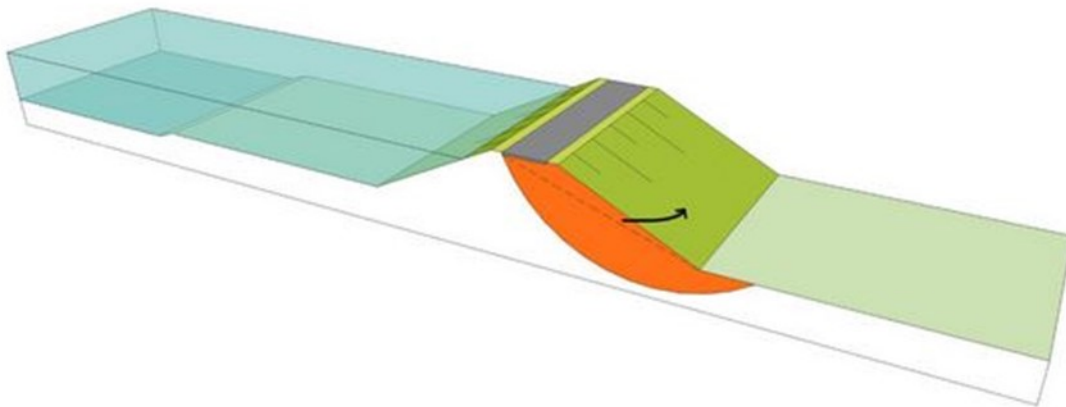




hoogheemraadschap
Hollands
Noorderkwartier

Handreiking controle stabiliteit regionale waterkering



Auteur
D.J.L. Janssen

Registratienummer
25.0414973

Datum
2 juni 2023

Versie
0.2

Status
Definitief

Afdeling
Ingenieursbureau



Inhoudsopgave

1	Documenteigenschappen	1
2	Inleiding	2
3	Controle stabiliteit	3
3.1	Basisinformatie	4
3.2	Interactief stroomschema	6
4	Technische beschrijving handreiking	11
5	Toetsingblad	17
6	Verwijzingen	18



1 Documenteigenschappen

Historie

Versie	Datum	Veranderingen	Auteur(s)
0.1	11-4-2023	Opzet concept	D.J.L. Janssen
0.2	24-4-2023	Handreiking verdeeld in een algemeen en technisch gedeelte	D.J.L. Janssen

Goedkeuring

Dit document heeft de volgende goedkeuringen nodig.

Naam	Rol	Handtekening	Datum document	Versie

Getekende goedkeuringsformulieren opslaan in het corsadossier van het betreffende project.



2 Inleiding

Om de stabiliteit tijdens werkzaamheden en onderhoud op regionale keringen te waarborgen, is het noodzakelijk om de uitvoeringsstabiliteit te controleren. Het controleren van de uitvoeringsstabiliteit dient te geschieden in de volgende situaties:

1. Er staat materieel op een regionale waterkering waar geen materiaal (grond) binnendijks aanwezig is (bijvoorbeeld een dam of een inrit).

De controle wordt uitgevoerd door middel van de volgende documenten/software:

- Handreiking controle stabiliteit regionale waterkering (Dit document);
- Controle uitvoeringsstabiliteit regionale waterkering (Blanco).xism;
- Deltares Software: D-Geo Stability. (*HHNK gaat in 2024 de nieuwe versie D-Stability gebruiken/voorschrijven*)

Het document is een handleiding voor het Excel-werkblad 'Controle uitvoeringsstabiliteit regionale waterkering'. Het genoemde Excel-bestand bevat een interactief stroomschema. Dit interactieve stroomschema is ter ondersteuning bij het uitvoeren van een analytische stabiliteitsberekening met behulp van de software D-Geo Stability.

De handleiding is opgedeeld in een algemeen en technisch gedeelte. Hoofdstuk 2 behandelt het gebruik van het interactieve stroomschema. Hoofdstuk 3 gaat dieper in op de geotechnische berekening en is met name bedoeld voor de geotechnische adviseur.

Disclaimer: Het gebruik van de Deltares Software D-Geo Stability dient door een geotechnisch adviseur te worden uitgevoerd. Deze handreiking gaat niet in op de basishandelingen van dit programma.

Figuur 1, Stroomschema controle berekening mobiele belasting op regionale waterkering onder dagelijkse omstandigheden.
(Janssen, 2023)



3.1 Basisinformatie

1. Open het Excel werkblad met macro's: 'Controle uitvoeringsstabiliteit regionale waterkering (Blanco).xlsm

Voordat de toetsingsmethode in het document zichtbaar wordt, moeten er een aantal gegevens worden ingevuld. Deze gegevens worden gebruikt in de toetsingsmethode. De volgende informatie dient te worden verstrekt:

2. Voer de projectgegevens in:
 - a. Project [Naam]
 - b. Besteknummer [HHNK-_____]
 - c. Datum [dd/mm/yyyy]
 - d. Controleur¹ [Naam]
3. Over de projectlocatie in:
 - a. Naam dijk [Naam]
 - b. Dwarsprofiel [Dwarsprofiel .../Sectie ...]
 - c. Soort kering [Groene waterkering/Verharde waterkering]²

Indien het project een verharde waterkering betreft, dient de dikte van het wegcunet in cel D10 te worden ingevuld.

4. Voer het te toetsen materieel in:

Het invoeren van het materieel wordt uitgevoerd via een keuzelijst, de lijst is terug te vinden in het werkblad "Keuze materieel". In deze keuzelijst zijn standaardmaterieelopties vooraf ingevuld, maar het is ook mogelijk om afwijkend materieel in te voeren volgens de volgende procedure:

- I. Open het blad 'keuze materieel'

Naam	Massa	Lengte	Breedte	Mobiele belasting
	[ton]	[m]	[m]	[kN/m²]
Rupsdumper groot	5,5 ton	2,793 m	0,990 m	19,89 kN/m²
Rupsdumper klein	1,6 ton	1,930 m	0,800 m	10,36 kN/m²
Trekker kipper groot incl. trekker	42,6 ton	11,450 m	2,490 m	14,94 kN/m²
Trekker kipper klein incl. trekker	21,0 ton	10,200 m	2,440 m	8,44 kN/m²
Trekker kipper middel incl. trekker	34,6 ton	9,950 m	2,490 m	13,97 kN/m²
Trekker type 1	4,8 ton	4,646 m	2,325 m	4,44 kN/m²
Trekker type 2	8,6 ton	4,700 m	2,490 m	7,35 kN/m²
Vrachtwagen trailer 10x4	50,0 ton	12,00 m	2,50 m	16,67 kN/m²
Vrachtwagen kipper 10x4	47,0 ton	9,40 m	2,50 m	20,00 kN/m²
Vrachtwagen kipper 10x8	49,0 ton	9,50 m	2,50 m	20,63 kN/m²
Vrachtwagen kipper 6x6 kraan	28,0 ton	7,50 m	2,50 m	14,93 kN/m²
Vrachtwagen kipper 6x6	34,5 ton	8,10 m	2,50 m	17,04 kN/m²
Vrachtwagen kipper 8x4 kraan	37,0 ton	9,20 m	2,50 m	16,09 kN/m²
Vrachtwagen kipper 8x4	43,0 ton	8,30 m	2,50 m	20,72 kN/m²
Vrachtwagen kipper 8x8	46,0 ton	9,45 m	2,50 m	19,47 kN/m²
Wieldumper middel	10,4 ton	4,390 m	1,920 m	12,34 kN/m²
Wieldumper groot	51,6 ton	10,296 m	2,941 m	17,04 kN/m²
Wieldumper klein	5,4 ton	3,980 m	1,785 m	7,60 kN/m²
Betonmixer 7 m³	32,0 ton	8,500 m	2,500 m	15,06 kN/m²
Betonmixer 11 m³	44,0 ton	13,500 m	2,500 m	13,04 kN/m²
Asfaltspreidmachine klein	6,6 ton	4,725 m	2,870 m	4,87 kN/m²
Asfaltspreidmachine groot	20,3 ton	4,757 m	3,265 m	13,07 kN/m²
Asfaltwals klein	3,1 ton	2,556 m	1,485 m	8,17 kN/m²
Asfaltwals groot	10,5 ton	4,650 m	1,845 m	12,24 kN/m²
Freest 0,35m wiel	4,7 ton	3,970 m	1,350 m	8,68 kN/m²
Freest 0,5m wiel	8,1 ton	3,785 m	1,670 m	12,81 kN/m²

Figuur 2, Voorbeeld blad "Keuze materieel"

¹ De controleur is de persoon die de D-Geo stability uitvoert (Geotechnisch adviseur).

² Indien het materieel zich bevindt op een goede verharding dient de keuze 'Verharde waterkering' te worden gekozen. Anders 'Groene waterkering'



II. Scrol naar beneden, aan het eind van de voor opgegeven materieellijst kan het materieel worden ingevoerd. De volgende gegevens moet worden ingevuld:

- Naam materieel;
- Maximale tonnage³;
- Lengte in meters;
- Breedte in meters.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
50	Rupskraan 38 ton	38,0 ton	5,180 m	2,990 m	24,53 kN/m2				
51	Rupskraan 48 ton	48,0 ton	5,370 m	3,090 m	28,93 kN/m2				
52	Wielslader klein	5,1 ton	4,275 m	1,740 m	6,85 kN/m2				
53	Wielslader groot	18,1 ton	6,590 m	2,460 m	11,18 kN/m2				
54	Hier-, damwandstelling	100,0 ton	6,590 m	2,460 m	61,68 kN/m2				
55	Paalborsteling klein	13,0 ton	4,530 m	1,780 m	22,77 kN/m2				
56	Paalborsteling groot	44,0 ton	7,830 m	3,500 m	16,06 kN/m2				
57	Bulldozer	9,0 ton	4,325 m	2,050 m	10,08 kN/m2				
58	Verdichtingswals	12,3 ton	5,800 m	2,270 m	9,49 kN/m2				
59	BE combinatie	5,0 ton	6,400 m	2,50 m	3,13 kN/m2				
60	Semi displacer met hydraulische kleppen / kier	30,0 ton	12,000 m	2,50 m	10,00 kN/m2				
61	Semi displacer met hydraulische kleppen	54,0 ton	13,003 m	2,50 m	16,61 kN/m2				
62	Semi displacer met hydraulische kleppen	54,0 ton	19,305 m	2,50 m	11,19 kN/m2				
63	Semi displacer (60 ton)	70,3 ton	26,180 m	2,50 m	14,11 kN/m2				
64	Euro-displacer	70,2 ton	21,685 m	2,50 m	15,04 kN/m2				
65	Semi displacer (24 ton)	36,0 ton	13,000 m	2,50 m	11,08 kN/m2				
66	Semi displacer (26 ton)	45,0 ton	19,300 m	2,50 m	9,33 kN/m2				
67	Vlakke opslagger (uitschuifbaar)	48,0 ton	28,900 m	2,50 m	6,64 kN/m2				
68	Semi displacer met hydraulische kleppen	45,0 ton	13,023 m	2,50 m	13,82 kN/m2				
69	Displacer Boekestein	44,2 ton	17,600 m	2,50 m	10,21 kN/m2				
70	Displacer aanhanger 3 assen (getrokken door vrachtwagen)	30,0 ton	12,000 m	2,50 m	10,00 kN/m2				
71	Displacer aanhanger 4 assen (getrokken door vrachtwagen)	40,0 ton	13,000 m	2,50 m	12,30 kN/m2				
72	Liebherr R914	28,0 ton	4,00 m	3,20 m	21,88 kN/m2				
73									
74									
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88									
89									
90									
91									
92									
93									
94									
95									

Figuur 3, Voorbeeld materieel ingevoerd Liebherr R914.

Ga terug naar het blad "Invoer" en selecteer door middel van het keuzemenu het ingevoerde materieel. Het keuzemenu kan worden geopend door de knop rechts van de cel B13. De cellen rechts (massa-, lengte-, breedte materieel) worden automatisch ingevuld.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Sheet	Controle uitvoeringsstabiliteit Regionale Waterkering					
2	Project	HULOK					
3	Bestelnnummer	HWA-22.0325774-C					
4	Datum	24-4-2023					
5	Controleur	D.J.L. Janssen					
6							
7	Projectlocatie						
8	Naam dijk	HULOK					
9	Dwarsprofiel Sectie	10B					
10	Soort kering	Groene waterkering					
11							
12	Keuze materieel						
13	Soort materieel	Liebherr R914					
14		Maximale massa materieel 28,0 ton					
15		Lengte materieel 4,00 m					
16		Breedte materieel 3,20 m					
17	Stabiliteitsgegevens						
18	Rekenmodel						
19	Stabiliteitsfactor eis	0,00					
20	Stabiliteitsfactor ontwerp	0,00					
21	Stabiliteitsfactor huidige	0,00					
22	Interactief Stroomschema						
23	Reset stroomschema						
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							

Figuur 4, Keuze materieel werkblad 'Invoer'

³ Maximale tonnage bij transportmiddelen is de tonnage van het transportmiddel plus het maximale laadvermogen.



5. Voer de stabiliteit gegevens in (door de geotechnisch adviseur):

- | | | |
|----|--|---|
| a. | Rekenmodel | [Bishop/Uplift-Van/Spencer ⁴] |
| b. | Stabiliteitsfactor eis | [0,00] |
| c. | Stabiliteitsfactor ontwerp | [0,00] |
| d. | Stabiliteitsfactor huidig ⁵ | [0,00] |

Als alle informatie is ingevuld wordt het interactief stroomschema zichtbaar.

3.2 Interactief stroomschema

Nadat de basisinformatie is ingevoerd in het Excel-werkblad, wordt het interactieve stroomschema zichtbaar. Elke stap in het interactieve stroomschema is genummerd en corresponderend met de nummering in de onderstaande tekst.

1. Is het materieel toegestaan?

Deze stap is het begin van het stroomschema.

2. Is de macrostabiliteit (STDI) van de waterkering afgekeurd?

Deze stap is geautomatiseerd met de informatie die vooraf is opgegeven en toetst de stabiliteitsfactor huidig aan de stabiliteitsfactor eis.

3. Is de mobiele belasting onder de norm?

Deze stap is geautomatiseerd met de informatie die vooraf is opgegeven en controleert of het gekozen materieel een hoger of lager mobiele belasting is dan de richtlijn per strekkende meter.

4. De stabiliteit van de waterkering dient gecontroleerd te worden.

Deze stap geeft aan dat stabiliteit gecontroleerd dient te worden. Dit moet worden gedaan als:

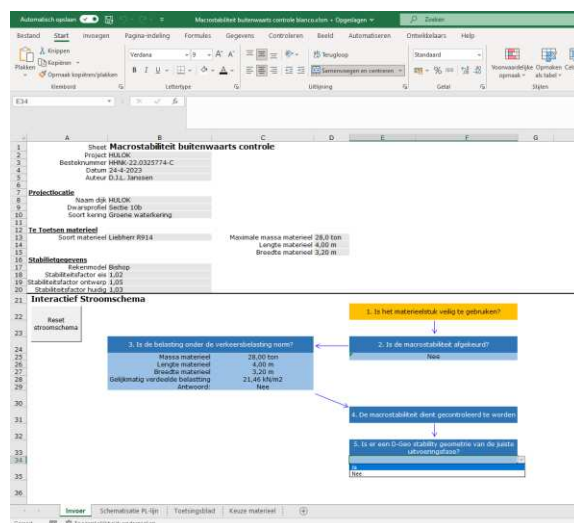
- De macrostabiliteit is afgekeurd;
- De mobiele belasting per strekkende meter overschrijdt de voorgeschreven richtlijn van HHNK.

5. Is er een D-Geo Stability van de juiste uitvoeringsfase?

In deze stap dient de controleur te controleren of de juiste dwarsdoorsnede aanwezig is voor het programma D-Geo Stability. Deze stap moet met "Ja" of "Nee" worden beantwoord door middel van het keuze menu. Het keuze menu kan worden geopend door de knop rechts van de cel.

⁴ Keuze van het rekenmodel is het rekenmodel met de laagste stabiliteitsfactor in de hertoetsing

⁵ Stabiliteitsfactor huidig is de stabiliteitsfactor van de hertoetsing



Figuur 5, Voorbeeld keuze menu.

6. Maak een geometrie van de juiste uitvoeringsfase.

Indien de controleur aangeeft dat de dwarsdoorsnede voor D-Geo Stability ontbreekt, moet deze worden gecreëerd. Bij het opstellen van deze dwarsdoorsnede dient rekening te worden gehouden met wateroverspanningen als gevolg van eerdere ophoogslagen. Het opstellen van een dwarsdoorsnede dient daarom door geotechnisch adviseur met behulp van D-Settlement te gebeuren.

7. Bepaal en voer de belasting, positie en breedte in.

In deze stap dient de controleur eventuele aanwezige belastingen in het programma D-Geo Stability te verwijderen en de belasting, positie en breedte van het materieel in te voeren. De grote van de belasting wordt weergegeven in de cel F45. De positie moet ingevoerd worden volgens de Richtlijn Toetsing Regionale Waterkeringen. De breedte van de belasting wordt weergegeven in F43.

8. Controleer Sigma-Tau curve op de laatste versie, pas zo nodig aan.

In deze stap dient de controleur de sterkteparameters en, indien van toepassing, de wateroverspanningen van eerdere ophoogslagen te controleren in D-Geo Stability. De sterkteparameters moeten als een Sigma-Tau curve in het rekenmodel worden opgenomen om de juiste sterkte voor oppervlakkige grondlagen te verkrijgen. De Sigma-Tau curven dienen overeenkomstig het rapport 'Ondergrenzen sterkteparameters regionale proevenverzameling Noord-Holland V7.04' te worden ingevoerd, tenzij er ter plaatse laboratoriumonderzoek beschikbaar is. De Sigma-Tau curve tabellen van het genoemde rapport zijn te vinden als bijlage A in deze handleiding.

Indien de uitvoeringsstabiliteit wordt gecontroleerd na een eerdere ophoogslag, moet de consolidatie van de grondlagen worden gecontroleerd om eventuele wateroverspanningen in de ondergrond in overweging te nemen.

9. Voer de dagelijkse hydraulische situatie in.

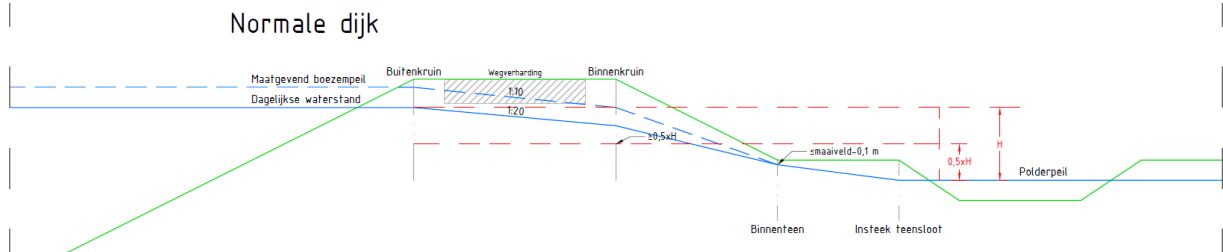
In deze stap dient de controleur de dagelijkse hydraulische situatie in D-Geo Stability in te voeren. Het invoeren van de hydraulische situatie in D-Geo Stability gebeurt door het tekenen van een PL-lijn. In het stroomschema dienen de volgende gegevens ingevuld te worden:

- Streefpeil boezem [x.xx t.o.v. NAP]
- Streefpeil achterliggende polder [x.xx t.o.v. NAP]
- Hoogte maaiveld [x.xx t.o.v. NAP]
- Breedte kruin van de waterkering [x.xx t.o.v. NAP]

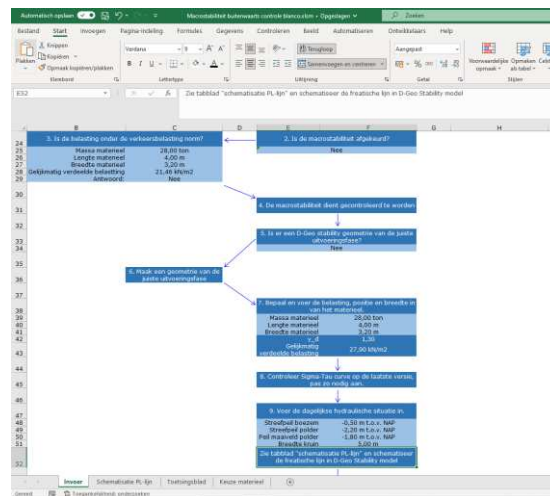
De grondwaterstand tijdens dagelijkse omstandigheden kan worden geschematiseerd door lineaire interpolatie van gemiddelde peilbuisgegevens. Indien er geen meetgegevens beschikbaar zijn, wordt in de Richtlijn Toetsing Regionale Waterkering voorgeschreven hoe de freatische lijn geschematiseerd moet worden op basis van het streefpeil van de boezem en polder, de hoogte van het maaiveld en de



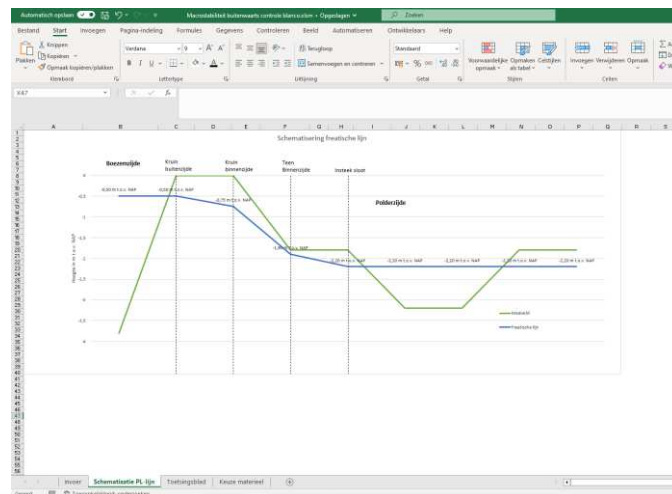
breedte van de kruin. Voor 'normale' waterkeringen is in het werkblad "Schematisatie PL-lijn" een schematisatie opgesteld op basis van de ingevulde gegevens.



Figuur 6, Veilige schematisering freatische lijn voor normale dijken.



Figuur 7, Voorbeeld ingevulde dagelijkse hydraulische situatie



Figuur 8, Voorbeeld schematisatie PL-lijn voor normale dijken.

10. Wat is de grote van de belasting?

Ga door naar stap 11.

11. Pas de consolidatie van de cohesieve grondsoorten aan naar: ...%

In deze stap dient de consolidatie van cohesieve grondsoorten te worden aangepast in D-Geo Stability onder het tabblad 'Belasting' door een geotechnisch adviseur. De consolidatiepercentages van de cohesieve grondsoorten dienen apart te worden aangepast naar de opgegeven consolidatiepercentages om wateroverspanningen door mobiele belasting in rekening te brengen.

12. Bereken de stabiliteitsfactor.



In deze stap dient de geotechnisch adviseur in D-Geo Stability de stabiliteitsfactor van de regionale waterkering te berekenen met behulp van het opgegeven rekenmodel. De laagste stabiliteitsfactor die berekend wordt, moet in deze stap worden ingevuld.

13. Controle eis.

Deze stap is geautomatiseerd en controleert de berekende stabiliteitsfactor uit stap 12 aan de eisen die worden gesteld door HHNK.

14. Is de mobiele belasting die de norm voorschrijft in het verleden voorgekomen?

In deze stap wordt gevraagd of de maatgevende mobiele belasting onder dezelfde omstandigheden aantoonbaar is voorgekomen in het verleden, bijvoorbeeld door een trekker of onderhoudswagen van HHNK/derden. Deze vraag moet worden beantwoord met "Ja" of "Nee" aan de hand van het keuzemenu. Het keuzemenu kan worden geopend door op de knop rechts van de cel te klikken.

15. Materieel is veilig te gebruiken. Zie tabblad "Toetsingsblad" voor overzicht.

Deze stap markeert het einde van het interactieve stroomschema en bevestigt dat het materieelstuk voldoet aan de uitvoeringsstabiliteit eis. Het werkblad "Toetsingsblad" bevat een overzicht van het materieelstuk en fungeert als bewijsstuk.

16. Wordt de stabiliteit nog verbeterd?

Indien de uitvoeringstabiliteit in de uitvoeringsfase niet aan de eis voldoet, wordt gevraagd of de stabiliteit in een andere uitvoeringsfase is verbeterd. Het verbeteren van de stabiliteit kan worden gedaan door bijvoorbeeld:

- Het verflauwen van de binnenberm;
- Het verplaatsen van de teensloot;
- Het aanbrengen van beschoeiing aan de teen van de regionale waterkering.

Deze vraag moet worden beantwoord met "Ja" of "Nee" aan de hand van het keuzemenu. Het keuzemenu kan worden geopend door op de knop rechts van de cel te klikken.

17. Kies kleiner materieel en loop het stroomschema opnieuw door. Geen kleiner materieel? Kies andere werkwijze of benader geotechnisch adviseur

Deze stap markeert het einde van het interactieve stroomschema en geeft aan dat het materieel niet voldoet aan de uitvoeringsstabiliteit en dat de stabiliteit van de regionale waterkering niet wordt verbeterd. In dit geval kunnen de volgende oplossingen worden overwogen:

- Voor de uitvoering moet lichter materieel worden gekozen. Dit vereist een nieuwe controle door middel van het interactieve stroomschema.
- Het materieelstuk moet worden geplaatst op rijplaten/draglineschotten. In dat geval moet het interactieve stroomschema opnieuw worden doorlopen met als aanpassing dat draglineschotten worden toegepast.
- De werkwijze moet zo worden aangepast dat er geen instabiliteit wordt veroorzaakt.
- Het benaderen van een geotechnisch adviseur om de stabiliteit 3-dimensionaal te beoordelen en rekening te houden met lengtespreiding.

Om het stroomschema opnieuw te doorlopen, kan eenvoudig de knop "Reset stroomschema" worden gebruikt om het interactieve stroomschema te resetten.

18. Loop het stroomschema door met de geometrie van de uitvoeringsfase waarbij de stabiliteit verbeterd is.

Deze stap markeert het einde van het interactieve stroomschema en geeft aan dat het materieel niet voldoet aan de uitvoeringsstabiliteit en dat de stabiliteit van de regionale waterkering nog moet worden verbeterd. In dit geval kunnen de volgende oplossingen worden overwogen:

- Voordat het materieel de regionale waterkering betreedt, moet de stabiliteit eerst worden verbeterd. De dwarsdoorsnede waarbij de stabiliteit is verbeterd, kan worden gecontroleerd om te bepalen of het materieelstuk voldoet aan de uitvoeringsstabiliteit.



- Voor de uitvoering moet een lichter materieelstuk worden gekozen. Dit vereist een nieuwe controle door middel van het interactieve stroomschema.
- Het materieelstuk moet gebruikmaken van rijplaten/draglineschotten. In dat geval moet het interactieve stroomschema opnieuw worden doorlopen met als aanpassing dat draglineschotten worden toegepast.
- Het benaderen van een geotechnisch adviseur om de stabiliteit in 3D te beoordelen en rekening te houden met lengtespreiding.

Om het stroomschema opnieuw door te lopen, kan eenvoudig de knop "Reset stroomschema" worden gebruikt om het interactieve stroomschema te resetten.



4 Technische beschrijving handreiking

In dit hoofdstuk wordt een gedetailleerde uitleg gegeven over de geotechnische aspecten, bedoeld als informatie voor de geotechnisch adviseur. Het interactieve stroomschema omvat de volledige toetsingsmethode die is ontwikkeld in het onderzoek "Veilige mobiele belasting voor regionale waterkeringen onder dagelijkse omstandigheden". Elke stap in het interactieve stroomschema is genummerd en correspondeert met de nummering in de onderstaande tekst.

1. Is het materieel toegestaan?

Dit vormt het beginpunt van de toetsingsmethode van de macrostabiliteit binnenwaarts onder dagelijkse omstandigheden.

2. Is de waterkering op macrostabiliteit afgekeurd?

Regionale waterkeringen dienen te worden getoetst aan de meest recente versie van de IPO-norm, die op dat moment vigerend is. In deze stap vergelijkt het interactieve stroomschema de vereiste stabiliteitsfactor (volgens de IPO-norm) met de huidige stabiliteitsfactor (de stabiliteitsfactor van de bestaande regionale waterkering onder maatgevende omstandigheden). Indien de huidige stabiliteitsfactor lager is dan de vereiste stabiliteitsfactor, concludeert het stroomschema dat de macrostabiliteit van de waterkering niet voldoet.

3. Is de mobiele belasting onder de norm?

Als de macrostabiliteit van de regionale waterkering voldoet onder maatgevende omstandigheden, kan er van uit worden gegaan dat de mobiele belasting onder of gelijk aan de norm tijdens dagelijkse omstandigheden geen lagere stabiliteit oplevert. Het interactief stroomschema controleert aan de hand van het gekozen materieel of de mobiele belasting hoger of lager is dan de getoetste mobiele belasting.

De getoetste mobiele belasting is gegeven in de Richtlijn Toetsing Regionale Waterkeringen en houdt in:

- Regionale waterkering zonder wegverharding (Groen waterkering): 5 kN/m² met een breedte van 2,5 meter;
- Regionale waterkeringen met wegverharding (Verharde waterkering): 13 kN/m² met een breedte van 2,5 meter.

Omdat de breedte van materieel kan verschillen wordt er gekeken naar de totale mobiele belasting per strekkende meter, Oftewel: 12,5 kN/m¹ voor groene waterkeringen en 32,5 kN/m¹.⁶ De totale mobiele belasting per strekkende meter wordt als volgt berekend voor het materieel

$$q = \frac{M * 9.81}{L}$$

Waarin:

q	= Veranderlijke belasting per m ¹	[kN/m ¹]
M	= Massa materieel	[Maximale tonnage materieel]
L	= Lengte materieel	[m]

4. De macrostabiliteit dient gecontroleerd te worden

Deze stap geeft aan dat de macrostabiliteit door middel van D-Geo Stability gecontroleerd moet worden, omdat een van de volgende redenen geldt:

- De macrostabiliteit is afgekeurd (Stap 2);
- De mobiele belasting is hoger dan de norm (Stap 3).

5. Is er een D-Geo stability geometrie van de juiste uitvoeringsfase?

Deze stap vereist een antwoord van "Ja" of "Nee". De stabiliteit wordt getoetst met behulp van het analytische rekenprogramma D-Geo Stability. Dit programma maakt gebruik van de methode Bishop,

⁶ Groene waterkering: 5 kN/m² x 2,5 m = 12,5 kN/m¹
Verharde waterkering: 13 kN/m² x 2,5 m = 32,5 kN/m¹



Uplift-Van of Spencer om de macrostabiliteit te controleren. Het rekenprogramma vereist een geometrie in de vorm van een dwarsdoorsnede. Aangezien de uitvoering van de regionale waterkering kan bestaan uit meerdere uitvoeringsfasen, moet de uitvoeringsfase waarin het materieel zich op de regionale waterkering bevindt worden gecontroleerd. Het is mogelijk dat er geen geometrie beschikbaar is voor de betreffende uitvoeringsfase. In dat geval moet het antwoord "Nee" zijn, wat direct verwijst naar stap 6. Als er wel een geometrie beschikbaar is voor de juiste uitvoeringsfase, kan er met "Ja" worden geantwoord en wordt er verwezen naar stap 7.

6. Maak een geometrie van de juiste uitvoeringsfase.

Als er geen geometrie beschikbaar is voor de juiste uitvoeringsfase moet deze gecreëerd/opgevraagd worden. Bij het maken van een geometrie moet rekening worden gehouden met eventuele wateroverspanningen door eerdere ophoogslagen. Dit kan worden gedaan door het software programma: D-Settlement. De geometrie met bijbehorende consolidatiepercentage per grondlaag kunnen vanuit D-Settlement geëxporteerd worden naar D-Geo Stability.

7. Bepaal en voer de belasting, positie en breedte in van het materieel.

De geotechnisch adviseur dient alle eventueel ingevoerde "Loads" te verwijderen. Het materieel dat gecontroleerd wordt dient als "uniform loads (temporary)" te worden ingevoerd op de volgende manier:

Grootte van de belasting

De grootte van de belasting wordt bepaald in het stroomschema door de volgende formule:

$$Q = \frac{M}{L * B} * \gamma_d$$

Waarin:

Q	=	Gelijkmatig verdeelde belasting	[kN/m ²]
M	=	maximale massa materieel	[Maximale tonnage materieel]
L	=	Lengte materieel	[m]
B	=	Breedte materieel	[m]
γ_d	=	Dynamische belasting factor	[1,3 conform NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019/NB:2019 tabel NB.6 – A1.2(C)]

Positie

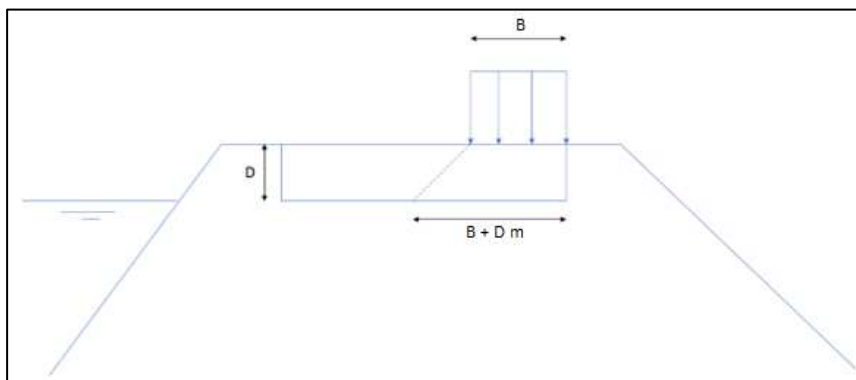
De plaatsing van de mobiele belasting dient zo ongunstig mogelijk geplaatst te worden, dat wil zeggen:

- *Voor waterkeringen met een wegverharding (of bij het toepassen draglineschotten) wordt de belasting gepositioneerd op de kant van de wegverharding aan de zijde van de toetsing;*
- *Voor waterkeringen zonder wegverharding wordt de belasting gepositioneerd op de relevante kniklijn in de geometrie, zoals de binnen-/buitenkruinlijn of de overgang van de het einde van de berm naar het talud van de berm. (Evers, 2022).*

Breedte

De breedte van de mobiele belasting op waterkering zonder wegverharding is gelijk aan de breedte van het materieel. Als de waterkering een goede wegverharding heeft (of er wordt gebruik gemaakt van draglineschotten) mag conform de Leidraad Toetsen Veiligheid Regionale Waterkering 2015 (LTVRW2015) "de mobiele belasting in breedterichting worden gespreid over het wegcunet. Dit wordt gedaan door de rekenwaarde van de mobiele belasting te verdelen over een fictieve breedte. Deze fictieve breedte wordt bepaald op basis van de dikte van het wegcunet onder de aanname van belastingspreiding van 1 op 1" (Arcadis, 2020b). "De fictieve breedte is maximaal 4 meter" (Evers, 2022)."

De bovengenoemde tekst is verwerkt in het interactief stroomschema. De geotechnisch adviseur kan direct de breedte overnemen die staat aangeven in F43.

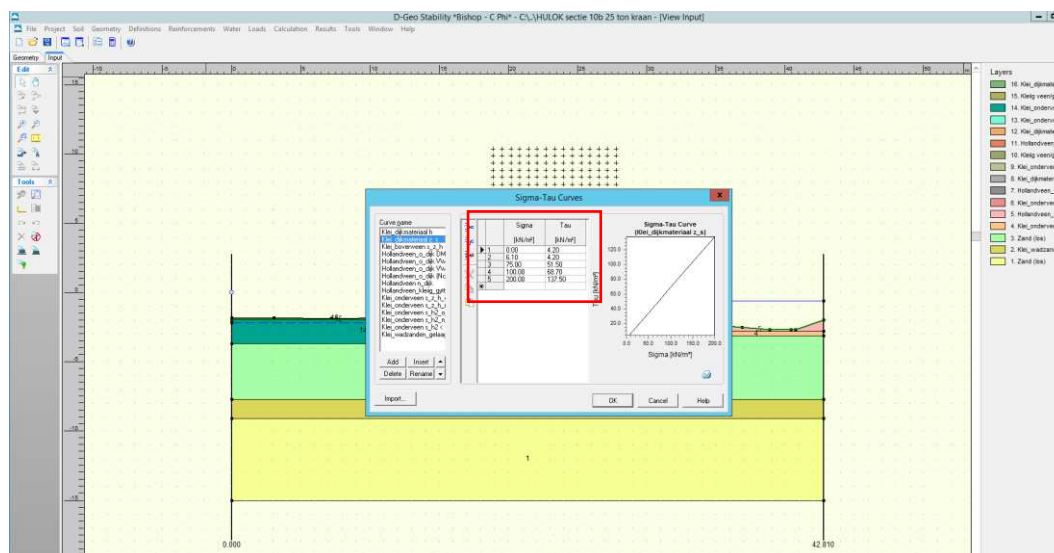


Figuur 9, Fictieve spreiding wegcunet. (Evers, 2022)

8. Controleer sterkteparameters en consolidatie, pas zo nodig aan.

De sterkteparameters van cohesieve grondsoorten worden in D-Geo Stability geïmplementeerd door middel van een Sigma-Tau curve bij HHNK. De Sigma-Tau curve koppelt grondeigenschappen in het model aan schuifspanning (Tau) op basis van verticale gronddruk (Sigma). Een hogere verticale gronddruk resulteert in een hogere schuifspanning. Door de Sigma-Tau curven te voorzien van ondergrenswaarden voor sterkte, zorgt HHNK ervoor dat oppervlakkige grondlagen representatieve sterkteparameters bevatten.

De controle van de Sigma-Tau curve kan worden uitgevoerd door handmatig de Sigma-Tau curve in D-Geo Stability te controleren. De Sigma-Tau curves zijn te vinden onder het tabblad "Soil" en vervolgens door "Sigma-Tau curves" te selecteren. Het venster toont de ingevoerde Sigma-Tau curve in het model. Om de controle uit te voeren, dienen de tabellen handmatig te worden nagekeken. Als er geen Sigma-Tau curve is verwerkt in het model, kunnen deze worden gevonden in bijlage A van 'Sigma-Tau tabellen Ondergrenzen sterkteparameters regionale proevenverzameling Noord-Holland V7.04'. Vergeet niet om de sterkteparameters als Sigma-Tau curve toe te passen in de betreffende grondsoort.



Figuur 10, Voorbeeld controle Sigma-Tau tabel.

Door het aanbrengen van grond ontstaat er een hogere gronddruk waardoor het water in het dijklichaam als het ware wordt "weggeperst". Het aanbrengen van grond wordt gedaan in ophoogslagen om de wateroverspanningen gering te houden. Indien materieel zich na een ophoogslag weer op de waterkering begeeft dient de resterende wateroverspanning van de vorige ophoogslag in rekening worden gebracht. Het bepalen van de resterende wateroverspanning wordt tijdens de ontwerpfase door een geotechnische adviseur gedaan met behulp van het software programma D-Settlement. De uitkomsten hiervan kunnen geïmporteerd worden naar D-Geo Stability en dienen gecontroleerd te worden.



9. Voer de dagelijkse hydraulische situatie in.

In deze stap dient de geotechnische adviseur de dagelijkse hydraulische situatie in D-Geo Stability in te voeren. Het invoeren van de hydraulische situatie in D-Geo Stability gebeurt door het tekenen van een PL-lijn. In het stroomschema dienen de volgende gegevens ingevuld te worden:

- | | | |
|----|----------------------------------|-------------------|
| a. | Streefpeil boezem | [x.xx t.o.v. NAP] |
| b. | Streefpeil achterliggende polder | [x.xx t.o.v. NAP] |
| c. | Hoogte maaiveld | [x.xx t.o.v. NAP] |
| d. | Breedte kruin van de waterkering | [x.xx t.o.v. NAP] |

De grondwaterstand tijdens dagelijkse omstandigheden kan worden geschematiseerd door lineaire interpolatie van gemiddelde peilbuisgegevens. Indien er geen meetgegevens beschikbaar zijn, wordt in de Richtlijn Toetsing Regionale Waterkering voorgeschreven hoe de freatische lijn geschematiseerd moet worden op basis van het streefpeil van de boezem en polder, de hoogte van het maaiveld en de breedte van de kruin. De schematisatie richtlijn luidt als volg:

- *Vanaf boezempeil verloopt de freatische lijn horizontaal tot aan de buitenkruinlijn;*
- *Vanaf de buitenkruinlijn verloopt de freatische lijn onder een helling van 1:20 richting de binnenkruinlijn;*
- *Ter plaatse van de binnenkruinlijn is de freatische lijn nooit lager dan $\frac{1}{2} H$. Waarbij $\frac{1}{2} H$ gelijk is aan de helft van het verschil tussen streefpeil en slootpeil;*
- *Vanaf de binnenkruinlijn gaat de freatische lijn in een rechte lijn naar het slootpeil ter hoogte van de insteek van de sloot. Daarbij kan de freatische lijn bij de binnenteen niet hoger worden dan de hoogte van de minstens 0,1 m onder maaiveld;*
- *Als een berm aanwezig is verloopt de freatische lijn in een rechte lijn van binnenkruinlijn naar binnenteen, maar blijft altijd minstens 0,1 m onder maaiveld (Evers, 2022).*

Voor 'normale' waterkeringen is in het werkblad "Schematisatie PL-lijn" een schematisatie opgesteld op basis van de ingevulde gegevens.

De dagelijkse hydraulische situatie in D-Geo Stability wordt ingevoerd door de PL-lijn (freatische niveau) te tekenen

- Het streefpeil van de boezem;
- Het streefpeil van de polder;
- Het peil van het maaiveld van de polder;
- De breedte van de kruin.

Wanneer de peilen en breedte correct zijn ingevoerd in het stroomschema, kan op het werkblad "Schematisatie PL-lijn" de schematisatie van de PL-lijn worden afgelezen. Deze lijn moet handmatig in D-Geo stability worden geplaatst. De schematisatie is gebaseerd op de Richtlijn Toetsing Regionale Waterkering. Als er peilbuizen of grondwaterstanden bekend zijn van de dagelijkse omstandigheden kan het werkblad "Schematisatie PL-lijn" genegeerd worden en bij de breedte van de kruin een waarde hoger dan 1 worden ingevuld om het vervolgproces te zien.

10. Wat is de grootte van de belasting?

Er kan direct worden doorgegaan naar stap 11.

11. Pas de consolidatie van de cohesieve grondsoorten aan naar -%

Bij deze stap wordt gekeken op basis van de soort regionale waterkering en de grootte van mobiele belasting welke consolidatiepercentage de cohesieve grondsoorten moeten hebben. Het consolidatiepercentage is gegeven in de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale waterkering en zijn weergegeven in *Tabel 1* hieronder. In het interactieve stroomschema is een verdeling gemaakt wanneer welke consolidatiepercentage wordt weergegeven.



Tabel 1, Consolidatiepercentage voor cohesieve grondsoorten (STOWA, 2015)

Belastingssituatie	Zeer zware belasting [>15 kN/m ²]	Zware belasting [≈15 kN/m ²]	Lichte belasting [≈5 kN/m ²]
Verdeling stroomschema	>15[kN/m ²]	15-10[kN/m ²]	10-0[kN/m ²]
Kade met weg	0%	50%	100%
Kade zonder weg "groene kade"	0%	0%	50%

Het consolidatiepercentage van cohesieve grondsoorten wordt weergegeven in cel E58. Deze moet handmatig worden aangepast in tabblad "Loads" -> "Uniform loads". In dit venster staat aan de rechterkant een tabel met laagnummers en "Degree of consolidation". Alle laagnummers die cohesieve grondsoorten zijn moet worden aangepast naar het aangegeven percentage.

12. Bereken de stabiliteitsfactor

De belasting is ingevoerd, de Sigma-Tau curve zijn gecontroleerd, de dagelijkse hydraulische situatie is geschematiseerd en de consolidatie van de cohesieve grondsoorten zijn aangepast. Nu moet alleen nog de rekenmethode goed worden ingesteld. Als eerst moet onder het tabblad "Project" en dan "Model" dezelfde berekeningsmethode worden gekozen als de hertoetsing. Onder het tabblad "Definitions" vervolgens "Slip circle Definition" moet een Grid en Tangent Line worden opgegeven. Daarna kan de berekening worden uitgevoerd onder het tabblad "Calculation" vervolgens "start".

Het resultaat na de berekening kan worden ingezien onder het tabblad "Results" vervolgens "Stresses". Het getal onder in het venster naast het woord "Safety" moet worden ingevoerd in cel F61. Als de stabiliteitsfactor is ingevuld wordt het vervolgproces nr. 13.

13. Controle eis

De stabiliteitsfactor die bij stap 12 is ingevoerd wordt getoetst bij stap 13 aan de volgende eisen:

- De stabiliteitsfactor is hoger dan de eis die beschreven is in leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen ($SF > SF_{eis}$);
- De stabiliteitsfactor is hoger dan 90% de stabiliteitsfactor van het ontwerp ($SF > SF_{ontwerp} * 0.9$) (Kwakman, 2014);
- De stabiliteitsfactor is hoger dan de huidige analytische stabiliteit onder maatgevende omstandigheden (Kwakman, 2014) **MITS** de maatgevende mobiele belasting is voorgekomen in het verleden op de kruin van de regionale waterkering ($SF > SF_{huidig}$).

De laatste eis heeft een randvoorwaarde. Tijdens een overleg met een Senior Ontwerper Waterveiligheid is deze eis namelijk kritisch bekeken. Het kan zijn dat de regionale waterkering een lage stabiliteitsfactor heeft met de norm mobiele belasting en dat de regionale waterkering niet is bezwaken. Maar deze norm mobiele belasting moet daadwerkelijk wel in het verleden op de regionale waterkering hebben gestaan. Anders is het niet te bevestigen dat de regionale waterkering deze mobiele belasting ook daadwerkelijk aan kan. Als er alleen aan deze eis wordt voldaan wordt stap 14 weergegeven. Als er aan de eerste twee eisen wordt voldaan wordt stap 15 weergegeven. Als er aan geen van alle eisen wordt voldaan wordt er verwezen naar stap 16.

14. Maatgevende bovenbelasting voorgekomen in het verleden?

Stap 14 moet worden beantwoord met "Ja" of "Nee". De vraag dient als controle of de maatgevende bovenbelasting is voorgekomen in het verleden van de regionale waterkering. De maatgevende bovenbelasting kan voorkomen als onderhoudsvoertuigen de regionale waterkering heeft betreden of boeren met een trekker over de regionale waterkering heeft gereden.

15. Materieel is veilig te gebruiken. Zie tabblad "Toetsingblad" voor overzicht

Deze stap geeft aan dat het materieel rekenkundig veilig te gebruiken is op de kruin van de regionale waterkering. In het werkblad "Toetsingblad" is een overzicht terug te vinden van de gegevens. Dit dient ook als bewijsmiddel dat het materieel getoetst is.



16. Wordt de macrostabiliteit verbeterd?

Als de eisen bij stap 13 niet worden behaald of de maatgevende bovenbelasting niet voorgekomen is in het verleden wordt de vraag gesteld of de macrostabiliteit nog verbeterd wordt in de uitvoering. Als de macrostabiliteit niet verbeterd wordt moet stap 17 gevolgd worden. Als de macrostabiliteit wel verbeterd wordt moet stap 18 worden gevolgd.

17. Kies kleiner materieel en loop het stroomschema opnieuw door. Geen kleiner materieel? Kies andere werkwijze of benader Geotechnisch adviseur.

Als de macrostabiliteit niet meer wordt verbeterd en het materieel dat wordt getoetst een te onstabiele situatie oplevert, kan er voor kleiner materieel worden gekozen en moet het stroomschema opnieuw worden doorlopen. Is kleiner materieel geen optie? Dan kan er worden gekozen om vanaf de teen te werken of te werken op de kruin door middel van rijplaten/draglineschotten.

18. Loop het stroomschema door met de geometrie van de uitvoeringsfase waarbij de macrostabiliteit verbeterd is.

Deze stap geeft aan dat het materieel een te instabiele situatie geeft maar dat de waterkering wel stabiel wordt gemaakt. Het is bij deze aan te raden om de stabiliteit te verbeteren. Dit dient vanuit de teen te worden gedaan en vervolgens kan de berekening opnieuw worden gedaan met het verbeterde profiel. Hierdoor kan het mogelijk zijn dat het materieel wel stabiel is voor op de regionale waterkering.



5 Toetsingblad

Het toetsingsblad kan als bewijsmateriaal dienen dat het materieel getoetst is op het faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts. Het toetsingsblad geeft basisinformatie en de berekende gegevens van het materieel weer. In het midden van het toetsingsblad is een sectie gereserveerd voor het bewijs van de berekening, waar bijvoorbeeld een screenshot van de uitkomst van de D-Geo Stability-berekening kan worden getoond. Onderaan het toetsingsblad is een ruimte voor zowel opdrachtnemer als opdrachtgever om een handtekening te plaatsen.

Sheet Controle uitvoeringsstabiliteit Regionale Waterke							
Project Stammeer							
Besteknummer HHNK-21.0313063-C							
Datum 31-5-2023							
Auteur D.J.L. Janssen							
Projectlocatie							
Naam dijk Stammeerdijk							
Geometrie Sectie 8							
Soort kering Verharde waterkering							
Stabiliteitsgegevens							
Rekenmodel Liftvan							
Stabiliteitsfactor eis 0,95							
Stabiliteitsfactor ontwerp 1,04							
Stabiliteitsfactor huidig 0,70							
Materieel							
Soort materieel Trekker kipper klein incl. trekker							
Maximale Massa materieel 21,00 ton							
Belasting met veiligheidsfactor 8,93 kN/m ²							
Breedte materieel 2,44 m							
Lengte materieel 10,20 m							
Stabiliteitsfactor 0,85							
Macrostabiliteit Voldoet							
Stabiliteitsberekening							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">Handtekening opdrachtgever</th> <th style="text-align: left;">Handtekening opdrachtnemer</th> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td style="height: 40px;"></td> </tr> <tr> <td>Naam:</td> <td>Naam:</td> </tr> </table>	Handtekening opdrachtgever	Handtekening opdrachtnemer			Naam:	Naam:	
Handtekening opdrachtgever	Handtekening opdrachtnemer						
Naam:	Naam:						

Figuur 11, Voorbeeld toetsingsblad



6 Verwijzingen

- Arcadis. (2020b). *Bovenbelasting bij beoordeling macrostabiliteit regionale (20.0789504)*. Arcadis Nederland b.v.
- Evers, J.-W. (2022). *Richtlijn Toetsing Regionale Waterkeringen*. Heerhugowaard: Afdeling Ingenieursbureau HHNK.
- Janssen, D. (2023). *Mobiele belasting op regionale waterkering*. Heerhugowaard: HHNK.
- Kwakman, L. (2014). *Richtlijnen technische toetsing, ontwerp en realisatie regionale keringen*. Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- STOWA. (2015). *Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale waterkeringen*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.



Datum
2 juni 2023

Registratienummer

Bijlage A. Sigma-Tau tabellen Ondergrenzen sterkteparameters regionale proevenverzameling Noord-Holland V7.04

Naamgeving: Hollandveen_kleig_gyttja	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	2,1
75	30,8
100	40,3
200	78,6

Naamgeving: Hollandveen_o_dijk DM	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
7,5	4,2
75	30,6
100	40,4
200	79,5

Naamgeving: Hollandveen_o_dijk VW (noordwest)	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
5,1	4,2
75	30,9
100	40,5
200	78,7

Naamgeving: Hollandveen_o_dijk VW (zuidoost)	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
7,9	4,2
75	28,1
100	37
200	72,6

Naamgeving: Hollandveen_o_dijk	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
8,4	4,2
75	37,2
100	49,6
200	99,1

Naamgeving: hollandveen_n_dijk	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	2,1
5,1	2,1
75	30,7
100	40,9
200	81,7

Naamgeving: Klei_dijkmateriaal h	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	0,9
75	39,6
100	52,5
200	104

Naamgeving: Klei_dijkmateriaal z_s	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
6,1	4,2
75	51,5
100	68,7
200	137,4

Naamgeving: Klei_bovenveen s_z_h	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
6,5	4,2
75	48,3
100	64,4
200	128,7

Naamgeving: Klei_onderveen s_z_h_o_dijk	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
3,2	4,2
75	42,7
100	56,1
200	109,7

Naamgeving: Klei_onderveen s_h2_o_dijk	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
75	41,6
100	55,2
200	109,5

Naamgeving: Klei_onderveen s_h2 < -5,5 NAPm	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	0,8
2,6	0,8
75	24,4
100	32,5
200	65

Naamgeving: Klei_bovenveen s_z_h	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
6,5	4,2
75	48,3
100	64,4
200	128,7

Naamgeving: Klei_onderveen s_z_h_o_dijk	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
4,9	4,2
75	38,6
100	50,9
200	100,2

Naamgeving: Klei_onderveen s_h2_n_dijk	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	0,9
75	39,6
100	52,5
200	104,1

Naamgeving: Klei_wadzanden_gelaaagd_o_dijk	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	0,8
75	34,7
100	45,9
200	91,1

Naamgeving: Klei_bovenveen s_z_h	
Sigma [kN/m ²]	Tau [kN/m ²]
0	4,2
6,5	4,2
75	48,3
100	64,4
200	128,7