



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

ARCADIS

Rapport

Projectnummer: 6500978000.360562

Referentienummer: SWNL0241630 Veiligheidsscope WAM D1.0

Datum: 28-03-2019

Veiligheidsscope WAM

Dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen



Definitief D1.0

Opdrachtgever:
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR)
Poldermolen 2
3994 DA HOUTEN

Sweco
De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt
Nederland

T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Sweco Nederland B.V.
Business Developer Protecting Deltas
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te De Bilt

Jana Steenberg-Kajabová
Senior Adviseur Kust & Rivieren
T +31 88 811 58 04
M +31 6 51 08 80 05



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO 

 ARCADIS

Revisiebeheer

Revisie	Datum	Status	Belangrijkste wijzigingen
D1.0	28-03-2019	Definitief	

Verantwoording

Titel	Veiligheidsscope WAM
Subtitel	Dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen
Projectnummer	360562
Referentienummer	SWNL0241630 Veilighiedsscope WAM D1.0
Revisie	D1.0
Datum	28-03-2019
Auteur	Jana Steenbergen-Kajabová, Leo Kwakman, Martin Arends
E-mailadres	jana.steenbergen@sweco.nl
Gecontroleerd door	Marco Veendorp, Ruud Raaijmakers
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Louis Broersma
Paraaf goedgekeurd	



Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding en doel	6
1.2	Rapportage structuur	6
1.3	Leeswijzer	6
2	Bepaling hoogte en beoordeling grasbekleding erosie kruin en binnentalud	7
2.1	Inleiding Hoogte en GEKB	7
2.2	Bepaling scope dijkversterking op basis van de benodigde kruinhoogte (overslag) 7	
2.2.1	Optimalisatie scopebepaling overslagcriterium	10
2.3	Bepaling scope op basis van de mechanisme GEKB	10
3	Beoordeling Piping en Heave.....	13
3.1	Inleiding piping en heave	13
3.2	Versterkingsopgave op basis van beoordeling mechanisme piping.....	13
3.3	Aanbevelingen.....	17
3.3.1	Aanvullende D Geo Flow-analyse uitvoeren	17
3.3.2	Nader onderzoek voorland.....	17
3.3.3	Aansluiting op de kennisontwikkeling	17
4	Beoordeling Macrostabieliteit Binnenwaarts en Buitenwaarts.....	18
4.1	Inleiding STBI en STBU	18
4.2	Scopebepaling dijkversterkingsopgave op basis van mechanisme stabiliteit binnenwaarts	18
4.2.1	Optimalisatiemogelijkheden	20
4.3	Scopebepaling dijkversterkingsopgave op basis van mechanisme stabiliteit buitenwaarts	21
4.3.1	Resultaten beoordeling buitenwaartse macrostabieliteit	21
5	Beoordeling Microstabieliteit.....	24
5.1	Inleiding Microstabieliteit en Afschuiving Grasbekleding van het binnentalud.....	24
5.2	Scopebepaling dijkversterkingsopgave STMI en GABI op basis van eenvoudige toets	24
5.2.1	Verder beoordelen.....	25
5.3	Scopebepaling dijkversterkingsopgave op basis van gedetailleerde toets STMI en GABI	25
5.3.1	STMI.....	25
5.3.2	GABI.....	25
5.3.3	Conclusie versterkingsscope STMI en GABI.....	27
6	Beoordeling Bekleding buitenwaarts.....	28
6.1	Inleiding GEBU en GABU	28

6.2	Bepaling scope dijkversterking op basis van mechanisme GEBU	29
6.3	Bepaling scope dijkversterking op basis van mechanisme GABU	31
6.4	Aanbevelingen aanscherping scope in de fase van nadere uitwerking	33
7	Beoordeling voorland	34
7.1	Inleiding beoordeling voorland	34
7.2	Scope aandachtstrajecten voorland	34
8	Beoordeling NWO's	38
8.1	Cruciale leidingen 1e categorie	38
8.2	Overige NWO's	38
8.3	Aanbevelingen	39
9	Beoordeling Kunstwerken	40
9.1	Beermuur	40
9.2	Inlaat Kromme Rijn	40
10	Bepaling totale scope van de versterkingsopgave	43

Bijlage 1	Bronnen
Bijlage 2	Overzicht van de totale opgave op basis van scopebepaling
Bijlage 3	Notitie Beoordeling Hoogte en GEBU
Bijlage 4	Notitie Beoordeling Piping en Heave
Bijlage 5	Notitie Beoordeling Macrostabieliteit binnenwaarts en buitenwaarts
Bijlage 6	Notitie Beoordeling Microstabieliteit en GABI
Bijlage 7	Notitie Beoordeling bekleding GEBU en GABU
Bijlage 8	Notitie Beoordeling Voorland
Bijlage 9	Notitie Beoordeling NWO's
Bijlage 10	Notitie Beoordeling kabels en leidingen dijkversterking WAM
Bijlage 11	Rapportage Beoordeling Beermuur

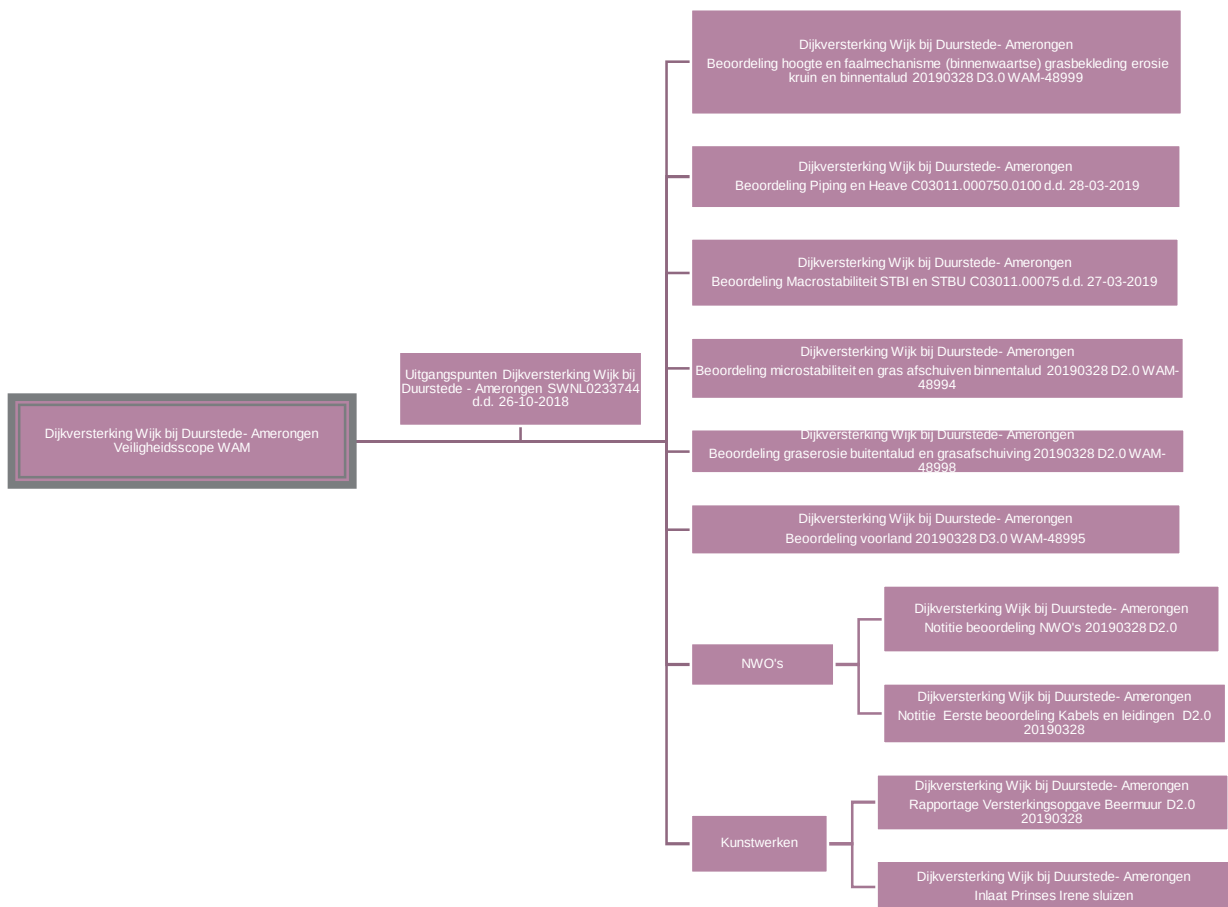
1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Dit document is een beknopte rapportage van de bepaling van de veiligheidsscope voor het deelproject Dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen binnen het project Sterke Lekdijk.

In dit rapport is per deelmechanisme de versterkingsopgave aan de hand van de onderliggende beoordeling van de waterkering vastgelegd. De deelresultaten zijn hier tevens verwerkt tot een totaal opgave.

1.2 Rapportage structuur



Bovenstaand schema geeft een overzicht van de beoordelingsnotities in samenhang met deze totaalrapportage en de Nota van Uitgangspunten [3].

1.3 Leeswijzer

In de hoofdstukken 2 tot 9 is per mechanisme de versterkingsopgave en waar relevant de aandachtspunten voor de fase van het uitwerken van versterkingsontwerp gegeven. Hoofdstuk 10 geeft het totaalbeeld van de opgave. In de bijlagen zijn de onderliggende beoordelingsrapportages opgenomen.

2 Bepaling hoogte en beoordeling grasbekleding erosie kruin en binnentalud

2.1 Inleiding Hoogte en GEKB

Hoofdstuk 2 gaat in op de bepaling van de kruinhoogte en grasbekleding erosie kruin en binnentalud. De volledige onderbouwing, inclusief de toegepaste uitgangspunten, is opgenomen in een separate notitie[4]. Deze notitie is opgenomen als Bijlage 2.

De versterkingsopgave voor de benodigde kruinhoogte van de dijk en het faalmechanisme GEKB en sterkte en stabiliteit van de buitenbekledingen zijn mede bepaald door waterstanden, windsnelheden en golfcondities.

De beoordeling volgt het volgende schema.

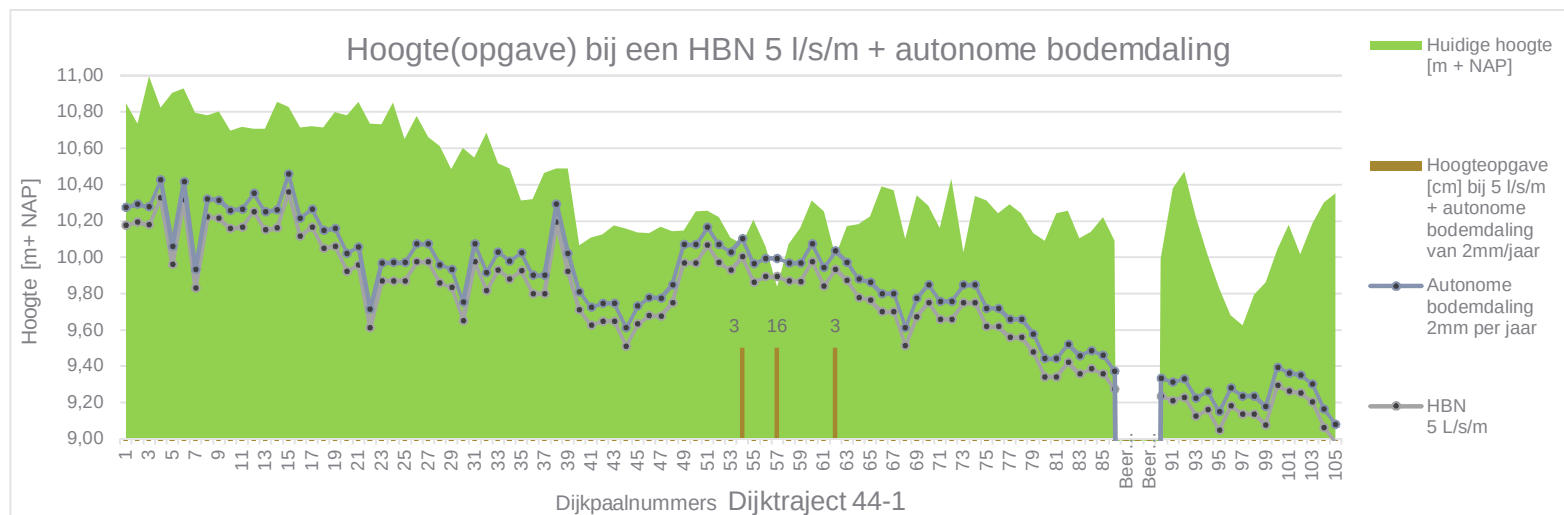


Figuur 2-1 Stappen voor kruinhoogte en het faalmechanisme GEKB

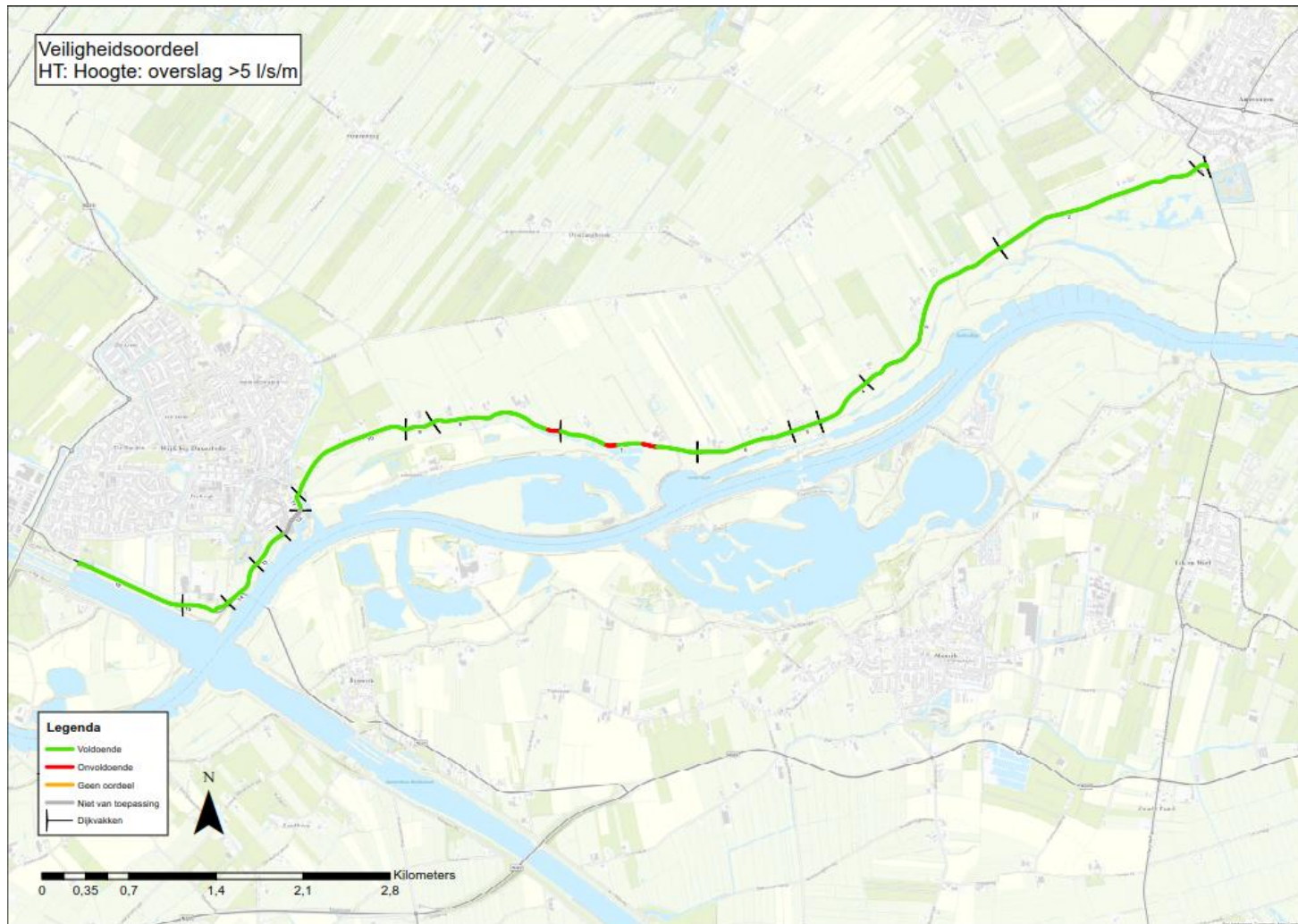
2.2 Bepaling scope dijkversterking op basis van de benodigde kruinhoogte (overslag)

Ten behoeve van het beoordelingsspoor kruinhoogte is het HBN bepaald bij een overslagdebiet van 5 l/s/m voor 2073. Dit HBN is vervolgens vergeleken met de huidige kruinhoogte om de hoogteopgave te bepalen om te voldoen in 2073. In figuur 2-2 zijn verschillende data weergegeven.

- Huidige binnen-kruinhoogte per dijkpaal (BIK).
- Hoogteopgave in centimeters (voor drie dijkpalen).
- Autonome bodemdaling van 10 centimeter (2mm per jaar) + HBN bij 5 l/s/m (2073).
- HBN bij 5 l/s/m (2073).



Figuur 2-2 Hoogte(opgave) bij HBN van 5l/s/m inclusief de autonome bodemdaling (2073)



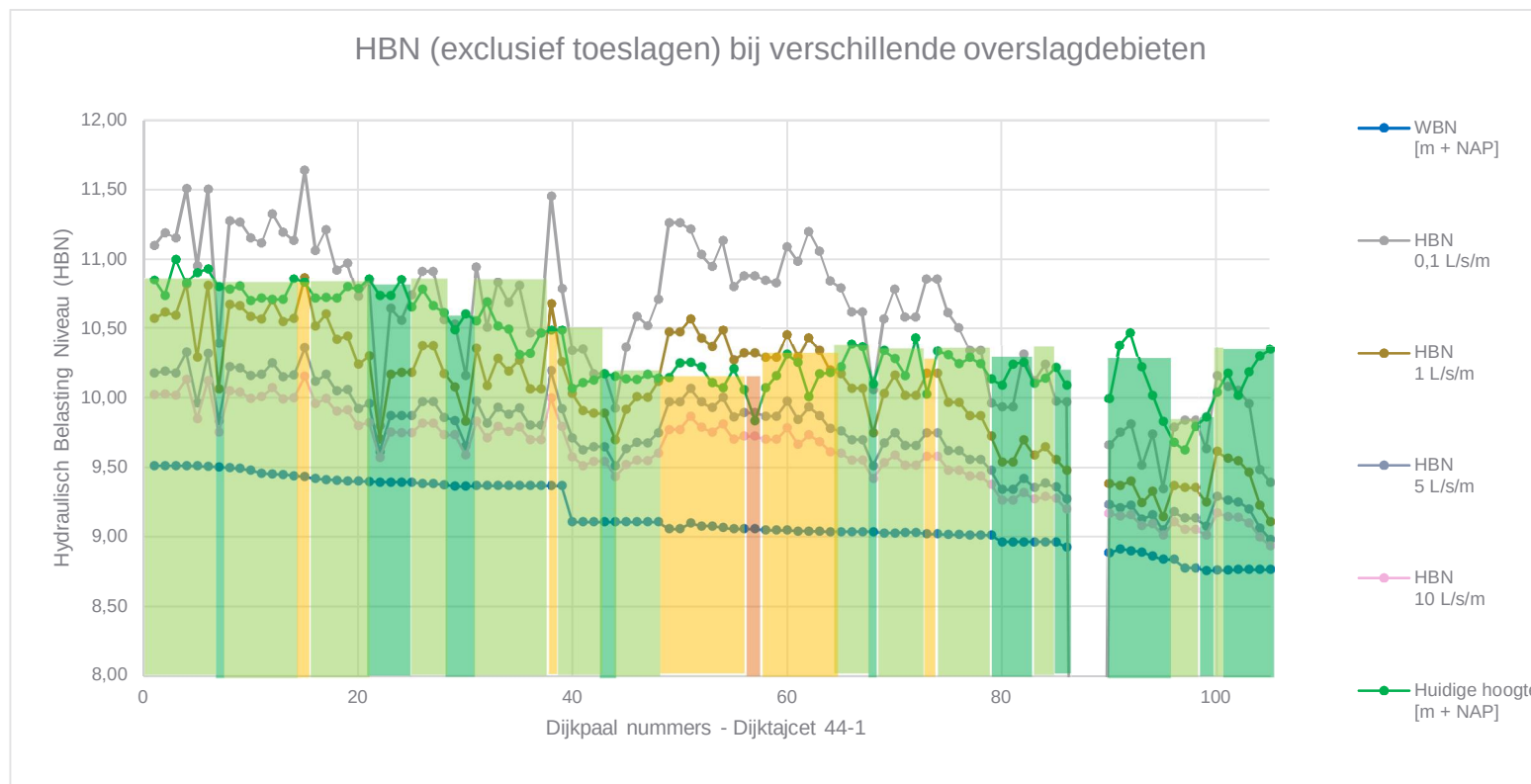
Figuur 2-3 Overzicht veiligheidsopgave voor Hoogte bij HBN van 5l/s/m inclusief de autonome bodemdaling (2073)

2.2.1 Optimalisatie scopebepaling overslagcriterium

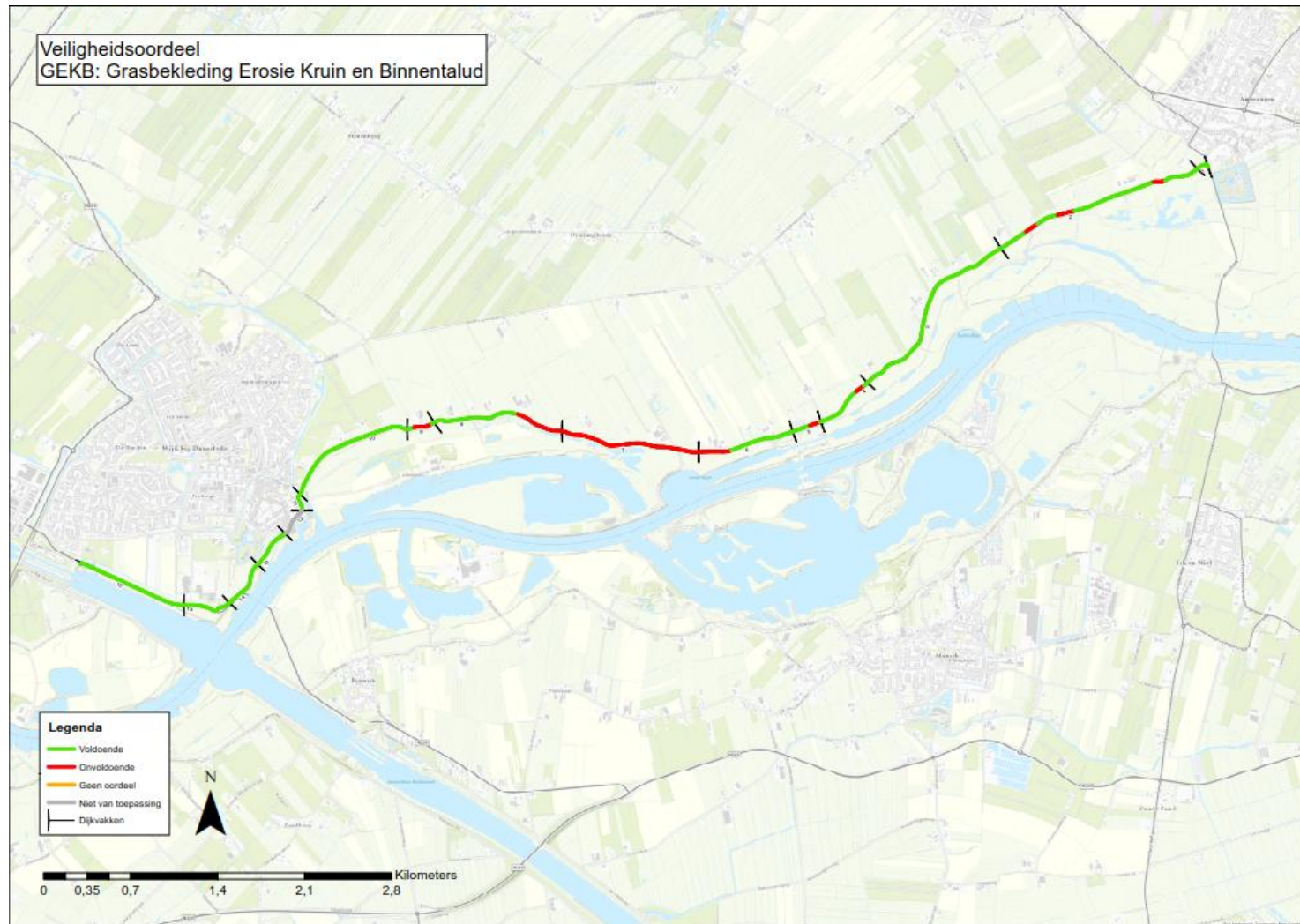
De hier gepresenteerde scope bepaling ten aanzien van de overslag is uitgevoerd op basis van de conservatieve keuze van de hoogte van de binnenkruinlijn.(BIK). In de vervolg-uitwerking zal de opgave aangescherpt worden op basis van AHN3 waarbij de bestaande hoogte van de kruin over een breedte van 2,5 m beschouwd wordt. Hierbij is de verwachting dat er voor de criterium van 5l/s/m slechts een geringe opgave ter plaatse van dijkpaal 57 zal blijven bestaan.

2.3 **Bepaling scope op basis van de mechanisme GEKB**

Figuur 2-4 geeft een grafische weergave van de eenvoudige beoordeling van de erosie van de graszode op de kruin en binnentalud. Omdat het zeer aannemelijk is dat op de kruin en binnentalud overal een klei met dikte van minimaal 0,4 m aanwezig is, kan er geconcludeerd worden dat het grootste gedeelte van de dijk voldoet aan GEKB. Slechts een beperkt deel, voornamelijk gelegen tussen DP 50 en 63 moet nader beschouwd worden. Hiervoor is een beter inzicht in de kwaliteit van de zode en kleidikte nodig. Op de locaties waar de opgave vanuit de macrostabiliteit binnenwaarts bestaat, is een nadere beoordeling niet nodig omdat dit automatisch in het nieuw ontwerp wordt opgenomen. Op de locaties waar geen andere opgave aanwezig is, zal de erosiebestendigheid ook in een beheermaatregel zodanig verbeterd kunnen worden dat hier geen versterkingsopgave ten aanzien van GEKB bestaat.



Figuur 2-4 Grafische weergave van eenvoudige beoordeling GEKB : donker groen- voldoet; licht groen voldoet met gesloten zode en open zode met kleilaag van min 0,4 m; oranje en rood moet nader getoetst worden



Figuur 2-5 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Grasbekleding Erosie Kruin en Binnentalud (GEKB)

3 Beoordeling Piping en Heave

3.1 Inleiding piping en heave

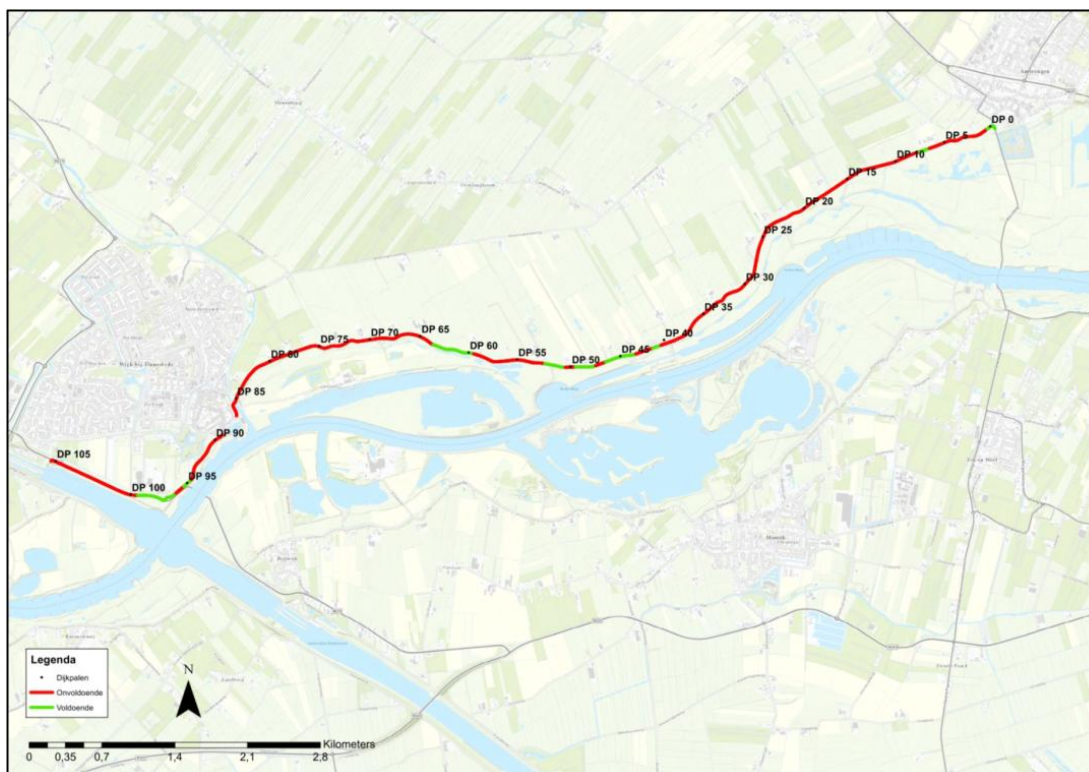
In dit hoofdstuk is bepaald welke versterkingsopgave is te verwachten op basis van faalmechanisme piping en heave voor de dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen. De volledige onderbouwing, inclusief de toegepaste uitgangspunten, is opgenomen in een separate notitie [5]. Deze notitie is opgenomen als Bijlage 4.



Figuur 3-1 Stappen voor beoordeling piping en heave

3.2 Versterkingsopgave op basis van beoordeling mechanisme piping

Op basis van de uitgevoerde piping berekeningen worden 85 doorsneden afgekeurd. Deze doorsneden hebben een gezamenlijke lengte van 8,9 km. In Figuur 3-2 en Figuur 3-3 is het resultaat grafisch weergegeven.



Figuur 3-2 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme piping en heave(STPH)

Van de doorsnedes die niet voldoen hebben 19 doorsnedes een kwelweglengtetekort van minder dan 20 m.

In het oostelijke deel, tussen dp 1 en 79, bedraagt het gemiddelde tekort circa 35 m. De tekorten in het westelijke deel zijn aanzienlijk groter en kunnen oplopen tot meer dan 100 m.

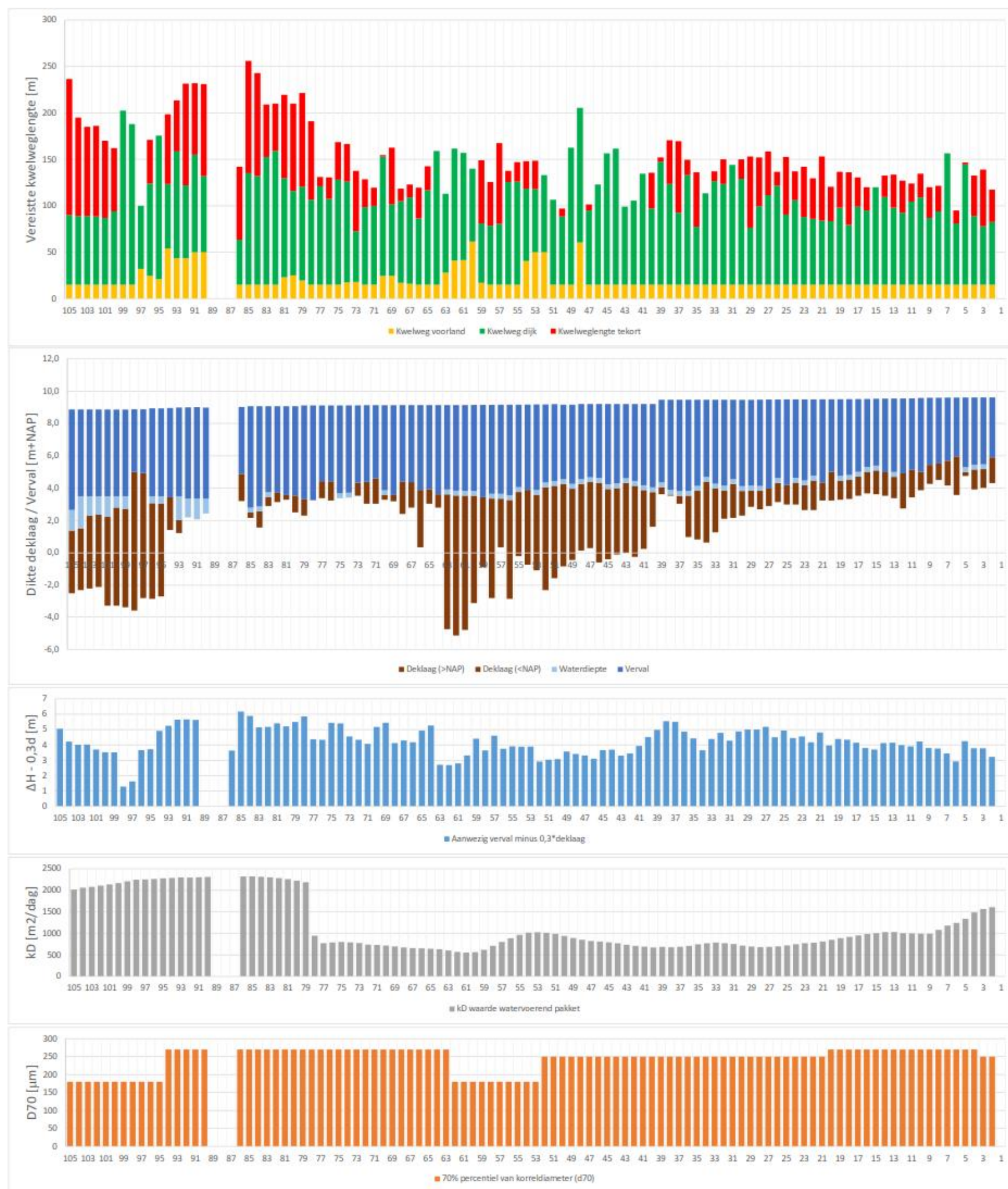
De resultaten van de analytische Sellmeijer-berekeningen komen grofweg overeen met de resultaten van de eerdere analyse uit 2015 (POV CH). Het overgrote deel van het traject voldoet niet.

In de berekeningen is uitgegaan van een maximale voorlandlengte van 50 m. Deels op basis van de schematiseringshandleiding piping [29] deels omdat er geen informatie beschikbaar is op grotere afstand van de dijk. De aanwezige voorlandlengte heeft een grote invloed op het oordeel en de omvang van de eventuele verbetermaatregelen.

Met D-Geo Flow wordt een groter toelaatbaar verval berekend, deze toename is circa 10%. Daarnaast kan de invloed van meerlaagsheid en anisotropie worden meegenomen wat mogelijk leidt tot een extra toename van het toelaatbaar verval met circa 5 %. Dit levert op het traject dp 1-79 een winst op van circa 10 tot 15 m benodigde kwelweglengte. Deze winst is nog niet meegenomen in de gepresenteerde resultaten. D-Geo Flow is nog een β -versie en behoort niet tot het officiële WBI instrumentarium. Daarnaast is dit slechts voor 1 doorsnede onderzocht en kunnen deze resultaten niet voor het gehele traject worden toegepast. In het gebruik van D-Geo Flow ligt een kans.

Voor het traject dp 1-79 zal aanvullend voorlandonderzoek in combinatie met gebruik van D-Geo Flow resulteren in een aanscherping van de scope (minder afkeuren) of tot een afname van het kwelweglengtetekort. Deze optimalisaties hebben daarmee grote invloed op de kansrijkheid van de verbeteralternatieven. De verbeteropgave is in dit traject nog niet stabiel.

De tekorten in het westelijke deel (dp 80 – 105) deel zijn dusdanig dat hier verbetermaatregelen noodzakelijk zijn. Gebruik van D Geo Flow levert hier in combinatie wel tot een significante afname van het kwelweglengtetekort.



Figuur 3-3 Overzicht sleutelparameters voor beoordeling van mechanisme piping



Figuur 3-4 Overzicht kwelweglengtetekort per dijkvak

3.3 Aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek bevelen wij aan om.

3.3.1 Aanvullende D Geo Flow-analyse uitvoeren

De D-Geo Flow-analyse uit te bereiden zodra de aanvullende HPT sonderingen beschikbaar zijn. Op basis van deze HPT sonderingen is het mogelijk om de gehanteerde kD-waarde te controleren en waar nodig aan te scherpen. Ook kunnen op basis van deze HPT sonderingen aanvullende D-Geo Flow-analyses worden uitgevoerd. Dit alles kan, in het oostelijke deel, een mogelijk winst opleveren van circa 10 à 20 m kwelweglengte. In het westelijke deel, met een dik watervoerend pakket, leidt toepassen van D-Geo Flow waarschijnlijk tot een grote afname van de benodigde kwelweglengte. Ook zal in dit traject, vanwege het dikkere watervoerende pakket, de invloed van meerlaagsheid en anisotropie naar verwachting groter zijn.

3.3.2 Nader onderzoek voorland

Nader onderzoek uit te voeren naar de aanwezige weerstand in het voorland. De gehanteerde voorlandlengte heeft grote invloed op het oordeel en op de omvang van de verbetermaatregelen. De voorlandlengte is in de huidige berekeningen beperkt tot maximaal 50 m. Over grote delen van het traject is vanwege de beperkte deklaagdikte gerekend met een voorlandlengte van 15 m.

Deels op basis van de schematiseringshandleiding piping [29], deels omdat er geen informatie beschikbaar is op grotere afstand van de dijk. Wij bevelen daarom aan om extra onderzoek uit te voeren naar de aanwezige weerstand in het voorland. Zowel binnen als buiten de huidige maximale voorlandlengte van 50 m. Wij bevelen daarom aan om het volgende onderzoek uit te voeren.

- De meetreeksen van de in 2018 geplaatste peilbuizen te analyseren. Mogelijk kan op basis van deze meetreeksen reeds worden aangetoond dat er meer weerstand in het voorland aanwezig is dan nu in de berekeningen is meegenomen.
- Infiltratie proeven uit te voeren op kleine (1 m²) of middelgrote (25*25m) schaal. Uit deze proeven volgt de doorlatendheid en weerstand van de aanwezige deklaag. Door de infiltratieproeven te combineren met handboringen kan een relatie worden gelegd tussen de gemeten weerstand en de bodemopbouw. Op basis van deze relatie kan dan voor andere locaties de weerstand ook beter worden meegenomen.

De bodem van de sloot en het slootpeil zijn met de nodige onzekerheid omgeven. Tijdens hoogwater is het goed mogelijk dat er een hoger peil in de sloot heerst door de grote hoeveelheid kwel. Dit heeft een gunstig effect op de aanwezige kerende hoogte. Verhogen van het slootpeil leidt echter niet op grote schaal tot goedkeuren, maar heeft wel een gunstig effect op de omvang van de verbetermaatregel.

3.3.3 Aansluiting op de kennisontwikkeling

Goed aangesloten te blijven bij lopende piping onderzoeken. Mogelijk dat nieuwe inzichten nog kunnen leiden tot aanscherping van het oordeel.

4 Beoordeling Macrostabieliteit Binnenwaarts en Buitenwaarts

4.1 Inleiding STBI en STBU

In dit hoofdstuk is bepaald welke versterkingsopgave is te verwachten op basis van faalmechanisme stabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts. De volledige onderbouwing, inclusief de toegepaste uitgangspunten, is opgenomen in een separate [6]. Deze notitie is opgenomen als Bijlage 5.



Figuur 4-1 Stappen voor beoordeling Macrostabieliteit

4.2 Scopebepaling dijkversterkingsopgave op basis van mechanisme stabiliteit binnenwaarts

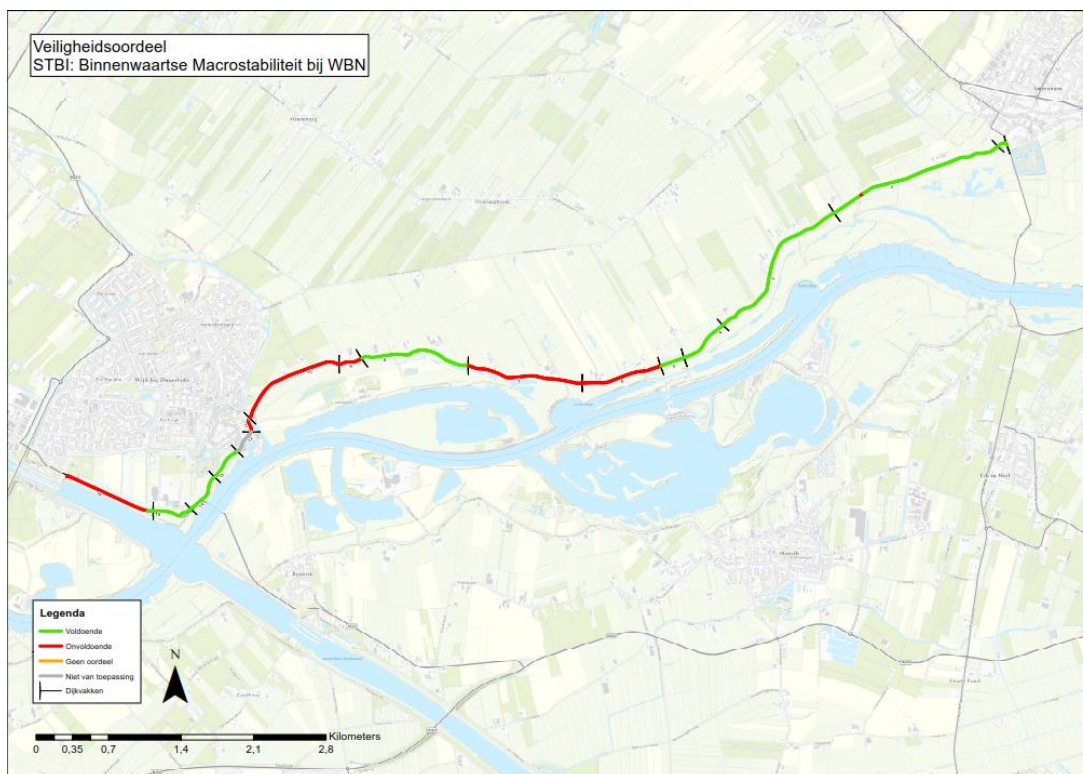
In Tabel 4-1 zijn per dijkvak de resultaten van de beoordeling in 2015-2017 en 2019 met elkaar vergeleken.

Tabel 4-1 Vergelijking beoordeling 2015/2017 en 2019

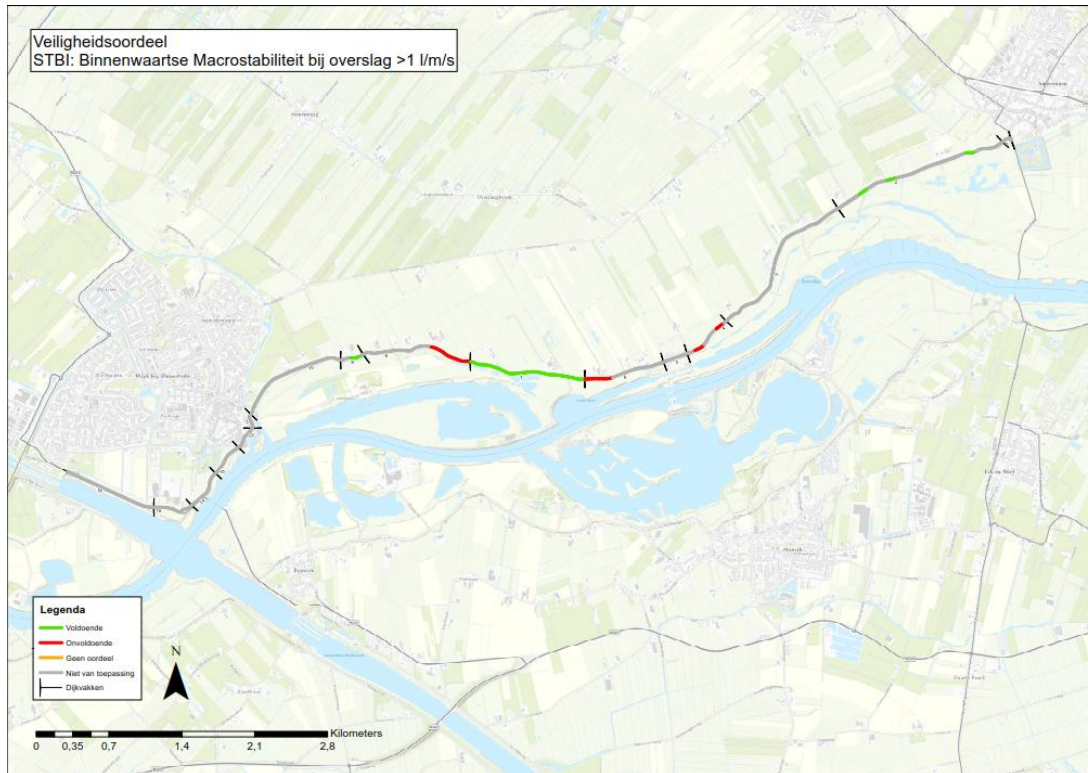
Dijkvak	Van	Tot	Lengte	Score 2017	Score 2019	Verklaring verschillen
[-]	[DP m]	[DP m]	[m]	[-] Marge	[-] Marge	[-]
STBI_1	0	1+5	76	O -0,06	V nvt	Vakverfijning, goedgekeurd op basis van gunstige geometrie
STBI_2	1+5	17+95	1668		V 0,20	Gedetailleerdere schematisering + positieve invloed factoren OI2014v4
STBI_2a	14+60	14+85	35		O -0,55	Maatwerkvak bij woning, niet apart beschouwd in 2015-2017
STBI_3	17+95	34+20	1625	V 0,05	V 0,00	Geen significant verschil.
STBI_4	34+20	39+30	502	O -0,15	V 0,07	Geen significant verschil.
STBI_5	39+30	42+40	270		V nvt	Vakverfijning, lokaal zeer brede kruin niet apart beschouwd in 2015-2017
STBI_6	42+40	50+20	682	O -0,11	O -0,20	Geen significant verschil.
STBI_6a	43+75	44+45	72		O -0,04	Maatwerkvak
STBI_7	50+20	61+45	1129	O -0,35/ -0,61	O -0,16	Rekening houden met ondergrenswaarde van POP en effect HWBP software heeft sterk positief effect. In 2015-2017 is niet het meest maatgevende profiel beschouwd.
STBI_8	61+45	72+25	1078	V 0,02	V 0,13	Geen significant verschil.
STBI_9	72+25	74+50	229		O -0,10	Geen significant verschil.
STBI_10	74+50	85+40	1032	V 0,10/ 1,10	O -0,09	Foutieve schematisering bodemopbouw in 2017 resulteert in onrealistisch positieve uitkomst. Verschil met overige sommen niet significant



Dijkvak	Van	Tot	Lengte	Score 2017	Score 2019	Verklaring verschillen
[-]	[DP m]	[DP m]	[m]	[-] Marge	[-] Marge	[-]
STBI_10a	79+45	80+0	62	 -	 -0,44	Maatwerkvak bij woning, niet apart beschouwd in 2015-2017
STBI_12	85+55	86+90	132	- -	 -0,29	Vak niet beschouwd in 2015-2017
STBI_14	86+335	92+60	339	 1,55	 0,33	Overschatting sterkte dijksmateriaal in 2017
STBI_15	92+60	96+35	385	 -0,61	 0,17	In 2015-2017 is voor dit vak geen berekening uitgevoerd, betreft resultaat van vak 7. Situatie blijkt op basis van berekening op basis van werkelijk aanwezige bodemopbouw en geometrie aanzienlijk gunstiger. NB. zie ook opmerking bij vak 7.
STBI_16	96+35	99+130	473	 -	 nvt	Vakverfijning, lokaal zeer brede kruin niet apart beschouwd in 2015-2017
STBI_17	99+130	105+95	897	 0,15	 -0,04	Geen significant verschil.



Figuur 4-2 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Macrostabiteit Binnenwaarts (STBI) op basis van WBN



Figuur 4-3 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Macrostabieliteit Binnenwaarts (STBI) op basis overslag

4.2.1 Optimalisatiemogelijkheden

Bij een groot deel van de dijkvakken is sprake van een relatief gering tekort tussen de berekende en de benodigde veiligheidsfactor. Dit biedt kansen om in een later stadium van het project de opgave voor macrostabieliteit nog te optimaliseren. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden.

- Rekening houden met ongedraineerde schuifsterkte voor de grondlagen 'klei zwaar&dijk onverzadigd'. Uit de gevoeligheidsberekeningen volgt dat dit een significante positieve invloed heeft op de stabiliteitsfactor. Vanwege diverse onzekerheden is hier nu geen rekening mee gehouden. Indien hier in toekomst meer duidelijkheid over bestaat kan dit relatief eenvoudig worden aangepast in de stabiliteitsberekeningen.
- Uitvoeren van volledig probabilistische (ontwerp)berekeningen. Dit kan resulteren in een aanzienlijke optimalisatie.
- Voor de onvoldoende vakken kan een nadere vakindeling nog resulteren in verdere optimalisatie. Mogelijk kunnen delen van het vak nog goedgekeurd worden op basis van een gunstigere geometrie.
- Herberekening van de optredende stijghoogtes bij hoogwater op basis van uitkomsten lange termijn metingen stijghoogte watervoerend pakket. Binnen het traject WAM zijn op diverse locaties peilbuizen geplaatst waarin de stijghoogte in het watervoerende pakket continu wordt gemonitord.
- Het uitvoeren van aanvullend veldonderzoek wordt in dit stadium niet aanbevolen. De huidige onderzoeksdichtheid is voldoende om tot een afgewogen voorkeursalternatief te komen ten aanzien van de benodigde verbeteringen van de macrostabieliteit.

Aandachtspunten

Bij het uitwerken van de versterkingsmaatregelen rekening houden met de overgangen tussen de dijkvakken.

4.3 Scopebepaling dijkversterkingsopgave op basis van mechanisme stabiliteit buitenwaarts

Voor de verschillende geotechnische faalmechanismen zijn verschillende belastingsituaties maatgevend voor het ontwerp. De situaties bestaan uit combinaties van buitenwaterstand, golfploop, overslagdebiet, waterniveau in het achterland, stijghoogterespons, verloop van de freatische lijn in de dijk en verkeersbelasting.

Voor de buitenwaartse macrostabiliteit betreft dit de volgende belastingsituaties:

1. Val na hoog water: hoge freatische lijn en lage buitenwaterstand.
2. Extreem laag water: normale freatische lijn en extra lage waterstand (een laagwaterstand die eens per tien jaar wordt onderschreden).
3. Extreme neerslag: verhoogde freatische lijn en gemiddelde laagwaterstand (GLW).

De in blauw aangegeven situaties achten wij niet maatgevend voor de veiligheids- en ontwerpogave. Belastingssituatie 2 en 3 met GLW en extreem laag water op de rivier zijn alleen relevant voor schaarlijken waar het buitentalud direct aan de rivier grenst. Deze situatie komt niet voor binnen het traject Wijk bij Duurstede - Amerongen. Een lagere grondwaterstand op het voorland heeft altijd een positieve invloed op de buitenwaartse macrostabiliteit aangezien dit resulteert in hogere korrelspanningen. Derhalve is alleen de val na hoog water beschouwd.

4.3.1 Resultaten beoordeling buitenwaartse macrostabiliteit

In





Figuur 4-4 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Macrostabiteit Buitenwaarts (STBU) op basis van val na hoog water

Tabel 4-2 zijn de resultaten opgenomen van de beoordeling van de buitenwaartse macrostabiteit.

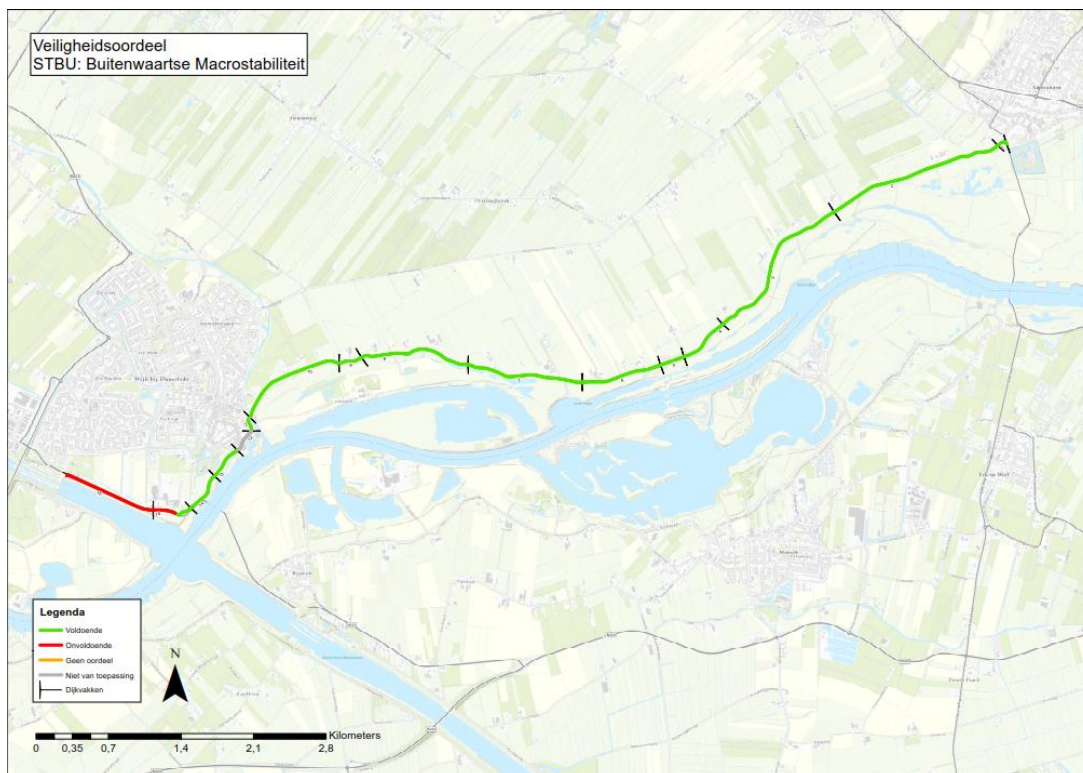
Er is onderscheid gemaakt tussen locaties met een kleikern en een zandkern.

De buitenwaartse macrostabiteit voor dijken met een kleikern is steekproefsgewijs beschouwd voor vier maatgevende doorsnedes. Dit betreffen doorsnedes waarbij het voorland ten minste vier meter lager ligt dan de buitenwaterstand en waar sprake is van een steil buitentalud.

Op alle locaties met een kleikern wordt voldaan aan de minimaal vereiste stabiliteitsfactor.

De buitenwaartse macrostabiteit voor de dijken met een zandkern (de voorhavendijk) is beschouwd voor de maatgevende doorsnede. De voorhavendijk voldoet niet aan de minimaal vereiste stabiliteitsfactor.

De uitvoer van de berekeningen is opgenomen in Bijlage 10 van de deelnotitie [6].



Figuur 4-4 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Macrostabiteit Buitenwaarts (STBU) op basis van val na hoog water

Tabel 4-2 Resultaten beoordeling buitenwaartse macrostabiteit

Doorsnede	Kernmateriaal	Belasting	Vereiste SF		Berekende SF		Score
[-]		[-]	UpliftVan	Spencer	UpliftVan	Spencer	[-]
DP12+65m	Klei	VAL HOOGWATER	1,16	1,17	1,44	1,47	V



DP58+65m	Klei	VAL HOOGWATER	1,16	1,17	1,28	1,32	V	
DP64+40m	Klei	VAL HOOGWATER	1,16	1,17	1,30	1,29	V	
DP85+60m	Klei	VAL HOOGWATER	1,16	1,17	1,18	1,20	V	*
DP104+80m	Zand	VAL HOOGWATER	1,29	1,31	1,32	1,24	O	

* Betreft locatie met steilste buitentalud binnen traject Wijk bij Duurstede – Amerongen. Locatie is niet representatief aangezien deze in een bocht ligt. Vanwege 3D-werking zal de stabiliteitsfactor op deze locatie in werkelijkheid hoger liggen.



5 Beoordeling Microstabiliteit

5.1 Inleiding Microstabiliteit en Afschuiving Grasbekleding van het binnentalud

In dit hoofdstuk is bepaald welke versterkingsopgave is te verwachten op basis van faalmechanisme Microstabiliteit (STMI) en Afschuiving Grasbekleding van het binnentalud (GABI) voor de dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen. De volledige onderbouwing, inclusief de toegepaste uitgangspunten, is opgenomen in een separate rapportage [7]. Deze rapportage is opgenomen als Bijlage 6.



Figuur 5-1 Stroomschema beoordeling STMI en GABI

5.2 Scopebepaling dijkversterkingsopgave STMI en GABI op basis van eenvoudige toets

In Tabel 5-1 is per dijkvak het resultaat van de eenvoudige toetsen gegeven: FV (faalkans verwaarloosbaar) of verder beoordelen. Dijkvak 15 en dijkvak 17 vanuit STBI zijn opgesplitst op basis van verschillen in het overslagdebiet.

Tabel 5-1 Resultaten eenvoudige toets

Vak	Begin DP	Eind DP	Oordeel STMI	Oordeel GABI
1	0	1+5	FV, kleikern	Verder beoordelen
2	1+5	17+95	FV, kleikern	Verder beoordelen
02a	14+60	14+85	FV, kleikern	Verder beoordelen
3	17+95	34+20	FV, kleikern	Verder beoordelen
4	34+20	39+30	FV, kleikern	Verder beoordelen
5	39+30	42+40	FV, kleikern	Verder beoordelen
6	42+40	50+20	FV, kleikern	Verder beoordelen
06a	43+75	44+45	FV, kleikern	Verder beoordelen
7	50+20	61+45	FV, kleikern	Verder beoordelen
8	61+45	72+25	FV, kleikern	Verder beoordelen
9	72+25	74+50	FV, kleikern	Verder beoordelen
10	74+50	85+40	FV, kleikern	Verder beoordelen
10a	79+45	80+0	FV, kleikern	Verder beoordelen
11	85+40	85+55	n.v.t., inlaat Kromme Rijn	n.v.t., inlaat Kromme Rijn
12	85+55	86+90	FV, kleikern	FV, $Q < 0,1$ l/s/m
13	86+90	86+335	n.v.t., Beermuur	n.v.t., Beermuur
14	86+335	92+60	FV, kleikern	FV, $Q < 0,1$ l/s/m
15a*	92+60	95+50	FV, kleikern	FV, $Q < 0,1$ l/s/m
15b*	95+50	96+35	FV, kleikern	Verder beoordelen
16	96+35	99+130	FV, kleikern	Verder beoordelen
17a*	99+130	102+50	Verder beoordelen	Verder beoordelen
17b*	102+50	105+95	Verder beoordelen	FV, $Q < 0,1$ l/s/m

* Dijkvak opgesplitst op basis van overslagdebiet



5.2.1 Verder beoordelen

Voor STMI worden alleen dijkvak 17a en 17b verder beoordeeld. Dijkvak 17a is een zanddijk én heeft een overslag groter dan 0,1 l/s/m. Zowel voor STMI als GABI dient deze verder beoordeeld te worden. Conform het WBI is hier een beoordeling op GABI maatgevend ten opzichte van STMI.

5.3 Scopebepaling dijkversterkingsopgave op basis van gedetailleerde toets STMI en GABI

5.3.1 STMI

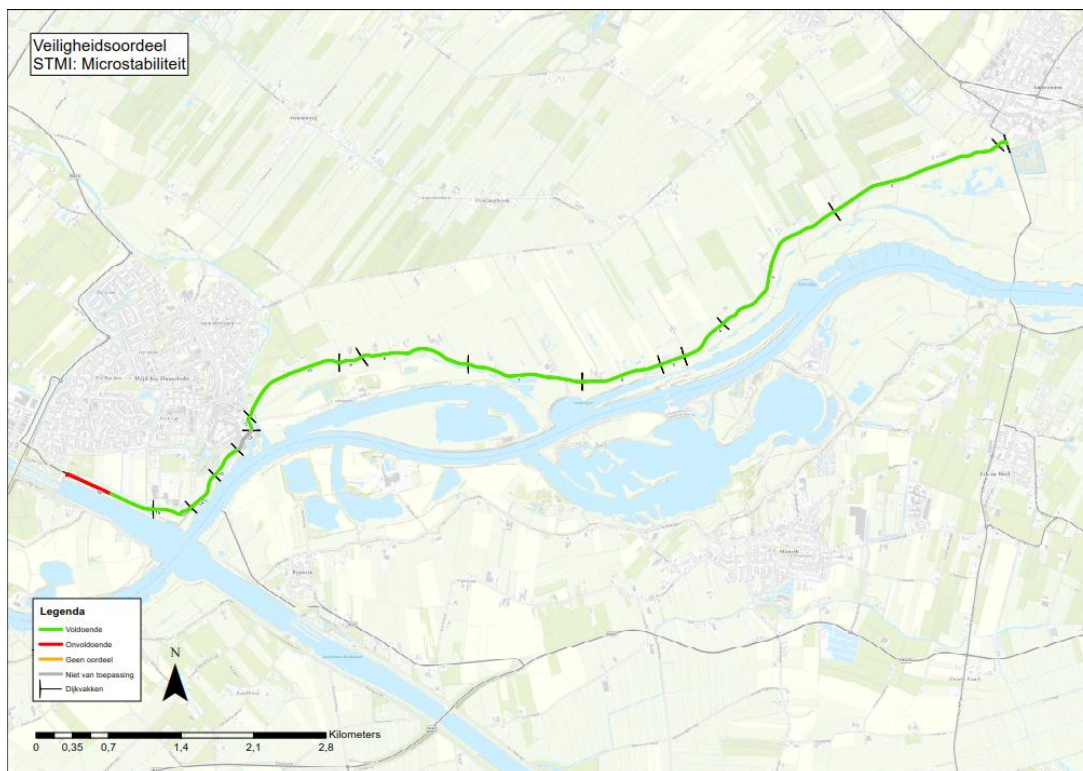
Uit de eenvoudige toets volgt dat alleen dijkvak 17b verder beoordeeld moet worden op het faalmechanisme STMI. Dijkvak 17b heeft een zandkern.

Tabel 5-2 geeft het oordeel op de gedetailleerde toets van dijkvak 17b weer. De dikte van de klei laag is 0,2 m. Dit oordeel is robuust.

Tabel 5-2 Resultaten gedetailleerde toets STMI

Vak	Begin DP	Eind DP	Oordeel gedetailleerde toets STMI
17b	102+50	105+95	Voldoet niet

Een overzicht van de opgave is opgenomen in Figuur 5-2.



Figuur 5-2 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Microstabiliteit (STMI)

5.3.2 GABI

Uit de eenvoudige toets volgt dat alle dijkvakken die niet voldoen op basis van de eenvoudige toets beoordeeld moeten worden op GABI. Alleen dijkvak 17b is hiervan uitgezonderd, omdat deze bij het faalmechanisme STMI is getoetst.

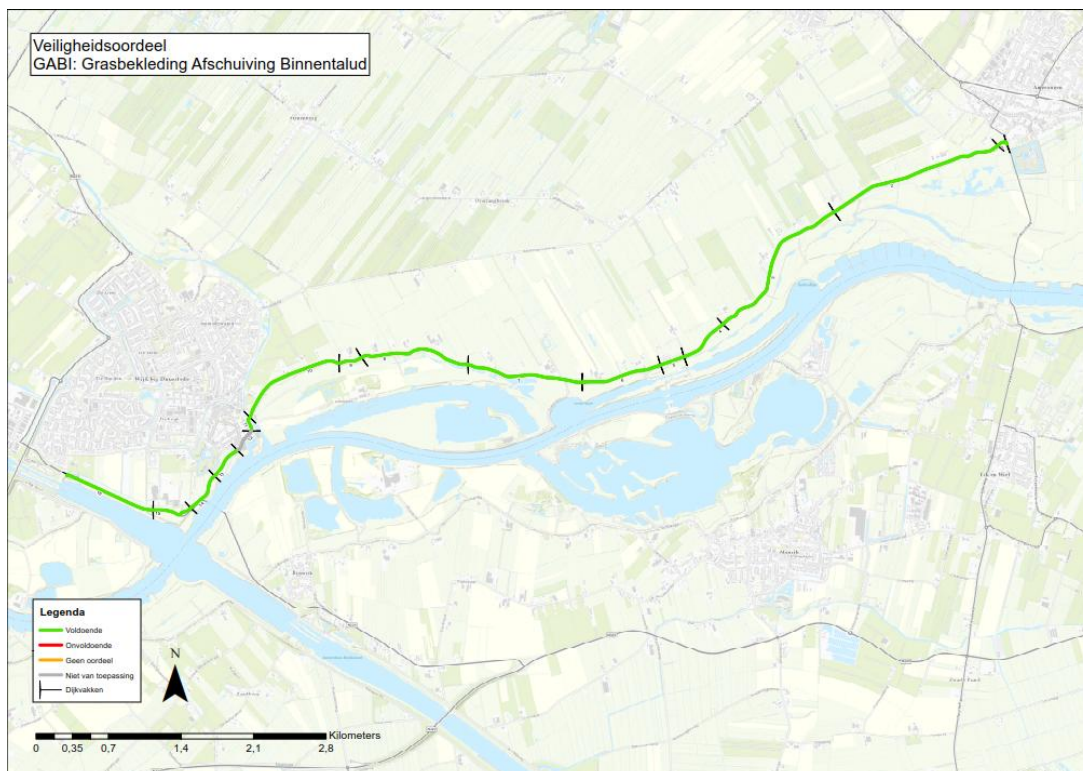
Tabel 5-3 geeft de resultaten weer van de gedetailleerde toets op GABI. Het talud heeft verschillende hellingen, waardoor het opgesplitst is in drie delen. Als één van de drie delen



niet voldoet, voldoet het gehele dijkvak niet op GABI. Voor al deze dijkvakken is er uitgegaan van een kleilaagdikte van 0,2 m. Alle dijkvakken voldoen aan de gestelde eisen.

Tabel 5-3 Resultaten gedetailleerde toets GABI

Vak	Begin DP	Eind DP	Oordeel boventalud	GABI	Oordeel ondertalud	GABI	Oordeel berm	GABI
1	0	1+5	Voldoet		n.v.t.		n.v.t.	
2	1+5	17+95	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
02a	14+60	14+85	Voldoet		n.v.t.		n.v.t.	
3	17+95	34+20	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
4	34+20	39+30	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
5	39+30	42+40	Voldoet		Voldoet		n.v.t.	
6	42+40	50+20	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
06a	43+75	44+45	Voldoet		Voldoet		n.v.t.	
7	50+20	61+45	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
8	61+45	72+25	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
9	72+25	74+50	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
10	74+50	85+40	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
10a	79+45	80+0	Voldoet		n.v.t.		n.v.t.	
15b*	95+50	96+35	Voldoet		Voldoet		n.v.t.	
16	96+35	99+130	Voldoet		n.v.t.		Voldoet	
17a*	99+130	102+50	Voldoet		Voldoet		n.v.t.	



Figuur 5-3 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Gras afschuiving Binnenwaarts (GABI) Microstabiliteit (STMI)



5.3.3 Conclusie versterkingsscope STMI en GABI

In dit rapport is beoordeeld op de faalmechanismes STMI en GABI. Het grootste deel van het traject bestaat uit een kering met kleikern. Daarom kan de faalkans van STMI met de eenvoudige toets gelijk als verwaarloosbaar worden beschouwd. Dijkvak 17b (dp 102+50 tot 105+95) heeft een zandkern en is verder beoordeeld. Met de gedetailleerde toets is de bekleding hier onvoldoende bevonden voor STMI en is hier daardoor een versterkingsopgave geconstateerd.

Voor het spoor GABI blijkt uit de gedetailleerde toets dat alle dijkvakken voldoende zijn bevonden en is hier geen versterkingsopgave.

Tabel 5-4 Samenvatting resultaten eenvoudige en gedetailleerde toets

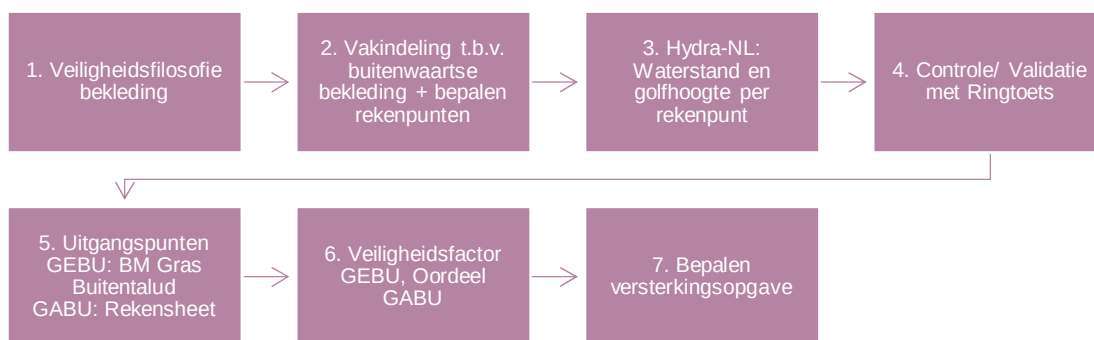
Vak	Begin DP	Eind DP	Oordeel STMI	Oordeel GABI
1	0	1+5	FV, kleikern	Voldoet
2	1+5	17+95	FV, kleikern	Voldoet
02a	14+60	14+85	FV, kleikern	Voldoet
3	17+95	34+20	FV, kleikern	Voldoet
4	34+20	39+30	FV, kleikern	Voldoet
5	39+30	42+40	FV, kleikern	Voldoet
6	42+40	50+20	FV, kleikern	Voldoet
06a	43+75	44+45	FV, kleikern	Voldoet
7	50+20	61+45	FV, kleikern	Voldoet
8	61+45	72+25	FV, kleikern	Voldoet
9	72+25	74+50	FV, kleikern	Voldoet
10	74+50	85+40	FV, kleikern	Voldoet
10a	79+45	80+0	FV, kleikern	Voldoet
11	85+40	85+55	n.v.t., inlaat Kromme Rijn	n.v.t., inlaat Kromme Rijn
12	85+55	86+90	FV, kleikern	FV, Q <0,1 l/s/m
13	86+90	86+335	n.v.t., Beermuur	n.v.t., Beermuur
14	86+335	92+60	FV, kleikern	FV, Q <0,1 l/s/m
15a*	92+60	95+50	FV, kleikern	FV, Q <0,1 l/s/m
15b*	95+50	96+35	FV, kleikern	Voldoet
16	96+35	99+130	FV, kleikern	Voldoet
17a*	99+130	102+50	Voldoet	Voldoet
17b*	102+50	105+95	Voldoet niet	FV, Q <0,1 l/s/m

* Dijkvak opgesplitst op basis van overslagdebiet

6 Beoordeling Bekleding buitenwaarts

6.1 Inleiding GEBU en GABU

In dit hoofdstuk is bepaald welke versterkingsopgave is te verwachten op basis van faalmechanisme Erosie grasbekleding buitentalud (GEBU) en afschuiving van de grasbekleding van het buitentalud (GABU) voor de dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen. De volledige onderbouwing, inclusief de toegepaste uitgangspunten, is opgenomen in een separate notitie [8]. Deze notitie is opgenomen als Bijlage 7.



Figuur 6-1 Stappen voor het faalmechanisme Bekleding

6.2 Bepaling scope dijkversterking op basis van mechanisme GEBU

Tabel 6-1 Beoordeling bekleding (open zode)

Golfklap 2073	DP5	DP15	DP25	DP35	DP46	DP55	DP65	*DP70 ¹	DP76	*DP84	DP86	*DP92	DP95	*DP99	DP103
Hoogte voorland	5	5	5	6,5	6	4	4	4	4	4	5,5	4	4	4,2	4
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,28	0,28	0,13	0,28	0,10	n.v.t.	0,28	0,28	0,17	0,28
5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,55	0,55	0,30	0,55	0,22	n.v.t.	0,55	0,55	0,44	0,55
5,5	0,28	0,28	0,28	n.v.t.	n.v.t.	0,83	0,83	0,47	0,83	0,34	n.v.t.	0,83	0,83	0,72	0,83
6	0,55	0,55	0,55	n.v.t.	n.v.t.	1,10	1,10	0,63	1,00	0,46	0,28	0,95	1,06	0,99	1,03
6,5	0,83	0,83	0,83	n.v.t.	0,28	1,38	1,22	0,79	1,03	0,58	0,55	0,93	1,06	1,07	0,98
7	1,10	1,10	0,88	0,28	0,55	1,40	1,24	0,94	1,05	0,69	0,83	0,91	1,05	1,06	0,96
7,5	1,34	1,13	0,86	0,55	0,83	1,31	1,21	1,09	1,03	0,80	0,86	0,88	0,94	1,01	0,86
8	1,35	1,13	0,87	0,83	1,10	1,29	1,10	1,07	0,95	0,75	0,80	0,80	0,87	0,93	0,78
8,5	1,30	1,08	0,84	0,90	1,02	1,07	0,97	0,93	0,81	0,67	0,68	0,69	0,73	0,72	0,62
9	1,08	0,83	0,64	0,71	0,70	0,72	0,65	0,59	0,47	0,35	0,32	0,32	0,00	0,00	0,00
9,5	0,54	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Niet realistische golfcondities
Berekende golfhoogte blijft onder de
kritieke golfhoogte bij falen bekleding
Berekende golfhoogte overschrijd de
kritieke golfhoogte bij falen bekleding

De golfhoogtes die groter zijn dan 0,68 (rood gekleurd) leiden tot falen van de buitenwaartse grasbekleding. De golfhoogtes gelijk of kleiner dan 0,68 (groen gekleurd) leidt niet tot falen van de buitenwaartse grasbekleding.

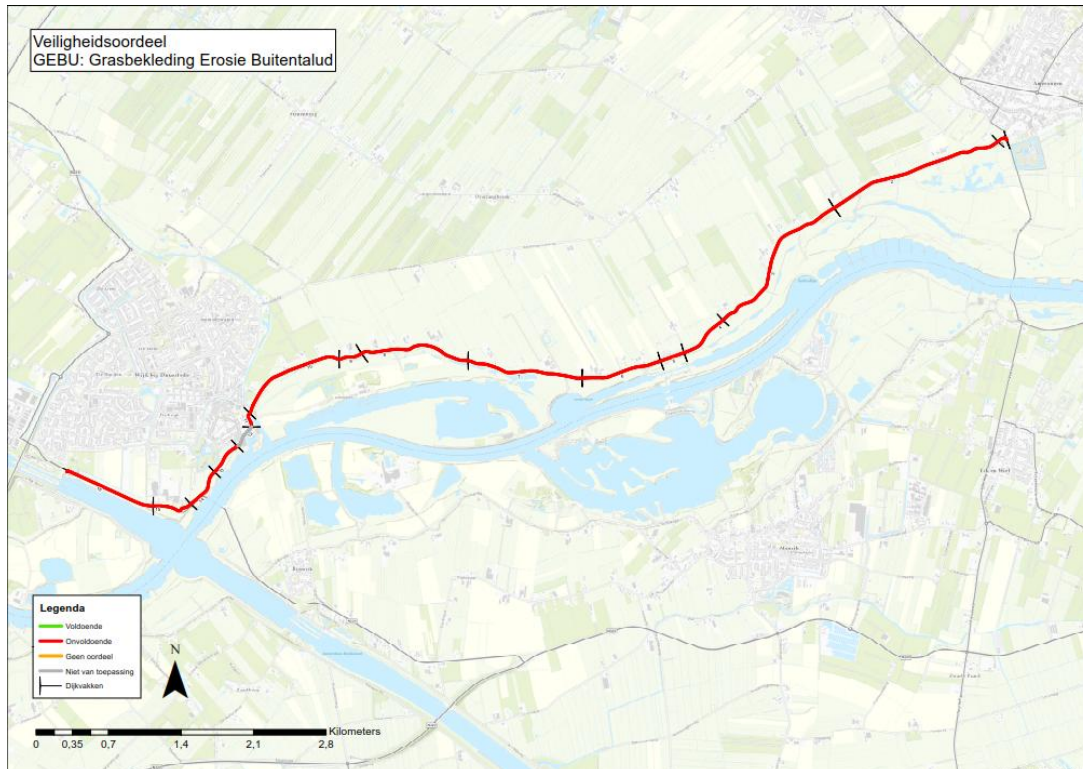
¹ Alle locaties met * zijn rekenpunten in de WBI database. De andere locaties zijn rekenpunten in de DPa database

Tabel 6-2 – Beoordeling bekleding (gesloten zode)

Golfklap 2073	DP5	DP15	DP25	DP35	DP46	DP55	DP65	*DP70 ²	DP76	*DP84	DP86	*DP92	DP95	*DP99	DP103
Hoogte voorland :	5	5	5	6,5	6	4	4	4	4	4	5,5	4	4	4,2	4
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,28	0,28	0,13	0,28	0,10	n.v.t.	0,28	0,28	0,17	0,28
5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,55	0,55	0,30	0,55	0,22	n.v.t.	0,55	0,55	0,44	0,55
5,5	0,28	0,28	0,28	n.v.t.	n.v.t.	0,83	0,83	0,47	0,83	0,34	n.v.t.	0,83	0,83	0,72	0,83
6	0,55	0,55	0,55	n.v.t.	n.v.t.	1,10	1,10	0,63	1,00	0,46	0,28	0,95	1,06	0,99	1,03
6,5	0,83	0,83	0,83	n.v.t.	0,28	1,38	1,22	0,79	1,03	0,58	0,55	0,93	1,06	1,07	0,98
7	1,10	1,10	0,88	0,28	0,55	1,40	1,24	0,94	1,05	0,69	0,83	0,91	1,05	1,06	0,96
7,5	1,34	1,13	0,86	0,55	0,83	1,31	1,21	1,09	1,03	0,80	0,86	0,88	0,94	1,01	0,86
8	1,35	1,13	0,87	0,83	1,10	1,29	1,10	1,07	0,95	0,75	0,80	0,80	0,87	0,93	0,78
8,5	1,30	1,08	0,84	0,90	1,02	1,07	0,97	0,93	0,81	0,67	0,68	0,69	0,73	0,72	0,62
9	1,08	0,83	0,64	0,71	0,70	0,72	0,65	0,59	0,47	0,35	0,32	0,32	0,00	0,00	0,00
9,5	0,54	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

De golfhoogtes die groter zijn dan 0,91 m (rood gekleurd) leiden tot falen van de buitenwaartse grasbekleding. De golfhoogtes gelijk of kleiner dan 0,91 m (groen gekleurd) leidt niet tot falen van de buitenwaartse grasbekleding. De versterkingsopgave krijgt een ander beeld als uit een actuele inspectie (rapport) blijkt dat er sprake is van gesloten zode. Voor 4 rekenlocaties en dus de vakken geldt dat de bekleding voldoet, namelijk het vak bij DP25, het vak bij DP35, het vak bij DP84 en het vak bij DP86. Voor de overige vakken geldt dat de overgangshoogte van grasbekleding naar verharde bekleding hoger komt te liggen.

² Alle locaties met * zijn rekenpunten in de WBI database. De andere locaties zijn rekenpunten in de DPa database



Figuur 6-2 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Graserosie Buitentalud (GEBU) voor open zode

6.3 Bepaling scope dijkversterking op basis van mechanisme GABU

Tabel 6-3 Beoordeling GABU per rekenpunt

Dijkvak	Dijkpaal	Eenvoudige toets Beslisregels			Gedetailleerde toets Formule
		Stap E.1	Stap E.2	Stap E.3	Empirische ongelijkheid
1	5	ja			Voldoet
2	15	ja			Voldoet
3	25	ja			Voldoet
4	35	ja			Voldoet
5	46	nee	ja	nee	Voldoet
6	55	ja			Voldoet
7	65	ja			Voldoet
8	*70	ja			Voldoet
	76	ja			Voldoet
9	*84	ja			Voldoet
	86	ja			Voldoet
10	*92	nee	ja	nee	Voldoet
11	95	ja	ja	nee	Voldoet niet
12	*99	nee	ja	nee	Voldoet niet
13	103	nee	ja	nee	Voldoet niet

*dijkpalen vallen samen met een rekenpunt uit de WBI database.



Stap E.1. Ligt de bekleding op een kleikern? (ja=FV, nee=E.2.)

Stap E.2. Ligt de bekleding op een zandscheg? (ja=verder beoordelen, nee=E.3)

Stap E.3. Is de kleilaagdikte kleiner dan de golfhoogte? (ja=FV, nee=verder beoordelen)

Voor de eerste 12 vakken (bekleding) blijkt de rekenlocatie te voldoen aan Gras afschuiving buitentalud. Door lokale zandscheggen voldoen de rekenlocaties DP95, DP99 DP103 niet, zie Tabel 6-3 de rest van het vak voldoet wel aangezien er sprake is van een kleikern..

Tabel 6-4 Versterkingsopgave (rood)

Golfklap 2073	DP5	DP15	DP25	DP35	DP46	DP55	DP65	*DP70	DP76	*DP84	DP86	*DP92	DP95	*DP99	DP103
Voldoet												niet	niet	niet	niet

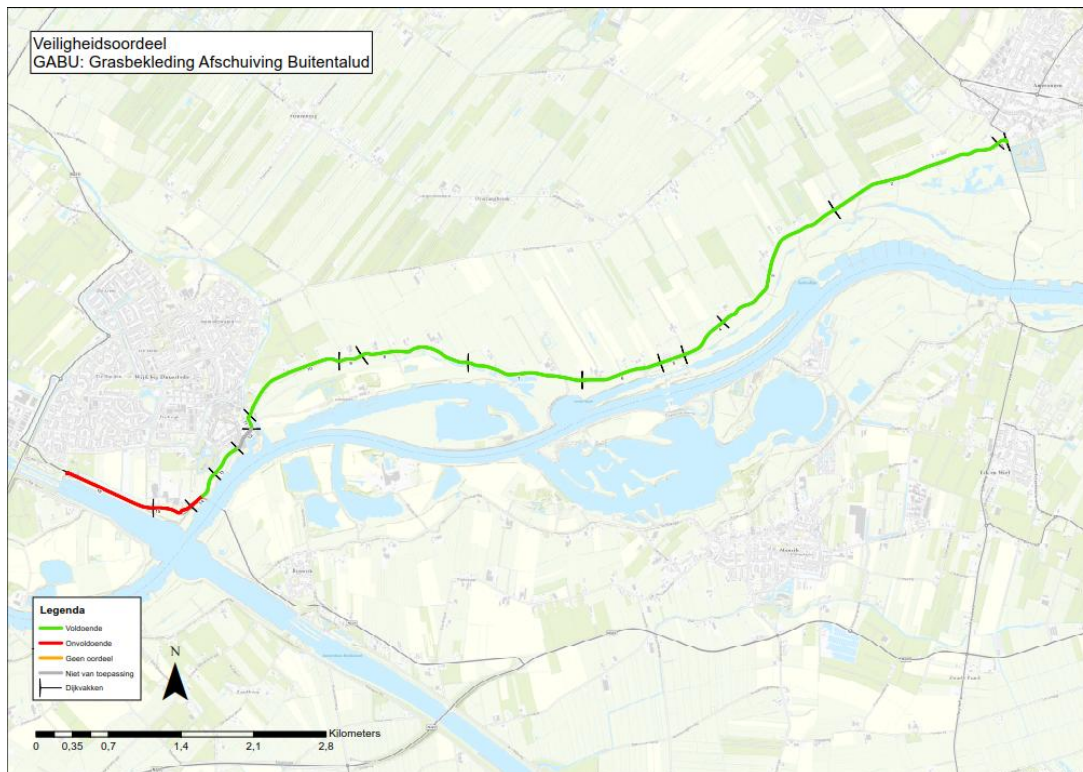
Voor de locaties met een zandscheg is gekeken naar lokale golfcondities (niet gelijk aan de maximale golfhoogte) en de dikte van de kleilaag. De dikte van de kleilaag is niet herleidbaar uit bestaand grondonderzoek. In het geotechnisch lengteprofiel en de dwarsprofielen zijn interpretaties gedaan dat zandlagen in de kruin horizontaal doorlopen, wat zeer onwaarschijnlijk is. Voor deze kleilaag een dikte van 0,5m aangenomen voor de rekenlocaties DP92, DP95 DP99 en DP103.

Tabel 6-5 Versterkingsopgave

*92	nee	0,32	0,46	0,5	21,8	1,49	3	Voldoet
95	ja	0,94	0,46	0,5	21,8	4,37	3	Voldoet niet
*99	nee	1,28	0,46	0,5	21,8	5,95	3	Voldoet niet
103	nee	1,28	0,46	0,5	21,8	5,95	3	Voldoet niet

Bij een kleilaagdikte van 0,5 meter blijkt dat de locatie DP92 voldoet. De overige locaties voldoen net niet. Als bij een nadere detaillering blijkt dat de kleilaag dikker is dan 0,5 meter kunnen ook deze locaties een positiever eindoordeel krijgen.

Kortom, alle dijkvakken voldoen aan GABU (gras afschuiving buitentalud) op drie locaties na, vanwege een zandscheg.



Figuur 6-3 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Gras afschuiving Buitentalud (GABU)

6.4 Aanbevelingen aanscherping scope in de fase van nadere uitwerking

Het bepalen van de conditie van bekleding maakt een verschil in de versterkingsopgave. Aangeraden wordt om dit verder te detailleren in de vervolgfase. Concreet betekent dat de kwaliteit van de zode vastgesteld kan worden middels veldonderzoek. Daarnaast kan gebruik worden gemaakt van eerdere rapporten, toetsingen en aanwezige kennis van bijvoorbeeld de dijkbeheerder. Ook het bepalen van het zandgehalte kan een verdere verfijning brengen ten behoeve van GEBU. Daarnaast kan middels veldonderzoek de dikte van de buitenwaartse kleilaag vastgesteld worden ten behoeve van GABU (afschuiving).

Vakindeling bekleding

Voor een nauwkeurigere beoordeling van de buitenwaartse bekleding kan gekeken worden naar de overgangen tussen de vakken, karakteristieke golfhoogte en veldproeven. De indeling is onder andere gebaseerd op de meest steile taludhelling. Bij een flauwer talud is de verwachting dat er lagere golfcondities van toepassing zijn.

Reductiefactor

Er is mogelijk sprake van een reductiefactor die toegepast kan worden wanneer de stromingsrichting van het rivierwater en de windrichting gelijk zijn. De reductie is niet meegenomen in de golfcondities. In een later stadium van het dijkversterkingsproject WAM kan onderzocht worden of een reductie op de golfhoogtes van toepassing is.

Hydraulische randvoorwaarden GEBU en GABU

Er is een verschil ontdekt tussen het bepalen van golfcondities bij 'GABU' en 'GEBU'. In hydra-NL worden namelijk andere waarden gehanteerd voor de invloedscoëfficiënten (a, b en c). Overigens is er geen verschil in de golfcondities geconstateerd bij GABU klei en GABU zand.

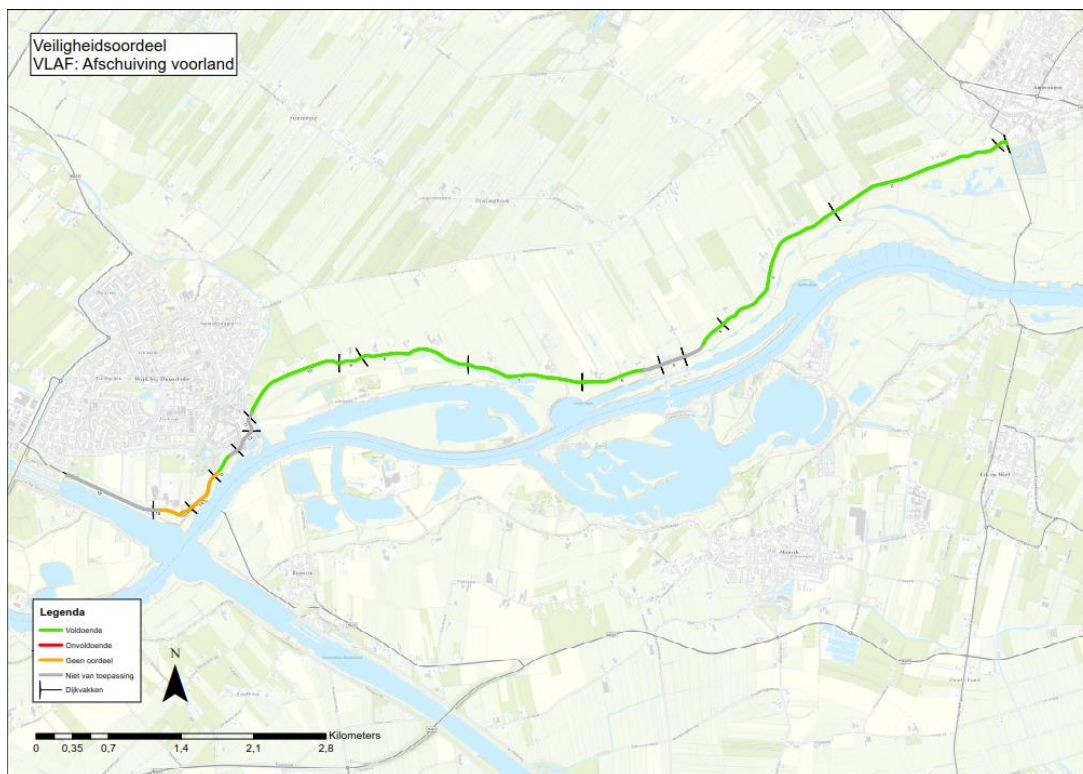
7 Beoordeling voorland

7.1 Inleiding beoordeling voorland

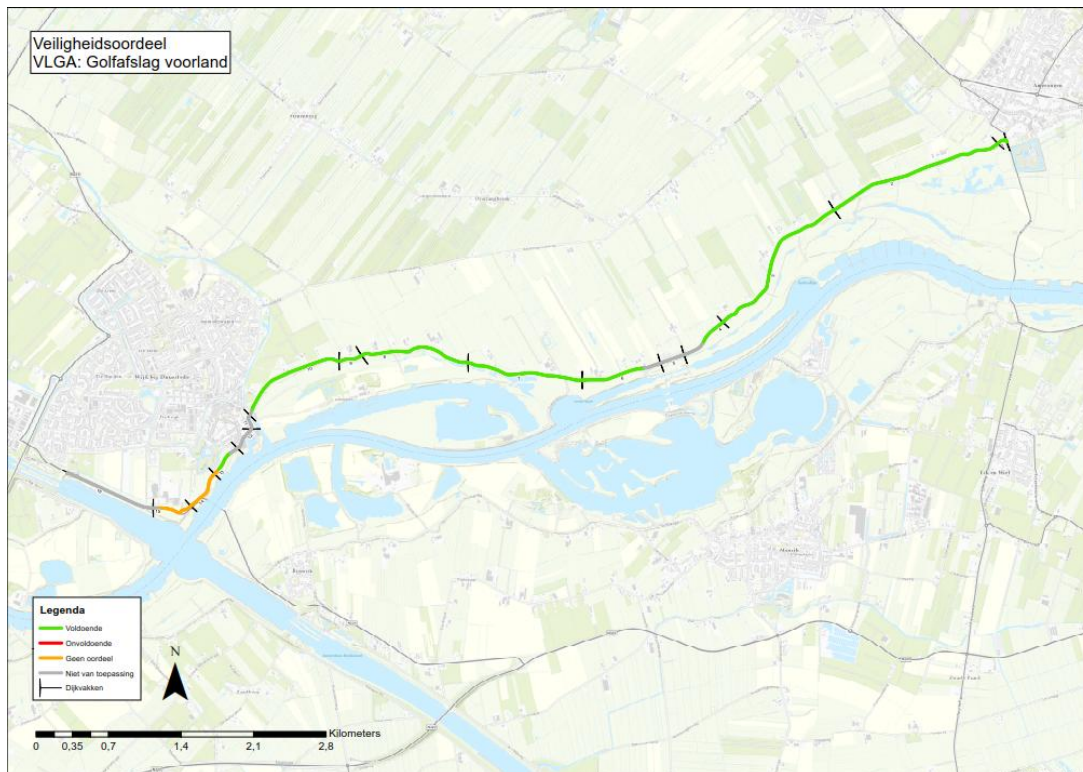
In deze hoofdstuk is bepaald welke voorlanden aandacht behoeven in geval van de opgave die volgt uit de beoordeling van de buitenwaartse macrostabiliteit en of de piping voor de dijkversterking Wijk bij Duurstede - Amerongen. De volledige onderbouwing inclusief de toegepaste uitgangspunten is opgenomen in een separate notitie [9]. Deze rapportage is opgenomen als Bijlage 8.

7.2 Scope aandachtstrajecten voorland

Voor alle drie beschouwde deelmechanismen de mechanismes kan de strekking tussen dijkpaal 92 t/m 98 echter niet met de eenvoudige toets worden goedgekeurd en is een verdere beoordeling nodig. In deze beoordeling zal tijdens de ontwerpfase beschouwd moeten worden wat de invloed is op de buitenwaartse macrostabiliteit en piping. Het voorland tussen deze dijkpalen is hier met een lengte van 25 m aanzienlijk korter dan de rest van het traject.

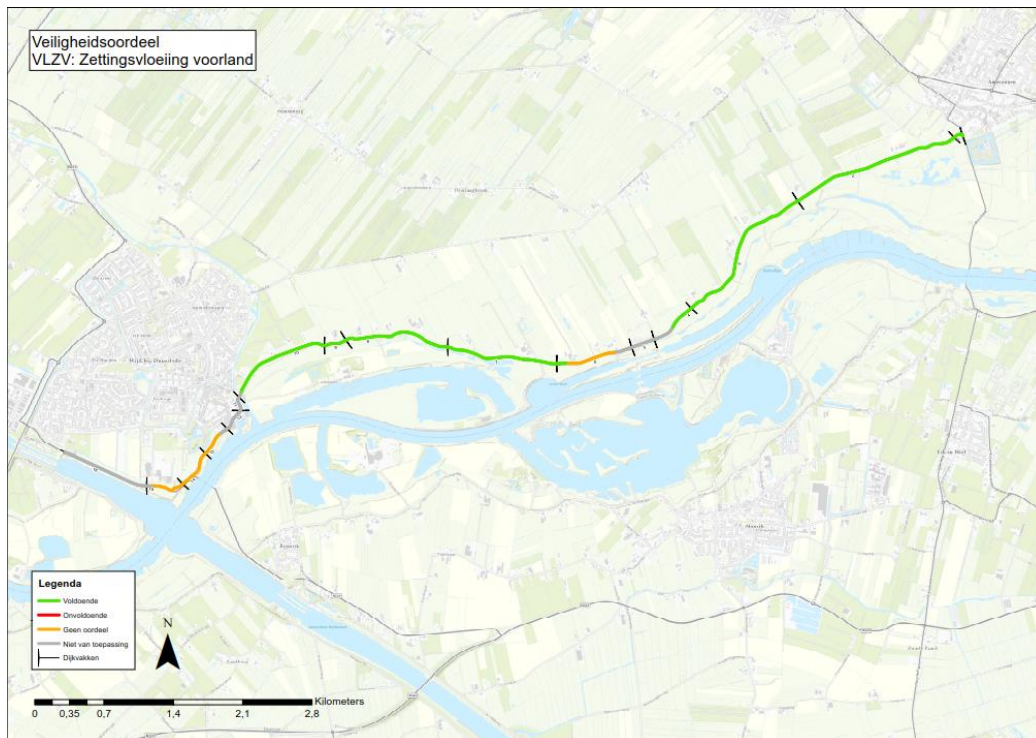


Figuur 7-1 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Afschuiving voorland (VLAf)



Figuur 7-2 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Golfafslag voorland (VLGA)

Voor het mechanisme zettingsvloeiing VLZV hebben daarnaast de strekkingen tussen dijkpaal 44 t/m 48 ten westen van de Stuw Amerongen en dijkpaal 90 t/m 92 een verdere beoordeling nodig.



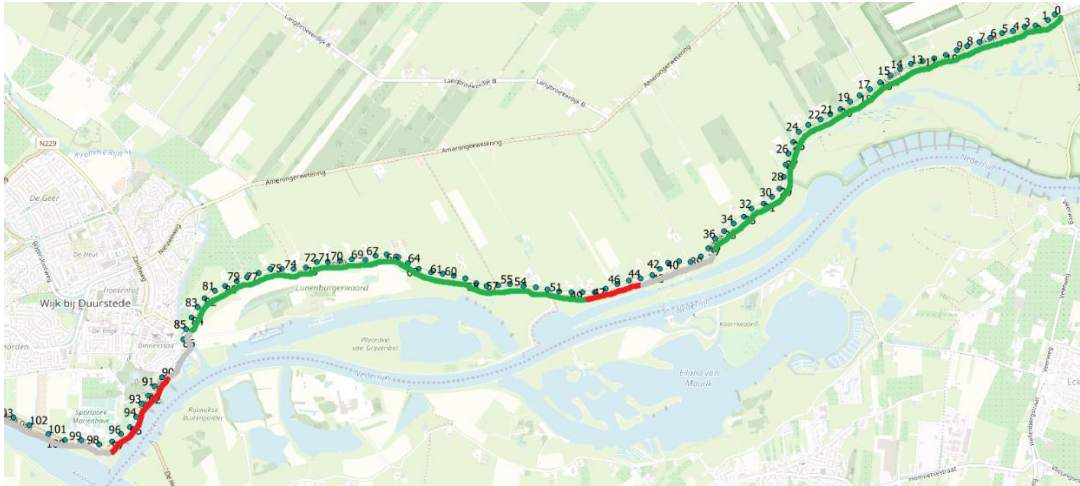
Figuur 7-3 Overzicht veiligheidsoordeel voor mechanisme Zettingsvloeiing voorland (VLZV)

Het voorland ter plaatse van dijkpaal 44 t/m 48 zit dichtbij een voldoende oordeel. Met meer informatie over de oever bescherming (bestorting) ter plaatse kan deze mogelijk alsnog goedgekeurd worden.

Doordat instabiliteit van het voorland een indirect faalmechanisme is, dient bij het opstellen van het dijkversterkingsontwerp beschouwd te worden wat de invloed van de aanwezigheid van het voorland is op het ontwerp. Falen van de kering ten gevolge van falen van het voorland kan voorkomen worden met bestorting van het voorland. Deze maatregel heeft echter geen wezenlijke invloed op de ontwerpkeuzes ten aanzien van de verbetermaatregelen voor de andere faalmechanismes. Overzicht van de voorwaardelijke opgave is opgenomen in Figuur 7-4.



Samenvattend is de opgave: Tussen dijkpaal 92 en 98 scoort het voorland onvoldoende op basis van de mechanismen golfafslag VLGA en afschuiven VLAf. Voor deelmechanisme zettingsvloeiing VLZV scoort voorland tussen dijkpalen 44 tot en met 48 en 90 tot en met 98 onvoldoende.



Figuur 7-4 Totaal overzicht van de veiligheidsoordeel voor voorland

8 Beoordeling NWO's

In dit hoofdstuk is een overzicht gegeven van de NWO's die aandacht behoeven bij de verdere uitwerking van de dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen. De volledige onderbouwing, inclusief de toegepaste uitgangspunten, is opgenomen in een separate rapportage. Deze rapportage is opgenomen als Bijlage 9. In deze rapportage zijn vooral de NWO's beschouwd niet zijnde kabels en leidingen. De bepalende leidingen zijn beschouwd in een separate notitie [12]. Deze is toegevoegd als Bijlage 10.

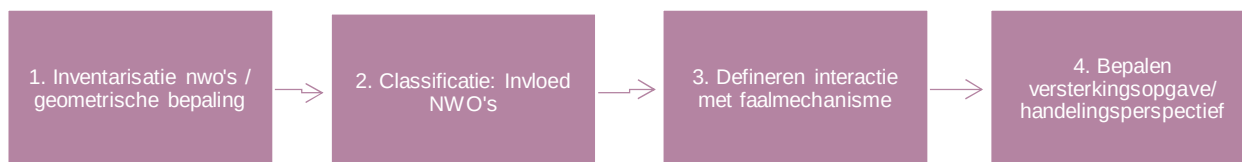
8.1 Cruciale leidingen 1e categorie

Uit de eerste inventarisatie van de kabels en leidingen blijkt dat in het dijkversterkingstraject van het project Wijk bij Duurstede – Amerongen de persleiding van rioolgemaal (400 mm) in Amerongen bij DP 01 en de gasleiding (6 inch) in Wijk bij Duurstede bij DP 84+50 cruciaal zijn.

Uit de beschouwing van deze leidingen [12] blijkt dat:

Bij de persleiding van rioolgemaal geen opgave bestaat voor de waterkering en als gevolg hierop ook niet voor de persleiding van het rioolgemaal. Het naastgelegen dijkvak kent een pipingtekort van circa 20 m. Wij verwachten ter plaatse van de leiding geen indirecte effecten door horizontale verplaatsingen als gevolg van een eventuele ophoging. Door de ligging in de op-/afrit en het inundatiekanaal daarachter, kan piping ter plaatse van de gasleiding bij Wijk bij Duurstede worden uitgesloten, ondanks een rekenkundig kwelweglengtetekort op het dijkvak. Er kan lokaal geen opbarsten optreden ter plaatse van de op- en afrit. Ook een maatregel om de macrostabiliteit van het dijkvak te verbeteren vindt niet ter plaatse van de leiding plaats. Op basis van de huidige lokale veiligheidsopgave kan de gasleiding op de huidige locatie gehandhaafd blijven.

8.2 Overige NWO's



Figuur 8-1 Stappen voor het beschouwen van NWO's

Na de inventarisatie van de NWO's zijn deze naar type en positie ten opzichte van de waterkering geclassificeerd. Daarna is de mogelijke interactie met de hoofd-faalmechanismen beschouwd. Op basis van de interactie zijn conclusies getrokken over welke NWO's invloed hebben op de beschouwde faalmechanismen (STBI en STPH) of nader beschouwd dienen te worden. In de ontwerpfase van de hoofdmechanismen ontstaat een raakvlak met een NWO wat tot verzwarende omstandigheden kan leiden, wat de ontwerp-opgave complexer maakt. In de beschouwing in de scope bepalingsfase is gewerkt met een aantal handelingsperspectieven.

Deze handelingsperspectieven zijn:

- ① Het NWO mag blijven gehandhaafd.
- ② Het NWO mag blijven gehandhaafd na bewijs door middel van een modelberekening.
- ③ Het NWO mag blijven gehandhaafd. In geval van voornemens voor wijzigingen aan het NWO of waterkering als gevolg van autonome ontwikkeling dient hier nader onderzoek en afweging voor de handhaving of verwijdering gedaan te worden als onderdeel van de vergunningsprocedure.



- ④ Het NWO dient aangepast/verwijderd te worden als onderdeel van de versterkingsopgave.

In de beschouwing is de invloed van een NWO benaderd door middel van zeven verschillende principesituaties van de mogelijke ligging van een NWO. De locaties uit Tabel 8-1 zijn beschouwd als worstcase en zijn representatief voor meerdere NWO's in het projectgebied van WAM.

Tabel 8-1 Handelingsspectieven bij de berekende principe situaties

Handelings- perspectief	1. Bu _{VL}	2. Bu _{teen}	3. Bu _{talud}	4. Kruin	5. Bi _{talud}	6. Bi _{teen}	7. Bi _{AL}
Gebouw – DP14,75						④	
Gebouw – DP28,50		③					
Boom – DP28,50		③					
Gebouw – DP42,50					④		
Gebouw – DP44						④	
Boom – DP79,60						③	

- ③ Houdt in dat:

- het NWO valt hoe dan ook binnen het PVVR;
- bij nadere detaillering blijkt of dit NWO een verwaarloosbare faalkansbijdrage heeft;
- er op beheer- en onderhoudsniveau gekeken kan worden naar gepaste oplossingen.

- ④ Houdt in dat:

- de versterkingsopgave mede gericht moet zijn op het NWO; dit kan door middel van een constructie, bijvoorbeeld een damwand ten behoeve van de stabiliteit en/of kwel;
- amoveren van het object.

In Tabel 8-2 staat een overzicht met het aantal locaties die nader beschouwd worden in de vervolgfase van het dijkversterkingsplan.

Tabel 8-2 Handelingsspectief per DP-nummer

	1	2	3	4	5	6	7
	Voorland	Buitenteen	Buitentalud	Kruin	Binnentalud	Binnenteen	Achterland
Bebouwing		22,25 ③	28,50 ③		42,50 ④	14,75 ④ 44,00 ④ 79,80 ④	48,50 ③
Begroeiing		28,50 ③				44,00 ③ 79,60 ③	

8.3 Aanbevelingen

Op dit moment lijkt de faalkansbijdrage van NWO's op bepaalde locaties erg hoog te zijn (veel locaties met voorlopig handelingsperspectief ③). Aanbevolen is om in de vervolgfase de faalkansbijdrage van NWO's nader te beschouwen. In het geval dat de bijdrage verwaarloosbaar blijkt te zijn, kan overgeschakeld worden van handelingsperspectief nummer ③ naar handelingsperspectief nummer ②. Hierbij kan het NWO gehandhaafd blijven en leidt het falen van een NWO niet tot een sterke reductie van de waterkering of verzwarende omstandigheden van een van de hoofdmechanismen. De primaire functie van de waterkering en de primaire functie van het NWO blijven gewaarborgd.

9 Beoordeling Kunstwerken

In het traject van de dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen als onderdeel van het project Sterke Lekdijk zijn twee noemenswaardige objecten die als kunstwerk beoordeeld worden: Beermuur tussen DP 86+90 en 86+335 en Inlaat Kromme Rijn tussen DP 85+40 en 85+55.

De beoordeling van de Beermuur is opgenomen in een separate rapportage [11] als Bijlage 11.

De Inlaat Kromme Rijn is in dit hoofdstuk beknopt beschouwd.

9.1 Beermuur

Voor de Beermuur in Wijk bij Duurstede zijn diverse studies uitgevoerd. Alle deelstudies betreffen een quickscan, merendeels op een semi-kwantitatieve benadering. Er ligt dus geen uitgebreide modellering aan ten grondslag.

In de beoordeling van de Beermuur als onderdeel van project Centraal Holland is deze goedgekeurd op alle faalmechanismen, waaronder hoogte. Bij de beoordeling op hoogte is inundatie van het achterland door overslaand water niet in beschouwing genomen.

Uit latere beoordeling (zie ook bijlage 11) blijkt dat overslag over de Beermuur zodanig is dat deze niet aan de eisen ten aanzien van de bruikbaarheidsgrenstoestand voldoet. Om wel te voldoen zou de Beermuur opgehoogd moeten worden. Bij overslag over de Beermuur bij een hoogwater met een terugkeerfrequentie lager dan de norm (o.a. herhalingsfrequentie 1:1000 per jaar) treedt er een zodanige inundatie op dat er sprake is van een overstroming. Een overstroming is gedefinieerd als gemiddeld 0,2 m water op het maaiveld in een postcodegebied. Uit de quickscan blijkt dat het watersysteem in Wijk bij Duurstede niet in staat is om het overslaande water af te voeren. Aanpassingen aan het watersysteem zijn dermate kostbaar dat deze niet opwegen tegen een aanpassing van de hoogte van de Beermuur.

De versterkingsopgave van de Beermuur betreft het ophogen van het metselwerk van de muur met 30 centimeter en het waterdicht maken van het bestaande metselwerk.

Uit de beoordeling op basis van het WBI2017 voor de overige faalmechanismen blijkt dat de Beermuur wel voldoet en dat de versterkingsopgave alleen beperkt is tot het ophogen van de muur.

9.2 Inlaat Kromme Rijn

Inlaat Kromme Rijn ten oosten van Wijk bij Duurstede is onderdeel van normtraject 44-1 ter hoogte van dijkpaal 86. Deze inlaatsluis vormt de verbinding van de Lek met de Kromme Rijn. De sluis is in 1866 aangelegd als inundatiesluis. Op dit moment fungeert het kunstwerk als inlaatsluis.



Figuur 9-1 Constructie Inlaat Kromme Rijn (bovenhoofd)

De sluis bestaat uit een gemetselde constructie met drie stroomkokers. De kokers worden elk afgesloten met een stalen schuif aan de binnen- en de buitenzijde. Aan de binnenzijde van de sluis bevindt zich een kwelkom die, afhankelijk van de waterstand op de Lek/Nederrijn, wordt opgezet tot maximaal NAP +5 m. De kruinhoogte van het kunstwerk bedraagt NAP +10,15 m (VTV toetsing derde ronde). In 2002 en 2004 hebben renovatiewerkzaamheden plaatsgevonden aan de Inlaat Kromme Rijn. Hierbij zijn in 2002 de schuiven uit de constructie gehaald, volledig gezandstraald en voorzien van een nieuwe corrosiewerende coating. In 2004 is het metselwerk aan de binnenzijde van de inlaat vernieuwd.

Door het dichtzetten van de duiker in de achterliggende weg Singel achter de kwelkom, wordt het peil in de kwelkom opgezet.

In de beoordeling in het kader van het project Centraal Holland (bijlage E van [14]) is zowel het buitenhoofd als het binnenhoofd van het kunstwerk afgekeurd op betrouwbaarheid sluiting.

Hierbij zijn voor het buitenhoofd aanbevelingen gedaan ten aanzien van de controle (tweemaal per jaar) en jaarlijks volledig testen. Na het nemen van deze maatregelen voldoet het buitenhoofd voor betrouwbaarheid sluiting. Voor het binnenhoofd is geconstateerd dat door het uitvoeren van een geavanceerde foutenboomanalyse naar verwachting voldaan wordt aan betrouwbaarheid sluiting.

Er is geen reden om aan te nemen dat het kunstwerk niet meer zou voldoen, gezien de ruime voldoende die het in eerdere beoordeling [14] heeft gekregen. Het kunstwerk heeft in het kader van het HWBP dus geen versterkingsopgave; wel dient er beheer en onderhoud te worden uitgevoerd. Ijsbelasting is op de waterkering in de voorgaande beoordeling [14] niet expliciet meegenomen. Een ijsbelasting kan een rol spelen voor de beoordeling en sterkte van de sluitmiddelen in combinatie met een bepaalde waterstand die dominant is voor het falen van de kering. Over het algemeen wordt aangenomen dat ijsbelasting in combinatie met maatgevende hoogwaterstanden niet optreedt. Ijsbelasting wordt in het WBI 2017 daarom niet beschouwd.



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Er ligt op basis van de beoordeling [14] geen ontwerpogave ten aanzien van dit kunstwerk. De geconstateerde aandachtspunten hebben geen fysieke raakvlak met de naastliggende delen van de waterkering. Dit kunstwerk zal geen onderdeel maken van de versterkingsopgave van de waterkering tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen.

10 Bepaling totale scope van de versterkingsopgave

Uit de deelbeoordelingen in de voorgaande hoofdstukken blijkt dat het mechanisme piping het meest bepalend is voor de versterkingsopgave van de dijk tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen. Een uitgebreide analyse van deze opgave is opgenomen in bijlage 2.

Een aantal strekkingen moeten ook versterkt worden voor het mechanisme macrostabiliteit binnenwaarts.

Aan de hand van de hoogtebeoordeling met overslagcriterium van 5l/s/m blijkt dat de opgave gering is en deze zal na enige optimalisatie van de hoogtebepaling en probabilistische benadering naar alle waarschijnlijkheid helemaal verdwijnen.

Bijlage 2 geeft een overzicht van de gecombineerde opgave van hoogte en macrostabiliteit binnenwaarts.

Beoordeling van het voorland is gebaseerd op eenvoudige toets. Naar verwachting leidt een gedetailleerde toets aan de hand van actuele inspectie tot een voldoende oordeel.

Een totaaloordeel is samengevat in tabel 10-1 en in bijlage 2.

Tabel 10-1 Versterkingsopgave Wijk bij Duurstede - Amerongen

VAN DP	TOT DP	VAK	HT	GEKB	GABI	STMI	GEBU	GABU	VLGA	VLAF	VLZV	STPH	STBI	STBI	STBU
DP 0-65	DP 1+55	I	V	V	V	V	O	V	V	V	V	V	V	V	V
DP 1+60	DP 6+50	II	V	V	V	V	O	V	V	V	V	O	V	V	V
DP 6+55	DP 7+50	II	V	V	V	V	O	V	V	V	V	V	V	V	V
DP 7+55	DP 14+55	II	V	V	V	V	O	V	V	V	V	O	V	V	V
DP 14+60	DP 14+85	II-a	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 14+90	DP 34+50	II	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	V	V	V
DP 34+55	DP 35+40	IV	V	V	V	V	O	V	V	V	V	O	V	O	V
DP 35+45	DP 36+95	IV	V	V	V	V	O	V	V	V	V	O	V	V	V
DP 37+0	DP 37+45	IV	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	V	V	V
DP 37+50	DP 38+50	IV	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	V	O	V
DP 38+55	DP 40+45	IV	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	V	V	V
DP 40+50	DP 41+40	V	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	V	V	V	V
DP 41+45	DP 42+5	V	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	V	V	V
DP 42+10	DP 43+50	VI	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	O	V	V
DP 43+55	DP 43+100	VI	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	V	O	V	V
DP 44+0	DP 46+50	VI-a	V	V	V	V	O	V	V	V	G0	V	O	V	V
DP 46+55	DP 47+40	VI	V	V	V	V	O	V	V	V	G0	O	O	V	V
DP 47+45	DP 47+45	VI	V	V	V	V	O	V	V	V	G0	O	O	O	V
DP 47+50	DP 48+100	VI	V	O	V	V	O	V	V	V	G0	V	O	O	V
DP 49+0	DP 49+45	VI	V	O	V	V	O	V	V	V	V	V	O	O	V
DP 49+50	DP 50+15	VI	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	O	V
DP 50+20	DP 51+50	VII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 51+55	DP 52+45	VII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	V	O	V	V
DP 52+50	DP 53+45	VII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 53+50	DP 54+60	VII	O	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 54+65	DP 56+45	VII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 56+50	DP 57+40	VII	O	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 57+45	DP 59+45	VII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 59+50	DP 61+40	VII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	V	O	V	V
DP 61+45	DP 61+45	VIII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	V	V	O	V
DP 61+50	DP 62+50	VIII	O	O	V	V	O	V	V	V	V	V	V	O	V
DP 62+55	DP 63+50	VIII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	V	V	O	V
DP 63+55	DP 65+50	VIII	V	O	V	V	O	V	V	V	V	O	V	O	V
DP 65+55	DP 72+20	VIII	V	V	V	V	O	V	V	V	V	O	V	V	V
DP 72+25	DP 84+100	IX	V	V	V	V	O	V	V	V	V	O	O	V	V
DP 85+0	DP 85+35	X	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	O	V	V
DP 85+40	DP 85+50	XIa	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
DP 85+55	DP 86+85	XI	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	O	V	V
DP 86+90	DP 86+330	XII	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
DP 86+335	DP 86+420	XIII	V	V	V	V	O	V	nvt	nvt	nvt	O	V	V	V
DP 90+0	DP 91+90	XIII	V	V	V	V	O	V	V	V	G0	O	V	V	V
DP 92+0	DP 94+50	XIII	V	V	V	V	O	V	G0	G0	G0	O	V	V	V
DP 94+55	DP 94+105	XIV	V	V	V	V	O	V	G0	G0	G0	V	V	V	V
DP 95+0	DP 95+45	XIV	V	V	V	V	O	O	G0	G0	G0	V	V	V	V
DP 95+50	DP 96+45	XIV	V	V	V	V	O	O	G0	G0	G0	O	V	V	V
DP 96+50	DP 98+150	XV	V	V	V	V	O	O	G0	G0	G0	V	V	V	V
DP 99+0	DP 99+70	XV	V	V	V	V	O	O	nvt	nvt	nvt	V	V	V	V
DP 99+75	DP 99+125	XV	V	V	V	V	O	O	nvt	nvt	nvt	O	V	V	V
DP 99+130	DP 102+45	XVI	V	V	V	V	O	O	nvt	nvt	nvt	O	O	V	V
DP 102+50	DP 105+95	XVI	V	V	V	O	O	O	nvt	nvt	nvt	O	O	V	V

Legenda:

V= voldoende oordeel

O= onvoldoende oordeel

G0= geen oordeel

Bijlage 1 Bronnen

- [1] HDSR, 'Strategische Nota van Uitgangspunten (SNU) Sterke Lekdijk, Versie 1.0, definitief, 3 juli 2018
- [2] HDSR, Basis Specificatie Dijk, Systeemeisen, versie 1.0, juli 2018
- [3] Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Nota van Uitgangspunten, deel 2 rev4, HDSR, Arcadis en Sweco, 23 september 2018
- [4] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Hoogte en faalmechanisme (binnenwaartse) grasbekleding erosie kruin en binnentalud, Sweco-Arcadis, versie D3.0, d.d. 28 maart 2019
- [5] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Beoordeling Piping en Heave, Sweco-Arcadis, versie D2.0, d.d. 29 maart 2019
- [6] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Beoordeling Macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts, Sweco-Arcadis, versie D2.0, d.d. 28 maart 2019
- [7] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Beoordeling Microstabiliteit en afschuiving gras binnentalud, Sweco-Arcadis, versie D2.0, d.d. 28 maart 2019
- [8] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Faalmechanisme graserosie buitentalud en grasafschuiving buitentalud, Sweco-Arcadis, versie D2.0, d.d. 28 maart 2019
- [9] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Beoordeling voorland, Sweco-Arcadis, versie D3.0, d.d. 28 maart 2019
- [10] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Beoordeling NWO's, Sweco-Arcadis, versie D2.0, d.d. 28 maart 2019
- [11] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Beoordeling Beermuur, Sweco-Arcadis, versie D2.0, d.d. 28 maart 2019
- [12] Notitie Dijkversterking Wijk bij Duurstede- Amerongen, Beoordeling kabels en leidingen, Sweco-Arcadis, versie D2.0, d.d. 28 maart 2019
- [13] Dijkvakindeling Wijk bij Duurstede – Amerongen. Sweco & Arcadis, concept 30 augustus 2018
- [14] Detailtoetsing A-keringen van de Nederrijn- en Lekdijk, Eindrapportage ten behoeve van Dijkversterking Centraal Holland met Bijlagen, Arcadis, 23 december 2015 en Veiligheidsanalyse Centraal Holland, aanscherping toetsresultaat noordelijke Lekdijken en voormalige C-keringen, juni 2017, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.
- [15] Geofysisch bodemonderzoek Dijkversterking Centraal Holland, Noordelijke Lekdijk, Medusa, mei 2017
- [16] Dijkonderzoek Sterke Lekdijk WAM, Geotechnische lengteprofiel. Wiertsema-Inpijn Blokpoel VOF, 26 juni 2018.
- [17] Dijkonderzoek Sterke Lekdijk WAM, Geotechnische dwarsprofielen. Wiertsema-Inpijn Blokpoel VOF, 10 oktober 2018
- [18] Grondonderzoek, Sterke Lekdijk Wijk bij Duurstede / Amerongen (WAM), Uitwerking Pompproef, Wiertsema-Inpijn-Blokpoel V.O.F.
- [19] Geologische kaarten
- [20] Proefveld macrostabiliteit, onderdeel van [...]
- [21] AHN3
- [22] Veldwerk en laboratoriumonderzoek op te leveren medio september 2018 conform "Veldwerkplan Wijk bij Duurstede Amerongen, HDSR, kenmerk DM1322636".
- [23] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1 september 2004
- [24] Schematiseringshandleiding macrostabiliteit, WBI 2017, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, december 2016



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN



UW WATERSCHAP

- [25] Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, OI2014v4, Rijkswaterstaat, februari 2017
- [26] KPR factsheet werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4, 08-03-201
- [27] Waterwet met de bijlagen geldig per 01-01-2017
- [28] Tienjarig Overzicht 1981-1990: presentatie van afvoeren, waterstanden, watertemperaturen, golven en kustmetingen. Ministerie van verkeer en waterstaat, 1994.
- [29] Schematiseringshandleiding piping, WBI 2017, 2 januari 2017
- [30] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken. Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW), 1 september 2004.
- [31] Onderzoeksrapport Zandmeevoerende Wellen, Deltares, maart 2012
- [32] Referentiewaarden waterstanden tcm 174-326696. Slotgemiddelde 1991.0.
- [33] Schematiseringshandleiding grasbekleding, WBI 2017. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [34] Schematiseringshandleiding steenbekleding, WBI 2017. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [35] Schematiseringshandleiding afschuiven voorland - WBI 2017. Rijkswaterstaat ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [36] Schematiseringshandleiding Microstabiliteit - WBI 2017. Rijkswaterstaat ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [37] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken. Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW), 1 september 2004.
- [38] Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing – WBI 2017. Rijkswaterstaat, 1 december 2017.
- [39] Schematiseringshandleiding golfafslag voorland – WBI 2017. Rijkswaterstaat, 1 december 2017.
- [40] CUR Aanbeveling 101)
- [41] NEN 5118
- [42] NEN 3650
- [43] NEN 3651
- [44] Arcadis, Hoogtetoets Lekdijk, hydraulische randvoorwaarden en detailtoets hoogte, C03011.000406, 23 december 2015
- [45] CSO Lieveense, Hydraulische Randvoorwaarden Nederrijn – Lekdijk, WAB003872-R-001 rev 2, 23 april 2018
- [46] Deltares, Rekenrecept afleiden ontwerprandvoorwaarden Bovenrivieren Rijntakken met Hydra-NL, 11200575-011-GEO-0005, 14 september 2017
- [47] Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en veiligheid, Rijkswaterstaat, 22 april 2016
- [48] Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en veiligheid. Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Bijlage 2 Overzicht van de totale opgave op basis van
scopebepaling

UW WATERSCHAP

Wijk bij Duurstede – Amerongen (WAM)
Beschrijving opgave hoogte, macrostabiliteit binnenwaarts en piping
Versie: 5-3-2019

dijkvakindeling	van	tot	beschrijving opgave	Hoogtetekort [HT] overslag >5 l/s/m [m]	Stabiliteit tekort [STBI] bij WBN [tekort t.o.v. SF]	Toelichting maatregel in grond verbetering binnenwaartse macrostabiliteit	lengte berm EBL-BBL [m]	Afmetingen berm (afstanden t.o.v. de binnenkruinlijn)					
vak	van [dp m]	tot [dp m]	[-]			[-]		begin berm (BBL)	Einde berm (EBL)	Binnentee (BIT)			
[-]								X [m ref]	Z [NAP m]	X [m ref]	Z [NAP m]	X [m ref]	Z [NAP m]
I	0+65	0+50	geen opgave STPH en STBI										
II	0+50	17+95	opgave STPH KWT;gem=45m										
III	17+95	34+20	opgave STPH KWT;gem=73m										
IV	34+20	39+30	opgave STPH KWT;gem=81m en lokaal opgave STBI;overslag										
V	39+30	42+10	lokale opgave STPH KWT;gem=18m										
VI	42+10	50+20	lokale opgave STPH KWT;gem=12m, opgave STBI;macro+overslag		-0,2	verhoging bestaande berm met circa 1m, weinig tot geen extra ruimtebeslag	13,9	6,1	7,5	20,0	6,8	30,8	4,7
VII	50+20	61+45	lokale opgave STPH KWT;gem=42m, opgave STBI;macro en HT;tekort	0,15	-0,16	verhoging bestaande berm met circa 1,5m, circa 5 m extra ruimtebeslag	20,0	10,0	7,0	30,0	6,0	38,9	4,2
VIII	61+45	72+25	opgave STPH KWT;gem=37m en lokaal opgave STBI;overslag en zeer beperkt HT;tekort	0,02									
IX	72+25	74+50	opgave STPH KWT;gem=76m en opgave STBI;macro		-0,1	verhoging berm met circa 0,5 m, geen extra ruimtebeslag benodigd. Let op: direct voor de woning ligt het maaiveld lokaal lager, houdt hier rekening met een extra aanvulling van 0,5 tot 1,0 m	4,1	10,9	7,0	15,0	6,8	22,1	5,4
X	74+50	85+40	opgave STPH KWT;gem=111m en opgave STBI;macro		-0,09	verhoging bestaande berm met circa 0,5 m, geen extra ruimtebeslag benodigd.	22,7	11,3	6,5	34,0	5,4	36,5	4,9
XIa	85+40	85+55	geen opgave STPH en STBI										
XI	85+55	86+90	opgave STPH KWT;gem=82m en opgave STBI;macro		-0,29	Tussen DP 85 verhoging berm met circa 0,5 tot 1,0 m, geen tot zeer beperkt extra ruimtebeslag benodigd. NB. tussen circa DP85+80 en DP86+50 is het vereiste profiel reeds aanwezig. Tussen DP86+50 en DP86+90 is naar verwachting ook geen of een zeer beperkte maatregel vereist, dit betreft de aansluiting op de beermuur	20,7	3,8	8,0	24,5	5,7	26,0	5,0
XII	86+90	86+335	geen opgave STPH en STBI										
XIII	86+335	92+60	opgave STPH KWT;gem=119m										
XIV	92+60	96+50	opgave STPH KWT;gem=65m										
XV	96+50	99+70	geen opgave STPH en STBI										
XVI	99+70	105+95	opgave STPH KWT;gem=117m en opgave STBI;macro		-0,04	verhoging bestaande berm tussen fietspad en watergang met circa 1 m, geen extra ruimtebeslag benodigd.	12,0	17,5	6,9	29,5	6,3	41,9	3,8
Speciale trajecten				Hoogtetekort [HT]	Stabiliteit tekort [STBI]	Toelichting maatregel in grond verbetering binnenwaartse macrostabiliteit							
II-a	14+60	14+85			-0,55	Geen ruimte beschikbaar voor binnenwaartse grondoplossing. Buitenwaartse asverschuiving van de kruin is mogelijk wel kansrijk op deze locatie. De kruin is op deze locatie circa 19 m breed, dit biedt de mogelijkheid om met relatief beperkt grondverzet een buitenwaartse asverschuiving te realiseren.							
VI-a	43+75	44+45			-0,04	Geen ruimte voor binnenwaartse grondoplossing. Taludverflauwing naar 1:3 door kruinversmalling is mogelijk wel kansrijk							
X-a	79+45	80+0			-0,44	Geen ruimte beschikbaar voor binnenwaartse grondoplossing. Buitenwaartse asverschuiving van de kruin is mogelijk wel kansrijk op deze locatie. De kruin is op deze locatie circa 16 m breed, dit biedt de mogelijkheid om met relatief beperkt grondverzet een buitenwaartse asverschuiving te realiseren.							

Legenda:

- geen opgave
- opgave
- faalmechanisme niet van toepassing

Opmerkingen:

Aangenomen dat onder de ophoging aan het einde van de planperiode minimaal weer een POP aanwezig is van 5 kPa in de lichte klei en 1 kPa in het veen.

De effectiviteit van de berm is sterk afhankelijk van de vorm van het glijvlak en of het maatgevende glijvlak onder de berm ongedraineerde of gedraineerde lagen doorsnijdt. Bij ongedraineerde lagen is hogere berm vereist dan bij gedraineerde lagen om hetzelfde effect te bereiken. Dit is een direct gevolg van de onduidelijkheid over de ontwikkeling van de POP na het aanbrengen van de berm. Er is nu conservatief aangenomen dat deze minimaal een waarde bereikt van 5 kPa. Indien de POP zich weer volledig herstelt tot de oorspronkelijke waarde of de ondergrenswaarden uit de SH macrostabiliteit mogen worden toegepast zal de vereiste dikte van de berm afnemen.

Werkwijze intekenen benodigd ruimtebeslag in GIS/BIM:

- Z_Begin berm (BBL) hoogte is gegeven
- X_Begin berm (BBL) locatie x opzoeken in geometrie op basis van de gegeven hoogte Z

- Z_Eindpunt berm (EBL) hoogte is gegeven
- X_Eindpunt berm (EBL) = X_Begin berm (BBL) + lengte berm

- Z_Binnentee (BIT) bepalen op basis van de aanwezige geometrie. Vanaf eindpunt berm 1:5 talud omlaag tot snijpunt maaiveld.
- X_Binnentee (BIT) bepalen op basis van de aanwezige geometrie. Vanaf eindpunt berm 1:5 talud omlaag tot snijpunt maaiveld.

Wijk bij Duurstede – Amerongen (WAM)

Beschrijving opgave hoogte, macrostabiliteit binnenwaarts en piping

Versie: 5-3-2019

dijkvakindeling				Stabiliteit tekort [STBI] bij overslag > 1l/s/m [tekort t.o.v. SF]	Toelichting maatregel	Kwielweglengte tekort t.o.v. binnenteen HDSR [STPH]		
vak	van [+]	tot [+]	beschrijving opgave [-]			min [m]	max [m]	gemiddelde [m]
I	0+00	0+20	geen opgave STPH en STBI			0	0	0
II	0+20	17+35	opgave STPH KWT; gem=45m			0	68	43
III	17+35	34+20	opgave STPH KWT; gem=73m			47	93	73
IV	34+20	39+30	opgave STPH KWT; gem=81m en lokaal opgave STBI; overslag	-0,04	taludverflauwing naar circa 1:3,5 resulteert in voldoende oordeel macrostabiliteit. Check of dit tevens resulteert in een voldoende voor de bekleding	47	101	81
V	39+30	42+10	lokale opgave STPH KWT; gem=18m			0	70	28
VI	42+10	50+20	lokale opgave STPH KWT; gem=12m, opgave STBI; macro+overslag	-0,24	taludverflauwing naar circa 1:3,5 resulteert in voldoende oordeel macrostabiliteit. Check of dit tevens resulteert in een voldoende voor de bekleding	0	30	13
VII	50+20	61+45	lokale opgave STPH KWT; gem=42m, opgave STBI; macro en HT; tekort			0	88	42
VIII	61+45	72+25	opgave STPH KWT; gem=37m en lokaal opgave STBI; overslag en zeer beperkt HT; tekort	-0,00	taludverflauwing naar circa 1:3,5 resulteert in voldoende oordeel macrostabiliteit. Check of dit tevens resulteert in een voldoende voor de bekleding	0	70	37
IX	72+25	74+30	opgave STPH KWT; gem=70m en opgave STBI; macro			34	93	70
X	74+30	85+40	opgave STPH KWT; gem=111m en opgave STBI; macro			41	183	111
XIa	85+40	85+55	geen opgave STPH en STBI			0	0	0
XI	85+55	86+90	opgave STPH KWT; gem=82m en opgave STBI; macro			82	82	82
XII	86+90	86+335	geen opgave STPH en STBI			0	0	0
XIII	86+335	92+00	opgave STPH KWT; gem=119m			98	124	119
XIV	92+00	96+50	opgave STPH KWT; gem=85m			0	98	65
XV	96+50	99+70	geen opgave STPH en STBI			0	0	0
XVI	99+70	105+95	opgave STPH KWT; gem=117m en opgave STBI; macro			83	163	117
Speciale trajecten								
II-a	14+00	14+85				45	45	45
VI-a	43+75	44+45				0	0	0
X-a	79+45	80+0				112	124	113



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 3 Notitie Beoordeling Hoogte en GEBU

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 4 Notitie Beoordeling Piping en Heave

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 5 Notitie Beoordeling Macrostabiliteit binnenwaarts en
buitenwaarts

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 6 Notitie Beoordeling Microstabiliteit en GABI

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 7 Notitie Beoordeling bekleding GEBU en GABU

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 8 Notitie Beoordeling Voorland

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 9 Notitie Beoordeling NWO's

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 10 Notitie Beoordeling kabels en leidingen dijkversterking WAM

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

UW WATERSCHAP

SWECO

 **ARCADIS**

Bijlage 11 Rapportage Beoordeling Beermuur

niet bijgevoegd vanwege omvang bestand, op aanvraag beschikbaar!