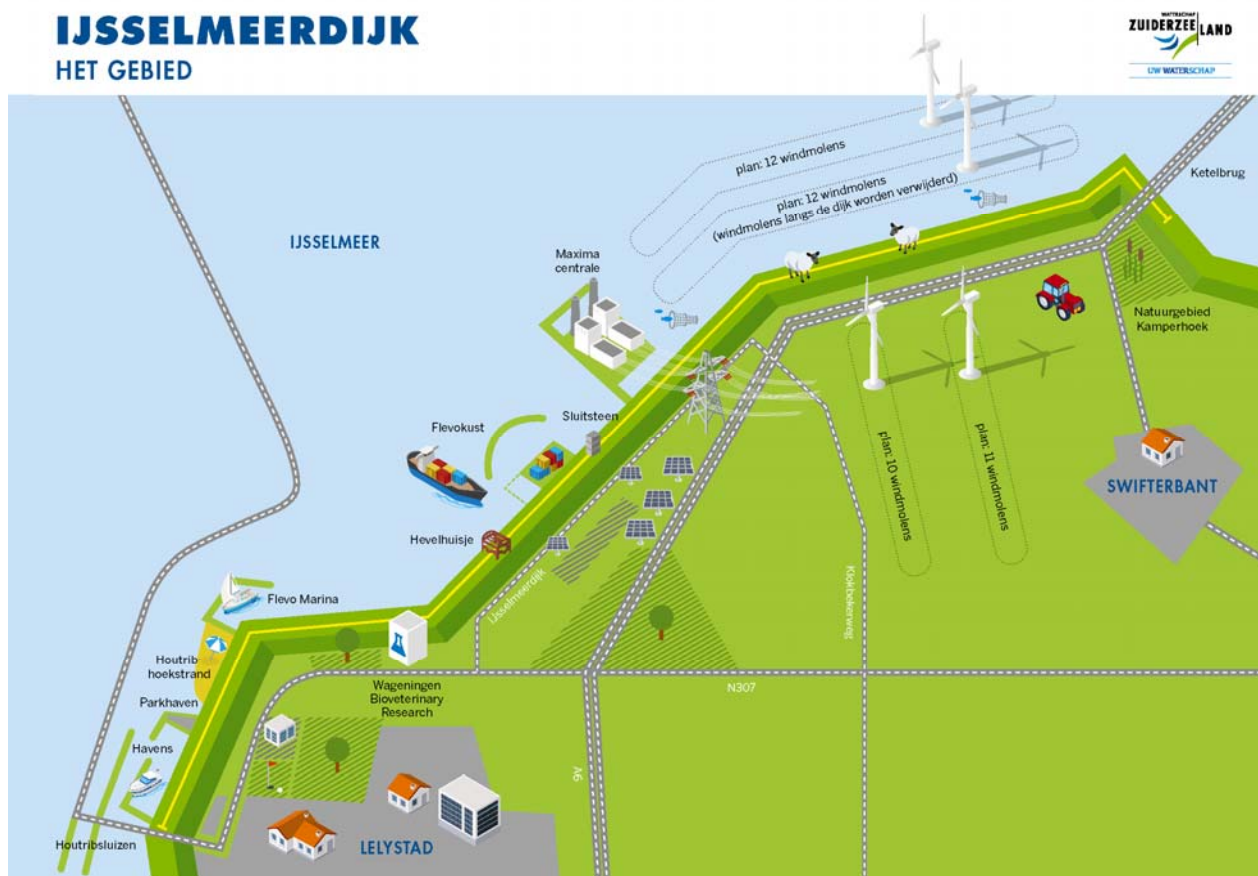
- Eerst worden in Hoofdstuk 2 kort de belangrijkste kenmerken van het gebied toegelicht.
- Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 de versterkings- en ontwerpogave verduidelijkt.
- In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan hoe de mogelijke bouwstenen voor deze dijkversterking zijn geselecteerd en hoe de bouwstenen voor de dijkversterking relateren aan innovaties, systeemmaatregelen en meekoppelkansen.
- In Hoofdstuk 5 wordt het beoordelingsproces om van de bouwstenen tot kansrijke bouwstenen beschreven en wordt aan de hand van een afwegingskader beschreven hoe bouwstenen ten opzichte van elkaar scoren op verschillende criteria.
- Deze rapportage sluit met Hoofdstuk 6 af, waarin de uiteindelijke keuze welke bouwstenen afvallen in het ontwerpproces en welke bouwstenen juist als kansrijk worden gezien wordt toegelicht. Afsluitend worden aanbevelingen gedaan voor het samenstellen van mogelijke alternatieven (volgende stap in de verkenningsfase).

2 Kenmerken van het gebied

2.1 Plangebied en opbouw van de dijk

De IJsselmeerdijk is 17,6 km lang en ligt aan de noordwestzijde van Oostelijk Flevoland. De waterkering loopt van de Ketelbrug in het noorden tot aan de Houtribdijk in Lelystad. De kruin van de dijk ligt op circa NAP +5,2 m. in het noorden en circa NAP +3,5 m. in het zuiden. Het is een lange rechte grasdijk met een steenbekleding aan de buitenzijde. De dijk ligt hoofdzakelijk in landelijk gebied. In het zuidelijk gebied grenst het aan de bebouwing van Lelystad. Aan de waterzijde (buitendijks) ligt onder andere de Maxima centrale, Flevokust, drie jachthavens, het buitendijkse woongebied Parkhaven en het Houtribhoekstrand (zie Figuur 2-1). Aan de landzijde (binnendijks) ligt de snelweg A6, bedrijventerrein Flevokust, de woongebieden Golfpark en Houtribhoogte en de provinciale weg N307.

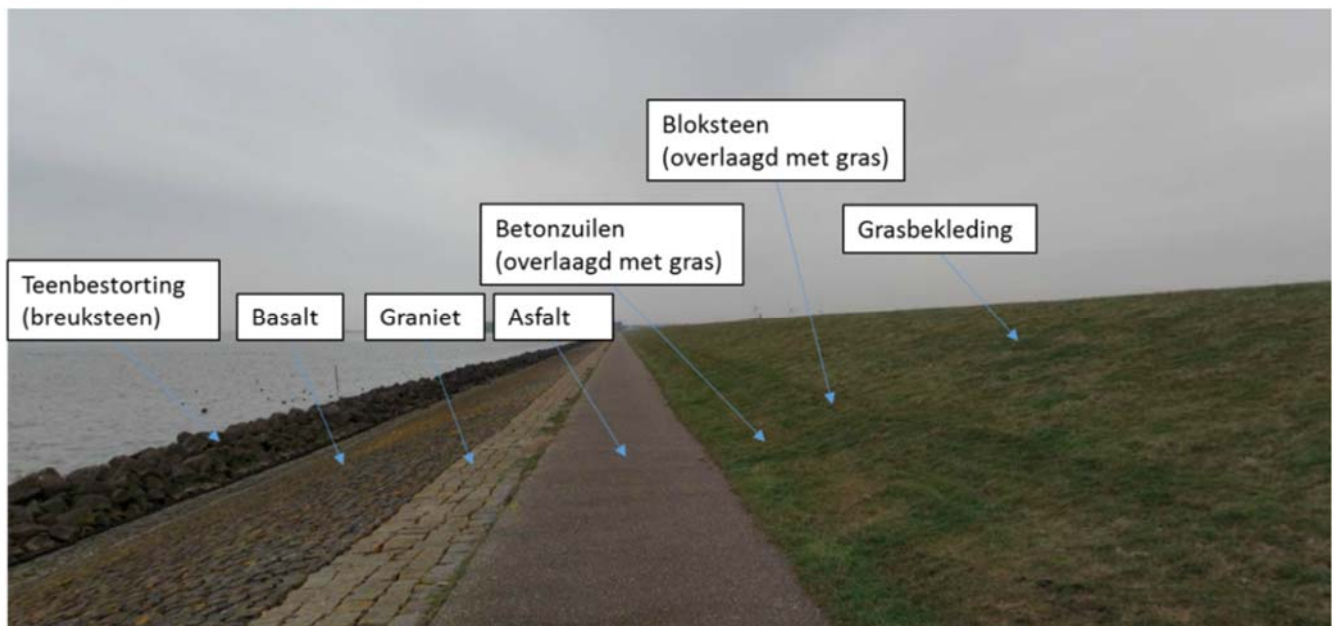
De IJsselmeerdijk is gemaakt in de periode 1950-1957 voor de aanleg van Oostelijk Flevoland. Het betreft een jonge dijk, die vrijwel in één keer is aangelegd. De opbouw van de dijk en de methode van aanleggen zijn daardoor goed bekend. Voor de aanleg van de dijk is eerst gestart met afgraven van slappe grond en het aanbrengen van draagkrachtig zand (grondverbeteringscunet). Vervolgens is de dijk opgebouwd. De dijk bestaat uit een zandkern, ingeklemd tussen twee keileemkaden. De dijk is afgewerkt met een kleilaag en een dijkbekleding. Na de aanleg is de waterkering slechts beperkt aangepast en versterkt.



Figuur 2-1: Infographic, het plangebied met de locatiespecifieke opgaven

De volgende kenmerken gelden voor de dijkbekledingsopbouw van de IJsselmeerdijk:

- De dijkbekleding van de IJsselmeerdijk is grotendeels uniform over het traject. Bij de buitenteen van de dijk zorgt een teenbestorting van breuksteen voor bescherming en stabiliteit van het teenschot (hout en beton) en de bovenliggende steenzetting op het ondertalud. Deze steenzetting bestaat uit natuurlijk basalt en graniet. Op de onderhoudsberm ligt een asfaltbekleding. Boven de berm zijn betonzuilen en bloksteen gezet, welke zijn overlaagd met gras. Het resterende deel van het boventalud is bekleed met gras. Op de kruin en het binnentalud is vrijwel overal een grasbekleding aanwezig. Lokaal ligt er op het binnentalud een asfaltweg of een met klinkers bekleed inspectiepad. In Figuur 2-2 is een impressie van de op het buitentalud van de IJsselmeerdijk aanwezige bekleding weergegeven.



Figuur 2-2: Kenmerkende dijkbekledingsopbouw IJsselmeerdijk

3 De Ontwerpopgave

3.1 Scope van het project

In 2018 is normtraject 8-3, waarvan de IJsselmeerdijk het grootste deel uitmaakt, beoordeeld met de wettelijk voorgeschreven beoordelingsmethode. Uit deze beoordeling komt dat de IJsselmeerdijk ruim niet aan de ondergrens voldoet, score D. De steenbekleding en het asfalt aan de buitenzijde van de waterkering (waterkant) en de grasbekleding aan zowel de buitenzijde als de binnenzijde (polderkant) zijn niet sterk genoeg. De dijk voldoet aan het faalmechanisme piping en macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts. De ontwerpopgave is visueel weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Infographic, de opgave in hoofdlijnen

Op basis van deze beoordeling is normtraject 8-3 opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma 2020-2025. De aanpak van het normtraject is door het bestuur van Zuiderzeeland opgedeeld in twee projecten: Versterking IJsselmeerdijk in de periode 2020-2027 en Versterking Oostvaardersdijk gelegen aan het Markermeer daarna. In project Versterking IJsselmeerdijk beschouwen we dus een deel van normtraject 8-3, te weten de IJsselmeerdijk vanaf de Ketelbrug (hectometerpaal 17.5) tot de Houtribdijk (hectometerpaal 35.1). Dit traject is 17,6 km lang.

Er zijn geen waterkerende kunstwerken in de IJsselmeerdijk. Bij de toeritten naar de Maxima centrale en Flevokust is de kruin lokaal verlaagd. De landtong van de Ketelbrug is geen onderdeel van de primaire kering en valt buiten de waterveiligheidsopgave. De landtong hoeft dus niet versterkt te worden, maar is met het oog op het realiseren van een goede aansluiting op de versterking wel onderdeel van de scope.

Voor de feitelijke waterkering liggen een aantal buitendijkse gebieden. Van zuid naar noord gaat het om Houtribhaven, Deko Marina, Parkhaven, Flevo Marina, Flevokust en de Maxima centrale. De waterveiligheid van de buitendijkse gebieden valt buiten de scope. De buitendijkse gebieden verminderen bij de maatgevende storm de golfaanval op de dijk. Daarom nemen we deze gebieden wel mee in het afwegingsproces van maatregelen. Parkhaven en de Maxima centrale zijn door de provincie aangewezen als regionale kering. De Maxima centrale is deels primaire waterkering. Deze keringen voldoen aan de norm en vallen buiten de scope. Naast deze keringen heeft ook een aantal havendammen een reducerend effect op golfaanval op de dijk. We nemen de havendammen mee in dit project, omdat ze van invloed zijn op de veiligheidsopgave en onderdeel kunnen zijn van de maatregelen. Het in stand houden van de havendammen is op zichzelf geen doel van het project en valt eveneens buiten de scope.

3.2 Projectdoel en -ambitieniveau

Het projectdoel is het realiseren van een veilige en toekomstbestendige dijk. De nieuwe dijk wordt goed ingepast in de omgeving en in de juridische kaders, en er wordt nadrukkelijk gezocht naar de mogelijkheden voor het inpassen van innovatieve en duurzame oplossingen (met een terugvaloptie achter de hand). De dijk wordt gerealiseerd op basis van een bestuurlijk en maatschappelijk gedragen plan, passend binnen de huidige beschikking. Onderstaande samenvatting van doelen en ambities sluit aan op het PVA voor de verkenningfase van Waterschap Zuiderzeeland.

- *Veilig, beheerbaar en toekomstbestendig:*
 - De nieuwe dijk lost de veiligheidsopgave op conform het OI2014v4.
 - De nieuwe dijk is goed te beheren.
- *Duurzaamheid en biodiversiteit*
 - Er wordt specifieke aandacht besteed aan de mogelijkheden voor een bijdrage aan de ecologie van het IJsselmeer (stepping stone), biodiversiteit, de mogelijkheden voor energie, en maximalisering van hergebruik. Streven naar verbetering van aspect duurzaamheid ten opzichte van het referentie ontwerp.
- *Innovaties*
 - Innovaties kunnen bestaan uit technische innovaties, maar ook uit innovaties van proces of tools in dijkversterkingsprojecten (toolkit voor dijken).
 - Het toepassen van technische innovaties is geen doel op zich. Technische innovaties worden alleen toegepast als onderdeel van de oplossingsrichtingen wanneer de innovatie mogelijk meerwaarde kan leveren (financieel, kwaliteit, planning).
 - Ambitie en dus streven om bijdrage te leveren aan 'toolkit voor dijken'.
- *Meekoppelkansen en participatie*
 - Er wordt actief gezocht naar en ruimte gegeven voor mogelijkheden voor meekoppelkansen en participatie. Een goed mee te koppelen initiatief mag invloed hebben op de uitgangspunten van het project.

- Voorwaarde voor meekoppelkansen is dat deze in tijd aan kunnen sluiten bij de planning van het waterschap en dat er tijdig aanvullende financiering beschikbaar is.

In de navolgende pagina's is een nadere toelichting gegeven op de doelen en ambities.

3.2.1 Veilig en toekomstbestendig

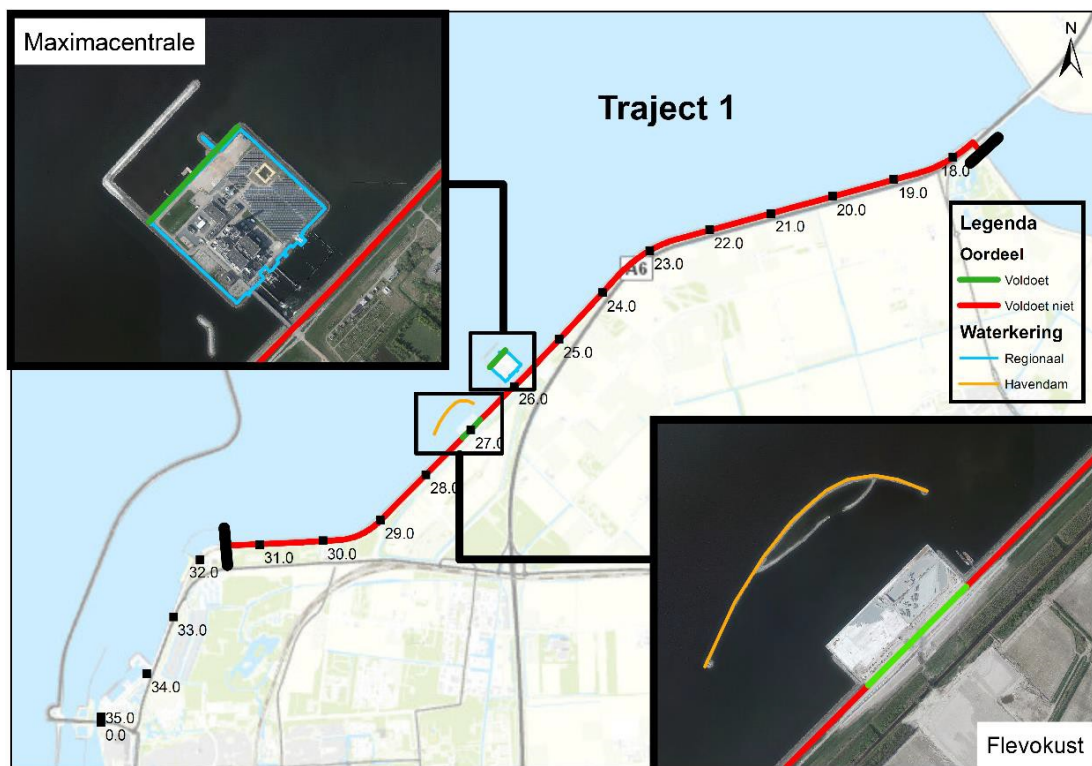
De wettelijke beoordeling (zie vorige paragraaf) geeft een duidelijk beeld dat de waterkering niet voldoet, maar brengt niet volledig de omvang van de opgave in beeld. Met het oog op een slim en doelmatige aanpak van de dijkversterking (volgens HWBP) is het van belang de opgave zo goed mogelijk in beeld te hebben. Daarom is in de verkenningsfase een Nadere Veiligheidsanalyse uitgevoerd [2] om de exacte dijkversterkingsopgave te detailleren.

In Figuur 3-2 en Figuur 3-3 is de opgave (volgend uit de Nadere Veiligheidsanalyse [2]) en de ligging van de dijkvakken weergegeven. In totaal heeft 16,8 km van de 17,6 km een waterveiligheidsopgave. De dijk wordt vanwege de lengte, de versterkings- en gebiedsopgave opgedeeld in een twee delen, een noordelijk en een zuidelijk deel:

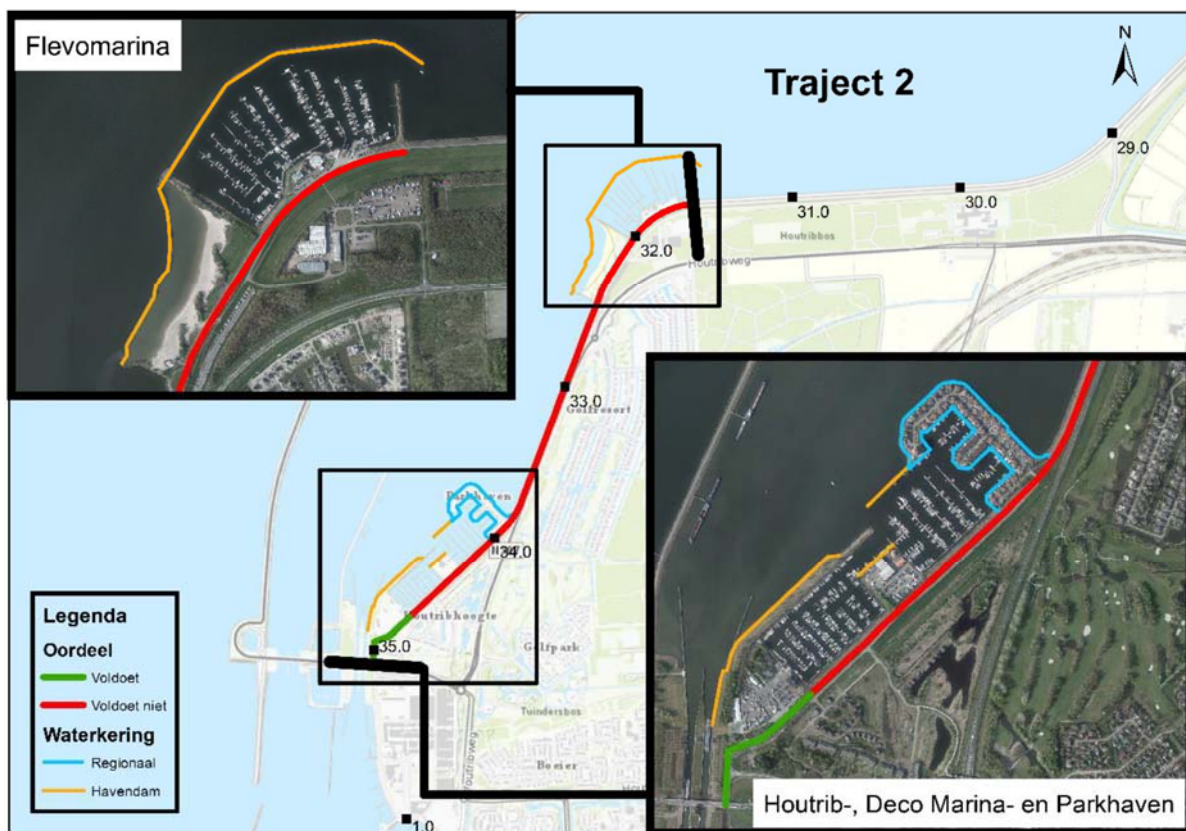
- Het noordelijk deel (traject 1) bestaat uit een lang uniform landelijk traject en de maatwerklocaties Maxima centrale en Flevokust. Dit dijktraject zal tijdens maatgevende stormen bestand dienen te zijn tegen hele hoge golven (>3m);
- Het zuidelijk deel (traject 2) bestaat uit het veel kortere traject 2 met veel maatwerklocaties, namelijk Flevo Marina, Parkhaven, Deko Marina en Houtribhaven. De maatgevende golfcondities zijn hier milder dan bij traject 1 vanwege de luwte die de Houtribdijk biedt.

Uit de Nadere Veiligheidsanalyse [2] blijkt dat vrijwel over de volledige lengte de steenbekleding, asfaltbekleding en/of de grasbekleding niet voldoet. Hierdoor is vrijwel over de hele lengte een dijkversterking nodig. Alleen ter plaatse van Flevokust en deels bij de Houtribhaven voldoet de waterkering (delen van Traject 2). Bij de maatgevende storm slaat zoveel water over de dijk; vooral bij Traject 1 kan dit leiden tot onacceptabele erosie aan de grasbekleding van de kruin en de binnenzijde van de dijk. Als de dijk hoger was, zou dit niet gebeuren. De dijk is dus feitelijk niet hoog genoeg. De dijk ophogen is één van de mogelijke bouwstenen om de golfoverslag van water te beperken, maar er zijn ook andere bouwstenen die een hoogte-opgave kunnen oplossen. Zo kan bijvoorbeeld de dijkbekleding aan de buitenzijde ruwer worden gemaakt of kan het dijktralud aan de buitenzijde flauwer worden aangelegd, hierdoor zal er minder water over de dijk heen slaan tijdens maatgevende stormen.

In het ontwerp- en keuzeprocess richting een voorkeursbesluit krijgt beheerbaarheid een belangrijke rol. Er wordt specifiek gekeken naar de invloed op het regulier beheer, de inspecteerbaarheid en het beheer tijdens calamiteiten.



Figuur 3-2: Veiligheidsopgave noordelijk deel, traject 1



Figuur 3-3: Veiligheidsopgave zuidelijk deel, traject 2

3.2.2 Duurzaamheid en biodiversiteit

In het collegeplan van Waterschap Zuiderzeeland 2019-2023 wordt de ambitie uitgesproken dat: “Bij renovaties en investeringen wordt gekozen voor maximale duurzaamheid”. In de dijkversterking zal vanuit dit perspectief worden gewerkt en gehandeld. Bij de start van het project is bepaald dat de duurzaamheidsambities van het project vooral zijn gericht op de milieuthema's:

- Milieu-impact en broeikaseffect;
- Circulariteit (grondstoffen);
- Biodiversiteit.

In de onderstaande tabel zijn de doelen en ambities voor de dijkversterking gespecificeerd. De doelen en ambities zijn zo concreet mogelijk geformuleerd zodat het voor alle betrokken duidelijk is waar het duurzaamheidsspoor op is gericht en dat de voortgang te meten is. Bij de keuze van de kansrijke bouwstenen/alternatieven om de dijk te versterken zal nadrukkelijk tijdens zeefmomenten worden gelet of deze passen bij de ambities op het gebied van duurzaamheid. Daarnaast staan tijdens het ontwerpproces ook de duurzaamheidsthema's centraal.

Tabel 3-1: Ambities duurzaamheid voor de IJsselmeerdijk

Thema	Onderdeel	Ambitie
Milieu-impact en broeikaseffect	Wat is de milieu-impact van de maatregel?	De ambitie is 50% reductie op de milieu-impact (MKI) t.o.v. referentieontwerp (schetsontwerp)
	Wat is de bijdrage aan broeikas: - van materialen? - winning en aanvoer materialen? - bij uitvoering?	De ambitie is om het project 100% klimaatneutraal uit te voeren. Dit betekent dat wordt ingezet op het zoveel mogelijk besparen van energie en op het produceren van duurzame energie.
	Biedt de maatregel mogelijkheden voor opwekking duurzame energie?	
Circulariteit (grondstoffen)	Vermindert de maatregel het gebruik van primaire grondstoffen?	We gaan zo min mogelijk primaire grondstoffen gebruiken (eerste circulaire ontwerpprincipes RWS) We hebben de ambitie om het gebruik van primaire grondstoffen met 50% terug te brengen ten opzichte van het referentieontwerp.
	Draagt het bij aan hergebruik van materialen?	We hebben de ambitie om 90% van de materialen die vrijkomen bij de dijkversterking te hergebruiken c.q. een andere toepassing te vinden.
	Maakt het hergebruik materialen mogelijk in de toekomst?	We hebben de ambitie dat 100% van de materialen die worden toegepast bij de dijkversterking in de toekomst herbruikbaar zijn.
Biodiversiteit	Draagt de maatregel bij aan de biodiversiteit van de dijk?	We hebben de ambitie om de biodiversiteit van de bekleding en grasberm te vergroten ten opzichte van de huidige situatie.
	Draagt het bij aan het versterken ecologisch systeem IJsselmeer?	We hebben de ambitie om waar mogelijk de dijk in te passen in een groter ecologisch systeem van het IJsselmeer en omringende natuur.
	Draagt bij aan het ecologische systeem binnendijs?	

3.2.3 Meekoppelkansen en systeemmaatregelen

Het verbinden van de veiligheidsopgave aan andere ruimtelijke ambities of opgaven wordt “meekoppelen” genoemd. Om een beeld te krijgen van de lopende ontwikkelingen en potentiële meekoppelkansen zijn er voorafgaand aan de verkenning kennismakingsgesprekken gevoerd met een aantal stakeholders, wat heeft geleid tot een overzicht van de tot nog toe geïnventariseerde ontwikkelingen, de meekoppelkansen

(zie Tabel 3-2). Deze lijst kan gedurende het project worden uitgebreid. In de loop van het project wordt op meerdere momenten afgewogen of deze meekoppelkansen daadwerkelijk in het project opgenomen kunnen worden.

Tabel 3-2: Overzicht potentiële meekoppelkansen en (voorlopige) wijze waarop deze in het project worden meegenomen.

#	Meekoppelkansen	Toepassing		Meekoppelkansen	Toepassing
1	Doortrekken N307 Houtribdijk	Meekoppelen**	11	Voetgangersoversteekplaatsen van Houtribhoogte naar Houtribhaven	Meekoppelen
2	KRW verontdiepingen IJsselmeer	Meekoppelen**	12	Ontwikkeling kustpromenade Lelystad	Meekoppelen
3	Uitbreiding Flevokust (bedrijventerrein + haven)	Meekoppelen**	13	Kwaliteitsimpuls Dekomarina	Meekoppelen
4	Drijvende zonnepanelen (Engie)	Adaptief meenemen*	14	Eilanden en dammen (steppingstones IJssel / markerwadden)	Meekoppelen
5	A6-zon	Adaptief meenemen*	15	Zichtbaar maken geulen en rivierduinen Swifterbant	Meekoppelen
6	Zonneparken langs dijk	Meekoppelen	16	Fietsverbinding	Meekoppelen
7	Cruiseschip terminals	Meekoppelen	17	Ontwikkeling Flevo Marina	Adaptief meenemen*
8	Strekdammen	Meenemen als oplossing/Meekoppelen**	18	Hergebruik grond Vaarweg IJsselmeer-Meppel	Adaptief meenemen*
9	Exposure verhaal van de dijk	Meekoppelen	19	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	Meenemen als oplossing/Meekoppelen**
10	Windmolenpark Blauw	Niets doen	20	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk	Meenemen als oplossing/Meekoppelen**

* Als projecten van anderen niet gesynchroniseerd kunnen worden met het dijkversterkingsproject IJMD (qua planning, draagvlak, vergunbaarheid, financiering), blijft het wenselijk om waterveiligheid en gebiedsontwikkeling op elkaar af te stemmen. Deze flexibele houding noemen we 'adaptatie'. Bij het uitwerken van de voorkeursalternatieven en het dijkversterkingsplan wordt ingespeeld op toekomstige (verwachte) ontwikkelingen, of wordt gestimuleerd dat de ontwikkeling anticipeert op de aanstaande dijkversterking. Het doel is elkaars realisatie niet onmogelijk te maken noch nieuwe belemmeringen te creëren.

**Meekoppelkansen is ook beschouwd als systeemmaatregel en afgewogen als versterkingsbouwsteen.

In de verkenningfase worden ook systeemmaatregelen onderzocht als (deel)oplossing voor de waterveiligheidsopgave. Systeemmaatregelen veranderen de dijk zelf niet, maar zorgen voor een lagere belasting op de dijk. Een voorbeeld van een systeemmaatregel is de aanleg van een eiland of dam voor de dijk.

Meekoppelkansen kunnen dus ook een systeemmaatregel zijn; in Tabel 3-2 zijn de meekoppelkansen die tevens een systeemmaatregel zijn aangemerkt met **. Omdat de systeemmaatregelen een (groot) effect kunnen hebben op de dijkversterkingsopgave zijn de systeemmaatregelen ook als mogelijke versterkingsbouwsteen beschouwd. De systeemmaatregelen zijn als aparte familie meegenomen in de zeefanalyse van mogelijke bouwstenen tot kansrijke bouwstenen, dit wordt nader onderbouwd in Hoofdstuk 4.

4 Inventarisatie bouwstenen

4.1 Werkwijze samenstellen bouwstenen

Een dijk kan op veel manieren worden versterkt, om tot een brede set oplossingsrichtingen te komen voor de dijkversterking zijn bouwstenen opgesteld. Bouwstenen zijn technische maatregelen voor het oplossen van de waterveiligheidsopgave of het zijn maatregelen benodigd voor het behoud van de ruimtelijke kwaliteit van de dijk en zijn omgeving. Op basis van de veiligheidsopgave voor de IJsselmeerdijk en wensen/ ideeën uit de omgeving (volgend uit thematafel-sessies) is in december 2020 een groslijst aan mogelijke bouwstenen gedefinieerd.

Vanuit waterveiligheid geredeneerd moet de huidige dijk voor het zichtjaar 2080 versterkt worden voor de faalmechanismen bekleding buitentalud en hoogte (GEKB). Om te voldoen aan deze bekledings- en de hoogteopgave van de dijk zijn de volgende globale oplossingsrichtingen mogelijk:

- Bekleding buitentalud:
 - Versterken huidige bekleding (vervangen, dikker maken, verder doortrekken);
 - Overlagen huidige bekleding met nieuwe bekleding.
- Hoogte:
 - Verhogen kruin (met grondwerk of constructie);
 - Verlagen huidig overslagdebiet (door maatregelen in het voorland of golfremmende maatregelen aan het buitentalud).

Op basis van deze mogelijke oplossingsrichtingen zijn verschillende bouwstenen opgesteld voor het versterken van de dijk, waarbij ook wensen/ideeën uit de omgeving (input uit thematafels) zijn meegenomen. De geïnventariseerde mogelijke bouwstenen worden daarbij ingedeeld op de volgende type aanpassingen (zogenoemde families van bouwstenen):

A. Aanpassen bekleding

Een harde dijkbekleding moet vooral de kracht van golven bij een zware storm opvangen en voorkomen dat de dijk niet wegspoelt. De bekleding van de dijk zorgt er daarbij ook voor dat de kracht van de golven wordt geremd, waardoor de hoogteopgave kan afnemen. De mate waarin de hoogteopgave afneemt verschilt sterk per type bekleding.

B. Dijkprofiel aanpassingen

Bij bouwstenen die betrekking hebben op de geometrie van de dijk, wordt de hoogte, de taluds of de berm aangepast. Aanpassingen van de taluds en de berm (bijvoorbeeld verflauwen of aanleggen van een buitenberm) hebben een reducerend effect op de golfoploop, waardoor de hoogteopgave afneemt. Daarnaast zijn er verschillende mogelijkheden om de kruin op te hogen. Dit kan over de gehele breedte of alleen in binnen- en of buitenwaartse richting.

C. Constructieve aanpassingen

Bij constructieve elementen wordt de hoogteopgave ingevuld door het toepassen van damwandconstructies en of (tijdelijke) keermuren. Constructieve elementen worden veelal toegepast bij situaties waar beperkte ruimte beschikbaar is.

D. Bouwstenen voor en achter de dijk

Voor- en achterland oplossingen betreffen maatregelen voor of achter de dijk zoals golfbrekers, extra dijken of het verhogen van het voorland. Deze maatregelen hebben veelal een golfremmende en -brekende werking waardoor de hoogteopgave van de huidige dijk afneemt.

E. Systeemmaatregelen/meekoppelkansen

Systeemmaatregelen zijn relatief grootschalige maatregelen die effect hebben op de maatgevende ontwerpbelastingen voor de dijk. Systeemmaatregelen veranderen de dijk dus zelf doorgaans niet, maar zorgen puur voor een lagere belasting op de dijk. Een voorbeeld van een systeemmaatregel is de aanleg van eilanden voor de dijk en het inzetten van extra pompen op de Houtribdijk/Afsluitdijk.

Hierbij worden de volgende kanttekeningen geplaatst:

- Omdat bij het combineren van bouwstenen de dijk in geometrie kan veranderen, kunnen ook andere faalmechanismen mee gaan spelen. Voor deze dijk zal dit specifiek gelden voor de geotechnische faalmechanismen (macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts). Omdat een eventuele opgave voor macrostabiliteit voortvloeiend uit het combineren van kansrijke bouwstenen nu nog te onzeker is, is gekozen om deze bouwstenen niet in detail te inventariseren. Wel wordt bij de beoordeling van afzonderlijke bouwstenen al rekening gehouden of een extra stabiliteitsopgave kan ontstaan, deze bouwstenen zijn op bepaalde criteria negatiever beoordeeld. Uiteindelijk worden de kansrijke alternatieven zo uitgewerkt dat deze alternatieven voldoen aan alle faalmechanismen (stap 4 in de verkenningfase).
- In de (technische) uitgangspuntennotitie zijn een aantal belangrijke uitgangspunten vastgelegd [5]. De gekozen uitgangspunten hebben effect op de exacte versterkingsopgave en daarmee ook op de omvang van de bouwstenen. De uitgangspuntennotitie voor deze dijkversterking wordt bij de uitwerking van de kansrijke alternatieven nader aangescherpt. Mochten de uitgangspunten betreffende de versterkingsopgave door onvoorziene omstandigheden sterk wijzigen dan kan het verstandig zijn de keuze van de bouwstenen te herzien.

4.2 Inventarisatie mogelijke bouwstenen

De geïnventariseerde mogelijke bouwstenen voor de beschouwde deeltrajecten zijn getoond in Tabel 4-1. Voor elke bouwsteen is een factsheet opgebouwd. In deze factsheet is een beschrijving van de bouwsteen opgenomen inclusief ondersteunende visualisaties en wordt het effect op de maatgevende faalmechanismen beschreven. Daarnaast is in de factsheet een korte onderbouwing opgenomen van alle scores die zijn toegekend in zeef 0. In Hoofdstuk 5 zijn deze scores kort en bondig gerapporteerd. De factsheets zijn opgenomen in Bijlage 2.

In Tabel 4-1 is ook opgenomen of de bouwsteen van toepassing is voor het noordelijk deel (traject 1) en/of voor het zuidelijk deel (traject 2). Met name door fysieke barrières zijn bepaalde bouwstenen namelijk niet overal van toepassing. In de tabel is ook weergegeven aan welk faalmechanisme de bouwsteen een bijdrage levert, waarbij een 5-puntsschaal is gebruikt. Hier kan score 3 worden beschouwd als geen bijdrage en scores boven de 3 als een positieve bijdrage en scores onder de 3 als een negatieve bijdrage.

De bouwstenen zijn doorgaans alleenstaand niet voldoende om het veiligheidsprobleem van de dijk op te lossen, er zal een combinatie van bouwstenen moeten worden toegepast. Het combineren van bouwstenen tot mogelijke oplossingen vindt plaats in de volgende fase van het project. In deze zeef 0 worden van alle mogelijke bouwstenen de kansrijke bouwstenen geselecteerd.

Tabel 4-1: Overzicht mogelijke bouwstenen traject 1 Landelijk (noord) en traject 2 Stedelijk (zuid)

Zeef 0		Draagt bij aan Faalmechanisme				
		Bekleding	Hoogte	Stabiliteit	Traject 1 Noordelijk Landelijk	Traject 2 Zuidelijk Stedelijk
#	Bouwsteen					
A	BOUWSTENEN BEKLEDING					
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (ondertalud)	5	3	3	ja	ja
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (ondertalud)	5	3	3	ja	ja
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	2	3	3	ja	ja
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	5	5	4	ja	ja
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	5	4	4	ja	ja
A.6	Verborgen bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	5	3	3	ja	ja
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetreren/overlagen)	5	3	3	ja	ja
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	5	5	3	ja	ja
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	5	4	3	ja	ja
B	BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE					
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	3	5	2	ja	ja
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	3	5	2	ja	ja
B.1c	Vierkant versterken	3	5	3	ja	ja
B.2	Geknikt buitentalud	3	5	2	ja	ja
B.3	Verflauwen buitentalud	4	5	5	ja	ja
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	3	5	5	ja	nee
B.5	Verhogen buitendijkse berm	3	5	4	ja	ja
B.6	Teen verhogen en verbreden	4	3	5	ja	ja
B.7	Steiler buitentalud	3	3	2	ja	ja
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	3	3	2	ja	ja
C	CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN					
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	3	5	4	ja	ja
C.2	Demontabele kering op kruin	3	5	3	ja	ja
C.3	Vaste kering op kruin	2	5	5	ja	ja
C.4	Verticale constructie binnentalud	3	4	3	ja	ja
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	3	3	5	ja	ja
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	3	3	5	ja	ja
C.7	Zelfstandige waterkering	5	5	5	ja	ja
D	BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK					
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	4	4	5	ja	ja
D.2	Dubbele dijk buitendijks	5	5	5	ja	nee
D.3	Dubbele dijk binnendijks	5	5	5	ja	nee
D.4	Verhogen haventerrein	4	5	4	nee	ja
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	5	5	3	nee	ja
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	5	5	5	ja	nee
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	5	5	3	ja	ja
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (onder waterlijn)	4	4	3	ja	nee
E	SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSSEN					
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	4	5	3	ja	ja
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	3	5	3	ja	ja
E.3	Waterbuffer binnendijks	3	3	3	ja	nee
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	5	5	5	nee	ja
E.5	Verondiepingsmaatregelen Ketelbrug	4	4	4	ja	nee
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones ijssel/markerwadde)	4	4	4	ja	nee
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	3	3	3	ja	nee
E.8	Uitbreiding Flevokust	4	4	3	ja	nee
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	4	4	3	ja	nee
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	4	4	4	ja	ja
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	5	5	3	ja	ja
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	5	5	5	ja	ja
E.13	Lelylijn (spoorlijn) als steunberm gebruiken	3	3	5	ja	nee

4.3 Toelichting uitgevoerde berekeningen

Om het effect van een aantal mogelijke bouwstenen op de hoogte-opgave te bepalen voor het zichtjaar 2080 zijn berekeningen uitgevoerd. Op deze manier is het mogelijk om een eerste indicatie te krijgen van de effectiviteit en omvang van de diverse bouwstenen. Dit heeft geholpen bij de toepassing van zeef 0.

Voor de volgende bouwstenen zijn berekening uitgevoerd om het effect (reductie) op de benodigde kruinhoogte (HBN-niveau) te bepalen:

- Bouwsteen A.4 Nieuwe ruwe bekleding ondertalud
- Bouwsteen A.8 Nieuwe ruwe bekleding boventalud
- Bouwsteen B.3 Verflauwen buitentalud
- Bouwsteen B.5 Verhogen buitendijkse berm
- Bouwsteen D.1 Aanbrengen vooroever
- Bouwsteen D.5 Versterken huidige havendam
- Bouwsteen D.8 Aanbrengen kunstmatige riffen

De uitkomsten van de berekeningen zijn kwalitatief meegenomen in de zeef beoordeling, de resultaten zijn opgenomen in Bijlage 3.

Voor een aantal systeemmaatregelen zijn aparte notities opgesteld om het effect voor de IJsselmeerdijk in kaart te brengen. De notities zijn opgenomen in de Bijlage. Voor de volgende systeemmaatregelen zijn aparte notities opgesteld:

- Bouwsteen E.4 Verbinding Houtribdijk N307 ten noorden van Lelystad (Bijlage 4)
- Bouwsteen E.1 Extra pompcapaciteit Afsluitdijk (Bijlage 5)

4.4 Relevante innovaties

Gelet op de eerder genoemde doelstellingen van de verkenningsfase is een inventarisatie uitgevoerd om zo relevante technische innovaties vroegtijdig in beeld te krijgen. De geïnventariseerde bouwstenen bestaan voornamelijk uit eerder toegepaste technieken in andere dijkversterkingen of state-of-art oplossingen die met aanvullende engineering vrijwel zeker toepasbaar kunnen worden gemaakt voor een dijkversterking. In het werkveld van dijkversterkingen worden echter continu innovaties ontwikkeld. Deze innovaties kunnen relevant zijn voor de waterveiligheidsopgave voor deze dijkversterking, maar ook voor en/of overige ambities en doelstellingen van dit project (zie ook Hoofdstuk 2 en Hoofdstuk 3). Daarom is er in deze fase ook een brede inventarisatie opgesteld om relevante innovaties in beeld te brengen. Hierbij is vooral gekeken naar innovaties op het gebied van waterveiligheid en innovaties die meerwaarde bieden op de thema's biodiversiteit en duurzaamheid. Het totale overzicht van de (relevante) innovaties is opgenomen in de notitie relevante innovaties [3]. De relevante innovaties richten zich met name op het ontwerpproces (toepassing nieuwe inzichten) en de materialisering van bepaalde type bouwstenen. De inventarisatie heeft dus geen nieuwe bouwstenen om de dijk te versterken opgeleverd, maar wel relevante innovatieve inzichten hoe nieuwe kennis kan worden geïmplementeerd in het ontwerpproces. Deze nieuwe inzichten kunnen leiden tot een kwalitatief beter ontwerp en tot kostenreductie en duurzaamheidswinst. Voor innovaties die zich meer richten op de materialisering van bouwstenen geldt tevens dat deze kunnen leiden tot een slimmer en doelmatiger ontwerp. Het detailniveau van deze type innovaties is echter meer passend voor de planuitwerkingsfase.

4.5 Wijze van beoordelen

In de verkenningsfase wordt van grof naar fijn gewerkt. In zeef 0 worden op basis van expert judgement de verschillende bouwstenen ten opzichte van elkaar beoordeeld. Er wordt onderscheid gemaakt in zes hoofdthema's: '1. Techniek en toekomstbestendig', '2. Beheerbaarheid', '3. Duurzaamheid en

Biodiversiteit', '4. Kosten', '5. Inpassing in de omgeving' en '6. Gebruik en beleving van de dijk'. Elk hoofdthema is onderverdeeld in meerdere sub-criteria. Het gebruikte afwegingskader voor zeef 0 is gezamenlijk opgesteld met ZZL, waarbij nadrukkelijk ook gekeken is of wensen vanuit de omgeving (opgehaald uit de thematafels) een goede plek krijgen. Het afwegingskader is weergegeven in Tabel 4-2. In de meest rechterkolom wordt een korte toelichting gegeven hoe voor het betreffende criterium de bouwstenen tegen elkaar zijn afgewogen in zeef 0.

Tabel 4-2: Afweegkader Zeef 0

Hoofdthema en subcriteria	Toelichting criterium
1. Techniek en toekomstbestendig	
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	Zijn gebruikte technieken bewezen of innovatief? Hoe complex zijn de technieken?
1.2 Effectiviteit	Hoe effectief is de bijdrage aan waterveiligheid en is deze ook in de toekomst zeker? Wat is de grote van de ingreep uitgezet tegen de veiligheidswinst?
1.3 Toekomstbestendigheid	Mate waarin toekomstige versterking mogelijk is in hoogte breedte en sterkte.
1.4 Vergunbaarheid	Hoe complex is het om een vergunning te krijgen voor de bouwsteen?
2. Beheerbaar	
2 Beheerbaarheid	Gevolgen van de bouwsteen op het regulier beheer en onderhoud en tijdens calamiteiten, alsmede de mogelijkheid voor verbeteren van de beheersituatie
3. Duurzaamheid en Biodiversiteit	
3.1 Biodiversiteit	Draagt de maatregel bij aan de biodiversiteit van de dijk? Draagt het bij aan het versterken ecologisch systeem IJsselmeer? Draagt het bij aan het ecologische systeem binnendijks?
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	Wat is de milieu-impact van de maatregel? Wat is de bijdrage de productie van de materialen aan het broeikaseffect? Wat is de bijdrage van de winning en de aanvoer materialen aan het broeikaseffect? Wat is de bijdrage van de uitvoering aan het broeikaseffect? Biedt de maatregel mogelijkheden voor opwekking duurzame energie?
3.3 Circulariteit	Vermindert de maatregel het gebruik van primaire grondstoffen? Draagt het bij aan hergebruik van materialen? Maakt het hergebruik materialen mogelijk in de toekomst?
4. Kosten	
4.1 Investeringskosten	Kwalitatieve inschatting van de investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	Kwalitatieve inschatting van de beheer- en onderhoudskosten tijdens de planperiode van 100 jaar.
5. Inpassing in de omgeving	
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	Mogelijkheid voor combinatie met Rijke Dijk principes, interactie overgang nat/droog.
5.2 Mogelijke meekoppelkansen	Mate waarin koppelkansen van derden gerealiseerd kunnen worden (meekoppelen of inpassen)
6. Gebruik en beleving van de dijk	
6.1 Landschap en ruimtelijke kwaliteit	Mate waarin de bouwsteen aansluit bij het ruimtelijk kwaliteitskader vanuit landschappelijke en cultuurhistorische waarden
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	Gevolgen van de bouwsteen voor de beleving van de dijk. Wordt recreatie bevorderd ten opzichte van de huidige situatie?
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	Wordt het verkeer en de bereikbaarheid verbeterd ten opzichte van de huidige situatie?

In zeef 0 wordt gebruik gemaakt van een vijfpuntsschaal (scores van ++ tot --), zodat er bij de afweging een voldoende duidelijk onderscheid ontstaat tussen de bouwstenen.

De sub-criteria worden doorgaans in zeef 0 nog op kwalitatieve basis gescoord. Een score van ++ wordt gegeven aan de beste bouwsteen en een -- aan de slechtste bouwsteen. **Belangrijk is dat de bouwstenen in zeef 0 relatief ten opzichte van elkaar worden gescoord en niet ten opzichte van de huidige situatie.** Vaak is er sprake van weinig onderscheid tussen de beoordeling en wordt niet de volledige bandbreedte van ++ tot -- gebruikt. Bovenstaande betekent dus dat een bouwsteen een positieve score kan krijgen (+ of ++) terwijl de situatie niet persé verbetert op dat criterium, maar wel (veel) minder verslechtert dan bij andere bouwstenen. De sub-criteria zijn dus met nadruk niet gescoord als effectbepaling ten opzichte van de huidige situatie. Om scores te kunnen middelen worden deze ook uitgedrukt in een getal, zie onderstaande tabel.

Score:		Beschrijving
1	--	Sterk negatief onderscheidend tov andere bouwstenen
2	-	Licht negatief onderscheidend tov andere bouwstenen
3	0	Neutraal
4	+	Licht positief onderscheidend tov andere bouwstenen
5	++	Sterk positief onderscheidend tov andere bouwstenen

Er is geen weging tussen de hoofdthema's en verschillende criteria verondersteld. In dit hoofdstuk worden de scores op hoofdlijnen toegelicht. De motivaties van alle scores zijn terug te vinden in de factsheets, opgenomen in Bijlage 2. De uiteindelijke gekozen kansrijke bouwstenen worden toegelicht in Hoofdstuk 6.

4.6 Thema techniek en toekomstbestendig

In onderstaande tabel worden de scores voor het thema techniek en toekomstbestendig weergegeven en kort toegelicht. Voor elke bouwsteen zijn de scores individueel onderbouwd in de factsheet. De factsheets zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 4-3: Scoretabel Zeef 0 –Thema Techniek en Toekomstbestendig

#	Bouwsteen	Techniek en toekomstbestendig				1
		1.1	1.2	1.3	1.4	
		Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	Effectiviteit	Toekomstbestendigheid	Vergunbaarheid	
A BOUWSTENEN BEKLEDING						
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (buitentalud)	5	4	3	4	4.0
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (buitentalud)	5	4	4	4	4.3
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	5	2	4	4	3.8
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondentalud)	3	5	5	4	4.3
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	4	5	4	4	4.3
A.6	Verborgen bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	4	4	3	4	3.8
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetreren/overlagen)	4	4	4	4	4.0
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	5	5	2	4	4.0
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	3	3	2	4	3.0
B BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE						
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	4	4	4	3	3.8
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	2	4	4	3	3.3
B.1c	Vierkant versterken	3	4	4	2	3.3
B.2	Geknikt buitentalud	3	3	4	3	3.3
B.3	Verflauwen buitentalud	3	5	5	3	4.0
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	3	4	5	2	3.5
B.5	Verhogen buitendijkse berm	5	4	5	3	4.3
B.6	Teen verhogen en verbreden	4	2	5	3	3.5
B.7	Steiler buitentalud	4	2	2	3	2.8
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	4	2	2	3	2.8
C CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN						
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	3	5	3	4	3.8
C.2	Demontabele kering op kruin	1	5	2	4	3.0
C.3	Vaste kering op kruin	3	5	3	4	3.8
C.4	Verticale constructie binnentalud	3	5	2	4	3.5
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	4	3	4	2	3.3
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	4	3	4	2	3.3
C.7	Zelfstandige waterkering	3	5	3	4	3.8
D BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK						
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	2	4	5	2	3.3
D.2	Dubbele dijk buitendijks	1	2	3	2	2.0
D.3	Dubbele dijk binnendijks	1	2	3	2	2.0
D.4	Verhogen haventerrein	1	3	5	2	2.8
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	4	4	5	4	4.3
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	1	1	4	2	2.0
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	2	3	5	3	3.3
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (net onder waterlijn)	3	2	4	3	3.0
E SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSSEN						
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	1	2	1	2	1.5
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	2	3	2	3	2.5
E.3	Waterbuffer binnendijks	1	1	1	2	1.3
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	2	3	4	3	3.0
E.5	Verondiepsmaatregelen Ketelbrug	2	4	5	2	3.3
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones ijssel/markerwadden)	2	3	4	3	3.0
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	2	3	3	2	2.5
E.8	Uitbreiding Flevokust	2	3	4	2	2.8
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	2	3	3	2	2.5
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	2	3	4	3	3.0
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	4	4	3	4	3.8
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	1	3	4	1	2.3
E.13	Lelylijn (spoorlijn) als steunberm gebruiken	2	3	3	2	2.5

Toelichting familie A:

Binnen familie A (Bekledingen) hebben bouwstenen A1 (Nieuwe gladde bekleding zetsteen), A2 (nieuwe gladde bekleding asfalt), A.4 (nieuwe ruwe bekleding breuksteen), A.5. (nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen), A6 (Verborgen bekleding Buitentalud) en A.7 (versterken huidige bekleding) geen negatieve scores gekregen op het thema Techniek en Toekomstbestendig. De overige bekledingen hebben één of meerdere negatieve scores op een bepaald criteria.

Echter scoort geen enkele bouwsteen sterk negatief. Zo is gras (A.3) in vergelijking met andere type bekleding matig bestand tegen golfbelasting en scoort deze bekleding daarom negatief op effectiviteit. Een ruwe zetsteen bekleding (A.8) en een overslagbestendige dijk (A.9) zijn moeilijk uitbreidbaar en scoren daarom matig op het criterium toekomstbestendigheid.

Vanuit techniek scoren A.2 (nieuwe gladde bekleding asfalt), A.4. (breuksteenbekleding), A.5. (gepenetreerde breuksteenbekleding) en A.8 (Bekleding zetsteen (boventalud)) zeer goed. Deze bekledingen zijn effectief en scoren hoog op haalbaar en maakbaar.

Toelichting familie B:

Binnen familie B (aanpassingen dijkgeometrie) zijn de verschillen tussen de bouwstenen beperkt. Bij bouwstenen B.1a, b, c wordt de kruin verhoogd. Hierbij is binnenwaarts verhogen (B.1a) gunstiger beoordeeld ten opzichte van de andere twee verhogingen, omdat er binnenwaarts ruimte beschikbaar is en buitenwaarts dit lastig is vanwege de diepe ligging van het IJsselmeer. De sterk positieve bouwstenen zijn B.1a (Kruinverhoging Binnenwaarts), B.3 (verflauwen buitentalud) en B.5 (verhogen buitendijkse berm). Er zijn geen sterk negatief gescoorde bouwstenen. De minst goed beoordeelde bouwstenen voor dit hoofdthema zijn B.7 (Steiler buitentalud) en B.8 (Versteilen binnen talud binnen huidig ruimte beslag), deze scoren niet goed op effectiviteit, omdat de veiligheidswinst beperkt of niet aanwezig is.

Toelichting familie C:

Binnen familie C (Constructief) wordt een demontabele kering (C.2) sterk negatief ingeschaald, omdat demontabele onderdelen van een waterkering aan strenge veiligheidsnormen moeten voldoen. Een verticaal element is wel erg effectief om een dijk te versterken, waardoor alle constructieve bouwstenen een score 5 hebben gekregen op criterium effectiviteit.

Toelichting familie D:

Binnen familie D (Voor en Achter de dijk) scoren alle bouwstenen relatief slecht op criteria haalbaarheid en uitvoerbaar. Deze bouwstenen zijn namelijk moeilijk te realiseren en tevens niet effectief om een dijk te versterken. Ook is de vergunbaarheid van de meeste bouwstenen uitdagend (negatief beoordeeld) vanwege het grote ruimtebeslag in Natura2000-gebied. D.5 (versterken golfbreker) is de enige sterk onderscheidende positieve bouwsteen, deze bouwsteen is echter alleen realistisch in deeltraject 2, waar al havendammen aanwezig zijn.

Toelichting familie E:

Binnen familie E (Systeemmaatregelen/Meekoppelkansen) scoren de oplossingen sterk negatief op haalbaarheid, effectiviteit en vergunbaarheid. Verontdiepingsmaatregel Ketelbrug (E.5) is een lokale oplossing van bouwsteen D.1 en scoort goed op toekomstbestendigheid. De vergunbaarheid van E.5 is sterk negatief beoordeeld doordat er wordt ingeboet op bergingscapaciteit van het IJsselmeer. De enige bouwsteen binnen deze familie die positief onderscheidend scoort op techniek en toekomstbestendigheid is een Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud) (E.11). Deze bouwsteen is veel kleinschaliger dan de overige bouwstenen binnen deze familie, daardoor makkelijker te realiseren, effectiever en makkelijker vergunbaar.

4.7 Thema Beheerbaarheid

In Tabel 4-4 worden de scores voor het thema beheerbaarheid weergegeven en kort toegelicht. Voor elke bouwsteen zijn de scores individueel onderbouwd in de factsheet. Voor de beoordeling op dit thema is specifiek de kennis van de huidige dijkbeheerder gebruikt. De factsheets zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 4-4: Scoretabel Zeef 0 –Thema Beheerbaarheid

#	Bouwsteen	Beheerbaarheid	
		2	2
		Beheerbaarheid	TOTAAL Beheerbaarheid
A BOUWSTENEN BEKLEDING			
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (buitentalud)	5	5.0
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (buitentalud)	3	3.0
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	4	4.0
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	2	2.0
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	4	5.0
A.6	Verborgene bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	2	2.0
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetrenen/overlagen)	4	3.0
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	5	5.0
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	3	3.0
B BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE			
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	4	4.0
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	4	4.0
B.1c	Vierkant versterken	4	4.0
B.2	Geknikt buitentalud	3	3.0
B.3	Verflauwen buitentalud	4	4.0
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	4	4.0
B.5	Verhogen buitendijkse berm	5	5.0
B.6	Teen verhogen en verbreden	3	3.0
B.7	Steiler buitentalud	3	3.0
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	3	3.0
C CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN			
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	2	2.0
C.2	Demontabele kering op kruin	1	1.0
C.3	Vaste kering op kruin	2	2.0
C.4	Verticale constructie binnentalud	2	2.0
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	2	2.0
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	2	2.0
C.7	Zelfstandige waterkering	2	2.0
D BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK			
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	3	3.0
D.2	Dubbele dijk buitendijks	2	2.0
D.3	Dubbele dijk binnendijks	2	2.0
D.4	Verhogen haventerrein	3	3.0
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	2	2.0
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	1	1.0
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	2	2.0
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (net onder waterlijn)	2	2.0
E SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSEN			
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	2	2.0
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	2	2.0
E.3	Waterbuffer binnendijks	2	2.0
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	3	3.0
E.5	Verondiepiingsmaatregelen Ketelbrug	2	2.0
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones ijssel/markerwadden)	4	4.0
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	2	2.0
E.8	Uitbreiding Flevokust	2	2.0
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	3	3.0
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	2	2.0
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	2	2.0
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	2	2.0
E.13	Lelivlijn (spoorlijn) als steunberm gebruiken	3	3.0

Toelichting familie A:

Binnen familie A (Bekledingen) scoren bouwstenen A.4 (nieuwe ruwe bekleding breuksteen) en A.6 (verborgen bekleding buitentalud) licht negatief, doordat deze moeilijk toegankelijk zijn om onderhoud en inspectie uit te voeren. De sterk positief onderscheidende bouwstenen zijn A.1 (nieuwe gladde bekleding zetsteen) en A.8 (nieuwe ruwe bekleding zetsteen), omdat de onderhoudsinspanning aan zetsteen beperkt is ten opzichte van de andere bekledingen. De andere bouwstenen scoren neutraal tot licht positief.

Toelichting familie B:

Binnen familie B (aanpassingen dijkgeometrie) zijn er geen negatief beoordeelde bouwstenen, omdat aanpassingen aan de geometrie geen grote extra of vermindering van de onderhoudsinspanning opleveren ten opzichte van elkaar. Bouwsteen B.5 (verhogen buitendijkse berm) is als enige sterk positief beoordeeld. Een hogere berm kan namelijk goed gebruikt worden voor beheer- en onderhoudswerkzaamheden.

Toelichting familie C:

Binnen familie C (Constructief) scoren alle bouwstenen negatief, omdat er extra/nieuwe specifieke onderhoudswerkzaamheden zijn vereist voor constructieve elementen ten opzichte van andere bouwstenen. Een demontabele kering op de kruin (C.2) is sterk negatief beoordeeld, omdat een dergelijke kering regelmatig getest zal moeten worden.

Toelichting familie D:

Binnen familie D (Voor en Achter de dijk) scoren alle bouwstenen negatief tot neutraal. Deze bouwstenen vergroten het areaal om te beheren, waarbij extra of zelfs nieuwe onderhoudskennis is vereist. Het aanbrengen van een zelfstandige kering (D.6) is een voorbeeld waarvan de inhoudelijk kennis voor beheer en onderhoud op dit moment niet aanwezig is binnen het waterschap.

Toelichting familie E:

Binnen familie E (Systeemmaatregelen/Meekoppelkansen) scoort de bouwsteen eilanden en dammen als enige positief op beheer. Hierbij is aangenomen dat de natuur zijn gang kan gaan en alleen wordt beheerd bij eventuele erosie.

4.8 Thema Duurzaamheid en Biodiversiteit

In onderstaande tabel worden de scores voor het thema duurzaamheid en biodiversiteit weergegeven en kort toegelicht. Voor elke bouwsteen zijn de scores individueel onderbouwd in de factsheet. De factsheets zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 4-5: Scoretabel Zeef 0 – Thema Duurzaamheid en Biodiversiteit

#	Bouwsteen	Duurzaamheid			
		3.1	3.2	3.3	3
		Biodiversiteit	Milieu-impact en broeikas-effect	Circulariteit	TOTAAL Duurzaamheid
A BOUWSTENEN BEKLEDING					
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (buitentalud)	2	3	2	2.3
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (buitentalud)	1	1	4	2.0
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	4	4	5	4.3
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	4	2	4	3.3
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	2	1	2	1.7
A.6	Verborgen bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	4	1	4	3.0
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetrenen/overlagen)	2	1	4	2.3
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	3	3	2	2.7
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	4	4	2	3.3
B BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE					
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	3	4	4	3.7
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	3	3	4	3.3
B.1c	Vierkant versterken	3	3	4	3.3
B.2	Geknikt buitentalud	3	4	4	3.7
B.3	Verflauwen buitentalud	4	3	4	3.7
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	4	3	4	3.7
B.5	Verhogen buitendijkse berm	3	4	4	3.7
B.6	Teen verhogen en verbreden	2	3	4	3.0
B.7	Steiler buitentalud	3	3	3	3.0
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	3	3	3	3.0
C CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN					
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	2	2	2	2.0
C.2	Demontabele kering op kruin	4	2	2	2.7
C.3	Vaste kering op kruin	2	2	2	2.0
C.4	Verticale constructie binnentalud	2	2	3	2.3
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	3	2	3	2.7
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	3	2	3	2.7
C.7	Zelfstandige waterkering	2	2	3	2.3
D BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK					
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	5	3	5	4.3
D.2	Dubbele dijk buitendijks	4	2	4	3.3
D.3	Dubbele dijk binnendijks	4	2	4	3.3
D.4	Verhogen haventerrein	2	2	3	2.3
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	2	2	3	2.3
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	4	2	4	3.3
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	2	1	3	2.0
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (net onder waterlijn)	4	2	4	3.3
E SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSSEN					
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	3	2	1	2.0
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	3	4	3	3.3
E.3	Waterbuffer binnendijks	4	3	4	3.7
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	2	2	3	2.3
E.5	Verondiepingmaatregelen Ketelbrug	5	3	5	4.3
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones ijssel/markervadden)	5	4	4	4.3
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	3	3	3	3.0
E.8	Uitbreiding Flevokust	2	2	2	2.0
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	2	2	2	2.0
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	4	3	4	3.7
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	2	3	3	2.7
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	2	2	2	2.0
E.13	Lelylijn (spoorlijn) als steunberm gebruiken	3	3	4	3.3

Toelichting familie A:

Binnen familie A (Bekledingen) scoort bouwsteen A.3 (doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding) positief op alle drie criteria. Dit komt doordat er klei hergebruikt kan worden en het gras een positief effect heeft op de milieu-impact en biodiversiteit. Alle andere bouwstenen hebben op een van de drie duurzaamheidscriteria een negatieve score. Hierbij scoren A.2 (nieuwe gladde bekleding asfalt), A.5 (nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen), A.6 (verborgen bekleding buitentalud) en A.7

(versterken huidige bekleding (penetreren/overlagen)) sterk negatief op het criterium milieu-impact en broeikaseffect. Bij deze bouwstenen is de CO₂ uitstoot groot.

Toelichting familie B:

Binnen familie B (aanpassing dijkgeometrie) zijn de verschillen tussen de bouwstenen beperkt. Alle bouwstenen scoren positief op circulariteit, omdat dit versterkingen in grond zijn en dus circulair zijn. Het verhogen en verbreden van de teen (B.6) heeft als enige een negatief effect op de biodiversiteit, omdat verondersteld is dat een harde constructie van breuksteen negatieve gevolgen heeft voor natuurontwikkeling. Echter met een goed ontwerp kan een brede teen juist ecologische kansen bieden.

Toelichting familie C:

Binnen familie C (Constructief) zijn de bouwstenen allemaal negatief beoordeeld op het thema duurzaamheid, vooral de milieu-impact is groot en dus negatief beoordeeld. De demontabele kering is licht positief beoordeeld op biodiversiteit, omdat er bij deze bouwsteen geen sprake is van een continue barrière tussen binnen- en buitendijks gebied. Dit vooral voor de aanwezige fauna een positief punt.

Toelichting familie D:

Binnen familie D (Voorland en Achterland) scoort gemiddeld over de drie duurzaamheidscriteria het verhogen van het voorland (D.1) het meest positief, omdat een voorland een sterke bijdrage kan leveren aan natuurontwikkeling en circulair is door enkel gebruik van grond. Neutraal scorende criteria zijn de dubbele dijk oplossingen (D.2 en D.3), het aanbrengen van een zandige waterkering (D.6) en het verwezenlijken van kunstmatige riffen (D.8). Het aanbrengen van een nieuwe golfbreker (D.7) is sterk negatief beoordeeld, door de grote CO₂ uitstoot bij gebruik van breuksteen.

Toelichting familie E:

Binnen familie E (Systeemmaatregelen/Meekoppelkansen) zijn de maatregelen E.5 (verontdiepingsmaatregelen Ketelbrug) en E.6 (Eilanden en dammen) gemiddeld positief gescoord op duurzaamheid, omdat het oplossingen zijn waar extra natuur kan worden gecreëerd. Negatief beoordeelde bouwstenen zijn E1 (extra pompcapaciteit houtribdijk en afsluitdijk), E.4 (aansluiting houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad), E.8 (uitbreiding Flevokust haven), E.9 (onderhoud terminals Cruiseschepen) en E.12 (nieuwe dam tussen houtribdijk en Urk). Deze bouwstenen hebben vanwege hun omvang een matige score op het criterium milieu-impact, bieden ook weinig tot geen meerwaarde op biodiversiteit en zijn niet circulair.

4.9 Thema Kosten

In onderstaande tabel worden de scores voor het thema kosten weergegeven en kort toegelicht. Voor elke bouwsteen zijn de scores individueel onderbouwd in de factsheet. De factsheets zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 4-6: Scoretabel Zeef 0 – Thema Kosten

#	Bouwsteen	Kosten		
		4.1	4.2	4
		Investeringskosten	Levensduurkosten	TOTAAL Kosten
A BOUWSTENEN BEKLEDING				
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (buitentalud)	1	4	2.5
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (buitentalud)	5	2	3.5
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	4	4	4.0
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	2	4	3.0
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	2	5	3.5
A.6	Verborgen bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	4	2	3.0
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetreren/overlagen)	3	5	4.0
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	1	4	2.5
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	2	2	2.0
B BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE				
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	3	4	3.5
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	2	4	3.0
B.1c	Vierkant versterken	1	4	2.5
B.2	Geknikt buitentalud	3	4	3.5
B.3	Verflauwen buitentalud	2	3	2.5
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	1	3	2.0
B.5	Verhogen buitendijkse berm	5	5	5.0
B.6	Teen verhogen en verbreden	4	5	4.5
B.7	Steiler buitentalud	4	4	4.0
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	4	4	4.0
C CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN				
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	3	2	2.5
C.2	Demontabele kering op kruin	2	1	1.5
C.3	Vaste kering op kruin	3	2	2.5
C.4	Verticale constructie binnentalud	2	3	2.5
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	2	3	2.5
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	2	3	2.5
C.7	Zelfstandige waterkering	2	2	2.0
D BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK				
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	2	2	2.0
D.2	Dubbele dijk buitendijks	1	1	1.0
D.3	Dubbele dijk binnendijks	1	1	1.0
D.4	Verhogen haventerrein	1	3	2.0
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	2	2	2.0
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	1	1	1.0
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	2	2	2.0
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (net onder waterlijn)	3	2	2.5
E SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSSEN				
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	2	2	2.0
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	3	3	3.0
E.3	Waterbuffer binnendijks	1	2	1.5
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	2	4	3.0
E.5	Verondiepiingsmaatregelen Ketelbrug	2	3	2.5
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones ijssel/markerwadden)	2	3	2.5
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	3	3	3.0
E.8	Uitbreiding Flevokust	1	2	1.5
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	2	4	3.0
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	2	2	2.0
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	1	2	1.5
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	1	3	2.0
E.13	Lelylijn (spoorlijn) als steunberm gebruiken	2	4	3.0

Toelichting familie A:

Binnen familie A (Bekledingen) scoort vooral de zetsteen (bouwsteen A.1 en bouwsteen A.8) negatief op investeringskosten. Zetsteen is relatief duur in aanschaf. Gras (A.3) en asfalt (A.2) zijn een stuk goedkoper in aanschaf en scoren daardoor positief op dit criterium. Voor de levensduurkosten is het juist andersom. Zetstenen hebben een relatief lange levensduur zonder dat grootschalig onderhoud nodig is, terwijl asfalt veel onderhoud vergt en een korte levensduur heeft. De levensduur van gepenetreerde breuksteen is het langst en wordt ingeschat op 100jaar, terwijl dit type bekleding ook zo goed als onderhoudsvrij is. Dit type bekleding is dan ook sterk positief beoordeeld op levensduurkosten.

Toelichting familie B:

Binnen familie B (dijkprofiel aanpassingen) zijn de verschillen tussen de bouwstenen beperkt voor de levensduurkosten, omdat grondlichamen weinig onderhoud nodig hebben. De verschillen zijn groter voor de investeringskosten.

Bouwstenen B.1a, b, c zijn kostbare versterkingen doordat de versterking mogelijk buiten het huidige grondverbeteringscunet gaat, waardoor dure grondverbeteringstechnieken moeten worden toegepast, dit kan vooral buitendijks een probleem worden. De klimaatdijk (B.4) is het meest negatief beoordeeld, door het aanbrengen van grote hoeveelheden grond zal deze bouwsteen het duurst zijn. Een relatief goedkope aanpassing is het verhogen van de buitenberm (bouwsteen B.5), deze bouwsteen kan tegen lage kosten de hoogteopgave reduceren en is daarom het meest positief beoordeeld.

Toelichting familie C:

Binnen familie C (Constructief) zijn vooral de levensduurkosten hoog geraamd en dus (sterk) negatief beoordeeld. De constructieve elementen vragen specifieke en regelmatige beheer en onderhoudsinspecties.

Toelichting familie D:

Binnen familie D (Voorland en Achterland) scoren alle bouwstenen sterk negatief op het criterium investeringskosten. Het betreffen hier bouwstenen waarvoor zeer veel extra materiaal (zand en breuksteen) nodig is. Door deze grootschaligheid zullen de investeringskosten aanzienlijk hoger zijn dan de bouwstenen uit de andere families. Verder kunnen er met deze bouwstenen ook stabiliteitsproblemen optreden, wat zal leiden tot hoge extra kosten.

Toelichting hoofdthema E:

Binnen familie E (Systeemmaatregelen/Meekoppelkansen) zijn alle maatregelen sterk negatief tot neutraal beoordeeld op het criterium investeringskosten. Dit zijn veelal zeer grootschalige en daarmee dure bouwstenen. Deze kosten komen bovenop de versterkingskosten van het dijklichaam.

4.10 Thema inpassing in de omgeving

In onderstaande paragraaf wordt de scoretabel voor het thema Inpassing in omgeving weergegeven en kort toegelicht. Voor elke bouwsteen zijn de scores individueel onderbouwd in de factsheet. De factsheets zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 4-7: Scoretabel Zeef 0 – Thema Inpassing in de omgeving

#	Bouwsteen	Inpassing in de omgeving		5
		5.1	5.2	
		Bijdrage ecologische verbetering	Mogelijkheid meekoppelkansen	
A BOUWSTENEN BEKLEDING				
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (buitentalud)	3	3	3.0
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (buitentalud)	1	3	2.0
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	4	3	3.5
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	2	3	2.5
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	1	3	2.0
A.6	Verborgene bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	4	3	3.5
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetreren/overlagen)	1	3	2.0
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	3	3	3.0
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	3	3	3.0
B BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE				
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	3	3	3.0
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	3	3	3.0
B.1c	Vierkant versterken	3	3	3.0
B.2	Geknikt buitentalud	3	3	3.0
B.3	Verflauwen buitentalud	4	3	3.5
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	3	4	3.5
B.5	Verhogen buitendijkse berm	3	4	3.5
B.6	Teen verhogen en verbreden	4	4	4.0
B.7	Steiler buitentalud	3	3	3.0
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	3	3	3.0
C CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN				
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	3	4	3.5
C.2	Demontabele kering op kruin	3	2	2.5
C.3	Vaste kering op kruin	2	2	2.0
C.4	Verticale constructie binnentalud	2	2	2.0
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	2	2	2.0
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	2	2	2.0
C.7	Zelfstandige waterkering	2	2	2.0
D BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK				
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	5	4	4.5
D.2	Dubbele dijk buitendijks	4	4	4.0
D.3	Dubbele dijk binnendijks	4	4	4.0
D.4	Verhogen haventerrein	3	4	3.5
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	3	4	3.5
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	4	4	4.0
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	3	4	3.5
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (net onder waterlijn)	4	4	4.0
E SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSSEN				
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	3	3	3.0
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	3	3	3.0
E.3	Waterbuffer binnendijks	4	4	4.0
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	3	4	3.5
E.5	Verondiepingsmaatregelen Ketelbrug	4	3	3.5
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones ijssel/markerwadden)	5	4	4.5
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	3	3	3.0
E.8	Uitbreiding Flevokust	2	4	3.0
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	2	4	3.0
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	3	3	3.0
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	3	4	3.5
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	3	3	3.0
E.13	Lelylijn (spoorlijn) als steunberm gebruiken	3	4	3.5

Toelichting familie A:

Binnen familie A (Bekledingen) zijn bouwstenen A.3 en A.6, bouwstenen met gras die bijdragen aan en eventuele ecologische verbetering. Breuksteen en asfalt zijn juist onwenselijk, dit vermindert de mogelijkheden voor een ecologische verbetering. Bouwstenen die veel vestigingsstructuur bieden voor ecologie en aansluiten bij het wensbeeld van een “groene” dijk zijn juist positief beoordeeld. Voor de

bouwstenen binnen deze familie is een beoordeling op het criterium “mogelijkheid meekoppelkansen” niet goed mogelijk en daarom zijn alle bouwstenen neutraal beoordeeld op dit criterium.

Toelichting familie B:

Binnen familie B (Aanpassing dijkgeometrie) scoren bouwstenen positief die een meer geleidelijke overgang naar het IJsselmeer faciliteren (B.3 en B.6). Het verbreden van de teen (B.6) kan als koppelkans worden beschouwd door het toepassen van een gebied waar veel interactie kan plaats vinden met het water (droog-nat interactie). Deze bouwsteen kan gecombineerd worden met een rijke dijk principe (gekozen relevante innovatie). De verhoogde berm (B.5) kan zorgen voor de inpassing van een fietspad (meekoppelkansen) en de klimaatdijk (B.4) kan als multifunctionele dijk worden ingericht. Deze bouwstenen scoren dus positief op dit criterium.

Toelichting familie C:

Binnen familie C (Constructief) zijn alle bouwstenen neutraal of licht negatief beoordeeld. Uitzondering is bouwsteen Golfmuur bij kruin (C1). Bij deze bouwsteen ontstaat juist een extra horizontale berm, die ingericht kan worden als loop- en fietspad. Deze bouwsteen scoort dus positief op criterium mogelijkheid meekoppelkansen.

Toelichting familie D:

Binnen familie D (Voorland en Achterland) bieden de meeste bouwstenen goede mogelijkheden voor verbetering van de ecologische waarde, en dus krijgen deze bouwstenen een positieve score. Deze mogelijkheden zijn voor de vooroever (D.1) het grootst en daarom is deze bouwsteen sterk positief beoordeeld. Alle bouwstenen bieden ook mogelijkheden voor meekoppelkansen, vooral omdat ze groot zijn en dus veel ruimte bieden voor het realiseren van meekoppelkansen.

Toelichting familie E:

Familie E (Systeemmaatregelen/Meekoppelkansen) bestaat al voornamelijk uit meekoppelkansen en dus scoren deze bouwstenen goed op dit criterium. Eilanden en dammen (E.6) is sterk positief beoordeeld op het criterium “Ecologische verbetering”.

4.11 Thema Gebruik en beleving van de dijk

In onderstaande tabel worden de scores voor het thema gebruik en beleving weergegeven en kort toegelicht. Voor de beoordeling op dit hoofthema is gebruik gemaakt van het Ruimtelijk Kwaliteitskader [4] Voor elke bouwsteen zijn de scores individueel onderbouwd in de factsheet. De factsheets zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 4-8: Scoretabel Zeef 0 –Thema Gebruik en beleving

#	Bouwsteen	Gebruik en beleving van de dijk			6
		6.1	6.2	6.3	
		Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	Recreatief medegebruik en beleving	Verkeer en bereikbaarheid	
TOTAAL Gebruik en beleving					
A BOUWSTENEN BEKLEDING					
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (buitentalud)	3	3	3	3.0
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (buitentalud)	3	2	3	2.7
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	3	5	3	3.7
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	3	1	3	2.3
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	3	2	3	2.7
A.6	Verborgten bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	3	5	3	3.7
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetrenen/overlagen)	2	2	3	2.3
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	3	3	3	3.0
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	3	3	2	2.7
B BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE					
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	4	3	3	3.3
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	3	5	3	3.7
B.1c	Vierkant versterken	3	3	3	3.0
B.2	Geknikt buitentalud	2	2	3	2.3
B.3	Verflauwen buitentalud	2	2	3	2.3
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	2	4	4	3.3
B.5	Verhogen buitendijkse berm	3	4	4	3.7
B.6	Teen verhogen en verbreden	2	4	3	3.0
B.7	Steiler buitentalud	3	3	3	3.0
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	3	3	3	3.0
C CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN					
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	2	4	4	3.3
C.2	Demontabele kering op kruin	3	3	3	3.0
C.3	Vaste kering op kruin	2	2	3	2.3
C.4	Verticale constructie binnentalud	2	2	3	2.3
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	2	2	3	2.3
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	2	2	3	2.3
C.7	Zelfstandige waterkering	2	2	3	2.3
D BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK					
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	2	4	3	3.0
D.2	Dubbele dijk buitendijks	2	4	3	3.0
D.3	Dubbele dijk binnendijks	2	4	2	2.7
D.4	Verhogen haventerrein	3	3	2	2.7
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	3	2	3	2.7
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	2	4	3	3.0
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	3	3	3	3.0
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (net onder waterlijn)	3	3	3	3.0
E SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSSEN					
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	4	3	3	3.3
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	4	3	3	3.3
E.3	Waterbuffer binnendijks	4	4	3	3.7
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	3	3	4	3.3
E.5	Verondiepingmaatregelen Ketelbrug	3	3	3	3.0
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones ijssel/markerwadde)	4	4	3	3.7
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	3	3	3	3.0
E.8	Uitbreiding Flevokust	4	3	3	3.3
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	2	3	2	2.3
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	4	4	3	3.7
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	4	4	3	3.7
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	3	3	4	3.3
E.13	Lelylijn (spoorlijn) als steunberm gebruiken	3	3	3	3.0

Toelichting familie A:

Voor het criterium “landschap en cultuurhistorie” zijn de meeste bekledingsbouwstenen neutraal beoordeeld, dit komt omdat voor dit criterium de bekledingsbouwstenen altijd in combinatie met andere bouwstenen dienen te worden beoordeeld. Gepenetreerd asfalt is wel negatief beoordeeld, omdat dit afbreuk doet aan de ruimtelijke kwaliteit

Voor het criterium “Recreatief medegebruik beleving” zijn de verschillende bekledingsbouwstenen wel verschillend (in tegenstelling tot criterium 6.1) beoordeeld. De ruwe bekledingstypen scoren lager dan de gladdere en groene bekledingstypen, door de betere beleving van de weidsheid en toegankelijkheid van de dijk bij deze bekledingstypen

Een overslagbestendige dijk kan restricties opleveren voor het verkeer, bijvoorbeeld afsluiten tijdens stormcondities. Daarom is deze bouwsteen negatief beoordeeld op verkeer en bereikbaarheid.

Toelichting familie B:

Voor de verschillende bouwstenen waarbij het dijkprofiel wordt aangepast wordt de mogelijkheid om de dijk als één geheel element te kunnen blijven waarnemen als positief onderscheidend beschouwd. Bij kruinverhoging in buitenwaartse richting blijft het huidige dijkprofiel het meest intact, dit is sterk positief beoordeeld. Het verflauwen van het buitentalud zorgt voor een vermindering van de helderheid van het dijkprofiel en scoort daardoor laag. Bij de bouwstenen met aanpassingen in het dijkprofiel is zichtbaarheid van de omgeving relevant, samen met de mogelijkheid tot het koppelen van recreatieve routes op de dijk. Hierdoor scoort bijvoorbeeld het verhogen van de buitenberm goed en het verflauwen slecht.

De verhoogde buitenberm biedt ruimte voor de realisatie van een vernieuwd onderhouds- en fietspad en is daarom positief beoordeeld op verkeer en bereikbaarheid. Ook de klimaatdijk is positief beoordeeld, omdat er ruimte ontstaat op de kruin van de dijk voor nieuwe ontsluitingen.

Toelichting familie C, D en E:

Ook bij constructieve bouwstenen, voor- en achterlandbouwstenen en systeemmaatregelen geldt dat het helder houden van de belijningen van de dijk onderscheidend is bij de waardering van de bouwstenen. Een constructief element op de dijk zorgt daarbij voor een grotere verstoring van het profiel dan een golfmuur in het profiel. De constructieve bouwstenen en voor- en achterlandmaatregelen kunnen passen in het beeld van het stedelijk deel (traject 2), maar hebben een negatief effect op de recreatieve beleving als de zichtbaarheid van de omgeving richting het IJsselmeer permanent afneemt. Meerdere bouwstenen kunnen zo ingericht worden waardoor mogelijkheden ontstaan voor recreatief medegebruik, deze bouwstenen scoren positief. De bouwsteenkeringen (familie C) maken juist recreatief medegebruik lastig en deze scoren daarom negatief, uitzondering is de golfmuur in het dijktalud. Deze bouwsteen biedt de mogelijkheid voor de realisatie van een extra loop- en of fietspad nabij de dijk kruin.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Aanpak

In dit hoofdstuk worden de kansrijke bouwstenen geselecteerd en worden aanbevelingen gedaan voor het vervolgproces. Na het invullen van zeef 0 kan onderbouwd worden gekozen, welke bouwstenen mee gaan naar de volgende stap; het opstellen van de mogelijke alternatieven. Hiermee vallen de niet kansrijke bouwstenen af; de kansrijkheid van deze bouwstenen is dan te beperkt gebleken om door te gaan naar de volgende fase.

Om te beoordelen of een bouwsteen kansrijk is om de IJsselmeerdijk mee te versterken hebben we er gezamenlijk met het waterschap voor gekozen om de bouwstenen te verdelen in vier classificaties. Deze classificaties zijn: 1. niet kansrijk, 2. kansrijk voor maatwerklocatie, 3. kansrijk en 4. kansrijk bij medefinanciering. Onderstaande tabel geeft deze vier categorieën visueel weer.

Tabel 5-1: Concluderende beoordeling van bouwsteen in zeef 0

Score:	Beschrijving
1	Niet kansrijk
2	Kansrijk voor maatwerk
3	Kansrijk
4	Kansrijk bij medefinanciering

Een bouwsteen met een eindscore 1 wordt dus als niet kansrijk beschouwd. Een eindscore 2 wordt gegeven aan een bouwsteen die niet kansrijk is voor toepassing op een lang dijktraject, maar wel kansrijk kan zijn op maatwerklocaties (bijvoorbeeld een inpasopgave). Een eindscore 3 wordt gegeven aan een kansrijke bouwsteen. Met een dergelijke bouwsteen wordt in de volgende fase van het project een mogelijk alternatief samengesteld, die dan weer op kansrijkheid wordt beoordeeld in zeef 1 van de verkenningsfase. Een bouwsteen met een eindscore 4 is alleen kansrijk, wanneer er medefinanciering van een andere partij kan worden gevonden.

In Tabel 5-2 zijn de totaalscores van iedere bouwsteen op de zes hoofdthema's weergegeven en in de meest rechterkolom is de eindbeoordeling weergegeven. De totaaltabel van zeef 0 is opgenomen in Bijlage 1. De eindbeoordeling (ofwel de indeling in de vier classificaties zoals hierboven aangeven) is uitgevoerd door het projectteam en is gebaseerd op een kwalitatieve beoordeling van de scores per hoofdthema en de belangrijkste go of no go overwegingen die daaruit naar voren komen. De scores op de hoofdthema's zijn dus met nadruk niet uitgemiddeld of opgeteld om tot de eindbeoordeling te komen.

Tabel 5-2: Eindscores bouwstenen op hoofdthema - zeef 0

#	Bouwsteen	1 TOTAAL Techniek	2 TOTAAL Beheerbaarheid	3 TOTAAL Duurzaamheid	4 TOTAAL Kosten	5 TOTAAL Inpassing	6 TOTAAL Gebruik en beleving	Relevantie Verkenningfase Ijsselmeerdijken 1. Niet kansrijk 2. Kansrijk voor maatwerk 3. Kansrijk 4. Kansrijk bij mee financiering
A BOUWSTENEN BEKLEDING								
A.1	Nieuwe gladde bekleding zetsteen (buitentalud)	4.0	5.0	2.3	2.5	3.0	3.0	3
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (buitentalud)	4.3	3.0	2.0	3.5	2.0	2.7	3
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	3.8	4.0	4.3	4.0	3.5	3.7	3
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	4.3	2.0	3.3	3.0	2.5	2.3	3
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenetreerde breuksteen	4.3	4.0	1.7	3.5	2.0	2.7	1
A.6	Verborgen bekleding buitentalud (bv. asfalt onder gras)	3.8	2.0	3.0	3.0	3.5	3.7	3
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetrenen/overlagen)	4.0	4.0	2.3	4.0	2.0	2.3	3
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zetsteen (boventalud)	4.0	5.0	2.7	2.5	3.0	3.0	3
A.9	Overslagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	3.0	3.0	3.3	2.0	3.0	2.7	2
B BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE								
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	3.8	4.0	3.7	3.5	3.0	3.3	3
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	3.3	4.0	3.3	3.0	3.0	3.7	3
B.1c	Vierkant versterken	3.3	4.0	3.3	2.5	3.0	3.0	3
B.2	Geknikt buitentalud	3.3	3.0	3.7	3.5	3.0	2.3	3
B.3	Verflauwen buitentalud	4.0	4.0	3.7	2.5	3.5	2.3	3
B.4	Dijkverbreiding (klimaatdijk)	3.5	4.0	3.7	2.0	3.5	3.3	1
B.5	Verhogen buitendijkse berm	4.3	5.0	3.7	5.0	3.5	3.7	3
B.6	Teen verhogen en verbreden	3.5	3.0	3.0	4.5	4.0	3.0	3
B.7	Steiler buitentalud	2.8	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3
B.8	Versteilen binnen talud binnen huidig ruimtebeslag	2.8	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3
C CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN								
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	3.8	2.0	2.0	2.5	3.5	3.3	2
C.2	Demontabele kering op kruin	3.0	1.0	2.7	1.5	2.5	3.0	2
C.3	Vaste kering op kruin	3.8	2.0	2.0	2.5	2.0	2.3	2
C.4	Verticale constructie binnentalud	3.5	2.0	2.3	2.5	2.0	2.3	2
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	3.3	2.0	2.7	2.5	2.0	2.3	2
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	3.3	2.0	2.7	2.5	2.0	2.3	2
C.7	Zelfstandige waterkering	3.8	2.0	2.3	2.0	2.0	2.3	2
D BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK								
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	3.3	3.0	4.3	2.0	4.5	3.0	4
D.2	Dubbele dijk buitendijks	2.0	2.0	3.3	1.0	4.0	3.0	1
D.3	Dubbele dijk binnendijks	2.0	2.0	3.3	1.0	4.0	2.7	1
D.4	Verhogen haventerrein	2.8	3.0	2.3	2.0	3.5	2.7	2
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	4.3	2.0	2.3	2.0	3.5	2.7	2
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	2.0	1.0	3.3	1.0	4.0	3.0	1
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	3.3	2.0	2.0	2.0	3.5	3.0	2
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (net onder waterlijn)	3.0	2.0	3.3	2.5	4.0	3.0	4
E SYSTEEMMAATREGELEN/MEEKOPPELKANSEN								
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	1.5	2.0	2.0	2.0	3.0	3.3	1
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	2.5	2.0	3.3	3.0	3.0	3.3	1
E.3	Waterbuffer binnendijks	1.3	2.0	3.7	1.5	4.0	3.7	1
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	3.0	3.0	2.3	3.0	3.5	3.3	4
E.5	Verondiepiingsmaatregelen Ketelbrug	3.3	2.0	4.3	2.5	3.5	3.0	4
E.6	Eilanden en dammen (steppingstones IJssel/markerwadden)	3.0	4.0	4.3	2.5	4.5	3.7	4
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	2.5	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1
E.8	Uitbreiding Flevokust	2.8	2.0	2.0	1.5	3.0	3.3	4
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	2.5	3.0	2.0	3.0	3.0	2.3	4
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	3.0	2.0	3.7	2.0	3.0	3.7	4
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	3.8	2.0	2.7	2.5	3.5	3.7	3
E.12	Dam/verondiepingen tussen Houtribdijk-Urk	2.3	2.0	2.0	2.0	3.0	3.3	1
E.13	Lelystad (spoorlijn) als steunberm gebruiken	2.5	3.0	3.3	3.0	3.5	3.0	1

5.2 Conclusies per familie

Familie A – Bouwstenen bekleding

Binnen familie A worden de meeste bouwstenen als kansrijk gezien. Echter de bouwsteen met gepenetreerde breuksteen (A.5) is als niet kansrijk beoordeeld. Deze bouwsteen is sterk negatief beoordeeld op het hoofdthema duurzaamheid en past daardoor niet bij de duurzaamheidsambities van dit project. De bouwsteen overslagbestendige dijk (A.9) wordt op alle hoofdthema's neutraal tot negatief beoordeeld, maar is specifiek wel een goede bouwsteen voor lokale maatwerk- en inpassing en krijgt daarom score 2; kansrijk voor maatwerk. De meeste bekledingsbouwstenen van familie A worden dus meegenomen naar de volgende fase.

Familie B – Bouwstenen aanpassing dijkgeometrie

Binnen familie B is ervoor gekozen om alle bouwstenen als kansrijk (score 3) te beoordelen, met uitzondering van bouwsteen klimaatdijk (B.4). Deze bouwsteen scoort op geen enkel hoofdthema onderscheidend positief en wordt vooral op hoofdthema “kosten” matig beoordeeld. Deze bouwsteen past ook niet bij het credo “slim en doelmatig” van het HWBP.

De overige bouwstenen binnen deze familie worden wel kansrijk geacht voor beide deeltrajecten. Het verhogen van de buitenberm scoort op alle onderdelen daarbij zeer positief en het heeft daarom een grote voorkeur om deze bouwsteen zeker mee te nemen bij het samenstellen van mogelijke alternatieven. Deze bouwsteen is namelijk zeer kansrijk in combinatie met het aanbrengen van een fietsroute en heeft draagvlak bij de stakeholders, daarnaast is deze bouwsteen kosteneffectief doordat het de hoogteopgave kan reduceren tegen lage kosten. De overige bouwstenen binnen deze familie scoren dusdanig goed op hoofdthema's Techniek, Beheerbaar en Duurzaamheid dat deze alle als kansrijk (score 3) worden gezien.

Familie C – Constructieve bouwstenen

Voor de constructieve bouwstenen is ervoor gekozen om deze alleen als kansrijk bij maatwerkoplossingen te bestempelen, hoofdzakelijk vanwege de grote nadelen die dergelijke bouwstenen hebben op het aspect beheer en onderhoud. Daarnaast zijn de levensduurkosten erg hoog. Op het landelijke dijktraject hebben constructieve bouwstenen zeker geen meerwaarde, er is voldoende ruimte aanwezig voor een grondoplossing in combinatie met het aanpassen van bekleding. Constructieve bouwstenen zijn minder goed uit te breiden dan een bouwsteen met grondverzet en ze zijn duurder en vragen specifiek aangepast beheer- en onderhoudswerkzaamheden. Dit alles maakt deze bouwstenen niet kansrijk voor het landelijke dijktraject. Ook voor het stedelijk dijktraject (traject 2) zijn de constructieve bouwstenen geen sterke voorkeursbouwstenen, maar zijn de bouwstenen toch ingeschaald in categorie 2 – kansrijk voor lokaal maatwerk. Zeker bij ruimtegebrek kan een constructieve bouwsteen een oplossing bieden. Voor dit project zijn de Houtribhoogte en Houtribhoogte voorbeelden van plekken met beperkte ruimte voor versterkingsmaatregelen.

Familie D – Bouwstenen voor en achter de dijk

Veel bouwstenen binnen deze familie worden niet als kansrijk gezien voor een lang dijktraject. Vanwege de grootschaligheid van deze bouwstenen scoren de bouwstenen relatief slecht op hoofdthema beheerbaarheid en door de diepe ligging van het IJsselmeer en de omringende slappe grond buiten het grondverbeteringscunet zijn de meeste bouwstenen binnen deze familie ook erg duur. Dit geldt met name voor de dubbele dijk bouwstenen (D.2. en D.3) en de zandige kering (D.6). Deze bouwstenen worden voor dit project daarom niet als kansrijk gezien.

Bovenstaande geldt in mindere mate ook voor bouwsteen vooroever (D.1) en bouwsteen kunstmatige riffen (D.8), echter kunnen deze bouwstenen ook de biodiversiteit rond de dijk sterk bevorderen. De bouwstenen zijn niet heel effectief en erg duur en worden op dit moment alleen kansrijk geacht bij aanvullende financiering. Juist met het oog op de mogelijk sterke bevordering van de biodiversiteit is aanvullende financiering op dit vlak niet bij voorbaat uit te sluiten.

De overige bouwstenen Aanbrengen van een golfbreker (D.7), Versterken huidige golfbrekers (D.5) en het verhogen van haventerrein (D.4) zijn bouwstenen die niet kansrijk zijn om over lange dijktrajecten toe te passen, vooral de scores op hoofdthema beheerbaarheid en kosten zijn daarvoor te laag. Het zijn nog wel bouwstenen die lokaal kansrijk kunnen zijn en daarom krijgen deze bouwstenen oordeel 2.

Familie E – Systeemmaatregelen en meekoppelkansen

Veel bouwstenen binnen deze familie worden als niet kansrijk of hooguit als kansrijk gezien met aanvullende financiering. De meeste bouwstenen binnen deze familie zijn grootschalig en duur, waarbij het waterschap niet zelfstandig kan sturen op het realiseren van zo'n bouwsteen. De haalbaarheid is dan ook veelal laag beoordeeld en bij de meeste bouwstenen is de effectiviteit als dijkversterkingsmaatregel

bovendien gering. Dit geldt met name voor de bouwstenen E.1 t/m E.3 waarbij nagenoeg geen reductie optreedt voor de maatgevende golfbelasting. Deze bouwstenen worden daarom als niet kansrijk gezien. Windmolenpark Blauw (E.7) heeft waarschijnlijk geen effect op de maatgevende belasting van de dijk en wordt daarom -als bouwsteen voor de dijkversterking- niet als kansrijk gezien.

Van bouwsteen E.12 (verontdiepingen Houtribdijk-Urk) en bouwsteen E.13 (Lelylijn) is het zeer onzeker of deze doorgang zullen vinden en specifiek voor de Lelylijn zal de bijdrage aan de waterveiligheid nihil zijn. Daarom worden deze bouwstenen als niet kansrijk gezien. Bouwsteen E.11 (tribune/getrapt talud) wordt wel als een kansrijke bouwsteen gezien. Een dergelijke bouwsteen kan de golfoploop sterk tegengaan en daarom wordt deze bouwsteen vanuit technisch oogpunt goed beoordeeld. Deze bouwsteen wordt bovendien ook goed beoordeeld op de thema's inpassing en gebruik en beleving.

Voor de overige bouwstenen binnen deze familie geldt dat er aanvullende financiering en eigenaren gevonden moeten worden om tot realisatie van deze bouwstenen te komen. Gezien deze bouwstenen wel een groot (positief) effect kunnen hebben op de dijkversterkingsopgave is gekozen om deze systeemmaatregelen te beoordelen als “kansrijk bij aanvullende financiering”.

5.3 Aanbevelingen vervolgproces VKA

In deze rapportage is het resultaat van stap 1: selectie van kansrijke bouwstenen beschreven. In deze stap is een brede verkenning uitgevoerd om alle bouwstenen voor de dijkversterking in beeld te krijgen, en met behulp van de zeef 0 beoordeling zijn vervolgens de kansrijke bouwstenen geselecteerd. De kansrijke bouwstenen worden in stap 2 van de verkenningfase gecombineerd tot mogelijke alternatieven per traject.

Bij het selecteren van kansrijke bouwstenen zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- A) Een technische inventarisatie van bouwstenen, gekoppeld aan de verbeteropgave vanuit waterveiligheid. Hierbij zijn ook relevante technische innovaties beschouwd.
- B) Het beoordelen van de bouwstenen met een breed afwegingskader voor zeef 0, op basis waarvan kansrijke bouwstenen zijn gekozen die effectief zijn én bijdragen aan de ambities van het waterschap en andere omgevingspartijen.
- C) Een eerste inventarisatie met omgevingspartijen om kansrijke koppelkansen en/of gewenste inpassingsopgaven vroegtijdig in beeld te hebben en al mee te nemen in de geïnventariseerde mogelijke bouwstenen en het keuzeproces tot kansrijke bouwstenen.

Het resultaat van deze stap vormt de basis voor het nader verkennen van mogelijke en kansrijke alternatieven per traject, om uiteindelijk te komen tot een VKB. Alle partijen worden betrokken bij het samenstellen van de mogelijke en kansrijke alternatieven per traject, en bij de nadere afwegingen die gemaakt gaan worden ten aanzien van eventuele koppelkansen en de financiering hiervan.

De geïnventariseerde innovaties kunnen worden beschouwd als een uitwerking, optimalisatie, verbetering of aanscherping van de beoordeelde bouwstenen. Daarnaast sluiten veel innovaties goed aan bij de ambities op het gebied van Biodiversiteit en Duurzaamheid. Bij het samenstellen en uitwerken van mogelijke oplossingen en de kansrijke alternatieven (stap 2 en stap 4, zie hoofdstuk 1.3 voor meer duiding over de processtappen) krijgt dit verder vervolg met onder andere een expertsessie innovatie en een ontwerpatelier gericht op versterking van de biodiversiteit in het gebied. Het doel hierbij is om kansrijke innovaties en eventuele mogelijkheden tot aanvullende financiering in beeld te hebben bij het vaststellen van de kansrijke alternatieven.

5.3.1 Aanbevelingen voor het samenstellen van oplossingen

Traject 1 – Noordelijk traject, landelijke dijk

Voor de landelijke dijktrajecten kan worden gezocht naar slimme combinaties van het aanpassen/verruwen van de dijkbekleding in combinatie met geometrische aanpassingen om de hoogteopgave en de bekledingsopgave op te lossen. Hierbij is het wenselijk dat de versterkingsmaatregelen binnen het huidige grondverbeteringscunet kunnen worden uitgevoerd.

De verhoogde buitenberm is in deze zeef 0 als zeer kansrijk naar voren gekomen. Voorgesteld wordt om bij het samenstellen van mogelijke oplossingen deze bouwsteen als basis bouwsteen te hanteren voor alle alternatieven. Vanwege de sterke wens om ecologische meerwaarde te koppelen aan de dijkversterking zullen ook voorlandoplossingen worden onderzocht. Uitdaging hierbij is dat het IJsselmeer relatief diep is en zich dus niet direct goed leent voor zulke bouwstenen. Constructieve bouwstenen zijn voor de landelijke dijk niet kansrijk beoordeeld en zullen dus niet verder worden beschouwd.

De maatgevende hydraulische belastingen zijn voor dit dijktraject zeer zwaar, dit kan het toepassen van innovaties erg aantrekkelijk maken. Innovaties die bijvoorbeeld leiden tot een minder hoge dijk of minder materiaalgebruik kunnen een grote kostenreductie en duurzaamheidswinst opleveren. Ook is vooral bij dit dijktraject een koppeling met duurzame energie kansrijk, deze mogelijkheden zullen worden onderzocht in het duurzaamheids- en het innovatiespoor.

Vanuit landschap is er behoefte aan een duidelijke driedeling van bekledingsoplossingen in het dijktaalud; in de golfslagzone een ruwe bekleding (bijvoorbeeld breuksteen), boven de ruwe bekleding een gladde harde bekleding en richting de kruin een grasbekleding (Bosch & Slabbers, 2020).

Traject 2 – Zuidelijk traject, stedelijke dijk

Voor dit traject zal allereerst worden verkend of het mogelijk is om met een slimme combinatie van een nieuwe dijkbekleding en een geometrische aanpassing de versterkingsopgave kan worden verholpen zonder dat hierbij een aanpassing aan bijvoorbeeld de provinciale weg dan wel de haventerreinen nodig is. Bij dit dijktraject zal onderzocht worden of wensen van stakeholders effectief meegekoppeld kunnen worden aan de dijkversterking. Naar constructieve oplossingen wordt pas gekeken op het moment dat er onvoldoende ruimte beschikbaar blijkt voor de combinatie van geselecteerde kansrijke bouwstenen. Lokaal kan worden overwogen om een hoger overslagdebiet te hanteren om zo een mogelijke inpassingsopgave te verkleinen.

Bouwstenentool

Combinaties van bouwstenen zullen in stap 2 allereerst rekenkundig worden uitgewerkt, waarbij inzicht wordt verkregen in het totale (extra) ruimtebeslag, zowel buiten- als binnendijs. Voor het effectief combineren van bouwstenen zetten wij een bouwstenentool in. In Figuur 5-1 is een screenshot weergegeven van de bouwstenentool, waarbij mogelijke combinaties van bouwstenen leiden tot volwaardige mogelijke alternatieven. Vervolgens worden de gecombineerde alternatieven per traject beoordeeld middels een zeef 1. Hieruit volgen de kansrijke alternatieven voor nadere uitwerking en beoordeling richting een VKA.



Keuzes:	Aantal scenario's
Overslagdebiet	10 [l/s/m]
Meerpeilstijging	30 [cm]
verflauwing boventalud	1-op-3
verflauwing ondertalud	1-op-5
ruwheid boventalud	laag ($\leq 1 [-]$)
ruwheid ondertalud	gemiddeld ($\approx 0.8 [-]$)
berm	huidige berm
teen	huidige teen
kuinhoogte verhoging	0.0 [m]
Terugkeertijd	125.000 jaar
Dam/rit/voorland	zonder dam/rit/voorland
Locaties	6

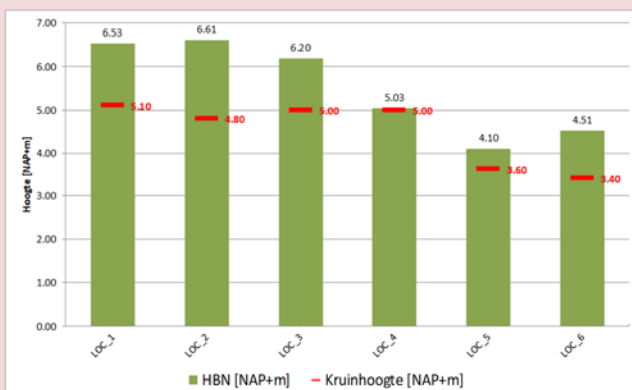
Subtotaal sommen:
Extra voor dammen
Totaal sommen

139968
46656
186624

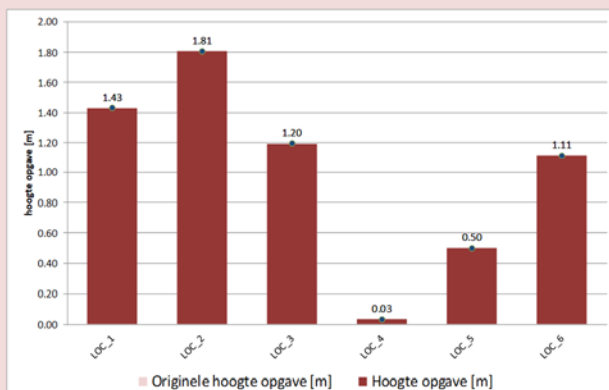
Locatie	LOC_1	LOC_2	LOC_3	LOC_4	LOC_5	LOC_6
Kruinhoogte [NAP+m]	5.10	4.80	5.00	5.00	3.60	3.40
Berekend HBN [NAP+m]	6.53	6.61	6.20	5.03	4.10	4.51
Originele hoogte opgave [m]	1.43	1.81	1.20	0.03	0.50	1.11
Resterende hoogte opgave [m]	1.43	1.81	1.20	0.03	0.50	1.11
HBN zonder onzekerheden op H_s	6.12		5.86			4.40
Resterende opgave zonder onz. op H_s [m]	1.02		0.86			1.00
HBN effect onzekerheden golven	0.41		0.34			0.11

Terugnaar referentie

Hydraulisch belastingniveau en kruinhoogte



Hoogte opgave



Figuur 5-1: Concept Bouwstenentool IJMD voor samenstellen van volwaardige mogelijke alternatieven

6 Referenties

- [1] RHDHV/HKV, februari 2021, Versterking IJsselmeerdijk, Notitie Meekoppelkansen (2.6.3)
- [2] RHDHV/HKV, februari 2020, Nadere Veiligheidsanalyse IJsselmeerdijk, normtraject 8-3
- [3] RHDHV/HKV, februari 2021, Versterking IJsselmeerdijk, Notitie Relevante Innovaties (2.6.4)
- [4] BoschSlabbers, december 2020, Ruimtelijk kwaliteitskader IJsselmeerdijk Flevoland (IJMD)
- [5] RHDHV/HKV, februari 2021, Versterking IJsselmeerdijk, Uitgangspuntennotitie (2.4)

Bijlagen

Bijlage 1: Beoordelingstabel zeef 0 totaal

Bijlage 2: Factsheets bouwstenen

Bijlage 3: Berekeningen bouwstenen

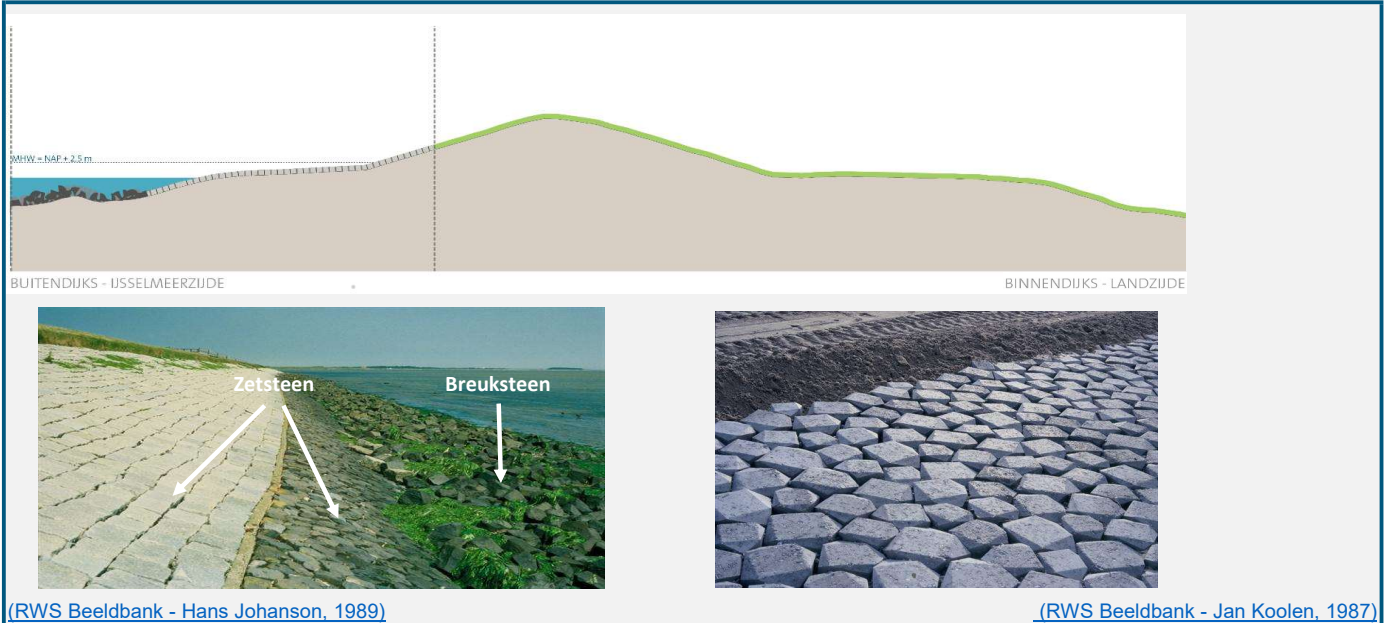
Bijlage 4: Memo effect nieuwe aansluiting Houtribdijk (bouwsteen E.4)

Bijlage 5: Memo effect extra pompcapaciteit Afsluitdijk (bouwsteen E.1)

Bijlage 1: Beoordelingstabel zeef 0 totaal

Bouwstenen Zeef 0		Draagt bij aan Faalmechanisme					Techniek en toekomstbestendig				Beheerbaarheid	Duurzaamheid			Kosten		Inpassing in de omgeving		Gebruik en beleving van de dijk			1	2	3	4	5	6	Relevantie	Meenemen, voorstel RHDHV	
#	Bouwsteen	Bekleding	Hoogte	Stabiliteit	Traject 1 Noordelijk Landelijk	Traject 2 Zuidelijk Stedelijk	1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1.2 Effectiviteit	1.3 Toekomstbestendig heid	1.4 Vergunbaarheid	2 Beheerbaarheid	3.1 Biodiversiteit	3.2 Milieu-impact en broeikas-effect	3.3 Circulariteit	4.1 Investeringskosten	4.2 Levensduurkosten	5.1 Bijdrage ecologische verbetering	5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	6.2 Recreatief medegebruik en beleving	6.3 Verkeer en bereikbaarheid	TOTAAL Techniek	TOTAAL Beheerbaarheid	TOTAAL Duurzaamheid	TOTAAL Kosten	TOTAAL Inpassing	TOTAAL Gebruik en beleving	1. Niet kansrijk/ 2. Kansrijk voor maatwerk/ 3. Kennelijk		
A		BOUWSTENEN BEKLEDING																												
A.1	Nieuwe gladde bekleding zesteen (ondertalud)	5	3	3	ja	ja	5	4	3	4	5	2	3	2	1	4	3	3	3	3	3	4.0	5.0	2.3	2.5	3.0	3.0	3	Ja, geen hele lage score	
A.2	Nieuwe gladde bekleding asfalt (ondertalud)	5	3	3	ja	ja	5	4	4	4	3	1	1	4	5	2	4	4	3	2	3	4.3	3.0	2.0	3.5	2.0	2.7	3	Ja, geen hele lage score en lage kosten	
A.3	Doortrekken grasbekleding i.c.m. kleibekleding (boventalud)	2	3	3	ja	ja	5	2	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	5	4	3.8	4.0	4.3	4.0	3.5	3.7	3	Ja, best beoordeeld in familie	
A.4	Nieuwe ruwe bekleding breuksteen (ondertalud)	5	5	4	ja	ja	3	5	5	4	2	4	2	4	2	4	2	3	3	1	3	4.3	2.0	3.3	3.0	2.5	2.3	3	Ja, geen hele lage score	
A.5	Nieuwe ruwe bekleding gepenteerde breuksteen	5	4	4	ja	ja	4	5	4	4	4	2	1	2	2	5	1	3	3	2	3	4.3	4.0	1.7	3.5	2.0	2.7	1	Nee, een te grote impact op thema's 3, 5 en 6.	
A.6	Verborgen bekleding Buitentalud (bv. asfalt onder gras)	5	3	3	ja	ja	4	4	3	4	2	4	1	4	4	2	4	3	5	3	3	3.8	2.0	3.0	3.0	3.5	3.7	3	Ja, hoge score beleving	
A.7	Versterken huidige bekledingen (penetreren/overlagen)	5	3	3	ja	ja	4	4	4	4	4	2	1	4	3	5	1	3	2	2	3	4.0	4.0	2.3	4.0	2.0	2.3	3	Ja, hoge score techniek en beheerbaarheid	
A.8	Nieuwe ruwe bekleding zesteen (boventalud)	5	5	3	ja	ja	5	5	2	4	5	3	3	2	1	4	3	3	3	3	3	4.0	5.0	2.7	2.5	3.0	3.0	3	Ja, hoge score techniek en beheerbaarheid	
A.9	Overstagbestendige dijk (versterkt gras binnentalud)	5	4	3	ja	ja	3	3	3	4	3	4	4	2	2	2	3	3	3	2	2	3.0	3.0	3.3	2.0	3.0	2.7	2	Maatwerk oplossing, door hoge kosten	
B		BOUWSTENEN AANPASSING DIJKGEOMETRIE																												
B.1a	Kruinverhoging Binnenwaarts	3	5	2	ja	ja	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3.8	4.0	3.7	3.5	3.0	3.3	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.1b	Kruinverhoging Buitenwaarts	3	5	2	ja	ja	2	4	4	3	4	3	3	4	2	4	3	3	3	5	3	3.3	4.0	3.3	3.0	3.0	3.7	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.1c	Vierkant versterken	3	5	3	ja	ja	3	4	4	2	4	3	3	4	1	4	3	3	3	3	3	3.3	4.0	3.3	2.5	3.0	3.0	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.2	Geknikt binnentalud	3	5	2	ja	ja	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	3	3	2	2	3	3.3	3.0	3.7	3.5	3.0	2.3	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.3	Verflauwen binnentalud	4	5	5	ja	ja	3	5	5	3	4	4	3	4	2	3	4	3	2	2	3	4.0	4.0	3.7	2.5	3.5	2.3	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.4	Dijkverbreding (klimaatdijk)	3	5	5	ja	nee	3	4	5	2	4	4	3	4	1	3	3	4	2	4	4	3.5	4.0	3.7	2.0	3.5	3.3	1	Nee, te duur	
B.5	Verhogen buitendijkse berm	3	5	4	ja	ja	5	4	5	3	5	3	4	4	5	5	3	4	3	4	4	4.3	5.0	3.7	5.0	3.5	3.7	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.6	Ten verhogen en verbreden	4	3	5	ja	ja	4	2	5	3	3	3	3	4	4	5	5	4	2	4	3	3.5	3.0	3.3	4.5	4.0	3.0	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.7	Steller binnentalud	3	3	2	ja	ja	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2.8	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3	Ja, boven gemiddelde scores	
B.8	Verstellen binnen talud binnen huidige ruimtebeslag	3	3	2	ja	ja	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2.8	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3	Ja, boven gemiddelde scores	
C		CONSTRUCTIEVE BOUWSTENEN																												
C.1	Constructie (glofmuur) bij kruin	3	5	4	ja	ja	3	5	3	4	2	2	2	2	3	2	3	4	2	4	4	3.8	2.0	2.0	2.5	3.5	3.3	2	Lokaal maatwerk voor haventraject	
C.2	Demontabele kering op kruin	3	5	3	ja	ja	1	5	2	4	1	4	2	2	2	1	3	2	3	3	3	3.0	1.0	2.7	1.5	2.5	3.0	2	Lokaal maatwerk voor haventraject	
C.3	Vaste kering op kruin	2	5	5	ja	ja	3	5	3	4	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3.8	2.0	2.0	2.5	2.0	2.3	2	Lokaal maatwerk voor haventraject	
C.4	Verticale constructie binnentalud	3	4	3	ja	ja	3	5	2	4	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	3	3.5	2.0	2.3	2.5	2.0	2.3	2	Lokaal maatwerk voor haventraject	
C.5	Verhogen grondmacrostabiliteit	3	3	5	ja	ja	4	3	4	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3	3.3	2.0	2.7	2.5	2.0	2.3	2	Lokaal maatwerk voor haventraject en landelijk traject	
C.6	Verhogen macrostabiliteit constructief	3	3	5	ja	ja	4	3	4	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3	3.3	2.0	2.7	2.5	2.0	2.3	2	Lokaal maatwerk voor haventraject en landelijk traject	
C.7	Zelfstandige waterkering	5	5	5	ja	ja	3	5	3	4	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3.8	2.0	2.3	2.0	2.0	2.3	2	Lokaal maatwerk voor haventraject	
D		BOUWSTENEN VOOR EN ACHTER DE DIJK																												
D.1	Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever	4	4	5	ja	ja	2	4	5	2	3	5	3	5	2	2	5	4	2	4	3	3.3	3.0	4.3	2.0	4.5	3.0	4	Als koppellkans	
D.2	Dubbele dijk buitendijks	5	5	5	ja	nee	1	2	3	2	2	4	2	4	1	1	4	4	2	4	3	2.0	2.0	3.3	1.0	4.0	3.0	1	Nee, te duur/niet realistisch	
D.3	Dubbele dijk binnendijks	5	5	5	ja	nee	1	2	3	2	2	4	2	4	1	1	4	4	2	4	2	2.0	2.0	3.3	1.0	4.0	2.7	1	Nee, te duur/niet realistisch	
D.4	Verhogen haventerrein	4	5	4	nee	ja	1	3	5	2	3	2	2	3	1	3	3	4	3	3	2	2.8	3.0	2.3	2.0	3.5	2.7	2	Lokaal maatwerk voor haventraject	
D.5	aanbrengen/versterken golfbreker en havendammen	5	5	3	nee	nee	4	4	5	4	2	2	2	3	2	2	3	4	3	2	3	4.3	2.0	2.3	2.0	3.5	2.7	2	Lokaal maatwerk voor haventraject	
D.6	Aanbrengen zelfstandige zandige kering (Duin)	5	5	5	ja	nee	1	1	4	2	1	4	2	4	1	1	4	4	2	4	3	2.0	1.0	3.3	1.0	4.0	3.0	1	Nee, te duur/niet realistisch	
D.7	Aanbrengen nieuwe golfbreker	5	5	3	ja	ja	2	2	3	5	3	2	2	1	3	2	2	3	4	3	3	3.3	2.0	2.0	2.0	3.5	3.0	2	Lokaal maatwerk	
D.8	Aanbrengen kunstmatige riffen voor dijk (onder waterlijn)	4	4	3	ja	nee	3	2	4	3	2	4	2	4	3	2	4	4	3	3	3	3.0	2.0	3.3	2.5	4.0	3.0	4	Als koppellkans	
E		SYSTEEMMAAT REGELEN/MEERKOPPELKANSSEN																												
E.1	Extra pompcapaciteit op de houtribdijk en Afsluitdijk	4	5	3	ja	ja	1	2	1	2	2	3	2	1	2	2	2	3	3	4	3	1.5	2.0	2.0	2.0	3.0	3.3	1	Nee, niet realistisch binnen projectduur	
E.2	Strategisch peilbeheer IJsselmeer	3	5	3	ja	ja	2	2	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	2.5	2.0	3.3	3.0	3.0	3.3	1	Nee, niet realistisch binnen projectduur
E.3	Watersluis binnendijks	3	3	3	ja	nee	1	1	1	2	2	4	3	4	1	2	4	4	4	4	3	1.3	2.0	3.7	1.5	4.0	3.7	1	Nee, niet realistisch binnen projectduur	
E.4	Aansluiten houtribdijk op N307 ten noorden van Lelystad	5	5	5	nee	ja	2	3	4	3	3	2	2	3	2	4	3	4	3	3	4	3.0	3.0	2.3	3.0	3.5	3.3	4	Als koppellkans	
E.5	Verondieplingsmaatregelen Kattelburg	4	4	4	ja	nee	2	4	5	2	2	5	3	5	2	3	4	4	3	3	3	3.3	2.0	4.3	2.5	3.5	3.0	4	Als koppellkans	
E.6	Eilanden en dammen (steppingsstones IJsselmarkerwadden)	4	4	3	ja	nee	2	3	4	3	4	5	4	4	2	3	5	4	4	4	3	3.0	4.0	4.3	2.5	4.5	3.7	4	Als koppellkans	
E.7	Windmolenpark Blauw voor de kust	3	3	3	ja	nee	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2.5	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1	Nee, niet realistisch binnen projectduur	
E.8	Uitbreiding Flevokust	4	4	3	ja	nee	2	3	4	2	2	2	2	2	1	2	2	4	4	3	3	2.8	2.0	2.0	1.5	3.0	3.3	4	Als koppellkans	
E.9	Aanleggen van Cruiseschip onderhoud terminals	4	4	3	ja	nee	2	3	3	2	3	2	2	2	2	4	2	4	2	3	2	2.5	3.0	2.0	3.0	3.0	2.3	4	Als koppellkans	
E.10	Strand bij Flevomarina doortrekken tot aan Parkhaven	4	4	4	ja	ja	2	3	4	3	2	4	3	4	2	3	3	3	4	4	3	3.0	2.0	3.7	2.0	3.0	3.7	4	Als koppellkans	
E.11	Tribune op het boven talud van de dijk (getrapt talud)	5	5	3	ja	ja	4	4	3	4	2	2	3	3	2	3	2	4	4	4	3	3.8	2.0	2.7	2.5	3.5	3.7	3	Lokaal toepassen richting stedelijk gebied	
E.12	Dam/verondieplingen tussen Houtribdijk-Urk	5	5	5	ja	ja	1	3	4	1	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	4	2.3	2.0	2.0	2.0	3.0	3.3	1	Nee, niet realistisch binnen projectduur	
E.13	Lelystad (spoorlijn) als steunberm gebruiken	3	3	5	ja	nee	2	3	3	2	3	3	3	3	2	4	3	4	3	3	3	2.5	3.0	3.3	3.0	3.5	3.0	1	Lijkt aan andere kant snelweg, geen bijdrage verder	

Bijlage 2: Factsheets bouwstenen

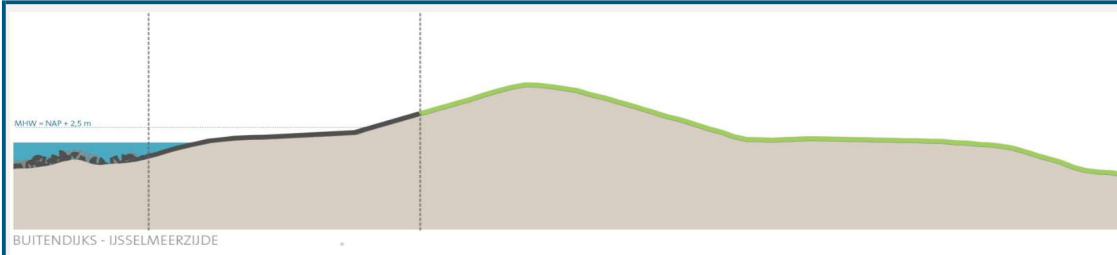


Omschrijving

In deze bouwsteen wordt zetsteen op het buitentalud geplaatst. Een zetstenen bekleding kan van zowel natuurlijk steen (bijvoorbeeld basaltsteen) als beton worden gemaakt. Zetsteen wordt, in tegenstelling tot stortsteen, geplaatst. Zetsteen wordt geplaatst op een filterlaag, die voorkomt dat zanddeeltjes tussen de stenen door kunnen wegspoelen.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Zetsteen geeft een voldoende sterke bekleding
Hoogte	3	Zetsteen beïnvloedt de hoogteopgave minimaal omdat het een gladde bekleding is
Stabiliteit	3	Zetsteen heeft geen invloed op de buitenwaartse stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	5	Zetsteen is relatief eenvoudig te plaatsen, bewezen techniek. De laagdikte circa 35cm is goed inpasbaar.
1.2 Effectiviteit	4	Zetsteen is voldoende sterke bekleding, maar heeft geen golfremmende werking en dient waarschijnlijk vervangen te worden bij een toekomstige dijkversterking.
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Zetsteen is relatief moeilijk uitbreidbaar in sterkte en het optrekken van een zetsteenbekleding is wel eenvoudig
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	5	De onderhoudinspanning aan zetsteen is beperkt
3.1 Biodiversiteit	2	Geeft geen mogelijkheid tot natuurlijke ontwikkeling vanuit zichzelf
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Zetsteen is van beton, beton scoort neutraal met oog op milieubelasting
3.3 Circulariteit	2	Huidig asfalt kan mogelijk als filterlaag worden gebruikt
4.1 Investeringskosten	1	Zetsteen is in vergelijking met andere bekledingstypes duur (circa 85euro/m2)
4.2 Levensduurkosten	4	Zetsteen is goedkoop in onderhoud en heeft een lange levensduur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Geen verbetering, neutrale score
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed





(Omrop Fryslân - Remco de Vries, 2018)

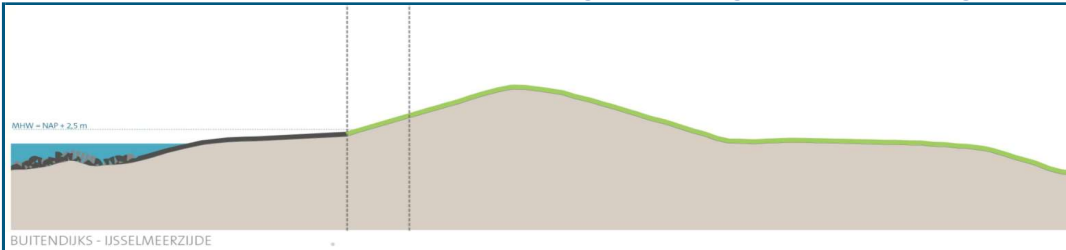
(RWS Beeldbank - Harry van Reeken, 2010)

Omschrijving

In deze bouwsteen wordt asfalt op het buitentalud geplaatst. Asfalt is een mengsel van bitumen en mineraal aggregaat (steen, zand en vulstof). Afhankelijk van de verhouding waarin deze worden toegepast, worden verschillende mengsels verkregen. Binnen deze bouwsteen wordt alleen gekeken naar gladde asfalmengsels (asfaltbeton, asfaltmastiek, open steenasfalt). Deze asfalmengsels zijn goed beloopbaar, maar reduceren de golfploop niet.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Asfalt creëert een voldoende sterke bekleding
Hoogte	3	Asfalt beïnvloedt de hoogteopgave niet omdat het een gladde bekleding is
Stabiliteit	3	Asfalt heeft geen invloed op de buitenwaartse stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	5	Asfalt is relatief eenvoudig te realiseren, bewezen techniek. De laagdikte van 20cm is goed inpasbaar
1.2 Effectiviteit	4	Asfalt is een voldoende sterke bekleding, maar heeft geen golfremmende werking.
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Asfaltbekleding is relatief eenvoudig te vervangen en door te zetten hoger op het talud
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	3	De onderhoudinspanning aan asfalt is groter dan zetsteen, minder dan gras. Asfalt is overrijdbaar. Doorgroei van riet en mogelijk oplossen van bitumen door doorgroei heermoes. (ervaring Eemmeerdiijk)
3.1 Biodiversiteit	1	Asfalt geeft een negatief effect op natuurontwikkeling
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	1	De grondstoffen van asfalt (m.n. bitumen) hebben een hoge milieubelasting
3.3 Circulariteit	4	Het bestaande asfalt kan hergebruikt worden voor circa 50-80%
4.1 Investeringskosten	5	Asfalt is in vergelijking met andere bekledingstypes goedkoop (circa 35euro per m2)
4.2 Levensduurkosten	2	Asfalt is duur in onderhoud (b.v. slijtlaag) en heeft een beperkte levensduur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	1	Asfalt heeft een negatief effect op de bestaande natuur
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	De begaanbaarheid van asfalt is goed maar het compleet harde uiterlijk van het buitentalud heeft een negatief effect
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed



(RWS beeldbank - Ron Boelens, 2015)

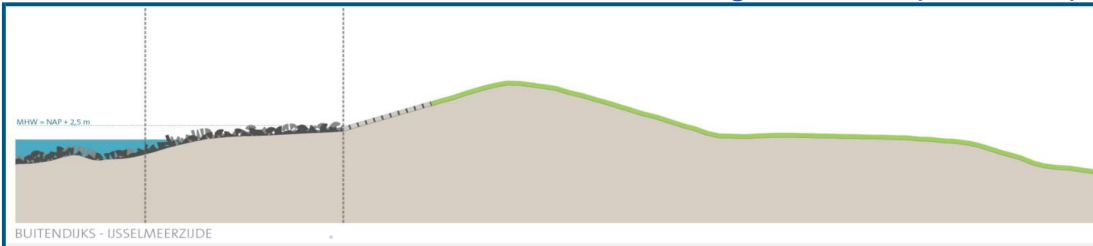
(RWS Beeldbank, 2011)

Omschrijving

In deze bouwsteen wordt gras aangebracht op het talud. In dijkenbouw bestaat een grasbekleding tevens uit een voldoende dikke klei-onderlaag (i.e. substraat). De combinatie van gras en substraat zorgt voor een erosiebestendige laag. Alsnog is gras alleen in de golfploopzone geschikt om de golfbelasting op te nemen.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	2	Gras is matig bestand tegen golfbelasting
Hoogte	3	Gras beïnvloedt de hoogteopgave niet omdat het een gladde bekleding is
Stabiliteit	3	gras heeft geen invloed op de buitenwaartse stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	5	Eenvoudig te realiseren, maar mogelijk niet effectief
1.2 Effectiviteit	2	De bekledingseisen aan de buitenzijde zijn door de afleiding van doorsnede-eisen streng. Daardoor is grasbekleding zonder een verborgen harde bekleding misschien niet mogelijk. Hier is discussie over; kans voor innovatie, maar niet zeker of het haalbaar is.
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Gras is goed uitbreidbaar, er hoeven niet eerst harde bekledingen weggehaald te worden bij aanpassing van geometrie in de toekomst.
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	4	Het onderhoud is eenvoudig, maar frequente inspanning is noodzakelijk
3.1 Biodiversiteit	4	Een ideale leefomgeving voor insecten en bijen die bloemen bestuiven en de bodem bewerken
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	4	Gras en klei zijn natuurproducten en scoren hoog met oog op milieubelasting
3.3 Circulariteit	5	De bestaande kleilaag kan worden hergebruikt bij aangepast dijkontwerp
4.1 Investeringskosten	4	Gras met 1m dikke klei is in vergelijking met andere bekledingstypes goedkoop (circa 25 euro per m2)
4.2 Levensduurkosten	4	Maaikosten zijn relatief goedkoop t.o.v. vervangen harde bekledingen na einde levensduur (frequent maaien/onderhouden)
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Gras heeft een positieve bijdrage t.o. andere bekledingen
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	5	De begaanbaarheid van gras is goed en het zachte uiterlijk van het buitentalud heeft een positief effect
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed





(RWS Beeldbank - Hans Johanson, 1989)

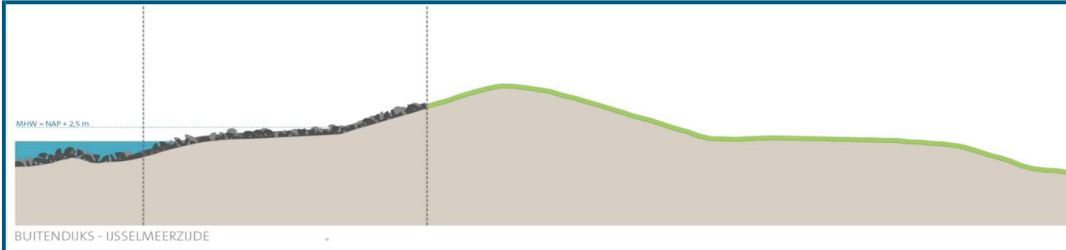
(RWS Beeldbank - Martin Vries, 1989)

Omschrijving

Een breukstenen bekleding bestaat uit grove keien van natuursteen. Deze bekleding wordt soms ook stortsteen, vanwege de plaatsingsmethode, of waterbouwsteen, vanwege het toepassingsgebied, genoemd. Een breukstenen bekleding is effectief in het reduceren van golfloop doordat deze bekleding veel holle ruimtes heeft.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Breuksteen creëert een voldoende sterke bekleding
Hoogte	4	Breuksteen is een ruwe bekleding die erg open is. Hierdoor reduceert de golfloop.
Stabiliteit	4	Het gewicht van breuksteen draagt bij aan de stabiliteit van het buitentalud.

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Breuksteen is relatief eenvoudig aan te brengen, maar de benodigde sortering van circa 300kg-1000kg is moeilijk te plaatsen.
1.2 Effectiviteit	5	Breuksteen heeft een golfremmende werking (=beperking hoogte-opgave), deze werking blijft behouden bij toekomstige versterkingen
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Het bijstorten/bijplaatsen van stortsteen is relatief eenvoudig
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	2	Moeilijk beheerbaar en inspecteerbaar. Dit geldt vooral als de huidige gezette bekleding wordt vervangen door losse stortsteen.
3.1 Biodiversiteit	4	Geeft geen mogelijkheid tot natuurlijke ontwikkeling vanuit zichzelf
3.2 Milieu-impact en broeikas effect	2	Breuksteen moet van ver worden aangevoerd, hoge milieubelasting
3.3 Circulariteit	4	Geen hergebruik mogelijk
4.1 Investeringskosten	2	Breuksteen met de sortering 300-1000kg is relatief duur (circa 65euro per m2)
4.2 Levensduurkosten	4	Breuksteen is goedkoop in onderhoud en heeft een lange levensduur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Breuksteen geeft een onnatuurlijke harde oeverrand, slecht toegankelijk voor kuikens van wadvogels
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	1	De begaanbaarheid van breuksteen is slecht en het compleet harde uiterlijk van het buitentalud heeft een negatief effect
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed



(Beeldbank RWS, 1987)



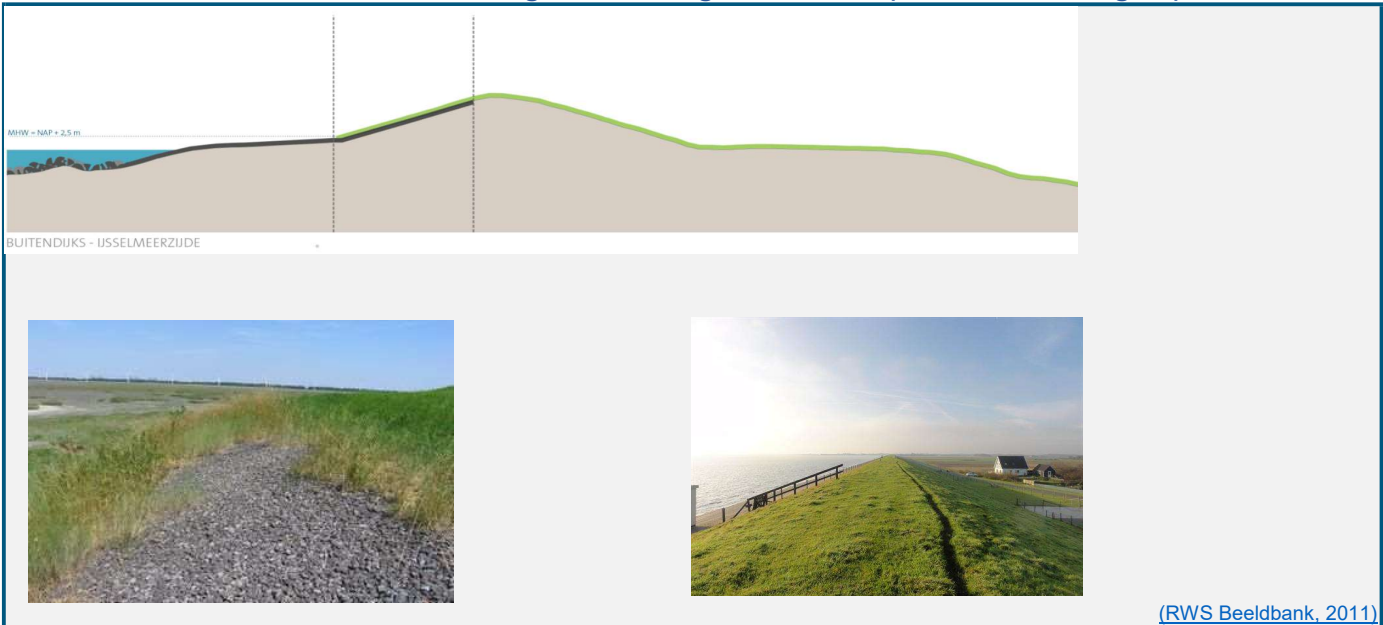
(Beeldbank RWS, 1987-2)

Omschrijving

Een gepenetreerde breuksteen bekleding bestaat uit grove keien van natuursteen waarin asphalt of beton gegoten wordt. Door het asphalt of beton worden de stenen verbonden en kunnen minder zware stenen worden toegepast. Omdat na penetratie een geheel gesloten bekleding ontstaat, is dit een dichte asphaltbekleding. De bekleding is ruwer dan een gladde asphaltbekleding en gladder dan een niet-gepenetreerde breuksteenbekleding. Deze bekleding is daardoor in staat de golfoploop enigszins te reduceren.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Gepenetreerd breuksteen creëert een voldoende sterke bekleding
Hoogte	4	Gepenetreerd breuksteen is een ruwe bekleding, maar minder ruw dan los breuksteen. De golfoploop wordt gereduceerd door gepenetreerd breuksteen waardoor de hoogteoppgave minder wordt
Stabiliteit	4	Het gewicht van gepenetreerd breuksteen draagt bij aan de stabiliteit van het buitentalud.

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Gepenetreerd breuksteen is relatief eenvoudig aan te brengen en de laagdikte (circa 50cm) is goed inpasbaar.
1.2 Effectiviteit	5	Gepenetreerd breuksteen heeft een golfremmende werking, deze werking blijft behouden bij toekomstige versterkingen
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Gepenetreerd breuksteen kan eenvoudig worden uitgebreid in dikte en lengte.
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	4	De onderhoudinspanning aan gepenetreerd breuksteen is zeer beperkt
3.1 Biodiversiteit	2	Harde onderbreking bij waterlijn, slechte natuur groei
3.2 Milieu-impact en broeikas effect	1	Breksteen moet van ver worden aangevoerd, hoge milieubelasting Asfalt heeft hoge milieubelasting door bitumentoevoeging
3.3 Circulariteit	2	Breksteen moet van ver worden aangevoerd, waarbij het gepenetreerde asphalt ook zorgt voor slechte circulariteit
4.1 Investeringskosten	2	Gepenetreerd breuksteen is relatief duur (circa 70euro per m2)
4.2 Levensduurkosten	5	Gepenetreerd breuksteen is goedkoop in onderhoud en heeft een lange levensduur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	1	Gepenetreerd breuksteen biedt geen kansen voor natuurontwikkeling
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	2	De begaanbaarheid van gepenetreerde breuksteen is slecht en het compleet harde uiterlijk van het buitentalud heeft een negatief effect
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed



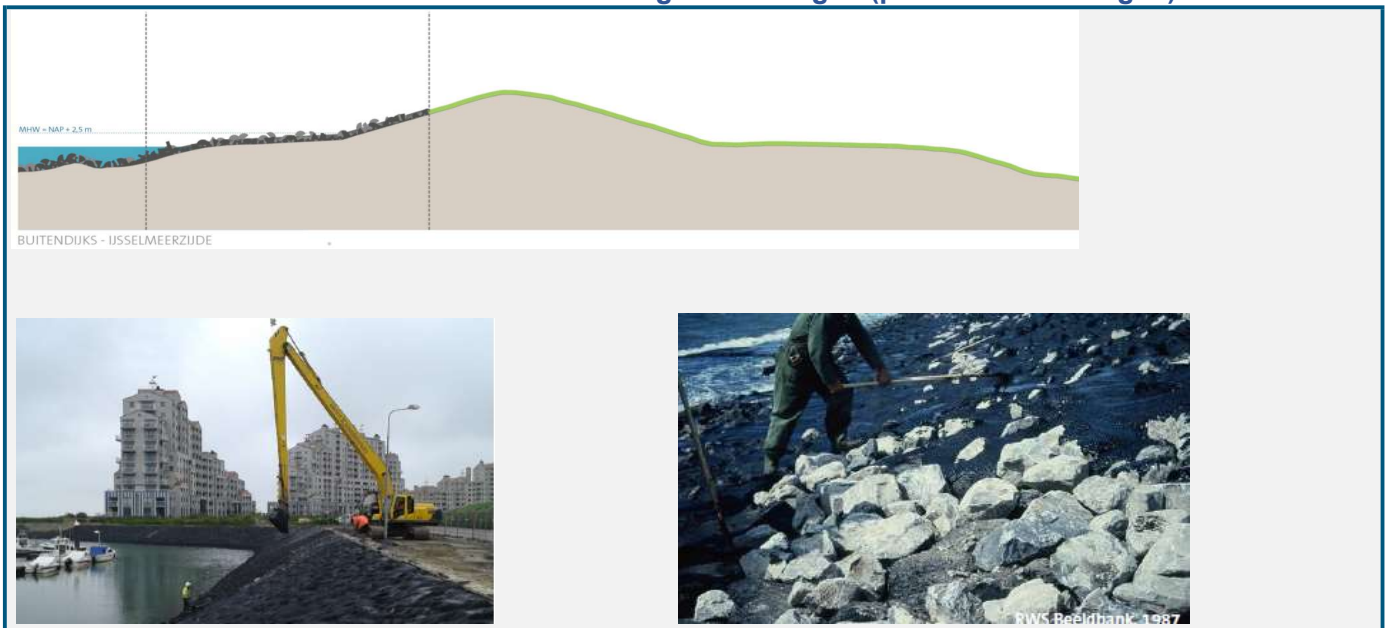
(RWS Beeldbank, 2011)

Omschrijving

Wanneer de sterkte van een harde bekleding benodigd is, maar het uiterlijk van een grasbekleding gewenst is, kan de grasbekleding worden geplaatst op de harde bekleding. Gebruikelijk is om in dit geval een open steenasfaltbekleding toe te passen, omdat deze nog grondwaterstroming toelaat. Een verborgen bekleding is alleen toepasbaar op het boventalud en dan minimaal boven MHW.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Gras is matig bestand tegen golven, maar de onderlaag voldoet wel
Hoogte	3	Deze bekleding beïnvloedt de hoogte-opgave minimaal omdat het een gladde bekleding is
Stabiliteit	3	Deze bekleding heeft geen invloed op de buitenwaartse stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Een verborgen bekleding wordt het laatste decenia vaak toegepast, het is relatief eenvoudig te realiseren
1.2 Effectiviteit	4	Een verborgen bekleding heeft geen golfremmende werking, maar is wel een wel een voldoende sterke bekleding
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Neutrale score. Uitbreiding is mogelijk, maar de toplaag dient dan te worden verwijderd. De toplaagdikte mag niet te dun worden.
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	2	De werkelijke bekleding is niet zichtbaar en daardoor moeilijk te beheren. Ook de toplaag dient te worden beheerd.
3.1 Biodiversiteit	4	Door de gras toplaag draagt dit bij aan een biodiverse oplossing
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	1	Asfalt heeft een hoge milieubelasting, grond juist een lage
3.3 Circulariteit	4	Het bestaande asfalt kan waarschijnlijk voor een groot gedeelte worden hergebruikt.
4.1 Investeringskosten	4	Open steen asfalt i.c.m. met een grasmat is relatief goedkoop (circa 40euro per m2)
4.2 Levensduurkosten	2	Niet veel onderhoud, maar de verwachte levensduur is korter dan 50jaar
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Een verborgen bekleding maakt ecologische ontwikkelingen mogelijk
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Een verborgen bekleding maakt ecologische ontwikkelingen mogelijk
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	5	De begaanbaarheid van gras is goed en het zachte uiterlijk van het buitentalud heeft een positief effect
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

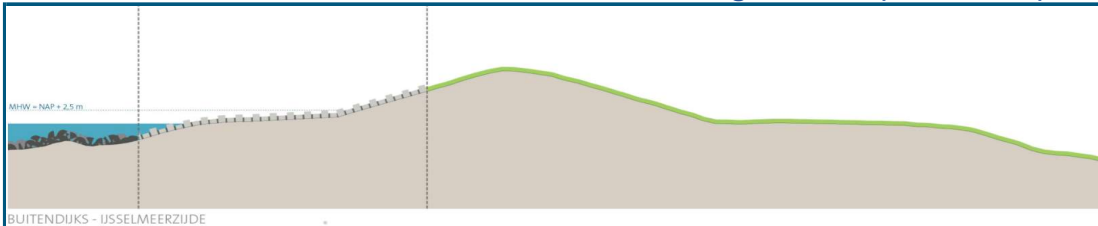


Omschrijving

Deze bouwsteen staat hergebruik van bestaande bekleding toe. Dit kan op meerdere wijzen. De bestaande steenzetting kan gepenetreerd worden met gietasfalt om een sterkere bekleding te verkrijgen. Steenzettingen en asfaltbekledingen kunnen ook overlaagd worden met breuksteen of gepenetreerde breuksteen, om zo een voldoende sterke bekleding te verkrijgen. Voorwaarde van de toepassing van deze bouwsteen is dat het profiel van de dijk niet wijzigt.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Met de overlaging wordt de bekleding op sterkte gebracht
Hoogte	3	Indien de bekleding ruwer wordt gemaakt, wordt de golfoploop verminderd, anders niet
Stabiliteit	3	De bekleding verandert de buitenwaartse stabiliteit niet

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Een overlaging is relatief eenvoudig aan te brengen, bewezen techniek
1.2 Effectiviteit	4	Een overlaging is een sterke bekleding en golfremmend
1.3 Toekomstbestendigheid	4	De overlaging is eenvoudig uit te breiden door bijvoorbeeld bijstorten
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	4	De onderhoudinspanning is gemiddeld ingeschaald
3.1 Biodiversiteit	2	Harde bekleding met slechte mogelijkheid voor ontwikkeling biodiversiteit
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	1	Penetratie met asfalt heeft een negatieve impact op het milieu
3.3 Circulariteit	4	De bestaande materialen blijven behouden.
4.1 Investeringskosten	3	Afhankelijk van keuze, waarschijnlijk gemiddeld; dus neutrale score
4.2 Levensduurkosten	5	Een overlaging kan goedkoop zijn in onderhoud en heeft een gemiddelde levensduur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	1	Dichte constructie, weinig structuur.
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	2	De begaanbaarheid van gepenetreerde breuksteen is slecht en het ruwe uiterlijk heeft een negatief effect op de beleving van de weidsheid
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

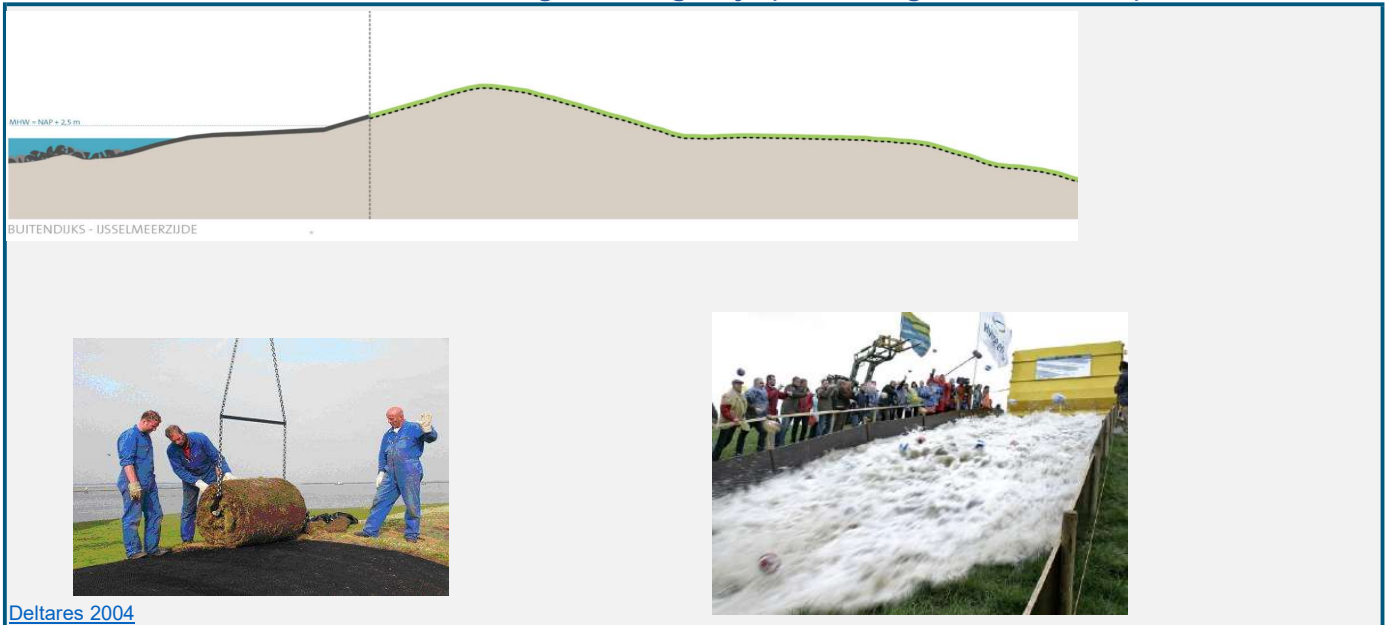


Omschrijving

Deze bouwsteen past zetsteen toe alleen met ruwheid waardoor de golfoploop reduceert. De ruwheid kan op verschillende wijzen worden verkregen: 1) het laten uitsteken van enkele zetsteenelementen (bijv. dambordpatroon of ribben) of 2) het uithollen van de zetsteen (bijv. Hill-block). Deze moderne typen zetsteen worden in beton uitgevoerd.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Zetsteen geeft een voldoende sterke bekleding
Hoogte	5	Dit is een ruwe bekleding die de golfoploop en daarmee de hoogteopgave reduceert
Stabiliteit	3	Zetsteen heeft geen invloed op de buitenwaartse stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	5	Zetsteen is relatief eenvoudig te plaatsen, bewezen techniek
1.2 Effectiviteit	5	Ruwe zetsteen heeft een golfremmende werking, waardoor hoogte-opgave wordt beperkt
1.3 Toekomstbestendigheid	2	Zetsteen is relatief moeilijk uitbreidbaar in sterkte, het optrekken van een zetsteenbekleding is wel eenvoudig
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	5	De onderhoudinspanning aan zetsteen is beperkt
3.1 Biodiversiteit	3	Door de ruwe bekleding is er meer mogelijkheid tot vestiging van vegetatie
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Zetsteen is van beton, beton scoort neutraal met oog op milieubelasting
3.3 Circulariteit	2	Nieuwe bekleding boven talud, geen hergebruik
4.1 Investeringskosten	1	Golfremmende Zetsteen is in vergelijking met andere bekledingstypes duur (circa 95euro/m2)
4.2 Levensduurkosten	4	Zetsteen is goedkoop in onderhoud en heeft een lange levensduur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Geen verbetering, neutrale score
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Score niet mogelijk op bouwsteenniveau
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	De begaanbaarheid van de bekleding is minder goed en ervaring van de weidsheid is minder groot
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

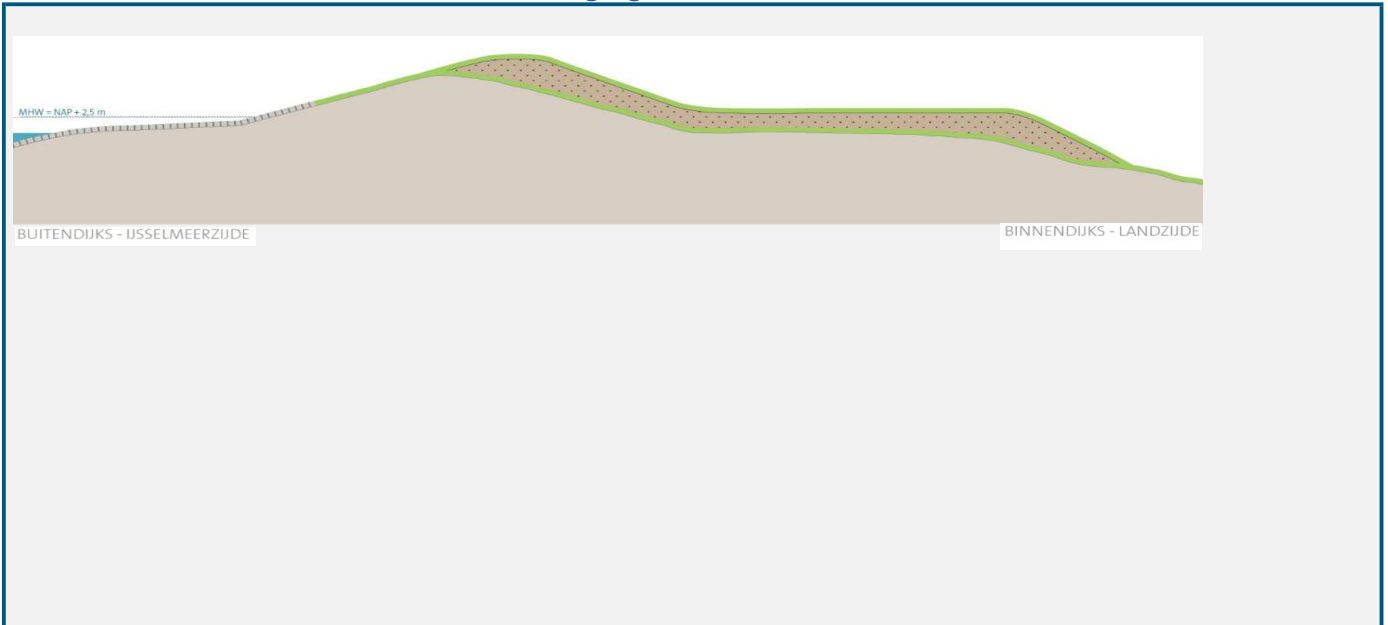


Omschrijving

Een te groot overslagdebiet heeft mogelijk erosie en falen van het binnentalud tot gevolg. Bij een overslagbestendige dijk wordt de binnenzijde beter beschermd met een bekleding waardoor erosie niet of in mindere mate kan optreden. Een voorbeeld is een asfaltbekleding of steenzetting. Alternatief kan er ook gedacht worden aan het versterken van de grasbekleding met bijvoorbeeld een geogrid.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Een overslagbestendige dijk is een voldoende sterke dijkbekleding
Hoogte	4	Een overslagbestendige dijk kan de hoogte-opgave reduceren
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Een overslagbestendige dijk is goed realiseerbaar, maar nog geen gebruikelijke dijkversterkingsoplossing. Geogrid is een innovatieve oplossing
1.2 Effectiviteit	3	Een overslagbestendige heeft geen golfremmende werking, maar is wel een voldoende sterke bekleding
1.3 Toekomstbestendigheid	2	Een overslagbestendige dijk is lastig uit te breiden door het geogrid en de harde bekleding op het buitentalud
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding is makkelijk te vergunnen
2 Beheerbaarheid	3	Relatief makkelijk te onderhouden
3.1 Biodiversiteit	4	Een ideale leefomgeving voor insecten en bijen die bloemen bestuiven en de bodem bewerken
3.2 Milieu-impact en broeikas effect	4	De versterkingsopgave wordt vergroot (ook aanpassing kruin en binnentalud) dit resulteert in hogere milieubelasting
3.3 Circulariteit	2	Hergebruik beperkt mogelijk.
4.1 Investeringskosten	2	De versterkingsopgave wordt vergroot (ook aanpassing kruin en binnentalud) dit resulteert in hogere kosten
4.2 Levensduurkosten	2	Hogere eisen aan beheer, dus hogere kosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Geen verbetering, neutrale score
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	n.v.t.
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Geen invloed
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Geen invloed, indien geogrids (versterkte grasmat) worden toegepast.
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	2	Bij extreme omstandigheden geen verkeer mogelijk

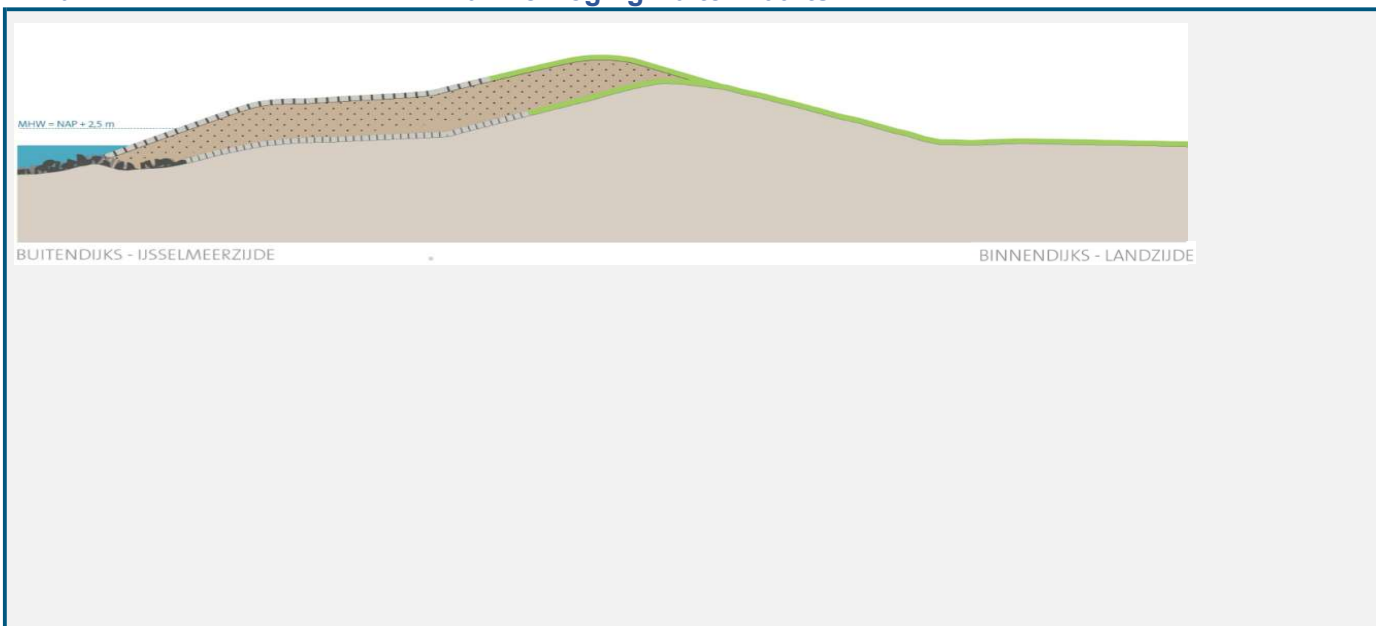


Omschrijving

De kruin wordt verhoogd door het aanbrengen van meer grond op de kruin. Deze maatregel vereist ook het aanbrengen van zand/klei op de binnenzijde van de dijk en een nieuwe binnentaludbekleding.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Deze maatregel verandert niets aan de bekleding
Hoogte	5	De dijk wordt opgehoogd tot de benodigde hoogte
Stabiliteit	2	Door het aanbrengen van grond op het binnentalud drukt er meer gewicht op het buitentalud en is er meer kans op afschuiven

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Effectieve dijkversterking, bewezen techniek, inpassing goed mogelijk doordat relatief veel ruimte beschikbaar is.
1.2 Effectiviteit	4	Een kruinverhoging is effectief om de de hoogte-opgave op te lossen
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Een versterking in grond is robuust en eenvoudig uitbreikbaar
1.4 Vergunbaarheid	3	Binnenwaarts verbreden kan een opgave zijn wanneer er geen ruimte is binnendijks
2 Beheerbaarheid	4	Relatief goed te beheren, geen grote belemeringen
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	4	Grondstoffen (klei+zand) kunnen van dichtbij worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	4	Versterking in grond is duurzame oplossing, geen effect biodiversiteit
4.1 Investeringskosten	3	Gemiddelde investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	4	Grondoplossing lage levensduurkosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Dijkvorm blijft behouden
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Geen verschil ten opzichte van huidige situatie
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen verschil ten opzichte van huidige situatie

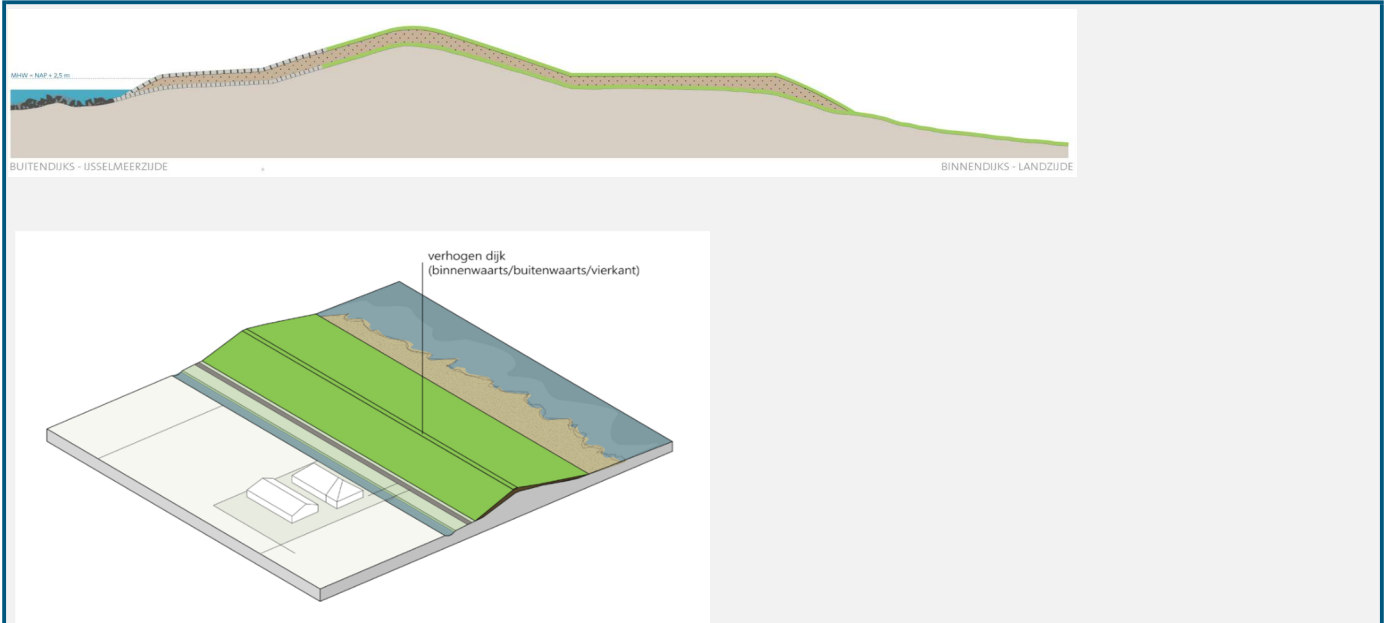


Omschrijving

De kruin wordt verhoogd door het aanbrengen van meer grond op de kruin. Deze maatregel vereist ook het aanbrengen van zand/klei op de buitenzijde van de dijk en een nieuwe buitentaludbekleding.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Deze maatregel verandert niets aan de bekleding
Hoogte	5	De dijk wordt opgehoogd tot de benodigde hoogte
Stabiliteit	2	Door het aanbrengen van grond op het binnentalud drukt er meer gewicht op het buitentalud en is er meer kans op afschuiven

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Effectieve dijkversterking, bewezen techniek, inpassing relatief lastig door werkzaamheden in IJsselmeer en mogelijk buiten grondverbeteringscunet
1.2 Effectiviteit	4	Een kruinverhoging is effectief om de de hoogte-opgave op te lossen
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Een versterking in grond is robuust en eenvoudig uitbreikbaar
1.4 Vergunbaarheid	3	Hierbij wordt er ingeboekt op natura 2000 gebied
2 Beheerbaarheid	4	Relatief goed te beheren, geen grote belemmeringen
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Grondstoffen (klei+zand) kunnen van dichtbij worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	4	Versterking in grond is duurzame oplossing
4.1 Investeringskosten	2	Buiten huidige grondverbetering, nieuw onderwatertalud, nieuw teenschot, nieuwe taludbekleding
4.2 Levensduurkosten	4	Grondoplossing lage levensduurkosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Dijkvorm blijft behouden
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	5	Geen grootverschil ten opzichte van huidige situatie
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

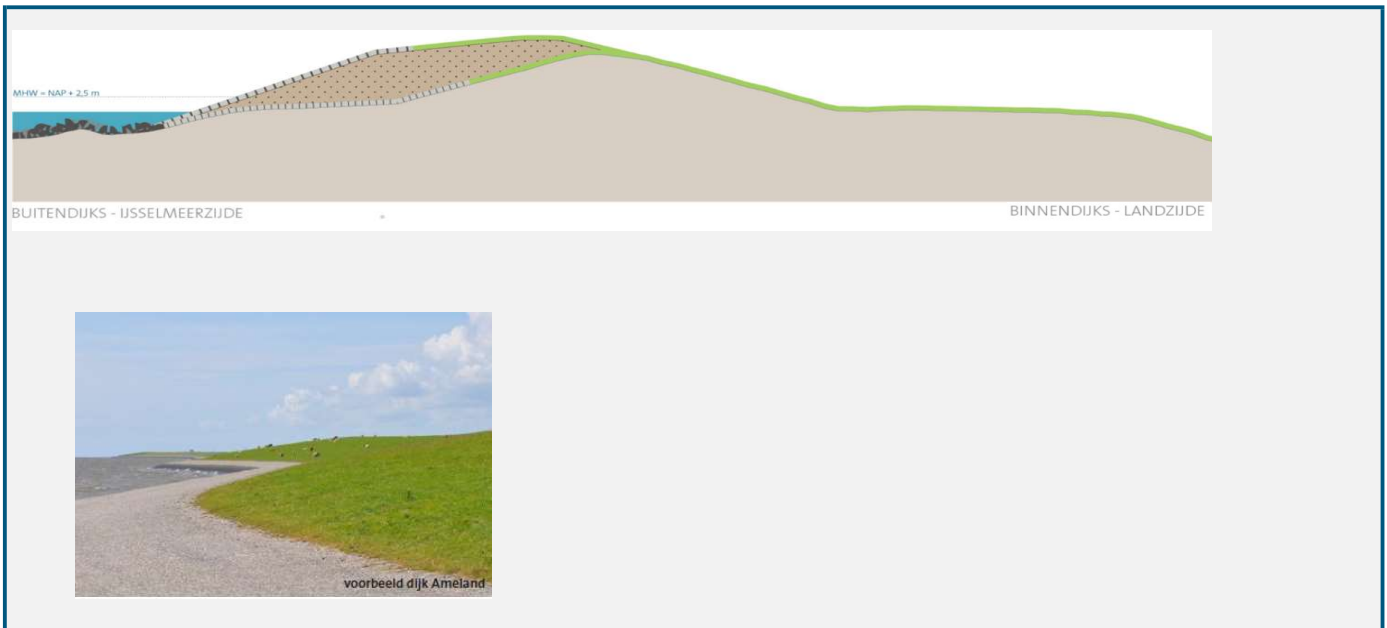


Omschrijving

De kruin wordt verhoogd door het aanbrengen van meer grond op de kruin. Deze maatregel vereist ook het aanbrengen van zand/klei op de buitenzijde van de dijk en een nieuwe buitentaludbekleding.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Deze maatregel verandert niets aan de bekleding
Hoogte	5	De dijk wordt opgehoogd tot de benodigde hoogte
Stabiliteit	3	Door het aanbrengen van grond op het binnentalud drukt er meer gewicht op het buitentalud en is er meer kans op afschuiven

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Effectieve dijkversterking, bewezen techniek, inpassing wellicht lastig door binnendijs- of buitendijs ruimtegebruik.
1.2 Effectiviteit	4	Een kruinverhoging is effectief om de de hoogte-opgave op te lossen
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Een versterking in grond is robuust en eenvoudig uitbreikbaar
1.4 Vergunbaarheid	2	Binnen en buitendijs ruimte inname kan voor problemen zorgen
2 Beheerbaarheid	4	Relatief goed te beheren, geen grote belemmeringen
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Grondstoffen (klei+zand) kunnen van dichtbij worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	4	Versterking in grond is duurzame oplossing
4.1 Investeringskosten	1	Gemiddelde investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	4	Grondoplossing lage levensduurkosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Dijkvorm blijft behouden
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Geen verschil ten opzichte van huidige situatie
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen verschil ten opzichte van huidige situatie

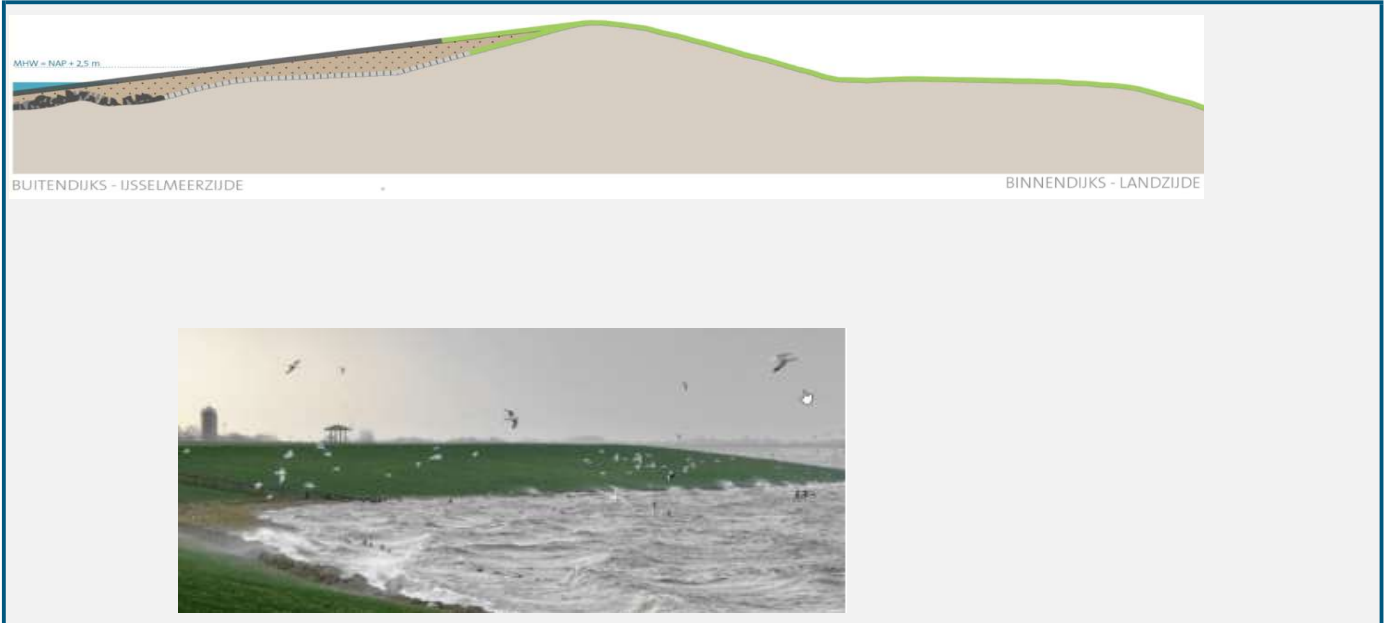


Omschrijving

Het idee van een geknikt talud is dat binnen het huidige ruimtebeslag het steilste deel zich onder in het talud bevindt (weinig belasting tijdens maatgevende situaties). Rondom de golfklapzone bevindt zich de meest vlakke helling. Dit heeft een positief effect op de golfploop en stabiliteit van de bekleding op het boventalud.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekleding op het boventalud kan minder zwaar worden uitgevoerd, de belasting van de bekledings op het ondertalud neemt toe door de versteiling.
Hoogte	5	Het geknikte talud vormt een berm: het steile talud in combinatie met de vlakke berm remt de golfploop
Stabiliteit	2	Door het aanbrengen van gewicht op het buitentalud wordt de kans op afschuiven groter en vermindert de stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Effectieve dijkversterking, bewezen techniek, inpassing wellicht lastig bij teenverplaatsing richting Waddenzee
1.2 Effectiviteit	3	Een flauw boventalud is redelijk effectief om de de hoogte-opgave op te lossen, maar minder effectief dan andere oplossingen in de bouwstenenfamilie geometrie
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Een versterking in grond is robuust en eenvoudig uitbreikbaar
1.4 Vergunbaarheid	3	Inboeken op natura 2000 gebied en de orginele vorm van de dijk wordt aangetast
2 Beheerbaarheid	3	Boventalud relatief goed te beheren, door versteiling binnentalud wordt dit dijktaalud minder goed beheerbaar
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	4	Grondstoffen (klei+zand) kunnen van dichtbij worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	4	Versterking in grond is duurzame oplossing
4.1 Investeringskosten	3	Gemiddelde investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	4	Beperkte beheer- en onderhoudskosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Steil talud van middenbeloop aan buitendijkse zijde is steiler dan talud aan binnendijkse zijde
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	2	Zichtbaarheid van de teen van de dijk vermindert, begaanbaarheid middenbeloop is beperkt door steilheid
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

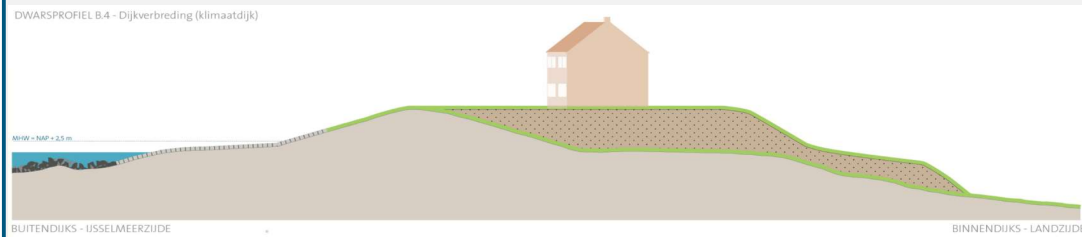


Omschrijving

Met een buitenwaartse taludverflauwing wordt voorkomen dat het buitentalud kan afschuiven en wordt de golfploop geremd. Hiermee wordt de dijkestabiliteit van het buitentalud vergroot. Tevens wordt bekleding in het algemeen stabiel bij een flauwer buitentalud

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Door een verflauwing is minder zware/dikke bekleding nodig
Hoogte	5	Golfploop wordt meer gedempt door het flauwere en langere talud
Stabiliteit	5	Doordat de helling van het buitentalud afneemt, neemt de stabiliteit toe

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	De toepassing vraagt relatief veel ruimtegebruik, door diep water voor de dijk relatief moeilijk haalbaar en maakbaar. Zeker met o.o. op grondverbeteringscunet.
1.2 Effectiviteit	5	Versterking in grond is robuust en daarnaast versterkt een verflauwing van het buitentalud de stabiliteit van de dijk en kan de bekleding minder zwaar worden uitgevoerd.
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Veel ruimte op het dijktaalud om maatregelen te nemen
1.4 Vergunbaarheid	3	Inboeken op natura 2000 gebied.
2 Beheerbaarheid	4	Het beheren van een flauw buitentalud is eenvoudiger dan een steil talud
3.1 Biodiversiteit	4	Bij verflauwing van het buitentalud kan er tot lager op het talud grasbekleding worden toegepast
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Veel materiaalgebruik nodig, ongunstig voor milieu. Positief is dat de bekleding kan minder zwaar worden uitgevoerd
3.3 Circulariteit	4	n.v.t.
4.1 Investeringskosten	2	Relatief veel materiaalgebruik, dus hoge kosten
4.2 Levensduurkosten	3	Neutrale beheer- en onderhoudskosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Verflauwing buitentalud biedt kansen voor ecologische ontwikkelingen
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Karakteristiek onderscheid tussen boven-, midden-, en benedentalud verdwijnt
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	2	Begaanbaarheid van de dijk is redelijk goed maar oppervlakte van stenige dijk is groot
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

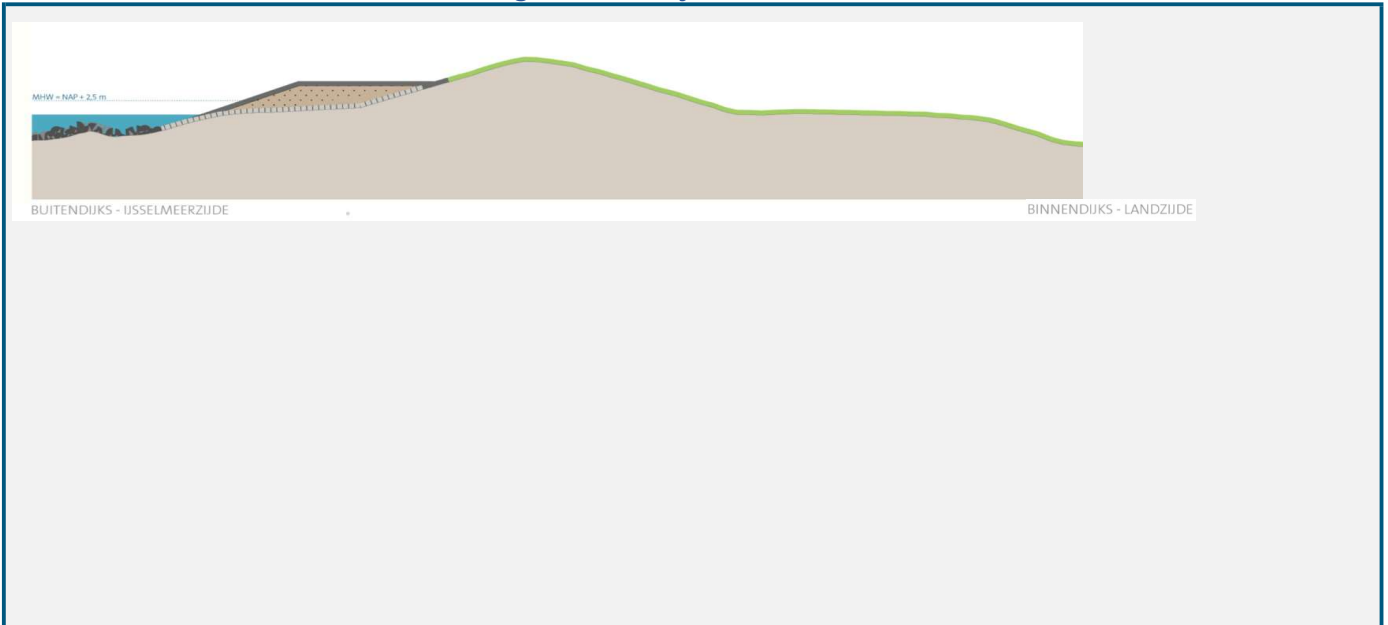


Omschrijving

Door de dijkkruin te verbreden, kan er minder water over de dijk heen slaan.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Bekledings opgave blijft onveranderd
Hoogte	5	Dijk wordt verbreed en daarbij ook verhoogt dus hoogte opgave wordt minder
Stabiliteit	3	Normaal verbeterd de stabiliteit, maar omdat er slappe grond ligt naast de huidige dijk, verslechterd dit.

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	De toepassing vraagt relatief veel ruimtegebruik, problemen met grondverbeteringscunet waarschijnlijk
1.2 Effectiviteit	4	Versterking in grond is robuust .
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Veel ruimte op dijk kruin om maatregelen te nemen
1.4 Vergunbaarheid	2	Extra grond nodig, originele dijk vormgeving wordt aangetast. Buiten ruimte beslag
2 Beheerbaarheid	4	Het beheren van brede dijk is eenvoudiger
3.1 Biodiversiteit	4	Er ontstaan kansen voor het bevorderen van natuurlijke ontwikkeling
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Veel materiaalgebruik nodig, ongunstig voor milieu.
3.3 Circulariteit	4	Versterking in grond is duurzaam, grond is herbruikbaar
4.1 Investeringskosten	1	Door aanwezigheid grondverbeteringscunet veel materiaalgebruik,
4.2 Levensduurkosten	3	Neutrale beheer- en onderhoudskosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutraal
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Veel ruimte voor meekoppelkansen
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Karakteristieke dijklichaam verdwijnt
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Veel ruimte om op de kruin te wandelen te fietsen etc.
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	4	Veel ruimte voor eventuele weg op de kruin

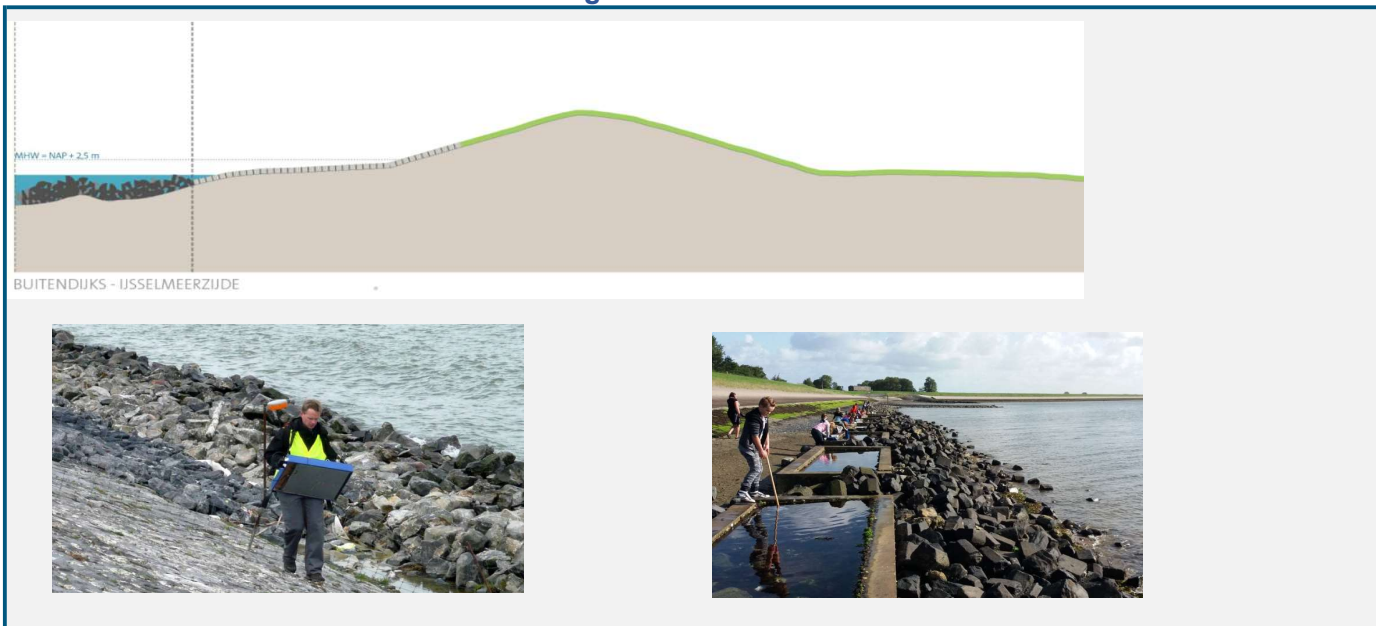


Omschrijving

Het aanbrengen van een stormberm remt de golfploop. Daarnaast kan de berm ook functioneren als fiets/beheerpad en zorgen voor recreatie doeleinden.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Er verandert niets aan de bekleding ten opzichte van de huidige dijk (een gedeelte wordt opnieuw aangebracht)
Hoogte	5	Door het aanbrengen van de stormberm wordt de golfploop geremd
Stabiliteit	4	De stormberm zorgt voor een hogere weerstand tegen afschuiving

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	5	Bewezen techniek, eenvoudig te realiseren
1.2 Effectiviteit	4	Het aanbrengen van een stormberm vermindert de hoogte-opgave significant. Effectiviteit van de stormberm vermindert wel snel bij toename maatgevende waterstand
1.3 Toekomstbestendigheid	5	De berm is eenvoudig te verhogen en uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	3	Geen invloed
2 Beheerbaarheid	5	De berm kan worden gebruikt voor beheer- en onderhoudswerkzaamheden
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	4	Grondstoffen (klei+zand) kunnen van dichtbij worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	4	Versterking in grond is duurzame oplossing
4.1 Investeringskosten	5	Relatief beperkte ingreep, dus goedkoop
4.2 Levensduurkosten	5	Relatief beperkte ingreep, dus goedkoop
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Kans voor realisatie fietspad
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Geen invloed
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Verhoogde berm biedt kansen voor recreatief medegebruik van de dijk
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	4	Verhoogde berm biedt kansen voor betere wegverbinding

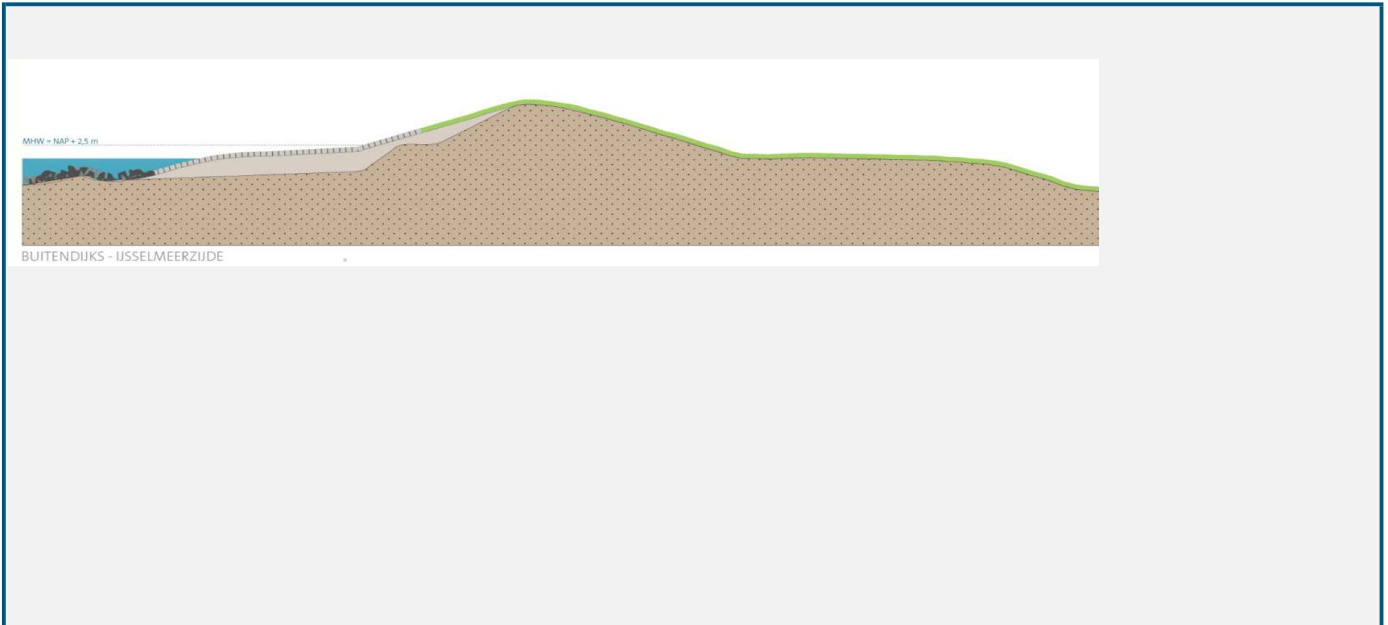


Omschrijving

Het verhogen en verbreden van de teen van de dijk met breuksteen zorgt voor dat de golfbelasting op het dijktaalud afneemt. Dit is positief voor de bekleding van de dijk en de hoogte-opgave. Tevens verbetert de dijkstabiliteit van het buitentalud door een hogere en bredere teen.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Door de hoge en brede teen wordt de golfbelasting op het dijktaalud minder zwaar
Hoogte	4	Door het aanbrengen van de stortsteen wordt de golfoploop geremd. Door de lage positie op het dijktaalud is het effect beperkt bij maatgevende condities.
STBU	5	De stortsteen bij de teen zorgt voor een hogere weerstand tegen afschuiving

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Bewezen techniek, relatief eenvoudig te realiseren.
1.2 Effectiviteit	2	Het aanbrengen van een verhoogde teen vermindert de hoogte-opgave beperkt
1.3 Toekomstbestendigheid	5	De teen van stortsteen is eenvoudig te verhogen en uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	3	Natura 2000 gebied
2 Beheerbaarheid	3	De teen van stortsteen vergt weinig beheer- en onderhoudswerkzaamheden
3.1 Biodiversiteit	3	Uitbreiden van harde bekleding heeft biedt kansen voor meenemen natuur
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Stortsteen dient van ver te worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	4	n.v.t.
4.1 Investeringskosten	4	Relatief beperkte ingreep, dus goedkoop
4.2 Levensduurkosten	5	Breuksteen heeft lange duurzaamheid
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Groot intergetijde gebied, maar dan toegepast voor het IJsselmeer
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Kans voor realisatie getijdegebieden (zie innovatie van een Rijke Dijk)
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Geen invloed
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Verhoogde teen biedt kansen voor biodiversiteit
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

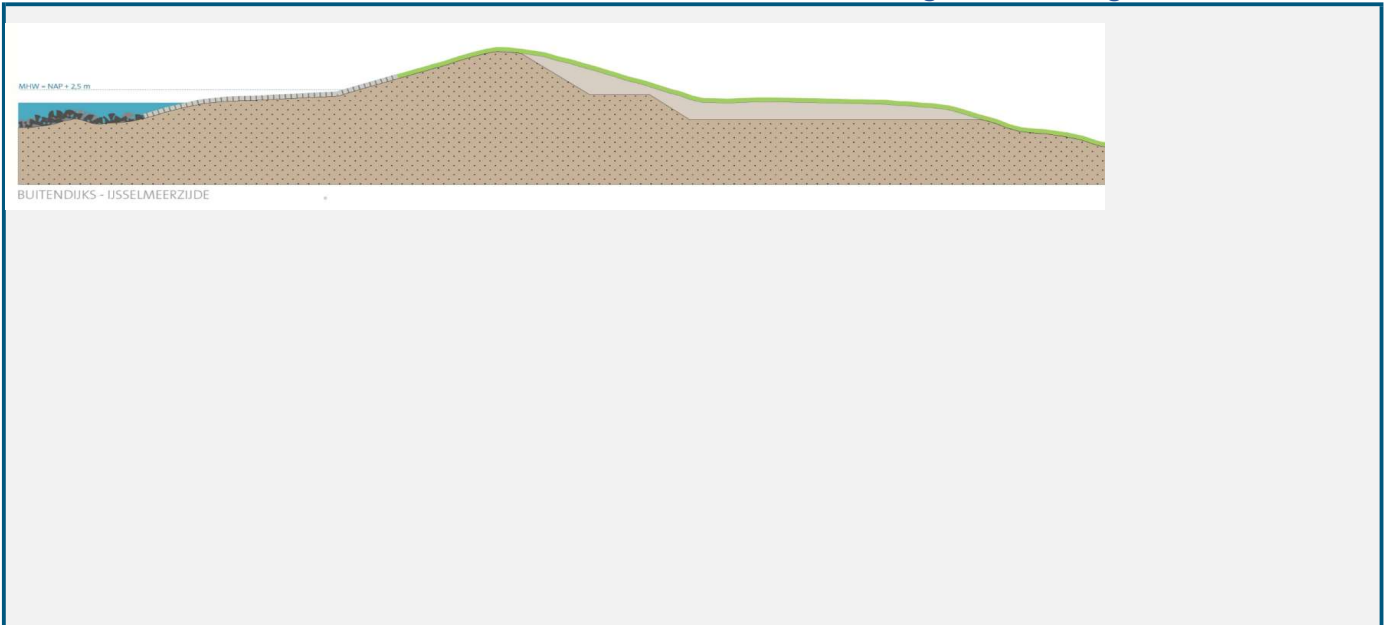


Omschrijving

Steiler maken van het buitentalud, beperkt ruimtebeslag en verhoogt zetsteenstabiliteit (tot maximaal 1:2) op ondertalud

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekleding op het boventalud kan minder zwaar worden uitgevoerd, de belasting van de bekledings op het ondertalud neemt toe door de versteiling.
Hoogte	3	Het geknikte talud vormt een berm: het steile talud in combinatie met de vlakke berm remt de golfoploop
Stabiliteit	2	Door het aanbrengen van gewicht op het buitentalud wordt de kans op afschuiven groter en vermindert de stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Effectieve dijkversterking, bewezen techniek, inpassing wellicht lastig bij teenverplaatsing richting Waddenzee
1.2 Effectiviteit	2	Een flauw boventalud is redelijk effectief om de de hoogte-opgave op te lossen, maar minder effectief dan andere oplossingen in de bouwstenenfamilie geometrie
1.3 Toekomstbestendigheid	2	Een versterking in grond is robuust en eenvoudig uitbreikbaar
1.4 Vergunbaarheid	3	Geen extra grond nodig
2 Beheerbaarheid	3	Boventalud relatief goed te beheren, door versteiling binnentalud wordt dit dijktaalud minder goed beheerbaar
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikas-effect	3	Grondstoffen (klei+zand) kunnen van dichtbij worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	3	n.v.t.
4.1 Investeringskosten	4	Gemiddelde investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	4	Beperkte beheer- en onderhoudskosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Steil talud van middenbeloop aan buitendijkse zijde is steiler dan talud aan binnendijkse zijde
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Zichtbaarheid van de teen van de dijk vermindert, begaanbaarheid middenbeloop is beperkt door steilheid
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

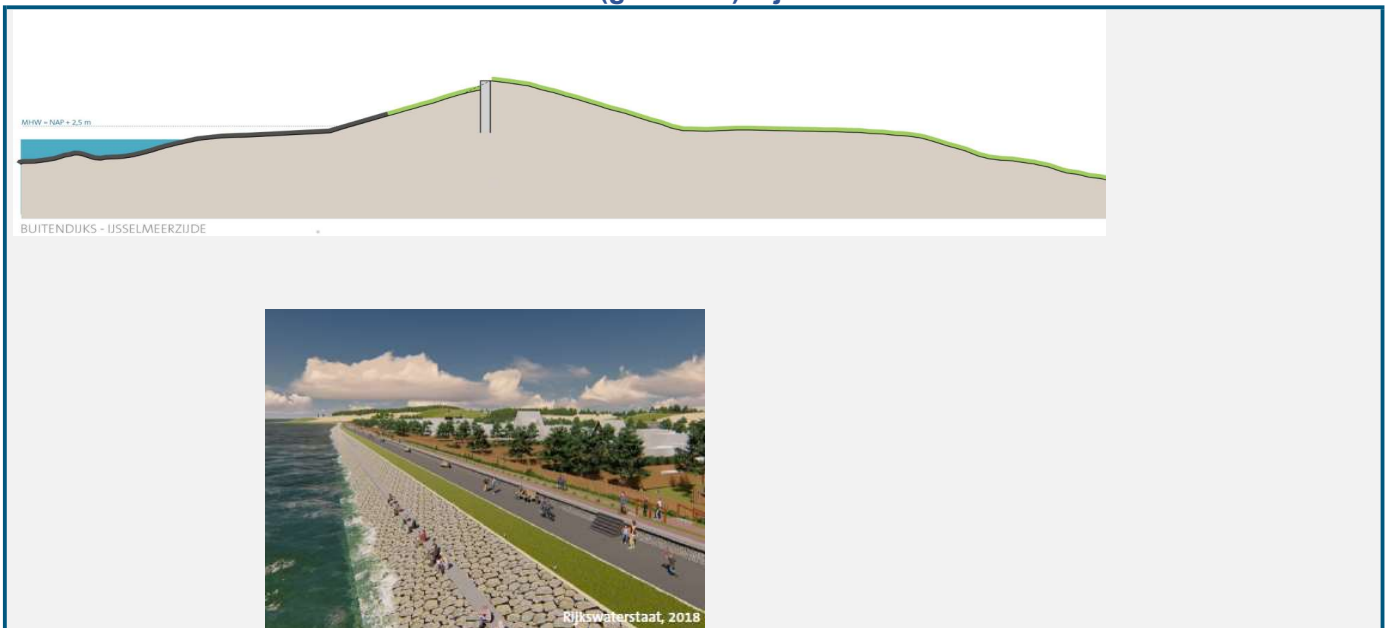


Omschrijving

Versteilen van het binnentalud wat zorgt dat je binnen het kunet van de dijk blijft

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekleding op het boventalud kan minder zwaar worden uitgevoerd, de belasting van de bekledings op het ondertalud neemt toe door de versteiling.
Hoogte	3	Het geknikte talud vormt een berm: het steile talud in combinatie met de vlakke berm remt de golfoploop
Stabiliteit	2	Door het aanbrengen van gewicht op het buitentalud wordt de kans op afschuiven groter en vermindert de stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Effectieve dijkversterking, bewezen techniek, inpassing wellicht lastig bij teenverplaatsing richting Waddenzee
1.2 Effectiviteit	2	Een flauw boventalud is redelijk effectief om de de hoogte-opgave op te lossen, maar minder effectief dan andere oplossingen in de bouwstenenfamilie geometrie
1.3 Toekomstbestendigheid	2	Een versterking in grond is robuust en eenvoudig uitbreikbaar
1.4 Vergunbaarheid	3	Geen extra grond nodig
2 Beheerbaarheid	3	Boventalud relatief goed te beheren, door versteiling binnentalud wordt dit dijktaalud minder goed beheerbaar
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Grondstoffen (klei+zand) kunnen van dichtbij worden aangevoerd
3.3 Circulariteit	3	n.v.t.
4.1 Investeringskosten	4	Gemiddelde investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	4	Beperkte beheer- en onderhoudskosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Steil talud van middenbeloop aan buitendijkse zijde is steiler dan talud aan binnendijkse zijde
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Zichtbaarheid van de teen van de dijk vermindert, begaanbaarheid middenbeloop is beperkt door steilheid
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

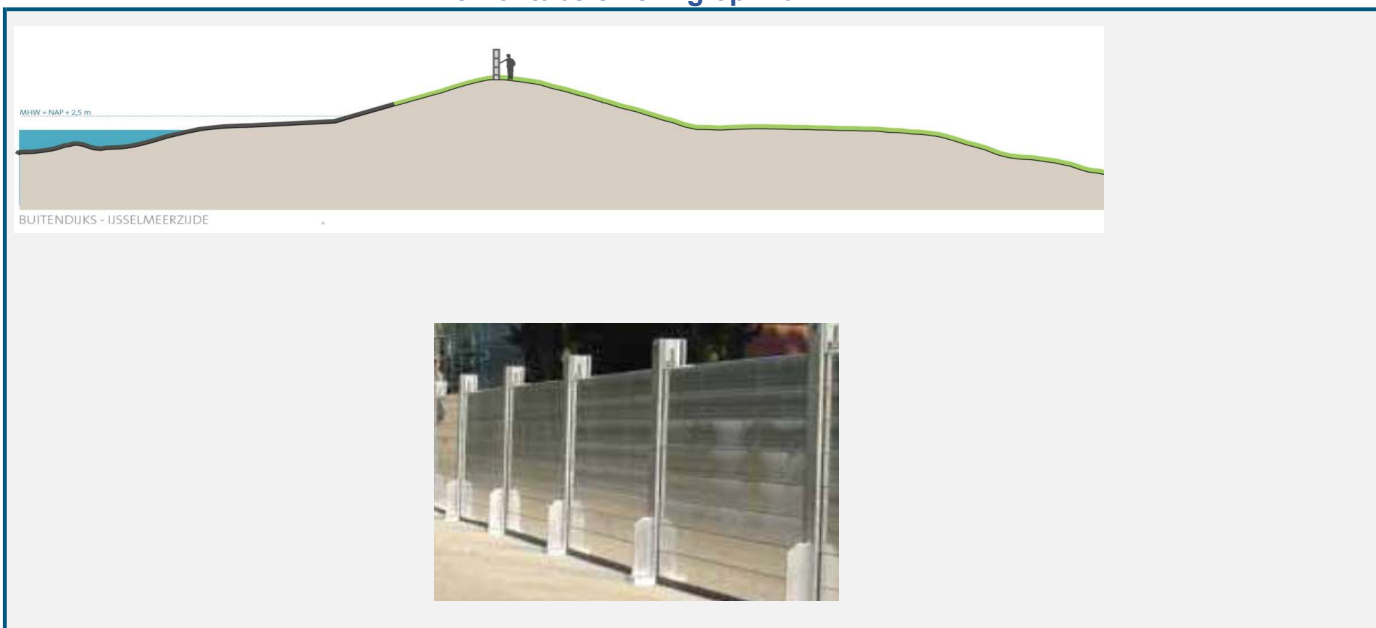


Omschrijving

Aan de buitenzijde van de golfmuur kan een gedeelte van de top van de dijk worden ontgraven, zodat er een "hap" uit de dijk ontstaat. De hap uit de dijk functioneert als berm. Het verticale element is circa 1m hoog (max 0,5m hoger dan huidige kruin) en remt zo voldoende de golfloop.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekledingsopgave verandert niet
Hoogte	5	De hoogte van de kruin verandert niet, maar de golfloop wordt geremd door de golfmuur
Stabiliteit	4	Buitenwaartse stabiliteit wordt door verticaal element hoger

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Relatief beperkte ingreep (verticaal element van circa 1m) binnen huidig profiel, beperkt innovatief
1.2 Effectiviteit	5	Een verticaal element is uiterst effectief in het beperken van golfloop
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Een golfmuur kan zo worden gemaakt dat deze makkelijk is uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	4	Geen invloed
2 Beheerbaarheid	2	Constructief element vraagt specifieke beheer en onderhoud
3.1 Biodiversiteit	2	Scheiding van natuur door harde constructie
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Harde kering is doorgaans niet van milieu vriendelijk materiaal gemaakt
3.3 Circulariteit	2	Nieuw materiaal gebruik voor harde constructie
4.1 Investeringskosten	3	Weinig grondverzet, wel relatief duur constructief element
4.2 Levensduurkosten	2	Constructief element duurer in onderhoud dan grond
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Door constructie ontstaan mogelijkheden voor wegen en recreatie
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Muur past niet bij huidig landschap
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Door golfmuur ontstaan mogelijkheden voor recreatief medegebruik.
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	4	Hoge berm kan gebruikt worden als extra wef



Omschrijving

Een demontabele kering is een tijdelijke kering die vlak voor een stormevent kan worden opgebouwd en nadien weer kan worden afgebroken. Aangezien de materialen en de mankracht voor het opzetten van de tijdelijke kering op tijd aanwezig moeten zijn, is er voor deze bouwsteen ook een planning & organisatie nodig.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekledingsopgave verandert niet
Hoogte	5	Met een demontabele kering kan de dijk (tijdelijk) voldoende worden opgehoogd
Stabiliteit	3	De stabiliteit wordt niet met deze bouwsteen beïnvloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Het is heel moeilijk om een demontabele kering voldoende betrouwbaar te maken.
1.2 Effectiviteit	5	Een verticaal element is uiterst effectief in het beperken van golfploop
1.3 Toekomstbestendigheid	2	Uitbreiding is mogelijk, maar niet eenvoudig
1.4 Vergunbaarheid	4	Geen invloed
2 Beheerbaarheid	1	Een demontabele kering verdient veel onderhoud en er dient veel mee geoefend te worden.
3.1 Biodiversiteit	4	Geen harde scheiding van natuur
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Harde kering is doorgaans niet van milieu vriendelijk materiaal gemaakt
3.3 Circulariteit	2	Nieuw materiaal gebruik voor harde constructie
4.1 Investeringskosten	2	Relatief dure aanleg
4.2 Levensduurkosten	1	Veel onderhoud nodig, dus dure levensduurkosten
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	2	Kering vormt barriere voor fauna
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Geen invloed
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

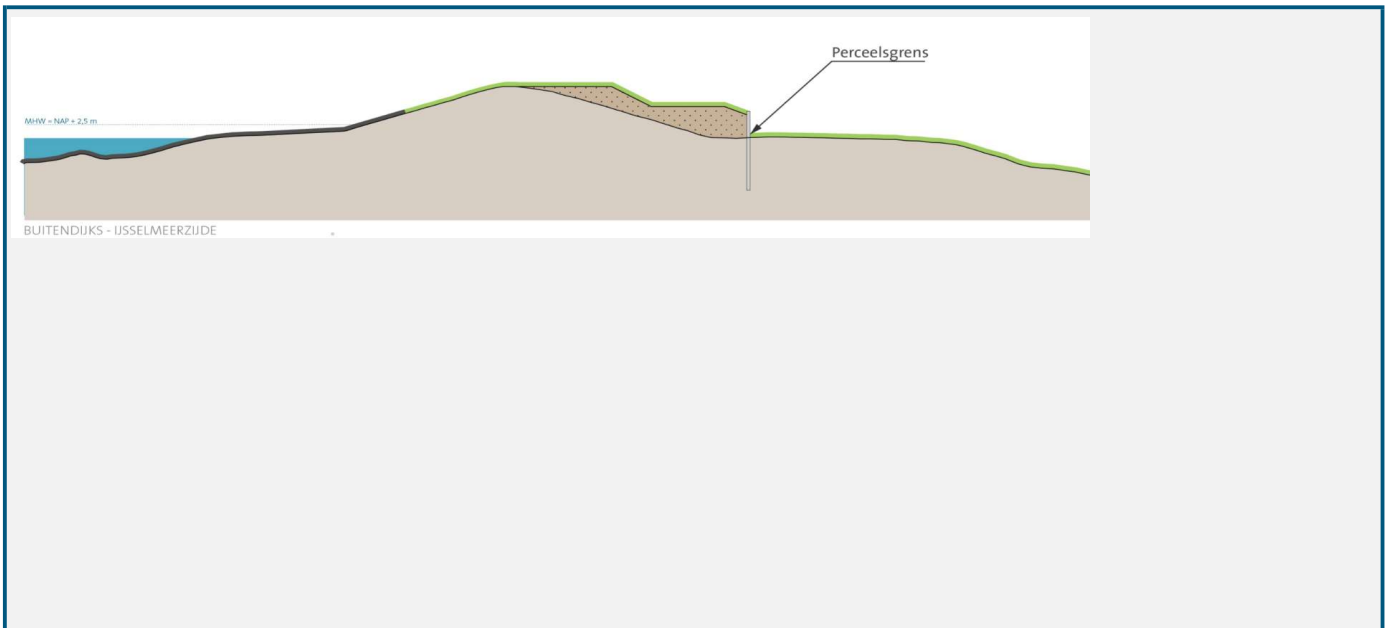


Omschrijving

Een vaste kering is een verticaal element op de kruin, welke vooral bedoeld is om golfoverslag te voorkomen.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	2	De bekledingsopgave verandert niet
Hoogte	5	Met een vaste kering kan de dijk voldoende worden opgehoogd
Stabiliteit	5	De stabiliteit wordt niet met deze bouwsteen beïnvloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Een vaste kering is relatief eenvoudig te realiseren
1.2 Effectiviteit	5	Een verticaal element is uiterst effectief in het beperken van golfoploop
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Een vaste kering kan zo worden gemaakt dat deze makkelijk is uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	4	Geen invloed
2 Beheerbaarheid	2	Een vaste kering vraagt specifiek onderhoud, maar niet heel frequent
3.1 Biodiversiteit	2	Scheiding van natuur door harde constructie
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Harde kering is doorgaans niet van milieu vriendelijk materiaal gemaakt
3.3 Circulariteit	2	Nieuw materiaal gebruik voor harde constructie
4.1 Investeringskosten	3	Gemiddelde investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	2	Constructie vraagt specifiek extra onderhoud
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Kering vormt barriere voor fauna
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	2	Kering vormt barriere voor andere kansen
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Constructief element past niet bij landelijke dijk
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	2	Vormgeving van de dijk wordt aangetast
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

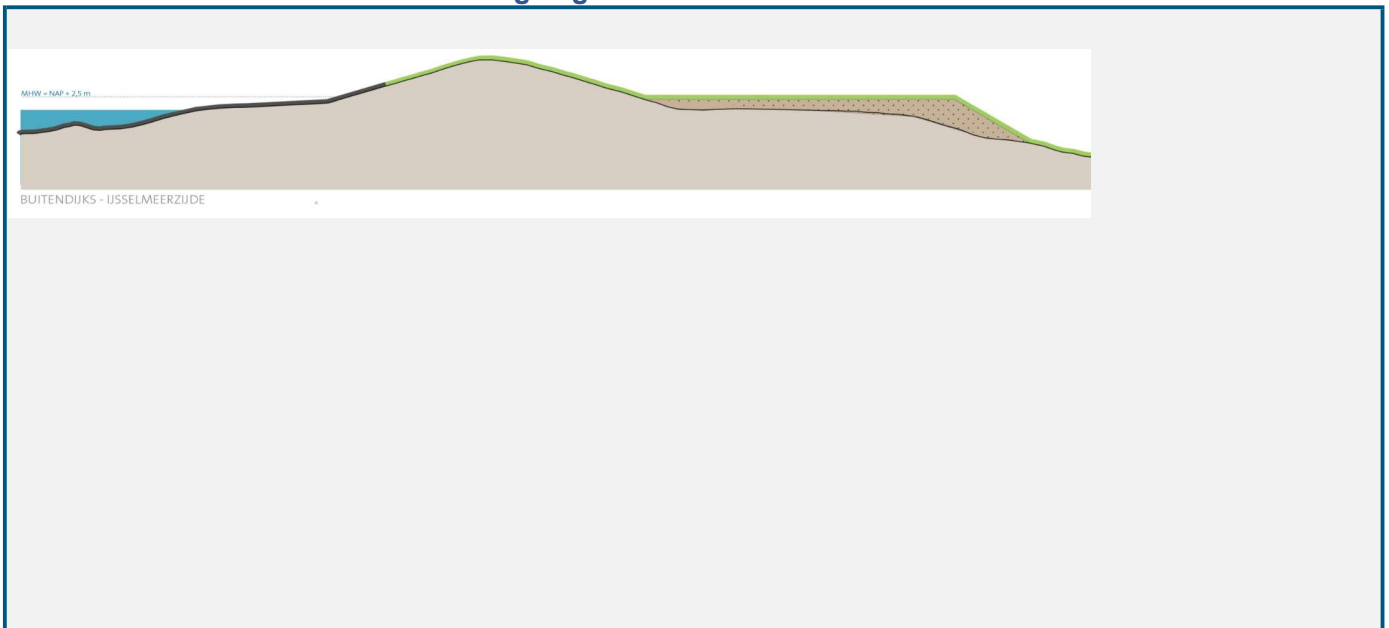


Omschrijving

het plaatsen van een damwand om binnenwaartse versterking te minimaliseren

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekledingsopgave verandert niet
Hoogte	4	Met een vaste kering kan de dijk voldoende worden opgehoogd
Stabiliteit	3	De stabiliteit wordt niet met deze bouwsteen beïnvloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Een damwand is relatief eenvoudig te realiseren
1.2 Effectiviteit	5	Damwand in binnentalud heeft verder geen invloed op opgave
1.3 Toekomstbestendigheid	2	damwand is slecht uitbreidbaar
1.4 Vergunbaarheid	4	Geen extra grond nodig
2 Beheerbaarheid	2	Een damwand vraagt specifiek onderhoud
3.1 Biodiversiteit	2	Scheiding van natuur door harde constructie
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Harde kering is doorgaans niet van milieu vriendelijk materiaal gemaakt
3.3 Circulariteit	3	Nieuw materiaal gebruik voor harde constructie
4.1 Investeringskosten	2	Damwand is relatief duur
4.2 Levensduurkosten	3	Neutrale bijdrage
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Constructief verticaal element vormt barriere
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	2	Kering vormt barriere
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Constructief element past niet bij landelijke dijk
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Constructief element (damwand) niet mooi
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutrale bijdrage

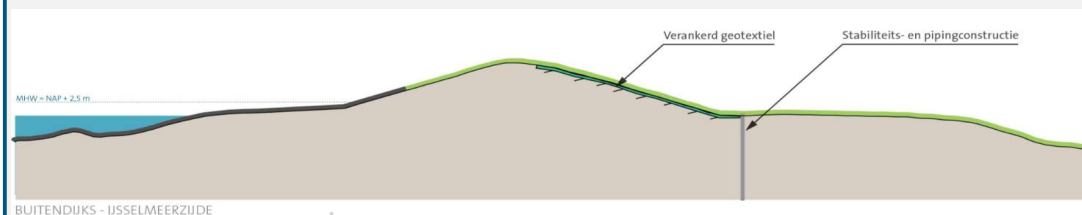


Omschrijving

Macro-instabiliteit is een faalmechanisme dat de stabiliteit van een dijk of dam ernstig kan bedreigen. Op dit moment is er geen stabiliteits macrostabiliteits opgave, maar wanneer men de dijk gaat verbreden zal de dijk te maken krijgen met zachte ondergronden die hier wel gevoelig voor zijn.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekledingsopgave verandert niet
Hoogte	3	De hoogteopgave verandert niet
Stabiliteit	5	De stabiliteit wordt verbeterd

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Aanbrengen van extra grond is eenvoudig te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	Macrostabiliteit oplossing heeft verder geen invloed op de opgave
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Grondlichaam is goed uitbreidbaar
1.4 Vergunbaarheid	2	Extra ruimte nodig voor binnenwaartse versterking
2 Beheerbaarheid	2	Een damwand vraagt specifiek onderhoud
3.1 Biodiversiteit	3	Neutrale score door grond oplossing
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Extra grond verplaatsing heeft effect op milieu door transport impact
3.3 Circulariteit	3	Grond oplossing heeft geen negatief effect op hergebruik
4.1 Investeringskosten	2	Grond oplossing is relatief duur
4.2 Levensduurkosten	3	Neutraal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Neutraal
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	2	Mogelijkheden voor een pad/weg op de binnenberm
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Vormgeving van de dijk wordt aangetast
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal



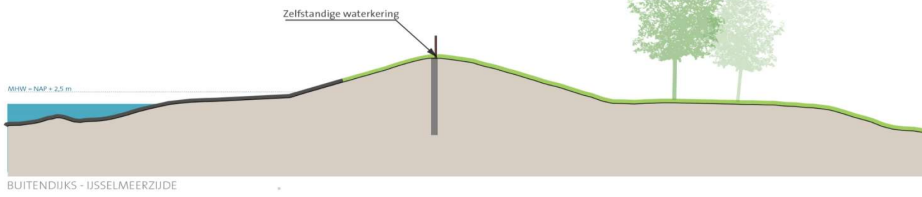
Omschrijving

Macro-instabiliteit is een faalmechanisme dat de stabiliteit van een dijk of dam ernstig kan bedreigen. Op dit moment is er geen stabiliteits macrostabiliteits opgave, maar wanneer men de dijk gaat verbreden zal de dijk te maken krijgen met zachte ondergronden die hier wel gevoelig voor zijn.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	De bekledingsopgave verandert niet
Hoogte	3	De hoogteopgave verandert niet
Stabiliteit	5	De stabiliteit wordt verbeterd

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Relatief eenvoudig te realiseren.
1.2 Effectiviteit	3	Constructief verbeteren macrostabiliteit verder geen invloed op de opgave
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Constructieve oplossingen zijn slecht uitbreidbaar
1.4 Vergunbaarheid	2	Van invloed wanneer er weinig ruimte is, echter is er nu geen macrostabiliteit probleem
2 Beheerbaarheid	2	Een constructieve maatregel vraagt specifiek onderhoud
3.1 Biodiversiteit	3	n.v.t.
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Staal is slecht voor milieu
3.3 Circulariteit	3	n.v.t.
4.1 Investeringskosten	2	Constructieve macrostabiliteitsoplossingen zijn relatief duur
4.2 Levensduurkosten	3	Neutraal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Neutraal
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	2	Neutraal
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Neutraal
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	2	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

C.7 Zelfstandige waterkering



Omschrijving

De kunstwerken zijn vaak nodig voor utilitaire kruisingen, of bestaan uit ruimtebesparende versterkingen (kistdam, keermuur, damwand). Ze vervullen zelfstandig de waterkerende functie of doen dit in combinatie met een grondlichaam.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Harde constructie is een sterke constructie
Hoogte	5	Hoogte opgave wordt opgelost
Stabiliteit	5	Er zal geen stabiliteits probleem zijn

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Aanleg verticaal scherm vraagt veel ruimte, moeilijk te realiseren op kruin
1.2 Effectiviteit	5	Verticaal scherm is effectief
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Slecht uitbreidbaar
1.4 Vergunbaarheid	4	Geen extra ruimtebeslag nodig
2 Beheerbaarheid	2	Een verticaal scherm vraagt specifiek onderhoud
3.1 Biodiversiteit	2	Scheiding van natuur door harde constructie
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Harde kering is doorgaans niet van milieu vriendelijk materiaal gemaakt
3.3 Circulariteit	3	Nieuw materiaal gebruik voor harde constructie
4.1 Investeringskosten	2	Relatief dure oplossing
4.2 Levensduurkosten	2	Relatief veel onderhoud
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Constructief verticaal element vormt barriere
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	2	Kering vormt barriere
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Constructief element past niet bij landelijke dijk, aanname dat deze uitsteekt
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Constructief element (damwand) niet mooi, aanname dat deze uitsteekt
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutrale bijdrage

Familie Voor- of achterland

Nummer
D.1

Naam
Verhogen voorland/ aanbrengen vooroever



Omschrijving

Het verhogen van het voorland houdt in dat de diepe bodemligging verhoogd wordt. Hierdoor neemt de golfbelasting op de bekleding af, waardoor deze dunner uitgevoerd kan worden.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Bekledingsopgave blijft bestaan
Hoogte	4	Door het verhoogde voorland wordt golfoploop verminderd
Stabiliteit	5	Afschuiven van het buitentalud wordt tegengewerkt door het verhoogde voorland

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Hele grote aanvulling in IJsselmeer nodig, effect op morfologie dient te worden onderzocht.
1.2 Effectiviteit	4	Het verhogen van het voorland vermindert de golfbelasting beperkt.
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Het uitbreiden (=verhogen) van een oever is relatief eenvoudig
1.4 Vergunbaarheid	2	Inboeken op natura 2000 gebied
2 Beheerbaarheid	3	Onderhoud is waarschijnlijk beperkt, wel groot oppervlakte
3.1 Biodiversiteit	5	Versterking in grond is robuust (lange levensduur), heeft hoge bijdrage aan natuurontwikkeling
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Neutrale impact, alleen grond gebruik
3.3 Circulariteit	5	Hergebruik van grond
4.1 Investeringskosten	2	Omvangrijke bouwsteen wat resulteert in aanzienlijke kosten
4.2 Levensduurkosten	2	In stand houden van oevers komt bovenop normaal dijkonderhoud.
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	5	Zeer hoge bijdrage aan natuurontwikkeling
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Wens (ontwikkeling natuur) kan worden meegekoppeld
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Niet passend binnen de dijkengeschiedenis in de omgeving
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Mooi te combineren als wandel en fietsgebied
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	neutraal

Familie
Voor- of achterland

Nummer
D.2

Naam
Dubbele dijk buitendijks

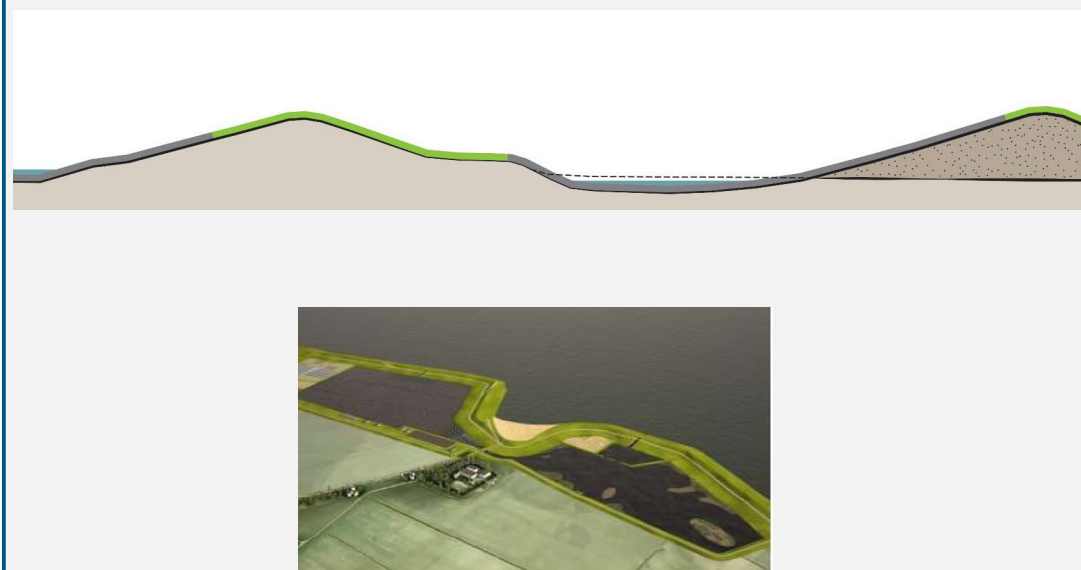


Omschrijving

In deze bouwsteen wordt een nieuwe dijk geplaatst aan de buitenzijde van de huidige dijk. De buitenwaartse dijk zal echter ook aan de hoogte-, bekleding- en stabiliteitseisen moeten voldoen, omdat deze de belasting opvangt. De huidige dijk hoeft waarschijnlijk niet meer versterkt te worden.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Een extra dijk reduceert golven en waterstand op de binnenste dijk waardoor aan alle
Hoogte	5	
Stabiliteit	5	

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Het bouwen van een geheel nieuwe dijk buitendijks is technisch moeilijk door aanwezigheid slappe grond
1.2 Effectiviteit	2	Een nieuwe dijk kan de hoogte- en bekledingsopgave in zijn geheel oplossen, maar hele grote ingreep
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Goede uitbreidbaarheidsmogelijkheden door veel ruimte
1.4 Vergunbaarheid	2	Inboeken op natura 2000 gebied
2 Beheerbaarheid	2	Dubbele dijk die mogelijk slecht bereikbaar is
3.1 Biodiversiteit	4	twee dijken geeft ruimte voor natuur ontwikkeling tussen in
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Slecht voor milieu met nieuwe harde bekleding op dijken
3.3 Circulariteit	4	Een versterking in grond is robuust met een lange levensduur
4.1 Investeringskosten	1	Veel grondverzet en daarom erg duur
4.2 Levensduurkosten	1	Maatregel betreft een extra dijk en is daarom erg duur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Ecologische kansen in het gebied tussen de twee dijken
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Veel ruimte voor meekoppelkansen
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Samenhang van de hele IJsselmeerdijk wordt minder sterk
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Potentieel aantrekkelijk gebied voor recreatie
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed

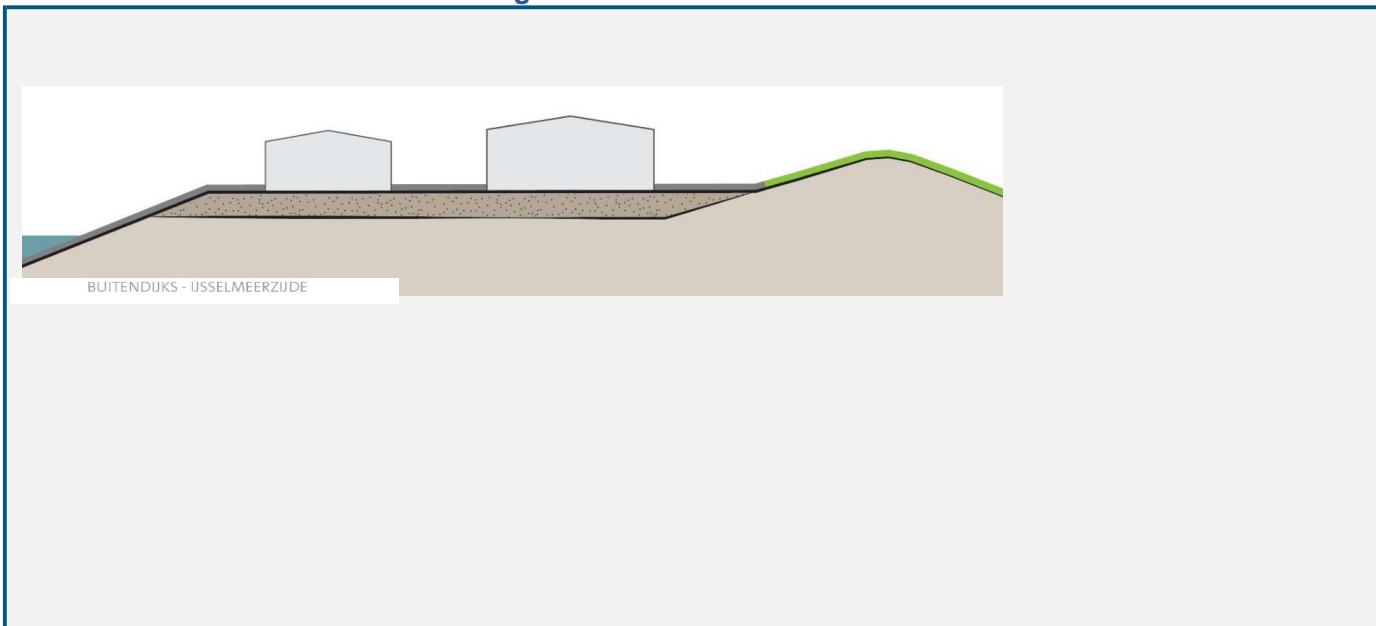


Omschrijving

In deze bouwsteen blijft de huidige dijk de primaire kering en wordt aan de binnenzijde een kleinere groene dijk aangebracht. Deze bouwsteen is met name gericht op het creëren van ecologische waarden. Deze bouwsteen biedt mogelijkheden om een vergroot overslagdebiet toe te staan.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Een extra dijk reduceert golven en waterstand op de binnenste dijk waardoor aan alle
Hoogte	5	
Stabiliteit	5	

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Het bouwen van een geheel nieuwe dijk binnendijks is technisch moeilijk door aanwezigheid slappe grond
1.2 Effectiviteit	2	Een nieuwe dijk kan de hoogte- en bekledingsopgave in zijn geheel oplossen, maar hele grote ingreep
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Goede uitbreidbaarheidsmogelijkheden door veel ruimte
1.4 Vergunbaarheid	2	Inboeken op natura 2000 gebied
2 Beheerbaarheid	2	Dubbele dijk die mogelijk slecht bereikbaar is
3.1 Biodiversiteit	4	Twee dijken geeft ruimte voor natuur ontwikkeling tussen de dijken
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Slecht voor milieu met nieuwe harde bekleding op dijken
3.3 Circulariteit	4	Een versterking in grond is robuust met een lange levensduur
4.1 Investeringskosten	1	Veel grondverzet en daarom erg duur
4.2 Levensduurkosten	1	Maatregel betreft een extra dijk en is daarom erg duur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Ecologische kansen in het gebied tussen de twee dijken
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Veel ruimte voor meekoppelkansen
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Samenhang van de hele IJsselmeerdijk wordt minder sterk
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Potentieel aantrekkelijk gebied voor recreatie
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	2	Raakvlak met bestaande infrastructuur

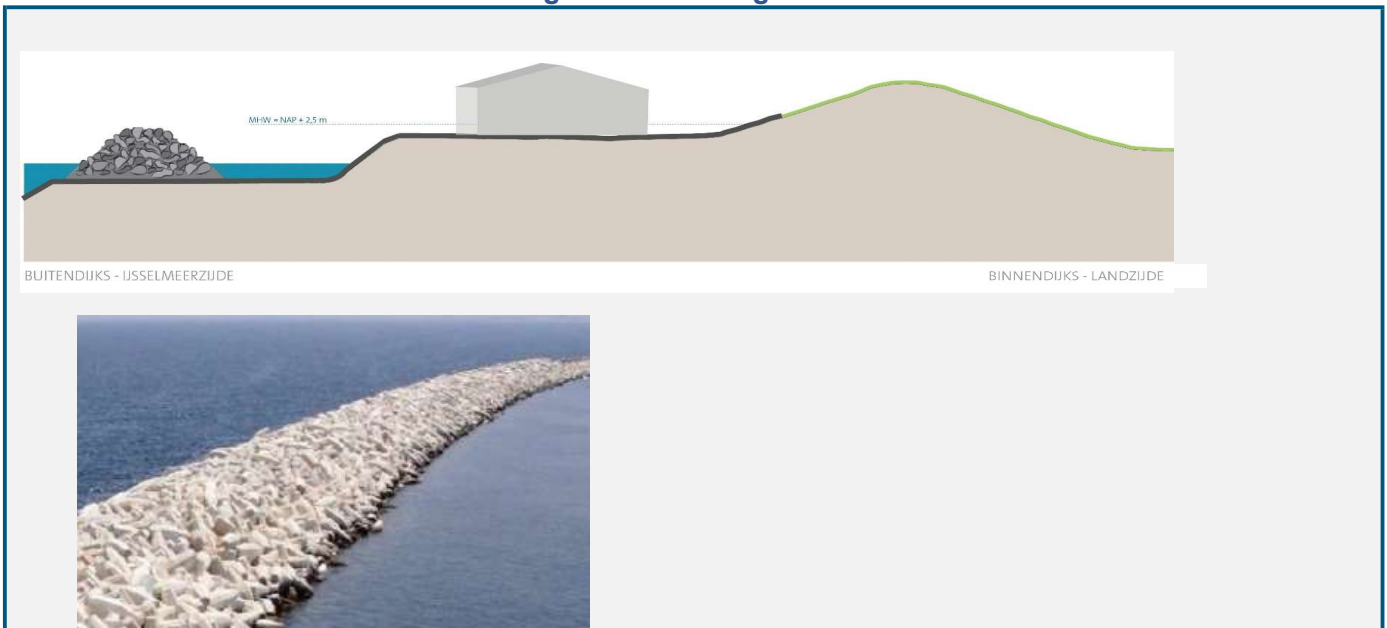


Omschrijving

Het verhogen van het haventerrein aan de buitenzijde van de dijk heeft hetzelfde effect als verhogen van het voorland: het reduceert de golfbelasting en oploopt op de dijk. Daarnaast biedt het wellicht mogelijkheden voor verdere havenontwikkeling (meekoppelkansen).

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Doordat golven worden gedempt door het verhogen van het haventerrein, krijgt de bekleding minder te verduren
Hoogte	5	Door het verhogen van het haventerrein, worden golven meer gedempt en hoeft de kruin minder verhoogd te worden
STBU	4	Door het verhogen van het haventerrein, wordt de buitenwaartse stabiliteit verhoogd

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Erg ingrijpend, ophoging/amovatie van huidige bebouwing noodzakelijk
1.2 Effectiviteit	3	Ophoging van voorland is erg nuttig met oog op toekomstige versterkingen
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Heel moeilijk te combineren met bestaande bebouwing
1.4 Vergunbaarheid	2	Neutrale bijdrage
2 Beheerbaarheid	3	Toevoeging op bestaande constructie
3.1 Biodiversiteit	2	Harde oplossing met beperkte ruimte voor natuurlijke ontwikkeling
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Veel materiaalgebruik, dus grote milieubelasting
3.3 Circulariteit	3	n.v.t
4.1 Investeringskosten	1	Hele hoge investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	3	De beheer- en onderhoudskosten zijn neutraal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Verhogen voorland is positief voor mede-gebruik haventerrein
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Neutrale bijdrage
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Geen invloed
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	2	Raakvlak met huidige infra

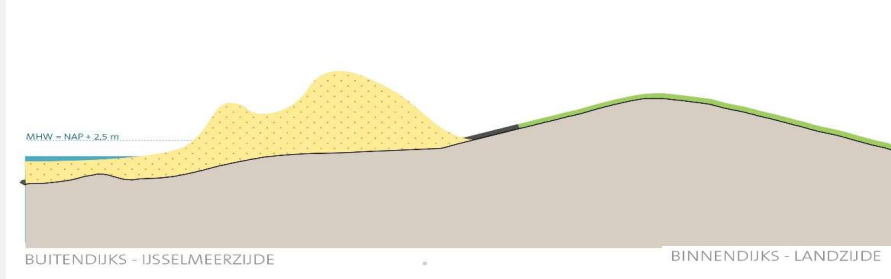


Omschrijving

Door het versterken van de havendammen tot het niveau van een primaire kering wordt de golfbelasting- en ophoop op de dijk verminderd.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Golfoploop wordt geremd door het versterken van de havendammen, hierdoor krijgt de bekleding minder te verduren
Hoogte	5	Golfoploop wordt verminderd door de havendammen
STBU	3	De havendam verandert niets aan de stabiliteit van de dijk

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Erg ingrijpend, ophoging en gehele vervanging van gehele bekleding (m.u.v. Parkhaven) is noodzakelijk om de dammen te versterken zodat deze standzeker zijn tijdens maatgevende stormcondities. Ophoging is noodzakelijk om golfreductie voor de primaire kering in rekening te kunnen brengen
1.2 Effectiviteit	4	Versterking van havendammen is erg nuttig met oog op toekomstige versterkingen
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Moeilijk te combineren met bestaande bebouwing, maar ophogen en bijstorten van breuksteen is technisch wel eenvoudig.
1.4 Vergunbaarheid	4	Toevoeging op bestaande constructie
2 Beheerbaarheid	2	Dammen dienen goed te worden onderhouden, omdat ze als primaire kering gaan gelden. Bij juiste aanleg is de onderhoudsinspanning wel beperkt.
3.1 Biodiversiteit	2	Harde kering waar geen bijdrage is aan natuurlijke ontwikkeling
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Veel materiaalgebruik, dus grote milieubelasting
3.3 Circulariteit	3	Hergebruik van de golfbrekers die er al liggen
4.1 Investeringskosten	2	Hoge investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	2	De beheer- en onderhoudskosten zijn neutraal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Verhogen en versterken havendammen is positief voor mede-gebruik haventerrein
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Neutrale bijdrage
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	2	Minder goed zicht vanaf dijk over IJsselmeer
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Geen invloed



Omschrijving

Een zandige kering, oftewel duinen, aan de buitenzijde van de bestaande dijk neemt een groot gedeelte van de functie van primaire kering over. Tijdens een storm mag er zandafslag plaatsvinden, maar daarbij moet een deel van de kering over blijven. Idealiter groeit de zandige kering in de zomer weer aan. Indien dit niet mogelijk is, zal regelmatig onderhoud moeten plaatsvinden met bijvoorbeeld zandsuppleties.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	De zandige kering remt alle golven waardoor de belasting op de bekleding van de dijk wordt geminimaliseerd
Hoogte	5	Golfploop op de dijk wordt geminimaliseerd door de zandige kering
Stabiliteit	5	De hydraulische belasting wordt weggenomen door de zandige kering. Daarnaast biedt de zandige kering tegendruk tegen afschuiving

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Het bouwen van een geheel nieuwe duingebied is technisch heel moeilijk in het IJsselmeer, en lijkt op deze locatie onhaalbaar
1.2 Effectiviteit	1	De zandige kering kan de hoogte- en bekledingsopgave in zijn geheel oplossen, maar ivm haalbaarheid niet realistisch en hele grote ingreep
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Goede uitbreidbaarheidsmogelijkheden door veel ruimte, maar icm haalbaarheid niet realistisch
1.4 Vergunbaarheid	2	Effect op hele ecosysteem wanneer een zandige kering wordt geplaatst in natura 2000
2 Beheerbaarheid	1	Duingebied vraagt specifiek onderhoud, geen kennis aanwezig bij ZZL
3.1 Biodiversiteit	4	Natuurlijke kering
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Veel grondstoffen nodig, daarom veel impact
3.3 Circulariteit	4	Grondoplossing is duurzaam
4.1 Investeringskosten	1	Veel grondverzet en daarom erg duur
4.2 Levensduurkosten	1	Maatregel betreft een extra zandige kering en is daarom erg duur
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	kansen voor biodiversiteit verbetering
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Veel ruimte voor meekoppelkansen
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Duingebied op deze locatie grenzend aan de Waddenzee past niet
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Kansen voor toerisme
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	n.v.t.

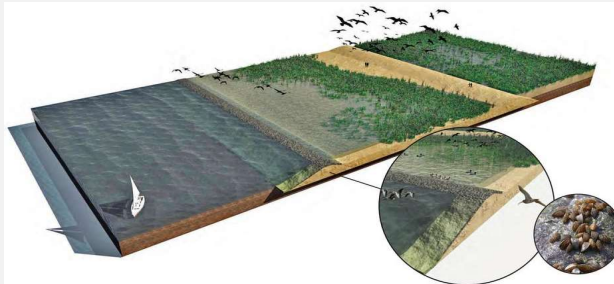
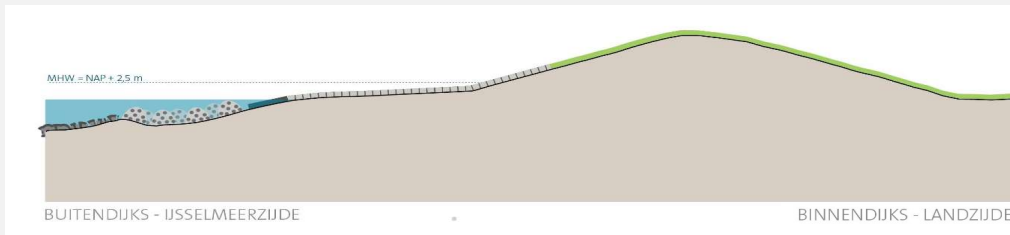


Omschrijving

Door het aanbrengen van de golfbreker wordt de golfbelasting- en oploop op de dijk verminderd.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	De golfbreker reduceert de belasting op de bekleding
Hoogte	5	De golfbreker reduceert golfoploop
Stabiliteit	3	De golfbreker heeft geen invloed op buitenwaartse stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Het realiseren van een nieuwe golfbreker in de IJsselmeer is effectief, maar technisch (morfolologisch) moeilijk
1.2 Effectiviteit	3	Het realiseren van een nieuwe golfbreker in het IJsselmeer is goed met het oog op toekomstige versterkingen, maar wel grote ingreep
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Goede uitbreidbaarheidsmogelijkheden door veel ruimte, maar icm haalbaarheid niet realistisch
1.4 Vergunbaarheid	3	Buiten waarts harde constructie plaatsen in natura 2000 gebied
2 Beheerbaarheid	2	Onderhoud aan losliggende dam moeilijk toegankelijk en extra naast bestaande dijk
3.1 Biodiversiteit	2	Harde kering draagt niet bij aan natuurontwikkeling
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	1	Breuksteen dient van ver te worden aangevoerd, hoge milieubelasting
3.3 Circulariteit	3	Neutraal
4.1 Investeringskosten	2	Hoge investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	2	Neutrale bijdrage
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Ruimte voor meekoppelkansen
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Geen invloed
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Belemmering zicht vanaf de dijk op IJsselmeer
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal



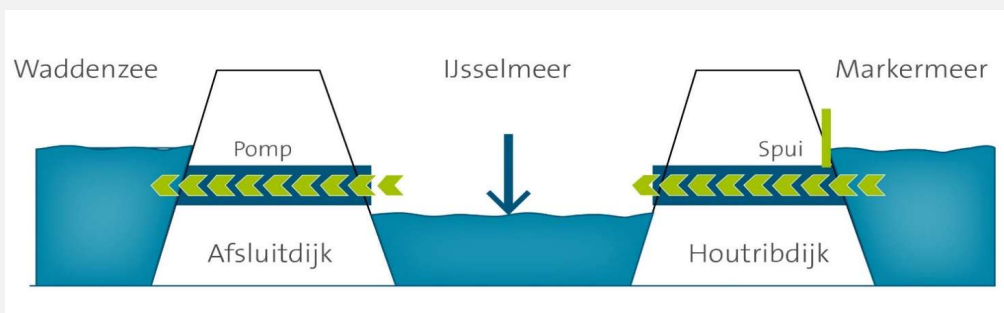
Korven voor vis, 2017

Omschrijving

Een rif is een soort van golfbreker (langskering) opgebouwd uit steenslag met een kruin die net onder de waterlijn ligt. Het rif is hierdoor tijdens dagelijkse condities niet vanaf dijk zichtbaar. Het rif breekt golven voordat deze de dijk bereiken.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Het kunstmatige rif reduceert de belasting op de bekleding
Hoogte	4	Het kunstmatige rif reduceert golfoploop
Stabiliteit	3	De golfbreker heeft geen invloed op buitenwaartse stabiliteit

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	3	Het realiseren van een kunstmatig rif in het IJsselmeer is een haalbare oplossing, wat ook al is toegepast voor de markerwadden.
1.2 Effectiviteit	2	Het realiseren van een kunstmatig rif in het IJsselmeer heeft slechts een beperkte bijdrage aan het breken van de golven tijdens maatgevende condities
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Goede uitbreidbaarheidsmogelijkheden door veel ruimte, maar i.c.m. haalbaarheid niet realistisch
1.4 Vergunbaarheid	3	Riffen plaatsen in natura 2000 gebied zal weinig moeilijkheden voor vergunningen geven
2 Beheerbaarheid	2	Onderhoud aan losliggende riffen moeilijk toegankelijk en extra naast bestaande dijk
3.1 Biodiversiteit	4	Draagt bij aan de habitat voor vissen en klein gedierte
3.2 Milieu-impact en broeikas effect	2	Een rif bestaat uit breuksteen en heeft grote impact op broeikasgassen
3.3 Circulariteit	4	Lange levensduur
4.1 Investeringskosten	3	De kosten voor constructie en aanleg van rifkorven zijn relatief laag
4.2 Levensduurkosten	2	Er is geen onderhoud
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Positieve invloed op macrofauna en vormt een voedsel bron voor vis en vogels
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Naast de natuur kunnen rifkorven tegelijkertijd een bijdrage leveren aan waterveiligheid en recreatie
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	n.v.t.
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Dit kan het aantrekkelijk maken voor duikers
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	n.v.t.



[Watersysteem, hydraulische randvoorwaarden en pompen Markermeerdijken Noord-Holland Harold van Waveren Rijkswaterstaat.](#)

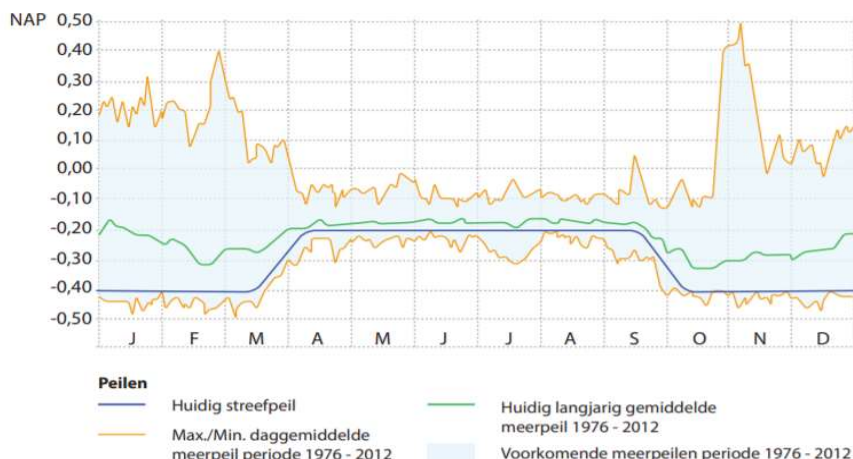
Omschrijving

Met extra pompen op de houtribdijk en afsluitdijk kan de waterstand op het IJsselmeer beter gecontroleerd worden

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Hydraulische belasting zal hetzelfde blijven
Hoogte	5	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	2	Betere controle op waterstand, maar niet enorm effectief
1.3 Toekomstbestendigheid	1	Moeilijk uitbreidbaar
1.4 Vergunbaarheid	2	Van veel partijen afhankelijk
2 Bekeerbaarheid	2	Beheer aan pompen aanvullend aan dijkbeheer
3.1 Biodiversiteit	3	Neutraal
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Minder dijkmateriaal nodig
3.3 Circulariteit	1	Hergebruik wordt waarschijnlijker
4.1 Investeringskosten	2	Hoge investeringskosten
4.2 Levensduurkosten	2	Extra kosten aan beheer pompen
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Huidige dijk blijft meer intact
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

Figuur 3.5: Meerpeilen in het IJsselmeer in de periode 1976 t/m 2012



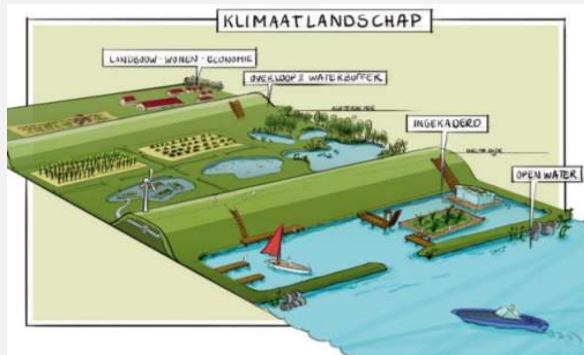
©Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Omschrijving

Met een ander peilbeheer kan mogelijk de waterstand op het IJsselmeer beter gecontroleerd worden, extra kunstwerken waarschijnlijk nodig

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Hydraulische belasting zal hetzelfde blijven
Hoogte	5	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	Betere controle op waterstand, maar niet enorm effectief
1.3 Toekomstbestendigheid	2	Moeilijk uitbreidbaar
1.4 Vergunbaarheid	3	Niet binnen dit project te realiseren
2 Beheerbaarheid	2	Beheer aan extra kunstwerken (pompen/sluisen/etc) aanvullend aan dijkbeheer
3.1 Biodiversiteit	3	Neutraal
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	4	Minder dijk materiaal nodig
3.3 Circulariteit	3	Hergebruik wordt waarschijnlijker
4.1 Investeringskosten	3	Neutraal
4.2 Levensduurkosten	3	Neutraal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Huidige dijk blijft meer intact
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

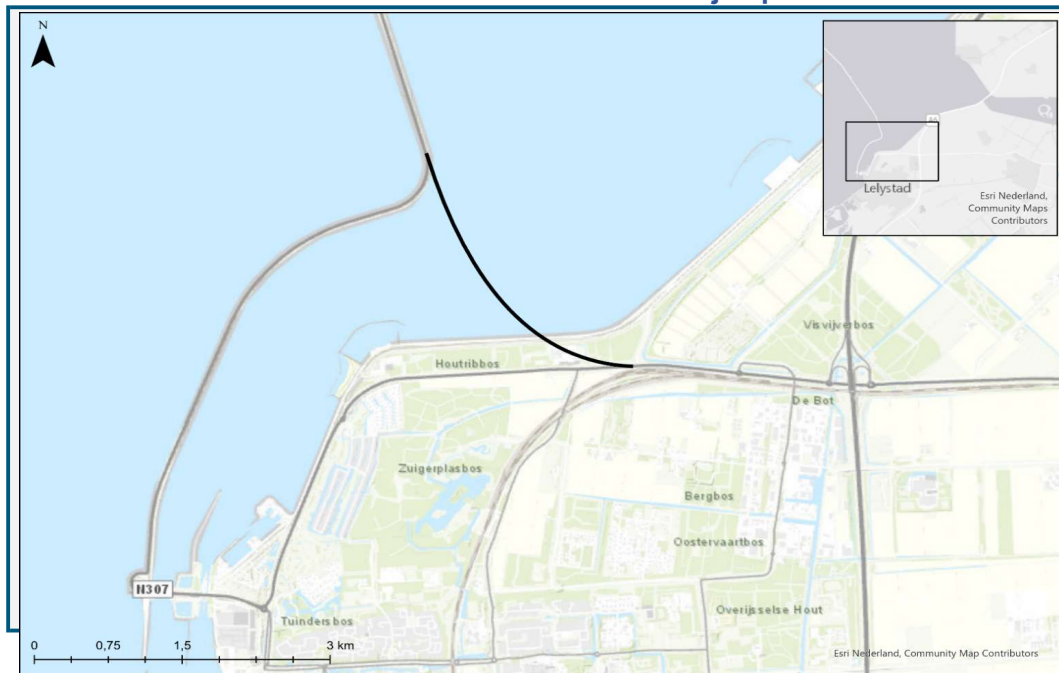


Omschrijving

Met een waterbuffer binnendijks kan het water peil in het IJsselmeer beter gecontroleerd worden. Wel extra kunstwerken nodig.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Hydraulische belasting zal hetzelfde blijven
Hoogte	3	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	1	Betere controle op waterstand, maar niet enorm effectief
1.3 Toekomstbestendigheid	1	Moeilijk uitbreidbaar
1.4 Vergunbaarheid	2	Niet binnen dit project te realiseren
2 Beheerbaarheid	2	Beheer aan extra kunstwerken (pompen/sluisen/etc) aanvullend aan dijkbeheer
3.1 Biodiversiteit	4	Neutraal
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Dijken nodig om waterbuffer
3.3 Circulariteit	4	Hergebruik wordt waarschijnlijker
4.1 Investeringskosten	1	Regelwerken en extra dijken nodig
4.2 Levensduurkosten	2	Meer te onderhouden areaal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Mogelijke kansen voor ecologie
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Mogelijke kansen voor meekoppelprojecten
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Huidige dijk blijft meer intact
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

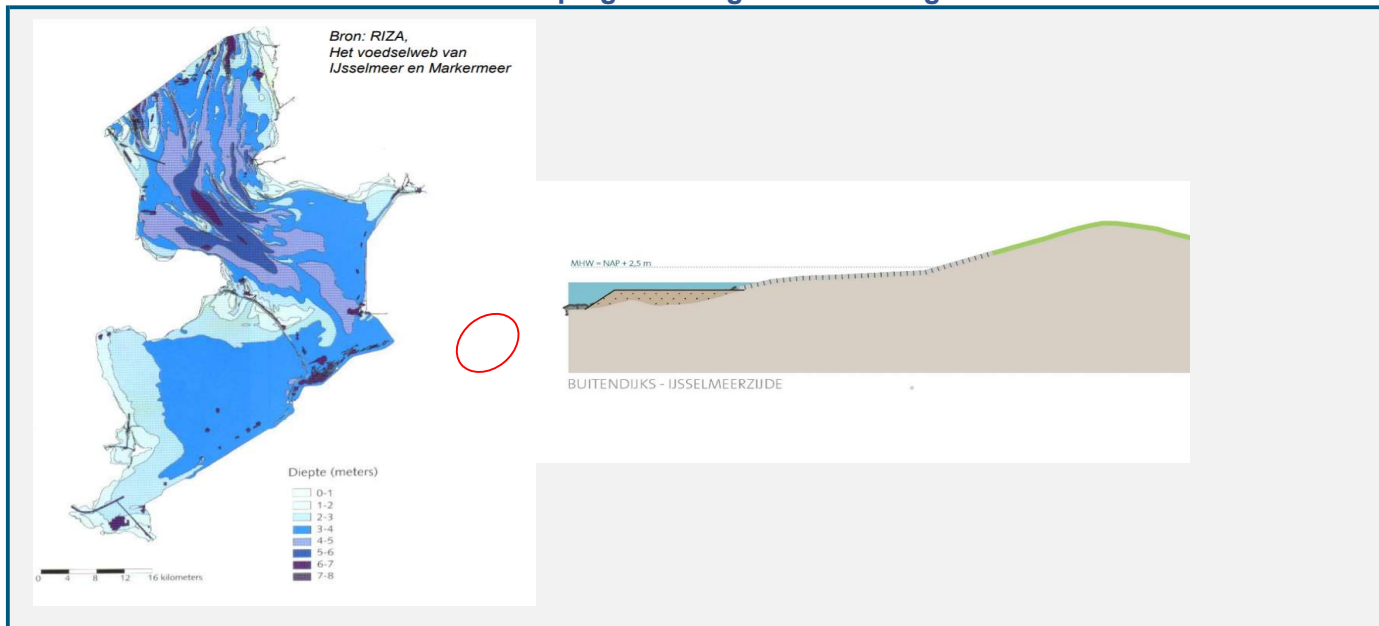


Omschrijving

Het aansluiten van de Houtribdijk op de N307 ten noorden van Lelystad reduceert de hydraulische belasting sterk in de Baai van Van Eesteren

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Verlagen bekledingsopgave haven traject
Hoogte	5	Verlagen hoogte opgave haven traject
Stabiliteit	5	Grondstabiliteit weinig effect

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Waarschijnlijk niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	Versterkingsopgave aan Baai van Eesteren vervalt waarschijnlijk
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Neutraal
1.4 Vergunbaarheid	3	Dit ligt buiten het project plan extra vergunningen nodig
2 Beheerbaarheid	3	Minder scherp beheer aan haventraject, wel extra kilometers dijk onderhouden
3.1 Biodiversiteit	2	Versterking in grond is duurzaam
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Aanleg verlenging dam versus dijkversterking - neutraal
3.3 Circulariteit	3	Hergebruik wordt waarschijnlijker
4.1 Investeringskosten	2	Wie betaalt wat? Nu licht negatief gescoord
4.2 Levensduurkosten	4	Onderhoud aan dijk aan baai van Eesteren wordt minder
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutraal
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Mogelijke kansen voor meekoppelprojecten
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Neutraal
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	4	Koppelkansen, betere doorstroming verkeer



Omschrijving

Het verondiepen van het voorland bij de ketelbrug houdt in dat er grond wordt opgespoten zodat het de diepe bodemligging wordt verhoogd.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Hydraulische belasting zal hetzelfde blijven
Hoogte	4	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	4	Voorland draagt bij aan stabiliteit van de dijk

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Dieptes ophogen is een grote opgave, kostbaar voor dit project, in de knel met scheepvaart
1.2 Effectiviteit	4	Reduceert golfhoogte
1.3 Toekomstbestendigheid	5	Verdere opgoging is mogelijk
1.4 Vergunbaarheid	2	Buiten plan gebied
2 Beheerbaarheid	2	Beheer op erosie vooroever
3.1 Biodiversiteit	5	Vooroevers bieden kans voor flora en fauna
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Aanbrengen van grond
3.3 Circulariteit	5	Grond hergebruik
4.1 Investeringskosten	2	Hoge investeringskosten door grote hoeveelheden grond aanbrengen
4.2 Levensduurkosten	3	Extra kosten aan beheer van vooroever
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	4	Vooroevers bieden kans voor flora en fauna
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutraal
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Neutraal
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal



Omschrijving

Buitendijkse zachte maatregelen (strand, ecologische) vooroevers, building with nature, zandsuppletie, etc) bestaan uit natuurlijke, gebiedseigen (zandige) materialen en sluiten qua vorm en karakter aan bij de natuurlijke vormen en het 'waddenkarakter' van het IJsselmeer/

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Dempt de golven vanuit het ijsselmeer
Hoogte	4	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Moelijk binnen dit project te realiseren door grote diepte
1.2 Effectiviteit	3	Golfremmende werking, maar neemt veel ruimte in op ijsselmeer
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Goed uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	3	Kan in conflict zijn met vaarwegen en gebiedsontwikkel plannen
2 Beheerbaarheid	4	Wanneer gerealiseerd kan de natuur zijn gang gaan, alleen beheer op erosie
3.1 Biodiversiteit	5	Vormt een nieuw gebied voor flora en fauna
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	4	Voornamelijk grond nodig, aanbrengen van grond heeft milieu impact
3.3 Circulariteit	4	Voornamelijk grond nodig
4.1 Investeringskosten	2	Nieuwe eilanden brengt grote bagger investeringen met zich mee
4.2 Levensduurkosten	3	Neutraal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	5	Positieve invloed op flora en fauna (markerwadden)
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Recreatie en zonnepanelen kunnen een koppel kans zijn
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Huidige dijk blijft meer intact
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Natuur trekt recreatie aan
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal



Omschrijving

Windpark Blauw is een windpark in het noordoosten van Flevoland met 61 molens van meer dan 200 m hoogte. Zowel op land als in twee rijen in het IJsselmeer tussen Lelystad en de Ketelbrug. Deze nieuwe molens vervangen bestaande molens in het gebied en de rij langs de dijk tussen Lelystad en de Ketelbrug.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	Hydraulische belasting zal hetzelfde blijven
Hoogte	3	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	Geen effect
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Geen effect
1.4 Vergunbaarheid	2	Niet binnen dit project te realiseren
2 Beheerbaarheid	2	Niet binnen dit project te realiseren
3.1 Biodiversiteit	3	Neutraal
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Neutraal
3.3 Circulariteit	3	Neutraal
4.1 Investeringskosten	3	Neutraal
4.2 Levensduurkosten	3	Neutraal
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutraal
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutraal
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Neutraal
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal



Flevopost

Omschrijving

De IJsselmeerdijk kruist ten noorden van Lelystad een werklandschap in ontwikkeling. De komende jaren wordt naast een overslaghaven het bedrijventerrein Flevokust Haven ontwikkeld. De rol van de dijk in deze toekomstige ontwikkeling is het toevoegen van een belangrijke landschappelijke drager.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Dempende werking van golven door haven
Hoogte	4	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Waarschijnlijk niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	Onbekende dempende werking van haven terminals op golf demping
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Moeilijk uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	2	Groter ruimte beslag en combineren met waterkering moeilijk aan te vragen
2 Beheerbaarheid	2	geen extra beheer
3.1 Biodiversiteit	2	Harde constructie, slecht voor biodiversiteit
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Harde constructie, broeikas uitstoot gassen
3.3 Circulariteit	2	Harde constructie geen hergebruik van grond materialen
4.1 Investeringskosten	1	Hoge investeringskosten, harde constructie
4.2 Levensduurkosten	2	Relatief lage onderhoudskosten aan harde constructie
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Harde constructie rond waterlijn
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Koppelkansen met Flevo haven
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Dijk profiel wordt aangetast
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Recreatief gebruik van haven terrein
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Bereikbaarheid moet verbeterd voor logistiek terminals

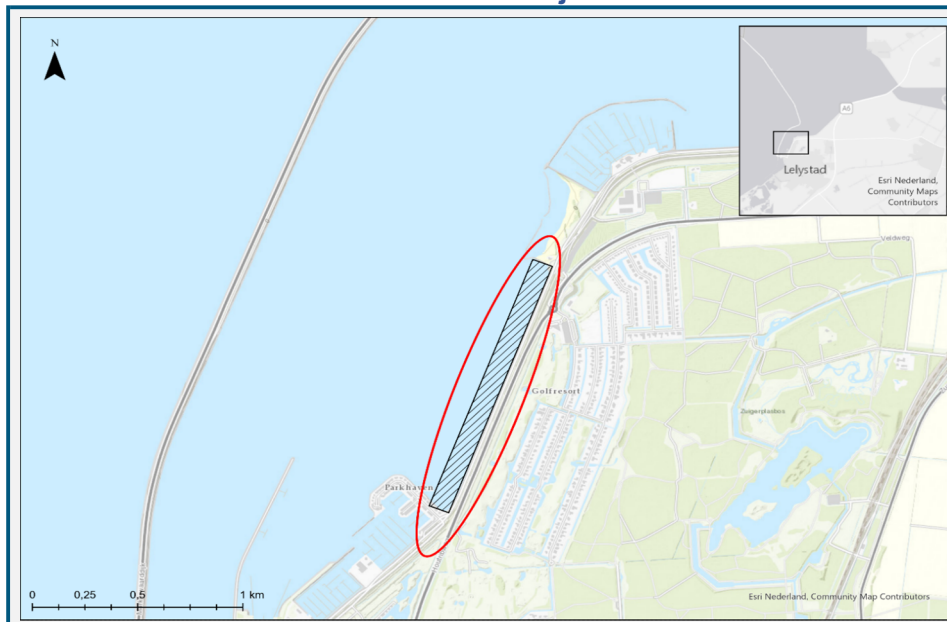


Omschrijving

Stalling van cruiseschepen 30-100 stuks ten zuiden van overslag haven (zie kaart). Hierbij worden verschillende terminals aangelegd voor het onderhouden van de schepen.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Dempende werking van golven door haven
Hoogte	4	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Waarschijnlijk niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	Onbekende dempende werking van haven terminals op golf demping
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Moeilijk uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	2	Groter ruimte beslag en combineren met waterkering moeilijk aan te vragen
2 Beheerbaarheid	3	Geen extra beheer
3.1 Biodiversiteit	2	Harde constructie, slecht voor biodiversiteit
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	2	Harde constructie, broeikas uitstoot gassen
3.3 Circulariteit	2	Harde constructie geen hergebruik van grond materialen
4.1 Investeringskosten	2	Hoge investeringskosten, harde constructie
4.2 Levensduurkosten	4	Relatief lage onderhoudskosten aan harde constructie
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	2	Harde constructie rond waterlijn
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Koppelkansen met Flevo haven
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	2	Dijk profiel wordt aangetast
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Recreatief gebruik van haven terein
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	2	Bereikbaarheid moet verbeterd voor logistiek terminals



Omschrijving

Het huidige strand bij Flevomarina wordt helemaal doorgetrokken tot aan parkhaven (zie kaart).

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	4	Hydraulische belasting zal hetzelfde blijven
Hoogte	4	Hoogte opgave zal verminderen
Stabiliteit	4	Voorland draagt bij aan stabiliteit van de dijk

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	Ruimte beslag wordt vergroot met veel verschillende partijen
1.2 Effectiviteit	3	Golfdempende vooroever, extra ruimte beslag
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Goed uit te breiden
1.4 Vergunbaarheid	3	Veel stakeholders betrokken
2 Beheerbaarheid	2	Extra onderhoud strand bovenop huidig dijk beheer
3.1 Biodiversiteit	4	Zachte in plaats van harde overgang rond waterlijn
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Minder dijk materiaal nodig
3.3 Circulariteit	4	Zand kan circulair worden verschaft
4.1 Investeringskosten	2	Grote investering voor het aanbrengen van zand
4.2 Levensduurkosten	2	Onderhoudskosten vergen extra kosten door erosie tegen te gaan
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutrale bijdrage
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	3	Neutrale bijdrage
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Zachtere overgang
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Op het strand kan gerecreerd worden
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

E.11 Tribune op het boventalud van de dijk (getrapt talud)

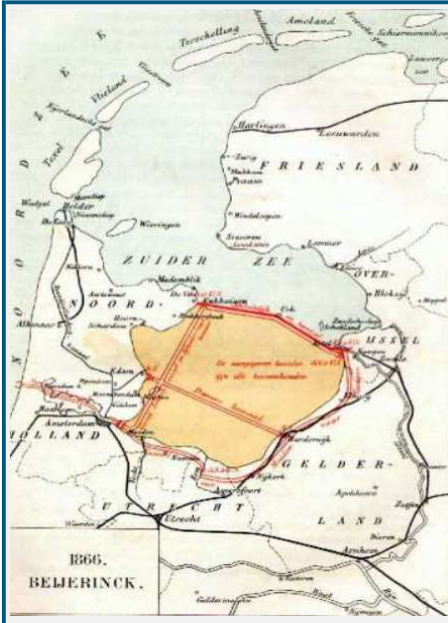


Omschrijving

Een getrapt buiten talud dat zich voor kan doen als tribune uitkijkend over het ijsmeer. Dit is een concept dat al is toegepast in dijkversterking Schiermonnikoog,

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Harde bekleding sterk tegen golf belasting
Hoogte	5	Golfoploop wordt gedempt door getrapt talud
Stabiliteit	3	Geen invloed

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	4	Dit is al toegepast binnen dijkversterking schiermonnikoog
1.2 Effectiviteit	4	Geen extra ruimte beslag, positief effect waterkering
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Verhogen zou alleen binnenwaarts kunnen
1.4 Vergunbaarheid	4	Bekleding vergt geen extra vergunningen.
2 Beheerbaarheid	2	Beheer aan extra kunstwerken aanvullend aan dijkbeheer
3.1 Biodiversiteit	2	Neutraal
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Neutraal
3.3 Circulariteit	3	Extra constructie materiaal nodig
4.1 Investeringskosten	2	Extra kosten boven op normale versterking
4.2 Levensduurkosten	3	Geen extra kosten aan onderhoud
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Mogelijke kansen voor ecologie
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Mogelijke kansen voor meekoppelprojecten
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	4	Huidige dijk blijft meer intact
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	4	Mooie recreatie plek
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Neutraal

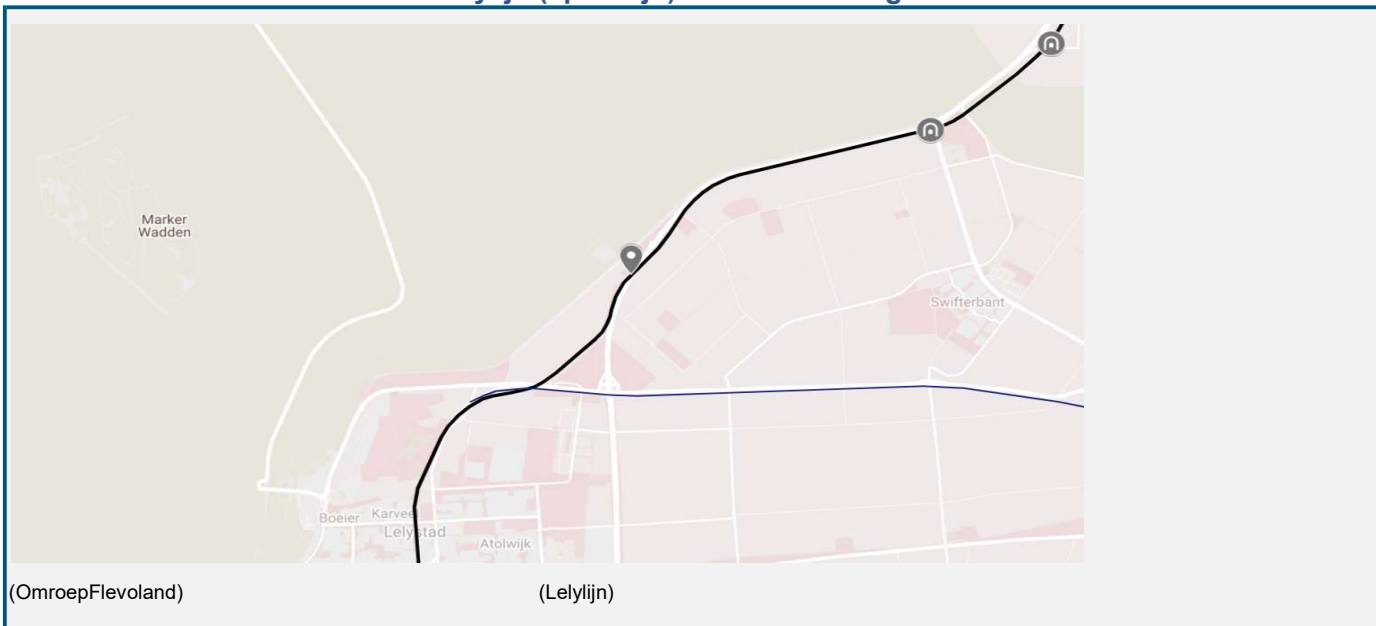


Omschrijving

Inpoldering van het ondiepe zuidelijke deel van de Zuiderzee werd haalbaar geacht. Beijerinck stelde daartoe in 1866 een eigen plan op. Hij projecteerde een afsluitdam van Enkhuizen via Urk naar de vaste wal ten zuiden van de monding van de IJssel. Daarmee zou het zuidelijke deel van de Zuiderzee afgesloten worden en vervolgens kon het met stoommachines drooggelegd worden. Het Plan-Beijerinck werd uiteindelijk afgekeurd omdat de Raad van Waterstaat tot de conclusie kwam dat dit project financieel te weinig opbracht

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	5	Verlagen van belasting op hele traject
Hoogte	5	Verlagen van belasting op hele traject
Stabiliteit	5	Geen verhoging nodig dus geen stabiliteits probleem

Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	1	Niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	Versterkingsopgave aan Baai van Eesteren vervalt waarschijnlijk
1.3 Toekomstbestendigheid	4	Neutraal
1.4 Vergunbaarheid	1	Dit ligt buiten het project plan extra vergunningen nodig
2 Beheerbaarheid	2	Minder scherp beheer aan haventraject, wel extra kilometers dijk onderhouden
3.1 Biodiversiteit	2	Versterking in grond is duurzaam
3.2 Milieu-impact en broeikas effect	2	Aanleg verlenging dam versus dijkversterking - neutraal
3.3 Circulariteit	2	Hergebruik wordt waarschijnlijker
4.1 Investeringskosten	1	Wie betaalt wat? Een compleet nieuwe dam heeft hoge kosten
4.2 Levensduurkosten	3	Onderhoud aan dijk wordt minder
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutraal
5.2 Mogelijkheid meekoppelingen	3	Mogelijke kansen voor meekoppelprojecten
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Neutraal
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	4	Koppelkansen, betere doorstroming verkeer



Omschrijving

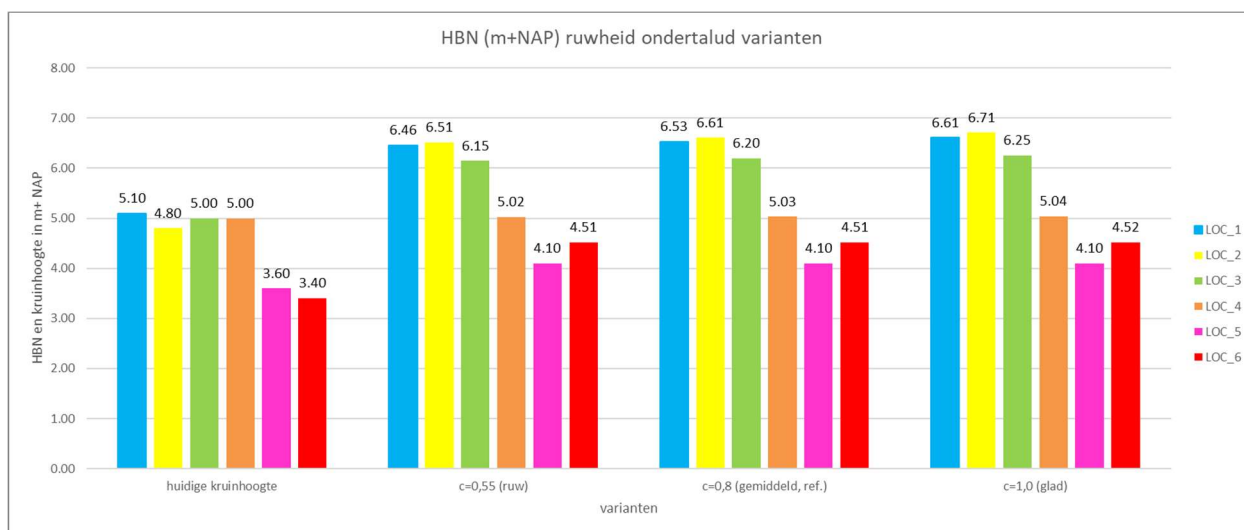
Het Deltaplan voor het Noorden met daarin de aanleg van de Lelylijn heeft brede steun gekregen in de Tweede Kamer. De Lelylijn moet Lelystad met Groningen verbinden via de Noordoostpolder en Friesland. De spoorlijn loopt in het noordelijke deel van het landelijk traject parallel aan de dijk.

Invloed op faalmechanismen	Score	Opmerking
Bekleding	3	n.v.t.
Hoogte	3	n.v.t.
Stabiliteit	5	Versterken grond stabiliteit door constructie integreren met de Lelylijn

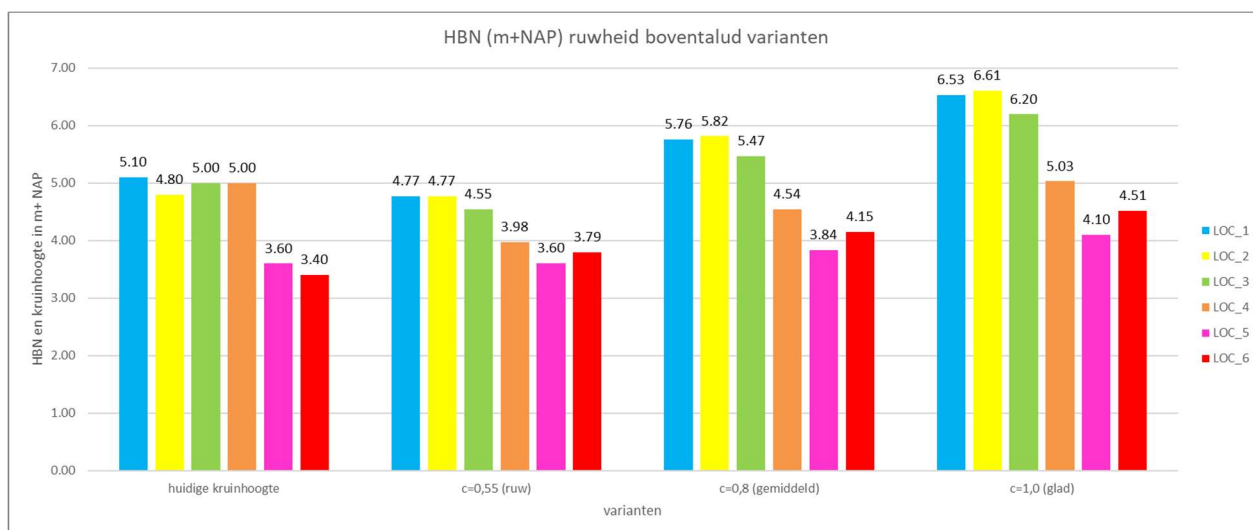
Afwegingscriteria	Score	Opmerking
1.1 Haalbaar en uitvoerbaar (ruimte beslag)	2	waarschijnlijk niet binnen dit project te realiseren
1.2 Effectiviteit	3	De spoorlijn ligt te ver van de dijk af
1.3 Toekomstbestendigheid	3	Uitbreiding wordt hiermee niet verbeterd
1.4 Vergunbaarheid	2	Voordat het project wordt goedgekeurd moet de dijk al af zijn
2 Beheerbaarheid	3	Afhankelijk van het ontwerp, zal dit geen extra gevolgen hebben op beheer
3.1 Biodiversiteit	3	Versterking in grond is duurzaam
3.2 Milieu-impact en broeikaseffect	3	Impact is neutraal ten opzichte van normale versterking
3.3 Circulariteit	4	Optimaal grond gebruik wordt waarschijnlijker
4.1 Investeringskosten	2	Wie betaalt wat? Nu licht negatief gescoord
4.2 Levensduurkosten	4	Koppelkansen, betere doorstroming verkeer
5.1 Bijdrage ecologische verbetering	3	Neutraal
5.2 Mogelijkheid meekoppelkansen	4	Mogelijke kansen voor meekoppelprojecten
6.1 Landschap en Ruimtelijke kwaliteit	3	Neutraal
6.2 Recreatief medegebruik en beleving	3	Neutraal
6.3 Verkeer en bereikbaarheid	3	Koppelkansen, betere doorstroming verkeer

Bijlage 3: Berekeningen bouwstenen

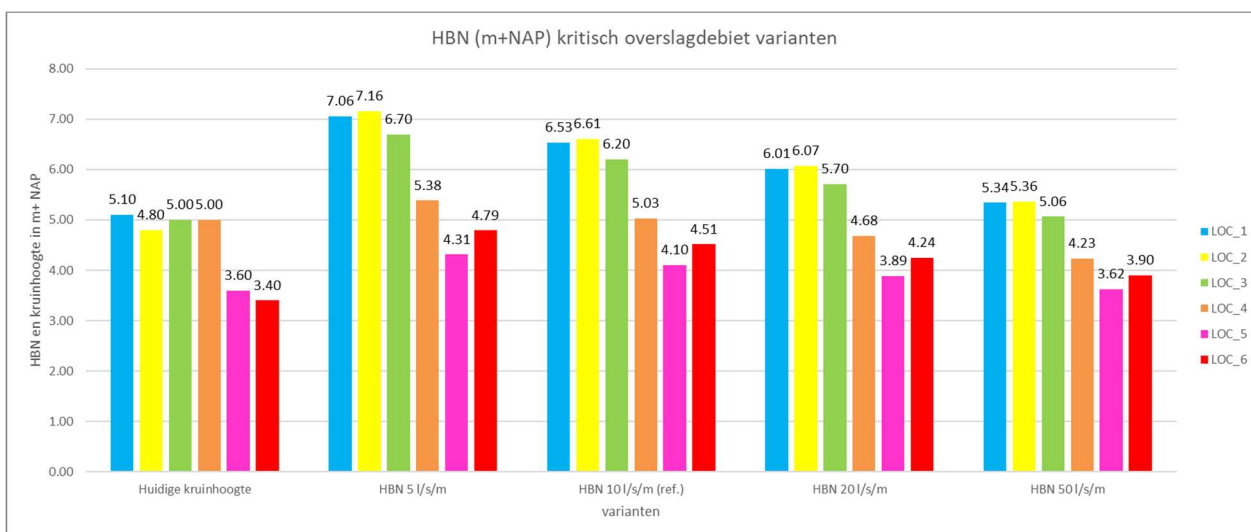
Effect ruwheid ondertalud (bouwsteen A.4) op benodigde kruinhoogte



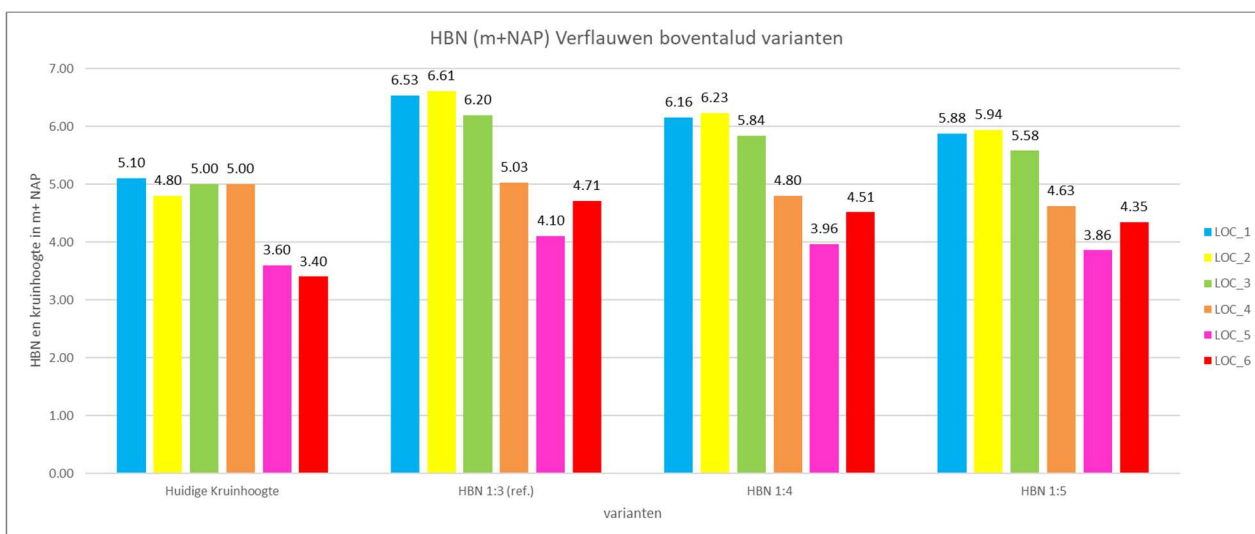
Effect ruwheid boventalud (bouwsteen A.8) op benodigde kruinhoogte



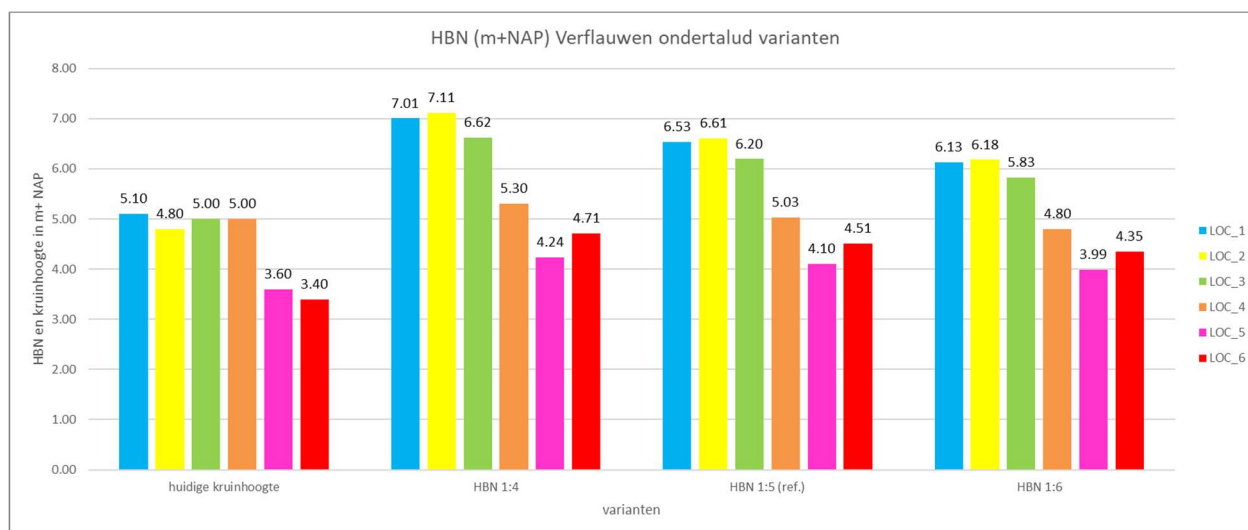
Effect verhogen kritisch golfoverslagdebiet (Bouwsteen A.9) op benodigde kruinhoogte



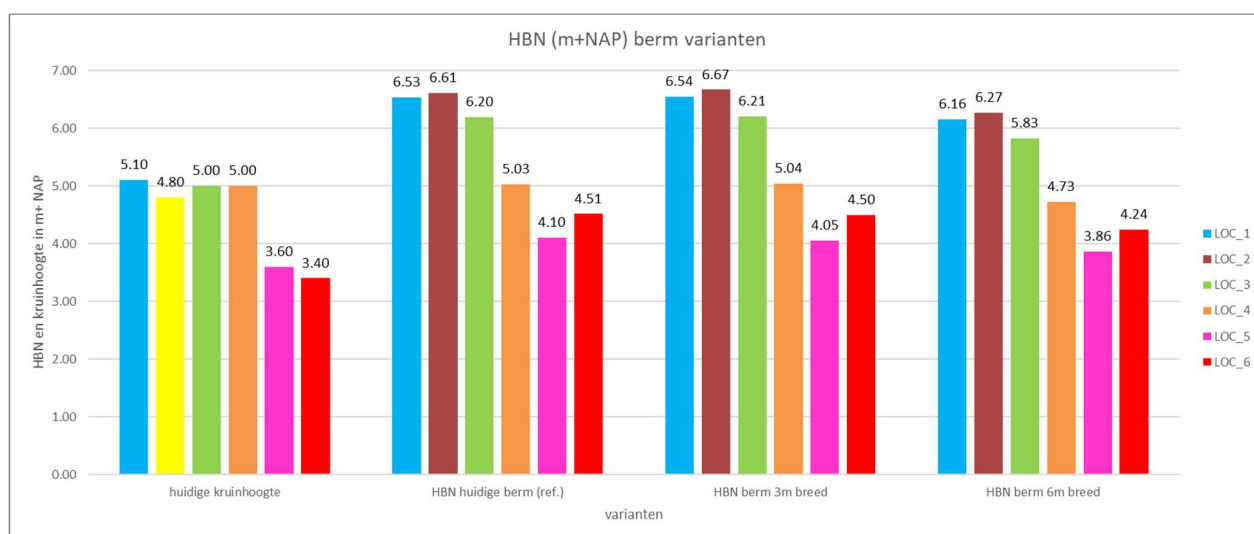
Effect verflauwen boventalud (Bouwsteen B.3) op benodigde kruinhoogte



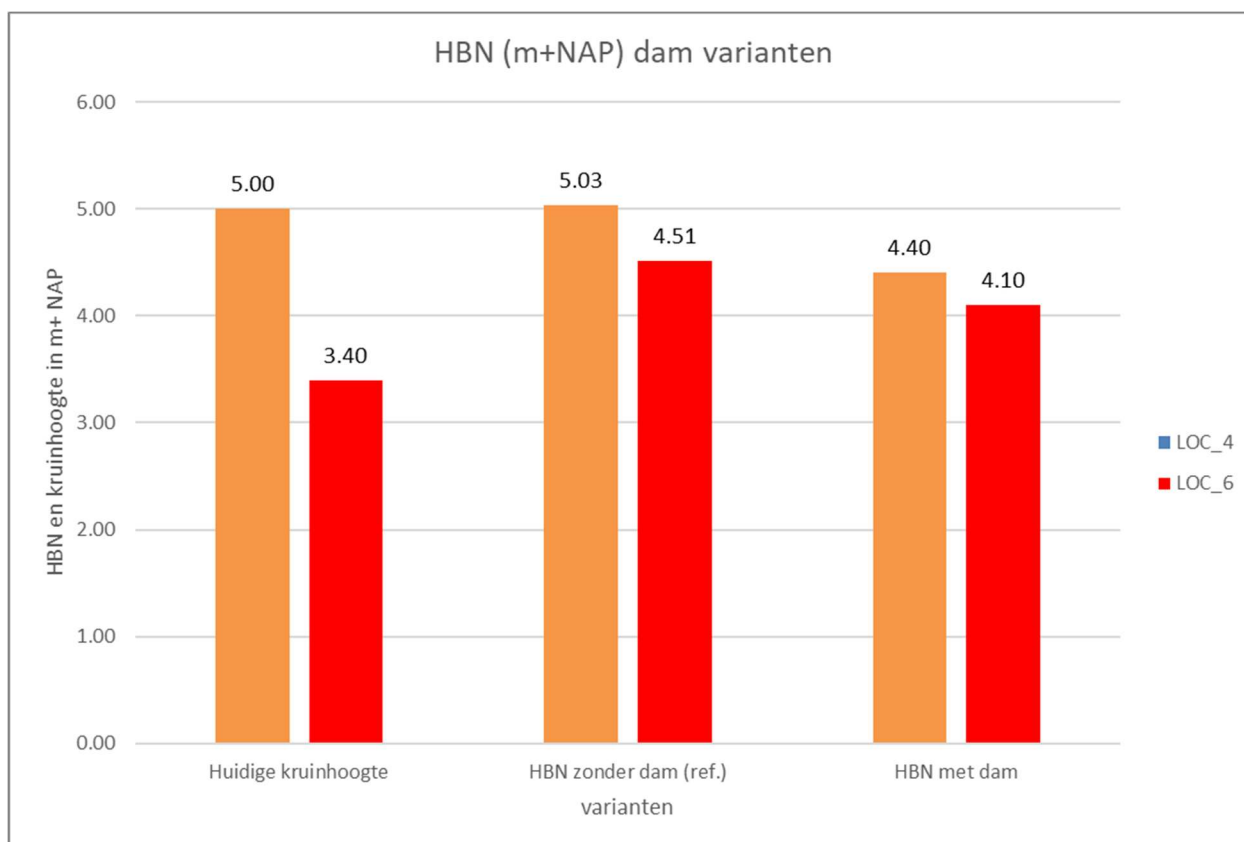
Effect verflauwen ondertalud (Bouwsteen B.3)



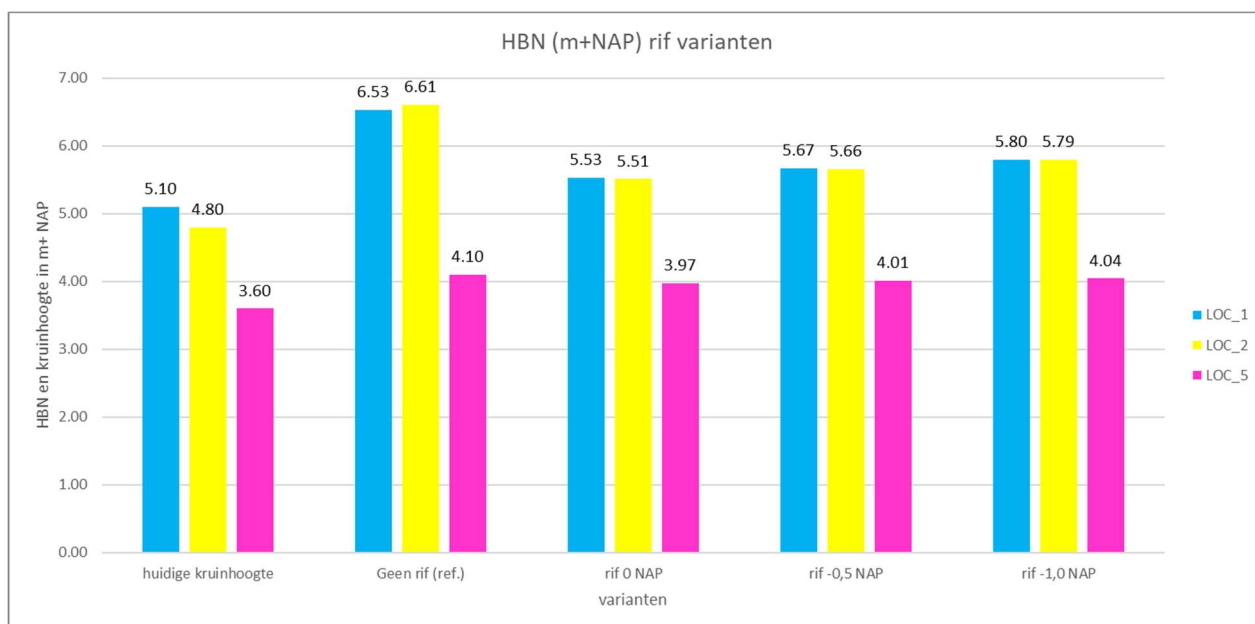
Effect verhogen buitenberm tot maatgevend hoogwater (Bouwsteen B.5) op benodigde kruinhoogte



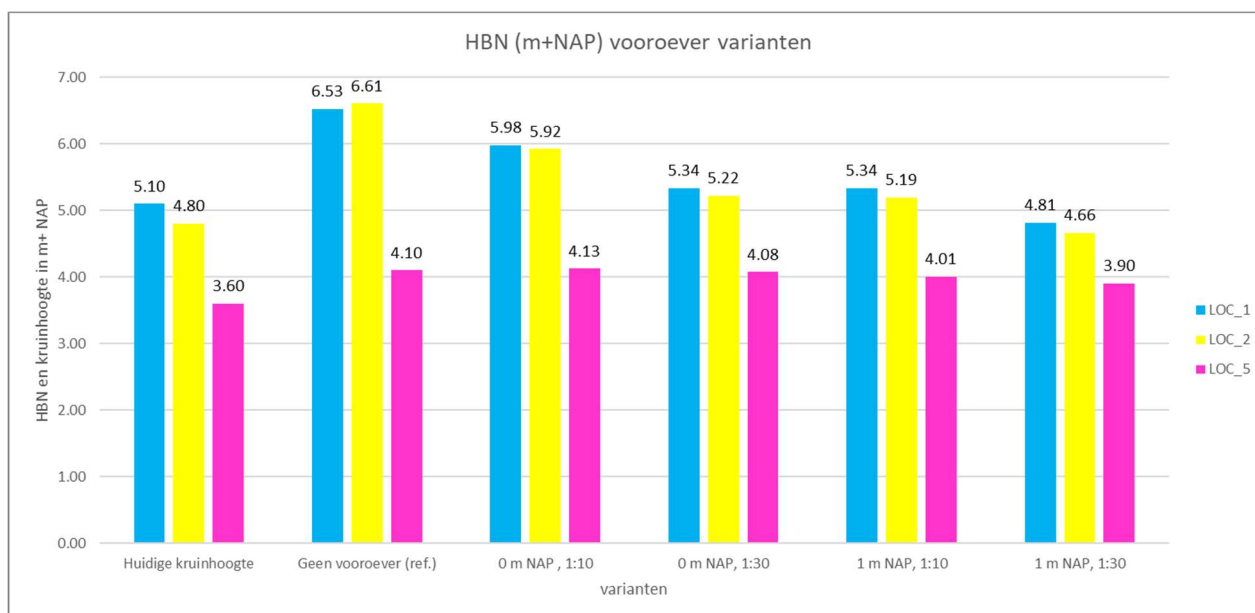
Effect Versterken havendam (Bouwsteen D.5) op benodigde kruinhoogte



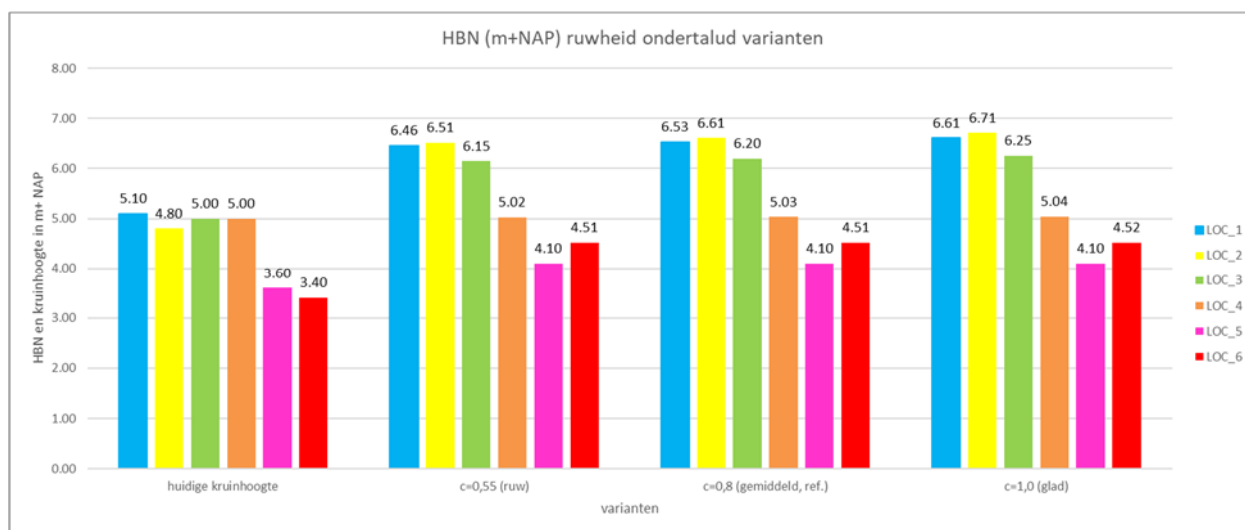
Effect Aanbrengen kunstmatige riffen (Bouwsteen D.8) op benodigde kruinhoogte



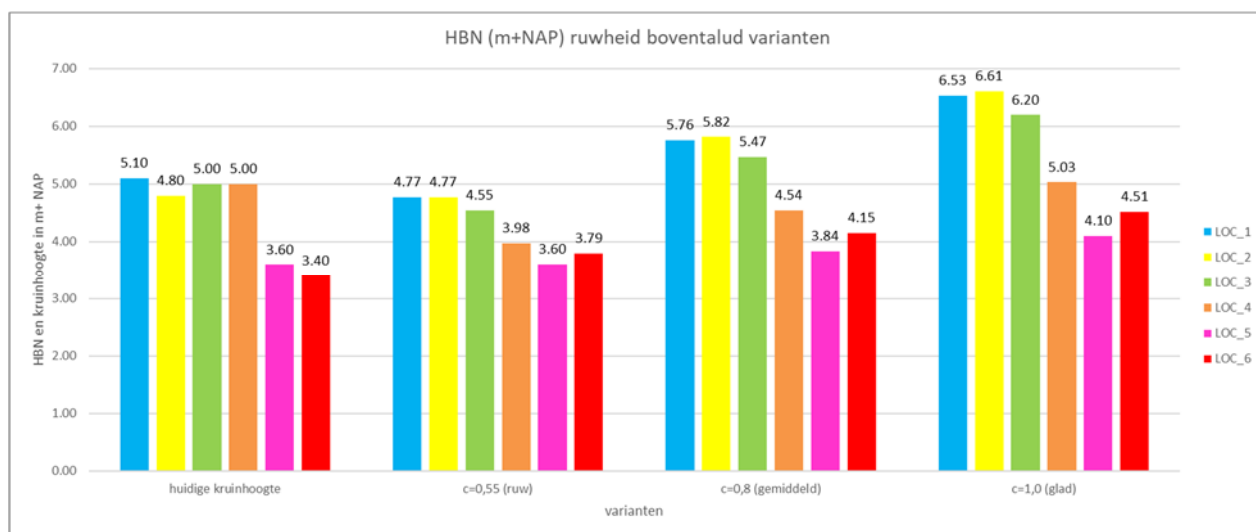
Effect Aanbrengen vooroever (Bouwsteen D.1) op benodigde kruinhoogte



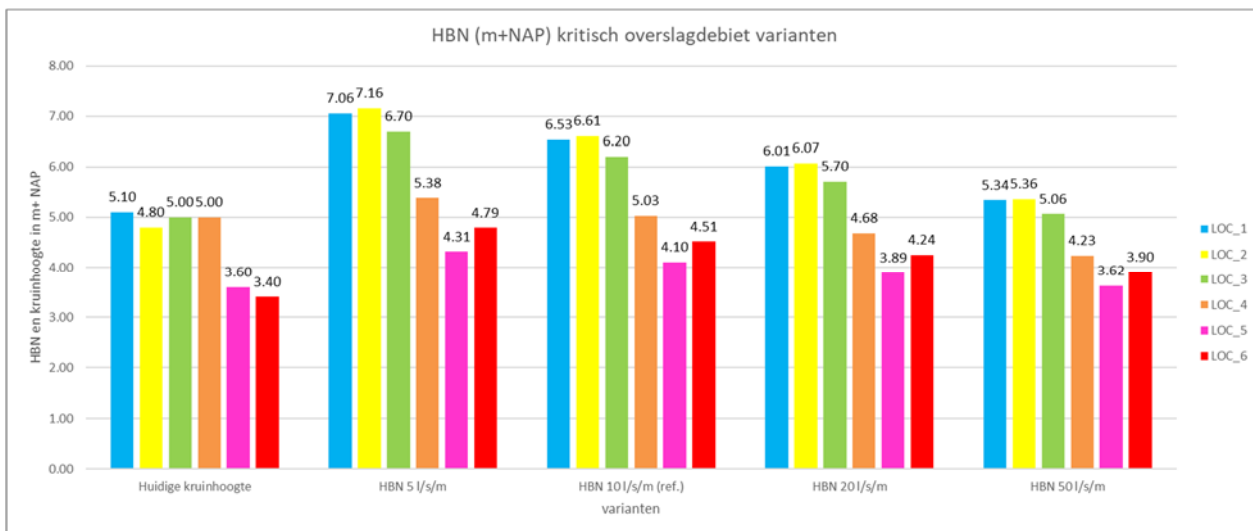
Effect ruwheid ondertalud (bouwsteen A.4) op benodigde kruinhoogte



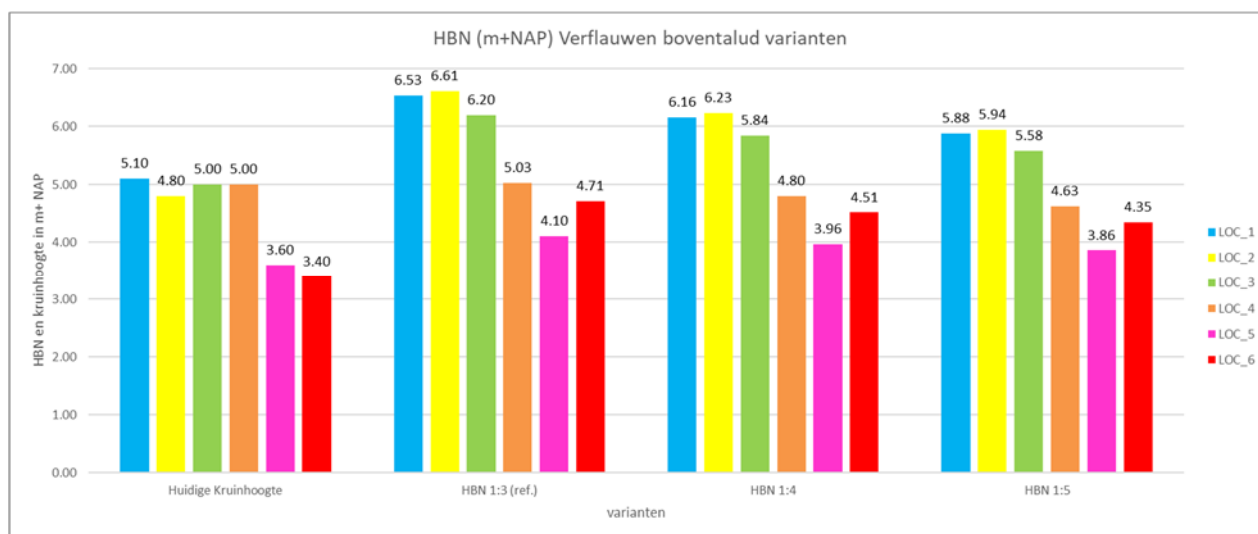
Effect ruwheid boventalud (bouwsteen A.8) op benodigde kruinhoogte



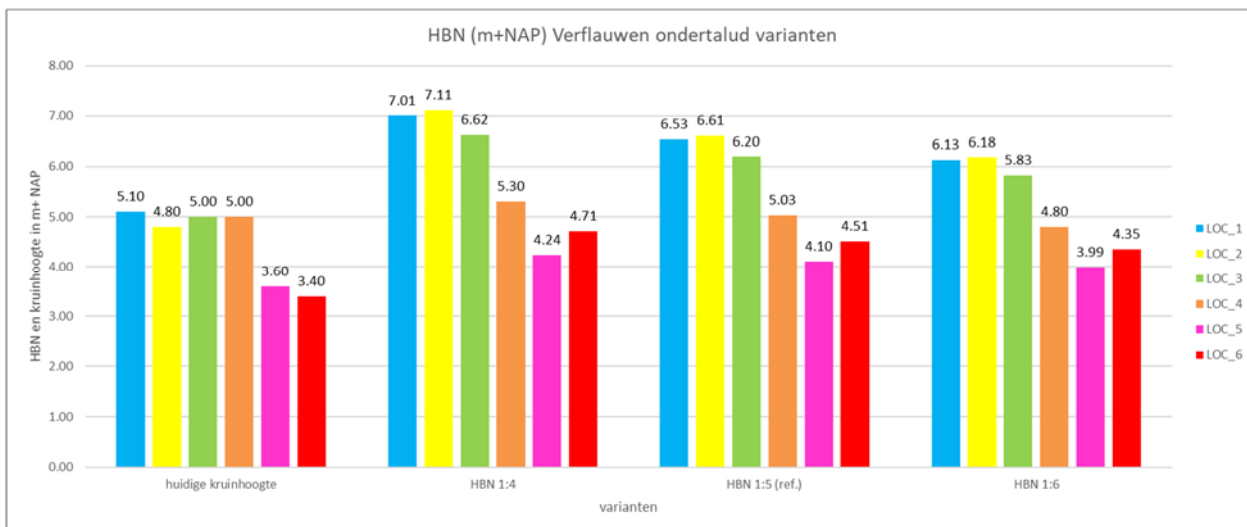
Effect verhogen kritisch golfoverslagdebiet (Bouwsteen A.9) op benodigde kruinhoogte



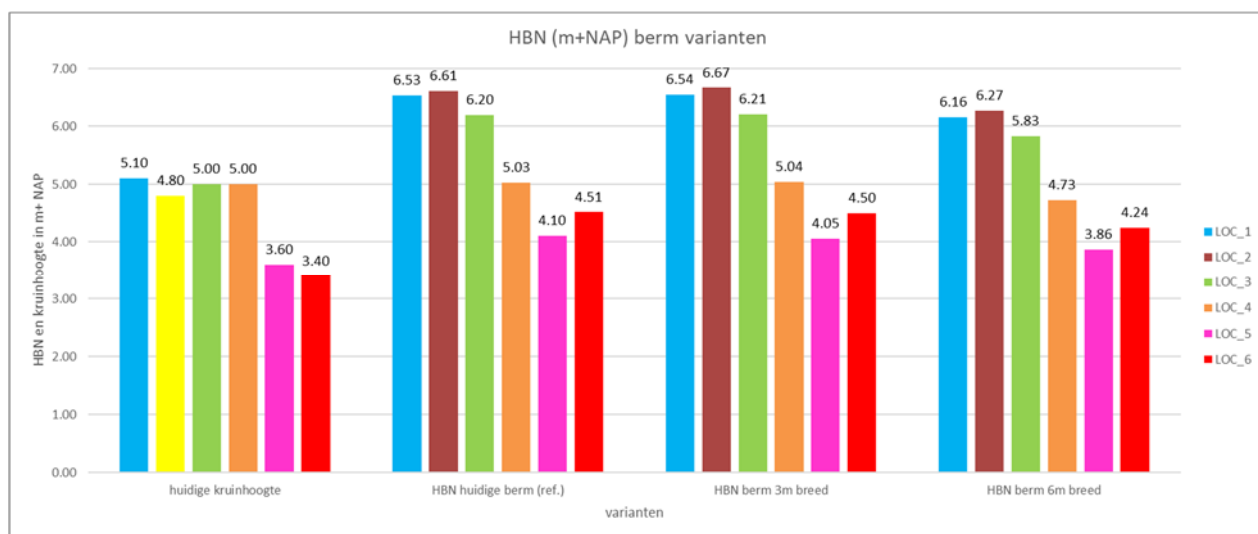
Effect verflauwen boventalud (Bouwsteen B.3) op benodigde kruinhoogte



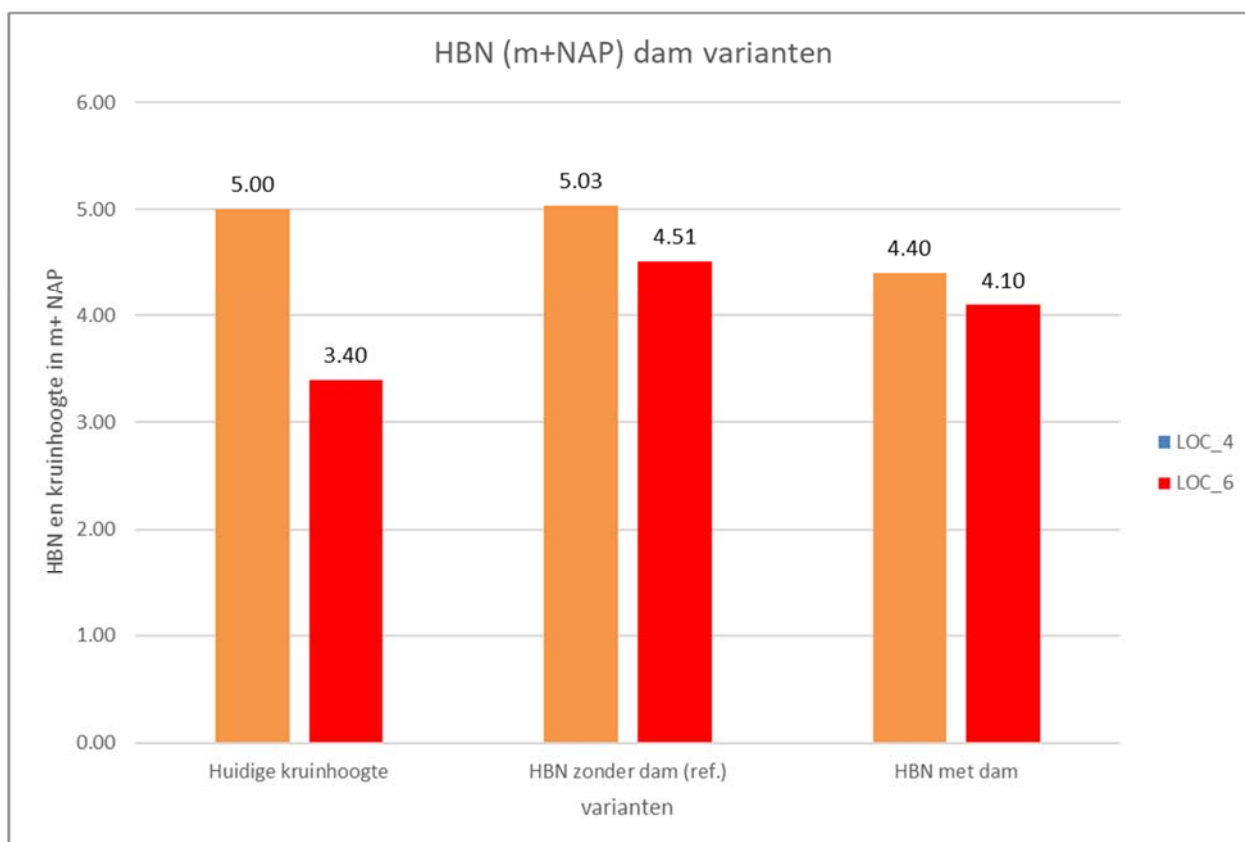
Effect verflauwen ondertalud (Bouwsteen B.3)



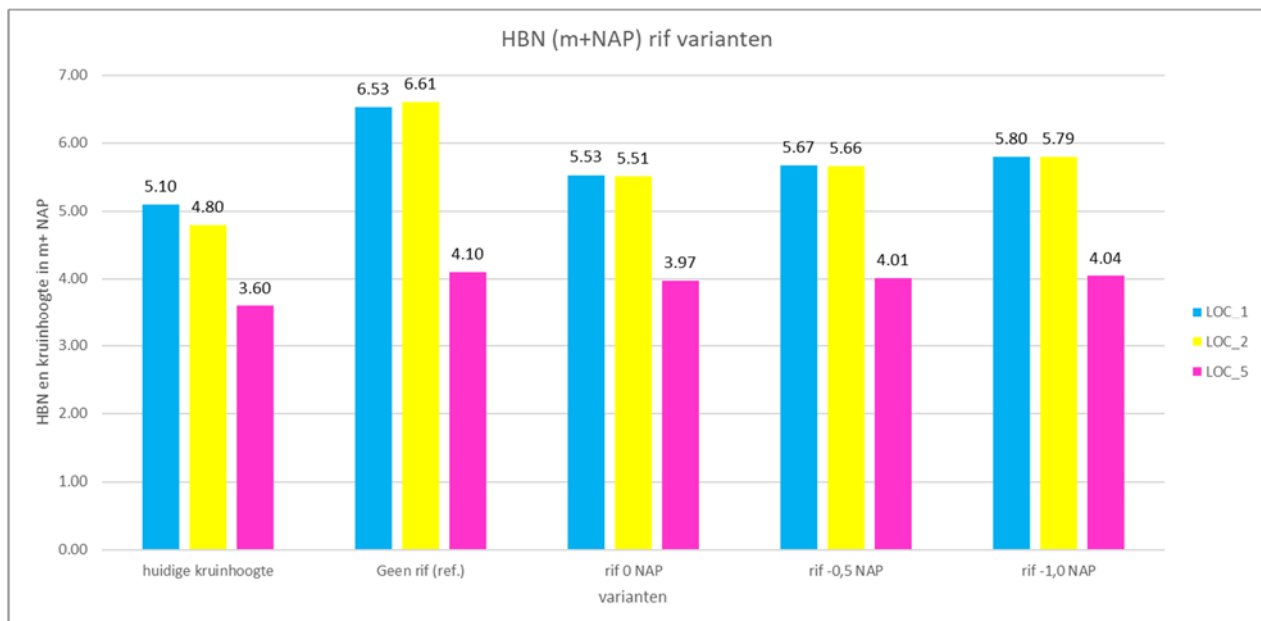
Effect verhogen buitenberm tot maatgevend hoogwater (Bouwsteen B.5) op benodigde kruinhoogte



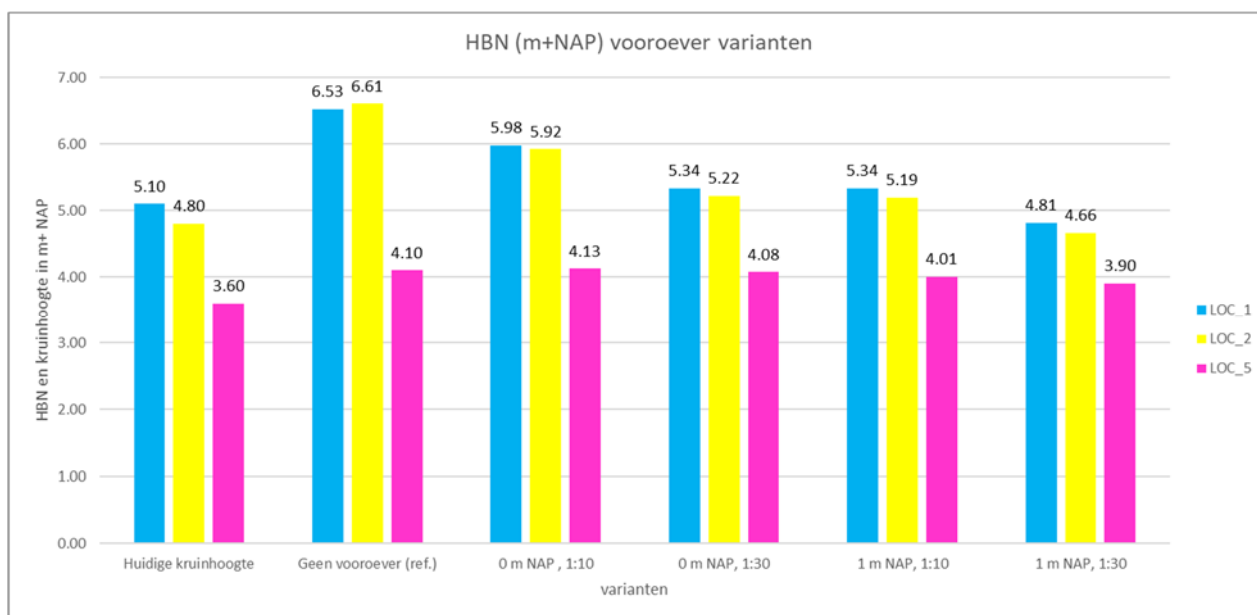
Effect Versterken havendam (Bouwsteen D.5) op benodigde kruinhoogte



Effect Aanbrengen kunstmatige riffen (Bouwsteen D.8) op benodigde kruinhoogte



Effect Aanbrengen vooroever (Bouwsteen D.1) op benodigde kruinhoogte



Bijlage 4: Memo effect nieuwe aansluiting Houtribdijk (bouwsteen E.4)

MEMO

Aan: Sander Post
Van: Jochem Caspers, Don de Bake
Datum: 11 november 2020
Projectnummer: PR4161.20
Onderwerp: Opties voor nieuwe aansluiting Houtribdijk op IJsselmeerdijk

1 Introductie

1.1 Doel

Doel van deze beknopte analyse is inzichtelijk maken wat de aanleg van een verbinding tussen de IJsselmeerdijk en de Houtribdijk voor effect heeft op de ontwerpbelastingen op de IJsselmeerdijk. Het gaat dan om lagere golven en waterstanden (bij een afgesloten baai), die met name doorwerken in de benodigde dijkhoogten en bekleding (zetsteen, breuksteen).

We bekijken twee type verbindingen:

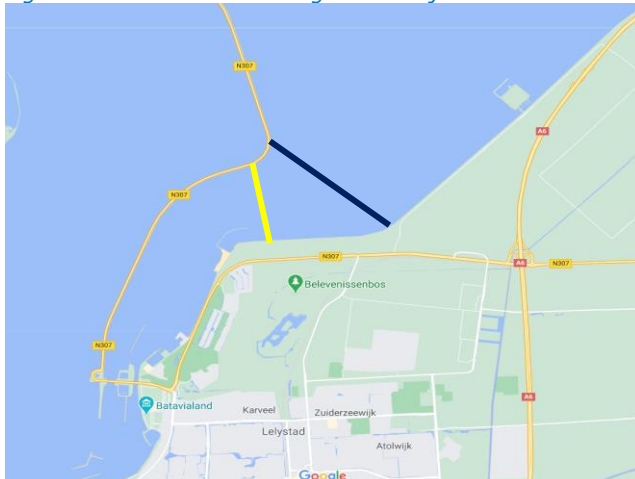
1. Baai volledig afgesloten.
2. Dam met doorgang.

We bekijken twee locaties voor de verbinding:

1. Kortste verbinding (geel)
2. Langere verbinding (zwart)

In totaal betreft het dus 4 combinaties.

Figuur 1 Varianten verbinding Houtribdijk



We bekijken vier locaties langs de dijk: Het gaat om LOC3, 4, 5 en 6. LOC3 ligt tussen de korte en de lang verbindingsvariant. LOC 4,5 en 6 liggen ten westen van de korte variant.

Figuur 2 Te beschouwen locaties IJsselmeerdijk (uit préverkenning)



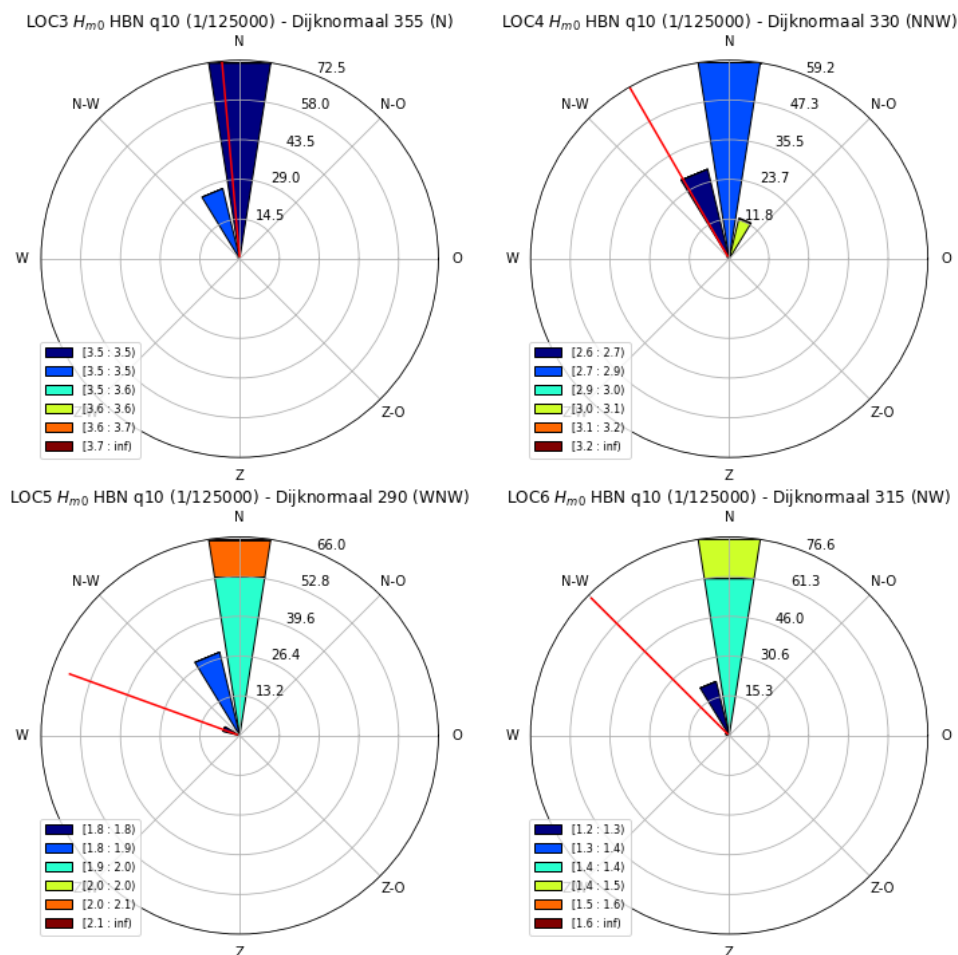
1.2 Combinaties en locaties

Voor de vier combinaties (A,B,C en D) is het de bedoeling om verlagende effecten op waterstanden en golven te bepalen, op de vier genoemde locaties (LOC3, 4, 5 en 6). Locatie 3 doet bij de korte variant niet mee.

Combinaties	Korte variant (geel)	Lange variant (zwart)
Afgesloten (dam + sluis)	A A_4, A_5, A_6	C C_3, C_4, C_5, C_6
Half open (dam + doorgang)	B B_4, B_5, B_6	D D_3, D_4, D_5, D_6

2 Inventarisatie huidige situatie

Resultaten uit de HBN berekening (zonder verbinding, sommen gelijk aan die uit de préverkenning) bij een kritisch overslagdebiet van 10 l/s/m in het illustratiepunt behorend bij een terugkeertijd van 125000 jaar. Onderstaande figuur visualiseert het *illustratiepunt* bij de vier verschillende locaties in een Rose Chart. In deze Rose Charts worden de golfhoogtes weergegeven (in kleur) met bijbehorende richting (golfgraden). Voor deze golfgraden zijn de procentuele bijdragen meegenomen waaruit blijkt welke richting de dominante windrichting is. Tot slot is de dijknormaal van de locatie weergegeven met een rode lijn.

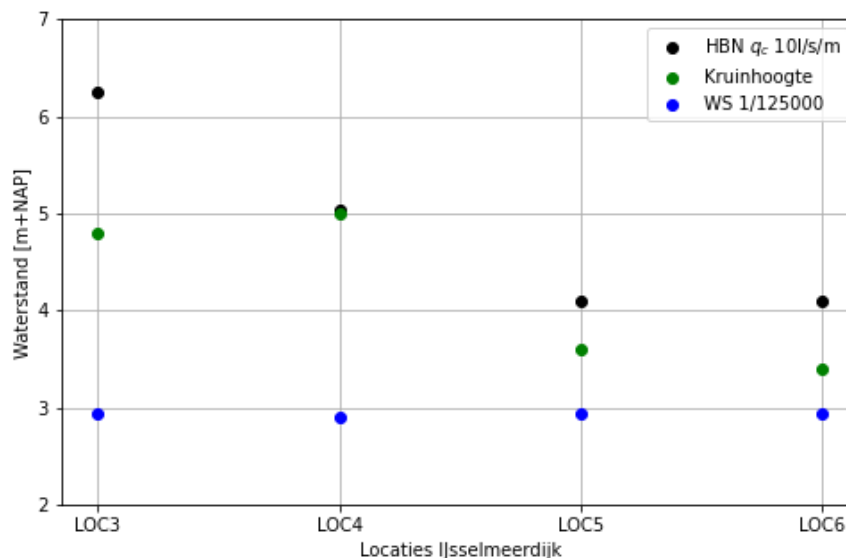


- LOC 3: Golfhoogte in de orde 3.5 meter en golfrichting N (dijknormaal N)
- LOC 4: Golfhoogte in de orde 2.7 meter en golfrichting N (dijknormaal NNW)
- LOC 5: Golfhoogte in de orde 2.0 meter en golfrichting N (dijknormaal WNW)
- LOC 6: Golfhoogte in de orde 1.4 meter en golfrichting N (dijknormaal NW)

We zien hier (weer) de inmiddels bekende golf van 3.5 meter terugkomen.

Voor alle vier de locaties zijn waterstandsberekeningen uitgevoerd met een terugkeertijd behorend bij het illustratiepunt uit de HBN berekening (125000). Dit is equivalent aan de situatie zonder golven en kan gezien worden als de maximale golfreductie die behaald wordt met een dam. De daadwerkelijke golven worden natuurlijk geen nul, maar liggen er ergens tussen.

Figuur 3 HBN, kruinhoogte en waterstanden in de situatie zonder verbinding (huidig)



We zien hier, zoals eerder ook uit analyses met de Blokkendoos bleek, dat er bij LOC3 een aanzienlijk huidig hoogtetekort is van tussen de 1 en 1.5 meter. Hoe meer naar het zuiden (richting de Parkhaven), hoe kleiner het hoogtetekort. De golfaanval is daar ook een stuk lager vanwege de beschutte ligging. Niet voor niets ligt de huidige dijk daar ook aanzienlijk lager (orde 3.5m +NAP)

3 Berekeningen nieuwe situatie(s)

3.1 Uitgangspunten

Het Hydraulische Belasting Niveaus (HBN) is berekend voor alle combinaties zoals besproken in paragraaf 1.1. Voor combinaties (A&C) met een afgesloten dam gelden de volgende uitgangspunten:

- Meerpeil: maximale waterstand IJsselmeer (-0.05 m+NAP, winter.)
- Hoogwaterstijging: conform meerpeilstijging HBN berekeningen (0.3m)

- Windopzet: oplossing van de differentiaalvergelijking voor een meer ($\kappa = 2,2 \cdot 10^{-6}$)
- Bodem: op basis van WBI-profiel (-4 m+NAP)
- Strijklengtes; op basis van de nieuwe situatie in noordelijke richting (voor de voorliggende dam ter plekke van LOC6 is een 25% reductie meegenomen)
- Golfhoogte/Golfperiode: Sverdrup-Munk-Brettschneider formule (u_{10} van 33 m/s)
- Golfoverslaghoogte: *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures* (EurOtop, 2016) inclusief 0.2 meter zetting.

Voor combinaties (B&D) met een *halfgesloten dam* gelden de volgende uitgangspunten:

- Toetspeil: waterstand IJsselmeer bij terugkeertijd 10000 jaar (2 m+NAP)
 - Hoogwaterstijging: inbegrepen conform waterstandberekening (HydraNL)
 - Windopzet: inbegrepen conform waterstandberekening (HydraNL)
- Bodem: op basis van WBI-profiel (-4 m+NAP)
- Strijklengtes; op basis van de nieuwe situatie in noordelijke richting (voorliggende dam ter plekke van LOC6 is een 25% reductie meegenomen)
- Golfhoogte/Golfperiode: Sverdrup-Munk-Brettschneider formule (u_{10} van 33 m/s)
- Golfoverslaghoogte: *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures* (EurOtop, 2016) inclusief 0.2 meter zetting.

3.2 Resultaten, tabellen

De resultaten van de berekeningen voor de vier combinaties zijn in de tabellen hierna weergegeven. Let wel: deze berekeningen zijn een benadering. Het watersysteem is immers niet opnieuw gemodelleerd (geen nieuwe fysica voor waterstanden en golven). We kunnen dan ook géén gebruik maken van Hydra-NL voor HBN berekeningen in de nieuwe situatie, d.w.z. mét dam naar de Houtribdijk.

3.2.1 Combinatie A (afgesloten – korte variant)

A	Peil [m+NAP]	Hoogwaterstijging [m]	Windopzet [m]	Invalshoek [° t.o.v. N]	Strijklengte	H [m]	T [s]	Golfoverslaghoogte [m]	Zetting [m]	HBN [m+NAP]
LOC4	-0.05	0.3	0.03	30	1300	0.95	3.24	1.22	0.2	1.7
LOC5	-0.05	0.3	0.04	60	2000	1.08	3.53	1.48	0.2	1.97
LOC6	-0.05	0.3	0.03	45	1650	1.02	3.4	1.36	0.2	1.84

Het HBN is in deze tabel de optelsom van het hoge meerpeil, de meerpeilstijging in 2075, de lokale windopzet en de golfoverslaghoogte, die afhankelijk is van de gemiddelde lokale waterdiepte en de -lokale- strijklengte.

3.2.2 Combinatie B (halfopen – korte variant)

B	Peil [m+NA P]	Invalshoe k [° t.o.v. dijknorma al]	Strijklen gte	Hs [m]	Ts [s]	Golfoverslagho ogte [m]	Zetting [m]	HBN [m+NA P]
LOC 4	2	30	1300	1.0 1	3.3 1	1.3	0.2	3.5
LOC 5	2	60	2000	1.1 6	3.6 2	1.61	0.2	3.81
LOC 6	2	45	1650	1.0 9	3.4 8	1.47	0.2	3.67

3.2.3 Combinatie C (afgesloten – lange variant)

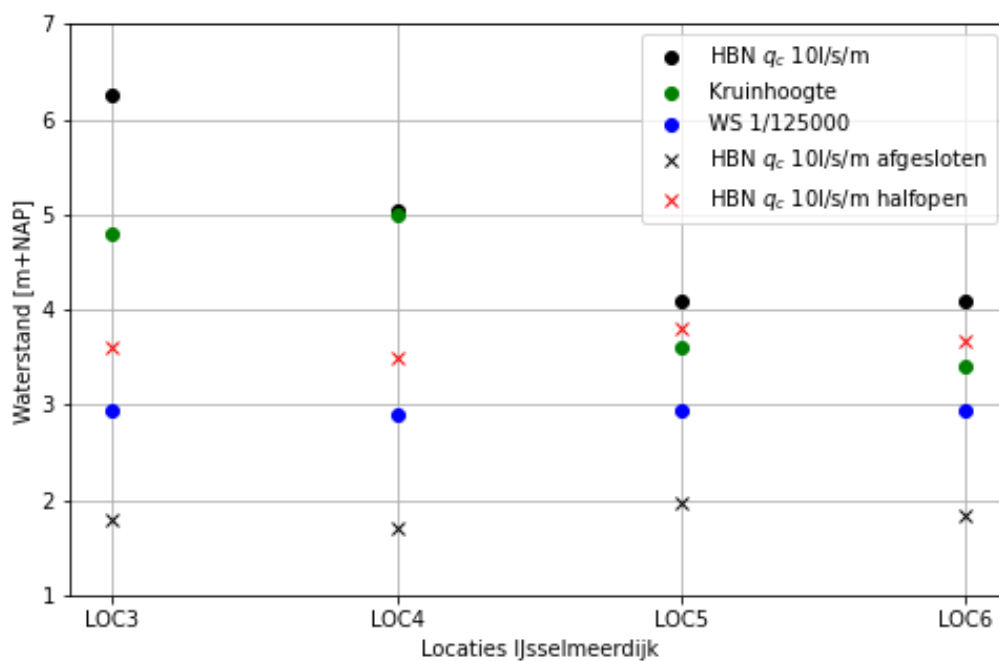
C	Peil [m+ NAP]	Hoogwater stijging [m]	Wind opzet [m]	Inval shoek [° t.o.v. N]	Strijkl engte	Hs [m]	Ts [s]	Golfoversl aghoogte [m]	Zett ing [m]	HBN [m+ NAP]
LOC 3	-0.05	0.3	0.04	0	1500	1.00	3.34	1.30	0.2	1.8
LOC 4	-0.05	0.3	0.03	30	1300	0.95	3.24	1.22	0.2	1.7
LOC 5	-0.05	0.3	0.04	60	2000	1.08	3.53	1.48	0.2	1.97
LOC 6	-0.05	0.3	0.03	45	1650	1.02	3.4	1.36	0.2	1.84

Het HBN is in deze tabel de optelsom van het hoge meerpeil, de meerpeilstijging in 2075, de lokale windopzet en de golfoverslaghoogte, die afhankelijk is van de gemiddelde lokale waterdiepte en de -lokale- strijklengte. We vinden HBN's (benodigde kruinhoogtes) van 1.7-2.0 meter. Combinatie D (halfopen – lange variant)

D	ToetsP eil [m+N AP]	Invalsho ek [° t.o.v. dijknorm aal]	Strijklen gte	Hs [m]	Ts [s]	Golfoverslagh oogte [m]	Zetti ng [m]	HBN [m+N AP]
LOC3	2	0	1500	1.06	3.42	1.4	0.2	3.6
LOC4	2	30	1300	1.01	3.31	1.3	0.2	3.5
LOC5	2	60	2000	1.16	3.62	1.61	0.2	3.81
LOC6	2	45	1650	1.09	3.48	1.47	0.2	3.67

3.3 Resultaten, grafisch

Figuur 4 HBN/benodigde kruinhoogte in nieuwe situatie



In deze figuur zien we dat voor LOC3 en LOC4 de berekende benodigde kruinhoogten aanzienlijk lager zijn dan de aanwezige kruinhoogten (groen). In de afgesloten situatie is de benodigde kruin zelfs ruim een meter lager dan de 1:125.000^e waterstand aan de IJsselmeerzijde.

3.4 Golfhoogte en Golfperiode voor ZST berekeningen.

3.4.1 Golfhoogte en Golfperiode, tabel

Voor de combinaties (A&C) met een *afgesloten dam* is voor één waterstand (0.25 m+NAP) de golfhoogte en golfperiode berekend:

0.25 [m+NAP]	Hs [m]	Tp [s]
LOC3	1.00	3.34
LOC4	0.95	3.24
LOC5	1.08	3.53
LOC6	1.02	3.40

Voor combinaties (B&D) met een *halfgesloten dam* zijn voor twee waterstanden (-0.05 m+NAP en 2.00 m+NAP) de golfhoogte en golfperiode berekend:

0.25 [m+NAP]	Hs [m]	Tp [s]
LOC3	0.98	3.32
LOC4	0.94	3.22
LOC5	1.06	3.50
LOC6	1.00	3.38

2.00 [m+NAP]	Hs [m]	Tp [s]
LOC3	1.06	3.42
LOC4	1.01	3.31
LOC5	1.16	3.62
LOC6	1.09	3.48

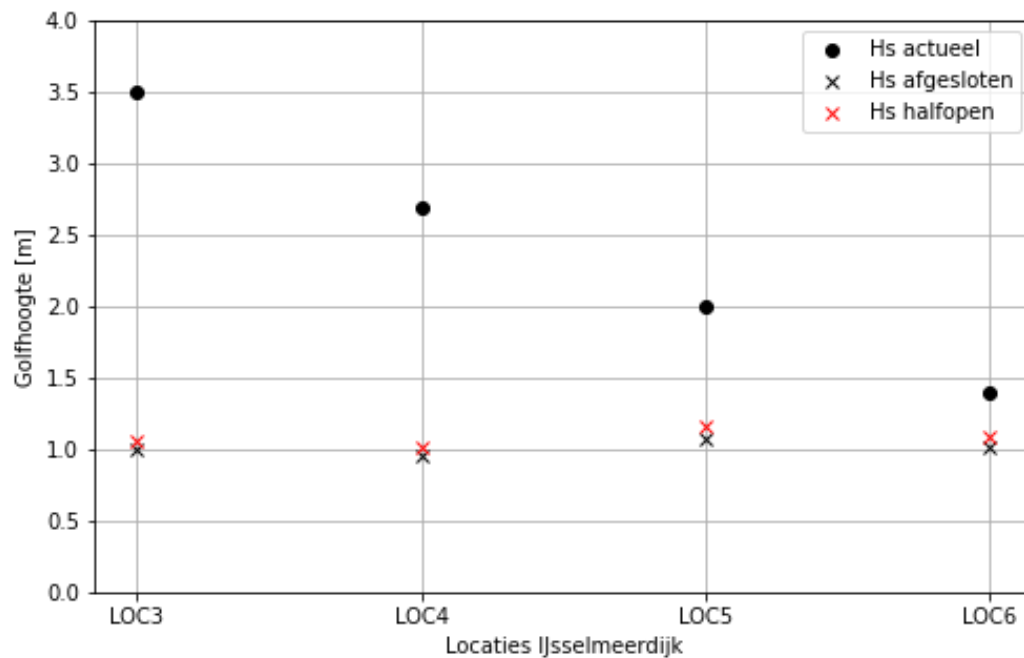
Opgemerkt wordt dat hierbij is aangenomen dat de golven vanuit het IJsselmeer *niet doordringen*. In werkelijkheid zal er wél sprake zijn van enige doordringing. Hoeveel, is afhankelijk van de exacte ligging en breedte van de opening (vaargeul). De verwachting is dat de huidige vaargeul wordt aangehouden en dat de breedte beperkt wordt tot wat voor de scheepvaart noodzakelijk is (orde 100-150 meter). De locatie van de doorgang komt in dat geval noordelijk tegen de Houtribdijk aan te liggen en kan eventueel nog worden voorzien van een eigen golfbreker.

We zien dat, als gevolg van de nieuwe korte strijklengte, de golven bij LOC3 en LOC4 zelfs nog wat lager zijn dan bij LOC5 en LOC6.

Wanneer we rekenen met gedeeltelijke doorwerking van de golven is minder winst te verwachten, echter voor LOC3 en LOC4 lijkt ook dan de hoogteopgave (vrijwel) te verdwijnen. Bij LOC5 en LOC6 lijkt een zeer beperkte hoogteopgave te blijven bestaan, hetgeen logisch is omdat daar de golven zonder de nieuwe verbinding al relatief laag waren.

3.4.2 Golfhoogte en Golfperiode, grafisch

Figuur 5 golfhoogten in de baai



4 Conclusie

De conclusie van deze beknopte analyse is dat met de aanleg van een verbinding tussen de IJsselmeerdijk en de Houtribdijk de hoogteopgave van de dijk ten westen van deze verbinding volledig verdwijnt bij een dichte dam en grotendeels verdwijnt bij een dam met een opening t.b.v. de scheepvaart.

Deze analyse is in korte tijd uitgevoerd, gebruik makend van een aantal vereenvoudigde aannames en vuistregels. Voor daadwerkelijk aangepaste belastingen op de IJsselmeerdijken en de doorwerking daarvan op de benodigde dimensies is een uitgebreidere analyse noodzakelijk.

Bijlage 5: Memo effect extra pompcapaciteit Afsluitdijk (bouwsteen E.1)

MEMO

Aan: Sander Post
Van: Bastiaan Kuijper en Don de Bake
Datum: 16 december 2020
Projectnummer: PR4161.20
Onderwerp: Invloed pompcapaciteit Afsluitdijk op Hydraulische Belasting IJsselmeerdijk

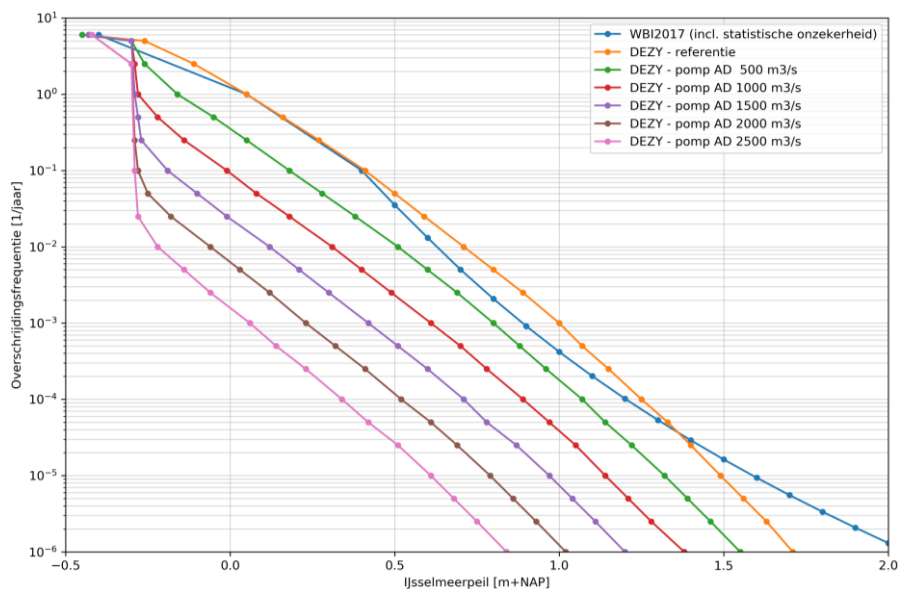
1 Inleiding

Voor de Verkenning IJsselmeerdijk wordt gezocht naar kansrijke systeemmaatregelen, waaronder pompen op de Afsluitdijk om het meerpeil (in de aanloop naar en tijdens een storm) te verlagen. Om enig inzicht te krijgen in het effect hiervan zijn enkele berekeningen uitgevoerd met DEZY (Geerse en Kuijper, 2015) en Hydra-NL (Duits, 2019) voor de huidige situatie. Dit memo beschrijft deze (beknopte) analyse.

2 Analyse huidige situatie

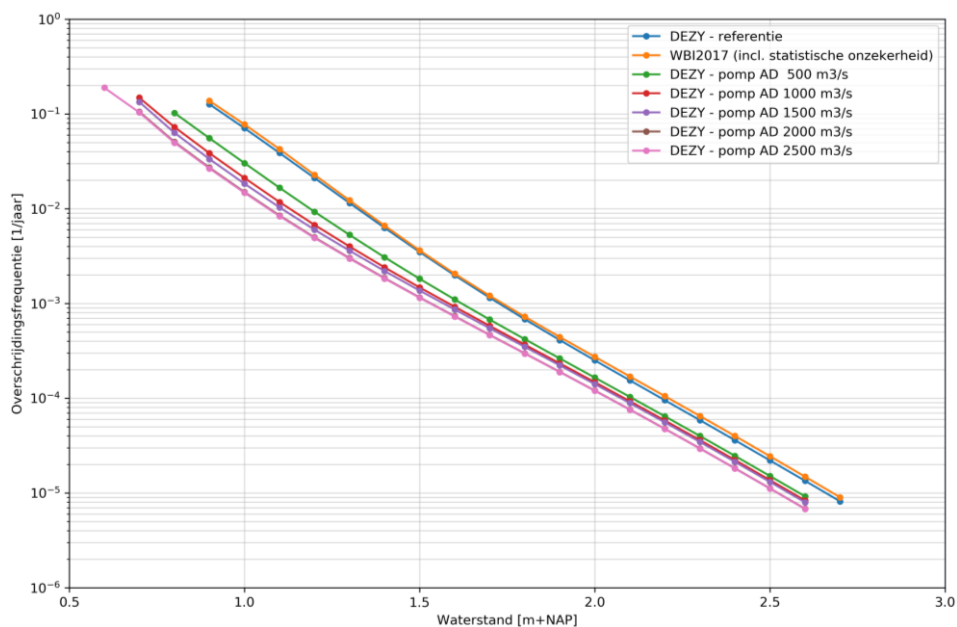
Figuur 1 toont de overschrijdingsfrequentielijn van het IJsselmeerpeil zoals gebruikt binnen WBI2017 (invoer voor Hydra-NL, blauwe lijn) en zoals berekend met DEZY (overige lijnen). In dat laatste geval is zowel de berekening met de defaultinstellingen gepresenteerd (referentiesituatie) als berekeningen met pompen op de Afsluitdijk. Voor de volledigheid vermelden we dat het hier gaat om pompen bij Den Oever met een aanslagpeil van NAP -0,35 m en een afslagpeil dat 5 cm lager ligt.

Figuur 1 laat zien dat het plaatsen van (dergelijk grote) pompen een significante invloed heeft op de meerpeilstatistiek. Ter illustratie: het eens in de 10.000 jaar meerpeil bedraagt in de referentiesituatie van DEZY NAP +1,26 m. Met een pompcapaciteit van 500 m³/s is dit NAP +1,07 m en met een pompcapaciteit van 2500 m³/s NAP +0,34 m (ruim 90 cm lager dan in de referentie dus).

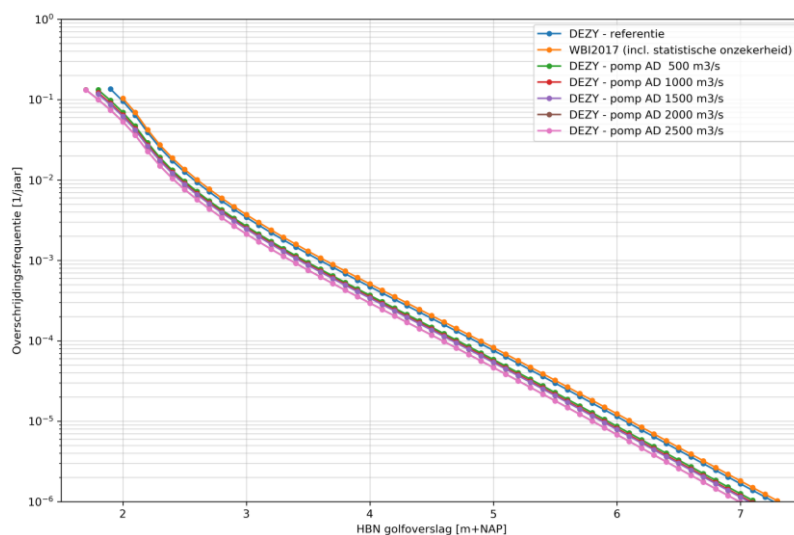


Figuur 1: Overschrijdingsfrequenties IJsselmeerpeil uit WBI2017 en DEZY (met en zonder pompen).

Figuur 2 en Figuur 3 tonen het effect van deze verschillende meerpeilstatistiek op de hydraulische belasting op de IJsselmeerdijk. In de figuren zijn Hydra-NL resultaten getoond voor uitvoerlocatie YM_1_8-3a_dk_00538 voor respectievelijk de waterstand of het hydraulisch belastingniveau (HBN) voor golfoverslag (uitgaande van een kritiek golfoverslagdebiet van 10 l/s/m).

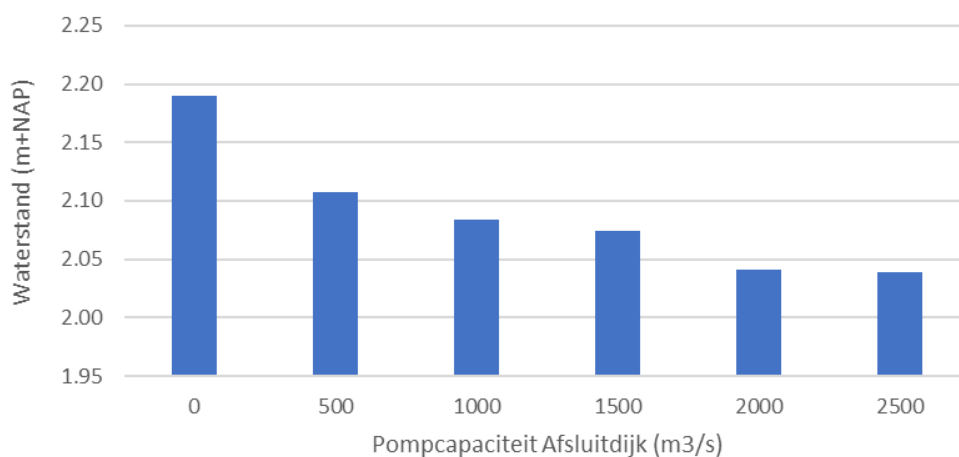


Figuur 2: Overschrijdingsfrequenties waterstand uitvoerlocatie YM_1_8-3a_dk_00538.

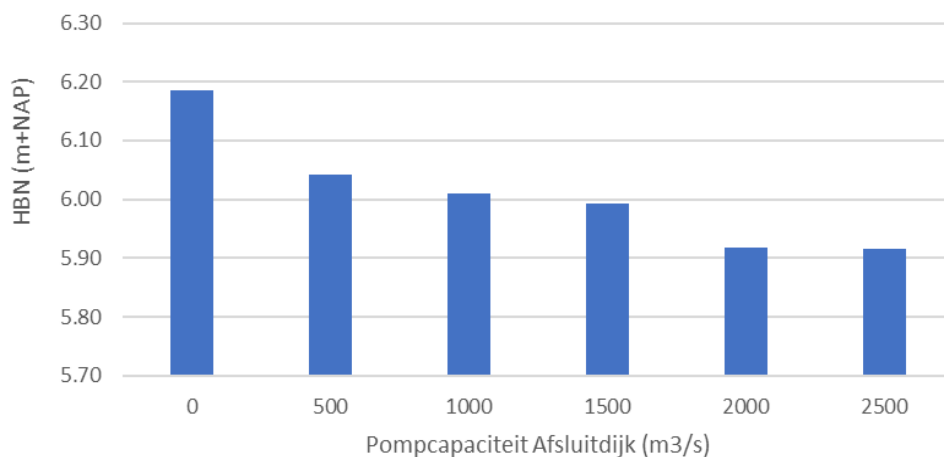


Figuur 3: Overschrijdingsfrequenties HBN golfoverslag uitvoerlocatie YM_1_8-3a_dk_00538.

Ter illustratie zijn in Figuur 4 en Figuur 5 ook de berekende waterstanden en HBN's weergegeven bij een vaste terugkeertijd voor de verschillende berekeningen met de meerpeilstatistiek uit DEZY. Duidelijk is dat het effect van de pompen max. 2 à 3 dm bedraagt, waarbij het grootste verschil zit tussen de situatie zonder pompen en de situatie met een pompcapaciteit van 500 m³/s.



Figuur 4: Waterstanden ($T=10.000$ jaar) uitvoerlocatie YM_1_8-3a_dk_00538, per pompcapaciteit.



Figuur 5: HBN overslag ($T=125.000$ jaar) uitvoerlocatie YM_1_8-3a_dk_00538, per pompcapaciteit.

Het effect van de pompcapaciteit op de meerpeilstatistiek is dus duidelijk groter dan het effect op de waterstanden en HBN's langs de IJsselmeerdijk (uitvoerlocatie YM_1_8-3a_dk_00538). Dit is verklaarbaar vanuit het feit dat de hydraulische belastingen op de IJsselmeerdijk vooral windgedomineerd zijn. Dat wil zeggen dat de situaties die het meeste bijdragen bestaan uit lage meerpeilen en hoge windsnelheden, waarbij er lokaal sprake is van veel opwaaiing en hoge golfbelasting.

Voor de hydraulische belasting is dus vooral het effect van de pompcapaciteit op de veel voorkomende meerpeilen van belang. Tabel 1 geeft een overzicht van het door DEZY berekende gemiddelde IJsselmeerpeil bij verschillende pompcapaciteiten op de Afsluitdijk. Het grootste verschil treedt op tussen 0 en 500 m³/s, hetgeen ook terug te zien is in Figuur 4 en Figuur 5.

Pompcapaciteit Afsluitdijk (m ³ /s)	Gemiddelde IJsselmeerpeil (m+NAP)
0	-0,27
500	-0,33
1000	-0,35
1500	-0,36
2000	-0,36
2500	-0,36

Tabel 1: Gemiddelde IJsselmeerpeil, per pompcapaciteit.

3 Doorkijk naar de toekomst

In de huidige situatie geldt dus, dat pompcapaciteit bij de Afsluitdijk een relatief klein effect heeft op de hydraulische belasting op de IJsselmeerdijk, omdat die voornamelijk wind-gedomineerd is (door de ligging en oriëntatie van de kering) en de pompcapaciteit een vrij klein effect heeft op de veel voorkomende meerpeilen (zie Tabel 1).

In de toekomst geldt mogelijk een ander verhaal. Door zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering zal het gemiddelde IJsselmeerpeil (zonder mitigerende maatregelen) toenemen, aangezien de spui mogelijkheden bij de Afsluitdijk dan afnemen. Bij pompcapaciteiten zoals beschouwd in hoofdstuk 2 wordt het effect van de zeespiegelstijging dan (deels) gecompenseerd, waardoor het gemiddelde meerpeil wel significant lager kan zijn dan in de situatie zonder pompen.

In de toekomst kan het plaatsen van pompen op de Afsluitdijk dus in principe wel een significant effect hebben op de hydraulische belasting op de IJsselmeerdijk, aangezien het gemiddelde IJsselmeerpeil daarmee aanzienlijk kan worden verlaagd. Dat kan dan mogelijk leiden tot minder grote of latere dijkversterkingen. De afweging tussen pompcapaciteit plaatsen (met alle bijbehorende energie- en onderhoudskosten) en dijkversterkingskosten moet echter voor het IJsselmeergebied als geheel worden gemaakt. Voor andere waterkeringen rondom het IJssel- en Markermeer geldt mogelijk een ander effect van veranderingen in meerpeilstatistiek (als gevolg van pompen).

Een dergelijke analyse is uitgevoerd binnen de Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied (ISWP), zie (Rommelzwaal et al., 2019). Daarin is aanbevolen het gemiddelde IJsselmeerpeil tot 2050 niet te laten stijgen en daarna het gemiddelde IJsselmeerpeil (geleidelijk) met 30 cm te laten stijgen. Deze strategie vormt ook het uitgangspunt voor de Verkenning

IJsselmeerdijk. Tot 2050 heeft het plaatsen van (extra) pompen op de Afsluitdijk dus geen significant effect op het gemiddelde IJsselmeerpeil en daarmee op de hydraulische belasting op de IJsselmeerdijk.

4 Referenties

Duits, 2019

Matthijs Duits. *Hydra-NL; Gebruikershandleiding versie 2.7*. HKV lijn in water, rapport PR4022.10, september 2019.

Geerse en Kuijper, 2015

Chris Geerse en Bastiaan Kuijper. *Probabilistisch model frequentielijnen IJsselmeergebied; Hoofdrapport van model DEZY*. HKV lijn in water, rapport PR3013.10, mei 2015.

Rmmelzwaal et al., 2019

Albert Rmmelzwaal, Arthur Kors, Ilka Tánčzos, Jan Helmer en Herbert Berger. *Beleidsaanbevelingen voor het langetermijn peilbeheer in het IJsselmeergebied; Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied*. Rijkswaterstaat WVL, juni 2019.