

## Bijlage E: Voorbeeld LCC dijkversterking Gameren

### Opvolging evaluatie subsidieregeling

Werkpakketten toepassing LCC binnen kaders & omgang met hoge B&O kosten

Datum: 27 mei 2021  
Versie: 2.1  
Opsteller: K. Heijn (PD HWBP)

#### Inleiding

Alle primaire waterkeringen moeten in 2050 voldoen aan de wettelijke norm. Via de Regeling subsidies hoogwaterbescherming 2014 is het mogelijk om subsidie te krijgen voor maatregelen aan de keringen welke niet meer aan de norm voldoen door wijziging van de norm en/of het wettelijk beoordelingsinstrumentarium (WBI). In samenwerking met de programmadirectie van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) zoeken beheerders naar doelmatige maatregelen. Om de doelmatigheid van verschillende maatregelen te kunnen afwegen maken beheerders gebruik van de Life Cycle Costing-benadering (LCC). Met deze benadering berekent en vergelijkt de beheerder de netto contante waarde (NCW) van het totaal van de investerings- en instandhoudingskosten van verschillende maatregelen. Zo wordt bijgedragen aan de keuze voor het meest doelmatige ontwerp.

In dit voorbeeld, gebaseerd op het project Gameren van Waterschap Rivierenland (WSRL), is de LCC benadering in de verkenningsfase gebruikt bij de keuze tussen varianten voor het veiligheidsprobleem van piping. Hieronder worden voor dit voorbeeld de afwegingen en conclusie toegelicht om beheerders en de programmadirectie meer inzicht te geven in de toepassing van LCC.

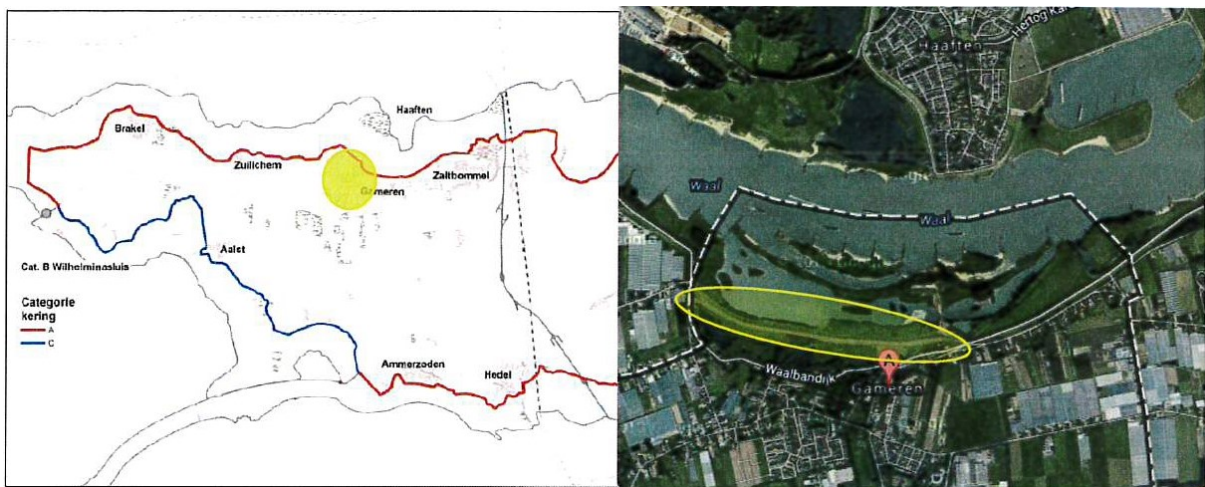
Voor meer informatie over de LCC-benadering wordt verwezen naar de HWBP factsheet "LCC in dijkversterking" [1].

#### Disclaimer:

Let op: Getallen (aannames en uitgangspunten) zijn aangepast en versimpeld t.b.v. dit voorbeeld. Het doel van dit voorbeeld is een LCC analyse te laten zien met niet klassieke oplossingen (vanuit een brede verkenning) en een analyse waarin de afweging met hogere B&O kosten speelt om het gesprek hierover in de alliantie te faciliteren.

#### Context project Gameren

Het dijktracé Gameren is gelegen langs de Gamerense Waarden in de Bommelerwaard, een streek in het zuidwesten van de provincie Gelderland, in de gemeente Zaltbommel (figuur 1). Het buitenwater is de Waal. Op basis van de resultaten van de derde toetsronde (LTR3), namelijk een score onvoldoende op het faalmechanisme piping, is het project Gameren opgenomen in het HWBP 2016-2021.



Figuur 1: plangebied project Gameren

Het plangebied ligt ingeklemd tussen de huidige primaire waterkering en het oude dijklichaam (Waalbandijk, figuur 2) en wordt gekenmerkt door een agrarisch landgebruik (grasland). In het gebied zijn drie nevengeulen: een permanent stromende geul en twee periodiek mee stromende

kleinere nevengeulen (figuur 1, rechts). De geulen liggen op korte afstand van de waterkering. De insnijding van de geul bij grote stroomsnelheden tijdens hoogwater in de Waal-buitenbocht is kenmerkend voor het pipingprobleem ter plaatse. In verband met het optreden van kwel in het gebied is het aannemelijk dat de waterstand enigszins gedempt meestijgt met de buitenwaterstand op de rivier de Waal. Tijdens de vorige dijkverbeteringsronde (eind jaren negentig van de vorige eeuw) is de dijk naar buiten verlegd om de bestaande lintbebouwing (figuur 3) langs de oude dijk (= de Waalbandijk) te sparen. De voormalige zomerkade ligt onder het buitentalud van de nieuwe kering.



Figuur 2: Vanaf de Waalbandijk zicht op de nieuwe dijk



Figuur 3: Waalbandijk met lintbebouwing

In LTR3 is gebleken dat 300m waterkering niet voldoet aan de eisen voor piping. Vooruitlopend op de wijziging van de norm en het WBI in 2017 is op basis van het ontwerpinstrumentarium (OI) 2014 in 2016 een veiligheidsanalyse uitgevoerd. Uit deze veiligheidsanalyse is gebleken dat de waterkering tussen RW128 en RW146 niet aan de norm zal voldoen aan de eisen voor piping en macrostabiliteit. Voor het faalmechanisme Erosie kruin en binnentalud (GEKB) bleek dat de levensduur beperkt is en de dijk waarschijnlijk voor 2050 niet meer zal voldoen. In 2017 is de norm voor het dijktraject 38-1 vastgesteld op een maximaal toelaatbare overstromingskans 1/10.000 per jaar. Gebleken is dat deze nieuwe normering (inclusief nieuwe pipingregels) tot een nog grotere verbeteringsopgave heeft geleid voor het plangebied Gameren.

Door WSRL is een afweging gemaakt of de gehele dijk integraal versterkt zou moeten worden. Besloten is om te kiezen voor een maatwerkoplossing op het meest urgente en door HWBP reeds geprogrammeerde deel. Hiermee wordt met een relatief kleine ingreep (met relatief weinig overlast) het meest urgente veiligheidsprobleem (piping) verholpen en kan een integrale dijkversterking voor het gehele dijktraject worden uitgesteld. In deze overweging speelt ook mee dat voor deze pipingopgave nadrukkelijk wordt gezocht naar innovatieve oplossingen gelet op de grote pipingopgave in het hele beheergebied van WSRL.

De faalmechanismen GEKB en macrostabiliteit worden meegenomen in een waarschijnlijk toekomstige integrale dijkversterking (medio 2025-2030) op basis van het nieuwe OI.

De oorspronkelijke scope uit LTR3 is door de impact van de nieuwe norm en OI uitgebreid van 300m naar 1000m. Uit de veiligheidsanalyse blijkt dat deze dijkstrekking het meest urgent is. Andere gedeeltes worden later meegenomen.

Bij de uitwerking van deze case is een stappenplan aangehouden dat geïnspireerd is op het stappenplan uit de Stowa handreiking voorlandkeringen. Dit stappenplan past in een brede verkenning bij aanvang van het proces waarin aandacht is voor de opgaves en onzekerheden ten aanzien van integraliteit, innovatie en adaptiviteit. Voor een nadere toelichting van het stappenplan wordt verwezen naar [3]. De stappen zijn:

- 0) Startpunt in proces
- 1) Start
- 2) Analyse
- 3) Beoordeling
- 4) Besluit

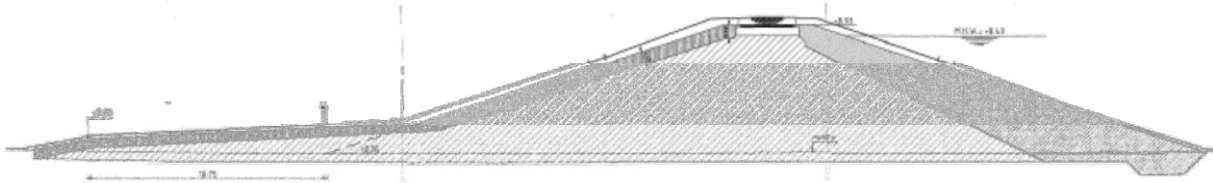
### Stap 0: wat is beslisvraag?

In dit voorbeeld ligt de focus op de afweging en besluitvorming van kansrijke varianten in de verkenning die de pipingopgave oplossen voor de dijkstrekking van 1000m. Er is gekozen om alleen de pipingopgave op te lossen en in de verkenningsfase zijn er drie kansrijke varianten geïdentificeerd. Voor dit voorbeeld is de volgende beslisvraag geformuleerd: welke van de drie varianten is het meest doelmatig vanuit economische overwegingen?

## Stap 1 Start: basisinformatie op orde, opgave en kansen in beeld

### Dijkopbouw en ondergrond

Het gebied is in het verleden vergraven voor kleiwinning en de huidige dijk ligt op de plaats van een voormalige zomerkade. Over de hele strekking heeft het dijklichaam een kruinbreedte van 4,00 m met daarop een asfaltfietspad met een breedte van 2,40 m.



Figuur 4: Geometrie van de eind jaren negentig uitgevoerde dijkverbetering (principeprofiel)

In het kader van de dijkverbetering in de jaren '90 is een kern van zand/zavel aangebracht met op het buitentalud een afdekkende laag van klei (figuur 4). Op het binnentalud is een laag teelaarde aangebracht. De taludhelling bedraagt 1:3 aan weerszijden van het dijklichaam. Over het gehele traject varieert de breedte van de aanwezige pipingberm tussen circa 10 en 50 meter. Buitendijks is een steenbestorting aanwezig op de vooroever. Net buiten de afrastering in de buitenteen staat een rij knotwilgen. Over de gehele strekking is een beperkt voorland (buitenberm) aanwezig.

De globale dijkopbouw voor beide locaties is hieronder beschreven:

- Een afsluitende kleilaag tussen NAP +6 à +7m.;
- Zandondergrond tot NAP -60m met op circa NAP -3m mogelijk een dunne scheidende laag;
- Intredepunt in het voorland ligt bij de teen, met opmerking dat bij op een gedeelte het onduidelijk is of er klei in het voorland is;
- Aanname is dat de deklaag van de berm voldoende dik is om opbarsten tegen te gaan. Het uitredepunt ligt in de waterpartij binnendijks.

In bovenstaande zitten een aantal onzekerheden. In dit voorbeeld is aangenomen dat deze onzekerheden niet van invloed zijn op de voorliggende beslisvraag. Normaliter is het verstandig om met behulp van gevoeligheidsanalyses na te gaan of de onzekerheden van invloed zijn op de beslisvraag: is er sprake van een kantelpunt? Is er voldoende informatie en zekerheid om de beslissing te kunnen nemen?

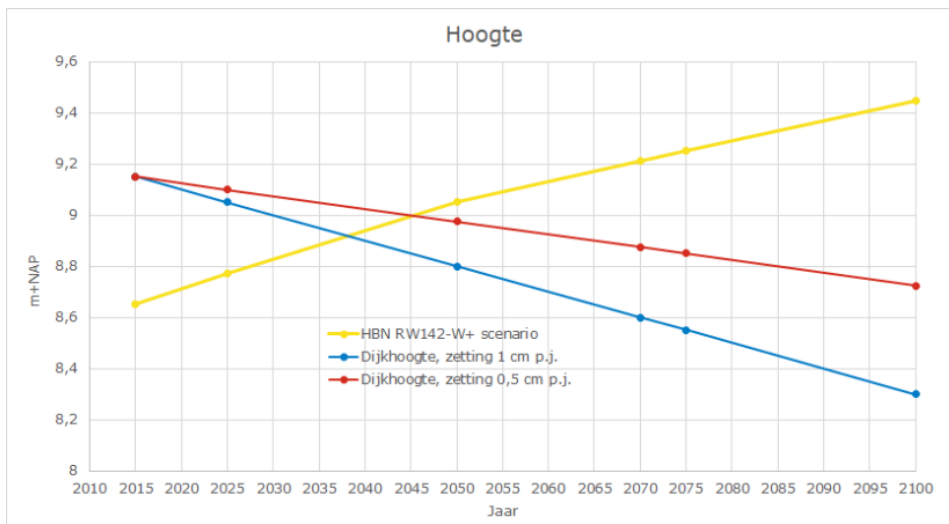
### Waterstanden Waal, HBN en hoogte dijk

In onderstaande tabel zijn de hydraulisch belastingniveaus (HBN) weergegeven tot zichtjaar 2100. Gerekend is met een overslagdebiet van  $q = 5$  l/s/m en klimaatscenario W+ (conform OI).

Dijkpaal	Locatie Hydra	Ontwerpwaterstanden (Zichtjaar:)					
		2015	2025	2050	2070	2075	2100
HBN RW142-W+ scenario	Dkr 38 Waal km 938-939 Loc 2_141859_424096	8,65	8,77	9,05	9,21	9,25	9,45

Tabel: HBN met zichtjaar tot 2100

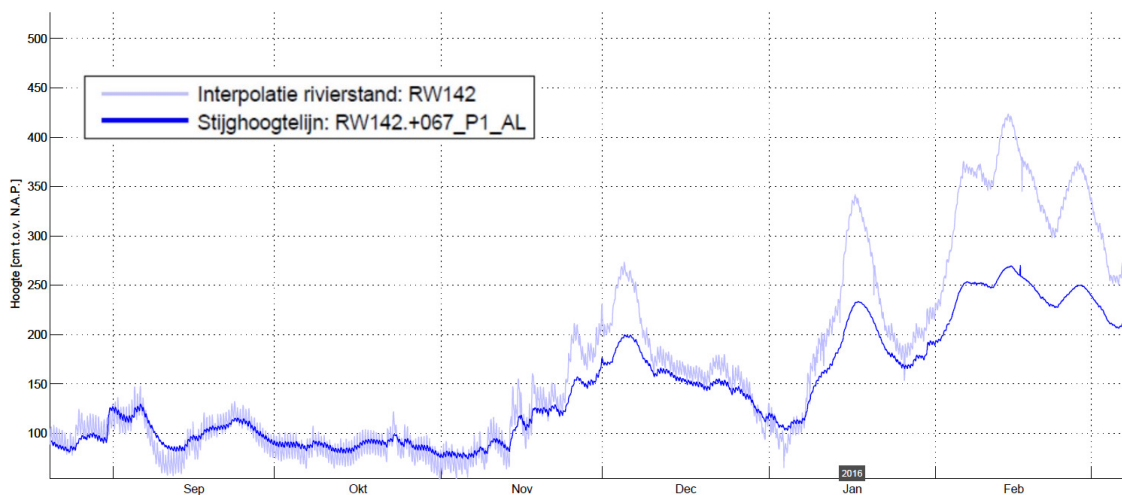
In de grafiek hieronder (figuur 5) is het HBN en de kruinhoogte van de dijk uitgezet in de tijd. Afhankelijk van de zetting en klimaatverandering is de levensduurverwachting op basis van GEKB nog ruim 15 jaar. Dit betekent voor het beheer het in de gaten houden van deze ontwikkelingen (monitoren) en op tijd signaleren dat er maatregelen moeten worden genomen. Voor het ontwerp van de maatregelen tegen piping is het van belang dat rekening wordt gehouden met hogere waterstanden in de toekomst en een toekomstige ophoging. Onzekerheden hierbij zijn de ontwikkelingen van de waterstand in de toekomst (afhankelijk van klimaatverandering, rivierversuimende maatregelen, etc.). Net als bij de bodemopbouw is in dit voorbeeld de aanname dat bij de afweging tussen en besluitvorming over de varianten deze onzekerheden niet van doorslaggevende aard zijn.



Figuur 5: HBN en de kruinhoogte van de dijk

### Waterstanden binnendijks

Binnendijks bedraagt het waterpeil onder normale omstandigheden NAP +1,50m. Voor de situatie bij hoogwater is het realistisch om een peilstijging binnendijks te verwachten. Dit blijkt ook uit recente waterspanningsmetingen (Wiertsema & Partners, mei 2016, zie figuur 6). Uitgegaan wordt van een peil binnendijks bij hoogwater van NAP +2,60m.



Figuur 6: Rivierwaterstand en stijghoogte bij een gemiddeld hoogwater

### Piping

De reden waarom de hele strekking niet aan de norm voldoet voor het faalmechanisme piping is dat de nieuwe rekenregels veel strenger zijn dan de rekenregels toegepast in LTR3. Daarnaast moet rekening worden gehouden met hogere buitenwaterstanden vanwege de hogere norm. De waterkering heeft een kwelwegtekort van 95 – 150 meter.

### Macrostabieliteit binnenwaarts

In de veiligheidsanalyse is geen voldoende-oordeel verkregen voor macrostabieliteit. Er zijn wellicht mogelijkheden om dit oordeel aan te scherpen met meer (grond-)onderzoek en analyses aangevuld met nieuwe kennis. Er is dus onzekerheid of er uiteindelijk wel of geen opgave voor macrostabieliteit is.

De overige faalmechanismen worden in dit voorbeeld buiten beschouwing gelaten.

### Omgevingsopgave

En andere aanname in dit voorbeeld is dat er geen ruimtelijke ontwikkelingen zijn die raakvlakken hebben met de dijk. De omgeving beïnvloedt de beslisvraag niet.

## Samenvattend: de opgave

Vanwege de keuze om partieel te versterken zijn de oplossingen voor de veiligheidsopgave alleen gericht op het piping, rekening houdend met evt. een versterking in de toekomst op de andere faalmechanismen. Er is alleen sprake van inpassing (geen meekoppelkansen, alleen behoud van huidige ruimtelijke kwaliteit).

## Stap 2 Analyse

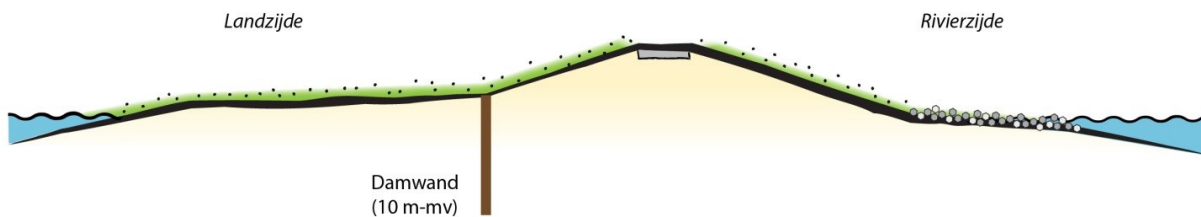
### Welke varianten zijn er?

Voor het pipingprobleem zijn er meerdere varianten mogelijk. In dit voorbeeld ligt de focus op een LCC-analyse van de volgende drie varianten, namelijk:

- Damwand:** een nieuwe damwand in de binnenteen van de dijk);
- Verticaal zanddicht geotextiel/Grofzand barrière (GZB):** een veelbelovende innovatieve techniek waarmee nog wel weinig tot geen ervaring mee is. Deze techniek biedt kansen voor de toekomst, gelet op de grote pipingopgave binnen het HWBP;
- Oude dijk als kwelkade:** vanwege de lokale situatie van een aanwezige achterliggende (verlaten) dijk is peilopzet (verhoging van het peil binnendijsk waardoor de kweldruk afneemt) een interessante optie.

### a) Damwand

Bij het verlengen van de verticale kwelweg wordt onderscheid gemaakt tussen verlenging nabij de uitstroomopening enerzijds en verlenging onder de dijk of buitendijsk anderzijds. Meest effectief is verlenging van de verticale kwelweg aan de landzijde door middel van een damwandscherm. Dimensionering kan dan gebeuren met de heave regels (OI). Voor de situatie bij Gameren wordt uitgegaan van een damwandscherm aan de binnenteen bestaande uit stalen damwandplanken.



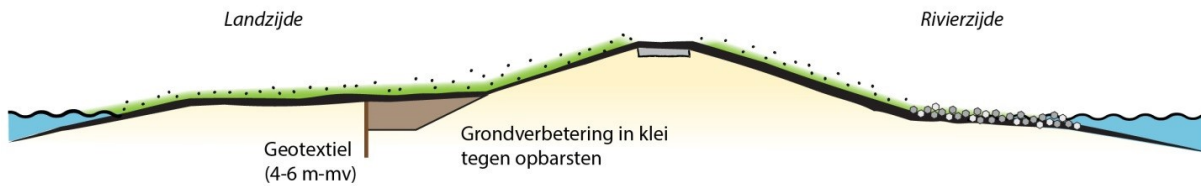
Voor het aanbrengen is zwaar materieel nodig zoals een kraan met heistelling en vrachtwagens voor aanvoer. De lengte van de damwand dient orde 7 à 15 meter te bedragen afhankelijk van de precieze samenstelling van de ondergrond. Het ruimtebeslag voor het aanbrengen van een damwandscherm is beperkt tot de werkstrook voor het materiaal dat de damwand aanbrengt (ordegrootte 5 tot 10 meter werkstrook). Na realisatie wordt het maaiveld weer ingezaaid met een grasmengsel en is de damwand niet zichtbaar in het landschap. Het profiel van de dijk verandert niet.

Bij de damwand zijn voor de afweging in de verkenningsfase weinig onzekerheden. Er wordt in de analyse gerekend met een levensduur van 100 jaar zodat investerings- en instandhoudingskosten goed vergeleken kunnen worden. Vanwege de relatief geringe toename in waterstanden door klimaatverandering en lange levensduur is gekozen voor klimaatscenario W+ (robuust) als uitgangspunt voor het voorbeeld.

Situatie	Levensduur	Additionele B&O kosten
1	100 jaar	nee

### b) Verticaal zanddicht geotextiel / Grofzand Barrière

Verticaal zanddicht geotextiel / Grofzand Barrière (VZG/GZB) is een innovatieve preventieve maatregel tegen piping. Het principe van het VZG berust op het feit dat het geotextiel wel water doorlaat, maar geen zand. Een pipe die aan de polderzijde tot ontwikkeling komt, loopt dood tegen het geotextiel. De kwelstroom van water blijft onveranderd. Het zand blijft onder de dijk liggen en er kan geen doorgaande pipe ontstaan. De GZB heeft dezelfde theoretische/ technische uitwerking, het geotextiel wordt dan vervangen door grofzand.



Hoewel de eerste ervaringen positief zijn, is de techniek nog niet grootschalig toegepast. Derhalve wordt na de realisatie gemonitord om na te gaan of de maatregel naar verwachting functioneert. Hiervoor is een monitoringsstrook van 2 meter gereserveerd direct boven de maatregel om ruimte te bieden voor (ondergrondse) peilbuizen en monitoringsapparatuur. Indien de veiligheidssituatie daartoe aanleiding geeft, dienen direct maatregelen getroffen te kunnen worden. De levensduur is een belangrijke onbekende, er is namelijk nog geen ervaring. In de LCC analyse wordt daarom uitgegaan van twee situaties.

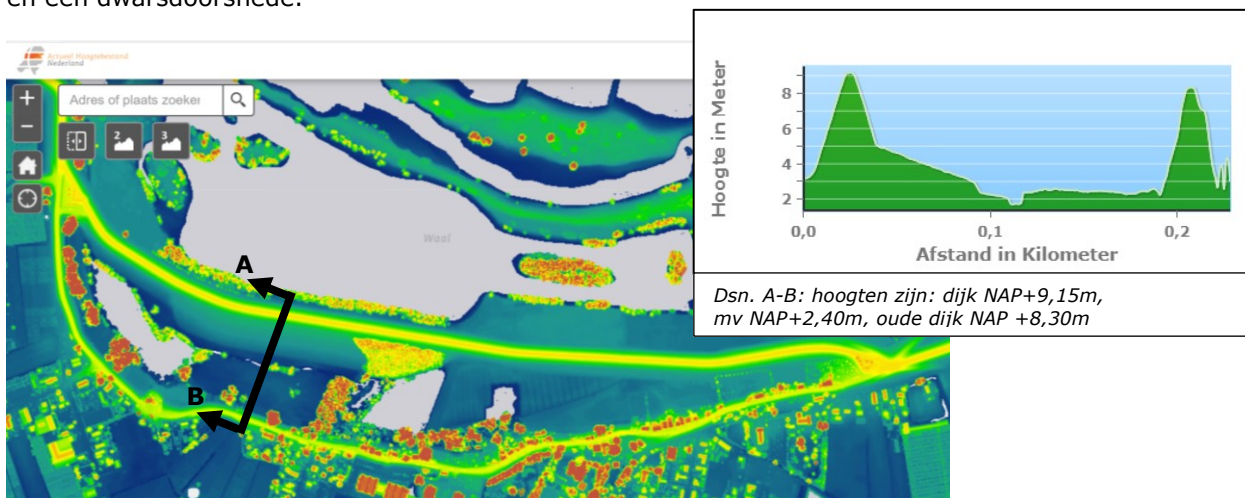
Situatie	Levensduur	Monitoring	Extra maatregel n.a.v. monitoringsresultaten
1	50 jaar	ja	Ja, na 5 jaar
2	80 jaar	ja	nee

### c) Oude dijk als kwelkade

Een oplossing om piping te voorkomen is om het verval over de kering te verkleinen door peilopzet. In de situatie bij Gameren stijgt de waterstand in de binnenpolder mee met de rivierwaterstand (communicerende vaten). Door de dijkverlegging in de jaren '90 is in de bestaande situatie reeds een kwelkade aanwezig, namelijk de oude dijk.

Door de peilopzet wordt een waterstand in de binnenpolder bereikt die de kwelstroom (zandtransport) onder de nieuwe dijk moet stoppen. Voor peilopzet zijn verkennende berekeningen gemaakt. De inschatting varieert in deze fase van het project tussen 2 à 4,5 meter peilopzet. Er gaat een A-watrgang door de oude dijk middels een niet afsluitbare duiker. Door het aanbrengen van een stuw kan het water gereguleerd worden opgezet. Aangezien de buitenwaterstanden communicerende vaten zijn met de binnenwaterstand, is er vanuit beheer aangegeven dat er om de ca. 2 jaar sprake is van kwel (water op maaiveld). In deze fase van het project (verkenningfase) is niet uitgezocht wanneer er sprake moet zijn van peilopzet en tot welk niveau. Expert judgement op dit moment is dat 1 keer in de 10 jaar er sprake is van serieuze peilopzet.

Om als kwelkade te kunnen functioneren moet de oude dijk voldoende waterdicht zijn zodat er geen verweking optreedt (verzadiging van de oude dijk). Aangezien de oude dijk vroeger hoge waterstanden kon keren, is de kans op het optreden van andere faalmechanismen nihil. Aanname hierbij is wel dat de peilopzet tot ca. 1,5 meter onder de kruinhoogte blijft en dat er eenmalig een kleilaag moet worden aangebracht op het buitentalud. Hieronder een hoogtekartaasje van de situatie en een dwarsdoorsnede.



Hoogtekaart situatie Gameren [Bron: <https://www.ahn.nl/ahn-viewer> ]

De oude dijk is in de jaren '90 uit beheer genomen. De lengte is 1,7 km. Hierna hebben veel bewoners objecten bijgebouwd onder aan de dijk. Tevens zijn er tuinen aangelegd en is er grond verplaatst. Op het traject liggen ca. 23 woningen tussen de dijken. Ook binnendijks van de oude

dijk zijn een aantal nieuwe woningen gebouwd. Als de oude dijk als kwelkade wordt ingezet moet hier rekening mee worden gehouden. Gedacht moet worden aan nadeelcompensatie door planschade (grond wordt minder waard vanwege nieuwe bestemming waterkering van (een gedeelte van) de oude dijk) en schade bij het opzetten van het peil. De schade is afhankelijk van de benodigde peilopzet. Ook kan de deze schade wellicht in één keer (eenmalig) worden afgekocht bij vaststellen maatregel en het opnemen van de "oude dijk" in legger. Dit is een aanname voor dit voorbeeld, een juridische check zou moeten plaatsvinden om na te gaan of dit juridisch mogelijk is.

Voor de LCC-analyse hebben de onzekerheden vooral betrekking op:

- a) de kans van voorkomen van hoogwater i.c.m. peilopzet;
- b) de omvang van de schade (zowel planschade als schade bij peilopzet).

De volgende 3 situaties worden daarom meegenomen in de LCC-analyse.

Situatie	Gebeurtenis peilopzet	Planschade	Schade per gebeurtenis peilopzet
1	1x per 10 jaar	ja	Ja
2	1x per 25 jaar	ja	Ja
3	1x per 10 jaar	ja	Nee, eenmalige afkoop bij planschade

Welke kosten en aannames worden gehanteerd bij de varianten en de daarbij bijbehorende scenario's?

De kosten voor de toekomstige dijkversterkingen voor evt. hoogte, macrostabiliteit, etc. worden niet meegenomen in de LCC-analyse. Deze toekomstige maatregelen zijn niet onderscheidend voor de afweging en vergelijk van de piping-varianten. De maatregelen voor piping worden dusdanig ontworpen dat deze alternatieven hiervoor geen extra kosten hebben t.o.v. elkaar, en daarmee ook niet relevant voor het vergelijk en de afweging

De volgende kosten worden in de LCC-berekeningen gehanteerd:

Investerings- & vervangingskosten (jaar 1 en einde levensduur)			
Alternatief	Omschrijving	Investerings- & vervangingskosten*	Levensduur
		[€]	[jaar]
Damwand	alle kosten	€ 2.200.000	100
GZB situatie 1	alle kosten	€ 1.500.000	50
GZB situatie 2	alle kosten	€ 1.500.000	80
Kwelkade (voor alle situaties)	Stuw/kleiafdichting	€ 250.000	40
Kwelkade (voor alle situaties)	Eenmalige kosten Keur / legger / planschaderegelingen /protocol bij hoogwater	€ 100.000	-
Kwelkade alleen situatie 3	eenmalige kosten afkoop schade	€ 460.000	-

\* Bij de vervanging aan het eind van de levensduur hoeft geen rekening te worden gehouden met sloop (hanteer hetzelfde bedrag als bij de initiële investering); Investering in jaar 1 komt in aanmerking voor subsidie, vervangingsinvestering is in principe groot onderhoud. In spreadsheet SSK2018 komen deze kosten terug als instandhoudingskosten

Generieke instandhoudingskosten (euro per km per jaar, ref. jaar 2019)*		
Algemeen	€ 3.700	Beheersinstrumenten waterkeringen, Dijkbewaking en calamiteitenbestrijding, Voorzieningen verwante belangen wk
Muskusrattenbestrijding	€ 4.500	
Overige B&O	€ 7.600	Overige beheer en onderhoudskosten: inspectie, monitoring, beoordelen, regulier (gewoon) onderhoud, evt. groot onderhoud
	€ 15.800	

\* Generieke cijfers vanuit bedrijfsvergelijking van de UvW m.b.t. WSRL

Additionele instandhoudingskosten				
Variant	Activiteit	Kosten/freq. [€]	Freq. [jaar]	Toelichting
Damwand	-	€ -	1	Aanname geen additionele kosten

Beheer en onderhoudskosten (alleen additioneel)				
Variant	Activiteit	Kosten/freq. [€]	Freq. [jaar]	Toelichting
GZB situatie 1 en 2	Monitoring 1e 5 jaar	€ 10.000	1	1e 5 jaar hogere monitoringskosten innovatie
GZB situatie 2	Aanpassing nav monitoring	€ 100.000		na 5 jaar eenmalig
GZB situatie 1 en 2	Monitoring na 5e jaar	€ 5.000	1	frequente monitoring
Kwelkade situatie 1,2,3	extra in beheer nemen kwelkade	€ 9.010	1	vanuit kentallen generieke instandhoudingskosten regionale kering WSRL
Kwelkade situatie 1,2,3	Bedienen stuw (water opzetten en gebied droog zetten)	€ 7.500	10	
Kwelkade situatie 1,2,3	Gebied opschonen	€ 5.000	10	extra kosten voor netjes achter laten gebied
Kwelkade situatie 1	Schade vergoeden	€ 35.000	10	
Kwelkade situatie 2	Schade vergoeden	€ 35.000	25	

\* niet extra tov generiek

### Stap 3 Beoordeling

In onderstaande zijn de resultaten van de LCC berekeningen opgenomen (afgerond). In de bijlage zijn grafieken opgenomen van de kosten in de tijd, en een uitgebreidere tabel.

Variant en situatie	Cash Flow	LCC (CW)	Instandhouding (CW)	Investering
Damwand	€ 5.980.000	€ 3.435.000	€ 1.235.000	€ 2.200.000
GZB_SC 1	€ 6.705.000	€ 3.635.000	€ 2.135.000	€ 1.500.000
GZB_SC 2	€ 5.105.000	€ 2.980.000	€ 1.480.000	€ 1.500.000
Kwelkade_SC 1	€ 2.956.000	€ 2.005.000	€ 1.655.000	€ 350.000
Kwelkade_SC 2	€ 2.671.000	€ 1.865.000	€ 1.515.000	€ 350.000
Kwelkade_SC 3	€ 2.606.000	€ 2.305.000	€ 1.495.000	€ 810.000

Uit de LCC volgt dat de kwelkade de meest doelmatige variant is (laagste LCC), ongeacht de situatie. Dit wordt veroorzaakt door de geringe investeringskosten vanwege de reeds aanwezige Waalbandijk, ondanks de hogere instandhoudingskosten. De instandhoudingskosten van GZB zijn relatief hoog vanwege extra monitoring en de inschatting van aanpassingskosten. Dit heeft uiteraard alles te maken dat het een innovatieve techniek betreft. De damwand heeft de laagste instandhoudingskosten, maar de investering is erg hoog.

In de beoordeling dienen ook de andere belangen en waarden te worden meegenomen. Zo wordt bij de kwelkade een beperking gelegd op het medegebruik van de Waalbandijk (o.a. aanwezige woningen) en betekent een extra belasting voor beheer. Verder biedt dit project een kans om een innovatie toe te passen, een nieuwe techniek met veel potentie voor het HWBP.

### Stap 4: Besluit

Vanuit alleen economische overwegingen is de kwelkade de meest doelmatige oplossing. Hiermee is de beslisvraag (stap 0) beantwoord.

Bij het uiteindelijke besluit dienen hier echter ook andere overwegingen worden meegenomen. De oude dijk is in het verleden verlaten waardoor de bewoners geen beperkingen meer hebben op hun percelen. Bij de oplossing kwelkade hebben ze opeens weer beperkingen en gaan ze ook vaker overlast ervaren.

Waterschap Rivierenland heeft bij Gameren gekozen voor de grofzand barrière. Overweging hierbij is dat deze innovatie daarmee een grote sprong voorwaarts maakt richting een geaccepteerde techniek. Belangrijk is om bij deze innovatie ervaring op te doen voor een bredere toepassing. Opgemerkt dient te worden dat de kwelkade voor waterschap Rivierenland geen kansrijke en haalbare variant is geweest vanwege de hierboven beschreven nadelen en is, ook vanwege de mogelijkheid om de grofzand barrière door te ontwikkelen, niet verder onderzocht.



### Wie betaalt wat?

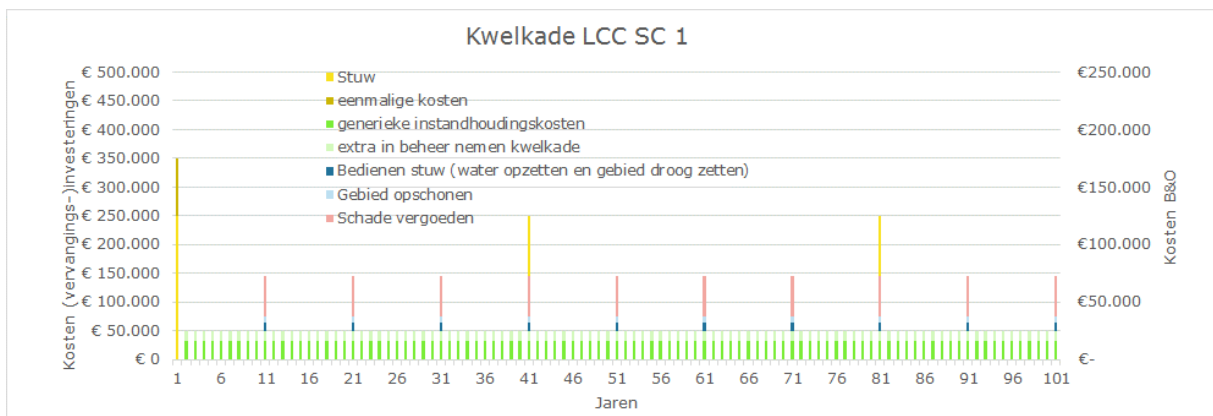
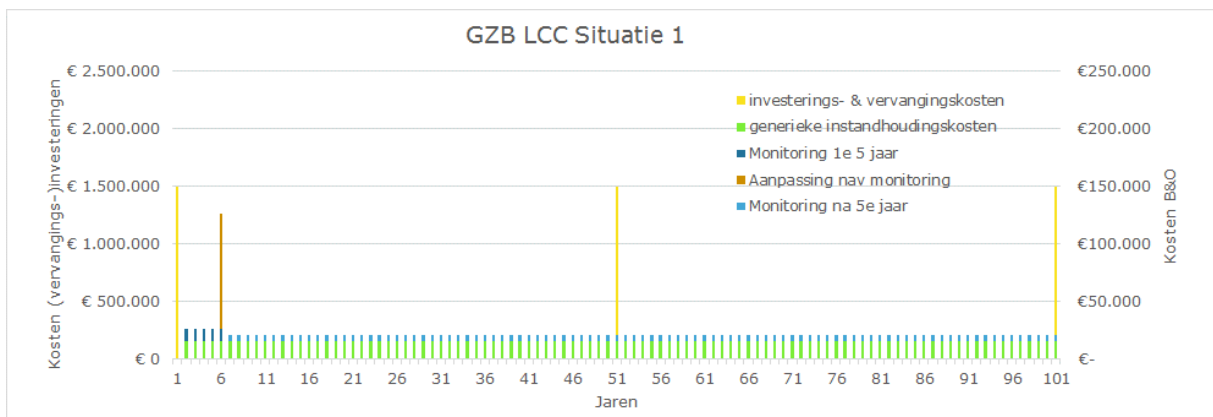
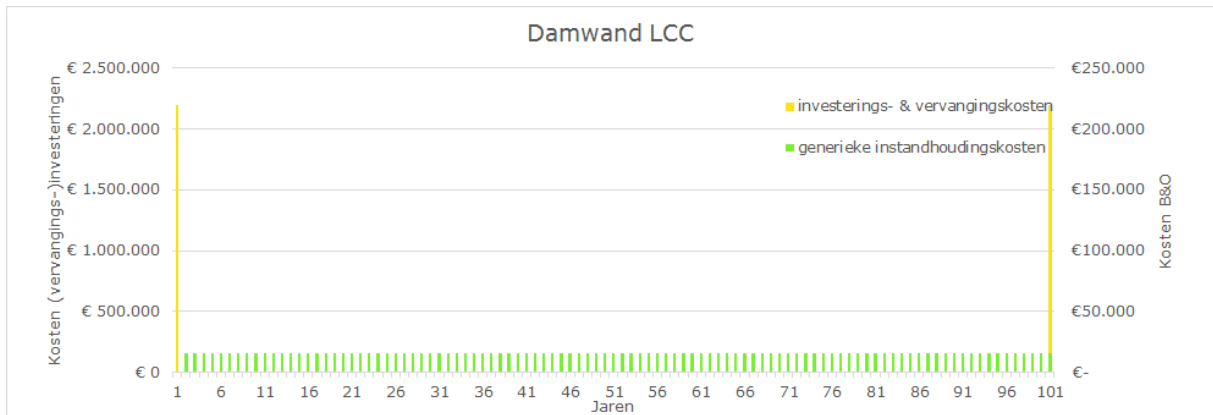
- Het toerekenen van kosten en risico's aan financiers (invulling begrip "sober")  
Waterveiligheidsmaatregelen komen in aanmerking voor subsidie. Voor reguliere maatregelen geldt een subsidie van 90% met een 10% projectgebonden bijdrage van het waterschap. Het betreft alleen de investeringskosten (nu, in het jaar 1). Instandhoudingskosten zijn niet subsidiabel.

In onderstaande tabel is per variant inzichtelijk wie welke kosten draagt.

Kostentoedeling	Damwand	GZB*		Kwelkade			
		situatie 1	situatie 2	situatie 1	situatie 2	situatie 3	
Totaal LCC	3.435.000	3.635.000	2.980.000	2.005.000	1.865.000	2.305.000	LCC over 100 jaar (CW)
HWBP	1.980.000	1.500.000	1.500.000	315.000	315.000	729.000	90 investering (100% bij innovatie)
Waterschap	220.000	0	0	35.000	35.000	81.000	10% investering (0% bij innovatie)
	-	365.000	272.000	668.000	526.000	506.000	Additionele instandhoudingskosten (CW)
	785.000	785.000	785.000	785.000	785.000	785.000	Generieke instandhoudingskosten (CW)
	449.834	985.000	421.000	203.000	203.000	203.000	vervangingskosten (CW)

\*Voor innovatie geldt 100% subsidiering van de initiële investering

Bijlage - LCC berekeningen – grafieken en uitkomsten



## Overzichtstabel resultaten LCC berekeningen

Alternatief	Beschrijving	Cash Flow	LCC (CW)	B&O (CW)	Investing
Damwand	investerings- & vervangingskosten	4.400.000	2.649.834	449.834	2.200.000
Damwand	generieke instandhoudingskosten	1.580.000	785.586	785.586	-
Damwand	Totaal	5.980.000	3.435.420	1.235.420	2.200.000
GZB_SC 1	investerings- & vervangingskosten	4.500.000	2.484.980	984.980	1.500.000
GZB_SC 1	generieke instandhoudingskosten	1.580.000	785.586	785.586	-
GZB_SC 1	Monitoring 1e 5 jaar	50.000	47.687	47.687	-
GZB_SC 1	Aanpassing nav monitoring	100.000	92.370	92.370	-
GZB_SC 1	Monitoring na 5e jaar	475.000	224.760	224.760	-
GZB_SC 1	Totaal	6.705.000	3.635.383	2.135.383	1.500.000
GZB_SC 2	investerings- & vervangingskosten	3.000.000	1.921.303	421.303	1.500.000
GZB_SC 2	generieke instandhoudingskosten	1.580.000	785.586	785.586	-
GZB_SC 2	Monitoring 1e 5 jaar	50.000	47.687	47.687	-
GZB_SC 2	Aanpassing nav monitoring	0	0	0	-
GZB_SC 2	Monitoring na 5e jaar	475.000	224.760	224.760	-
GZB_SC 2	Totaal	5.105.000	2.979.336	1.479.336	1.500.000
Kwelkade_SC1	Stuw	750.000	452.710	202.710	250.000
Kwelkade_SC1	eenmalige kosten	100.000	100.000	0	100.000
Kwelkade_SC1	generieke instandhoudingskosten	1.580.000	785.586	785.586	-
Kwelkade_SC1	extra in beheer nemen kwelkade	901.000	447.983	447.983	-
Kwelkade_SC1	Bedienen stuw (water opzetten en gebied droog zetten)	75.000	34.684	34.684	-
Kwelkade_SC1	Gebied opschonen	50.000	23.122	23.122	-
Kwelkade_SC1	Schade vergoeden	350.000	161.857	161.857	-
Kwelkade_SC1	Totaal	2.956.000	2.005.942	1.655.942	350.000
Kwelkade_SC 2	Stuw	750.000	452.710	202.710	250.000
Kwelkade_SC 2	eenmalige kosten	100.000	100.000	0	100.000
Kwelkade_SC 2	generieke instandhoudingskosten	1.580.000	785.586	785.586	-
Kwelkade_SC 2	extra in beheer nemen kwelkade	901.000	447.983	447.983	-
Kwelkade_SC 2	Bedienen stuw (water opzetten en gebied droog zetten)	30.000	12.249	12.249	-
Kwelkade_SC 2	Gebied opschonen	20.000	8.166	8.166	-
Kwelkade_SC 2	Schade vergoeden	140.000	57.161	57.161	-
Kwelkade_SC 2	Totaal	2.671.000	1.863.854	1.513.854	350.000
Kwelkade_SC 3	Stuw	750.000	452.710	202.710	250.000
Kwelkade_SC 3	eenmalige kosten	560.000	560.000	0	560.000
Kwelkade_SC 3	generieke instandhoudingskosten	1.580.000	785.586	785.586	-
Kwelkade_SC 3	extra in beheer nemen kwelkade	901.000	447.983	447.983	-
Kwelkade_SC 3	Bedienen stuw (water opzetten en gebied droog zetten)	75.000	34.684	34.684	-
Kwelkade_SC 3	Gebied opschonen	50.000	23.122	23.122	-
Kwelkade_SC 3	Schade vergoeden	0	0	0	-
Kwelkade_SC 3	Totaal	2.606.000	2.304.085	1.494.085	810.000

### Achtergrond informatie

- [1] Factsheet "LLC in dijkversterking" op: <https://www.hwbp.nl/kennisbank/lifecycle-costing>