



**De Innovatie
versneller**

HwBP voor sterke dijken

Handreiking uitvoeringsaspecten bij dijkversterkingen

05-03-2024

Inhoud presentatie

Doel van deze presentatie: Toelichten totstandkoming Handreiking en geven van een sneak preview van de inhoud van de Handreiking

- Aanleiding, doel en scope Handreiking
- Proces totstandkoming Handreiking
- Onderdelen Handreiking
- Sneak preview per hoofdstuk

Aanleiding, doel en scope

- Eenduidige aanpak hoe stabiliteit tijdens uitvoering kan worden geverifieerd niet beschikbaar. Hierdoor moet ieder project 'het wiel opnieuw uitvinden' of sluit de aanpak niet aan op de overstromingskansbenadering.
- Doel: bieden van een totaaloverzicht van wat er speelt rondom uitvoeringsstabiliteit en presenteren eenduidige aanpak om de uitvoeringsstabiliteit te monitoren en verifiëren.
- Scope:
 - Macro stabiliteit van grondlichamen tijdens uitvoeringsfase dijkversterkingsprojecten
 - Zoveel mogelijk aan sluiten/verwijzen naar al beschikbare literatuur (bijv. CUR162)

Proces totstandkoming Handreiking

- Witte vlek op lijst DIV macrostabiliteit
- Eerste aanzet gemaakt door Deltares
- Opdracht gegeven aan Fugro om Handreiking te schrijven die aansluit op de ontwerppraktijk
- Review door Strategiegroep DIV Macrostabiliteit en Reviewteam. In dit reviewteam zitten:
 - Albert Wiggers (Adviesteam Dijkontwerp)
 - Jan Blinde (Adviesteam Dijkontwerp)
 - Richard de Jager (Boskalis)
 - Thom Olsthoorn (Waterschap Rivierenland)

Onderdelen Handreiking

- Hfst. 2: Uitvoeringsstabiliteit in het ontwerpproces
- Hfst. 3: Stabiliteitseis tijdens uitvoering
- Hfst. 4: Omgang met het gesloten seizoen
- Hfst. 5: Analyseren uitvoeringsstabiliteit
- Hfst. 6: Stabiliteitsverhogende maatregelen
- Hfst. 7: Geotechnische monitoring grondophogingen
- Hfst. 8: Beter benutten uitvoeringservaring
- Hfst. 9: Aandachtspunten omgevingsbeïnvloeding en -monitoring

Uitvoeringsstabiliteit in het ontwerpproces

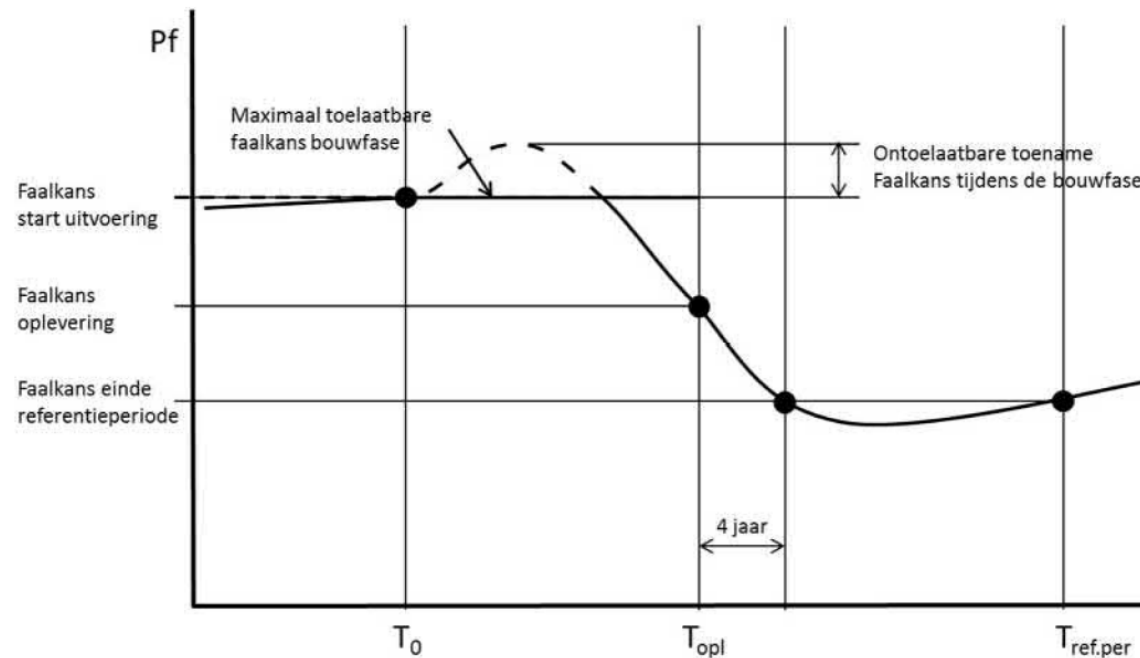
- De uitvoeringsstabiliteit is niet alleen van belang in de Realisatiefase

Verkenningfase	Planuitwerkingsfase	Uitvoeringsfase	Beheer- en onderhoudsfase
Controle of/welke uitvoeringsaspecten bepalend zijn in afweging kansrijke alternatieven	Bepalen nut/noodzaak praktijkproeven	Bepalen ophoogfasering	Monitoring bekende zwakke plekken die tijdens realisatie zijn geconstateerd
Controle of/welke uitvoeringsaspecten van invloed zijn op ontwerp eindsituatie	Bepalen impact uitvoeringsaspecten op ruimtebeslag, planning en kosten	Opstellen hoogwateractieplan	Waterkering is eerste 4 jaar na oplevering nog niet op normsterkte
'Meenemen' benodigd grondonderzoek uitvoeringsfase	Opstellen indicatief monitoringsplan	Analyseren relevante bouwfasen	
Omgevingsbeïnvloeding, zie hfst. 9	Bepalen (bandbreedte) ontwerpparameters dijkmateriaal	Opstellen keuringsplannen	
	Beschouwen ontwerpbepalende bouwfasen	Tolerantie analyse en uitvoeringsbegeleiding	
	Omgevingsbeïnvloeding, zie hfst 9	Omgevingsbeïnvloeding, zie hfst. 9	

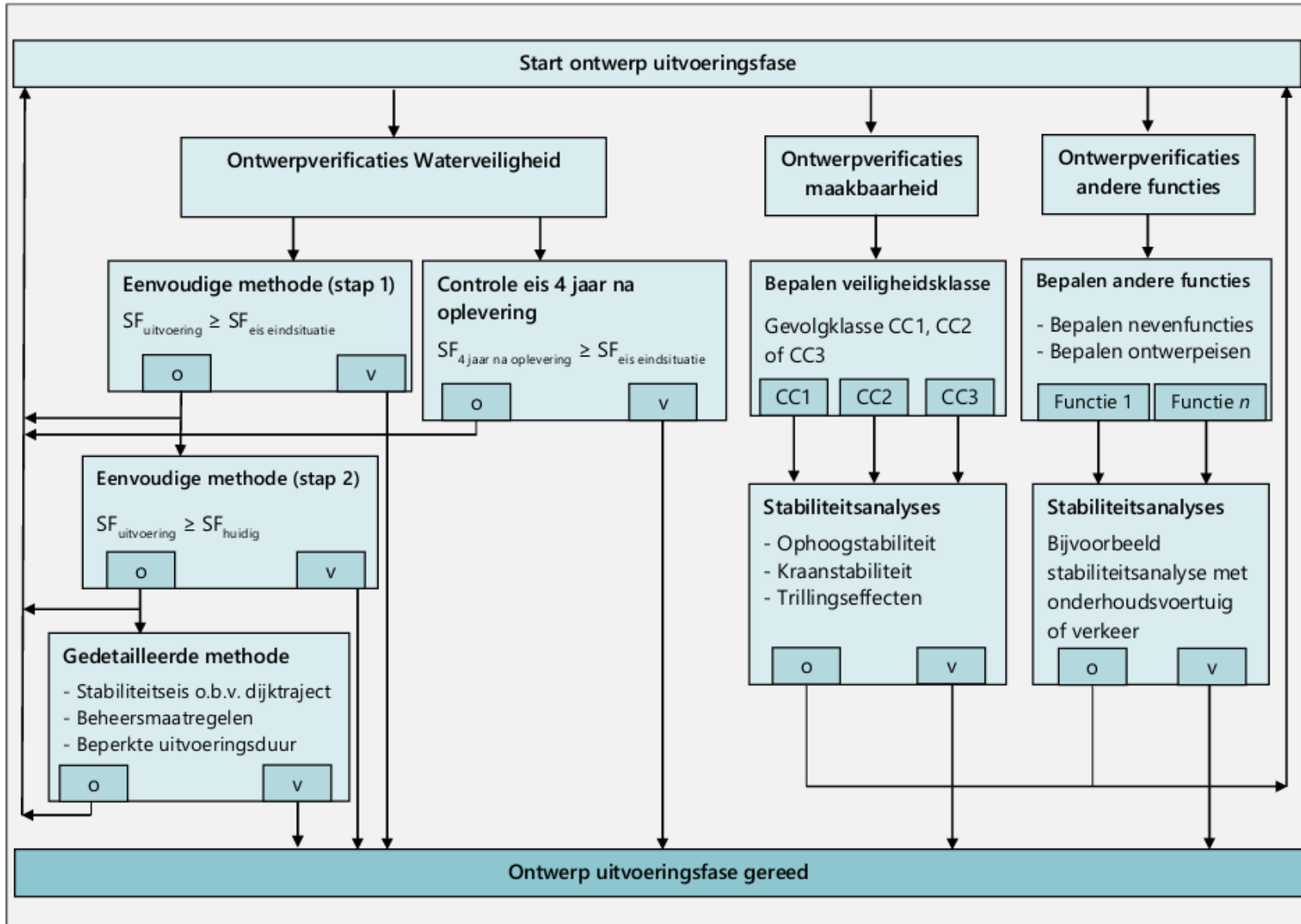
Stabiliteitseis tijdens uitvoering

- Basis is Grondslagen voor Waterkeren:

“Omdat het zeer kostbaar kan zijn om te eisen dat een afgekeurde waterkering tijdens of direct na versterken aan de norm moet voldoen, wordt het acceptabel geacht dat de overstromingskans in de eerste 4 jaar na versterken hoger is dan de norm als hiermee hoge kosten voorkomen worden. De overstromingskans mag in deze 4 jaar echter in geen enkel jaar groter zijn dan de overstromingskans direct voorafgaand aan versterking.”



Stabiliteitseisen tijdens uitvoering



Gedetailleerde methode (1): eis o.b.v. dijktraject

- De eenvoudige methode stap 2 leidt er toe dat voor dijkvakken met een relatief hoge stabiliteit een relatief strenge stabiliteitseis geldt. Dit kan tot een onwerkbaar situatie leiden.
- Daarom een mogelijkheid om de stabiliteitseis te bepalen o.b.v. de overstromingskans voor het hele dijktraject:
- Basisgedachte achter deze aanpak is dat een verhoogde instabiliteitskans in een dijkvak niet tot een significante toename van de overstromingskans op trajectniveau hoeft te leiden als het betreffende dijkvak een verwaarloosbare invloed op de faalkans van het dijktraject heeft.
- Hierbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat de faalkanstoename voor het dijktraject (ten aanzien van macrostabiliteit) kleiner moet zijn dan 1%.
- Voor de vakken waar dit niet tot een aanscherping leidt, kan nog steeds de eenvoudige methode worden toegepast
- 3 Voorbeelden toegevoegd in de bijlagen

Gedetailleerde methode (1): eis o.b.v. dijktraject

- Analyse o.b.v. maatgevende doorsnede in het vak
- De kans op een initiële afschuiving $\beta = (\gamma_n - 0,41)/0,15$;
- De faalkans van het vak is bepaald op basis van $P_{ini;vak} = P_{ini;drsn} \times L_{vak} / 50m$;
- De faalkans van het dijktraject of projectgebied is de som van de faalkans van de afzonderlijke onafhankelijke dijkvakken $P_{traject} = \sum P_{ini;vak}$.

Dijkvak	Lengte [m]	SF [-]	v_w [-]	β [-/jaar]	$P_{ini;vak}$ [-/jaar]	$P_{traject}$ [-/jaar]
1	500	0.9	0.85	2.9	1.71E-03	1.71E-02
2	500	1	0.94	3.6	1.88E-04	1.88E-03
3	500	1.1	1.04	4.2	1.43E-05	1.43E-04
4	500	1.2	1.13	4.8	7.40E-07	7.40E-06
5	500	1.3	1.23	5.4	2.62E-08	2.62E-07
6	500	0.88	0.83	2.8	2.55E-03	2.55E-02
7	500	0.95	0.90	3.2	5.94E-04	5.94E-03
8	500	1.5	1.42	6.7	1.04E-11	1.04E-10
9	500	1.2	1.13	4.8	7.40E-07	7.40E-06
10	500	1.15	1.08	4.5	3.41E-06	3.41E-05
11	500	1.6	1.51	7.3	1.15E-13	1.15E-12
12	500	1.05	0.99	3.9	5.43E-05	5.43E-04
13	500	0.95	0.90	3.2	5.94E-04	5.94E-03
14	500	0.99	0.93	3.5	2.39E-04	2.39E-03
15	500	1.1	1.04	4.2	1.43E-05	1.43E-04
16	500	1.15	1.08	4.5	3.41E-06	3.41E-05
17	500	1.25	1.18	5.1	1.46E-07	1.46E-06
18	500	1.35	1.27	5.8	4.28E-09	4.28E-08
19	500	1.2	1.13	4.8	7.40E-07	7.40E-06
20	500	1.1	1.04	4.2	1.43E-05	1.43E-04
					Totaal	0.059785

Gedetailleerde methode (1): eis o.b.v. dijktraject

- Verlagen van de stabiliteitsfactor totdat de faalkanstoename maximaal 1% bedraagt.
- Laagste stabiliteitsfactor in het dijktraject is 0,88
- Stabiliteitseis wordt 1,13 (0,25 hoger dan 0,88)
- De aanpak leidt dus niet snel tot extreem lage eisen
- Berekende faalkansen moeten realistisch zijn/ uitgangspunten en glijvlakken analyse voorafgaand aan uitvoering en tijdens uitvoering moeten vergelijkbaar zijn

Dijkvak	Lengte [m]	SF [-]	v_{α} [-]	β [-/jaar]	$P_{dijkvak}$ [-/jaar]	$P_{dijkvak}$ [-/jaar]
1	500	0.90	0.85	2.9	1.71E-03	1.71E-02
2	500	1.00	0.94	3.6	1.88E-04	1.88E-03
3	500	1.10	1.04	4.2	1.43E-05	1.43E-04
4	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
5	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
6	500	0.88	0.83	2.8	2.55E-03	2.55E-02
7	500	0.95	0.90	3.2	5.94E-04	5.94E-03
8	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
9	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
10	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
11	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
12	500	1.05	0.99	3.9	5.43E-05	5.43E-04
13	500	0.95	0.90	3.2	5.94E-04	5.94E-03
14	500	0.99	0.93	3.5	2.39E-04	2.39E-03
15	500	1.10	1.04	4.2	1.43E-05	1.43E-04
16	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
17	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
18	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
19	500	1.13	1.07	4.4	6.11E-06	6.11E-05
20	500	1.10	1.04	4.2	1.43E-05	1.43E-04
					Totaal	0.06030

Aangezien $(0,06030-0,059785)/0,059785 < 1\%$, blijkt uit bovenstaande tabel dat een stabiliteitseis van $SF \geq 1,13$ kan worden gehanteerd voor de uitvoer

Gedetailleerde methode (2): beheersmaatregelen

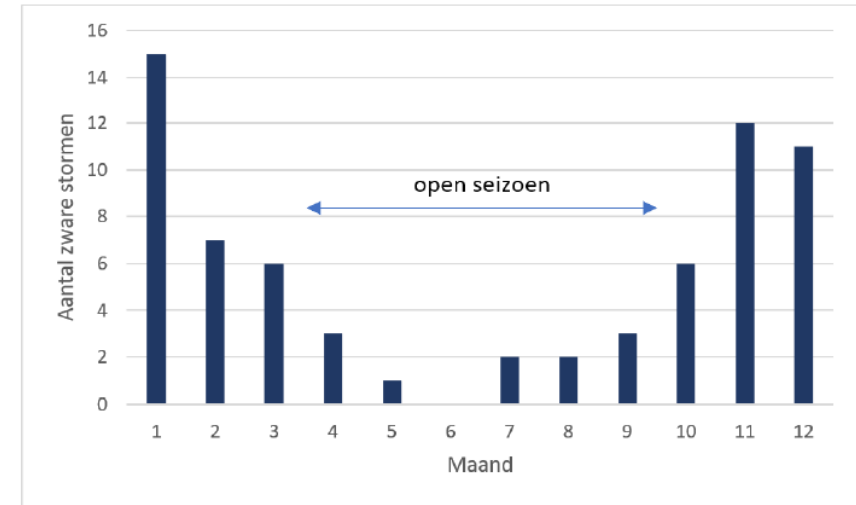
- Optie 1: Beperken kans op overstromen na initieel mechanisme: Nemen van maatregelen na een initieel mechanisme. Voor STBI in de praktijk vaak niet mogelijk om na initieel mechanisme nog beheersmaatregelen te treffen. Voor STBU kan dit meestal wel tot een lagere stabiliteitseis voor het initiële mechanisme leiden.
- Optie 2: Beperken kans op instabiliteit: Vooral mogelijkheden om preventieve maatregelen te treffen, bijv. tijdelijke berm, beperken bovenbelasting, grondverbetering.

Gedetailleerde methode (3): beperkte uitvoeringsduur

- Bijvoorbeeld alleen werkzaamheden in open seizoen -> hanteren zomerstatistiek
- Ander voorbeeld:
 - Kans op hoogwater in 1 maand is korter dan in 1 jaar (open- of gesloten seizoen) -> 6 maal kleinere terugkeertijd voor de hoogwaterbelasting
 - Uitgangspunt hierbij is dat de faalkansbijdrage in de andere maanden een orde lager is dan tijdens uitvoering. Praktisch: de stabiliteitsfactor tijdens uitvoering is substantieel (orde 0,1) lager dan voorafgaand en na uitvoering.

Omgang gesloten seizoenen

- Gesloten seizoen heeft een lange historie
 - Met name om extreme hoogwatercondities te mijden
 - Maar ook niet-werkbare dagen
- Hoogwateractieplan om risico's te beheersen
- Relevantie van gesloten seizoen is niet voor alle dijktypen hetzelfde

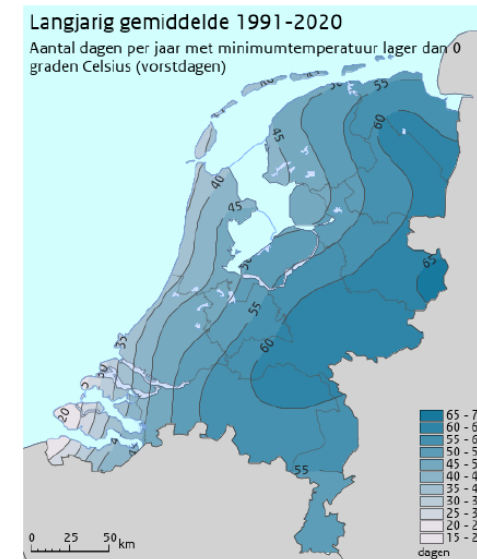


Figuur 4.1: Aantal zware stormen (windkracht 10 en hoger) per maand in de periode 1910 - 2023 (bron: (KNMI, z.d.-b))

Tabel 4.2: Relatie met gesloten seizoenen en mogelijkheid tot beheersmaatregelen per dijktipe

Dijktipe	Koppeling maatgevende hydraulische belasting met gesloten seizoenen	Mogelijkheid tot het tijdig treffen van beheersmaatregelen voorafgaand aan een maatgevende hydraulische belasting
Zeedijk	++	--
Meerdijk	+	-
Bovenrivierdijk	-	++
Benedenrivierdijk	+	-
Boezemkade	--	+

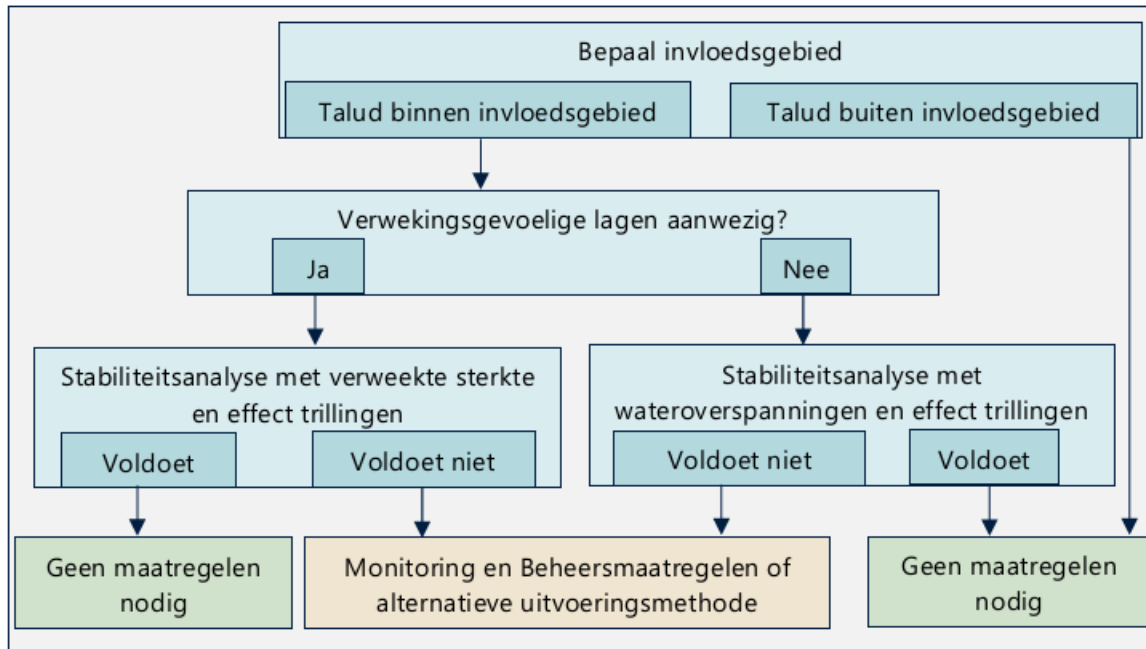
Opmerkingen
 ++ = Sterke correlatie hoogwater met gesloten seizoenen / tijdig treffen maatregelen goed mogelijk
 + = Beperkte correlatie hoogwater met gesloten seizoenen / tijdig treffen maatregel beperkt mogelijk
 - = Weinig correlatie hoogwater met gesloten seizoenen / tijdig treffen maatregelen nauwelijks mogelijk
 -- = Nauwelijks correlatie hoogwater met gesloten seizoenen / tijdig treffen maatregelen vrijwel niet mogelijk



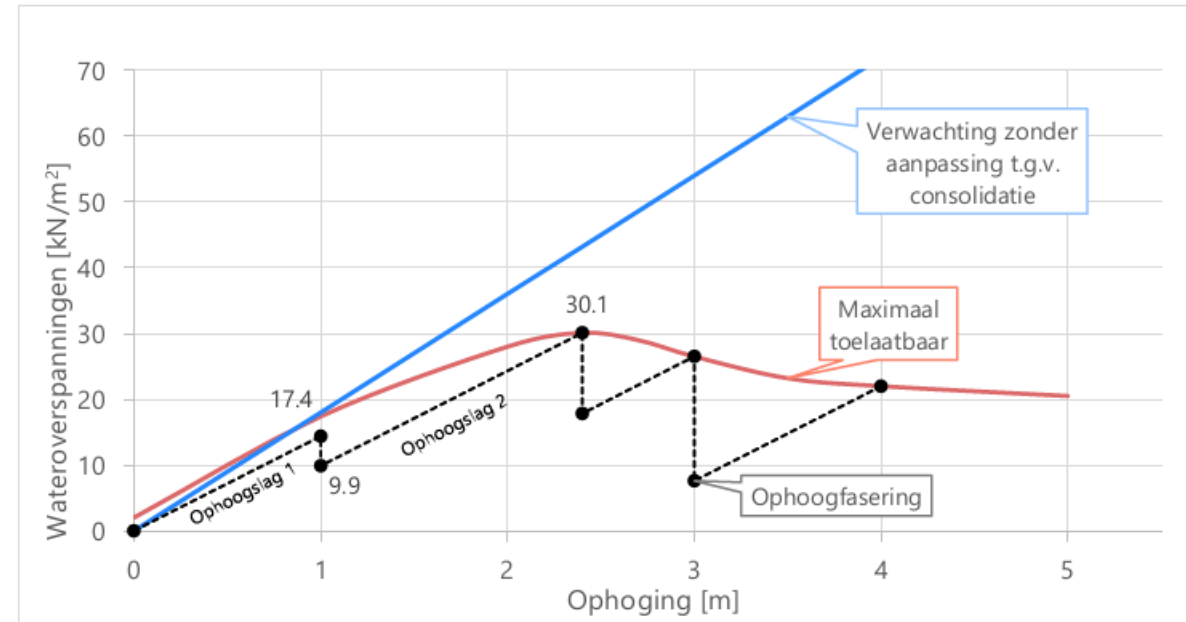
Figuur 4.3: Gemiddelde aantal dagen met een temperatuur lager dan 0 graden Celsius in de periode 1991 - 2020 (Bron: (KNMI, z.d.-a))

Analyseren uitvoeringsstabiliteit

- Focus op de –voor de meeste projecten- belangrijkste werkzaamheden/aspecten:
 - Ophoogstabiliteit/-fasering
 - Kraanstabiliteit/opstelplaatsen
 - Trillingen



Figuur 5.3: Stroomschema analyse effect wateroverspanningen op taludstabiliteit



Figuur 5.2: Getallenvoorbeeld wateroverspanningen

Stabiliteitsverhogende maatregelen

- Maatregelen in het uitvoeringsontwerp
 - Reductie wateroverspanningen
 - Reductie belastingen
 - Vergroten weerstand
 - Verhogen lokale stabiliteit
- (Nood)maatregelen in een hoogwateractieplan
 - Wiki Noodmaatregelen Waterkeringen

The screenshot shows the 'Wiki Noodmaatregelen Waterkeringen' website. The page title is 'Noodmaatregelen'. The navigation bar includes 'Pagina Overleg', 'Lezen', 'Brontekst bekijken', and a search box. The main content area features a row of icons for 'Schadebeelden', 'Faalmechanisme', 'Noodmaatregelen' (highlighted in yellow), 'Dimensionering', and 'Uitvoering'. Below this, the text explains that a 'noodmaatregel' (emergency measure) is a measure taken upon discovery of a dangerous situation, and that 'sterkte-noodmaatregelen' (strength emergency measures) are divided into several types. A grid of six boxes illustrates these types: 'Belastingbeperkend' (Load limiting), 'Erosie remmend' (Erosion reducing), 'Extra kering' (Extra dewatering), 'Stabiliteitsverhogend' (Stability increasing), and 'Verhoging kering' (Increase in dewatering).

Geotechnische monitoring grondophogingen

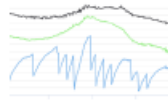


- Nut en noodzaak monitoringsinstrumenten
- Bepalen monitoringsstrategie (waarom, hoe, wat)
- Monitoringsplan
- Toelichting per meetinstrument

Tabel 7.1: Nut en noodzaak geotechnische monitoringsinstrumenten

Type instrument	Nut en noodzaak geotechnische monitoring
Waterspanningsmeter	Meten van wateroverspanningen in (dikke) slecht-doorlatende grondlagen onder de grondwaterstand. Verificatie uitvoeringsstabiliteit en ophoofasering (wateroverspanningen). Meting wateroverspanning in (zand)lagen door intrillen damwanden.
Tensiometer	Meten zuigspanningen onverzadigde zone. Meenemen extra sterkte onverzadigde zone
Peilbuizen	Meten van stijghoogte in goed doorlatende lagen. Verificatie freatisch vlak onder ophoging, meting respons getij, meting wateroverspanning in tussenzandlagen.
Trillingsmeter	Meten trillingen t.b.v. taludstabiliteit, bijvoorbeeld bij intrillen damwanden.
Zakbaak	Verificatie zettingen t.b.v. kruinhoogte, restzettingen en gezet profiel, cross check waterspanningsmeters t.b.v. consolidatieverloop.
Hellingmeetbuis	Meten horizontale grondvervormingen, vooral zinvol bij belendingen
Perkoenpalenrij	Visuele controle op vervormingen, levert geen meetdata voor verificatie berekeningen

Tabel 7.2: Klasse-indeling sensorunits waterspanningsmeters (POV Macrostabieliteit, 2019)

Klasse	1	2	3	4
Membraan sensor	RVS316	RVS316	RVS316	RVS316
Type uitgang	Laser gelast	Laser gelast	Laser gelast	Laser gelast
Meetparameters	4..20mA of 0...10V	I2C	4..20mA of 0...10V	RS485
Total error band (druk) *	1% - 2% FS	0,7% FS	0,25% FS	0,1% FS
Total error band (temperatuur)	-	2 °C	-	0,5°C
Min. eis lineariteit	0,7% FS	0,40% FS	0,15% FS	0,01% FS
Max. toegestane herhaalfout #	2% FS	0,7% FS	0,25% FS	0,1% FS
Max. toegestane hysteresis	0,01% FS	0,01% FS	0,01% FS	0,01% FS
Max. toegestane temperatuurfout	0,50% FS	0,30% FS	0,20% FS	0,10% FS
A/D convertor in sensor unit	Nee	Nee	Ja	Ja
Automatische ontgassing sensor unit	Nee	Nee	Nee	Ja
Verticale verplaatsing sensor meetbaar	Nee	Nee	Ja	Ja
Materiaal behuizing WSM sensor	PVC/RVS316	PVC/RVS316	RVS316	RVS316
* = inclusief lineariteit, herhaalfout, hysteresis en temperatuurfout				
# = Zie definitie 2.21 uit bijlage A.1.1				

Type	Herkenning	Periode / amplitude	Visueel	Hypothese proces
1	Abrupte drukafname, zaagtand (blauwe lijn)	Na asymptotische toename	Periodiek, divers / enkele kPa 	Ontgassing van water tot bereiken van ontsnapingsdruk (ventiel), doorlopende gasproductie in directe omgeving.
2	Abrupte stijging, zaagtand	Gevolgd door asymptotische daling	Periodiek, divers / enkele kPa 	Toetreding door dieper ventiel, gevolgd door relatief snelle uitdrijving van water en/of oplossen in water.
3	Geleidelijke druktoename (zwarte lijn)	Valt pas op in vergelijking met andere reeksen	Weken tot maanden / tot 10 kPa 	Ontgassing van water in omgeving waar geen ventiel beschikbaar is binnen fysiek bereik van de bel.

Beter benutten uitvoeringservaring

- Benutten bewezen sterkte tijdens uitvoering
 - Aanleg van de dijk kan de zwaarste belasting zijn in de levensduur van een dijk
 - Waarom bewezen sterkte analyse?
 - Optimalisatie ontwerp
 - Optimalisatie levensduur
 - Wanneer kansrijk?
 - Grote kennisonzekerheid, bijv. groot verschil SF_{gem} en SF_{rek}
 - Overleefde belasting is groot, bijv. $SF_{uitvoering} < SF_{norm}$
 - Grote overeenkomst tussen overleefde belasting en normbelasting
 - Voldoende gegevens beschikbaar
- Benutten daadwerkelijke sterkte ophoogmateriaal

Aandachtspunten omgevingsbeïnvloeding en omgevingsmonitoring

- GEEN volledig overzicht, alleen gerelateerd aan uitvoeringsstabiliteit
- WEL heel belangrijk onderwerp
- Toelichting schademechanismen en relevante richtlijnen
- Aandachtspunten per fase

Vragen?

