



HWBP Den Helder

Binnenwaartse Macrostabieleit (STBI)

Resultaten gedetailleerde beoordeling Havendijk CONCEPT

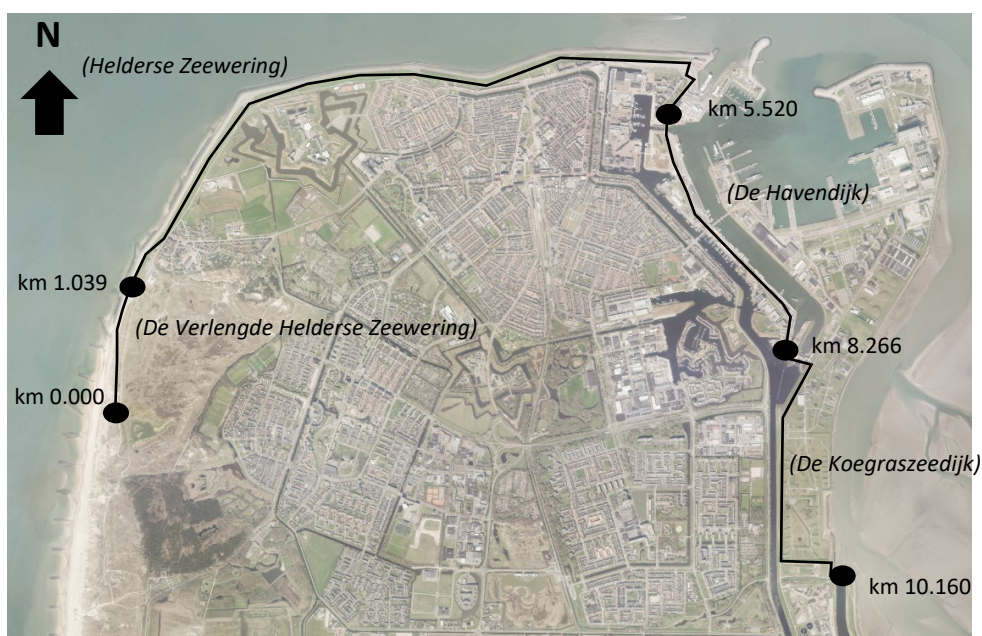
Datum
13 juli 2023

Registratienummer
23.0887819

Opsteller
N. Tenhage
M. van der Horst

1 Inleiding

In het kader van de *Landelijke Beoordelingsronde* (LBO1) heeft de beoordeling plaats gevonden van normtraject 13-4 bestaande uit: de (Verlengde) Helderse Zeewering, de Havendijk en de Koegraszeedijk (zie *Figuur 1*). Hiervoor heeft het ILT de conformiteitsverklaring afgegeven. Uit de beoordeling volgt een veiligheids categorie C: *vol doet niet aan de signaleringswaarde en ondergrens* (HHNK, 2021) en dat de waterkering op termijn versterkt dient te worden.



Figuur 1: Overzichtskarta van normtraject 13-4 en beschouwde locaties

Om in aanmerking te kunnen komen voor subsidie voor het dijkversterkingsproject dient de projectopgave te worden vastgesteld. Om de opgave beter inzichtelijk te kunnen krijgen, dient een inschatting te worden gemaakt van de waterveiligheidsstatus op de langere termijn. Hiervoor is het HHNK een verkenningsfase gestart binnen het programma *HWBP Den Helder*. Onderhevige notitie maakt hier onderdeel van uit.

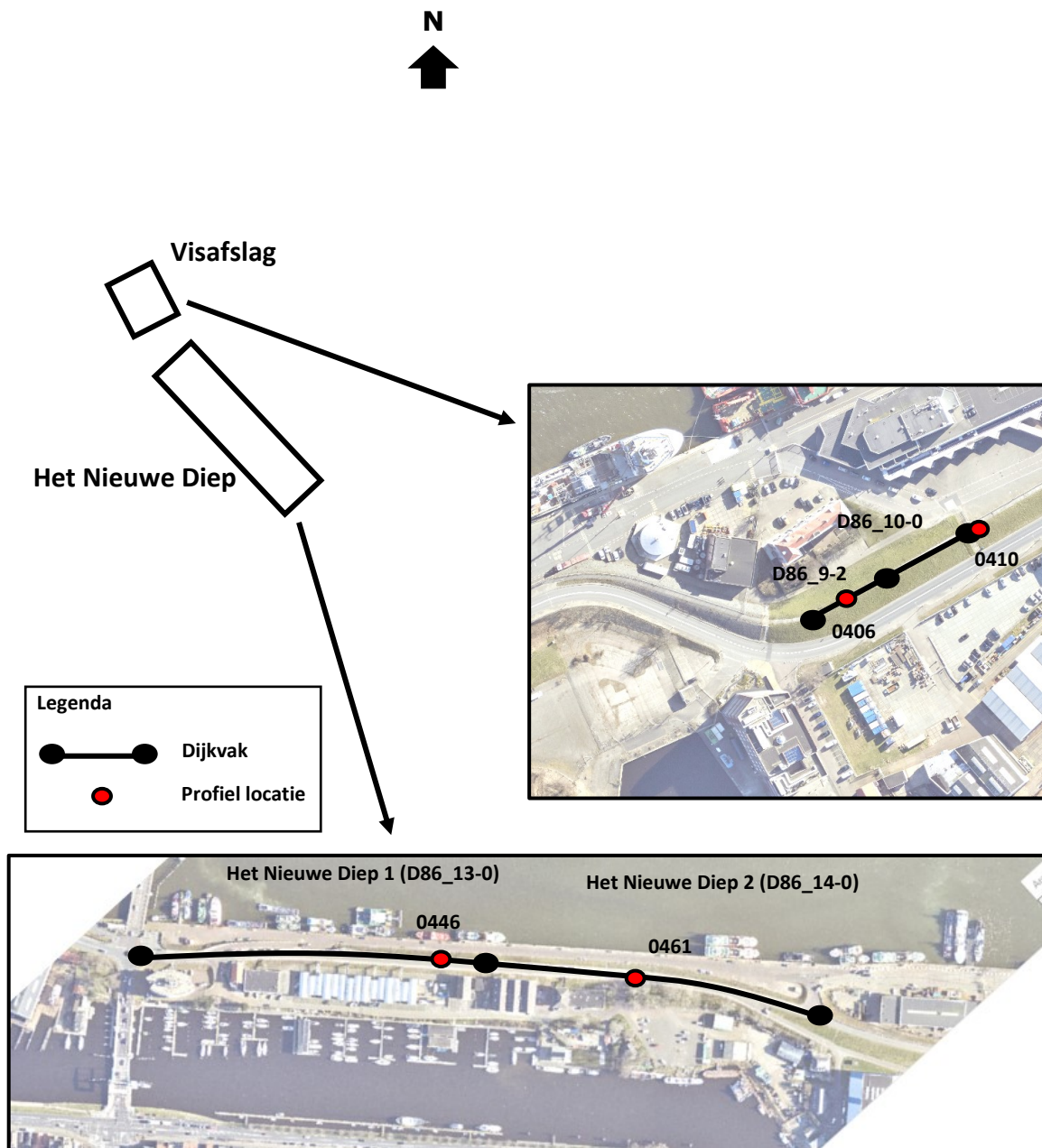
In deze memo wordt ingegaan op de beoordeling van de binnenwaartse macrostabiliteit van *De Havendijk* voor zichtjaar 2073. Deze stap wordt uitgevoerd met behulp van de *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen – OI2014v4* (RWS-WVL, 2014) en *Schematiseringshandleiding Macrostabieleit* (RWS-WVL, 2021).



Datum
13 juli 2023

2 Achtergrond WBI oordeel

De Havendijk gelegen tussen kilometrerings 5.520 en 8.266 van normtraject 13-4 is nader beoordeeld op de buitenwaartse macrostabiliteit voor zichtjaar 2073. Zie *Figuur 2* voor een overzichtskaart met daarop de beschouwde locaties.



Figuur 2: Overzichtskaart van de Havendijk met beschouwde locaties

Hieronder volgt per locatie een korte toelichting op de scores afkomstig van de WBI beoordeling.



Datum
13 juli 2023

Hieronder volgt per locatie (zie *Figuur 2*) een overzicht van het oordeel afkomstig uit de *WBI 2017 beoordeling* en het advies afkomstig van de *ingangstoets* (HWBP, 2022). De locaties zijn aangeduid met de oorspronkelijke nummering van de vakindeling conform de WBI beoordeling (HHNK, 2021f). Het resultaat van de beoordeling vormt de basis voor de verkennende analyses in deze notitie.

Opgemerkt wordt dat het advies afkomstig van de *ingangstoets* niet op maat gemaakt is per afzonderlijke locatie maar dat het advies veelal een generiek karakter heeft voor meerdere locaties. Om deze reden betreffen de hieronder vermelde adviezen een interpretatie van de adviezen afkomstig van de *ingangstoets*.

De Visafslag

De Visafslag bestaat uit twee locaties: vak 13_4_D86_STBI_8-2 (km 6.570 t/m km 6.599) en 13-4_D86_STBI_9-0 (km 6.599 t/m km 6.640).

Vak 13_4_D86_STBI_8-2 scoort in het WBI op een categorie IV_v op vakniveau en voldoet hiermee mogelijk aan de ondergrens en/of aan de signaleringswaarde (HHNK, 2021g).

Vak 13_4_D86_STBI_9-0 scoort in het WBI op een categorie IV_v op vakniveau en voldoet hiermee mogelijk aan de ondergrens en/of aan de signaleringswaarde (HHNK, 2021h).

Het grootste verschil tussen beiden dijkvakken betreft de het niveau van de buitenteen. Bij D86_9-2 ligt deze circa 1,0 meter lager van bij D86_10-0.

Concreet wordt vanuit de *ingangstoets* voor de binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) het volgende geadviseerd:

- Optimalisatie van het verloop van het freatische vlak door rekening te houden met het tijdsafhankelijke karakter van de Waterstand bij de Norm.
- Het proces vanaf de 1^{ste} vorm van schade te doorlopen tot aan het moment van het functie verlies van de waterkering middels een faalpadanalyse.

Het Nieuwe Diep 1 en 2

Het Nieuwe Diep bestaat uit twee locaties:

- Vak_13-4_D86_STBI_14-0 (km 6.973 t/m km 7.220), ook wel bekend als Het Nieuwe Diep 1 in *Figuur 2* in de HWBP Verkenning.
- Vak_13-4_D86_STBI_15-0 (km 7.220 t/m km 7.486), ook wel bekend als Het Nieuwe Diep 2 in *Figuur 2* in de HWBP Verkenning.

Vak 13_4_D86_STBI_14-0 scoort in het WBI op een categorie I_v op vakniveau en voldoet hiermee aan de signaleringswaarde (HHNK, 2021j).

Vak 13_4_D86_STBI_15-0 scoort in het WBI op een categorie I_v op vakniveau en voldoet hiermee mogelijk aan de signaleringswaarde (HHNK, 2021i).

De binnenwaartse macrostabiliteit voldeed in de WBI beoordeling (2017-2023) aan de norm. Vanuit de *ingangstoets* zijn specifiek voor het faalmechanisme STBI bij Het Nieuwe Diep geen adviezen gegeven in de *ingangstoets*.



Datum
13 juli 2023

3 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de relevante uitgangspunten achter de gemaakte analyses.

3.1 Algemene uitgangspunten

In dit paragraaf zijn enkele algemene randvoorwaarden toegelicht die ten grondslag liggen aan de gemaakte stabiliteitsanalyses.

Zichtjaar 2073

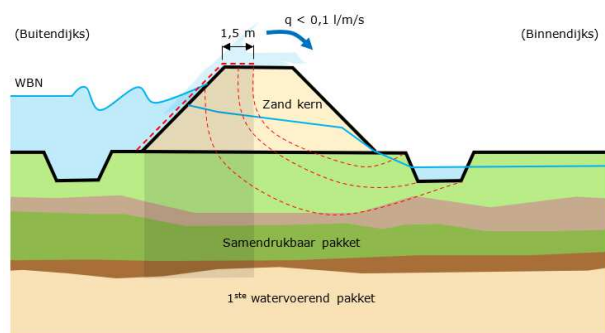
De analyses zijn uitgevoerd voor een planperiode van 50 jaar ten opzichte van 2023. Dit betekent dat er rekening is gehouden met veranderingen in de belastingen en sterkte van de waterkering in zichtjaar 2073. Voor de analyses betekent dit hoofdzakelijk dat rekening is gehouden met de negatieve invloed van bodemdaling en zeespiegelstijging.

Lamellen (schuifvlak) model

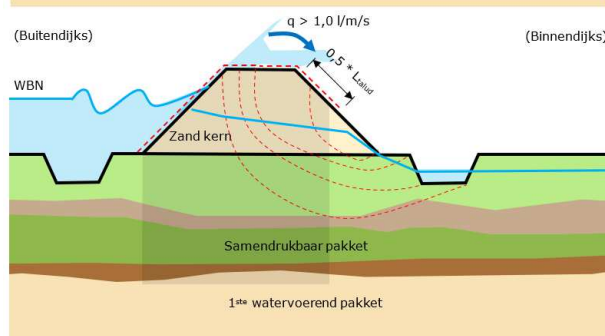
De stabiliteitsanalyses zijn uitgevoerd met behulp van de lamellen methode in het rekenprogramma D-Stability. Het lamellen model dat hiervoor is toegepast betreft de methode *Uplift Van*.

Faaldefinitie grondlichaam zonder grondkerende constructies

Conform de *Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit* (RWS-WVL, 2016), (RWS-WVL, 2019), (RWS-WVL, 2021), dient een glijvlak zodanig te worden gekozen dat deze tot functieverlies van de waterkering leidt. De ligging van het schuifvlak dat tot functieverlies kan leiden, is per situatie verschillend en hangt af van de opbouw van de waterkering en van het grootte van de golfoverslagdebiet. Op basis van de verschillende versies van de Schematiseringshandleidingen zijn een aantal faaldefinities mogelijk, afhankelijk van het kern materiaal van de waterkering en de hoeveelheid golfoverslagdebiet. Voor golfoverslagdebieten $q < 1,0 \text{ l/m/s}$ of $q \leq 0,1 \text{ l/m/s}$ voor een zandkern zijn hieronder de faaldefinities gegeven.



- Overslagdebiet $q < 0,1 \text{ l/m/s}$
- Kern materiaal: zand
- Intredepunt maximaal 1,5 m uit buitenkruinlijn
- Definitie volgens (RWS-WVL, 2021)



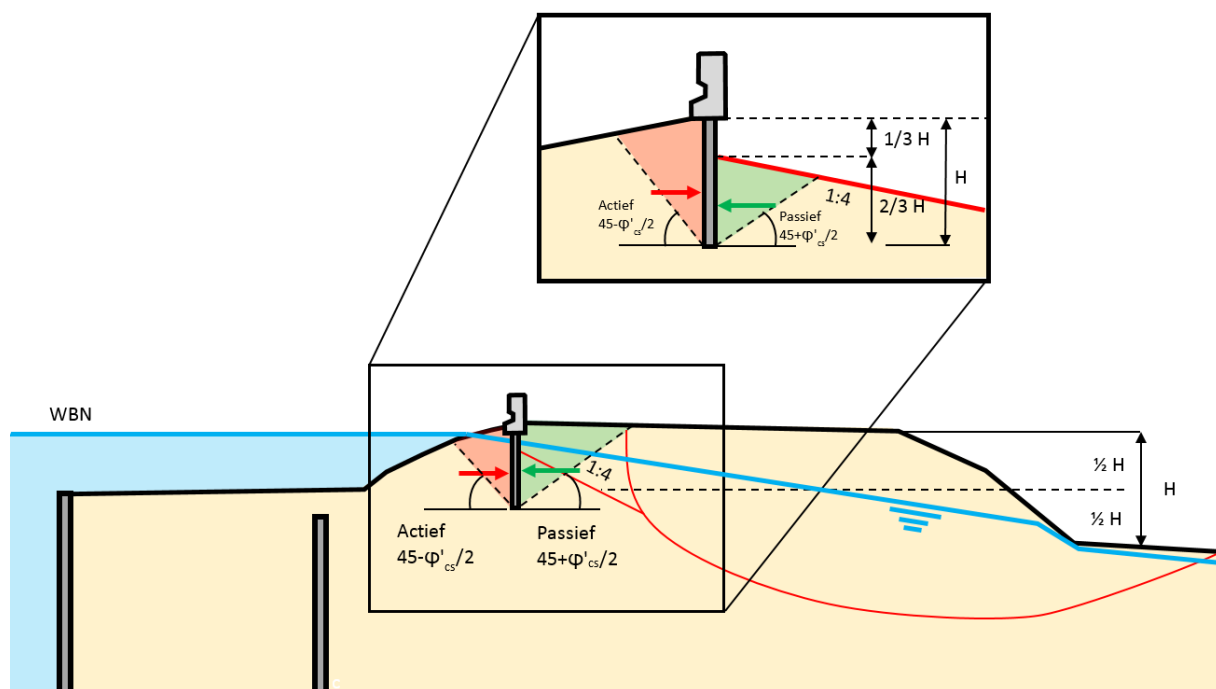
- Overslagdebiet $q > 0,1 \text{ l/m/s}$
- Kern materiaal: zand
- Intredepunt maximaal tot binnen bovenste helft van binnentalud
- Definitie volgens (RWS-WVL, 2021)
- Volgt oorspronkelijke STBI WBI 2017 faaldefinitie volgens (RWS-WVL, 2016)



Datum
13 juli 2023

Faaldefinitie grondlichaam met grondkerende constructies

Langs de buitenzijde van de waterkering bevinden zich zowel een L-wand als een spatmuur. De stabiliteit van beiden constructies kunnen een negatieve invloed hebben op de macrostabiliteit. In het geval van de spatmuur kan deze negatief worden beïnvloed wanneer aantasting plaats vindt aan de passieve zijde van de wand en de kerende hoogte toeneemt. Voor *onverankerde damwandschermen* geldt als vuistregel dat een scherm minimaal een inbeddingsdiepte dient te bezitten van $2/3$ van de totale kerende hoogte H om stabiel te blijven. Bij een verdere afname van de inbeddingsdiepte neemt de mate van instabiliteit toe. Zonder de uitvoering van een technische berekening is uitgegaan van de vuistregel voor een onverankerde damwand waarbij verondersteld is dat het maaiveld niet verder mag dalen van $1/3 H$ aan de passieve zijde.



Figuur 3: Weergave schadeprofiel na primaire en secundaire afschuiving bij spatmuur constructie

Een afschuiving ter plaatse van het binnentalud kan leiden tot een aantast aan de grond aan de passieve zijde van de wand (zie *Figuur 3*). Hoe verder een intredepunt van een potentieel glijvlak richting de waterkering wordt geaccepteerd, hoe meer schade binnendijks wordt toegelaten en hoe meer de stabiliteit van de spatmuur negatief wordt beïnvloed.

Verondersteld is dat, na het optreden van een primaire afschuiving, de afgeschoven grondmoot evenwicht vindt bij het bereiken van een niveau gelijk aan circa $1/2 H$ (zie *Figuur 3*). Door de primaire afschuiving kan vervolgens een secundaire afschuiving optreden die leidt tot een verdere aantasting aan het dijkprofiel. In overeenstemming met het *Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken* (ENW, 2009) kan voor een zandkern worden uitgegaan van een helling van 1:4 voor de secundaire afschuiving. De maximaal toelaatbare verlaging van het maaiveld aan de passieve zijde is beperkt tot $1/3$ van de kerende hoogte H .

De grafische uitwerking van het schadeprofiel (zoals geschetst in *Figuur 3*) is terug te vinden in de Projectmap¹.

¹ Projectmap: HWBP\Den Helder\10992\02 Beoordelingsporen\03 STBI\06 Stand-Alone STBI\AutoCAD\profielen.dwg



Datum
13 juli 2023

3.2 Schematisatie keuzen en parameters

Hieronder wordt kort per schematisatie keuze of parameter in gegaan op de gehanteerde uitgangspunten. Deze schematisaties vormen samen het rekenscenario (i.e. alle input voor de analyse). De verder duiding is per parameter te vinden in het GIS-Logboek.

Keuze profiellocaties

Voor de herberekening van binnenwaartse macrostabiliteit voor zichtjaar 2073 zijn twee doorsneden beschouwd. Op basis van onderstaande uitgangspunten is een maatgevend en representatief profiel gekozen.

1. De berekende stabiliteitsfactor in het WBI;
2. Geometrie van de dijk (dwarsprofielen uit AHN4);
 - a. Aanwezigheid van een wegverharding;
 - b. Locatie van de wegverharding;
 - c. Aanwezigheid van een teensloot en afstand ten opzichte van de dijk;
 - d. Steilheid taluds;
 - e. Kruinbreedte.
3. Geotechnische opbouw van de ondergrond;
 - a. Aanwezigheid en dikte van cohesieve grondlagen;
 - b. Diepteligging van slappe lagen;
4. Waterpeilen in de polder.

Voor de herberekening van buitenwaartse macrostabiliteit zijn de profiel gehanteerd conform de WBI beoordeling. Dit zijn de volgende profiel locaties geweest:

- De Visafslag (D86_8-2) en (D86_9-0): profiel 0406
- Het Nieuwe Diep 1 (D86_13-0) en 2 (D86_14-0): profiel 0446²
- Het Nieuwe Diep 2 (D86_14-0): profiel 0461

Scenario kans

Het rekenscenario is samengesteld uit veilige aannames. Dit past in een toetsproces waar iteratief gewerkt wordt van *grof naar fijn*. Daarom is gekozen voor één rekenscenario met een kans van voorkomen van $P(S_i) = 100\%$

Geometrie

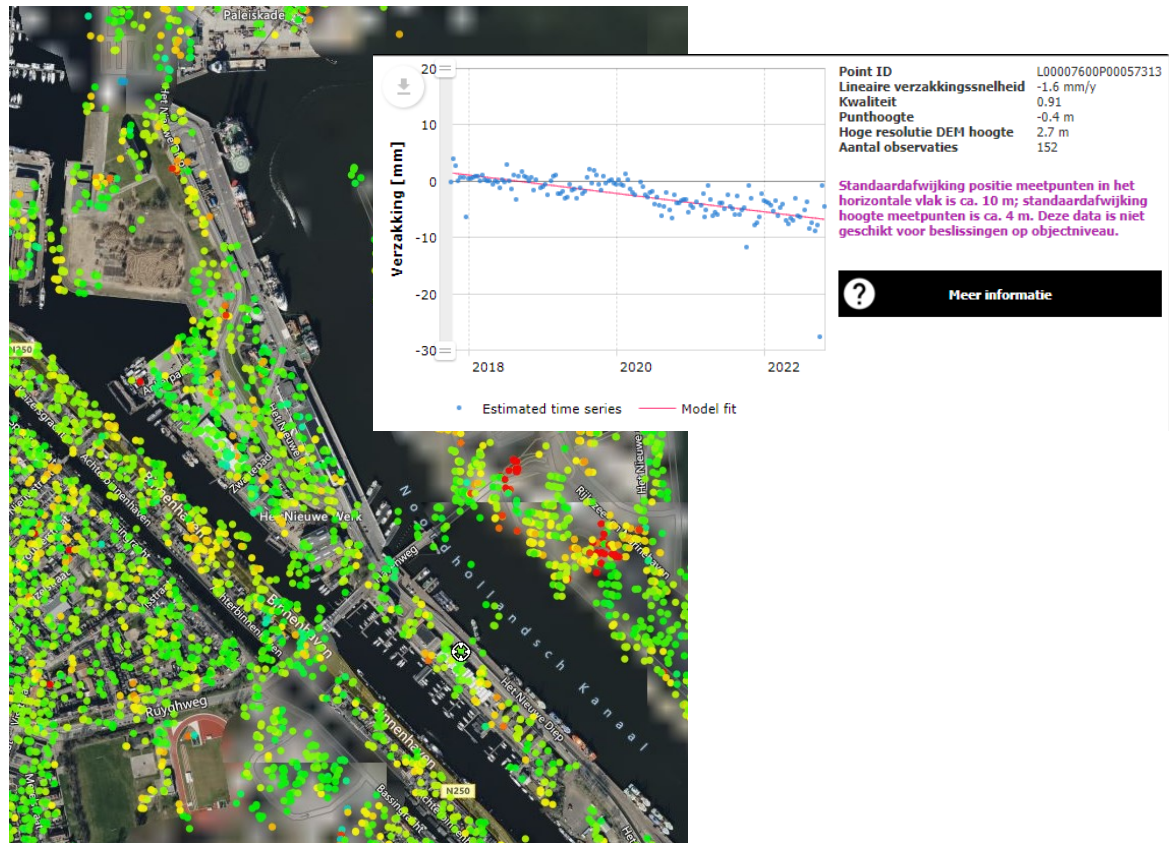
De *geometrie*³ is bepaald aan de hand van AHN3 hoogte data. De selectie van de maatgevende (representatieve) geometrie is gebaseerd op basis van '*expert judgement*'.

² Voor de binnenwaartse macrostabiliteit is een nieuw profiel gekozen geweest die representatief is voor beiden dijkvakken: Het Nieuwe Diep 1 en 2.

³ Logboek HWBP Den Helder STBU ➡ [Gedetailleerde toets STBU] > ➡ [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > ➡ [G2 Analyse van belasting en sterkte] > ➡ [Maatgevende profiellocatie] > ⓘ [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Geometrie]



Datum
13 juli 2023



Figuur 4: Weergave van gemeten bodemdaling volgens Bodemdalingskaart 2.0⁴

Op basis van *Bodemdalingskaart 2.0* (zie *Figuur 4*) kan worden opgemaakt dat de snelheid van de daling van de bodem circa 0,5 - 2,0 mm/jaar betreft. Voor een zichtperiode van 50 jaar, rekening houdende met 7 jaar op het moment van de AHN3 inmeting, kan in zichtjaar 2073 sprake zijn van een bodemdaling van 0,02 m á 0,11 m (gemiddeld 0,07 m).

De gemiddelde waarde van 7 cm voor de bodemdaling is vooralsnog verwaarloosd in stabiliteitsanalyses naar de buitenwaartse macrostabiliteit gezien het verkennende karakter van de verkenningssfase van het project *HWBP Den Helder*.

Waterstand bij de norm

De *waterstand bij de norm*⁵ is voor zichtjaar 2023 bepaald geweest bij de signaleringswaarde en voor 2073 bij de ondergrenswaarde inclusief rekening houdende met een toeslag voor zeespiegelstijging gedurende de planperiode. De waterstandsberekeningen zijn bepaald met behulp van Hydra-NL via hydraulisch uitvoerpunt *WZ_1_13-4_dk_00037*⁶. De berekende waterstand geldt voor alle belasting afhankelijke parameters: freatische lijn, stijghoogte, waterspanningsverloop en opdrukken.

Overslagdebiet

@afstemming Roy

⁴ Bodemdalingskaart.portal.skygeo.com geraadpleegd op 4 juli 2023

⁵ Logboek HWBP Den Helder STBU [Gedetailleerde toets STBU] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Waterstand bij de Norm]

⁶ RD-coördinaten: x = 114849, y = 553141



Datum
13 juli 2023

Stijghoogte

Het niveau van de *stijghoogte*⁷ bij de waterstand bij de norm is gebaseerd op een stijghoogte respons van 80%. Dit betreft een ervaringsgetal die gebruikelijk wordt aangehouden voor de respons bepaling bij zeekeringen binnen Noord-Holland.

Voor de stijghoogte onder dagelijkse omstandigheden is rekening gehouden met de toeslag voor het effect van de zeespiegelstijging.

Polderpeil

Het niveau van het *polderpeil*⁸ bij norm omstandigheden is ter plaatse van een teensloot of boezemkanaal gelijk gehouden aan NAP -0,5 m. Ter plaats van het maaiveld is het niveau gelijk gehouden aan het maaiveld -0,1 meter. Dit is een veilig uitgangspunt, omdat hiermee een volledig verzadigd achterland wordt geschematiseerd.

Drainage

In dit rekenscenario is geen rekening gehouden met de invloed van een drainage constructie.

Bodemopbouw

De schematisatie van de *bodemopbouw*⁹ volgt uit interpretaties van de grondlagen uit de 1^{ste} *Landelijke Toetsronde* en is verfijnd op basis van aanvullend lokaal grondonderzoek uitgevoerd voor deze beoordelingsronde. De selectie van de maatgevende bodemopbouw is gebaseerd op 'expert judgement'.

Materiaaleigenschappen

De *materiaaleigenschappen*¹⁰ (ongedraineerde schuifsterkte parameters) zijn gebaseerd op laboratoriumproeven die uitgevoerd zijn op de voorkomende afzettingen binnen het normtraject. Hieruit zijn karakteristieke 5%-ondergrenswaarden voor de $(s_u/\sigma'_{vc})_{NC}$ en sterkte-toename exponent m gehanteerd. Voor het volumieke gewicht is uitgegaan van verwachtingswaarden.

State parameters

De *state parameters*¹¹ in de vorm van een POP (*Pre-Overburden Pressure*) zijn gebaseerd op start waarden afkomstig uit de *Schematiseringshandleiding Macrostabieleit*. De gehanteerde waarden betreffen karakteristieke 5%-ondergrenswaarden en zijn bedoeld voor dagelijkse omstandigheden.

⁷ Logboek HWBP Den Helder STBI [Gedetailleerde toets STBI] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Stijghoogte]

⁸ Logboek HWBP Den Helder STBI [Gedetailleerde toets STBI] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Polderpeil]

⁹ Logboek HWBP Den Helder STBI [Gedetailleerde toets STBI] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Bodem]

¹⁰ HWBP Den Helder STBI [Gedetailleerde toets STBI] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Materiaaleigenschappen]

¹¹ Logboek HWBP Den Helder STBI [Gedetailleerde toets STBI] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [State parameters]



Datum
13 juli 2023

Freatische lijn

De *freatische lijn*¹² bij de WBN is standaard geschematiseerd conform *zandkern en samendrukbare ondergrond (conform TRWD geval 2A)*. Dit betreft een veilige default schematisering waarbij een stationair grondwaterstromingspatroon is verondersteld.

Voor het deel bij de Visafslag is apart het verloop van het freatische vlak onderzocht middels een tijdsafhankelijke grondwaterstromingsberekening (**bron###**), zoals geadviseerd in de *ingangstoets* (HWBP, 2022).

Verloop waterspanningen

De schematisering van het *verloop van de waterspanningen*¹³ bij de waterstand bij de norm houdt rekening een indringingslaag van circa 1,0 meter.

Verkeersbelasting

Bij het falen van de binnenwaartse macrostabiliteit is verondersteld dat er geen verkeersbelasting op de kruin of binnen berm staat. Dit is conform de *Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit* (RWS-WVL, 2021).

Niet-Waterkerende-Objecten

In dit rekenscenario is geen rekening gehouden met de invloed van een niet-waterkerend-object.

¹² Logboek HWBP Den Helder STBI [Gedetailleerde toets STBI] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Freatische lijn]

¹³ Logboek HWBP Den Helder STBI [Gedetailleerde toets STBI] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Verloop van de waterspanningen]



Datum
13 juli 2023

4 Resultaten binnenwaartse macrostabiliteit

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de resultaten van de uitgevoerde analyses waarbij rekening is gehouden met de adviezen afkomstig van de ingangstoets.

4.1 De Visafslag (2023)

Methode

Één van de onzekerheden achter het oordeel van de binnenwaartse macrostabiliteit bij de Visafslag betreft het niveau en het verloop van het freatische grondwater gedurende de aanwezigheid van *Waterstand bij de Norm*⁵. Vanwege het tijdsafhankelijke karakter van het freatische vlak is bij de ingangstoets geadviseerd om deze te bepalen middels een tijdsafhankelijke grondwaterstromingsberekening.

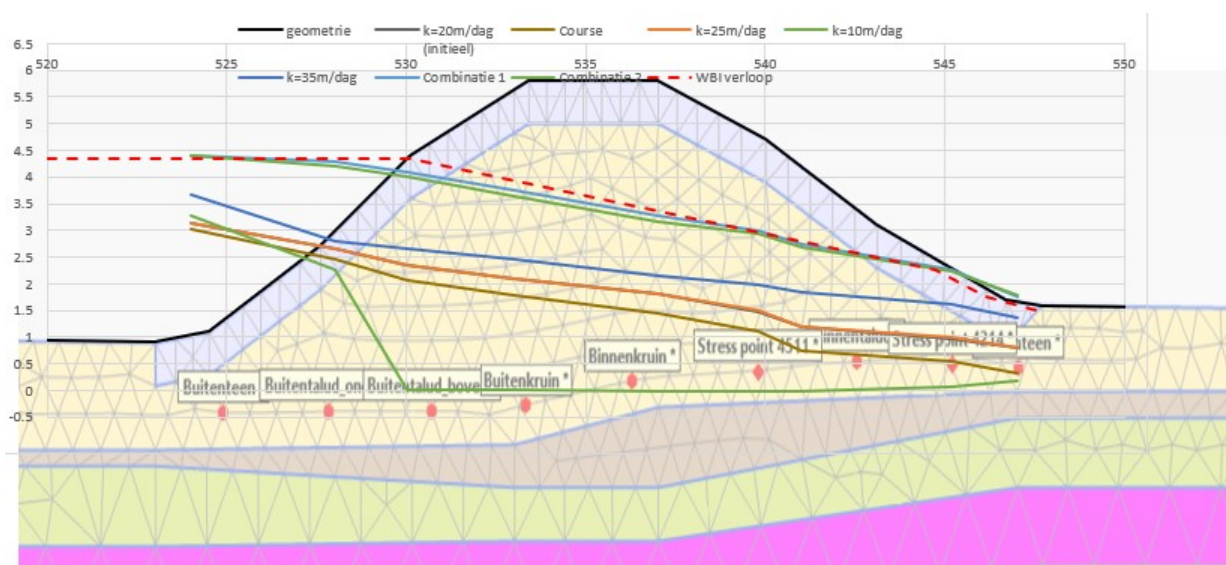
Om het verloop van het freatische vlak, voor de belastingsituatie bij *de WBN*, te kunnen voorspellen in de tijd, is er voor gekozen om de grondwaterstromingsberekeningen uit te voeren middels de *Eindige Elementen Methode* in Plaxis 2D. Binnen deze berekeningen is het tijdsafhankelijke gedrag van de grondwaterstand in de kern van de waterkering beschouwd bij de simulatie van het waterstandsverloop behorende bij de buitenwaterstand bij de normomstandigheden.

Vanwege onzekerheden in de schematisatie van het grondlichaam en de geohydrologische parameters, zijn meerdere scenario's beschouwd geweest.

De analyse is enkel uitgevoerd geweest voor dijkvak D86_9-2. Voor eenvoud is uitgegaan van de WBN conform de WBI 2017 beoordeling, welke is gebaseerd op de WBN bij de signaleringswaarde voor 2023.

Resultaten grondwaterstromingsberekeningen

In totaal zijn 11 afzonderlijke scenario's beschouwd geweest om de invloed van verschillende schematisatie en parameter keuzen op het verloop en niveau van het freatische vlak in de tijd te kunnen onderzoeken. Hoofdzakelijk is gevarieerd met de doorlatendheid van de zandkern en de doorlatendheid van de kleibekleding.



Figuur 5: Weergave van berekende verlopen freatisch grondwater voor verschillende scenario's op het moment van de piek van de WBN



Datum
13 juli 2023

Zie *Figuur 5* voor een weergave van de berekende verlopen van het freatische vlak binnen het dijkprofiel. Opvalt is dat het niveau van het freatische vlak sterk afhankelijk is van de doorlatendheid van de kleibekleding. De dikte van de kleibekleding is circa 0,80 m. Conform *Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (bron###)* dient geanticipeerd te worden op een verhoogde doorlatendheid van de kleibekleding als gevolg van structuur-/ of scheurvorming wanneer de dikte < 1,5 meter.

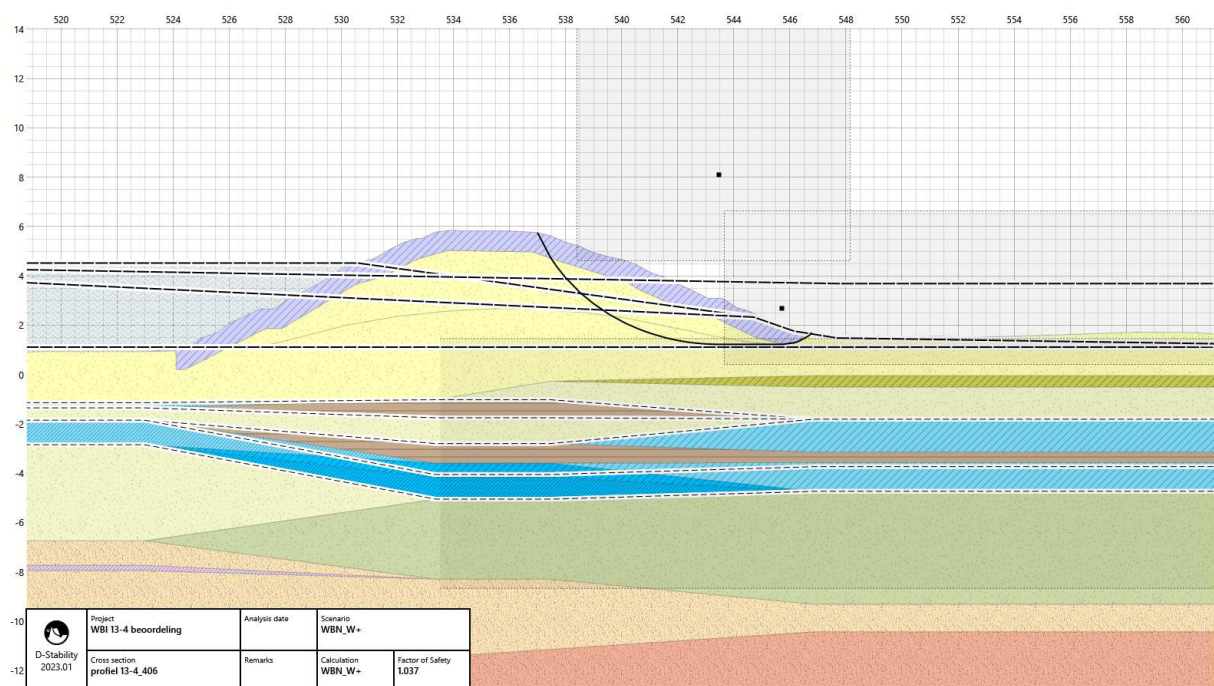
De analyses laten zien dat wanneer de doorlatendheid van de kleibekleding vergelijkbaar worden met die van de zandkern, dat vrij snel een stationaire situatie wordt bereikt met een verloop van het freatische vlak die overeenkomt met het aangehouden verloop volgens de WBI beoordeling (zie rood gestreepte lijn in *Figuur 5*).

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat de grondwaterstromingsberekeningen niet hebben geleid tot een ander uitgangspunt en dat de berekende faalkansen volgens de WBI beoordeling (2017-2023) standhouden.

Voor een meer informatie over de bepaling van het verloop van het freatische vlak wordt verwezen naar het GIS-Logboek¹⁴.

4.2 De Visafslag (2073)

Voor de locatie van de Visafslag zijn, ondanks de dat deze voor 2023 niet voldoen aan de norm, aparte stabiliteitsanalyses uitgevoerd geweest voor zichtjaar 2073 bij de ondergrenswaarde van de WBN voor zowel klimaatscenario G als W+. De resultaten staan hieronder vermeld als mede de gevonden kritische glijvlakken (zie *Figuur 6* en *Figuur 7*).

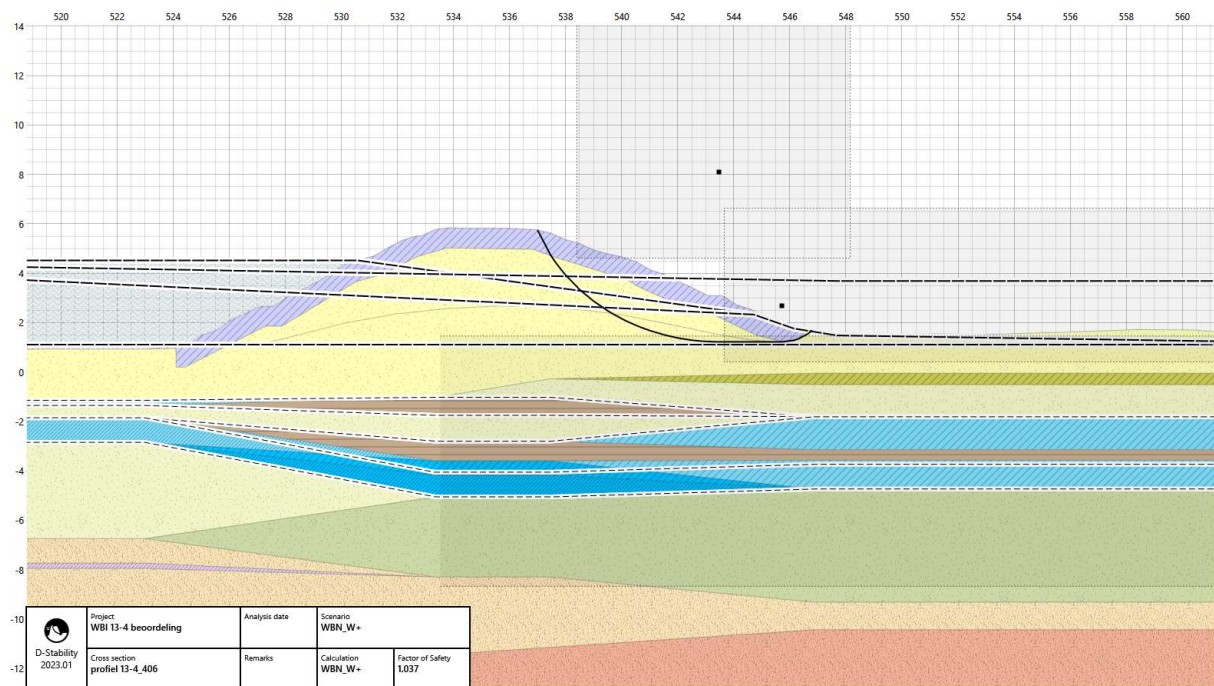


Figuur 6: Weergave van berekend kritisch glijvlak voor 2073 (klimaatscenario G) voor profiel 406

¹⁴ Logboek HWBP Den Helder STBU [Toets op Maat STBU] > [Schematisatie en berekeningen Toets op Maat] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Freatische lijn]



Datum
13 juli 2023



Figuur 7: Weergave van berekend kritisch glijvlak voor 2073 (klimaatscenario W+) voor profiel 406

In Tabel 1 zijn de berekende veiligheidsfactor (F_{di}) weergegeven van de stabiliteitsanalysen. Met behulp van de WBI kalibratie formule (RWS-WVL, 2017) is de veiligheidsfactor omgerekend naar een faalkans op doorsnede niveau ($P_{f,i}$) en is deze vergeleken met de categoriegrenzen op vakniveau volgens (RWS-WVL, 2017). De berekeningen zijn terug te vinden in het GIS-Logboek¹⁵.

Tabel 1 Overzichtstabel met resultaten van stabiliteitsanalysen van de Visafslag

Profiel locatie	Zichtjaar	F_{di} [-]	β_i [-]	$P_{f,i}$ [1/jr]	Categorie [I _v ...V _v]
13-4_0406	2073 (G)	1.044	0.98	3.83	IV _v
13-4_0406	2073 (W+)	1.037	0.98	3.79	IV _v

¹⁵ Logboek STBI [Toets op Maat STBI] > [Schematisatie en berekeningen toets op maat] > [Maatgevende profiellocatie]
> [Selecteer profiel '13-4_0355'] > [Field; 'Map_rekenbestanden_hyperlink']



Datum
13 juli 2023

4.3 Het Nieuwe Diep (2073)

Methode

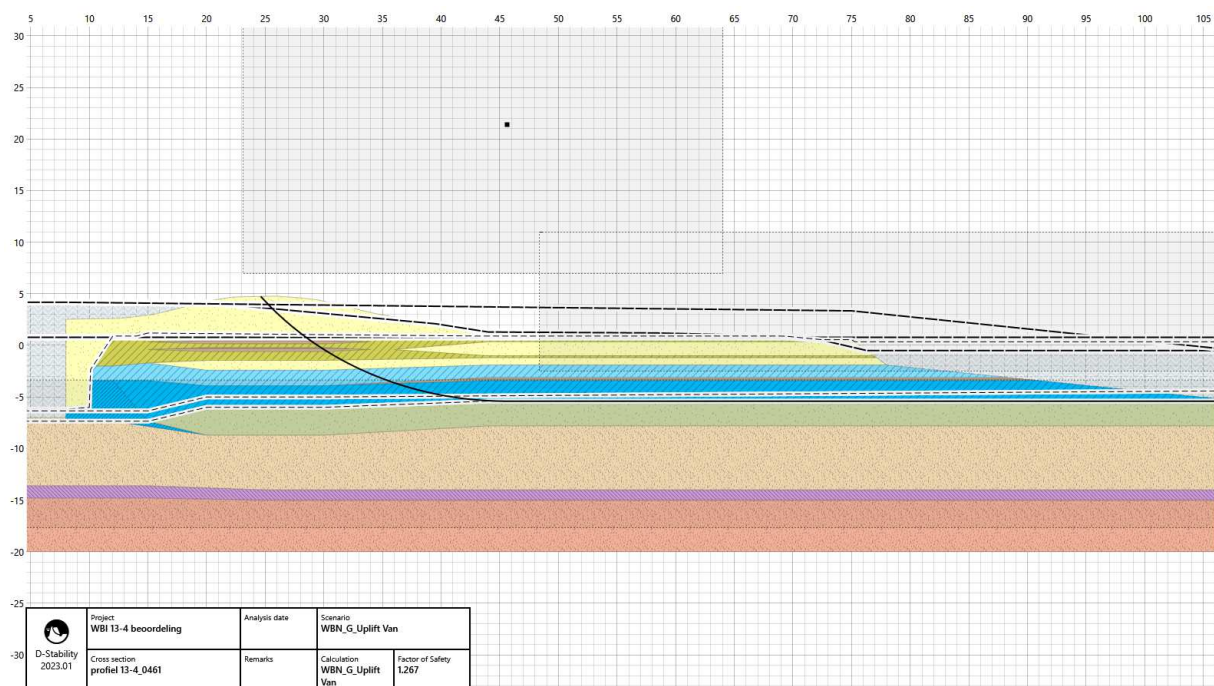
Voor de beschouwing van de binnenwaartse macrostabiliteit van Het Nieuwe Diep (1 en 2) voor de situatie in 2073 is een nieuw dwarsprofiel (446) beschouwd die representatief is voor beiden dijkvakken. Dit is gedaan omdat:

- Het profiel van het Nieuwe Diep 1 was gebaseerd op een *composiet* profiel (bron HKV rapport).
- Het profiel van het Nieuwe Diep 2 was beschouwd ter hoogte van een op-/afrit.

De binnenwaartse macrostabiliteit voor Het Nieuwe Diep is beschouwd geweest voor de situatie in 2073 uitgaande van klimaatscenario G en W+.

Resultaten stabiliteitsanalysen

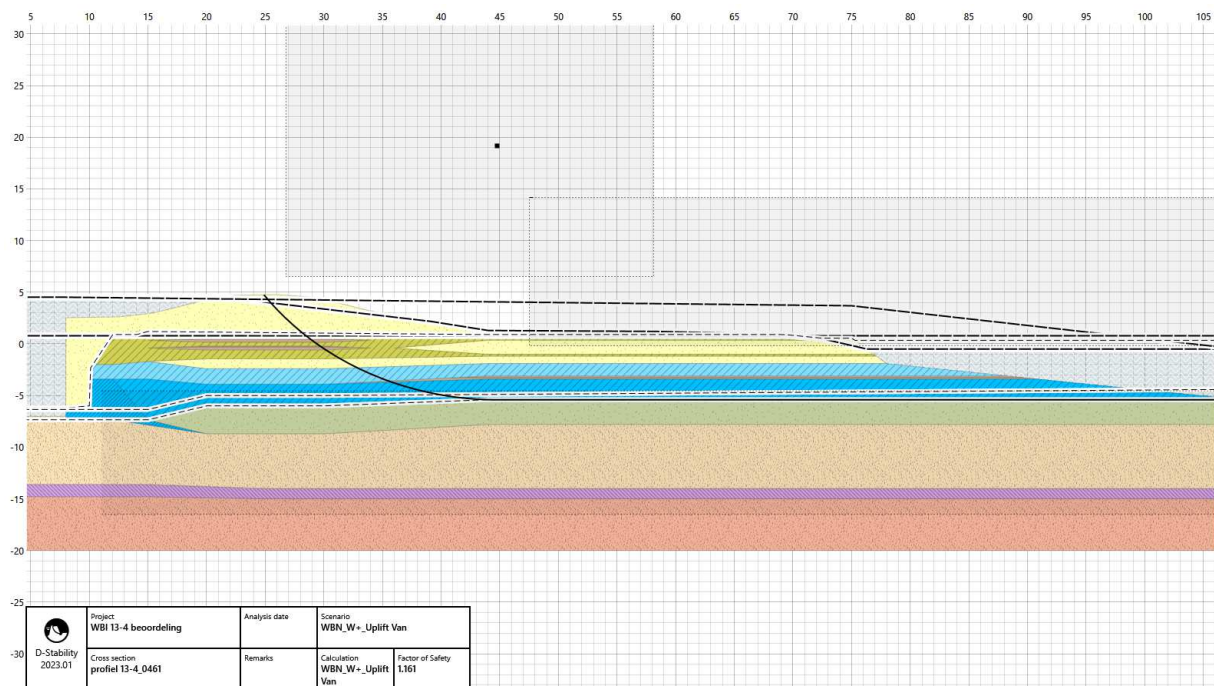
Voor zichtjaar 2073 zijn de berekende glijvlakken weergegeven in *Figuur 8* en *Figuur 9* voor de situatie bij de WBN uitgaande van klimaatscenario's G en W+.



Figuur 8: Weergave van berekend kritisch glijvlak voor 2073 (klimaatscenario G) voor profiel 446



Datum
13 juli 2023



Figuur 9: Weergave van berekend kritisch glijvlak voor 2073 (klimaatscenario W+) voor profiel 446

In Tabel 2 zijn de berekende veiligheidsfactor (F_{di}) weergegeven van de stabiliteitsanalyses. Met behulp van de WBI kalibratie formule (RWS-WVL, 2017) is de veiligheidsfactor omgerekend naar een faalkans op doorsnede niveau ($P_{f,i}$) en is deze vergeleken met de categoriegrenzen op vakniveau volgens (RWS-WVL, 2017). De berekeningen zijn terug te vinden in het GIS-Logboek¹⁶.

Tabel 2 Overzichtstabel met resultaten van stabiliteitsanalyses van Het Nieuwe Diep

Profiel locatie	Zichtjaar	F_{di} [-]	β_i [-]	$P_{f,i}$ [1/jr]	Categorie [I _v ...V _v]
13-4_0446	2073 (G)	1.20	5.24	8.24E-08	II _v
13-4_0446	2073 (W+)	1.10	4.57	2.46E-06	III _v

¹⁶ Logboek STBI [Toets op Maat STBI] > [Schematisatie en berekeningen toets op maat] > [Maatgevende profiellocatie]
> [Selecteer profiel '13-4_0355'] > [Field; 'Map_rekenbestanden_hyperlink']



Datum
13 juli 2023

5 Conclusie

Uit WBI 2017 (2017-2023) beoordeling volgt dat meerdere dijkvakken binnen het deel van de Havendijk (km 5.520 en km 8.266 van normtraject 13-4) niet voldoen aan de norm en op termijn versterkt dienen te worden.

Bij de *ingangstoets* (HWBP, 2022) zijn voor de betreffende dijkvakken één of meerdere aanbevelingen gedaan om de opgave inzichtelijker te krijgen. Zo zijn aanbevelingen gedaan om o.a. beter te kijken naar de ligging van het freatische vlak als gevolg van een tijdsafhankelijke verloop van de buiten-/ en grondwaterstand.

In het kader van de *Verkenningfase* van het programma *HWBP Den Helder* is ingegaan op de suggesties uit de *ingangstoets* en zijn meerdere analyses gemaakt naar de binnenwaartse macrostabiliteit voor de dijkvakken bij de Visafslag en Het Nieuwe Diep, met als doel om na te gaan of er sprake is van een versterkingsopgave voor zowel de korte als lange termijn.

In de hieronder volgende paragrafen volgt per dijkvak de getrokken conclusies naar aanleiding van de resultaten uit HS 4.

5.1 De Visafslag

Voor de dijkvakken binnen de *Visafslag* zijn tijdsafhankelijke grondwaterstromingsberekeningen gemaakt. Deze berekeningen laten zien dat, uitgaande van een hoge doorlatenheid van de kleibekleding, dat vrij snel een stationaire situatie van de grondwaterstand in de dijk kern wordt bereikt. Het ingestelde verloop van het freatische vlak van de WBN (2023) komt overeen met de gehanteerde schematisatie in de WBI beoordeling (2017-2023). Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat het oordeel over de binnenwaartse macrostabiliteit volgens de WBI beoordeling blijft staan.

Een doorkijk is gemaakt naar de binnenwaartse stabiliteit voor de situatie in 2073 uitgaande van klimaatscenario's G en W+. Ook in 2073, onafhankelijk van het klimaatscenario, wordt de conclusie getrokken dat **niet** wordt voldaan aan de ondergrenswaarde.

5.2 Het Nieuwe Diep 1 en 2

Voor de dijkvakken binnen de *Het Nieuwe Diep 1 en 2* zijn stabiliteitsanalyses gemaakt voor zichtjaar 2073 uitgaande van klimaatscenario's G en W+.

Voor deze analyses is een nieuw dwarsprofiel beschouwd, omdat in de WBI beoordeling voor *Het Nieuwe Diep 1* destijds een *composiet* profiel was gekozen (bron HKV rapport) en voor *Het Nieuwe Diep 2* een profiel was beschouwd bij een op-/afrit. Gevonden wordt dat het nieuwe gekozen profiel representatiever is voor beiden dijkvakken.

Uit de nadere analyses volgt dat de binnenwaartse macrostabiliteit naar verwachting nog aan de ondergrens **voldoet** kijkend naar beiden klimaat scenario's.



Datum
13 juli 2023

Versie	Datum	Auteur(s)	Review
1.0	13 juli 2023	N. Tenhage	@@

6 Referenties

- ENW, 2009. *Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken*, Delft: Expertisenetwerk Waterveiligheid.
- HHNK, 2021a. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBU_5-2, corsanummer: 21.0321344*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021b. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBU_9-2, corsanummer: 21.0314761*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021c. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBU_10-2, corsanummer: 21.0314764*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021d. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBU_13-0, corsanummer: 21.0316280*, HHNK: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021e. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBU_14-0, corsanummer: 21.0316615*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021f. *WBI Beoordeling Normtraject 13-4, De (Verlengde-) Helderse Zeewering, Havendijk en Koegraszeedijk, status definitief, versie 2.0, corsanummer: 21.0006471*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021g. *Beoordeling normtraject 13-4, Memo beoordeling 13-4_D86_03, Toetssporen bekledingen, Toets op Maat, corsanummer 21.0574831*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021g. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBI_8-2, corsanummer: 21.0314761*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021h. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBI_9-0, corsanummer: 21.0308489*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021i. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBI_15-0, corsanummer: 21.0314761*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021j. *Duiding toetsoordeel - 13-4_D86_STBI_14-0, corsanummer: 21.0308675*, Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- HHNK, 2021. *WBI Beoordeling Normtraject 13-4 - De (Verlengde) Helderse Zeewering, Havendijk en Koegraszeedijk, versie 2.0, definitief, corsanummer 21.0006471*, Heerhugowaard: HHNK.
- HWBP, 2022. *Advies/notitie - Ingangstoets Den Helder - Nieuwe Diep, status Definitief, corsanummer 23.0320094*, sl: HWBP.
- POVM, 2018. *POV-M Parameterbepaling EEM*, Delft: POV Macrostablieit.
- POVM, 2020a. *POVM Eindige-elementenmethode*, Tiel: POV Macrostablieit.
- RWS-WVL, 2014. *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen - OI2014, versie 2.0, definitief*, sl: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- RWS-WVL, 2016. *Schematiseringshandleiding Macrostablieit*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- RWS-WVL, 2017. *Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en Veiligheid.*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu: Water Verkeer en Leefomgeving, Rijkswaterstaat.
- RWS-WVL, 2019. *Schematiseringshandleiding Macrostablieit*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- RWS-WVL, 2021. *Schematiseringshandleiding Macrostablieit*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.