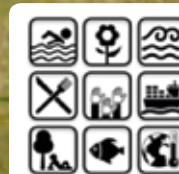


Nota Kansrijke Oplossingen

STERKE LEKDIJK



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN



Salmsteke
Ontkiemt!

November 2018

Gemaakt door:

LIEVENSE
adviseurs ingenieurs

Regulierenring 6
3981 LB Bunnik
T. +31 (0)88-91.020.00
www.lievence.com

STROOTMAN
LANDSCHAPSARCHITECTEN

Funenpark 1-D
1018 AK Amsterdam
T. +31(0)20-419.41.69
www.strootman.net

In opdracht van:



Poldermolen 2
3994 DD Houten
T. +31 (0)30-634.5700
www.hdsr.nl

Nota Kansrijke Oplossingen

STERKE LEKDIJK



Salmsteke
Ontkiemt!

Inhoud

1	Inleiding	7	4	Beoordelingskader	24
1.1	Achtergronden van deelproject Salmsteke	7	4.1	Waarom een beoordelingskader?	24
1.2	Een gefaseerde aanpak	7	4.2	Technische haalbaarheid	24
1.3	Het doel van dit document	8	4.3	Vergunbaarheid	24
1.4	Leeswijzer	8	4.4	Kosten	25
			4.5	Consequenties voor de omgeving	25
			4.6	Samenhang met uiterwaard	25
			4.7	Kansen voor innovaties en duurzaamheid	26
			4.8	Beoordelingsmethodiek	26
2	Bouwstenen voor kansrijke oplossingen	9	5	Kansrijke oplossing 1: Dijk als lijn	27
2.1	Veiligheidsopgave en zoekrichtingen	9	5.1	Ruimtelijk perspectief en maatregelen op hoofdlijnen	27
2.2	Bouwstenen en innovaties	10	5.2	Ruimtelijke opgaven	31
2.2.1	Piping	10	5.3	Verschillende technische opties	32
2.2.2	Macrostabieliteit binnenwaarts	11	5.4	Onderzoeksvragen	32
2.2.3	Macrostabieliteit buitenwaarts	11	5.5	Beoordeling op criteria	33
2.2.4	Bekleding (buitenzijde)	12	5.5.1	Technische haalbaarheid	33
2.2.5	Innovaties	12	5.5.2	Vergunbaarheid	33
			5.5.3	Kosten	34
			5.5.4	Consequenties voor de omgeving	34
			5.5.5	Samenhang met uiterwaard	34
			5.5.6	Innovaties en duurzaamheid	34
3	Verhaallijn voor drie kansrijke oplossingen	14			
3.1	Introductie op de verhaallijn	14			
3.2	Ruimtelijke uitgangspunten schaalniveau gehele Lekdijk	14			
3.3	Ruimtelijke uitgangspunten schaalniveau Salmsteke	16			
3.4	Plan Uiterwaard	20			
3.5	Introductie drie kansrijke oplossingen	22			

6	Kansrijke Oplossing 2: Brede dijkzone	35	8	Conclusies	50
6.1	Ruimtelijk perspectief en maatregelen op hoofdlijnen	35	8.1	Veiligheidsopgave	50
6.2	Ruimtelijke opgaven	39	8.2	Bouwstenen	50
6.3	Verschillende technische opties	39	8.3	Ontwerpkeuzes	51
6.4	Onderzoeksvragen	40	8.4	Technische haalbaarheid	51
6.5	Beoordeling op criteria	40	8.5	Vergunbaarheid	52
6.5.1	Technische haalbaarheid	40	8.6	Kosten	52
6.5.2	Vergunbaarheid	41	8.7	Consequenties voor de omgeving en ruimtebeslag	52
6.5.3	Kosten	41	8.8	Samenhang uiterwaard	52
6.5.4	Consequenties voor de omgeving	41	8.9	Kansen voor innovatie en duurzaamheid	53
6.5.5	Samenhang met uiterwaard	41			
6.5.6	Innovaties en duurzaamheid	42			
7	Kansrijke oplossing 3: Uiterwaard en dijk integraal	43		Bijlage 1 – Verklarende woordenlijst	54
7.1	Ruimtelijk perspectief + maatregelen op hoofdlijnen	43			
7.2	Ruimtelijke opgaven	47		Bijlage 2 – Bouwstenentabel	56
7.3	Verschillende technische opties	47			
7.4	Onderzoeksvragen	47			
7.5	Beoordeling op criteria	48			
7.5.1	Technische haalbaarheid	48			
7.5.2	Vergunbaarheid	48			
7.5.3	Kosten	48			
7.5.4	Consequenties voor de omgeving	49			
7.5.5	Samenhang met uiterwaard	49			
7.5.6	Innovaties en duurzaamheid	49			

1 Inleiding

1.1 Achtergronden van deelproject Salmsteke

Onder de noemer Sterke Lekdijk werkt Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) aan het versterken van de noordelijke Lekdijk tussen Amerongen en Schoonhoven. Deze bijna 1000 jaar oude dijk beschermt een groot deel van Midden- en West-Nederland tegen hoge waterstanden op de Nederrijn en Lek.

Het project Sterke Lekdijk is onderdeel van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) en is verdeeld in zeven deelprojecten. Het deelproject Salmsteke richt zich op het versterken van circa 2 kilometer dijk ten westen van Jaarsveld en wordt met voorrang uitgevoerd om aan te sluiten op de gebiedsontwikkeling in de naastgelegen uiterwaard. Deze planontwikkeling voor het natuur- en recreatiegebied in de uiterwaard van Salmsteke loopt parallel aan de planontwikkeling voor de dijkversterking, zoals beschreven in *Nota van uitgangspunten Salmsteke Uiterwaard*¹. Op basis van de uitgevoerde dijkveiligheidsanalyse^{2,3} is het dijktraject Salmsteke afgekeurd op de faalmechanismen *piping* en *macrostabiliteit*. HDSR heeft de taak om de dijk aan de nieuwe normering van de Waterwet te laten voldoen.

1 Nota van uitgangspunten Salmsteke Uiterwaard. Salmsteke Ontkiemt, 12 juli 2018

2 Detailtoetsing A-keringen van de Nederrijn en Lekdijk; Eindrapportage ten behoeve van Dijkversterking Centraal Holland, Arcadis, 23 december 2015

3 Veiligheidsanalyse Centraal Holland; Aanscherping toetsresultaat noordelijke Lekdijken en voormalige C-keringen; Uitwerking onderzoeksplan, Dijkversterking Centraal Holland, 30 juni 2017

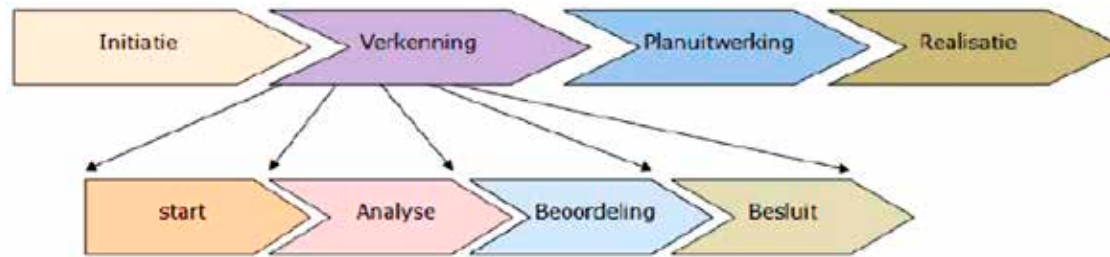
Voor het ontwerpen en afwegen van mogelijke versterkingsmaatregelen wordt niet alleen gekeken naar de veiligheidsopgave volgens de wettelijke norm, maar ook naar andere wet- en regelgeving met betrekking tot natuur, cultuurhistorie, archeologie en landschap. Daarnaast wordt rekening gehouden met de inpassing van bestaande infrastructuur en bebouwing en moet het ontwerp voldoen aan diverse maatschappelijke criteria. Hierbij moet gedacht worden aan het minimaliseren van maatschappelijke kosten, het beperken van omgevingshinder tijdens de uitvoering⁴ en het rekening houden met doelmatig beheer en onderhoud in de toekomst.

1.2 Een gefaseerde aanpak

Evenals de andere Sterke Lekdijk deelprojecten, volgt de dijkversterking Salmsteke een aanpak met drie opeenvolgende fasen (figuur 1-1): de verkenningsfase, de planuitwerkingsfase en de realisatiefase. De verkenningsfase, de fase waarin het project zich nu bevindt, is erop gericht om uit alle mogelijke versterkingsmaatregelen een voorkeursalternatief vast te stellen. De verkenningsfase bestaat uit vier opeenvolgende stappen:

- Stap 1: Bepalen ontwerpuitgangspunten (start)
- Stap 2: Ontwikkelen kansrijke oplossingen (analyse)
- Stap 3: Van kansrijke oplossingen naar beoogd voorkeursalternatief (beoordeling)
- Stap 4: Vaststellen voorkeursalternatief (besluit)

4 HWBP handreiking verkenning versie 2, oktober 2017



Figuur 1-1: Stappen in de verkenningfase (HWBP handreiking)

1.3 Het doel van dit document

Dit document beschrijft het proces en resultaat van stap 2 (analyse) uit de verkenningfase waarin op basis van de veiligheidsanalyse en de Nota van Uitgangspunten is nagegaan welke oplossingen daadwerkelijk kansrijk zijn. Hierbij is een beoordelingskader gehanteerd dat bestaat uit vier hoofdcriteria: technische haalbaarheid, onoverkomelijke juridische belemmeringen (vergunbaarheid), kosten (betaalbaarheid) en consequenties voor de omgeving (draagvlak). Bij het ontwikkelen van kansrijke oplossingen is gebruik gemaakt van beschikbare onderzoeken naar milieueffecten, geotechnische terreinomstandigheden, kosten, belangen van gebruikers en omwonenden en de uitgangspunten zoals beschreven in de *Nota Ontwerputgangspunten*⁵, de *Basisspecificatie Dijk*⁶, en het *Ruimtelijk Kwaliteitskader*⁷.

5 Nota Ontwerputgangspunten. Verkenningfase Salmsteke – Sterke Lekdijk, Lievense CSO en Strootman (juni 2018).

6 Basisspecificatie Dijk - Primaire waterkeringen – Systeemeisen versie 1.0. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (juli 2018)

7 Kwaliteitskader eindrapport Noordelijke Rijn- en Lekdijk Amerongen – Schoonhoven, Terra Incognita (september 2016)

1.4 Leeswijzer

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op de veiligheidsopgave voor het dijktraject Salmsteke. Hierbij worden alle mogelijke technische versterkingsmaatregelen (bouwstenen) uitgelicht. In hoofdstuk 3 worden de achtergronden en overwegingen voor clustering van bouwstenen tot kansrijke oplossingen beschreven. De hoofdcriteria uit het beoordelingskader worden in hoofdstuk 4 toegelicht. Vervolgens worden in de hoofdstukken 5, 6 en 7 de drie kansrijke oplossingen beschreven en beoordeeld op de criteria uit het beoordelingskader. De nota wordt in hoofdstuk 8 afgesloten met de conclusies.

Het gebruik van technische termen is bij dijkversterkingsopgaven niet altijd te vermijden. Als hulpmiddel voor de lezer is daarom als bijlage bij deze nota een verklarende woordenlijst opgenomen.

2 Bouwstenen voor kansrijke oplossingen

2.1 Veiligheidsopgave en zoekrichtingen

In het *Technisch rapport zeef 1*⁸ is de veiligheidsopgave voor de dijk nader beschouwd. Ten opzichte van de Nota Aanscherping Ontwerpopgave is de veiligheidsopgave kleiner geworden door een aantal technische optimalisaties die in het technisch rapport worden toegelicht. In het traject Salmsteke, dat te onderscheiden is in drie dijksecties, spelen de volgende veiligheidsopgaven (Figuur 2-1):

- Oostgrens tot dijkpaal 97: piping en macrostabiliteit binnenwaarts
- Dijkpaal 97 tot 107,5: piping
- Dijkpaal 107,5 tot westgrens: macrostabiliteit binnenwaarts

Over het gehele dijktraject is ook sprake van een veiligheidsopgave macrostabiliteit buitenwaarts en stabiliteit bekleding.

In dit hoofdstuk wordt bepaald welke technische bouwstenen mogelijk zijn bij het ontwerpen van kansrijke oplossingen, de zogenaamde 'bandbreedteverkenning'. Daarnaast dient deze bandbreedteverkenning van bouwstenen als een trechter naar de meest kansrijke oplossingen.

⁸ Technisch rapport zeef 1 (incl. optimalisatie geotechnische berekeningen). Verkenningfase Salmsteke – Sterke Lekdijk, Lievense en Strootman (september 2018)



Figuur 2-1: Veiligheidsopgaven per dijksectie.

Er is gekozen om drie zoekrichtingen te gebruiken om de bandbreedte van de kansrijke oplossingen te verkennen, te weten: ondergrondse oplossingen, binnendijkse oplossingen en buitendijkse oplossingen. Bij deze zoekrichtingen horen specifieke technische bouwstenen die in het vervolg van dit hoofdstuk nader worden toegelicht.

Voor de eerste zoekrichting (ondergronds) wordt gewerkt met technische oplossingen die onder de grond worden aangebracht zoals damwanden, geotextiel en/of drainagesystemen. Voor de tweede zoekrichting (binnendijks) wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van binnendijkse grondoplossingen zoals een binnendijkse steunberm. Daar waar toch buitendijkse oplossingen nodig zijn

wordt dit afgestemd op de inrichting van de uiterwaard. Bij de derde zoekrichting (buitendijks) wordt het binnendijkse gebied vrijgehouden van ingrepen en worden de buitendijkse maatregelen geoptimaliseerd op de voorgenomen herinrichting van de uiterwaard. Voor het ontwerpen in de verschillende zoekrichtingen geldt dat een buiten- of binnenwaartse asverschuiving (STPH8) op voorhand als onnodig complex en als niet-kansrijk is beoordeeld en daarom verder buiten beschouwing is gelaten.

In verkenningstap 2 (analyse) zijn diverse optimalisaties van de geotechnische berekeningen onderzocht, waarmee de bandbreedte rondom de ontwerpogave voor piping en macrostabiliteit (binnenwaarts en buitenwaarts) is verkleind. Daarnaast zijn hiermee de dimensies voor diverse bouwstenen (oplossingen in grond) aangescherpt en dit resulteert in een reductie van het ruimtebeslag van de dijk. Voor een nadere toelichting hierop wordt verwezen naar *Technisch rapport zeef 1*.

2.2 Bouwstenen en innovaties

Per faalmechanisme zijn de mogelijke technische bouwstenen beschreven. De bouwstenen zijn nader uitgewerkt en geanalyseerd op basis waarvan een deel van deze bouwstenen in deze verkenningstap is afgevalen. In de paragrafen 2.2.1 t/m 2.2.5 zijn per faalmechanisme de overgebleven en afgevalen bouwstenen toegelicht. Een volledig overzicht van alle bouwstenen is opgenomen in bijlage 2. In dit overzicht is ook de codering van de bouwstenen opgenomen, die ook gebruikt wordt in de kaarten en doorsnedes van de drie kansrijke oplossingen.

Voor meer achtergronden bij de technische bouwstenen en de onderliggende geotechnische berekeningen en dimensies wordt verwezen het *Technisch rapport zeef 1*.

2.2.1 Piping

Voor het faalmechanisme piping zijn de volgende bouwstenen beschikbaar (zie ook Bijlage 2 - Bouwstenentabel):

- Voorlandverbetering als klei-inkassing of als aanvulling op maaiveld (STPH1 en STPH3).
- Binnenberm of pipingberm (STPH5)
- Verticaal scherm buitenteen (STPH6)
- Verticaal scherm binnenteen (STPH7)

De bouwsteen verticaal scherm buitenteen (STPH6) is alleen doelmatig voor het middengedeelte bij de uiterwaard waar geen opgave voor macrostabiliteit binnenwaarts is. In andere delen kan worden gecombineerd met een verticaal scherm in de binnenteen ten behoeve van macrostabiliteit binnenwaarts (STBI3 en STBI5, zijn gecombineerd, zie bijlage 2).

De bouwsteen voorlandverbetering op maaiveld (STPH2) is beoordeeld als 'nader te bepalen', vanwege negatieve effecten op rivierkunde en de polstokverspringput. Deze bouwsteen blijft wel in beeld als in de volgende verkenningstap blijkt dat andere maatregelen niet passen.

De volgende technische bouwstenen zijn afgefallen in deze verkenningstap (analyse):

- Binnendijkse grondverbetering (STPH4)
Deze bouwsteen is niet doelmatig want opbarsten kan niet voorkomen worden met het verhogen van het volumegewicht van de klei in de bestaande deklaag (dit is al zware klei met een hoog volumegewicht). Hierdoor zal om opbarsten te voorkomen altijd een ophoging van het maaiveldniveau nodig zijn. Dit betreft bouwsteen binnenberm of pipingberm (STPH5).

2.2.2 Macrostabieliteit binnenwaarts

Voor het faalmechanisme macrostabieliteit binnenwaarts zijn de volgende bouwstenen voor de drie kansrijke oplossingen beschikbaar:

- Binnenberm of steunberm binnenzijde (STBI2)
- Verticaal stabiliteitsscherm binnenteen (binnen marge binnenkruin tot binnenteen) (STBI5)

De volgende technische bouwstenen zijn afgefallen in deze verkenningstap (analyse):

- Verflauwing binnentalud (STBI1)
Een aanzienlijke verflauwing van het binnentalud conflicteert met het ruimtelijk kwaliteitskader. Een oplossing in grond wordt bij voorkeur vormgeven als binnenberm (STBI2).
- Verticaal stabiliteitsscherm buitenkruin (STBI4)
Een stabiliteitsscherm kan tussen de binnenteen en de binnenkruin worden ingepast en is in deze zone het meest effectief. Een oplossing met een stabiliteitsscherm aan de buitenzijde van de kering is niet functioneel. De opgave voor stabiliteit buitenwaarts kan hier met een kleine taludverflauwing worden opgelost, een stabiliteitsscherm is daarvoor dus niet noodzakelijk.

- Kistdam (STBI6)
Een kistdam is een ingrijpende en dure oplossing en als niet kansrijk beoordeeld omdat de opgave voor macrostabieliteit buitenwaarts met een kleine taludverflauwing naar 1:3 in grond kan worden opgelost. Indien een constructieve oplossing voor stabiliteit nodig is kan een stabiliteitsscherm worden toegepast. Alleen bij het Veerhuis zou vanwege ruimtegebrek een kistdam nog een maatwerkoplossing kunnen zijn.

2.2.3 Macrostabieliteit buitenwaarts

Voor het faalmechanisme macrostabieliteit buitenwaarts is de volgende bouwsteen voor de drie kansrijke oplossingen beschikbaar:

- Verflauwing buitentalud (STBU1)
Deze bouwsteen wordt gecombineerd met het vervangen van de taludbekleding op het buitentalud voor het faalmechanisme bekleding (buitenzijde).

De volgende technische bouwstenen zijn afgefallen in deze verkenningstap:

- Buitenberm of steunberm (STBU2)
- Verticaal stabiliteitsscherm binnenkruin (STBU3),
- Verticaal stabiliteitsscherm buitenkruin (STBU4)
- Verticaal stabiliteitsscherm buitenteen (STBU5)
- Kistdam (STBU6)

Deze bouwstenen zijn afgefallen omdat de ontwerpogave voor macrostabieliteit buitenwaarts met een kleine taludverflauwing naar 1:3 kan worden opgelost. Deze kleine taludverflauwing is altijd de goedkoopste en best inpasbare oplossing.

2.2.4 Bekleding (buitenzijde)

Voor het faalmechanisme bekleding (buitenzijde) is de volgende bouwsteen voor de drie kansrijke oplossingen beschikbaar:

- Vervangen bekleding buitentalud (B1)

Deze bouwsteen wordt gecombineerd met het profileren van het buitentalud, middels een kleine taludverflauwing naar 1:3 (bouwsteen STBU1), zodat het buitentalud overal aan de benodigde stabiliteit voldoet. Daarnaast is een talud 1:3 vereist vanuit het beheer en onderhoud van de dijk. Uit de berekeningen van de hydraulische belastingen op het buitentalud volgen golven die conform de nieuwe normering te hoog zijn voor een grasbekleding. Conform de gangbare praktijk in andere dijkversterkingen wordt ervan uitgegaan dat een grasbekleding op een voldoende stevige en dikke kleilaag wel voldoet. Bovendien is er nog optimalisatie mogelijk in de berekeningen van de hydraulische belastingen.

De volgende technische bouwstenen zijn afgefallen in deze verkenningstap (analyse):

- Toepassen steen/asfalt bekleding buitentalud (B2)

De verwachting is dat grasbekleding op een voldoende dikke kleilaag wel voldoet, conform bouwsteen B1. Toepassen van een steen/asfaltbekleding is een duurdere oplossing en minder gewenst vanuit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit, ecologie en beheer. De steen/asfaltbekleding is nog wel een terugvaloptie als de grasbekleding niet blijkt te voldoen.

- Verflauwing buitentalud (B3)

Deze bouwsteen is gecombineerd met het vervangen van de bekleding van het buitentalud. Bij het vervangen van de bekleding wordt het talud geprofileerd op 1:3. Een verdere verflauwing van het buitentalud wordt niet onderzocht, omdat dit niet nodig is voor macrostabiliteit buitenzijde en maar een klein effect heeft op de golfbelasting. Over het hele traject wordt dus een

combinatie van bouwstenen B1 (vervangen bekleding buitentalud) en STBU1/B3 (verflauwing buitentalud naar 1:3) toegepast. Deze bouwsteen wordt vanaf nu aangeduid met STBU1/B1, waardoor B3 komt te vervallen.

- Buitenberm (B4)

Voor macrostabiliteit buitenwaarts blijkt geen buitenberm nodig. Het vervangen van de bekleding in combinatie met herprofilen naar talud 1:3 ten behoeve van stabiliteit buitenzijde is een goed inpasbare oplossing voor de ontwerpogave.

2.2.5 Innovaties

Naast de beschreven bouwstenen zijn er per faalmechanisme ook innovatieve bouwstenen die als alternatief voor de traditionele bouwstenen kunnen worden toegepast. De beschikbare innovaties zijn geïnventariseerd en nader toegelicht in de *Nota innovatiescan*⁹. In deze paragraaf wordt per faalmechanisme aangegeven welke innovatieve bouwstenen als kansrijk zijn beoordeeld en welke in verkenningstap 2 (analyse) zijn afgefallen. Dit is het resultaat van de innovatiesessie met specialisten van HDSR en Lieveense op 10 juli 2018.

Voor een nadere toelichting op de beoordeling van innovatieve bouwstenen wordt verwezen naar het *Technisch rapport zeef 1*. Een korte omschrijving van innovaties is ook opgenomen in de verklarende woordenlijst.

⁹ Nota innovatiescan. Verkenningfase Salmsteke – Sterke Lekdijk. LieveenseCSO en Strootman (maart 2018)

Piping

Voor het faalmechanisme piping worden de volgende innovatieve bouwstenen nog kansrijk geacht:

- Prolock B
- Grofzand barrière
- DMC
- Waterontspanner
- Verticaal zanddicht geotextiel
- Kwelkade

Voor het faalmechanisme piping vallen de volgende innovatieve bouwstenen af:

- Trisoplast
- Grindkoffer

Macrostabieliteit binnenwaarts

Voor het faalmechanisme macrostabieliteit binnenwaarts worden de volgende innovatieve bouwstenen nog kansrijk geacht:

- DMC
- Waterontspanner
- JLD-dijkstabilisator
- Dijkvernageling
- Dijkdeuvels
- Korte damwand
- Vacuümconsolidatie

Voor het faalmechanisme macrostabieliteit binnenwaarts vallen de volgende innovatieve bouwstenen af:

- Geotextielen
- Biogrout

Macrostabieliteit buitenwaarts

Voor het faalmechanisme macrostabieliteit buitenwaarts vallen alle innovatieve bouwstenen af, omdat een standaard 1:3 talud voldoende stabieliteit biedt.

Bekleding buitenzijde

Voor het faalmechanisme bekleding buitenzijde worden de volgende innovatieve bouwstenen kansrijk geacht:

- Golfremmende vegetatie.
Deze bouwsteen kan eventueel worden ingepast in het ontwerp van de uiterwaard als hiermee de opgave voor bekleding buitentalud significant kan worden beperkt en daarmee een harde steen/asfaltbekleding kan worden vermeden. Aandachtspunt is het beheer van de vegetatie. Door wortelvorming kan de weerstand van het voorland tegen piping worden aangetast.

Voor het faalmechanisme bekleding vallen de volgende innovatieve bouwstenen af:

- Geotextielen. Geotextielen vallen af als versterkingsmaatregel voor het binnentalud en de bekleding op het buitentalud.

3 Verhaallijn voor drie kansrijke oplossingen

3.1 Introductie op de verhaallijn

In dit hoofdstuk worden de drie kansrijke oplossingen geïntroduceerd. De basis voor de verhaallijn van de drie kansrijke oplossingen wordt gevonden in de ruimtelijke uitgangspunten die geformuleerd zijn op twee schaalniveaus; dat van de gehele Lekdijk en dat van Salmsteke. Deze ruimtelijke uitgangspunten vormen samen met de in hoofdstuk 2 toegelichte bouwstenen de basis voor de drie kansrijke oplossingen. In de hierop volgende paragrafen worden deze kansrijke oplossingen nader toegelicht.

De ruimtelijke uitgangspunten voor de gehele Lekdijk zijn vastgelegd in het kwaliteitskader voor de Lekdijk en worden op hoofdlijnen behandeld in paragraaf 3.2. Verder ingezoomd op het plangebied Salmsteke worden de uitgangspunten voor de dijk én uiterwaard behandeld zoals die zijn vastgelegd in de *Nota ontwerputgangspunten*¹⁰ in paragraaf 3.3. Parallel aan de planontwikkeling voor de dijkversterking loopt de planontwikkeling voor het natuur- en recreatiegebied in de uiterwaard van Salmsteke, zoals beschreven in *Nota van uitgangspunten Salmsteke Uiterwaard*¹¹. In paragraaf 3.4 wordt dit plan kort toegelicht. In paragraaf 3.5 worden de ruimtelijke variabelen voor kansrijke oplossingen beschreven en worden de drie kansrijke oplossingen geïntroduceerd en op hoofdlijnen beschreven.

10 Nota Ontwerputgangspunten. Verkenningfase Salmsteke – Sterke Lekdijk, LievenseCSO en Strootman (juni 2018)

11 Nota van uitgangspunten Salmsteke Uiterwaard. Salmsteke Ontkiemt, 12 juli 2018

3.2 Ruimtelijke uitgangspunten schaalniveau gehele Lekdijk

In het ruimtelijke Kwaliteitskader Noordelijke Rijn- en Lekdijk zijn de volgende kernkwaliteiten voor de gehele Lekdijk beschreven:

- De dijk is een continue lijn in een veranderend landschap.
- Er is een groot contrast zichtbaar tussen het cultuur- en natuurlandschap vanaf de dijk.
- De dijk laat het gevecht tegen het water zien: kronkels, dijkputten, wielen en dijkhuizen.
- De dijk is een recreatieve as langs aantrekkelijke terreinen.
- De dijk wordt verrijkt door de passage langs belangwekkende structuren.

Het ruimtelijk kwaliteitskader ziet voor het dijktraject Salmsteke ook een aantal meekoppelkansen:

- Het verbeteren van de recreatieve ontsluiting van het binnendijkse gebied.
- De gemeente heeft de ambitie om buitendijkse dijkputten te herstellen.
- Het ontwikkelen van recreatiegebied Salmsteke met meer kansen voor recreatie, natuur en water.



De dijk is een continue lijn in een veranderend landschap.



Er is een groot contrast zichtbaar tussen het cultuur- en natuurlandschap vanaf de dijk.



De dijk laat het gevecht tegen het water zien: kronkels, dijkputten, wielen en dijkhuizen.



De dijk is een recreatieve as langs aantrekkelijke terreinen.



De dijk wordt verrijkt door de passage langs belangwekkende structuren.

Daarnaast geeft het ruimtelijk kwaliteitskader voor de gehele noordelijke Lekdijk een visie op toekomstige dijkversterkingen. Deze visie bestaat uit zeven uitgangspunten:

1. Ontwikkel de dijk als een leesbare en krachtige verdediging tegen het water.
2. Maak de geschiedenis van de dijk zichtbaar.
3. Geef vorm aan het landschap vanuit historische inspiratie.
4. Maak de dijk een beleving voor alle gebruikers; Versterk de dijk als recreatieve as.
5. Gebruik de dijk als ecologische verbinding.
6. Maak een zichtbare relatie tussen de dijk en kruisende structuren.
7. Behoud woningen en beplantingsstructuren.



Figuur 3-1 Ruimtelijke uitgangspunten schaalniveau Salmsteke.

3.3 Ruimtelijke uitgangspunten schaalniveau Salmsteke

Op en aan de dijk en in het binnendijkse gebied grenzend aan de dijk zijn op het traject Salmsteke de volgende kwaliteiten en structuren aanwezig:

1. Historische boerderijen en rijk beplante opritten langs de dijk
Het binnendijkse gebied is relatief open, onbeplant en onbebouwd, met uitzondering van een aantal erven met (beplante) opritten haaks op de dijk. De gebouwen zijn veelal oud en fraai met bijzondere aandacht voor de monumenten August's Hoeve en boerderij Zorgwijk. Deze monumenten zijn beeldbepalend voor het traject Salmsteke. De laanbomen langs de opritten zijn de beeldvormers van het gebied en bepalen de identiteit van het traject. De rijbaanbeplanting is tijdens de vorige ronde dijkversterkingen vervangen door ieder een eigen keus boom.
2. Fruitboomgaarden langs de dijk
Het grondgebruik binnendijks is grasland en laagstamfruitbomen. Met als bijzondere uitzondering twee locaties met hoogstam/halfstam fruitbomen op de steunberm tussen dijkpaal 92 en 94 en bij Lekdijk-Oost huisnummer 1.
3. Smalle dijk met bebouwing richting Jaarsveld
De taluds aan beide zijde van de dijk zijn hier steil en de bebouwing staat hier dicht op de dijk. Op dit deeltraject staat ook het Oude Veerhuis, het enige gebouw aan de buitendijkse zijde van de dijk in traject Salmsteke.
4. Toegankelijke uiterwaard
Vanaf de dijk is het recreatiegebied van Salmsteke op meerdere plaatsen toegankelijk. Ook heeft het verschillende recreatieve voorzieningen zoals een kinderbadje en openbare toiletten.



Ontwerppogaven

Wanneer de op de vorige pagina's beschreven uitgangspunten, kwaliteiten en structuren worden toegepast op het plangebied Salmsteke zorgt dit voor de volgende ontwerppogaven (Figuur 3-2):

1. Gelijke opgave, gelijke oplossing

Voor de dijk zijn er nu twee basisprofielen: de compacte vierkante dijk en de dijk met een steunberm binnendijks. Voor aanpassingen aan deze profielen gelden de volgende uitgangspunten:

- a. De dijk heeft een eenduidig en leesbaar profiel. Hierbij geldt als regel voor eventuele steun- of pipingbermen dat ze maximaal 2/3 van de hoogte van de huidige dijk mogen hebben, inclusief leeflaag. Dit is ook beschreven in de *Nota Ontwerppogaven*.
- b. Eventuele nieuwe steunbermen aan de dijk krijgen een bij het gebied passende inrichting. Denk hierbij aan laanbeplanting of fruitboomgaarden, afhankelijk van de situatie.

2. Kleiputten terugbrengen

Grenzend aan de buitendijkse dijkvoet liggen (relicten van) kleiputten als gevolg van vroegere dijkversterkingen. Deze worden na de dijkversterking zoveel mogelijk behouden en daar waar mogelijk hersteld, eventueel tegelijkertijd met voorlandverbetering.

3. Monumenten en oprijlanen behouden

In de uitwerking moeten de gevels van de boerderijen zichtbaar blijven. De laanbomen moeten behouden worden. Als dit niet mogelijk is moeten de bomen worden teruggeplant tenzij dit niet mogelijk is vanuit het oogpunt van beheer of veiligheid.

4. Recreatieterp

De overstromingsgevoelige recreatieve voorzieningen kunnen op een samenhangende manier worden geclusterd op een 'recreatieterp'. De recreatieterp is afhankelijk van de kansrijke oplossing onderdeel van het uiterwaardproject, of kan worden gezien als een gezamenlijke opgave.

5. Smalle dijk behouden

Op dit traject is de ruimte voor oplossingen in grond beperkt en heeft de dijk nog een herkenbaar vierkant profiel. Hier heeft een technische oplossing met zo min mogelijk aanpassingen aan het dijkprofiel de voorkeur.

6. Oudhoevig land zichtbaar maken

Op dit traject is het oudhoevig land weinig prominent aanwezig, het krijgt geen verdere aandacht.



Figuur 3-2: Overzicht ontwerppogaven.



3.4 Plan Uiterwaard

De onderstaande toelichting is gedeeltelijk overgenomen uit de ontwerp-toelichting bij het Voorontwerp Salmsteke door ontwerper Jos Rademakers, van maart 2017.

Recreatieschap Stichtse Groenlanden is al geruime tijd bezig met het verkennen van de mogelijkheden voor een nieuw recreatief concept voor Salmsteke te Lopik. De combinatie van recreatie, waterveiligheid en natuurwaarden is een belangrijke pijler bij de planvorming voor dit gebied. Het Voorontwerp Salmsteke maart 2017 omvat vijf onderdelen:

1. De aanleg van een zwemplas.
2. De vergroting en herinrichting van het recreatieterrein.
3. De aanleg van een getijdengeul.
4. De ontwikkeling van moeras langs de dijkvoet.
5. De ontwikkeling van natuurlijke graslanden op de oeverwal.

De zwemplas volgt het bestaande reliëf. Het oostelijk deel ligt in de bestaande lage oeverzone parallel aan de rivier (aanwassen sinds aanleg kribben in 19e eeuw). Het westelijke deel volgt een restgeul. De zwemplas ligt op minstens 150 meter uit de dijkteen, buiten de lijn van de benodigde kwelweglengte ter voorkoming van piping.

Om de bruikbaarheid van het terrein te vergroten (en ter compensatie van de zwemplas) wordt aan de westzijde het recreatieterrein uitgebreid met twee terreindelen van elk $\pm 0,6$ ha. De totale oppervlakte van de recreatieterp wordt $\pm 3,7$ ha (thans 2,4 ha). Om de bereikbaarheid te vergroten wordt eventueel een tweede toegang vanaf de dijk aangelegd en wordt de bestaande dijkafrichting aangepast. Dit wordt echter alleen gedaan als het een veiligheidseis betreft. Een belangrijke ingreep is de aanleg van een gevorkte getijdengeul. De aanleg

van de geul moet een bijdrage vormen aan het ecologische herstel van de rivier (Kaderrichtlijn Water, of KRW). De geulen zullen dagelijkse schommelen onder invloed van het getij (amplitudo ± 1 meter). De geul is reliëfvolgend ontworpen ter plekke van geulen rond de voormalige eilanden en opwassen. De geul heeft nu een bepaalde afstand tot de dijk, meer ruimte is gewenst mits dit geen invloed heeft op de faalmechanismen van de dijk.

De hele dijkvoetzone wordt beheerd en ingericht conform het westelijke deel van Staatsbosbeheer. Door het handhaven van een hoog uitwateringspeil wordt (in het voorjaar) overstromings-, regen- en kwelwater vastgehouden. De huidige drie compartimenten worden onderling verbonden met duikers. De westelijke uitstroom krijgt een instelbare drempel. De hoge oeverwal ($> 3,0$ m+NAP) tussen de getijdengeul en de rivieroever wordt gehandhaafd en beheerd als hooiland (3,4 ha).

Deze hoge zandige opwas (voormalig riviereiland/bol) is bijzonder kansrijk voor botanisch rijke graslanden (glanshaverhooiland, stroomdalgrasland). Direct langs de rivier worden de fraaie natuurlijke oevers, met lokaal zandstranden, afslagranden etc. behouden (1,3 ha). Dit terreindeel is alleen beschikbaar voor natuurgerichte, extensieve recreatie. Op de overgang naar het recreatieterrein (zwemgeul) zijn voorzieningen nodig om de begrenzing van het natuurgebied te markeren (raster, haag, klaphek, verbod voor honden etc.).

3.5 Introductie drie kansrijke oplossingen

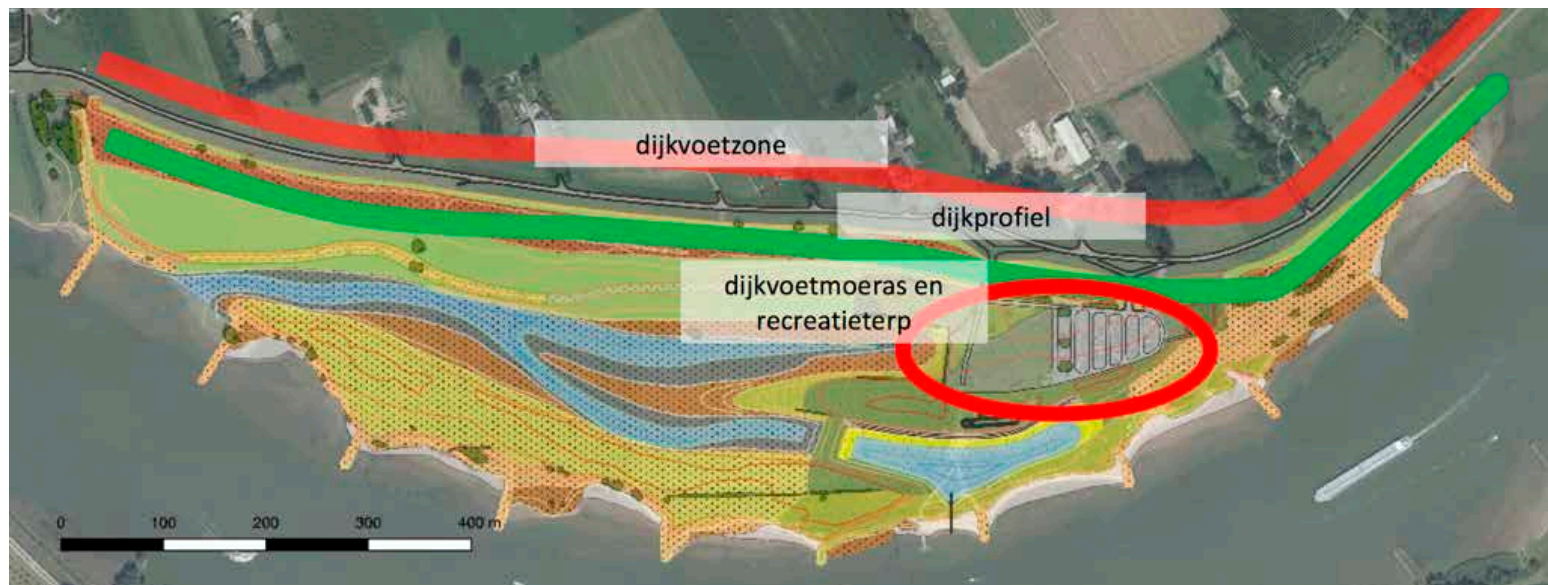
Uit de bandbreedteverkenning in hoofdstuk 2 voor technische bouwstenen komen drie zoekrichtingen voor de dijkversterking naar voren: ondergrondse (technische) oplossingen in het dijkprofiel zelf, binnendijkse oplossingen in de dijkvoetzone en buitendijkse oplossingen in de zone waarin bij plan uiterwaard het dijkvoetmoeras en de recreatieterp geprojecteerd zijn (Figuur 3-4).

Deze drie zoekrichtingen worden beschouwd als ruimtelijke variabelen die de basis zijn voor het ontwikkelen van de drie kansrijke oplossingen. Door vervolgens de ruimtelijke uitgangspunten voor dijk, de omgeving en het Voorontwerp voor Plan Uiterwaard uit hoofdstuk 3 hierop te betrekken (Figuur 3-3), zijn er drie onderscheidende kansrijke oplossingen geformuleerd.



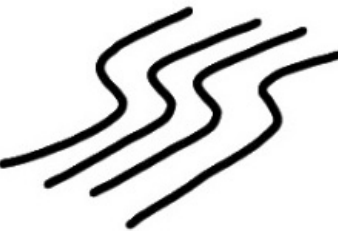
Per kansrijke oplossing is er een toenemende mate van interactie tussen dijk en landschap. Het is uiteindelijk mogelijk dat één van deze kansrijke oplossingen wordt uitgewerkt in het voorkeursalternatief, of dat combinaties van kansrijke oplossingen worden gemaakt. De drie kansrijke oplossingen zijn (Figuur 3-5):

- Kansrijke oplossing 1 – De dijk als lijn
- Kansrijke oplossing 2 – Brede dijkzone
- Kansrijke oplossing 3 – Uiterwaard en dijk integraal

In het schema (figuur 3-5) worden de kenmerken per kansrijke oplossing op hoofdlijnen toegelicht. In de hoofdstukken 6, 7 en 8 wordt telkens een kansrijke oplossing nader uitgewerkt.



Figuur 3-4: Ruimtelijke uitgangspunten bij de ontwikkeling van de drie kansrijke oplossingen

	Naam	Relatie dijk-uiteerwaard	Kenmerken	Type Maatregelen
	De dijk als lijn	<ul style="list-style-type: none"> • Onafhankelijk 	<ul style="list-style-type: none"> • Dijk binnen huidig profiel 	<ul style="list-style-type: none"> • Technische oplossingen in dijkprofiel
	Brede dijkzone	<ul style="list-style-type: none"> • Afstemmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Eenduidige binnendijkse steunberm • Buitendijks afstemmen op inrichting uiterwaard 	<ul style="list-style-type: none"> • Samenspel binnen- en buitendijkse maatregelen • Geen kwaliteitsverbetering dijkvoetzone • Gebruik maken van vrijkomende grond
	Uiterwaard en dijk integraal	<ul style="list-style-type: none"> • Integreeren 	<ul style="list-style-type: none"> • Binnendijks vrij van ingrepen • Buitendijkse dijkversterking optimaliseren voor recreatie/natuur 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoofzakelijk buitendijkse maatregelen • Dijkversterking combineren met dijkvoetzone en recreatieterp • Gebruik maken van vrijkomende grond

Figuur 3-5: Schema met de drie kansrijke oplossingen op hoofdlijnen

4 Beoordelingskader

4.1 Waarom een beoordelingskader?

Het beoordelingskader is een instrument om op uniforme en navolgbare wijze oplossingen af te wegen. De hoofdcriteria uit het beoordelingskader (technische haalbaarheid, vergunbaarheid, kosten en consequenties voor de omgeving) zijn bedoeld om na te gaan of de ontworpen oplossingen daadwerkelijk kansrijk zijn en daarmee een goede basis vormen voor de volgende verkenningstap (beoordeling). Naast de vier hoofdcriteria is ook gekeken naar de samenhang met het herinrichtingsplan van de uiterwaard Salmsteke en de kansen voor innovaties en duurzaamheid.

4.2 Technische haalbaarheid

Met dit hoofdcriterium wordt nagegaan of de oplossingen voldoen aan de vastgestelde technische uitgangspunten zoals opgenomen in de Nota *Ontwerpuitgangspunten*¹² en de *Basisspecificatie Dijk* (BSD)¹³ als ook de normen voor dijken zoals opgenomen in de Waterwet. Als onderdeel van de technische haalbaarheid is ook gekeken naar de uitbreidbaarheid, onderhoudbaarheid en toetsbaarheid van de waterveiligheidsoplossing. Daarbij geldt dat bovengrondse oplossingen in grond beter worden beoordeeld dan constructieve oplossingen en ondergrondse oplossingen. Ook wordt gekeken wat het ruimtebeslag van de oplossing is en in hoeverre de maatregelen technisch inpasbaar zijn met andere functies in het gebied.

12 Nota Ontwerpuitgangspunten. Verkenning Salmsteke – Sterke Lekdijk. LieveenseCSO en Strootman (juni 2018)

13 Basisspecificatie Dijk – Primaire waterkeringen – Systeemeisen versie 1.0. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

4.3 Vergunbaarheid

Dit hoofdcriterium dient om na te gaan of oplossingen geen onoverkomelijke juridische belemmering opleveren en dus vergund kan worden. Hierbij is gekeken naar eventuele rivierkundige belemmeringen vanuit de Waterwet en naar onacceptabele effecten op planten, dieren en natuurgebieden van de Wet natuurbescherming. Daarnaast is er een monumentale poort (beschermde monumentale status) bij het pand aan Lekdijk-Oost 5, waar voor alle kansrijke oplossingen rekening mee dient te worden gehouden in de verdere ontwerpuitwerking.

Rivierkunde

Dit criterium is niet onderscheidend gebleken voor de drie kansrijke oplossingen. Geen van de oplossingen bevat een grote buitendijkse maaiveldverhoging. De lichte verflauwing van het buitentalud heeft naar verwachting (vrijwel) geen opstuwend effect en levert naar verwachting geen onoverkomelijke rivierkundige belemmering op.

Natuur/ecologie

De technische oplossingen hebben op zeer lokaal niveau effecten op opritten, bomenlanen, sloten en mogelijk kleine bouwkundige elementen, zoals schuren en bijgebouwen¹⁴.

14 Bureaustudie ecologie. Verkenning Salmsteke – Sterke Lekdijk. LieveenseCSO (januari 2018)

Dit kan beperkte gevolgen hebben voor:

- Vleermuizen.
- Amfibieën en vissen.
- Jaarrond beschermde nestplaatsen van vogels

De uitbreiding van de moeraszone aan de voet van de dijk kan een interessante mitigatie zijn, die bijdraagt aan de vergunbaarheid van deze oplossing. Zo is de moeraszone beoordeeld als geschikt voor beschermde amfibieën, waaronder heikikkers.

Stikstofdepositie in natuurgebieden

Er is een indicatieve worst-case berekening uitgevoerd naar stikstofdepositie voor kansrijke oplossing 2 *Brede dijkzone*. Deze oplossing heeft het meest grondverzet (circa 136.500 m³). Uitgangspunt van deze *worst-case* berekening is een uitvoeringswijze waarbij alle klei en stortsteen met vrachtwagens wordt aangevoerd en dat met een combinatie van één shovel en één graafmachine wordt gewerkt. De berekende stikstofdepositie op het Natura 2000-gebied *Uiterwaarden Lek* bedraagt dan 0,17 mol/ha/jaar, wat boven de grenswaarde van 0,05 mol/ha/jaar ligt. Een vergunning op grond van de Wet natuurbescherming is dan noodzakelijk.

Het project Salmsteke is aangemeld voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS), maar heeft nog niet de formele status van prioritair project. Zodra het project is opgenomen in de lijst van prioritaire projecten bij de Regeling natuurbescherming, is gewaarborgd dat ontwikkelingsruimte beschikbaar is voor het betreffende project. Bij vergunningverlening wordt gebruikgemaakt van die gereserveerde ontwikkelingsruimte.

4.4 Kosten

Er wordt een eerste indicatie gegeven van de kosten per kansrijke oplossing, volgens SKK-systematiek¹⁵. Daarnaast wordt ook gekeken naar toekomstige kosten volgens de LCC-benadering.

4.5 Consequenties voor de omgeving

Het gaat hierbij om de impact van de dijkversterking op de omgeving en de mate waarin tegemoet wordt gekomen aan de zorgen en wensen van belanghebbenden. Hierbij is het van belang dat in de ontwerpen zoveel mogelijk tegemoet wordt gekomen aan belangen en wensen van belanghebbenden.

Daarnaast is voor alle ontwerpen ook de ruimtelijke kwaliteit in de omgeving meegenomen, bijvoorbeeld de vormgeving van het dijkprofiel zoals opgenomen in de Nota Ontwerputgangspunten¹⁶. Er wordt voor het beoordelen van consequenties voor de omgeving gekeken naar de eindsituatie van de ontwerpen. De hinder voor uitvoering wordt nu dus niet meegewogen, dit criterium komt in verkenningstap 3 (beoordeling) aan bod. De beheerbaarheid en toetsbaarheid van de oplossing, en daarmee de acceptatie door de toekomstige (dijk)beheerder, is als beoordelingsaspect meegenomen onder technische haalbaarheid.

4.6 Samenhang met uiterwaard

Met dit criterium wordt nagegaan of de dijkversterkingsoplossing te combineren is met de voorgenoemde herinrichtingsplanning voor uiterwaard Salmsteke.

¹⁵ Kostennotitie Salmsteke Dijk/Salmsteke Ontiemt. Uitgangspunten Verkenningfase – kansrijke oplossingen. LievenseCSO (16 juli 2018).

¹⁶ LievenseCSO (4 juni 2018). Nota Ontwerputgangspunten – verkenningfase Salmsteke – Sterke Lekdijk.

4.7 Kansen voor innovaties en duurzaamheid

Er wordt gekeken naar toepassingsmogelijkheden of belemmeringen van innovatieve en/of duurzame oplossingen. In de duurzaamheidsessie van 12 februari 2018¹⁷ zijn enkele kansen benoemd op het gebied van duurzaamheid.

Deze worden nader uitgewerkt tijdens de volgende verkenningstap (beoordeling).

De benoemde kansen zijn:

- Inrichten bloemrijk buitentalud, stimuleren biologisch beheer binnentalud: bijvoorbeeld het maaien in het juiste seizoen om insecten de mogelijkheid te geven zo lang mogelijk van het bloemrijk talud gebruik te maken
- Gekapte bomen gebruiken als brug over KRW-geul, of als KRW-substraat.
- Flexibele/doorzichtige zonnepanelen (solar OPV) op/langs dijk.
- Navigatiesysteem gemotoriseerd verkeer aanpassen (geen standaard route).
- Pompput rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) energie neutraal.
- Graslandbeheer met schapen

4.8 Beoordelingsmethodiek

In de huidige verkenningstap, de analyse, zijn de criteria beoordeeld door middel van een kwalitatieve beschouwing door materiedeskundigen op grond van uitgevoerde en beschikbare onderzoeken. De voorlopige conclusies zijn verwerkt in een beknopte eerste effectenbeoordeling voor iedere kansrijke oplossing.

Zie paragraaf 5.5 voor verdere toelichting op deze beoordeling. In de volgende verkenningstap (beoordeling) wordt ingezoomd op deze criteria en worden meer criteria aan het beoordelingskader toegevoegd.

¹⁷ LievenseCSO (februari 2018). WAB003344-N-000-v0b-notitie duurzaamheidsessie.

5 Kansrijke oplossing 1: Dijk als lijn

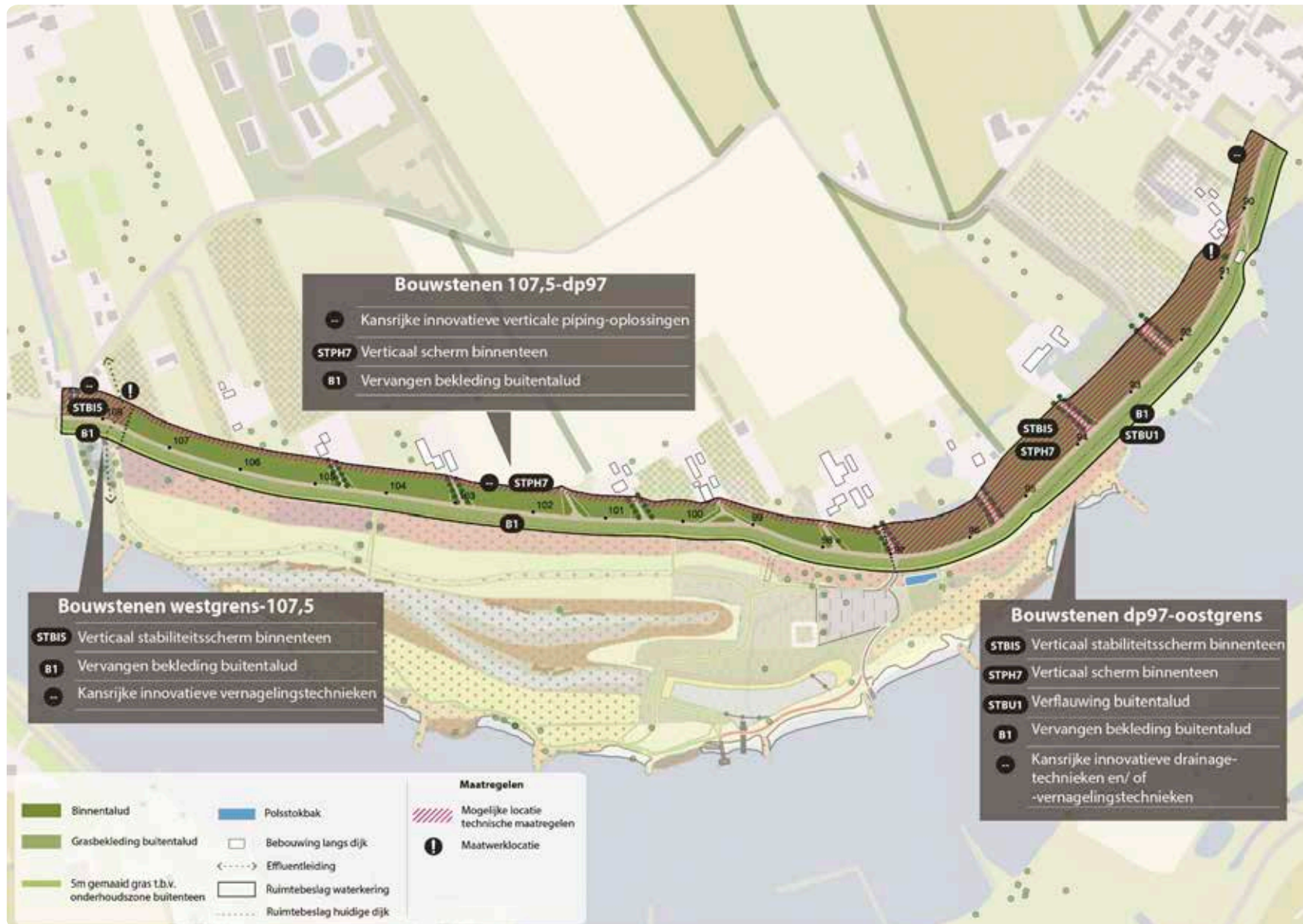
5.1 Ruimtelijk perspectief en maatregelen op hoofdlijnen

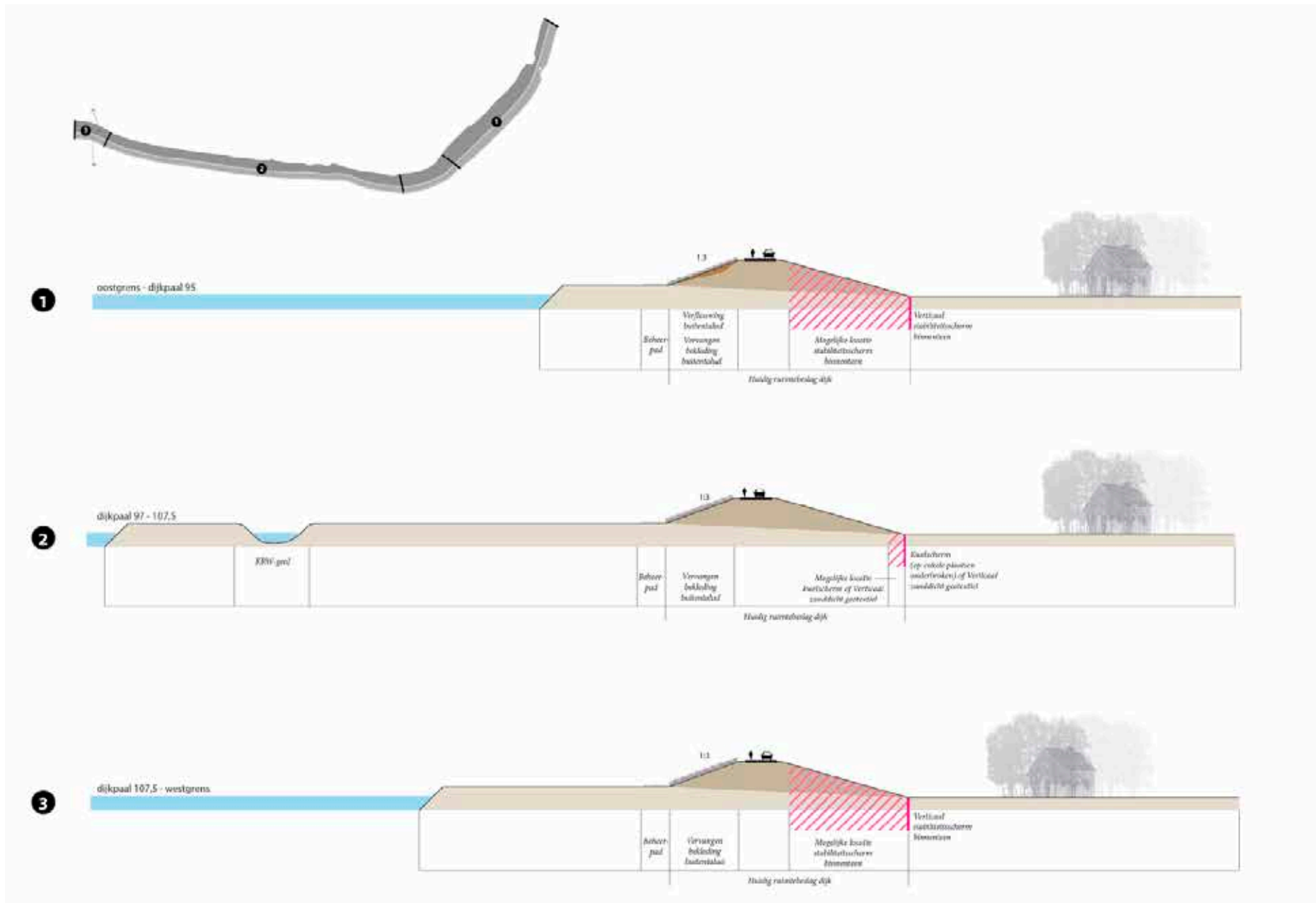
Bij deze kansrijke oplossing wordt de dijk met zo min mogelijk ruimtebeslag versterkt. Het ruimtebeslag van de maatregelen is hoofdzakelijk binnen het huidige ruimtebeslag van het dijklichaam. Daarbij worden voornamelijk technische oplossingen in het dijkprofiel zelf en de directe omgeving daarvan toegepast. Het bestaande dijkprofiel wordt daarmee niet aangepast. Deze kansrijke oplossing heeft nauwelijks impact op het omliggende landschap zodat bestaande kwaliteiten worden behouden. De technische oplossingen hebben wel impact op lokaal niveau: het niveau van opritten en bomenlanen.

Op de volgende twee pagina's zijn de maatregelen op hoofdlijnen op de kaart en in schetsmatige dwarsprofielen weergegeven. In de daaropvolgende paragrafen komen de specifieke ruimtelijke opgaven van deze kansrijke oplossing, de verschillende technische opties, de onderzoeksvragen en de beoordeling op criteria uit het beoordelingskader aan bod.









5.2 Ruimtelijke opgaven

Zoals in paragraaf 5.1 beschreven hebben de technische oplossingen impact op lokaal niveau: het niveau van opritten en bomenlanen. Hieronder zijn enkele knelpunten beschreven (weergegeven in Figuur 5 4).

- Alle bomen op het binnen- en buitentalud. In het bijzonder de bomen langs de opritten en de monumentale okkernoot nabij Lekdijk-Oost 8. De monumentenstatus van de okkernoot bij Lekdijk Oost 8 wordt gecontroleerd in de volgende verkenningstap, alsook de hoeveelheid bomen binnen het beoogde uitvoeringsgebied. Het plaatsen van technische maatregelen tegen piping en ter vergroting van de binnendijkse macrostabiliteit kan gevolgen hebben voor bomen in de omgeving van het talud. Bijvoorbeeld voor de bomen die langs de oprijlanen staan, net buiten het binnentalud. Het graven en plaatsen van een damwand kan bijvoorbeeld ter hoogte van het wortelpakket van een boom geprojecteerd zijn, waardoor deze geruimd moet worden omdat deze het niet zou overleven.
- Ter plaatse van het Oude Veerhuis is geen buitendijkse macrostabiliteitsopgave, maar wel een piping-opgave. Aan weerszijden van het Oude Veerhuis vindt daarnaast een kleine taludverflauwing plaats en wordt de bekleding van het buitentalud vervangen. De aansluitingen van de nieuwe bekleding op het Oude Veerhuis zijn een aandachtspunt. Het Oude Veerhuis kan op deze locatie behouden blijven mits met stabiliteitsschermen gewerkt wordt.
- Binnen deze kansrijke oplossing wordt ervan uit gegaan dat de effluentleiding niet hoeft te worden aangepast. Rondom de leiding wordt een maatwerkoplossing uitgevoerd. In de volgende verkenningstap wordt bepaald wat de restlevensduur van deze leiding is.



Figuur 5 4: Het omliggende landschap (ruimtelijke uitgangspunten).



5.3 Verschillende technische opties

Bij deze kansrijke oplossing passen de volgende technische bouwstenen per faalmechanisme:

- Piping en macrostabiliteit binnenzijde:
Verticaal scherm binnenteen voor piping en verticaal stabiliteitsscherm tussen binnenteen en binnenkruin voor macrostabiliteit binnenwaarts. Als alternatief hierop zijn er diverse innovatieve oplossingen met een vergelijkbaar ruimtebeslag. Voor het deel tussen dp97 en dp107,5 is een verticaal zanddicht geotextiel (VZG) mogelijk. Daarnaast kan drainage in deze oplossingsrichting een bouwsteen zijn aan de oostzijde van het traject.
- Macrostabiliteit buitenwaarts en bekleding (buitenzijde):
Verflauwing buitentalud naar 1:3 en vervangen bekleding buitentalud.

De keuzes die voor nu zijn gemaakt staan verder toegelicht in paragraaf 5.5.1, maar dienen in de volgende verkenningstap (beoordeling) verder te worden onderzocht en zijn daarom als onderzoeksvragen vermeld.

5.4 Onderzoeksvragen

Naar aanleiding van de onderzoeken in verkenningstap 2 (analyse) zijn er nieuwe vragen ontstaan die nader onderzoek vereisen in de volgende verkenningstap (beoordeling):

- Moeten er bomen langs de binnenkant van de dijk (opritlanen en tuin) verdwijnen bij het plaatsen van een stabiliteitsscherm?
- Welke oplossing heeft de voorkeur: een pipingscherm, VZG, een drainagestelsel of een andere (innovatieve) pipingconstructie?
- Wat is het waterbezwaar van een drainage, en heeft het achterliggende watersysteem voldoende capaciteit?
- Is de aansluiting damwand-effluentleiding haalbaar? En wat is de restlevensduur van de effluentleiding?

- Hoe groot is het risico op schade aan woningen bij het aanbrengen van damwanden/constructies?
- Kan de opgave voor bekleding buitentalud worden opgelost met een grasbekleding op een kleilaag?
- Wat betekenen de innovatieve bouwstenen (zoals geotextiel) en bekleding buitentalud voor het beheer?
- Is de 'monumentale' notenboom ter hoogte van Lekdijk Oost 8 ook officieel geregistreerd als monumentaal?

5.5 Beoordeling op criteria

In het beoordelingskader uit hoofdstuk 4 zijn zes criteria opgesteld waaraan de kansrijke oplossing wordt getoetst. Deze deels kwalitatieve en deels kwantitatieve toetsing is gedaan door specialisten. De toetsing is onderbouwd met rapporten, de conclusies uit deze rapporten zijn hieronder opgenomen. Op basis van de conclusies kunnen de voor- en nadelen van een kansrijke oplossing op deze criteria snel ingezien worden en eventueel vergeleken worden met de andere twee kansrijke oplossingen.

5.5.1 Technische haalbaarheid

Alle kansrijke oplossingen zijn technisch haalbaar op basis van de norm: ze versterken de dijk volgens de norm Waterwet en houden zich aan de technische uitgangspunten (waaronder ook beheer) zoals beschreven in de *Nota Ontwerputgangspunten*¹⁸. Op basis van de *Basisspecificatie Dijk (BSD)*¹⁹ en de

¹⁸ Nota Ontwerputgangspunten - Verkenning Salmsteke – Sterke Lekdijk. LieveenseCSO (4 juni 2018).

¹⁹ Basisspecificatie Dijk - Primaire waterkeringen – Systeemeisen versie 1.0. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

technische uitgangspunten is wel een nadere uitwerking van het ontwerp nodig. Ook de beheerbaarheid, uitbreidbaarheid en toetsbaarheid van de kansrijke oplossingen dient verder te worden uitgezocht.

Voor de trajecten met een macrostabiliteitsopgave binnenwaarts ligt een stabiliteitsscherm als standaard ruimtebesparende oplossing voor de hand. In het oostelijke deel is tevens een pipingopgave en kan een stabiliteit-/pipingsscherm worden aangebracht. Als alternatief wordt drainage als technisch haalbaar gezien voor het oostelijke deel van het traject, nabij de aansluiting met het systeem van Jaarsveld. Omdat op deze locatie sprake is van een dikke deklaag is een systeem met verticale bronnen mogelijk een haalbare oplossing. Onderzocht moet worden welk effect dit heeft op de binnendijkse waterhuishouding.

Verticaal zanddicht geotextiel (VZG) wordt als kansrijk gezien voor het traject tussen dijkpaal 97 en 107,5 omdat hier alleen een opgave voor piping geldt en dus niet hoeft te worden gecombineerd met bouwstenen ten behoeve van macrostabiliteit binnenwaarts. In deze zone is sprake van een dunne deklaag, waardoor VZG hier goed kan worden aangebracht. De beheerbaarheid, betrouwbaarheid en toetsbaarheid van het VZG is een aandachtspunt. In plaats van VZG zijn ook andere innovatieve oplossingen, zoals een grofzand barrière, mogelijk (zie paragraaf 5.5.6).

5.5.2 Vergunbaarheid

Rivierkunde

Er is geen effect op rivierwaterstanden, omdat er geen buitendijkse ingrepen plaatsvinden.

Natuur/ecologie

Voor alle kansrijke oplossingen geldt dat ze beperkte gevolgen kunnen hebben voor vleermuizen, amfibieën (en vissen) en jaarrond beschermde nestplaatsen.

Stikstofdepositie

Er is een indicatieve stikstofdepositie-berekening gedaan voor de oplossingsrichting 'brede dijkzone', omdat dit het worst-case scenario betreft met de meeste uitstoot. Omdat voor deze oplossing voldoende ontwikkelingsruimte beschikbaar is, kan voor kansrijke oplossing 1 gesteld worden dat stikstofdepositie geen onoverkomelijke juridische belemmering is.

5.5.3 Kosten

De berekende investeringskosten voor kansrijke oplossing 1 (dijk als lijn) zijn lager dan in kansrijke oplossing 3 en ongeveer gelijk aan oplossing 2. De reden is dat de technische bouwsteen VZG is opgenomen in deze kansrijke oplossing. Dit is een innovatieve en relatief goedkope oplossing. Bij een traditionele oplossing met een kwelscherm tussen dijkpaal 97 en 107,5 zullen de kosten aanzienlijk hoger zijn. Daarnaast vindt er veel minder grondverzet plaatst opzichte van een grondoplossing zoals een steunberm en is er geen voorlandverbetering nodig²⁰.

5.5.4 Consequenties voor de omgeving

De consequenties van kansrijke oplossing 1 voor de omgeving zijn neutraal beoordeeld. De reden is dat er voor bewoners in de eindsituatie niet veel zal veranderen in het aanzicht: er komt geen grotere steunberm op/nabij particuliere terreinen. Wel moet worden onderzocht of de bomen langs op- en afritten behouden kunnen blijven bij het plaatsen van de schermen. In het bijzonder de monumentale boom bij Lekdijk Oost 8 Deze kansrijke oplossing Dijk als lijn heeft daarnaast geen buitendijkse maatregelen waardoor de polstokverspringbak en het beoogde buitendijkse dijkvoetmoeras kan worden behouden of vergroot. De taludhelling van de dijk blijft beheerbaar (maaïen) en ook de drainage (afvoer

van water in sloot) zoals deze nu is, blijft behouden. De beheerbaarheid van constructies dient in de volgende verkenningstap (beoordeling) te worden onderzocht.

5.5.5 Samenhang met uiterwaard

De samenhang met uiterwaard is voor kansrijke oplossing Dijk als lijn beoordeeld als neutraal. De reden is dat deze oplossing door toepassing van binnendijkse schermen onafhankelijk is van de beoogde herinrichting van de uiterwaard. Het buitentalud wordt wel verflauwd ter hoogte van dijkpaal 95, dus hier dient rekening mee gehouden te worden.

5.5.6 Innovaties en duurzaamheid

Omdat deze kansrijke oplossing binnen het huidige ruimtebeslag van de dijk plaatsvindt is ruimtebesparing belangrijk. Veel innovaties leveren ruimtebesparing op en kunnen hier dus worden ingezet. De volgende technieken kunnen verder worden onderzocht per faalmechanisme:

- Piping: Prolock B, grofzand barrière, DMC, waterontspanner en VZG.
- Macrostabieliteit binnenwaarts: DMC, waterontspanner, JLD-dijkstabilisator, dijkvernageling, dijkdeuvels, korte damwand en vacuümconsolidatie.

Met name verticaal zanddicht geotextiel in het midden (dijkpaal 97,0 - 107,5) en drainage door middel van een waterontspanner in het uiterste oosten van het traject worden kansrijk geacht. Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar Technisch rapport zeef 1.

In paragraaf 4.7 zijn enkele kansen benoemd voor duurzaamheid die in alle oplossingen kunnen worden meegenomen. Geadviseerd wordt om dit verder te onderzoeken in de volgende verkenningstap (beoordeling).

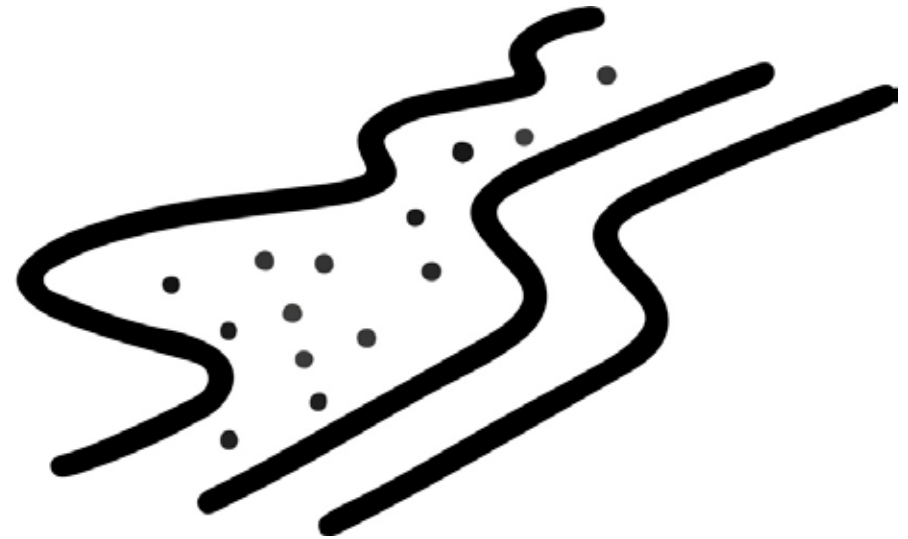
²⁰ WAB003344-R-033-v1-Kostennota - zeef 1

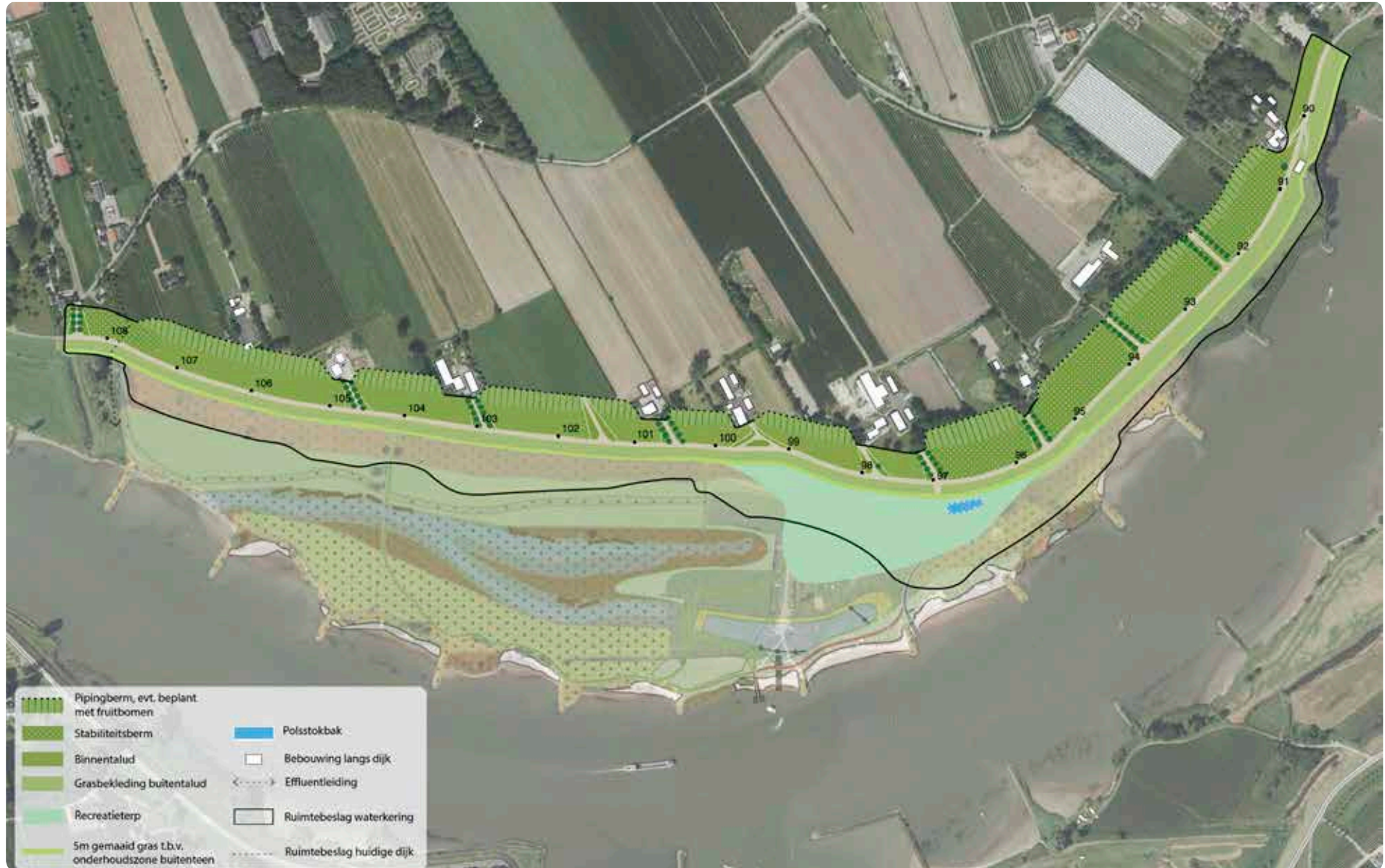
6 Kansrijke Oplossing 2: Brede dijkzone

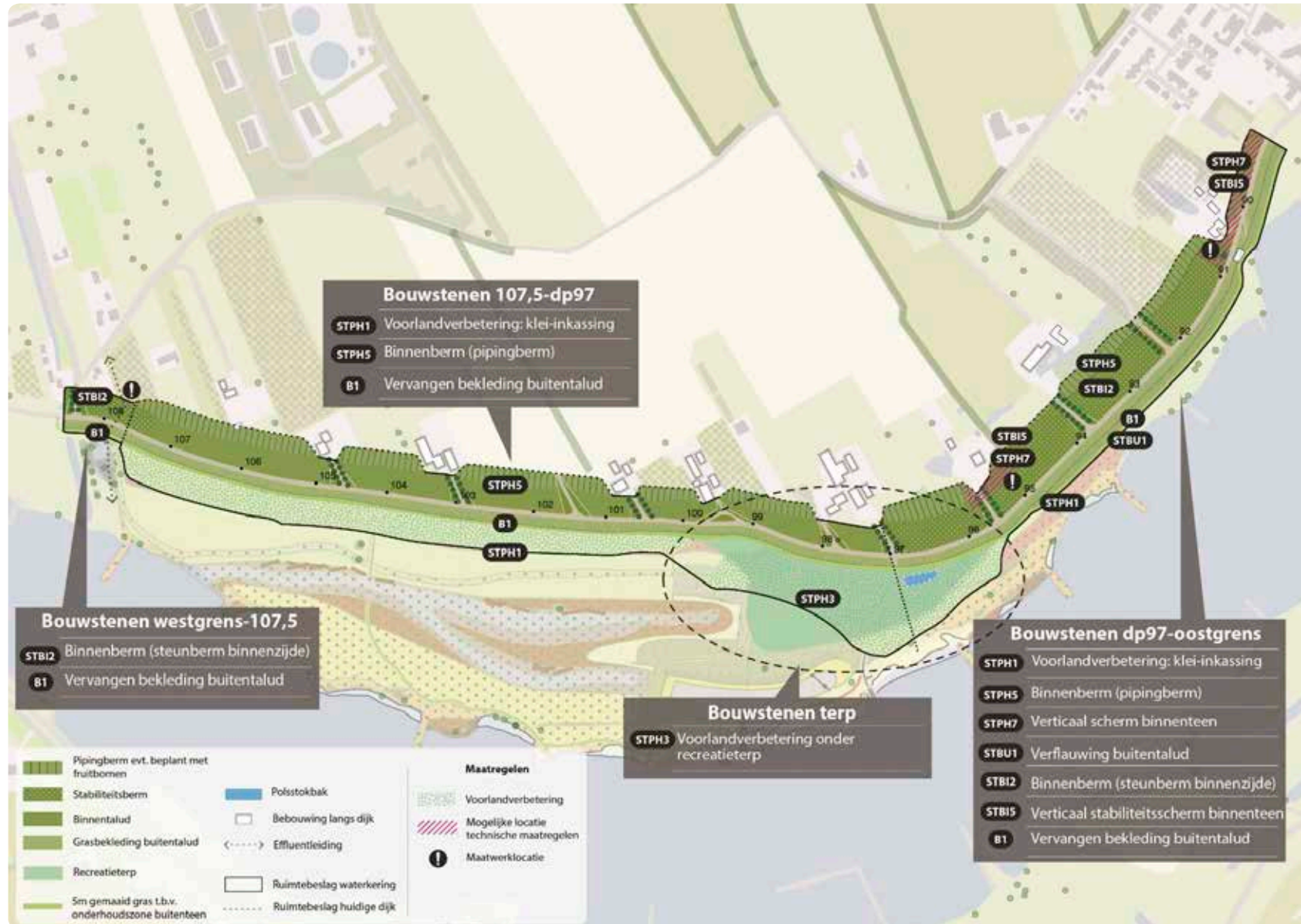
6.1 Ruimtelijk perspectief en maatregelen op hoofdlijnen

Bij deze kansrijke oplossing is de dijk leidend bij binnen- en buitendijkse versterking in grond. Binnendijks worden bermen in grond aangebracht, buitendijks wordt een kleilaag onder het maaiveld aangebracht, een zogenaamde klei-inkassing. Daarbij wordt ernaar gestreefd over het gehele traject een eenduidig beeld te maken, aansluitend op de omgeving. Daar waar nodig zal maatwerk worden geleverd ter hoogte van woningen. Binnendijks worden indien mogelijk en gewenst, op de binnendijkse bermen boomgaarden terug geplant. Aandachtspunt hierbij is de hoogte van de bermen, die mogelijk hoger moet zijn als er bomen op de berm worden gepland. Daarnaast beïnvloedt dit ook de beheer-baarheid van de dijk. Dit dient in de volgende verkenningstap (beoordeling) te worden uitgezocht. Buitendijks worden klei-inkassingen tot huidige maaiveldhoogte afgewerkt en wordt de "recreatieterp" uit het uiterwaardplan met de inrichting met parkeerplaatsen teruggebracht. Deze herinrichting biedt de mogelijkheid het gebied efficiënter en aantrekkelijker in te richten.

Op de volgende pagina's zijn de maatregelen op hoofdlijnen in kaart en schematische dwarsprofielen weergegeven. In de daaropvolgende paragrafen komen de specifieke ruimtelijke opgaven van deze kansrijke oplossing, de verschillende technische opties, de onderzoeksvragen en de beoordeling op de criteria uit het beoordelingskader aan bod.







6.2 Ruimtelijke opgaven

Het aanbrengen van een berm aan de binnenzijde en een klei-inkassing aan de buitenzijde brengen de onderstaande ruimtelijke opgaven met zich mee.

- Bij twee woningen kan niet worden volstaan met een grondoplossing, omdat de beschikbare ruimte hiervoor te beperkt is. Hier is een maatwerkoplossing nodig (constructie).
- De aan te leggen binnenbermen zullen ruimtelijk ingepast moeten worden, met name ook met betrekking tot de aansluiting op het achterland en de open afritten. De bomen in het binnendijks gebied waar de bermen geplaatst worden, zullen vermoedelijk geruimd moeten worden. In overleg met de grondeigenaren worden nieuwe bomen en boomgaarden teruggeplant op voorwaarde dat dit mogelijk is vanuit beheer en veiligheid.
- Ter plaatse van het Oude Veerhuis is geen buitendijkse macrostabiliteitsopgave, maar wel een piping-opgave. Aan weerszijden van het Oude Veerhuis vindt daarnaast een kleine taludverflauwing plaats en wordt de bekleding van het buitentalud vervangen. De aansluitingen van de nieuwe bekleding op het Oude Veerhuis zijn een aandachtspunt. Het Oude Veerhuis kan op deze locatie behouden blijven mits met stabiliteitsschermen gewerkt wordt. Bij het verdere ontwerp dient hiermee rekening te worden gehouden.
- Bij de klei-inkassing in het voorland wordt maatwerk geleverd: er wordt alleen klei ingegraven op de locaties waar deze in de huidige situatie onvoldoende wordt beoordeeld. De maaiveldhoogte en toplaag blijven gelijk aan de huidige situatie. Er moet nader onderzoek gedaan worden naar de beheerbaarheid van deze kleilaag.

- De ruimte tussen de "recreatieterp" en de dijk kan na het aanbrengen van de klei-inkassing worden opgevuld tot de hoogte van de terp. De rivierkundige effecten hiervan moeten wel vooraf onderzocht worden, met als randvoorwaarde dat er geen opstuwing mag plaatsvinden. Omdat de klei-inkassing ook ter hoogte van de polstokverspringbak moet plaatsvinden kan het zo zijn dat deze (al dan niet tijdelijk) moet worden verplaatst naar een, in overleg met de polstokvereniging, nader te bepalen locatie. De herinrichting biedt de mogelijkheid de inrichting van de "recreatieterp" efficiënter en aantrekkelijker in te richten, eventueel in afstemming met de misschien te plaatsen horeca.
- Binnen deze oplossing wordt ervan uitgegaan dat de kruising van de effluentleiding met de waterkering niet aangepast hoeft te worden vanwege het aanleggen van een binnenberm. Onduidelijk is nog wat de restlevensduur van deze leiding is.

6.3 Verschillende technische opties

Bij deze oplossing passen de volgende technische bouwstenen per faalmechanisme:

- Piping: voorlandverbetering (klei-inkassing), binnenberm en verticaal scherm binnenteen.
- Macrostabiliteit binnenzijde: binnenberm en verticaal stabiliteitsscherm binnenteen (binnen marge binnenkruin tot binnenteen).
- Macrostabiliteit buitenwaarts en bekleding (buitenzijde): verflauwing buitentalud naar 1:3 en vervangen bekleding buitentalud.

Ondanks dat bij deze kansrijke oplossing zoveel mogelijk met grondoplossingen wordt gewerkt, vereist een enkele woning en het Oude Veerhuis toch maatwerk door ruimtetekort. Omdat er op deze plekken geen ruimte is voor een steunberm zal hier een scherm of een andere constructie geplaatst worden.

6.4 Onderzoeksvragen

Naar aanleiding van de onderzoeken in deze verkenningstap zijn er nieuwe vragen ontstaan die dienen te worden onderzocht in de volgende verkenningstap (beoordeling):

- Kan in het westelijke deel de klei-inkassing worden aangesloten op de bestaande kleilaag onder de kleiputten, of moet dan ook de bestaande kleilaag worden aangevuld tot > 1m?
- Kan de grondberm bij de woningen tot 2 m vanaf de gevel worden aangebracht, of is er dan te veel risico op schade? In hoeverre staan de woningen al op een verhoging?
- Kunnen de bermen worden aangesloten aan de bestaande op/afritten, of moeten de opritten worden aangepast?
- Kunnen de bermen landbouwkundig worden gebruikt (bijv. herbeplanting fruitbomen)?
- Volstaat een nieuwe grasbekleding voor het buitentalud?
- Uitwisseling grond: kan vrijkomende klei van herinrichting uiterwaard worden toegepast in de binnendijkse en onder de verhoging van de parkeerplaats (chemisch en fysisch onderzoek)?
- Wat betekenen de buitendijkse maatregelen voor de polstokverspringbak? Wat te doen met de polstokverspringbak tijdens uitvoering?
- Wat betekenen de buitendijkse maatregelen voor het voetveer? Wat te doen met het voetveer tijdens uitvoering?
- Kan de opgave voor bekleding buitentalud worden opgelost met een grasbekleding op een kleilaag? En wat betekent de bekleding van het buitentalud voor het beheer?
- Welke technische oplossing is geschikt bij de twee woningen in het oostelijke deel?
- Wat is de restlevensduur van de effluentleiding?

- Hoe kan een klei-inkassing en het terug planten van fruitbomen beheerbaar worden gemaakt?

6.5 Beoordeling op criteria

Ook kansrijke oplossing 2 Brede dijkzone is vergeleken met het beoordelingskader uit hoofdstuk 4.

6.5.1 Technische haalbaarheid

Alle kansrijke oplossingen zijn technisch haalbaar op basis van de norm: ze versterken de dijk volgens de norm Waterwet en houden zich aan de technische uitgangspunten (waaronder ook beheer) zoals beschreven in de *Nota Ontwerpuitgangspunten*²¹. Op basis van de *Basisspecificatie Dijk (BSD)*²² en de technische uitgangspunten is wel een nadere uitwerking van het ontwerp nodig. Ook de beheerbaarheid, uitbreidbaarheid en toetsbaarheid van de kansrijke oplossingen dient verder te worden uitgezocht.

Deze oplossing gaat uit van binnendijks versterken met bermen, en waar aan de binnenzijde onvoldoende ruimte is, wordt buitendijks een klei-inkassing aangelegd. Daarbij wordt een leeflaag aangebracht. Bij deze oplossingen zal de beheerbaarheid van leeflagen en het terugplaatsen van (fruit/laan)bomen uitgewerkt moeten worden. Op een tweetal maatwerklocaties is er onvoldoende ruimte beschikbaar om de pipingopgave volledig met grond (binnenberm/klei-inkassing) op te lossen. Op deze locaties is daarom een maatwerkoplossing met

21 LievenseCSO (4 juni 2018). Nota Ontwerpuitgangspunten - verkenningfase Salmsteke – Sterke Lekdijk,

22 Basisspecificatie Dijk - Primaire waterkeringen – Systeemeisen versie 1.0. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

damwanden voorzien. De locatie van de damwanden en de aansluiting met de aangrenzende grondoplossing moet nog nader worden uitgewerkt.

6.5.2 Vergunbaarheid

Rivierkunde

Indien de recreatieterp door een maaiveldverhoging wordt aangesloten op de dijk, zal dit rivierkundig onderzocht moeten worden. Eventuele nadelige effecten moeten gecompenseerd worden.

Natuur/ecologie

Voor alle kansrijke oplossingen geldt dat ze beperkte gevolgen kunnen hebben voor vleermuizen, amfibieën (en vissen) en jaarrond beschermde nestplaatsen. Daarnaast biedt kansrijke oplossing 2 (*Brede dijk*) kansen voor mitigatie in de moeraszone.

Stikstofdepositie

Er is een indicatieve stikstofdepositie-berekening gedaan voor kansrijke oplossing 2. Het betreft een *worst-case* scenario met de meeste uitstoot. Omdat voor deze oplossing voldoende ontwikkelingsruimte beschikbaar is, wordt gesteld dat stikstofdepositie geen onoverkomelijke juridische belemmering is.

6.5.3 Kosten

Bij kansrijke oplossing 2 *Brede dijkzone* zijn de investeringskosten ongeveer gelijk aan kansrijke oplossing 1. De kosten voor een grondoplossing voor macrostabiliteit zijn geringer dan een constructieve oplossing (stabiliteitsscherm), maar de grondoplossing voor piping (berm/klei-inkassing) zijn hoger dan het VZG in kansrijke oplossing 1. Kansrijke oplossing 3 is wel duurder, doordat daarin een omvangrijkere buitendijkse klei-inkassing en herinrichting is opgenomen.

6.5.4 Consequenties voor de omgeving

Deze kansrijke oplossing is als negatief beoordeeld op de consequenties voor de omgeving. De reden is dat voor bewoners het aanzicht verandert, omdat er over een groot deel van het plangebied een binnendijkse pipingberm zal worden aangelegd. Hiervoor is extra grondverwerving nodig. Om deze reden hebben de meeste bewoners een voorkeur voor buitendijkse versterkingen, bleek tijdens de informatieavond op 3 oktober 2018.

Ter hoogte van dijkpaal 91, 91-97 en dijkpaal 107,5 wordt daarnaast ook een steunberm aangelegd. Ter hoogte van de oostgrens tot dijkpaal 91 binnendijks en nabij dijkpaal 95,5 zal een damwand moeten worden geplaatst in verband met ruimtegebrek voor een berm. Op plekken waar een berm wordt aangelegd kan eventueel het huidige ruimtegebruik worden voortgezet, dit is belangrijk voor enkele bewoners. Ter hoogte van de terp en dijkpaal 97-107,5 vindt voorlandverbetering plaats. Dit is ook ter hoogte van de polstokverspringbak die tijdens de uitvoering niet gebruikt kan worden.

6.5.5 Samenhang met uiterwaard

De samenhang met uiterwaard is in deze kansrijke oplossing beoordeeld als neutraal. In deze kansrijke oplossing wordt uitgegaan van de dijk ('de dijk is leidend') en is in beperkte mate rekening gehouden met het uiterwaardplannen. Er zijn zowel binnen- als buitendijkse maatregelen. Door een buitendijkse pipingberm en bovengrondse voorlandverbetering ter hoogte van de recreatieterp, wordt het ontwerp van de inrichting van de uiterwaard beïnvloed. Daarnaast vindt buitendijks een verflauwing plaats waar rekening mee gehouden moet worden bij het ontwerp uiterwaard. In deze oplossing kan de vrijkomende grond uit de uiterwaard mogelijk (deels) worden hergebruikt in de steunbermen. Daarnaast biedt een klei-inkassing de kans om de inrichting van de recreatieterp aantrekkelijker te maken. Deze positieve mogelijkheid compenseert het feit

dat er nu in de uitvoering van uiterwaard wel met de klei-inkassing rekening moet worden gehouden (en dat deze dus niet meer onafhankelijk is van de dijkversterking).

6.5.6 Innovaties en duurzaamheid

Omdat in deze kansrijke oplossing zoveel mogelijk wordt uitgegaan van versterkingen in de grond zijn de mogelijkheden voor het toepassen van innovatieve technieken beperkt.

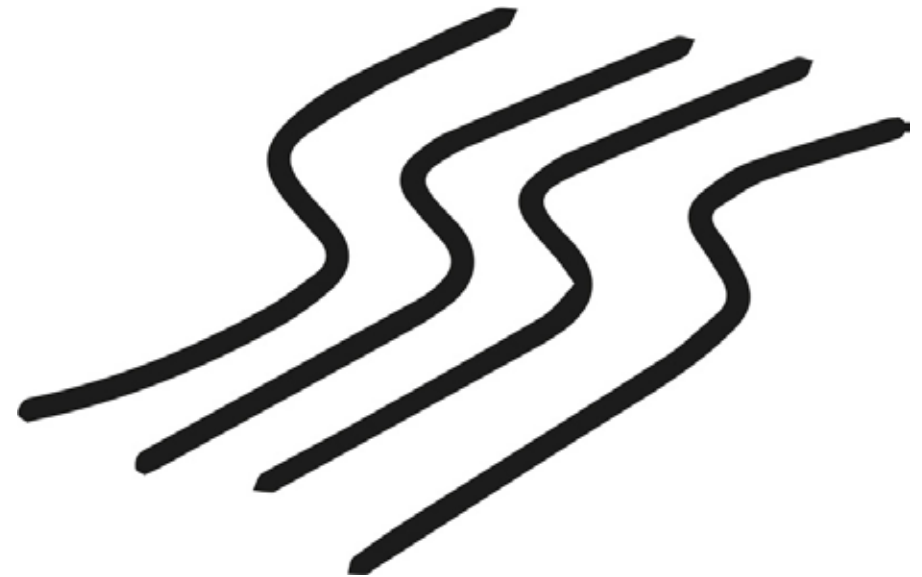
In paragraaf 4.7 zijn duurzaamheidskansen benoemd, die in alle oplossingen kunnen worden meegenomen. Dit wordt verder onderzocht in verkenningstap 3 (beoordeling). Deze oplossing biedt kansen voor circulair materiaalgebruik, omdat er met veel grondverzet wordt gewerkt. Hierbij is er de kans om vrijkomende grond uit de uiterwaard (deels) te hergebruiken. Dit hergebruik zorgt voor minder grondtransport en dus minder uitstoot. In de bermen kan waarschijnlijk grond uit de uiterwaard worden gebruikt. De mate van hergebruik in de klei-inkassing is afhankelijk van de eisen die worden gesteld aan de fysische kwaliteit (erosiebestendigheid) van de te gebruiken klei.

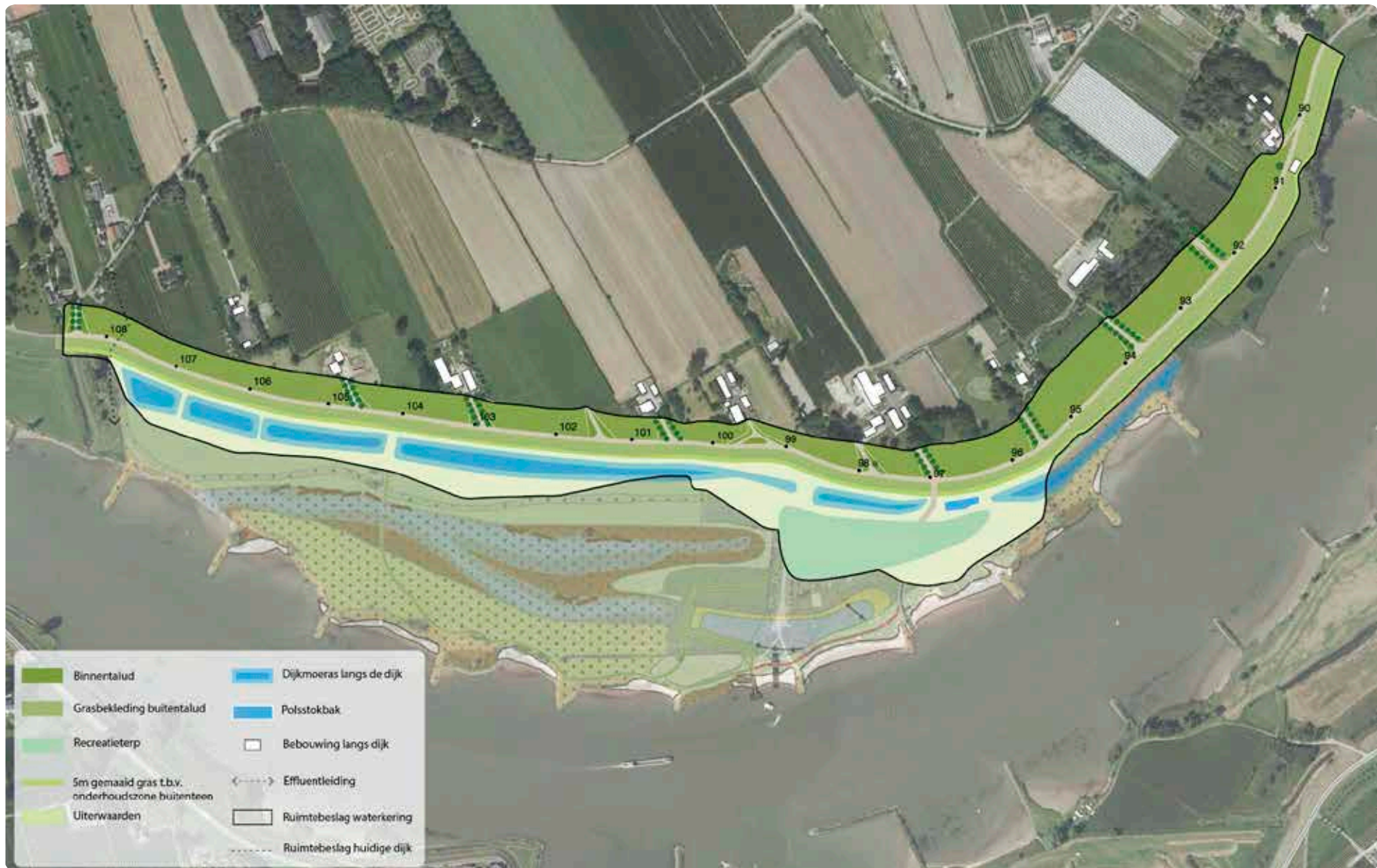
7 Kansrijke oplossing 3: Uiterwaard en dijk integraal

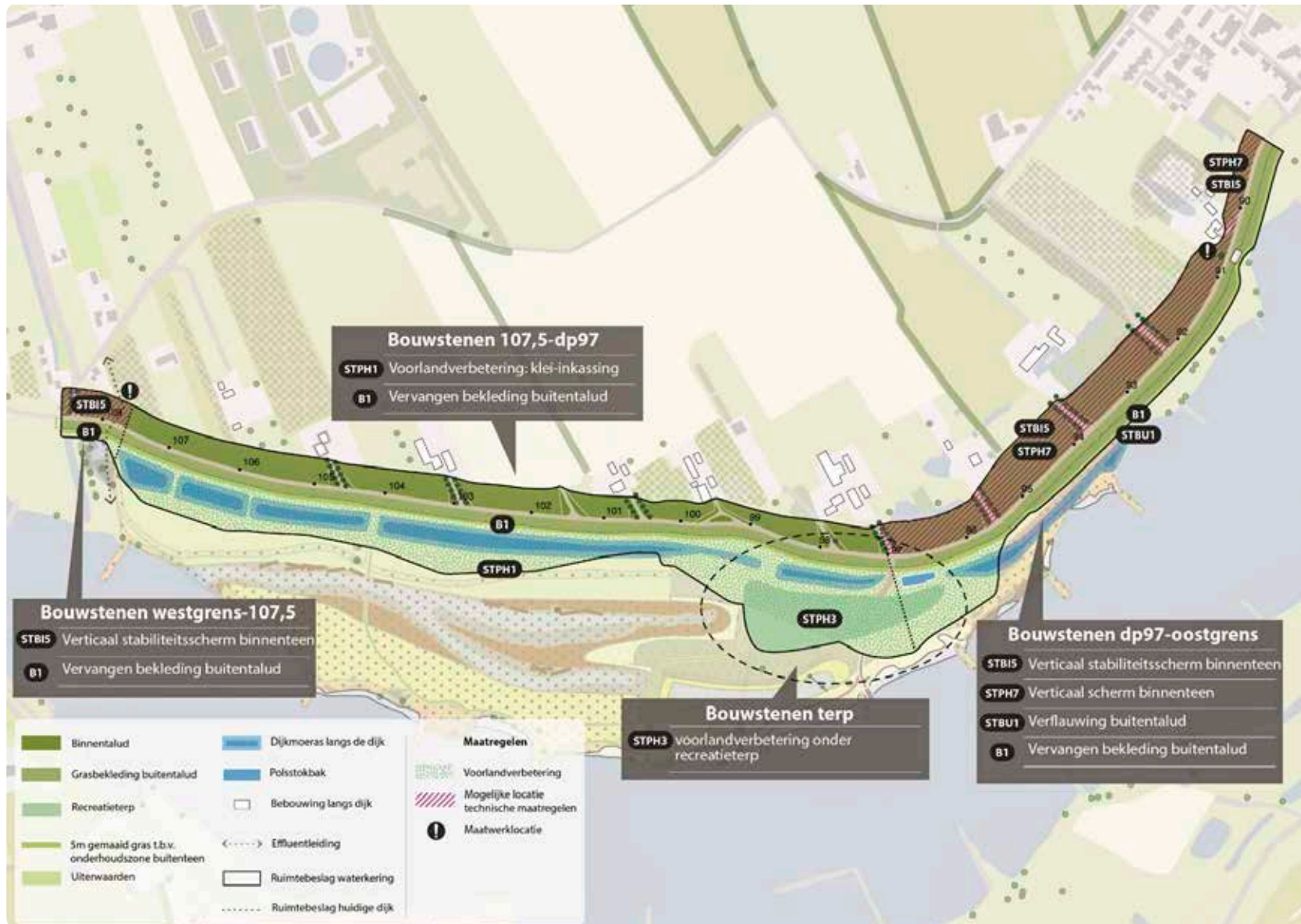
7.1 Ruimtelijk perspectief + maatregelen op hoofdlijnen

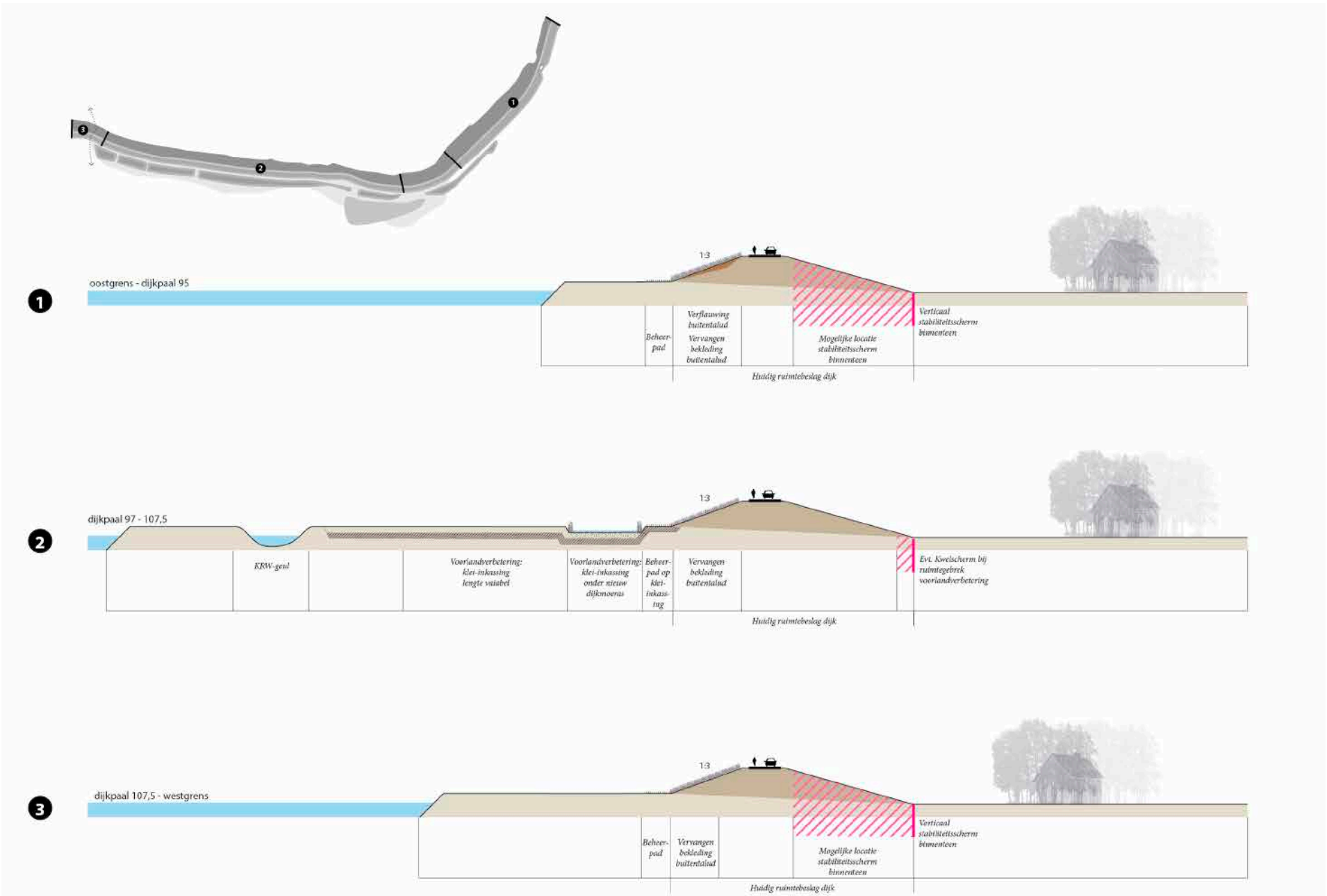
Bij deze kansrijke oplossing is het ontwerp van plan Uiterwaard geïntegreerd met de buitendijkse versterkingsmaatregelen, waarbij is gezocht naar meerwaarde (landschappelijk, ecologisch, gebruiksfuncties). Het dijkvoetmoeras en de contour en inrichting van de "recreatieterp" uit plan Uiterwaard worden gevolgd en de polstokverspringbak wordt teruggebouwd op de huidige locatie. Binnendijks worden op enkele plaatsen technische maatregelen toegepast. Bestaande ruimtelijke kwaliteiten blijven behouden. De technische oplossingen hebben binnendijks impact op lokaal niveau: het niveau van opritten en bomenlanen.

Op de volgende twee pagina's zijn de maatregelen op hoofdlijnen in kaart en schematische dwarsprofielen weergegeven. In de daaropvolgende paragrafen komen de specifieke ruimtelijke opgaven van deze kansrijke oplossing, de verschillende technische opties, de onderzoeksvragen en de beoordeling op criteria uit het beoordelingskader aan bod.









7.2 Ruimtelijke opgaven

De technische maatregelen aan de binnenzijde (damwanden in oostelijk en westelijk deel) en een klei-inkassing aan de buitenzijde brengen de onderstaande ruimtelijke opgaven met zich mee.

- Alle bomen op het binnen- en buitentalud. In het bijzonder de bomen langs de opritten en de monumentale okkernoot bij Lekdijk Oost 8. Het plaatsen van technische maatregelen tegen piping en binnendijkse macrostabiliteit kan gevolgen hebben voor bomen in de omgeving van het talud. Bijvoorbeeld voor de bomen die langs de oprijlanen staan, net buiten het binnentalud. Het graven en plaatsen van een damwand kan bijvoorbeeld ter hoogte van het wortelpakket van een boom geprojecteerd zijn, waardoor deze geruimd moet worden omdat deze het anders niet zou overleven.
- Ter plaatse van het Oude Veerhuis is geen buitendijkse macrostabiliteitsopgave. Aan weerszijden van het Oude Veerhuis vindt wel een kleine taludverflauwing plaats en daarnaast wordt de bekleding van het buitentalud vervangen. De aansluitingen van de nieuwe bekleding op het Oude Veerhuis zijn een aandachtspunt. Het Oude Veerhuis kan op deze locatie behouden blijven. Bij het verdere ontwerp dient hiermee rekening te worden gehouden.
- Buitendijkse voorlandverbetering wordt in geheel nieuw aangebracht met een leeflaag waarop een dijkvoetmoeras wordt aangelegd. Het dijkvoetmoeras, de "recreatieterp" en polstokverspringbak worden volgens plan Uiterwaard aangelegd.
- Binnen deze kansrijke oplossing wordt ervan uitgegaan dat de effluentleiding niet hoeft te worden aangepast. Rondom de leiding wordt een maatwerkoplossing uitgevoerd. In verkenningstap 3 (beoordeling) wordt bepaald wat de restlevensduur is.

7.3 Verschillende technische opties

Bij deze oplossing passen de volgende technische bouwstenen per faalmechanisme:

- Piping: voorlandverbetering (klei-inkassing) en verticaal scherm binnenteen als er ruimtegebrek is.
- Macrostabiliteit binnenzijde: verticaal stabiliteitsscherm binnenteen (binnen marge binnenkruin tot binnenteen).
- Macrostabiliteit buitenwaarts en bekleding (buitenzijde): verflauwing buitentalud naar 1:3 en vervangen bekleding buitentalud.

7.4 Onderzoeksvragen

Naar aanleiding van de uitgevoerde onderzoeken zijn er nieuwe vragen ontstaan die onderzocht dienen te worden in verkenningstap 3 (beoordeling):

- Kan de moeraszone (inclusief kleiputten) zo hersteld en uitgebreid worden met een kleilaag dat deze bijdraagt aan de dijkveiligheid en ook in de toekomst geen negatieve effecten heeft op beheerbaarheid, toetsbaarheid en uitbreidbaarheid?
- Kunnen er omstandigheden gecreëerd worden waarbij klei op een natuurlijke manier aanslibt in deze zone, zodat meer weerstand tegen piping ontstaat?
- Hoe kan een klei-inkassing beheerbaar worden gemaakt?
- Uitwisseling grond: kan vrijkomende klei uit de uiterwaard gebruikt worden voor de klei-inkassing onder de recreatieterp (fysisch en chemisch onderzoek)?
- Wat betekenen de buitendijkse maatregelen voor de polstokverspringbak? Uitgangspunt is dat deze behouden blijft op de huidige plek. Wat te doen met de polstokverspringbak tijdens uitvoering?
- Wat betekenen de buitendijkse maatregelen voor het voetveer? Wat te doen met het voetveer tijdens uitvoering?

- Kan de opgave voor bekleding buitentalud worden opgelost met een grasbekleding op een kleilaag? En wat betekent de bekleding van het buitentalud voor het beheer?
- Wat is het risico op schade aan woningen en bomen bij het plaatsen van damwanden?
- Welke technische oplossing is geschikt bij de twee woningen in het oostelijke deel?
- Wat is de restlevensduur van de effluentleiding?

7.5 Beoordeling op criteria

Kansrijke oplossing 3 *Dijk en uiterwaard integraal* is evenals de andere twee kansrijke oplossingen vergeleken met het beoordelingskader uit hoofdstuk 4.

7.5.1 Technische haalbaarheid

Ook kansrijke oplossing 3 is technisch haalbaar op basis van de norm: ze versterken de dijk volgens de norm Waterwet en voldoen aan de technische uitgangspunten (waaronder ook beheer) zoals beschreven in de *Nota Ontwerputgangspunten*²³. Op basis van de *Basisspecificatie Dijk* (BSD)²⁴ en de technische uitgangspunten is wel een nadere uitwerking van het ontwerp nodig. Ook de beheerbaarheid, uitbreidbaarheid en toetsbaarheid van de kansrijke oplossingen dient verder te worden uitgezocht.

De technische haalbaarheid van de lange buitendijkse klei-inkassingen bij de natuurterreinen en de recreatieterp behoeven nadere uitwerking. Deze dienen

voldoende slecht waterdoorlatend te zijn om zonder verdere binnendijkse maatregel effectief genoeg te zijn om piping te voorkomen. Daarnaast dient de beheerbaarheid van deze klei-inkassingen verder te worden uitgezocht.

7.5.2 Vergunbaarheid

Rivierkunde

In kansrijke oplossing 3 moet het functioneren van het kwelmoeras worden uitgezocht. Negatieve effecten op de waterstanden op de rivier moet worden voorkomen.

Natuur/ecologie

Voor alle kansrijke oplossingen geldt dat ze beperkte gevolgen kunnen hebben voor vleermuizen, amfibieën (en vissen) en jaarrond beschermde nestplaatsen. Daarnaast biedt kansrijke oplossing 3 (Uiterwaard en dijk integraal) kansen voor natuurontwikkeling en mitigatie in de moeraszone.

Stikstofdepositie

Er is een indicatieve stikstofdepositie berekening gedaan voor de oplossingsrichting 'Brede dijkzone' omdat dit het 'worst-case' scenario betreft. Omdat voor deze oplossing voldoende ontwikkelingsruimte beschikbaar is, wordt gesteld dat stikstofdepositie geen onoverkomelijke juridische belemmering is.

7.5.3 Kosten

De investeringskosten voor kansrijke oplossing 3 (*Uiterwaard en dijk integraal*) zijn hoger dan die van andere twee oplossingen. De reden is dat er in kansrijke oplossing 3 naast technische oplossingen voorlandverbetering nodig is in de vorm van een klei-inkassingen. Dit betekent naast meer grondverzet ook dat er klei moet worden ingekocht. De hoeveelheid vrijkomende klei is bij huidige herinrichtingsplannen van de uiterwaard namelijk niet voldoende om deze

²³ Nota Ontwerputgangspunten - Verkenning Salmsteke – Sterke Lekdijk, LievenseCSO en Strootman (juni 2018)

²⁴ Basisspecificatie Dijk - Primaire waterkeringen – Systeemeisen versie 1.0. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

klei-inkassing aan te leggen. De herinrichting van de dijkvoetzone door een maaiveldverlaging is ook kostenverhogend.

7.5.4 Consequenties voor de omgeving

De consequentie voor de omgeving zijn voor deze kansrijke oplossing beperkt, omdat het aanzicht voor binnendijkse bewoners weinig verandert. De piping opgave wordt zoveel mogelijk buitendijks opgelost met een klei-inkassing. Alleen ter hoogte van dijkpaal 95, 95-97 en dijkpaal 107,5 wordt in het binnentalud een (stabieliteits)schermb geplaatst. Vegetatie die eventueel voor plaatsing van het scherm moet worden verwijderd, kan worden teruggeplaatst.

De buitendijkse voorlandverbetering ter hoogte van de terp en dijkpaal 97-107,5 is ook ter hoogte van de polstok-verspringbak, die tijdens de uitvoering niet gebruikt kan worden. De klei-inkassing onder de recreatieterp en het dijkvoetmoeras zijn minder wenselijk vanuit beheer. In de volgende verkenningstap dient ook aandacht te worden besteed aan de wijze waarop het functioneren van de klei-inkassing blijvend kan worden beschermd.

7.5.5 Samenhang met uiterwaard

De samenhang met uiterwaard is in deze kansrijke oplossing beoordeeld als positief. In het ontwerp wordt zoveel als mogelijk rekening gehouden met het uiterwaardontwerp: er worden binnendijks schermen geplaatst ter hoogte van dijkpaal 95, 95-97 en dijkpaal 107,5. Waar wel buitendijkse voorlandverbetering plaatsvindt, wordt dit gedaan onder het huidige maaiveld. Daarnaast wordt het beoogde dijkvoetmoeras verder uitgebreid.

7.5.6 Innovaties en duurzaamheid

Bij deze oplossing zou, in overleg met initiatiefnemers van het uiterwaardplan, onderzocht kunnen worden waar de toepassing van golfremmende vegetatie mogelijk is.

In paragraaf 4.7 zijn duurzaamheidskansen benoemd, die in alle oplossingen kunnen worden meegenomen. Dit dient verder onderzocht te worden in de verkenningstap 3 (beoordeling). Daarnaast biedt kansrijke oplossing Uiterwaard en dijk integraal specifiek mogelijkheden voor secundair materiaalgebruik. Omdat in deze kansrijke oplossing met grond wordt gewerkt is er de kans om vrijkomende grond uit de uiterwaard (deels) te hergebruiken. Dit hergebruik zorgt voor minder grondtransport en dus minder uitstoot.

8 Conclusies

Deze notitie beschrijft het proces en het resultaat van de tweede stap (analyse) uit de verkenningsfase van deelproject Salmsteke. Tijdens deze stap zijn drie kansrijke oplossingen voor de veiligheidsopgave ontwikkeld, die allen in meer of mindere mate voldoen aan de projectdoelen. De drie kansrijke oplossingen zijn: *1 Dijk als lijn, 2 Brede dijkzone en 3 Uiterwaard en dijk integraal*. De belangrijkste achtergronden en conclusies van deze oplossingen worden in dit hoofdstuk samengevat.

8.1 Veiligheidsopgave

De veiligheidsopgave is in deze stap nader beschouwd en kleiner geworden door technische optimalisaties. In dijktraject Salmsteke spelen de volgende veiligheidsopgaven:

- Piping en macrostabiliteit binnenwaarts: van oostgrens tot dijkpaal 97.
- Piping: van dijkpaal 97 tot 107,5.
- Macrostabiliteit binnenwaarts: van dijkpaal 107,5 tot westgrens.
- Macrostabiliteit buitenwaarts en stabiliteit bekleding: gehele traject.

8.2 Bouwstenen

De kansrijkheid van zowel traditionele als meer innovatieve versterkingsmaatregelen is onderzocht. Voor de stabiliteitsopgave buitenwaarts en bekleding buitenzijde is het voorstel om in deze verkenningstap al een keuze te maken voor een oplossing in grond. Het herprofilen van het buitentalud naar 1:3 (STBU1) en het vervangen van de (gras)bekleding op het buitentalud (B1). Dit is altijd de goedkoopste oplossing en overal goed inpasbaar. Nader onderzoek is nodig om aan te tonen dat deze gangbare oplossing voldoet aan de nieuwe technische voorschriften. Indien dit niet mogelijk blijkt, moet worden teruggevallen op de minder gewenste steen- of asfaltbekleding op het buitentalud.

Voor de faalmechnismen piping en macrostabiliteit binnenwaarts zijn diverse bouwstenen als kansrijk of nader te bepalen beoordeeld. De afgevalen bouwstenen zijn:

- Binnendijkse grondverbetering (STPH 4) is beoordeeld als niet doelmatig vanwege de reeds aanwezige binnendijkse deklaag met zware klei.
- Verticaal scherm buitenteen (STPH6), buitenberm (STBU2) en verticale stabiliteitsschermen (STBU3, -4 en -5) zijn kostbaarder dan de voorgestelde aanpassing van het buitentalud.
- Asverschuiving (STPH8). Deze maatregel is niet verder onderzocht vanwege de grote ruimtelijke impact en de beschikbaarheid van voldoende alternatieve maatregelen.
- Verflauwen binnentalud (STBI1) conflicteert met het ruimtelijk kwaliteitskader en wordt niet verder onderzocht.
- Stabiliteitsscherm buitenkruin (STBI4) en kistdam (STBI6) zijn niet verder onderzocht, omdat een eventueel scherm tussen binnenkruin en binnenteen kan worden geplaatst en dit effectiever is. Een kistdam kan mogelijk nog wel als maatwerkoplossing worden toegepast bij het veerhuis waar de beschikbare ruimte zeer beperkt is.
- Steen/asfaltbekleding (B2), verflauwing buitentalud (B3) en buitenscherm(B4) zijn afgevalen omdat de voorgestelde aanpassing van het buitentalud naar verwachting voldoet.

Mogelijke innovatie maatregelen zijn in een innovatiesessie beoordeeld op kansrijkheid. De volgende innovaties zijn beoordeeld als onvoldoende kansrijk en daarom afgevalen:

- Piping: Trisoplast en grindkoffer
- Macrostabieliteit binnenwaarts: geotextielen en Biogrout
- Macrostabieliteit buitenwaarts: geotextielen.

8.3 Ontwerpkeuzes

In het ontwerpproces om te komen tot kansrijke oplossingen zijn de volgende ontwerpkeuzes gemaakt:

- Een volledig binnendijkse grondoplossing is niet mogelijk omdat de toepassing van brede pipingbermen zou leiden tot het amoveren van woningen. Vooral nog wordt uitgegaan van bermen tot maximaal 2 meter van de huidige woninggevels. Volledig buitendijkse grond-oplossingen zijn als niet realistisch beoordeeld en worden niet verder onderzocht.
- Uitgaande van de huidige piping-opgave zijn in alle kansrijke oplossingen constructieve maatwerkoplossing nodig bij twee woninglocaties. De afstand tussen rivieroever en woning is te beperkt voor een oplossing in grond.
- De buitendijkse oplossing met een klei-inkassing in kansrijke oplossingen 2 en 3 levert geen ruimtelijke beperkingen op voor de beoogde herinrichting van de uiterwaard Salmsteke. Een nadere uitwerking van raakvlakken is nodig in de volgende verkenningstap.
- Binnen elke kansrijke oplossing is er nog keuzevrijheid met betrekking tot de technische (ruimtebesparende) maatregelen. Een nadere uitwerking hiervan is voorzien in de volgende fase.

8.4 Technische haalbaarheid

De toegepaste bouwstenen zijn technisch haalbaar en zorgen in alle kansrijke oplossingen voor een ontwerp dat voldoet aan de nieuwe normen van de Waterwet. In de vervolgfase zal een nadere detaillering van de gekozen oplossingen plaatsvinden, waarbij ook een optimalisatie en aanscherping van de ontwerpkeuzes mogelijk is.

De technische aandachtspunten met oog op de ruimtelijke inpassing zijn:

- De ruimte voor bermen nabij huizen. In het ontwerp is een zone rondom de huizen vrijgehouden, hier wordt naar buitendijkse maatregelen gezocht. Daar waar dit niet mogelijk is, is maatwerk voorzien door middel van damwanden al dan niet met drainage.
- Ten aanzien van het aanbrengen van damwanden worden geen grote knelpunten verwacht. Het zou kunnen dat (een deel van) de bomen langs dijkafritten moet worden verwijderd. Mogelijk kunnen deze na realisatie worden teruggeplaatst. Ter plaatse van de effluentleiding lijkt een maatwerkoplossing goed haalbaar.
- Innovatieve oplossingen in de vorm van 'setjes damwanden' bieden kansen voor het behoud van ruimtelijke kwaliteit op detailniveau. Deze 'setjes damwanden' zijn niet direct op elkaar aangesloten waardoor er wellicht voldoende ruimte tussen blijft voor het behoud van bijvoorbeeld oprijlanen met bomen.

Vanuit oogpunt van beheerbaarheid zijn er ook nog een aantal aandachtspunten:

- Bij de nadere uitwerking dient te worden nagegaan of maatregelen verenigbaar zijn met algemene ontwerpkeuzes zoals vastgelegd in de Basispecificatie Dijk. Het gaat bijvoorbeeld om het terugplaatsen van bomen langs oprijlanen en bermen, het aanbrengen van voorland-verbeteringen en het ontwerp en beheer van drainagesystemen.
- Verticaal zanddicht geotextiel is een zeer kansrijke maatregel in de middelste sectie van het dijktraject. Hier is wel een piping-opgave maar geen stabiliteitsopgave. Bovendien ligt de pipinggevoelige zandlaag in het achterland hier op geringe diepte. Hiermee lijkt het aanbrengen van geotextiel hier een kansrijke maatregel. Consequenties voor beheer en onderhoud zijn een belangrijk aandachtspunt in de volgende verkenningstap, met name vanwege het risico op het dichtslibben van het geotextiel.

- Drainage heeft met name potentie in het uiterste oosten van het dijktraject. Hier dwingt de beperkte ruimte tot technische oplossingen. De waterontspanner van Jaarsveld zou hier kunnen worden uitgebreid, al dan niet in combinatie met een lichtere damwand.

8.5 Vergunbaarheid

Voor geen van de kansrijke oplossingen zijn op dit moment onoverkomelijke belemmeringen vanuit de Wet natuurbescherming en de Waterwet voorzien. Alle kansrijke oplossingen zijn daarom beoordeeld als vergunbaar. Detailontwerpen volgen nog en mitigerende maatregelen kunnen noodzakelijk zijn.

Voor soortenbescherming vanuit de Wet natuurbescherming is aanvullend veldonderzoek nodig om de aanwezigheid van beschermde soorten te lokaliseren of uit te sluiten. Rondom het plangebied liggen de Natura 2000-gebieden Uiterwaarden Lek en Zouweboezem. De dijkversterking leidt mogelijk tot een (tijdelijke) toename in stikstofdepositie tot boven de grenswaarde van 0,05 mol/ha/jaar. Zodra het project is opgenomen in de lijst met prioritaire projecten is gewaarborgd dat ontwikkelingsruimte beschikbaar is.

In de kansrijke oplossingen zijn (nagenoeg) geen buitendijkse terrein-ophogingen voorzien, waardoor er ook geen rivierkundige effecten verwacht worden.

8.6 Kosten

Opmerkelijk is dat kansrijke oplossing 1 (*Dijk als lijn*) met de technische maatregelen ongeveer even duur is als de dijkversterking in grond bij kansrijke oplossing 2 (*Brede dijkzone*). Dit komt doordat in de raming van kansrijke oplossing 1 is uitgegaan van het relatief goedkope verticaal zanddicht geotextiel (VZG). Indien in plaats van deze innovatie maatregel wordt gekozen voor een traditionele oplossing (kwelscherm) wordt kansrijke oplossing 1 aanzienlijk duurder.

Kansrijke oplossing 3 (*Uiterwaard en dijk integraal*) is een duurdere oplossing. Dit komt met name door de keuze voor de klei-inkassing in combinatie met de herinrichting van het dijkvoetmoeras en de stabiliteitsschermen in het oostelijke en westelijke deel.

8.7 Consequenties voor de omgeving en ruimtebeslag

In de drie kansrijke oplossingen worden de bestaande woningen behouden. Kansrijke oplossing 1 (*Dijk als lijn*) heeft door de technische oplossingen (stabiliteitsschermen en VZG) het kleinste ruimtebeslag, waar deze bij kansrijke oplossing 2 (*Brede dijkzone*) met bermen en voorland-verbetering juist het grootst is. Bij deze oplossing worden grondbermen aangelegd tot maximaal twee meter vanaf de binnendijkse woningen.

Kansrijke oplossing 3 (*Uiterwaard en dijk integraal*) valt daar tussenin: er is ruimtebeslag aan de buitenzijde door de voorland-verbetering, maar binnendijs wordt geen extra ruimte gebruikt doordat stabiliteitsschermen worden toegepast. Bij oplossing *Brede dijkzone* verandert de ruimtelijke kwaliteit door de aanleg van de bermen. Deze bermen vragen aandacht bij de ontwerp-uitwerking. Met name voor de overgang van dijk naar uiterwaard en de inpassing van de binnenberm, al dan niet in combinatie met fruitbomen.

8.8 Samenhang uiterwaard

Kansrijke oplossing 1 (*Dijk als lijn*) heeft geen samenhang met de uiterwaard: alles wordt dicht op de dijk opgelost met technische maatregelen. Kansrijke oplossingen 2 (*Brede dijkzone*) heeft wel samenhang met de uiterwaard: buitendijkse voorlandverbeteringen zijn nodig ter plaatse van het beoogde dijkvoetmoeras en het huidige recreatieterrein. In kansrijke oplossing 3 (*Uiterwaard en dijk integraal*) worden ook buitendijkse voorlandverbetering uitgevoerd, maar gecombineerd met de uitbreiding van het dijkvoetmoeras.

8.9 Kansen voor innovatie en duurzaamheid

Alle kansrijke oplossingen bieden in meerdere of mindere mate ruimte voor innovatie. De kansrijke oplossing met de meeste technische maatregelen biedt daarvoor ook de meeste ruimte. Op het gebied van duurzaamheid biedt kansrijke oplossing 2 (*Brede dijkzone*) de kans om een deel van de vrijkomende grond uit het uiterwaardproject te hergebruiken voor de dijkversterking. Dit is ook het geval bij kansrijke oplossing 3 (*Uiterwaard en dijk integraal*) voor de buitendijkse klei-inkassing. Andere vormen van duurzaamheid, zoals de aanleg en het beheer van een bloemrijk talud, kunnen voor alle kansrijke oplossingen verder worden uitgewerkt in de volgende verkenningstap (beoordeling).

Bijlage 1 – Verklarende woordenlijst

Bandbreedte: de fysieke ruimte (hoogte, breedte en diepte) waarbinnen oplossingen worden gezocht.

Beoordelingskader: het kader van criteria waarop een ontwerp wordt beoordeeld.

BiogROUT: grond verstevigen met behulp van bacteriën. Bacteriën hebben enzymen bij zich die een chemische reactie teweegbrengen waardoor kalkdeeltjes kristallen vormen op de contactpunten tussen bijvoorbeeld zandkorrels en deze dus aan elkaar hechten.

Dijkdeuvels: stalen stangen die de verschillende lagen binnen de dijk (verticaal) bij elkaar houden.

Dijkvernageling: nagels van staal of kunststof met een schil van 'grout' (cement en water) die de grond in de dijk (horizontaal) hecht.

Drainage: het afvoeren van water uit de dijk naar sloten d.m.v. buizen.

Duikers: kokervormige constructie die wateren met elkaar verbindt.

DMC: Dijk Monitoring en Conditioneringssysteem. Sensoren in de dijk die de conditie van de dijk door middel van waterspanning en watertemperatuur meten.

Faalmechanismen: verschillende redenen waardoor een dijk zou kunnen bezwijken.

Getijdengeul: een geul met verschillende waterstanden afhankelijk van het tij.

Grindkoffer: een kuil met worteldoek, gevuld met grind waar water doorheen kan maar bodemmateriaal wordt tegen gehouden.

Grofzand barrière: Fijn zand in een dijk wordt vervangen door een sleuf met grof zand, waardoor voorkomen kan worden dat een dijk bezwijkt aan piping.

Grondoplossingen: oplossingen met grond, zoals een steunberm.

Hydraulische belastingen: belastingen door water door verschillende waterstanden, de periode dat de waterstand hoog is, alsook richting van de stroming.

JLD-dijkstabilisator: een lang element (soort anker) dat geplaatst wordt in de dijk op de plek waar grondlagen langs elkaar kunnen glijden, oftewel het glijvlak. Daarmee wordt de macrostabiliteit vergroot.

Klei-inkassing: kleilaag onder de grond die water tegen houdt.

Kistdam: Een kistdam bestaat uit twee stalen damwanden die aan elkaar zijn verbonden. Kistdammen worden toegepast als het niet mogelijk is een enkele damwand te verankeren, bijvoorbeeld op trajecten waarop aan beide zijden van de waterkering de bebouwing zich dicht op de dijk bevindt.

Kwelkade: Een kwelkade is een aan de binnenkant van de rivierdijk aangelegde kade, die evenwijdig aan de dijk loopt maar met zijn uiteinden daarop aansluit. Het gebied binnen de kwelkade vangt het kwelwater op bij hoge rivierstanden.

Kwelweglengte: Kwelweglengte is een van de bepalende parameters bij het mechanisme piping en geeft de lengte van de weg die het kwelwater af moet leggen tussen het in- en uittredepunt.

LCC-benadering: Levenscycluskosten (LCC)-benadering is het benaderen van de levenscycluskosten zoals onderhoud en beheer van een dijk en het analyseren van de invloed van belangrijke factoren.

Maaiveldverhoging: Het maaiveld is het grensvlak tussen de ondergrond en de lucht. Dit grensniveau varieert door heel Nederland in hoogte en kan boven of onder NAP liggen. De afstand tot het maaiveld wordt gebruikt om de (relatieve) diepte van aangeboorde lagen aan te geven.

Macrostabiliteit: Macro-instabiliteit is een faalmechanisme dat de stabiliteit van een dijk of dam ernstig kan bedreigen. Als gevolg van een hoge (of juist lage) waterstand voor de waterkering, in combinatie met andere belastingen, neemt de sterkte van de grond en de dijk af. Als de sterkte, ofwel de schuifweerstand van de grond, onvoldoende is kunnen grote delen van het grondlichaam afschuiven. Dit kan zowel binnenwaarts als buitenwaarts gebeuren.

Oudhoevig land: ontgonnen land dat buitendijks is komen te liggen, en waarin de oorspronkelijke verkaveling van voor de bedijking zichtbaar is.

Piping: het proces waarbij kwelwater met dusdanig hoge stroomsnelheden in preferente stroombanen onder een dijk doorstroomt, dat het zand rond deze stroombanen wordt afgevoerd en er geleidelijk een steeds groter wordend buisvormig kanaal ("pipe") ontstaat. Wanneer deze pipe doorgroeit tot onder de dijk, kan de dijk verzakken.

Prioritair project: Projecten die door het Rijk of de provincies zijn aangemerkt als projecten van nationaal of provinciaal maatschappelijk belang zijn prioritaire projecten. Deze prioritaire projecten hebben bij uitzondering meer ruimte voor stikstofdepositie binnen een bepaalde ontwikkelingsruimte per provincie. Voor de bepaling van de benodigde hoeveelheid ontwikkelingsruimte is rekening gehouden met de specifieke projectkenmerken van een project.

Prolock B: prolock is een kunststof damwand of filterscherm ondersteund door houten palen.

Ruimtelijke uitgangspunten: Ruimte is schaars in Nederland. In ruimtelijke plannen leggen de overheden daarom vast hoe we de ruimte willen verdelen en gebruiken.

SKK-systematiek: De Standaardssystematiek voor Kostenramingen (SSK) is een systematiek voor het maken van kostenramingen in de bouw en biedt een handreiking voor kostenmanagement.

Stabiliteit bekleding: De bekleding kan als gevolg van een te groot drukverschil over de bekleding opdrukken, afschuiven of een combinatie van beide mechanismen vertonen. Ook kan zand uitspoelen als gevolg van een buitenwaarts gerichte gradiënt veroorzaakt door uittredend water.

Taludverflauwing: Door het talud van de dijk te verflauwen wordt uitspoeling van materiaal voorkomen en de microstabiliteit verbeterd.

Technische bouwstenen: Technische oplossingen (/bouwstenen) om de verschillende faalmechanismen tegen te gaan. Per kansrijke oplossing worden verschillende combinaties van deze oplossingen gebruikt.

Trisoplast: Trisoplast is een gepatenteerde minerale barrière bestaande uit een mengsel van zand en een speciale bentonietklei - polymeercomponent. Het wordt gebruikt om robuuste isolatielagen te bouwen met een extreem lage doorlaatbaarheid.

Vacuümconsolidatie: Vacuümconsolidatie is een techniek om de stabiliteit van de dijk te verbeteren. Water wordt uit de grond wegpompt; vergelijkbaar met het vacuüm trekken van een pak koffie. De ondergrond wordt op deze manier sterker en hierdoor is een kleinere stabiliteitsberm nodig.

Verticaal zanddicht geotextiel (VZG): VZG laat wel water door, maar geen zand. Door het geotextiel te plaatsen op de plek waar piping ontstaat – op de overgang tussen de kleilaag en de zandlaag – wordt voorkomen dat het water zand meevoert.

Waterontspanner: De waterontspanningsbron is gebaseerd op dezelfde techniek als een drinkwaterbron van de drinkwaterbedrijven. Het grote verschil is dat er niet met een pomp aan wordt gezogen maar dat de waterontspanningsbron het teveel aan wateroverdruk onder en achter de dijk af laat vloeien. Dit voorkomt dat de grond achter de dijk gaat opdrijven en de dijk bezwijkt.

Bijlage 2 – Bouwstenentabel

Legende									
kansrijk (hoofdkeuze in KO's)									
nader bepalen (alternatief voor hoofdkeuze in niet kansrijk (niet meenemen in KO's)									
Nr	Bouwstenen	KO1	KO2	KO3	Technische haalbaarheid	Vergaikbaarheid milieuopecten	Kosten	Ruimtebeslag (draagvlak)	Samenhang met uiterwaard
		De dijk als lijn	Brede dijkzone	Uiterwaard en dijk integraal			€ €€	+ ++	
Piping									
stph1	Voorlandverbetering (klei-inkassing)		x	x	ja, aandachtspunten: kleiputten, polsstokverspringbak afstand tot nieuwe KRW-geul 50leen in middengedeelte (uiterwaard)	aandachtspunt kleiputten (natuurwaarden)	€	++	groot: hergebruik grond, spanningsveld ruimtebeslag KRW-geul, combineren met moeras dijkzone (kleiputten)
stph2	Voorlandverbetering (op maaiveld)		x	x	ja, aandachtspunt is polsstokverspringbak	aandachtspunt rivierkude, kleiputten (natuurwaarden)	€	++	sluit niet aan op ambities uiterwaard (moeras)
stph3	Voorlandverbetering als steunberm		x	x	ja, maar geen voor de hand liggende maatregel voor piping. Opgeve stabiliteit is dusdanig dat deze verdwijnt na optimalisatie of met taludverflauwing op te lossen is	aandachtspunt rivierkude, kleiputten (natuurwaarden)	€	++	ter hoogte van de recreatieterp, sluit niet aan op ambities uiterwaard voor moeras dijkzone
stph4	Binnendijkse grondverbetering				Niet doelmatig, want opbarsten kan niet voorkomen worden met zwaardere klei (deklaag binnendijks is al zware klei)	aandachtspunt archeologie (grondbevoering)	€	++	geen
stph5	Binnenberm (pipingberm)		x		ja, uitgangspunt is een berm tot nader te bepalen maximum afstand vanaf de voorgevels van bestaande bebouwing	ja, melding besluit bodem	€	+++ (aandachtspunt medegebruik)	geen
stph6	Verticaal scherm buitenteen				Niet doelmatig, scherm bij binnenteen is effectiever dan bij buitenteen	ja	€€	+	geen
stph7	Verticaal scherm binnenteen	x	x	x	ja, let op effluentiedling, kruisende en parallellopende K&L	aandachtspunt archeologie	€€	+	geen
stph8	Averschuiving binnenwaarts (rivierverzuiming)				grote impact op bebouwing, weinig effectief in relatie tot de opgave (met name geotechnisch)	nut en noodzaak, alternatieven goed onderzocht en	€€€	+++	groot: meer ontwerprijheden voor plan uiterwaard
<u>Innovatieve bouwstenen:</u>									
	Prolock B	/							geen
	Trisoplast	/							geen
	Grofnand barrière	/							geen
	DMC	/							geen
	Waterontspanner	/							geen
	Verticaal Zanddicht Geotextiel	/			ja, voorkeur op basis van LCC kosten (zie raming RHDHV)				geen
	Kwielcode	/							geen
	Grindkoffer	/							geen

Nr	Bouwstenen	KO1	KO2	KO3	Technische haalbaarheid	Vergunbaarheid milieuaspecten	Kosten	Ruimtebeslag (draagvlak)	Samenhang met uiterwaard
		De dijk als lijn	Brede dijkzone	Uiterwaard en dijk integraal			I II	+ ++	
Macrostabiliteit binnenwaarts									
stbi1	Verflauwing binnentalud				Nee, conflicteert met ruimtelijk kwaliteitskader. Oplossing in grond altijd vormgeven als stbi2	ja	I	+ aandachtspunt medegebruik	geen
stbi2	Binnenberm (steunberm binnenzijde)		x		ja, uitgangspunt is een berm tot nader te bepalen maximum afstand vanaf de voorgevels van bestaande bebouwing	ja, melding besluit bodem	I	++ (aandachtspunt medegebruik)	geen
stbi3	Verticaal stabiliteitsscherm binnenruin				samenvoegen met stbi5 (ontwerp binnen marge uit doorsnedes KO's)	ja	II	+	geen
stbi4	Verticaal stabiliteitsscherm buitenruin				nee, stabiliteitsscherm kan tussen marge binnenteen en binnenruin worden ingepast.	ja	II	+	geen
stbi5	Verticaal stabiliteitsscherm binnenteen (binnen marge binnenruin tot binnenteen)	x	x	x	ja, let op effluentleiding, kruisende en parallellopende K&L, aandachtspunt polstokverspringbak	aandachtspunt archeologie	II	+	geen
stbi6	Kistdam				nee, stabiliteitsscherm kan tussen marge binnenteen en binnenruin worden ingepast.				geen
<i>Innovatieve bouwstenen:</i>									
	DMC	/							geen
	Watercontspanner	/							geen
	3D-dijkstabilisator	/							geen
	Dijkvermagering	/							geen
	Dijkdeusels	/							geen
	Korte damwand	/							geen
	Vacuümconsolidatie	/							geen
	Geotextielen								geen
	Eicogruit								geen
Macrostabiliteit buitenwaarts									
stbu1	Verflauwing buitentalud (en taludbekleding vervangen)	x	x	x	ja, aandachtspunten: polstokverspringbak en kleiputten	ja	I	+	sluit niet aan op ambities uiterwaard, gaat ten kosten van dijkvoetmoeras
stbu2	Buitenberm (steunberm)				nee, ontwerpogave is zo klein dat het met een kleine taludverflauwing kan worden opgelost.	aandachtspunt rivierkunde, kleiputten (natuurwaarden)	I	+	sluit niet aan op ambities uiterwaard, gaat ten kosten van dijkvoetmoeras
stbu3	Verticaal stabiliteitsscherm binnenruin				nee, ontwerpogave is zo klein dat het met een kleine taludverflauwing kan worden opgelost.	ja	II	+	geen
stbu4	Verticaal stabiliteitsscherm buitenruin				nee, ontwerpogave is zo klein dat het met een kleine taludverflauwing kan worden opgelost.	ja	II	+	geen
stbu5	Verticaal stabiliteitsscherm buitenteen				nee, ontwerpogave is zo klein dat het met een kleine taludverflauwing kan worden opgelost.	ja	II	+	geen
stbu6	Kistdam								geen
<i>Innovatieve bouwstenen:</i>									
	DMC								geen
	Watercontspanner								geen
	3D-dijkstabilisator								geen
	Dijkvermagering								geen
	Dijkdeusels								geen
	Korte damwand								geen
	Vacuümconsolidatie								geen
	Geotextielen								geen
	Eicogruit								geen

nr	Bouwsteen	K01	K02	K03	Technische haalbaarheid	Vergikbaarheid milieuaspecten	Kosten	Beleidsbeslag (draagvlak)	Samenhang met uiterwaard
		De dijk als lijn	Brede dijkzone	Uiterwaard en dijk integraal			f ff	+ ++	
Bekleding (buitenzijde)									
b1	Vervangen bekleding buitentalud (en profileren taluds op 1:3)	x	x	x	ja	ja	C	+	geen
b2	Toepassen steen/asfalt buitentalud				ja, Nee, onderbouwing zoeken dat gras toch gaat voldoen nog in deze fase? Plaatje uit Leidraad Rivieren, gras, om voldoende dikke kleilaag eronder	ja	CC	+	sluit niet aan op ambities uiterwaard, gaat ten kosten van ecologische gradient
b3	Verflauwing buitentalud				gecombineerd met b1 (bij vervangen bekleding altijd talud profileren op 1:3. Verdere verflauwing van het buitentalud wordt niet onderzocht (is ook niet nodig voor stbu)	aandachtspunt kleiputten (natuurwaarden)	C	++	sluit niet aan op ambities uiterwaard, gaat ten kosten van dijkvoetmoeras
b4	Buitenberm				nee, voor stabiliteit buitenwaarts blijkt geen buitenberm nodig. Vervangen bekleding in lijn met bouwsteen stbu is een betere oplossing voor de opgave	aandachtspunt rivierkude, kleiputten (natuurwaarden)	C	++	sluit niet aan op ambities uiterwaard, gaat ten kosten van dijkvoetmoeras
	Innovatieve bouwstenen:								
	Geotextielen								geen
	Golfremmende vegetatie								geen
	aantal bouwstenen	K01 4	K02 9	K03 7					
	aantal innovatieve bouwstenen	13	0	1					



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN