

HWBP Den Helder

Buitenwaartse Macrostabieleit (STBU)



Resultaten gedetailleerde beoordeling Havendijk

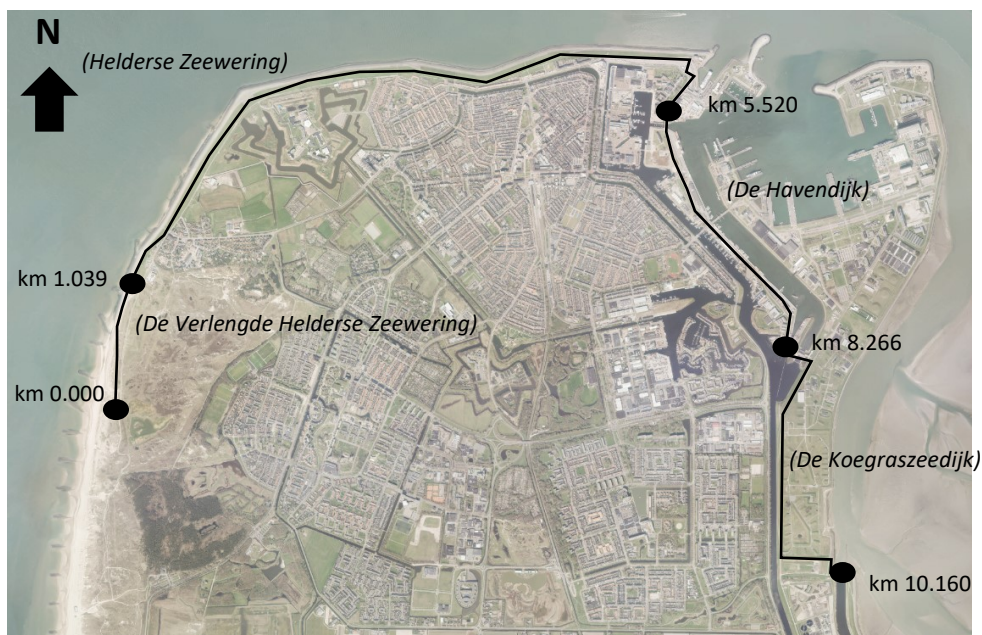
Datum
4 juli 2023

Registratienummer
23.0876741

Opsteller
N. Tenhage
M. van der Horst

1 Inleiding

In het kader van de *eerste Landelijke Beoordelingsronde Overstromingskansen van primaire waterkeringen* (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 de ILT de conformiteitsverklaring afgegeven. Uit de beoordeling volgt een veiligheids categorie C: *voldoet niet aan de signaleringswaarde en ondergrens* (HHNK, 2021). De waterkering zal daarom versterkt moeten 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 verkenningfase gestart binnen het programma *HWBP Den Helder*. De memo die voor u ligt maakt hier deel van uit notitie maakt hier onderdeel van uit.

In deze memo wordt ingegaan op de beoordeling van de buitenwaartse macrostabieleit 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).

Hoogheemraadschap
Hollands Noorderkwartier
Postbus 250, 1700 AG Heerhugowaard
Stationsplein 136, 1703 WC Heerhugowaard

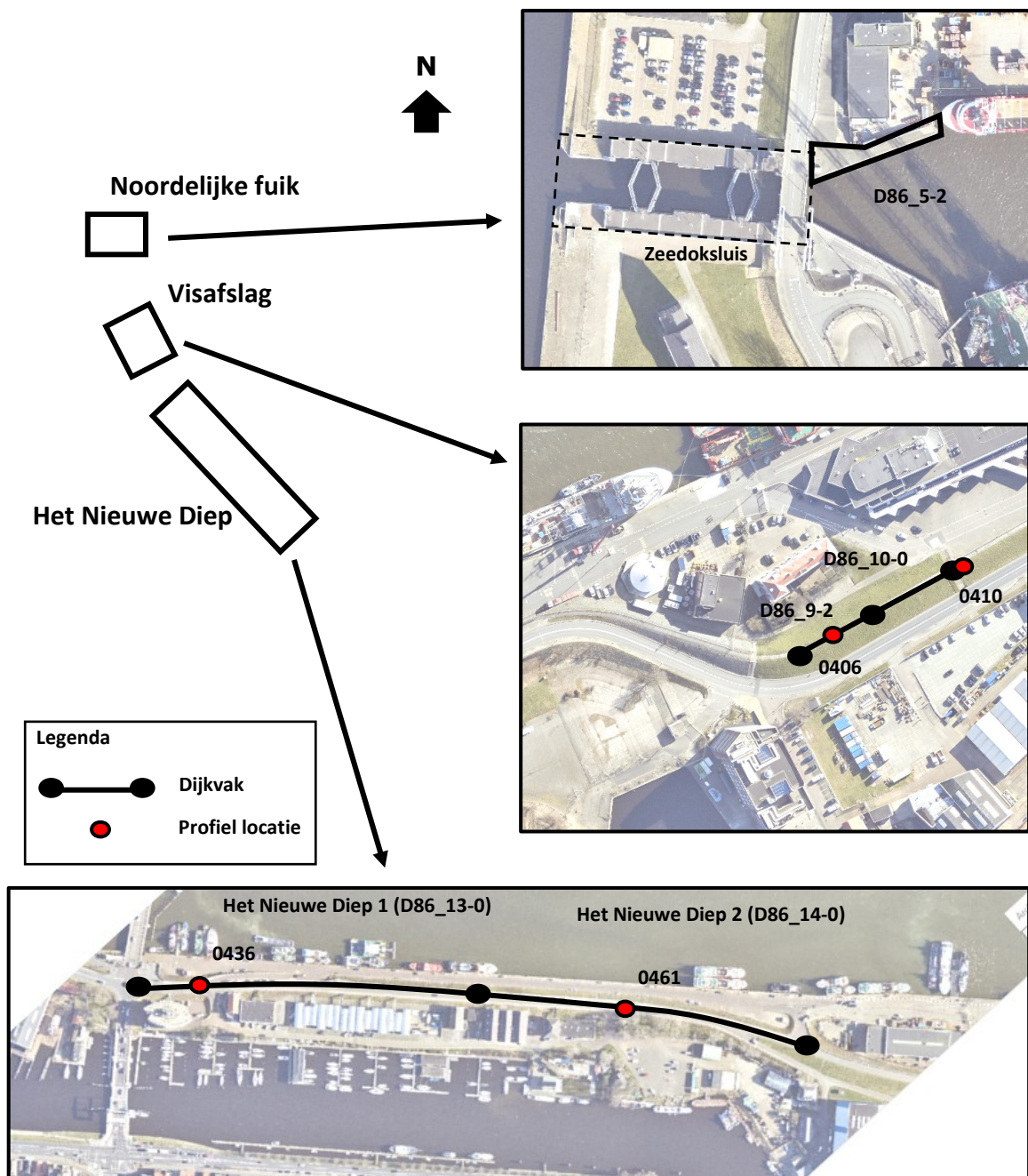
T 072-5828282
F 072-5827010
post@hknk.nl
www.hknk.nl



Datum
4 juli 2023

2 Achtergrond WBI oordeel en advies ingangstoets

De Havendijk gelegen tussen kilometer 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
4 juli 2023

Hieronder volgt per locatie (zie *Figuur 2*) een overzicht van het oordeel afkomstig uit de *WBI2017-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 en de adviezen afkomstig van de ingangstoets vormen 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 Noordelijke fuik

De Noordelijke fuik betreft vak 13-4_D86_STBU_5-2 (km 6.045 t/m km 6.080) van de WBI beoordeling.

vak 13-4_D86_STBU_5-2 scoort in het WBI *Voldoet Niet (VN)* waarbij een categorie V_v op vakniveau van toepassing is (HHNK, 2021a). Hiermee voldoet de waterkering binnen het betreffende vak niet aan de ondergrens.

De waterkering bestaat uit een kistdam constructie waarbij is geconcludeerd dat de voorwand niet voldoet aan de constructieve toetst (maximaal opneembaar buigmoment wordt overschreden). Het betreft een complexe constructie waarbij sprake is van een verankering van de voor-/ en achterwand middels een betonnen vloer welke zijn draagkracht ontleent aan betonnen palen.

Concreet wordt vanuit de *ingangstoets* voor de buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) 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. Deze laatste stap lijkt voor de constructie relevant aangezien het bezwijken van de voorland mogelijk niet direct tot functie verlies van de waterkering hoeft te leiden.

De Visafslag

De Visafslag bestaat uit twee locaties: vak 13_4_D86_STBU_9-2 (km 6.570 t/m km 6.599) en 13-4_D86_STBI_10-0 (km 6.599 t/m km 6.640).

Vak 13_4_D86_STBU_9-2 scoort in het WBI op een categorie V_v op vakniveau en voldoet hiermee niet aan de ondergrens (HHNK, 2021b).

Vak 13_4_D86_STBU_10-0 scoort in het WBI op een categorie II_v op vakniveau en voldoet hiermee aan de signaleringswaarde (HHNK, 2021c).

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 buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) 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.



Datum
4 juli 2023

Het Nieuwe Diep 1 en 2

Het Nieuwe Diep bestaat uit twee locaties:

- Vak_13-4_D86_STBU_13-0 (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_STBU_14-0 (km 7.220 t/m km 7.486), ook wel bekend als Het Nieuwe Diep 2 in *Figuur 2* in de HWBP Verkenning.

Zowel Het Nieuwe Diep 1 als Het Nieuwe Diep 2 scoren in het WBI op een categorie V_v op vak niveau en voldoen hiermee niet aan de ondergrens.

Het Nieuwe Diep 1 is afgekeurd op een diep gelegen glijvlak onder de kadeconstructie door voor de belastingsituatie *snelle val van de WBN*. Aanvullend speelt binnen dit vak het risico op uitspoeling van kademateriaal onder de draagvloer als gevolg van de gecorrodeerde damwandconstructie (HHNK, 2021d).

Het Nieuwe Diep 2 is eveneens afgekeurd op een diep gelegen glijvlak onder de kadeconstructie door voor de belastingsituatie *snelle val van de WBN*. Een onzekerheid die binnen dit dijkvak speelt, naast het verloop van het freatische vlak, betreft de vorm en ligging van het glijvlak.

Stabiliteitsanalyses lieten grote verschillen zien tussen de veronderstelde lamellen methoden (HHNK, 2021e).

Concreet wordt vanuit de *ingangstoets* voor de buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) 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 faalpad analyse.



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.

Zichtjaren

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

Enkele sporen zijn nog beschouwd geweest uitgaande van de verwachte belastingcondities voor 2023, omdat het voor deze sporen niet mogelijk bleek deze nader te optimaliseren.

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

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.

De Schematiseringshandleiding doet voor de beoordeling van de buitenwaartse macrostabiliteit niet direct uitspraak ten aanzien van de ligging van een bedreigend glijvlak welke tot functie verlies van de waterkering kan leiden.

Wel geeft de handleiding aan dat na het optreden van een buitenwaartse taludafschuiving (meest bij lage buitenwaterstand) meestal nog een bepaalde mate aan reststerkte van het dijklichaam aanwezig zal zijn. Deze reststerkte hangt af van de grootte en ligging van de opgetreden afschuiving, de resterende breedte van de dijk, de opbouw van het dijklichaam en de erosiebestendigheid van het dijkmateriaal.

Voor de faaldefinitie is er voor gekozen om elk mogelijke glijvlak, met een dikte > 1,0 m, als zijnde bedreigend te beschouwen om de volgende redenen:

- Als schade aan het buitentalud optreedt heeft dit gevolgen voor de taludbekleding en de bescherming van het dijkmateriaal.
- De kern van de waterkering bestaat uit materiaal dat gevoelig is voor erosie.
- De waterkering bevindt zich langs een kuststelsel waarbij het risico aanwezig is dat er *onvoldoende* tijd beschikbaar is voor herstel van het talud indien een 2^e hoogwater optreedt naar de 1^{ste} hoogwater gebeurtenis.



Datum
4 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 buitenwaartse macrostabiliteit zijn de profiel gehanteerd conform de WBI beoordeling. Dit zijn de volgende profiel locaties geweest:

- Noordelijke Fuik Zeedoksluis (D86_5-2): betreft een lokaal gegeneerd profiel uit GeoWeb
- De Visafslag (D86_9-2): profiel 0406
- De Visafslag (D86_10-0): profiel 0410
- Het Nieuwe Diep 1 (D86_13-0): profiel 0436
- 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 $P(S_i) = 100\%$

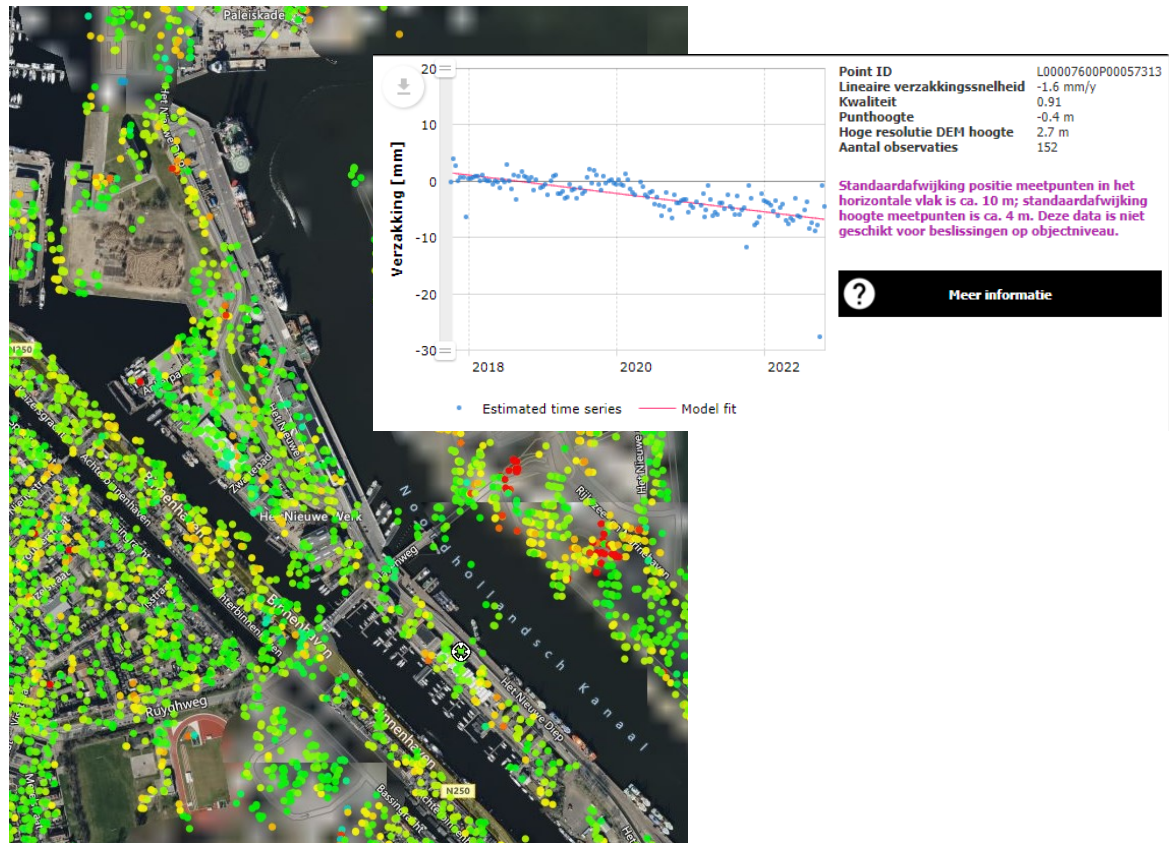
Geometrie

De *geometrie*¹ is bepaald aan de hand van AHN3 hoogte data. De selectie van de maatgevende (representatieve) geometrie is gebaseerd op basis van '*expert judgement*'.

¹ 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
4 juli 2023



Figuur 3: Weergave van gemeten bodemdaling volgens Bodemdalingskaart 2.0²

Op basis van *Bodemdalingskaart 2.0* (zie *Figuur 3*) 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 verkenningssfasen van het project *HWBP Den Helder*.

Waterstand bij de norm

De *waterstand bij de norm*³ 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*⁴. De berekende waterstand geldt voor alle belasting afhankelijke parameters: freatische lijn, stijghoogte, waterspanningsverloop en opdrukken.

Overslagdebiet

Het overslagdebiet is niet relevant voor de belastingssituatie waarbij de buitenwaartse macrostabiliteit op wordt beoordeeld.

² Bodemdalingskaart.portal.skygeo.com geraadpleegd op 4 juli 2023

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] > [Waterstand bij de Norm]

⁴ RD-coördinaten: x = 114849, y = 553141



Datum
4 juli 2023

Stijghoogte

Het niveau van de *stijghoogte*⁵ 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.

Polderpeil

Het niveau van het *polderpeil*⁶ 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*⁷ 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*⁸ (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*⁹ 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.

Freatische lijn

De *freatische lijn*¹⁰ bij de WBN is geschematiseerd conform *zandkern en samendrukbare ondergrond (conform TRWD geval 2A)*. Dit betreft een veilige default schematisering waarbij een stationair grondwaterstromingspatroon is verondersteld. Voor STBU wordt gerekend in de situatie vlak na hoogwater, waarbij de freatische waterstand in de dijk nog hoog ligt, terwijl de buitenwaterstand is gedaald naar een laag peil. De schematisatie van de freatische waterstand is gebaseerd op

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] > [Stijghoogte]

⁶ Logboek HWBP Den Helder STBU [Gedetailleerde toets STBU] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Polderpeil]

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

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

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

¹⁰ Logboek HWBP Den Helder STBU [Gedetailleerde toets STBU] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Freatische lijn]



Datum
4 juli 2023

berekeningen met de FLOW module van Plaxis. De parameters zijn gebaseerd op default waarden uit het WBI. Het is aannemelijk dat de freatische waterstand in de kern (zandig) onder maatgevende omstandigheden voor faalmechanisme STBU mee daalt met de buitenwaterstand vanwege de doorlatende eigenschappen van zand.

Verloop waterspanningen

De schematisering van het *verloop van de waterspanningen*¹¹ bij de waterstand bij de norm is voor de beoordeling van de buitenwaartse macrostabiliteit hydrostatisch verondersteld.

Verkeersbelasting

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

Enkel voor situaties waarbij de buitenwaartse macrostabiliteit is beschouwd bij de WBN is rekening gehouden met een verkeersbelasting.

Niet-Waterkerende-Objecten

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

¹¹ Logboek HWBP Den Helder STBU > [Gedetailleerde toets STBU] > [Schematisatie en berekeningen gedetailleerde toets] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Verloop van de waterspanningen]



Datum
4 juli 2023

4 Resultaten buitenwaartse 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 Noordelijke Fuik (2073)

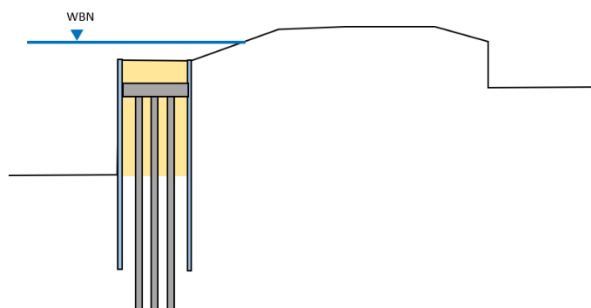
Methode

In de WBI 2017 beoordeling is geconstateerd dat de voorwand van de constructie van de *noordelijke fuik* van de Zeedoksluis (ook wel dijkvak D86_5-2) kan bezwijken tijdens een snelle val van de WBN als gevolg van een overschrijding van de vloeispanning van de damwandplank. Vanwege onzekerheden in vervolgstappen om de constructie nader te beoordelen is besloten om het dijkvak het oordeel *Voldoet Niet (VN)* te geven (HHNK, 2021a).

Vanuit de ingangstoets (HWBP, 2022) is voor de buitenwaartse macrostabiliteit geadviseerd om verder te kijken naar vervolg processen die benodigd zijn om tot functie verlies van de primaire waterkering te kunnen komen middels een faalpad analyse.

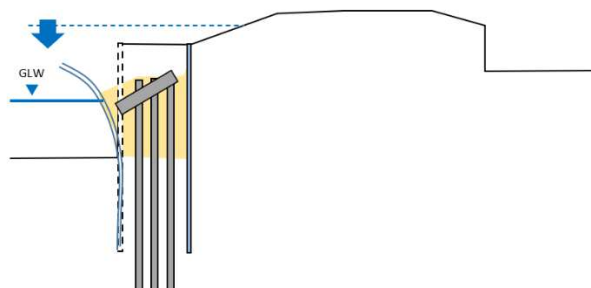
Om hier invulling aan te kunnen geven is op 21 februari 2023 is een *interne* expertsessie gehouden met specialisten van het HHNK¹² om na te gaan welke gebeurtenissen zouden kunnen plaatsvallen na het bezwijken van de voorwand.

Aan de hand van de beschikbare gegevens en resultaten uit de WBI beoordeling is het faalproces beredeneerd zoals weergegeven in *Figuur 4*, *Figuur 5* en *Figuur 6*.



Figuur 4: WBN situatie

Initieel treedt een buitenwaterstand op als gevolg van een hoogwater gebeurtenis, met een niveau gelijk aan de *Waterstand bij de Norm* waarbij het grondlichaam verzadigd raakt.



Figuur 5: snelle val van de WBN

Vervolgens treedt een snelle val van de buitenwaterstand op waarbij de buitenzijde van de waterkering maximaal belast wordt als gevolg van een vertraagde daling van de grondwaterstand. Als gevolg hiervan bezwijkt de voorwand door een overschrijding van de vloeispanning in de plank. Omdat de voorwand verankert is aan de betonnen vloer constructie, wordt verwacht dat deze enige schade zal aanbrengen aan

de vloer en mogelijk op de palen waarop deze gefundeerd is. Een bijkomend effect kan zijn dat de interne zandaanvulling, tussen de voor- en achterwand, kan verplaatsen als gevolg van de horizontale vervormingen. Omdat verondersteld wordt dat niet de gehele voorwand direct zal

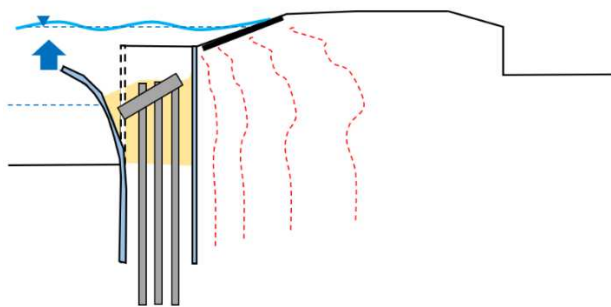
¹² dhr. N. Tenhage, dhr. T. Zonneveld en dhr. M. van der Horst waren hier bij aanwezig.



Datum
4 juli 2023

bezijken (i.e. zodanig dat deze geen tegendruk meer kan geven), is het de verwachting dat de zandaanvulling in bepaalde mate aanwezig zal blijven. Doordat de zandaanvulling niet direct wegzakt naar de onderwaterbodem (verondersteld dat deze nog enige steundruk ondervindt van de bezweken voorwand) mag worden aangenomen dat de achterwand hierdoor ook nog enige steundruk in de passieve zone ondervindt.

Hoeveel horizontale verplaats of vervorming de grond achter de achterwand ondervindt na het bezijken van de voorwand is onbekend. In het extreemste scenario is het denkbaar dat de vervormingen uiteindelijk invloed hebben op de samenhang van de asfaltbekleding op het buitentalud.

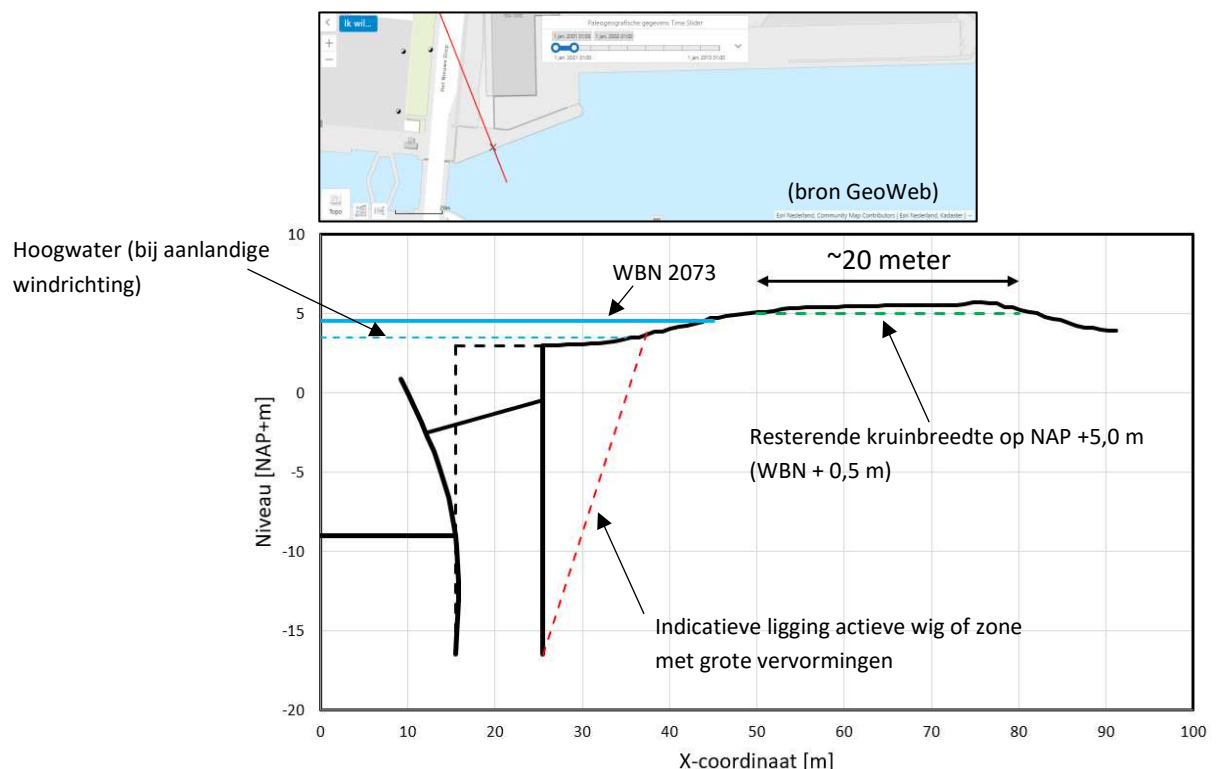


Figuur 6: 2^e hoogwater gebeurtenis binnen hersteltijd

Vanwege de ligging langs een kuststelsysteem kan niet worden uitgesloten dat een nieuwe hoogwatergebeurtenis optreedt binnen de hersteltijd, waardoor moet worden aangenomen dat de situatie zoals omschreven bij *Figuur 5* van toepassing is. Een verdere degradatie van het waterkerend vermogen kan optreden wanneer de hydraulische belastingen in staat zouden zijn om, tijdens nieuwe norm omstandigheden, het dijkprofiel verder aan te tasten.

Om tot een significante aantasting te kunnen komen van het dijkprofiel dienen golfbelastingen loodrecht of onder een bepaalde hoek met de dijk normaal plaats te vinden.

Op basis van Hydra-NL berekeningen blijkt dat aanlandige golven voorkomen bij een wind vanuit het oosten en zuidoosten. Bij deze windrichtingen zal de waterstand niet hoger komen dan NAP + 3,0 m. Het water wordt namelijk niet opgestuwd in de haven met deze windrichting, zoals dat wel gedaan wordt met wind vanuit de richting west tot noord. De golven kunnen bij deze waterstanden de asfaltbekleding niet bereiken (HHNK, 2021g).





Figuur 7: weergave dwarsdoornede noordelijke fuik met WBN

In *Figuur 7* is een doorsnede (gegenereerd in GeoWeb) weergegeven met de *beschadigde* situatie van de buitenzijde van de waterkering tijdens een 2^e hoogwater gebeurtenis met een WBN gelijk aan de ondergrenswaarde voor 2073 (NAP +4,51 m). Ook is de hoogwater buitenwaterstand volgens een afluiddig wind bij circa NAP +3,0 á NAP +3,5 meter weergegeven.

Zichtbaar is dat nog sprake is van een kruinbreedte van 20,0 meter op een niveau gelijk aan NAP +5,0 meter (circa 0,5 meter hoger dan de WBN).

Eveneens is in hetzelfde figuur ter indicatie de actieve wig weergegeven wat een zone vertegenwoordigt waar in het uiterste geval de horizontale vervormingen zich zullen concentreren na het bezwijken van de voorwand¹³. Zichtbaar is dat, afhankelijk van hoe reëel de omvang van deze zone is, sterkte vervormingen zich waarschijnlijk zullen beperken tot het kadeterrein.

Een schets van *Figuur 7* is terug te vinden in de Projectmap¹⁴.

¹³ Opgemerkt moet worden dat dit een sterkte vereenvoudiging is van de situatie en afhankelijk is van in welke mate de achterwand wordt beïnvloed door het bezwijken van de voorwand.

¹⁴ Projectmap: \\HWBP\Den Helder\10993\02 Beoordelingsporen\04 STBU\06 Stand-Alone STBU\Excel\schematisatie_noordelijke_fuik.xls



Datum
4 juli 2023

4.2 De Visafslag (2023)

Methode

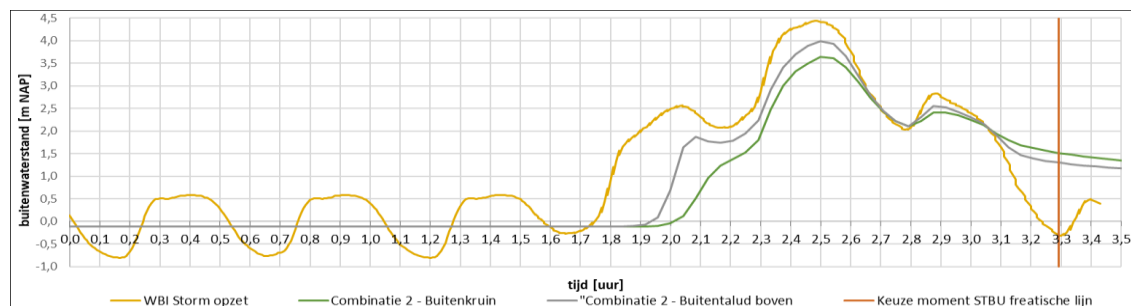
Één van de onzekerheden achter het oordeel van de buitenwaartse macrostabiliteit betreft het niveau en het verloop van het freatische grondwater gedurende de snelle daling van de *Waterstand bij de Norm*³. Vanwege het tijdsafhankelijke karakter van het freatische vlak is bij de ingangstoets geadviseerd om deze te bepalen middels een tijdsafhankelijke grondwaterstromingsberekening. Om het verloop van het freatische vlak, voor de belastingsituatie *snelle val van 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 de daling van de buitenwaterstand na de normcondities.

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, omdat deze voor 2023 niet aan de norm voldoet. 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. Op basis van deze scenario's zijn twee *Beste Guess* scenario's gekozen en gecombineerd. Hierbij is verondersteld dat de aanwezige kleibekleding een relatief hoge doorlatendheid bezit, omdat de dikte van de bekleding < 1,5 m is en daardoor gevoelig kan zijn door structuur-/ of scheurvorming.



Figuur 8: Berekende verlopen freatisch vlak voor snelle val van de WBN

In *Figuur 8* is het berekende verloop in de tijd voor twee gekozen locaties binnen het dijkprofiel (i.e. buitenkruin en buitentalud boven) weergegeven voor scenario *Combinatie 2*.

Voor een meer informatie over de bepaling van het verloop van het freatische vlak wordt verwezen naar het GIS-Logboek¹⁵.

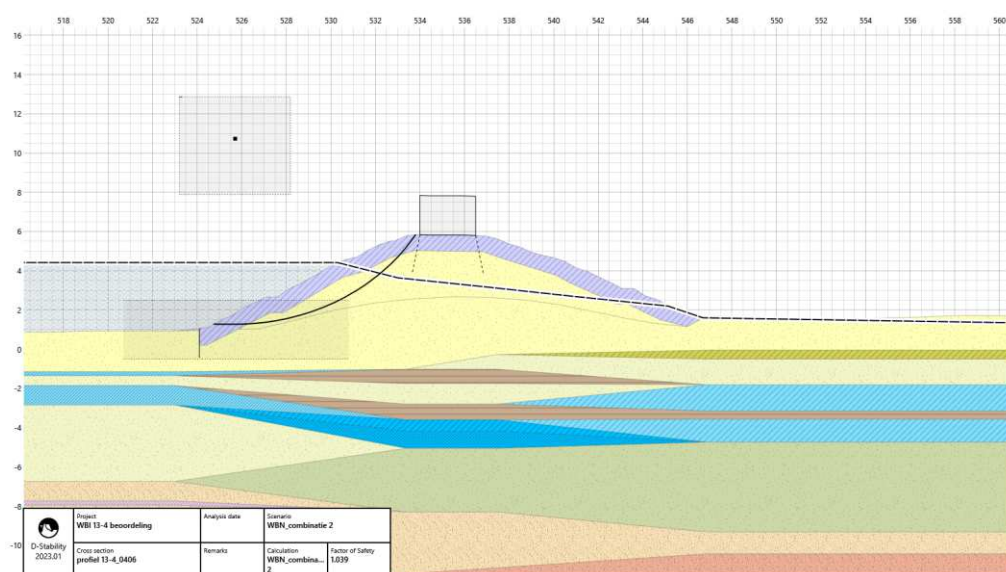
Resultaten stabiliteitsanalysen

Om na te kunnen gaan op welk moment in de tijd, het freatische vlak, de meest kritische ligging heeft met het oog op de buitenwaartse macrostabiliteit, is het verloop van het freatische vlak op drie tijdstippen overgenomen in de stabiliteitsanalyse. Om praktische redenen is gekozen om de stabiliteitsanalysen uit te voeren bij niveau's van de buitenwaterstad gelijk aan WBN - 1,0 m, -2,0 m en -3,0 m. De berekende glijvlakken zijn weergegeven in *Figuur 9*, *Figuur 10*, *Figuur 11* en *Figuur 12*.

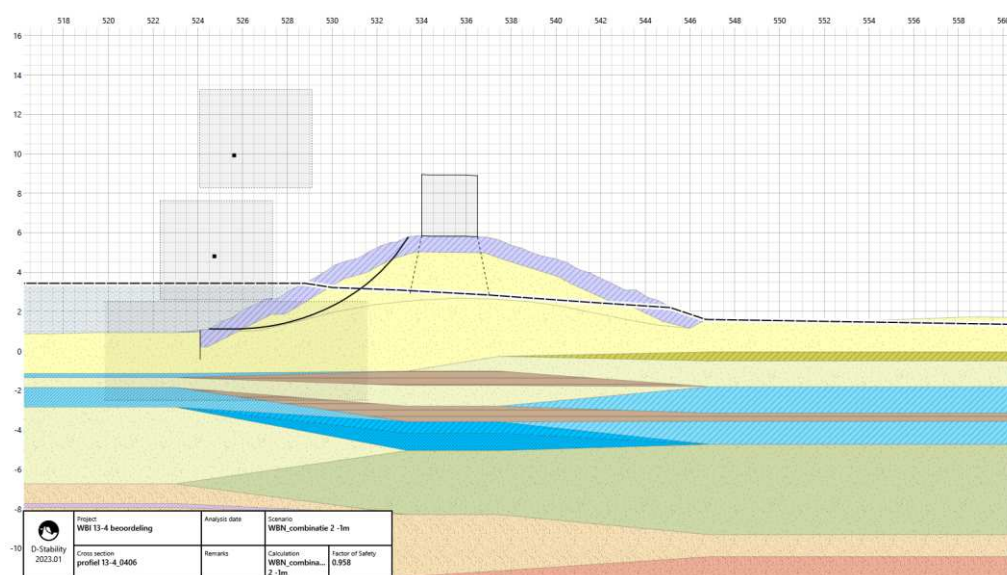
¹⁵ Logboek HWBP Den Helder STBU [Toets op Maat STBU] > [Schematisatie en berekeningen Toets op Maat] > [G2 Analyse van belasting en sterkte] > [Maatgevende profiellocatie] > [Selecteer punt] > [Rekenscenario] > [Freatische lijn]



Datum
4 juli 2023



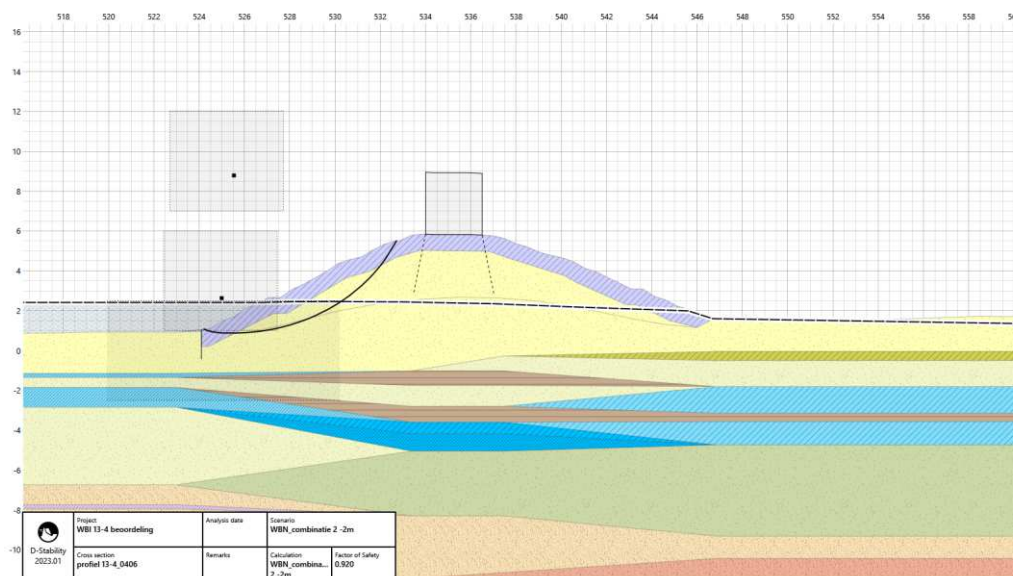
Figuur 9: berekend kritisch glijvlak bij de WBN (zonder daling) – profiel 0406



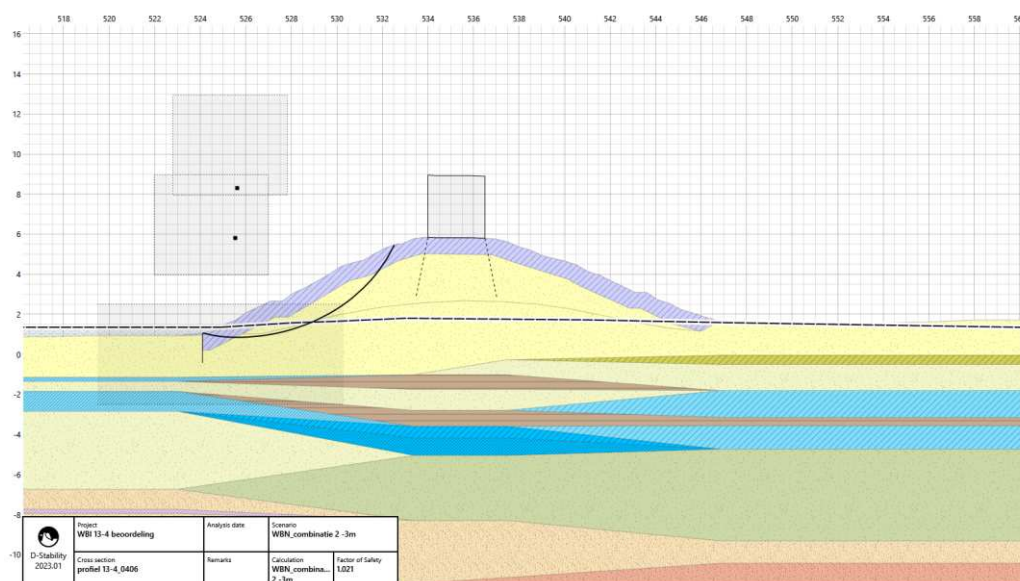
Figuur 10: berekend kritisch glijvlak voor daling vanaf de WBN met 1,0 meter – profiel 0406



Datum
4 juli 2023



Figuur 11: berekend kritisch glijvlak voor daling vanaf de WBN met 2,0 meter – profiel 0406



Figuur 12: berekend kritisch glijvlak voor daling vanaf de WBN met 3,0 meter – profiel 0406

De buitenwaartse macrostabiliteit is apart beoordeeld met behulp van de lamellen methode. De berekende veiligheidsfactoren (F_{di}) zijn met behulp van de WBI kalibratie formule (RWS-WVL, 2017) omgerekend naar een geschatte faalkans (P_f) per jaar. In Tabel 1 zijn de resultaten verzameld. De D-Stability rekenfiles zijn terug te vinden in de Projectmap¹⁶.

Tabel 1 Overzichtstabel met resultaten van stabiliteitsanalysen (STBU) Visafslag voor profiel 0406

Profiel locatie	Zichtjaar [jaar]	Scenario	F_{di} [-]	β_i [-]	$P_{f,i}$ [1/jr]	Categorie [$I_v \dots V_v$]
13-4_0406	2023	WBN ¹⁾	1.078*	4.05	2.60E-05	V_v
13-4_0406	2023	WBN -1,0 m	0.998	3.54	1.98E-04	V_v

¹⁶ Projectmap: HWPB\Den Helder\10993\02 Beoordelingsporen\04 STBU\06 Stand-Alone STBU\Visafslag\WBI_13-4_PSIG_0406_STBU_SC1_hoge buitenwaterstsd_WBN_UV.stix



Datum
4 juli 2023

Profiel locatie	Zichtjaar [jaar]	Scenario	F_{di} [-]	β_i [-]	$P_{f,i}$ [1/jr]	Categorie [I _v ...V _v]
13-4_0406	2023	WBN -2,0 m	0.961	3.31	4.65E-04	V _v
13-4_0406	2023	WBN -3,0 m	1.065	3.96	3.67E-05	V _v
1) inclusief tijdsafhankelijk verloop volgens grondwaterstromingsberekening van scenario <i>Combinatie 2</i> in Plaxis 2D.						
* onder de aanname dat tijdens de WBN <u>geen</u> zware bovenbelasting aanwezig is op de waterkering.						

Uit de gemaakte stabiliteitsanalyses volgt dat geen van de onderzochte tijdstippen van de tijdsafhankelijke daling van het buiten-/ en grondwatervniveau resulteren in een faalkans die kleiner is dan de ondergrenswaarde.

Opvallend is dat ook bij het bereiken van de WBN de stabiliteit van het buitentalud niet aan de norm voldoet. Dit kan implicaties hebben voor de hersteltijd waardoor mogelijk zelfs uit moet worden gegaan van de betrouwbaarheidseis bijbehorende bij de binnenwaartse macrostabiliteit.

4.3 De Visafslag (2073)

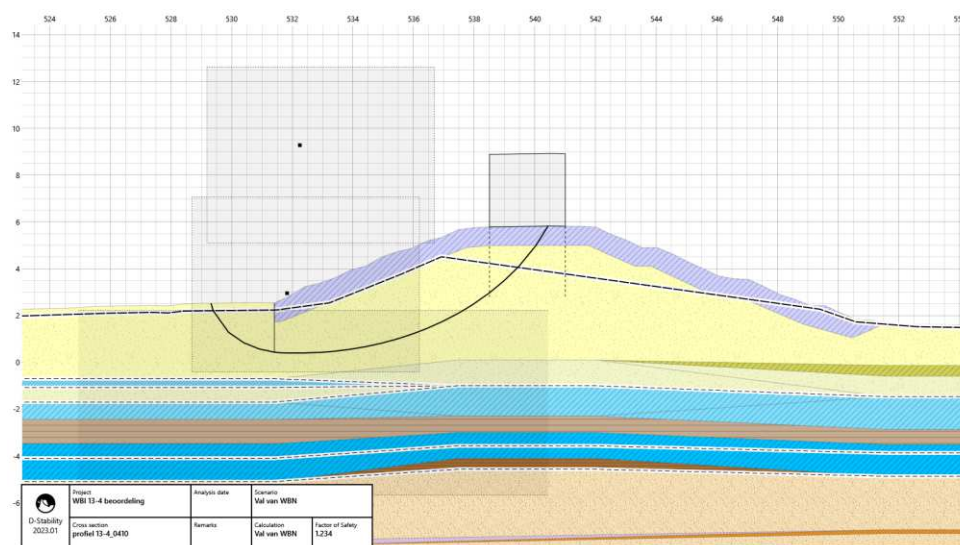
Methode

De buitenwaartse macrostabiliteit van Dijkvak D86_10-0 is nader onderzocht voor zichtjaar 2073 door rekening te houden met de zeespiegelstijging¹⁷. Voor eenvoud is hierbij uitgegaan van het W+ klimaatscenario.

De buitenwaartse stabiliteit is beschouwd voor de belastingsituatie snelle val van WBN als mede voor de situatie bij de WBN zonder verdere aanscherpingen middels bijvoorbeeld een grondwaterstromingsberekening.

Resultaten stabiliteitsanalyses

Voor zichtjaar 2073 zijn de berekende glijvlakken weergegeven in *Figuur 13* en *Figuur 14* voor respectievelijk de belastingsituatie bij een snelle val van de WBN en de situatie met de WBN.

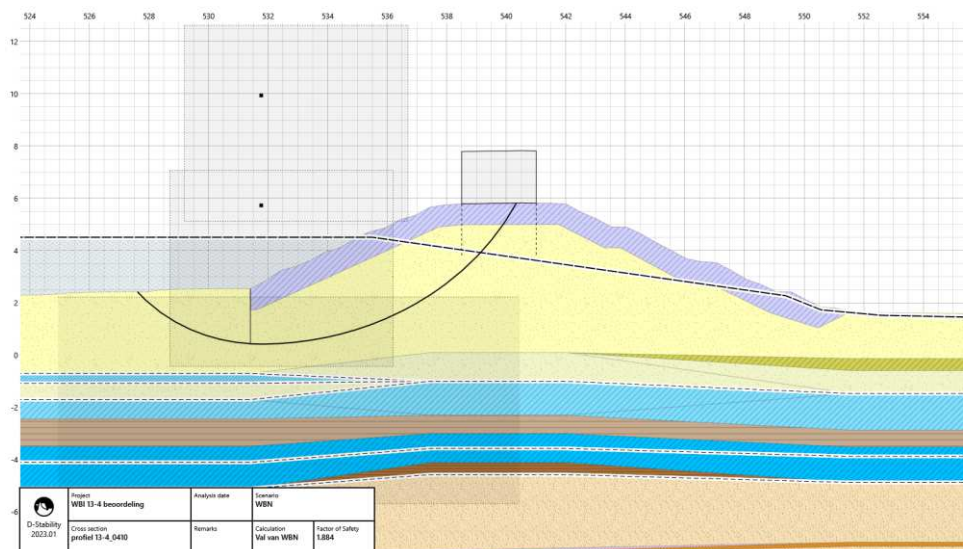


Figuur 13: berekend kritisch glijvlak bij snelle val van WBN – profiel 0410

¹⁷ Vanwege de geringe te verwachte bodemdaling is de invloed hiervan op de berekening verwaarloosd.



Datum
4 juli 2023



Figuur 14: berekend kritisch glijvlak bij de WBN (zonder daling) – profiel 0410

Uit de gemaakte stabiliteitsanalyses volgt dat geen van de onderzochte tijdstippen van de

De buitenwaartse macrostabiliteit is apart beoordeeld met behulp van de lamellen methode. De berekende veiligheidsfactoren (F_{di}) zijn met behulp van de WBI kalibratie formule (RWS-WVL, 2017) omgerekend naar een geschatte faalkans (P_f) per jaar. In *Tabel 1* zijn de resultaten verzameld. De D-Stability rekenfiles zijn terug te vinden in de Projectmap¹⁸.

Tabel 2 Overzichtstabel met resultaten van stabiliteitsanalyses (STBU) Visafslag voor profiel 0410

Profiel locatie	Zichtjaar [jaar]	Scenario	F_{di} [-]	β_i [-]	$P_{f,i}$ [1/jr]	Categorie [$I_v \dots V_v$]
13-4_0410	2073 W+	Val van WBN	1.234	5.03	2.48E-07	II _v
13-4_0410	2073 W+	WBN	1.884*	9.12	3.91E-20	II _v

* onder de aanname dat tijdens de WBN geen zware bovenbelasting aanwezig is op de waterkering.

4.4 Het Nieuwe Diep 1

Voor Het Nieuwe Diep 1 zijn geen nadere analyses uitgevoerd geweest.

4.5 Het Nieuwe Diep 2 (2023)

Methode

Voor Het Nieuwe Diep 2 zijn analyses uitgevoerd naar (1) de invloed van het freatische vlak gedurende of na de snelle daling van de *Waterstand bij de Norm*³ en naar (2) de vorm en ligging van een diep gelegen glijvlak.

Voor de invloed van het freatische vlak zijn gevoeligheidsberekeningen gemaakt naar de invloed van verschillende niveau's en verlopen van het freatische vlak op de buitenwaartse macrostabiliteit.

¹⁸ Projectmap: HWBP\Den Helder\10993\02 Beoordelingsporen\04 STBU\06 Stand-Alone STBU\Visafslag\ WBI_13-4_PSIG_0410_STBU_SC1_2073_W+_UV.stix

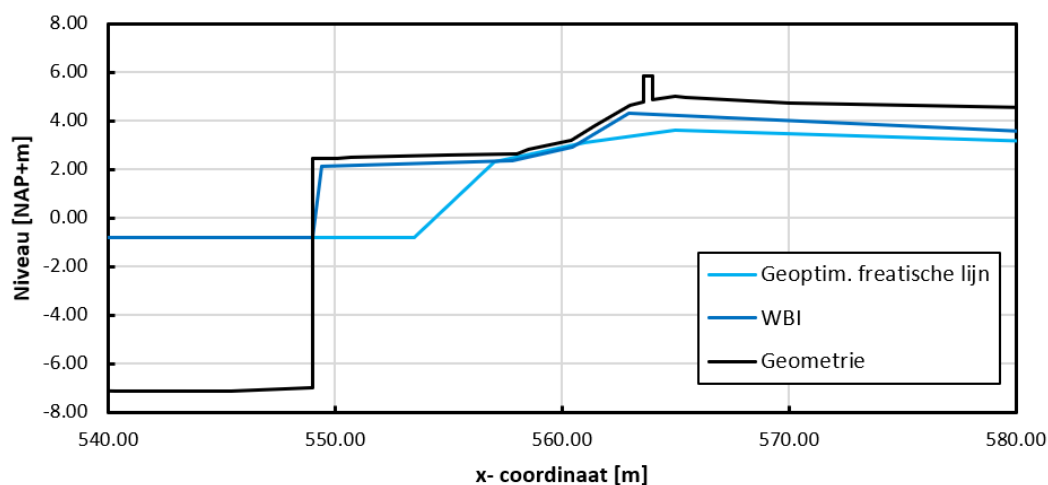


Datum
4 juli 2023

Voor de controle van de vorm en ligging van een diep gelegen glijvlak is een oriënterende analyse uitgevoerd geweest middels een *Eindige Elementen Methode* in Plaxis 2D. Hierbij zijn aanwijzingen opgevolgd geweest uit de *POVM Publicaties* (POVM, 2020a) (POVM, 2018). Opgemerkt moet worden dat het een *oriënterende* berekening betreft waarbij voor enkele aspecten aannamen¹⁹ zijn gedaan en niet alle toet stappen (i.e. constructief falen en falen grond-constructie-interactie) zijn doorlopen zoals verlangt binnen de *POVM Publicaties*.

Resultaten invloed freatische vlak bij snelle val WBN bij Het Nieuwe Diep 2

In de WBI beoordeling is een veilige schematisatie van het freatische vlak¹⁰ en de waterspanningen¹¹ aangehouden om de belastingsituatie *snelle val van de WBN* te kunnen benaderen. Omdat de ligging van het freatische vlak tijdens een snelle val van de WBN onzeker is, zijn om deze reden gevoeligheidsberekeningen gemaakt naar de veiligheidsfactor bij verschillende liggingen en verlopen van het freatische vlak. Specifiek is bekeken hoeveel gunstiger, ten opzichte van de gehanteerde schematisatie in de WBI 2017 beoordeling, de freatische lijn dient te liggen wil de buitenwaartse macrostabiliteit kunnen voldoen aan de faalkanseis bij de ondergrens. Hierbij moet worden opgemerkt dat het gehanteerde verloop van het freatische vlak is *opgelegd* in het model en niet is berekend of voorspeld middels bijvoorbeeld een grondwaterstromingsmodel. Hoe het grondwater draineert tijdens of *snelle val van de WBN* blijft een onzekere factor. De gehanteerde schematisatie betreft hiermee een *beste inschatting* van het verloop.



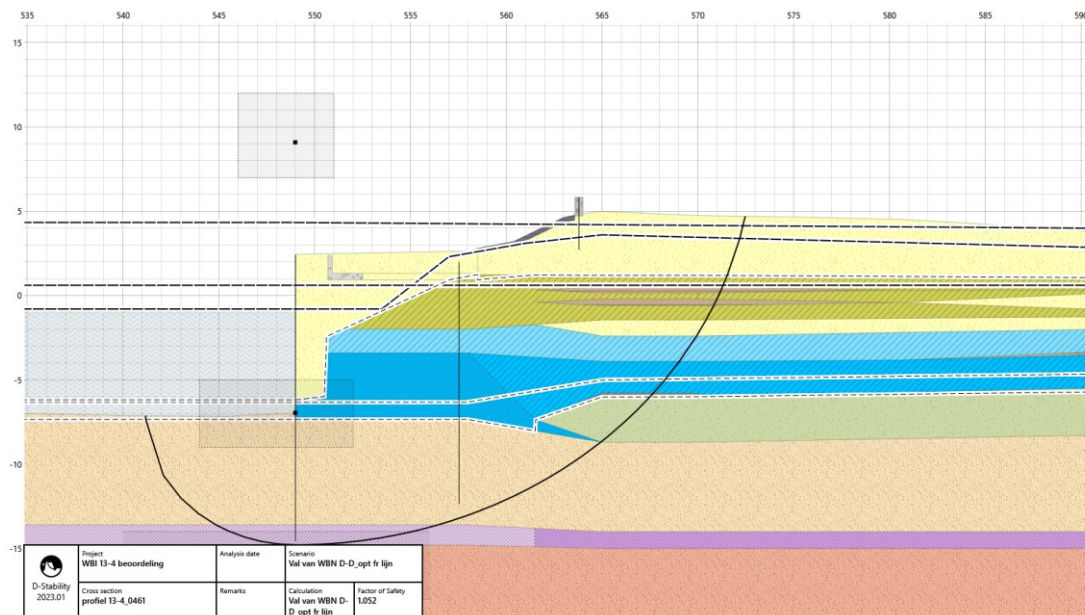
Figuur 15: weergave dwarsprofiel met verschil in verloop freatisch vlak tussen WBI 2017 en gevoeligheidsberekening

In *Figuur 15* zijn de schematisatie van het freatische vlak conform de WBI 2017 beoordeling (donker blauw) en het verloop waarbij de buitenwaartse macrostabiliteit net aan de ondergrens voldoet (licht blauwe lijn) weergegeven. Zichtbaar is dat de grootste versoepeling is aangenomen vlak achter de kadeconstructie met de veronderstelling dat de drainage in de constructie goed werkt. Ter hoogte van de kruin is nog verondersteld geweest dat het grondwater wat blijft *hangen* anticiperend op een mogelijk slechtere drainerend vermogen door van de aanwezigheid van de achterwand. Uit de berekening volgt dat de schematisatie, zoals weergegeven in *Figuur 15*, precies van voldoen aan de faalkanseis bij de ondergrens.

¹⁹ Aannemen zijn gedaan in de E-moduli voor de zandlagen en stijfheid van de verankering.



Datum
4 juli 2023

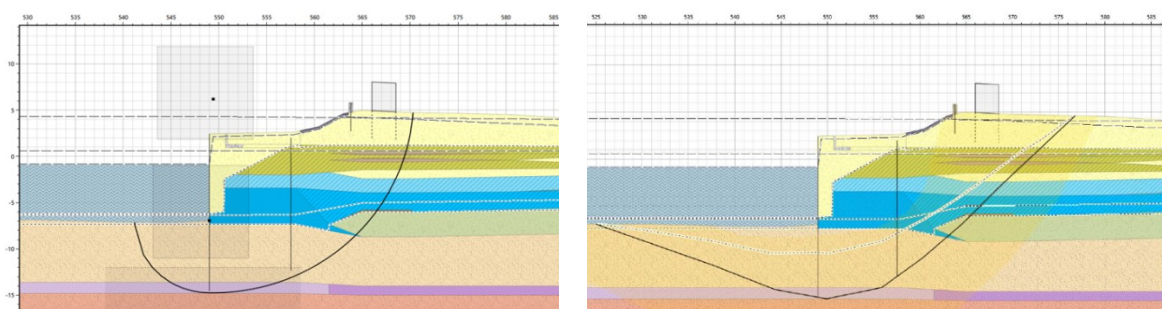


Figuur 16: weergave van berekend kritisch glijvlak met versoepelde ligging freatisch vlak

De gevoeligheidsberekening is terug te vinden in de Projectmap²⁰.

Resultaten vorm en ligging glijvlak Het Nieuwe Diep 2

In de WBI beoordeling is geconstateerd dat de keuze van het glijvlak model een significante invloed heeft op de ligging van het kritische glijvlak en de bijbehorende veiligheidsfactor. Zo resulteerde het Uplift Van model (zie links in *Figuur 17*) in een $F_d = 0,947$ en het model Spencer van der Meij (zie rechts in *Figuur 17*) in $F_d = 1,085$).



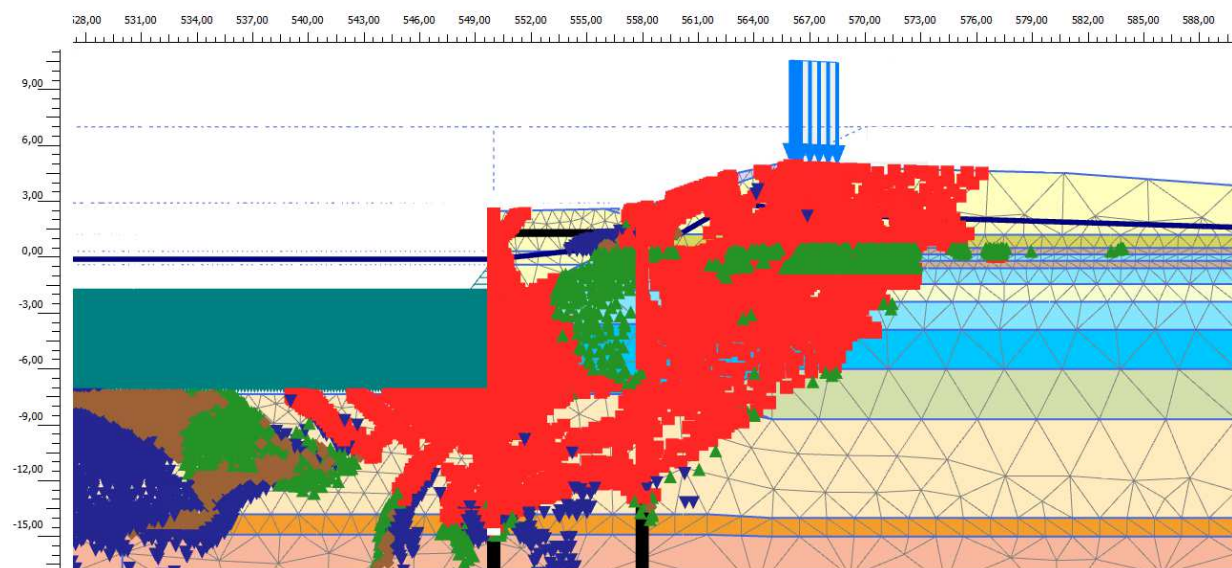
Figuur 17: weergave glijvlak model Uplift Van (links) en glijvlak Spencer van der Meij (rechts)

In de stabiliteitsanalyse wordt de vorm van het glijvlak van Uplift Van *opgelegd* in tegenstelling tot het model van Spencer van der Meij waarbij de vorm en ligging van het glijvlak volgt uit bepaalde vrijheden in het zoekgrid. Echter is de juistheid van het gevonden glijvlak van Spencer van der Meij lastiger te controleren, omdat deze afhankelijk is van de aangenomen ligging van het zoekgrid. Uit de analyse volgt voor het model Uplift Van een vrij gekromde en kort passief deel van het glijvlak, in tegenstelling tot het model van Spencer van der Meij waar uit een rechte en lange passieve deel van het glijvlak werd gevonden.

²⁰ Projectmap: HWBP\Den Helder\10993\02 Beoordelingsporen\04 STBU\06 Stand-Alone STBU\D-Stability\Nieuwe Diep II\WBI_13-4_PSIG_0461_STBU_SC1_2073_Fr. volderet_UV.stix



Datum
4 juli 2023



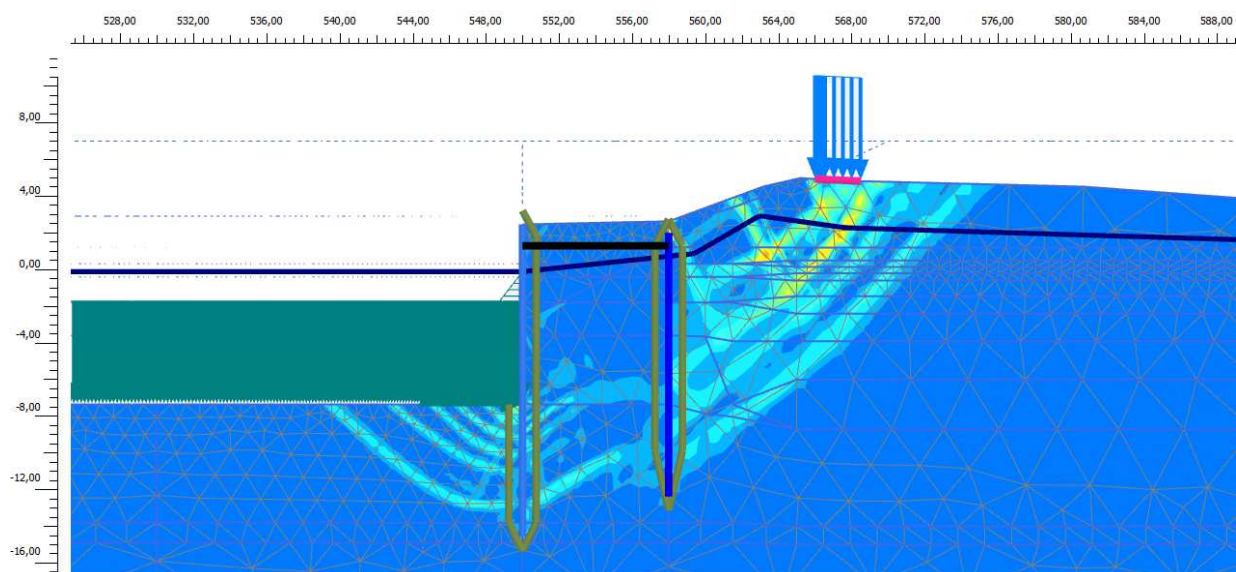
Figuur 18: weergave ontwikkeling glijvlak (plastische faalpunten) tijdens Fase 5 van Plaxis 2D model

Om een indruk te krijgen van de meest *aannemelijke* vorm en ligging van het glijvlak op het moment van falen, is een Plaxis 2D model van Het Nieuwe Diep 2 opgesteld geweest conform de fasering volgens de *POVM Publicaties*.

Tijdens Fase 5 (Switch SHANSEP constructieve toets) bezweek het model echter al als gevolg van de hoge ligging van het freatische vlak. In *Figuur 18* zijn de plastische faalpunten van Fase 5 weergegeven. Zichtbaar is dat het passieve deel van het glijvlak relatief gekromd en kort is, vergelijkbaar met het model van Uplift Van.

Om Fase 7 (bezwijkfase) te kunnen doorlopen is het verloop van het freatische vlak *versoepeld* aangenomen ten opzichte van de oorspronkelijke WBI schematisatie van het freatische vlak¹⁰.

Vervolgens is het model tot bezwijken gebracht middels een sterkte-reductie factor ΣM_{sf} in Fase 7. Het ontwikkelde glijvlak bij de laatste rekenstap is weergegeven in *Figuur 19*.



Figuur 19: weergave incrementele deviatorische vervorming $\Delta\gamma_s$ (glijvlak) tijdens Fase 7 van Plaxis 2D model



In het figuur is eveneens zichtbaar dat het passieve deel van het glijvlak, op het moment van bezwijken, gekromd en relatief kort is.

Het Plaxis 2D rekenbestand van de oriënterende berekening van Het Nieuwe Diep 2 is terug te vinden in de Projectmap²¹.

²¹ Projectmap: HWBP\Den Helder\10993\02 Beoordelingsporen\04 STBU\06 Stand-Alone STBU\Plaxis 2D\



Datum
4 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 ten tijden van een *snelle val van de WBN* als mede te kijken naar vervolg processen die benodigd zijn om tot falen te komen.

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 buitenwaartse macrostabiliteit voor de afgekeurde dijkvakken binnen de Havendijk.

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

5.1 De Noordelijke Fuik

In de WBI2017 beoordeling is geconcludeerd dat de buitenwaartse macrostabiliteit van de Noordelijke Fuik van de Zeedoksluis een te hoge faalkans heeft. Dit is gebaseerd op het resultaat van gemaakte damwandberekeningen waarbij is geconcludeerd dat bij een *snelle val van de WBN* de vloeispanning van de voorwand kan worden overschreden.

Vanuit de ingangstoets is geadviseerd om de buitenwaartse macrostabiliteit nader te beoordelen middels een faalpadanalyse waarbij rekening wordt gehouden met vervolgprocessen die benodigd zijn om te komen tot functieverlies van de waterkering.

Intern is een expertsessie gehouden waarbij een *Best Guess* scenario aan gebeurtenissen is geschetst. Hierbij zijn de volgende punten beredeneerd:

- De voorwand dient te bezwijken bij een snelle val van de WBN.
- Indien de voorwand bezwijkt op een overschrijding van de vloeispanning, zal waarschijnlijk nog enige restcapaciteit aanwezig zijn om de grondaanvulling gedeeltelijk te kunnen keren. Dit zijn de ervaringen op basis van de *Eemdijkproef*.
- Door de gedeeltelijke ondersteuning van de zandaanvulling wordt de achterwand niet maximaal belast en zal nog in bepaalde mate in staat moeten zijn om het grondlichaam te kunnen keren.
- Onder de aanname dat het opnemen van alle horizontale krachten moet plaats vinden via de achterwand, kunnen vervormingen aan de actieve zijde van de achterwand worden verwacht. Afgaande op de zone van de actieve wig kan verwacht worden dat de vervormingen zich beperken tot het kadeterrein.
- Om tot een verdere aantasting van het dijkprofiel te kunnen komen dienen golfbelastingen loodrecht of onder een hoek met de dijk normaal plaats te vinden. Deze golven kunnen alleen plaats vinden bij een aanlandige windrichting. Vanwege de ligging van de haven, waarin opstuwung van de waterstand niet simultaan kan plaatsvinden met aanlandige windzal de waterstand maximaal NAP +3,0 meter kunnen worden. Bij deze waterstand wordt de asfaltbekleding niet belast, waardoor aantasting van de asfaltbekleding of het dijkprofiel uit zal blijven (HHNK, 2021g).

Op basis van verschillende argumenten en overwegingen is op basis van expert judgement vastgesteld dat de faalkans van de Noordelijke Fuik **voldoende** klein is.



Datum
4 juli 2023

5.2 De Visafslag

De Visafslag bestaat uit dijkvakken D86_9-2 en D86_10-2 volgens de indeling afkomstig uit de WBI 2017 beoordeling. Van deze twee dijkvakken voldoet D86_9-2 niet aan de norm voor 2023. Aanvullende *tijdsafhankelijke* grondwaterstromingsanalyses zijn gemaakt om beter rekening te kunnen houden met de daling van de grondwaterstand met de daling van de buitenwater. Uit deze analyses volgde echter dat de faalkans van de buitenwaartse macrostabiliteit, specifiek voor dijkvak D86_9-2, hiermee **niet** kon worden aangescherpt. Opvallend volgde uit de analyse dat de buitenwaartse macrostabiliteit bij WBN al niet aan de faalkanseis bij de ondergrens voldoet.

Dijkvak D86_10-2, welke wel voldeed aan de norm voor 2023, is nader beoordeeld geweest voor zichtjaar 2073. Uit de stabiliteitsanalyse volgt dat de stabiliteit van het buitentalud ook in 2073 naar verwachting nog zal **voldoen** aan de ondergrenswaarde.

5.3 Het Nieuwe Diep 1

Het Nieuwe Diep 1 (ook bekend als dijkvak D86_13-0) voldoet in de WBI 2017 beoordeling niet aan de norm. De constructie is onder de huidige condities afgekeurd op basis van een gecorrodeerde damwandscherm langs het water. Er zijn voor dit dijkvak geen aanvullende analyses uitgevoerd en blijft het oordeel conform de WBI beoordeling.

5.4 Het Nieuwe Diep 2

Het Nieuwe Diep 2 (ook bekend als dijkvak D86_14-0) voldoet in de WBI 2017 beoordeling niet aan de norm. Aanvullende analyses zijn gemaakt naar de invloed van een versoepeld verloop van het freatisch vlak als mede de onzekerheid in de correctie vorm en ligging van het glijvlak.

Uit de berekening volgt dat, uitgaande van een goede drainage van het grondwaterniveau achter de voorwand van de kade constructie, de buitenwaartse macrostabiliteit kan voldoen aan de faalkanseis bij de ondergrens. Hiermee wordt nog niet voldaan aan de faalkanseis behorende bij de signaleringswaarde. Het uitgangspunt van een goede drainage achter de voorwand is niet vanzelfsprekend. Het is onzeker hoe het freatische grondwaterniveau zal dalen ten tijden van een snelle val van de WBN, omdat de achterwand toestroom richting het kanaal beperkt en het drainerend vermogen van de drainage constructie vlak achter de voorwand onbekend is.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat een versoepeling van de schematisatie van het freatische vlak mogelijk is, echter dat hiermee nog niet direct aan de signaleringswaarde kan worden voldaan. Daarnaast speelt de onzekerheid ten aanzien van het drainerend vermogen een belangrijke rol die onzeker is.

In Plaxis 2D zijn aanvullende analyses gemaakt naar de vorm en ligging van het glijvlak, omdat deze in de WBI beoordeling afhankelijk bleek te zijn van het gekozen glijvlak model. De Plaxis 2D berekening wijst uit op de ontwikkeling van een glijvlak die qua vorm en ligging beter lijkt te passen bij het glijvlak zoals deze met de methode Uplift Van wordt bepaald.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat de veiligheidsfactor bijbehorende het model Uplift Van terecht is.

Er is voor Het Nieuwe Diep 2 niet aanvullend gekeken naar een faalpadanalyse, omdat de locatie grenst aan een *kustsysteem* waarbij de kans aanwezig is dat meerdere hoogwateren achter elkaar



Datum
4 juli 2023

kunnen optreden en daardoor niet eenduidig rekening kan worden gehouden vervolgschade en met hersteltijd.

Voor het Nieuwe Diep 2 wordt geconcludeerd dat deze op de korte termijn als de lange termijn **niet** aan de norm voldoet.

Versie	Datum	Auteur(s)	Review
1.0	4 juli 2023	N. Tenhage	@@

6 Referenties

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, 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 Macrostabiliiteit.

POVM, 2020a. *POVM Eindige-elementenmethode*, Tiel: POV Macrostabiliiteit.

RWS-WVL, 2014. *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen - OI2014, versie 2.0, definitief*, sl: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.

RWS-WVL, 2016. *Schematiseringshandleiding Macrostabiliiteit*, 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 Macrostabiliiteit*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

RWS-WVL, 2021. *Schematiseringshandleiding Macrostabiliiteit*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.