

Verkenning Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard

Haalbaarheid inpassing type I



Documenten	Titel	Versie
Hoofddocument	Haalbaarheid inpassing type I	01-06-2018, D1.0
Documentnr.	D2018-03-000525	
Autorisatie	Naam, functie	Datum, paraaf
Opgesteld	Flore Bijker	
	Rob van Buuren	
	Maartje Virardi	
Gecontroleerd	Marco Weijland, Technisch manager	
Goedgekeurd	Jasper Tamboer, projectmanager	



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
1. Inleiding	4
Leeswijzer	4
2. Klanteisen en uitgangspunten	5
2.1 Klanteisen hoogte constructie	5
2.2 Klanteisen kruinbreedte	5
2.3 Uitgangspunten inpassing type I	6
3. Beschouwde situaties	8
4. Mogelijkheden voor optimalisatie inpassing type I	9
5. Haalbaarheid	13
5.1 Minimale inpassing: zijn de hoogtes van type I terug te brengen naar 75 cm?	13
5.2 Wat is het ruimtebeslag in de breedte bij de minimaal gewenste inpassing	15
5.3 Optimale inpassing: zijn de hoogtes van type I terug te brengen naar 40 cm?	15
5.4 Wat is het ruimtebeslag in de breedte bij de optimale inpassing	16
5.5 Voorbeelduitwerking dijkvak J.....	17
6. Conclusie en doorkijk planuitwerkingsfase	18
6.1 Conclusies.....	18
6.2 Planuitwerkingsfase	18

1. Inleiding

Eén van de kansrijke alternatieven voor toepassing binnen KIJK is de type I constructie. Dit is een zelfstandig kerende constructie in de binnen- of buitenkruin van de dijk. In de verkenningsfase is de type I constructie op 15 dijkvakken, met een totale lengte van 6075 meter, als voorkeursalternatief (VKA) gekozen.

Voor de inpassing van deze constructie zijn vanuit verschillende stakeholders klanteisen ingebracht, op het gebied van draagvlak, verkeersveiligheid en ruimtelijke inpassing. In deze notitie wordt ingegaan op de haalbaarheid van deze klanteisen en de inpassing die dit vraagt. Hiermee vormt deze notitie een verdere uitwerking van het kansrijke alternatief type I ten opzichte van de technische onderbouwing in de Clusterrapportages per dijkvak en de notitie MCA.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de klanteisen en uitgangspunten besproken die zijn gehanteerd. Hoofdstuk 3 bevat de twee situaties die in deze notitie zijn onderzocht op haalbaarheid. Hoofdstuk 4 beschrijft de optimalisaties en mitigerende maatregelen; hierdoor kan de constructie beter worden ingepast. Hoofdstuk 5 beschrijft verschillende situaties om de haalbaarheid van inpassing type I aan te tonen. De eerste situatie, de minimale variant; de optimale situatie, met een zo laag mogelijke constructie en de streefbreedte m.b.t. de kruin. Er is ook met behulp van twee voorbeelden geïllustreerd hoe de type I kan worden gemitigeerd en ingepast. Tenslotte is in hoofdstuk 6 geconcludeerd of inpassing van een type I haalbaar is en is beschreven welke vervolgstappen er in de planuitwerking zijn voorzien.

2. Klanteisen en uitgangspunten

2.1 Klanteisen hoogte constructie

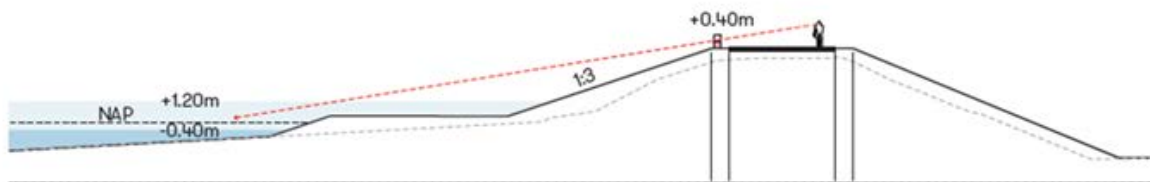
Voor de hoogte van de type I constructie zijn klanteisen van toepassing vanuit de omgeving en van de ruimtelijke kwaliteit/inpassing.

Klanteis omgeving:

Tijdens de 1^e ronde van de dijktafelsessies is gebleken dat een type I met de oorspronkelijke hoogtes voor bewoners aan de dijk niet aanvaardbaar is. De hoogte van een vangrail, 75 cm, wordt wel als een acceptabele hoogte gezien. De klanteis vanuit de omgeving is dus: hanteer een maximale hoogte van 75 cm waarmee de type I uitsteekt boven kruinniveau. Daarbij is ook uitgesproken dat de hoogte van de type I constructie bij voorkeur nog verder wordt geoptimaliseerd (verlaagd).

Klanteis ruimtelijke kwaliteit / inpassing:

Vanuit de ruimtelijke visie (Ruimtelijke inpassing kansrijke alternatieven) is het uitgangspunt om een type I constructie zoveel mogelijk in het grondlichaam weg te werken en anders maximaal 40 cm boven de kruin van de dijk te laten uitsteken. Dit om het zicht vanaf de dijk op de getijderivier te behouden en om de constructie visueel niet te laten domineren ten opzichte van de dijk.



Figuur 1. Ontwerputgangspunt type I constructie in ruimtelijke visie

2.2 Klanteisen kruinbreedte

In relatie tot de kruinbreedte van de dijk zijn klanteisen van toepassing vanuit de omgeving en vanuit de wegbeheerder.

Klanteisen omgeving

In gesprekken met omgeving is naar voren gekomen dat er een vraag is om de verkeersveiligheid van de weg te verbeteren. Daarbij hoort in hun beleving een bredere weg, liefst met vrij liggend fietspad en parkeerplekken. Dit leidt tot de volgende klanteisen vanuit de omgeving:

1. Verbeter verkeersveiligheid door een bredere weg
2. Realiseer veilige verkeersplekken, wanneer mogelijk.
3. Realiseer, indien mogelijk, een vrij liggend fietspad langs het gehele traject.

Uitgangspunt vanuit het HWBP is om minimaal de huidige situatie terug te brengen en een sober en doelmatig ontwerp te maken, waarbij het ontwerp goed is ingepast.

Klanteisen wegbeheerder

De wegbeheerder stelt als klanteis: voor verkeersveiligheid geldt een minimaal vereiste wegbreedte en een streefbreedte. De uitgangspunten die hiervoor worden aangehouden zijn samengevat in tabel 1 (bron: memo afweging verkeersruimte, [D2018-06-000032](#)).

Wegkenmerk	Minimum	Streefmaat
Asfaltbreedte	5,5m (minimaal huidige wegbreedte)*	6,5m
Buitenberm	1m (vangrail noodzakelijk)	1,5m (obstakelvrije zone: geen vangrail noodzakelijk)*
Binnenberm	1m	1m
	<i>*bij Lageweg is de minimale wegbreedte 4.5m.</i>	<i>*streefmaat CROW 2,5; hier is 1.5 toegepast (keuze HHSK)</i>

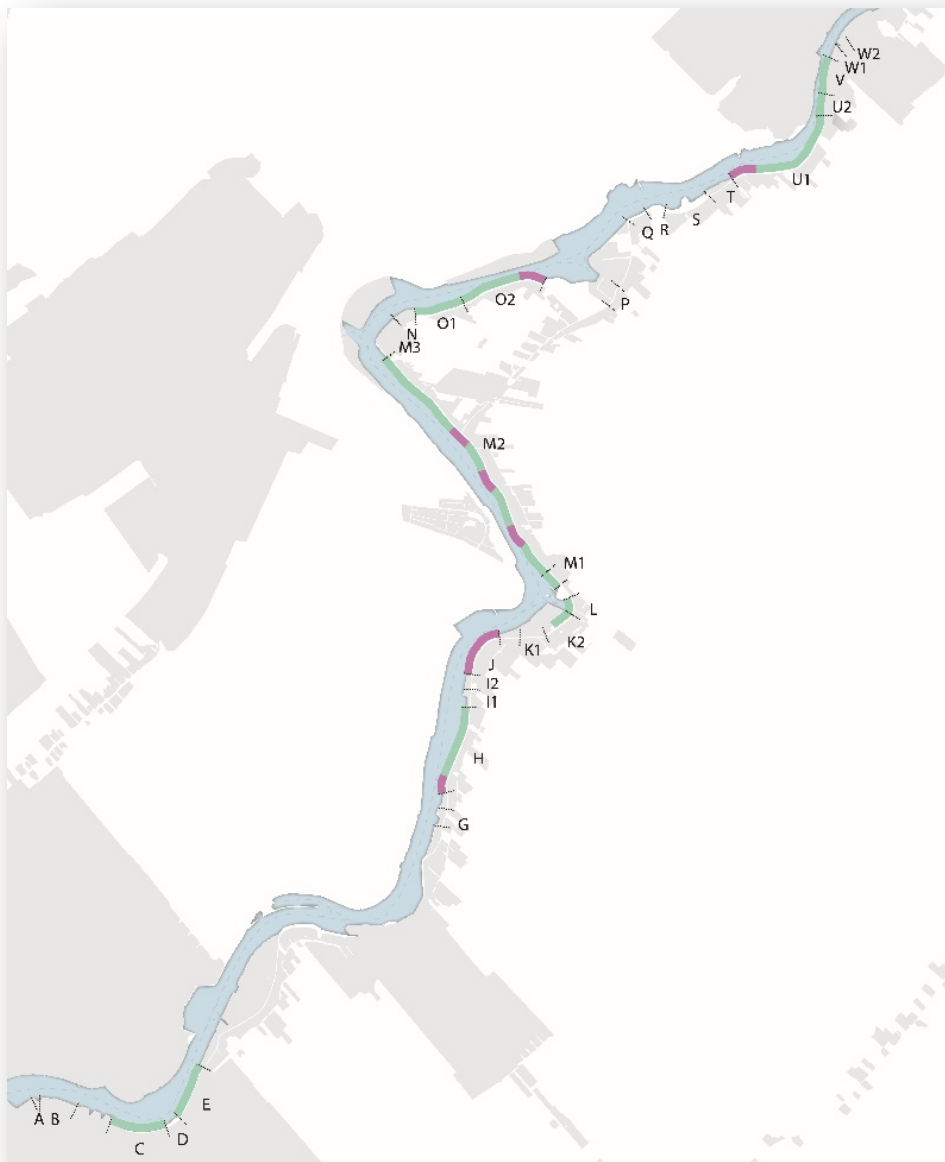
Tabel 1. Wegkenmerken

2.3 Uitgangspunten inpassing type I

Voor de inpassing van een type I zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Conform tabel 1 dient de buitenberm minimaal 1 meter te zijn. Bij deze afstand is altijd een vangrail noodzakelijk tussen de weg en de constructie. Als de constructie minstens 1,5 meter van de weg is gepositioneerd, is er geen vangrail nodig (tenzij er sprake is van een buitenbocht, zie volgende uitgangspunt). In buitenbochten is, ongeacht de breedte van de buitenberm, altijd een vangrail nodig (bron: memo geleiderail, D2018-06-000033). Op de kaart in figuur 2 zijn deze locaties weergegeven.
- De benodigde constructiebreedte voor een type I constructie is 70 cm. Dit is gebaseerd op de technische specificatie voor een type I constructie (breedte van een damwandscherm is maximaal ca 50cm) en de ruimte die nodig is om een vangrail (ten behoeve van de verkeersveiligheid) te integreren met deze constructie. In deze notitie is ter vereenvoudiging voor de beschouwde situaties uitgegaan van eenzelfde constructiebreedte van 70 cm, ongeacht de noodzaak voor een vangrail. Zeker voor de situatie dat er geen vangrail nodig is, betekent dit dat er dus ruimte is om de kruinbreedte te optimaliseren. Er is geen sprake van verankering bij een type I constructie, dus hiervoor hoeft geen rekening te worden gehouden met extra ruimtebeslag.

In figuur 2 is de noodzaak van een vangrail weergegeven voor de dijkvakken waarop een type I als (concept)VKA is gekozen. Op de groene trajecten is alleen een vangrail nodig als de obstakelvrije zone kleiner is dan 1,5 meter. Op de paarse trajecten is sprake van een buitenbocht, hier is altijd een vangrail nodig.



Figuur 2. Noodzaak van een vangrail voor de dijktrajecten waar de type I constructie het (concept)VKA is. Op de groene trajecten is geen vangrail nodig, zolang voldaan wordt aan de obstakelvrije zone van minimaal 1,5 meter. De paarse trajecten zijn buitenbochten; hier is altijd een vangrail nodig.

3. Beschouwde situaties

In deze notitie zijn de klanteisen en uitgangspunten uit hoofdstuk 2 vertaald naar twee situaties: een minimaal gewenste inpassing van de type I constructie, en een optimale inpassing. De minimaal gewenste inpassing is gebaseerd op de klanteis vanuit de omgeving dat de hoogte van een constructie maximaal 75 cm boven de kruin van de dijk uitsteekt, en dat voldaan wordt aan de minimale wegkenmerken. De optimale inpassing is gebaseerd op de klanteis vanuit ruimtelijke kwaliteit/ruimtelijke inpassing dat de hoogte van een constructie maximaal 40 cm boven de kruin van de dijk uitsteekt en dat voldaan wordt aan de beschreven 'streefkenmerken' van het wegprofiel. Hieronder zijn deze situaties verder toegelicht.

Minimaal gewenste inpassing type I

- Hoogte type I constructie max. 75 cm
 - Minimale kruinbreedte 8,2m
- Opbouw kruin:
- weg 5,5m,
 - 1m berm aan buitenzijde,
 - 1m aan binnenzijde,
 - type I constructie 0,7m.

Deze situatie is de minimaal acceptabele maatvoering; als dit niet is in te passen, is de type I constructie geen acceptabele oplossing. De aangegeven minimale kruinbreedte en de opbouw hiervan geeft de minimale afmetingen weer. Als de weg of de bermen in de huidige situatie breder zijn, dan is het streven om dit in dezelfde afmetingen weer terug te brengen.

Op de dijk rondom Lageweg (dijkvakken: laatste deel M2, M3 t/m O2) is de minimum wegbreedte in de huidige situatie minder dan 5.5m (bron: memo afweging verkeersruimte, [D2018-06-000032](#)). De weg heeft hier ook een ander karakter, omdat dit niet de doorgaande weg is. Voor de toetsing van de haalbaarheid is in deze notitie voor de hele dijk uitgegaan van een minimale kruinbreedte van 8.2 meter. In de planuitwerkingsfase worden locatie specifieke situaties verder uitgewerkt en geoptimaliseerd.

Optimale inpassing type I

- Hoogte type I constructie max. 40 cm
 - Minimale kruinbreedte 9,7m
- Opbouw kruin:
- weg 6,5m,
 - 1,5m berm aan buitenzijde (waar mogelijk géén vangrail),
 - 1m aan binnenzijde,
 - type I constructie 0,7m

Deze situatie geeft het streefbeeld weer; vanuit de beschreven klanteisen is dit de meest optimale situatie.

In de buitenbochten van de weg is vanuit verkeersveiligheid altijd een vangrail nodig, met een hoogte van 75cm. Ook voor deze plekken is vanuit de ruimtelijke visie een maximale hoogte van de constructie van 40cm gewenst, om ruimte te houden voor een goede inpassing en integratie van de constructie en de vangrail.

4. Mogelijkheden voor optimalisatie inpassing type I

In dit hoofdstuk is beschreven welke mogelijkheden er zijn voor optimalisatie van inpassing van type I constructies op dijkvakken waar deze kansrijke oplossing als (concept)VKA is gekozen. De mogelijkheden voor optimalisatie hebben betrekking op het verlagen van het HBN voor de gehele dijk langs de Hollandsche IJssel en op het treffen van mitigerende maatregelen per afzonderlijk dijkvak. In tabel 2 en tabel 3 zijn de mogelijkheden van deze oplossingsrichtingen in een samenvattende tabel weergegeven.

Mogelijkheden voor optimalisatie inpassing type I met effect voor het gehele dijktraject van KIJK.

De benodigde hoogte van de type I constructies hangt samen met de berekende hoogte van het Hydraulisch Belasting Niveau (HBN). Bij verlaging van het HBN, kan ook de hoogte van de type I constructies worden verlaagd. Er is een aantal mogelijkheden om het maatgevende HBN te verlagen, waarbij het effect betrekking heeft op het gehele dijktraject van KIJK. Het gaat om: aanpassing Waterakkoord (verlagen maalstoppeil), aanpassing van het zichtjaar/levensduur voor hoogte, aanpassing van het toelaatbaar overslagdebiet en rekening houden met modelactualisaties. In tabel 2 is een samenvattend overzicht van deze mogelijkheden gegeven, inclusief een indicatie van het potentiële effect voor het maatgevende HBN.

Opmerking: aanpassing van het zichtjaar/levensduur voor hoogte en aanpassing van het toelaatbaar overslagdebiet zijn optimalisaties die eventueel ook per afzonderlijk dijkvak gekozen kunnen worden. Een 'autonome' ontwikkeling die van invloed kan zijn op de hoogte van het HBN (en hiermee op de benodigde hoogte van de type I constructie) is het verbeteren van de modellen waarmee de waterstand bij norm en het hydraulisch belastingniveau berekend worden. Op dit moment is rekening gehouden met een conservatieve onzekerheidstoeslag van 0,30 meter op de berekeningsresultaten. Met de verbeteringen die momenteel plaatsvinden worden de onzekerheden meegenomen in de probabilistische analyse, waarmee de onzekerheidstoeslag vervalt. De verwachting is dat dit leidt tot een lagere waterstand bij norm en hydraulisch belastingniveau. Omdat dit een autonome ontwikkeling is, zonder bewuste keuzemogelijkheid, is dit in onderstaande tabel niet als aparte optimalisatie benoemd.

	Optimalisaties;	Effect	Bron	Gevolgen kosten/beheer/ etc.	Hangt samen met:
A	Aanpassing Waterakkoord (verlagen maalstoppeil) Optimalisatie voor gehele dijk.	5-30 cm afname benodigde hoogte (lagere HBN) (variërend per dijkvak, en afhankelijk van omvang toelaatbaar overslagdebiet)	Notitie Systeemalternatieven op de Hollandsche IJssel	Geen	Overslagdebiet (effect hoort bij laag overslagdebiet, bij hoog overslagdebiet wordt effect verwaarloosbaar)
B	Zichtjaar/levensduur voor hoogte verlagen van 100 jaar naar 50 jaar, (zichtjaar/levensduur voor sterkte en stabiliteit blijft levensduur 100 jr). Optimalisatie voor gehele dijk, of per dijkvak	15-20 cm afname benodigde hoogte (lagere HBN)	Excel-sheet berekende waterstanden/ HBN voor zichtjaren 2015, 2045, 2075 en 2100.	Mogelijk na 50 jaar de hoogte van de type I aanpassen -> nieuw versterkingsproject	
C	Overslagdebiet 5 l/m/s / 10 l/m/s Optimalisatie voor gehele dijk, of per dijkvak	20-30cm afname benodigde hoogte (minder hoge kering nodig)	Excel-sheet berekende waterstanden/ HBN voor zichtjaren 2015, 2045, 2075 en 2100.	Mogelijk grotere beheersinspanning door aanvullende maatregelen om het hogere overslagdebiet te accommoderen.	

Tabel 2. Optimalisaties om de type I constructie lager te kunnen uitvoeren

Mogelijkheden voor optimalisatie inpassing type I met effect voor afzonderlijke dijkvakken

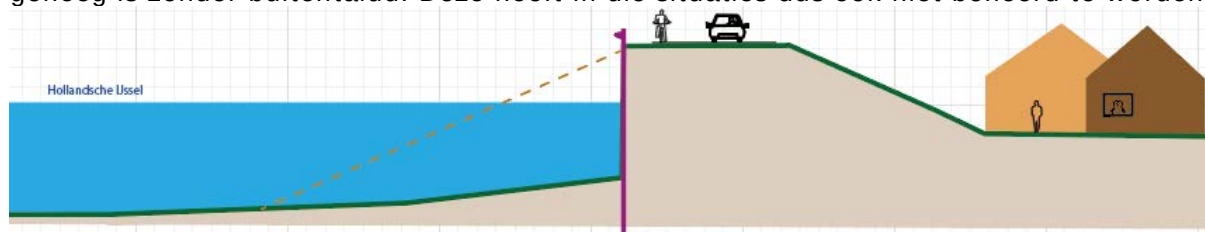
Er zijn verschillende fysieke, mitigerende maatregelen mogelijk om de inpassing van de type I constructie per dijkvak te optimaliseren. Onderstaande tabel beschrijft vier mogelijkheden hiervoor.

	Mitigerende maatregelen; Per dijkvak in te zetten	Effect	Bron	Gevolgen kosten/ beheer/ etc.	Hangt samen met:
D	Huidige talud meenemen in het ontwerp	Variërend per dijkvak (lagere HBN)	bijlage 1 van de NvUv4; B1 Memo hydraulische ontwerprandvoorwaarden KIJK (d.d 19-10-2017)	Huidig talud moet onderhouden/ beheerd worden	
E	Buitenwaarts talud 1:3 aanleggen en verruwen	Circa 30cm afname benodigde hoogte (lagere HBN)	box 6 in bijlage 1 van de NvUv4; B1 Memo hydraulische ontwerprandvoorwaarden KIJK (d.d.19-10-2017)	Huidig talud (vaak ca 1:2) moet aangeheeld worden: kosten, effect op bergend vermogen	Extra optimalisatie: verruwing buitentalud)
F	Neusconstructie (parapet) toepassen	Circa 20cm afname benodigde hoogte (minder hoge kering nodig)	Excel-sheet berekende waterstanden/ HBN voor zichtjaren 2015, 2045, 2075 en 2100.		overslagdebiet, bodemdaling (?)
G	Hoogte weg aanpassen	Visueel effect	Ruimtelijke inpassing kansrijke alternatieven		(max. 30cm ivm aansluitingen?)

Tabel 3. Mitigerende maatregelen om de type I constructie te kunnen optimaliseren en/of ruimtelijk in te passen

Ad D (huidig talud meenemen in het ontwerp) en ad E (buitenwaarts talud 1:3 en verruwen).

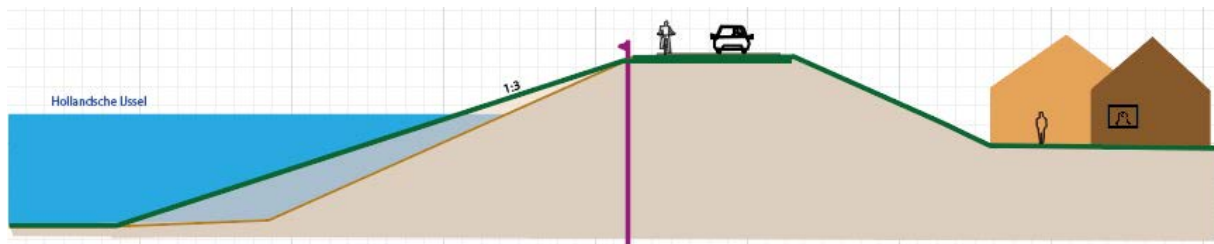
De type I ontwerpen die zijn gemaakt in de verkenningsfase zijn berekend zónder gebruik te maken van het huidige buitentalud. Figuur 3 geeft de theoretische situatie weer. Het meerekenen van het huidige buitentalud zorgt voor een verlaging van de HBN. Het niet meerekenen van het buitentalud betekent dat een type I constructie sterk genoeg is zónder buitentalud. Deze hoeft in die situaties dus ook niet beheerd te worden.



Figuur 3 buitentalud is in huidige ontwerpberekening niet meegerekend

Het wel meerekenen van het buitentalud betekent dat de type I constructie minder hoog hoeft te zijn. In de huidige situatie is op de meeste locaties nu ook al een buitentalud aanwezig, met een wisselende steilte. Het meenemen van het huidige talud zoals dit nu aanwezig is, heeft ook al een positief effect op de hoogte van de constructie. Als dit talud wordt meegenomen in de berekeningen betekent dit wel dat het talud in de praktijk ook beheerd moet worden.

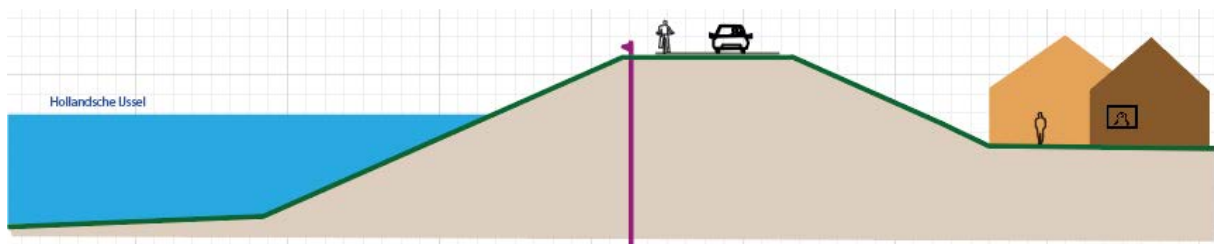
Een talud van 1:3 heeft het meeste effect, en is daarom als maatregel opgenomen; hiermee is dus mee gerekend. Omdat dit op veel plaatsen een verflauwing van het talud vergt, leidt dit tot afname van waterbergend vermogen en een eventueel conflict met de vaargeul (zie figuur 4). Dit zijn belangrijke consequenties waarmee bij verdere uitwerking rekening moet worden gehouden.



Figuur 4 buitentalud van 1:3 toepassen; effect op kosten en waterbergend vermogen

Ad F (toepassen neusconstructie).

Een neusconstructie is een golfremmende maatregel aan de rivierzijde van de type I constructie; zie figuur 5. Een neusconstructie en het talud buitenwaarts kunnen niet als combinatie worden toegepast; het effect van de neusconstructie is boven een flauw (1:3) talud namelijk zeer beperkt. Nadelen van deze maatregelen zijn de extra kosten voor aanleg en beheer en minder mogelijkheden tot het ruimtelijk goed inpassen van de constructie door een extra constructie.

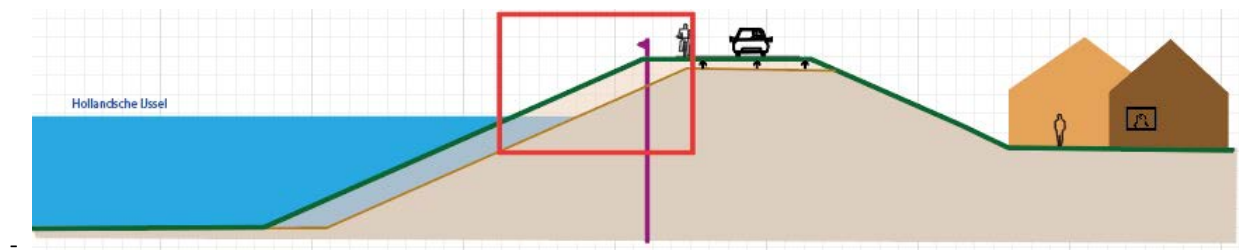


Figuur 5 Neusconstructie (abstract weergegeven)

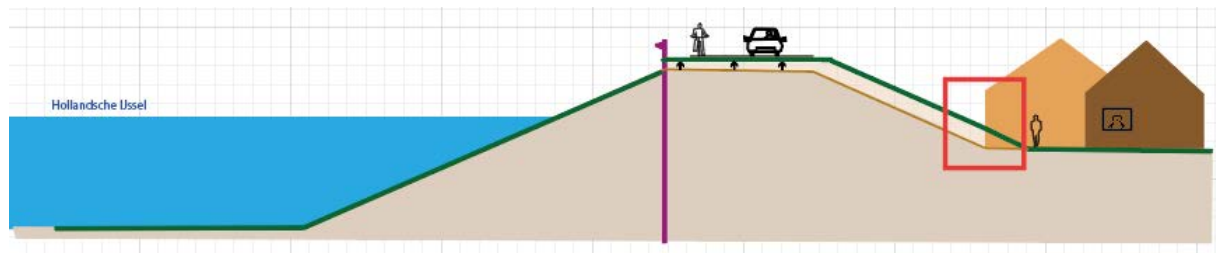
Ad G (Hoogte weg aanpassen).

Om de gewenste 75cm hoogte van de type I constructie te behalen, kan ook de weg opgehoogd worden. Hiervoor zijn meerdere opties, waarvan hieronder twee worden beschreven en verbeeld.

- Ophogen van de weg zonder het binnentalud aan te passen en het buitentalud gelijk te houden aan de huidige situatie (figuur 6).
- Ophogen van de weg waarbij het binnentalud wordt aangepast en het buitentalud gelijk blijft; dit leidt op veel plekken langs de dijk tot conflicten met binnendijkse bebouwing (onderste tekening). In dit voorbeeld is het buitentalud op dezelfde plek gebleven, waardoor de constructie aan de buitenzijde voor een groter deel in het zicht is dan aan de binnenzijde (figuur 7). Dit laatste heeft wel effect op het beeld van de dijk vanaf de Hollandsche IJssel; vanuit de ruimtelijke inpassing is de klanteis dat de constructie met een maximum van 1 meter in het zicht is.



Figuur 6 ophogen van de weg met instandhouding binnentalud



Figuur 7 ophogen weg met instandhouding buitentalud

Het ophogen van de weg brengt uiteraard extra kosten met zich mee. Daarnaast kan door het opbrengen van extra grond ook risico op schade opleveren door grondvervorming bij de naastgelegen panden. Dit risico kan gemitigeerd worden met een keerwand of kantopsluiting, zoals ook in de notitie MCA wordt beschreven.

5. Haalbaarheid

Om de haalbaarheid van de minimaal gewenste inpassing en de optimale inpassing te beoordelen zijn de volgende vragen uitgewerkt:

Minimaal gewenste inpassing:

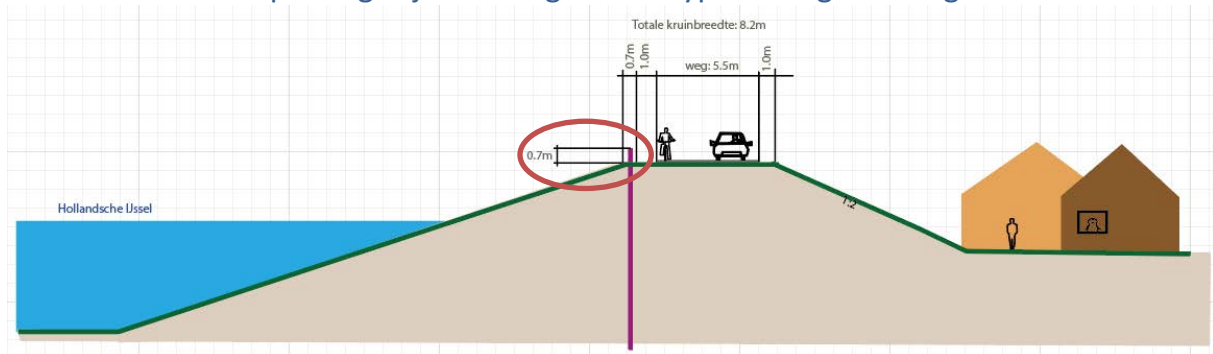
1. Is de type I constructie terug te brengen naar een maximale hoogte van 75 cm?
2. Wat is ruimtebeslag in de breedte van type I bij de minimale inpassing? (kruinbreedte 8,2m)

Optimale inpassing

3. is de type I constructie terug te brengen naar een maximale hoogte van 40cm?
4. wat is het ruimtebeslag in de breedte van type I bij optimale inpassing (kruinbreedte 9,7m)

In de paragrafen 5.1 t/m 5.4 zijn deze vier deelvragen beantwoord. Tenslotte wordt in paragraaf 5.5 ingegaan op de dijkvakken met de grootste inpassingsopgave. Dijkvak J wordt hiervan als voorbeeld uitgewerkt.

5.1 Minimale inpassing: zijn de hoogtes van type I terug te brengen naar 75 cm?



Figuur 8. situatie met een minimale kruinbreedte en hoogte type I constructie 75cm

In tabel 4 is een overzicht gegeven van het hoogtetekort per dijkvak om de gewenste maximale hoogte van 75cm te bereiken. Daarbij is uitgegaan van de benodigde kruinhoogte in 2045. De tabel maakt duidelijk dat bij 11 van de 15 dijkvakken waar de constructie type I als concept-VKA is gekozen, sprake is van een hoogtetekort. Verkorting van de levensduur van een type I naar vijftig jaar is hierin al meegenomen. Het berekende hoogtetekort in dit geval ligt tussen 8 cm (dijkvak V) en 41 cm (dijkvak O1). Bij 4 van de 15 dijkvakken is er geen hoogtetekort; de type I constructie is hier al maximaal 75 cm (dijkvak D, K1, K2 en L).

In tabel 4 is per dijkvak ook een voorstel gedaan voor de wijze waarop het vastgestelde hoogtetekort opgelost kan worden. Daarbij is uitgegaan van de volgende voorkeursvolgorde van optimalisaties/maatregelen:

1. levensduur type I constructie voor hoogte verkorten van 100 naar 50 jaar. Deze optimalisatie is bij alle dijkvakken toegepast, in het berekende hoogtetekort is hier al rekening mee gehouden;
2. toepassen van buitentalud 1:3. Deze maatregel is voor deze analyse toegepast waar dit mogelijk is;
3. toepassen van neusconstructie: deze maatregel is toegepast op locaties waar geen ruimte is voor toepassing van een buitentalud 1:3 (geen ruimte vanwege vaargeul, dijkvakken O2 en V);
4. ophogen van de kruin van de dijk met de weg. Deze maatregel is toegepast om het resterende hoogtetekort op te vangen.

De mogelijke optimalisaties 'waterakkoord' en 'overslagdebiet' zijn in deze voorstellen niet meegenomen.

De aangegeven voorstellen per dijkvak zijn meegenomen in de kostenraming voor het VKA om een inschatting te kunnen geven van de kosten van mitigatie van type I. In de planuitwerkingsfase wordt de uiteindelijke keuze gemaakt over welke optimalisaties en mitigerende maatregelen op welke locatie worden toegepast.

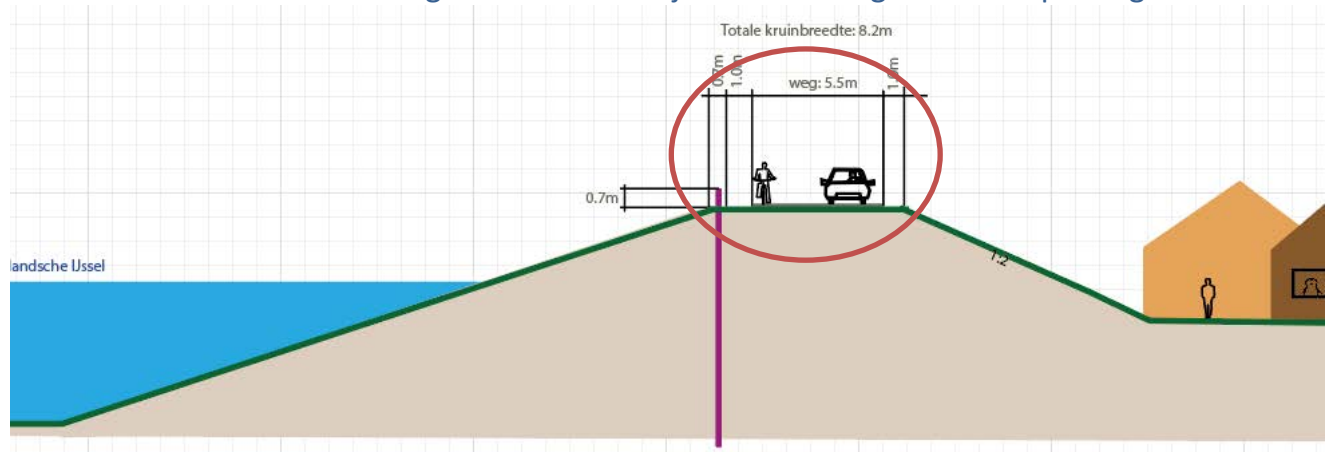
Dijkvakken waar concept-VKA = type I	Gem. hoogte-tekort in cm om 75cm te bereiken. *	Aantal meters waar hoogte niet voldoet	Talud 1:3 of neusconstructie toepassen	Restopgave: Wegophoging in cm en benodigde lengte van de wegophoging
C	13	275	Talud toepassen (275m): 0cm bereikt	-
D	0	0	-	-
E	17	200	Talud toepassen (200m): 0 cm bereikt	-
H	15	175	Talud toepassen (75m): deels nog hoogtekort	18 (100m)
J	31	350	Talud toepassen (350m): deels nog hoogtekort	14 (125m)
K1	0	0		
K2	0	0		
L	0	0		
M1	28	325	Talud toepassen (25m): deels nog hoogtekort	26 (300m)
M2	33	1375	Talud toepassen (1375m): deels nog hoogtekort	9 (575m)
O1	41	300	Talud toepassen (300m): deels nog hoogtekort	16 (125m)
O2	24	550	Geen ruimte voor aanpassing talud; toepassen neusconstructie (550m): deels nog hoogte tekort	4 (125m)
U1	35	650	Talud toepassen (650m): deels nog hoogtekort	10 (450m)
U2	29	125	Talud toepassen (125m): 0 cm bereikt	
V	8	100	Geen ruimte voor aanpassing talud; toepassen neusconstructie (100m): deels nog hoogte tekort	6 (25m)
Totaal: 4425m			Totaal: 1825m	

*Tabel 4. Haalbaarheid hoogte tekort overbrugging. * Verkorten levensduur is al meegenomen*

De totale lengte waar type I niet voldoet aan de maximale hoogte van 75cm bedraagt 4.4 km van de in totaal 6.1 km waar type I als (concept)VKA is gekozen. Uit de tabel blijkt dat met het toepassen van een buitentalud van 1:3 een groot deel van de opgave kan worden gemitigeerd. Waar een talud 1:3 niet past, wordt een neusconstructie ingezet. De restopgave is met deze mitigerende maatregelen nog maar 1,8 km. Gezien de beperkte hoogte en lengte is dit goed te compenseren door minimale wegophoging toe te passen.

conclusie: terugbrengen van de hoogte van de type I constructie naar maximaal 75 cm is voor elk dijkvak haalbaar.

5.2 Wat is het ruimtebeslag in de breedte bij de minimaal gewenste inpassing



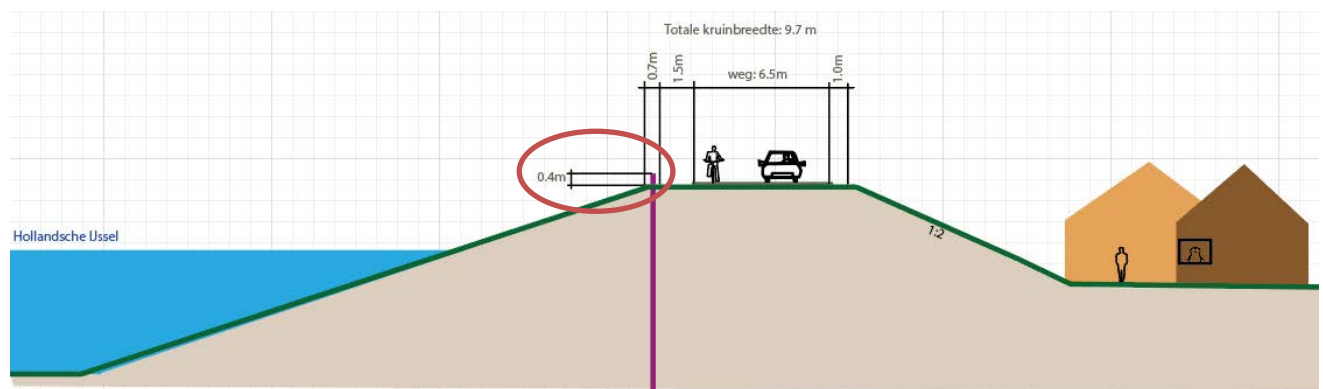
Figuur 9. situatie met een minimale kruinbreedte en hoogte type I constructie 75cm

Op de kaartbijlage bij deze notitie (bijlage A) is met een paarse lijn aangegeven waar de huidige kruinbreedte niet toereikend is voor het in figuur 9 weergegeven profiel met een minimale kruinbreedte van 8,2 meter. Hieruit blijkt dat op een aantal plekken de kruin verbreedt dient te worden. Dit betekent extra kosten en een afname van bergend vermogen van de Hollandsche IJssel.

conclusie: bij de minimaal gewenste inpassing dient het huidige profiel op een aantal locaties verbreed te worden. Dit leidt tot extra kosten en een afname van het bergend vermogen van de Hollandsche IJssel; er is echter geen conflict met de vaargeul.

5.3 Optimale inpassing: zijn de hoogtes van type I terug te brengen naar 40 cm?

Bij de optimale inpassing bedraagt de hoogte van de type I constructie maximaal 40 cm (zie figuur 10).



Figuur 10: Optimale situatie type I met minimale kruinbreedte en hoogte type I maximaal 0,40 meter

Op basis van tabel 4 kan worden gesteld dat de grootste hoogteopgave, na optimalisatie en mitigerende maatregelen, op dijkvak M1 voorkomt. Hier is de type I constructie na optimalisatie en mitigerende maatregelen nog 26 cm te hoog ten opzichte van de maximale hoogte van 75 cm. Als de streefhoogte 40 cm is in plaats van 75 cm, dan komt hier dus nog 35 cm bij : dus hier dient nog $26 + 35 = 61$ cm te worden gecompenseerd.

Voor deze compensatie zijn de volgende optimalisaties en externe ontwikkelingen mogelijk (Zie ook tabel 2 en 3).

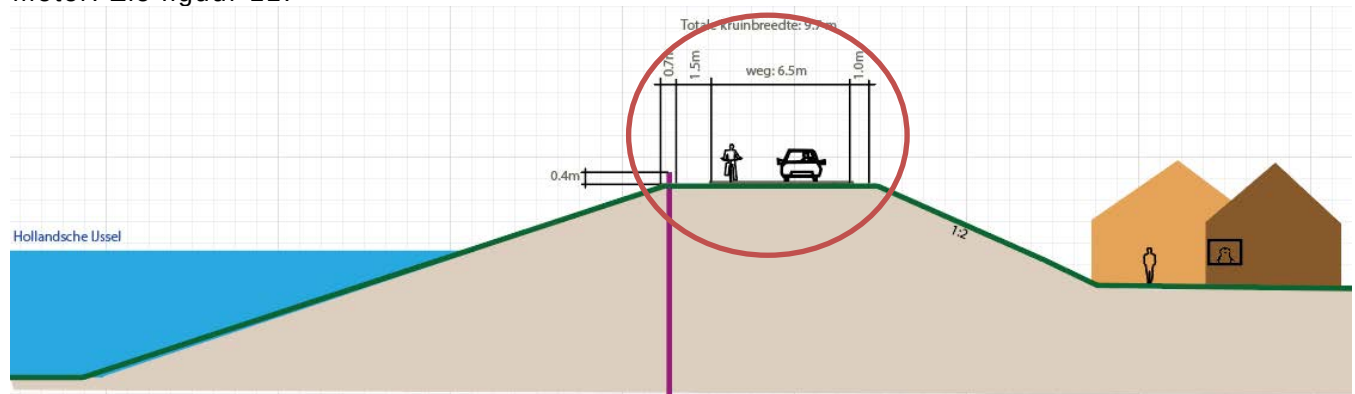
B, C Waterakkoord + overslagdebit	ca 15 cm
F, Neusconstructie	ca 20 cm
G, Wegophoging	ca 30 cm
Verlaging HBN (model verbetering)	<u>ca 10 cm +</u>
Totaal	ca 75 cm

Voor sommige dijkvakken is de neusconstructie al toegepast, waardoor dit effect niet meer mag worden meegeteld. Dit zijn echter ook de dijkvakken waar de restopgave relatief beperkt is. De circa 55 tot 75 cm (met of zonder neusconstructie) die met bovenstaande optimalisaties en ontwikkelingen behaald kan worden, is naar verwachting voldoende om op het grootste deel van alle dijkvakken de optimale hoogte van maximaal 40cm te kunnen behalen. Op sommige (zeer korte) stukken dijk is de optimale 40 cm mogelijk niet haalbaar. Dit wordt verder onderzocht in de planuitwerkingsfase.

conclusie: terugbrengen van de hoogte van de type I constructie naar maximaal 40 cm is naar verwachting grotendeels haalbaar. Op enkele (zeer korte) stukken van dijkvakken lukt dit mogelijk niet, dit wordt verder onderzocht in de planuitwerkingsfase.

5.4 Wat is het ruimtebeslag in de breedte bij de optimale inpassing

Bij de optimale inpassing bedraagt de kruinbreedte van het dijkprofiel minimaal 9.7 meter. Zie figuur 11.



Figuur 11: Optimale kruinbreedte situatie

Op de kaartbijlage bij deze notitie (bijlage A) is met een oranje stippellijn aangegeven waar de huidige kruinbreedte niet toereikend is voor het in figuur 11 weergegeven profiel met een minimale kruinbreedte van 9,7 meter. Hieruit blijkt dat op veel plekken de kruin verbreed dient te worden; dit betekent extra kosten en een afname van het bergend vermogen van de Hollandsche IJssel. Op een aantal locaties is ook kans op een conflict met de vaargeul. De grootste inpassingsopgave komt voor op de dijkvakken J, O2 en U1, U2 en V (zie oranje cirkels op de kaart).

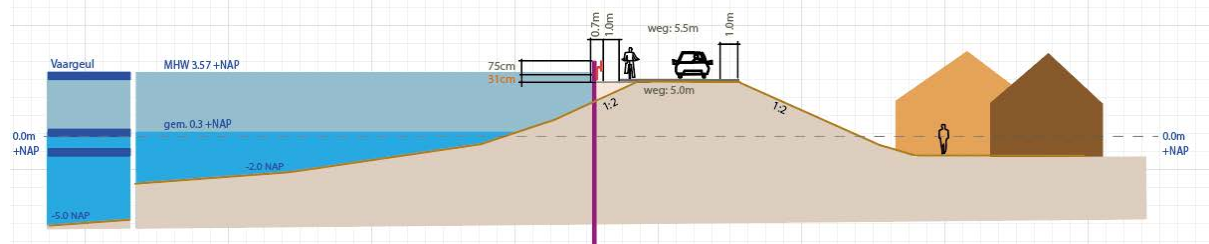
conclusie: Het verbreden van de kruin tot de optimale kruinbreedte leidt tot extra kosten en een afname van bergend vermogen; bovendien is er op een aantal locaties een conflict met de vaargeul.

5.5 Voorbeelduitwerking dijkvak J

Om te schetsen op welke wijze het hoogtekort opgelost kan worden, is de situatie bij dijkvak J als voorbeeld uitgewerkt.

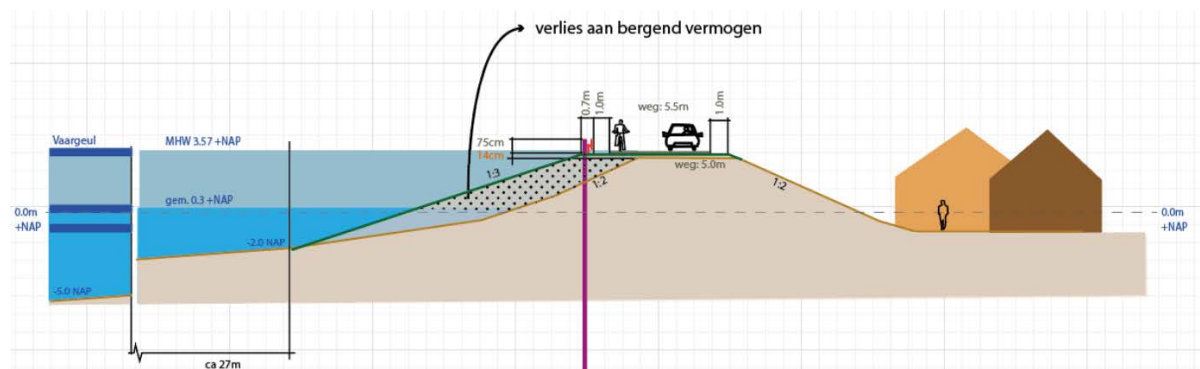
Figuur 12 geeft een abstracte weergave van de situatie bij dijkvak J, op de locatie waar de dijk het dichtst bij de vaargeul ligt. Hier is de constructie ingetekend waarbij de levensduur 50 jaar is en het buitentalud niet is meegerekend. Te zien is dat de constructie 31cm hoger is ten opzichte van de kruin dan de gewenste 75cm. In figuur 12 is ook te zien dat de constructie nu over een hoogte van meer dan 2 meter zichtbaar is vanaf de Hollandsche IJssel.

De minimale kruinbreedte is aangegeven: deze is breder dan de huidige kruinbreedte en de kruin dient daarom ook te worden verbreed.



Figuur 12. Dijkvak J: constructie max. hoogte 75cm, levensduur 50 jaar, minimale kruinbreedte

Door het aanbrengen van een buitentalud met helling 1:3 is het hoogtetekort teruggebracht naar 14 centimeter; dit laatste kan worden opgelost met een wegoophoging van 14 cm. Dit is weergegeven in figuur 13. De oplossing bevindt zich ver genoeg van de vaargeul.



Figuur 13. Dijkvak J: constructie max. hoogte 75cm, levensduur 50 jaar, minimale kruinbreedte, talud 1:3, weg met 14 cm omhoog

De conclusie is dat in dijkvak J de type I in de minimale situatie goed is in te passen, mits het bergend vermogen geen problemen oplevert. Bovendien zijn er ook nog andere mogelijkheden om de gewenste inpassing te realiseren.

6. Conclusie en doorkijk planuitwerkingsfase

6.1 Conclusies

Algemene conclusie van deze studie is dat de minimale variant van Type I goed inpasbaar is met de beschreven optimalisaties en mitigerende maatregelen. Hierbij is de klanteis vanuit de omgeving voor hoogte (maximaal 75 cm hoog) voor alle dijkvakken met het (concept) voorkeursalternatief type I goed haalbaar.

De 'optimale' situatie is ook over behoorlijke lengte haalbaar, maar vergt meer mitigerende maatregelen, maatwerk en kost meer.

Voor sommige (zeer kleine) stukken dijkvak is de klanteis vanuit inpassing (maximaal 40 cm hoog) nu niet aantoonbaar te realiseren. Hiervoor is meer onderzoek nodig.

6.2 Planuitwerkingsfase

In de planuitwerkingsfase is de inpassing van de type I constructie een belangrijk aandachtspunt. Onderdeel van het voorgestelde voorkeursalternatief is om de optimalisaties van "maalstop" en kortere levensduur voor hoogte van type I in ieder geval voor de gehele scope toe te passen.

Overige toe te passen optimalisaties of mitigerende maatregelen dienen in de planuitwerkingsfase verder onderzocht te worden.

De verdere verbetering van het modelinstrumentarium (Hydra-NL) voor berekening van de waterstand bij norm en het hydraulisch belasting niveau is een ontwikkeling die ook van invloed kan zijn op de hoogteopgave voor inpassing van de type I constructie. De verwachting is dat dit zal leiden tot een vermindering van het hoogtetekort. In de planuitwerkingsfase zal dit nader worden beschouwd op basis van het geactualiseerde modelinstrumentarium.

In de planuitwerkingsfase wordt het ontwerp per dijkvak specifiek uitgewerkt ten behoeve van het Projectplan Waterwet. Daarbij worden ook inpassingskansen, zoals parkeerplaatsen, plaatselijke wegverbreding, en verbetering verkeersveiligheid beschouwd, dit in samenhang met inpassing van de Type I constructie.