

Gemeente Terschelling

Herontwikkeling Schylgerhaven Terschelling Constructieve veiligheid Veerhavenplein

29 augustus 2024
Z036001-RAP-003-01
DEFINITIEF

Herontwikkeling Schylgerhaven Terschelling

Constructieve veiligheid Veerhavenplein

Verantwoording

Document Z036001-RAP-003-01
Revisie 01
Status DEFINITIEF
Datum 29-08-2024
Aantal pagina's 29
Auteur(s) ir. E.W. Hitalessy, ir. B.C.N. Stikvoort
Autorisatie ing. K.W. Walhout

Opdrachtgever Gemeente Terschelling
Contactpersoon ing. P.E. Dijkstra
Adres Postbus 14
8880 AA TERSCHELLING
Nederland



Colofon

Organisatie Ingenieursbureau Walhout Civil BV
Bezoekadres Wagenmakerstraat 5b
2984 BD RIDDERKERK, NL
Statutaire zetel Nieuwstraat 49
4331 JK MIDDELBURG, NL
Telefoon +31 (0) 118 851 011
E-mail info@walhoutcivil.com
Website www.walhoutcivil.com

Vrijgave

Revisie	Auteur(s)	Paraaf	Datum	Autorisatie	Paraaf	Datum
00	ir. E.W. Hitalessy		30-08-2024	ing. K.W. Walhout		30-08-2024
01	ir. E.W. Hitalessy		10-09-2024	ing. K.W. Walhout		10-09-2024

© Copyright 2024 Ingenieursbureau Walhout Civil BV - Dit document is eigendom van de Opdrachtgever en mag enkel gebruikt worden voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de Nederlandse wetgeving met betrekking tot intellectuele eigendom en De Nieuwe Regeling (DNR 2011, herz. 2013). De auteursrechten blijven berusten bij Ingenieursbureau Walhout Civil BV. © Copyright 2024 Ingenieursbureau Walhout Civil BV - This document is property of the Client and may be used only for the purpose for which it is made in compliance with the Dutch legal rights relating to intellectual property and The New Rules (DNR 2011, revision 2013). The copyrights shall remain vested with Ingenieursbureau Walhout Civil BV.

Managementsamenvatting

Kades worden erop ontworpen dat ze lang standhouden. Meestal ligt de **levensduur** tussen de vijftig en honderd jaar. Omdat het vervangen van een kade erg duur is, loont het om te onderzoeken in hoeverre een kade nog gebruikt kan worden. Soms is er een andere aanleiding om te onderzoeken of een kade verouderd is of dat er iets mis is met bepaalde bouwdelen. Bijvoorbeeld wanneer er gaten ontstaan in een kade of wanneer het kadeterrein langzaam verzakt. De levensduur van een kade is dan ook **bepalend voor de veiligheid van de kade en haar gebruikers**. Zo kunnen gaten, verzakkingen of losbrekende bouwdelen een direct gevaar vormen voor de gebruikers. Op basis van specialistische metingen en modelberekeningen kan een betrouwbare inschatting worden gemaakt van de resterende sterkte en veiligheid van de kade.

De kade aan de dwarskade bestaat uit een verticale damwanden (platgevormde stalen planken) die de grond en het water moeten tegenhouden. In de bodem zitten horizontale verankeringen (stalen trekstangen) om ervoor te zorgen dat de kade recht blijft staan. De verankering is gekoppeld aan de oude kades die vermoedelijk in 1952 zijn aangebracht. Dit maakt dat de constructies uit het verleden technisch nog onderdeel uitmaken van de huidige constructie.

In dit onderhavige rapport is gekeken naar de **sterkte** (wanneer gaat de kade kapot), **deformatie** (wanneer gaat de kade verzakken of vervormen) en de **stabiliteit** (wanneer raakt de kade uit evenwicht). Voor het onderzoek zijn inspecties, archiefonderzoek en metingen uitgevoerd. Vervolgens is onderzocht op welke wijze de kade kan falen en is de kade met complexe rekenprogrammatuur berekend en getoetst conform de huidige wetgeving.

Uit het onderzoek blijkt dat de damwandconstructie nog voldoende restcapaciteit heeft om de krachten op te kunnen nemen voor de komende vijftien jaar. Er is momenteel nog voldoende reststerkte aanwezig en de roestvorming in momenteel minder dan dat de norm voorschrijft. **Derhalve voldoet de kade niet aan de gestelde stabiliteits-, en vervormingseisen**. Er zijn grote ontgrondingskuilen voor de kade aanwezig die er voor zorgen dat de damwandplanken onvoldoende in de bodem ingeklemd worden. Ook beweegt de kade richting de waterkant bij het belasten als gevolg van de oude kadeconstructies waar de huidige damwand aan vastgezet is. Deze worden omgetrokken en geven steeds vaker verzakkingen en ontgrondingskuilen. Deze signalen geven aan dat de kadeconstructie opnieuw naar stabiliteit zoekt en verplaatst. De huidige staat van de kades is daarmee ongeschikt voor het afmeren van schepen incl. belasting op de landzijde én valt volgens de norm onder het afkeurniveau. Dientengevolge is het niet langer toegestaan om de kade (zonder aanpassingen) te gebruiken en/of onderdeel uit te laten maken van het publieke domein. Nadere beheersmaatregelen zijn noodzakelijk en dienen verder verkend en ontworpen te worden.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doelstelling	5
1.3	Projectlocatie	5
1.4	Versiebeheer.....	5
1.5	Inrichting van het advies.....	6
1.6	Opzet van het rapport.....	6
1.7	Opmerkingen vooraf	7
2	Achtergronden	8
2.1	Reconstructie Willem Barentszkade.....	8
2.2	Veersteiger voor de MS Koegelwieck	9
2.3	Aanpassing gebruik	9
2.4	Inmeting	9
2.5	Constructieopbouw	10
2.6	Normen, voorschriften en richtlijnen.....	10
2.7	Software	11
2.8	Constructieve uitgangspunten.....	11
3	Toetsingskader	12
3.1	Doelstelling van de toetsing	12
3.2	Algemene aanpak	12
3.3	Toetsingsmethodiek	12
3.4	Eisen toetsing	13
4	Ontwerp van het model	14
4.1	Uitgangspunten.....	14
4.2	Toegepaste modelfasering	18
5	Onderzoeksresultaten	22
5.1	Algemeen	22
5.2	Maatgevend moment.....	22
5.3	Verplaatsing van damwand.....	22
5.4	Maatgevend moment.....	24
5.5	Aanvullende analyse.....	24
5.6	Effect van ontgroningen	26
6	Conclusie en aanbevelingen.....	27
6.1	Technische toestand	27
6.2	Aangetroffen schadebeelden.....	27
6.3	Damwandsterkte	27
6.4	Kades zijn niet geschikt voor het beoogd gebruik	27
6.5	Aanbevelingen.....	28

1 Inleiding

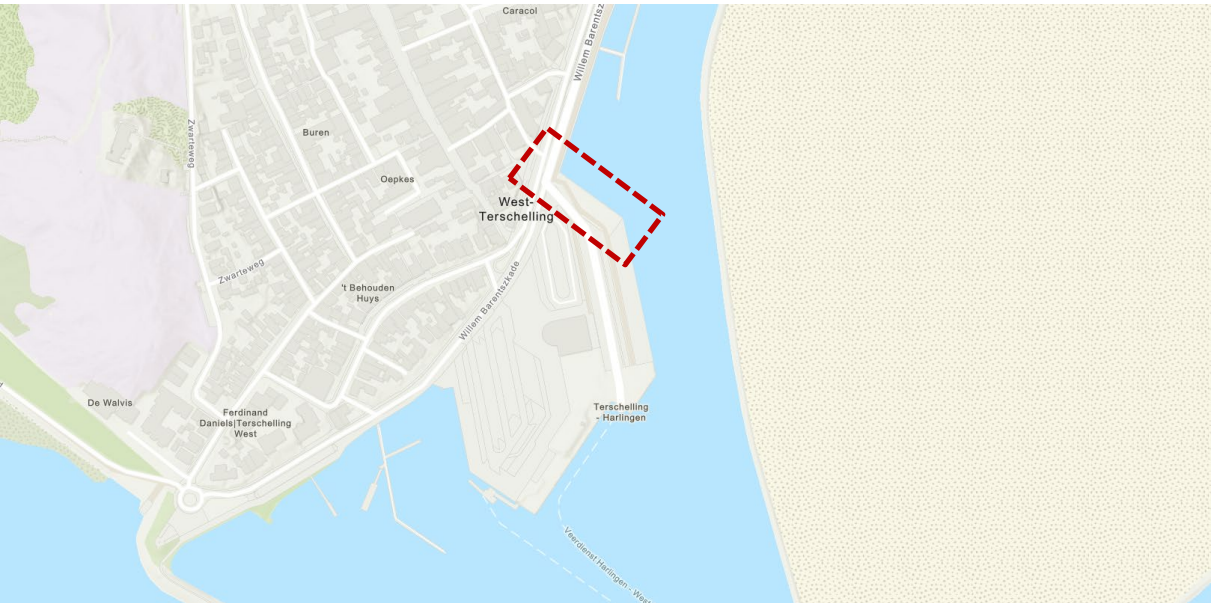
1.1 Aanleiding

Gemeente Terschelling heeft in het verleden meerdere onderzoeken laten uitvoeren naar de resterende levensduur van de kadeconstructie ter plaatse van het Veerhavenplein (dwarskade t.b.v. de Koegelwiek) te Terschelling. Recent zijn er meerdere verzakkingen in het terrein ontstaan. Op basis hiervan heeft de gemeente aan Walhout Civil gevraagd om een analyse uit te voeren naar de constructieve veiligheid van de kadeconstructie. De constructieve veiligheid kan beoordeeld worden op basis van een herbeoordeling zoals bedoeld in de NEN 8700. Hieruit volgt een beoordeling van de constructieve staat en inzicht in de mogelijke maatregelen om de kadeconstructie veilig te houden.

1.2 Doelstelling

Voortbouwend op het werk dat door de gemeente is uitgevoerd, is Walhout Civil gevraagd om een advies te geven over de constructieve veiligheid. Het doel is tot een advies te komen met daarin een beoordeling van de constructieve staat om de veiligheid van de kadeconstructie te waarborgen en inzichten te verschaffen in de vervolgaanpak.

1.3 Projectlocatie



Figuur 1 Plangebied Veerhavenplein (Koegelwiek) te Terschelling, [Bron: ArcGIS Maps, 2024]

1.4 Versiebeheer

Documentnummer	Status	Omschrijving of toelichting
Z036001-RAP-003-00	Concept	Eerste conceptversie
Z036001-RAP-003-01	Definitief	Aangevuld met managementsamenvatting

1.5 Inrichting van het advies

De onderzoeks aanpak is vormgegeven op basis van het voorstel van Walhout Civil met aanvullingen van het projectteam Schylgerhaven. Dit resulteert in de volgende aanpak:

Fase 1: Bureaustudie en voorbereiding

De eerste stap bestaat uit een startbespreking met de opdrachtgever en een afstemming over de onderzoeks aanpak. Na de eerste bespreking is een beknopt archiefonderzoek uitgevoerd om alle relevante gegevens te verzamelen. Op basis van de beschikbare gegevens is er een inspectie uitgevoerd naar de projectlocatie.

Fase 2: Onderzoek en modellering

Op basis van het bureau onderzoek is het gehele archief gedigitaliseerd door middel van PLAXIS. De opbouw van de kadeconstructies is hiermee inzichtelijk gemaakt. De verworven data is geanalyseerd en geïnterpreteerd in geavanceerde geotechnische modules van PLAXIS. Op basis van een constructieve toets wordt bepaald in welke mate de constructies al dan niet voldoen aan de minimale ondergrens van de norm.

Fase 3: Constructieve beoordeling

De uitkomsten van het onderzoek en modellering zijn bij elkaar gebracht en intern geëvalueerd. De feedback is in een interview besproken en toegelicht. Dit heeft geleid tot extra belastingcombinaties van bepaalde onderdelen in het rekenmodel.

Fase 4: Eindrapport

Tot slot is het rapport opgesteld en beschreven in het voorliggende rapport, inclusief de aanbevelingen voor de korte en lange termijn. Het eindrapport is opgeleverd aan de opdrachtgever en wordt medio september gepresenteerd aan het projectteam Schylgerhaven.

1.6 Opzet van het rapport

Het verloop, de resultaten en het onderzoek van Walhout Civil is samengevat in het voorliggende rapport. Het rapport is op de volgende manier opgebouwd:

- **Initieel:** hoofdstuk twee geeft een definiëring van de achtergronden en welke constructie is getoetst en beoordeeld;
- **Proces:** hoofdstuk drie gaat in op het toetsingskader, afwegingen en niveau van toetsen;
- **Ontwerp:** hoofdstuk vier en vijf tonen de wijze waarop het model is ontworpen, de afwegingen die gemaakt zijn om het model op te bouwen, geometrie en invoerparameters;
- **Beoordeling:** hoofdstuk zes presenteert de gevonden resultaten uit de modellering en geeft een technische duiding aan de sterkte, doorbuiging en krachtswerking;
- **Concluderend en afrondend:** hoofdstuk zeven bevat de conclusies en beschrijft de voorgenomen stappen.

1.7 Opmerkingen vooraf

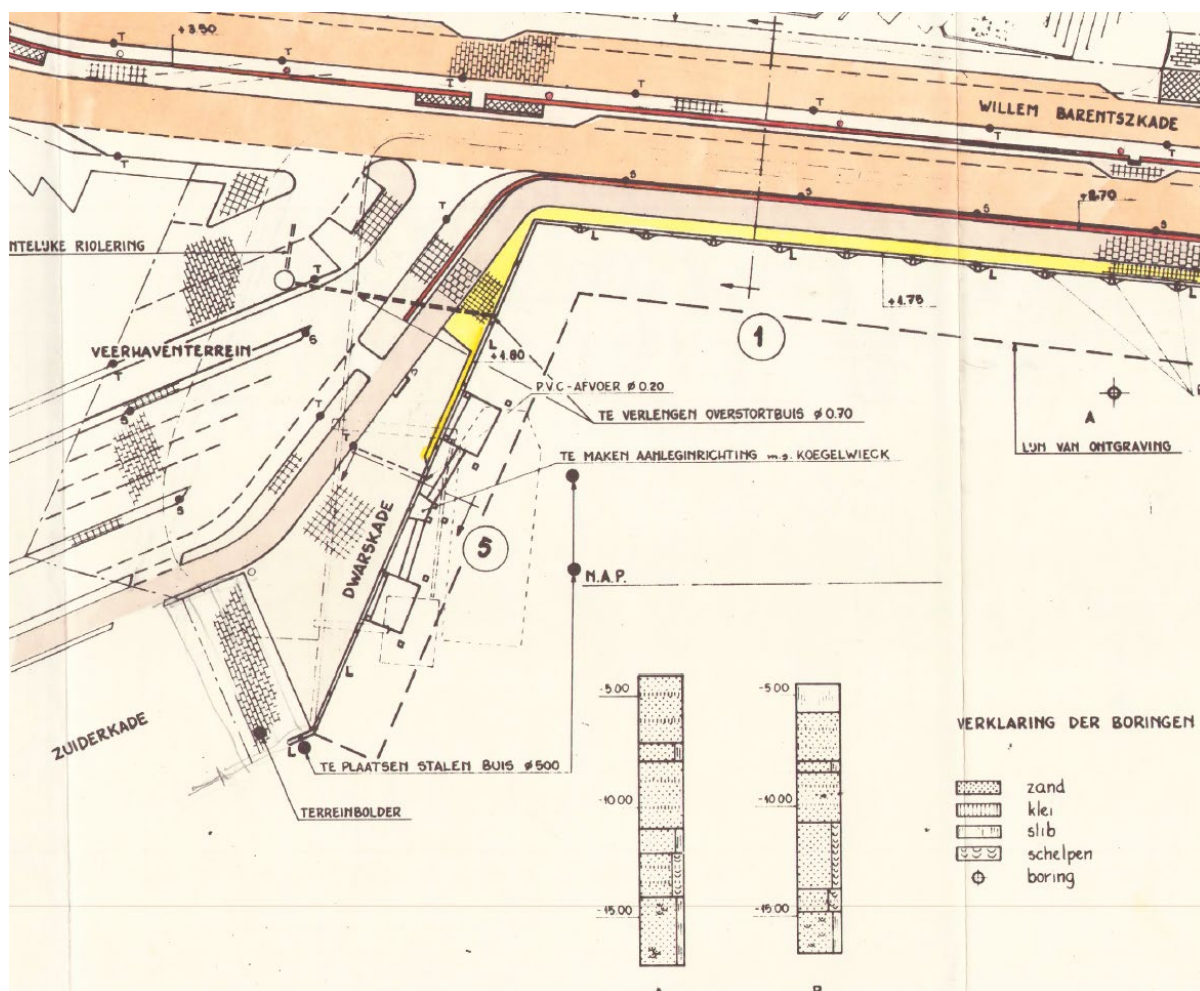
- 1) De werkzaamheden van Walhout Civil zijn gestart in juli 2024 en in september 2024 afgerond. Ons rapport is gebaseerd op eerdere aanbevelingen over de constructieve sterkte, de schriftelijke documentatie, gesprekken en werksessies.
- 2) De informatie in dit rapport is gebaseerd op bureau-onderzoek en non-destructief (veld)onderzoek op basis van de beschikbare documentatie en de werksessies en weerspiegelt onze zienswijze daarop. Bij het opstellen van dit rapport hebben wij vertrouwd op de juistheid en volledigheid van de verworven informatiebronnen en verworven resultaten uit de veldonderzoeken, zonder deze onafhankelijk te hebben geverifieerd. Een groot deel van de gegevens is afkomstig van gezaghebbende organen en instanties.
- 3) De aard van de werkzaamheden houdt in dat wij geen inhoudelijk oordeel vormen over de eerder uitgevoerde werkzaamheden van derden en ons beperken tot informatie, die op basis van de normen verworven is en verifieerbaar blijft.
- 4) De constructies zijn beoordeeld op basis van de geldende normen in 2024. Immers, de constructie moet nu voldoen aan de actuele veiligheidsniveaus, sterkte-eisen en normen. Hoewel deze normen strenger zijn dan die van 1982, op grond waarvan de huidige constructies zijn gebouwd, moet erkend worden dat de omstandigheden tegenwoordig anders zijn dan in 1982. Dit rechtvaardigt het gebruik van de huidige normen voor de berekening.
- 5) De projectlocatie is gesitueerd ter plaatse van een waterkering. Echter maakt de kademuur geen onderdeel uit van de waterkering. Er wordt dan ook geen toets uitgevoerd of voldaan kan worden aan de gestelde faalkansnorm.
- 6) Het lezen van de beoordeling van een technisch complexe constructie vraagt om enige mate van voorkennis van de constructie en beoordelingssystematiek. De auteurs gaan er dan ook vanuit dat de lezer voorkennis heeft en de informatie wordt in dat licht gepresenteerd.

2 Achtergronden

2.1 Reconstructie Willem Barentszkade

In 1982 heeft Rijkswaterstaat, directie Friesland, een reconstructie uitgevoerd aan de Willem Barentszkade. Hierbij werd tevens de aanleg van de huidige situatie gerealiseerd. Binnen het project reconstructie F-1531 werd de kade opnieuw ingericht als een dwarskade. Op deze dwarskade is een speciale voorziening gebouwd voor het schip de eerste Koegelwieck. Deze afzonderlijke aanlegvoorziening staat op een eigen constructie, waardoor deze technisch gezien geen onderdeel uitmaakt van de kadeconstructie.

Tijdens de reconstructie werden nieuwe damwandplanken voor de oude kadeconstructie geplaatst. Door het verlengen van de bestaande ankers werden de nieuwe damwandplanken verankerd. Hierdoor blijft de constructie nog steeds verbonden aan de oudere kadestructuren uit 1952.



Figuur 3 Bestekstekening overzicht Dwarskade met aanleginrichting

2.2 Veersteiger voor de MS Koegelwieck

In 1992 wordt de eerste Koegelwieck vervangen door de MS Koegelwieck. In datzelfde jaar wordt de aanleginrichting aangepast naar een nieuwe voorziening. Deze voorziening is als een op zichzelf staand ontwerp gerealiseerd. De kade wordt sindsdien uitsluitend gebruikt voor de ontsluiting van passagiers. Van de aanlegvoorziening uit 1992 zijn echter geen gegevens beschikbaar.

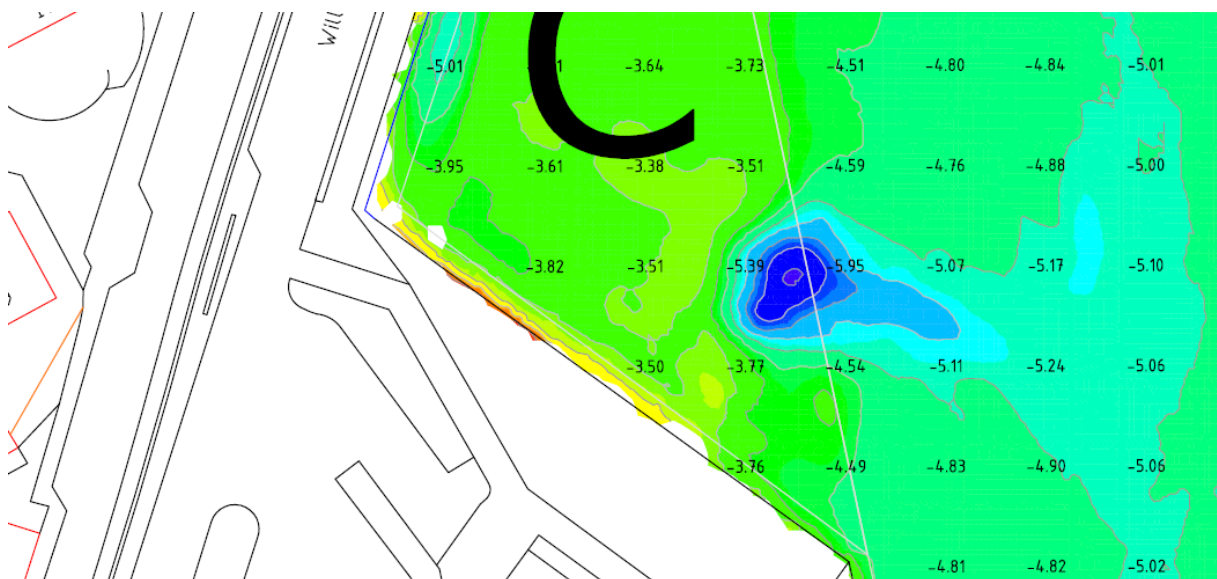
2.3 Aanpassing gebruik

Vanaf 2018 wordt de veerinrichting (aanleginrichting) verwijderd en wordt de kade gebruikt voor recreatief doeleinden in het gebied. Regelmatig worden er klippers afgemeerd aan de kade, vaak in meerdere lagen. De bovengrondse inrichting wordt deels aangepast om publiek toegankelijk te zijn. Bij de verandering van het gebruik in 2018 is er geen herbeoordeling uitgevoerd zoals beschreven staat in de NEN 8707.

In 2017 heeft Adonin Advies, Ontwerp & Inspecties B.V. een analyse uitgevoerd naar aanleiding van staaldiktemetingen. Hieruit bleek dat, *"Gezien de ontwerprandvoorwaarden uit de jaren '80 alsmede het ontbreken van damwandberekeningen, geen oordeel over de restlevensduur kan worden gegeven. Verwacht mag worden dat de damwand praktisch gezien een technische levensduur van minimaal 50 jaar heeft en vervanging niet voor 2030 hoeft te worden voorzien."* Uit de analyse zijn verder geen nadere acties uitgevoerd.

2.4 Inmeting

In 2017-2018 wordt een multibeammeting uitgevoerd om de exacte bodemligging ter plaatse van de Dwarskade in beeld te brengen. Het bodempeil ter plaatse van de Dwarskade is ontworpen op een diepte van -4,0 m NAP. Aan het einde van de Dwarskade is de bodem echter dieper dan -4,0 m NAP. Daarnaast zijn er aanzienlijke ontgrondingen geconstateerd. Deze ontgrondingen zijn vermoedelijk ontstaan door de MS Koegelwieck. De ontgrondingskuil is dieper dan -6,5 m NAP. Vermoedelijk zijn deze ontgrondingen tot op heden nog aanwezig.



Figuur 4 Uitsnede uit de peilkaart 2017-2018

Voor de actuele lijst met Eurocode (sub)delen wordt verwezen naar:

<https://www.nen.nl/bouw/constructieve-veiligheid/eurocodes/overzicht-eurocodes>

2.6.2 Voorschriften, richtlijnen en overige documenten

CUR166, Damwandconstructies, Deel 1&2, 6 ^e druk	Rotterdam: SBRCUR	2012
Quay Walls, Second Edition, Publicatie 211E	Rotterdam: SBRCUR	2014
Inland Waterways - Ports, Waterways and Inland Navigation	Groenveld, R., Verheij, H.J. & Stolker, C.	2008
Ports and Terminals, Second Edition	Ligteringen, H. & Velsink, H.	2017
EAU 2012, Rec. of the Committee for Waterfront Structures	Essen: Deut. Gesellschaft für Geotechnik	2015

2.6.3 Rangorde

In geval van tegenstrijdigheden tussen normen, richtlijnen, voorschriften eisen of dergelijke is de onderstaande rangorde van toepassing. Per definitie prevaleren Eurocodes voor alle andere normen, voorschriften of richtlijnen. Daarnaast gaan recente uitgaves van de normen, voorschriften of richtlijnen altijd voor vroegere uitgaves.

De volgende rangorde is van toepassing:

[1] EN / EC / NEN-EN (NB)	Europese normeringen, met Nationale Bijlagen
[2] NEN / Bouwbesluit	Normeringen (niet zijnde Eurocodes) en bouwtechnische voorschriften
[3] CUR / CROW / BRL publicaties	Richtlijnen, voorschriften en aanbevelingen met technische regels en afspraken
[4] Wetten / verordeningen / plichten	Technische eisen uit provinciale, waterstaatkundige en gemeentelijke besluiten
[5] Klant / systeemeisen / PVE	Aanvullende eisen en richtlijnen van de opdrachtgever en/of stakeholders

2.7 Software

De berekeningen in deze rapportage zijn opgesteld met behulp van de volgende programmatuur:

- Microsoft Office & Excel 365
- PLAXIS, V22

2.8 Constructieve uitgangspunten

Om voldoende veiligheid te waarborgen valt de constructie in een toegewezen gevolgklasse. CC2 omschrijft een constructie met *"Matige tot geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of zeer grote economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving."*

Aspect	Waarde	Norm
Gevolgsklasse	CC2	NEN-EN 1990
Referentieperiode	15 jaar	NEN 8700
Restlevensduur bij goedkeuring	15 jaar	NEN 8700
Restlevensduur bij afkeuring (in combinatie met veiligheidsmaatregelen)	1 jaar	NEN 8700

3 Toetsingskader

3.1 Doelstelling van de toetsing

Gemeente Terschelling wil inzicht krijgen in de beheers- en herstelmaatregelen om de kadeconstructie de komende periode veilig te houden en duidelijkheid te krijgen over de constructieve sterkte van de kadeconstructie. Het algemene uitgangspunt is dat alle functionaliteiten, zoals belastingen, zoals deze ten tijde van het onderzoek waren of van de constructies verwacht mogelijk worden, in stand blijven.

3.2 Algemene aanpak

Voor het uitvoeren van het onderzoek naar de constructieve veiligheid is een studie gedaan naar alle bekende gegevens van de kadesecties, op basis van de rapporten, tekeningen en veldonderzoeken. Tevens zijn er in het verleden staaldiktemetingen en geotechnische onderzoeken uitgevoerd. Vervolgens is met interpolatie en 'reversed engineering' vastgesteld wat de technische staat was van de kadesecties tijdens de beoordelingsperiode. De kadeconstructies zijn beschouwd bij aanlegniveau met de effecten van het gebruik anno nu.

3.3 Toetsingsmethodiek

Elke geotechnische constructie of kade moet zo zijn getoetst dat geen enkele relevante grenstoestand zoals vastgesteld in de NEN-EN 1990 en NEN 9997-1+C2 wordt overschreden. Hierbij dient er onderscheid te worden gemaakt tussen de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) en de uiterste grenstoestand (UGT). De BGT is de toestand waarin de constructie nog steeds gebruikt kan worden voor het beoogde doel zonder dat er sprake is van onaanvaardbare vervormingen, doorbuigingen of andere gevolgen die de bruikbaarheid en het comfort voor gebruikers beïnvloeden, of esthetisch ongemak veroorzaken. De UGT is de toestand waarin de constructie dreigt te bezwijken of waarin de veiligheid van de constructie in gevaar komt. De sterkte, stabiliteit en draagkracht van de constructie moeten voldoende zijn om de belastingen op te nemen. Het betreffen hier maximale belastingen of extreme omstandigheden die de constructie kan ondervinden. Kortom, de constructie dient niet alleen sterk genoeg te zijn om te voorkomen dat deze bezwijkt (UGT), maar ook dat deze comfortabel en veilig te gebruiken is voor de beoogde doeleinden (BGT).

Voor de herberekeningen zijn de Eurocodes voor de kadesecties uit 2017 en de NEN 8707:2018 voor de kadesecties uit 1996-1999 toegepast. Opgemerkt wordt dat de NEN 8707 valt onder de Eurocodes. Het verschil tussen deze normen is dat er in de Nederlandse NEN 8707 voor oudere grondkerende constructies gereduceerde partiële factoren toegekend mogen worden om de onzekerheden van de grootte van de belasting en de constructie in rekening te brengen. Partiële factoren zijn percentages waarmee bijvoorbeeld de normbelasting wordt vergroot zodat deze altijd zal voldoen. Zo wordt een belasting van 10 kN/m² en een factor 1,3 voor de berekening 13 kN/m². Voor oudere constructies mogen lagere partiële factoren worden toegekend. Dus: hoe ouder de constructie is hoe lager het te verwachten veiligheidsniveau wordt, aangezien oudere kades minder lang mee hoeven te gaan dan nieuwe kades.

Het overschrijden van de toelaatbare draagkracht (UC-waarden) zoals vastgesteld in de Eurocode is een kritische factor bij de beoordeling van constructies. Als deze waarden worden overschreden, kan de constructie worden afgekeurd. De

Eurocode stelt strikte normen om de veiligheid en stabiliteit van bouwwerken te waarborgen. Als bij een beoordeling de UC-waarden worden overschreden, duidt dit op een potentieel gevaarlijke situatie waarbij de integriteit van de constructie in het geding is. In dergelijke gevallen zijn maatregelen en aanpassingen nodig om ervoor te zorgen dat de constructie weer voldoet aan de norm, zodat de veiligheid gegarandeerd kan worden.

3.4 Eisen toetsing

De berekeningsresultaten zijn getoetst aan specifieke eisen, welke eerder zijn vastgesteld tijdens de voorbesprekingen. Op basis van de toetsingen kan een oordeel worden gevormd m.b.t. de constructieve veiligheid. De volgende eisen zijn aangehouden:

ONDERDEEL	EIS
Maximaal moment (sterkte) damwand	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$
Verplaatsing damwand nominale waarde volgens NEN 9997-1, art. 2.4.9.	$d_{max} \times 1,20^* \leq 44 \text{ mm}$
Verplaatsing damwandpunt	$d_{PPN} \times 1,20^* \leq 15 \text{ mm}$
Overall stabiliteit kadeconstructie	$S_f > 1,3$

** volgens de CUR 166, artikel 3.3.10 moet de representatieve waarde van de parameters, zonder parameters zijn berekend. Omdat PLAXIS zonder partiele factoren wordt uitgerekend, wordt er wel een partiele factor toegepast.*

Conform de eisen van RWS mag een kadeconstructie niet meer deformeren dan 50 mm of 1/200 van de maximaal te keren hoogte. De maximaal kerende hoogte bedraagt 8,80m. De maximale vervorming is dan 44 mm.

4 Ontwerp van het model

4.1 Uitgangspunten

4.1.1 Inleiding

Een kadeconstructie omvat een complexe, flexibele constructie, vooral wanneer oude kaderestanten en funderingen in de ondergrond meewerken in de krachtswerking en stabiliteit. Ieder kadeonderdeel heeft eigen specifieke geotechnische randvoorwaarden en aansluitingsvoorwaarden tussen de hoofdwand, verankering en de restanten. Om deze complexiteit terug te brengen tot een eenvoudig te analyseren constructie, is de analyse uitgevoerd in de maatgevende doorsnede van de desbetreffende kadesectie. De onderstaande uitgangspunten en randvoorwaarden zijn toegepast in de modellering.

4.1.2 Algemene uitgangspunten

- **Toegepaste software:** de modellering is uitgevoerd in PLAXIS 2D (Bentley Systems).
- **Mesh EEM-model:** De afmetingen van het eindige-elementen-model zijn zodanig gekozen dat de modelranden geen invloed hebben op de resultaten. PLAXIS maakt gebruik van mesh-elementen die verfijnd kunnen worden. In het model is ervoor gekozen om een fijne mesh toe te passen, zodat er een nauwkeurig resultaat is verkregen.
- **Mohr-Coulomb Soil Model:** in een eerder onderzoek is gebruik gemaakt van een zogenaamd Mohr-Coulomb Soil (MC) Model. Het MC-model is een eenvoudige 'eerste-orde-benadering' voor grondgedrag. Aanbevolen wordt om het MC-model te gebruiken als eerste analyse voor een te beschouwen probleem. Het MC-model wordt gekenmerkt door een overgang van lineair-elastisch naar perfect plastisch grondgedrag, op basis van MC-bezwijkcriterium.
- **Hardening Soil Model:** In dit onderhavige onderzoek is het Hardening Soil (HS) Model toegepast. In vergelijking met het MC-model is het HS-model een geavanceerder model voor de simulatie van grondgedrag. Voorwaarde voor het toepassen van het HS-model is dat bodemstijfheid veel nauwkeuriger dient te worden beschreven door gebruik te maken van verschillende invoerstijfheden. Hierdoor wordt er rekening gehouden met de spanningsafhankelijkheid van de stijfheidsmoduli. In de modellering zijn de volgende kenmerken toegevoegd:
 - Variabele spanningsafhankelijke stijfheden
 - Plastische rek ten gevolge van primaire deviatorische belasting
 - Plastische rek ten gevolge van primaire isotrope belasting
 - Pré-consolidatiespanning
 - Bezwijkgedrag volgens de MC methode

Het spannings-rekgedrag bij een spanningspad voor (schuif)belasting van de grond worden bepaald op basis van geotechnische triaxiaalproeven. Dergelijk onderzoek is voor de modellering niet beschikbaar. De E_{50}^{ref} en de E_{oed}^{ref} zijn dientengevolge volgens de NEN9997 toegepast. Zie ook paragraaf 4.1.5.

- **Falen verankeringen of gordingen:** het falen van verankeringen (ankerfalen) of gordingen is in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. Hetzelfde geldt voor de ankerstang, koppelstangen en bouwdelen van het ankerscherm.

4.1.3 Belastingen en belastingscombinaties

- **Functies kades:** tijdens de beoordeling hebben de kades een gemengde functiebestemming voor onder meer havengerelateerde bedrijven, laad- en losvoorzieningen, en bevoorrading van scheepvaart. Tevens hebben de kades een dubbelbestemming als waterkering. De haven zelf heeft een waterfunctie, waarbij de gronden zijn toegewezen voor onder meer ligplaatsen, bevoorrading van de beroeps-, en recreatievaart en waterkeringen.
- **Maatgevende belastingcombinatie:** de maatgevende belastingcombinatie ontstaat in een periode dat er belasting op de kade staat in combinatie met laagwater aan de voorzijde van de damwandconstructie.
- **Ontwerpbelasting:** de ontwerpbelasting is vastgesteld op 20 kN/m² maaiveldbelasting, werkend over de breedte van het kadeterrein, doch maximaal 10 meter (overige lengte heeft geen invloed meer op de kade). De ontwerpbelasting ligt in lijn met havengebruik, laad-, op- en overslag en beroepsvaartschepen.
- **Toetsingskader waterkeringen:** er worden geen toetsingen uitgevoerd in het kader van de waterkering.

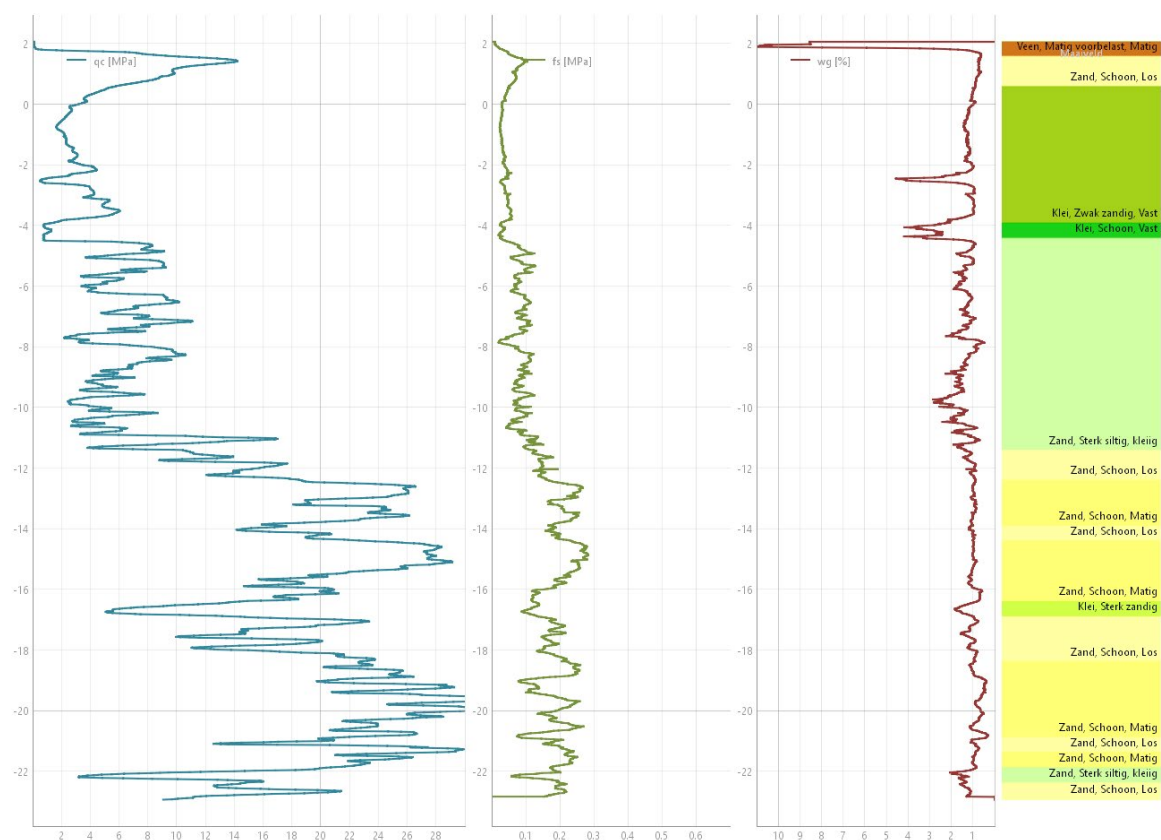
4.1.4 Geometrische uitgangspunten

- **Geometrie:** de hoofdmaatvoering zoals beschikbaar is uit het dossier worden één op één overgenomen in de modellering. Eventuele lokale of incidentele schades aan de (hoofd)constructies worden buiten beschouwing gelaten.
- **Waterbodemdiepte voor de kade:** in lijn met het ontwerp wordt de kadeconstructie getoetst op een waterdiepte van -4,0 m NAP. Er worden geen extra onderhoudsmarges gehanteerd, bij de toetsing wordt dan ook niet conform de CUR 166 extra 30 cm onnauwkeurigheidsmarge aangehouden. Dit om er voor te zorgen dat de kadeconstructie niet direct stuk gerekend wordt als gevolg van de grote marges en factoren. In een separate analyse wordt nog een analyse gemaakt van het werkelijke bodemprofiel om de effecten van de ontgrondingskuilen inzichtelijk te krijgen.

4.1.5 Geotechnische uitgangspunten

- **Geotechnisch onderzoek:** de grondopbouw en grondparameters in de modellering zijn bepaald op basis van geotechnisch onderzoek in 2021 (Koops Grondmechanica). De grondparameters zijn afgeleid overeenkomstig de NEN 9997. De classificaties van de grondparameters zijn vastgesteld op basis van NEN-EC 7 Tabel 2b.
- **Grondlagen:** een grondlaag wordt pas geclassificeerd als grondlaag wanneer de laagdikte meer dan 0,30 meter voorkomt en groter wordt dan de in de norm toegekend parameters.
- **Grondwaterspanningen:** waterspanningen in diepere grondlagen worden buiten beschouwing gelaten om het effect van de getijdebewegingen en peilfluctuaties in de haven nauwkeurig te modelleren.
- **Ontgroningen, bodemdaling en bodemgedrag:**
 - Uit visuele inspecties en op aangeven van de gemeente zijn in het verleden ontgroningen vastgesteld. De grondlagen worden als homogene grondlaag gemodelleerd.

- Er wordt geen rekening gehouden met een bodemdaling. Dergelijke daling is verwaarloosbaar en treedt in het volledige gebied op en is daarom niet relevant. Ook kan het kruipgedrag van de grondsoorten in de tijd niet gemodelleerd worden. Dergelijke aspecten zijn buiten beschouwing gelaten.
- De damwanden worden verondersteld geen schelpwerking te hebben.
- **Overige geotechnische uitgangspunten:**
 - De dilatantiehoek is gelijk aan nul gesteld in verband met non-associatief gedrag. Er wordt verondersteld dat er geen volumeveranderingen optreden tijdens de maximale rek.
 - Er worden geen aparte veiligheidstoelagen toegepast voor de geotechnische waarden. Het uitgangspunt is dat deze verdisconteerd zijn door de conservatievere benadering van de gekozen grondparameters uit de NEN9997.
- **Maatgevende bodemprofiel:**



4.1.6 Geohydrologische uitgangspunten

- **Freatische grondwaterlijn:** de freatische lijn wordt direct beïnvloed door de dagelijks optredende getijdebeweging op de Waddenzee. De freatische lijn volgt met een kleine vertraging in het achtergelegen grondpakket. Visueel is vastgesteld dat de damwanden op bepaalde locaties watervoerend zijn, hetgeen de impact van peilfluctuaties in de op de freatische lijn versterkt. In het achterliggende grondlichaam zal de freatische lijn opgebeld zijn. Er vindt dan ook per getijdebeweging een volledige verzadiging van het grondpakket plaats.

- **Inundatie-effecten:** de kadeconstructies kunnen volledig inunderen bij het optreden van de maximale waterstand.. De freatische lijn wordt gemaximeerd op een hoogte net onder de deksloof van de kadeconstructie. De freatische lijn kan bij het overstromen van de kadeconstructie derhalve niet hoger gemodelleerd worden dan de maximale constructiehoogte. De schematisatie van de freatische lijn tijdens val na hoogwater (en een maximale grondwaterstand) wordt op een veilige manier gemodelleerd. De maximale val wordt gelimiteerd tot -1,40 m NAP, hetgeen een vastgesteld gemiddelde is van de laagwaterstand. Opgemerkt wordt dat het freatische vlak zal meedalen met het buitenpeil bij val na hoogwater, afhankelijk van de waterdoorlatendheid en (deels beschikbare) drainage van de kade. Optredende effecten moeten worden vastgesteld door middel van een geohydrologisch onderzoek; voor dit onderzoek is gerekend met de beschikbare waarden.
- **Stijghoogtes:** de stijghoogtes in het watervoerende pakket onder dagelijkse omstandigheden en bij val na hoog water worden in de dwarsrichting (horizontaal verondersteld) gedraineerd. Verondersteld wordt dat de stijghoogtes bij de volgende getijdebeweging weer genormaliseerd zijn. Er is geen fictief intredepunt voor de stijghoogte bepaald. Het intredepunt wordt bepaald voor de macrostabiliteit van de kadeconstructie.
- **Hydrologische aspecten:** zeespiegelstijging, lokale peilverhoging door opwaaiing en golfbelasting op de kades zijn buiten beschouwing gelaten. Dergelijke aspecten geven een peilverhoging op de maximale waterstand in de haven van Terschelling. Echter is deze situatie niet maatgevend, omdat er dan sprake is van volledige inundatie.

4.1.7 Corrosie en staaldikteafname

- **Staaldiktes hoofdwanden:** de staaldiktes van de damwandconstructie zijn gemeten in 2017 en vervolgens berekend en geïnterpoleerd naar de toekomst. Voor het vaststellen van de corrosie-aantasting voor de toekomst (15 jaar) zijn de corrosiesnelheden en staaldikte afnames ontleend aan de tabel 9.2 uit de CUR 166. Gelet op de metingen is de afname van staal op de hoofdwand minimaal, de effecten zijn dan ook verwaarloosbaar.
- **Staaldiktes verankering:** voor de staaldikte van de verankering, zoals de ankerstang, koppelstang, legankers of het ankerscherm, en de voormalige constructies of funderingsrestanten in de ondergrond zijn de corrosiesnelheden uit de CUR 166 Damwandconstructies aangehouden (zie hierboven).
- **Materiaalverlies:** het materiaalverlies is doorgerekend over de damwandplank. Er is uitgegaan van een uniforme staaldikteafname. In de praktijk is dit niet het geval, vanwege imperfecties van de damwanden, wals-afwijkingen, verzwakkingen in het lijf door lassen/doorvoeren/bouwdelen, verzwakkingen in de damwandplank t.g.v. de installatie, waardoor de damwanden afwijken en oorspronkelijk dikker of dunner waren dan de nominale dikte. Ook kunnen lokaal verzwakkingen ontstaan aan de damwandplank door hogere corrosiesnelheden t.g.v. galvanische corrosie, putcorrosie of MIC-aantasting.

4.2 Toegepaste modelfasering

4.2.1 Algemeen

De modellering wordt uitgevoerd met PLAXIS 2D. PLAXIS 2D is een gespecialiseerd geotechnisch softwarepakket dat gebruikt wordt voor het analyseren van de geotechnische stabiliteit, het gedrag van grondgebonden constructies en de grondverplaatsingen. PLAXIS 2D maakt gebruik van de eindige-elementmethode (EEM/FEM) om de complexe grondstructuren te modelleren, hierbij wordt gebruik gemaakt van plasticiteitsmodellen om het niet-lineaire gedrag van de ondergrond te simuleren. Het modelleren van een geotechnisch EEM-model in PLAXIS 2D is een gestructureerd proces, dat nauwkeurigheid, volgordelijkheid en aandacht voor het detailniveau vraagt.

Het nauwkeurig definiëren van de geometrie en de knooppunten is een tijdrovend proces. De mate van gedetailleerdheid draagt echter bij aan de nauwkeurigheid van de beoordeling. De modellen worden meermaals doorgerekend voor controle, analyse en het verkrijgen van objectieve rekenresultaten. Om de werkelijke situatie zo realistisch mogelijk te modelleren zijn op basis van de beschikbare gegevens alle constructies en aanwezige elementen in het EEM-model opgenomen. Deze elementen dragen dan ook bij aan de krachtenopbouw van de constructie in relatie tot het grondpakket.

4.2.2 Doorlopen stappen

Voor het opstellen van het model zijn de volgende stappen aangehouden.

FASE 1	Projectvoorbereiding en geometrie-input
Fase 1.1 Projectinstellingen en eenheden	Gestart is met het creëren van een nieuw project waarin de relevante eenheden van de kadeconstructies zijn weergegeven.
Fase 1.2 Geometrie-input	De geometrie is gedefinieerd door middel van een structuur van knooppunten, lijnen en oppervlakken te maken. Dit omvat het invoeren van coördinaten voor knooppunten en het verbinden van de knooppunten met lijnen om de structuurvorm te definiëren.
Fase 1.3 Structuurhiërarchie	De hiërarchie van de structuren is gecreëerd uit elementen van de damwanden, anker en verbindingselementen. Dit omvat het specificeren van doorsneden en andere eigenschappen.

FASE 2	Belastingtoepassingen en -analyse
Fase 2.1 Belastingen definiëren	Op basis van de geldende normen zijn de belastingen op de kadeconstructie bepaald en uitgewerkt. Hierbij is de koppeling gemaakt naar de historische context en eerder toegepaste belastingen.
Fase 2.2 Belasting combinaties	De belastingcombinaties zijn vervolgens bepaald volgens de ontwerp- en toetsingscodes om het model onder zo realistisch mogelijke omstandigheden te analyseren. Hierbij is gebruik gemaakt van de voorgeschreven grootheden, partiële factoren, momentaan waarden, en reductiefactoren.

FASE 3	Analyse van de structuur
Fase 3.1 Statistische analyse	Voor het uitvoeren van de analyse zijn de interne krachten en vervormingen in de kadeconstructie bepaald als reactie op de toegepaste belastingen.
Fase 3.2 Resultaten visualiseren	De resultaten zijn gevisualiseerd door middel van diagrammen, kleurverloopcontouren en animaties om inzicht te krijgen in de gedragingen van de constructie onder verschillende belastingen.

FASE 4	Controle van resultaten en aanpassingen
Fase 4.1 Kritische secties en knooppunten identificeren	Door het identificeren van de kritische secties en knooppunten wordt duidelijk waar de belastingen en spanningen de beoordelingslimieten overschrijden.
Fase 4.2 Controle volgens norm	Op basis van de norm wordt bepaald of de constructie voldoende bestand is tegen de belasting en worden de resultaten beknopt gepresenteerd.

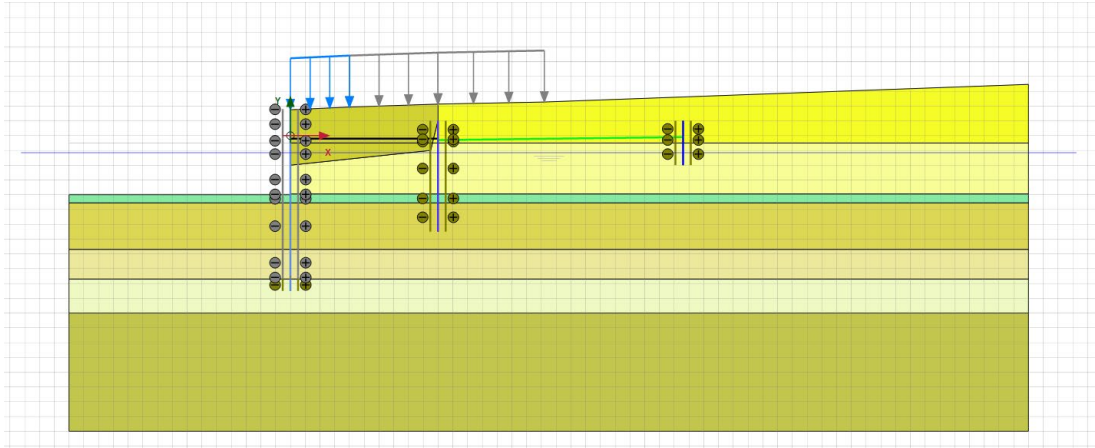
4.2.3 Toelichting EEM-model

De PLAXIS 2D-modellen zijn opgesteld door ervaren specialisten op het gebied van EEM/FEM-modellering. De modellen vertegenwoordigen een virtuele weergave van de fysieke kadeconstructie. Spanningsevenwicht en vervorming van grond en buiggedrag van de constructie elementen worden beschreven door een gekoppeld stelsel van vergelijkingen. De ontwerpers hebben op basis van beschikbare gegevens en onderzoeken de geometrie van de constructie vastgelegd, incl. knooppunten, lijnen en oppervlakken. Aan de modelelementen zijn materiaaleigenschappen toegevoegd. De constructie elementen vertegenwoordigen een bepaalde hoeveelheid stijfheid en rek. Dit vormt het product EA, de stijfheidsfactor voor extensie of rekstijfheid genoemd. De rekstijfheid van de lijnelementen blijft over het gehele element constant.

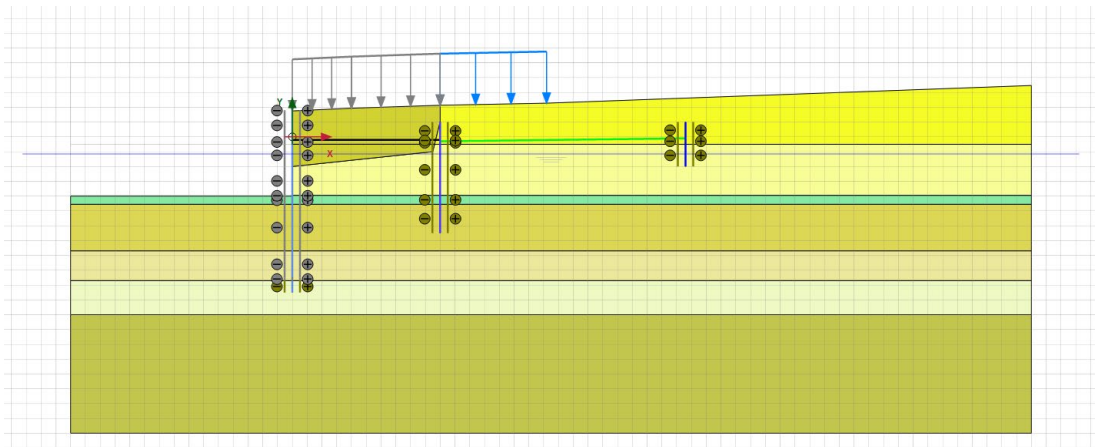
In PLAXIS is de volgende modellering en bouwfases toegepast.

0. Initiële situatie, zonder belastingen met lage waterstand NAP -1,15m;
1. Bovenbelasting 20 kPa naast damwand BZ12;
2. Bovenbelasting 20 kPa achter ankerwand Hoesch IIA;
3. Bovenbelasting 20 kPa;
4. Waterstand na hoog water NAP +1,20m
5. Waterstand bij laag water NAP -1,40m

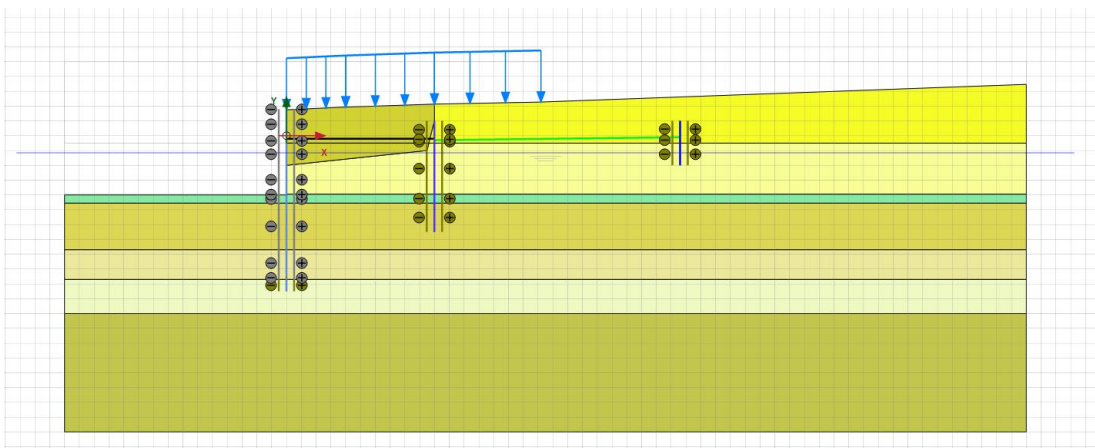
Naast bovengenoemde bouwfase analyses is per bouwfase de veiligheid in een stabiliteitsanalyse met φ -c reductie bepaald. Hierbij wordt gezocht naar mogelijk optredende mechanismen waardoor de kadeconstructie kan falen.



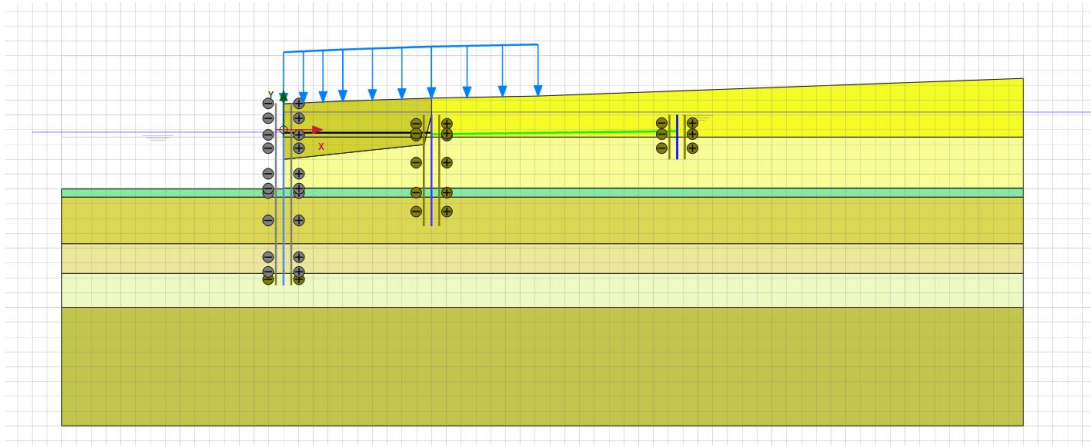
Figuur 6: Belasting fase 1



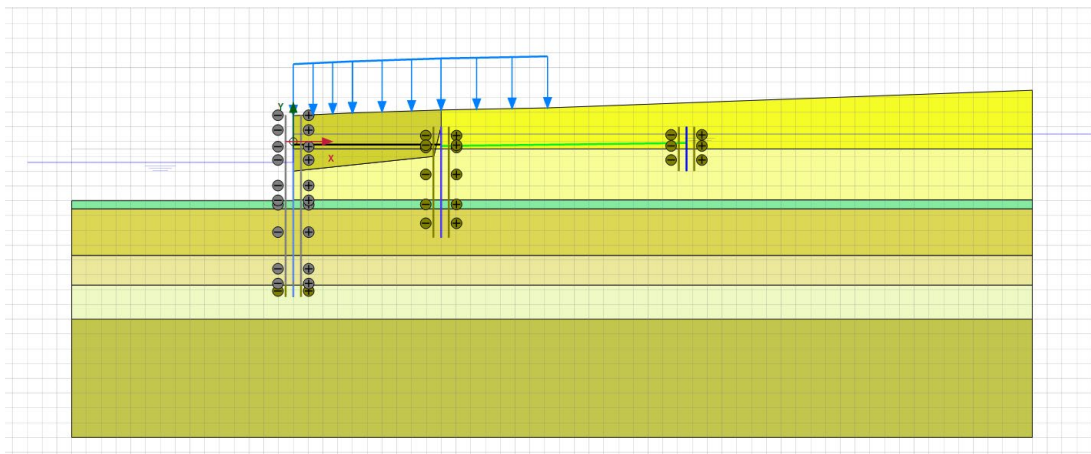
Figuur 7: Belasting fase 2



Figuur 8: Belasting fase 3



Figuur 9: Belasting met hoogwater



Figuur 10: Belasting met maximaal verval

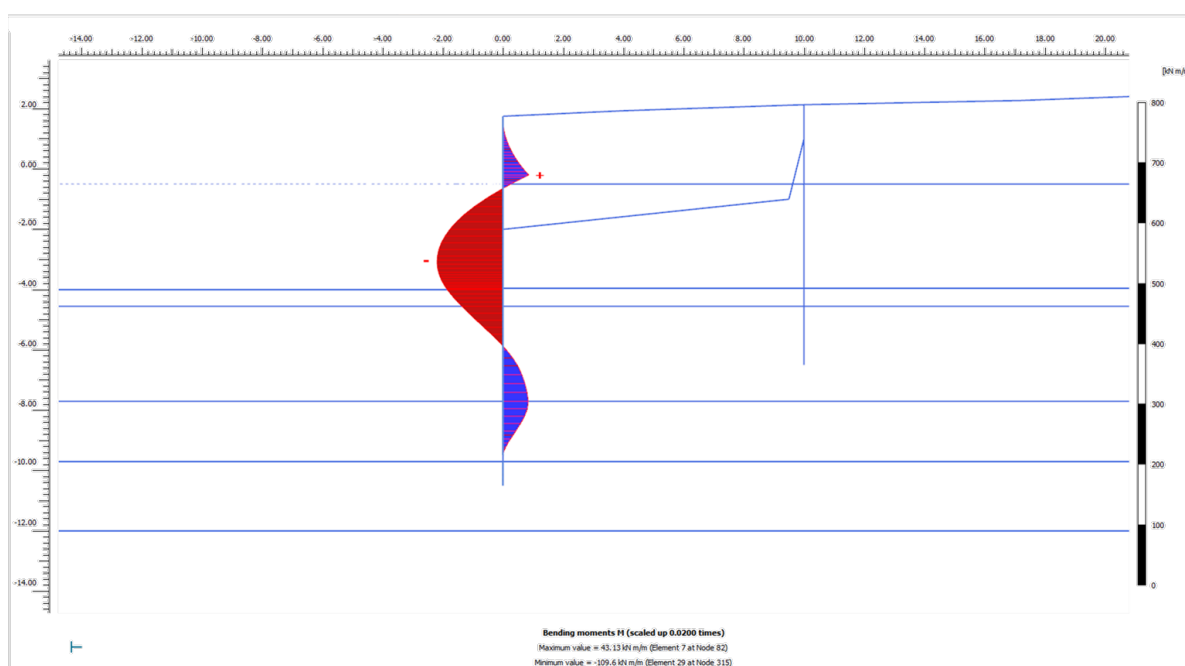
5 Onderzoeksresultaten

5.1 Algemeen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek naar de sterkte en stabiliteit van de kadeconstructies, worden de resultaten van de modelberekeningen gepresenteerd. De geavanceerde simulaties geven inzicht in de geotechnische prestaties van de constructie onder verschillende condities. De resultaten bieden een analyse van de bodeminteracties en de stabiliteit van de kadeconstructie. In de volgende secties zullen de bevindingen van de PLAXIS-berekeningen worden geëvalueerd, we richten ons hierbij op de identificatie van de kritieke punten, de verwachte levensduur en de faalmogelijkheden van de huidige constructie.

5.2 Maatgevend moment

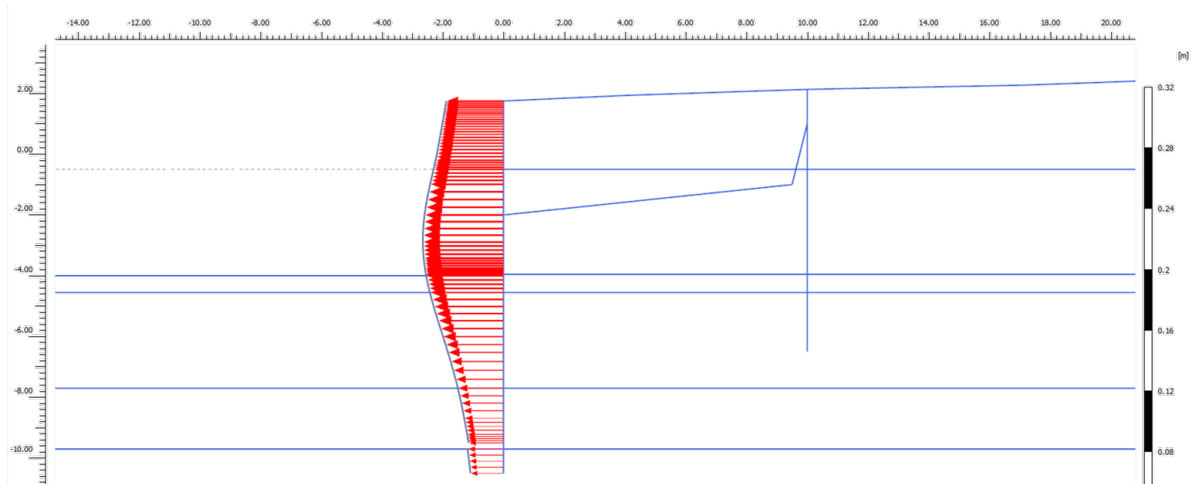
Het maximale opneembare moment van de BZ12 damwand bedraagt $M_{Rd} = (B_B \cdot W_{el} - \rho \cdot A v^2 / (4 \cdot t_w \cdot \sin(\alpha))) \cdot f_y / \gamma_{M0} = 278 \text{ kNm}$. Het berekend moment in de damwandwandconstructie is $M_{BGT} = 109,6 \text{ kNm} / \text{m} \cdot 1,35 = M_{Ed} = 147 \text{ kNm} < 278 \text{ kNm}$. De damwandconstructie voldoet aan de sterkte eis.



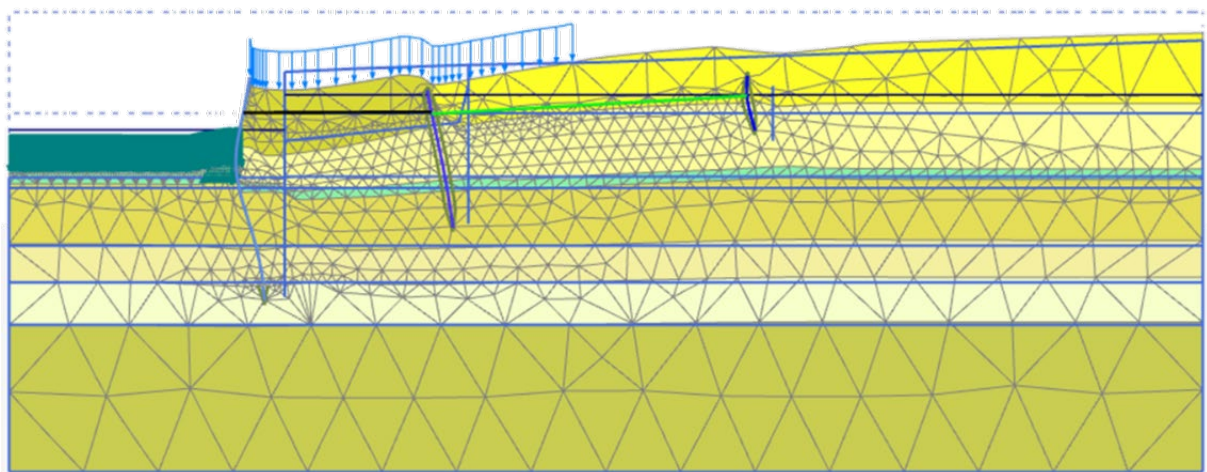
Figuur 11: Maatgevend moment damwand BZ12

5.3 Verplaatsing van damwand

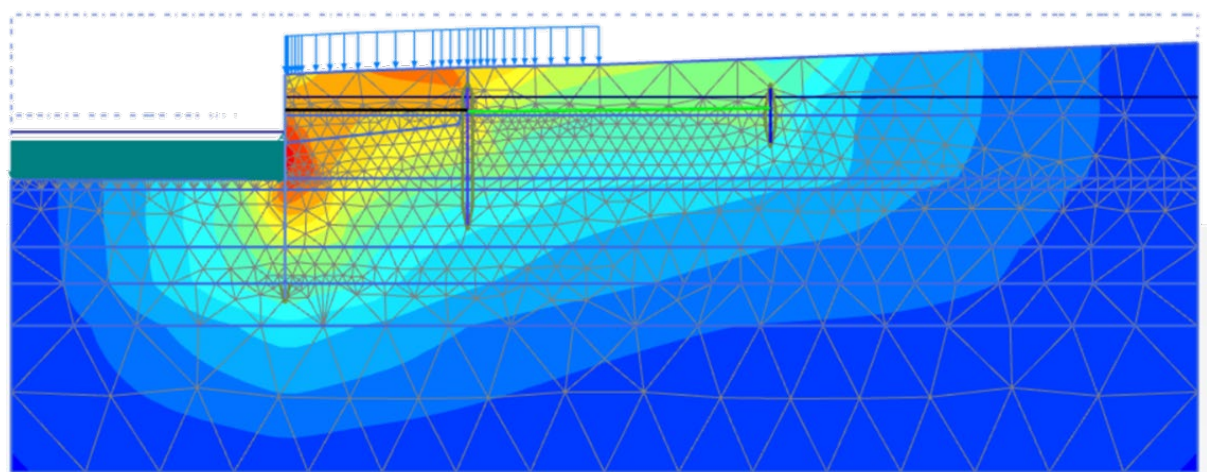
De berekende verplaatsing van de damwandpunt (bovenzijde) bedraagt 53,12mm. De toetswaarde voor de verplaatsing wordt dan $63,70 \text{ mm} > 44 \text{ mm}$. De verplaatsing van de damwandpunt bedraagt 21,75 mm. De toetswaarde bedraagt dan $26,10 \text{ mm} > 15 \text{ mm}$.



Figuur 12: Maatgevende verplaatsing damwand BZ12



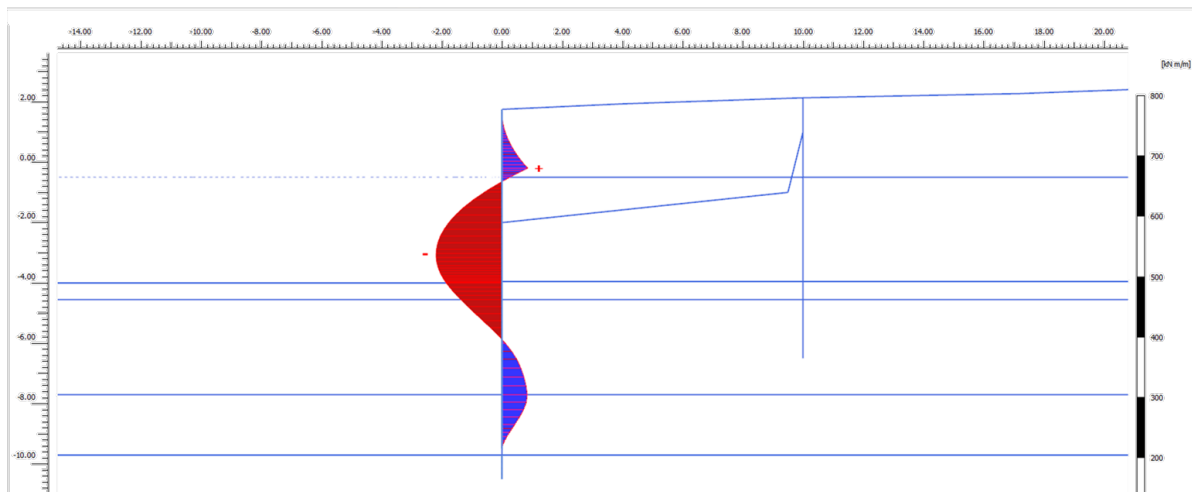
Figuur 14 Verplaatsing van de damwand met belasting



Figuur 13 Horizontale verplaatsing en opbouw grondspanning

5.4 Maatgevend moment

Het maximale opneembare moment van de BZ12 damwand bedraagt $M_{Rd} = (B_B \cdot W_{el} - \rho \cdot A_v \cdot 2 / (4 \cdot t_w \cdot \sin(\alpha))) \cdot f_y / \gamma_{M0} = 278 \text{ kNm}$. Het berekend moment in de damwandconstructie is $M_{BGT} = 109,6 \text{ kNm} / \text{m} \cdot 1,35 = M_{Ed} = 147 \text{ kNm} < 278 \text{ kNm}$. De damwandconstructie voldoet aan de sterkte eis.

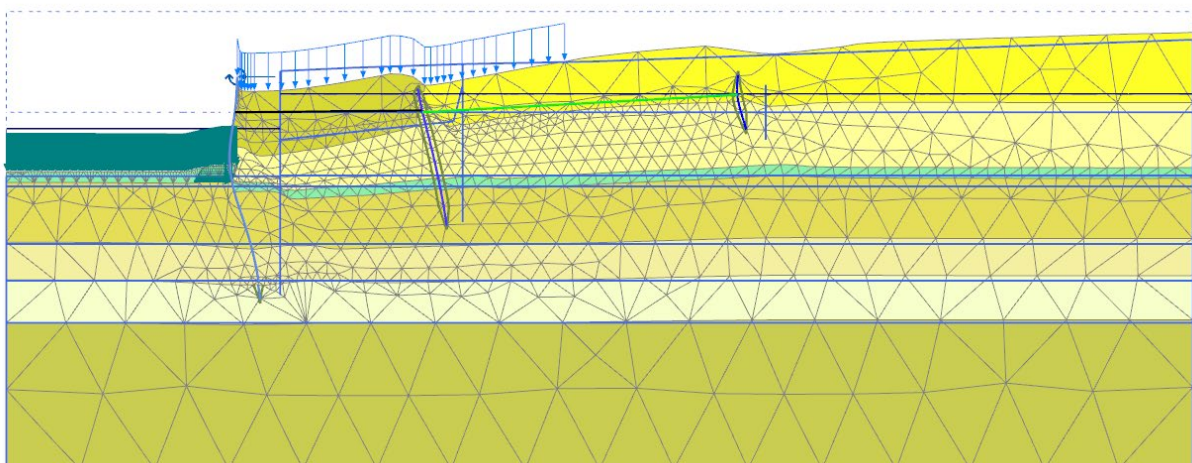


Figuur 15: Maatgevend moment damwand BZ12

5.5 Aanvullende analyse

5.5.1 Verplaatsing damwand met bolderbelasting

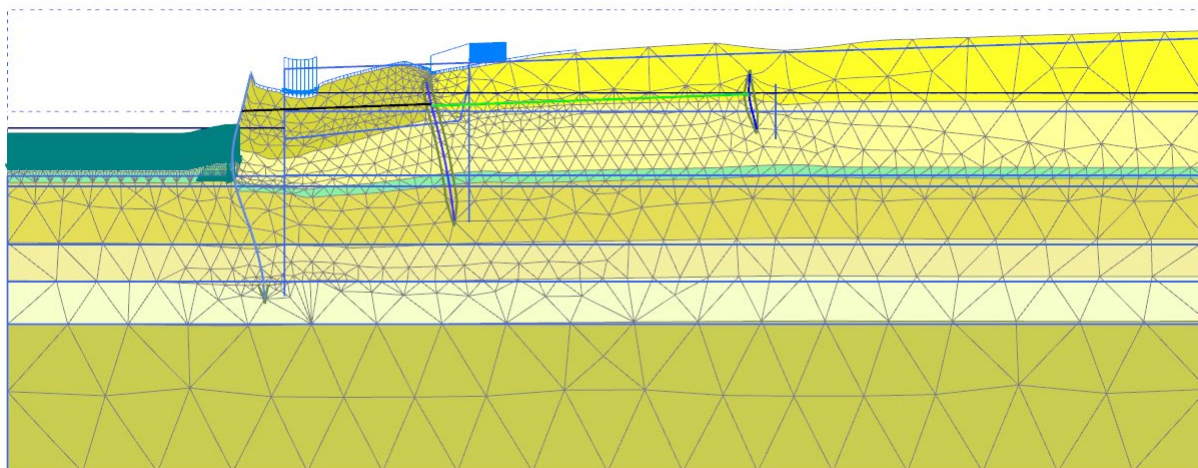
Omdat de kade ook gebruikt wordt om aan en af te meren is een analyse gemaakt waarbij ook bolderbelasting is opgenomen. Hieruit blijkt dat de verplaatsingen en momenten extra toenemen.



Figuur 16 Verplaatsing van de damwand met bolderbelasting

5.5.2 Verplaatsing bij kraanbelasting

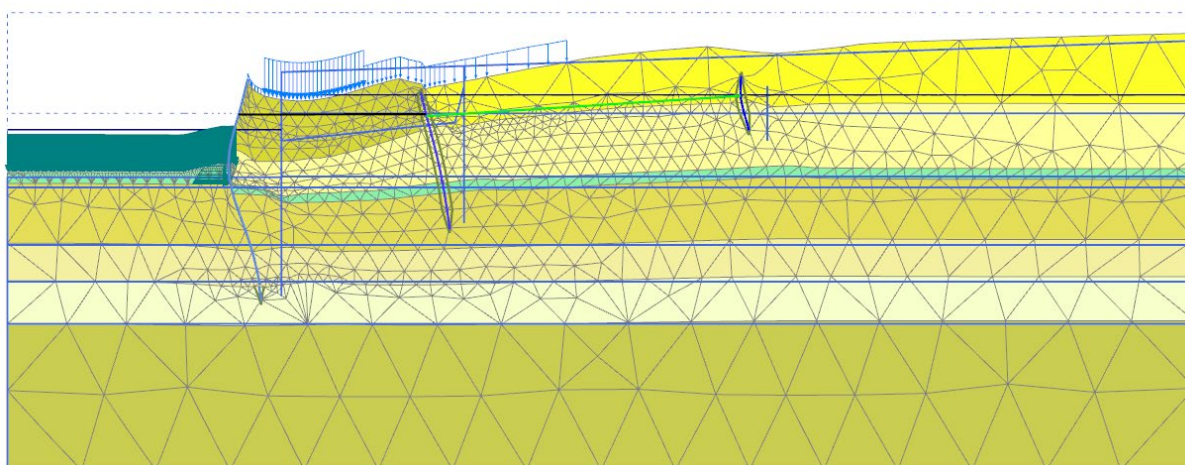
Op verzoek van de gemeente is nog een nadere analyse gemaakt waarbij er beoordeeld is of het mogelijk is om een kraan (130t klasse) toe te passen. Hierbij zijn er geen terrein,- en bolderbelastingen. Uit de analyse blijkt dat de verplaatsingen groter worden door het gebruik van een kraan.



Figuur 17 Verplaatsing van de damwand met kraanbelasting

5.5.3 Verplaatsing met LM1 (Eurocode) belasting

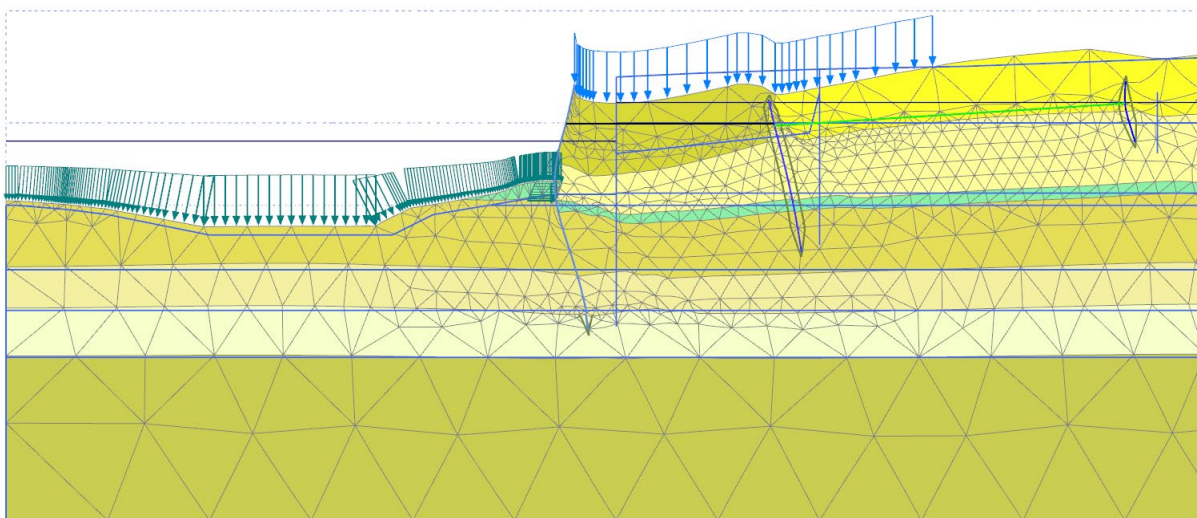
Wanneer de belasting klasse LM1 uit de eurocode wordt toegepast i.p.v. de belasting uit de CUR 166 nemen de verplaatsingen eveneens toe. De belasting is de voorganger van de VK60 belasting.



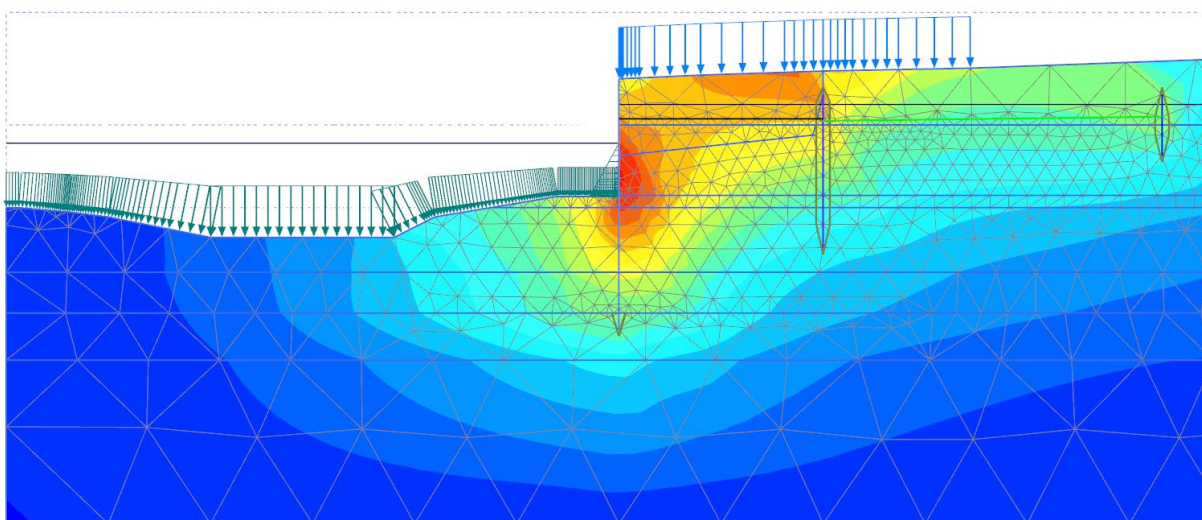
Figuur 18 Verplaatsing damwanden met LM1 belasting

5.6 Effect van ontgrondingen

In eerste instantie is er gerekend met een theoretisch bodemprofiel. Op basis van meetgegevens wordt nu een model opgesteld waarin het bodemprofiel wordt aangepast aan de werkelijke bodemprofiel. Voor de berekeningen maakt het geen verschil of de ontgrondingskuilen inmiddels zijn verholpen, omdat de kritieke verplaatsing al heeft plaatsgevonden. Uit de resultaten blijkt dat de damwandconstructie verder dan 60mm zal deformeren. De damwandpunt verplaatsing is ca. 10 mm.



Figuur 19 Verplaatsing met ontgrondingskuilen



Figuur 20 Horizontale verplaatsingen

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Technische toestand

Kades worden ontworpen om langdurig stand te houden. Meestal ligt de levensduur tussen de vijftig en honderd jaar. Omdat het vervangen van een kade duur is, loont het om te onderzoeken hoelang een kade nog gebruikt kan worden. Daarnaast is het noodzakelijk om te onderzoeken wat de technische toestand is als er schadebeelden worden geconstateerd. De kadeconstructie in de Dwarskade (Veerhavenplein) bestaat uit verticale damwanden die de grond en het water moeten tegenhouden. In de bodem achter de kades zitten horizontale verankering vast aan de oude “vervallen” kade. De oude kade zit nog verankerd aan de verankering uit 1952. In het onderzoek is gekeken **naar de sterkte** (wanneer gaat de kade kapot), **deformatie** (wanneer gaat de kade verzakken of vervormen) **en de stabiliteit** (wanneer raakt de kade uit evenwicht). Er is onderzocht op welke wijze de kades kunnen falen en hiervoor zijn de kades doorgerekend en getoetst met behulp van complexe rekenprogrammatuur, genaamd PLAXIS. Op basis van deze berekeningen is uiteindelijk vastgesteld of de kades sterk, stabiel en veilig genoeg zijn voor het beoogde gebruik zoals de norm dit vast stelt.

6.2 Aangetroffen schadebeelden

Tijdens de inspecties zijn verschillende schadebeelden aangetroffen. De kades/planken vertonen corrosie (roest), gaten, scheefstand en uitbuiging. Het kadeterrein en de kaderanden verzakken op enkele locaties, met verzakkingen in het straatwerk als gevolg. Door de lekkages en verzakkingen kan bodem- en funderingsmateriaal bij hoog water (springtij) wegspoelen.

6.3 Damwandsterkte

De kades in het gebied zijn niet met een specifieke ontwerplevensduur ontworpen; de meeste kadeconstructies hebben een ontwerplevensduur van 50 tot 100 jaar. Bepalend voor de levensduur van de kade is de verwachte corrosie, de functie en het gebruik van de kades. Door corrosie verdwijnt staal en wordt de damwand dunner (en daardoor slapper en minder sterk). Na verloop van tijd ontstaan gaten in de damwand, waardoor grond en water door de damwanden spoelt. In het onderzoek is gebleken dat de damwanden voldoende sterk zijn om de belasting te dragen. De planken hebben voor de komende 15 jaar voldoende restcapaciteit om de sterkte op te nemen.

6.4 Kades zijn niet geschikt voor het beoogd gebruik

Bij kades is het uit evenwicht raken of het vervormen (bijv. uitbuiging, bolling of scheefstand) vaak een groter probleem dan bij andere constructies. Veel constructies kunnen bijv. uit evenwicht raken, doorbuigen of vervormen, zonder dat deze bezwijken op sterkte. Bij vervormingen van een kade zakt het grondpakket echter mee en verplaatst (vaak in de richting van de doorbuiging of vervorming). Als de grond eenmaal is verplaatst of verzakt, **komt deze nooit meer op een natuurlijke wijze terug in de oorspronkelijke positie**. De grond drukt daardoor steeds meer tegen de kade, waardoor deze zwaarder wordt belast en nog meer vervormt. Het risico is dat de kade daardoor uiteindelijk uit evenwicht raakt en (gedeeltelijk) instort. Dit risico is reëel bij de kade aan de Veerhavenplein. Uit de rekenkundige analyses blijkt immers dat de damwanden **onvoldoende in de grond ingeklemd worden en daardoor teveel vervormen**.

Het risico dat de kades uiteindelijk uit **evenwicht raken en (gedeeltelijk) instorten** bestaat voornamelijk bij huidige gebruik en ongunstige omstandigheden. Ook is uit de analyse van de gegevens gevonden dat de **ankerwanden uit evenwicht kunnen raken**. De onderzochte ankerwanden voldoen niet aan de stabiliteitseis. Verder is gebleken dat de **damwanden te kort zijn aangebracht**. Deze damwanden staan niet diep genoeg in de vaste bodemlaag en kunnen gaan verschuiven, met opnieuw verzakkingen tot gevolg. Soms zijn deze vervormingen hoger dan 200% van de toegestane norm.

6.5 Aanbevelingen

Om de veiligheid en stabiliteit van de kades te waarborgen, worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. **Afsluiten van het gebied:** Het wordt aanbevolen om het gebied rondom de kades af te sluiten om eventuele extra belastingen op de kade te verminderen. Dit helpt om verdere schade of versnelde verplaatsingen te voorkomen.
2. **Opstellen van een monitoringsplan:** Er moet een monitoringsplan worden opgesteld voor het terrein, zodat de deformaties en eventuele veranderingen nauwkeurig in de gaten gehouden kunnen worden. Regelmatige monitoring is noodzakelijk om tijdig in te kunnen grijpen als de deformaties groter worden dan acceptabel.
3. **Beheersmaatregelen bij overmatige deformaties:** Mocht uit de monitoring blijken dat de deformaties te groot worden, dan dienen er nadere beheersmaatregelen genomen te worden om de stabiliteit van de kades te waarborgen.
4. **Evaluatie van huidige maatregelen:** De huidige maatregelen moeten regelmatig worden geëvalueerd om te bepalen of ze effectief zijn en of er aanpassingen nodig zijn op basis van de nieuwste gegevens en inzichten.
5. **Gedetailleerde analyse van de bodemligging:** Er moet onmiddellijk een gedetailleerde analyse worden uitgevoerd om de exacte ligging van de bodem onder alle kades in kaart te brengen. Dit is essentieel om een duidelijk beeld te krijgen van de huidige situatie, mogelijk dat de ontgrondingen zich al veel verder hebben doorgezet afgelopen jaren.
6. **Herstelplan voor ontgrondingen:** Op basis van de gedetailleerde bodemanalyse moet er een herstelplan worden opgesteld om de ontgrondingen zo snel mogelijk te dempen en verdere erosie te voorkomen.
7. **Effectmeting van maatregelen en plannen:** Het is belangrijk dat de effecten van alle genomen maatregelen en opgestelde plannen zorgvuldig worden gemeten en geanalyseerd. Dit zorgt ervoor dat de genomen acties effectief zijn en dat er zo nodig bijgestuurd kan worden.
8. **Communicatiestrategie:** Het wordt geadviseerd om een duidelijke communicatiestrategie te ontwikkelen, zowel intern als extern, over de huidige situatie en de genomen maatregelen. Transparante communicatie helpt om betrokkenen goed geïnformeerd te houden en bevordert het draagvlak voor de maatregelen.

COLOFON

Constructieve veiligheid Schylgerhaven Terschelling

Constructieve veiligheid

Projectteam

drs. ing. J. Walhout	Technisch manager
ing. K.W. Walhout	Ontwerpleider en adviseur
ir. B. Stikvoort	Civieltechnisch constructeur
ir. E. Hitalessy	Geotechnisch specialist & adviseur
ir. L. Nobel	Project en data engineer
Mevr. M. Verheij LLB	Strategisch,- en juridisch manager

CREDITS ILLUSTRATIES

Walhout Civil en ARC-Gis viewer

DISCLAIMER

Het doel van dit plan is te komen tot beeld- en besluitvorming. Walhout Civil heeft, binnen de scope van haar opdracht, invulling gegeven aan de wensen van haar opdrachtgever, gemeente Terschelling. Dit plan is dan ook uitsluitend een weergave van deze wensen, eisen en aanwijzingen, en bevat in geen geval een mening, opvatting of standpunt van Walhout Civil. Dit plan is met zorg samengesteld tijdens werksessies, overleggen en reviews. Dit rapport is uitsluitend bedoeld voor de opdrachtgever. Walhout Civil kan door geen enkele partij aansprakelijk gehouden worden of een zorgplicht dragen naar aanleiding van dit plan.

GEBRUIKSRECHTEN

© Copyright 2024 Ingenieursbureau Walhout Civil B.V. - Dit document is eigendom van opdrachtgever mag enkel gebruikt worden voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de Nederlandse wetgeving m.b.t. intellectuele eigendom en De Nieuwe Regeling 2011 (herz. 2013). De auteursrechten blijven berusten bij Ingenieursbureau Walhout Civil B.V. te Middelburg.