

Verkenning krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard

Notitie Mogelijke Alternatieven



Naam, functie		Datum/ Paraaf
Opgesteld	Hans van Zanten, Ontwerpleider Consortium Ingenieursbureau KIJK	
Gecontroleerd	Marco Weijland, Assistent TM	
Goedgekeurd	Eduard Gustin, Technisch manager	
Vastgesteld	Jasper Tamboer, Projectmanager	
Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard Documentnr.: D2016-05-000628 Versie: Definitief 1.2 Rotterdam, 09 februari 2017		



Inhoud

1. Inleiding	4
1.1. Leeswijzer	4
2. Systeemdefinitie	5
2.1 Stormvloedkering Hollandsche IJssel	6
2.2 Watergang Hollandsche IJssel	6
2.3 Breed en hoog voorland	6
2.4 Dijk	6
2.5 Achterland	6
3. Mogelijke Alternatieven	7
3.1 Stormvloedkering en watergang Hollandsche IJssel	7
3.2 Breed en hoog voorland	7
3.3 Dijk	8
3.4 Achterland	10
4. Vakindeling / categorisering	11
5. Afweging	13
Referenties	14
Colofon	15
Bijlagen	16

1. Inleiding

De notitie mogelijke alternatieven is de eerste stap in het ontwerpproces van de verkenningsfase van project KIJK. De doelstelling is het creëren van een brede blik. De notitie geeft een zo compleet mogelijk beeld van mogelijke alternatieven per dijkvak. In het verdere ontwerpproces wordt in principe alleen nog versmald naar een voorkeursalternatief (VKA). Samen met de Notitie Veiligheidsopgave [ref. 1] en Notitie Ontwerpkaders en uitgangspunten [ref. 2] geeft deze notitie zicht op de complexiteit van de opgave maar brengt ook structuur aan voor het verdere ontwerpproces.

Deze notitie gaat over de hoofdfuncties voor KIJK, bescherming tegen waterpeil Hollandsche IJssel en de overige functies in de bestaande situatie. De notitie kijkt dus niet vooruit naar nieuwe functies en meekoppelkansen.

In deze notitie wordt geen conclusie getrokken of een alternatief wel/ niet kansrijk is. Getracht is de alternatieven kwalitatief te omschrijven. Wel is per dijkvak een eerste inschatting gemaakt welke mogelijke alternatieven toepasbaar zijn.

Naast de oplossingen zijn er ook aan de sterktekant ontwikkelingen die bij kunnen dragen aan de mogelijke oplossingen, zie kader Optimalisaties in rekenmethoden. POV Macrostabieliteit rekenmethodieken (beter benutten actuele sterkte) en POV Voorlanden worden deels binnen het traject van KIJK ontwikkeld.

Optimalisaties in rekenmethoden

Naast de alternatieven zoals hierboven beschreven, zijn er eveneens een aantal optimalisaties mogelijk indien nieuwe kennis kan worden meegenomen (afwijken van de standaard rekenmethodes):

- Rekenmethodieken “beter benutten actuele sterkte” (POV Macrostabieliteit): aantonen dat de dijk de maatgevende belasting kan weerstaan op basis van de eerder gekeerde belastingen
- Rekenmethodieken “slimmer rekenen aan constructies” (POV Macrostabieliteit): o.a. meer vervorming toestaan
- Bijdrage voorlanden aan de waterveiligheid (POV Voorlanden)
- 3D-effecten: bijdragen op- en afritten door de dijk driedimensionaal te beschouwen
- StabiAlert: dijkbewaking met behulp van sensoren
- Huizen voorland: meenemen van de invloed van buitendijkse huizen op de hydraulische belasting

Dit is geen uitputtende lijst.

De concept notitie mogelijke alternatieven met de Excel bijlage over alle dijkvakken is voorgelegd aan de Taskforce Deltatechnologie (TFDT) ter reactie. De Taskforce heeft in overleg kenbaar gemaakt geen opmerkingen of aanvullingen te hebben en graag bij het verdere proces van project KIJK betrokken te blijven.

1.1. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 Systeemdefinitie is de waterkering en de directe omgeving ruimtelijk opgedeeld en worden de belangrijkste functies van de deelsystemen beschreven. In hoofdstuk 3 zijn per deelsysteem de mogelijke alternatieven beschreven. Voor elk mogelijk alternatief is een factsheet opgesteld. De factsheets geven een algemene beschrijving en gaan in op de aspecten veiligheid, uitvoerbaarheid, inpasbaarheid en levenscycluskosten (LCC). Deze vier aspecten zijn onderdeel van de keuze van de kansrijke alternatieven.

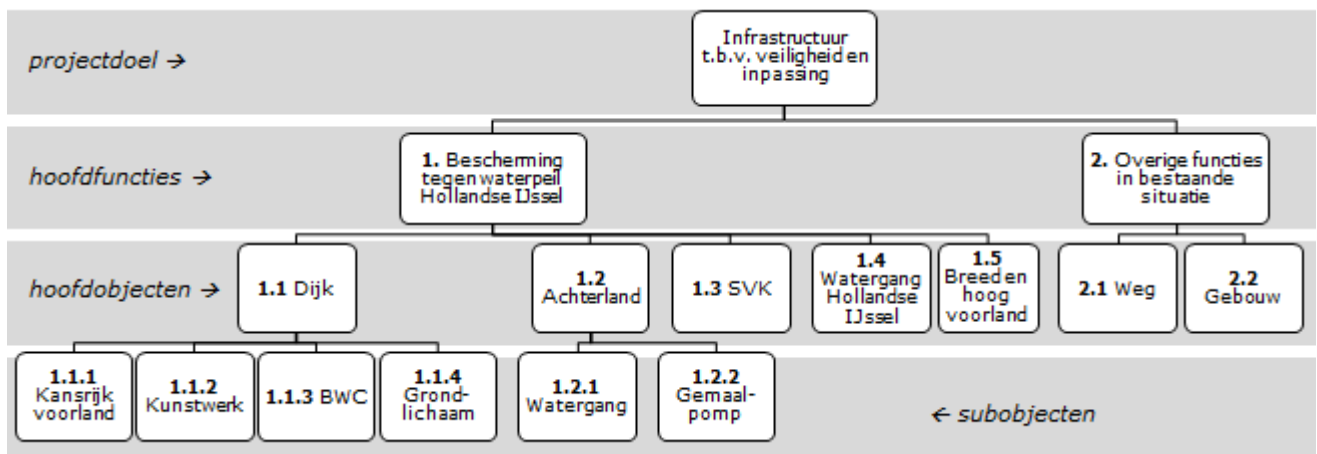
In hoofdstuk 4 is een voorlopige vakindeling gemaakt op basis van systeemkenmerken. In hoofdstuk 5 zijn de mogelijke alternatieven benoemd per dijkvak. Hiervoor wordt in dit hoofdstuk verwezen naar de bijlagen. De alternatieven die dijkvak overstijgend zijn, worden niet genoemd in hoofdstuk 5.

2. Systeemdefinitie

De IJsseldijken aan de zijde van de Krimpenerwaard moeten hoge waterstanden kunnen keren om de kans op overstroming te verkleinen. Het projectteam onderzoekt met een brede blik naar verschillende alternatieven om dit doel te bereiken. Hierbij hanteert het projectteam de methodiek van Systems Engineering (SE). Binnen de volgende vijf hoofdobjecten wordt gekeken naar mogelijke oplossingen:

1. Dijk (1.1)
2. Achterland (1.2)
3. Stormvloedkering Hollandse IJssel (1.3)
4. Watergang Hollandsche IJssel (1.4)
5. Breed en hoog voorland (1.5)

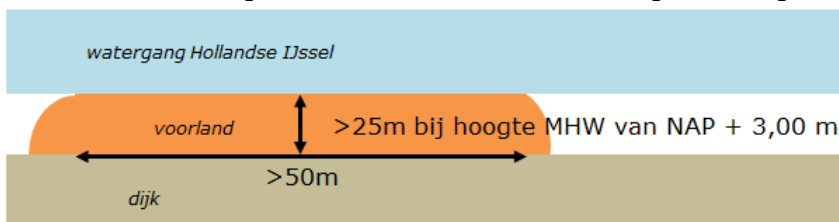
In onderstaand figuur staat het systeem van KIJK waarin deze hoofdobjecten staan. Deze boom is ter illustratie en niet 100% gereed. Daarnaast is voor '2. Overige functies in bestaande situatie' (zie onderstaand figuur) een aantal relevante objecten benoemd. Voor het inpassen van de verbetermaatregel zijn deze functies en bijbehorende objecten bepalend voor de kansrijkheid van de oplossing.



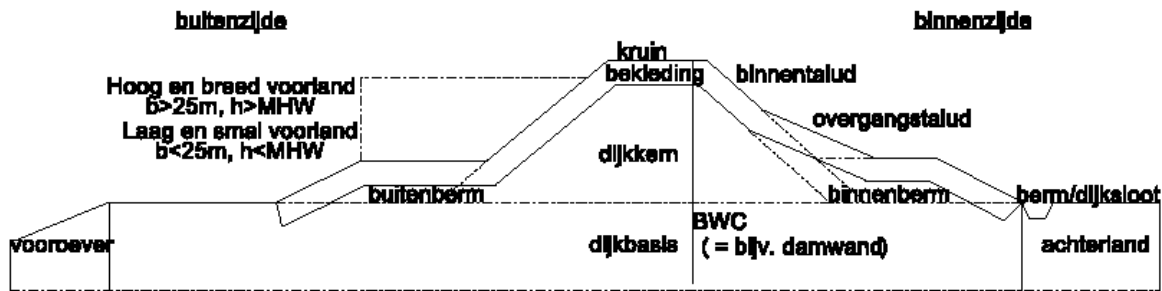
Figuur 1: Het systeem van KIJK, met het projectdoel, de hoofdfuncties en twee niveaus objecten. Deze boom is uit te breiden.

Een aantal onderdelen genoemd in figuren 3, 4 en 5 behoeven enige uitleg:

- De voorlopige werkdefinitie van '1.5 Breed en hoog voorland' is breder dan 25 meter boven MHW (maatgevende hoogwaterstand, waarbij voor MHW de waarde NAP + 3,00 m is aangehouden) en voorland korter dan 50 meter (zie figuur 4) is niet meegenomen in project KIJK, maar behoort tot POV Voorlanden.
- De definitie van '1.1.1 Kansrijk voorland' is voorland smaller dan 25 meter boven MHW en korter dan 50 meter in lengte.
- De term '1.1.3 BWC' kun je met de volgende definitie beschrijven (Leidraad Kunstwerken TAW mei 2003): bijzondere (waterkerende) constructie worden toegepast om niet waterkerende functies mogelijk te maken, of om die bij versterking van de waterkering te handhaven. Tevens zijn diverse bijzondere constructies mogelijk, die deels in grond worden uitgevoerd, of die een verbetering van de grondeigenschappen inhouden.



Figuur 2: Boven-aanzicht met de ligging van de dijk, met voorland en watergang Hollandse IJssel, volgens de definitie '1.5 Brede en hoge voorlanden'.



Figuur 3: Zijaanzicht dijk met definities van voorland.

Voor elk van deze hoofobjecten zijn in dit hoofdstuk de belangrijkste functies beschreven.

2.1 Stormvloedkering Hollandsche IJssel

Primaire functie van de stormvloedkering Hollandsche IJssel (SVK HIJ), of Algerakering, is het beperken van hoog water op de Hollandsche IJssel bij hoog water op de nieuwe Maas. Hiervoor bestaan een sluitprotocol bij RWS en een waterakkoord tussen RWS en de aanliggende waterschappen. Naast de SVK HIJ ligt een sluis om ook bij hoog water scheepvaart mogelijk te houden.

2.2 Watergang Hollandsche IJssel

De watergang Hollandsche IJssel is een zoetwatergetijde rivier die aan de achterzijde in Gouda is afgesloten en aan de voorzijde in open verbinding staat met de Nieuwe Maas. De belangrijkste functies van de Hollandsche IJssel zijn vaarweg (beroeps- en recreatievaart) en waterafvoer voor de gemalen van HHSK en Rijnland. Overige functies zijn o.a. recreatie en verblijfsfunctie voor flora en fauna en waterberging.

2.3 Breed en hoog voorland

Breed en hoog voorland, zie figuur 2, wordt gezien als een kansrijk alternatief voor dijkversterking. De primaire functie van het voorland verschilt per voorland. De meest voorkomende functie is verblijf voor bewoners en bedrijven, maar er zijn ook trajecten voorland met de functie recreatie en natuur.

2.4 Dijk

De dijk is in het Programma van Eisen Ontwerpend Onderzoek [ref. 3] gedefinieerd. Binnen KIJK valt daar ook het lager gelegen voorland onder (of de hoge voorlanden die korter zijn dan 50 m). De primaire functie is water keren. Daarnaast zijn belangrijke nevenfuncties transport (rijweg) en verblijven (woningen / bedrijven). Overige functies die voorkomen zijn recreatie en overige infrastructuur (parkeren, kabels en leidingen).

2.5 Achterland

Het achterland, ofwel de polder Krimpenerwaard, kent vele functies. Vanuit het watersysteem zijn daarin de belangrijkste functies verblijven, productie, transport, waterberging en waterafvoer.

3. Mogelijke Alternatieven

In dit hoofdstuk zijn per hoofdobject de mogelijke alternatieven opgenomen. De stormvloedkering en watergang Hollandsche IJssel zijn bij elkaar gevoegd in 1 paragraaf, omdat alternatieven in één van deze hoofdobjecten gaan over het beïnvloeden van de hydraulische belastingen.

3.1 Stormvloedkering en watergang Hollandsche IJssel

De mogelijkheden tot een verlaging van de hydraulische belasting zijn uitgewerkt in de factsheet 'Systeemwerking Hollandsche IJssel' (zie bijlage 1). Feitelijk zijn er twee alternatieven:

- verlagen waterstand Hollandsche IJssel; en
- beperken golfaanval op de Dijk.

Waterstandsverlaging kan vooral worden bereikt door de Hollandsche IJssel minder te laten beïnvloeden door de waterstand op de nieuwe Maas. Het verlagen van de faalkans en/ of aanpassen sluitregime van de SVK HIJ is dan noodzakelijk.

Op de Hollandsche IJssel zelf heeft alleen aflaat van water een waterstand verlagend effect en geeft het stopzetten van bemaling een beperking van waterstandsstijging. Het effect hiervan op de waterstand is afhankelijk van het wel of niet gesloten zijn van de SVK HIJ. Bij een niet gesloten SVK HIJ is het effect van bemaling verwaarloosbaar en bij aflaat hebben alleen grote hoeveelheden (gecontroleerde overstroming) enig effect.

Hoogwater op de Nieuwe Maas heeft een vrij sterke correlatie met windbelasting, maar de windbelasting is niet gecorreleerd met het falen van de SVK HIJ. Daardoor bestaat de kans dat de combinatie gesloten SVK HIJ met maximale golfopzet op delen van de dijk maatgevend is. Dit wordt nader onderzocht als onderdeel van het Ontwerpend Onderzoek. In dat geval kan een aanpassing van het sluitregime van de SVK HIJ in combinatie met het maalregime deze piekbelasting verlagen.

Golfoploop wordt bepaald door de wind in combinatie met de strijklengte over de Hollandsche IJssel en het profiel van de dijk inclusief vooroever. Omdat de wind als onveranderlijk wordt gezien, kan eigenlijk alleen door beperking van de strijklengte de golfaanval gereduceerd worden. Dit kan door het afvangen van de wind (met windschermen) of lokale verhogingen in de rivier (verontdiepingen). Als deze verontdiepingen dichtbij de dijk komen te liggen kan het meer worden gezien als een profielverandering van de vooroever (zie §3.3 onder 'golfremmende voorwaarden'). Aanpassing van het talud zelf leidt ook tot beperking van de golfoploop (zie §3.3).

3.2 Breed en hoog voorland

De hoge en brede voorlanden worden nader uitgewerkt in samenwerking met de POV Voorlanden. In de Notitie Veiligheidsopgave [ref. 1] is een nadere toelichting gegeven op de gehanteerde definitie voor hoog en breed voorland. De resultaten van analyses van de POV en het Ontwerpend Onderzoek kunnen aanleiding zijn om te concluderen dat meer dijkvakken met voorland veiliger zijn dan tot nu toe aangenomen.

Naast de evident hoge en brede voorlanden zijn er ook voorlanden die vermoedelijk wel bijdragen aan de veiligheid maar alleen in combinatie met een andere maatregel tot een veilige dijk leiden. Hiervoor is geen separate factsheet opgesteld.

3.3 Dijk

Bij het beschrijven van de mogelijke alternatieven is zo breed mogelijk gekeken en zijn oplossingen zo veel mogelijk geclusterd. Hierbij is gekeken naar:

- oplossingen in grond;
- constructieve oplossingen;
- dijkverleggingen; en
- overige oplossingen

Per alternatief is een factsheet opgenomen in bijlage 1. In deze factsheets is een (korte) omschrijving gegeven van het mogelijke alternatief. Vervolgens wordt kort ingegaan op de aspecten veiligheid, inpasbaarheid, uitvoerbaarheid en LCC. Deze aspecten worden ook gebruikt bij de eerste beoordeling van de alternatieven (Zeeff 1¹):

In onderstaande tabel is aangegeven voor welke van de belangrijkste faalmechanismen, hoogte(HT) en macrostabiliteit(ST) het alternatief een mogelijke oplossing biedt. Aangezien de oplossingen aan het binnen- en buitentalud vergelijkbaar zijn, wordt onder macrostabiliteit zowel macrostabiliteit binnen- als buitenwaarts verstaan.

¹ Dit is een eerste selectie van afwegingscriteria om van een set mogelijk alternatieven naar selectie kansrijke alternatieven te komen.

Tabel 1: Mogelijke (Realistische) alternatieven Dijk

Alternatief	Omschrijving	HT	ST	Ruimte- beslag
In Grond				
Binnenwaarts	Uitbreiden van het grondlichaam binnenwaarts	X	X	BI
Buitenwaarts	Uitbreiden van het grondlichaam buitenwaarts	X	X	BU
Grondverbetering	Grondverbetering in binnen- of buitentalud of teen. Bijv: chemisch injectietechnieken, vervanging of vacuümconsolidatie		X	BI/BU
Golfremmende maatregelen	Maatregelen om de golfoploop te beperken d.m.v. verruwing/ minder steil maken van het buitentalud of aanbrengen van een buitenberm.	X		BU
Constructief				
Zelfstandig kerende constructie (type I)	Constructie die alle waterkerende functies vervuld. Bijv. Onverankerde damwand, diepwand, kistdam, palenwand, ect)	X	X	KR/BI/BU
Kerende constructie (type II)	Constructie die deel van de waterkerende functie verzorgt (bijv. alleen het hoogte -en/of stabiliteitstekort). Bijv. verankerende damwand, keermuur (wel/niet gefundeerd)	X		KR
Beweegbare waterkering	Een niet-mobiele, maar tijdelijk waterkerende constructie in/op de dijk om voldoende hoogte te creëren. Deze kering beweegt mee met de waterstand. Bijv: eXtra self extracting waterbarrier, vlotterkering, Dutchdam, etc.	X		KR
Wapening in talud	Het aanbrengen van constructieve elementen in het dijktalud waaraan sterkte wordt ontleend. Bijv: JLD dijkstabilisator / Dijkvernageling / stabilisatie kolommen. (raakvlak met innovatiespoor)		X	BI
Wapening van talud	Gebruik van o.a. geotextielen om het talud in te pakken. Hiermee kunnen mogelijk steilere taluds worden gerealiseerd.	X	X	BI
Dijkverlegging				
Binnenom	Het verleggen van de dijk in het achterland.	X	X	AL
Buitenom	Het verleggen van de dijk in het voorland.	X	X	VL
Overig				
Verhogen bresdrempeel	Garanderen reststerkte na doorbraak		X	
Toelaten hoger overslagdebiet	Door meer overlast toe te staan en de waterkering geschikt te maken voor hoog overslagdebiet hoeft deze minder verhoogd te worden	X		AL
Drainagetechnieken	beheersen stijghoogte onder de dijk en/of freatisch vlak. Bijv: waterontspanners, DMC dijkmonitoring en conditioneringssysteem		X	BI
Vergroten ondoorlatendheid	fixatie van het freatisch vlak. Bijv: Dantonit / SoSeal / Trisoplast vert.		X	BU/KR
Tijdelijke keringen	Mobiele waterkerende constructie om voldoende hoogte te creëren. Bijv: Coupures tussen huizen, BoxBarrier, SLAMdam, Tubebarrier etc.	X		KR

VL: voorland

BU: buitenwaarts

KR: kruin.

BI: binnenwaarts

AL: achterland c.q. waterbezwaar

Vanuit de specifieke waterkerende functie en de hieruit voortvloeiende taakstellende eis voor de sterkte wordt in de Leidraad Kunstwerken onderscheid gemaakt in vier typen constructies:

- type I: constructies die volledig zelfstandig de waterkerende functie moeten vervullen;
- type II: constructies die in combinatie met een grondconstructie de waterkerende functie moeten vervullen;
- type III: constructies die na falen van een andere constructie de waterkerende functie moeten vervullen;
- type IV: constructies welke geen waterkerende functie hebben, maar bij falen de waterkering kunnen aantasten.

Daarnaast kunnen mogelijkheden worden gezocht in het gebruik van alternatieve materialen. Een bijdrage leveren aan de oplossing kunnen bijvoorbeeld:

- Lichtgewicht materialen om zettingen en aandrijvende kracht te minimaliseren;
- Proviacal hoogwaardige klei (behandeld).

En voor duurzaamheid en bijdrage in de LCC kan gedacht worden aan:

- Thermisch Gereinigde Grond (TGG) hergebruik (wordt ontraden door HWBP);
- Lokale materialen ('Balansdijk') → zouden we kunnen gebruiken in het kader van voorland/buitenwaartse versterking.

Een aantal oplossingen zijn in theorie mogelijk, maar worden in de praktijk onrealistisch geacht en zijn daarom niet als alternatief meegenomen (zie tabel hieronder).

Tabel 2: Onrealistische alternatieven Dijk

Alternatief	Beschrijving	Overweging
bevroren wand	Het bevroren van de grond.	Het vormen van een vrieswand neemt meerdere dagen in beslag, waardoor de betrouwbaarheid en functionaliteit twijfelachtig zijn.
PlasticDike	Het gebruik van een plastic 'mal' voor het bijeenhouden van de grond.	Voor een plastic mal wordt geen toepassing gezien in deze dijkversterking.

3.4 Achterland

Onderdeel van het Ontwerpend Onderzoek is ook de verkenning van het beperken van gevolgen van overstroming. Dit is in lijn met de gedachte van meerlaagsveiligheid. Op basis van de Overstromingsanalyse Hollandsche IJssel (Hydrologic) lijken de mogelijkheden tot gevolgebepijking beperkt.

In de factsheet 'Compartimentering Achterland' (zie bijlage 1) is een grove beschouwing gemaakt van de effecten van een compartimentering bij Krimpen. Als onderdeel van het Ontwerpend Onderzoek dient de kansrijkheid van dit alternatief en vergelijkbare alternatieven onderzocht te worden. Binnen het ontwerpend onderzoek wordt nader uitgewerkt of het alternatief (of vergelijkbare) rendabel zijn.

Indien gevolgbeperking rendabel blijkt, zal dit mogelijk uitwerking moeten krijgen in de aanpassing van de norm of differentiatie in de norm.

4. Vakindeling / categorisering

De opgave voor de dijkversterking en de mogelijkheden om deze uit te voeren varieert langs het dijktraject. Met behulp van een dijkvakindeling kunnen de mogelijke alternatieven locatiespecifiek worden beschouwd, uitgewerkt en afgewogen. Het traject karakteriseert zich door veel bebouwing langs of in de dijk (aan weerszijden). Doordat de beschikbare ruimte en het aanwezige voorland sterk variëren, zijn de gedefinieerde dijkvakken (38) relatief kort (50 – 950 m). Daarnaast zullen binnen deze dijkvakken bij de versterking ook veel maatwerkoplossingen nodig zijn op perceelniveau.

De volgende vier overwegingen zijn bepalend geweest bij het definiëren van de vakindeling:

- **Versterkingsopgave**
De mate waarin de dijk versterkt moet worden (hoe groot is het hoogte- of stabiliteitstekort) en de relevante faalmechanismen spelen uiteraard een rol bij de vakindeling.
- **Aanwezigheid voorland**
Er is veel voorland in de vorm van buitendijks gebied aanwezig langs het traject. Daar waar het voorland relatief breed is en hoog ligt, heeft het een wezenlijke bijdrage aan de sterkte van de dijk en wordt de hydraulische belasting op de dijk beperkt. De vakken met breed en hoog voorland zijn als aparte dijkvakken (2, 6, 7, 9, 13, 16, 26, 28 en 38) gedefinieerd. Op andere delen voldoet het voorland niet aan de definitie van 'breed en hoog', maar kan wel bepalend zijn voor een dijkvak.
- **Beschikbare ruimte**
De beschikbare ruimte aan de binnen- en/of buitenzijde van de dijk is van invloed op de mogelijke oplossingen om de dijk te versterken. De aanwezige bebouwing en afstand tot de vaargeul speelt hierbij een rol.
- **Uniformiteit**
Uitgangspunt is dat de geometrie van de dijk en de aanwezige ondergrond binnen een dijkvak een beperkte variatie hebben.

In Figuur 4: Dijkvakindeling mogelijke alternatieven DIJK

is de vakindeling weergegeven. In bijlage 2 is de kaart op A3-formaat toegevoegd. In deze bijlage is ook een onderbouwing voor de vakindeling opgenomen.



Figuur 4: Dijkvakindeling mogelijke alternatieven DIJK

5. Afweging

In bijlage 3 is per dijkvak en per alternatief een afweging gemaakt over de haalbaarheid van een alternatief voor versterking van een dijkvak. Deze afweging is nog niet uitputtend. Nieuwe informatie en nieuwe inzichten gedurende het ontwerpproces kunnen hier nieuwe invulling aan geven.

Referenties

- [ref. 1] Notitie Veiligheidsopgave (D2016-05-000751)
- [ref. 2] Notitie Ontwerpkaders en uitgangspunten (D2016-05-000635)
- [ref. 3] Programma van Eisen Ontwerpend Onderzoek (D2016-04-006727)

Colofon

In opdracht van
Auteur

(Eind)redactie

Project KIJK

C. Bisschop; M. Drost; E. Gustin; E. Kaspers; A. van der Kraan;
R. Mom; H. van Zanten

M. Weijland en H. van Zanten

Bijlagen

Lijst met bijlagen (digitaal en separaat)

Bijlage 1 factsheets

- Systeemwerking Hollandsche IJssel
- Compartimentering Achterland
- Mogelijke alternatieven Dijk
 - Beweegbare waterkering
 - Binnenwaartse grondoplossing
 - Buitenwaartse grondoplossing
 - Damwand
 - Diepwand
 - Dijkverlegging buitenom
 - Dijkverlegging binnenom
 - Drainagetechnieken
 - Geogrids
 - Golfremmende maatregelen
 - Grondverbetering
 - Kistdam
 - Tijdelijke waterkeringen
 - Toelaten hoger overslagdebiet
 - Vergroten ondoorlatendheid
 - Verhogen bresdrempel
 - Wapening talud
 - VOORLAND (uitbreiden of maken)

Bijlage 2 Kaart en beschrijving dijkvakindeling

Bijlage 3 Afweging mogelijke alternatieven per dijkvak (excel)