Herinrichting Willemspolder Fase 1

Effecten Primaire kering | IJzendoorn

1217-0056-001_35. R01 01 | 19 October 2020

Definitief

Dekker Groep

grondstof voor ontwikkeling

Dekker

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Willemspolder Fase 1
Documentnaam	Herinrichting Willemspolder Fase 1
Fugro-projectnr.	1217-0056-000
Fugro-documentnr.	1217-0056-001_35. R01
Versienummer	01
Versiestatus	Definitief
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Pop Dijkemaweg 72a, Postbus 9440, 9703LP Groningen

Klantgegevens

Klant	Dekker Groep
Adres klant	Postbus 6073, 4000HB, Tiel
Contactpersoon klant	T. van Mierlo
Documentnr. klant	[Documentnr. klant]

Versiebeheer

Versie	Datum	Status	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
01	19-10-2020	Definitief		RMA/GVB	BRV	RMA

Projectteam

Initialen	Naam	Rol
RMA	R. Meinsma	Consultant, Waterbouw
GVB	G. van Boven	Consultant Waterbouw
BRV	B. Rijneveld	Senior consultant Waterbouw

FUGRO
Fugro NL Land B.V.
Pop Dijkemaweg 72a
Postbus 9440
9703 LP Groningen
T 050 54 12432

Dekker Groep
Postbus 6073, 4000HB Tiel

19 October 2020

Geachte heer van Mierlo,

Bijgaand de Rapportage over de mogelijke effecten zandwinning & herinrichting op de primaire kering

Met vriendelijke groet,
Fugro NL Land B.V.

R. Meinsma
Consultant waterbouw

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave i

1. Introductie 1

1.1 Projectomschrijving 1
1.2 Probleem -/ vraagstelling 3
1.3 Beschikbare Literatuur 3
1.3.1 Rapporten 3
1.3.2 Grondonderzoek 4
1.3.3 Normen en richtlijnen 5

2. Randvoorwaarden en uitgangspunten 6

2.1 Inleiding 6
2.2 Veiligheidsfilosofie 7
2.3 Hydraulische randvoorwaarden 8
2.4 Terrein en bodemgesteldheid 9
2.4.1 Beschikbaar grondonderzoek 9
2.4.2 Globale geotechnische bodemgesteldheid 10
2.4.3 Put 1 10
2.4.4 Put 2 11
2.4.5 Put 3 12

3. Standzekerheid primaire kering 13

3.1 Inleiding 13
3.2 Berekening 16
3.2.1 Put 2 16
3.2.2 Put 1 18

4. Piping 22

4.1 Beoordeling piping 22
4.1.1 Ontwikkeling dijkversterkingsopgave. 22
4.1.2 Ontwikkeling Willemspolder 23
4.2 Verkennende analyse piping Westput 25
4.2.1 Inleiding 25
4.2.2 Geometrie 25
4.2.3 Intredepunt en uittredepunt 25
4.2.4 Berekening 27

5. Zomerkade 30

5.1 Inleiding 30
5.2 Analyse 32

6. Conclusies 35

1. Introductie

1.1 Projectomschrijving

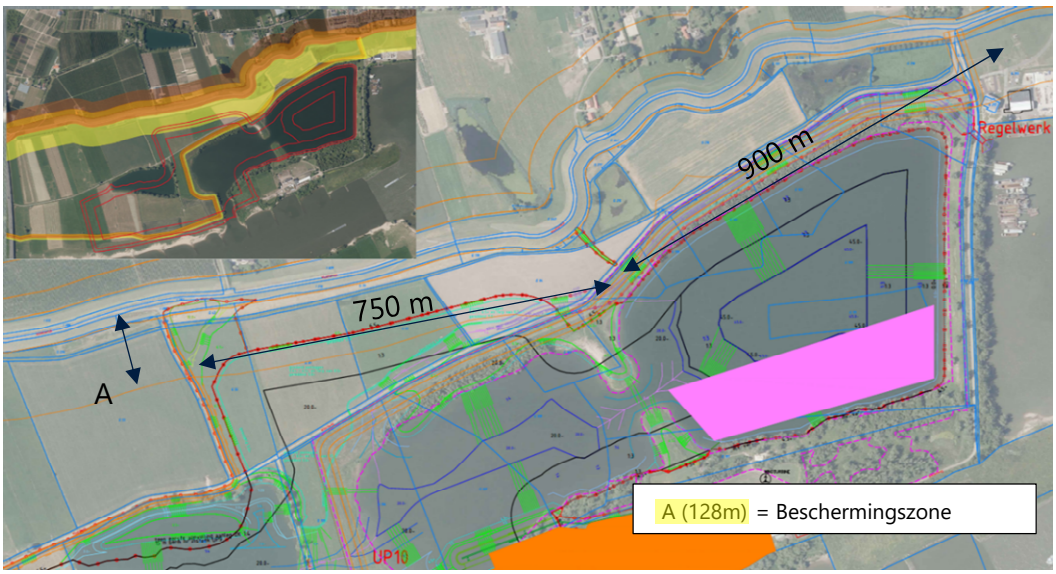
Het project betreft de ontwikkeling van de Willemspolder te Echteld. De huidige polder, gelegen in de uiterwaarden van de Waal, zal in twee fasen worden ontwikkeld tot een natuur- en recreatiegebied.

Willemspolder Fase 1 betreft de oostelijke ontwikkeling van de Willemspolder. In fase 2 wordt de Willemspolder verder ingericht als nevengeul. Onderdeel van deze ontwikkeling is de winning van zand in drie zandwinputten. Voor fase 1 zullen de bestaande voormalige zandwinlocaties worden verdiept en uitgebreid. In de exploitatiefase, zal er industriezand worden gewonnen uit één oude zandwinput (put 2 in figuur 1-2b). Deze zal worden verdiept en vergroot (put 3). In de herinrichtingsfase van het project zal restspecie (ophoogzand en zand ten behoeve van de herinrichting) worden gewonnen uit zandwinput 1.
De beoogde afmetingen van de zandwinputten is in tabel 1-1 weergegeven waarbij het ontgravingsniveau van put 1 afhankelijk is van de gekozen herinrichtingsvariant. De inrichting van het gebied zal geschieden volgens het basisalternatief of het voorkeursalternatief.

Tabel 1-1: Afmetingen zandwinlocaties

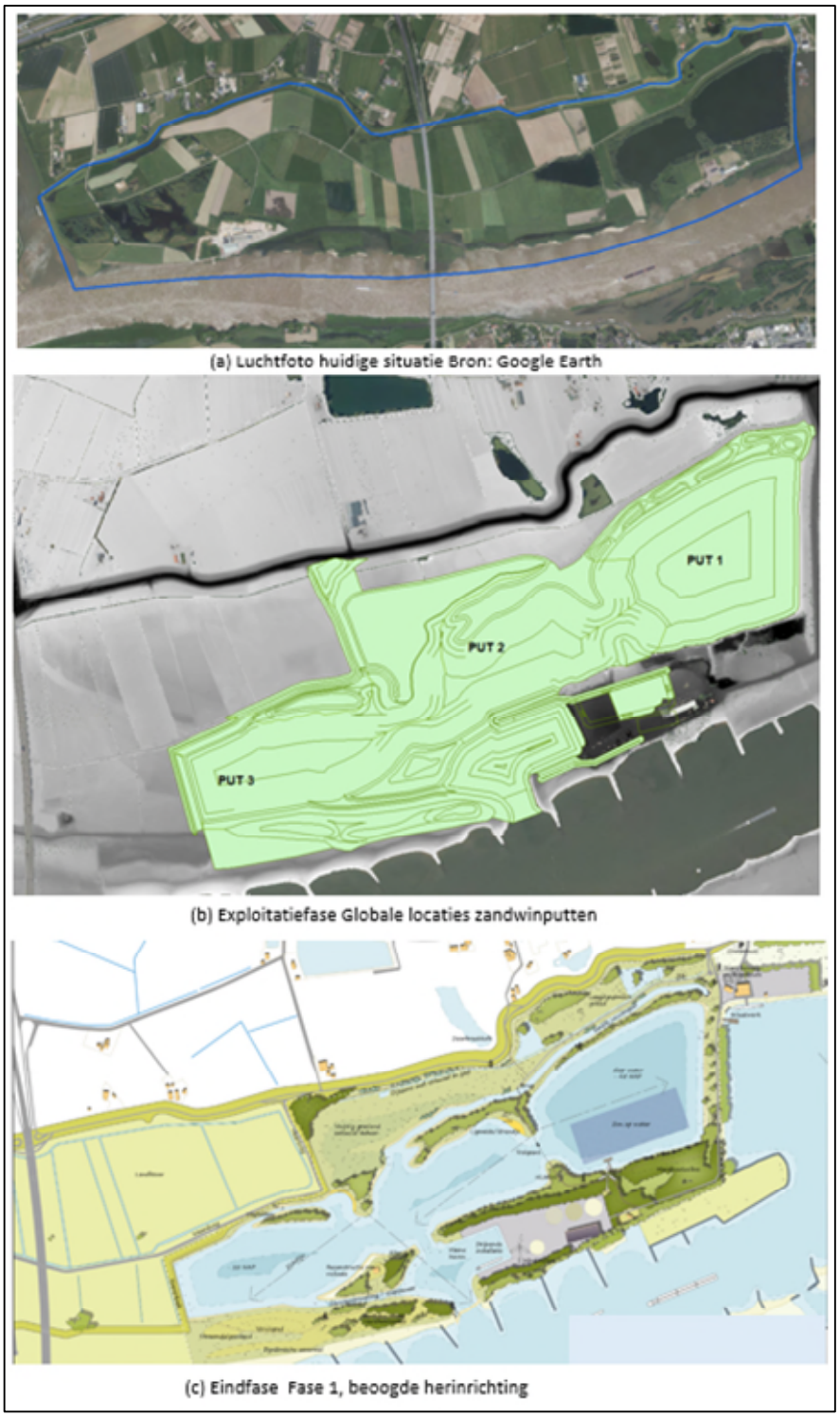
Zandwinlocatie		Uitbreiding bestaande put / nieuwe put	Afmetingen l x b [ca. m]	Ontgravingsniveau [ca. m NAP]
NR	Naam			
Put 1	Oostput restspecie	Verdieping	550 x 450	-35 (basisvariant) -45 (voorkeursvariant
Put 2	Westplas	Uitbreiding	650 x 450	-20
Put 3	Plas 't Spijker	Uitbreiding	700 x 300	-20

Uit figuur 1-1 blijkt dat de voorziene zandwinlocaties (lees uitwissellocatie) deels in de beschermingszone van de primaire kering (Waalbandijk) is gepositioneerd.



Figuur 1-1: Fasering ontwikkeling Willemspolder fase 1

De ontwikkeling heeft mogelijk tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden (exploitatie zandwinning) en in de eindsituatie o.a. een effect op de waterkerende veiligheidssituatie van de primaire kering. NB : De opdrachtgever heeft aangegeven dat de duur van de werkzaamheden 9 à 10 jaar zal zijn en dat deze gefaseerd zullen worden uitgevoerd.



Figuur 1-2: Fasering ontwikkeling Willemspolder fase 1

1.2 Probleem -/ vraagstelling

Aan Fugro is gevraagd om inzicht te geven over de invloed van de werkzaamheden op de veiligheid van de waterkering. Hiertoe zijn door de opdrachtgever de volgende vragen geformuleerd:

1. Wat is het effect van de zandwinactiviteiten op waterveiligheid van de primaire kering?
2. Wat is het risico ten aanzien van het faalmechanisme piping en neemt dit risico door de tijdelijke zandwinning toe?
3. Ontwerp tijdelijke zomerkade Willemspolder fase1

1.3 Beschikbare Literatuur

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen is gebruik gemaakt van de navolgende informatie, rapportages en documentatie.
Daarnaast is gebruik gemaakt van de bij Fugro aanwezige (expert)kennis en expertise ten aanzien van waterkeringen en het faalmechanisme piping.

1.3.1 Rapporten

Er is gebruik gemaakt van de volgende memo's en rapportages:

Door opdrachtgever is de volgende informatie beschikbaar gesteld:

i. Willemspolder IJzendoorn; Dekker; maart 2014
ii. Nulsituatie-bodemonderzoek put IJzendoorn, Industriezand BV, 13 juni 1996; definitief
iii. Willemspolder-technisch ontwerp-zandwinning; Meetbv; 10 april 2020
iv. Willemspolder-technische ontwerp-eindsituatie; Meetbv; 24 augustus 2017; concept
v. Technische tekening; Locatie (uitgevoerde) boringen; Meetbv; 2 oktober 2017; concept
vi. Technische tekening 13490280-VKA-conc200107; Meetbv; 2juli 2020; concept.
vii. Rivierkundige effectbepaling Willemspolder Fase 1, Anneke de Joode, AHA, RIQuest ,15 september 2020; concept
viii. Beschouwing geohydrologische invloed ontwikkeling Willemspolder-Fase 1; Fugro 1217-0056-001-33-R02-v1.0; 7 september 2020; concept
ix. Oeverstabiliteit zandwinputten Willemspolder Fase 1; Fugro; 1217-0056-001-34-R01-v2; 18 september 2020; concept.
x. Memo verkennend piping onderzoek zandafgraving Willemspolder; 1217-0056-001; Fugro; 12 september 2020.
xi. Uitgangspunten invloed kering, Fugro, 31 mei 2018, referentie: 1217-0056-000_M01; Zandwinning A/D Waardeweg te IJzendoorn, Fugro, referentie: 6004-0342-001

Door het Waterschap Rivierenland (Wsrl) zijn de volgende documenten ter beschikking gesteld:

xii. Geotechnisch grondonderzoek Dijkverbetering Waalbanddijk Neder-Betuwe, Waterschap Rivierenland, 1-12-2016 – 4-12-2016, referentie: 65838;
xiii. Veiligheidsanalyse dijkversterking Waalbandijk Neder-Betuwe, Uitgangspunten,Waterschap Rivierenland September 2017, Versie Definitief1.0
xiv. Derde toetsronde Dijkring 43 Stabiliteit, Arcadis doc C03011.200009/GF, 18-11-2009
xv. Inlaatbeleid buitenpolders tijdens hoge rivierafvoeren, Wsrl afdeling beheer en onderhoud Bedrijfsbureau, Versie november 2013
xvi. Hydraulische Randvoorwaarden: "Resultaten_HR_WSRL_Waal_Definitief_20170707".

1.3.2 Grondonderzoek

Voor het project Willemspolder zijn de volgende grondonderzoeken uitgevoerd en of beschikbaar gesteld.

xvii. Geotechnisch grondonderzoek Dijkverbetering Waalbanddijk Neder-Betuwe, Waterschap Rivierenland, 1-12-2016 – 4-12-2016, referentie: 65838;
xviii. Geotechnisch onderzoek Fugro; 04-06-2020; ref: 1217-0056-130.KR01
xix. Geotechnisch onderzoek Fugro; 11-01-2006; ref 6004-0342-001 t/m 003
xx. Geotechnisch onderzoek Inpijn-Blokpoel 18-04-1996; ref MB1289
xxi. Geotechnisch onderzoek Fugro; 01-10-2020; ref: 1217-0056-130.KR01; versie 3, incl aanvullend grondonderzoek Oostput.

1.3.3 Normen en richtlijnen

Voor het opstellen van het advies zijn de volgende normen en richtlijnen in acht genomen:

xxii. Baldi et al., Interpretation of CPT's an CPTU's, Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar Field Instrumentation and In-Situ Measurement, 143-156, Singapore1986

xxiii. CUR-aanbeveling 113, Oeverstabiliteit bij zandwinputten, CUR, Gouda, 2008

xxiv. NEN 1998-1 Eurocode 8, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen, april 2005

xxv. NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1, algemene regels, november 2017

xxvi. SHZV, 2019 Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing van Rijkswaterstaat in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium, 2017

xxvii. HRTVZ, 2012 Handreiking Toetsen Voorland Zettingsvloeiing t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde, Rijkswaterstaat oktober 2012;

xxviii. WBI2017 Wettelijk beoordelingsinstrumentarium 2017

xxix. SHP Schematiseringshandleiding Piping, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 28 november 2019

xxx. Inlaatbeleid buitenpolders tijdens hoge rivierafvoeren, Wsrl afdeling beheer en onderhoud Bedrijfsbureau, Versie november 2013

xxxi. Fenomenologische beschrijving faalmechanismen WTI; Deltares 2015

2. Randvoorwaarden en uitgangspunten

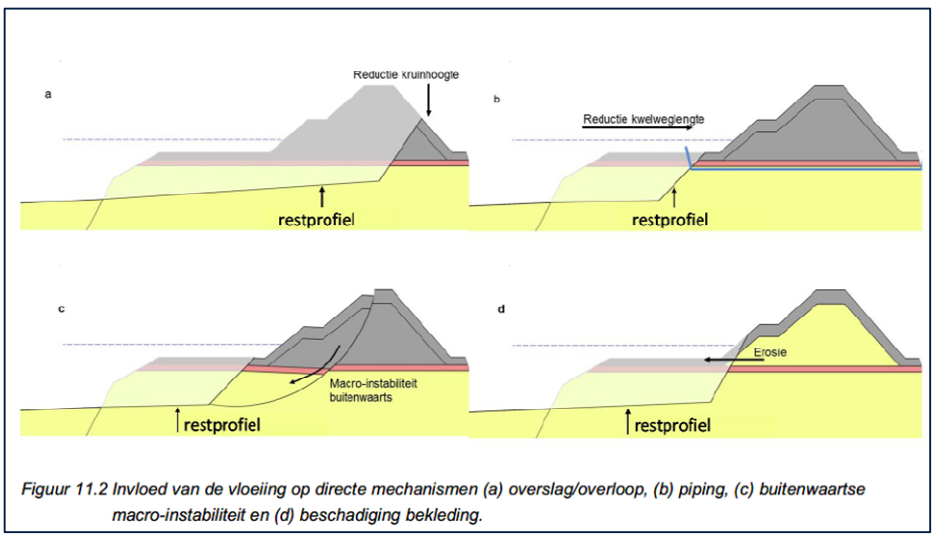
2.1 Inleiding

Uit figuur 1-1 blijkt dat vooral in de exploitatiefase van het project het voorland van de primair kering tijdelijk wordt gewijzigd ten opzichte van de huidige situatie. Dit speelt met name bij het winnen van zand ter plaatse van de Westput (put 2). Hier speelt naast de statische stabiliteit van het zandwinontwerptalud (vergunningstalud) ook de kans van optreden van een bres- en of zettingsvloeiing een belangrijke rol.
Volgens [xxviii en xxiii] kan worden gesteld dat bij het winnen van zand met een profielzuiger er een zekere kans aanwezig is dat er een vloeiing op kan treden, die tot een inscharing vlakbij de primaire waterkering kan inleiden, waardoor de standzekerheid in gevaar kan komen of anderszins de randvoorwaarden substantieel veranderen.

In xxvii wordt het als volgt omschreven:
Omdat de mechanismen (lees inbressing) met betrekking tot het voorland niet direct leiden tot falen van de waterkering, maar wel indirect invloed hebben op de kans van optreden van mechanismen die wel hoogwater-gedreven zijn, worden dit indirecte mechanismen genoemd. De hoogwater-gedreven mechanismen worden directe mechanismen genoemd. De belangrijkste directe mechanismen die beïnvloed kunnen worden door de processen in het voorland zijn:

a) Overslag/overloop (door kruinverlaging en eventueel toename golfoverslag door minder golfbreking op het voorland).
b) Piping (door verschuiving intredepunt en verandering waterspanningsverdeling in en onder dijk of kunstwerk).
c) Buiten- en binnenwaartse macro-instabiliteit (het tweede door verandering van de waterspanningsverdeling in dijk).
d) Stabiliteit bekleding buitentalud.

In figuur 2-1 zijn de genoemde processen (primaire faalmechanismen) schematisch weergegeven die door het optreden van een vloeiing worden beïnvloed.



Figuur 11.2 Invloed van de vloeiing op directe mechanismen (a) overslag/overloop, (b) piping, (c) buitenwaartse macro-instabiliteit en (d) beschadiging bekleding.

Figuur 2-1:Invloed vloeiing op directe mechanismen. Bron [xxvii]

De kans van optreden van optreden van een verwekingsvloeiing of een bresvloeiing is afhankelijk van de grondgesteldheid en de wijze waarop het zand wordt gebaggerd.
Uit het stabiliteitsonderzoek [ix] is gebleken dat voor het project de Willemspolder fase 1 het zandpakket niet verwekingsgevoelig is zodat de kans op een verwekingsvloeiing als nihil wordt ingeschat. Voor dit project is kans op een (bres) vloeiing vooral afhankelijk van de wijze waarop het zand wordt gebaggerd.

Voor het beantwoorden van vraag 1 zal gebruik worden gemaakt van de schematiseringshandleiding zettingsvloeiing [xxvi] en de handreiking toetsen voorland zettingsvloeiing [xxvi]. Aangezien het optreden van een vloeiing een indirect faalmechanisme betreft zal de beoordeling bestaan uit een toets op de kans op een ontoelaatbaar grote vloeiing. Conform [xxviii] WBI 2017 dient de kans op een ontoelaatbare vloeiing kleiner te zijn dan de faalkanseis per vak. De faalkanseis per vak bedraagt conform [WBI 2017] $P_{eis,vak}$=0,01 x L_{vak}/1km [1/jaar].

De overige vragen zullen volgens, in overeenstemming met de geldende richtlijnen en op basis van expert judgement worden beantwoord.

2.2 Veiligheidsfilosofie

De norm van de kering is weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1: Norm van de waterkering

Traject	Norm (ondergrens) [1/jaar]	Norm (signaleringswaarde) [1/jaar]
43-5	1/10.000	1/10.000

Zoals aangegeven zal het optreden van een vloeiing (lees standzekerheid van het voorland) worden beoordeeld in overeenstemming met [xxvi] Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing waarbij geldt dat de kans op een ontoelaatbare vloeiing kleiner dient te zijn dan de faalkanseis per vak.

Voor de beoordeling van piping zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.
Er is gerekend met de standaard faalkansruimte voor het betreffende faalmechanisme gelijk aan 24%. Dit resulteert in:

- β_{dsn} van 4,96
- Schadefactor opbarsten 1,72
- Schadefactor heave 1,31
- Schadefactor piping 1,32
- Er is nog geen schematiseringsfactor berekend. Er is uitgegaan van een schematiseringsfactor van 1,1 voor opbarsten, heave en piping.
- Er is rekening gehouden met de standaard variatiecoëfficiënten uit de SHP.

2.3 Hydraulische randvoorwaarden

Op basis van het geohydrologische onderzoek [viii] en het geotechnische stabiliteitsonderzoek zandwinputten [ix] zijn de volgende (grond) waterstanden en stijghoogtes bepaald:

- Gezien de tijdelijke aard van de werkzaamheden is voor het maatgevend hoogwater [MHW] een waterstand aangehouden van NAP +12,09m voor het zichtjaar 2025. Zie [xvi] Hydraulische Randvoorwaarden "Resultaten_HR_WSRL_Waal_Definitief_20170707;
- De stijghoogte in het ondergelegen watervoerend pakket 2 en 4 [zie viii] bij de binnenteen is :
    - NAP +8,00 m bij hoogwater;
    - NAP +4,50 m dagelijkse omstandigheden;
    - NAP +3,50 m bij laagwater;
- Voor de optredende grondwaterstand wordt uitgegaan van een gemiddelde waarde van NAP +4,80 m;
- Voor het gemiddelde waterpeil wordt uitgegaan van NAP +4,80 m
- Voor een Laag lage waterstand [LLWS] optredend 1 keer per 10 jaar wordt uitgegaan van NAP +2,50 m.

In het peilbesluit Neder-Betuwe is vastgelegd dat in de peilgebieden achter de Waalbanddijk een zomerpeil van NAP +4,1 m tot NAP +5,25 m en een winterpeil van NAP +3,9 m tot NAP +5,0 m wordt nagestreefd.
Voor de analyse op piping is in dit rapport uitgegaan van 2 polderpeilsituaties namelijk:

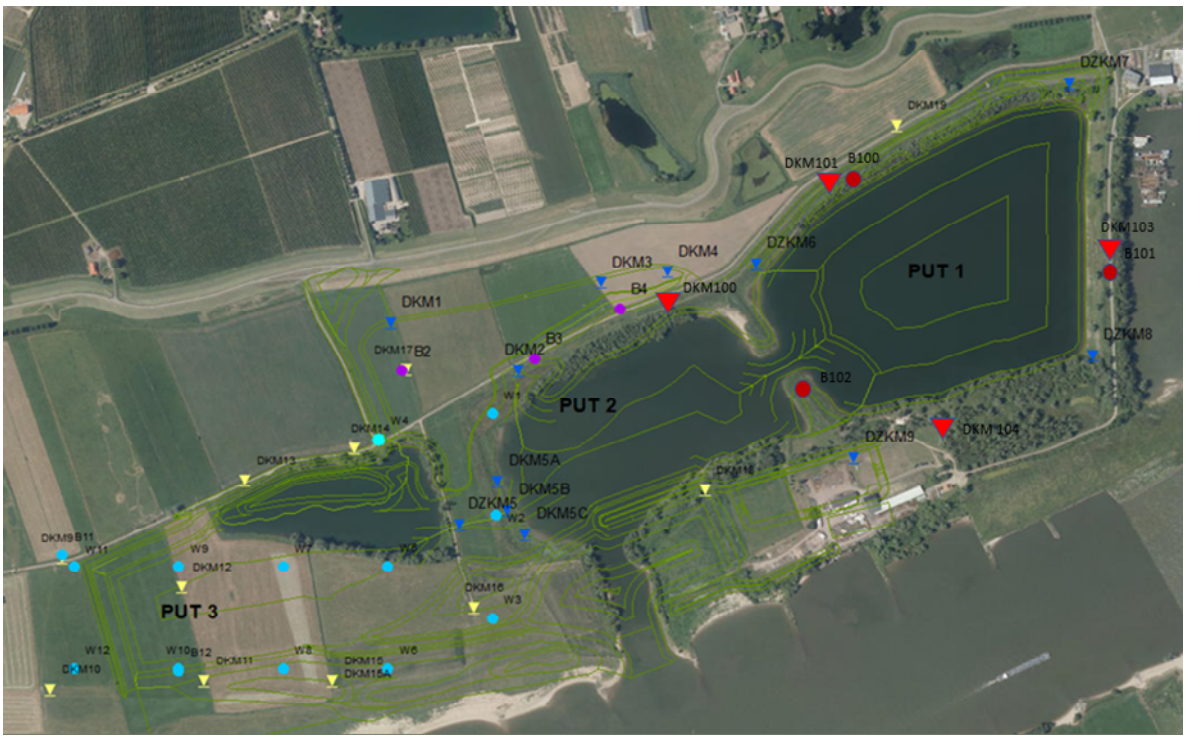
- een situatie waarbij het polderpeil op NAP +4,85 m ligt. (handhaving polderpeil bij een hoogwaterevent);
- een situatie waarbij het polderpeil op het maaiveld (NAP +6,00m) is gelegen. Het polderpeil stijgt vanwege een hoogwater event.

De waterstand in de uiterwaarden waarin de Willemspolder is gelegen wordt het jaar rond beheerst op polderpeil van circa NAP +4,8 m.

2.4 Terrein en bodemgesteldheid

2.4.1 Beschikbaar grondonderzoek

Door Fugro is in verschillende fasen geotechnisch onderzoek uitgevoerd. Een deel van het grondonderzoek is uitgevoerd in 2002 en 2006 onder Fugro projectnr. 6004-0342. Een deel van het grondonderzoek is in 2018-2020 uitgevoerd onder Fugro projectnr. 1217-0056. In figuur 2 1 is de locatie van het grondonderzoek weergegeven. Voor een gedetailleerde beschrijving van de resultaten van het onderzoek wordt verwezen naar [xviii t/m xxii]. Daarnaast is gebruik gemaakt van het door het waterschap aangeleverde grondonderzoek [xvi].



Figuur 2-2:Locatie uitgevoerd grondonderzoek Willemspolder Fase1

In tabel 2-2 is per put aangegeven welk grondonderzoek beschikbaar is.

Tabel 2-2: Overzicht boringen en sonderingen per zandwinput [1)]

Put nummer	Boringen	Sonderingen
Put 1	B100, B101 en B102	*DZKM6 t/m DZKM9, DKM19* DKM 101 tm DKM 104
Put 2	B2, B3, B4, W1, W2 en W4	*DKM1, DKM2, DKM3, DKM4, DKM5, DZKM6, DZKM9*, DKM17, DKM18 en DKM 100
Put 3	W2, W3, W4, W5, W6, W7, W8, W9, W10, W11, W12, B11en B12	DKM9, DKM10, DKM11, DKM12, DKM13, DKM14, DKM15, DKM16, DZKM5

[1)] Cursief weergegeven punten uit onderzoek 6004-0342. Overig onderzoek uit 1217-0056.

2.4.2 Globale geotechnische bodemgesteldheid

Op basis van geologische beschrijving en het beschikbare grondonderzoek is per zandwinlocatie een geotechnisch bodemprofiel opgesteld.

2.4.3 Put 1

In tabel 2-3 is op basis van de beschikbare sonderingen de bodemopbouw geschematiseerd.

Tabel 2-3: Globale Laagopbouw Put 1 (DZKM6 t/m DZKM9, DKM19 en DKM 101 t/m DKM 103)

Diepte circa * [m NAP]	Omschrijving	Opmerking
+9,0 a' +6,5	Zomerkade	
+1,5 a' +3,0	Cohesieve deklaag overgaand in sterk siltig zand	
-3,0 a' -7,0	ZAND, matig gepakt	Sondeerwaarden variabel ca 4 MPa
-9,0 a' -12,0	ZAND gepakt	Sondeerwaarden van 31 MPa teruglopend naar ongeveer 10 MPa.
-12,0 a' -14,0	Diepte waterbodem bestaande put zie figuur 2.7	
-20,0 a' -22,0	ZAND, matig tot vast gepakt	Sondeerwaarden wisselend van 10 MPa tot ongeveer 28 MPA
-26,0	ZAND vastgepakt met enkele stoorlagen van klei (sterk siltig zand)	Sondeerwaarden tot ongeveer 40 MPa
-42,0	ZAND gestuwd sterk siltig met stoorlagen van klei / leem met dikten van ongeveer 1 a' 2 m	Sondeerwaarden wisselend van 10 MPa tot ongeveer 35 MPA
-52,0 max verkende diepte	ZAND gestuwd sterk siltig	Sondeerwaarden tot 35 MPa

* = Behoudens de diepte (ligging maaiveld) markeren de in de tabel genoemde diepten de onderkant van de genoemde grondlaag.

De onderkant van de cohesieve deklaag ter plaatse van put 1 varieert tussen NAP +1,5 en +3m. Hieronder is matig vast, tot vast zand/grind aangetroffen. Tussen ca. NAP -22 en -34m zijn stoorlagen aangetroffen. Deze kenmerken zich door een conusweerstand van ca. 2-4MPa en een wrijvingsgetal van 3-4%. De dikte en eigenschappen van deze stoorlaag varieert sterk tussen de sonderingen. In bijv. DZKM8 is sprake van dunne stoorlaagjes, terwijl bijv. bij DZKM6 sprake is van een dikke stoorlaag met zandlaagjes. Uit de boringen blijkt dat er sprake is van fijn sterk kleiig zand, leem/silt of klei. In de diepste beschikbare sonderingen is in sondering DZKM5 tussen NAP -47 en -53m een pakket met afwisselend klei- en sterk siltige zandlagen aangetroffen, terwijl in DZKM8 op deze diepte vast zand/grind is aangetroffen. De boringen B100 t/m B102 geven aan dat er sprake is van sterk siltig fijn zand met af een toe een pocket van grindig zand (B102).

2.4.4 Put 2

In tabel 2-4 is op basis van de beschikbare sonderingen de bodemopbouw geschematiseerd

Tabel 2-4: Globale laagopbouw Put 2 (DKM1 t/m DKM3, DZKM6, DZKM9, en DKM 17 t/m DKM18)

Diepte circa * [m NAP]	Omschrijving	Opmerking
+9,0 a' +6,5	Zomerkade a' maaiveld	
+4,0 a' +2,0	Cohesieve deklaag overgaand in sterk siltig zand (DKM2)	
-5,0	ZAND, matig gepakt, matig grof tot grof	Sondeerwaarden variabel ca 15 MPa
-11,0	ZAND vastgepakt, matig grof	Sondeerwaarden van 15 MPa oplopend tot naar circa 30 MPa.
-17,0	Diepte waterbodem bestaande put zie figuur 2.8	
-20,0	ZAND, matig tot vast gepakt	Sondeerwaarden wisselend van 12 MPa tot circa 20 MPA geen stoorlagen gedetecteerd
-25,0	ZAND vastgepakt, matig grof tot fijn met enkele stoorlagen van klei (sterk siltig zand) Mogelijk start gestuwde grondlagen	Sondeerwaarden tot circa 35 MPa
-35 max verkende diepte	ZAND mogelijk gestuwd sterk siltig met stoorlagen van klei / leem met dikten van circa 1 a' 2 m	Sondeerwaarden wisselend van 12 MPa tot circa 20 MPA

* = Behoudens de diepte (ligging maaiveld) markeren de in de tabel genoemde diepten de onderkant van de genoemde grondlaag.

Op basis van het beschikbare grondonderzoek wordt geconcludeerd dat de laagopbouw ter plaatse van put 2 tot de toekomstige zandwindiepte van NAP -20m een vrij homogene opbouw heeft van voornamelijk zand afwisselend in grofheid van matig grof tot grof zand. Vanaf NAP -20m wordt de grondopbouw grilliger bestaande uit (fijne) zandlagen afwisselend met cohesieve grondlaagjes van klei en leem. Vanaf NAP -25m kan er sprake zijn van gestuwde grond (zand) lagen met een frequentere toename van cohesieve grondlagen, de zogenaamde stoorlagen.

2.4.5 Put 3

Uit het grondonderzoek valt af te leiden dat de bodemopbouw ter plaatse van put 3 een vergelijkbare laagopbouw heeft als Put 2. Ter plaatse van DKM 10 een DKM11 wordt op een diepte van NAP+5m tot en met NAP +1 m sterk grindig zand aangetroffen met hoge sondeerwaarden (60 MPa) wat onzes inziens duidt op grind afzettingen. De overige sonderingen in het gebied geven op deze diepte voornamelijk zand aan met een matige pakking (10 MPa). Met uitzondering van de locatie is op basis van de beschikbare sonderingen de bodemopbouw geschematiseerd, zie tabel 2-5.

Tabel 2-5: Globale laagopbouw Put 3 (DKM9 t/m DKM16 en DZKM 5)

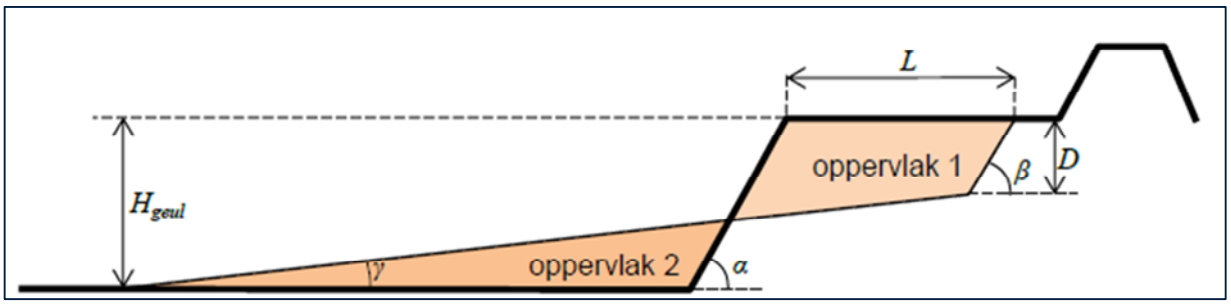
Diepte circa * [m NAP]	Omschrijving	Opmerking
+6,5	maaiveld	
+5,0 a' +4,0	Cohesieve deklaag overgaand in sterk siltig zand (DKM2)	
+2,0	ZAND gepakt grindig	Alleen ter plaatse van DKM10 een DKM 11 Sondeerwaarden tot 60 MPa
-5,0	ZAND, matig gepakt, matig grof tot grof	Sondeerwaarden variabel ca 15 MPa
-11,0	ZAND vastgepakt, matig grof	Sondeerwaarden van 15 MPa oplopend tot naar ongeveer 48 MPa.
-23,0	ZAND, matig tot vast gepakt	Sondeerwaarden wisselend van 12 MPa tot circa 20 MPA geen stoorlagen gedetecteerd
-27,0	ZAND matig gepakt matig grof tot fijn met enkele stoorlagen van klei (sterk siltig zand) Mogelijk start gestuwde grondlagen	Sondeerwaarden tot ongeveer 35 MPa
-35 max verkende diepte	ZAND mogelijk gestuwd sterk siltig met stoorlagen van klei / leem met dikten van circa 1 a' 2 m	Sondeerwaarden wisselend van 12 MPa tot ongeveer 35 MPA

* = Behoudens de diepte (ligging maaiveld) markeren de in de tabel genoemde diepten de onderkant van de genoemde grondlaag.

3. Standzekerheid primaire kering

3.1 Inleiding

Zoals in het geotechnisch onderzoek [ix] (zie ook paragraaf 2.1) aangegeven wordt op basis van het resultaten van het grondonderzoek geconcludeerd dat aanwezige zandlagen niet gevoelig zijn voor verweken. Volgens [ix] is wel sprake van een zekere kans op bresvloeiingen gedurende de exploratiefase van het winnen van industriezand met een profielzuiger.
Om te beoordelen of de zandwinactiviteiten enig effect hebben op de standzekerheid van de huidige primaire kering is gekozen om de methodiek van een gedetailleerde toets volgens het WBI2017 toe te passen. De methode die in bijlage C van de schematiseringshandleiding zettingsvloeiing [SHZV 2019] in paragraaf C.3 Stap C wordt omschreven is gebaseerd op de methodiek risicobeoordeling bressen zoals omschreven in de CUR Aanbeveling 113. Echter nu aangepast aan de huidige inzichten voor bres- en of zettingsvloeiingen. De SHZV gaat ervan uit dat aan de eisen wordt voldaan als de aanwezige lengte van het voorland (gebied tussen insteek zandwinput en de buitenteen van de primaire kering) groter is dan de benodigde lengte figuur 3-1.



Figuur 3-1:Gedetailleerde geometrische toets voor zettingsvloeiing Bron [xxv]

De kans dat een vloeiing groter is dan de aanwezige voorlandlengte exclusief marge wordt vervolgens vermenigvuldigd met de kans van voorkomen van een zettingsvloeiing. De totale kans dient kleiner te zijn dan de eis voor dit indirecte mechanisme (P_f=0,01 per km).

In figuur 3-1 is schematisch het profiel voor en na een inscharing weergegeven. De omvang van de inscharing (L) hangt af van een aantal parameters, welke in meer of mindere mate onzeker zijn. Voor het bepalen van de kans op een bepaalde inscharing is echter met name de onzekerheid in de hoek γ van belang. Door Silvis en De Groot (1995) zijn meer dan 1100 vloeiingen geanalyseerd en statistisch verwerkt en in SHZV2019 aangescherpt. De resultaten hiervan zijn in tabel 2 1 weergegeven.

Tabel 3-1: Geometrische eigenschappen dwarsprofiel na optreden vloeiing Bron [xxv]

Parameter	Gemiddelde	90% range	σcot
Helling bovenste steilste deel cot(β)	2,9	1,3 – 8	
Helling onderste uitvloei deel cot(γ)	16,8	10 – 30	4,60
Relatieve hoogte bovenste deel D/H	0,43	0,3 – 0,55	
Verhouding oppervlak1 / oppervlak 2 (c)	1,40	1,20 – 1,40	

In de verdere analyses is alle onzekerheid in de parameter cot(γ) gestopt, waarvoor een normale verdeling met standaardafwijking σcot(γ) = 4,60 is gehanteerd.

Als een vloeiing plaatsvindt, zal een deel van het vervloeide materiaal naar de zijkanten afvloeien, door dit tweedimensionale effect zal de oppervlakte van de verdwenen grond bovenin het dwarsprofiel ongeveer 20% tot wel 40% groter zijn dan de oppervlakte welke er aan de onderkant is bijgekomen. Hiervoor wordt een factor van 1,4 in de analyses meegenomen. De lengte (L) van de inscharing kan vervolgens worden berekend met de methodiek zoals omschreven in SHZV 2019. Zie figuur 3-2.

$$L = ax - Db \qquad \text{(C.5)}$$

Met:

$$x = \frac{-cH + \sqrt{(cH)^2 + (1-c)\left(\frac{D^2 b}{a} + H^2 c\right)}}{(1-c)}$$

$$a = \cot\gamma - \cot\alpha$$

$$b = \cot\gamma - \cot\beta$$

Waarin:

c	verhouding tussen oppervlak 1 en oppervlak 2 (A1 = $_c$A2) [-].
H	totale hoogte van het onderwatertalud, moet de werkelijke hoogte tot aan het voorland worden genomen (en dus niet fictieve rekenhoogte H_R) [m]. In geval van een onbestort onder water talud of als sprake is van een bestorting op een gedeelte van het talud, dat niet doorloopt tot in het diepste punt van de geul, geldt: $H = H_{gesl}$. Indien er gedeeltelijk bestorting aanwezig is die begint in het diepste punt van de geul, geldt $H = H_{onbest}$.
D	steile gedeelte van het uitvloeiingsprofiel [m].

Figuur 3-2:Stap C bepalen inscharingslengte Bron SHZV2019 [xxv]

De betrouwbaarheidsfunctie wordt in dit geval gegeven door:

Z	=	$L - L_{toelaatbaar}$	[m]

Waarin:

L	=	lengte van de inscharing	[m]
$L_{toelaatbaar}$	=	toelaatbare lengte van de inscharing	[m]

De kans op het optreden van schade t.g.v. een overschrijding van de toelaatbare inscharingslengte bij het optreden van en bresvloeiing kan berekend worden met:

$P(L>L_{toelaatbaar} \mid ZV)$	=	$\Phi(-\beta)$	[-]

Waarin:

β	=	μ(Z) / σ(Z)	[-]
μ(Z)	=	verwachtingswaarde van de betrouwbaarheidsfunctie	[m]
σ(Z)	=	standaardafwijking van de betrouwbaarheidsfunctie $\{\sqrt{(\sigma\cot(\gamma)^2 \times dZ/d\sigma\cot(\gamma)^2)}\}/F$	[m]

Vervolgens kan met Stap A de optredingskans (P(ZV) van een vloeiing worden bepaald (figuur 3-3).

Stap A - Bepaal optredingskans zettingsvloeiing per ondergrondscenario $P(ZV|S_i)$ voor het betreffende vak

Eerst wordt de frequentie van optreden $F(ZV|S_i)$ berekend met:

$$F(ZV \mid S_i) = \left(\frac{5}{\cot\alpha_R}\right)^5 \cdot L_{vak} \cdot \frac{V_{lokaal}}{V_{zeeland}} \cdot 0,025 \cdot \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot \left(\frac{H_R}{24}\right)^{2,5} \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{-10\left(0,05+\psi_{S\,m,kar}\right)} + \\ 0,5 \cdot \left(\frac{H_{geul}}{24}\right)^5 \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^{-4}}{d_{S0_gemiddeld_kar}}\right)^5 \cdot F_{cohesivelayers} \end{array} \right. \quad \text{(C.1)}$$

Waarin:

L_{vak} de lengte van het dijkvak [km]

Vervolgens kan de frequentie omgerekend worden in een kans van optreden $P(ZV|S_i)$ met:

$$P(ZV \mid S_i) = 1 - e^{-F(ZV|S_i)} \quad \text{(C.2)}$$

Figuur 3-3:Stap A bepalen Optredingskans Bron SHZV2019 [xxv]

Door nu de kans op een van het overschrijden van de toelaatbare inscharingslengte $P(L>L_{toelaatbaar} \mid ZV)$ te vermenigvuldigen met de kans op een vloeiing P(ZV) wordt de kans op overschrijding van de toelaatbare inscharingslengte bepaald (stap D SHZV 2019).

Als deze kans $(P(L>L_{toelaatbaar})_{vak})$ kleiner is dan de faalkans eis van $P_{voorland}$ < 1% per km per jaar dan wordt voldaan aan de eis en kan worden geconcludeerd dat de standzekerheid van de primaire kering niet in gevaar komt.

3.2 Berekening

3.2.1 Inleiding

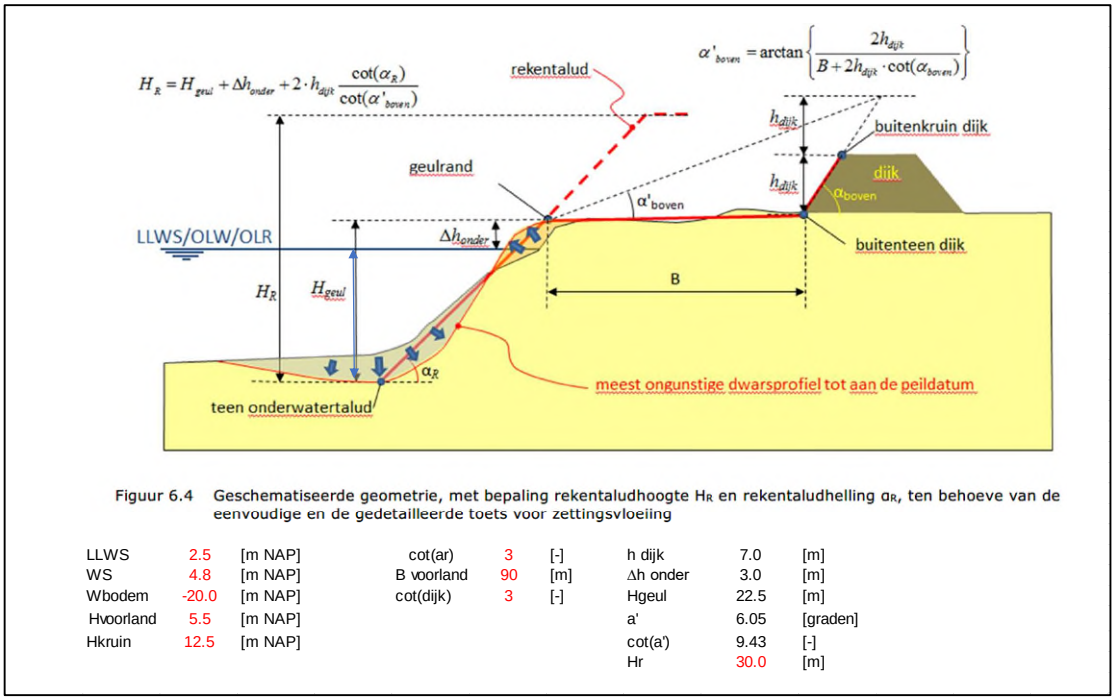
In dit rapport zijn de zandwinputten 1 en 2 beschouwd. De afstand tussen de buitenteen van de primaire kering en de insteek van de zandwinlocatie 3 (put3 figuur 1-2) is dusdanig groot (>400m) dat de standzekerheid van de primaire kering geborgd blijft. Bovendien bevindt de put zich op ruime afstand van beschermingszone. Voor zandwinlocaties put 1 en put 2 is de situatie anders. De insteek van beide zandwinlocaties grenzen aan de beschermingszone (put1) of overschrijden de beschermingszone (put 2). De zandwinlocaties 1 en 2 worden gezien als een risico op de standzekerheid van de primaire kering en worden in de volgende paragrafen rapport nader beoordeeld.

3.2.2 Put 2

Uit tekening [vi] figuur 1-1 blijkt dat de afstand tussen insteek zandwinning een de buitenteen van de primaire kering tijdelijke afneemt van 230 m naar 90 m gedurende de zandwinfase. Daarna wordt het gebied heringericht waarbij de lengte van het voorland toeneemt naar circa 175 m a 200 m.

Voor het berekenen van kans ($P(L>L_{toelaatbaar})_{vak}$) voor de westput zijn de volgende waarden als uitgangspunt genomen:

- Als faalkans eis waaraan ($P(L>L_{toelaatbaar})_{vak}$) moet worden voldaan wordt in deze analyse ervan uitgegaan dat voor put 2 een dijklengte van circa 750 m geldt zie figuur 1-1. Hierdoor komt de faalkanseis voor Put 2 op $P_{eis;\ vak}$ = $7{,}50^{E}$-03 waaraan moet worden voldaan
- De rekenputdiepte H_r voor put 2 is bepaald op 30 m. zie figuur 3-4. Hierbij wordt uitgegaan van een worst case benadering waarbij ter plaatse van het vergunningstalud op volle diepte (NAP-20,00 m) het talud wordt aangezogen.
- Taludhelling vergunningstalud cot(α) = 3;
- Bij een inscharing is de oppervlakte van de verdwenen grond bovenin het dwarsprofiel ca. 40% groter dan de oppervlakte welke er aan de onderkant is bijgekomen volgens, in overeenstemming met SHZV2019;
- Schade treedt op als de inscharing de buitenteen van de dijk bereikt.
- Op basis van het uitgevoerde stabiliteitsonderzoek [ix] zijn de volgende waarden bepaald :
    - De gemiddelde korrelgrootte voor D10 en de D50 is bepaald op 164um en 400um voor het winnen van zand tot een diepte van NAP -20m.
    - De lokale migratiesnelheid van onbeschermde oever is geschat op 0.01 m/jaar
    - De state parameter is op basis van de sonderingen DKM1, DKM 9, DKM11, DKM 13, DKM16 en DKM17, bepaald op -0,050 (95% ondergrenswaarde)
    - Er is een onzekerheid factor meegenomen F(β) van 1.1 volgens SHZV2019
    - Een factor van 1 is meegenomen voor de aanwezigheid klei/veen laagjes.
    - De relatieve dichtheid van de zandlagen wordt op basis van het stabiliteitsrapport geschat op gemiddeld 0.57. NB: uit de stabiliteitsanalyse [ix] is gebleken dat de zandlagen voldoende bestand zijn tegen het mechanisme verweking



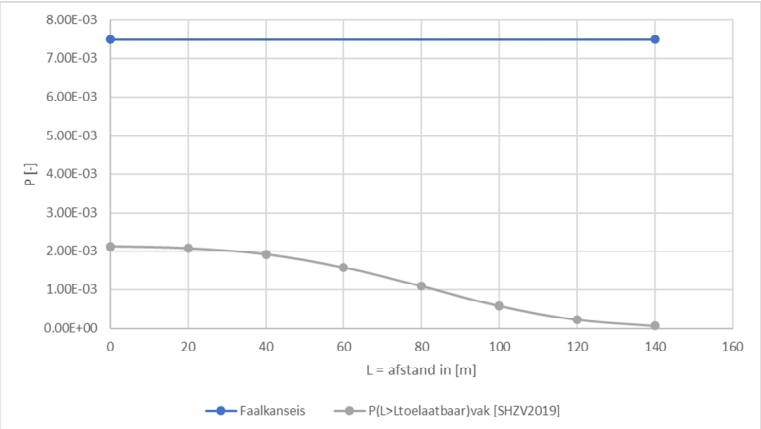
Figuur 6.4 Geschematiseerde geometrie, met bepaling rekentaludhoogte H_R en rekentaludhelling α_R, ten behoeve van de eenvoudige en de gedetailleerde toets voor zettingsvloeiing

LLWS	2.5	[m NAP]	cot(ar)	3	[-]	h dijk	7.0	[m]
WS	4.8	[m NAP]	B voorland	90	[m]	Δh onder	3.0	[m]
Wbodem	-20.0	[m NAP]	cot(dijk)	3	[-]	Hgeul	22.5	[m]
Hvoorland	5.5	[m NAP]				a'	6.05	[graden]
Hkruin	12.5	[m NAP]				cot(a')	9.43	[-]
						Hr	30.0	[m]

Figuur 3-4:Stap C1 bepalen rekendiepte H_R Bron SHZV2019 [xxv]

Resultaten

In CUR 113 wordt aangegeven dat voor bresvloeiingen een afstand van 2 x de putdiepte moet worden aangehouden tot primaire keringen. Voor put 2 zou ongeveer (2*H_r (30m) =) 60 m aan randzone kunnen worden aangehouden. Dit zou betekenen dat gedurende de exploitatiefase van put een zone van (96 m – 60m) = 36 m tussen de buitenteen van de primaire kering en zandwinning beschikbaar is wat kan worden aangemerkt als invloedzone. Volgens SHZV2019 wordt dan ruim voldaan aan de faalkanseis zodat de standzekerheid van de kering is geborgd. zie figuur 3-5. Hieruit blijkt dat bij randzone van 60 m de toelaatbare kans kleiner is dan de eis. ($P_{(L>Ltoelaatbaar)}$ $1,0^{E}$-03 < $P_{eis;\ vak}$ = $7,50^{E}$-03).



Figuur 3-5:Kans op schade t.b.v. een vloeiing Put 2 (Westput)

3.2.3 Put 1

Voor put 1 (Oostput) is een vergelijkbare analyse uitgevoerd. Het betreft een analyse voor de

- Basisvariant waar de put wordt verdiept van NAP-12m naar NAP-35m. Hierbij wordt een vergunningstalud gehanteerd met een helling van 1 (ver) op 3 (hor) tot een diepte van NAP -15m. Vervolgens een berm met een breedte van 25m waarna een vergunningstaludhelling van 1 op 4 wordt aangehouden tot een diepte van NAP-35m;
- Voorkeurvariant waar de put wordt verdiept van NAP -12m naar NAP-45m onder en vergunning taludhelling van 1 (ver) op 3 (hor).

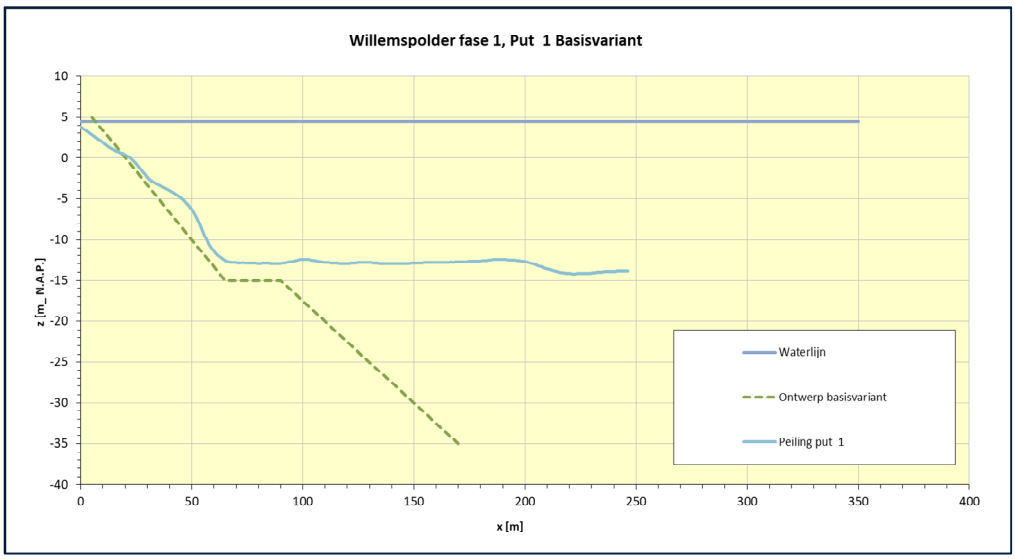
Uit tekening [vi] figuur 1-1 blijkt dat de afstand tussen insteek zandwinning en de buitenteen van de primaire kering varieert tussen 160 m (smalste punt) tot 230m (breedste punt).
Voor het berekenen van kans ($P(L>L_{toelaatbaar})_{vak}$) voor de oostput zijn de volgende waarden als uitgangspunt genomen:

- Als faalkans eis waaraan ($P(L>L_{toelaatbaar})_{vak}$) moet worden voldaan wordt in deze analyse ervan uitgegaan dat voor put 2 een dijklengte van circa 900 m geldt zie figuur 1-1. Hierdoor komt de faalkanseis voor Put 2 op $P_{eis;\ vak}$ = $9{,}00^{E}$-03 waaraan moet worden voldaan
- De rekenputdiepte H_r voor put 1 is afhankelijk van de gekozen variant.
- Taludhelling vergunningstalud
  - Basisvariant tot NAP-15m cot(α)= 3, van NAP -15m tot NAP-35m cot(α)= 4
  - Voorkeursvariant tot NAP-45m cot(α)= 3,
- Huidige ligging waterbodem NAP -15m
- Bij een inscharing is de oppervlakte van de verdwenen grond bovenin het dwarsprofiel ca. 40% groter dan de oppervlakte welke er aan de onderkant is bijgekomen volgens, in overeenstemming met SHZV2019;
- Schade treedt op als de inscharing de buitenteen van de dijk bereikt.
- Op basis van het uitgevoerde stabiliteitsonderzoek [ix] zijn de volgende waarden bepaald :
- De gemiddelde korrelgrootte voor het winnen van zand tot een diepte van NAP -15m is bepaald op 90 µm voor de D10 en 150 µm voor de D50. Voor het winnen van zand vanaf NAP-15m tot een diepte vanaf NAP -45m is voor de D10 een korrelgrootte van 75 µm aangenomen en voor de D50 een korrelgrootte van 110 µm.
- De lokale migratiesnelheid van onbeschermde oever is geschat op 0.01 m/jaar
- De state parameter is op basis van de sonderingen bepaald op -0,050 (95% ondergrenswaarde)
- Er is een onzekerheid factor meegenomen F(β) van 1.1 volgens SHZV2019
- Een factor van 3 meegenomen voor de aanwezigheid klei/veen laagjes.
- De relatieve dichtheid van de zandlagen wordt op basis van het stabiliteitsrapport geschat op gemiddeld 0.57. NB: uit de stabiliteitsanalyse [ix] is gebleken dat de zandlagen voldoende bestand zijn tegen het mechanisme verweking

Basisvariant

Om inzicht te krijgen in het effect van de zandwinning op de standzekerheid van de kering wordt uitgegaan van een worst case benadering waarbij het zand in put 1 in twee winslagen wordt gebaggerd.

1. Winslag 1 in feite een opschoonslag tot een diepte van NAP-15 m waarbij het resterende winbare zand op de taluds en berm wordt gewonnen;
2. Winslag 2 het zand wordt in een slag gebaggerd van tot NAP-15m tot NAP -35m, rekening houdend met berm met een breedte van 25m (figuur 3-6).

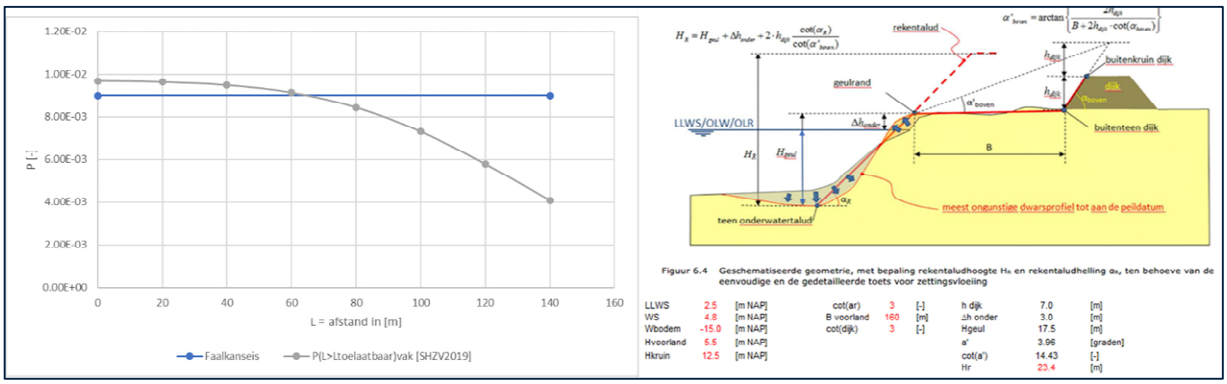


Figuur 3-6:Taludontwerp basisvariant plus ligging waterbodem

Resultaten

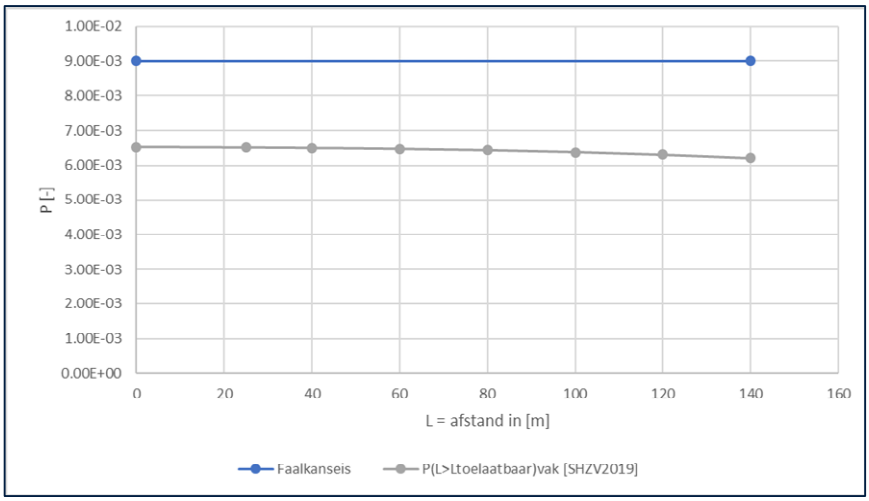
Winslag 1

In figuur 3-7 is het resultaat van de bresanalyse weergegeven. Om te voldoen aan de faalkanseis dient een afstand van minimaal 70 m tussen insteek zandwinning en kering te gehandhaafd. Dit zou betekenen dat gedurende de exploitatiefase van put een zone van (160 m – 75m) = 85 m tussen de buitenteen van de primaire kering en zandwinning beschikbaar is wat kan worden aangemerkt als invloedzone. Volgens SHZV2019 blijkt dat bij een afstand van 75m voldaan wordt aan de eis $P_{(L>Ltoelaatbaar)}$ (1,0E-02) < $P_{eis;\ vak}$ (9,00E-03).



Figuur 3-7:Kans op schade t.b.v. kans op bresvloeiing winslag 1 (Oostput)

Winslag 2
Volgens de CUR Aanbeveling 113 mag de verdieping als een aparte put worden beschouwd wanneer een voldoende brede berm wordt aangehouden. De twee taluds (boven en onder de berm) kunnen dan in feite los worden beschouwd.
Aangezien ter plaatse van het talud boven de berm niet meer gezogen wordt is de kans op bresvloeiing boven het niveau van de berm vanaf dit moment zeer klein. De kans op een bresvloeiing op het niveau van de verdieping is echter wel aanzienlijk groter. Als hier een bresvloeiing optreedt is het belangrijk dat de inscharing van deze bres niet verder reikt dan het snijpunt van de berm met het talud boven de berm. Hiervoor kan, volgens, een eenvoudige beoordeling een afstand van 2 x de putdiepte worden aangehouden,
De bermbreedte dient dan minimaal 40m te zijn. Hier voldoet het ontwerp niet aan aangezien de berm 25 m bedraagt [2 x de putdiepte (NAP-15m – NAP-35m)]. Volgens een eenvoudige beoordeling mag niet gelijk worden uitgegaan van twee aparte zandwinputten en dient een gedetailleerde analyse te worden uitgevoerd. Wanneer er een gedetailleerde beoordeling wordt uitgevoerd met de CUR Aanbeveling 113 en SHZV2019 waarbij voor H_{geul} een diepte van 20 m (NAP-15m – NAP-35m) is aangehouden en voor H_R een hoogte 54,1 m blijkt dat met een berm met een breedte van 25m voldoende zekerheid biedt om te voldoen aan de gestelde faalkanseis. $P_{(L>Ltoelaatbaar)}$ (6,50E-03) < $P_{eis;\ talud}$ (9,00-03).



Figuur 3-8:Kans op schade t.b.v. kans op bresvloeiing winslag 2 (Oostput)

Op zo een wijze wordt de faalkans eis geborgd en daarmee ook de standzekerheid van de primaire kering.

Bij de argumentatie dat ook bij het zuigen van de diepere lagen een afstand van 75 m tussen de insteek en de dijk kan worden aangehouden waarbij de dijk een minimale zone van 85m (160 m – 75 m) heeft tussen randzone en de teen buitentalud, is ervan uitgegaan dat er niet meer gebrest wordt op het talud boven de berm, nadat de berm is 'aangelegd'. Indien hier namelijk wél gebrest wordt, is de kans op een inscharing aan maaiveld aanzienlijk groter. Tevens kan deze inscharing zich ook verder ontwikkelen, omdat zand naar het verdiepte deel onder de berm kan wegstromen. In het stabiliteitsadvies [ix] is de kans op het zogenaamde meewerkend bressen geborgd door te adviseren het baggerproces te monitoren en bij iedere verdiepingsslag het gerealiseerde talud te toetsen op meewerkend bressen.

Voorkeursvariant

Voor het winnen van zand tot een diepte van NAP-45 onder een vergunningstalud met een helling van 1 (ver) op 3(hor) zonder berm wordt in het stabiliteitsadvies [ix] aangeven dat dan het zand veilig kan worden gebaggerd door middel van het laagsgewijs ontgraven van met behulp van een graafwielzuiger of vergelijkbare techniek zonder dat het zand brest. Het zogenaamd halend baggeren. In dat geval is een randzone rondom put 1 van 25m voldoende. Dit betekent dat tussen de dijk een minimale zone van 135m (160 m – 25 m) aanwezig is tussen randzone en de teen van het buitentalud.

Door middel van de inzet van een baggertechniek waarbij het zand halend wordt gebaggerd wordt de standzekerheid van de primaire kering geborgd.

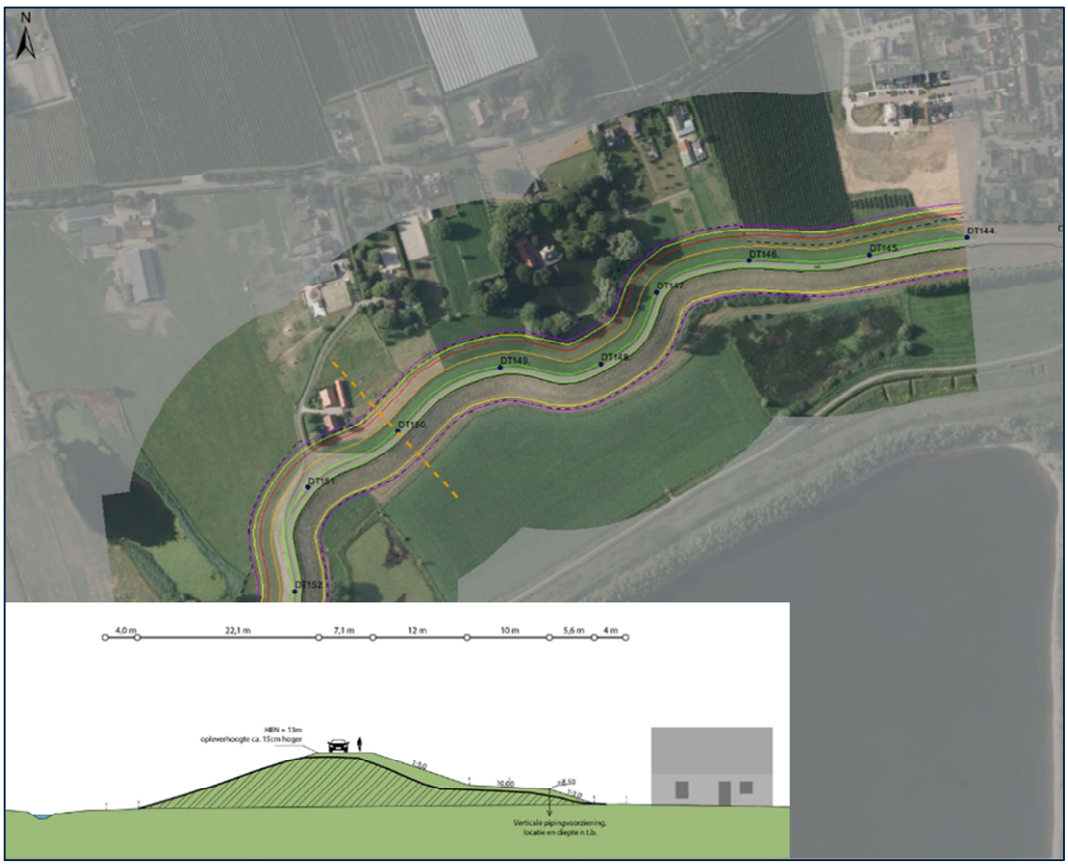
4. Piping

4.1 Beoordeling piping

De tot nu geldende beoordeling veiligheid waterkering Toetsing Dijkring 43' [xiv], betreft de toets zoals is uitgevoerd volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 (VTV2006). Dit voorschrift is inmiddels verouderd en niet meer geldig. In het uitgangsdocument ten behoeve van de dijkversterkingsopgave [xiii] wordt aangegeven dat eventuele wijzigingen in dijkgeometrie, voorland beoordeeld dienen te worden volgens de WBI2017 en als er sprake is van een versterking dan dient de nieuwe geldende ontwerpinstrumentarium OI2914 -V4 of nieuwere versie te worden toegepast.

4.1.1 Ontwikkeling dijkversterkingsopgave.

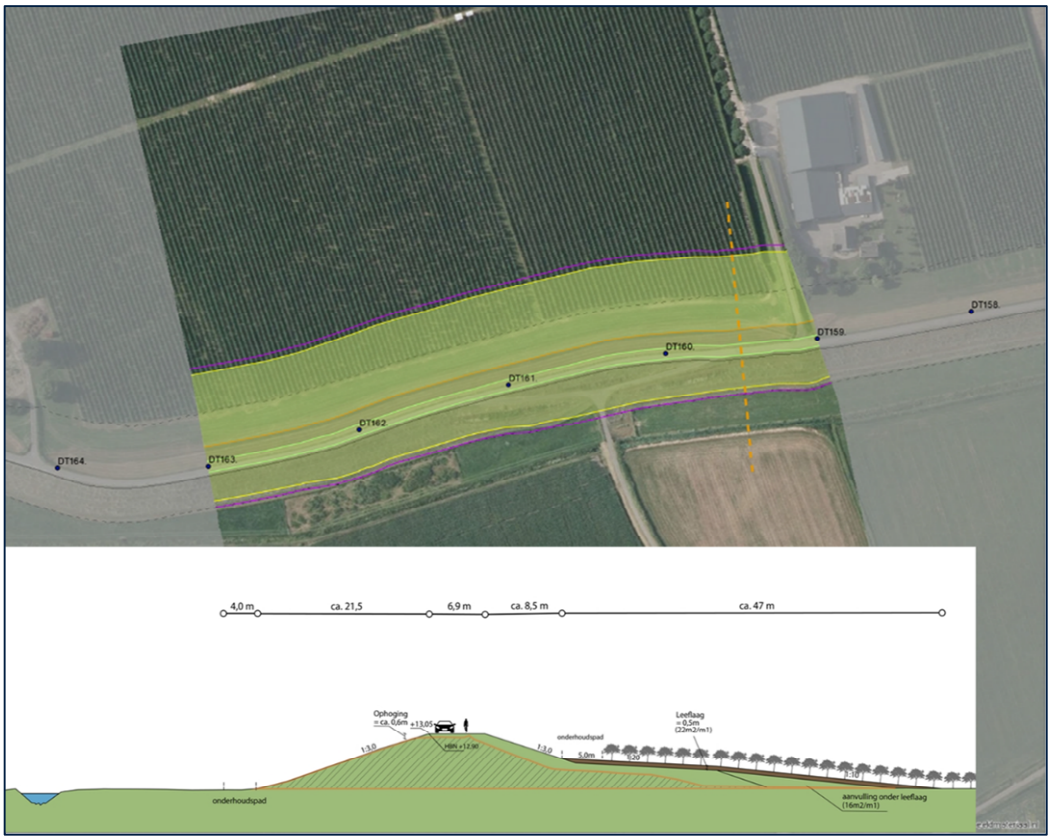
Waalbandijk ter plaatse van Oostput traject DT153 -DT143
Inmiddels is door het Waterschap WSRL een dijkversterkingstraject opgestart. Uit de gepubliceerde schetsontwerpen https://www.dijkversterkingnederbetuwe.nl/ blijkt dat de ontwerpopgave voor Waalbandijk ter plaatse van de Oostput (put1) zich richt op een hoogtetekort en een pipingmaatregel. Het voorkeursalternatief omvat een binnendijkse versterkingsopgave door het ophogen van de binnenberm en een verticale pipingmaatregel (figuur 4-1).



Figuur 4-1:Schetsontwerp voorkeursvariant dijkversterking traject DT 154 – DT144 Bron: WSRL

Waalbandijk ter plaatse van Westput traject DT160 -DT153

Ter plaatse van de westput (put2) ligt de voorkeur om ook hier een binnendijks versterkingsmaatregel te realiseren waarbij de binnenberm als landbouwgrond onderdeel wordt van de fruitteelt. Versterkingsmaatregel gericht op hoogte en macrostabiliteit. Een pipingmaatregel is op dit traject (nog) niet voorzien.



Figuur 4-2:Schetsontwerp voorkeursvariant dijkversterking traject DT 163 – DT159 Bron: WSRL

4.1.2 Ontwikkeling Willemspolder

Het project Willemspolder fase 1 omvat een tijdelijk uitbreiding van de huidige westput richting de dijk en een verdieping van de Oostput.

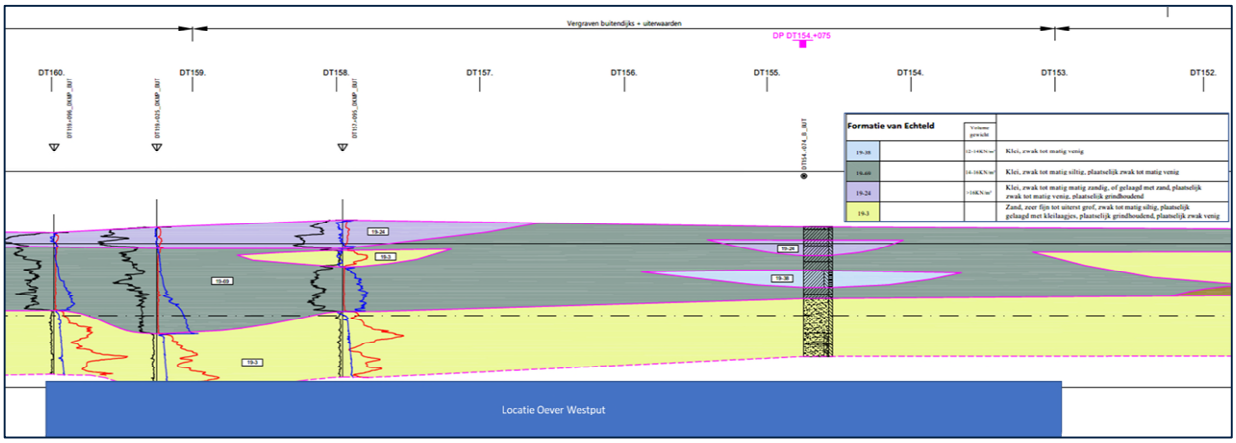
Put 1, Oostput traject DT153 -DT143

Voor de Oostput verandert het voorland gedurende de zandwinfase niet zodat de huidige pipingsituatie onveranderd blijft. In de herinrichtingsfase zal het voorland worden ingericht als natuurgebied. Het waterschap WSRL heeft aangegeven dat voor dit traject een pipingsmaatregel is voorzien waarbij geen rekening is gehouden met het voorland ten behoeve van de kwelweglengte. Op basis van argument dat de aanwezige kwelweglente op dit traject niet negatief wordt beïnvloed wordt verwacht dat het project Willemspolder fase1 geen negatieve bijdrage levert aan piping.

Put 2, Westput traject DT160 -DT153

Op het traject DT 160 -DT 153 wordt de huidige Westput verdiept en uitgebreid. Hierdoor verandert het voorland tijdelijk. Voor een periode van 2 à 3 jaar verandert het voorland van een lengte van circa 230 m naar een lengte van 90 m. Na de exploitatiefase (winnen industriezand) wordt de Westput deels gedempt zodat in de uiteindelijk situatie een voorland wordt gecreëerd met een lengten variërend van 200 – 230 m, gelijk aan de huidige situatie. Uit het grondonderzoek blijkt dat de aanwezige deklaag voornamelijk als klei wordt geclassificeerd met dikten variërend van 2,0 m tot 5,0 m.

Door de zandwinning zou het voorland tijdelijk veranderen van 230 m naar 96 m, mits de deklaag nabij de watergang (figuur 4-2) voldoende dik is. Uit het grondonderzoek blijkt dat de deklaag ter plaatse van de Westput varieert in dikte met een minimum dikte van circa 2,4m.



Figuur 4-3:Geotechnisch lengteprofiel buitendijks traject DT 160 – DT152 Bron: WSRL

Het Waterschap heeft aangegeven dat voor het traject DT160 – DT152 geen pipingmaatregel wordt verwacht aangezien het voorland een substantieel deel uitmaakt van de kwelweglengte. Verwacht wordt dat de zandwinning mogelijk effect zal hebben op piping.

Echter na de zandwinning zullen de zandwinputten worden opgevuld met (rest) specie lees fijn zand en of klei en zal het buitendijkse gebied opnieuw ingericht worden als rivier-natuurgebied. Dit biedt tevens mogelijkheden en kansen om de situatie met betrekking tot de waterveiligheid van de primaire waterkering te verbeteren en mogelijke risico's te verkleinen, ook ten opzichte van de huidige situatie. Hierbij wordt met name gedoeld op het aspect piping. In de eindsituatie kan meer weerstand in het voorland worden aangebracht doordat het voorland gemiddeld met fijner en minder doorlatend materiaal wordt aangevuld dan in de referentiesituatie aanwezig is. Dit heeft naar verwachting een positief effect op de pipingopgave

In dit rapport zal een pipinganalyse westput worden uitgevoerd om eventuele pipingeffecten inzichtelijk te maken.

4.2 Verkennende analyse piping Westput

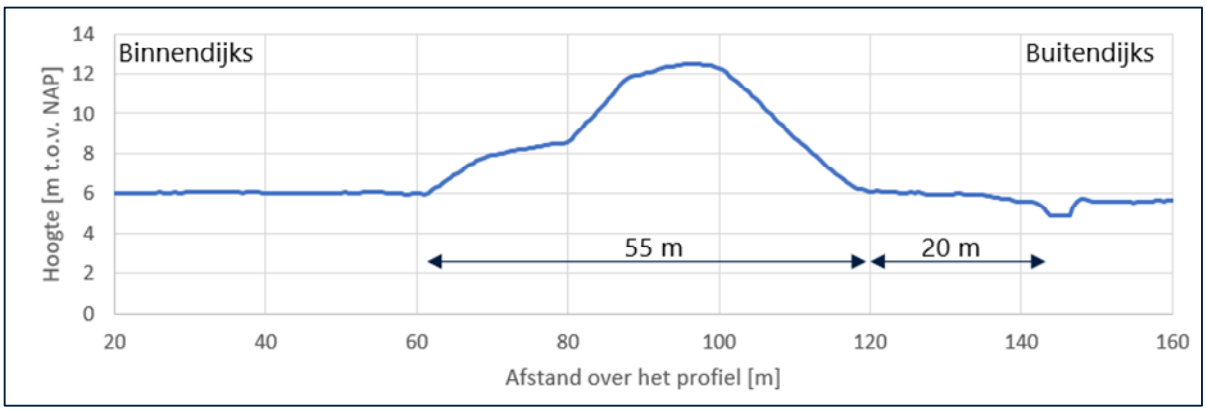
4.2.1 Inleiding

Voor de verkennende analyse is het WBI2017 toegepast als beoordelingsinstrumentarium aanzien alle beoordelingen hier wettelijk aan moeten voldoen.

In de derde toetsronde is de dijk afgekeurd, wat automatisch betekent dat de huidige dijk ook niet voldoet aan de minimale eisen wanneer er een zandwinlocatie wordt aangelegd of uitgebreid. Om deze reden wordt er geen toetsing van de huidige primaire kering uitgevoerd, maar wordt enkel zoals door Waterschap Rivierenland aangegeven de invloed van het aanleggen / uitbreiden van de zandwinput beschouwd.

4.2.2 Geometrie

Er is een piping analyse uitgevoerd voor de Westplas. Gezien het feit dat de geplande ontgraving hier het dichtst op de waterkering is gelegen en dat hier een afgraving van het voorland plaatsvindt. De maatgevende snede bevindt zich ter hoogte van DT155. Onderstaande afbeelding geeft op deze locatie de geometrie van de waterkering weer. Het profiel is opgesteld door gebruik te maken van data uit de AHN3.



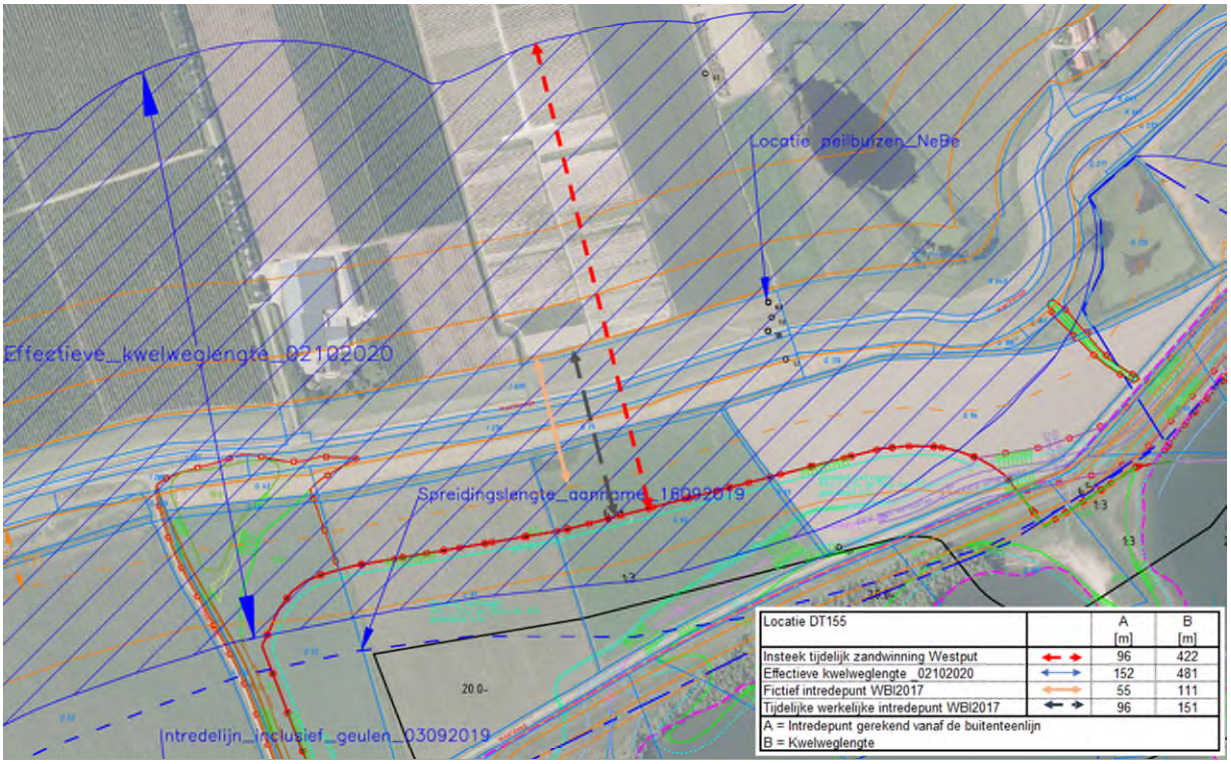
Figuur 4-4:Dwarsdoorsnede van de waterkering ter plaatse van DT 155 Bron: AHN 3

Op basis van de dwarsdoorsnede en een vergelijk met de leggerkaart (https://www.waterschaprivierenland.nl/keur-en-leggers) is vastgesteld dat de breedte van de waterkering gelijk is aan ongeveer 55 m en dat er op 20 m afstand in het voorland een watergang aanwezig is. Het maaiveldniveau binnendijks is vastgesteld op NAP +6,0 m.

4.2.3 Intredepunt en uittredepunt

Uit de documenten Rapportage Derde Toetsronde [xiv] is niet op te maken hoe het intrede punt is gedefinieerd. Onduidelijk is wat is aangehouden. Uit de berekeningsresultaten (tabel 6.8 van het toetsrapport [xiv] zou men kunnen opmaken dat men voor het DT traject (het traject waar de projectlocatie DT155 onder valt) rekening heeft gehouden met een voorland. Aangezien er op dit traject een voldoende dikke deklaag aanwezig is mag volgens het WBI2017 zonder enige verder onderbouwing als maximale kwelweglengte alleen de dubbele dijkbasislengte in rekening worden gebracht, uitgaande van de aanname dat de pipegroei tot de halve kwelweglengte nog een evenwichtssituatie gaat bereiken. Voor DT155 zou volgens

het WBI2017 een kwelweglengte van ongeveer 2x de dijkbasis (55 m) mogen worden gerekend. In figuur 4-5 zijn de verschillende intredepunten en kwelweglengten zichtbaar gemaakt, waarbij het fictief intredepunt in overeenstemming met het WBI2017 op 55 m vanaf de buitenteenlijn is genomen.



Figuur 4-5:locaties (fictieve) intredepunt & kwelweglengten

Als uittredepunt wordt uitgegaan van de nabijgelegen sloot ter plaatse van de binnenteen van de kering indien piping volgens het WBI2017 zou moeten worden beoordeeld. Wanneer dat het geval is dan blijkt dat een tijdelijk zandwinning op 90 à 96 m afstand van de dijk volgens het WBI2017 geen invloed heeft op piping.

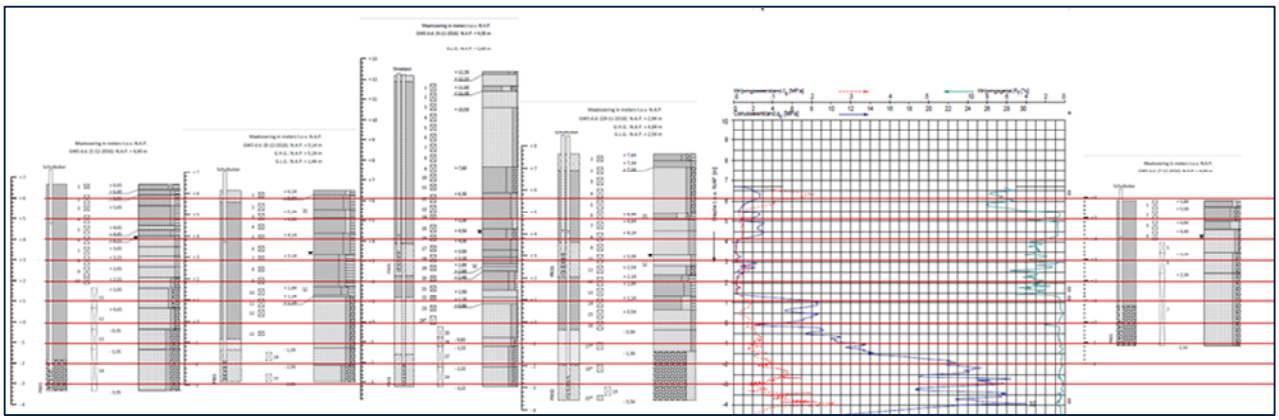
In het overleg d.d. 13-10-2020 met het dijkversterkingsteam Neder Betuwe van WSRL is aangegeven dat men op basis uitgebreid onderzoek momenteel uitgaat van een Effectieve kwelweglengte van circa 481 m zoals aangegeven in figuur 4-5. Het bijzonder is dat het intredepunt nu buiten de beschermingszone wordt aangehouden. Wanneer wordt uitgegaan van ruimtebeslag dijkversterking (effectieve kwelweglengte 02102020) dan blijkt dat door het project Willemspolder fase 1 de kwelweglengte tijdelijk afneemt met 59 m.

Om inzicht te krijgen in het effect van een tijdelijke afname van 59 m van de effectieve kwelweglengte_02102020 is een piping analyse uitgevoerd. Doel van de piping analyse is om het effect op de piping factor te kwantificeren. Met andere woorden wat zou de afname van de pipingfactor zijn (uitgedrukt in een percentage) wanneer het voorland tijdelijk ongeveer 96 m bedraagt ten gevolge van de zandwinning. De uitkomsten hebben dus een relatief karakter en kunnen alleen met elkaar worden vergeleken. Het zegt dus niets over de werkelijke berekende pipingfactor aangezien er geen rekening is gehouden met de lokale variatiecoëfficiënten en dat is uitgegaan van schematiseringsfactor van 1,1 (zie paragraaf 2.2).

4.2.4 Berekening

Bodemopbouw

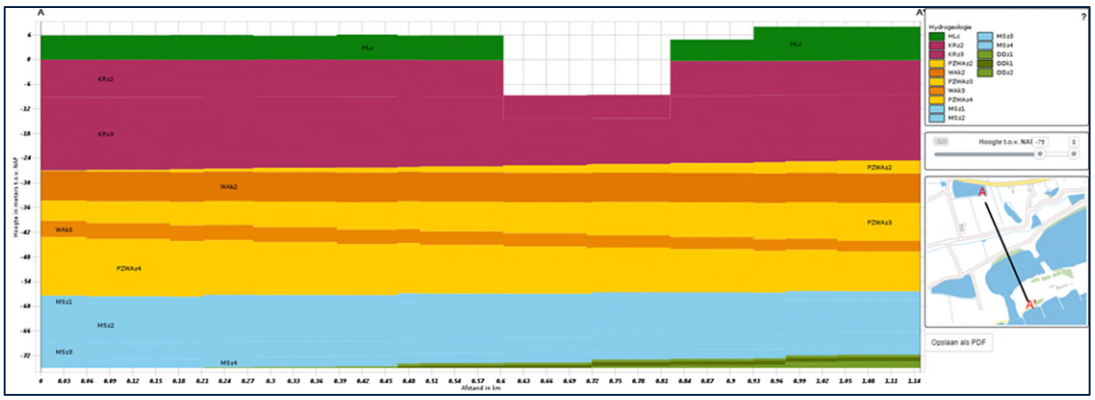
Nabij DT155 is in het grondonderzoek van het waterschap Rivierenland [xvii] een raai boringen met laboratoriumclassificatie aanwezig. Te wetende: DT154+084_B_BIK, DT154+048_B_VL, DT154+074_BUT, DT154+076_B_BIT en DT154_+076_B_AL. Daarnaast ligt op deze raai ook sondering DKM3 uit het Fugro onderzoek [xviii]. Het betreffende onderzoek is op diepte naast elkaar gezet (figuur 4-6). Links de boring in het voorland en aan de rechterzijde de boring in het achterland.



Figuur 4-6:Grondonderzoek ter plaatse van DT155 links voorland, rechts het achterland

Er is sprake van een doorlopende kleilaag onder de waterkering door. De waterkering zelf heeft een kern van zand. De dikte van de deklaag in het achterland is gelijkgesteld aan 1,8 m. De dikte van de deklaag in het voorland wordt op basis van het uitgevoerde grondonderzoek vastgesteld op 2,4 m (zie paragraaf 4.1.2.). Verder is het opvallend dat de kleilaag onder de waterkering dikker is dan de deklaag in het voor of achterland

De dikte van het watervoerend pakket is vastgesteld op basis van data uit REGIS II v2.2 [5]. In onderstaande afbeelding is de uitsnede die is gemaakt in REGIS II v2.2 weergegeven. Tussen NAP -26 m en NAP -35 m wordt het eerste watervoerende pakket afgesloten door een kleilaag van de formatie van Waalre. De dikte van de aquifer wordt daarmee vastgesteld op circa 26 m. Deze dikte wordt ook teruggevonden in sondering DKM3 uit het Fugro onderzoek [viii en ix]. Het eerste watervoerende pakket maakt onderdeel uit van de formatie van Kreftenheye. Deze formatie is gevormd tijdens laat-midden pleistoceen en vroeg holoceen, zie figuur 4-7.



Figuur 4-7:Dwarsdoorsnede REGIS II v 2.2.

Grondparameters

De grondparameters zijn overgenomen uit de uitgangspuntennotitie [Viii en ix]. Voor het uitvoeren van de berekeningen zijn de volgende grondparameters aangehouden.

- Het gemiddeld volumiek gewicht van de deklaag is vastgesteld op 16,5 kN/m^3;
- De rekenwaarde van de doorlatendheid van de zandlaag is vastgesteld op 63 m/dag;
- De rekenwaarde van de D70 is vastgesteld op 0,33 mm.
- De rekenwaarde van de doorlatendheid van de deklaag is vastgesteld op 0,01 m/dag; bron [viii]

Grondwaterstand en stijghoogte

In paragraaf 2.3 (Hydraulische randvoorwaarden) zijn de (grond) waterstanden en stijghoogten genoemd die in de pipingsanalyse zijn aangehouden.

Methodiek

Op basis van de randvoorwaarden en uitgangspunten zijn berekeningen uitgevoerd. Hierbij ie gebruik gemaakt van de methodiek zoals omschreven in schematiseringshandleiding piping [xxix]. In figuur 4-8 zijn de invoerwaarden gegeven voor de vaste parameters

Parameter	Omschrijving	Grootheid	Eenheid
P_max	Faalkanseis op trajectniveau	10000	[1/jaar]
		0.00010	[-/jaar]
ω	Faalkansruimte voor het betreffende faalmechachanisme	0.24	[-]
L_traject	Lengte van het normtraject waarop de norm van toepassing is	22.5	[km]
N	Lengte-effect factor	69	[-]
β_{dsn}	Beta van de doorsnedeeis	4.96	[-]
β_{max}		3.72	[-]
P_eis;dsn	Faalkanseis op doorsnedeniveau	3.48E-07	[-/jaar]
Ywater	Volumiek gewicht van water	9.81	kN/m3
i_c,h	kritieke heave gradient	0.3	[-]
γn_ob	Schematiseringsfactor opbarsten	1.1	[-]
γn_he	Schematiseringsfactor heave	1.1	[-]
γn_pip	Schematiseringsfactor piping	1.1	[-]
γb_up	Schadefactor uplift	1.72	[-]
γb_he	Schadefactor heave	1.31	[-]
γb_pip	Schadefactor Piping	1.32	[-]
η	Coefficient van White (Sleepkrachtfactor)	0.25	[-]
v	Kinematische viscositeit van water (grondwater van 10 graden Celsius)	1.33E-06	[m/s^2]
γ_sub.particles	Volumegewicht van zandkorrels onder water	16.5	[kN/m^3]
g	Zwaartekrachtversneeling	9.81	[kN/m3]
d70.m	Referentie d70-waarde	2.08E-04	[m]
θ	Rolweerstandshoek van de zandkorrels van de aangepaste Sellmeijer regel	37	[graden]
r_c	Redcutiefactor voor de weerstand in het opbarstkanaal	0.3	[-]
vc_d70	Variatiecoeficient d70 (ondergrens)	0.12	[-]
vc_k	Variatiecoeficient K zandlaag (bovengrens)	0.5	[-]
vc_y_deklaag	Variatiecoeficient volumiek gewicht deklaag (ondergrens)	0.5	[-]
vc_rf	Variatiecoeficient responsfactor (bovengrens)	0.1	[-]
vc_L	Variatiecoeficient kwelweglengte (ondergrens)	0.1	[-]
stdev_deklaag	Variatiecoeficient deklaagdikte (ondergrens)	0.50	[-]
stdev_D	Variatiecoeficientdikte aquifer (bovengrens)	0.5	[-]
stdev_h_binnen	Standaarddeviatie waterstand binnendijks (ondergrens)	0.1	[-]

Figuur 4-8: Vaste invoerwaarden verkennende piping analyse.

Voor een vergelijk is voor het intredepunt insteek tijdelijke zandwinning (scenario 2 en 4 in figuur 4-5) de fictieve voorlandlengte toegepast volgens schematiseringshandleiding piping met:

$$\lambda_1 * \tanh\left(\frac{L_1}{\lambda_1}\right)$$

Waarin:

λ_1 Leklengte [m]

L_1 werkelijk aanwezige voorlandlengte

De berekende leklengte is voor deze locatie vastgesteld op 316 m. Vanuit buitenteen tot aan de rand van de ontgraving van de uitwisselput is een afstand ingemeten van 96 m (figuur 4-5) De fictieve voorlandlengte waarmee gerekend wordt is gelijk aan 93 m.
In figuur 4-9 zijn de resultaten weergeven van een verkennende pipingsanalyse.

Nr	Scenario		Kwelweg lengte [m]	Stabiliteitfactor Piping [-]
1	Referentie Dijkversterking	⟷	481	2.02
2	Situatie zandwinning	← →	422	1.80
3	Referentie WBI 2017	⟷	111	0.54
4	Situatie zandwinning	← →	148	0.70

Figuur 4-9: Resultaten piping analyse.

Scenario 1 gaat uit van de huidige autonome situatie. De tijdelijk zandwinning heeft geen effect op het gedefinieerde intredepunt zodat er geen invloed is op de berekende stabiliteitsfactor piping. De SFP berekent volgens de maximaal toelaatbare kwelweglengte van 2 maal de dijkbasis blijkt niet te voldoen. Vandaar dat het waterschap momenteel extra onderzoek uitvoert naar de ligging van het intredepunt.

Vanwege het raakvlak tussen de dijkverzwaringsopgave, het project de Willemspolder en de onzekerheid met betrekking tot de te hanteren intrede- en uittrede punt (dit vanwege het lopend ontwerpproces van de dijkversterking) is in dit rapport een scenario 2 doorgerekend wat een doorkijk geeft tussen interactie tijdelijk situatie zandwinning en de dijkversterkingsopgave. Zie kader.

Scenario 3 en 4 betreft een doorkijk naar de verwachte dijkversterkingsopgave en de invloed van Willemspolder fase 1 en behoort niet tot de autonome ontwikkeling. Zie kader.

Doorkijk invloed Project Willemspolder op de verwachte dijkversterkingsopgave.
Zoals in de inleiding is aangegeven voldoet de Waalbandijk niet aan de huidige waterveiligheidscriteria. De dijk wordt als HWBP-project door het Waterschap Rivierenland opgepakt en bevindt zich momenteel in de ontwerpfase. Deze dijkversterkingsopgave voor het aspect piping behoort niet tot de autonome ontwikkeling. Echter ten aanzien van het raakvlak met Dijkversterking Neder-Betuwe is in deze rapportage een verkennend doorkijk gegeven naar de verwachte opgave en de invloed van Willemspolder fase 1 daarop.

Scenario 2
indien het intredepunt de insteek van de zandwinning bedraagt. Voor het uittredepunt wordt uitgegaan van de locatie ter plaatse van de binnenteen e.e.a. volgens het WBI2017. Als er sprake is van opbarsten dan zal dat ter plaatse van binnenteen zijn) De aanwezige kwelweglengte bedraagt ongeveer 148m (93m+55m) Uit de indicatieve analyse blijkt dat dan voor deze locatie SFP geldt van circa 0.70. Om te komen tot een SFP van 1 moet er minstens een kwelweglengte van 220 m worden gerealiseerd. Men komt dus 220m-148m = 72m te kort.
Om te voldoen aan SFP-eis van SFP>= 1 zullen aanvullende maatregelen genomen moeten zoals:

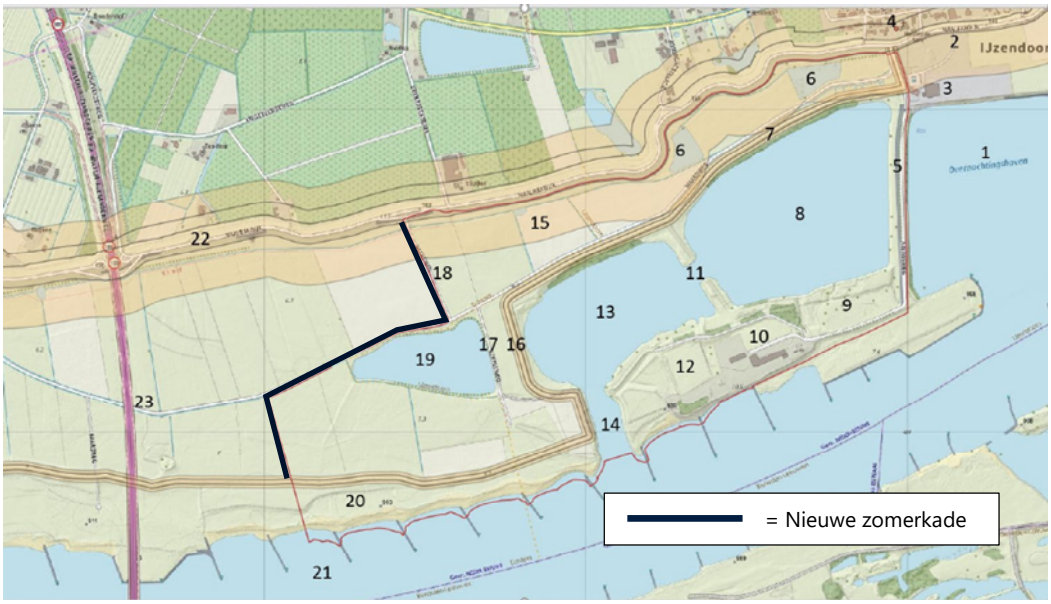
- Optimaliseren berekening d.m.v. uitvoeren HPT-AMPT sonderingen, het aanscherpen van de probabilistische berekeningen)
- Compenserende maatregel (bijv. heavescherm, tijdelijke grind filter en of ontlast kolommen)
- Afstemming fasering realisatie Willemspolder fase 1 op realisatie dijkversterking. Eerst wordt de dijkversterking tussen DT160 -DT 152 uitgevoerd rekening houdend met een tijdelijke zandwinning. Nadat de dijkversterking is uitgevoerd wordt er gestart met het realiseren van de westput locatie (Put 2).

Scenario 3 en 4
Uit de berekeningen (figuur 4-9) blijkt dat een tijdelijke afname van 59 m van de concept effectieve kwelweglengte_02102020 onzes inziens een klein effect heeft op stabiliteitsfactor piping. De verwachting is dat tijdelijk de stabiliteitsfactor met ongeveer 11% zal verminderen. Uit de analyse blijkt ook dat mag worden verwacht dat de stabiliteitsfactor piping (SFP) nog steeds voldoet bij het uitvoeren van de zandwinactiviteiten (SFP >= 1), ervan uitgaande dat mag worden gerekend met kwelweglengte achterland volgens 'referentie kwelweglengte 02102020'en bij vergelijkbare schade en model factoren.

5. Zomerkade

5.1 Inleiding

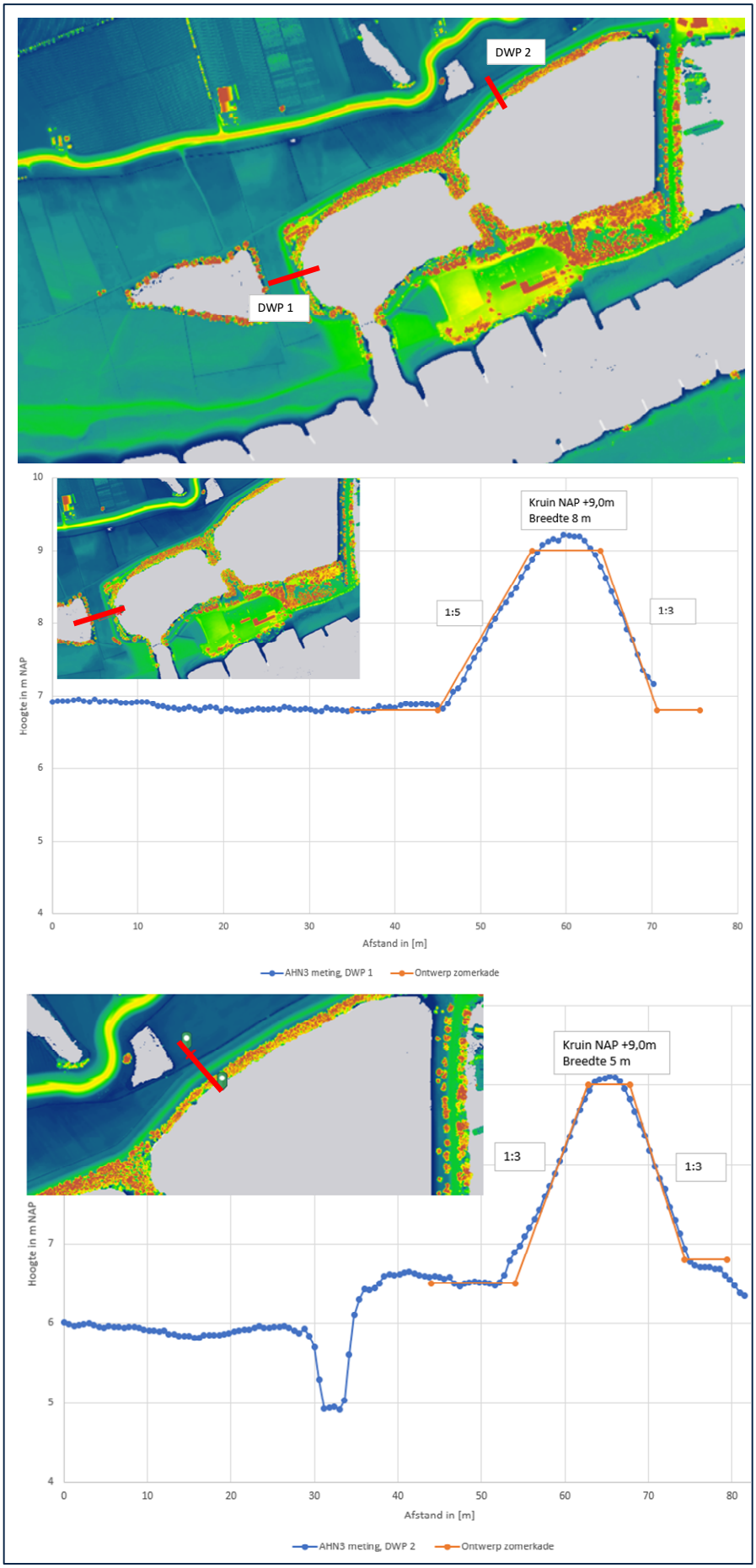
Naast de Waalbandijk, die de primaire waterkering vormt, is in het plangebied een zomerkade als secundaire waterkering aanwezig (nr16 in figuur 5-1). Tussen de Waalbandijk en de Waardweg zijn twee poelen gelegen, genaamd 1een 2eRun. Ter hoogte van de Heersweg en Koepelweg is een derde zandwinplas gelegen die 't Spijker (nr19) wordt genoemd. Tussen de Waal en de zomerkade een natuurlijke oeverwal (nr 20 in figuur 5-1) gelegen. De Westelijke begrenzing van het plangebied op circa 500 meter van de Prins Willem-Alexanderbrug is gekozen op basis van de eigendomspositie van Dekker.



Figuur 5-1: Locatie huidige zomerkade 7- 16 en nieuwe zomerkade 18.

In figuur 5-2 is de geometrie weergegeven van de huidige zomerkade. In het plan Willemspolder fase 1 zal de huidige zomerkade deels worden vergraven en worden verlegd. De zomerkade zal langs de Heersweg en via de Waardweg worden aangesloten op de Oeverwal (20). Uit [xxx] Inlaatbeleid buiten polders is aangegeven dat de hoogte van de zomerkade op NAP +8, 30m kan worden aangelegd. Echter een lagere aanleghoogte van de zomerkade leidt tot een onwenselijke toename van de morfologische effecten. Om tot een vergunbare situatie te komen en om de oorspronkelijke overstromingsfrequentie te handhaven wordt de zomerkade in lijn met het basisalternatief op NAP +9 m aangelegd. In dit rapport wordt als uitgangspunt genomen dat voor die tijd door het waterschap en of RWS water in de uiterwaard wordt ingelaten ter voorkoming van hoge overslag stromingsbelastingen op het binnentalud. Zie inlaatbeleid Waterschap rivierenland [xv]

In dit rapport wordt geotechnische stabiliteit van de huidige zomerkade beoordeeld.



Figuur 5-2: Geometrie huidige zomerkade.

5.2 Analyse

Aangezien de zomerkade geen primaire waterkering betreft, maar volgens de vastgestelde legger waterkeringen (https://wsrivierenland) een overstroombare voorlandkade. Voor het ontwerp van de zomerkade uitgegaan van de bestaande geometrie. Op het moment van schrijven van de rapportage is nog niet bekend onder welke IPO klasse voorlandkade valt. Vandaar dat in eerst instantie gekozen is om de geometrie van de kade te beoordelen volgens de NEN9997-1 [xxv]. Waarbij wordt uitgegaan van een RC1 veiligheidniveau β =3,3 Dit houdt in dat gerekend wordt met rekenwaarden voor de sterkteparameters van de verschillende grondlagen. Voor de cohesie wordt een materiaalfactor van 1,5 gehanteerd en voor de hoek van inwendige wrijving een materiaalfactor van 1,2. De stabiliteitseis waaraan voldaan moet worden is 1,0.

Geometrie zomerkade dwars op stroomrichting:

- Het profiel ter plaatse van plas Westput (dwp1) is als maatgevend beschouwd.
- Voorland (lees berm) variabel breed 1,5 à 5 m, hoogte NAP +6,5 m
- Buitentalud: helling 1:3
- Kruin: breed 1 à 1,5m, hoogte NAP +9,0 m
- Binnentalud: helling 1:5
- Achterland: breedte variabel, hoogte NAP +6,5 m
- Onderwatertalud bestaande plas 1:3

Opbouw zomerkade:

- De dijk wordt opgebouwd uit klei ((γ/γ_{sat} = 16/18 kN/m^3, c'$_{rep}$ = 3 kN/m^2 en ϕ'_{rep} = 22,5 graden)
- Bekleding van binnentalud: 0,30 m grind
- Bekleding buitentalud en kruin: 0,70 m erosiebestendige klei

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek en NEN9997-1+C1:2012 tabel2.b is de ondergrond als volgt geschematiseerd.

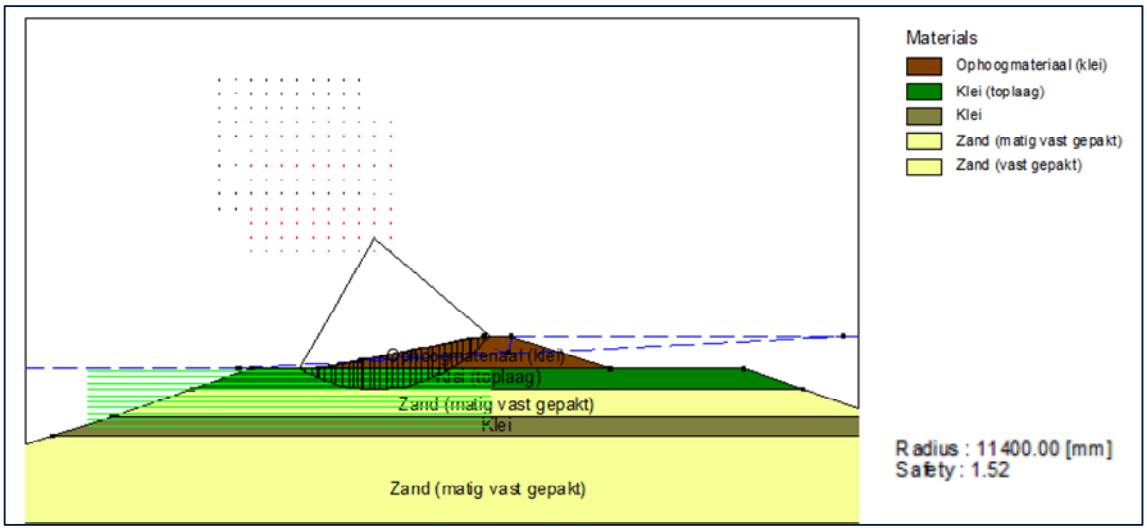
Diepte in m t.o.v. NAP			Grondsoort	$\gamma_{droog/nat}$ [kN/m^3]	c'$_{rep}$ [kN/m^2]	ϕ'_{rep} [kN/m^2]	c'$_d$ [kN/m^2]	ϕ'_d [kN/m^2]
+9,0	tot	+6,5	Klei (ophoogmateriaal)	16/18	3	22,5	2	19,0
+6,5	tot	+5,0	Klei (toplaag)	17/19	2	22,5	1,3	19,0
+5,0	tot	+3,0	Zand (matig vast gepakt)	19/21	-	30,0	-	25,7
+3,0	tot	+1,5	Klei	17/17	2	20,0	1,3	16,9
+1,5	tot	-5,0	Zand (matig vast gepakt)	17/19	-	30	-	25,7

De stabiliteitsanalyses zijn uitgevoerd voor de gebruiksfase, de uitvoeringsfase is niet beschouwd.

Voor de binnenwaartse stabiliteit is de maatgevende situatie beschouwd waarbij het buitenwater gelijk is aan de hoogte van de kade (NAP +9,0 m) en de binnenwaterstand gestegen is tot maaiveldniveau (NAP +6,5 m). het verloop van de freatische waterstand is conform de TRWD geschematiseerd. Dit betekent dat de freatische lijn van het buitentalud

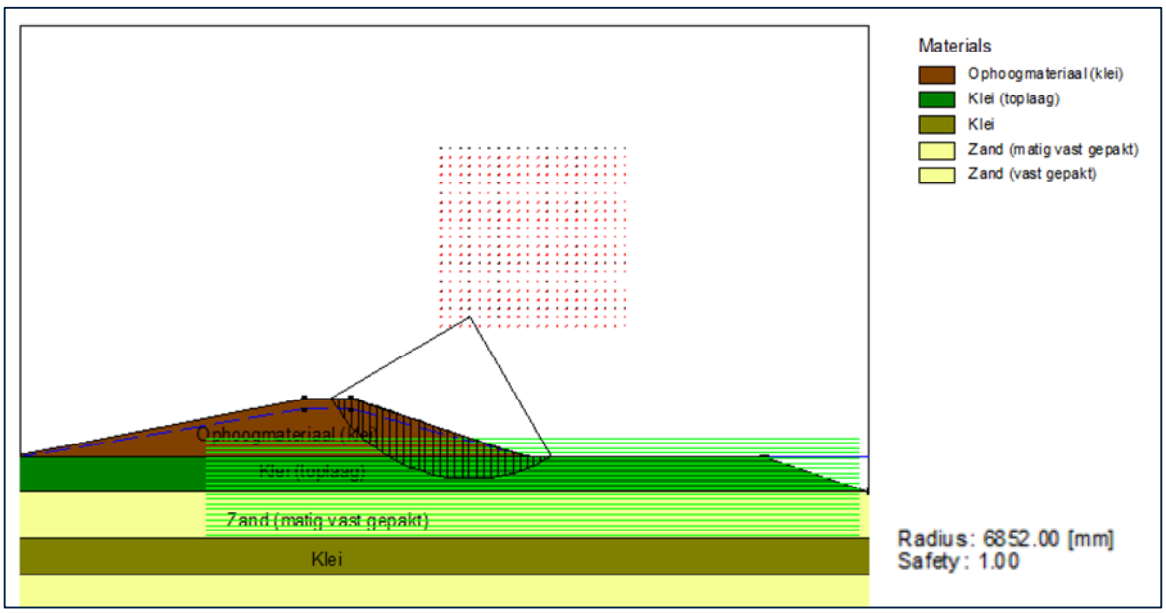
ongeveer 0,5 * ΔH daalt en vervolgens verloopt naar 0,25 * ΔH waar de freatische lijn uittreedt uit het binnentalud.

In figuur 5-3 is het resultaat weergeven van de berekende stabiliteitsfactor voor de binnenwaartse stabiliteit. De stabiliteitsfactor tegen afschuiven (SF) betreft 1,52



Figuur 5-3: Maatgevend glijcirkel binnenwaarts (DWP1).

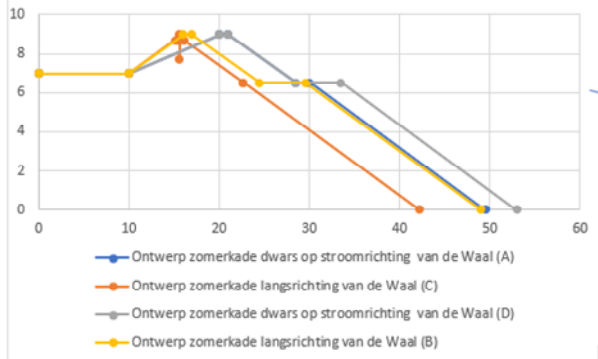
Voor de buitenwaartse stabiliteit is de maatgevende situatie beschouwd waarbij de waterstand snel daalt na het optreden van extreem hoog water (waarbij de kade geheel onder water is komen te staan). In de berekening is uitgegaan van een snelle val van de waterstand tot NAP +6,5 m, waarbij de freatische waterstand in de kade tot ongeveer 0,5 m onder kruinniveau daalt. De berekende stabiliteitsfactor tegen afschuiven voor de buitenwaartse stabiliteit is (SF)1,00, zie figuur 5-4.

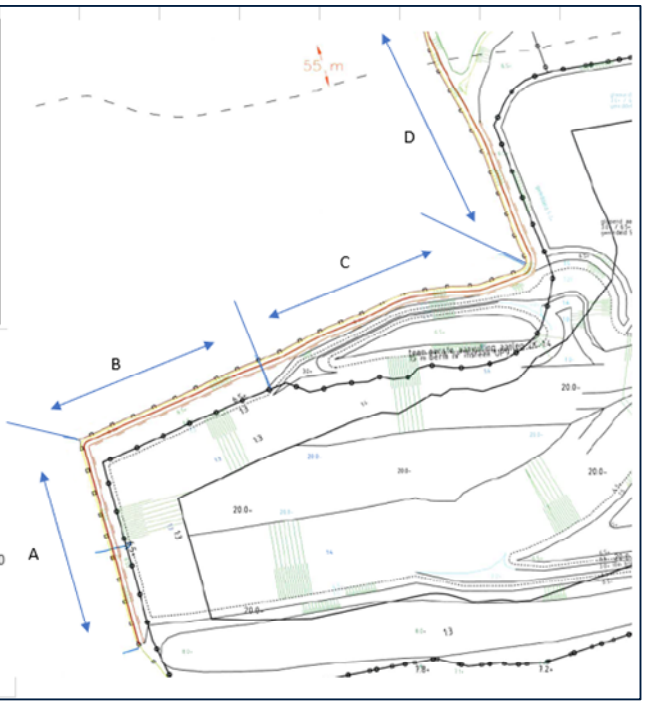


Figuur 5-4: Maatgevend glijcirkel buitenwaarts na val.

De stabiliteit is beoordeeld op basis van de NEN9997 waaruit een stabiliteitseis volgt van 1,0 indien gerekend wordt met rekenwaarden. Uit de uitgevoerde stabiliteitsanalyses kan geconcludeerd wordt dat de huidige talud geometrie van de zomerkade voldoet aan de gestelde stabiliteitseis voor zowel de binnenwaartse als de buitenwaartse stabiliteit. Voorgesteld wordt om vergelijkbare zomerkade talud geometrie toe te passen voor de Willemspolder fase1. Op basis van het ruimtebeslag en uitgevoerde stabiliteitsanalyse zijn in figuur 5-5 zijn belangrijkste kadeafmetingen weergegeven voor de vier onderscheidende trajecten

Item	Traject				
	A	B	C	D	
Voorland (VL)	1.5	5	0	5	[m]
Buitentalud	1 : 3	1 : 3	1 : 3	1 : 3	[-]
Kruin hoogte	9	9	8.7	9	[m NAP]
vertikale wand op kruin			0.3		[m]
Kruin hoogte	9	9	9	9	[m NAP]
Kruinbreedte	1	1	1	1	[m]
Binnentalud	1 : 5	1 : 3	1 : 3	1 : 5	[-]
Achterland	variabel				[m]
Dijkbasis	18.5	14.5	11.5	18.5	[m]
Dijkbasis +VL	20	19.5	11.5	23.5	[m]
Reservering ruimte	20	36	13	24	[m]
voldoet	v	v	v	v	[-]





Figuur 5-5: Principegeometrie Zomerkade.

Voor de zomerkade dwars op de stroomrichting van de rivier wordt voorgesteld om een kade toe te passen volgens de geometrie (A en D) waarbij het binnentalud een helling heeft van 1 op 5. Voor de zomerkade evenwijdig aan de rivier wordt voorgesteld om de huidige geometrie te handhaven volgens (B en C). Hier wordt taludhelling van 1 op 3 toegepast voor het binnentalud. De kruinbreedte van de kade bedraagt 1 m. Voor het traject C wordt de kruinhoogte afgewerkt op NAP 8,70m. Het hoogtetekort van de resterende 0,3m zal worden opgevangen door het aanbrengen van een verticale constructie. Hierbij moet worden gedacht aan bijvoorbeeld een houten damwand, schanskorven of een vergelijkbare oplossing

De hiervoor omschreven basis geometrie van de zomerkade zal in de ontwerpfase nader worden uitgewerkt tot definitief ontwerp waarbij aspecten als bekleding, piping en het hoogtetekort gedetailleerd worden uitgewerkt.

6. Conclusies

Doel van het rapport is antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Wat is het effect van de zandwinactiviteiten op waterveiligheid van de primaire kering?
2. Wat is het risico ten aanzien van het faalmechanisme piping en of dit door de zandwinning toeneemt.?
3. Ontwerp tijdelijke zomerkade Willemspolder fase1

In antwoord op vraag 1 is in de dit rapport een onderzoek uitgevoerd inzake de standzekerheid van de primaire kering. Op basis van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat de standzekerheid van de primaire kering voldoende wordt gegarandeerd volgens de richtlijnen Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing (SHZV 2019) en de CUR Aanbeveling 113.
Voor put 2 en 3 geldt dat zowel in de basisvariant als in de voorkeursvariant, het winnen van zand door middel van een winzuiger de standzekerheid van de kering voldoende is geborgd met voldoende afstand tussen insteek van de zandwinning en de buitenteen van de kering. Er wordt ruim voldaan aan de eis $P_{(L>Ltoelaatbaar)} < P_{eis;\ vak}$ conform SHZV2019.

Voor Put 1 geldt dat de standzekerheid van de kering is geborgd wanneer het winnen van zand in basisvariant tot een diepte van NAP-35m in 2 winslagen wordt uitgevoerd rekening houdend met het fenomeen meewerkend bressen. Het winnen van zand gebeurt door middel van een profielzuiger. Voor het winnen van zand tot een diepte van NAP-45 (de voorkeursvariant) wordt het zand het laagsgewijs ontgraven van met behulp van een graafwielzuiger of vergelijkbare techniek zonder dat het zand brest. Het zogenaamd halend baggeren. Aangezien het grondonderzoek aangeeft dat de ondergrond niet gevoelig is voor verweken en het bressend baggeren niet wordt toegepast kan volgens de SHZV2019 worden geconcludeerd dat standzekerheid van de kering niet negatief wordt beïnvloed.

Voor zowel de basisvariant als de voorkeursvariant wordt ervan uitgegaan dat een winplan wordt toegepast waarin wordt aangegeven hoe men rekening houdt met het fenomeen meewerkend bressen. Zie ook het geotechnisch rapport [ix].

Voor het beantwoorden van vraag 2 is een pipingsanalyse uitgevoerd. Op basis van deze analyse wordt geconcludeerd dat voor:

- Put 1 de Oostput (DT153 -144) geen wijzigingen optreden ten opzichte van de huidige situatie. Tijdens exploitatiefase blijven de contouren van de huidige zandwinput bestaan. Er is alleen sprake van een verdieping. Dit heeft geen invloed op de kwelweglengte zodat de pipingsituatie onveranderd blijft.
- Put 2 de Westput (DT160 -DT153) een andere situatie geldt. Gedurende de exploitatiefase wordt de oever van de zandwinning met circa 50 m verplaatst richting de dijk. Hierdoor wordt de beschermingszone gereduceerd van 128m naar circa 96 m Dit kan een effect hebben op het mechanisme piping. In dit rapport zijn een aantal pipingsituaties verkend.
    - Als het wettelijk instrumentarium voor de beoordeling van de veiligheid van primaire keringen (WBI 2017) wordt gevolgd dan mag zonder onderbouwing de maximale toelaatbare kwelweglengte worden toegepast van 2 keer de dijkbasis. Dit betekent dat het intredepunt voor piping op 1 keer de dijkbasis (55m) mag worden toegepast, gerekend vanaf de buitenteen van de primaire kering. Binnen deze zone vinden geen ingrepen plaats, zodat de er geen verandering optreedt ten aanzien van de huidige pipingsituatie.
    - Wanneer de tijdelijk zandwinsituatie wordt vergeleken met het recent bepaalde intredepunt ten behoeve van de dijkversterking, wat opmerkelijk genoeg buiten de huidige beschermingszone ligt, dan blijkt dat de tijdelijke zandwinsituatie een effect te hebben op de pipingssituatie (lees veiligheid tegen piping) waar de dijkversterking nu vanuit gaat. Op basis van de in dit rapport uitgevoerde analyse wordt verwacht dat dit kan leiden tot een tijdelijke afname van de stabiliteitsfactor piping met ongeveer 11%.
    - Gelet op de geringe invloed, de tijdelijkheid van het effect en omdat de pipingopgave vanuit de dijkversterking niet tot de autonome ontwikkeling kan worden gerekend wordt de invloed van de zandwinning op piping aanvaardbaar geacht.

Belangrijk is het feit, dat de situatie met ontgraven zandwinputten slechts van tijdelijke aard is. De zandwinputten zullen na ontzanding worden opgevuld met (rest) specie lees fijn zand en of klei en zal het buitendijkse gebied opnieuw ingericht worden als rivier-natuurgebied. Dit biedt tevens mogelijkheden en kansen om de situatie met betrekking tot de waterveiligheid van de primaire waterkering te verbeteren en mogelijke risico's te verkleinen, ook ten opzichte van de huidige situatie. Hierbij wordt met name gedoeld op het aspect piping. In de eindsituatie kan meer weerstand in het voorland worden aangebracht doordat het voorland gemiddeld met fijner en minder doorlatend materiaal wordt aangevuld dan in de referentiesituatie aanwezig is. Dit heeft naar verwachting een positief effect op de pipingopgave.

Zomerkade

Op basis van geotechnische beschouwing wordt voorgesteld om de huidige zomerkade geometrie als uitgangspunt te nemen in het definitieve ontwerp Willemspolder fase1. Zie figuur 5-5 . Voor de zomerkade dwars op de stroomrichting van de rivier wordt voorgesteld om een kade toe te passen volgens de geometrie (A en D in figuur 6-1) waarbij het binnentalud een helling heeft van 1 op 5. Voor de zomerkade evenwijdig aan de rivier wordt voorgesteld om de huidige geometrie te handhaven volgens (B en C in figuur 6-1). Hier wordt taludhelling van 1 op 3 toegepast voor het binnentalud. De kruinbreedte van de kade bedraagt 1 m. Voor het traject C wordt de kruinhoogte afgewerkt op NAP 8,70 m. Het hoogtetekort van de resterende 0,3m zal worden opgevangen door het aanbrengen van een verticale constructie. Hierbij moet worden gedacht aan bijvoorbeeld een houten damwand, schanskorven of een vergelijkbare oplossing

Item	Traject				
	A	B	C	D	
Voorland (VL)	1.5	5	0	5	[m]
Buitentalud	1 : 3	1 : 3	1 : 3	1 : 3	[-]
Kruin hoogte	9	9	8.7	9	[m NAP]
vertikale wand op kruin			0.3		[m]
Kruin hoogte	9	9	9	9	[m NAP]
Kruinbreedte	1	1	1	1	[m]
Binnentalud	1 : 5	1 : 3	1 : 3	1 : 5	[-]
Achterland	variabel				[m]
Dijkbasis	18.5	14.5	11.5	18.5	[m]
Dijkbasis +VL	20	19.5	11.5	23.5	[m]
Reservering ruimte	20	36	13	24	[m]
voldoet	v	v	v	v	[-]

Figuur 6-1: Hoofdafmetingen dijkgeometrie Zomerkade.