gemeente
Het Hogeland

TER INZAGE

Betreft:	Het realiseren van een damwand en keerwand
Locatie:	Havendijk in Lauwersoog
Periode:	[…….] tot en met […….]
Inlichtingen:	de heer L. Faber, Team RO/ VTH

Omgevingsvergunning gemeente Het Hogeland

Inhoudsopgave

1. Aanvraag
2. Procedure
3. Overwegingen voorafgaand aan de besluitvorming
4. Besluit
5. Voorwaarden en verplichtingen
6. Leges
7. Inwerkingtreding en rechtsbescherming
8. Stukken behorend bij de vergunning

1. Aanvraag

Op 28 januari 2022 hebben wij een aanvraag ontvangen voor een omgevingsvergunning, zoals bedoeld in de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). De aanvraag is geregistreerd onder zaaknummer Z.HHL.053685.

Gegevens aanvrager

Naam en adres	:	Heijmans Infra B.V. De heer L. de Bruin Postbus 37 5240 AA ROSMALEN

Omschrijving

De aanvraag betreft	:	het realiseren van een damwand en keerwand
De aanvraag bevat de volgende activiteiten	:	
- het bouwen van een bouwwerk		
Locatie	:	Havendijk in Lauwersoog

2. Procedure

Bevoegd gezag
Het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Het Hogeland is bevoegd om op de aanvraag te beslissen.

Kennisgeving
De ontvangst van de aanvraag is gepubliceerd op de internetpagina van de gemeente Het Hogeland en in de plaatselijke courant.

Indieningsvereisten en ontvankelijkheid
Wij hebben de aanvraag aan de hand van de Ministeriële regeling omgevingsrecht (Mor) getoetst op ontvankelijkheid. Wij zijn van oordeel dat de aanvraag voldoende informatie bevat voor een goede beoordeling van de gevolgen van de activiteit op de fysieke leefomgeving. De aanvraag is dan ook ontvankelijk en in behandeling genomen.

Inzage en zienswijzen
De ontwerpbesluiten en het bij het Projectplan behorende milieueffectrapport (MER) hebben gedurende 6 weken ter inzage gelegen. In de zienwijzennota is gereageerd op de naar voren gebrachte zienswijzen.

3. Overwegingen voorafgaand aan de besluitvorming

Aan het besluit liggen de volgende inhoudelijke overwegingen ten grondslag:

Overwegingen ten aanzien van het (ver)bouwen van een bouwwerk

Toetsing aan het bestemmingsplan
Het perceel is gelegen in het bestemmingsplan “Bestemmingsplan Lauwersoog-Waddenkwartier” en heeft de bestemming “Gemengd, Groen en Verkeer-Verblijfsgebied met dubbelbestemming Waterstaat-Waterkering”.
Het bouwplan voldoet aan de regels van het bestemmingsplan.

Toetsing aan redelijke eisen van welstand
De aanvraag is door Libau, Welstands- en monumentenzorg Groningen, getoetst aan de gemeentelijke welstandsnota ‘’De Marne’’. Het perceel valt binnen het welstandsgebied ‘’Buitengebied’’ en ‘’Lauwersoog’’.
Op 23 februari 2022 is er een advies uitgebracht over het bouwplan. Het bouwplan voldoet aan de redelijke eisen van welstand (adviesnummer 22020236).

Toetsing aan het Bouwbesluit
Er is voldoende aannemelijk gemaakt dat het bouwplan voldoet aan de voorschriften van het Bouwbesluit.

Toetsing aan de gemeentelijke Bouwverordening
Er is voldoende aannemelijk gemaakt dat het bouwplan voldoet aan de voorschriften van de bouwverordening.

4. Besluit

Totstandkoming
Dit besluit is tot stand gekomen volgens de uitgebreide voorbereidingsprocedure overeenkomstig het bepaalde in artikel 3.10 van de Wabo. Gebleken is dat u voldoende aannemelijk hebt gemaakt dat uw aanvraag voldoet aan de eisen die de Wet algemene

bepalingen omgevingsrecht, het Besluit omgevingsrecht en de Ministeriele regeling omgevingsrecht daaraan stellen.
Aan het besluit zijn voorwaarden en verplichtingen verbonden. Deze moet u naleven.

Wij hebben besloten de aangevraagde omgevingsvergunning voor het realiseren van een damwand en keerwand op het perceel Havendijk in Lauwersoog te verlenen. De aanvraag heeft betrekking op de activiteit bouwen, artikel 2.1 lid 1 sub a, en is beoordeeld aan § 2.3 van de Wabo.

Onderdeel van dit besluit vormen de onder 8 opgesomde bijlagen.

5. Voorwaarden en verplichtingen

Voorwaarden
Wij hebben de volgende voorwaarden aan de omgevingsvergunning verbonden:

Ten aanzien van het (ver)bouwen van een bouwwerk

a. Het bouwwerk moet worden uitgevoerd conform de bijgevoegde gewaarmerkte tekeningen/bijlagen.
b. Er moet worden gebouwd volgens de bepalingen van het Bouwbesluit en de Bouwverordening.
c. Nadere uitwerkingen van constructietekeningen en -berekeningen dienen uiterlijk drie weken voorafgaand aan de uitvoering van de werkzaamheden te worden overlegd aan Bouw- en Woningtoezicht.

Verplichtingen
Wij wijzen u op de volgende wettelijke verplichtingen:

Ten aanzien van het (ver)bouwen van een bouwwerk

Schriftelijke kennisgevingen
Aan Bouw- en Woningtoezicht moet schriftelijk kennis worden gegeven van:

a. verandering van het adres van degene onder wiens leiding het werk wordt uitgevoerd;
b. de aanvang van grond- en ontgravingswerkzaamheden, tenminste twee dagen van tevoren;
c. de aanvang van heiwerkzaamheden, het vervaardigen van boor-, of in de grond gevormde funderingspalen en het slaan van buispalen, tenminste twee dagen van tevoren;
d. de aanvang van het storten van beton ter controle van de wapening, tenminste twee dagen van tevoren;
e. de oplevering van grondleidingen en afvoerputten onmiddellijk na voltooiing, vóór het dichten van de sleuven;
f. de start van de werkzaamheden. Hiervoor dient u bijgevoegd ‘formulier melding start’ in te dienen. Dit formulier moet twee dagen voor de werkzaamheden starten ingediend worden;
g. het gereed zijn voor ingebruikgeving of ingebruikneming van het bouwwerk of een gedeelte daarvan. Hiervoor dient u bijgevoegd ‘formulier melding gereed’ in te dienen. Dit formulier moet uiterlijk één werkdag nadat de werkzaamheden gereed zijn ingediend worden.

De genoemde formulieren kunt u sturen naar:
Per post: gemeente Het Hogeland, Postbus 26, 9980 AA Uithuizen.
Email: een gescand formulier kan gemaild worden naar gemeente@hethogeland.nl.

Verbod voor ingebruikneming
Het is verboden een bouwwerk, waarvoor omgevingsvergunning is verleend in gebruik te geven of te nemen indien:

a. het bouwwerk niet gereed is gemeld bij Bouw- en Woningtoezicht;
b. er niet gebouwd is overeenkomstig de verleende omgevingsvergunning.

Overige opmerkingen

a. De omgevingsvergunning wordt verleend behoudens rechten van derden.
b. Indien u reeds gebruik maakt van deze vergunning, voordat definitief is komen vast te staan dat de vergunning niet meer kan worden vernietigd, op grondslag van een door belanghebbende krachtens de Wet tegen de verlening van deze vergunning ingesteld bezwaar of beroep, handelt u daarmee op eigen risico en kunt u bij daadwerkelijke vernietiging achteraf van de vergunning de gemeente in geen enkel opzicht aansprakelijk houden.

6. Leges

Voor het in behandeling nemen van de aanvraag om omgevingsvergunning zijn leges verschuldigd. De aanslag daartoe wordt u opgelegd door de heffingsambtenaar. Volgens onze berekening bedragen de leges:

Opgegeven bouwkosten (excl. BTW)		€ 1.000.000,00
Vastgestelde bouwkosten (excl. BTW)		€ 1.000.000,00
Artikel legesverordening en toelichting		
2.3.1	bouwactiviteiten	€ 25.377,10
2.3.1.2	welstandsadvies	€ 1.269,00
	Totaal:	**€ 26.646,10**

Voor de betaling van dit legesbedrag wordt u binnenkort door of namens de heffingsambtenaar een factuur toegestuurd.

7. Rechtsbescherming en inwerkingtreding

Coördinatie
De voorbereiding van de besluiten die nodig zijn voor de uitvoering van het project Dijkversterking Lauwersmeerdijk wordt door de provincie Groningen gecoördineerd op grond artikel 5.8 van de Waterwet. De coördinatie is gericht op een efficiënte besluitvorming door de voorbereiding, vaststelling en bekendmaking van de benodigde besluiten op elkaar af te stemmen en gelijktijdig te laten verlopen.

De besluiten die gecoördineerd worden voorbereid zijn:

- Projectplan Waterwet (waterschap Noorderzijlvest);
- Omgevingsvergunningen (gemeente Het Hogeland);
- Vergunning Wet natuurbescherming (provincie Groningen).

Ontwerpbesluiten
De ontwerpbesluiten en het bij het Projectplan behorende milieueffectrapport (MER) hebben gedurende 6 weken ter inzage gelegen. In de zienwijzennota is gereageerd op de naar voren gebrachte zienswijzen.

Beroep
Tegen dit besluit kan tijdens de beroepstermijn van 6 weken beroep aangetekend worden bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State.

Houdt u er rekening mee dat u voor het indienen van een beroepschrift griffierechten verschuldigd bent.
Het beroepschrift dient ten minste te bevatten:
- De naam en adres van de indiener;
- De dagtekening;
- Een omschrijving van het besluit waartegen het beroepschrift is gericht;
- De reden(en) van het bezwaar.

Ook moet u een afschrift van het besluit waartegen het beroep zich richt bijvoegen.
Een beroepschrift schorst de werking van een besluit niet.

Daarnaast kunt u in spoedeisende gevallen de voorzieningenrechter verzoeken een voorlopige voorziening te treffen. Dit verzoek kunt u samen met een kopie van uw bezwaarschrift sturen aan de voorzieningenrechter van de sector Bestuursrecht van de rechtbank Noord-Nederland, locatie Groningen, Postbus 150, 9700 AD Groningen.
U kunt ook digitaal het verzoekschrift indienen bij de rechtbank via http://loket.rechtspraak.nl/bestuursrecht. Daarvoor moet u wel beschikken over een elektronische handtekening (DigiD). Kijk op de genoemde site voor de precieze voorwaarden.

Inwerkingtreding beschikking
De omgevingsvergunning treedt in werking met ingang van de dag na afloop van de termijn voor het indienen van een beroepschrift. Het indienen van een beroepschrift schorst de werking van het besluit niet.

Crisis- en herstelwet
Afdeling 2 van hoofdstuk 1 van de Crisis- en herstelwet is van toepassing op het besluit. Voor het
instellen van beroep betekent dit onder meer dat:
- de beroepsgronden in het beroepschrift moeten worden opgenomen;
- beroepsgronden na afloop van de beroepstermijn niet meer kunnen worden aangevuld.

8. Stukken behorend bij de beschikking

Wij verlenen de omgevingsvergunning voor het realiseren van een damwand en keerwand onder de bepaling dat de volgende stukken deel uitmaken van de omgevingsvergunning:

- G012852-RAP-3140_Ontwerpnota_DO_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- Impressie_HAVENDIJK_Sectie_5_jpg, ontvangen op 28 januari 2022;
- Sectie-overzicht_1_tm_7_jpg, ontvangen op 28 januari 2022;
- _havendijk_sectie_5_en_7_-_D10037362_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- 011_000003-DO-03_HD-007-0_1_Sectie_5_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- 011_000003-DO-03_HD-009-0_2_Sectie_7_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- 0003-DO-03_HD-001-0_2_Cleveringsluis_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- G012852-MEM-3298_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- LMD sectie vijf damwand en keerwand, ontvangen op 28 januari 2022;
- Bijlage_B_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- Bijlage_B_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- Bijlage_C_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- Bijlage_E_pdf, ontvangen op 28 januari 2022;
- Bijlage_G_pdf, ontvangen op 28 januari 2022.

Uithuizen, 1 november 2022

Hoogachtend,
Burgemeester en wethouders van de gemeente Het Hogeland
namens dezen,

H.A.M. Vlessert
Teamcoach, Team RO/ Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving

Dit besluit is voorzien van een elektronische ondertekening.

MELDING START BOUWWERKZAAMHEDEN

Dossiernummer:	**Z.HHL.053685**
Datum vergunning:	**1 november 2022**
Omschrijving:	**het realiseren van een damwand en keerwand**
Locatie:	**Havendijk in Lauwersoog**

Ondergetekende verklaart dat de werkzaamheden starten op d.d.: _____

Vergunninghouder: Heijmans Infra B.V.
De heer L. de Bruin
Postbus 37
5240 AA ROSMALEN

Het bouwen zal worden uitgevoerd door:

Naam: _____

Adres: _____

Postcode en plaats: _____

Telefoon en fax: _____

Email: _____

Handtekening vergunninghouder/gemachtigde

Plaats: _____

Datum: _____

Handtekening:

_____

De vergunninghouder is verplicht deze bouwregistratiegegevens uiterlijk twee dagen vóór aanvang van de werkzaamheden, schriftelijk aan burgemeester en wethouders te verstrekken.

Dit formulier kan gestuurd worden naar:
gemeente Het Hogeland, Postbus 26, 9980 AA Uithuizen.
Ook kan een gescand formulier gemaild worden naar gemeente@hethogeland.nl.

MELDING GEREED BOUWWERKZAAMHEDEN

Dossiernummer:	**Z.HHL.053685**
Datum vergunning:	**1 november 2022**
Omschrijving:	**het realiseren van een damwand en keerwand**
Locatie:	**Havendijk in Lauwersoog**

Ondergetekende verklaart dat de werkzaamheden zijn/worden voltooid op d.d.: _____

Vergunninghouder: Heijmans Infra B.V.
De heer L. de Bruin
Postbus 37
5240 AA ROSMALEN

Handtekening vergunninghouder/gemachtigde

Plaats: _____

Datum: _____

Handtekening:

_____

De vergunninghouder is verplicht uiterlijk één dag na beëindiging van de werkzaamheden, waarop de omgevingsvergunning betrekking heeft, het einde van die werkzaamheden bij het bouwtoezicht melden.

Dit formulier kan gestuurd worden naar:
gemeente Het Hogeland, Postbus 26, 9980 AA Uithuizen.
Ook kan een gescand formulier gemaild worden naar gemeente@hethogeland.nl.

gemeente
Het Hogeland

Heijmans Infra B.V.
De heer L. de Bruin
Postbus 37
5240 AA ROSMALEN

Datum: 1 november 2022
Kenmerk: Z.HHL.053685
Onderwerp: omgevingsvergunning – het realiseren van een damwand en keerwand

Geachte heer De Bruin,

Op 28 januari 2022 hebben wij uw aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor het realiseren van een damwand en keerwand op het perceel Havendijk in Lauwersoog. Uw aanvraag is bij ons geregistreerd onder het zaaknummer Z.HHL.053685.

Zienswijzen
De ontwerpbesluiten en het bij het Projectplan behorende milieueffectrapport (MER) hebben gedurende 6 weken ter inzage gelegen. In de zienwijzennota is gereageerd op de naar voren gebrachte zienswijzen.

Verlenen omgevingsvergunning
Wij hebben besloten de omgevingsvergunning te verlenen. Het besluit met bijbehorende voorwaarden en verplichtingen hebben wij bijgevoegd. Wij raden u aan om alles zorgvuldig door te nemen. Dit kan veel misverstanden voorkomen. U moet namelijk de aan de vergunning verbonden voorwaarden en verplichtingen naleven.

Betaling leges
Overeenkomstig de legesverordening bent u voor het in behandeling nemen van uw aanvraag voor een omgevingsvergunning leges verschuldigd. Deze leges bedragen € 26.646,10. Voor betaling van dit bedrag ontvangt u een gespecificeerde nota van de heffingsambtenaar. Tegen de in rekening gebrachte kosten kunt u eventueel bezwaar aantekenen bij de gemeente.

Publicatie en ter inzage
Het besluit wordt door de Provincie Groningen gepubliceerd. Tegen dit besluit kan tijdens de beroepstermijn van 6 weken beroep aangetekend worden bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State.

Heeft u vragen?
Dan kunt u contact opnemen met het Klant Contact Centrum van onze gemeente tussen 9.00 en 12.30 uur via telefoonnummer 088 - 345 88 88 of mail uw vragen aan ons via gemeente@hethogeland.nl.

Wij gaan er vanuit u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben.

Hoogachtend,
Burgemeester en wethouders van de gemeente Het Hogeland
namens dezen,

H.A.M. Vlessert
Teamcoach, Team RO/ Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving

Dit besluit is voorzien van een elektronische ondertekening.

Bijlage:
- Besluit aanvraag Omgevingsvergunning

DO langsconstructies havendijk sectie 5 en 7

27 januari 2022

Concept

Contactpersoon

RAHMAN ÖZDEMIR
Geotechnical Engineer

T +31 (0) 88 4 261 261
M +31 (0) 6 11 91 22 64
E rahman.ozdemir@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Nederland

Concept

Inhoudsopgave

1 Inleiding 6
1.1 Projectbeschrijving 6
1.2 Referenties 7
1.2.1 Normen en richtlijnen 7
1.2.2 Literatuur 7
1.2.3 Software 7
1.3 Leeswijzer 7

2 Uitgangspunten 8
2.1 Locatie sectie 5 en 7 8
2.2 Geometrie sectie 5 8
2.3 Geometrie sectie 7 9
2.4 NWO bebouwingen 10
2.5 Kabels en leidingenstrook 10
2.6 Ontwerplevensduur 10
2.7 Normering 10
2.8 Veiligheidsfilosofie 11
2.8.1 Overzicht van toe te passen controles 11
2.8.2 Partiële factoren bij toetsing damwand conform PPL 11
2.9 Fasering in Plaxis berekeningen 14
2.10 Kenmerken constructie 15
2.10.1 Damwanden 15
2.10.1.1 Type damwanden 15
2.10.1.2 Corrosie damwanden 15
2.10.1.3 Eigenschappen damwanden sectie 5 en 7 15
2.10.2 Keermuur 16
2.11 Geotechnische uitgangspunten 17
2.11.1 Grondopbouw 17
2.11.1.1 Grondopbouw sectie 5 17
2.11.1.2 Grondopbouw sectie 7 17
2.11.2 Grondparameters 18
2.11.3 Doorlatendheden 19

Concept

2.12 Hydraulische uitgangspunten 19
2.12.1 Waterstanden 19
2.12.2 Schematisering freatische waterlijnen 19
2.12.3 Schematisering stijghoogtes 20
2.12.4 Plaxflow uitgangspunten 20
2.13 Inbrengmethode 21
2.14 Belastingen 22
2.14.1 Verkeersbelasting 22
2.14.2 Golfklap belasting 22
2.15 Bodemdaling 22
2.16 Algemene uitgangspunten Plaxis 23

3 Berekeningsresultaten sectie 5 DP71 24
3.1 Resultaat Plaxis berekening 24
3.2 Plaxflow resultaten 25
3.3 Geotechnisch bezwijken (GEO-1) 25
3.4 Constructieve toetsing sterkte damwand (STR-1) 27
3.5 Verlies van verticaal evenwicht (SSI-1) 28
3.6 Toets vervormingen 28

4 Berekeningsresultaten sectie 5 DP63 30

5 Berekeningsresultaten sectie 7 DP56 31
5.1 Resultaat Plaxis berekening 31
5.2 Plaxflow resultaten 31
5.3 Geotechnisch bezwijken (GEO-1) 32
5.4 Constructieve toetsing sterkte damwand (STR-1) 33
5.5 Verlies van verticaal evenwicht (SSI-1) 35
5.6 Toets vervormingen 35

6 Samenvatting ontwerp 36

7 Aandachtspunten uitvoering 37

Bijlagen

Bijlage A Grondparameters 38
Hardening Soil grondmodel 38
Soft Soil Creep grondmodel 38

Concept

Shabsep NGI- ADP-S grondmodel 38

Bijlage B Plaxfow resultaten sectie 5 DP71 39

Bijlage C Plaxfow resultaten sectie 7 DP56 42

Concept

1 Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

Het HWBP-project Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat is onderdeel van normtraject 6-5 in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest met een opgave vanuit de 3e toetsronde, waarin de asfaltbekleding (AGK en AWO) is afgekeurd. Een nadere veiligheidsanalyse (HKV, 2018) heeft ook aangetoond dat de faalmechanismen zetsteenbekleding (ZST) en grasbekleding (GEKB en GEBU) traject dekkend niet voldoen aan de eisen uit de Waterwet.

Normtraject 6-5 ligt langs de Waddenzee ten noorden van het Lauwersmeer. Het westelijk deel van de Lauwersmeerdijk, dat loopt tot aan de Cleveringsluizen, valt binnen het beheergebied van Wetterskip Fryslân. Dit deel maakt geen onderdeel uit van de scope. Het projectgebied betreft het oostelijk deel van normtraject 6-5, dat binnen het beheergebied van waterschap Noorderzijlvest (NZV) valt. Het projectgebied betreft het dijklichaam in grond (inclusief bekleding, voor- en achterland) en de dijkbekleding van het Cleveringsluizencomplex. De constructieve elementen van de Cleveringsluizen en de Robbegatsluis maken geen deel uit van het project. Dit zijn momenteel de enige kunstwerken binnen het traject.

Het projectgebied is opgeknipt in twee dijksecties, te weten:
- De Havendijk (DP90,0 – DP89,2)
- De Landelijke Dijk (DP89,1 – DP82,1)

Figuur 1: Locatie van de deeltrajecten binnen de dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat

Bij de havendijk wordt op twee trajecten (sectie 5 en sectie 7) een nieuwe waterkering in de vorm van een damwand beoogt. In Figuur 2 zijn de locaties van beide secties binnen het dijkversterkingsproject weergegeven. In voorliggende rapport is het definitief ontwerp (DO) van de langsconstructie in sectie 5 en 7 opgenomen.

Figuur 2: Locatie havendijk sectie 5 en 7 (rood = beoogde langsconstructie)

1.2 Referenties

1.2.1 Normen en richtlijnen

[R 1] NEN 1997-1, Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-1 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel1: Algemene regels, 2017.
[R 2] Stichting CUR, CUR-Publicatie 166 Damwandconstructies deel 1 & 2, 2012.
[R 3] Stichting CUR, CUR Rapport 162 Construeren met grond, 1992.
[R 4] Deltares, POV-M Publicatie Langsconstructies, versie maart 2020 (aangeduid als PPL).
[R 5] Deltares, POV-M Publicatie Eindige-elementenmethode, versie maart 2020 (aangeduid als PPE).
[R 6] Rijkswaterstaat, afronding onderzoek vermindering corrosietoeslag damwanden, 02 december 2015, versie definitief.
[R 7] Rijkswaterstaat, Schematiseringshandleiding macrostabiliteit, 28 mei 2021, versie 4.0 definitief.
[R 8] Bentley, Plaxis manual, 01 december 2020.

1.2.2 Literatuur

[D 1] Geotechnisch onderzoek Dijkverbetering Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat te Lauwersoog, Wiertsema & Partners, d.d. 26-01-2018.
[D 2] Technische Uitgangspuntennotitie Dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat, Arcadis, maart 2021.
[D 3] Arcadis, Damwandberekening Havendijk (VO), d.d. 13 juli 2021.
[D 4] Arcadis, Tekening DO, C07011.000003-DO-03_HD-007-0.1.
[D 5] Arcadis, Trillingspredictie Lauwersmeerdijk sectie 5 en 7, d.d. 23 september 2021
[D 6] Heijmans, Beoordeling installatie damwanden Dijkversterkingsproject Lauwersmeerdijk Sectie 5 en 7, kenmerk: G.012852_MEM_01, 11 december 2021

Commented [ÖR1]: Updaten naar nieuwste versie

1.2.3 Software

1. Plaxis V21

1.3 Leeswijzer

Na deze inleiding worden de uitgangspunten met onderbouwing besproken met vervolgens de uitwerking en de resultaten van de beoordeling. Per hoofdstuk is het volgende opgenomen:

- Hoofdstuk 2: Uitgangspunten;
- Hoofdstuk 3: Berekeningsresultaten sectie 5 DP71;
- Hoofdstuk 4: Berekeningsresultaten sectie 5 DP63;
- Hoofdstuk 5: Berekeningsresultaten sectie 7 DP56;
- Hoofdstuk 6: Samenvatting ontwerp;
- Hoofdstuk 6: Aandachtspunten uitvoering.

Concept

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor het DO vastgelegd. De uitgangspunten zijn gerelateerd aan de vastgelegde uitgangspunten in de Technische Uitgangspuntennotitie (TUN).

2.1 Locatie sectie 5 en 7

De te ontwerpen langsconstructies bevinden zich in dijktraject 6-5, dat zich bevindt tussen Lauwersmeer en de Waddenzee ter hoogte van Lauwersoog. Het traject van sectie 5 ligt tussen de dijkpalen 90,15 en 90,51 en het traject van sectie 7 ligt tussen de dijkpalen 89,84 en 90,08. In Figuur 3 zijn de secties weergeven inclusief de locaties van dwarsprofielen die in het DO zijn doorgerekend.

Figuur 3: Locatie sectie 5 en 7 inclusief beschouwde dwarsprofielen.

Het dijktraject bevindt zich langs de Waddenzee in het benedenrivierengebied, waardoor de bedreiging door overstromen voornamelijk wordt beïnvloed door het getij en niet door de hoogwatergolf op de rivieren.

Commented [PR2]: Het ligt toch gewoon aan zee?

Commented [ÖR3R2]: PPL onderscheid alleen beneden en bovenrivierengebied vandaar. Heb opgenomen dat het langs de zee ligt

2.2 Geometrie sectie 5

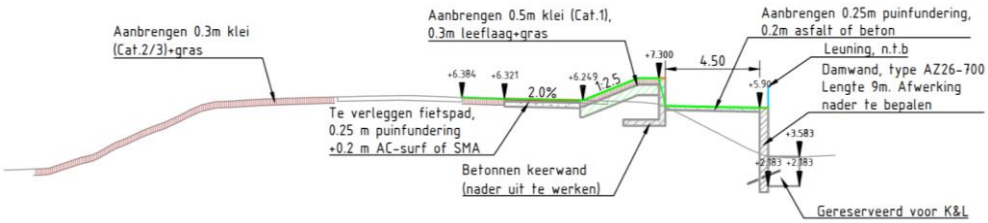
In Figuur 4 en Figuur 5 zijn de huidige en toekomstige geometrie van de dijkdoorsnede van sectie 5 weergegeven. De aanpassingen aan het dijkprofiel bevinden zich aan de buitentaludzijde van de dijk. In de huidige situatie bestaat sectie 5 uit een groene dijk. Ten behoeve van de dijkversterking is in het buitentalud een damwand en een keermuur beoogt. In het noordwestelijke deel bevindt de damwand zich in de buitenteen van de dijk. Richting het zuidwesten verplaatst de damwand zich richting de kern van de dijk. In het meest zuidwestelijke deel bevindt de damwand zich enkele meters achter de buitenkruin van de dijk. De beoogde langsconstructie bestaat uit een onverankerde damwandconstructie, dat een stabiliteit verhogende effect heeft op het buitentalud. De keermuur bevindt zich in de buitenkruin van de dijk en dient golven tegen te houden tijden hoogwater condities.

Commented [PR4]: Noordpijl in figuur 3 zou handig zijn om te weten waar dit is

Commented [ÖR5R4]: Toegevoegd

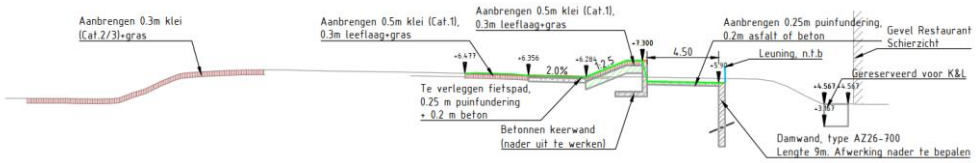
Commented [PR6]: Klopt dit? Dan hoef je hem ook niet mee te nemen als faalmechanisme bij toetsing macrostabiliteit?

Commented [ÖR7R6]: Het heeft wel invloed op het talud daar achter en dat is weer invloed op de vereiste hoogte. Ik haal het weg.



Figuur 4: Geometrie sectie 5 dwarsprofiel 71 LETOP tekening moet nog geupdate worden. Promenade komt op NAP+6,4 m

Commented [ÖR8]: Plaatje aanpassen op basis van nieuwe tekeningen. Promenade is 50cm verhoogd.



Figuur 5: Geometrie sectie 5 dwarsprofiel 63 (ter plaatse van restaurant Schierzicht) LETOP tekening moet nog geupdate worden. Promenade is naar NAP+6,4 m

Tussen de damwand en keermuur wordt een verhard voetgangers pad gerealiseerd. Achter de keermuur bevindt zich op de kruin van de dijk een fietspad en een autoweg (N361). De geometrie van de keermuur wordt net als de geometrie van de damwand in voorliggende rapportage bepaald.

De bovenkant van de damwand komt op een hoogte van NAP +6,40 m. De benodigde kerende hoogte van de dijk is vastgesteld op NAP +7,3 m. Om aan deze hoogte te voldoen wordt de keermuur gerealiseerd achter de damwand. Tot slot wordt de damwand afgewerkt met een betonnen kesp. In het damwand ontwerp is het gewicht van deze kesp verwaarloosd.

Commented [PR9]: Wat is de benodigde kruinhoogte van de dijk? Is dat die +7,3m?

Commented [ÖR10R9]: verduidelijkt

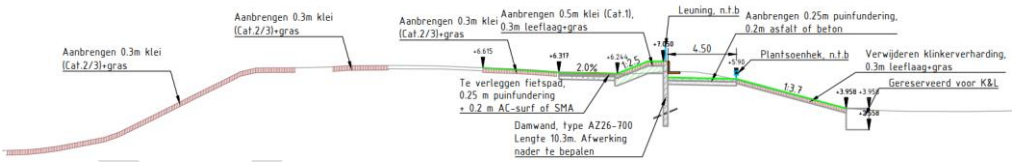
Commented [ÖR11]: In de som heb ik geen belasting aangebracht tbv kesp moet ik dit doen? de kesp is niet heel zwaar. Geen betonnen schort.

Commented [PR12R11]: Nee, alleen een kesp is verwaarloosbaar, zeker zonder verankering

2.3 Geometrie sectie 7

In Figuur 6 is de huidige en toekomstige geometrie van de dijkdoorsnede van sectie 7 weergegeven. De aanpassingen aan het dijkprofiel bevinden zich zoals bij sectie 5 aan de buitentaludzijde van de dijk. In de huidige toestand bestaat sectie 7 uit een groene dijk. Ten behoeve van de dijkversterking is achter de buitenkruin een damwand beoogd. De geometrie is op hoofdlijnen over de gehele sectie gelijk. De beoogde langsconstructie bestaat uit een onverankerde damwandconstructie, dat een stabiliteit verhogende effect heeft op de buitenwaartse macrostabiliteit. In sectie 7 is geen keermuur aanwezig wat in sectie 5 wel het geval was. De damwand in sectie 7 is hierdoor hoger aangelegd en dient ook golven tegen te houden tijden hoogwater condities.

In het ontwerp van sectie 7 is de keuze gemaakt dat het buitentalud geen waterkerende functie meer zal vervullen. De damwand zal deze functie volledig overnemen. Er is aangenomen dat het buitentalud volledig kan eroderen bij maatgevende hoogwatercondities. In de ontwerpberekening is deze situatie gemodelleerd met een horizontaal maaiveld tot aan de damwand.



Figuur 6: Geometrie sectie 7 dwarsprofiel 56

Buitendijks van de damwand wordt een verhard voetgangers pad gerealiseerd. Achter de damwand bevindt zich een fietspad en een weg (N368) op de kruin van de dijk.

De benodigde kerende hoogte van de dijk is bij sectie 7 vastgesteld op NAP +7,05 m. De bovenkant van de damwand wordt op deze hoogte gerealiseerd. Tot slot wordt de damwand wordt afgewerkt met een betonnen kesp.

Concept

2.4 NWO bebouwingen

Aan de waterzijde van sectie 5 en 7 bevinden zich Niet Waterkerende Objecten (NWO) waaronder panden. In sectie 5 liggen deze objecten dichter bij de constructie dan bij sectie 7. In het ontwerp is bij sectie 5 rekening gehouden met een verstoringsprofiel. Bij sectie 7 is dit buiten beschouwing gelaten aangezien de objecten op een grotere afstand zijn gelegen en in het ontwerp met een afgeschoven buitentalud wordt gerekend.

Het verstoringsprofiel zorgt in sectie 5 voor een potentiële ontgronding aan de lage zijde van de langsconstructie. In verband met de korte afstand tot de gevels en eventuele turbulentie rond de bebouwing wordt rekening gehouden met een verlaging van het maaiveld door erosie van 1,5 m.

In het ontwerp is de geometrie van deze erosiekuil als volgt gehanteerd: Op een afstand van 2 m voor de damwand is een maaiveldverlaging gemodelleerd van 1,5 m. Vanaf dit punt is een 1:3 talud aangehouden tot de damwand. Voor de breedte van de erosiekuil is een breedte van 10 m gehanteerd.

Commented [ÖR13]: Sectie 7 is weer anders. Daar mag het buitentalud eroderen. Restprofiel doorrekenen.

Commented [PR14]: Van golven? Ik zou juist zeggen dat achter het huis een soort luwe zone zit met minder erosie. Misschien eerder globaal schrijven turbulentie rond de bebouwing

Commented [ÖR15R14]: Akkoord aangepast

Commented [PR16]: En de breedte van de erosiekuil? = breedte pand?

Commented [ÖR17R16]: 10m gehanteerd. Dit was niet opgegeven door Egon. Ik vraag dit nog even na.

2.5 Kabels en leidingenstrook

Tijdens de dijkversterkingswerkzaamheden wordt er aanvullend een nieuwe kabels & leidingen (K&L) goot aangelegd aan de waterzijde bij sectie 5 en 7. De goot bevindt zich in het noordwestelijke deel van sectie 5 direct aan waterzijde van de beoogde damwand, zie Figuur 4. Richting het zuidwestelijke deel van sectie 5 bevindt de goot zich in de teen van het buitentalud, zie Figuur 5. In sectie 7 bevindt de goot zich over het hele traject in de teen van het buitentalud, zie Figuur 6.

Voor de aanleg van deze goot dient er ontgraven te worden tot ca. NAP +1,9 m (sectie 5) á NAP +2,5 m (sectie 7). In de gebruiksfase zal het maaiveld hersteld zijn tot de oorspronkelijke hoogte. In het ontwerp is deze tijdelijke ontgraving niet beschouwd, omdat deze niet maatgevend is ten opzichte van het NWO verstoringsprofiel (sectie 5) en het afgeschoven talud (sectie 7). Daarnaast kan aangenomen worden dat eventuele onderhoudswerkzaamheden aan de K&L strook (ontgravingen) buiten het stormseizoen worden uitgevoerd. De situatie met een lager maaiveld tijdens de maatgevende hoogwater situaties wordt hiermee uitgesloten.

2.6 Ontwerplevensduur

Het uitgangspunt voor alle planuitwerkingsfasen is een ontwerplevensduur (planperiode) van 50 jaar voor versterking in grond en 100 jaar voor de constructies. Hierbij wordt het jaar 2025 als startwaarde (einde realisatiefase) aangehouden. De damwand en keermuur hebben conform deze uitgangspunten een ontwerplevensduur van 100 jaar.

2.7 Normering

Normtraject 6-5 is volgens de Waterwet genormeerd op een maximaal toelaatbare overstromingskans (ondergrens) van eens in de 1.000 jaar. De bijbehorende signaleringswaarde is eens in de 3.000 jaar. Voor het ontwerp van sectie 5 en 7 is de ondergrens relevant en gehanteerd.

Concept

2.8 Veiligheidsfilosofie

2.8.1 Overzicht van toe te passen controles

Het ontwerp van de langsconstructie wordt volgens WBI2017 getoetst met een EEM-analyse in Plaxis conform de PPL- en PPE-richtlijnen [R 4][R 5]. In het geval van stabiliteit verhogende langsconstructies, dient conform de PPL op de deelmechanismen in Tabel 2-1 te worden getoetst.

Tabel 2-1: Overzicht toe te passen controles macrostabiliteit bij langsconstructies

Toetsing	Toelichting
GEO-1	Optreden van een kritisch glijvlak of van grondbreuk, ten gevolge van het bereiken van de grondsterkte
GEO-2	Doorpersen van grond in gaten tussen plaatsvaste constructiedelen (snijden) ten gevolge van het bereiken van de grondsterkte
STR-1	Overschrijden van de sterkte van een wand of paal
STR-2	Overschrijden van de sterkte van de gording of ankerstang
SSI-1	Verlies van verticaal evenwicht van verankerde stabiliteitswand
SSI-2	Bereiken van de uittrekkracht van een anker

In sectie 5 en 7 wordt een continue onverankerde damwand beoogt in de buitenkruin/buitenteen van de dijk. Voor een dergelijke constructie is het beoordelen van de deelmechanismen GEO-1 en STR-1 van belang. Indien het toepassen van ankers noodzakelijk blijkt zal aanvullend STR-2 beoordeeld worden. De keermuur wordt separaat beoordeeld.

Commented [PR18]: Valt die ook niet gewoon onder GEO1 en STR1

Commented [ÖR19R18]: Als we de spanningne uit plaxis kunnen lezen wel. Als er een SCIA of RFEM model van moet komen is het niet handig om het onder GEO 1 en STR 1 te zetten?

Doordat de damwand in de buitenteen van de dijk zit, levert deze enkel een stabiliteit verhogende effect op de buitenwaartse stabiliteit. De beoordeling van de binnenwaarste stabiliteit wordt daardoor buiten beschouwing gelaten.

In sectie 5 bestaat de dijkversterking uit een damwand en een keermuur. De ontwerpoplossing dient hierdoor als een hybride constructie beschouwd te worden, dit heeft gevolgen voor de faalkansbeschouwingen in het ontwerp.

2.8.2 Partiële factoren bij toetsing damwand conform PPL

In Tabel 2-2 is een overzicht van de toe te passen partiële factoren weergegeven. Opgemerkt wordt dat enkel de relevante partiële factoren uit de PPL zijn opgenomen. De factoren zijn bepaald conform PPE §4.7 [R 5].

In sectie 5 bestaat de dijkversterking uit een hybride constructie. Voor de bepaling van de faalkans zijn de volgende faalcomponenten gehanteerd:

- Falen onverankerde damwand
- Falen keermuur
- Falen grond

Er wordt uitgegaan van een evenredige faalkans verdeling (33%) over bovenstaande componenten.

In sectie 7 bestaat de dijkversterking enkel uit een damwand. De faalkans is conform PPE bepaald waarbij er twee faalcomponenten zijn met een verdeling van 33% en de laatste faalkans ruimte van 33% niet wordt benut wegens onzekerheden bij onverankerde damwanden.

- Falen onverankerde damwand
- Falen grond
- Onzekerheden bij onverankerde damwanden

Bovenstaande faalcomponenten en faalkansruimte verdelingen resulteren in dezelfde faalkanseis op constructie niveau. In Tabel 2-2 hieronder is de faalkans uitgewerkt, deze geld voor beide constructies.

Concept

Tabel 2-2: Samenvatting toe te passen partiële factoren bij controle op stabiliteit, constructieve sterkte en vervorming

Partiële factor	Invulling
	Toe te passen op de lage karakteristieke grondsterkte en bij extreme hydraulische belastingen tijdens de controle van langsconstructies op stabiliteit (GEO), op constructief falen (STR) en op grond-constructie-interactie (SSI). $$\beta_{eis;dsn;LC} = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{P_{f;toel;traject} \cdot \omega_{macro}}{3 \cdot N}\right)$$ $$N = 1 + \frac{0{,}033 \cdot L_{traject}}{50}$$ $$\gamma_{n;LC} = 0{,}15 \cdot \beta_{eis;dsn;LC} + 0{,}41$$
Schadefactor STBI $\gamma_{n;LC}$	Normtraject 6-5 heeft een trajectlengte van $L_{traject}$ = 13.400 m, een signaleringswaarde van $P_{f;toel;traject}$ = 1/1.000 en een faalkansruimte ω = 0,04 (zie OI2014 versie 4, pagina 39). $$N = 1 + \frac{(\frac{1}{30}) \cdot 13400}{50} \approx 9{,}93$$ $$\beta_{eis;dsn;LC\ STBI} = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{\frac{1}{1000} \cdot 0{,}04}{3 \cdot 9{,}93}\right) \approx 4{,}69$$ $$\gamma_{n;LC\ STBI} = 0{,}15 \cdot \beta_{eis;dsn;LC} + 0{,}41 \approx 1{,}12$$
Schadefactor STBU $\gamma_{n;LC}$	De schadefactor voor stabiliteit buitenwaarts (STBU) wordt op dezelfde wijze berekend als de schadefactor voor stabiliteit binnenwaarts (STBI). Conform de PPL dient de schadefactor voor STBU berekend te worden met een maximaal toelaatbare faalkanseis die gelijk is aan 10 maal de toelaatbare faalkanseis voor STBI. Dit resulteert in: $$\beta_{eis;dsn;LC\ STBU} = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{\frac{1}{1000} \cdot 10 \cdot 0{,}04}{3 \cdot 9{,}93}\right) \approx 4{,}20$$ $$\gamma_{n;LC\ STBU} = 0{,}15 \cdot \beta_{eis;dsn;LC} + 0{,}41 \approx 1{,}04$$
Modelfactor $\gamma_{d;EEM}$	Toe te passen op de lage karakteristieke grondsterkte bij controle bij WBN op stabiliteit (GEO), op constructief falen (STR) en op grond-constructie-interactie (SSI). Gelijk te nemen aan de modelfactor volgens WBI voor het Uplift Van glijvlakmodel. $$\gamma_{d;EEM} = \gamma_{d;UpLiftVan} = 1{,}06$$
Modelfactor $\gamma_{d;vervormingen}$	Toe te passen op de verplaatsing door hoogwater (WBN), berekend bij lage karakteristieke waarden voor grondsterkte en grondstijfheid. $$\gamma_{d;vervormingen} = 1{,}3$$
Schematiseringsfactor $\gamma_{b;GEO}$ voor stabiliteit	Aanvullend toe te passen op de grondsterkte bij de stabiliteitscontrole (GEO), onder invloed van grond-constructie-interactie. Conform TUN [D 2] is onderstaande aangehouden: $$\gamma_{b;GEO} = 1{,}1$$
Schematiseringsfactor $\gamma_{b;STR}$ voor krachten/momenten	Toe te passen op de krachten en momenten, behalve bij controle op scheurwijdte en ankeruitval. Conform TUN [D 2] is onderstaande aangehouden: $$\gamma_{b;STR} = 1{,}1$$

Commented [PR20]: 2 cijfers achter komma niet voldoende?

Commented [ÖR21R20]: Aangepast

Concept

In *Tabel 2-3* is een overzicht weergegeven van alle toe te passen partiële factoren. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de factoren die als grondsterktereductie moeten worden meegenomen en de factoren die achteraf moeten worden toegepast op de effecten (snedekrachten/kracht/verplaatsing). De factoren voor STBI zijn niet vermeld aangezien de te ontwerpen langsconstructie enkel de buitenwaartse stabiliteit beïnvloed.

Tabel 2-3: Samenvatting partiële veiligheidsfactoren en totale eis aan stabiliteitsfactor

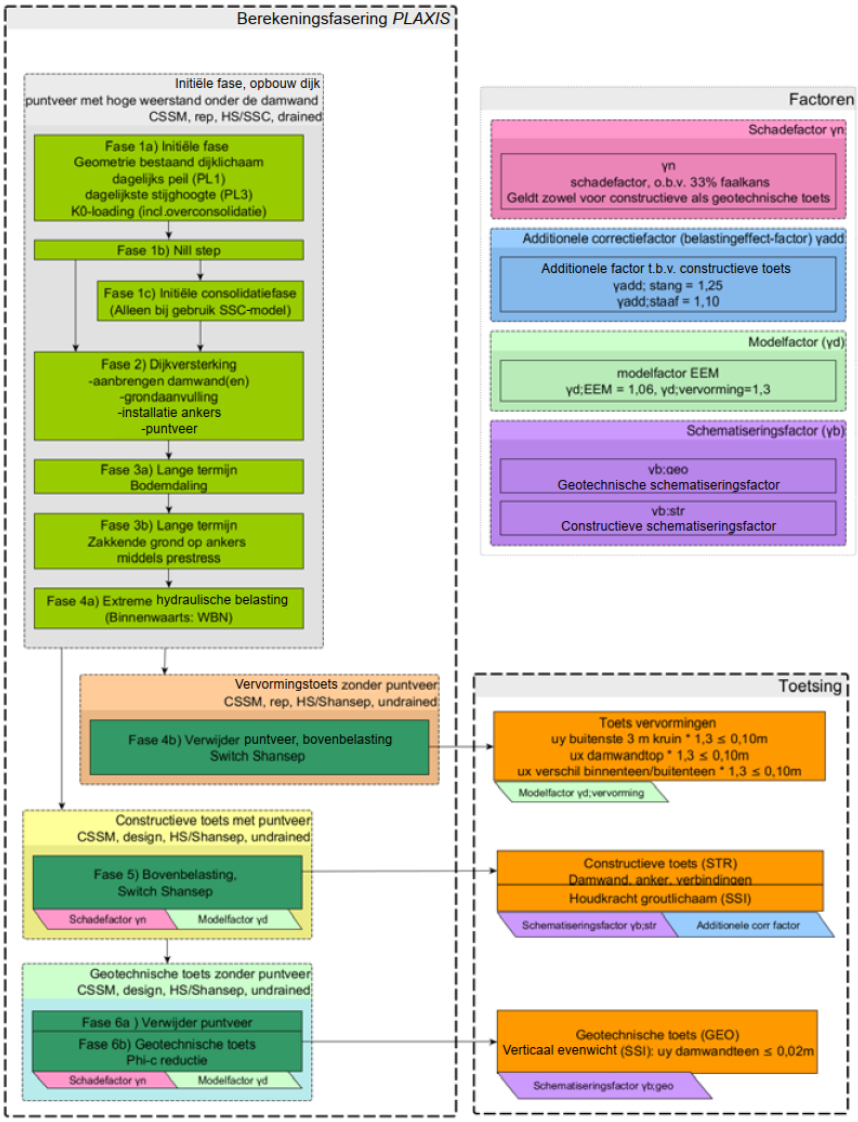
Toetsing	$\gamma_{n;LC}$[1]	$\gamma_{d;EEM}$[1]	$\gamma_{d;vervormingen}$[2]	$\gamma_{b;GEO}$[3]	$\gamma_{b;STR}$	γ_{add}[4]	$\gamma_{F;A}$[5]	Eis stabiliteits factor $\sum M_{sf}$
STBI-vervormingen	-	-	1,3	-	-	-	-	-
STBI-constructief	1,12	1,06	-	-	1,1	1,0	1,25 /1,1	-
STBI-geotechnisch	1,12	1,06	-	1,1	-	-	-	1,0
STBU-vervormingen	-	-	1,3	-	-	-	-	-
STBU-constructief	1,04	1,06	-	-	1,1	1,0	1,25 /1,1	-
STBU-geotechnisch	1,04	1,06	-	1,1	-	-	-	1,0

[1] De factoren $\gamma_{n;LC}$ en $\gamma_{d;EEM}$ worden conform PPE d.m.v. design approaches in het PLAXIS model verwerkt en hebben hierdoor geen directe invloed op de vereiste hoogte van de stabiliteitsfactor.
[2] De factor $\gamma_{d;vervormingen}$ wordt toegepast op de opgetreden vervormingen en heeft hierdoor geen invloed op de vereiste hoogte van de stabiliteitsfactor.
[3] De schematiseringsfactor $\gamma_{b;GEO}$ is de te behalen veiligheidseis in PLAXIS.
[4] De belastingeffect-factoren die op de snedekrachten moment en dwarskracht moeten worden toegepast voor een combiwand/damwand.
[5] Conform de PPL geldt bij de controle van gordingen/ankerschot een belastingeffect-factor $\gamma_{F;A;gording} = 1{,}1$ en $\gamma_{F;A;st} = 1{,}25$ bij controle ankerstaaf.

Concept

2.9 Fasering in Plaxis berekeningen

De langsconstructies worden ontworpen met een EEM-analyse in Plaxis, daarbij is rekenschema B conform §3.7 uit de PPE [R 5] gehanteerd. In Figuur 2-7 is het rekenschema weergegeven.



Figuur 2-7: Rekenschema B conform PPE

2.10 Kenmerken constructie

In deze paragraaf zijn de constructie onderdelen genoemd die gehanteerd zijn in het ontwerp. Opgemerkt wordt dat de genoemde onderdelen op basis van de uitgevoerde berekeningen geoptimaliseerd zijn.

2.10.1 Damwanden

2.10.1.1 Type damwanden

Voor de damwanden zijn AZ-damwandplanken gehanteerd. De aannemer is vrij in het kiezen van gelijkwaardige damwandplanken.

Commented [PR22]: Toelichten dat dit ook vanuit inbrengbaarheid wenselijk is?

Commented [ÖR23R22]: Wordt al in par 2.12 behandeld. Hoeft hier niet terug te komen vindt ik.

Tabel 4: Damwanden per sectie

Sectie	Type	Staalkwaliteit	Bovenkant	Onderkant	Lengte [m]
Sectie 5	AZ 24-700	S240	6,4 m NAP	-3,0 m NAP	9,4 m
Sectie 7	AZ 24-700	S240	7,05 m NAP	+0,0 m NAP	7,05m

Commented [ÖR24]: Checken of deze nog worden geproduceerd. Rick dacht van niet. S270 is volgende dat maat het nog robuster

2.10.1.2 Corrosie damwanden

Als gevolg van de aantasting door corrosie dient er rekening gehouden te worden met wanddikte afname van de stalen onderdelen. Voor de langsconstructies dient conform de PPL-richtlijn het Rijkswaterstaat rapport “Afronding onderzoek vermindering corrosietoeslag damwanden” [R 6] gehanteerd te worden voor de wanddikte afname van damwanden. Volgens deze methode dient er onderscheid gemaakt te worden tussen twee zones die gescheiden worden door de ligging van de grondwaterstand. Voor het deel van de damwand onder de grondwaterstand dient een wanddikte afname van 2,4 mm (voor beide zijden samen en voor een levensduur van 100 jaar) gehanteerd te worden en voor het deel boven de grondwaterstand 4,4 mm (voor beide zijden samen, voor 100 jaar). De waarden gelden voor ongeroerde grond zonder bodemverontreinigingen of agressieve grondaanvullingen. Het maakt hierbij niet uit of het grondwater zout of zoet is. In het ontwerp is aangenomen dat er aan deze voorwaarden wordt voldaan.

Voor damwanden met slechts aan één zijde grond moet voor de toeslag aan de bodemzijde de helft van de waarden gebruikt worden uit voorgenoemd Rijkswaterstaat-rapport. Voor de andere zijde (lucht/water) moet de overeenkomstige waarde uit Eurocode 3, deel 5 / CUR166 2012 gehanteerd worden. Voor mariene omstandigheden (nabij de zee) bedraagt deze waarde 0,02 mm/jaar per blootgesteld zijde (2 mm in 100 jaar).

De ontwerplevensduur van de damwanden bedraagt 100 jaar met 2025 als startwaarde. In het ontwerp is geen rekening gehouden met corrosiebescherming. Uitgaande van 100 jaar corrosie kan de damwand opgedeeld worden in 3 corrosie zones:

- Grond/atmosferisch (boven GWS) totaal 4,2 mm
- Boven GWS totaal 4,4 mm
- Onder GWS totaal 2,4 mm

In het ontwerp is om praktische redenen voor de zone “grond/atmosferisch” ook een wanddikte afname van 4,4 mm gehanteerd.

2.10.1.3 Eigenschappen damwanden sectie 5 en 7

In de ontwerpoplossing van sectie 5 en 7 zijn AZ 24-700 damwanden gehanteerd. De eigenschappen van deze damwanden zijn in Tabel 5 weergegeven in Tabel 6 zijn de gehanteerde waarden in Plaxis berekeningen vermeld. De damwanden in Plaxis zijn gemodelleerd als een ‘plate element’.

Tabel 5: Eigenschappen damwand sectie 5 en 7

AZ 24-700 S240	Eenheid	Zonder corrosie	Onder GWS	Boven GWS
Weerstandsmoment (W_y)	cm^3/m	2430	2005	1650
Traagheidsmoment (I_y)	mm^4/m	55820	45860	37620
Dikte lijf	mm	11,2	8,8	6,8
Dikte flens	mm	11,2	8,8	6,8
Opneembaar moment (M_{rd}) S240	kNm/m	688	564	396

Concept

Tabel 6: Plaxis input parameters damwand sectie 5

Eigenschap	Eenheid	Onder GWS	Boven GWS
Material type	[-]	Elastic	Elastic
EA	kN/m	$2{,}963^{E}6$	$2{,}398^{E}6$
EI	kNm²/m	$96{,}31^{E}3$	$79{,}0^{E}3$
W[1]	kN/m/m	1,367	1,367
v(nu)	[-]	0,2	0,2

[1]*Aangenomen dat wanddikte afname geen invloed heeft op het gewicht.*

2.10.2 Keermuur

Het ontwerp van de keermuur staat nog niet vast. De keermuur dient nader uitgewerkt te worden op basis van de resultaten van de te hanteren golfklapbelasting.

Concept

2.11 Geotechnische uitgangspunten

2.11.1 Grondopbouw

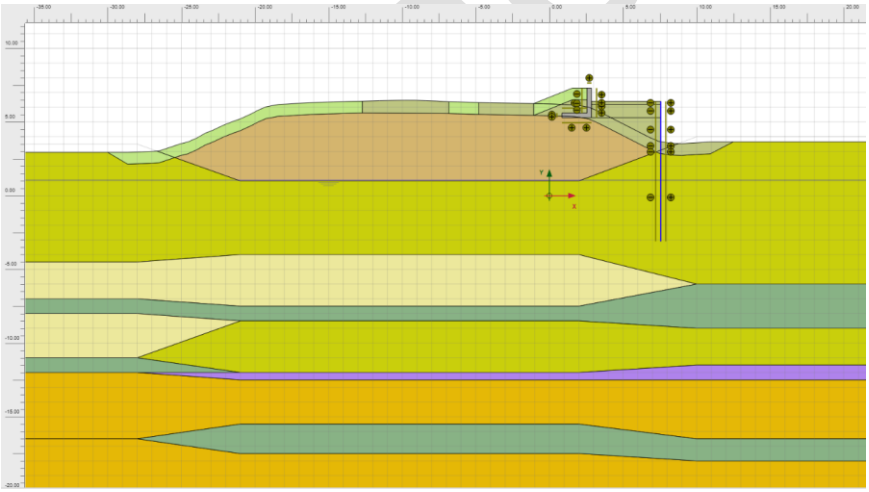
Aan de hand van de beschikbare geotechnische onderzoeken van Wiertsema & Partners [D 1] en het geotechnisch lengteprofiel [D 1] is per sectie de grondopbouw vastgesteld. De schematisering van ondergrond is uitgevoerd zoals beschreven in de TUN [D 2]. De grondopbouw is zodanig gedefinieerd dat deze de maatgevende grondopbouw op het traject van de langsconstructie vormt ten behoeve van het ontwerp.

2.11.1.1 Grondopbouw sectie 5

Op het traject van sectie 5 zijn 9 sonderingen, 1 mechanische boring en 1 handboring beschikbaar die gebruikt kunnen worden. Aan de hand van deze onderzoekspunten en het geotechnisch lengteprofiel is het maatgevende grondprofiel voor de langsconstructie gedefinieerd. Het profiel komt op hoofdlijnen overeen met het geotechnisch lengteprofiel met enkele kleine verfijningen. De schematisatie van de ondergrond is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Grondopbouw sectie 5

	Achterland		Kruin		Voorland	
Nr.	Grondsoort	Bovenkant [mNAP]	Grondsoort	Bovenkant [mNAP]	Grondsoort	Bovenkant [mNAP]
1	Zand, dijksmateriaal	n.v.t.	Zand, dijksmateriaal	MV	Zand, dijksmateriaal	n.v.t.
2	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	MV	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	1	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	MV
3	Wandzand, sterk gelaagd	-4,5	Wandzand, sterk gelaagd	-4	Wandzand, sterk gelaagd	n.v.t.
4	Klei, sterk zandig gelaagd	-7,0	Klei, sterk zandig gelaagd	-7,5	Klei, sterk zandig gelaagd	-6,0
5	Wandzand, sterk gelaagd	-8,0	Wandzand, sterk gelaagd	n.v.t.	Wandzand, sterk gelaagd	n.v.t.
6	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	n.v.t.	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	-8,5	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	-9,0
7	Klei, sterk zandig gelaagd	-11	Klei, sterk zandig gelaagd	n.v.t.	Klei, sterk zandig gelaagd	n.v.t.
8	Veen	n.v.t.	Veen	-12	Veen	-11,5
9	Zand, pleistoceen	-12,0	Zand, pleistoceen	-12,5	Zand, pleistoceen	-12,5
10	Klei, sterk zandig gelaagd	n.v.t.	Klei, sterk zandig gelaagd	-15,5	Klei, sterk zandig gelaagd	-16,5
11	Zand, pleistoceen	-16,5	Zand, pleistoceen	-17,5	Zand, pleistoceen	-18,0



Figuur 8: Grondopbouw zoals gemodelleerd in Plaxis sectie 5

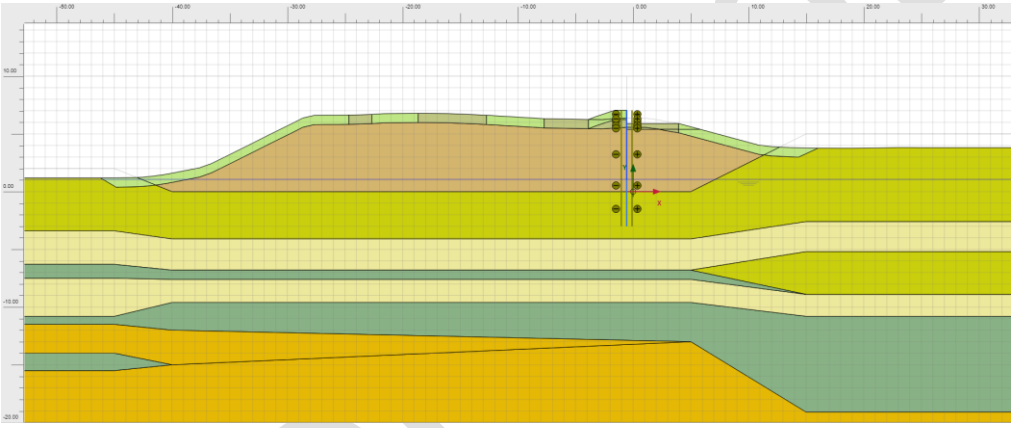
2.11.1.2 Grondopbouw sectie 7

Op het traject van sectie 7 zijn 5 sonderingen beschikbaar die gebruikt kunnen worden. Aan de hand van deze onderzoekspunten en het geotechnisch lengteprofiel is het maatgevende grondprofiel voor de langsconstructie

gedefinieerd. Het profiel komt op hoofdlijnen overeen met het geotechnisch lengteprofiel met enkele kleine verfijningen. De schematisatie van de ondergrond is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8: Grondopbouw sectie 7

	Achterland		Kruin		Voorland	
Nr.	**Grondsoort**	**Bovenkant [mNAP]**	**Grondsoort**	**Bovenkant [mNAP]**	**Grondsoort**	**Bovenkant [mNAP]**
1	Zand, dijksmateriaal	n.v.t.	Zand, dijksmateriaal	MV	Zand, dijksmateriaal	n.v.t.
2	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	MV	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	0	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	MV
3	Wandzand, sterk gelaagd	-3,4	Wandzand, sterk gelaagd	-4,1	Wandzand, sterk gelaagd	-2,6
4	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	n.v.t.	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	n.v.t.	Zand, Plaatselijk gelaagd met klei	-5,2
5	Klei, sterk zandig gelaagd	-6,3	Klei, sterk zandig gelaagd	-6,8	Klei, sterk zandig gelaagd	n.v.t.
6	Wandzand, sterk gelaagd	-7,5	Wandzand, sterk gelaagd	-7,6	Wandzand, sterk gelaagd	-8,9
7	Klei, sterk zandig gelaagd	-10,8	Klei, sterk zandig gelaagd	-9,6	Klei, sterk zandig gelaagd	-10,8
8	Zand, pleistoceen	-11,5	Zand, pleistoceen	-12	Zand, pleistoceen	-19,1
9	Klei, sterk zandig gelaagd	-14,0	Klei, sterk zandig gelaagd	n.v.t.	Klei, sterk zandig gelaagd	n.v.t.
10	Zand, pleistoceen	-15,5	Zand, pleistoceen	n.v.t.	Zand, pleistoceen	n.v.t.



Figuur 9: Grondopbouw zoals gemodelleerd in Plaxis sectie 7

2.11.2 Grondparameters

In de Plaxis berekeningen zijn de volgende grondmodellen gebruikt conform PPL:

- Hardening Soil (HS) - wordt gebruikt voor zandlagen en slappe lagen boven de waterstand
- Soft Soil Creep (SSC) - wordt gebruikt voor slappe lagen onder de waterstand
- SHANSEP NGI-ADP-S (SHP) - Wordt gebruikt voor slappe lagen onder de waterstand in de toets fases

Commented [PR25]: Heb dit niet uitgebreid bekeken, die lagen zitten zo diep, heeft helemaal geen invloed op ontwerp

Commented [ÖR26R25]: Klopt het is meer omdat het formeel volgens PPL zo moet.

Voor elk grondmodel zijn specifieke grondparameters bepaald. De grondparameters zijn opgenomen in Bijlage A. De parameters zijn bepaald op basis van waardes en correlaties uit: NEN-tabel 2b, Schematiseringshandleiding macrostabilieit [R 7], Plaxis manual [R 8], PPE [R 5], CUR162 [R 3] en ervaringen uit eerdere dijkversterkingen en beoordelingen.

Verder wordt opgemerkt dat conform PPE 7.4.2. bij onverankerde damwanden in fase 5 constructieve toets een hoge karakteristieke stijfheid (factor 2,25) wordt toegekend aan het zand waarin de onverankerde wand is ingeklemd. In fase 6 geotechnische blijft deze hoge karakteristieke stijfheid conform PPE 3.4.10 gehandhaafd. Omdat de damwand over de volledige hoogte in het zand zit, is het aannemen van een hoge karakteristieke stijfheid over de volledige hoogte te gunstig voor de constructieve en geotechnische toetsingen. In de berekeningen is de hoge karakteristieke stijfheid enkel toegepast over de ter plaatse van de onderste twee meter van de damwand.

Commented [ÖR27]: Rick dit is een belangrijke waar je iets van moet vinden. In het Plaxis model heb ik paar extra fases laten zitten hiervoor.

Commented [PR28R27]: Prima aanpak, er wordt toch in de PPL ook gedoelt op zand waar die inklemming vind. In de passieve zone is geen inklemming dus zou nergens op slaan om daar stijfheid te verhogen.

2.11.3 Doorlatendheden

De doorlatendheden van de grondlagen zijn vastgesteld zoals weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9: Doorlatendheden

Grondlaag	WBI-SOS eenheid	Doorlatendheid k		
		o.b.v. SOS [m/d]	o.b.v. proeven [m/d]	o.b.v. expert judgement [m/d]
Zand, plaatselijk gelaagd met klei	H_Mg_zk	8	3-9,5[1]	
Klei, sterk zandig, gelaagd	H_Mp_k		5,2E-6 (gemiddelde waarde)[2]	0,001
Wadzand, sterk gelaagd	H_Mkw_z&k	8		
Veen	H_Vbv_v			0,01
Potklei	P_Ova_sd			0,001
Zand, Pleistoceen	P_Rg_zm	13 (vanaf ca. -25mNAP k=20)		
Zand, dijkmateriaal	H_Aa_ht			5
Klei, dijkbekleding	H_Aa_ht			0,01
Asfalt, dijkbekleding	-			0

[1]Op basis van proeven uitgevoerd in peilbuizen
[2]Op basis van samendrukkingsproeven

Voor de laag "Zand, plaatselijk gelaagd met klei" is de doorlatendheid op basis van SOS aangehouden in de berekeningen. Voor de laag "Klei, sterk zandig, gelaagd" is de doorlatendheid op basis van expert judgement aangehouden. Er is aangenomen dat de samendrukkingsproeven op de kleiige delen van de grondlaag zijn uitgevoerd, waardoor een zeer lage doorlatendheid is gevonden. De vastgestelde doorlatendheid is naar verwachting niet representatief voor de gehele grondlaag.

2.12 Hydraulische uitgangspunten

2.12.1 Waterstanden

De hydraulische randvoorwaarden zijn in de TUN vastgesteld aan de hand van Hydra-NL. De volgende WBN-waterstanden afgeleid (inclusief zeespiegelstijging 100 jaar):

- WBN bij damwand sectie 5: NAP +5,77 m
- WBN bij damwand sectie 7: NAP +5,77 m

De buitenwaterstand ter plaatse van de damwanden onder dagelijkse omstandigheden zijn afhankelijk van het getijde. In de TUN zijn vastgesteld op basis van kenmerkende waarden die door RWS zijn vrijgegeven. Voor zichtjaar 2125 (100 jaar ontwerp) kunnen de waarden uit Tabel 10 gehanteerd worden voor beide secties.

Tabel 10: Getijde informatie

	Waterstands-verhoging [m]	Gemiddelde Waterstand [m NAP]	Gemiddeld Hoog Water (GHW) [m NAP]	Gemiddeld Laag Water (GLW) [m NAP]
Zichtjaar 2125 (100 jaar ontwerp)	1,02	+1,06	+2,08	-0,24

De waterstand in het achterland wordt gelijk gehouden aan het polderpeil. In de TUN is op basis van het peilbesluit van het waterschap een peil van NAP -0,93 m aangehouden voor het Lauwersmeer.

Commented [ÖR29]: Wordt eigenlijk niet gebruikt omdat ik die polder niet modelleer is veelste ver gelegen.

2.12.2 Schematisering freatische waterlijnen

De freatische lijn kan niet geschematiseerd worden op basis van de memo freatische lijnen (bijlage van TUN [D 2]), zoals gehanteerd bij het ontwerp van het grondlichaam binnen het dijkversterkingsproject. Een langsconstructie heeft een ondoorlatende werking, waardoor het verloop van de freatische lijn wijzigt. Voor het vaststellen van de ligging van de freatische lijn bij de langsconstructies is daarom gekozen om een Plaxis-Flow berekening uit te voeren. Er is voor deze aanpak gekozen omdat uit de VO-berekeningen is gebleken dat de stabiliteit van de damwand gevoelig is voor de ligging/verloop van de freatische lijn rondom de damwand constructie. Door het uitvoeren van een Plaxis-Flow

Concept

berekening wordt de situatie zo goed mogelijk benaderd om onzekerheden weg te nemen. Voor de dagelijkse omstandigheden zonder damwand constructie zijn de freatische lijnen conform de memo freatische lijnen gehanteerd.

2.12.3 Schematisering stijghoogtes

De stijghoogte tijdens WBN wordt wel conform de memo freatische lijnen (bijlage van TUN [D 2]) geschematiseerd. Hierbij wordt de stijghoogte als volgt aangehouden voor de twee secties. Door de beperkte dikte van de ondoorlatende grondlagen is in het Plaxis model geen indringingsdiepte gemodelleerd.

Commented [PR30]: Tijdens WBN neem ik aan

Commented [ÖR31R30]: Klopt aangepast

Commented [ÖR32]: Thom heb je nog een verwijzing naar een rapport waar dit is bepaald?

Sectie 5:

- Talud voorland NAP +4,63 m
- Binnenteen dijk NAP +3,33 m

Sectie 7:

- Insteek voorland NAP +5,27 m
- Buitenteen dijk NAP +3,40 m
- Binnenteen dijk NAP +0,68 m

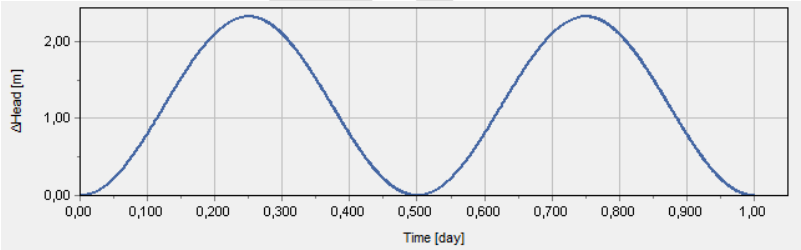
2.12.4 Plaxflow uitgangspunten

Om de ligging van de freatische waterlijnen vast te stellen zijn Plaxflow berekening uitgevoerd. Daarbij zijn de volgende situaties gemodelleerd.

Situatie 1) Beginsituatie (Startpunt):
De gemiddelde waterstand van NAP 1,06 m geld voor het hele model.

Situatie 2) Gemiddelde tij:
Het gemiddelde tij wordt in het Plaxis model gemodelleerd door een “Time dependent head function” aan het wateroppervlak (waterzijde) op te leggen. Deze functie is als volgt opgebouwd:

Functie vorm: Harmonische functie (sinus).
Amplitude: 1,160, het verschil tussen een piek en een dal wordt hierdoor 2,32 m (verschil tussen hoog- en laagwater bij gemiddelde tij).
Periode: 0,5 dag, hierdoor krijgt de functie 2 pieken en 2 dalen per dag, zoals het getij.
Fase: -90 graden, hierdoor verschuift de functie horizontaal, zodat deze op een dal begint.



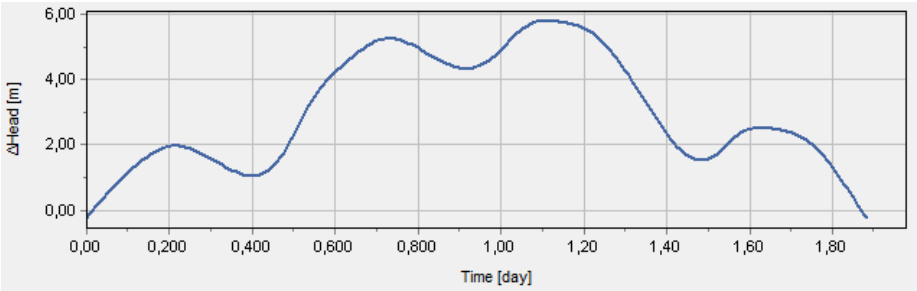
Figuur 2-10: Getijde functie

Door te starten met een referentie waterstand van h_{ref} = NAP -0,024 m, is met deze functie het gemiddelde getij gemodelleerd. De onderste boundary is als “closed” gemodelleerd, zodat er geen water onder uit het model kan stromen. De linker boundary (grondzijde) zal op “Seepage” worden gezet, dat houdt in dat de boundary doorlatend is en deze de waterstand in de grond direct ernaast zal volgen.

Situatie 3) 1 x per 1000 jaar storm
De 1 x per 1000 jaar storm waarbij de WBN optreedt is gemodelleerd op basis van de gegevens verkregen uit [xx]. De gegevens zijn als tabelwaarden ingevoerd in Plaxis. De boundaries zijn ingesteld zoals bij de getijde functie.

Commented [ÖR33]: Thom kun je mij de bron hiervan aanleveren?

Concept



Figuur 11 Storm Functie

Opgemerkt wordt dat deze functie start bij een referentie waterstand van h_{ref} = NAP 0 m, omdat de tabel waarden waarop de functie is gebaseerd de werkelijke waterstandniveau 's zijn.

2.13 Inbrengmethode

In de voorliggende rapportage is op basis van de sonderingen op het traject van de damwanden (sectie 5 en 7), vastgesteld dat overal op het traject hoge conuswaarden (groter dan 30 MPa) in de eerste 3 à 4 m onder maaiveld aanwezig zijn aan de actieve zijde van de damwand. Tezamen met de afwezigheid van grondwater (onder normale omstandigheden) op die locatie wordt verwacht dat over het gele traject het inbrengen van damwanden kritisch zal zijn.

In het VO-rapport is een vergelijkbare conclusie getrokken. Daarbij is een beoordeling van de schadevrije installeerbaarheid volgens CUR 166 uitgevoerd. In het DO is deze beoordeling overgenomen. De resultaten van de beoordeling kunnen als volgt samengevat worden:

In de beoordeling is onderscheid gemaakt tussen hoogfrequent trillen, heien en drukken. Er is daarbij gebruik gemaakt van de grafieken uit de CUR 166 die gaan tot een conusweerstand van 20 MPa. In de beoordeling is aangenomen dat voorboren benodigd is over de eerste meters, en dat dit leidt tot een conuswaarde van maximaal 20 MPa. In de beschouwing zijn damwandplanken van 9 à 10 m gehanteerd. Op basis van de CUR 166 grafieken volgen de volgende resultaten:

- Hoogfrequent trillen:
  Benodigd weerstandsmoment: 2000 cm^3/m
  Benodigd profiel: AZ24-700
  Benodigde slagkracht: 1150 à 2000kN
- Heien:
  Benodigd weerstandsmoment: 1000-1500 cm^3/m
  Benodigd profiel: AZ17-700
  Benodigde heienergie: 60 kNm
- Drukken:
  Benodigd weerstandsmoment: 3000 cm^3/m (2250 cm^3/m met fluideren)
  Benodigd profiel: AZ36-700 (AZ24-700 met fluideren)

Aanvullend op bovenstaande memo is een trillingspredictie uit gevoerd door Arcadis [D 5] en een inbrengbaarheidsanalyse door Heijmans [D 6]. De resultaten uit deze adviezen zijn als volgt:

De damwanden kunnen over een groot deel van het traject trillend ingebracht worden. Ter plaatse van Restaurette Schierzicht in sectie 5 dient de damwand gedrukt te worden. Door de hoge conusweerstanden dient er op dit traject voorgeboord te worden tot een diepte van NAP -1,0 m om drukken mogelijk te maken.

Commented [PR34]: Restaurant?

Commented [ÖR35R34]: Nee dit is echt de naam van het Restaurant :D

In voorliggende ontwerp rapportage is het volgende gehanteerd:

- Trillend inbrengen van de damwand (minimaal AZ24-700 i.v.m. inbrengbaarheid) op het traject van sectie 5 en 7, zonder voorboren of fluideren.
- Ter plaatsen van Restaurette Schierzicht in sectie 5 voorboren tot NAP -1,0 m ter plaatse van de sloten en zonder grondverwijdering in combinatie met drukken van de damwand (minimaal AZ24-700).

Concept

2.14 Belastingen

2.14.1 Verkeersbelasting

Voor buitenwaartse stabiliteit wordt conform het OI2014 v4 tijdens extreme omstandigheden (val na WBN-situatie) rekening gehouden met een belasting door verkeer omdat dit een realistische en voorstelbare belasting is tijdens voor STBU maatgevende omstandigheden. Conform PPE wordt voor de verkeersbelasting uitgegaan van 13,3 kN/m² over een breedte van 2,5 m. De belasting wordt op de verharding geplaats aan de buitendijkse zijde van de autoweg (N368).

Commented [ÖR36]: Dit is hoger dan de TUN waar 13 is geeisd

2.14.2 Golfklap belasting

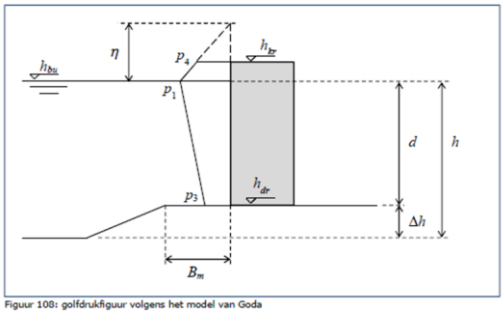
Commented [ÖR37]: Thom geeft aan dat de golfklap enkel voor sectie 5 meegenomen hoeft te worden. In sectie 7 hoeft dit niet.

Commented [PR38R37]: @Thom, ik blijf het meenemen van een dynamische golfklap voor macrostabiliteit vreemd vinden. Stop je dan bij je groene dijk macrostabiliteit som ook een golfklap in je berekening? Op dat talud kan toch ook een golf slaan die een extra belasting geeft?

OPMERKING: De golfklapbelasting wordt momenteel nog verder uitgedetailleerd. In het vervolg kan dit tot aanpassingen in het ontwerp leiden. Als de golfklapbelasting wijzigt zullen de relevante berekeningen opnieuw doorlopen worden.

De langsconstructie kan tijdens de hoogwatercondities belast worden door een golfklap. In de ontwerpberekeningen is de situatie met een golfklapbelasting beschouwd. Omdat een golfklap zeer kort duurt en er voldoende grond achter de damwand aanwezig is, is er aangenomen dat de golfklap tegen de damwanden te verwaarlozen is. De golfklap tegen de keermuur in sectie 5 is wel beschouwd, omdat achter de keermuur een talud aanwezig is en de keermuur beperkt in de grond zit.

De golfklapbelasting op de keermuur is door de waterbouwkunde vastgesteld op basis van onder andere het model van Goda. De modellering in Plaxis is als volgt:



Figuur 100: golfdrukfiguur volgens het model van Goda

Terugkeerperiode 1/3.300

Golfdruk op stilwaterlijn	p_1	16,38	[kN/m2]
Golfdruk op bovenkant wand	p_4	7,21	[kN/m2]
Golfdruk op onderkant wand	p_3	16,36	[kN/m2]
Hoogte promenade en SWL	d	0,02	[m]

Terugkeerperiode 1/12.500

Golfdruk op stilwaterlijn	p_1	22,89	[kN/m2]
Golfdruk op bovenkant wand	p_4	14,61	[kN/m2]
Golfdruk op onderkant wand	p_3	22,48	[kN/m2]
Hoogte promenade en SWL	d	0,30	[m]

In het Plaxis model zijn de waarden behorend bij een terugkeerperiode van 1/12.500 gehanteerd.

2.15 Bodemdaling

In de TUN is vastgelegd dat er rekening gehouden dient te worden met ongeveer 0,10 m bodemdaling. Dit is een combinatie van autonome bodemdaling en bodemdaling door gaswinning.

De bodemdaling wordt toegepast op de hoogteligging van het maaiveld: bijvoorbeeld de kruin en de hoogte van de bekledingsovergangen. Bodemdaling wordt niet toegepast beneden het maaiveld. Dit betekent dat er geen bodemdaling wordt toegepast op de laagscheidingen in de ondergrondsopbouw. Dit omdat de ligging van de lagen over het algemeen niet met een nauwkeurigheid van 0,10 m bekend zijn (wat gelijk is aan de maximale bodemdaling).

In de geotechnische berekeningen is geen rekening gehouden met bodemdaling aangezien een lager maaiveld gunstiger is voor de damwand. Direct na realisatie zal er geen bodemdaling opgetreden zijn. Het effect van bodemdaling is wel verdisconteerd in de aanleghoogte van de verschillende constructies (damwand/keermuur).

2.16 Algemene uitgangspunten Plaxis

Mesh

Voor beide modellen is een medium mesh aangehouden met lokale verfijning.

R_{inter}

De interactie tussen de damwand en de grond is gemodelleerd met interfaces. De interface waarde R_{inter} geeft de mate van wrijving aan tussen grond en constructieve elementen. Conform de PPE is het gerechtvaardigd om uit te gaan van een waarde van 0,67 voor alle grondsoorten.

Concept

3 Berekeningsresultaten sectie 5 DP71

3.1 Resultaat Plaxis berekening

Aan de hand van de uitgangspunten vermeld in hoofdstuk 2 zijn de Plaxis berekeningen uitgevoerd voor sectie 5 dwarsprofiel 71. De bevindingen zijn hieronder kort samengevat. In de opvolgende paragrafen worden de bevindingen inhoudelijk toegelicht. In de berekeningen is de binnenwaartse en buitenwaartse macrostabiliteit beoordeeld. De beschouwde belastingsituaties zijn als volgt:

Commented [PR39]: Klopt niet? Golfklap is toch STBI?

Commented [ÖR40R39]: Klopt, dit pas ik aan.

- Golfklap tijdens WBN (STBI)
- Val water na WBN (STBU)
- NWO-erosie bij val water na WBN (STBU)

De ontwerpoplossing (conform het VO) bestaande uit een onverankerde damwand en een keermuur is gemodelleerd in de Plaxis berekeningen. In onderstaande tabellen zijn de resultaten uit Plaxis voor de verschillende belastingsituaties samengevat.

Tabel 11: Samenvatting PLAXIS resultaten sectie 5 DP71 "Golfklap tijdens WBN"

Toets		Fase	Waarde	Eenheid
Geotechnisch	Stabiliteitsfactor	6b	1,311	-
Damwand	Buigend moment	5	55	kNm/m
	Normaalkracht	5	13	kN/m
	Dwarskracht	5	23	kN/m
	Horizontale Vervorming	4b	-0,001*1,3 ≈ -0,002	m
	Verticale vervorming	4b	0,001*1,3 ≈ 0,002	m
Anker	Ankerkracht	5	N.v.t.	kN

Commented [ÖR41]: Zou ik hier ook de vervormingen van de Lmuur bij zetten die wil je eigenlijk weten?

Commented [PR42R41]: Verticale vervorming van de kruin moet dit toch zijn, niet verticale vervorming van damwand

Commented [ÖR43R41]: Nee, dit is van de damwand. Die van de kruin staat bij vervormingstoets verderop

Tabel 12: Samenvatting PLAXIS resultaten sectie 5 DP71 "Val water na WBN"

Toets		Fase	Waarde	Eenheid
Geotechnisch	Stabiliteitsfactor	6b	1,929	-
Damwand	Buigend moment	5	59	kNm/m
	Normaalkracht	5	18	kN/m
	Dwarskracht	5	28	kN/m
	Horizontale Vervorming	4b	0,012*1,3 ≈ 0,016	m
	Verticale vervorming	4b	-0,008*1,3 ≈ -0,011	m
Anker	Ankerkracht	5	N.v.t.	kN

Tabel 13: Samenvatting PLAXIS resultaten sectie 5 DP71 "NWO-erosie bij val water na WBN"

Toets		Fase	Waarde	Eenheid
Geotechnisch	Stabiliteitsfactor	6b	1,113	-
Damwand	Buigend moment	5	156	kNm/m
	Normaalkracht	5	24	kN/m
	Dwarskracht	5	86	kN/m
	Horizontale Vervorming	4b	0,048*1,3 ≈ 0,063	m
	Verticale vervorming	4b	-0,001*1,3 ≈ -0,002	m
Anker	Ankerkracht	5	N.v.t.	kN

Op basis van bovenstaande resultaten en de toetsingen uitgevoerd in de opvolgende paragrafen in dit hoofdstuk volgt dat de ontwerpoplossing voor sectie 5 voldoet bij alle beschouwde belastingsituaties. De maatgevende belastingsituatie is de situatie met NWO-erosie bij val water na WBN.

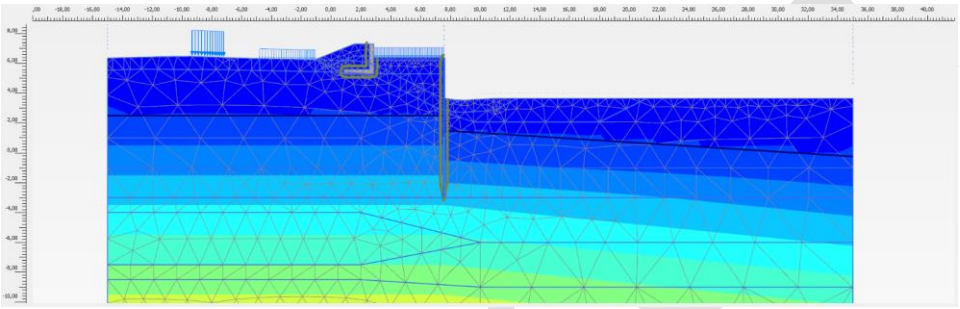
Concept

3.2 Plaxflow resultaten

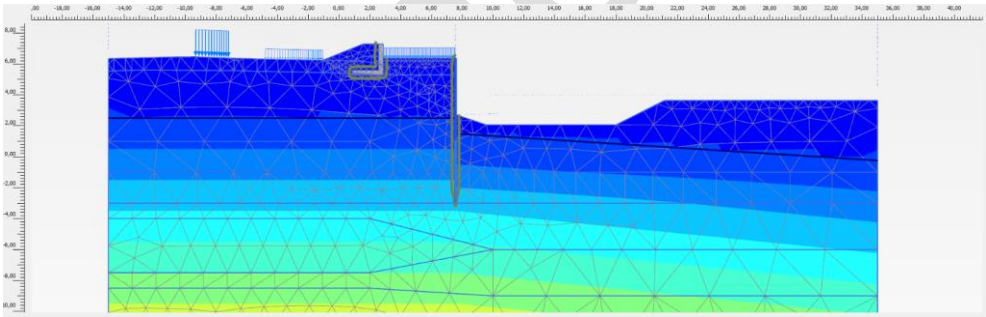
De ligging van de freatische waterlijnen is op basis van Plaxflow berekeningen vastgesteld. In de berekeningen zijn de uitgangspunten gehanteerd zoals beschreven in hoofdstuk 2. De resultaten zijn weergegeven in Bijlage B.

Op basis van de Plaxflow resultaten kan geconcludeerd worden dat er geen verval optreedt over de damwand na de storm. Door de doorlatende ondergrond en het brede voorland is er geen waarneembaar verval aanwezig in de Plaxflow resultaten.

Ten behoeve van een robuust ontwerp is in de berekeningen veiligheidshalve een verval van 1 m over de damwand gehanteerd. Aan de landzijde is op basis van de Plaxflow berekeningen de hoogste waterstand van NAP +2,5 m gehanteerd (bij piek storm). Aan de waterzijde is direct bij de damwand een waterstand van NAP +1,5 m gehanteerd dat afloopt over een afstand van ca. 35 m naar de lage waterstand van NAP -0,024 m op de zee. In onderstaande figuren is de modellering weergegeven.



Figuur 12: Sectie 5 DP71 aangehouden verval in de belastingsituatie "val water na WBN"



Figuur 13: Sectie 5 DP71 aangehouden verval in de belastingsituatie "NWO erosie bij val water na WBN"

3.3 Geotechnisch bezwijken (GEO-1)

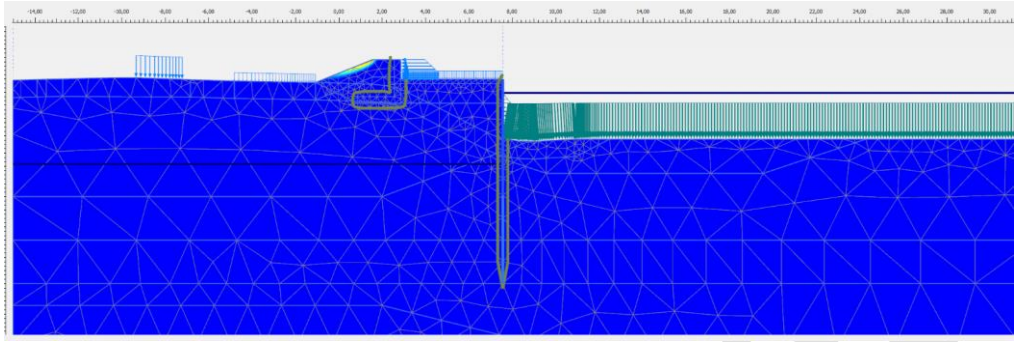
Door het toepassen van een design approach is de veiligheidseis voor geotechnische stabiliteit gelijk aan de schematiseringsfactor. Zoals aangegeven in paragraaf 2.8.2 is er een gekozen om een aanpak te hanteren waarbij getoetst wordt aan een schematiseringsfactor van 1,1.

Per belastingcombinatie volgen uit Plaxis de volgende resultaten:

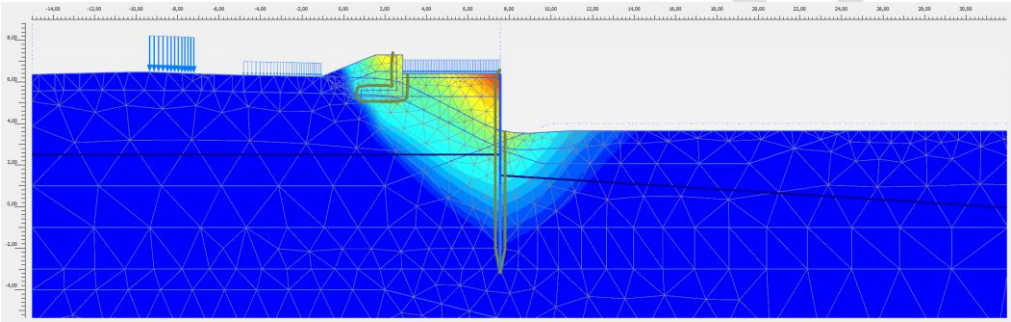
- Golfklap tijdens WBN 1,311 > 1,1 Voldoet
- Val water na WBN 1,929 > 1,1 Voldoet
- NWO-erosie bij val water na WBN 1,113 > 1,1 Voldoet

Commented [PR44]: Ik heb die TUN niet bekeken voor de onderbouwing van deze schematiseringsfactor, maar dit zit helemaal op het randje. Is die onderbouwd?
Daarnaast is iets meer marge niet wenselijk voor deze fase van het project? Een halve meter extra damwandlengte ofso? Iedere tegenvaller in het UO is nu een probleem.

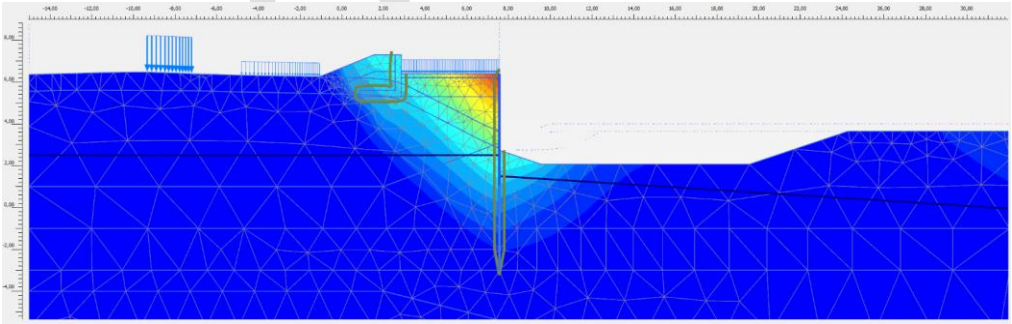
Aan de hand van de resultaten kan geconcludeerd worden dat de ontwerpoplossing voldoet aan de GEO-1 eis geotechnisch bezwijken. In onderstaande figuren zijn de bezwijkmechanismen weergegeven.



Figuur 14: Sectie 5 DP71 fase 6 Geotechnisch bezwijken GEO-1 Golfklap bij WBN



Figuur 15: Sectie 5 DP71 fase 6 Geotechnisch bezwijken GEO-1 Val water na WBN



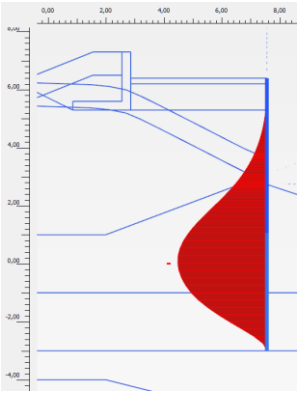
Figuur 16: Sectie 5 DP71 fase 6 Geotechnisch bezwijken GEO-1 NWO-erosie bij val water na WBN

3.4 Constructieve toetsing sterkte damwand (STR-1)

In deze paragraaf worden de staalspanningen in de damwanden getoetst conform NEN EN EN1993-5. Zoals voorgeschreven door de PPL is het ontwerp van de damwanden en ankers uitsluitend rekening gehouden met de elastische capaciteit.

De rekenwaardes van de snedekrachten worden verkregen door de Plaxis resultaten te vermenigvuldigen met additionele belastingeffect factoren en de schematiseringsfactor. Zoals aangegeven in paragraaf 2.8.2 is er een aanpak gekozen waarbij een schematiseringsfactor van 1,1 wordt gehanteerd.

In onderstaande toetsingen is enkel de maatgevende belastingsituatie namelijk “NWO-erosie bij val na WBN” getoetst, deze situatie levert eveneens de maatgevende snedekrachten op. In Figuur 17 is de momenten verloop weergegeven. Het maximum moment treedt op rond NAP 0 m. Op deze hoogte is gerekend met een corrosie van 2,4 mm, omdat de momenten rond NAP +1,06 m (overgang 2,4 mm naar 4,4 mm corrosie) is er veiligheidshalve gekozen om de sterkte toetsing uit te voeren op het damwandprofiel met 4,4 mm corrosie.



Figuur 17: Sectie 5 DP71 momenten verloop over de damwand in de situatie NWO-erosie bij val na WBN

Tabel 14: Sectie 5 DP71 NWO-erosie bij val na WBN - Rekenwaarde van de snedekrachten

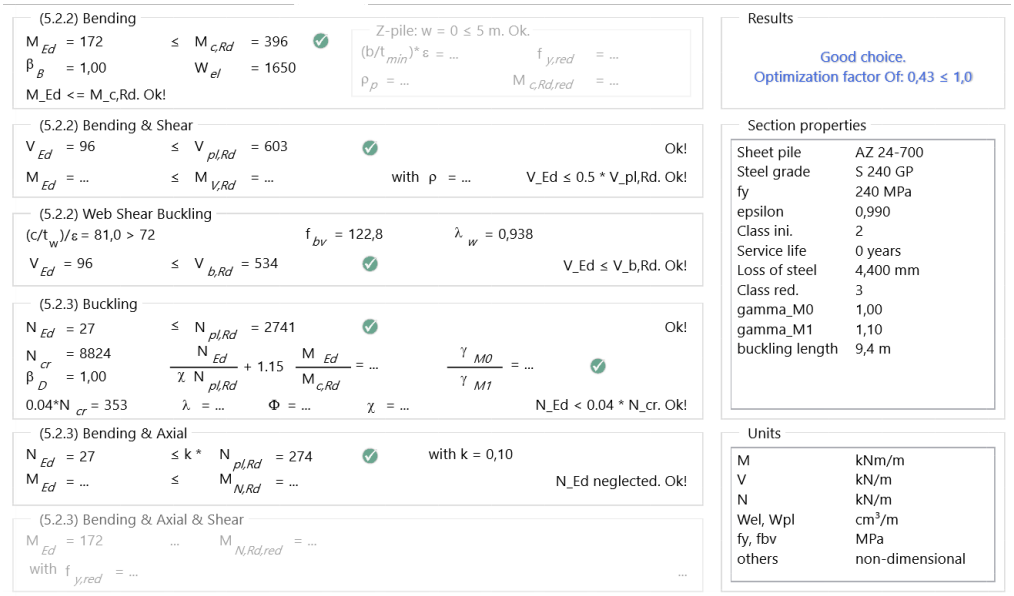
Formule	Damwand
$M_{s;d} = \gamma_{add;dw} \cdot \gamma_{b;STR} \cdot M_{s;max;EEM}$	$1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 156 = 172\ kNm/m$
$N_{s;d} = \gamma_{add;dw} \cdot \gamma_{b;STR} \cdot N_{s;max;EEM}$	$1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 24 = 27\ kN/m$
$V_{s;d} = \gamma_{add;dw} \cdot \gamma_{b;STR} \cdot V_{s;max;EEM}$	$1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 87 = 96\ kN/m$

De toetsing van de snedekrachten is uitgevoerd met software Durability versie 3.5.2. De resultaten zijn opgenomen in de figuur hieronder.

Commented [ÖR45]: Rick de gamma M1 moest op 1,0 toch ipv 1,1?.

Commented [PR46R45]: Uhh dat weet ik niet. Dat zijn materiaalfactoren. Die heb ik nog nooit aangepast. Is toch gewoon cf. eurocode 3?

Concept



Figuur 18: Sectie 5 DP71 toetsing snedekrachten

Op basis van bovenstaande resultaten volgt dat de damwand met staalsoort S240 voldoet aan de STR-1 toetsing met een unity check van 0,43. De resultaten tonen aan dat de toetsing van de staalspanningen niet maatgevend zijn ten opzichte van de inbrengbaarheid. De aannemer is vrij in het kiezen van een hogere staalsoort.

3.5 Verlies van verticaal evenwicht (SSI-1)

De damwand wordt verticaal enkel belast door eigen gewicht (damwand en kesp). De damwand zal altijd voldoende draagkracht hebben om deze beperkte belasting op te nemen. Verlies van verticaal evenwicht is daarom geen realistisch faalmechanisme en voldoet altijd.

3.6 Toets vervormingen

Conform de PPL dient er aan de volgende vervormingseisen te worden voldaan:

- De kruindaling mag niet meer dan 0,1 m bedragen;
- De vervorming van de binnenteen t.o.v. de buitenteen mag niet meer dan 0,1 m bedragen;
- De horizontale vervorming van de constructie mag niet meer dan 0,1 m bedragen;

Voor deze toetsingen dienen de vervormingen uit het EEM model fase 4b vermenigvuldigd te worden met de vervormingsfactor van 1,3. Onderstaand wordt per eis aangegeven of hieraan voldaan is.

Tabel 15: Sectie 5 DP71 toetsing maatgevende vervormingen

Toetsing	Omschrijving	Resultaat fase 4b	Eis	Toets
Verticale vervorming van de kruin	Direct achter de keermuur in de situatie NWO-erosie bij val na WBN	-0,018 * 1,3 = -0,024 m	< 0,1 m	Voldoet
Verschilvervorming tussen binnen- en buitenteen		n.v.t.	< 0,1 m	n.v.t.

Commented [PR47]: Direct achter de damwand is niet de kruin?

Commented [ÖR48R47]: Akkoord aangepast

Horizontale vervorming constructie	Bovenkant damwand in de situatie NWO-erosie bij val na WBN	0,048*1,3 ≈ 0,063	< 0,1 m	Voldoet

Uit bovenstaande volgt dat de maatgevende vervormingen voldoen aan de vervormingseisen conform de PPL.

Concept

4 Berekeningsresultaten sectie 5 DP63

Er dient nader bepaald te worden of deze dwarsprofiel doorgerekend moet worden ter optimalisatie van het ontwerp of eventueel als verduidelijking van de invloed van voorboren op het naastgelegen Restaurant Schierzicht.

De damwand zit bij dit dwarsprofiel in de buitenkruin van de dijk en heeft daardoor een beperkte kerende hoogte.

Concept

5 Berekeningsresultaten sectie 7 DP56

Commented [ÖR49]: Ik moet dit hele hoofdstuk opnieuw uitwerken door wijzigingen. **Niet reviewen!**

5.1 Resultaat Plaxis berekening

Aan de hand van de uitgangspunten vermeld in hoofdstuk 2 zijn de Plaxis berekeningen uitgevoerd voor sectie 7 dwarsprofiel 56. De bevindingen zijn hieronder kort samengevat. In de opvolgende paragrafen worden de bevindingen inhoudelijk toegelicht. In de berekeningen is enkel de buitenwaartse macrostabiliteit beoordeeld. De volgende belastingsituaties zijn beschouwd:

- Vallend water na WBN (STBU)
- Vallend water na WBN met erosie buitentalud (STBU)

De ontwerpoplossing bestaande uit een onverankerd damwand (conform het VO) is gemodelleerd in de Plaxis berekeningen. In onderstaande tabellen zijn de resultaten uit Plaxis voor de verschillende belastingsituaties samengevat.

Tabel 16: Samenvatting PLAXIS resultaten sectie 7 DP56 "vallend water na WBN"

Toets		Fase	Waarde	Eenheid
Geotechnisch	Stabiliteitsfactor	6b	1,943	-
Damwand	Buigend moment	5	12	kNm/m
	Normaalkracht	5	20	kN/m
	Dwarskracht	5	7	kN/m
	Horizontale Vervorming	4b	0,003*1,3 ≈ 0,002	m
	Verticale vervorming	4b	-0,013*1,3 ≈ -0,019	m
Anker	Ankerkracht	5	N.v.t.	kN

Tabel 17: Samenvatting PLAXIS resultaten sectie 7 DP56 "vallend water na WBN met erosie buitentalud"

Toets		Fase	Waarde	Eenheid
Geotechnisch	Stabiliteitsfactor	6b	1,329	-
Damwand	Buigend moment	5	61	kNm/m
	Normaalkracht	5	16	kN/m
	Dwarskracht	5	33	kN/m
	Horizontale Vervorming	4b	0,021*1,3 ≈ 0,016	m
	Verticale vervorming	4b	-0,005*1,3 ≈ -0,002	m
Anker	Ankerkracht	5	N.v.t.	kN

Op basis van bovenstaande resultaten en de toetsingen uitgevoerd in de opvolgende paragrafen in dit hoofdstuk volgt dat de ontwerpoplossing voor sectie 7 voldoet bij alle beschouwde belastingsituaties. De maatgevende belastingsituatie is de situatie met "val water na WBN met erosie buitentalud.

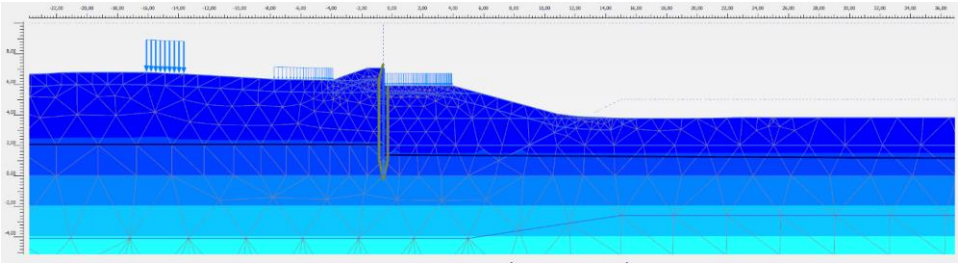
5.2 Plaxflow resultaten

De ligging van de freatische waterlijnen is op basis van Plaxflow berekeningen vastgesteld. In de berekeningen zijn de uitgangspunten gehanteerd zoals beschreven in hoofdstuk 2. De resultaten zijn weergegeven in Bijlage C.

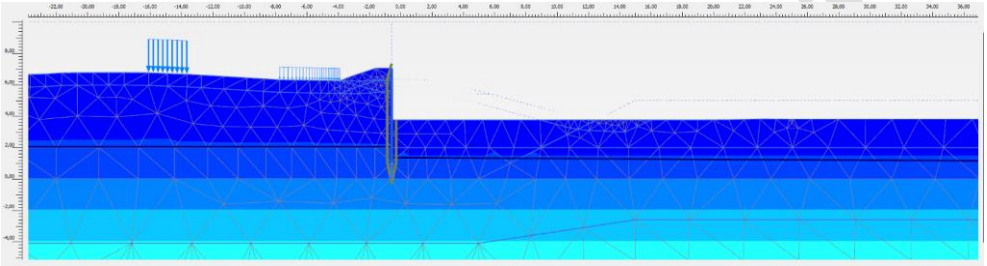
Op basis van de Plaxflow resultaten kan geconcludeerd worden dat er geen buitenwaarts verval optreedt over de damwand na de storm. Door de doorlatende ondergrond en het zeer brede voorland is er geen waarneembaar buitenwaarts verval aanwezig in de Plaxflow resultaten. Het aanwezige verval is in tegendeel binnenwaarts gericht ca, 0,3 m.

Ten behoeve van een robuust ontwerp is in de berekeningen veiligheidshalve een buitenwaarts verval van 1 m over de damwand gehanteerd. Aan de landzijde is op basis van de Plaxflow berekeningen de hoogste waterstand van NAP +2,05 m gehanteerd (bij piek storm). Aan de waterzijde is direct bij de damwand een waterstand van NAP +1,05 m gehanteerd dat afloopt over een afstand van ca. 90 m naar de lage waterstand van NAP -0,024 m op de zee. In onderstaande figuren is de modellering weergegeven.

Concept



Figuur 19: Sectie 7 DP56 aangehouden verval in de belastingsituatie "val water na WBN"



Figuur 20: Sectie 7 DP56 aangehouden verval in de belastingsituatie "val water na WBN met erosie buitentalud"

5.3 Geotechnisch bezwijken (GEO-1)

Door het toepassen van een design approach is de veiligheidseis voor geotechnische stabiliteit gelijk aan de schematiseringsfactor. Zoals aangegeven in paragraaf 2.8.2 is er een gekozen om een aanpak te hanteren waarbij een schematiseringsfactor van 1,1 wordt gehanteerd.

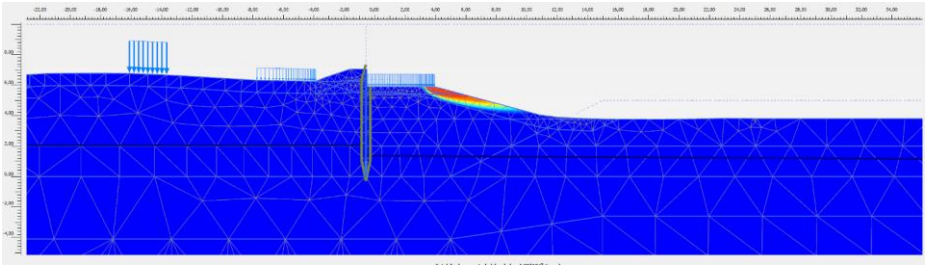
Per belastingcombinatie volgen uit Plaxis de volgende resultaten:

- Val water na WBN 1,94 > 1,1 Voldoet
- Val water na WBN met erosie buitentalud 1,33 > 1,1 Voldoet

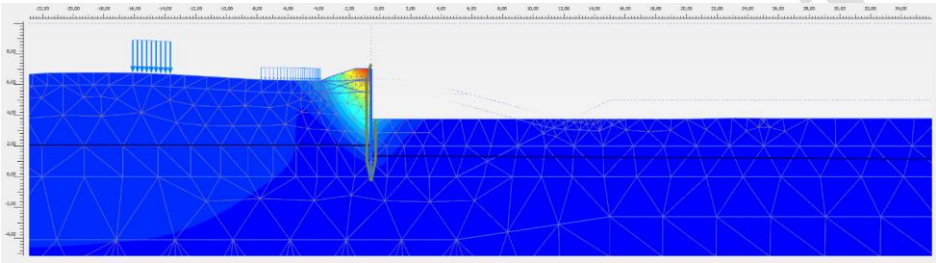
Aan de hand van de resultaten kan geconcludeerd worden dat de ontwerpoplossing ruim voldoet aan de geotechnische stabiliteitseis. In onderstaande figuren zijn de bezwijkmechanismen weergegeven.

Opgemerkt wordt dat de lengte van de damwand niet volledig is uitgeput. In de berekeningen is enige ruimte gelaten voor eventuele ontwerpwijzigingen in het UO. Door de beperktere lengte van de damwand kan het namelijk eventueel mogelijk worden om een lichtere damwand toe te passen, dan beoogd in het VO.

Concept



Figuur 21: Sectie 7 DP56 - Geotechnisch bezwijken GEO-1 "val water na WBN"



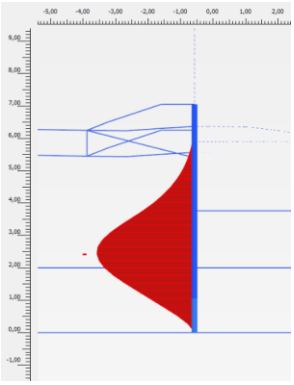
Figuur 22: Sectie 7 DP56 - Geotechnisch bezwijken GEO-1 "val water na WBN met erosie buitentalud"

5.4 Constructieve toetsing sterkte damwand (STR-1)

In deze paragraaf worden de staalspanningen in de damwanden getoetst conform NEN EN EN1993-5. Zoals voorgeschreven door de PPL is het ontwerp van de damwanden en ankers uitsluitend rekening gehouden met de elastische capaciteit.

De rekenwaardes van de snedekrachten worden verkregen door de Plaxis resultaten te vermenigvuldigen met additionele belastingeffect factoren en de schematiseringsfactor. Zoals aangegeven in paragraaf 2.8.2 is er een gekozen om een aanpak te hanteren waarbij een schematiseringsfactor van 1,1 wordt gehanteerd.

In onderstaande toetsingen is enkel de maatgevende belastingsituatie namelijk "val water na WBN met erosie buitentalud" getoetst, deze situatie levert eveneens de maatgevende snedekrachten op. In Figuur 23 is de momenten verloop weergegeven. Het maximum moment treedt op rond NAP +2,5 m waar 4,4 mm corrosie is gehanteerd. De snedekrachten toetsing is uitgevoerd op het damwandprofiel met 4,4 mm corrosie.

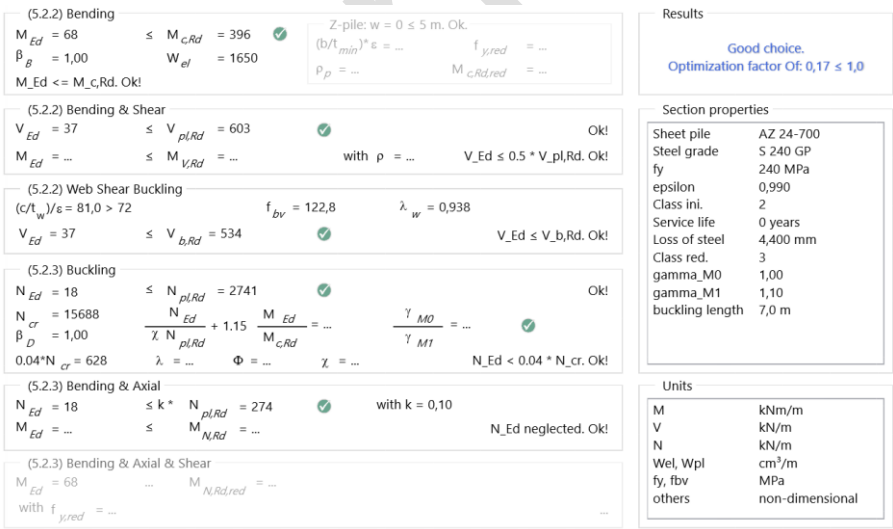


Figuur 23: Sectie 7 DP56 momenten verloop over de damwand in de situatie "val water na WBN met erosie buitentalud"

Tabel 18: Sectie 7 DP56 - "val water na WBN met erosie buitentalud" - Rekenwaarde van de snedekrachten

Formule	Damwand
$M_{s;d} = \gamma_{add;dw} \cdot \gamma_{b;STR} \cdot M_{s;max;EEM}$	$1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 61 = 68\ kNm/m$
$N_{s;d} = \gamma_{add;dw} \cdot \gamma_{b;STR} \cdot N_{s;max;EEM}$	$1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 16 = 18\ kN/m$
$V_{s;d} = \gamma_{add;dw} \cdot \gamma_{b;STR} \cdot V_{s;max;EEM}$	$1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 33 = 37\ kN/m$

De toetsing van de snedekrachten is uitgevoerd met software Durability versie 3.5.2. De resultaten zijn opgenomen in de figuur hieronder.



Figuur 24: Sectie 7 DP56 - golfklap bij WBN - toetsing snedekrachten ankerwand

Op basis van bovenstaande resultaten volgt dat de damwand met staalsoort S240 voldoet aan de STR-1 toetsing met een unity check van 0,17. De resultaten tonen aan dat de toetsing van de staalspanningen niet maatgevend zijn ten opzichte van de inbrengbaarheid. De aannemer is vrij in het kiezen van een hogere staalsoort.

5.5 Verlies van verticaal evenwicht (SSI-1)

De damwand wordt verticaal enkel belast door eigen gewicht (damwand en kesp). De damwand zal altijd voldoende draagkracht hebben om deze beperkte belasting op te nemen. Verlies van verticaal evenwicht is daarom geen realistisch faalmechanisme en voldoet altijd.

D10037362:52

5.6 Toets vervormingen

Conform de PPL dient er aan de volgende vervormingseisen te worden voldaan:

- De kruindaling mag niet meer dan 0,1 m bedragen;
- De vervorming van de binnenteen t.o.v. de buitenteen mag niet meer dan 0,1 m bedragen;
- De horizontale vervorming van de constructie mag niet meer dan 0,1 m bedragen;

Voor deze toetsingen dienen de vervormingen uit het EEM model fase 4b vermenigvuldigd te worden met de vervormingsfactor van 1,3. Onderstaand wordt per eis aangegeven of hieraan voldaan is.

Tabel 19: Sectie 7 DP56 - toetsing maatgevende vervormingen

Toetsing	Omschrijving	Resultaat fase 4b	Eis	Toets
Verticale vervorming van de kruin	Direct achter de damwand in de situatie "val water na WBN met erosie buitentalud"	-0,032 * 1,3 = -0,042 m	< 0,1 m	Voldoet
Verschilvervorming tussen binnen- en buitenteen		n.v.t.	< 0,1 m	n.v.t.
Horizontale vervorming constructie	Bovenkant damwand in de situatie "val water na WBN met erosie buitentalud"	0,021 * 1,3 ≈ 0,028	< 0,1 m	Voldoet

Uit bovenstaande volgt dat de maatgevende vervormingen voldoen aan de vervormingseisen conform de PPL.

Concept

6 Samenvatting ontwerp

Dit hoofdstuk dient nog nader uitgewerkt te worden op basis van de definitieve resultaten. Let op dat de resultaten enigszins kunnen wijzigen door wijzigingen in de golfklapbelasting.

In voorliggende rapportage zijn een tweetal langsconstructies ontworpen in dijktraject 6-5. Deze langsconstructies bevinden zich in sectie 5 en 7. Op basis van de ontwerpberekeningen voldoet de oplossingsrichting die in het VO is aangenomen. In sectie 5 bestaat deze oplossing uit een onverankerde damwand met een keermuur erachter en bij sectie 7 enkel een onverankerde damwand.

Aan de hand van uitgevoerde berekeningen volgt dat de inbrengbaarheid van de damwanden en bij sectie 5 de situatie met NWO erosie, maatgevend zijn voor het ontwerp van de langsconstructies. Op basis van de ontwerp berekeningen is er gekomen tot onderstaande oplossingen:

Tabel 20: Samenvatting ontwerp langsconstructies

Sectie	Damwand type	Staalsoort	Bovenkant	Onderkant	Lengte
Sectie 5	AZ 24-700	S240	6,4 m NAP	-3,0 m NAP	9,4 m
Sectie 7	AZ 24-700	S240	7,05 m NAP	+0,0 m NAP	7,05 m

Opgemerkt wordt dat de aannemer vrij is in het kiezen van een hogere staalsoort. In het UO kan eventueel nog geoptimaliseerd worden in onder andere het type damwand, indien de inbrengbaarheid gunstiger uitpakt.

De ontwerpoplossing voor de keermuur dient nader uitgewerkt te worden op basis van de nieuwe golfklapbelasting.

Concept

7 Aandachtspunten uitvoering

Dit hoofdstuk wordt nader ingevuld met aandachtspunten voor de uitvoering.

Concept

Bijlage A Grondparameters

Hardening Soil grondmodel

Grondlaag	Grondgedrag	Onverzadigd volumieke gewicht	Verzadigd volumieke gewicht	c'	phi'	psi	E50ref	Eoedref	Eurref	power m	Vur	Rinter
		[kg/m3]	[kg/m3]	kN/m²	[°]	[°]	kN/m2	kN/m2	kN/m2	-	[-]	[-]
Zand, plaatselijk gelaagd met klei	Gedraineerd	18	20	0,1	29,9	0	25000	25000	75000	0,5	0,15	0,67
Wadzand, sterk gelaagd	Gedraineerd	17	19	0,1	29,9	0	20000	20000	60000	0,5	0,15	0,67
Zand, dijkmateriaal	Gedraineerd	18	20	0,1	29	0	30000	30000	90000	0,5	0,15	0,67
Zand, Pleistoceen	Gedraineerd	19	21	0,1	32,4	2,4	30000	30000	90000	0,5	0,15	0,67
Zand, ophoogmateriaal	Gedraineerd	17	19	0,1	30	0	25000	25000	75000	0,5	0,15	0,67
Klei, ophoogmateriaal / bekleding	Gedraineerd	17,5	17,5	0,1	29	0	15000	15000	45000	0,5	0,15	0,67

Soft Soil Creep grondmodel

Grondlaag	Grondgedrag	Onverzadigd volumieke gewicht	Verzadigd volumieke gewicht	c'	phi'	psi	lambda*	k*	mu*	Vur	Rinter
		[kg/m3]	[kg/m3]	kN/m²	[°]	[°]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Klei, sterk zandig, gelaagd	Ongedraineerd	18,5	18,5	0,1	33,4	0	0,0499	0,0234	0,0020	0,1500	0,67
Veen	Ongedraineerd	11	11	0,1	26	0	0,0999	0,0388	0,0050	0,2000	0,67

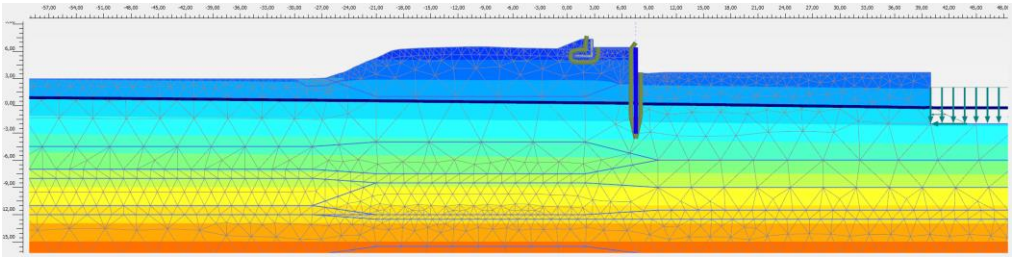
Shabsep NGI- ADP-S grondmodel

Grondlaag	Grondgedrag	Onverzadigd volumieke gewicht	Verzadigd volumieke gewicht	G/Su	Agamma	fCgamma	fEgamma	fDSS	SuAref	vertref	SuAinc	Sup/Su	At0/Su	ASudss/Su	Anu	nu_ua	lpha	power	Sumin	Eoedref	UD-Power	UD-Pref	c'ref	phi'	psi
		[kg/m3]	[kg/m3]	[-]	[%]	[%]	[%]	Kn/m2	[m]	kN/m²/m	-	-	-	-	-	-	-	kN/m²	kN/m²	[-]	kN/m²	kN/m²	[°]	[°]	
Klei, sterk zandig, gelaagd	Ongedraineerd	18,5	18,5	125	11	15	13	0	0	0	0,98	0,7	0,99	0,3	0,495	0,23	0,80	2	6666	0,9	100	0,1	19,5	0	
Veen	Ongedraineerd	11	11	45	7	11	9	0	0	0	0,98	0,7	0,99	0,3	0,495	0,26	0,80	2	762	0,9	100	0,1	17	0	

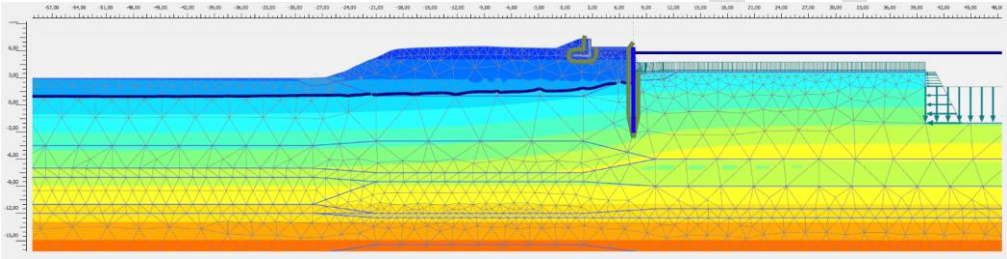
Concept

Bijlage B Plaxfow resultaten sectie 5 DP71

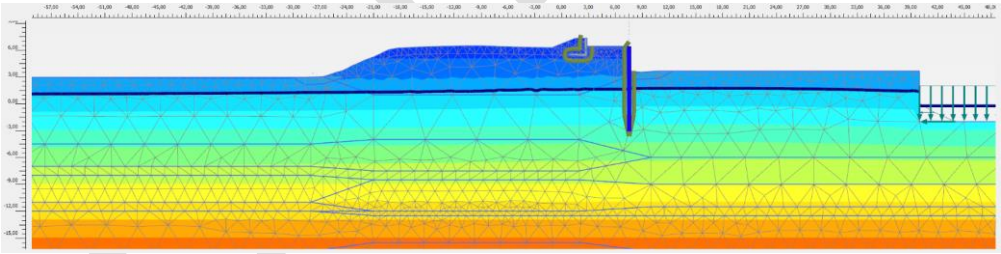
In onderstaande figuren zijn de resultaten uit de Plaxflow berekeningen voor sectie 5 DP71 weergegeven.



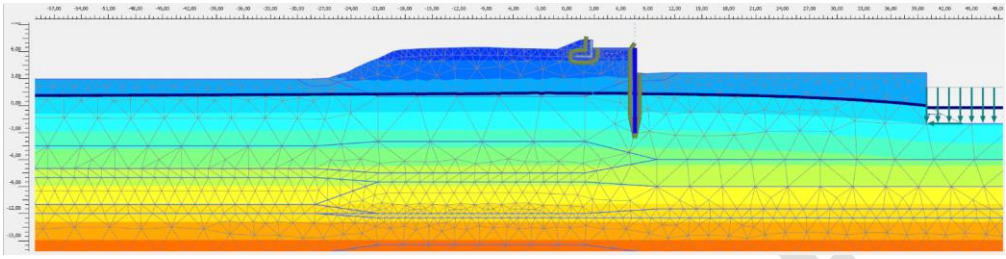
Figuur 25: Plaxflow resultaat sectie 5 DP71 - na 30 dagen getijde



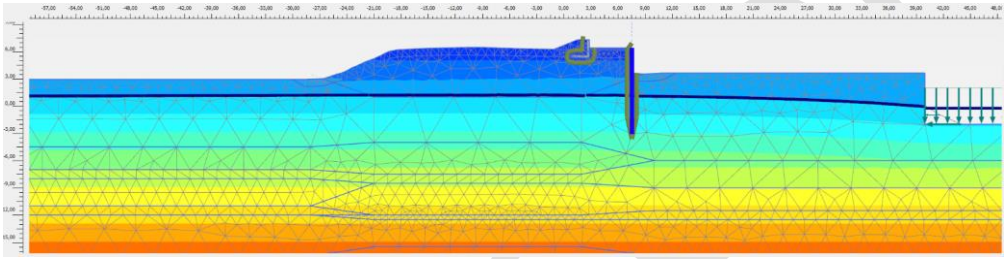
Figuur 26: Plaxflow resultaat sectie 5 DP71 - piek storm



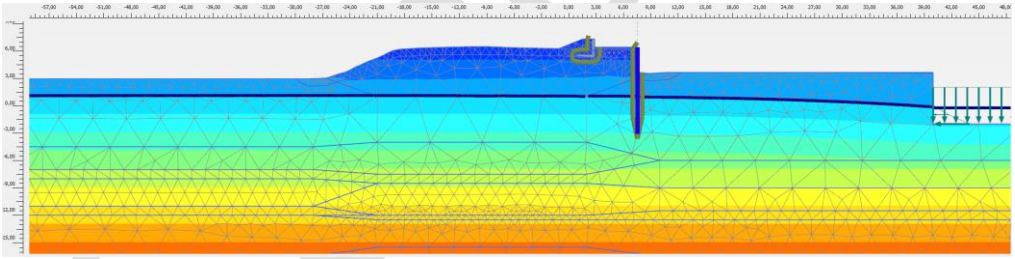
Figuur 27: Plaxflow resultaat sectie 5 DP71 - laagwater na storm



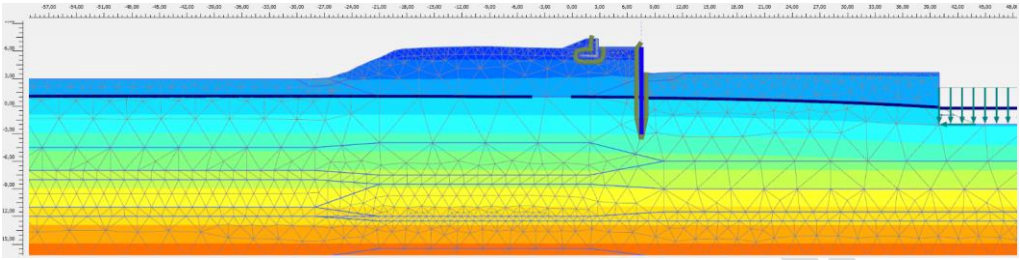
Figuur 28: Plaxflow resultaat sectie 5 DP71 - 12 uur na storm



Figuur 29: Plaxflow resultaat sectie 5 DP71 - 24 uur na storm



Figuur 30: Plaxflow resultaat sectie 5 DP71 - 48 uur na storm

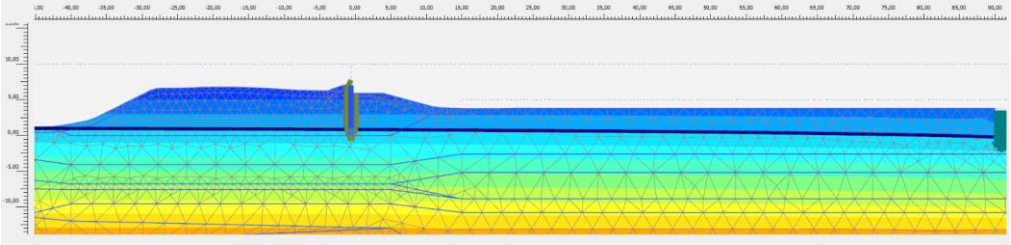


Figuur 31: Plaxflow resultaat sectie 5 DP71 - 72 uur na storm

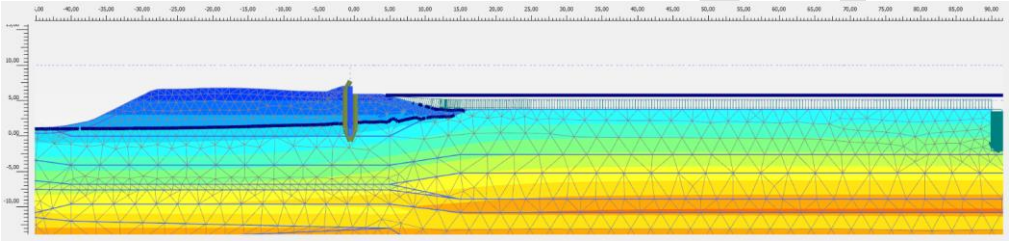
Concept

Bijlage C Plaxfow resultaten sectie 7 DP56

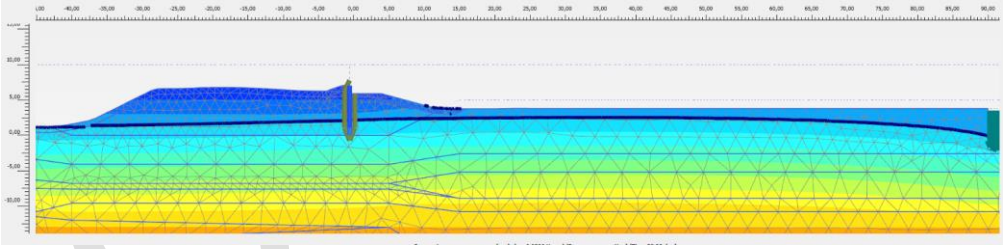
In onderstaande figuren zijn de resultaten uit de Plaxflow berekeningen voor sectie 7 DP56 weergegeven.



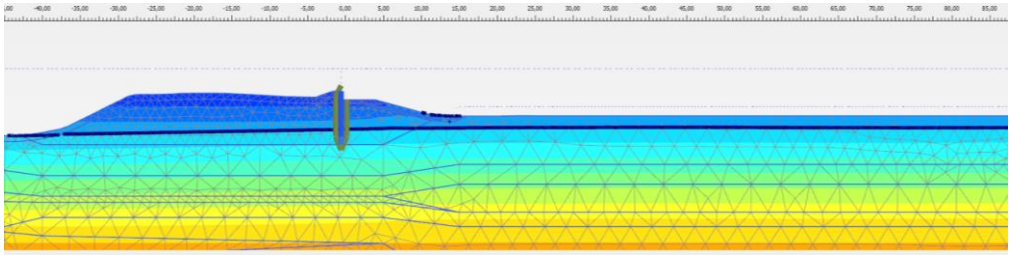
Figuur 32: Plaxflow resultaat sectie 7 DP56 - na 30 dagen getijde



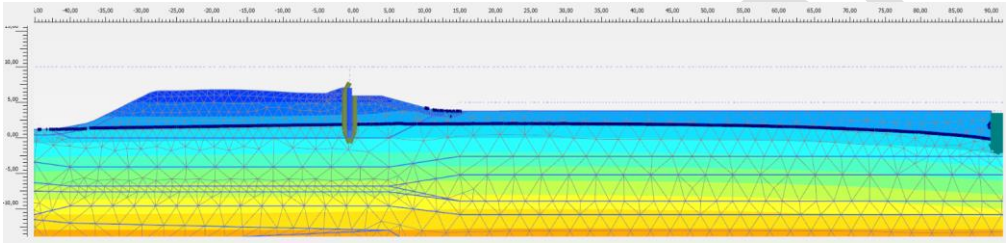
Figuur 33: Plaxflow resultaat sectie 7 DP56 - piek storm



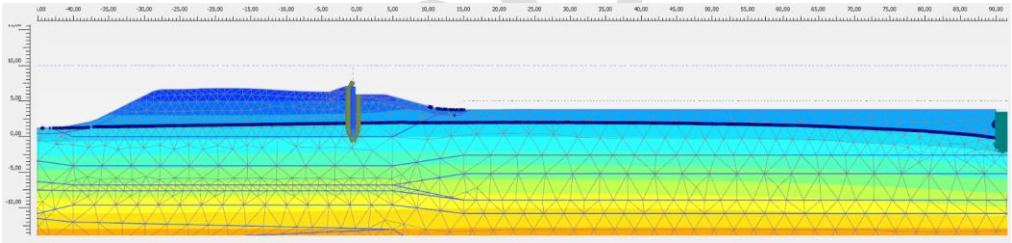
Figuur 34: Plaxflow resultaat sectie 7 DP56 - laagwater na storm



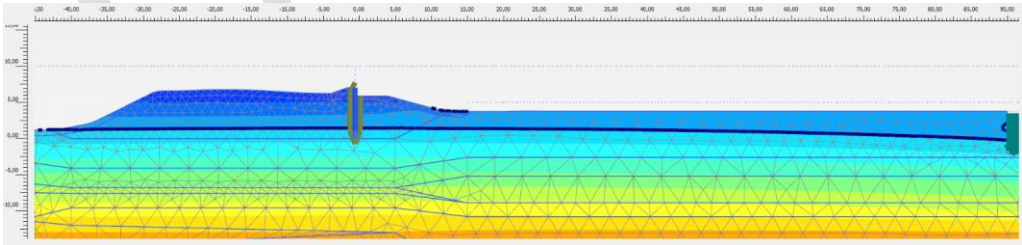
Figuur 35: Plaxflow resultaat sectie 7 DP56 - 12 uur na storm



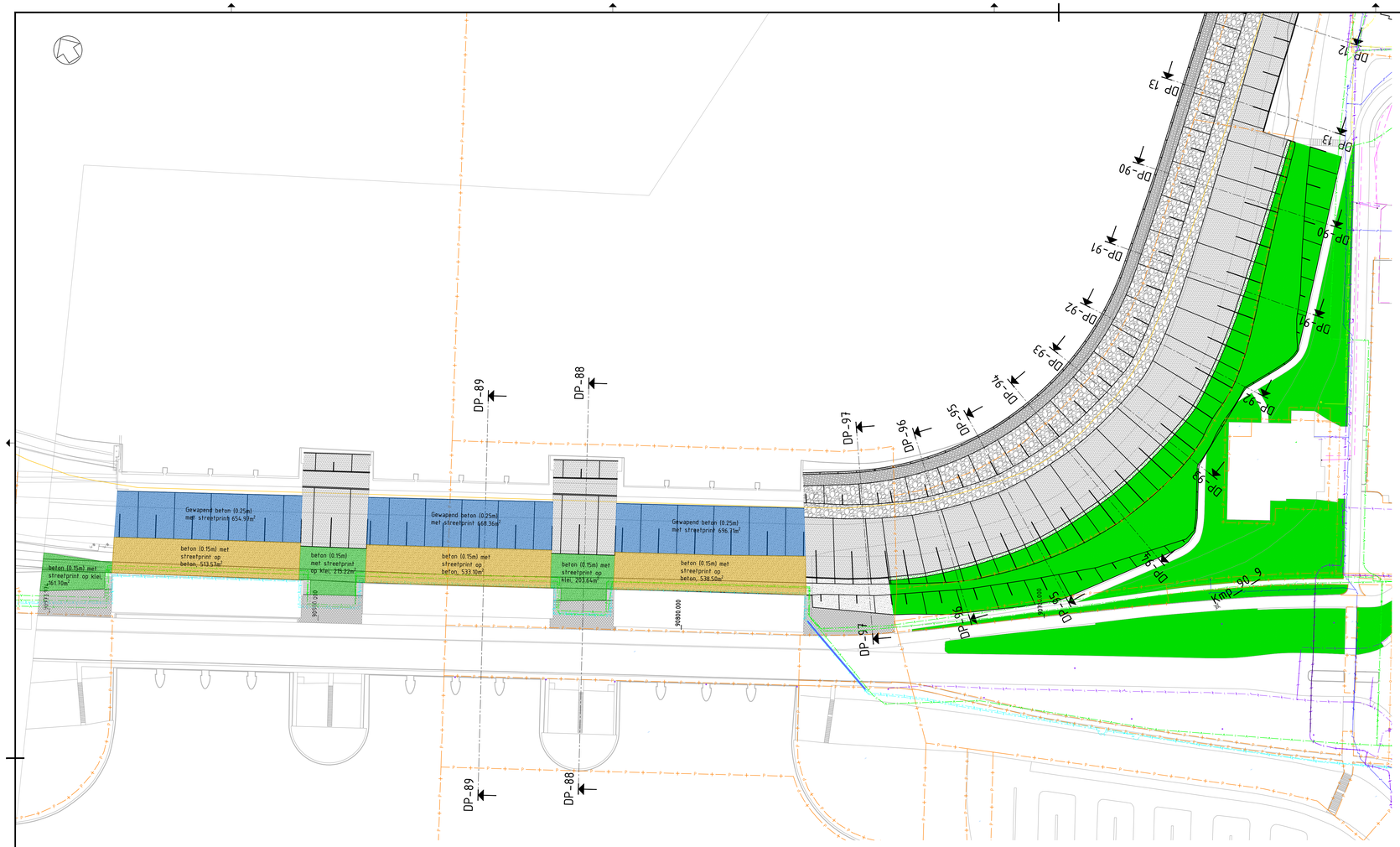
Figuur 36: Plaxflow resultaat sectie 7 DP56 - 24 uur na storm



Figuur 37: Plaxflow resultaat sectie 7 DP56 - 48 uur na storm

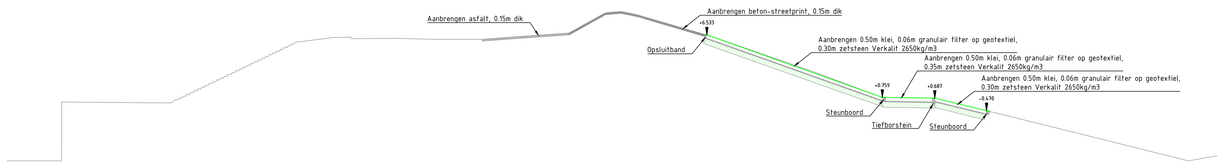


Figuur 38: Plaxflow resultaat sectie 7 DP56 - 72 uur na storm



Legenda

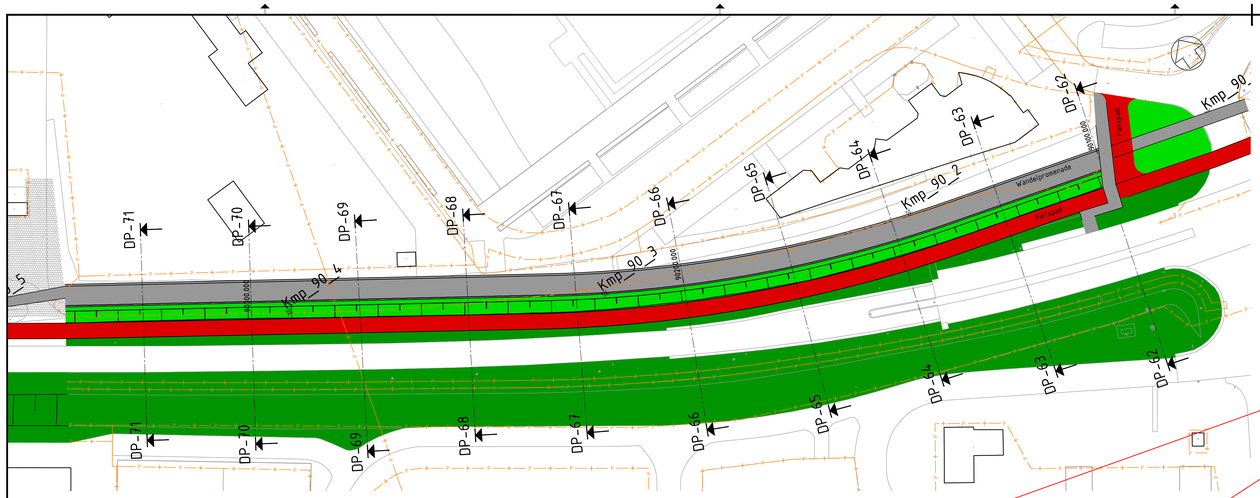
- bestaande situatie
- kadaster
- buitenteenlijn
- Natura 2000
- Klei met gras
- Gewapend beton/ streetprint-beton
- Zetsteenbekleding
- Asfalt
- Grasbetontegels
- Breuksteen
- Fietspad
- Teenbestorting
- **bestaande maaiveldniveau**
- **toekomstig maaiveldniveau**



Dwarsprofiel DP-88
bij metrering 90827.151
Schaal 1:200

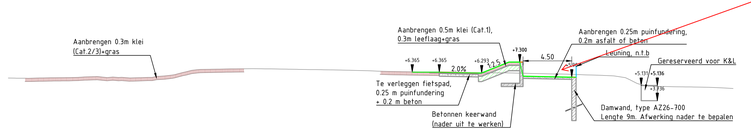
-10.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	6.593 1.879 0.759 0.687 -0.630 -0.825
	Afstand	-43.599 78.271 92.681 95.136 97.591 99.591 101.591 103.591 104.405
Bestaand	Hoogte	5.906 8.187 8.025 0.294 6.646 6.646 6.646



Hoogte damwand/wandelpromenade naar NAP+6,4 m, zodat valbeveiliging op keerwand vervalt.

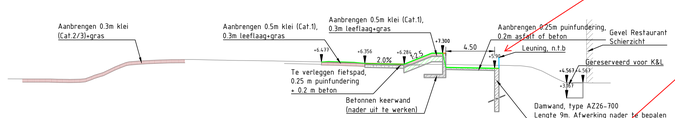
Dwarsprofiel DP-62
bij metrering 90100.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

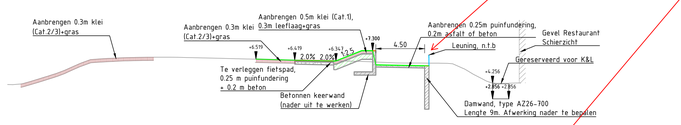
Dwarsprofiel DP-63
bij metrering 90125.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

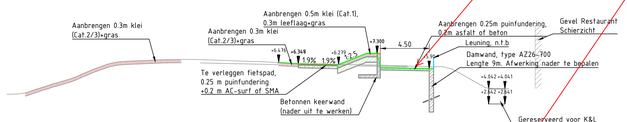
Dwarsprofiel DP-64
bij metrering 90150.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

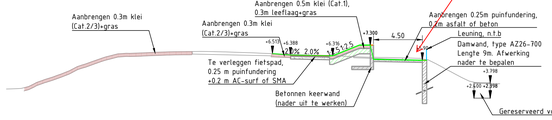
Dwarsprofiel DP-65
bij metrering 90175.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel DP-66
bij metrering 90200.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

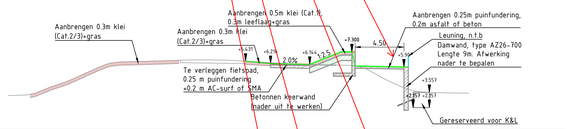
Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel DP-67
bij metrering 90225.000
Schaal 1:200

0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel DP-68
bij metrering 90250.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

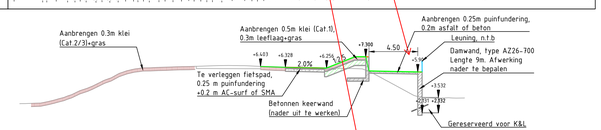
Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel DP-69
bij metrering 90275.000
Schaal 1:200

0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

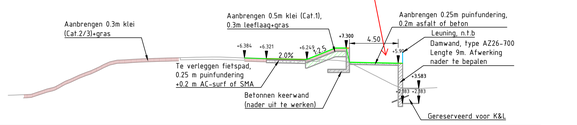
Dwarsprofiel DP-70
bij metrering 90300.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel DP-71
bij metrering 90325.000
Schaal 1:200

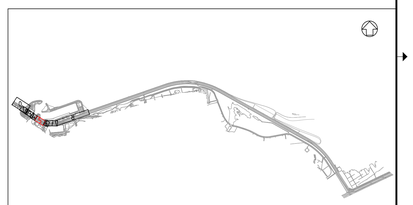


0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand	Hoogte	
	Afstand	

Legenda

- bestaande situatie
- kadaster
- buitenteenlijn
- Natura 2000
- Klei met gras
- Asfalt-/Betonbekleding
- Zetsteenbekleding
- Verkalit Promenadesteen
- Grasbetontegels
- Breuksteen
- Fietspad
- Nader te bepalen bekleding bovenstaand Cleveringsluizen
- Voorlopige ruimtereservering K&L
- bestaande maaiveldniveau
- toekomstig maaiveldniveau



Bladindeling
schaal 1:50.000

Versie:	Omschrijving:			
	Datum:	Ger.:	Con.:	Vrij.:
Versie:	Omschrijving:			
	Datum:	Ger.:	Con.:	Vrij.:

Opdrachtgever
Waterschap Noorderzijlvest
Contact: B. de Wolff

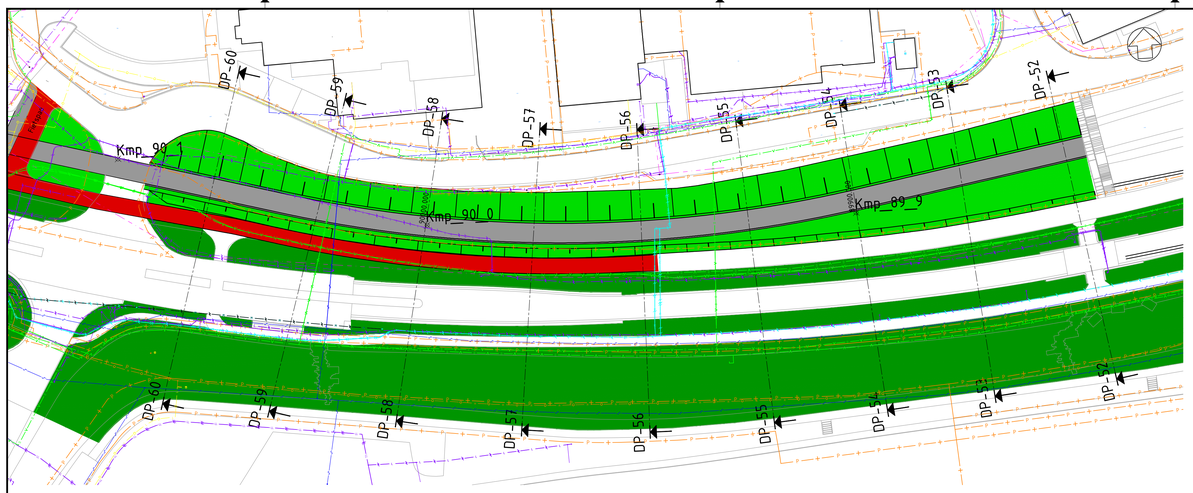
Advies- en Ingenieursorganisatie
Contact: M. Onderwater

Project
Dijkverbetering Lauwermeerdijk-Vierhuizergat
Projectnummer : C07011.000003
Fase : DO

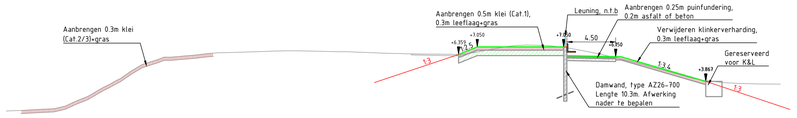
Onderwerp : DO - Havendijk, Sectie 5
Situatie en dwarsprofielen

Schaal : 1:500/1:200	Bladformaat : A0	Status : Concept
Contractnummer:	Bladnummer : 7 van 11	

Tekeningnummer: C07011.000003-DO-03_HD-007-0.1
Versie: 0.1



Dwarsprofiel DP-52
bij metrering 89850.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

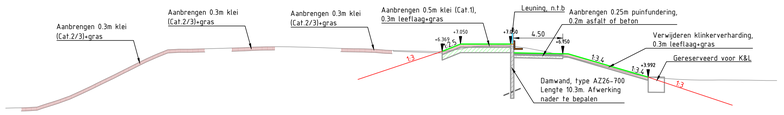
Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

Dwarsprofiel DP-53
bij metrering 89875.000
Schaal 1:200

0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

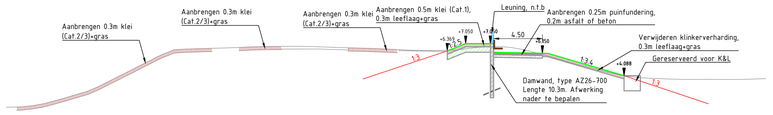
Dwarsprofiel DP-54
bij metrering 89900.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

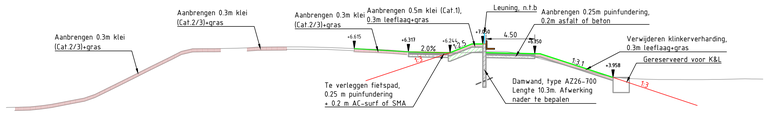
Dwarsprofiel DP-55
bij metrering 89925.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

Dwarsprofiel DP-56
bij metrering 89950.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

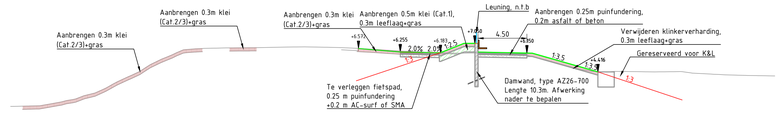
Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

Dwarsprofiel DP-57
bij metrering 89975.000
Schaal 1:200

0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

Dwarsprofiel DP-58
bij metrering 90000.000
Schaal 1:200



0.000m t.o.v. NAP

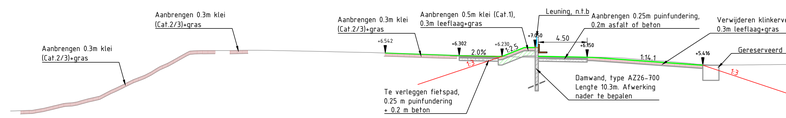
Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

Dwarsprofiel DP-59
bij metrering 90025.000
Schaal 1:200

0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

Dwarsprofiel DP-60
bij metrering 90050.000
Schaal 1:200

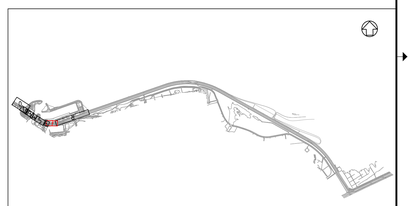


0.000m t.o.v. NAP

Ontwerp	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]
Bestaand	Hoogte	[illegible]
	Afstand	[illegible]

Legenda

- bestaande situatie
- kadaster
- buitenteenlijn
- Natura 2000
- Klei met gras
- Asfalt-/Betonbekleding
- Zetsteenbekleding
- Verkalit Promenadesteen
- Grasbetontegels
- Breuksteen
- Fietspad
- Nader te bepalen bekleding bovenhaluid Cleveringsluizen
- Voorlopige ruimtereservering K&L
- bestaande maaiveldniveau
- toekomstig maaiveldniveau



Bladindeling
schaal 1:50.000

Versie	Omschrijving: DO-Havendijk, Sectie 7, aersite opzet			
0.1	Datum:	Gem.:	Con.:	Vrij.:
Versie	Omschrijving: DO-Havendijk, Sectie 7, 50% ontwerp			
0.2	Datum: 03/12/21	Gem.: ID	Con.: MO/HLP	Vrij.: GP

Opdrachtgever
Waterschap Noorderzijlvest
Contact: B. de Wolff

Advies- en Ingenieursorganisatie
Contact: M. Onderwater

Project
Dijkverbetering Lauwermeerdijk-Vierhuizergat
Projectnummer : C07011.000003
Fase : DO

Onderwerp : DO - Havendijk, Sectie 7
Situatie en dwarsprofielen

Schaal : 1:500/1200
Contractnummer:
Bladformaat : A0
Bladnummer : 09 van 11
Status : Concept
Tekeningnummer: C07011.000003-DO-03_HD-009
Versie: 0.2

Samenvatting ankerontwerp

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Doorsnede Ankerrij		Terrein 1	
Controle proeven op alle ankers?		ja	
Belastingen:			Eenheid
P_{max} (per m')	=	56,11	[kN/m]
P_{max} (per anker)	=	157,10	[kN]
P_{rep} (per m')	=	41,56	[kN/m]
P_{rep} (per anker)	=	116,37	[kN]
Verankering:			
Ankerhoek met de horizontaal	=	30	[°]
Hart op hart afstand ankers	=	2,80	[m]
Lengte groutlichaam	=	5,00	[m]
Vrije ankerlengte	=	10,80	[m]
Totale ankerlengte	=	15,80	[m]
Ankerniveau t.p.v. hart wand	=	5,40	[m tov NAP]
Ankerniveau t.p.v. b.k. grout	=	0,00	[m tov NAP]
Ankerniveau t.p.v. o.k. grout	=	-2,50	[m tov NAP]
Ankertype	=	GEWI 50	
Buitendiameter	=	50,00	[mm]
Wanddikte	=	-	[mm]
Staalkwaliteit	=	GEWI	[-]
Corrosie	=	1,20	[mm]
Staaldoorsnede (incl. corrosie)	=	1780	[mm^2]
Diameter groutlichaam	=	110-133	[mm]
Sondering:			
Maatgevend	=	DKMP90284	
Gem. conusweerstand t.p.v. groutprop	=	9	[MPa]
Toetsing houdkracht groutlichaam (CUR166, Hfst 7 deel I en 4.9.4 deel II):			
$P_d = 1{,}1 \times P_{max}$	=	173	[kN]
$R_{a;min}$	=	465	[kN]
$R_{a;k} = R_{a;min} / \xi_a$	=	465	[kN]
$R_d = R_{a;min} / \gamma_a$	=	388	[kN]
Unity check (eis: ≤ 1)	=	0,45	[-]
Toetsing:		Voldoet	
Toetsing houdkracht groutlichaam bij ankeruitval (stap 9.4, CUR166)			
$P_{A;rep}$ (= P_{rep} * 1,5)	=	175	[kN]
$R_{a;k}$	=	465	[kN]
Unity check (eis: ≤ 1)	=	0,38	[-]
Toetsing:		Voldoet	
Toetsing sterkte ankerstaaf (stap 9, CUR166):			
$P_d = 1{,}25 \times P_{max}$	=	196	[kN]
$R_{t;d}$	=	699	[kN]
u.c. = (eis: ≤ 1)	=	0,28	[-]
Toetsing:		Voldoet	
Toetsing sterkte ankerstaaf bij ankeruitval (stap 9.4, CUR166):			
$P_{A;rep}$ (= P_{rep} * 1,5)	=	175	[kN]
$R_{t;rep}$	=	699	[kN]
u.c. = (eis: ≤ 1)	=	0,25	[-]
Toetsing:		Voldoet	

Report for D-Sheet Piling 20.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company:	ARCADIS Infrastructure
Date of report:	4/2/2021
Time of report:	1:17:36 PM
Report with version:	20.2.1.30962
Date of calculation:	4/2/2021
Time of calculation:	1:13:07 PM
Calculated with version:	20.2.1.30962
File name:	Damwand_onverankerd_AZ12-700_storm
Project identification:	Damwand Havendijk Marnewaard

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displace-ment [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.1		**-111,79**	54,15	**0,0**	41,2	
1	EC7(NL)-Step 6.2		-110,58	**58,43**	**0,0**	**41,5**	
1	EC7(NL)-Step 6.3		-90,12	-45,01	**0,0**	36,7	
1	EC7(NL)-Step 6.4		-87,46	46,24	**0,0**	36,9	
1	EC7(NL)-Step 6.5	**12,3**	-45,19	-29,60	**0,0**	20,7	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,350		-61,01	-39,97			
Max		**12,3**	**-111,79**	**58,43**	**0,0**	**41,5**	

Stage nr.	Verification type	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.2	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,350	
Max		Sufficient

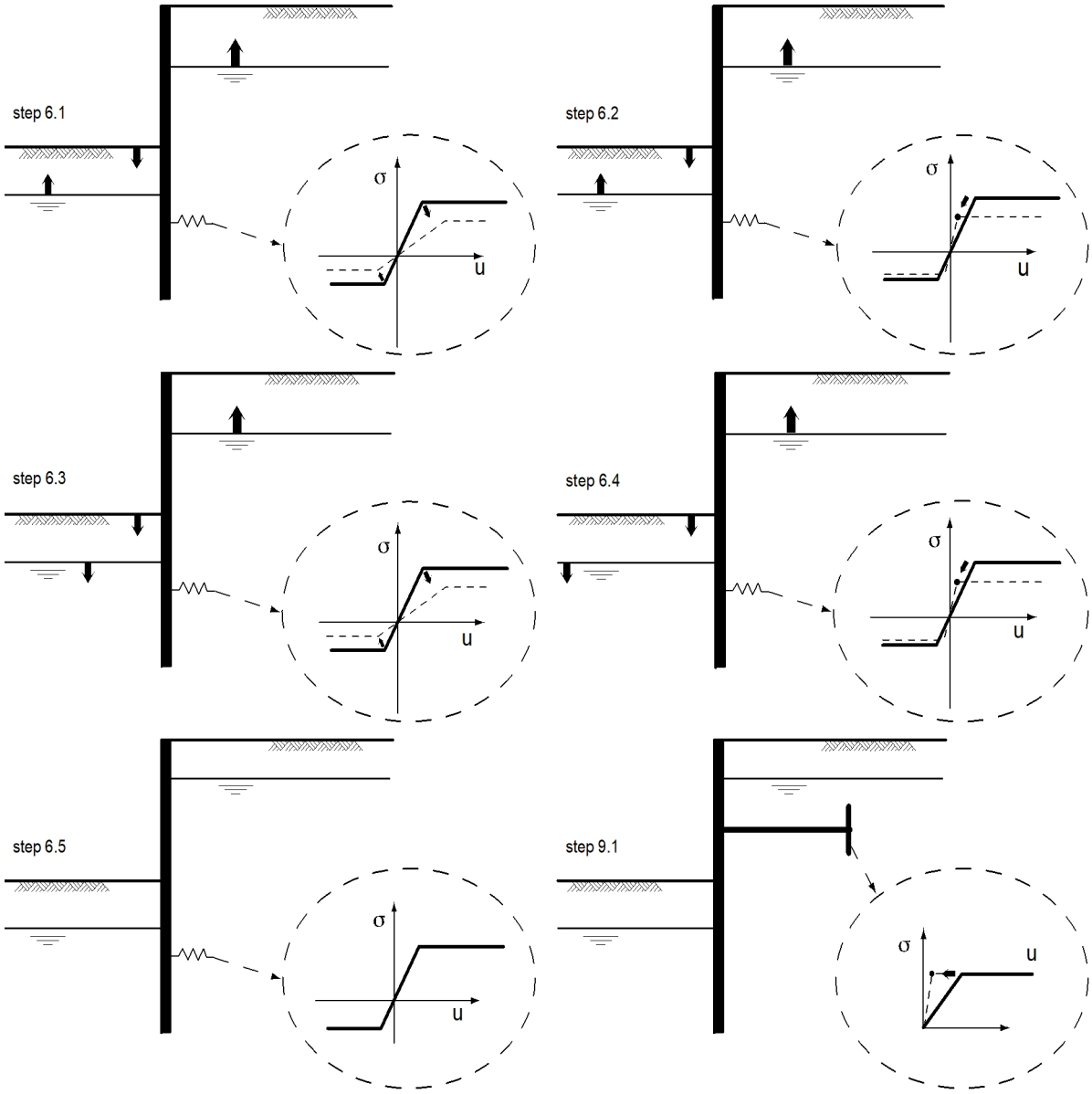
1.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Aanbrengen damwand	2,35

1.3 Warnings

Phi values:
In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in thematerials is more than 15 degrees. According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a Ka, Ko, Kp calculation.
Profile(s):
DKMP90284
DKMP90284 addporepressure

1.4 CUR Verification Steps



End of Report

Report for D-Sheet Piling 20.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company:	ARCADIS Infrastructure
Date of report:	2-4-2021
Time of report:	13:11:14
Report with version:	20.2.1.30962
Date of calculation:	4/2/2021
Time of calculation:	12:22:32 PM
Calculated with version:	20.2.1.30962
File name:	Damwand_verankerd_AZ12-700_storm
Project identification:	Damwand Havendijk Marnewaard

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displace-ment [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.1		**64,47**	**45,16**	**77,8**	78,7	
1	EC7(NL)-Step 6.2		63,04	44,57	77,6	**79,1**	
1	EC7(NL)-Step 6.3		51,80	39,66	57,1	59,9	
1	EC7(NL)-Step 6.4		46,70	37,26	60,4	64,1	
1	EC7(NL)-Step 6.5	**4,1**	27,93	-26,48	31,4	34,8	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,350		37,70	-35,75			
Max		**4,1**	**64,47**	**45,16**	**77,8**	**79,1**	

Stage nr.	Verification type	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.2	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.3	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.4	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,350	
Max		Sufficient

1.2 Anchors and Struts

Stage nr.	Verification type	Anchor/strut Groutanker		
		Force [kN]	State	Status
1	EC7(NL)-Step 6.1	**54,80**	Elastic	
1	EC7(NL)-Step 6.2	54,11	Elastic	
1	EC7(NL)-Step 6.3	48,45	Elastic	
1	EC7(NL)-Step 6.4	45,67	Elastic	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,350	41,56	Elastic	
Max		**54,80**		

1.3 Overall Stability per Stage

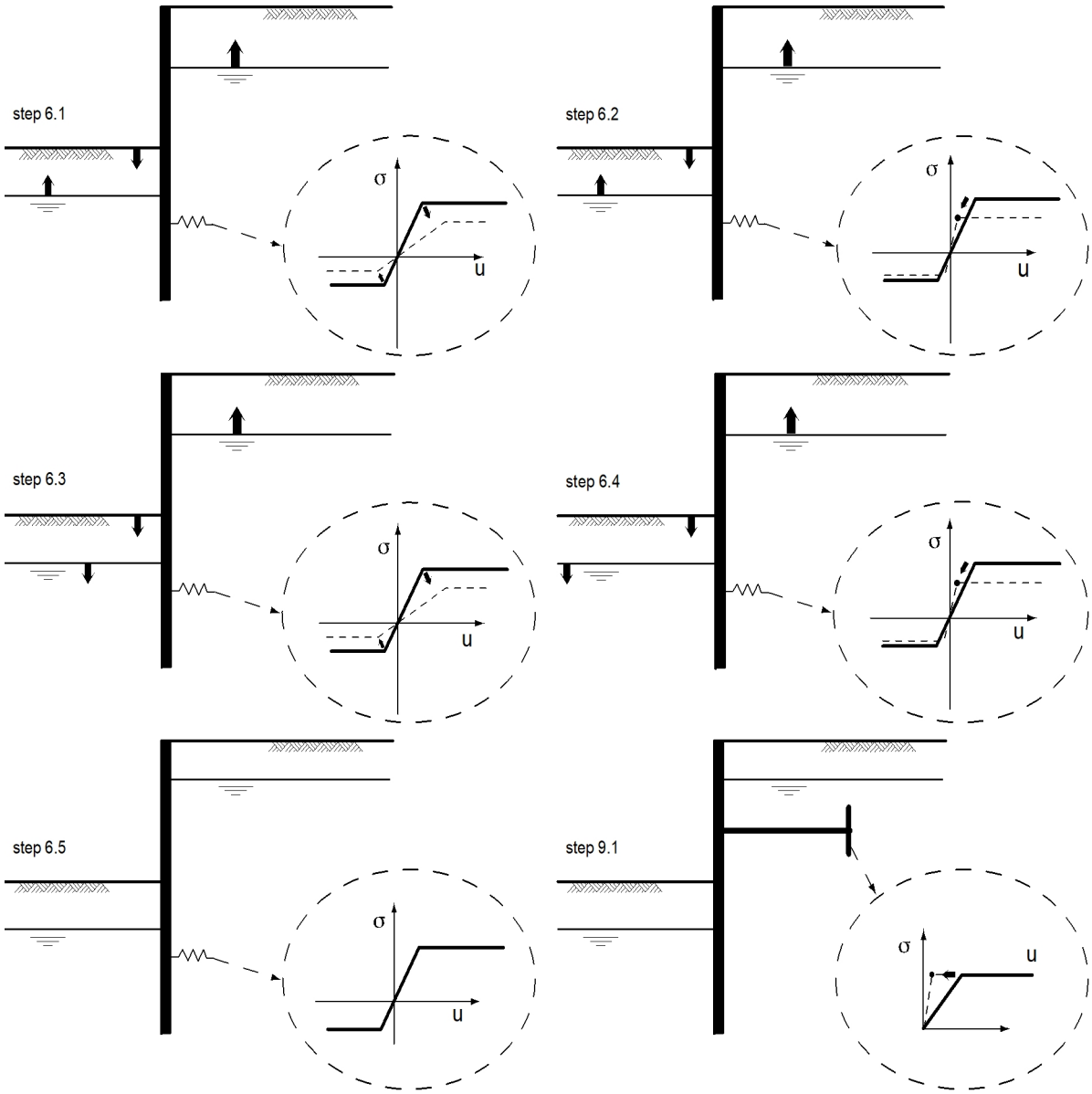
Stage name	Stability factor [-]
Aanbrengen damwand	1,68

1.4 Warnings

Phi values:
In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in thematerials is more than 15 degrees.
According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a Ka, Ko, Kp calculation.
Profile(s):

DKMP90284
DKMP90284 addporepressure

1.5 CUR Verification Steps



End of Report

Report for D-Sheet Piling 20.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company:	ARCADIS Infrastructure
Date of report:	4/2/2021
Time of report:	1:19:35 PM
Report with version:	20.2.1.30962
Date of calculation:	4/2/2021
Time of calculation:	1:19:07 PM
Calculated with version:	20.2.1.30962
File name:	Damwand_onverankerd_AZ12-700_dagelijkse omstandigheden
Project identification:	Damwand Havendijk Marnewaard

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displace-ment [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.1		**-182,66**	106,45	**0,0**	**48,9**	
1	EC7(NL)-Step 6.2		-182,65	**107,09**	**0,0**	48,5	
1	EC7(NL)-Step 6.3		-160,71	82,25	**0,0**	43,0	
1	EC7(NL)-Step 6.4		-160,31	85,56	**0,0**	43,2	
1	EC7(NL)-Step 6.5	**26,9**	-75,60	-36,84	**0,0**	21,1	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,350		-102,06	-49,74			
Max		**26,9**	**-182,66**	**107,09**	**0,0**	**48,9**	

Stage nr.	Verification type	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.2	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,350	
Max		Sufficient

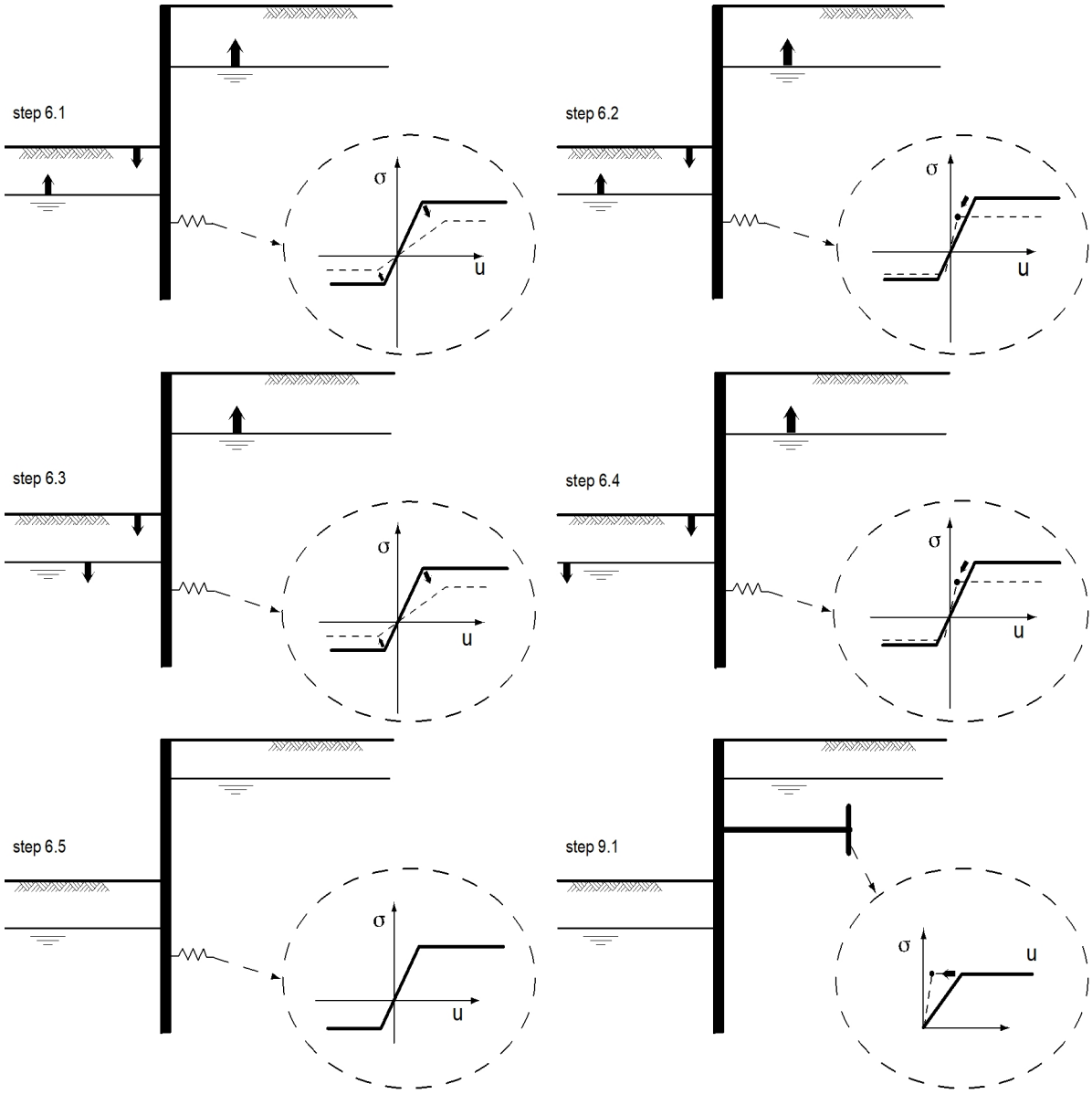
1.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Aanbrengen damwand	2,14

1.3 Warnings

Phi values:
In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in thematerials is more than 15 degrees. According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a Ka, Ko, Kp calculation.
Profile(s):
DKMP90284
DKMP90284 addporepressure

1.4 CUR Verification Steps



End of Report

Memo

ONDERWERP
Betonnen plaatbekleding t.b.v. golfklap - Cleveringsluizen

ONZE REFERENTIE
D10045263:36

DATUM
26 januari 2022

VAN
Federico J. Kesting

AAN
Thom Smit, Egon Bijlsma

Inleiding

Dit memo betreft het bepalen van de benodigde wapening voor de betonnen plaatbekleding aan de Waddenzeezijde van de Cleveringsluizen. Dit ten behoeve van bescherming tegen golfklappen. Onderdrukeffecten zijn niet beschouwt. Aansluiting beton rondom dient goed afgedicht te zijn.

Uitgangspunten

Constructieve gegevens

- In het werk gestort beton, sterkteklasse C30/37
- Wapeningstaal B500B
- Betonnen plaatbekleding te realiseren tussen NAP+1,80 m en ca. NAP+5,00 m
- Ondergrond grindasfaltbeton dik 0,25 m op kern van lavalite
- Taludhelling 1:3
- Soortgelijk gewicht grindasfaltbeton is 23 kN/m²
- Soortgelijk gewicht beton is 25 kN/m²

Hydraulische randvoorwaarden

- 1/100 per jaar condities
  - Waterstand NAP+4,68 m
  - Significante golfhoogte Hs = 1,84 m
  - Piekperiode Tp = 5,64 s
  - Spectrale golfperiode Tm-1,0 = 4,74 s

Risicoklasse

CC2/RC2

Levensduur

De levensduur is 50 jaar.

Milieuklasse

XC4, XS3, XA3, XF4

Dekking

De constructieclassificatie is bepaald volgens art. 4.4.1.2 (5) van NEN-EN 1992-1-1. Deze classificatie is volgens tabel 4.3N van NEN-EN 1992-1-1 verhoogd of verlaagd volgens een aantal criteria.

In het werk gestort beton

- Constructie classificatie S4 (art. 4.4.1.2 (5), NEN-EN 1992-1-1)
- Ontwerplevensduur 50 jaar +0 klassen (tabel 4.3N, NEN-EN 1992-1-1)
- Betonsterkteklasse C30/37 +0 klassen
- Plaatgeometrie -1 klassen

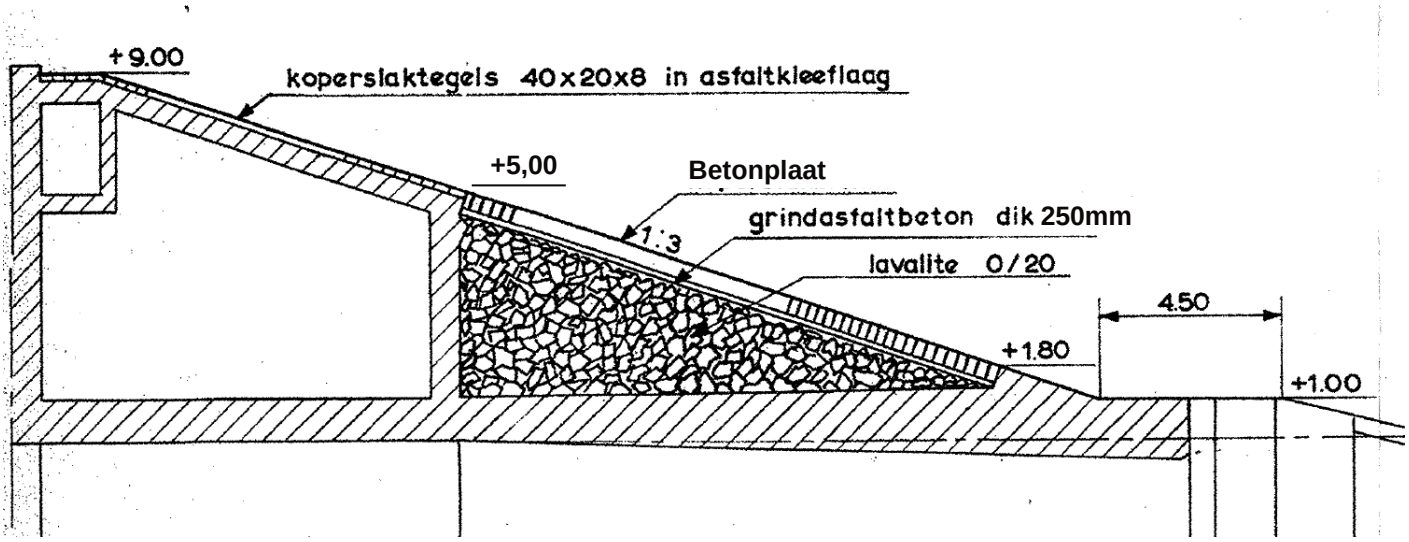
Totaal **S3**

- Volgens art 4.4.1 van NEN-EN 1992-1-1 geldt de volgende minimale dekking:
  - $c_{nom} = c_{min} + \Delta cd_{ev}$ = 35mm + 5mm = 40mm
    Waarbij:
    $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$
    $c_{min,b}$ = 16mm (= $Ø_{k;max}$, voor beton met een standaard grindsamenstelling van d_{nom} = 31,5mm)
    $c_{min,dur}$ = 35mm (= klasse S3, milieuklasse XC4 / XS3 / XA3)
    Δc_{dur} = 0mm (= $\Delta c_{dur,y}$, $\Delta c_{dur,st}$ en $\Delta c_{dur,add}$)

De toegepaste dekking aan de **onderzijde** is **50mm.** Voor de dekking aan de bovenzijde dient rekening gehouden worden met de toe te passen profilering. Voor de **bovenzijde** plaat wordt een dekking van **60mm** (50mm voor toegepast dekking + 10mm profilering) voorgesteld.

Ontwerp

Figuur 1 geef een principedoorsnede van de te ontwerpen betonplaat inclusief wapening weer. De betonplaat bevindt zich tussen NAP+1,8 m en NAP+5,0 m.

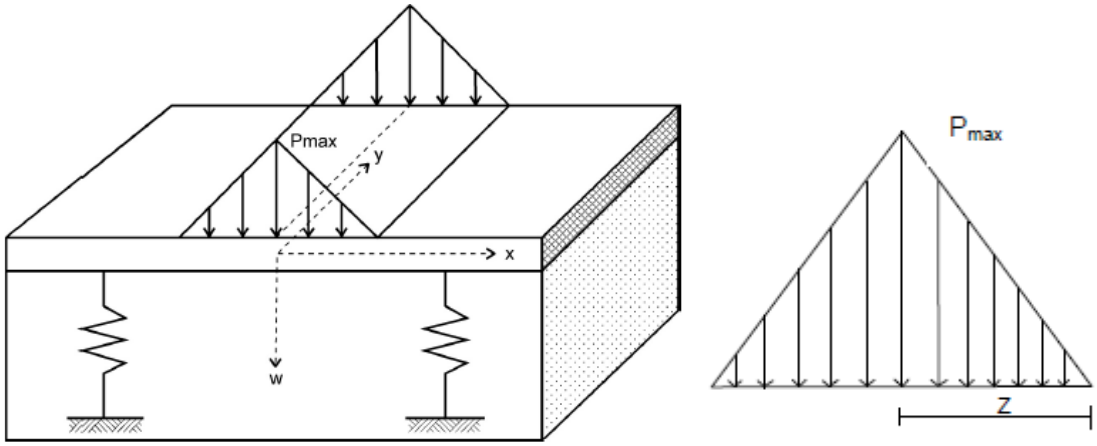


Figuur 1 Principe doorsnede

De schematisering van de golfklap is weergegeven in Figuur 2. De te hanteren belasting is op basis van de maximale drukstoot die kan optreden inclusief dynamisch effecten;

- z = 0,92 m (halve basis driehoek)
- $P_{max,99,9}$ = 0,18 MPa (99,9% onderschrijdingskans)
- $P_{max,99}$ = 0,15 MPa (99% onderschrijdingskans)

De berekening wordt uitgevoerd met $P_{max\ 99,9}$ = 180kN/m² en een belastingfactor van 1,2 ten gevolge van modelonzekerheden. De golfklap mag over de volledige breedte van de plaat aanwezig worden gerekend.



Figuur 2 Golfklap

Voor het SCIA-Engineer rekenmodel wordt het volgende gehanteerd;

- Bij de stijfheid van de constructie wordt rekening gehouden met de stijfheid van het grindasfaltbeton en betonplaat. De volgende E-moduli zijn gehanteerd:

Grindasfaltbeton:	4260N/mm²
Beton 30/37 gescheurd:	11000N/mm²

Dikte plaat in model wordt op basis van een equivalent I voor een E modulus van beton.

Grindasfaltbeton				Beton 30/37			
h	250	mm		h	250	mm	
b	1000	mm		b	1000	mm	
E	4260	N/mm²		E	11000	N/mm²	
A	250000	mm²	=250*1000	A	250000	mm²	=250*1000
I	1302083333	mm⁴	=1000*250^3/12	I	1302083333	mm⁴	=1000*250^3/12
EA	1,0650E+09	N/mm²	=4260*250000	EA	2,7500E+09	N/mm²	=11000*250000
EI	5,5469E+12	Nmm²	=4260*1302083333	EI	1,4323E+13	Nmm²	=11000*1,302E+09

Samengestelde constructie (hierbij is uitgegaan van volledige samenwerking):

z t.o.v. o.k.	305,2	mm	=(1,0650E+09*250/2+2,7500E+09*(250/2+250))/(1,0650E+09+2,7500E+09)
EI	6,7851E+13	Nmm²	=5,5469E+12+1,4323E+13+1,0650E+09*(250/2-305,2)^2+2,7500E+09*(250/2+250-305,2)^2
I_{eq}	6,1682E+09	mm⁴	=6,7851E+13/11000
h_{eq}	**419,9**	mm	=(6,1682E+09*12/1000)^(1/3)

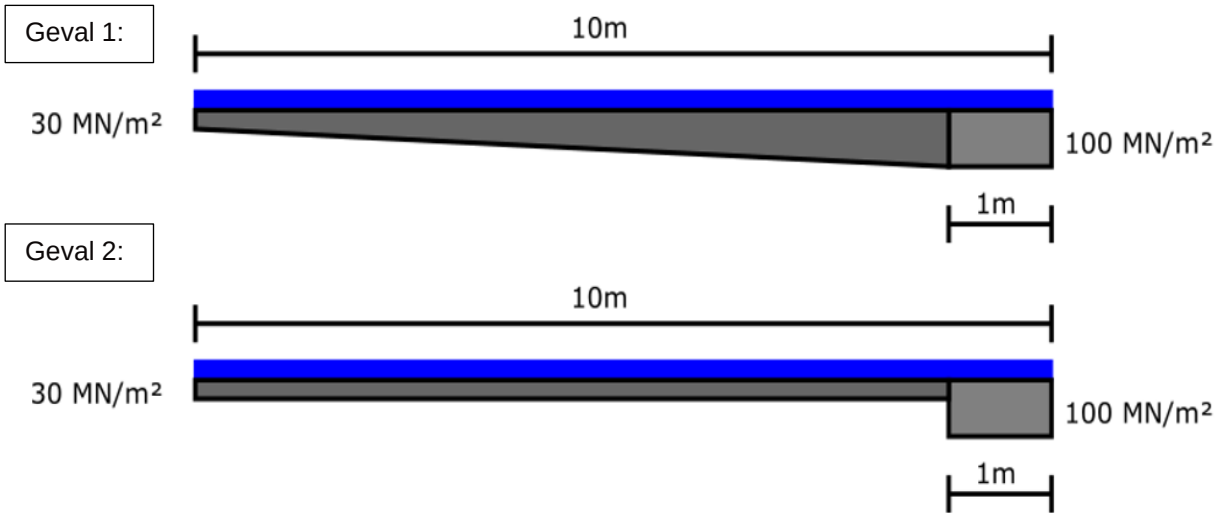
- Er wordt uitgegaan dat beide elementen zijn gekoppeld aan elkaar doormidden van stekken (Ø12-400/400, dus totaal 9 per m²).

NEN EN 1992-1-1, art 6.2.5

Beton	30/37	f_{cd}	20	N/mm²	=30/1.5
		$f_{ctk0,05}$	2,0	N/mm²	=ROUND(0.7*(0.3*30^(2/3)),1)
		f_{ctd}	1,3		=2,0/1.5
		v	0,528		=0.6*(1-30/250)
Wapening	B500B				
		f_{yd}	435	N/mm²	

Ruwheid	glad			
	c	0,2		
	μ	0,6		
	$v_{rd;max}$	5,28	N/mm²	=0.5*0,528*20
	ρmax	0,019		=(5,28-0,2*1,3)/(0,6*435)
Controle				
	Med	51	kNm/m	Zie max. optredend buigend moment uit SCIA Engineer (weergegeven in Figuur 7).
	z	210	mm	Arm tussen drukzone en aansluitvlak.
	Ved	243	kN/m	=51/210*1000
	v_{ed}	1,16	N/mm²	=243/210
	$v_{ed} < v_{rd;max}$	**Voldoet**		
	As, benodig	558	mm²/m	=243*1000/435
	Øs	12	mm	
	$A_{s,\ Øs}$	113	mm²	
	Aantal	5	stuks	
	Toepassen	12 -400/400		

- Dikte beton: 0,25 m
  Dikte grindasfaltbeton: 0,25 m
- Lengte betonplaat: ca. 10 m
- Berekening wordt uitgevoerd voor een strook van: 1 m
- Wapening wordt alleen toegepast in de betonplaat
- Bedding:
  Eerste m aan de rechterzijde wordt beschouwd als stijf. - 100MN/m²
  Vervolgens wordt voor de rest twee situatie beschouwd. - Verlopend van 100MN/m² naar 30MN/m² en uniform 30MN/m².



Figuur 3 schema's

Aan de rechterzijde van de plaat is de afstand van de plaat tot de bestaande constructie klein waardoor een direct afdracht naar de bestaande constructie optreedt. Daarom is op 1m breedte een stijf bedding beschouwen.

Voor lavalite is een bedding van 30MN/m² beschouwen op basis van de volgende aannames:

In CUR196 zijn indicatieve waarden voor de elasticiteitsmodulus van enkele funderingsmaterialen gegeven:

Tabel 6.2 *Elasticiteitsmodulus $E_{dyn,f}$ van verschillende funderingsmaterialen [18].*

Funderingsmateriaal	$E_{dyn,f}$ [MPa]
Ongebonden	
lava	50 - 150
silex (tau-gehalte 5%)	50 - 400
rode mijnsteen[6]	200 - 300
metselwerkgranulaat[6]	100 - 200
LD-staalslakken	150 - 250
steenmengsels[7]	300 - 400
Lichtgebonden	
menggranulaat	150 - 400
betongranulaat	250 - 600
LD-mengsel (Duomix)	300 - 600
fosfor- en hoogovenslakkenmengsel	400 -1000[1]

De lage waarde $Ed_{yn,f}$ = 50 MPa voor ongebonden lava is vergelijkbaar met die van leem. Hieraan is een beddingsgetal van 30-60 MPa/m gekoppeld:

Tabel 6.1 *Enkele richtwaarden voor verschillende grondeigenschappen [17].*

Soort ondergrond	Conuswst. q_c [N/mm²]	Beddinggetal[1] k [N/mm³]	Elast.mod. E_{dyn} [N/mm²]	CBR-waarde[2] [%]	$\frac{E_{stat}}{q_c \cdot a}$	$\frac{E_{dyn}}{q_c \cdot b \cdot a}$
Veen	0,1-0,3	0,01–0,02	10–35	1–2	0,5	10,0
Klei	0,2-2,5	0,02–0,04	15–60	3–8	1-2	7,5
Leem	1,0-3,0	0,03–0,06	50–100	5–10	–	5,0
Zand	3,0-25,0	0,04–0,10	70–200	8–18	4-7	2,5
grind/zand	10,0-30,0	0,08–0,13	120–300	15–40	–	1,5

1 In geval van gelijkmatig verdeelde belastingen is de k-waarde ten minste een factor 3 kleiner (k/3); zie ook de verhouding E_{stat}/E_{dyn}.
2 CBR = California Bearing Ratio

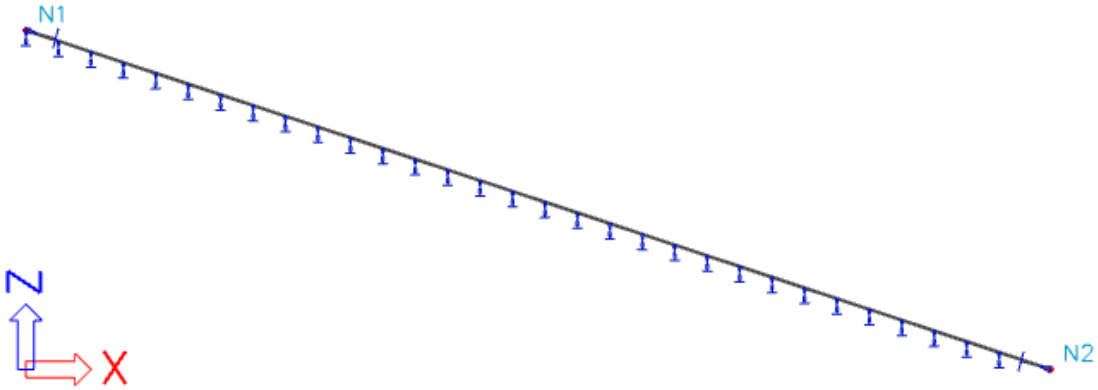
Resultaten

Voor het SCIA Engineer model (Figuur 4) en de resultaten wordt verwezen naar de bijlage. De berekening is een niet-lineaire berekening, er wordt rekening gehouden met beddingen die alleen druk op kunnen nemen (grond kan immers geen trek opnemen).

Voor de E-modulus van beton wordt uitgegaan van E gescheurd van 11000N/mm² (alleen het beton wordt gewapend, het grindasfalt beton niet).

Schema model

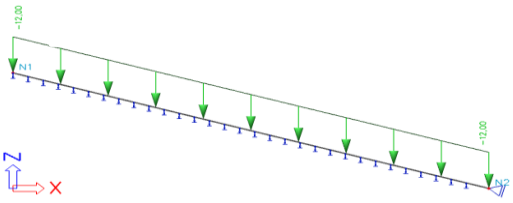
Het SCIA Engineer model van de betonplaat is weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 Model SCIA Engineer

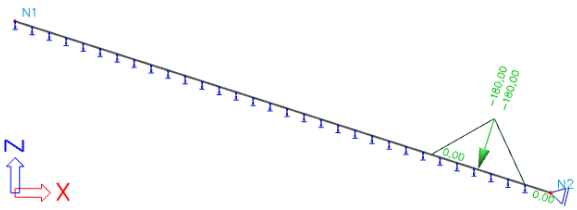
Gehanteerd belastingen

- Eigengewicht grindasfaltbeton + betonplaat (Figuur 5) 12kN/m



Figuur 5 Eigen gewicht

- Golfklap aan de rechter-, midden en linkerzijde (Figuur 6) 180kN/m



Figuur 6 Principe Golfklap aan recht zijde. Voor andere locaties zie tet SCIA Engineer model in de bijlage.

Belasting combinaties uiterste grenstoestand

	E.G.	Golfklap rechts	Golfklap midden	Golfklap links
ULS NL1	0,9	1,2		
ULS NL2	0,9		1,2	
ULS NL3	0,9			1,2
ULS NL4	1,2	1,2		
ULS NL5	1,2		1,2	
ULS NL6	1,2			1,2

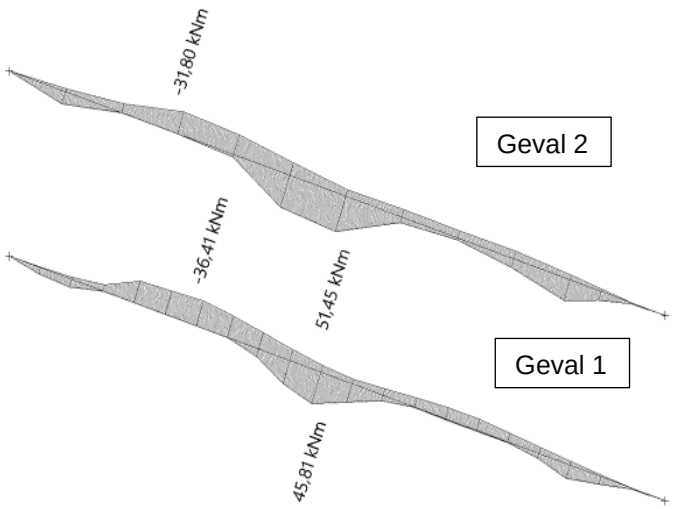
Belasting combinaties gebruikstoestand

	E.G.	Golfklap rechts	Golfklap midden	Golfklap links
SLS NL1	1	1		
SLS NL2	1		1	
SLS NL3	1			1

Snedekrachten

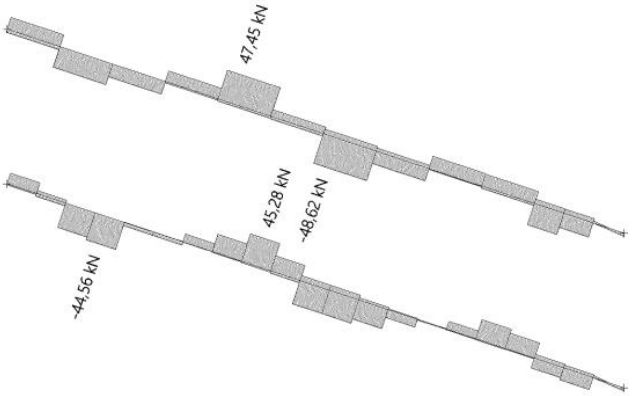
Op basis van bovenstaande combinaties zijn de interne snedekrachten bepaald (weergegeven in Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9).

Waardes: M_y
Niet-lineaire berekening
Klasse: All+NC_ULS
Assenstelsel: Staaf
Extreme 1D: Element
Selectie: Alle



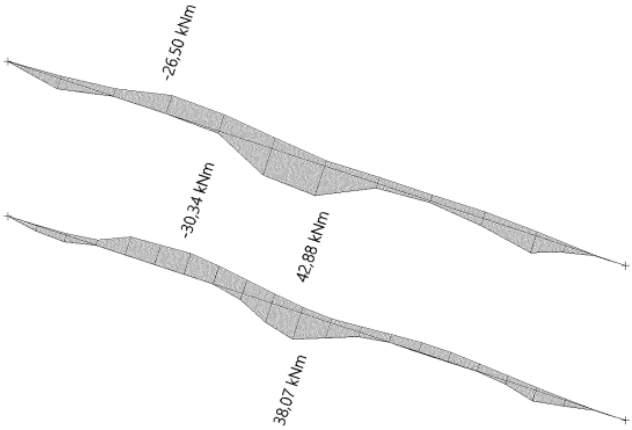
Figuur 7 ULS My

Waardes: V_z
Niet-lineaire berekening
Klasse: All+NC_ULS
Assenstelsel: Staaf
Extreme 1D: Element
Selectie: Alle



Figuur 8 ULS, Vz

Waardes: M_y
Niet-lineaire berekening
Klasse: All+NC_SLS
Assenstelsel: Staaf
Extreme 1D: Element
Selectie: Alle



Figuur 9 SLS, My

Gekozen wapening

Op basis van de maatgevende interne snedekrachten is de wapening bepaald in de lengterichting van de plaat, Ø16-100 (1e laag). In de dwarsrichting wordt de wapening praktisch gekozen als Ø16-100 (2e laag).

Berekening: Doorsnede dunne plaat (wapening onderzijde)

Berekeningsvorm : Plaat / Wand
Spanning-rekrelatie voor beton : Bi-lineair figuur 3.4
Berekening volgens NEN-EN 1992-1-1+C2/A1 : 2015
* Aangrijpingspunt belastingen, is gelijk aan : het midden

Berekening van de wapening voor □, T en I-vormige doorsnede belast op buiging en/of normaalkracht voor betonkwaliteiten t/m C90/105

Materiaal (art. 3.1, 3.2 en tabel 3.1):

Betonkwaliteit		C30/37
f_{ck} =		30,0 MPa
f_{cd} =		20,0 MPa
$f_{ctk;0,05}$ =		2,03 MPa
f_{ctd} =		1,35 MPa
γ_C =	1,50	n = 1,00
f_{ctm} =		2,90 MPa
$f_{ck;c}$ =		n.v.t. MPa
E_{cm} =		32837 MPa
$E_{c;sch}$ =		17143 MPa
ε_c =		1,750 ‰
ε_{cu} =		3,500 ‰
Staalkwaliteit		B 500 B
f_{yd} =		434,8 MPa
γ_S =	1,15	k = 1,08
E_s =		200000 MPa
ε_{yd} =		2,174 ‰
ε_{ud} =		45,000 ‰

Belastingen: Δy = 0,0 mm
(normaaldrukkracht is negatief)

M_{qp} =	42,9 kNm
N_{qp} =	0,0 kN
M_{Ed} =	51,5 kNm
N_{Ed} =	0,0 kN

Doorsnede afmetingen:

afmetingen	breedte	dikte
plaat / wand	1000 mm	250 mm

afmetingen	trekzijde	drukzijde
d_s =	192,0 mm	58,0 mm
c =	50,0 mm	50,0 mm
c_{nom} =	40,0 mm	40,0 mm
y * =	125,0 mm	125,0 mm

Min- Maximumwapening (art. 9.2.1.1)

M_{min} = 34,6 kNm $A_{s;min}$ = 467 mm²
N_{min} = 0,0 kN $A_{s;max}$ = 10000 mm²

Berekening UGT (art. 6.1):

$\varepsilon'_{bpl} / \varepsilon'_b$ ψ =	0,500	niet > 1,0
oppervlakte drukspanning α =	0,75000	
zwaartepunt drukspanning β =	0,38889	
hoogte betondrukzone x_u =	58,3	mm
inwendige hefboomsarm z =	169,3	mm

optredende krachten, spanningen en vervormingen UGT:

wapening	N kN	M om N_{Ed} kNm	σ en $\Delta\sigma$ MPa	ε ‰
A_{s1}	882,7	59,1	439,03	8,019
A_{s2}				
A_{s3}				
A'_{s1}	-7,7	0,5	-3,82	-0,020
A'_{s2}				
beton	-875,1	89,5	-20,00	-3,500
uitw.	0,0	149,2		

Toetsing kx + beperkte herverdeling (art. 5.5): d = 1,00
kx = 0,304 < kxmax = 0,535 uc = 0,57 voldoet
opneembaar moment M_{Rd} = 149,2 kNm

Toetsing UGT: M_{Rd} = 149,2 kNm ≥ M_{Ed} = 51,5 kNm As = 2011 mm² > As;min = 467 mm² uc = 0,40 voldoet

Invoer wapening aan getrokken zijde:

	A_s mm²	diameter in mm	h.o.h. in mm	afstand van hart staaf tot buitenkant beton, in mm	
wap 1	2011	ø 16	100	58,0	laag 2
wap 2	0				
wap 3	0				

indien de berekende wapening in tweede laag ligt
diameter van de buitenste wapening ø 0
$A_{s;toegepast}$ = 2011 mm²
$\varnothing_{km}$ = 16,0 mm
s = 100,0 mm
ρ_l = 1,047%

Invoer wapening aan gedrukte zijde:

	A'_s mm²	diameter in mm	h.o.h. in mm	afstand van hart staaf tot buitenkant beton, in mm	
wap 1	2011	ø 16	100	58	laag 1
wap 2	0				

indien de berekende wapening in tweede laag ligt
diameter van de buitenste wapening ø 0
$A'_{s;toegepast}$ = 2011 mm²
$\varnothing_{km}$ = 16,0 mm
s = 100,0 mm
ρ_l = 1,047%

Berekening BGT:

$\varepsilon'_{bpl} / \varepsilon'_b$ ψ =	1,000	niet > 1,0
oppervlakte drukspanning α =	0,50000	
zwaartepunt drukspanning β =	0,33333	
hoogte betondrukzone x =	71,3	mm
inwendige hefboomsarm z =	168,2	mm

optredende krachten, spanningen en vervormingen BGT:

wapening	N kN	M om N_{qp} kNm	σ en $\Delta\sigma$ MPa	ε ‰
A_{s1}	260,4	17,4	129,50	0,647
A_{s2}				
A_{s3}				
A'_{s1}	-26,3	1,8	-13,09	-0,072
A'_{s2}				
beton	-234,1	23,7	-6,56	-0,383
uitw.	0,0	42,9		

$E_b = \sigma'_b / \varepsilon'_b$ = 17143 MPa

Scheurbeheersing (art. 7.3): milieuklasse XS3 w max = 0,20 mm
$\sigma_s = N_{s,tot} / A_{s,tot}$ = 129,50 MPa

Oppervlakte van de minimumwapening (art. 7.3.2): $f_{ct;eff}$ = 2,9 MPa
minimale wapening binnen de trekzone $A_{s;min}$ = 289,6 mm² (7.1)
uitgangspunt voor het oppervlak van de trekzone A_{ct} M/N constant
op het moment van scheuren is M 34,6 kNm en de bijbehorende N 0,0 kN
hoogte van de trekzone voor berekening A_{ct} $h_{trek;zone}$ = 125,0 mm

onderdeel	A_{ct} mm²	k_1	k_c	k	A_{ct} incl. k mm²
plaat / wand	125000	0,667	0,4	1	50000

Scheurwijdte (art. 7.3.4):

berekende scheurwijdte	w_k =	0,102 mm (7.8)
maximale scheurafstand	$S_{r;max}$ =	250,6 mm (7.11)
rekken	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ (exclusief ε_v) zie (7.9) =	0,408 ‰
rek ten gevolge van opgelegde vervorming	ε_v =	0,000 ‰
	$h_{c;eff}$ = 60 mm	α_e = 11,667
dekking langswap.	c = 50 mm	$\rho_{p;eff}$ = 0,034
k-factoren	k_x = 1,250	k_t = 0,400
voltooid	k_1 = 0,800	k_2 = 0,500
scheuren	k_3 = 3,400	k_4 = 0,425

Toetsing BGT : A_s = 2011 mm² ≥ 290 mm² voldoet
0,102 mm ≤ 0,250 mm uc = 0,41 voldoet

Berekening dwarskrachtwapening:
Belastingen: V_{Ed} = 48,6 kN
Netto betonoppervlak voor de dwarskracht
A_{bw} minimaal 192000 mm²
Wapeningskeuze voor de dwarskracht

	sneden	diameter	h.o.h.
wapening 1	0	ø 12	150
wapening 2			

Toegepaste wapening A_{sw} = 0 mm²/mm¹
Minimaal voor liggers $A_{sw;min}$ = 0,876 mm²/mm¹
Maximaal effectief $A_{sw;max}$ = 12,14 mm²/mm¹
h.o.h. beugels s = 150,0 mm ≥ 144 mm

Verschuiven van de momentenlijn over 192,0 mm (zie art. 9.2.1.3)
Uitgangspunten dwarskrachtwapening (art. 6.2 en 9.2.2):
mag V_{Ed} worden verminderd met de factor β ? nee
hoek tussen de wapening en de as van de constructie α = 90,0 °
hoek tussen de drukdiagonaal en de as van de constructie θ = 45,0 °

Berekening dwarskrachtweerstanden (art. 6.2.2 en 6.2.3): met z = 175,3 mm

zonder wapening	$V_{Rd;c}$ =	145,4 kN (6.2)	invloed d	k = 2,000
met wapening	$V_{Rd;s}$ =	0,0 kN (6.13)	invloed A_{sl}	ρ_l = 1,047%
maximaal	$V_{Rd;max}$ =	925,6 kN (6.14)		$C_{Rd;c}$ = 0,120
			sterktereductie	η = 0,528
			invloed N_{Ed}	k_1 = 0,150
			σ_{cp} =	0,000 MPa

Toetsing : 48,6 kN < 145,4 kN
Geen dwarskrachtwapening nodig uc = 0,33

Conclusie

- Voor het beschermen tegen golfklap wordt een betonplaat toegepast met een dikte van 250mm en betonkwaliteit 30/37.
- Dekking: 50mm onderzijde en 60mm bovenzijde (50mm voor toegepast dekking + 10mm profilering)
- Voor wapening is gekozen Ø16-100(1ste laag) in de richting van de helling en Ø16-100 (2^{e} laag) in de dwarsrichting.
- Voor stekken t.b.v. samenwerking tussen de twee beton elementen toepassen Ø12-400/400.

Ontwerprapportage DO Havendijk

Dijkversterking Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat

Auteur	
Verificatie	Zie DMS
Autorisatie	Zie DMS
Vrijgave	Zie DMS
Kenmerk	G012852-RAP-3140
Datum	28-06-2021
Versie	0.0

Niets van dit rapport en/of ontwerp mag worden vermenigvuldigd, openbaar gemaakt en/of overhandigd aan derden, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de samensteller.

Titel:	Ontwerprapportage DO Havendijk
Documentnummer:	G012852-RAP-3140
Versie	
Status	
Eigenaar	

Documenthistorie

REVISIE	DATUM	STATUS	TOELICHTING
0.1			

Bij versie ophoging aangeven met welke kleur de wijzigingen zijn verwerkt.

Distributie aan

NAAM	BEDRIJF	DATUM	Aantal exemplaren

Inhoudsopgave

1 Inleiding 6
1.1 Projectbeschrijving 6
1.2 Doel van het document 6
1.3 Leeswijzer 6
1.4 Standaard opmaak tabel, figuur en opsomming 6
1.4.1 De kop drie 6
1.5 Projectomschrijving 7
1.6 Stakeholders en koppelprojecten 9
1.7 Scope en context 10
1.8 Doel van deze ontwerpfase 10
1.9 Leeswijzer 11

2 Beschrijving van het ontwerp 12
2.1 Voorkeursalternatief (VKA) 12
2.2 Voorlopig Ontwerp (VO) 13
2.2.1 Sectie-indeling 13
2.2.2 Basisoplossing 14
1 Sectie 0 (Cleveringsluizen) 14
2 Sectie 1 15
3 Sectie 2 (rotonde) en 6 (toerit haven van Lauwersoog) 15
4 Sectie 3 16
5 Sectie 4 (Robbegatsluis) 17
6 Sectie 5 17
7 Sectie 7 17
8 Sectie 8 18
2.3 Duurzaamheid 18
2.4 Sober en doelmatig 18

3 Eisen 20
3.1 Inleiding 20
3.2 Eisspecificatie 20
3.3 Technische Uitgangspuntennota 20
3.4 Raakvlakken en risico's 20

4 Hydraulisch ontwerp 22
4.1 Overzicht van eisen 22
4.2 Hoogte en golfoverslag (HT) 22
4.2.1 Inleiding 22
4.2.2 Eisen 22
4.2.3 Resultaten en beoordeling 23
9 Overslag Sectie 0, 2, 4, 6, en 8 23
10 Overslag Sectie 3, 5.2 en 7 24
11 Overslag 5.1 24
4.3 Breuksteenbekleding en Teenbestorting 25
4.3.1 Inleiding 25
4.3.2 Eisen 25
4.3.3 Resultaten en beoordeling 26
12 Taludbekleding 26
13 Teenbestorting 26
4.4 Zetsteenbekleding 26
4.4.1 Inleiding 26
14 Aandachtspunten Sectie 0 (Cleveringsluizen) 27
4.4.2 Eisen 28

4.4.3 Resultaten en beoordeling 28
15 Dijksecties 0, 3, 5 en 7 29
16 Zetsteenbekleding buitentalud Cleveringsluizen 31
17 Overslagbestendige zetsteenbekleding buitentalud Sectie 4 (Robbegatsluis) 32
4.5 Asfaltbekleding 33
4.5.1 Inleiding 33
4.5.2 Eisen 33
4.5.3 Resultaten en beoordeling 33
18 Golfklap (AGK) 33
19 Wateroverdrukken (AWO) 34
4.6 Gras- en kleibekleding 34
4.6.1 Inleiding 34
4.6.2 Eisen 35
4.6.3 Resultaten en beoordeling 35
20 Erosiebestendige gras- en kleibekleding Cleveringsluizen 35
21 Overslagbestendige gras- en kleibekleding Sectie 2 en 6 (Rotonde) 35
22 Overslagbestendige gras- en kleibekleding Sectie 4 (Robbegatsluis) 36

5 Geotechnisch ontwerp 37

6 Constructief ontwerp 38
6.1 Inleiding 38
6.2 Verticale keerwand 38
6.3 Damwandconstructie sectie 5 (dp90,25 - dp90,50) 38

7 Vormgeving 40
7.1 Overzicht van eisen 40
7.1.1 Algemene eisen 40
7.1.2 Geometrie in dwarsrichting 40
7.1.3 Geometrie in langsrichting 40
7.2 Resultaat en beoordeling 40

8 Ontwerp Wegsysteem 42

9 Ontwerp Watersysteem 43
9.1 Inleiding 43
9.2 Mogelijk waterbezwaar als gevolg van ondoorlatende grasbermen 43

10 Niet-Waterkerende-Objecten (NWO's) 44

11 Kabels en Leidingen 45
11.1 Inleiding 45
11.2 Bestaande Kabels en Leidingen 45
11.3 Beschouwing van Kabels en Leidingen in het ontwerp 45

12 Overkoepelende eisen 47
12.1 Inleiding 47
12.2 Eisen 47
12.3 Resultaten en beoordeling 47
12.3.1 Onderhoudbaarheid 47
12.3.2 Toetsbaarheid 47
12.3.3 Veiligheid 48
12.3.4 Behoud van huidige sterkte 48
12.3.5 Systeemgrenzen 48

13 Overdracht naar volgende fase 49
13.1 Aandachtspunten voor de volgende fase 49
13.2 Aanvullende eisen 50

14 Referenties 51

Bijlage 1 <onderwerp> 52

Bijlage 2 <onderwerp> 53

1 Inleiding

Beschrijving van het hoofdstuk, wat is de inhoud en wat draagt dit hoofdstuk bij aan het doel van het document

1.1 Projectbeschrijving

Korte beschrijving in max 2 alinea's, wel gericht op het ontwerpaspect uit het rapport..

1.2 Doel van het document

De doelstelling van de rapportage, waarom is het document opgesteld

1.3 Leeswijzer

Het overzicht van de inhoud en verwijzingen naar samenhangende documenten zoals de Uitgangspuntennotitie.

1.4 Standaard opmaak tabel, figuur en opsomming

1.4.1 De kop drie

Dit is de verwijzing naar tabel 1-1.

Tabel 1-1, Voorbeeld tabel met bijschrift boven de tabel. Nummering per hoofdstuk.

Item	Toelichting
Tekst in de tabel in kleiner	Tekst

Dit is de verwijzing naar figuur 1-1. De nummering van figuren gaat per hoofdstuk.

Figuur 1-1, Voorbeeld met bijschrift. Bij figuur onder de afbeelding.

Hier onder is een opsomming met een opmaak

- Eerste punt van de lijst
  - Met een sub
  - En nog een sub
- met item 2

    - en met een sub niveau
- en met een derde opsomming

1.5 Projectomschrijving

Het HWBP-project Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat is onderdeel van normtraject 6-5 in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest met een opgave vanuit de 3e toetsronde, waarin de asfaltbekleding (AGK en AWO) is afgekeurd. Een nadere veiligheidsanalyse (HKV, 2018) heeft ook aangetoond dat de faalmechanismen zetsteenbekleding (ZST) en grasbekleding (GEKB en GEBU) traject dekkend niet voldoen aan de eisen uit de Waterwet.
Normtraject 6-5 ligt langs de Waddenzee ten noorden van het Lauwersmeer. Het westelijk deel van de Lauwersmeerdijk, dat loopt tot aan de Cleveringsluizen, valt binnen het beheergebied van Wetterskip Fryslân. Dit deel maakt geen onderdeel uit van de scope. Het projectgebied betreft het oostelijk deel van normtraject 6-5, dat binnen het beheergebied van waterschap Noorderzijlvest (NZV) valt. Het projectgebied betreft het dijklichaam in grond (inclusief bekleding, voor- en achterland) en de dijkbekleding van het Cleveringsluizencomplex. De constructieve elementen van de Cleveringsluizen en de Robbegatsluis maken geen deel uit van het project. Dit zijn momenteel de enige kunstwerken binnen het traject.
Het projectgebied is opgeknipt in twee dijksecties, te weten:

- De Havendijk (DP90,0 – DP89,2)
- De Landelijke Dijk (DP89,1 – DP82,1)

Figuur 1-2 - Locatie van de deeltrajecten binnen de dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat

De Havendijk karakteriseert zich door een dijkprofiel dat aan beide kanten is ingesloten door infrastructuur en bedrijvigheid, zie Figuur 1-3. Binnen de Havendijk zijn 2 waterkerende constructies aanwezig, te weten de Cleveringsluizen en de Robbegatsluis. Deze kunstwerken zelf zijn geen onderdeel van de hoogwateropgave. De vervanging van de bekleding op de Cleveringsluizen wel.

Figuur 1-3 Impressie van de Havendijk

De Landelijke Dijk is een karakteristieke dijk met kruin en binnentalud uit klei met gras, zie Figuur 1-4. Op de binnenberm is de Onderhoudsweg gesitueerd. Het buitentalud is beschermd door middel van een teenbestorting, gezette steen (koperslakblokken) en waterbouwasfaltbeton (WAB). Aan de oostzijde van de Landelijke Dijk is een kweldergebied aanwezig.

Figuur 1-4 Impressie van de Landelijke Dijk

In de Verkenningsfase is voor elk van de dijksecties een Voorkeursalternatief (VKA) ontwikkeld. In de Planuitwerkingsfase (PU-fase) is dit VKA nader uitgewerkt. Deze ontwerpnota presenteert het Voorlopig

Ontwerp (VO) voor de Havendijk als onderdeel van de PU-fase. De ontwerpnota is tot stand gekomen in het Bouwteam dijkversterking Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat.

1.6 Stakeholders en koppelprojecten

De belanghebbenden zijn op hoofdlijn ingedeeld in vier groepen: bewoners, bedrijven, maatschappelijke organisaties en bestuursorganen. Zij kunnen meepraten, meedenken en adviseren over de dijkversterking.

- **Bewoners:** Dorpsbelangen Lauwersoog, VvE Robbeoort en de meeste direct aanwonenden;
- **Bedrijven:** EHML (Havenbedrijf), direct aangrenzende bedrijven Haven Lauwersoog, nutsbedrijven, recreatie ondernemers, agrariërs, visserij, Qbuzz, Arriva, Wagenborg, NAM/Shell;
- **Maatschappelijke organisaties**: Groninger Landschap, Waddenvereniging, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Natuur & Milieufederatie, LTO Noord, Commissie Bodemdaling, Programma Rijke Waddenzee, Fiets- & wandelorganisatie, Watersport vereniging, ANWB, Hengelsportfederatie en Hulpdiensten;
- **Bestuursorganen:** Provincie Groningen, Gemeente Het Hogeland, Provincie Friesland, Gemeente Noardeast Fryslân, Ministerie van Defensie/Rijksvastgoedbedrijf, Rijkswaterstaat, Wetterskip Fryslân en Waterschap Hunze & Aa's (samenwerking noordelijke waterschappen; POV-W)

Het waterschap ziet de dijkversterking als een kans voor gebiedsontwikkeling van de regio. Met de dijkversterking geeft het waterschap ruimte aan initiatieven van derden; de zogenaamde "koppelprojecten". Voorwaarde is dat koppelprojecten in tijd aansluiten bij de planning van het waterschap en dat er tijdig aanvullende financiering beschikbaar is. Gelijktijdige uitvoering in één integraal plan is dan wellicht mogelijk en heeft voor alle partijen voordelen. Samen met de partners in het Lauwersmeergebied, bestaande uit de Provincie Groningen, gemeente Het Hogeland en Rijkswaterstaat streeft het waterschap naar een integrale aanpak van de volgende projectdoelen:

1. Versterken van de primaire kering Lauwersmeer-Vierhuizergat waardoor deze voldoet aan de wettelijke waterveiligheidsnormen ter bescherming tegen overstromingen.
2. Vergroten van de ecologische waarden van de Waddenzee, het kustgebied en het achterland door het ‘verzachten’ van de randen van het wad, het versterken van de onderwaternatuur en het inrichten van een zoet-zout overgangsgebied voor vismigratie.
3. Versterken van de beleving van het gebied en de toeristische meerwaarde voor de regio door de ontwikkeling van recreatieve voorzieningen passend bij de wensen van ondernemers en bezoekers.
4. Vergroten van de verkeersveiligheid en bereikbaarheid in en rondom het havengebied van Lauwersoog, zowel voor voetgangers als voor gemotoriseerd verkeer.

Het waterschap is initiatiefnemer van de dijkversterking. Een aantal van bovenstaande partijen zijn tevens direct betrokken bij de koppelprojecten die een raakvlak hebben met de dijkversterking. Tabel 1-2 geeft een overzicht van de koppelprojecten.

Tabel 1-2 Overzicht van de koppelprojecten voor de dijkversterking Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat

Naam project		Korte toelichting
1	Fietspad Kiek over Diek	Het verbeteren van de fietsroute over en met uitzicht op de dijk, dit wordt integraal meegenomen in het dijkontwerp. Het fietspad Kiek over Diek wordt niet als koppelproject beschouwd, maar integraal meegenomen in de dijkverstekingsopgave (inpassingsopgave).
2	Natuurlijke overgang	Het verrijken van het onderwaterlandschap en intergetijdegebied om de kering aantrekkelijker te maken voor flora en fauna.
3	Vismigratie Marnewaard	Het creëren van vismigratie vanuit de Waddenzee naar het achterland.
4	Kwelderuitbreiding	Het creëren van een geleidelijke en biodiverse overgang en toepassen van ecosysteemdiensten.
5	Tweede ontsluiting haven	Het verbeteren van de toegankelijkheid van het havengebied door een tweede ontsluitingsweg te creëren.

6	Onderhoudsweg defensie	Het verbeteren van de onderhoudsweg. Dit wordt integraal meegenomen in het dijkontwerp. De Onderhoudsweg wordt niet als koppelproject beschouwd, maar integraal meegenomen in de dijkverstekingsopgave (inpassingsopgave).
7	Westelijke Havendam	Het vervangen van de bekleding van de Westelijke Havendam. Dit wordt integraal meegenomen in het dijkontwerp.
8	Raakvlakproject: WEC (WereldErfgoedCentrum)	De realisatie van het Werelderfgoedcentrum. Dit wordt integraal meegenomen in het dijkontwerp. Het WEC wordt niet als koppelproject beschouwd, maar integraal meegenomen in de dijkverstekingsopgave (inpassingsopgave).

Voor de koppelprojecten wordt een VO opgesteld, met uitzondering de koppelprojecten nr. 1 en 6, aangezien deze integraal onderdeel uitmaken van de Hoogwateropgave.

1.7 Scope en context

In drie ontwerploops wordt een ontwerp gemaakt ten behoeve van de realisatie van de dijkversterking van de Havendijk. Het uiteindelijke doel is een ontwerp dat voldoet aan alle gestelde eisen, aantoonbaar sober & doelmatig, vergunbaar en uitvoerbaar. Het is de intentie om de dijkversterking (inclusief Koppelprojecten) duurzaam uit te voeren. Hiertoe is een longlist aan duurzame maatregelen opgesteld. Het voorliggende ontwerpdocument beschrijft het Voorlopig Ontwerp (VO) van de Havendijk en dient als basis voor het MER en Projectbesluit. Dit VO voldoet aan de belangrijkste eisen en op basis van dit VO wordt een SSK-raming opgesteld met mee bandbreedte van 15-20%. In het hierop volgende DO zal met name aandacht worden besteed aan de details van aansluitingen, de inrichting en het ontwerp zal in meer detail worden onderbouwd en uitgetekend. Daarnaast wordt in het DO aangetoond dat het ontwerp voldoet aan alle faalmechanismen (met uitzondering van piping omdat in de Verkenningsfase is aangetoond dat zondermeer aan piping wordt voldaan).

Zoals reeds benoemd in paragraaf 1.5, zijn er naast de dijkversterking een aantal Koppelprojecten gedefinieerd. Deze Koppelprojecten dienen te worden ingepast in het ontwerp van de dijkversterking. Het ontwerp van een Koppelproject kan het ontwerp van de dijkverversterking beïnvloeden en vice versa. Vooralsnog worden de dijkversterking en de Koppelprojecten uitgewerkt in afzonderlijke VO's. Dit is onder andere nodig om de kosten voor elk van de projecten inzichtelijk te maken (financiering komt van verschillende partijen). Na opstellen van de separate VO's, worden deze geïntegreerd in een integraal VO (iVO) waarin raakvlakken worden onderkend en mogelijke knelpunten worden opgelost. Op basis van dit iVO wordt vervolgens een Projectbesluit opgesteld.

1.8 Doel van deze ontwerpfase

Het doel van deze ontwerpfase voor de Havendijk is om te komen tot een VO dat voldoet aan zoals gesteld in:

- Eisspecificatie, met technische eisen (waterveiligheid en functioneren van het systeem) en eisen van de diverse stakeholders;
- Het OI2014v4
- Het WBI2017
- Technische UitgangspuntenNotitie (TUN), zie [1]).

Het VO vormt daarnaast de basis voor een iVO waarin de benoemde Koppelprojecten worden geïntegreerd met het VO voor de dijkversterking. De koppelprojecten Kiek over Diek en Onderhoudsweg vormen al een integraal onderdeel van het VO van de Hoogwateropgave.

1.9 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert het ontwerp op hoofdlijnen. In de ontwerpnota is ervoor gekozen om aantoonbaar voldoen aan gestelde eisen (de eisenverificatie) centraal te laten staan. Hoofdstuk 3 gaat in op de wijze waarop aantoonbaar wordt voldaan aan de gestelde eisen.
In de nota zijn de eisen onderverdeeld naar disciplines. Dit zijn de disciplines:

- Hydraulisch ontwerp (hoofdstuk 4);
- Geotechnisch ontwerp (hoofdstuk 5);
- Constructief ontwerp (hoofdstuk 6);
- Vormgeving (hoofdstuk 7);
- Ontwerp Wegsysteem (hoofdstuk 8);
- Ontwerp Watersysteem (hoofdstuk 9);
- Ontwerp Niet-Waterkerende Objecten (NWO's) (hoofdstuk 10);
- Kabels en Leidingen (hoofdstuk 11).

Per discipline is een hoofdstuk opgenomen waarin de relevante eisen zijn opgesomd en gerubriceerd. Vervolgens is per eis aangegeven hoe aan die eis wordt voldaan. In de bijlagen is de rekenkundige onderbouwing opgenomen van de wijze waarop aan de eisen is voldaan. De nadruk bij de onderhavige ontwerpnota ligt op de verificatie van de eisen die betrekking hebben op het Voorlopig Ontwerp (VO). Eisen die pas in het Definitief ontwerp (DO) of Uitvoeringsontwerp (UO) worden geverifieerd, zijn niet beschouwd.

2 Beschrijving van het ontwerp

2.1 Voorkeursalternatief (VKA)

In de verkenningsfase zijn een aantal basisopties voor het versterken van de Havendijk onderzocht. Deze opties onderscheiden zich door:

1. Soort versterking: Grondlichaam of constructief;
2. Aanpassen van de hoogte van de dijk: Integrale kruinophoging, normale kruinophoging of geen kruinophoging.

Ad 1.)
In de verkenningsfase is de voorkeur uitgesproken voor een versterking met een L-muur. Het belangrijkste argument hiervoor is dit leidt tot een doelmatige oplossing en dat deze past in de beschikbare ruimte tussen de buitenteen van de dijk en de N361. Daarnaast biedt de toepassing van een L-muur kans voor een nieuwe wandelroute over de dijk.
Ad 2.)
Gezien de aanwezige infrastructuur (Cleveringsluizen, toeritten naar de boot naar Schiermonnikoog, toerit naar de haven van Lauwersoog en de Robbegatsluis) is een kruinverhoging niet overal mogelijk zonder grote aanpassingen. Om die reden is ervoor gekozen om op deze secties de bestaande hoogte te behouden en een overslagdebiet groter dan 5 l/m/s toe te laten.
Figuur 2-1 geeft een impressie van de gekozen optie voor de Havendijk:

- Door de L-muur worden de werkzaamheden aan de binnenzijde en de kruin van de dijk tot een minimum beperkt.;
- Voor de L-muur kan een nieuwe wandelroute worden gerealiseerd;
- De klinkerverharding aan de buitenzijde wordt vervangen door nieuwe steenzetting,
- De kruin en het binnentalud worden bekleed met klei en gras.

Figuur 2-1 – Voorkeursalternatief zoals gekozen in de verkenningsfase

2.2 Voorlopig Ontwerp (VO)

Op basis van het VKA en aanvullende gesprekken met de belangrijkste stakeholders is een VO ontwikkeld. Het ontwerp verschilt per sectie. Dit VO heeft in vergelijking met het VKA meer diepgang en het ontwerp is onderbouwd aan de hand van ontwerpberekeningen.

2.2.1 Sectie-indeling

Op basis van de geometrie en de hydraulische condities is de Havendijk opgedeeld in een aantal secties, zie Figuur 2-2.

Figuur 2-2 - Sectieindeling Havendijk

Beschrijving:

- **Sectie 0**, (DP91,20 – DP90,98): Dit betreffen de Cleveringsluizen en de aansluiting op de Westelijke Havendam. De bekleding dient hier te worden vervangen.
- **Sectie 1**, (DP90,98 – DP90,85): Alleen de binnenzijde van de aansluiting op de Westelijke Havendam. De buitenzijde zit bij sectie 0 inbegrepen. De bekleding dient hier te worden vervangen.
- **Sectie 2,** rotonde (DP90,85 – DP90,78): Een rotonde op de kruin van de Havendijk, nabij de aansluiting van de Westelijke Havendam. Kruinverhoging is hier vanwege bestaande infrastructuur niet mogelijk. De bekleding wordt overslagbestendig gemaakt.
- **Sectie 3**, (DP90,78 – DP90,61): Een groene dijk met infrastructuur (fietspad en N-weg) op de kruin. Direct zeewaarts van de teen van de dijk is een parkeergarage gesitueerd. Een kruinverhoging en vervanging van bekleding is noodzakelijk.
- **Sectie 4**, Robbegatsluis (DP90,61 – DP90,51): Kruinverhoging is hier vanwege bestaande infrastructuur niet mogelijk. De bekleding wordt overslagbestendig gemaakt. De Robbengat zelf maakt geen onderdeel uit van het project.
- **Sectie 5**, (DP90,51 – DP90,15): Een groene dijk met infrastructuur (fietspad en N-weg) op de kruin. De bekleding aan zeezijde bestaat uit een klinkerverharding. Een kruinverhoging en vervanging van bekleding is noodzakelijk.
- **Sectie 6**, rotonde (DP90,15 – DP90,08): Een rotonde op de kruin van de dijk. Kruinverhoging is hier vanwege bestaande infrastructuur niet mogelijk. De bekleding wordt overslagbestendig gemaakt.
- **Sectie 7**, (DP90,08 – DP89,84): Een groene dijk met infrastructuur (fietspad en N-weg) op de kruin. De bekleding aan zeezijde bestaat uit een harde bekleding (deels klinkerverharding en deels asfaltverharding). Een kruinverhoging en vervanging van bekleding is noodzakelijk.
- **Sectie 8**, (DP89,84 – DP89,15): Een groene dijk zonder hoogtetekort. Aan het einde van sectie 8 is de aansluiting met de Landelijke Dijk. Alleen de bekleding dient hier vervangen te worden.

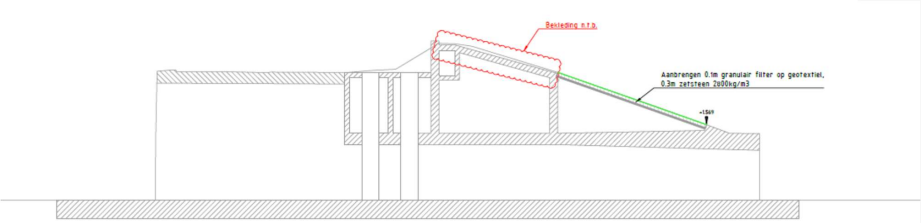
2.2.2 Basisoplossing

Binnen het traject van de Havendijk is er niet één specifieke basisoplossing mogelijk, vanwege de variërende omgeving. In onderstaande paragrafen zijn de secties met dezelfde basisoplossingen geclusterd en beschreven.

1 Sectie 0 (Cleveringsluizen)

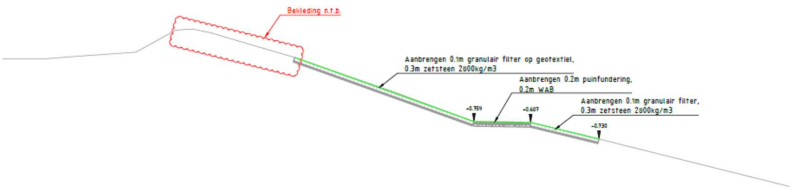
Sectie 0 betreft de Cleveringsluizen en de aansluiting op de Westelijke Havendam.
De huidige steenbekleding van de Cleveringsluizen (boven NAP-0,8 m) wordt vervangen. De te vervangen bekleding ligt deels op de betonnen constructie van de sluiswerken zelf en deels op het grondlichaam tussen de betonconstructies in.

De zuilhoogte (inclusief filter) op de betonconstructie is gelimiteerd tot maximaal 0,4 m. Een dikkere constructie is zonder aanvullende maatregelen niet inpasbaar. Hieronder in Figuur 2-3 is een dwarsdoorsnede getoond. Diverse type zetsteen kunnen worden toegepast. Een definitieve keuze voor het type zetsteen wordt in het DO gekozen. Op het bovenste deel van het talud is in principe geen bekleding nodig (de betonconstructie zelf is voldoende erosiebestendig). Op basis van esthetiek en uitvoerbaarheid wordt het type bekleding in de DO-fase geselecteerd.



Figuur 2-3 – VO-ontwerp voor sectie 0, Cleveringsluizen op betonconstructie

Op het grondlichaam tussen de betonconstructies wordt eenzelfde type zetsteen toegepast als op de constructie zelf. De bekleding dient vanaf NAP-0,8 m te worden vervangen. Voor het horizontale deel van het profiel wordt een (te) hoge zuilhoogte berekend. Om die reden wordt vooralsnog voor WAB gekozen. Net als op de betonconstructie wordt de bekleding op boventalud nader bepaald op basis van esthetiek en uitvoerbaarheid.



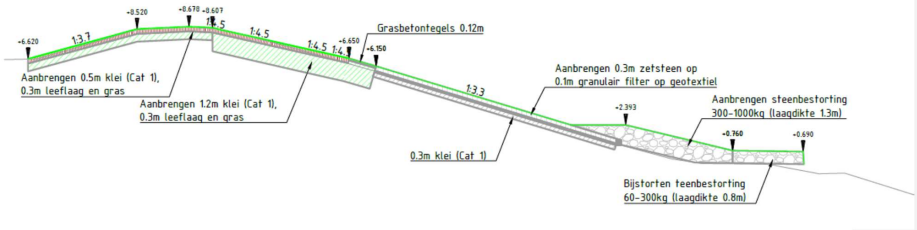
Figuur 2-4 – VO-ontwerp voor sectie 0, Cleveringsluizen op het grondlichaam tussen betonconstructie

Ook de aansluiting tussen de Cleveringsluizen en de Westelijke Havendam is onderdeel van sectie 0. De bekleding van deze aansluiting kent de volgende eigenschappen:

- Het boventalud en de kruin wordt vervangen door een nieuwe grasbekleding met daaronder een kleilaag. De benodigde dikte van de kleilaag op het buitentalud wordt in de DO-fase nader geoptimaliseerd op basis van recent uitgevoerd onderzoek door Deltares
- Op het buitentalud wordt de bestaande bekleding, bestaande uit koperslakblokken en betonblokken, vervangen door een zetsteenbekleding. Meerdere type zetsteen zijn mogelijk. De

definitieve keuze wordt gemaakt op basis van esthetiek, onderhoudbaarheid en in samenhang met de zetsteenbekleding op de Cleveringsluizen en de Westelijke Havendam

- De koperslakblokken tot NAP+1 m worden behouden om het teenschot niet te beschadigen en omwille van uitvoerbaarheid. De bestaande bekleding van koperslakblokken wordt overlaagd met breuksteen.
- De teenbestorting wordt aangevuld met nieuwe breuksteen.

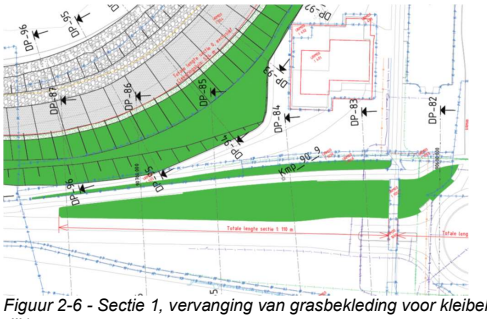


Figuur 2-5 – VO-ontwerp voor sectie 0, aansluiting met Westelijke Havendam

Het type zetsteen dient nog te worden vastgesteld (de definitieve keuze wordt in de DO-fase gemaakt). Omwille van efficiëntie, beheer en visuele aspecten wordt het aanbevolen om de ontwerpen van Sectie 0 en de Westelijke Havendam goed op elkaar af te stemmen.

2 Sectie 1

Sectie 1 betreft alleen de binnenzijde van de aansluiting van de Cleveringsluizen. Waar nodig wordt de grasbekleding overslagbestendig gemaakt door aanbrengen van een kleilaag onder de grasbekleding.

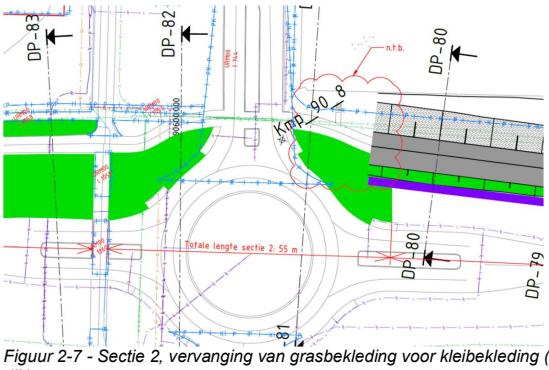


Figuur 2-6 - Sectie 1, vervanging van grasbekleding voor kleibekleding (0,5 m dik) met leeflaag en gras (0,3 m dik)

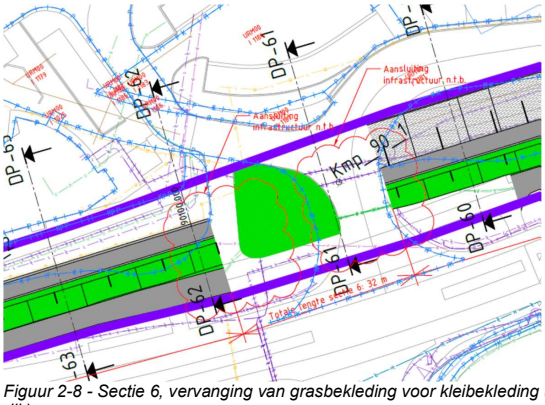
Op basis van het DTM wordt nagegaan waar accumulatie van hemelwater kan ontstaan. Maatwerkoplossingen worden toegepast om dit te ondervangen.

3 Sectie 2 (rotonde) en 6 (toerit haven van Lauwersoog)

De hoogte van de dijk kan ter plaatse van de rotonde en de toerit naar de haven van Lauwersoog niet worden verhoogd. De bekleding wordt overslagbestendig gemaakt door aanbrengen van een kleilaag onder de grasbekleding.



Figuur 2-7 - Sectie 2, vervanging van grasbekleding voor kleibekleding (0,5 m dik) met leeflaag en gras (0,3 m dik)



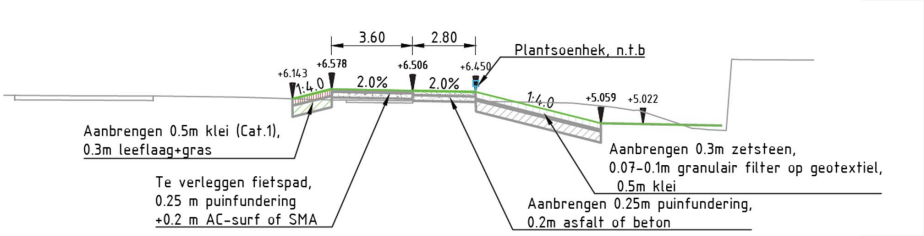
Figuur 2-8 - Sectie 6, vervanging van grasbekleding voor kleibekleding (0,5 m dik) met leeflaag en gras (0,3 m dik)

Op basis van het DTM wordt nagegaan waar accumulatie van hemelwater kan ontstaan. Maatwerkoplossingen worden toegepast om dit te ondervangen.

4 Sectie 3

In sectie 3 is een beperkte verhoging van het profiel noodzakelijk om te voldoen aan eisen met betrekking tot golfoverslag. Daarnaast dient de bekleding aan zeezijde te worden vervangen. Er wordt een 1:4 talud toegepast in combinatie met een fietspad en wandelpromenade op de kruin van de verhoging (zie Figuur 2-9). Voor de inpassing hiervan wordt de bestaande bossage tussen de dijk en de parkeergarage verwijderd. Een scherm met begroeiing (bijvoorbeeld Hedra) is voorzien om de parkeergarage na realisatie van de dijkversterking enigszins aan het zicht te onttrekken.
Aandachtspunten in het ontwerp zijn:

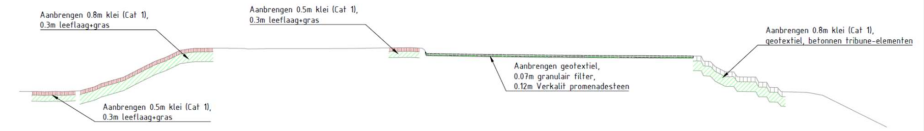
- Hemelwaterafvoer in combinatie met de aanwezige parkeergarage;
- Afstand tussen het fietspad en de N361 dient minimaal 1,5 m te zijn (het VO-ontwerp voldoet hieraan)



Figuur 2-9 – VO-ontwerp voor sectie 3

5 Sectie 4 (Robbegatsluis)

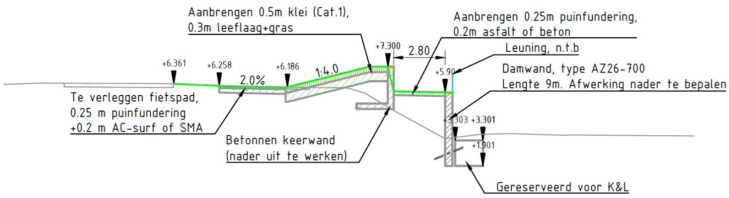
Sectie 4 betreft de Robbegatsluis. De dijk kan ter plaatse van de sluis niet worden verhoogd en derhalve zal de bekleding overslagbestendig worden gemaakt. Het in Hydra-NL berekende overslagdebiet voor zichtjaar 2075 is 16 l/m/s voor de vastgestelde profielen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Dit wordt gedaan door de bestaande bestrating te vervangen door de promenadesteen van Verkalit. Bestaande grasbekledingen op de kruin en langs het binnentalud worden overslagbestendig gemaakt door aanbrengen van een kleilaag onder de grasbekleding. Hierdoor houdt de dijk z'n groene uitstraling.



Figuur 2-10 – VO-ontwerpprofiel sectie 4, Robbegatsluis

6 Sectie 5

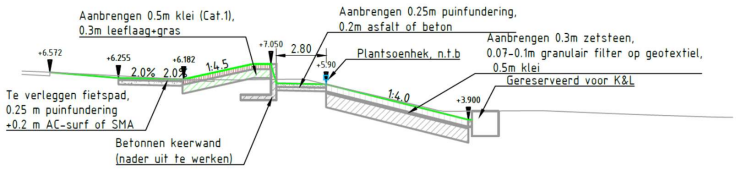
In sectie 5 is de VKA-oplossing (1:4 talud in combinatie met een keermuur) niet inpasbaar binnen de beschikbare horizontale ruimte. Om die reden is langs deze sectie een verticale keerconstructie toegepast zoals weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Door het 1:4 talud te vervangen door een verticale damwand, wordt ruimte gewonnen. Door deze aanpassing is het mogelijk om een wandelboulevard en fietspad in te passen zonder de N361 te raken. De minimale afstand tussen het fietspad en de N361 is hierbij 1,5 m.



Figuur 2-11 – VO-ontwerpprofiel zoals toegepast in sectie 5.

7 Sectie 7

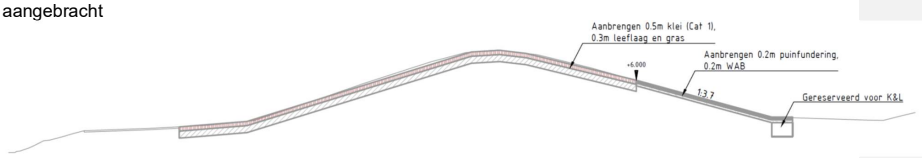
In sectie 7 wordt een 1:4 talud uit zetsteen toegepast tot NAP+5,9 m. Op NAP+5,9 m komt een wandelpromenade en landwaarts van de wandelpromenade is een verticale keermuur voorzien om de benodigde kruinhoogte te bereiken. Een representatieve doorsnede is gepresenteerd in Figuur 2-12. Het fietspad wordt landwaarts verlegd. De minimale afstand tussen het fietspad en de N361 is hierbij 1,5 m.



Figuur 2-12 – VO-ontwerp voor sectie 7

8 Sectie 8

De kruin van de dijk binnen sectie 8 ligt hoger dan de benodigde ontwerphoogte, derhalve is geen kruinverhoging nodig. De huidige asfaltlaag op het buitentalud van de dijk zal vervangen worden door een nieuwe bekleding. Er is vooralsnog gekozen voor toepassing van asfalt en geen zetsteenbekleding omwille van de snelle plaatsing (hinderbeperking). Boven NAP+6 m wordt een kleilaag en leeflaag/gras aangebracht



Figuur 2-13 – VO-ontwerpprofiel sectie 8

2.3 Duurzaamheid

Het is de intentie om de dijkversterking (en koppelprojecten) duurzaam uit te voeren. Hiertoe is een longlist aan duurzame maatregelen opgesteld. Een notitie over duurzaamheid (en de wijze waarin dit wordt toegepast in het ontwerp) wordt nog opgesteld.
Duurzaamheid is integraal meegenomen in de afweging van de alternatieven. Dit is gedaan door middel van zogeheten Trade-off-Matrices (ToM). In een ToM worden alternatieven (voor onderdelen van de Havendijk) afgewogen op verschillende onderdelen, waaronder duurzaamheid. Binnen de Havendijk zijn ToM's opgesteld voor de volgende onderdelen:

- Langs de Havendijk wordt zetsteen toegepast in sectie 3, 5 en 7. In totaal zijn 6 type zetsteen afgewogen door middel van een ToM. Er zijn 2 types geselecteerd voor verdere uitwerking. Een definitieve keuze wordt gemaakt in de DO-fase;
- De verticale keerconstructie in sectie 3, 5 en 7 kan op verschillende manieren worden gerealiseerd (betonnen L-wand, damwand of gewapende grond). Op basis van een ToM is gekozen voor een betonnen L-wand. De MKI-waarde voor gewapende grond is weliswaar het gunstigst, maar vanuit kostenoogpunt en ruimtebeslag is vooralsnog voor een betonnen L-wand gekozen.

2.4 Sober en doelmatig

De versterking van de Havendijk bevat veel maatwerk. Het tracé bestaat uit meerdere deelsecties met elk een eigen vormgeving en knelpunten. In de uitwerking van het VO-ontwerp is op de volgende wijze invulling gegeven aan het aspect 'sober en doelmatig':

- **Sober met betrekking tot subsidieverlening HWBP**: In de uitwerking van het VKA voor de Havendijk ligt de nadruk op de hoogwateropgave. Het VO-ontwerp bevat enkel onderdelen die bijdragen aan waterveiligheid en veiligheid voor gebruikers. De ontworpen maatregelen komen daarmee in aanmerking voor subsidie van het HWBP
- **Doelmatig met betrekking tot onzekerheden en risicoprofiel**: Het ontwerp voldoet aan eisen met betrekking tot waterveiligheid en kent geen onnodige opeenstapeling van onzekerheden.

Ook het risicoprofiel voor de versterking van de Havendijk is acceptabel. Dit blijkt ook uit de SSK-raming.

- **Sober en doelmatig met betrekking tot kruinverhoging**: In sectie 1 en sectie 6 wordt net niet voldaan aan eisen met betrekking tot golfoverslag. In plaats van een kleine verhoging (met allerlei bijkomende knelpunten i.v.m. aansluiting op naastgelegen infrastructuur) is ervoor gekozen om deze secties voldoende overslagbestendig te maken.
- **Doelmatig ten behoeve van onderhoudbaarheid**: Grastaluds zijn niet steiler dan 1:3 uitgevoerd. Een uitzondering hierop is de sectie direct ten oosten van het kunstwerk ter plaatse van dp89,85. Daar is het grastalud vanwege de toenemende kruinhoogte nu ook al steiler dan 1:3. De bestaande taludhelling wordt gehandhaafd.
- **Sober met betrekking tot ruimtelijk inpassing**: Omwille van ruimtelijke inpassing is ervoor gekozen om de benodigde verhoging in secties 3, 5 en 7 door middel van een verticale constructie te realiseren. Een dergelijke constructie dient goed te worden ingepast in de omgeving om diverse verkeersstromen (auto's, fietsers, voetgangers) veilig te laten plaatsvinden. Deze inpassing vindt gedegen plaats, maar met sober materiaalgebruik.
- **Doelmatig in verband met Kabels en Leidingen**: Reeds in het VO is voor zover mogelijk rekening gehouden met inpassing en verlegging van Kabels en Leidingen. Dit is gedaan door optimaal rekening te houden met het beleid van Noorderzijlvest en door fysiek ruimte te reserveren voor inpassing van fysiek te verleggen K&L.

3 Eisen

3.1 Inleiding

Het ontwerp van de Havendijk dient aan allerlei eisen en wensen te voldoen. Deze eisen komen voort uit waterveiligheid (de Havendijk moet aan de eisen van een primaire waterkering), maar ook van stakeholders (met betrekking tot het (dagelijks) gebruik van de dijk en beheer & onderhoud). Parallel aan het opstellen van het VO-ontwerp zijn de eisen verzameld op basis van ervaringen op gebied van dijkontwerp en gesprekken met stakeholders. In de 3 ontwerploops (VO, DO en UO) wordt aangetoond dat aan deze eisen wordt voldaan.

3.2 Eisspecificatie

Bij het aantonen van de eisen is er gebruik gemaakt van System Engineering. Bij aanvang van de Planuitwerkingsfase was er slechts een beperkte set aan eisen beschikbaar, te beperkt voor opstellen van een verifieerbaar VO. Parallel aan het maken van het VO is een volledige set systeemeisen opgesteld. Na afronden van het VO zullen deze eisen worden overgezet in Relatics. Het DO zal vervolgens worden opgesteld op basis van het VO, in combinatie met aanvullende (verdiepende) eisen en verificatie zal plaatsvinden via verificatierapporten in Relatics.

In deze ontwerpnota zijn de eisen benoemd die relevant zijn voor het opstellen van het VO. Door middel van berekeningen is aangetoond dat aan de gestelde eisen wordt voldaan. De volgende werkpakketten zijn op afzonderlijk wijze in voorliggend document behandeld:

- Hydraulisch ontwerp
- Geotechnisch ontwerp
- Constructief ontwerp
- Vormgeving
- Ontwerp Wegsysteem
- Ontwerp Watersysteem
- Ontwerp NWO's
- Kabels en Leidingen

3.3 Technische Uitgangspuntennota

De belangrijkste uitgangspunten die zijn toegepast voor het VO zijn beschreven in de Technische Uitgangspuntennota Dijkversterking Lauwersmeersdijk – Vierhuizergat (TUN) [Ref. 1]. In de eisspecificatie wordt hiernaar verwezen waar mogelijk. De TUN uit de Verkenningsfase is vooralsnog als basis gebruikt. Waar nodig wordt deze aangevuld met nieuwe informatie of nieuwe inzichten. In de voorliggende ontwerpnota zijn daarnaast aanvullende uitgangspunten en randvoorwaarden beschreven. Deze ontwerpnota kan daarom niet los worden gezien van de TUN en de daarbij behorende bijlagen.

3.4 Raakvlakken en risico's

In de uitwerking van het VO-ontwerp van de Havendijk zijn de volgende technische risico's naar voren gekomen. Deze risico's dienen in een latere ontwerpfase te worden gemitigeerd:

- In de bestaande situatie vindt hemelwaterafvoer plaats onder vrij verval en naar beide zijden van de dijk. Ook zijn bermen doorlatend. Als gevolg van de gekozen oplossing kan hemelwater niet of minder goed afstromen. Het risico bestaat dat er waterbezwaar optreedt.
- Binnen de Havendijk zijn diverse oplossingen toegepast. De samenhang en ruimtelijke inpassing kan leiden tot veranderingen in het ontwerp.
- Het risico bestaat dat kabels en leidingen minder eenvoudig ingepast kunnen worden dan vooralsnog is voorzien.
- Uit recent veldonderzoek volgt dat de bekleding opbouw op de Cleveringsluis anders is dan op de as-built-tekeningen is vermeld.

Met betrekking tot de Havendijk zijn er de volgende raakvlakken. Deze raakvlakken dienen in de integraal VO-fase (iVO) of DO-fase te worden uitgewerkt:

- Landelijke Dijk: De Havendijk sluit ter plaatse van Dijkpaal 89,13 aan op de Landelijke Dijk. De beide profielen zijn niet hetzelfde en dienen vloeiend en logisch aan te sluiten;
- Dijk ten westen van Cleveringsluizen: Aan de westzijde zal de bekleding van de Cleveringsluizen aansluiten aan de Friese zijde van de Lauwersmeerdijk. Deze aansluiting dient vloeiend en voldoende sterk te zijn
- Robbegatsluis: De Robbegatsluis zelf is geen onderdeel van de versterkingsopgave. De bekleding aan weerszijden van de Robbegatsluis dient aan te sluiten aan de Robbegatsluis en dient de toekomstige uitbreiding van de sluis mogelijk te maken.
- Diverse infrastructuurwerken: Binnen de Havendijk is een complexe infrastructuur aanwezig die beschouwd dient te worden bij de nadere uitwerking:
    - Kabels en Leidingen;
    - Aansluiting van diverse wegen op de N361
    - Fiets- en wandelroutes
- Koppelproject 2e Ontsluitingsweg: De Gemeente Het Hogeland is voornemens om een 2e Ontsluitingsweg voor de haven van Lauwersoog te realiseren. Deze 2e Ontsluitingsweg zal (deels) over de Landelijke Dijk lopen. De waterkering zal lokaal afwijken van het basisprofiel van de Landelijke Dijk om de ontsluitingsweg in te passen.
- Koppelproject WereldErfgoedCentrum (WEC): De ruimtelijke inpassing rondom het toekomstige WEC alsmede de mogelijke voetgangerstunnel door de Havendijk zijn reeds gedurende VO-fase afgetast. Waar mogelijk is hier rekening mee gehouden. Nadere afstemming vindt in de DO-fase plaats.
- Koppelproject Onderhoud Westelijke Havendam: Er bestaat een fysiek raakvlak tussen de Westelijke Havendam en sectie 0 van de Havendam. In de uitwerking van beide ontwerpen wordt rekening gehouden met een vloeiende aansluiting tussen de beide projecten, zowel geometrisch als qua materiaalgebruik.

4 Hydraulisch ontwerp

In dit hoofdstuk is de verificatie opgenomen van het hydraulisch ontwerp. De tekeningen zijn opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

4.1 Overzicht van eisen

De eisen uit het verificatierapport behorend tot het werkpakket 'Hydraulisch Ontwerp' zijn onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Hoogte (HT)
- Teenbestorting
- Zetsteenbekleding (STBK)
- Asfaltbekleding (STBK)
- Gras- en kleibekleding (STBK)
- Overkoepelende eisen

De eisen worden in de volgende paragrafen beschouwd en aangetoond.

4.2 Hoogte en golfoverslag (HT)

4.2.1 Inleiding

De kruinhoogte van de dijk heeft betrekking op het faalmechanisme "Overloop / Golfoverslag". De dijk dient zo ontworpen te zijn dat het beschermt tegen overstroming door overloop / golfoverslag [LV.HWV.01]. Het golfoverslagdebiet dient gedurende de levensduur lager te zijn dan de gestelde eis [LV.HWV.01.01]. Daarbij dient de bekleding op de kruin en binnentalud voldoende weerstand te beiden tegen erosie en instabiliteit ten gevolge van overloop/golfoverslag [LV.HWV.01.02]. Voor het aantonen van de eisen zijn ook waarden van autonome bodemdaling en restzettingen nodig [LV.HWV.01.01.03]. In het VO wordt vooralsnog alleen rekening gehouden met de autonome bodemdaling (ontwerphoogte einde planperiode). De aanleghoogte wordt in de DO-fase bepaald.
Uitgangspunten in relatie tot de beoordeling van het faalmechanisme hoogte, en het daarbij horende golfoverslagdebiet, zijn opgenomen in hoofdstuk 5 en 6 van de Uitgangspuntennotitie Dijkversterking Lauwersmeersdijk – Vierhuizergat [Ref. 1]. Alle gehanteerde profielen en hydraulische randvoorwaarden zijn opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

4.2.2 Eisen

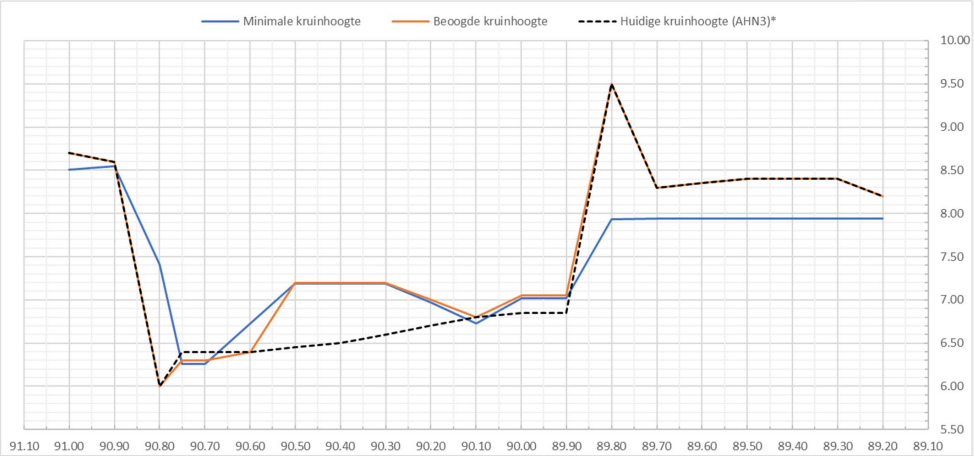
De volgende (onderdelen van) eisen worden in de volgende paragraaf aangetoond:

- LV.HWV.01 - Het beschermen tegen overstroming door overloop / golfoverslag: De Dijk dient voldoende weerstand te bieden tegen het faalmechanisme 'Overloop en golfoverslag'
- LV.HWV.01.01 - Het beschermen tegen overstroming door overloop / golfoverslag - maximaal golfoverslagdebiet: Het overslagdebiet dient tijdens de gehele levensduur kleiner te zijn dan de maximaal toegestane waarde bij toepassing van maatgevende hydraulische randvoorwaarden. Voor de Havendijk is dit gesteld op 5 l/s/m met uitzondering van de Robbegatsluis waar een hoger overslagdebiet wordt toegestaan.
- LV.HWV.01.02 - Het beschermen tegen overstroming door erosie en instabiliteit bekleding op de kruin en het binnentalud ten gevolge van overloop/ golfoverslag: De kruin en het binnentalud van de Dijk dienen voldoende weerstand te bieden tegen het faalmechanisme 'Erosie en instabiliteit binnentalud ten gevolge van overloop/golfoverslag'. Reststerkte van onderliggende lagen dient nadrukkelijk niet te worden meegenomen.
- LV.HWV.01.01.01 - Maximaal golfoverslagdebiet bij dijkprofiel onder helling: In geval van een dijkprofiel met buitentalud of zonder verticale wand, dient het overslagdebiet tijdens de gehele levensduur kleiner te zijn dan de maximaal toegestane waarde bij toepassing van de maatgevende hydraulische randvoorwaarden.
- LV.AE.10.01 - Levensduur - grondconstructies: De levensduur van de grondconstructies dient minimaal 50 jaar te zijn.

- LV.AE.11 - Waterkeringen - behouden huidige sterkte: De huidige sterkte van de afzonderlijke onderdelen van de waterkering, zoals bekledingen, kruinhoogte, etc., dient (bij oplevering) ten gevolge van de werkzaamheden niet af te nemen.

4.2.3 Resultaten en beoordeling

In Hydra-NL is, door middel van de profielen en dijkoriëntaties uit**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, voor secties 0, 2, 4, 6 en 8 bij de betreffende dijkpalen (gekoppeld aan een uitvoerpunt) het hydraulisch belastingniveau berekend voor de norm (1000 jaar). Dit is gedaan door middel van het golfoverslagdebiet conform de gestelde eis [LV.HWV.01.01]. Sectie 1 is niet berekend aangezien dit alleen een binnentalud betreft. De uitkomsten zijn gepresenteerd in Tabel 4-1 (voor meer details, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Bij de tussenliggende dijkpalen wordt vloeiend overgegaan naar de volgende hoogte. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft dit grafisch weer.



Sectie 0	Sectie 1	Sectie 2	Sectie 3	Sectie 4	Sectie 5.1	Sectie 5.2	Sectie 6	Sectie 7	Sectie 8
DP91,20 – DP90,98	DP90,98 – DP90,85	DP90,85 – DP90,78	DP90,78 – DP90,61	DP90,61 – DP90,51	DP90,51 – DP90,30	DP90,30 – DP90,15	DP90,15 – DP90,08	DP90,08 – DP89,84	DP89,84 – DP89,15

Figuur 4-1 – Grafische weergave Hydraulische belastingniveau Havendijk

9 Overslag Sectie 0, 2, 4, 6, en 8

De kruinhoogte van secties 0, 2, 4, 6 en 8 zullen gelijk blijven aan de huidige kruinhoogte. In geval van de sectie 0 (aansluiting Westelijke Havendam) en sectie 8 is de huidige kruinhoogte al hoger dan de minimaal benodigde kruinhoogte. Voor de secties 0 (Cleveringsluizen), 2, 4 en 6 geldt dat het door de huidige situatie op de kruin (een rotonde of kunstwerk) niet wenselijk is om de kruin op te hogen. Om wel te voldoen aan de gestelde eisen worden deze secties overslagbestendig gemaakt. De overslagdebieten waarvoor overslagbestendig gemaakt dient te worden zijn berekend in Hydra-NL.

Overslag Sectie 0 (Cleveringsluizen)

Ter plaatse van de Cleveringsluizen is een kruinverhoging niet mogelijk. Het overslagdebiet ter plaatse van de sluis is uitgerekend en komt neer op een overslag van 10,2 l/m/s. Dit is groter dan vereiste 5 l/m/s en de binnenzijde dient overslagbestendig te worden gemaakt. Het gehanteerde profiel weergeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Het grote overslagdebiet leidt overigens niet tot waterbezwaar, omdat het water aan de andere zijde van de Cleveringsluizen in het Lauwersmeer stroomt (op een totale oppervlakte van 45 km^2 van het Lauwersmeer resulteert een overslag van 10,2 l/m/s over de Cleveringsluis (200 m breed) tot een waterstandsstijging van 0,16 mm/uur).

Overslag Sectie 2 (Rotonde)
Door de aanwezigheid van een verkeersrotonde op de kruin is het verhogen van de kruin ter plaatse van sectie 2 niet mogelijk. Het overslagdebiet waarop ontworpen dient te worden is uitgerekend en komt neer op minder dan 0,1 l/m/s **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Dit voldoet aan de huidige eis van 5 l/m/s. Het gehanteerde profiel weergeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

Overslag Sectie 4 (Robbegatsluis)
Ter plaatse van de Robbegatsluis is een kruinverhoging niet mogelijk. In Hydra-NL is uitgerekend dat het overslagdebiet ter plaatse van de sluis 16 l/m/s bedraagt (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Bij het ontwerpen van een overslagbestendig profiel is zowel gekeken naar de buitenzijde als naar de binnenzijde. Het gehanteerde profiel weergeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Het grote overslagdebiet leidt overigens niet tot waterbezwaar, omdat het water aan de andere zijde van de Cleveringsluizen in het Lauwersmeer stroomt (op een totale oppervlakte van 45 km^2 van het Lauwersmeer resulteert een overslag van 16 l/m/s over de Robbegatsluis (140 m breed) tot een waterstandsstijging van 0,18 mm/uur).

Overslag Sectie 6 (Rotonde)
Door de aanwezigheid van een verkeersrotonde op de kruin is het verhogen van de kruin ter plaatse van sectie 6 niet mogelijk. Het overslagdebiet waarop ontworpen dient te worden is uitgerekend en komt neer op minder dan 0,1 l/m/s. Dit voldoet aan de huidige eis van 5 l/m/s. Het gehanteerde profiel weergeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

10 Overslag Sectie 3, 5.2 en 7

Voor sectie 3, 5.2 en 7 kan de HBN van het gekozen ontwerp vanwege de verticale constructie niet nauwkeurig in Hydra-NL worden berekend. Aan de hand van de EurOtop Manual 2018 [Ref. 2] (formule 5.14) zijn de HBN-hoogten bepaald. Deze zijn apart gerapporteerd in bijlage **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

11 Overslag 5.1

Sectie 5.1 betreft twee verticale constructies achter elkaar. Omdat de technische bepaling van het HBN bij een dergelijke constructie behoorlijk complex is, is in eerste instantie gekozen om dit uit te rekenen als één verticale wand in Hydra-NL. De bodemdaling is voor de constructies in het VO is aangehouden op 0,10 m conform de ontwerplevensduur van de kruinhoogte voor 50 jaar.
In de DO-fase worden uitvoeringstoleranties en (rest-)zettingen meegenomen om te voldoen aan eis [LV.HWV.01.01.03].

In alle gevallen komt de nieuwe kruinhoogte niet onder de huidige kruinhoogte, waarmee de huidige sterkte behouden blijft en alleen wordt vergroot. Hiermee wordt voldaan aan de eis [LV.AE.11].

Tabel 4-1 – Hydraulisch belastingniveau Havendijk

Dijkpaal [-]	Uitvoer-locatie [-]	Sectie [-]	HBN bij 1:12.500 [mNAP]	Bodemdaling [m]	Min. benodigd kruinhoogte [mNAP]	Beoogde kruinhoogte [mNAP]
91,2	dk_23	Sectie 0 (Cleveringsluizen)	Niet berekend	-	Niet berekend	**+9,00[1]**
91,2	ha04-12	Sectie 0 (Cleveringsluizen)	Niet berekend	-	Niet berekend	**+9,00[1]**
91,0	dk_23	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	+8,41	0,10	+8,51	**+8,70[1]**
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	+8,45	0,10	+8,55	**+8,60[1]**

Dijkpaal [-]	Uitvoer-locatie [-]	Sectie [-]	HBN bij 1:12.500 [mNAP]	Bodemdaling [m]	Min. benodigd kruinhoogte [mNAP]	Beoogde kruinhoogte [mNAP]
90,8	n.v.t.	Sectie 2 (Rotonde)	Niet berekend	-	Niet berekend	**+6,00**[1]
90,75	hd_014	Sectie 3	+6,16	0,10	+6,26	**+6,30**
90,7	hd_013	Sectie 3	+6,16	0,10	+6,26	**+6,30**
90,6	hd_012	Sectie 4 (Robbegatsluis)	Niet berekend	-	Niet berekend	**+6,40**[1]
90,5	hd_011	Sectie 5.1	+7,19	0,10	+7,29	**+7,30**
90,4	hd_010	Sectie 5.1	+7,19	0,10	+7,29	**+7,30**
90,35	hd_009	Sectie 5.1	+7,19	0,10	+7,29	**+7,30**
90,3	hd_009	Sectie 5.1	+7,19	0,10	+7,29	**+7,30**
90,2	hd_008	Sectie 5.2	+6,87	0,10	+6,97	**+7,00**
90,1	hd_008	Sectie 6 (Rotonde)	Niet berekend	-	Niet berekend	**+6,80**[1]
90,0	hd_008	Sectie 7	+6,92	0,10	+7,02	**+7,05**
89,9	hd_006	Sectie 7	+6,92	0,10	+7,02	**+7,05**
89,8	hd_006	Sectie 8	7,84	0,10	7,94	**+9,50**[1]
89,7	hd_005	Sectie 8	7,84	0,10	7,94	**+8,30**[1]
89,6	hd_004	Sectie 8	7,84	0,10	7,94	**+8,35**[1]
89,5	hd_003	Sectie 8	7,84	0,10	7,94	**+8,40**[1]
89,4	hd_002	Sectie 8	7,84	0,10	7,94	**+8,40**[1]
89,3	hd_001	Sectie 8	7,84	0,10	7,94	**+8,40**[1]
89,2	hd_001	Sectie 8	7,84	0,10	7,94	**+8,20**[1]

4.3 Breuksteenbekleding en Teenbestorting

4.3.1 Inleiding

De teenconstructie aan de onderzijde van de bekleding in sectie 0 wordt beschermd door een teenbestorting van breuksteen. De teenbestorting direct voor de teenconstructie is minimaal 5 m breed conform Technisch Rapport Steenzettingen (TAW, 2003) [Ref. 2]. De teenbestorting moet stabiel blijven en mag niet wegspoelen onder de maatgevende hydraulische belastingen conform [LV.HWV.02.05.03] en [LV.HWV.02.05.03.01].
Uitgangspunten in relatie tot de beoordeling van de teenbestorting zijn opgenomen in hoofdstuk 5 en 6 van de TUN [Ref. 1]. Indien er aanvullende uitgangspunten zijn gehanteerd, worden deze aangegeven bij de rekenresultaten in paragraaf 4.3.3. Alle gehanteerde profielen en hydraulische randvoorwaarden zijn opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

4.3.2 Eisen

De volgende (onderdelen van) eisen worden in de volgende paragraaf aangetoond:

- LV.HWV.02.05 - De buitenzijde van de Dijk dient voldoende weerstand te bieden tegen het faalmechanisme ‘erosie buitentalud van bekleding’ zoals bedoeld in de vigerende normen en leidraden. Voldoende betekent dat geen schade optreedt aan de bekledingen op het buitentalud wanneer belast onder maatgevende omstandigheden.
- LV.HWV.02.05.03 - Buitentalud; Sterkte teenbestorting: De teenbestorting aan de buitenzijde van de Dijk mag niet beschadigen wanneer belast onder maatgevende omstandigheden.
- LV.HWV.02.05.03.01 - Buitentalud; Stabiliteit toplaag: De toplaag mag niet falen onder de maatgevende hydraulische belastingen.
- LV.HWV.02.05.03.02 - Buitentalud: stabiliteit kernmateriaal teenbestorting: De onderliggende laag mag niet uitspoelen

[1] Betreft huidige kruinhoogte

- LV.HWV.AE.01.03 - Aanvullen van de teenbestorting: De bekleding op de buitenberm dient overrijdbaar te zijn met onderhoudsmaterieel van Noorderzijlvest.
- LV.AE.10 – Levensduur: Het Systeem dient een voldoende lange levensduur te hebben. Voldoende is conform de eisen zoals gesteld aan de verschillende objecten binnen het Systeem.
- LV.AE.11 - Waterkeringen - behouden huidige sterkte: De huidige sterkte van de afzonderlijke onderdelen van de waterkering, zoals bekledingen, kruinhoogte, etc., dient (bij oplevering) ten gevolge van de werkzaamheden niet af te nemen.

4.3.3 Resultaten en beoordeling

De beoordelingsresultaten van de teenbestorting zijn onderverdeeld in twee typen. De teenbestorting voor de teen en de steenbestorting op het talud (als overlaging op de bestaande bekleding). Alle resultaten zijn berekend aan de maatgevende golfcondities behorend bij een dijkpaal. Per halve meter is uitgerekend wat de D_{n50} dient te zijn. De gebruikte vergelijkingen zijn opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Per profiel is de hoogst berekende waarde voor de D_{n50} aangehouden voor de sortering. Hierdoor wordt voldaan aan [LV.HWV.02.05.03.01] en [LV.HWV.02.05.03.02].
Het gekozen zichtjaar betreft 50 jaar, waardoor de minimale levensduur tenminste 50 jaar is conform [LV.AE.10]. De ontworpen bekleding is sterker dan de huidige bekleding, waardoor wordt voldaan aan [LV.AE.11].

12 Taludbekleding

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekening voor de breuksteen bekleding gepresenteerd. De bekleding wordt toegepast tot NAP +1,00 m (waarbij voor een goede overgang een klein deel van de nieuwe zetsteenbekleding overlaagd wordt). In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de gedetailleerde resultaten weergeven.

Tabel 4-2 – Resultaten Teenbestorting op talud

Dijkpaal [-]	Uitvoerlocatie [-]	Sectie [-]	D_{n50} [m]	Sortering [-]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	0,70	1000-3000 kg

13 Teenbestorting

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekening voor de teenbestorting weergegeven. Omdat de teenbestorting zich binnen de getijdezone bevindt, is het aantal golven in de berekening gemaximeerd op 7500. Voor de teenbestorting zijn conform de uitgangspunten drie verschillende formules gehanteerd. De meeste maatgevende van de Dn50 is aangehouden. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de gedetailleerde rekenresultaten weergeven.

Tabel 4-3 – Teenbestorting voor de teenconstructie

Dijkpaal [-]	Uitvoerlocatie [-]	Sectie [-]	$D_{n50;\ VD\ meer}$ [m]	$D_{n50;\ 1.187}$ [m]	$D_{n50;\ 1.188}$ [m]	Sortering [-]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	0,14	0,42	0,33	300-1000 kg

4.4 Zetsteenbekleding

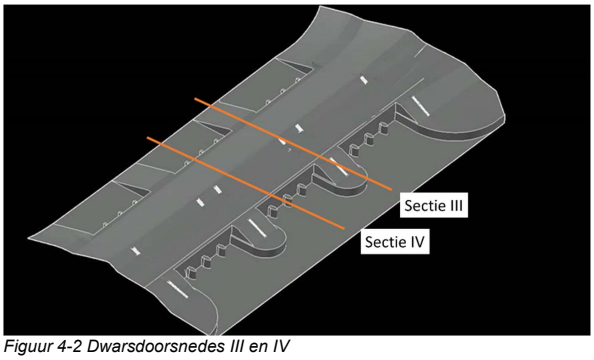
4.4.1 Inleiding

De huidige zetsteenbekleding op het buitentalud van sectie 0 (Cleveringsluizen) wordt vervangen. In secties 3, 5, en 7 wordt een nieuwe zetsteenbekleding aangebracht. De nieuwe zetsteenbekleding aan de buitenzijde van de dijk mag niet beschadigen wanneer het wordt belast onder maatgevende omstandigheden [LV.HWV.02.05.02].

De keuze van de nieuwe zetsteenbekleding op de Havendijk is gemaakt aan de hand van een Trade-off Matrix (ToM, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Op basis van deze ToM is een voorkeuze gemaakt voor Verkalit of Basalton. In het VO is nog geen definitieve keuze gemaakt. Ook wordt opgemerkt dat (op basis van ontwerpberekeningen) is geconcludeerd dat Verkalit en Basalton niet zondermeer toepasbaar is op de Cleveringsluis zelf.
Het gekozen zichtjaar betreft 50 jaar, waardoor de minimale levensduur tenminste 50 jaar is conform [LV.AE.10.03]. Daarnaast is de bekleding ontworpen met maatgevend golfcondities over 50 jaar waardoor de sterkte van de bekleding wordt vergroot, conform [LV.AE.11].
Uitgangspunten in relatie tot de beoordeling van de teenbestorting zijn opgenomen in hoofdstuk 5 en 6 van de Uitgangspuntennotitie Dijkversterking Lauwersmeersdijk – Vierhuizergat [Ref. 1]. Indien er aanvullende uitgangspunten zijn gehanteerd, worden deze aangegeven bij de rekenresultaten in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Alle Hydraulische Randvoorwaarden zijn opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

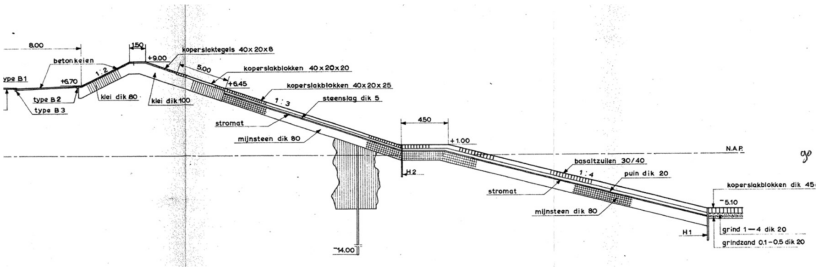
14 Aandachtspunten Sectie 0 (Cleveringsluizen)

De Cleveringsluizen bestaan uit een drietal (identieke) betonconstructies met daar tussen een grondlichaam (zie Figuur 4-2). In Figuur 4-3 is doorsnede III ter plaatse van het grondlichaam gepresenteerd. In Figuur 4-4 is dwarsdoorsnede IV ter plaatse van de betonconstructie (sluiskoker) gepresenteerd.



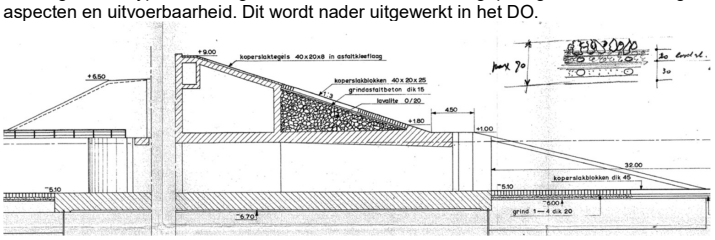
Figuur 4-2 Dwarsdoorsnedes III en IV

Het grondlichaam tussen de sluiskokers (doorsnede III) bestaat uit bekleding van basaltzuilen tussen NAP -5,10 m en NAP +9,00 m (conform de ontwerptekeningen van de Cleveringsluizen). De bekleding tussen NAP -5,10 m en NAP kan worden behouden mits de onderliggende mijnsteen van voldoende kwaliteit is (D15 van minder dan 2 mm). Dit wordt in een vervolgfase nader onderzocht door middel van veldonderzoek. In het VO is aangenomen dat de bekleding tussen NAP -5,10 m en NAP behouden blijft. De bekleding tussen NAP +0,00 m en NAP +9,00 m dient te worden vervangen.



Figuur 4-3 – Cleveringsluizen, Doorsnede III uit ontwerptekeningen (1963)

De sluiskokers (doorsnede IV) bestaan uit een zetsteenbekleding tussen NAP +1,80 en NAP +9,00 m. De bekleding tussen NAP +6,00 m en NAP +9,00 m ligt direct op het beton van de sluizen zelf en heeft geen waterkerende functie. De bekleding tussen NAP +1,80 m en NAP +6,00 m dient te worden vervangen. Het type bekleding dat boven NAP +6,00 m toegepast gaat worden, hangt af van esthetische aspecten en uitvoerbaarheid. Dit wordt nader uitgewerkt in het DO.



Figuur 4-4 – Cleveringsluizen, Doorsnede IV uit ontwerptekeningen (1963)

4.4.2 Eisen

De volgende (onderdelen van) eisen worden in de volgende paragraaf aangetoond:

- LV.HWV.02.05 - Het beschermen tegen overstroming door erosie buitentalud: De buitenzijde van de Dijk dient voldoende weerstand te bieden tegen het faalmechanisme 'erosie buitentalud van bekleding' zoals bedoeld in de vigerende normen en leidraden. Voldoende betekent dat geen schade optreedt aan de bekledingen op het buitentalud wanneer belast onder maatgevende omstandigheden.
- LV.HWV.02.05.02 - Buitentalud: Sterkte steenzetting: De steenzetting aan de buitenzijde van de Dijk mag niet falen wanneer belast onder maatgevende omstandigheden.
- LV.AE.10 – Levensduur: Het Systeem dient een voldoende lange levensduur te hebben. Voldoende is conform de eisen zoals gesteld aan de verschillende objecten binnen het Systeem.
- LV.AE.11 - Waterkeringen - behouden huidige sterkte: De huidige sterkte van de afzonderlijke onderdelen van de waterkering, zoals bekledingen, kruinhoogte, etc., dient (bij oplevering) ten gevolge van de werkzaamheden niet af te nemen.

4.4.3 Resultaten en beoordeling

In deze paragraaf is de benodigde zuildikte van de zetsteenbekleding en de onderliggende filterconstructie beschreven voor de Havendijk:

- De zetsteenbekleding voor dijksectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam), 3, 5 en 7 is uitgewerkt in paragraaf 15
- De zetsteenbekleding op de Cleveringsluizen (onderdeel van sectie 0) is apart uitgewerkt in paragraaf 16.
- De overslagbestendige zetsteenbekleding in sectie 4 (Robbegatsluis) uitgewerkt in paragraaf 17.

De zetsteenbekleding is gedimensioneerd op vier beoordelingssporen:

- Toplaaginstabiliteit onder golfaanval (ZTG)
- Afschuiving (ZAF)
- Materiaaltransport vanuit de onderlaag (ZMO)
- Materiaaltransport vanuit de granulaire laag (ZMG)

Alle vier de beoordelingssporen worden getoetst aan de hand van Steentoets v19.1.1 bij de maatgevende waterstanden:

- Voor de Havendijk: NAP +3,00 m, NAP +3,50 m, NAP +4,00 m, NAP +4,50, NAP +5,00 m en NAP +5,20 m.
- Voor de Cleveringsluizen en sectie 0: NAP +0,50 m, NAP +1,00 m, NAP +1,50 m, NAP +2,00 m, NAP +2,50 m, NAP +3,00, NAP +4,00 m en NAP +5,00 m.

15 Dijksecties 0, 3, 5 en 7

Verkalit

In onderstaande Tabel 4-4 zijn de resultaten weergeven voor de nieuwe zetsteenbekleding van sectie 3, 5 en 7. In Tabel 4-5 is de bijbehorende filterconstructie weergeven. De kleilaag wordt in alle gevallen behouden en alleen de zetsteenbekleding met filterconstructie wordt vervangen. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de detailresultaten (Steentoets) gepresenteerd voor zowel de zetsteenbekleding als voor de filterconstructie.

Tabel 4-4 – Resultaten nieuwe steenbekleding, Verkalit

Dijkpaal [-]	Uitvoerlocatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Zuilhoogte/ Blokhoogte [m]	Soortelijk gewicht [kg/m^3]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	Verkalit	0,35	2900
90,75	hd_014	Sectie 3	Verkalit	0,20	2300
90,7	hd_013	Sectie 3	Verkalit	0,20	2300
90,5	hd_011	Sectie 5	Verkalit	0,20	2300
90,4	hd_010	Sectie 5	Verkalit	0,20	2300
90,35	hd_009	Sectie 5	Verkalit	0,20	2300
90,3	hd_009	Sectie 5	Verkalit	0,20	2300
90,2	hd_008	Sectie 5	Verkalit	0,20	2300
90,0	hd_007	Sectie 7	Verkalit	0,20	2300
89,9	hd_006	Sectie 7	Verkalit	0,20	2300

Tabel 4-5 – Resultaten nieuwe filterconstructie onder Verkalit steenzetting

Dijkpaal [-]	Uitvoer-locatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Dikte [m]	D_{15} [m]	D_{50} [m]	Geotextiel? [Ja/nee]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,75	hd_014	Sectie 3	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,7	hd_013	Sectie 3	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,5	hd_011	Sectie 5	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,4	hd_010	Sectie 5	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,35	hd_009	Sectie 5	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,3	hd_009	Sectie 5	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,2	hd_008	Sectie 5	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
90,0	hd_007	Sectie 7	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
89,9	hd_006	Sectie 7	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja

Basalton

In onderstaande Tabel 4-6 zijn de resultaten weergeven voor de nieuwe zetsteenbekleding van sectie 3, 5 en 7. In Tabel 4-7 is de bijbehorende filterconstructie weergeven. De kleilaag wordt in alle gevallen behouden en alleen de steenbekleding met filterconstructie wordt vervangen. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de resultaten gedetailleerde weergeven voor zowel de nieuwe steenbekleding als voor de filterconstructie, in de vorm van de steentoets berekening. Daarbij is ook de invoer weergeven.

Tabel 4-6 – Resultaten nieuwe steenbekleding, Basalton

Dijkpaal [-]	Uitvoerlocatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Zuilhoogte/ Blokhoogte [m]	Soortelijk gewicht [kg/m^3]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	Basalton	0,35	2900
90,75	hd_014	Sectie 3	Basalton	0,20	2300
90,7	hd_013	Sectie 3	Basalton	0,20	2300
90,5	hd_011	Sectie 5	Basalton	0,20	2300
90,4	hd_010	Sectie 5	Basalton	0,20	2300
90,35	hd_009	Sectie 5	Basalton	0,20	2300
90,3	hd_009	Sectie 5	Basalton	0,20	2300
90,2	hd_008	Sectie 5	Basalton	0,20	2300
90,0	hd_007	Sectie 7	Basalton	0,20	2300
89,9	hd_006	Sectie 7	Basalton	0,20	2300

Tabel 4-7 – Resultaten nieuwe filterconstructie onder Basalton steenzetting

Dijkpaal [-]	Uitvoer-locatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Dikte [m]	D_{15} [m]	D_{50} [m]	Geotextiel? [Ja/nee]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Aansluiting Westelijke Havendam)	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,75	hd_014	Sectie 3	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,7	hd_013	Sectie 3	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,5	hd_011	Sectie 5	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,4	hd_010	Sectie 5	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,35	hd_009	Sectie 5	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,3	hd_009	Sectie 5	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,2	hd_008	Sectie 5	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
90,0	hd_007	Sectie 7	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
89,9	hd_006	Sectie 7	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja

Overige types, specifiek voor sectie 0 (Cleveringsluizen)

Zoals uit paragraaf 16 blijkt, zijn de beoogde zetsteentypes (Verkalit en Basalton) niet zondermeer toepasbaar als zetsteenbekleding op de Cleveringsluizen. Om die reden zijn ook andere zetsteentypes doorgerekend. Omwille van uniformiteit kan het vervolgens wenselijk zijn om ook de naastgelegen dijksectie in sectie 0 in eenzelfde zetsteentype uit te voeren. Voor de volledigheid is hieronder in Tabel 4-8 en Tabel 4-9 ook de laagopbouw gepresenteerd voor overige zetsteentypes.

Tabel 4-8 – Resultaten nieuwe steenbekleding, specifiek voor sectie 0 (Cleveringsluizen)

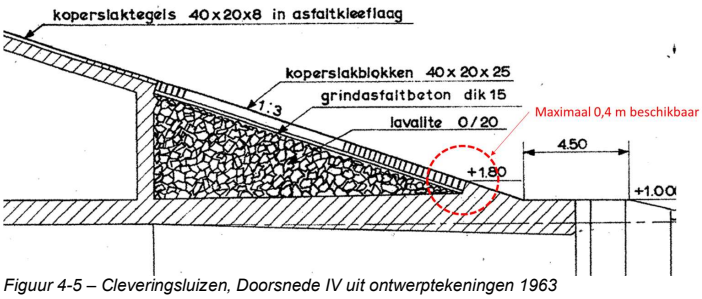
Dijkpaal [-]	Uitvoerlocatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Zuilhoogte/ Blokhoogte [m]	Soortelijk gewicht [kg/m^3]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Cleveringsluizen)	**C-Star**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Cleveringsluizen)	**RONAton**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Cleveringsluizen)	**Hillblock**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Cleveringsluizen)	**Hillblock 2.0**	0,30	2800

Tabel 4-9 – Resultaten nieuwe filterconstructie, specifiek voor sectie 0 (Cleveringsluizen)

Dijkpaal [-]	Uitvoer-locatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Dikte [m]	D_{15} [m]	D_{50} [m]	Geotextiel? [Ja/nee]
90,9	ha04-12	Sectie 0 (Cleveringsluizen)	Overige types	Granulair	0,10	0,021	0,030

16 Zetsteenbekleding buitentalud Cleveringsluizen

Op de constructieve secties van de Cleveringsluizen is een zetsteenbekleding met een beperkte dikte inpasbaar. De zetsteenbekleding (inclusief filter) mag onderin maximaal 0,40 m dik zijn. Daarnaast wordt bij voorkeur de bestaande lavalite behouden.



Figuur 4-5 – Cleveringsluizen, Doorsnede IV uit ontwerptekeningen 1963

In een detailuitwerking (DO-fase) zal nader onderzocht worden of een grotere dikte dan 0,40 m ook toepasbaar/wenselijk is (bijvoorbeeld door aanstorten van het onderste deel en afgraven/herprofileren van lavalite). Vooralsnog is nagegaan welke typen zetsteen toepasbaar zijn met een maximale dikte (zuilhoogte + filterconstructie) van 0,40 m. Uiteindelijk voldoen alleen Verkalit en Basalton niet. In onderstaande Tabel 4-10 zijn de resultaten weergeven voor een nieuwe zetsteenbekleding op de Cleveringsluizen. In de berekening is de betonconstructie geschematiseerd als klei. De lavalite-laag is geschematiseerd als een tweede filterlaag bestaande uit steenslag met dikte = 1 m, D15 = 3 mm en D50 = 11 mm. De D15 en D50 waarden zijn lineair geïnterpoleerd uit de 0/20 sortering (Figuur 4-5). In Tabel 4-11 is de bijbehorende filterconstructie weergeven die alleen voor Verkalit en Basalton afwijkend is en voor alle andere typen hetzelfde is aangehouden.

Voor Cleveringsluizen deel III (het grondlichaam tussen de spuisluiskokkers) is tevens onderzocht tot welke NAP-hoogte de huidige basaltzuilen kunnen blijven liggen. Dit is tot een niveau van NAP -0,90 m. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de resultaten gedetailleerde weergeven voor zowel de nieuwe steenbekleding als voor de filterconstructie, in de vorm van de steentoets berekening. Daarbij is ook de invoer weergeven.
Noot: Het horizontale gedeelte bij deel III geeft in steentoets onvoldoende als resultaat. Dit wordt in de DO-fase verder onderzocht.

Tabel 4-10 – Zetsteenbekleding Sectie 0

Dijkpaal [-]	Uitvoerlocatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Zuilhoogte/ Blokhoogte [m]	Soortelijk gewicht [kg/m^3]
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	**Verkalit**	0,35	2900
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	**Verkalit**	0,60	2900

Dijkpaal [-]	Uitvoerlocatie [-]	Sectie [-]	Type [-]	Zuilhoogte/ Blokhoogte [m]	Soortelijk gewicht [kg/m^3]
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	**Basalton**	0,35	2900
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	**Basalton**	0,35	2900
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	**C-Star**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	**C-Star**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0	**C-Star**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	**RONAton**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	**RONAton**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0	**RONAton**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	**Hillblock**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	**Hillblock**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0	**Hillblock**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	**Basalton+**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	**Basalton+**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0	**Basalton+**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	**Hillblock 2.0**	0,30	2800
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	**Hillblock 2.0**	0,30	2800
90,9	ha04-12	Sectie 0	**Hillblock 2.0**	0,30	2800

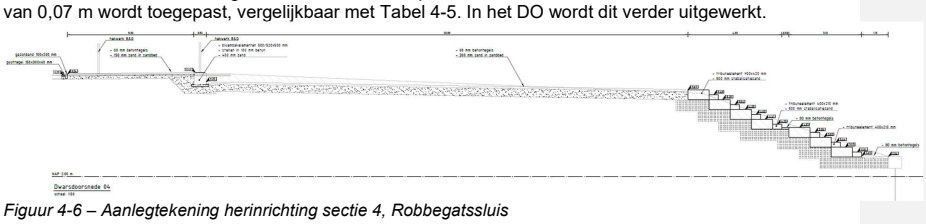
Tabel 4-11 – Nieuwe filterconstructie per type zetsteenbekleding Cleveringsluizen

Dijkpaal [-]	Uitvoer-locatie [-]	Sectie [-]	Zetsteen type [-]	Type [-]	Dikte [m]	D_{15} [m]	D_{50} [m]	Geotextiel? [Ja/nee]
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	Verkalit	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	Verkalit	Granulair	0,07	0,006	0,007	Ja
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	Basalton	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	Basalton	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
91,2	dk_23	Sectie 0 – III (Cleveringsluizen)	Overige types	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja
91,2	dk_23	Sectie 0 – IV (Cleveringsluizen)	Overige types	Granulair	0,10	0,021	0,030	Ja

17 Overslagbestendige zetsteenbekleding buitentalud Sectie 4 (Robbegatsluis)

De buitenzijde van sectie 4 is in 2017 heringericht. Aanlegtekeningen laten zien dat er de nieuwe betontegels zijn aangebracht op een zandbed. Dit is niet voldoende om bescherming bieden in geval van maatgevende golfcondities met een terugkeerperiode van 1/12.500 jaar (risico op uitspoeling). De betontegels liggen op een niveau tussen NAP +6,00 tot ca. NAP +5,70 m. Deze laag wordt vervangen voor Verkalit Promenade stenen met een dikte van 0,12 m. De promenade steen kan niet in Steentoets

worden doorgerekend. Er is een verkennende berekening opgesteld waarin de promenade steen beschouwd wordt als Verkalit mvg. Qua werking van het interlock is deze steen nagenoeg gelijk. Daarbij worden wel de bijbehorende afmetingen van Verkalit Promenade opgegeven [Ref. 7, tabel 1, pagina 2-3]. Een verkennende berekening hiermee laat zien dat promenade stenen voldoen mits een filterconstructie van 0,07 m wordt toegepast, vergelijkbaar met Tabel 4-5. In het DO wordt dit verder uitgewerkt.



Figuur 4-6 – Aanlegtekening herinrichting sectie 4, Robbegatssluis

4.5 Asfaltbekleding

4.5.1 Inleiding

In secties 3, 5 en 7 wordt WAB toegepast als bekleding op de wandelpromenade (direct zeewaarts van de verticale keerconstructie. Bij sectie 8 wordt de huidige asfaltbekleding vervangen voor een nieuwe asfaltbekleding. In secties 0, 1, 2, 4 en 6 wordt geen asfaltbekleding toegepast.

4.5.2 Eisen

De volgende (onderdelen van) eisen worden in de volgende paragraaf aangetoond:

- LV.HWV.02.05 - Het beschermen tegen overstroming door erosie buitentalud: De buitenzijde van de Dijk dient voldoende weerstand te bieden tegen het faalmechanisme ‘erosie buitentalud van bekleding’ zoals bedoeld in de vigerende normen en leidraden. Voldoende betekent dat geen schade optreedt aan de bekledingen op het buitentalud wanneer belast onder maatgevende omstandigheden.
- LV.HWV.02.05.01 - Buitentalud: Sterkte asfaltbekleding: De asfaltbekleding aan de buitenzijde van de Dijk mag niet falen wanneer belast onder maatgevende omstandigheden.
- LV.AE.10.08 - Levensduur - Bovenbouw constructieve oplossingen: De levensduur van overige objecten binnen het systeem dient minimaal aan de gestelde eisen te voldoen. Voor de levensduur van objecten van het systeem dienen minimaal de onderstaande levensduren te zijn gehanteerd:
    - Objecten waaraan geen specifieke levensduur is gesteld 50 jaar
    - Asfaltbekleding dijklichaam 40 jaar
    - …ect.
- LV.HWV.AE.01.04 - Harde dijkbekleding onderhoudsarm: Harde dijkbekleding (asfalt en steenbekleding) dient onderhoudsarm te zijn gedurende de planperiode voor bekleding.

4.5.3 Resultaten en beoordeling

Vanuit de beschouwing van de erosiebestendigheid wordt het nieuwe waterbouwasfalt getoetst en gedimensioneerd op:

- Golfklappen (AGK)
- Wateroverdrukken (AWO)

18 Golfklap (AGK)

De resultaten van de waterbouwasfaltbeton bekleding zijn weergeven in onderstaande tabel. De bekleding is alleen getoetst bij sectie 8. Vooralsnog is aangenomen dat dit voldoende is voor de sectie 3, 5 en 7, waar de hydraulische golfbelastingen op de buitenberm minder zwaar zullen zijn. Uit de rekenresultaten volgt dat de beschouwde asfaltdikte van 0,20 m ruim voldoet. Vanuit het oogpunt van maakbaarheid is een minimale dikte van 0,20 m (exclusief slijtlaag) aangehouden.
Gedetailleerde uitvoer en invoer is weergeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. De toegepaste hydraulische randvoorwaarden zijn weergeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.

Tabel 4-12 – Resultaten Asfaltbekleding, sectie 8

Sectie [-]	Ondergrond [-]	Type [-]	Dikte [m]	Minorsom [-]	Stabiliteits-factor [-]
8	Zand	Waterbouwasfaltbeton	0,20	0,001	12,878

19 Wateroverdrukken (AWO)

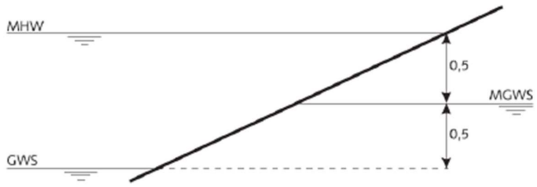
Waterbouwasfaltbeton dient gezien te worden als een niet-waterdoorlatende laag. Conform [LV.HWV.02.05.01] dient daarom getoetst te worden op wateroverdrukken onder de asfaltlaag bij val na maatgevend hoogwater (MHW). In onderstaande tabel zijn de resultaten weergeven. De bekleding is alleen getoetst op het maatgevende traject van sectie 8. Vooralsnog is aangenomen dat dit voldoende is voor de sectie 3, 5 en 7, waar de hydraulische golfbelastingen op de buitenberm minder zwaar zullen zijn dan op het talud van sectie 8.

Allereerst dient bij wateroverdrukken de maatgevende grondwaterstand (MGWS) bepaalt te worden conform Figuur 4-7 uit [Ref. 4]. Indien de grondwaterstand lager is dan de onderkant van de bekleding (NAP +3,30 m, in geval van het laagste punt van de Havendijk) dan kunnen er geen wateroverdrukken optreden.

Tabel 4-13 – Resultaten asfaltbekleding, wateroverdruk

Sectie	MHW [mNAP]	GWS* [mNAP]	MGWS [mNAP]	O.k. bekleding [mNAP]	Resultaat [-]
8	5,27	0,00	2,64	3,30	Wateroverdrukken kunnen niet optreden

*De gemiddelde waterstand bij zeedijken dient conform [Ref. 4] aangehouden te worden op 0,00 m NAP



Figuur 4-6: Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij zeedijken

Figuur 4-7 – Bepaling maatgevende grondwaterstand bij zeedijken

4.6 Gras- en kleibekleding

4.6.1 Inleiding

Op diverse locaties langs de Havendijk wordt een gras- en kleibekleding toegepast:

- In sectie 8 wordt een gras- en kleibekleding toegepast op het buitentalud (boven NAP+6,00 m), de kruin en het binnentalud
- In secties 3, 5 en 7 wordt een gras- en kleibekleding toegepast op de kruin (direct landwaarts van de keerconstructie)
- In secties 1, 3 en 6 wordt de bestaande grasberm vervangen door en gras- en kleibekleding
- In sectie 4 worden grasbekledingen op de kruin en het binnentalud vervangen door een gras- en kleibekleding

Op moment van schrijven voert Deltares proeven uit met betrekking tot de erosiebestendigheid van gras en klei op het buitentalud en worden resultaten verwerkt in ontwerpsoftware. Voor de proefresultaten, zie [6]. Één van de voorzichtige conclusies is dat een gras- en kleibekleding vanaf NAP +6,00 m erosiebestendig genoeg is om aan de eisen te voldoen [LV.HWV.02.05.04].
De opbouw van de gras- en kleibekleding zal minimaal bestaan uit een toplaag en kleilaag conform onderliggende eisen van [LV.HWV.AE.07].

Uitgangspunten in relatie tot de beoordeling van de teenbestorting zijn opgenomen in hoofdstuk 5 en 6 van de Uitgangspuntennotitie Dijkversterking Lauwersmeersdijk – Vierhuizergat [Ref. 1].

4.6.2 Eisen

De volgende (onderdelen van) eisen worden in de volgende paragraaf aangetoond:

- LV.AE.10.01 - Levensduur - grondconstructies: De levensduur van de grondconstructies dient minimaal 50 jaar te zijn.
- LV.AE.11 - Waterkeringen - behouden huidige sterkte: De huidige sterkte van de afzonderlijke onderdelen van de waterkering, zoals bekledingen, kruinhoogte, etc., dient (bij oplevering) ten gevolge van de werkzaamheden niet af te nemen.
- LV.HWV.AE.01.01.02 - Maaien van grasbekledingen, maximale steilheid taluds: De taludhelling van de grasbekleding dient bij oplevering 1:3 of flauwer te zijn indien aanpassingen worden verricht aan het talud. Uitzondering hierop is ter plaatse van dijkopgangen: hier dient de taludhelling gelijk aan of minder steil te zijn dan de huidige situatie.
- LV.HWV.AE.07 - Klei op dijktaluds: Daar waar het dijktalud niet is beschermd door een harde bekleding, dient klei te worden aangebracht.
- LV.HWV.AE.07.01 - Kwaliteit kleilaag buitentalud: In het buitentalud en onder objecten in de bekledingen van het buitentalud dient minimaal 1,5 m kleibekleding van categorie 1 aanwezig te zijn, tenzij anders vermeld. De kleibekleding dient te bestaan uit een onderlaag van minimaal 120 cm klei erosieklasse 1 (tolerantie +5cm) en een toplaag van ca. 30 cm klei erosieklasse 3 of vrijkomende grond.
- LV.HWV.AE.07.02 - Kwaliteit kleilaag kruin - minimale kwaliteit: In de kruin en onder objecten in de bekledingen van het buitentalud dient minimaal 0,80 m kleibekleding van categorie 1 aanwezig te zijn, tenzij anders vermeld. De kleibekleding dient te bestaan uit een onderlaag van minimaal 50cm klei erosieklasse 1 (tolerantie +5cm) en een toplaag van ca. 30 cm klei erosieklasse 3 of vrijkomende grond.
- LV.HWV.AE.07.03 - Kwaliteit kleilaag binnentalud - minimale kwaliteit: In het binnentalud en onder objecten in de bekledingen van het buitentalud dient minimaal 0,80 m kleibekleding van categorie 1 aanwezig te zijn, tenzij anders vermeld. De kleibekleding dient te bestaan uit een onderlaag van minimaal 50cm klei erosieklasse 1 (tolerantie +5cm) en een toplaag van ca. 30 cm klei erosieklasse 3 of vrijkomende grond.
- LV.HWV.AE.07.04 - Kwaliteit kleilaag binnenberm - minimale kwaliteit: Op de binnenberm, aan weerszijde van de Onderhoudsweg dient 0,80m1 (tolerantie +/-5cm) kleibekleding te zijn aangebracht, tenzij anders vermeld. De kleibekleding dient te bestaan uit een onderlaag van minimaal 50cm (tolerantie +5cm) klei erosieklasse 3 of hoger en een toplaag van ca. 30cm klei erosieklasse 3 of vrijkomende grond.

4.6.3 Resultaten en beoordeling

Resultaten uit het Deltagoot onderzoek zijn nog niet definitief en zijn nog niet verwerkt in toets-/ontwerpsoftware. Om die reden is in deze VO-fase nog geen gedetailleerde verificatie uitgevoerd. Op basis van een controle op VO ontwerptekeningen is vastgesteld dat het ontwerp voldoet aan de in paragraaf 4.6.2 gestelde eisen.

20 Erosiebestendige gras- en kleibekleding Cleveringsluizen

Bij de Cleveringsluizen is er een overslag van 10,2 l/m/s. Om de gras- en kleibekleding erosiebestendig te maken wordt aangesloten bij het ontwerp voor de Landelijke Dijk (waar een maximaal overslagdebiet van 10 l/m/s wordt gehanteerd). Hier is een toelaatbaar overslagdebiet van 10 l/m/s, vergelijkbaar met de Cleveringsluizen. Op het binnentalud wordt een kleibekleding van 0,5 m dikte en een laag teelaarde van 0,3 m dikte aangebracht. De bovenste laag wordt afgedekt met een grasbekleding. In het DO zal dit verder worden uitgewerkt en onderbouwd.

21 Overslagbestendige gras- en kleibekleding Sectie 2 en 6 (Rotonde)

In sectie 2 en 6 dient de gras- en kleibekleding overslagbestendig gemaakt te worden. Het overslagdebiet is niet uitgerekend, maar er wordt rekening gehouden met een overslagdebiet van >10 l/m/s. Op het binnentalud wordt een kleibekleding van 0,5 m dikte (erosieklasse 1) en een laag teelaarde van 0,3 m dikte aangebracht. De bovenste laag wordt afgedekt met een grasbekleding. In het DO zal dit verder worden uitgewerkt en onderbouwd.

22 Overslagbestendige gras- en kleibekleding Sectie 4 (Robbegatsluis)

De buitenzijde van sectie 4 is in 2017 heringericht. Aanlegtekeningen laten zien dat er op een aantal plekken 0,5 m klei is aangebracht ten behoeve van een grasbekleding. Dit is niet voldoende voor de waterveiligheid om bescherming bieden in geval van een maatgevende storm. Aan de zeezijde bestaat de taludbekleding uit deels gras en deels tribune-elementen. Het buitentalud zal in de nieuwe situatie volledig bestaan uit tribune-elementen.

Het binnentalud van de dijk wordt vanaf de binnenkruinlijn tot aan de insteek van het achterland beschermt met een kleibekleding tegen overslag. De kleibekleding wordt aangebracht met een dikte van 0,8 m (erosieklasse 1) en daarop 0,30 m teelaarde. Voor extra bescherming van de insteek van het binnentalud wordt de kleibekleding in het achterland voor 5,00 meter horizontaal doorgetrokken.

5 Geotechnisch ontwerp

In de VO-fase zijn geen geotechnische berekeningen uitgevoerd voor de Havendijk. Verificatie van de geotechnische eisen vindt plaats in de DO- en UO-fase.

6 Constructief ontwerp

6.1 Inleiding

Binnen de Havendijk zijn een tweetal constructieve elementen voorzien, namelijk:

- De verticale keerconstructie op de kruin van secties 3, 5 en 7.
- De damwandconstructie binnen sectie 5 (tussen dp 90,25 en dp 90,50).

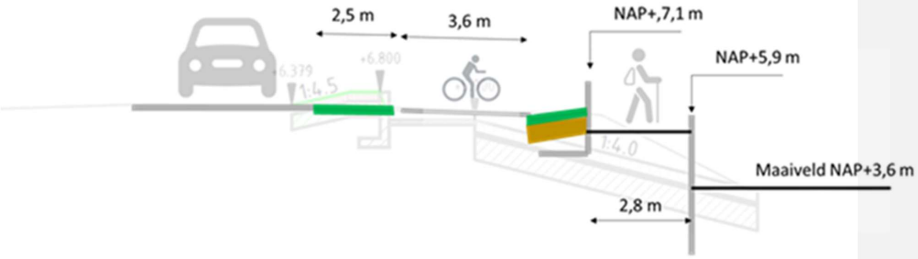
In het VO zijn deze constructies slechts op hoofdlijnen gedimensioneerd. Een nadere uitwerking vindt plaats in de DO-fase.

6.2 Verticale keerwand

Het constructieve aspect binnen de Havendijk betreft de verticale keerconstructie die wordt toegepast in Sectie 3, 5 en 7. De verticale keerconstructie kan op verschillende manieren worden gerealiseerd (betonnen L-wand, damwand of gewapende grond). Op basis van een ToM is gekozen voor een betonnen L-wand. De MKI-waarde voor gewapende grond is weliswaar het gunstigst, maar vanuit kostenoogpunt en ruimtebeslag is vooralsnog voor een betonnen L-wand gekozen.
Een nadere uitwerking van deze constructie vindt plaats in de DO-fase.

6.3 Damwandconstructie sectie 5 (dp90,25 - dp90,50)

Binnen sectie 5, tussen dp90,25 en dp90,50 wordt omwille van de ruimtelijke inpassing een vertikale kering toegepast in plaats van het 1:4 talud conform het VKA. Een principeschets is gepresenteerd in Figuur 6-1. Berekeningen zijn uitgevoerd voor een verankerde en onverankerde damwand. Daarnaast is er gerekend met een ontgraving van de kabels en leidingenstrook bij de teen van de damwand. Resultaten zijn gepresenteerd in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**.



Figuur 6-1 – Principeschets van vertikale keerconstructie binnen Sectie 5 van de Havendijk

De onverankerde damwand is goed haalbaar door de beperkte kerende hoogte en de zandige grondopbouw. Aanbevolen wordt om dit systeem toe te passen, aangezien deze uitvoeringstechnisch als eenvoudig en economisch meer voordelig is ten opzichte van een verankerde damwand. De damwand zoals gegeven in Tabel 6-1 wordt geadviseerd.

Tabel 6-1 - Type damwand, onverankerd, geadviseerd

Situatie	Variant	Type damwand	Minimale staalkwaliteit	Niveau b.k. [m NAP]	Niveau o.k. [m NAP]	Lengte damwand [m]	Type verankering	h.o.h. afstand [m]
Storm	Stalen damwand - onverankerd	AZ 26	S240	+5,90	-3,10	9	-	-
	Stalen damwand - verankerd				-3,10	9	GEWI 50	2,80
Ontgraving	Stalen damwand - onverankerd				-3,10	9	-	-

NB: In de ontwerptekening in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is een damwandlengte van 6 m gegeven in combinatie zonder verankering. Dit is niet correct en wordt gecorrigeerd in de iVO-fase.

7 Vormgeving

7.1 Overzicht van eisen

De eisen met betrekking tot vormgeving zijn onderverdeeld in de volgende categorieën:
- Algemene eisen
- Eisen met betrekking tot geometrie in dwarsrichting
- Eisen met betrekking tot geometrie in langsrichting

In dit hoofdstuk vindt de verificatie plaats van de eisen met betrekking tot vormgeving. Dit vindt meestal plaats door middel van controle op ontwerptekeningen of door middel van controle in het Civil3D model.

7.1.1 Algemene eisen

De volgende (onderdelen van) eisen worden in paragraaf 7.1.1 aangetoond:
- LV.13 – Beeldkwaliteit ontwerp: Het ontwerp moet voldoen aan het ruimtelijk kwaliteitskader.
- LV.AE.08 – Vormgeving van het Systeem - behoud huidig aanzicht: Het aanzicht van de waterkering dient te voldoen aan beeldkwaliteitsplannen.
- LV.AE.12 – Systeemgrenzen volgens Projectplan: Het Systeem dient binnen de in het projectplan gegeven Systeemgrens te vallen.
- LV.AE.20 – Visueel: De dijk dient visueel gezien uniform te zijn. *Toelichting: Door vloeiende overgangen en logische keuzes dient de dijk qua dimensies, hellingen en materiaalgebruik uniform te ogen. Dit houdt bijvoorbeeld in dat de dijk niet elke 50 m een hoogte heeft die precies voldoet aan de HBN, maar dat een vloeiende belijning wordt gekozen waarbij nergens een onderhoogte ontstaat (een overhoogte mag wel).*

7.1.2 Geometrie in dwarsrichting

De volgende (onderdelen van) eisen worden in paragraaf 7.1.1 aangetoond:
- LV.HWV.04 -Geleiden waterafvoer bij hoogwater: Het systeem dient de waterafvoer (bij hoogwater) te geleiden
- LV.HWV.05 - Afvoeren hemelwater – plasvorming: Ter voorkoming van plasvorming dienen alle oppervlakten een minimale dwarshelling te hebben van 2,0% (1:50) aflopend vanaf de kruinlijn gezien.
- LV.HWV.AE.01.01.01 – Maaien van grasbekledingen, minimale kruinbreedte: De kruin dient minimaal 3 m breed zijn.
- LV.HWV.AE.01.01.02 - Maaien van grasbekledingen, maximale steilheid taluds: De taludhelling van de grasbekleding dient bij oplevering 1:3 of flauwer te zijn indien aanpassingen worden verricht aan het talud. Uitzondering hierop is ter plaatse van dijkopgangen: hier dient de taludhelling gelijk aan of minder steil te zijn dan de huidige situatie.
- LV.HWV.AE.01.01.02.01 - Binnentalud & Buitentalud: Maximale steilheid taludhelling. De taludhelling van de grasbekleding dient 1:3 of flauwer te zijn indien aanpassingen worden verricht aan het talud.
- LV.HWV.AE.01.01.02.02 - Binnentalud & Buitentalud: Maximale steilheid bestaande dijkopgang: Ter plaatse van bestaande dijkopgangen dient de taludhelling niet steiler te zijn dan 1:3

7.1.3 Geometrie in langsrichting

In de VO-fase zijn geen eisen met betrekking tot geometrie in langsrichting gedefinieerd. In de integraal VO-fase (iVO) wordt de ruimtelijke kwaliteit van het geheel (inclusief inpassing van koppelprojecten) beschouwd. Als gevolg hiervan kan de geometrie lokaal veranderen.

7.2 Resultaat en beoordeling

De verificatie van de eisen met betrekking tot vormgeving vindt veelal plaats door middel van controle op ontwerptekeningen of door middel van controle in het Civil3D model. In onderstaande tabel zijn de belangrijkste eisen uitgelicht.

Tabel 7-1 – Verificatie belangrijkste eisen Vormgeving.

Eis [-]	Eis kenmerk [-]	Aangetoond in: [-]	Toelichting verificatie: [-]
LV.AE.12	Systeemgrenzen volgens Projectplan	VO-Tekening: Dwarsprofiel	De dijkversterking reikt niet verder zeewaarts dan de huidige buitenteenlijn van de huidige waterkering. De dijkversterking sluit aan op de dijk sluit aan op de dijkversterking aan Friese zijde van de Lauwersmeedijk. Aan Lauwersmeerzijde reikt de dijkversterking niet verder dan de insteek van het binnentalud. Uitzondering hierop is het horizontaal doortrekken van de kleibekleding ter plaatse van de Robbegansluis.
LV.HWV.05	Afvoeren hemelwater - plasvorming	Ontwerpnota	Alle bermen of rechte gedeelten, die niet te kwantificeren zijn als talud, hebben een helling minimaal van minimaal 2% en zijn aflopend vanaf de kruin van de dijk. Een uitzondering hierop is sectie 3, 5 en 7 waar de verticale keerconstructie een obstakel vormt (zie hierover meer in hoofdstuk 9).

8 Ontwerp Wegsysteem

Vooralsnog blijft het wegsysteem langs de Havendijk volledig gehandhaafd. Wel zal het fietspad op enkele plaatsen worden verlegd om de waterkering ruimtelijk te kunnen inpassen. Verdere uitwerking en verificatie van het wegsysteem vindt plaats in de DO-fase (op basis van het Handboek Programma van Eise).

9 Ontwerp Watersysteem

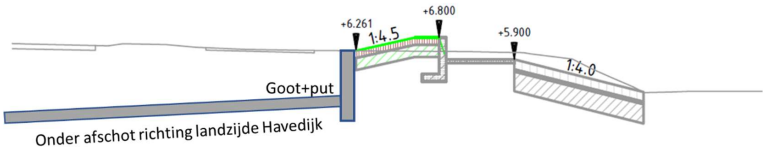
9.1 Inleiding

Op en langs de Havendijk is geen daadwerkelijk watersysteem aanwezig. Wel is het zo dat hemelwater in de huidige situatie vrij afstroomt naar weerszijde van de Havendijk (of infiltreert in de doorlatende bodem). In de toekomstige situatie worden doorlatende grasbermen vervangen door een kleibekleding en vormt de verticale keerconstructie in sectie 3, 5 en 7 een obstakel voor afstromend hemelwater.

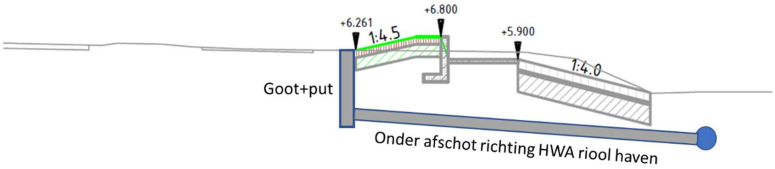
9.2 Mogelijk waterbezwaar als gevolg van ondoorlatende grasbermen

Mogelijk waterbezwaar als gevolg van ondoorlatende grasbermen wordt in de DO-fase onderzocht door het hoogtemodel voor de Havendijk in detail te beschouwen. Daar waar een kans op wateraccumulatie of wateroverlast kan ontstaan, worden maatwerkoplossingen uitgewerkt.
Hemelwater dat afstroomt vanaf de weg en het fietspad wordt geblokkeerd door het opstaande grondlichaam aan landzijde van de verticale keerwand. Voor de afvoer van dit hemelwater zijn 2 opties gedefinieerd:

1. Door Provincie Groningen is voorgesteld om hemelwater via leidingen onder de weg door naar landzijde af te voeren.



2. Door middel van leidingen onder de wandelpromenade en de bekleding wordt hemelwater in landwaartse richting afgevoerd richting het buitendijkse rioolstelsel.



In het VO wordt vooralsnog uitgegaan van optie 2, omdat hiermee het bestaande fietspad en de N361 niet gekruist hoeven worden. De exacte inpassing van de HWA dient nog te worden vastgesteld en vereist maatwerk:

- In sectie 5 kruist de HWA een damwandconstructie
- In sectie 3 ligt de parkeergarage direct zeewaarts van het 1:4 talud. Inpassing van de HWA vereist maatwerk en afstemming.

Met opmerkingen [A1]: Check op waterveiligheid. Oplossing kan iig niet bij de damwand WEC en de P-garage bot Schier

Met opmerkingen [A2R1]: Kan in damwand worden toegepast door gestaffelde damwand. Bij parkeergarage vereist maatwerk.

10 Niet-Waterkerende-Objecten (NWO's)

In de VO-fase zijn worden de aanwezige NWO's (nog) niet beschouwd. Binnen de Havendijk zijn er onder andere de volgende NWO's:

- Bebording en lichtmasten
- Bankjes en ander meubilair
- Kunstwerken (bijvoorbeeld ter plaatse van de Robbegatsluis en op de scheiding tussen sectie 7 en 8)
- Aanwezige bebouwing, dicht bij de teen van de dijk

Verificatie van de eisen vindt plaats in de DO- en UO-fase.

11 Kabels en Leidingen

11.1 Inleiding

Langs het traject van de Havendijk liggen relatief veel kabels en leidingen. Een aantal van deze kabels en leidingen raken het project omdat deze de waterveiligheid beïnvloeden of omdat deze fysiek binnen de zone bevinden waar werkzaamheden zullen plaatvinden in het kader van de dijkversterking. In dit hoofdstuk is gepresenteerd hoe kabels en leidingen in het VO zijn beschouwd.

11.2 Bestaande Kabels en Leidingen

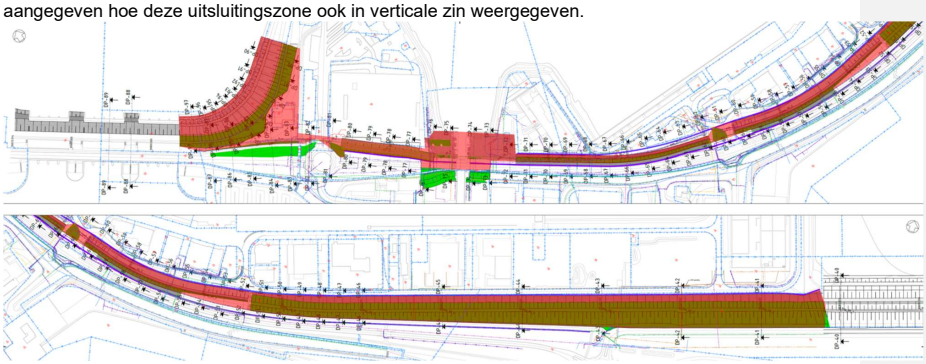
Ten behoeve van het project Lauwersmeerdijk, is in een eerder stadium door RHDHV een rapport opgesteld: *Beschouwing kabels en leidingen dijkversterking Vierhuizergat* (BG3034, d.d. 08-06-2020, verder aangeduid als vooronderzoek). In dit vooronderzoek is een onderscheid gemaakt tussen de kabel en leidingen (K&L) die invloed hebben op de *waterveiligheid* en de K&L die door het voorkeursalternatief "eventueel" verlegd moeten worden verder aangeduid als *Fysiek verleggen*.
In 2020 is aanvullend onderzoek gedaan door Terra Carta. In dit onderzoek is door middel van radartechniek de ligging en diepte van aanwezige kabels en leidingen in kaart gebracht.

11.3 Beschouwing van Kabels en Leidingen in het ontwerp

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is een overzicht gepresenteerd van de K&L die invloed hebben op **waterveiligheid**. In deze bijlagen staan diverse conclusies en aanbevelingen. In overleg met Waterschap Noorderzijlvest dient vervolgens te worden vastgesteld welke K&L worden aangepast (bijvoorbeeld door middel van afsluiters en keuring van de mantelbuizen) en welke K&L fysiek worden verlegd.
Op basis van het vastgestelde VO-ontwerp zal een inventarisatie worden gemaakt van de K&L die een raakvlak hebben met het ontwerp en derhalve verlegd dienen te worden. In het VO-ontwerp is momenteel rekening gehouden met 2 mogelijke tracés:

- De berm tussen het fietspad en de provinciale weg (N361)
- Aan zeezijde van de teen van de dijk is een strook van 1,5 m breed ingetekend die gereserveerd wordt voor verlegging of toekomstige kabels en leidingen.

Daarnaast is het niet wenselijk dat er zich kabels en leidingen in de primaire waterkering bevinden. Om dit inzichtelijk te maken een zone gemarkeerd in de ontwerptekening die in principe vrij dient te blijven van kabels en leidingen. Dit is weergegeven in Figuur 11-1 (zie ook ontwerptekening C07011.000003-VO-15 in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). In enkele representatieve dwarsprofielen is tevens aangegeven hoe deze uitsluitingszone ook in verticale zin weergegeven.



Figuur 11-1 – Uitsluitingszone kabels en leidingen voor de Havendijk (bron: ontwerptekening C07011.000003-VO-15)

Op basis van de VO-ontwerptekening en de uitsluitingszone wordt het gesprek aangegaan met beheerders en zullen knelpunten worden opgelost. Op basis van conclusies wordt vastgesteld of aanpassing van het ontwerp nodig is (of dat volstaan kan worden met mantelbuizen). Daarnaast zal met Gemeente Het Hogeland worden nagegaan in hoeverre gebruik gemaakt kan worden van het rioolstelsel om hemelwater af te voeren (zie paragraaf 9.2).

12 Overkoepelende eisen

12.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn afzonderlijke eisen omtrent faalmechanismen en andere aspecten aangetoond. Naast deze eisen zijn er eisen die overkoepelend over diverse faalmechanismen of objecten gelden. Deze overkoepelende eisen worden in dit hoofdstuk aangetoond.

12.2 Eisen

De volgende (onderdelen van) eisen worden in de volgende paragraaf aangetoond:

- LV.04.06 - Behoud bestaande functies - Ruimte bieden aan beheer en onderhoud: Het Systeem dient ruimte te bieden aan beheer en onderhoud.
- LV.04.06.01 - Onderhoudsarm: Het systeem dient onderhoudsarm te zijn.
- LV.04.06.03 - Faciliteren beheer: Het systeem dient het (dagelijks) beheer te faciliteren
- LV.04.06.05 - Bereikbaarheid voor onderhoud: Objecten van het Systeem die regulier of variabel onderhoud vereisen dienen zonder aanvullende hulpmiddelen bereikbaar te zijn.
- LV.04.06.06 Inspecteerbaarheid met niet-destructieve methoden: Objecten van het systeem dienen op eenvoudige (niet destructieve methoden) en veilige wijze inspecteerbaar en vervangbaar te zijn.
- LV.AE.04 – Toetsbaarheid: Het Systeem dient toetsbaar te zijn.
- LV.AE.04.01 - Toetsbaarheid - toepassen van innovatieve oplossingen: Alleen technieken die in zoute wateren bewezen zijn dienen toegepast te worden. Innovatieve oplossingen worden verondersteld bewezen te zijn indien:
    - deze met full-scale (veld-)proeven bewezen werkzaam zijn;
    - bijbehorende ontwerpmethode en gedetailleerde toetsmethode volledig uitgewerkt zijn;
    - de gehele innovatie van een positief advies is voorzien door ENW."
- LV.AE.04.02 - Toetsbaarheid - uitvoeren toetsing conform WBI2017: Het definitief ontwerp dient door middel van een volledige toetsing aantoonbaar te voldoen aan de WBI2017
- LV.AE.07 – Veiligheid: Het ontwerp dient veiligheid van beheer en onderhoud en het publiek tijdens gebruik te waarborgen.
- LV.AE.11 - Waterkeringen - behouden huidige sterkte: De huidige sterkte van de afzonderlijke onderdelen van de waterkering, zoals bekledingen, kruinhoogte, etc., dient (bij oplevering) ten gevolge van de werkzaamheden niet af te nemen.
- LV.AE.12 - Systeemgrenzen volgens Projectplan: Het Systeem dient binnen de in het projectplan gegeven Systeemgrens te vallen.

12.3 Resultaten en beoordeling

12.3.1 Onderhoudbaarheid

Bij opstellen van het VO-ontwerp heeft regelmatig overleg plaatsgevonden met de beheerorganisatie van Noorderzijlvest. De daaruit volgende eisen en wensen van de beheerorganisatie zijn doorgevoerd in het ontwerp. Dit zijn onder meer de volgende eisen en wensen:

- Het toegepaste type bekleding is onder meer afgewogen op beheeraspecten;
- Overlagingen van bekleding zijn niet toegepast.

Doordat aan de bovengenoemde eisen en wensen is voldaan, wordt voldaan aan eis LV.04.06 (en onderliggende eisen).

12.3.2 Toetsbaarheid

Het VO-ontwerp is opgesteld aan de hand van bestaande en bewezen technieken. Toegepaste rekenmethodieken voldoen aan het WBI2017 en OI2014. Een uitzondering hierop is de toegepaste kleilaagdikte in combinatie met het niveau van de overgang tussen grasbekleding en WAB op het buitentalud. Hierin is voorgesorteerd op proefresultaten uit Deltagootonderzoek naar de erosiebestendigheid van klei onder golfbelasting (zie [6]). Definitieve resultaten en een ontwerpinstrumentarium worden medio 2021 verwacht. Op basis hiervan wordt het ontwerp aangepast waar nodig. Hiermee wordt vooralsnog voldaan aan eis LV.AE.04 en onderliggende eisen.

12.3.3 Veiligheid

Het ontwerp dient veiligheid van beheer en onderhoud en het publiek tijdens gebruik te waarborgen. De aanpassingen aan de Havendijk die mogelijk effect hebben op de veiligheid tijdens gebruik zijn:

- De wandelpromenade in sectie 3, 5 en 7 grenst direct aan een 1:4 talud of verticale wand. In geval van een 1:4 talud wordt de wandelpromenade begrensd door een plantsoenhek van enkele decimeters hoog. In geval van een verticale wand wordt de wandelpromenade begrensd door een valbeveiliging die aan veiligheidseisen voldoet;
- De nieuwe bekleding dient veilig onderhoudbaar te zijn. In de ontwikkeling van het VO heeft overleg met Beheer & Onderhoud van Noorderzijlvest plaatsgevonden. Het ontwerp voldoet aan eisen met betrekking tot maximaal toelaatbare hellingen en vrije ruimtes

Op basis van het bovenstaande argument wordt voldaan aan eis LV.AE.07.

12.3.4 Behoud van huidige sterkte

Eis LV.AE.11 is bij de afzonderlijke faalmechanisme reeds aangetoond. De sterkte van afzonderlijke onderdelen van de waterkering (zoals bekledingen en kruinhoogte) is bij oplevering niet afgenomen ten opzichte van de huidige situatie. Daarmee wordt aan eis LV.AE.11 voldaan.

12.3.5 Systeemgrenzen

Bij opstellen van het VO-ontwerp zijn nog geen definitieve Systeemgrenzen vastgesteld. In de Verkenningsfase is een Voorkeursalternatief geselecteerd dat uitgaat van een versterking die niet verder zeewaarts reikt dan de huidige buitenteen van de dijk. Het VO-ontwerp komt hiermee overeen. Aan het einde van de DO-fase zal een definitieve Systeemgrens worden vastgesteld.

13 Overdracht naar volgende fase

13.1 Aandachtspunten voor de volgende fase

Uit de uitwerking van het ontwerp zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, zijn een aantal aandachtspunten naar voren gekomen die in de volgende ontwerploop nader uitgewerkt worden deze zijn:

- Keuze type zetsteenbekleding: Op basis van een Trade-off-Matrix is een voorkeuze gemaakt voor toepassing van Verkalit of Basalton als zetsteenbekleding. De vorm van het dijkprofiel wordt niet beïnvloed door de keuze. Een definitieve keuze dient te worden gemaakt bij aanvang van het Definitief ontwerp (DO)
- WAB of zetsteen langs buitentalud sectie 8: Om praktische redenen is in sectie 8 gekozen voor toepassing van WAB (omwille van uitvoeringssnelheid en daarmee hinder). De keuze tussen WAB en zetsteen dient in het DO heroverwogen te worden.
- Aanvullend mijnsteenonderzoek: Ter plaatse van de Cleveringsluizen kan de bekleding tussen NAP-5,10 en NAP behouden blijven mits de mijnsteen van voldoende kwaliteit is (D15 kleiner dan 2 mm). Resultaten uit aanvullend veldonderzoek dienen te worden verwerkt.
- Lavalite op Cleveringsluizen (sluisdeel): De waarden voor de D15 en D50 van Lavalite zijn tot dusver geschat, maar bepalen sterk het resultaat van de berekeningen. Aanbevolen wordt om dit op de dijk te meten. Het ontwerp van de bekleding dient te worden herzien op basis van dit onderzoek en de werkelijke bekledingopbouw (die afwijkt van de opbouw zoals gegeven op archieftekeningen..
- Zetsteen op horizontaal deel van Cleveringsluizen: Op de onderberm van de Cleveringsluizen (NAP+1,00 m) worden onrealistische waarden voor zetsteen berekend. Vooralsnog wordt voor asfalt gekozen, maar dit dient nader onderzocht te worden.
- Berekening asfaltbekleding sectie 3, 5 en 7: Voor sectie 3, 5 en 7 zijn geen asfaltberekeningen uitgevoerd. Er is aangenomen dat sectie 8 maatgevend is. Dit dient in de DO-fase nader te worden uitgewerkt.
- Overslagdebiet sectie 3, 5.2 en 7: Het overslagdebiet is nu uitgerekend voor het kortste voorland. In de DO-fase dient het voorland in de richting van de golven te worden bepaald om het overslagdebiet te bepalen.
- Overslagdebiet sectie 2 en 6: Het berekend overslagdebiet voor sectie 2 en 6 is kleiner dan 0,1 l/m/s. Dit zou inhouden dat hier geen maatregelen nodig zijn. Het overslagdebiet is berekend voor een complex voorland en vooralsnog is aangenomen dat de bekleding wordt versterkt met klei. In de DO-fase dient de noodzaak van de kleibekleding nader te onderzocht.
- Bovenste deel Cleveringsluizen: Op het bovenste deel van de Cleveringsluizen is een lichte bekleding reeds afdoende. Op basis van uitvoerbaarheid en esthetiek dient een keuze te worden gemaaktDeze nieuwe lichte bekleding vervangt de aanwezige (losliggende) kopperslaktegels.
- Ontwerp verticale keerconstructie conform WBI2017 en Bouwbesluit: De verticale keerconstructie dient niet alleen aan de eisen conform WBI2017 te voldoen, maar ook aan de eisen van het Bouwbesluit. In de DO-fase wordt het ontwerp van de keerconstructie nader onderbouwd.
- Onderbouwing Verkalit promenadesteen: In sectie 4 (Robbegatsluis) wordt de bestaande tegelverharding vervangen door 12 cm dikke Verkalit promenadestenen. Dit dient in de DO-fase rekenkundig te worden onderbouwd.
- Kabels en Leidingen: In het ontwerp is rekening gehouden met een K&L tracé langs de buitenteen van de dijk en in de berm tussen het fietspad en de N361. Op basis van beleid van NoorderzijIvest (i.v.m. leidingen die waterveiligheid beïnvloeden) en K&L beheerders wordt in de DO-fase gezocht naar oplossingen per K&L.
- WEC: Ontwerp van het WEC vindt plaats op een parallel spoor. Met name het landschappelijke ontwerp van het WEC kan invloed hebben op de waterkerende functie. Dit dient nader te worden overlegd in samenspraak met het WEC.
- Ruimtelijke inpassing: Het ontwerp van de Havendijk kent verschillende oplossingen en op enkele locaties wordt het fietspad verlegd. Door middel van ruimtelijke inpassing dienen de

diverse oplossingen goed op elkaar aan te sluiten en dienen verbindingen (voetgangers, fietsers en auto's) gegarandeerd te worden.
- Ontwerp sectie7: Vanwege de Havenweg en variërende niveau's is het ontwerp voor sectie 7 lastig maakbaar. Andere oplossingen worden verkend die beter maakbaar zijn.
- Trap/kunstwerk: Op de grens tussen sectie 7 en sectie 8 bevindt zich een kunstwerk in de vorm van een houten trap. De bekleding onder dit kunstwerk dient vervangen te worden. Ontwerptekeningen zijn nodig om na te gaan hoe de constructie is opgebouwd en hoe de bekleding onder het kunstwerk vervangen kan worden.

13.2 Aanvullende eisen

Parallel aan het opstellen van het VO-ontwerp is een eisspecificatie opgesteld. Een deel van deze ontwerpeisen zijn aangetoond in deze ontwerpnota. Bij aanvang van het DO-ontwerp zullen alle eisen worden geïmporteerd in Relatics. Verificatie van eisen vindt vervolgens ook plaats via Relatics.

14 Referenties

1. Uitgangspuntennotitie Dijkversterking Lauwersmeersdijk – Vierhuizergat, RHDHV, BG3034WATRP1902081527, 6 april 2020
2. EurOtop; Manual on wave overtopping of sea defences and related structures, EurOtop team, 2018
3. Technisch Rapport Steenzettingen; Ontwerp, TAW, December 2003
4. Handreiking Dijkbekledingen deel 3; Asfaltbekleding, Rijkswaterstaat, Januari 2015
5. Dijkverbetering Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat; Ontwerpnota VO; Landelijke dijk, Arcadis, D10012840
6. Benodigde kleidikte en niveau van overgang op boventalud Lauwersmeerdijk, Resultaat probabilistische berekeningen op basis van Deltagootproeven, Deltares, 11204841-006-HYE-0005, 5 februari 2021
7. Berding Beton Verkalit Promenade steen, Berding Beton
8. Rock Manual; The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition). C683, CIRIA, CUR, CETMEF, 2007.
9. Handreiking Dijkbekledingen Deel 4: Breuksteenbekledingen, Deltares, 2015

Bijlage 1 <onderwerp>

Bijlage 2 <onderwerp>

boulevard
| muurtje |
parkeren
|
rijbaan
| trap
|voetpad|
binnentalud
| fietspad
| berm |
Kustweg
|

Ingediende aanvraag/melding omgevingsvergunning

Formulierversie
2020.01

Aanvraaggegevens

Algemeen

Aanvraagnummer	6570385
Aanvraagnaam	LMD sectie vijf damwand en keerwand
Uw referentiecode	VRG-0022
Ingediend op	28-01-2022
Soort procedure	Reguliere procedure
Projectomschrijving	Realisatie damwand en keerwand in sectie vijf van de Havendijk
Opmerking	De werkzaamheden maken onderdeel uit van de dijkversterkingsopgave Lauwersmeerdijk Een afrekening van de kosten voor dit onderdeel van het werk zal tzt nageleverd worden
Gefaseerd	Nee
Blokkerende onderdelen weglaten	Nee
Persoonsgegevens openbaar maken	Ja
Kosten openbaar maken	Nee
Bijlagen die later komen	niet van toepassing
Bijlagen n.v.t. of al bekend	Kwaliteitsverklaringen - opgenomen in uitgangspuntennotities

Bevoegd gezag

Naam:	Gemeente Het Hogeland
Bezoekadres:	Hoofdstraat-West 1 9981 AA UITHUIZEN
Postadres:	Gemeente Het Hogeland Postbus 26 9980 AA Uithuizen gemeente@hethogeland.nl
Telefoonnummer:	088-3458888
E-mailadres:	gemeente@hethogeland.nl
Website:	www.hethogeland.nl
Contactpersoon:	Team RO\ VTH
Bereikbaar op:	ma.-vr. 9.00-12.00

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Grondkering of damwand plaatsen

- Bouwen

Bijlagen

Kosten

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	17104126
Vestigingsnummer	000017626242
(Statutaire) naam	Heijmans Infra B.V.
Handelsnaam	Heijmans Infra BV

2 Contactpersoon

Geslacht	☑ Man ☐ Vrouw
Voorletters	Leendert
Voorvoegsels	de
Achternaam	Bruin
Functie	Raadgevend Adviseur

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	5248JT
Huisnummer	67
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Graafsebaan
Woonplaats	Rosmalen

4 Correspondentieadres

Postbus	37
Postcode	5240 AA
Plaats	Rosmalen

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	0652338937
Faxnummer	-
E-mailadres	LBruin@heijmans.nl

6 Akkoordverklaring

Akkoordverklaring

☑ Hierbij verklaar ik dat ik de aanvraag/melding naar waarheid heb ingevuld, dat ik correspondentie over mijn aanvraag/melding wil ontvangen op het door mij opgegeven e-mailadres of op het door mij opgegeven adres van de berichtenbox en dat ik weet dat er kosten verbonden kunnen zijn aan het indienen van een aanvraag.

Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente	Het Hogeland
Kadastrale gemeente	Ulrum
Kadastrale sectie	I
Kadastraal perceelnummer	1070
Bouwplannaam	Havendijk
Bouwnummer	sectie vijf damwand en keerwand
Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?	☑ Ja ☐ Nee
Specificatie locatie	percelen 1063, 558,556, 1062, 1067

2 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel	☐ U bent eigenaar van het perceel ☐ U bent erfpachter van het perceel ☐ U bent huurder van het perceel ☑ Anders
Uw belang bij deze aanvraag	Combinatie Waddenkwartier voert de versterkingswerken uit in opdracht van waterschap Noorderzijlvest, beheerder van de waterkering. Eén en ander in afstemming met gemeente Het Hogeland, Rijkswaterstaat NN en provincie Groningen

3 Toelichting

Eventuele toelichting op locatie	Zie voor overzicht bijgevoegde overzichtluchtfoto

Bouwen

Grondkering of damwand plaatsen

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?	☐ Het wordt geheel vervangen ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen ☑ Het wordt nieuw geplaatst
Eventuele toelichting	De Lauwersmeerdijk wordt ter plaatse versterkt middels een verticale kering. Hierdoor kunnen het wandelboulevard en fietspad ingepast worden zonder de N361 te raken
Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?	☐ Ja ☑ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?	Terrein

3 Uiterlijk bouwwerk/welstand

4 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan mondeling toelichten voor de welstandscommissie/ stadsbouwmeester.	☐ Ja ☑ Nee

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage_B_pdf	Bijlage B.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
Bijlage_C_pdf	Bijlage C.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
Bijlage_E_pdf	Bijlage E.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
Bijlage_G_pdf	Bijlage G.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
G012852-RAP-3140_Ontwerpnota_DO_pdf	G012852-RAP-3140 Ontwerpnota DO.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
Impressie_HAVENDIJK-_Sectie_5_jpg	Impressie HAVENDIJK Sectie 5.jpg	Welstand	28-01-2022	In behandeling
Sectie-overzicht_1_-tm_7_jpg	Sectie-overzicht 1 tm 7.jpg	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening eenvoudige bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
_havendijk_sectie_5-_en_7_-_D10037362_pdf	DO langsconstructies havendijk sectie 5 en 7 - D10037362.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
011_000003-DO--03_HD--007-0_1_Sectie-_5_pdf	C07011.000003--DO-03_HD-007-0.1 Sectie 5.pdf	Plattegronden en doorsneden bouwen eenvoudige bouwwerken Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
011_000003-DO--03_HD--009-0_2_Sectie-_7_pdf	C07011.000003--DO-03_HD-009-0.2 Sectie 7.pdf	Plattegronden en doorsneden bouwen eenvoudige bouwwerken Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling
0003-DO-03_HD-001-0-_2_Cleveringsluis_pdf	C07011.000003--DO-03_HD-001-0.2 Cleveringsluis-.pdf	Anders Plattegronden en doorsneden bouwen eenvoudige bouwwerken Welstand	28-01-2022	In behandeling
G012852-MEM-3298_pdf	G012852-MEM-32-98.pdf	Anders Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	28-01-2022	In behandeling

Kosten

Bouwen

Grondkering of damwand plaatsen

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	1000000

Projectkosten

Wat zijn de geschatte kosten voor het totale project in euro's (exclusief BTW)?	100000

SECTIE 1&2
SECTIE 4
SECTIE 5
SECTIE 6
SECTIE 7