



RWS informatie

Schematiseringshandleiding steenzetting

WBI 2017

Datum	28 mei 2021
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Informatie	Helpdesk Water, www.helpdeskwater.nl
Contact	helpdeskwater@rws.nl
Uitgevoerd door	Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving
Datum	28 mei 2021
Status	Definitief
Versienummer	4.0

In de release notes van voorjaarsrelease 28 mei 2021 op de website van de Helpdesk Water staan de wijzigingen vermeld van deze schematiseringshandleiding

BELANGRIJK: De website van het Informatiepunt Leefomgeving (IPLO) is gelanceerd. Het IPLO is dé website voor experts met vragen over bodem, bouwen, water, milieu en de Omgevingswet. Het IPLO bundelt informatie over de uitvoering van de Omgevingswet met de kennis van Bodem+, Kenniscentrum InfoMil, Helpdesk Bouwregelgeving én Helpdesk Water. Alle relevante informatie van deze sites wordt overgebracht naar de IPLO-website en verder uitgebreid. Ook de vraagafhandeling van deze helpdesk gaat in de loop van 2021 via het IPLO verlopen. Dit betekent dat u steeds vaker wordt doorverwezen naar het IPLO. Kijk voor meer informatie op: www.iplo.nl

In de specifieke release notes van de release van 28 mei 2021 voor Riskeer 2021.1 en steentoets 21.1 op de helpdeskwater staan welke wijzigingen specifiek opgenomen zijn.

Inhoud

1	Schematiseringshandleidingen en WBI 7
1.1	Schematiseringshandleidingen en WBI generiek 7
1.2	Schematiseringshandleiding steenzetting specifiek 10
1.3	Opbouw 14
2	Stappenschema 15
3	Proces van gegevens verzamelen 19
3.1	Algemeen 19
3.2	Verzamelen van gegevens20
3.2.1	Fase 1: inventarisatie van archief- en beheerdersgegevens 20
3.2.2	Fase 2: niet-destructieve inspectie in het veld 20
3.2.3	Fase 3: openbreken van de steenzetting(sconstructie) 21
3.2.4	Fase 4: laboratoriumonderzoek 21
3.2.5	Fase 5: gegevens voor toets op maat21
4	Vakindeling 23
4.1	Stap 1: Dijkvakindeling op basis van eigenschappen van de dijk en bekledingen 23
4.2	Stap 2: Vakindeling eventueel aanpassen op basis van hydraulische belastingen 25
5	Hydraulische belastingen 27
5.1	Type watersysteem 27
5.2	Waterstand bij de norm 27
5.3	Waterstandsverloop 27
5.4	Volumieke massa water 30
5.5	Buitenwaterstand 30
5.6	Golfbelastingen 31
5.7	Stroomsnelheid 31
6	Parameters33
6.1	Essentiële parameters 33
6.2	Havendam of lage dijk33
6.3	Richting normaal op dijk 34
6.4	Voorland: niveau bij de teen Z_{voorland} en helling $\tan\alpha_{\text{bodem}}$ 34
6.5	Niveau ondergrens en bovengrens van het bekledingssegment 35
6.6	Type toplaag36
6.7	Type onderla(a)g(en) 41
6.8	Toplaagdikte D_{41}
6.9	Breedte B en lengte L van de zetstenen 43
6.10	Spleetbreedte van de langs- s_l en stootvoegen s_s 43
6.11	Open oppervlak Ω 44
6.12	Gaten in de steen 45
6.13	Karakteristieke opening 45
6.14	Soortelijke massa van de stenen ρ_s en van water ρ_w 45
6.15	Inwasmateriaal 46
6.16	Kwaliteit van de klemming van de toplaag 46

6.17	Oneffenheden havendam 47
6.18	Kwaliteit van een ingegoten steenzetting 47
6.19	Eigenschappen van geotextiel tussen top laag en filter 48
6.20	Eigenschappen van het granulaire filter 48
6.21	Eigenschappen van het geotextiel onder de filter laag 49
6.22	Dijkopbouw en kleilaagdikte 49
6.23	Dijkbreedte op niveau van de waterstand bij de norm 50
6.24	Kwaliteit klei 51
6.25	Karakteristieke korrelgroottes van het zand 52
6.26	Type bovenste overgangsconstructie 53
7	Nieuwe inzichten 57
7.1	Toets op maat ZST: Afnemende golfhoogte bij toenemende waterstand 57
7.2	Tenbestoringen 58
8	Voorbeeld 59
8.1	Inleiding 59
8.2	Hydraulische belastingen 59
8.3	Inventarisatie van de steenzettingen 60
8.4	Vakindeling 63
A	Literatuur 66
B	Typen top- en onderlagen 67
C	Lijst van parameters 71
D	Schema werkwijze beoordeling steenzetting 75
D.1	Toelichting op het schema werkwijze beoordeling 75
D.2	Schema werkwijze beoordeling Stabiliteit steenzetting (ZST) 76
D.3	Referenties bij het schema werkwijze beoordeling Stabiliteit steenzetting (ZST) 76
D.3.1	Activiteit 'data verzamelen' 76
D.3.2	Activiteit 'schematiseren' 76
D.3.3	Activiteit 'berekenen hydraulische belastingen' 77
D.3.4	Activiteit 'berekenen toetsoordeel' 77
D.3.5	Activiteit 'analyseren' 77
D.3.6	Toelichting bij de referenties 77
E	Voorbeeld workaround bepalen golfcondities met Hydra-Ring 78
E.1	Introductie 78
E.2	Voorbeeld 78
E.2.1	Stap 1: verzamelen benodigde gegevens en applicaties 78
E.2.2	Stap 2: voorbereiding 78
E.2.3	Stap 3: berekenen golfcondities voor bekledingen 79
F	Casus afnemende golfhoogte bij toenemende waterstand 81
F.1	Beschrijving casus 81
F.2	Invoer Steentoets 83
F.3	Resultaten analyse 86

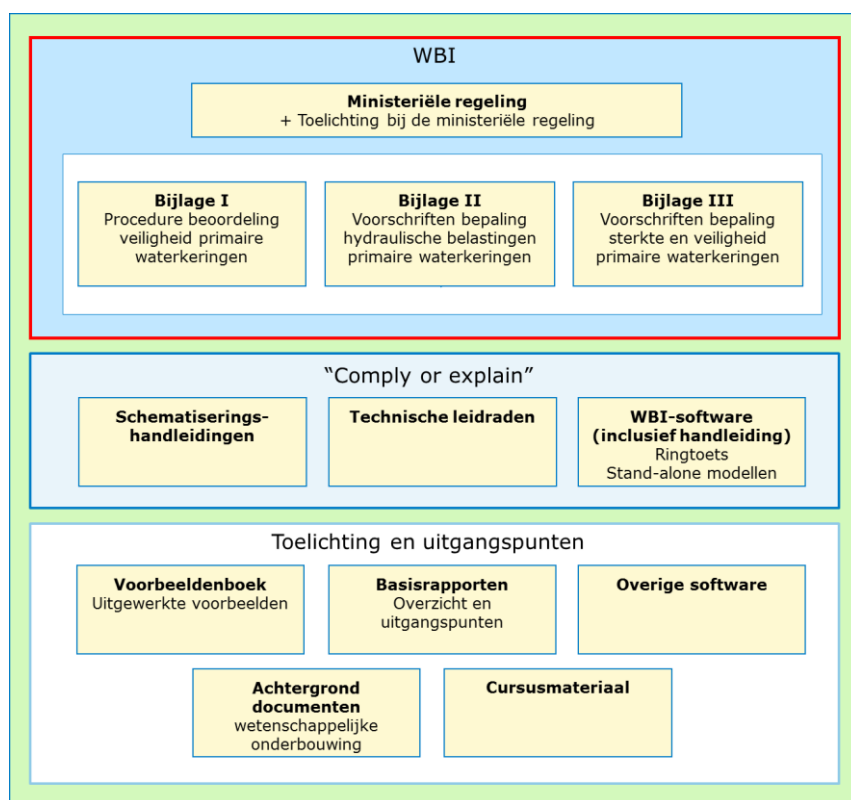
1 Schematiseringshandleidingen en WBI

1.1 Schematiseringshandleidingen en WBI generiek

Deze schematiseringshandleiding is opgesteld in het kader van het Wettelijk Beoordelings-instrumentarium (hierna: WBI 2017 of WBI). Het WBI voor de beoordelingsronde 2017-2023 bestaat uit de ministeriële regeling en 3 bijlagen. Die drie bijlagen zullen verder worden aangeduid als:

- *WBI 2017 Bijlage I Procedure.*
- *WBI 2017 Bijlage II Hydraulische belastingen.*
- *WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid.*

Het WBI bevat de voorschriften voor het uitvoeren van de beoordeling. In deze voorschriften wordt verwezen naar een aantal documenten en applicaties die de beheerder *ondersteunen* bij het uitvoeren van de beoordeling, waaronder de schematiseringshandleidingen en de WBI software. Een overzicht van de structuur van het WBI en de daaraan gerelateerde documenten staat in Figuur 1. Binnen het rode kader de formele WBI documenten, daarbuiten de ondersteunende documenten en applicaties.



Figuur 1 Het WBI 2017 en daaraan gerelateerde documenten

WBI software

Er zijn meerdere 'WBI applicaties'. Ringtoets is feitelijk het 'beoordelings-platform' en staat daarom ook wel bekend als dé WBI software. De andere applicaties, waaronder de diverse Basismodules (zoals BM Gras Buitentalud, BM Asfalt en Steentoets) en D-Soilmodel maken echter ook nadrukkelijk deel uit van de WBI software-familie.

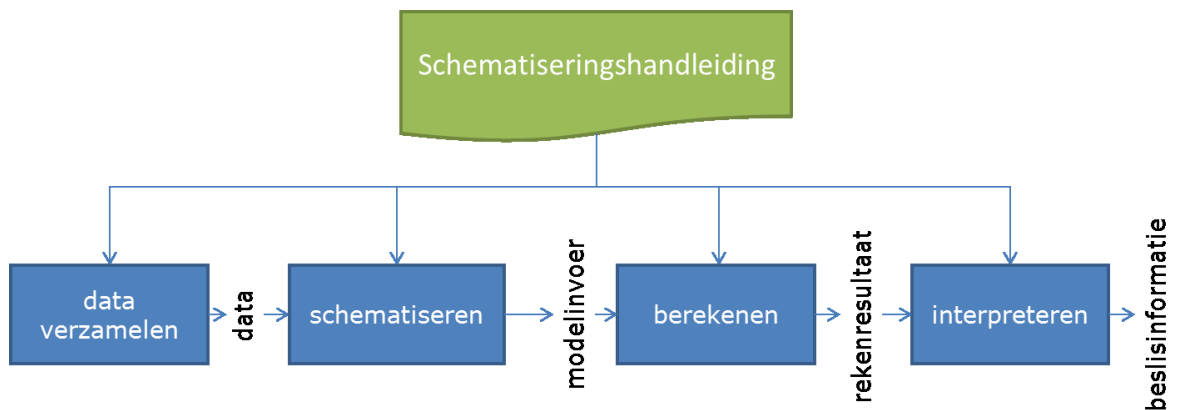
Ringtoets of Riskeer?

Ringtoets is de applicatie waarbinnen voor een aantal toetssporen de berekeningen en analyses kunnen worden uitgevoerd en de resultaten geassembleerd tot op het niveau van een oordeel

per traject. Ringtoets versie 18.1.1 blijft de versie die primair bedoeld is voor de eenvoudige en de gedetailleerde toetsingen. Vanaf november 2019 is ook Riskeer beschikbaar, een doorontwikkelde versie van Ringtoets. Er is bewust gekozen voor de naamswijziging om het verschil tussen de applicatie t.b.v. de beoordeling (eenvoudig, gedetailleerd conform de regeling) te scheiden van de applicatie die ook kan worden ingezet voor enkele specifieke Toetsen op Maat en verificatie van overstromingskansen bij het ontwerp. Vanaf Riskeer 19.1.1 zijn namelijk nieuwe functionaliteiten beschikbaar en is ook nieuwe kennis toegepast. Wanneer overigens in Riskeer 19.1.1 (of latere versie) met dezelfde instellingen wordt gerekend als in Ringtoets 18.1.1 leidt dat tot hetzelfde resultaat.

Doel schematiseringshandleiding

Het uitvoeren van een toets (eenvoudige toets, gedetailleerde toets per vak of toets op maat) voor het beoordelen van primaire waterkeringen bestaat op hoofdlijnen uit vier activiteiten, zie Figuur 2. In een schematiseringshandleiding wordt, gegeven een rekenmethode of model, de samenhang aangegeven tussen deze vier activiteiten: welke data benodigd is, hoe moet worden geschematiseerd, welke software hiervoor beschikbaar is en in sommige gevallen hoe de resultaten kunnen worden geïnterpreteerd.



Figuur 2 Activiteiten verbonden met een toets

De activiteit schematiseren wordt hier gedefinieerd als het vertalen van de gegevens over de waterkering naar invoer voor de methode (meestal een rekenmodel al dan niet in software) waarmee de toets wordt uitgevoerd. De gegevens kunnen meetgegevens zijn uit het veld of het laboratorium, ontwerp- of revisietekeningen zijn, maar kunnen ook kennis en ervaring betreffen. Bij het schematiseren speelt de beschikbare hoeveelheid gegevens en de kwaliteit ervan een grote rol. Bij weinig gegevens is de schematisering grof of globaal en met een grote onzekerheid. Naarmate er meer en betere gegevens beschikbaar zijn, wordt de schematisering fijner en preciezer, wat zal leiden tot een betere inschatting van de overstromingskans. Vanzelfsprekend zit hier een optimum in, dat van geval tot geval verschilt. Meer gegevens is dus niet per definitie beter.

Faalmechanismen zijn vertaald in modellen. De meer complexe modellen zijn vervolgens weer in software gevat. Bij softwareontwikkeling worden keuzes gemaakt voor de (vrijheid van) invoer. Soms zijn modelparameters hard geprogrammeerd, in andere gevallen is het invoer gebruiker. De beschikbare software bepaalt dus in belangrijke mate de benodigde invoer. In algemene zin kunnen we wel stellen dat een schematisering bij een model óf applicatie hoort en niet bij een faalmechanisme. De faalmechanismen zijn beschreven in de [fenomenologische beschrijving](#). De beschikbare modellen en (bijbehorende) applicaties beschrijven soms maar een deel van het hierin beschreven faalspoor. In een aantal gevallen zijn er meerdere modellen beschikbaar en is het aan de gebruiker een keuze te maken.

Het doorlopen van de vier activiteiten uit Figuur 2 is in veel gevallen een iteratief proces. Zeker als ervoor wordt gekozen om te starten met een grove schematisering. In de vierde activiteit wordt bekeken of door het inwinnen van extra gegevens en/of het verfijnen van de schematisering, het resultaat van de derde activiteiten kan worden aangescherpt. Het is uiteraard ook mogelijk om meteen te kiezen voor een gedetailleerde schematisering.

De schematiseringshandleiding geeft aanwijzingen voor het type en de benodigde hoeveelheid aan onderzoek om tot een goede schematisering te kunnen komen. Verder ondersteunt de schematiseringshandleiding gebruikers in het omzetten van (veld)gegevens naar de juiste rekenparameters en goede schematiseringen die in de toets kan worden toegepast. De wijze waarop gegevens ingewonnen moeten worden (bijvoorbeeld hoe veldonderzoek of laboratoriumonderzoek uitgevoerd wordt) wordt slechts summier behandeld.

De schematiseringshandleiding is geen wet. Het is een handleiding die de gebruiker er niet van ontslaat zelf na te denken. Als de lokale situatie aanleiding geeft om af te wijken van wat in de Schematiseringshandleiding staat beschreven, is dat zelfs aan te raden.

Veel van wat in deze schematiseringshandleiding staat beschreven is ook toepasbaar bij het ontwerp van (primaire) waterkeringen, of bijvoorbeeld bij het toetsen van regionale keringen. Op een aantal plekken zijn ook specifiek ten aanzien van ontwerpen handvatten gegeven. De lezer moet zich echter nadrukkelijk realiseren dat deze schematiseringshandleiding is geschreven voor de beoordeling van primaire waterkeringen.

Uitgangspunten

Voor alle schematiseringshandleidingen gelden de volgende uitgangspunten:

- Voor de gegevens die in het rekenmodel voor het toetsspoor worden ingevoerd wordt een format voorgeschreven. Een rekenmodel kent immers toepassingsgrenzen. Het format sluit aan bij de Aquo standaard. Verdere informatie hierover is te vinden in de Handleiding datamanagement¹ WBI (zie ref 3)
- Deze schematiseringshandleiding *ondersteunt* gebruikers in het omzetten van (veld)gegevens naar de juiste rekenparameters en goede schematiseringen die in de beoordelingsmethoden kunnen worden toegepast.
- Deze schematiseringshandleiding geeft tevens *aanwijzingen* voor de waarden die voor parameters aangehouden kunnen worden. In de Handleiding Datamanagement WBI [3] (paragraaf 4.1) zijn vier typen waarden benoemd, die ook in deze schematiseringshandleiding worden gehanteerd:

Groep	Benaming	Toelichting
1	Vaste waarde	Parameterwaarden mogen door de gebruiker niet worden gewijzigd (voor de beoordeling).
2	Defaultwaarde of aanbevolen waarde	Parameterwaarden mogen door de gebruiker wel worden gewijzigd.
3	Startwaarde	Parameterwaarden worden bij voorkeur door lokale waarden vervangen.
4	Vrije waarde	Geen gegeven parameterwaarden. De gebruiker moet de regionale of lokale waarden bepalen of op ervaring inschatten.

Doelgroep

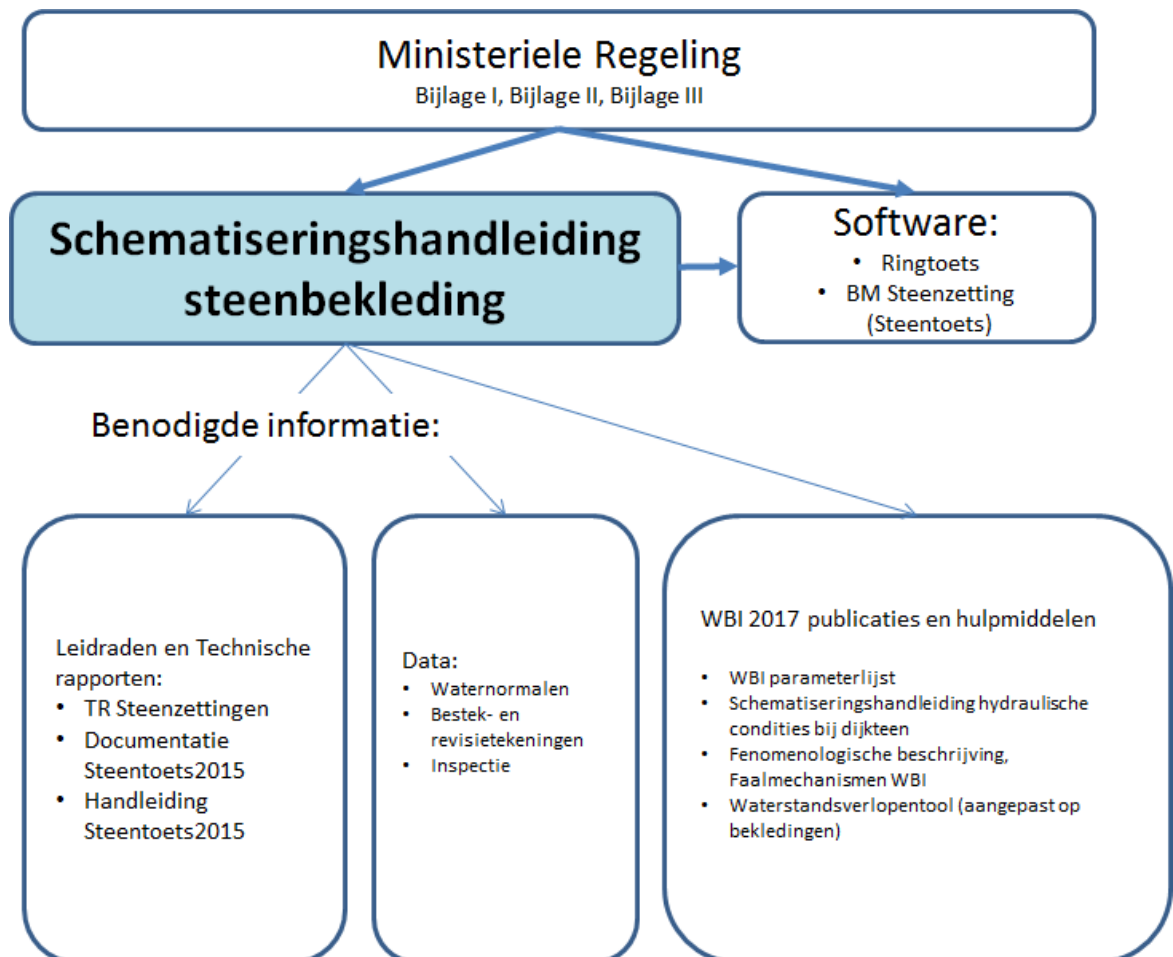
De schematiseringshandleiding is geschreven voor een deskundig gebruiker die bekend is met de voorschriften en de (deel)faalmechanismen en modellen die van toepassing zijn voor deze schematiseringshandleiding.

¹ <https://www.helpdeskwater.nl/algemene-onderdelen/structuur-pagina/zoeken-site/@205764/handleiding/>

1.2

Schematiseringshandleiding steenzetting specifiek

Deze schematiseringshandleiding geeft een gedetailleerde omschrijving van de wijze waarop de benodigde gegevens kunnen worden vergaard voor de beoordeling van steenzettingen. De positie van de schematiseringshandleiding steenbekleding ten opzichte van de overige bouwstenen is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 1.1 De positie van de schematiseringshandleiding steenbekleding ten opzichte van de andere bouwstenen

Hoewel er veel meer aspecten van de dijk beoordeeld moeten worden, wordt in dit rapport alleen aandacht besteed aan het toetsspoor *stabiliteit steenzetting*. Sommige gegevens, zoals bijvoorbeeld de geometrie van de dijk en hydraulische belastingen, zijn ook nodig voor andere bekledingen of toetssporen. In sommige gevallen zullen deze gegevens hetzelfde zijn, maar het kan ook zijn dat het ene toetsspoor een andere mate van detail of andere hydraulische belastingen vergt dan het andere toetsspoor. In dit rapport wordt alleen beschouwd wat er nodig is voor het beoordelen van steenzettingen, zonder de verschillen te benoemen met de andere toetssporen.

STEENTOETS versie 19.1.1, Deltares, juni 2019

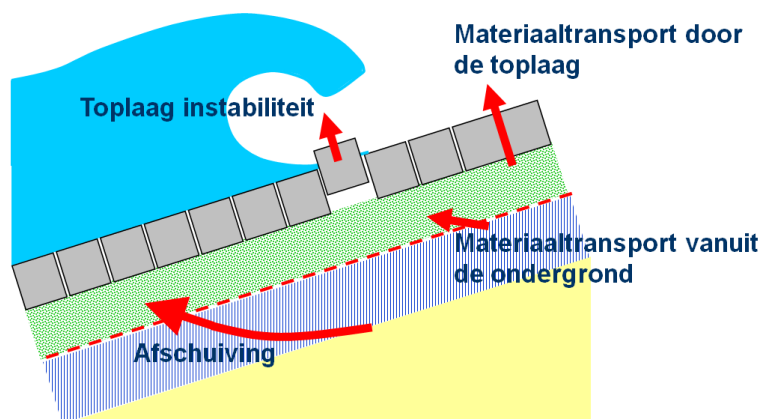
		vlak-	dwars-	Subvakgrenzen													
		nummer	profiel	randvw. & vlak													
				van	tot												
4	STEENTOETS versie 19.1.1, Deltares, juni 2019																
5	Westerschelde																
6	Naam van dijkvak																
7	Beatrixpolderdijk	1	12	2.4	2.8	1966											
8	Beatrixpolderdijk	2	12	2.4	2.8	1977	2001										
9	Beatrixpolderdijk	5	12	2.4	2.8	1950	1997										
10	Beatrixpolderdijk	6	12	2.4	2.8												
11	Beatrixpolderdijk	7	12	2.4	2.8												
12	Krakeelpolderdijk	24	11	12.1	13												
13	Krakeelpolderdijk	23	11	12.1	13												
14	Krakeelpolderdijk	22	11	12.1	13												
15	Havendam	1	3	47	48												
16	Havendam	3	3	47	48												
17	Havendam	5	3	47	48												
18	Havendam	7	3	47	48												

Figuur 1.2 Screenshot van Steentoets (in elke regel wordt een segment van de steenzetting ingevoerd, terwijl een groep segmenten samen een complete dwarsdoorsnede vormt)

Al jaren worden steenzettingen beoordeeld met het rekenmodel Steentoets (Handleiding Steentoets [4]), zie Figuur 1.2. Er wordt nu gewerkt aan een moderne software-versie (DiKEkernel) maar voorlopig wordt de beoordeling nog met de standalone excell-versie van Steentoets uitgevoerd.

Hierin worden de volgende (faal)mechanismen beschouwd, zie Figuur 1.3:

1. Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG (een zetsteen wordt uit de steenzetting gelicht als gevolg van brekende golven op het talud).
2. Toplaaginstabiliteit onder langsstroming ZTS (een zetsteen wordt uit de steenzetting gelicht als gevolg van sterke stroming langs de dijk).
3. Afschuiving ZAF (als gevolg van brekende golven op het talud ontstaat er een vervorming van de ondergrond waardoor er een S-profiel ontstaat en het verband in de steenzetting verloren gaat).
4. Materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO (de waterbeweging in het filter is zodanig dat het onderliggende zand of klei gaat eroderen en uitspoelt, waardoor de toplaag verzakt en zijn samenhang verliest).
5. Materiaaltransport vanuit de granulaire laag ZMG (de korrels van het filter spoelen uit door de gaten in de toplaag, waardoor de toplaag verzakt en zijn samenhang verliest).



Figuur 1.3 Enkele bezwijkmechanismen van steenzettingen

Na deze mechanismen is er nog sprake van reststerkte (Erosie van de onderlagen ZEO), behalve bij het mechanisme afschuiving. Als de score voor de mechanismen ZTG, ZMO en/of

ZMG 'Niet stabiel' is, kan de eindscore toch 'Stabiel' zijn als de score van ZEO 'Stabiel' is. Opgemerkt wordt dat de mechanismen ZMO en ZMG alleen voor steenzettingen beneden de waterstand bij de norm (of categoriegrens als de categorie van het toetsoordeel wordt bepaald) worden beoordeeld.

Bij het mechanisme afschuiving wordt geen rekening gehouden met de erosie van de onderlagen, omdat er veiligheidshalve van uitgegaan wordt dat dit mechanisme leidt tot een direct contact van de golven met de ondergrond van zand (falen van de bekleding).

De veiligheidsfactor γ voor de beoordeling van het mechanisme ZTG is afhankelijk van de reststerkte van de dijk. Afhankelijk van de eigenschappen van de dijk (dijkbreedte en kleilaagdikte) en de golfhoogte wordt de dijk in drie categorieën ingedeeld: kleine ($\gamma = 1,1$), middelgrote ($\gamma = 1,0$) of grote reststerkte ($\gamma = 0,9$).

De toetssporen *Invloed overgangen op top laagstabiliteit* (ZOI) en *Bezwijken overgang-, teen- of aansluitingsconstructie* (ZOB) zijn komen te vervallen. In deze schematiseringshandleiding wordt ervan uitgegaan dat de bekleding en de bijbehorende overgangsconstructies in het kader van de zorgplicht regelmatig worden geïnspecteerd en dat daaruit voortkomend onderhoud is afgerond op de peildatum, zie ook paragraaf 3.2.1 van *WBI 2017 Bijlage I Procedure*. Als niet aan dat uitgangspunt wordt voldaan, dan is dat reden om een *toets op maat* uit te voeren, hetgeen buiten het kader van deze schematiseringshandleiding valt. In deze schematiseringshandleiding wordt daarom geen aandacht besteed aan de beoordeling van overgangen, teenconstructie of aansluitingen. Er wordt buiten het WBI gewerkt aan een handreiking voor de zorgplicht.

Achtergrondinformatie over de bezwijkmechanismen is te vinden in het Technisch Rapport Steenzettingen [7] en in de Samenvatting onderzoeksresultaten 2003-2013 [6].

Er is geen *eenvoudige toets*. Er wordt daarom direct gestart met een *gedetailleerde toets* (semi-probabilistisch met veiligheidsfactoren).

De Toplaaginstabiliteit onder langsstroming (ZTS) wordt niet beoordeeld, maar er wordt wel gecheckt of dit mechanisme relevant is. Als dat zo is, wordt doorverwezen naar de *toets op maat*.

Voorbeelden van enkele veel voorkomende type toplagen zijn met een foto opgenomen in paragraaf 6.6. Een complete lijst van alle typen is gegeven in bijlage A. Een lijst met alle parameters, waarmee de steenzetting wordt gekwantificeerd ten behoeve van de beoordeling, is gegeven in bijlage B. Voor de beoordeling wordt gebruikgemaakt van de gemiddelde waarden van de parameters, tenzij anders vermeld.

Soms worden steenzettingen versterkt met een extra laag bovenop de steenzetting omdat de sterkte tekortschiet. Dit wordt overlagen genoemd. Voorbeelden van overlagingen zijn:

- overlaging met losse breuksteen.
- overlaging met vol en zat gepenetreerde breuksteen.
- overlaging met nieuwe steenzetting op een uitvullaag.
- overlaging met polyurethaan gebonden steenslag (PBA).

Dergelijke overlagingen kunnen nog niet beoordeeld worden in Steentoets en vallen dus buiten het kader van deze schematiseringshandleiding. In de ontwerpmodule van Steentoets is de overlaging met losse breuksteen en PBA al wel opgenomen.

Voor Steentoets zijn er met de BOI voorjaarsrelease in 2021 aparte versies voor de gedetailleerde toets (GT) en de Toets op Maat (TOM). Het betreft de volgende versies:

- Versie 17.1.2.1 voor de GT; en
- Versie 20.1.1 voor de TOM (én ontwerpen).

De versie 20.1 bevat de laatste kennis van Rijkswaterstaat en Deltares. In tegenstelling tot versie 17.1 zijn er een aantal bugs opgelost in versie 20.1. Het is daarom verstandig om 20.1 te gebruiken. U moet dan voor het verslag van ILT hier een melding van maken. Gebruik van 20.1 bij de beoordeling is te zien als toets op maat (TOM).

In de versie voor de TOM (én ontwerpen) zijn ten opzichte van de voor de GT te gebruiken versie van Steentoets de volgende wijzigingen doorgevoerd:

- Voor de eindscore is het al dan niet meetellen van de score voor het mechanisme ZEO niet meer afhankelijk van de bij het mechanisme ZTG gebruikte veiligheidsfactor. Bij een score 'Niet stabiel' voor het mechanisme ZTG is de eindscore nu altijd afhankelijk van de score voor het mechanisme ZEO. In gevallen waarbij de score voor het mechanisme ZTG 'Niet stabiel' is én de score voor het mechanisme ZEO 'Stabiel' is, kan met versie 20.1.1 van Steentoets dus een andere eindscore gevonden worden. Het wordt aanbevolen om in dergelijke gevallen een Toets op Maat (ToM) uit te voeren.
- De rekenmethode voor niet-ingegoten Noorse Steen is aangepast. Deze aanpassing leidt mogelijk tot een slechtere score voor het mechanisme ZTG. In geval van een eindscore 'Stabiel' wordt aanbevolen om een ToM uit te voeren en met versie 20.1.1 van Steentoets na te gaan of dezelfde (eind)score voor het segment met Noorse Steen wordt verkregen.
- De formule voor het berekenen van de gemodelleerde sterkte van de kleilaag onder de steenbekleding; ook wel gemodelleerde reststerkte genoemd; is aangepast. Deze aanpassing leidt mogelijk tot een slechtere score voor het mechanisme ZEO. In geval van een eindscore 'Stabiel' op basis van het mechanisme ZEO wordt aanbevolen om een TOM uit te voeren en met versie 20.1.1 van Steentoets na te gaan of dezelfde (eind)score wordt verkregen.
- Een bug in de rekenmethode voor de reststerkte van kleikernen van slechte klei is opgelost. Dit leidt mogelijk tot een slechtere score voor het mechanisme ZEO omdat deze slechte klei een (veel) te grote reststerkte werd toegekend. Wanneer sprake is van een kleikern van slechte klei én de eindscore op basis van het mechanisme ZEO 'Stabiel' is, wordt sterk aanbevolen om een ToM uit te voeren en met versie 20.1.1 van Steentoets na te gaan of dezelfde (eind)score wordt verkregen.
- In geval van PBA overlaging van Veralit is een bug opgelost in de gebruikte stabiliteitsfactor. Dit leidt mogelijk tot een slechtere score voor het mechanisme ZTG. In geval van een eindscore 'Stabiel' wordt aanbevolen om een ToM uit te voeren en met versie 20.1.1 van Steentoets na te gaan of dezelfde (eind)score voor het segment met Veralit overlagde PBA wordt verkregen.
- Daarnaast zijn nog een paar kleinere bugs opgelost. Hiervoor wordt verwezen naar de Release Notes v20,1,1 (10-11-20).

Opgemerkt wordt dat in de oude versies van Steentoets voor de eindscore nog 'Stabiel' en 'Niet stabiel' werd gebruikt. Dit leidde tot verwarring over de noodzaak om al dan niet door te gaan met beoordelen bij een eindscore 'Niet stabiel'. *In de nieuwste versies is de eindscore 'Niet stabiel' veranderd naar 'Verder beoordelen'; als namelijk met de berekening met Steentoets geen eindscore 'Stabiel' wordt verkregen, dan moet verder gewerkt worden aan de beoordeling.* Daarbij zijn onder andere de volgende opties mogelijk (zie ook Figuur 2.2):

- Nadere informatie over de steenzetting inwinnen en daarmee nogmaals een analyse met Steentoets uitvoeren.
- De hydraulische belasting nauwkeuriger berekenen, rekening houdend met de hoogte van het voorland en voorliggende dammen.
- Het dijkvak of segment opdelen om vast te stellen welk deel van de steenzetting wel 'Stabiel' is.
- *Toets op maat*, bijvoorbeeld door de faalkans te berekenen van de dijk met een volledig probabilistische berekening inclusief de bijdrage van reststerkte, waar Deltares een rekenmodel voor heeft. Of bijvoorbeeld door voor moderne steenzettingen met een stabiliteitsfactor te rekenen met Steentoets versie 19.1.1 (zie §6.6)

1.3

Opbouw

De opbouw van deze handleiding is als volgt:

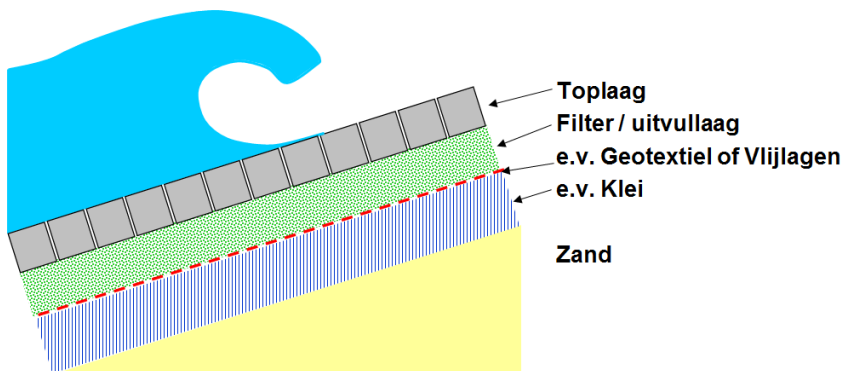
Onderwerp	Locatie
Stappenschema	Hoofdstuk 2
Gegevens verzamelen	Hoofdstuk 3
Vakindeling	Hoofdstuk 4
Parameters	Hoofdstuk 5
Voorbeeld	Hoofdstuk 6

Het *stappenschema in hoofdstuk 2* vormt de basis van de schematiseringshandleiding. Dit stappenschema geeft een overzicht van de te volgen stappen voor het schematiseren. Voor veel stappen wordt een verwijzing gegeven naar een paragraaf of hoofdstuk van deze schematiseringshandleiding waarin de betreffende stap verder wordt uitgewerkt. Het hoofdstuk 2 kan dus als leeswijzer of leidraad voor het toepassen van dit rapport worden gebruikt.

Voor een omschrijving van begrippen wordt verwezen naar de algemene begrippenlijst die is opgenomen als Appendix B van *WBI 2017 Bijlage I Procedure*.

2 Stappenschema

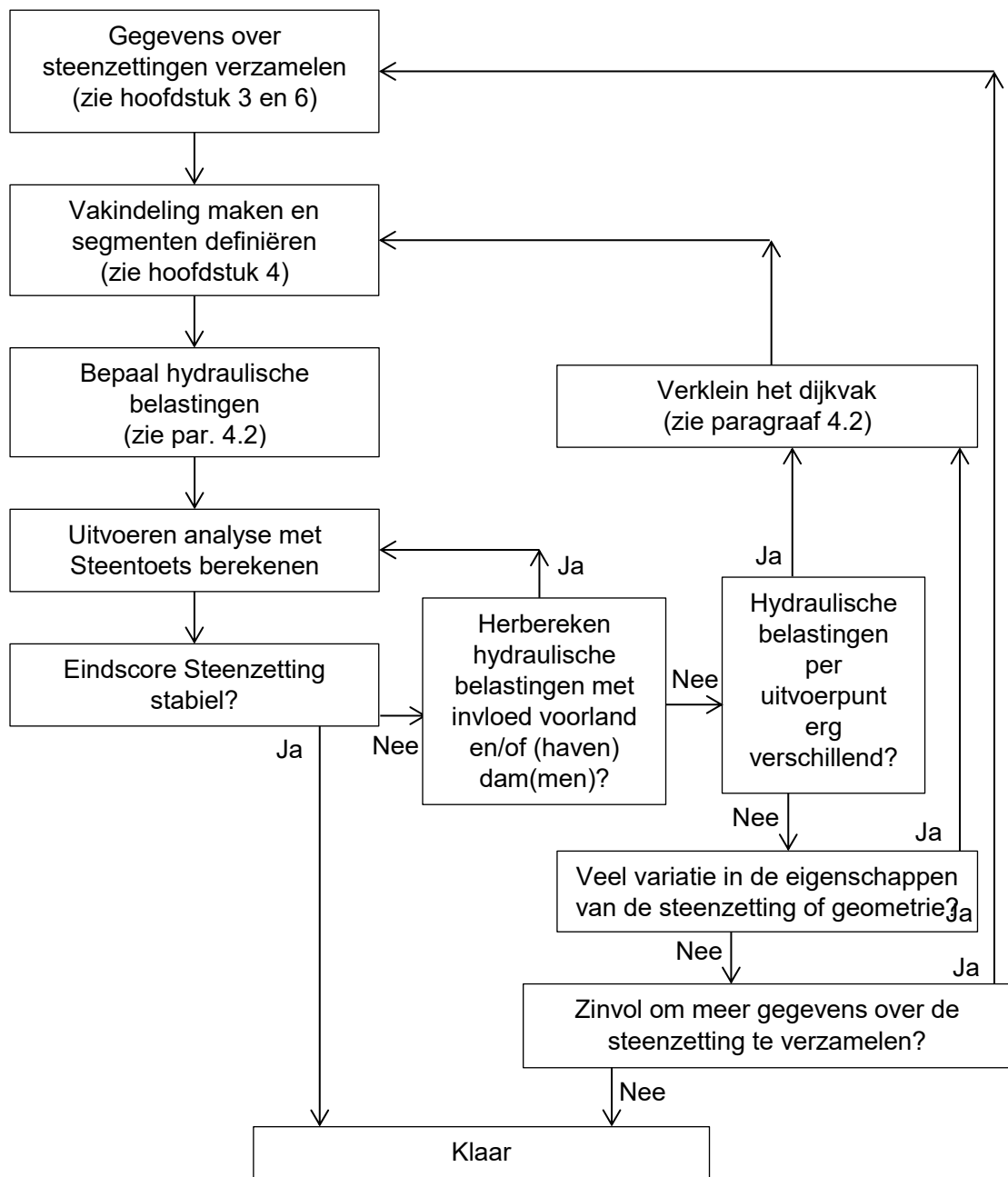
Het is goed denkbaar dat heel veel gegevens over de steenzettingen tijdens de 2^e of 3^e toetsronde al vastgelegd zijn in Steentoets bestanden. Als deze nog actueel zijn, dan kunnen deze geladen worden in de binnen het WBI beschikbaar gestelde versie van Steentoets. Er hoeft dan alleen aandacht geschonken worden aan de ontbrekende gegevens of verouderde gegevens. Van sommige gegevens mag verwacht worden dat ze veranderen per beoordelingsronde (zoals de belastingen) of in de tijd (zoals het niveau van het voorland). Het is noodzakelijk om dergelijke gegevens in elke ronde opnieuw te bepalen.



Figuur 2.1 De steenzettingsconstructie op de zandkern van de dijk

Als er echter nog geen gegevens zijn, dan wordt aanbevolen het stappenschema uit dit hoofdstuk te volgen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de volgende begrippen, zie ook Figuur 4.2 en Figuur 4.3:

- **Steenzettingsconstructie**, zie Figuur 2.1, die kortweg steenzetting wordt genoemd:
Met een steenzettingsconstructie worden alle lagen bedoeld op de zandkern van de dijk, die samen tot doel hebben om de dijk te beschermen tegen golven en stroming. Zij kan bestaan uit de volgende lagen:
 - toplaag van gezette steen
 - granulair filter (eventueel meerdere lagen)
 - geotextiel of vlijlagen
 - granulaire onderlaag
 - kleilaag (of bovenste deel kleikern)
 Eventueel kunnen een of meer lagen afwezig zijn.
Samengestelde toplagen (zoals een overlaging van een steenzetting met breuksteen) vallen buiten het kader van dit rapport omdat deze niet met Steentoets beoordeeld kunnen worden. Daarvoor is een *toets op maat* nodig.
- **Segment**:
Een (bekledings-)segment is een oppervlak op de dijk waarbinnen de eigenschappen van de bekleding in de schematisering constant (homogeen) zijn. Alle eigenschappen (gemiddeld per vierkante meter) van de gehele steenzettingsconstructie zijn zodanig geschematiseerd dat ze overal in het segment hetzelfde zijn. Het wordt boven en onder begrensd door (doorgaans) horizontale overgangen (overgangsconstructies) naar een andere steenzetting of andere bekleding (asfalt, gras). Links en rechts wordt het door (doorgaans) verticale overgangen (overgangsconstructies) begrensd, waarmee het aansluit op de bekleding of het kunstwerk ernaast.
- **Dijkvak**:
Een dijkvak is een deel van de dijkstrekking dat voor de beoordeling gerepresenteerd wordt door één dwarsprofiel met per segment (steenzettingsconstructie) constante eigenschappen (homogeen) en een representatieve set hydraulische belastingen. Een dijkvak kan verschillende segmenten in het dwarsprofiel hebben.



Figuur 2.2 Schema voor cyclisch proces van gegevens inwinnen en schematiseren van de bekleding

Stapsgewijs verloopt het verzamelen van gegevens en de beoordeling op hoofdlijnen als volgt:

1. Inventariseren eigenschappen van de steenzettingen. De relevante eigenschappen met wijze van gegevensbepaling is te vinden in hoofdstuk 6.
2. Begin en eind bepalen van bekledingssegmenten op basis van eigenschappen van de dijk en de steenzettingen. Dit is nader toegelicht in paragraaf 4.1.
3. Het bepalen en kiezen van de maatgevende hydraulische belastingen (HB-uitvoerpunt toewijzen aan elk dijkvak).
4. Het invoeren in Steentoets en uitvoeren van de analyse.
5. Als de steenzetting niet voldoet moet een nauwkeuriger beoordeling worden verkregen door:
 - het verkleinen van de dijkvakken, zie paragraaf 4.2, en/of

- het herberekenen van de hydraulische belastingen met de invloed van het ondiepe voorland voor de dijk en/ of voorliggende havendam(men), zie *Handleiding dam- en voorlandmodule*.

Zoals toegelicht in paragraaf 3.2 kan dit proces cyclisch verlopen, zie Figuur 2.2.

De indeling in dijkvakken kan gebeuren op basis van de hydraulische belastingen langs de dijk, de eigenschappen van de steenzetting en de geometrie van de dijk. Als een van deze aspecten in belangrijke mate verandert, start er een nieuw dijkvak. Dit is nader uitgelegd in hoofdstuk 4.

Voor dit toetsspoor is de golfbelasting een relevant onderdeel van de hydraulische belastingen. Voorland en/of (haven)dam(men) aanwezig vóór de waterkering hebben veelal een reducerende werking op deze golfbelasting. Schematisatie van het voorland en/of de (haven)dam(men) is daarom een mogelijk noodzakelijk onderdeel van het schematiseren van dit toetsspoor.

In de *Handleiding dam- en voorlandmodule* is informatie te vinden over het meenemen van voorland en/of (haven)dammen in de schematisering van dit toetsspoor.

Opgemerkt wordt dat er voor de *eenvoudige toets* geen data nodig zijn, omdat er voor steenzettingen geen *eenvoudige toets* is.

3 Proces van gegevens verzamelen

3.1 Algemeen

Er bestaat een verband tussen de gedetailleerdheid van bepaalde gegevens en vakindeling enerzijds en de nauwkeurigheid van de toetsscore anderzijds: een laag detailniveau kost in eerste instantie doorgaans minder inspanning, maar leidt tot conservatieve toetsresultaten. Dit is geen probleem als de gehele bekleding desondanks *voldoet*: met minder conservatieve parameterwaarden zou de bekleding ook dan voldoen. **Een beoordeling met minder conservatieve parameterwaarden zal echter doorgaans leiden tot een gunstiger resultaat.** Grofweg kunnen twee manieren worden onderscheiden waarop het beoordelingsproces kan worden doorlopen: een lineair proces zonder terugkoppelingen en een iteratief proces waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt:

- *Lineair proces:*
Een lineair proces houdt in dat wordt geprobeerd om direct alle gegevens te verzamelen die misschien in het beoordelingsproces nodig zullen zijn en dat een relatief gedetailleerde dijkvakindeling wordt gekozen. Het werken volgens een lineair proces heeft als nadeel dat inspanningen worden geleverd die (gedeeltelijk) achteraf voor de beoordeling niet nodig blijken te zijn. Bovendien is het mogelijk dat uit de beoordeling blijkt dat alsnog meer gegevens nodig zijn. Maar het heeft ook voordelen om te werken volgens een lineair proces:
 - De totale doorlooptijd is vaak korter.
 - Eén grote inventarisatie is vaak efficiënter dan een aantal kleine inventarisaties.
 - De beheerder verkrijgt gegevens die ook nuttig kunnen zijn voor andere doeleinden (bijvoorbeeld verbeteringswerken of beheersregister).
- *Iteratief proces:*
Bij de tweede methode, volgens een iteratief proces van grof naar fijn, wordt in eerste instantie gewerkt met de gegevens die al beschikbaar zijn of die eenvoudig kunnen worden bepaald, en met een grove vakindeling. Voor de overige parameters dient een conservatieve keuze te worden gemaakt en bij twijfel dient de gevoeligheid van de parameter te worden bepaald. Op grond van de bijbehorende resultaten wordt besloten of meer diepgaande gegevens nodig zijn en of de vakindeling moet worden verfijnd, zie Figuur 2.2.
Doordat in eerste instantie wordt gewerkt op een relatief laag detailniveau zijn de toetsresultaten conservatief. De verdere werkwijze per dijkvak hangt af van de beoordeling:
 - Als de bekleding voldoet, ondanks de conservatieve benadering, is verdere detaillering van het betreffende dijkvak niet nodig.
 - Als de bekleding (nog) niet voldoet, kan het zinvol zijn de vakindeling te detailleren om het 'onvoldoende' deel van de steenzetting als het ware te isoleren. Hiervoor zijn gegevens nodig van hetzelfde niveau als in de eerste iteratieslag, maar met een grotere meetdichtheid ('verfijning').

Met het verzamelen van aanvullende gegevens begint de volgende iteratieslag. Met behulp van de verfijnde en/of verdiepte gegevens worden nieuwe dijkvakken vastgesteld en wordt de beoordeling opnieuw uitgevoerd, tot het maximale niveau dat haalbaar is en dat nodig is om een eindscore te bereiken. Vervolgens wordt op basis van de resultaten van de beoordeling opnieuw per dijkvak besloten of het nodig is de gegevens te verdiepen of te verfijnen.

Het cyclische proces moet in elk geval doorgaan totdat alle parameters nauwkeurig zijn vastgesteld. Voor dijkvakken die (nog) niet voldoen, moet per iteratie worden besloten of verdere verfijning van de vakindeling en schematisatie de moeite loont.

Deze methode houdt echter het risico in dat de conservatief geschatte gegevens als waar in de archieven worden opgenomen, wat vervuiling van de data geeft en in een volgende toetsronde tot een onnodig slechte score van de steenzettingen kan leiden.

De afweging tussen de twee methoden zal per geval moeten worden gemaakt en is afhankelijk van de beschikbare doorlooptijd voor de beoordeling en de inschatting of de bekleding wel of niet voldoet. Daarbij geldt als criterium dat werken volgens een iteratief proces meer voor de hand ligt als later in het proces voldoende tijd beschikbaar is voor een tweede ronde van gegevensverzameling en beoordeling, of als vooraf wordt ingeschat dat de beoordeling met globale gegevens snel tot een eindscore leidt.

Sommige gegevens over de steenzetting zijn essentieel om überhaupt een beoordeling te kunnen uitvoeren. Deze zijn gegeven in paragraaf 6.1.

3.2

Verzamelen van gegevens

Er worden vijf praktische fases van gegevensverzameling onderscheiden:

1. Inventarisatie van beschikbare archief- en beheerdersgegevens en gebruik van standaardwaarden.
2. Niet-destructieve inspectie op de dijk.
3. Openbreken van de steenzetting(sconstructie).
4. Laboratoriumonderzoek.
5. Gegevens voor geavanceerde analyse in de *toets op maat*.

Het overschakelen naar een nauwkeuriger fase van gegevensverzameling wordt aangeduid als 'verdieping'. In de praktijk wordt overigens vaak gewerkt met gegevensinwinformulieren om de ingewonnen gegevens vast te leggen. Op deze formulieren staan de reeds bekende gegevens al ingevuld.

3.2.1

Fase 1: inventarisatie van archief- en beheerdersgegevens

Het kenmerk van de eerste fase is dat de gegevens kunnen worden verzameld zonder veldwerk. Het is mogelijk dat op deze wijze alle benodigde gegevens kunnen worden verzameld, als de beschikbare gegevens een goed beeld geven van de actuele toestand. Contractgegevens kunnen in sommige gevallen dienen als een conservatieve benadering van de werkelijke waarden, maar dan moet aangetoond zijn dat het werk conform de contracteisen is uitgevoerd. Voor veel parameters zijn veilige standaardwaarden beschikbaar, die in eerste instantie kunnen worden gebruikt voor de beoordeling. Overigens moet voorzichtig worden omgegaan met de gegevens uit fase 1; aanbevolen wordt om in ieder geval een steekproefsgewijze controle uit te voeren in het veld (fase 2 of nauwkeuriger). Tekeningen die gemaakt zijn tijdens de contract- of aanbestedingsfase kloppen vaak niet met wat er daadwerkelijk gebouwd is. "As built"-tekeningen, of revisie tekeningen/gegevens, zijn dan betrouwbaarder, maar hoeven ook niet altijd te kloppen. Let daarbij ook op de informatie over latere reparaties of aanpassingen.

3.2.2

Fase 2: niet-destructieve inspectie in het veld

Dit betreft bijvoorbeeld een visuele inspectie.

Normaal gesproken wordt niet-destructieve veldinspectie in het kader van de zorgplicht uitgevoerd, maar kan herhaald worden in het kader van de beoordeling. Het levert belangrijke informatie over de toestand van de steenzetting, de kwaliteit van het zetwerk en de overgangsconstructies. Een specifiek aandachtspunt is de mate van inwassing van de steenzetting, behalve bij steenzettingen die niet ingewassen worden zoals rechthoekige betonblokken. Het inwasmateriaal moet ten minste tot de helft van de spleetdiepte aanwezig zijn (minstens $\frac{3}{4}$ van voetheogte bij Hillblocks), anders kan de steenzetting niet als geklemd beschouwd worden.

Verder dient deze inspectie ter verificatie van de archiefgegevens over vakgrenzen en bekledingstypen.

Als er innovatieve niet-destructieve meettechnieken beschikbaar zijn, dan zouden deze in deze fase toegepast kunnen worden.

3.2.3

Fase 3: openbreken van de steenzetting(sconstructie)

Als er onvoldoende gegevens over de steenzetting beschikbaar zijn, of als er twijfel is over de kwaliteit ervan, moet de steenzetting(sconstructie) opengebroken worden. Dit klinkt erger dan het is: het is over het algemeen vrij eenvoudig om een steen uit de top laag te lichten en na het uitvoeren van metingen de constructie weer te herstellen.



Figuur 3.1 Het openbreken van de steenzetting is vrij eenvoudig en levert een schat aan informatie

Het openbreken van de steenzetting(sconstructie) kan de volgende informatie opleveren:

- dikte van de top laag.
- soortelijke massa van de zetstenen.
- diepte tot waar de steenzetting is ingegoten.
- korrelgrootte van het filter.
- dikte van de filterlaag.
- aanwezigheid van geotextiel of vlijlagen.
- eigenschappen van de eventuele granulaire onderlaag.
- dikte en kwaliteit van de kleilaag.
- korrelgrootte van het zand.

3.2.4

Fase 4: laboratoriumonderzoek

Laboratoriumonderzoek kan nodig zijn voor bijvoorbeeld het maken van een zeefkromme of het vaststellen van de kleikwaliteit. Als het bepalen van de soortelijke massa van de top laag niet in het veld kan worden uitgevoerd, moet dit ook in het laboratorium plaatsvinden.

3.2.5

Fase 5: gegevens voor toets op maat

De gegevensbehoefte voor een *toets op maat* valt buiten het kader van deze rapportage.

4 Vakindeling

De beoordeling van de bekledingen op een dijk betreft meestal meerdere typen bekledingen, zoals steenzettingen, asfalt- en grasbekledingen. In deze handleiding wordt de aandacht uitsluitend gericht op de steenzettingen, maar dan nog zal in de beoordeling vaak een dijkgedeelte worden beschouwd dat verschillende typen toplagen, eigenschappen en hydraulische belastingen kent.

Als eerste wordt de dijk opgesplitst in dijkvakken. Dit is een gedeelte van de dijk waarin het dwarsprofiel nauwelijks verandert, de eigenschappen van de aanwezige steenzettingen constant zijn (volgens de schematisering) en bij benadering er constante hydraulische belastingen zijn over de lengte van het beschouwde dijkvak. De aanwezigheid en ligging van voorland en/of (haven)dammen voor de dijk, alsmede de oriëntatie van de dijk normaal kunnen daarbij van belang zijn. Daarnaast kunnen beheerdersgrenzen en trajectgrenzen ook reden zijn om een vak te begrenzen. Een dijkvak wordt begrensd door 2 denkbeeldige verticale vlakken haaks op de dijkas.

Dit hoofdstuk bevat (kwalitatieve) richtlijnen voor de schematisering van een dijkgedeelte tot dijkvakken.



Figuur 4.1 Aanleg steenzetting van Hydroblocks

4.1

Stap 1: Dijkvakindeling op basis van eigenschappen van de dijk en bekledingen

Een dijk is doorgaans bekleed met een aantal verschillende bekledingsegmenten. Een bekledingsegment is een oppervlak met een bepaalde dijkbekleding. Dit kan gaan om verschillende steenzettingsconstructies, maar ook om asfalt- en/of grasbekledingen. Deze schematiseringshandleiding gaat alleen in op de schematisering van de steenzettingen. Als er ook asfalt- of grasbekledingen in het dijkvak aanwezig zijn, dan moet wel het dijkprofiel hiermee worden aangevuld, zodat het gehele dijkprofiel in Steentoets is bekleed. Voor de beoordeling van de steenzettingen hoeven er echter geen details over de eigenschappen van het gras of asfalt ingevoerd te worden.

Met een steenzettingsconstructie wordt de hele constructie bedoeld op de zandkern (of kleikern) van de dijk, zie Figuur 2.1. Het kan bestaan uit de volgende onderdelen:

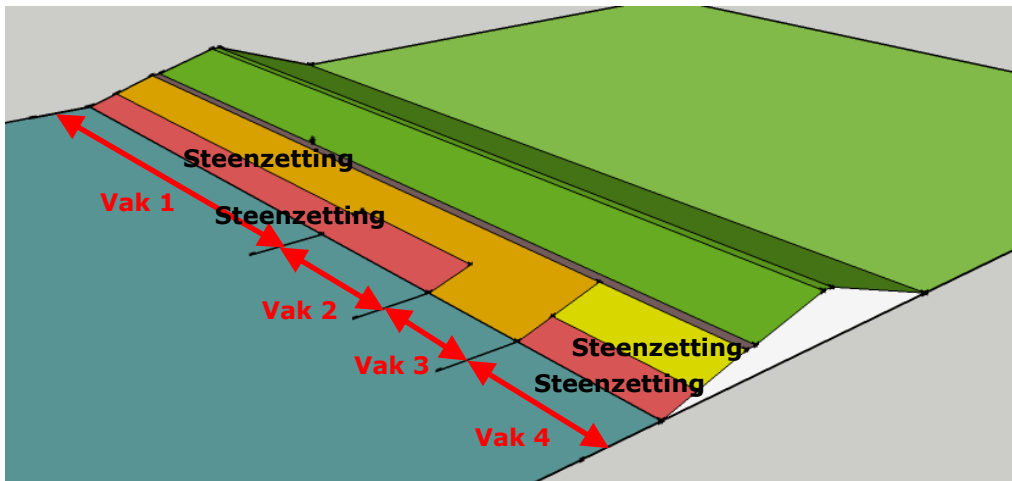
- toplaag van gezette steen.
- granulair filter (eventueel meerdere lagen).

- geotextiel of vlijlagen.
- kleilaag of buitenste deel van kleikern.

Eventueel kunnen een of meer lagen afwezig zijn. Samengestelde toplagen (zoals een overlaging van een steenzetting met breuksteen) vallen buiten het kader van dit rapport omdat deze niet met Steentoets beoordeeld kunnen worden. Deze kunnen met een *toets op maat* worden beoordeeld.

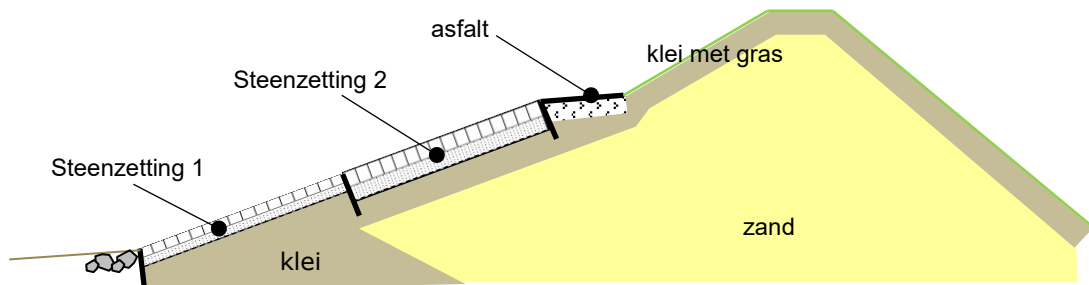
In een bekledingsegment zijn de eigenschappen van de steenzettingsconstructie constant. Bij het bepalen van de dijkvakken wordt gestart met het inventariseren van de bekledingsegmenten. Vervolgens worden de dijkvakgrenzen geplaatst op de dijk waar een of meer van de volgende aspecten veranderen:

- bekledingstype of eigenschappen (zoals toplaagdikte, filtereigenschappen, etc.): einde bekledingsegment.
- niveau van de onderste of bovenste overgangsconstructie van een segment.
- taludhelling en/of geometrie van de dijkdoorsnede.



Figuur 4.2 Voorbeeld van vakindeling

In Figuur 4.2 is een voorbeeld gegeven van een vakindeling voor een dijk (met constante dijkgeometrie en constante hydraulische belastingen). Allereerst zijn de eigenschappen van de steenzettingen geïnterpreteerd, en daaruit is voortgekomen dat er drie verschillende steenzettingconstructies onderscheiden moeten worden. Vervolgens kan aan de hand van de locatie van deze steenzettingen de vakindeling gemaakt worden. In dit voorbeeld is de overgang tussen steenzetting 1 en steenzetting 2 in vak 1 op een ander niveau dan in vak 2 en daarom moeten deze twee vakken onderscheiden worden (het niveau van de bovenste overgangsconstructie van steenzetting 1 verandert van vak 1 naar vak 2). In vak 3 is steenzetting 1 afwezig en heeft de steenzetting 2 een andere ondergrens (niveau van de onderste overgangsconstructie). Vanaf vak 4 komt steenzetting 3 in het profiel voor.



Figuur 4.3 Dwarsdoorsnede in vak 1, die representatief is voor het hele vak (in de dwarsdoorsnede geldt: steenzetting i = segment i)

Voor elk van deze vakken wordt een dwarsdoorsnede beschouwd, zie Figuur 4.3 voor vak 1. De locatie, het dwarsprofiel en de eigenschappen van de steenzettingen kunnen in Steentoets worden ingevoerd waarna de stabiliteit van de twee steenzettingen in het vak in één berekening wordt geëvalueerd. Per steenzetting worden de resultaten weergegeven. De beoordeling van het asfalt op de berm en het gras op het boventalud, kruin en het binnentalud moet apart uitgevoerd worden, maar omdat het gehele profiel van belang kan zijn voor de berekening, dient de geometrie van deze taluddelen wel te worden beschreven. De schematisering en beoordeling van andere bekledingstypen dan steenzettingen valt buiten het kader van dit rapport.

Als de eigenschappen van de steenzetting of de taludhelling niet helemaal constant zijn, kan toch de hele steenzetting gerekend worden tot één dijkvak. Men moet dan voor elke parameter de ongunstigste waarde gebruiken. Blijkt de bekleding dan niet te voldoen, dan loont het wellicht de moeite om kleinere dijkvakken te maken, zie Figuur 2.2.

Als niet direct duidelijk is of een hoge of een lage parameterwaarde ongunstig is, is het aan te bevelen om meerdere berekeningen met Steentoets te maken of toch het dijkvak op te splitsen in meerdere kleinere vakken.

Een ingevoerd dwarsprofiel moet representatief zijn voor het hele dijkvak ten aanzien van de betreffende steenzettingen. Zolang aspecten zoals de eigenschappen van de steenzetting, de taludhelling, het voorland, en de golfbelastingen bij benadering constant zijn langs het beschouwde dijkgedeelte, kan het dijkgedeelte geschematiseerd worden tot één dijkvak en kan dus ontstaan worden met één dwarsprofiel. Zodra echter één van deze aspecten wel verandert, heeft men de volgende keuzes:

- het vak opsplitsen in meerdere vakken.
- het desondanks als één dijkvak beschouwen, maar voor elke parameter de aantoonbaar meest ongunstige waarde aanhouden.

4.2

Stap 2: Vakindeling eventueel aanpassen op basis van hydraulische belastingen

Als een voorlopige vakindeling op basis van de eigenschappen van de dijk en de bekledingen is gemaakt, moet er gekeken worden naar de hydraulische belastingen. Voor een lang vak worden in Ringtoets meerdere locaties met hydraulische belastingen voor de dijk gegeven. Per vak moet er één gekozen worden, namelijk de ongunstigste. Als er veel variatie zit in de golfcondities, dan kan het de moeite lonen om het vak te splitsen in meerdere vakken. Dit is aan te bevelen als de waarde van S uit formule 4.1 meer dan 10% verandert.

Als in de uitvoerpunten niet alleen de golfhoogten, maar ook de golfperiode en golfrichting verschillend zijn, kies dan het uitvoerpunt met de grootste waarde van S:

$$S = H_s T_{m-1,0} (\cos \beta)^{2/3} \quad (4.1)$$

Waarin:

S	Belastingintensiteit [ms].
H_{m0}	Significante golfhoogte bij de teen van de dijk [m].
$T_{m-1,0}$	Spectrale golfperiode [s].
β	Hoek van golfaanval ten opzichte van de dijknormaal, met $ \beta \leq 90^\circ$ ($\beta = 0^\circ$ als er loodrechte golfaanval is) [$^\circ$].

Dit moet handmatig berekend worden, omdat Ringtoets hiervoor geen ondersteuning biedt. Als alternatief kan de analyse met Steentoets ook meerdere malen worden uitgevoerd met de hydraulisch belastingen van de verschillende uitvoerpunten, om vervolgens degene te kiezen met de slechtste score. Dat levert een nauwkeuriger resultaat dan het gebruik van bovenstaande formule.

5 Hydraulische belastingen

Voor de *gedetailleerde toets* spelen verschillende parameters een rol die onder de noemer hydraulische belastingen vallen. Tabel 5.1 geeft een overzicht van de hydraulische gegevens die voor de *gedetailleerde toets* nodig zijn.

Tabel 5.1 Hydraulische parameters van belang voor de gedetailleerde toets

Parameter	symbool	paragraaf
Type watersysteem	-	5.1
Waterstand bij de norm	-	5.2
Waterstandsverloop	-	5.3
Volumieke massa water	ρ_w	5.4
Gemiddeld laagwater	GLW	5.5
Gemiddeld hoogwater	GHW	5.5
Golfcondities	$H_{m0}, T_{m-1,0}, \beta$	5.6
Stroomsnelheid	-	5.7

In de volgende paragrafen wordt dieper op deze hydraulische parameters ingegaan.

5.1 Type watersysteem

Het *type watersysteem* is van belang omdat dit bepaalt welk waterstandsverloop er binnen Steentoets wordt gehanteerd. Hiervoor worden de standaard waterstandsverlopen gehanteerd die sinds het verschijnen van de Leidraad toetsen op veiligheid worden gehanteerd. De keuze voor het *type watersysteem* zoals dat aan Steentoets wordt opgegeven volgt uit Tabel 5.2. Bij elk *type watersysteem* hoort een standaard waterstandsverloop, dat door de software locatiespecifiek wordt gemaakt op basis van de ook op te geven waarden voor *waterstand bij de norm*, *gemiddeld laagwater* en *gemiddeld hoogwater*.

Tabel 5.2 Relatie tussen de relevante watersystemen genoemd in WBI 2017 Bijlage II Hydraulische belastingen en zoals gekarakteriseerd in Steentoets

Watersysteem*	Keuze in Steentoets
Westerschelde (15)	Westerschelde
Oosterschelde (14)	Oosterschelde
IJsselmeer (7)	IJsselmeer
Markermeer (8)	Markermeer
Veluwerandmeer (19), Grevelingen (20), Volkerak Zoommeer (21)	Randmeren
Hollandse Kust Noord (11), Midden (12) en Zuid (13)	Noordzee
Waddenzee Oost (9) en West (10)	Waddenzee
Europoort (17), Benedenrivieren (3)	Benedenrivieren dg 1-2
Benedenrivieren (3+4), Hollandse IJssel (22)	Benedenrivieren dg 3-5
Bovenrivieren (1+2), Limburgse Maas (18)	Bovenrivieren
IJsseldelta (5), Vechtdelta (6)	Anders

* Zie Figuur 2-2 uit WBI 2017 Bijlage II Hydraulische belastingen

5.2 Waterstand bij de norm

De parameter *waterstand bij de norm*² [m+NAP] wordt bij de beoordeling van steenzettingen door Steentoets gebruikt als hoogste punt van het waterstandsverloop, zie paragraaf 5.3. Voor de meeste watersystemen beïnvloedt de parameter in beperkte mate de belastingsduur. Verder wordt de hoogste waterstand waarmee Steentoets de steenstabiliteit bepaald erop gebaseerd.

De *waterstand bij de norm* wordt berekend met Ringtoets.

5.3 Waterstandsverloop

Het waterstandsverloop is het verloop van de buitenwaterstand tegen de tijd welke wordt gebruikt bij de *gedetailleerde toets*. Het voor de *gedetailleerde toets* te gebruiken standaard waterstandsverloop verschilt per *type watersysteem* en is in Steentoets geïmplementeerd. Hieronder is voor de verschillende watersystemen een beschrijving van het standaard verloop van de waterstand gegeven. Opgemerkt wordt dat voor watersystemen waar sprake is van zowel storm- als meerpeildominantie het standaard waterstandsverloop mogelijk niet gebruikt

² 'norm' moet gelezen worden als de voor de berekening met Steentoets te hanteren 'categoriegrens'.

kan worden voor de *gedetailleerde toets*: het verloop is dan minder realistisch voor dijkbekledingen. In dergelijke gevallen dient te worden nagegaan of het hanteren van een ander waterstandsverloop andere resultaten zal opleveren. Meer achtergronden hierover zijn te vinden in §2.2.2 van het rapport "Hoogte van overgang van harde dijkbekleding naar gras" van Deltares (rapport 11200575-012, 2017). Het advies in dit rapport; gebaseerd op expert-judgement; is afhankelijk van de maatgevende windsnelheid en wordt aanbevolen voor IJsselmeer en Markermeer (zie het met stormduur 35 uur; zie onder). In andere gevallen is het aan te raden expertadvies in te winnen.

*Westerschelde, IJsselmeer, Markermeer, Randmeren, Noordzee, Waddenzee, Anders*³

Voor deze watersystemen bestaat het waterstandsverloop uit een combinatie van de volgende drie onderdelen:

1. de gemiddelde buitenwaterstand;
2. het stormopzetverloop; en
3. het getijverloop (als hiervan sprake is).

Ad 1. Gemiddelde buitenwaterstand

De *gemiddelde buitenwaterstand* (GWS) vormt de basis van het waterstandsverloop waarop het verloop van de stormopzet (en het getijverloop) word(t)(en) gesuperponeerd. Voor de gemiddelde buitenwaterstand zie paragraaf 5.5.

Ad 2. Stormopzetverloop

Het standaard verloop van de stormopzet bestaat uit 4 lineaire op elkaar aansluitende takken, zie ook het voorbeeld in Figuur 5.1:

- Van de GWS aan het begin van de storm tot de maximale opzet (=waterstand bij de norm) minus 0,1 m op 2 uur voor het tijdstip halverwege de storm.
- Van de maximale opzet minus 0,1 m op 2 uur voor het tijdstip halverwege de storm tot de maximale opzet op het tijdstip halverwege de storm.
- Van de maximale opzet op het tijdstip halverwege de storm tot de maximale opzet minus 0,1 m op 2 uur ná het tijdstip halverwege de storm.
- Van de maximale opzet minus 0,1 m op 2 uur ná het tijdstip halverwege de storm tot de GWS aan het eind van de storm.

In Steentoets wordt dus voor de *gedetailleerde toets* een stormopzetverloop met een topduur van 4 uur gehanteerd. Er is bewust afgeweken van het waterstandsverloop in de waterstandsverlooptool van WBI, omdat die ontwikkeld is voor grondmechanische mechanismen.

De stormduur [uur] die hoort bij het stormopzetverloop is voor al deze watersystemen, met uitzondering van de Waddenzee, 35 uur. Voor de Waddenzee geldt een stormduur van 45 uur. Voor het watersysteem *Anders* is de stormduur vrij te kiezen en dus aan de gebruiker.

Wij merken op dat deze stormduren afwijken van degene waarmee de productiesommen voor de databases voor hydraulische belastingen zijn aangemaakt. Er zijn op dit moment 2 redenen waarom nog niet wordt overgestapt op deze andere (i.h.a. langere) stormduren:

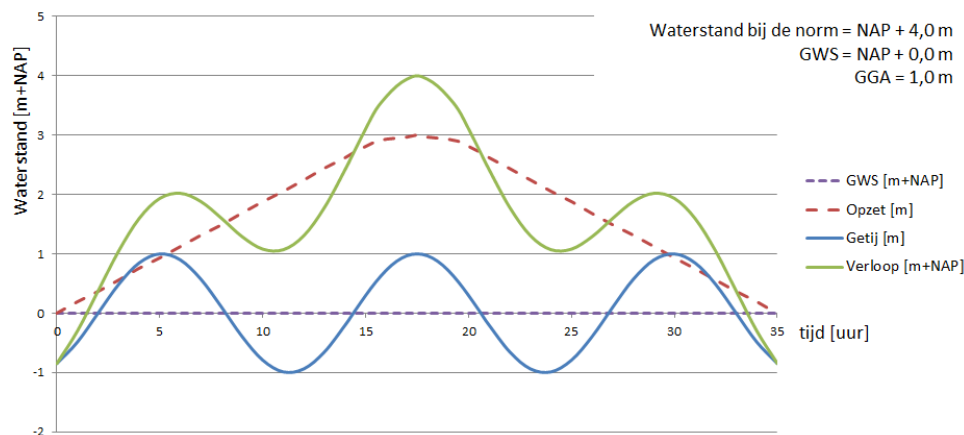
- a) Het is op dit moment niet duidelijk of de keuze gemaakt voor de productiesommen ook de beste keuze is voor het beoordelen van de dijkbekleding.
- b) Er is consistentie nodig tussen alle bekledingstypen. Voor steen en asfalt is afwijking van de stormduur in de software nu voor alle gebieden uitgezonderd "Anders", niet mogelijk. Het is mogelijk dat dit in BOI2023 (of daarna) wordt herzien. In een Toets op Maat is het mogelijk, mits goed gemotiveerd en onderbouwd, een afwijkende keuze voor de stormduur te maken. Dat kan bv voor steen en asfalt door het gebied "Anders" (of overig) te selecteren.

³ Met anders wordt bedoeld andere gebieden dan hier genoemd en dan hieronder genoemd. Denk bv aan de Vecht en IJssel Delta..

Ad3. Getijverloop

Voor watersystemen waar er sprake is van getij, wordt het getijverloop beschreven met een getijamplitude [m] die gelijk is aan de helft van (*gemiddeld hoogwater (GHW) – gemiddeld laagwater (GLW)*). Verder geldt dat hoogwater van het getij samenvalt met het tijdstip halverwege de storm en wel zodanig dat de maximale opzet inclusief de getijamplitude overeenkomt met de *waterstand bij de norm*.

Voor het *GHW* en *GLW* zie paragraaf 5.5.



Figuur 5.1 Voorbeeld van een waterstandsverloop voor het watersysteem Kust opgebouwd uit de gemiddelde buitenwaterstand (GWS), het stormopzetverloop en het getijverloop.

Oosterschelde

Voor dit watersysteem wordt niet met een waterstandsverloop gerekend waaruit de belastingsduur wordt bepaald, maar wordt voor bepaalde waterstandsintervallen gerekend met een vaste belastingsduur:

- *Waterstand bij de norm* $\geq$ stilwaterlijn $>$ *waterstand bij de norm* minus 1,0 m: belastingsduur= 5 uur.
- *Waterstand bij de norm* minus 1 m $\geq$ stilwaterlijn $\geq$ *waterstand bij de norm* minus 2,0 m: belastingsduur= 25 uur.
- *Waterstand bij de norm* minus 2 m $>$ stilwaterlijn $>$ *waterstand bij de norm* minus 3,0 m: belastingsduur= 20 uur.

Benedenrivieren, storm gedomineerd (deelgebied 1-2)⁴

Voor beide deelgebieden van dit watersysteem wordt het volgende waterstandsverloop, gebaseerd op een vereenvoudiging van het waterstandsverloop in deelgebied 1 conform formule 5.45 van de Documentatie van Steentoets V20.1.1, gehanteerd:

$$h = \max \left(h_{toets} + \frac{R_{tij}}{2} \left(\cos \left(\frac{2\pi t}{12,42} \right) - 1 \right) - \frac{3,97t}{\frac{t_{storm}}{2}}; -\frac{R_{tij}}{2} \right) \quad (5.1)$$

Met:

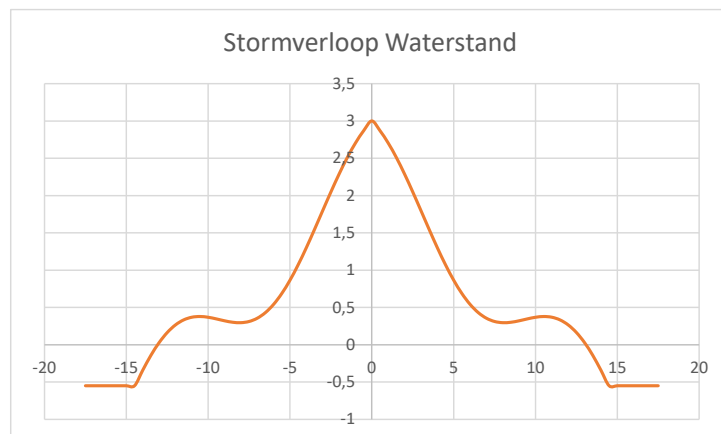
- h = waterstand ten opzichte van NAP (m)
- h_{toets} = waterstand bij de norm⁵ (m+NAP)
- R_{tij} = getijrange = verschil tussen gemiddeld hoogwater en gemiddeld laagwater (m)
- t = tijd ten opzichte van de top van de opzet (uur)
- t_{storm} = stormduur (uur)

⁴ Deze deelgebieden van de Benedenrivieren zijn gegeven in Figuur 2-4 van de Hydraulische Randvoorwaarden 2006

⁵ Voor steen en asfalt op het buitentalud is dit de waterstand bij de categoriegrens. Voor gras op het buitentalud is dit bij doorsnede-eis. Zie ook &21.2.2 van de Gebruikshandleiding van Riskeer.

Dit verloop geldt voor $t > 0$ uur. Het verloop is symmetrisch ten opzichte van het moment $t = 0$, het moment waarop de waterstand bij de norm bereikt wordt. De stormduur is 35 uur.

In Figuur 5.2 is een voorbeeld gegeven van deze formule. De situatie voor $t < 0$ is gelijk aan die voor $t > 0$.



Figuur 5.2 Voorbeeld van een stormverloop Benedenrivieren (deelgebieden 1-2) voor $H_{\text{toets}} = 3\text{m}$, $R_{\text{rij}} = 1,1\text{m}$ en $t_{\text{storm}} = 35$ uur. Let op dat er een faseverschuiving is van $-t_{\text{storm}}/2$ uur tov Figuur 6.1, dit moet wel op elkaar worden afgestemd.

Bovenrivieren en Benedenrivieren, afvoer gedomineerd (deelgebied 3-5)

Voor deze watersystemen wordt gedurende 12 uur een constante waterstand aangehouden.

5.4 **Volumieke massa water**

De volumieke massa water (p_w , [kg/m^3]) is van belang voor de beoordeling van de stabiliteit van een steenzetting. Er zijn twee defaultwaarden: $1.025 \text{ kg}/\text{m}^3$ voor zeewater en $1.000 \text{ kg}/\text{m}^3$ voor zoetwater. Welke van de twee defaultwaarden er moet worden gekozen is afhankelijk van het type watersysteem.

5.5 **Buitenwaterstand**

Voor locaties met zoutwater en rivieren wordt in Steentoets de buitenwaterstand onder dagelijkse omstandigheden beschreven door twee parameters: *gemiddeld laagwater* (GLW , [$\text{m}+\text{NAP}$]) en *gemiddeld hoogwater* (GHW , [$\text{m}+\text{NAP}$]). Voor meren wordt in Steentoets het *meerpeil* [$\text{m}+\text{NAP}$] gebruikt.

De representatieve waarden voor GLW en GHW kunnen voor de zoutwaterlocaties worden gebaseerd op het langjarig gemiddelde [5].

Voor de rivieren kan worden uitgegaan van de waterstand bij de gemiddelde afvoer gebaseerd op het langjarig gemiddelde [5].

Voor rivieren zonder invloed van het getij zijn GLW en GHW aan elkaar gelijk.

Voor meren kan als representatieve waarde voor het *meerpeil* gebruik worden gemaakt van het winterstreefpeil.

Opgemerkt wordt dat wanneer verandering in het peilbeheer op het buitenwater daar aanleiding toe geeft de waarden voor de buitenwaterstand daar natuurlijk op moeten worden aangepast.

Bij de keuze van de waarde voor deze parameters is het goed om te weten wat de consequenties zijn van deze keuze. De buitenwaterstand onder dagelijkse omstandigheden speelt de volgende rollen in de beoordeling:

- Enerzijds bepaalt het *GLW/meerpeil* de laagste waterstand waarvoor de bekleding nog wordt beoordeeld. Die laagste waterstand kan eigenlijk nooit een veiligheidsrisico opleveren, omdat rond dat niveau dusdanig vaak belastingen optreden dat er al eerder schade had moeten optreden, hetgeen dus tot maatregelen had moeten leiden.

- Anderzijds bepaalt het niveauverschil tussen de *waterstand bij de norm* en het *GLW/meerpeil* hoe lang de stormbelasting op een bepaald niveau van het talud inwerkt. Bij een groot niveauverschil, wordt de totale belasting gedurende de storm over een langer deel van het dijktaalud gespreid. Een relatief hoog gekozen waarde voor het *GLW/meerpeil* leidt daarom op elk niveau op het talud tot een iets langere belastingsduur.

Omdat de sterkte van steenzettingen niet al te zeer afhankelijk is van de belastingsduur, beïnvloedt de waarde van de waterstanden onder dagelijkse omstandigheden het berekeningsresultaat slechts in zeer geringe mate.

5.6

Golfbelastingen

De golfbelastingen die voor de *gedetailleerde toets* van belang zijn worden voor steenzettingen gekarakteriseerd door de golfhoogte (H_{m0} [m]), de golfperiode ($T_{m-1,0}$ [s]) en de golfrichting (β [°]). Deze golfcondities kunnen met Riskeer voor verschillende categoriegrenzen worden bepaald. Opgemerkt wordt dat met Riskeer alleen golfcondities voor blokken en zuilen bepaald kunnen worden (de modelinstellingen (parameters a, b en c)) kunnen niet aangepast worden). Indien er een wens bestaat voor het aanpassen van deze parameters kan dat met Riskeer versie 19.1 of hoger gedaan worden, echter zonder gebruik te maken van de user interface. In bijlage E is hiervoor een voorbeeld opgenomen.

Hoe de golfcondities per dijkvak te bepalen als er per dijkvak meerdere uitvoerpunten beschikbaar zijn, is toegelicht in paragraaf 4.2.

De doorsnede-eis voor het bepalen van de golfbelastingen voor steenzettingen

De maximale waterstand wordt bepaald voor een traject aan de hand van de categoriegrens (soms zegt men dan "waterstand bij norm"). Deze kan in de praktijk nog begrenst worden door de hoogte van de dijk of de hoogte van de overgang van hard naar zacht. Vervolgens worden met de Q-variant in Riskeer (dan wel Hydra-NL) de golfbelastingen bepaald voor een aantal taludhoogtes per doorsnede (dat is een stukje dijk dat onafhankelijk is van zijn buren, soms ook wel vak genoemd). Per taludhoogte wordt voor de golfbelastingen een doorsnede-eis (overschrijdingskans) gehanteerd die wordt afgeleid uit de categoriegrens met een lengte-effectfactor N en een budgetfactor ω . Voor steenzettingen wordt momenteel als default in Riskeer gehanteerd $N=4$ en $\omega = 0.03$.

5.7

Stroomsnelheid

Alleen voor rivieren kan een beoordeling van een zetting op stroming langs de dijk relevant zijn. In die uitzonderlijke gevallen moet de stroomsnelheid [m/s] worden opgegeven. Dit valt echter onder de toets op maat (mede omdat in het BOI geen stroomsnelheden ter beschikking worden gesteld)

6 Parameters

Voor de beoordeling wordt gebruikgemaakt van de gemiddelde waarden van de constructie beschrijvende parameters, tenzij anders vermeld.

6.1 Essentiële parameters

De beoordeling van een steenzetting gebeurt in Steentoets aan de hand van een aantal parameters die de eigenschappen van de belasting en de steenzetting beschrijven. Sommige van deze parameters zijn essentieel om de beoordeling te kunnen uitvoeren. Maar er zijn ook parameters waarvoor aanvankelijk gerekend kan worden met defaultwaarden, maar waarbij de nauwkeurigheid van het resultaat beter wordt als ook voor die parameters de werkelijke waarden worden ingevoerd (zie Figuur 2.2).

De essentiële parameters zijn:

1. hydraulische belasting (kan met Ringtoets berekend worden aan de hand van de locatie van de dijk) (H_{m0} , β en T_p of $T_{m-1,0}$).
2. geometrie van het dwarsprofiel (ten minste tot de bovenzijde van de steenzetting en ten minste tot boven het niveau van de waterstand bij de norm) en de oriëntatie van de dijk (zie paragraaf 6.3).
3. niveau van het taludoppervlak aan de onderzijde (Z_o) en bovenzijde (Z_b) van de steenzetting (niveau onderste en bovenste overgangsconstructie) (zie paragraaf 6.5)
4. toplaagdikte (D) (zie paragraaf 6.8).
5. type toplaag (zie paragraaf 6.6).
6. spleetbreedte (s) of open oppervlak (Ω) tussen de zetstenen (zie paragraaf 6.10 en 6.11). Als de spleetbreedte is opgegeven, is de lengte (L) en breedte (B) van de zetstenen ook essentieel (zie paragraaf 6.9).
7. of de toplaag al dan niet is ingewassen met steenslag (paragraaf 6.15) of is ingegoten met beton of asfaltmestiek (paragraaf 6.18).
8. de dikte van de eventueel aanwezige uitvullagen en granulaire filterlagen (b) (zie paragraaf 6.20).
9. de korrelgrootte (d_{15} = grootte van de korrels die door 15% op basis van gewicht wordt onderschreden) van de uitvullagen en granulaire filterlagen (zie paragraaf 6.20).
10. de aanwezigheid van eventueel toegepaste geotextielen (zie paragraaf 6.19 en 6.21).
11. dikte van de eventueel aanwezige kleilaag (b_{klei}) (zie paragraaf 6.22).

Een overzicht van alle essentiële en niet essentiële parameters (met defaultwaarden) is gegeven in bijlage B en wordt nader omschreven in onderstaande paragrafen.

6.2 Havendam of lage dijk

De meeste steenzettingen die beoordeeld worden liggen op de buitenzijde van een dijk. Het kan echter gewenst zijn om ook de invloed van de voor de dijk liggende constructies en/of terreinen mee te nemen. In dat geval moeten ze stabiel zijn onder extreme condities en zullen de daarop aanwezige steenzettingen en andere bekledingen ook beoordeeld moeten worden. In Steentoets moet worden aangegeven wat voor soort constructie het is:

- een havendam (constructie met aan beide zijden water).
- een lage dijk (bijvoorbeeld voor een inlaag) of overslagbestendige dijk, waarvan de kruin lager is dan $H_{m0}/2$ boven de waterstand bij de norm.
- een normale dijk

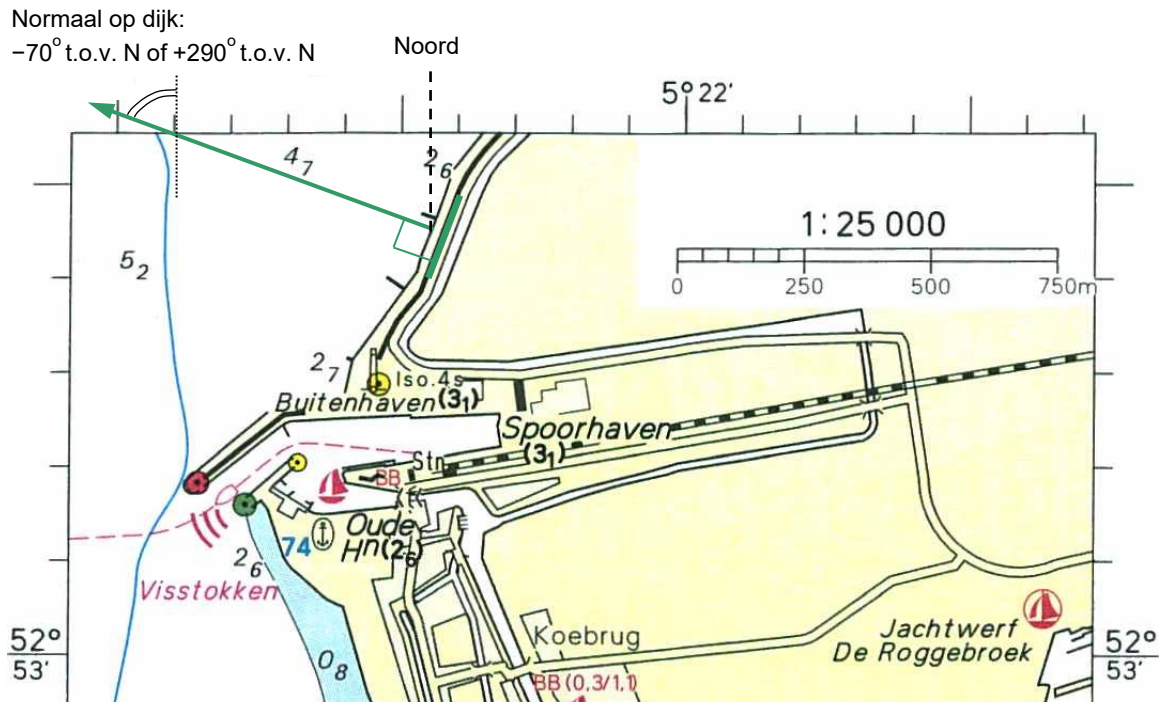
Er is sprake van een normale dijk als die zo hoog is dat minder dan 20 l/s/m golfoverslag plaatsvindt.

Als ook de achterzijde van de havendam direct kan worden aangevallen door golven, moet ook dat in de beoordeling beschouwd worden en geldt de slechtste score van de belasting bij overslag en de directe golfbelasting.

6.3

Richting normaal op dijk

De dijknormaal is de denkbeeldige lijn loodrecht op de dijk of havendam, richting het buitenwater. De richting van de dijknormaal in graden ten opzichte van Noord ($^{\circ}$ t.o.v. N) kan eenvoudig worden bepaald met behulp van geodriehoek en topografische kaart, zie Figuur 6.1.



Figuur 6.1 Voorbeeld van de richting van de dijknormaal ten opzichte van Noord.

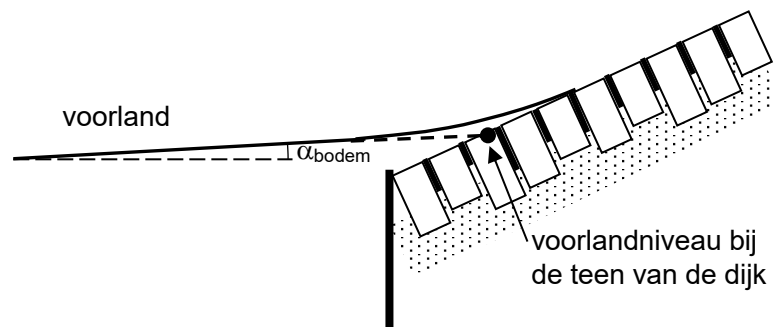
In sommige dijkvakken komt het voor dat de dijknormaal varieert. Dat is bijvoorbeeld het geval wanneer de grenzen van een dijkvak halverwege een bocht zijn gekozen. Ook varieert de richting van de dijknormaal wanneer het dijkvak onderdeel uitmaakt van een grote flauwe bocht in de dijk of wanneer zich in de dijk een kleine 'knik' bevindt. In dergelijke gevallen moet men in Steentoets de richting van de dijknormaal invullen, die de kleinste hoek oplevert ten opzichte van de golfrichting. Immers, hoe loodrechter golven invallen, des te groter is de golfbelasting. Als een dijkvak niet voldoet op basis van de ongunstigste normaal, kan men ervoor kiezen het dijkvak op te splitsen, om dijkgedeeltes te isoleren die eventueel wél voldoen.

Ook de golfrichting wordt in Ringtoets berekend. Deze kan afhankelijk zijn van de waterstand.

6.4

Voorland: niveau bij de teen Zvoorland **en helling tan** abodem

Voor het bepalen van het voorlandniveau (wad, schor, kwelder, uiterwaarde, etc.) bij de teen (Zvoorland $[M+NAP]$) wordt de gemiddelde lijn door het voorland doorgetrokken tot het talud (of de verlenging van het talud). Het snijpunt bepaalt het niveau van de teen. Dit is bijvoorbeeld relevant als het voorland steeds steiler oploopt naar de dijk (zie Figuur 6.2). Als het onderste segment (steenzetting) lager begint dan het voorlandniveau bij de teen, wordt desondanks het gehele segment van een oordeel voorzien. Het niveau van de onderzijde van het segment ligt dan lager dan de teen.



Figuur 6.2 Niveau van het voorland bij de teen van de dijk, indien het voorland steeds steiler oploopt naar de dijk.

Voor de helling van het voorland ($\tan \alpha_{\text{bodem}}$ (verticale afstand : horizontale afstand) [-]) gaat het om het gemiddelde van de eerste orde 30 à 50 meter vanaf de teen van de dijk. Wanneer het voorland steeds steiler oploopt naar de dijk (zoals in Figuur 6.2), moet men uitgaan van de doorgetrokken gemiddelde lijn door het voorland.

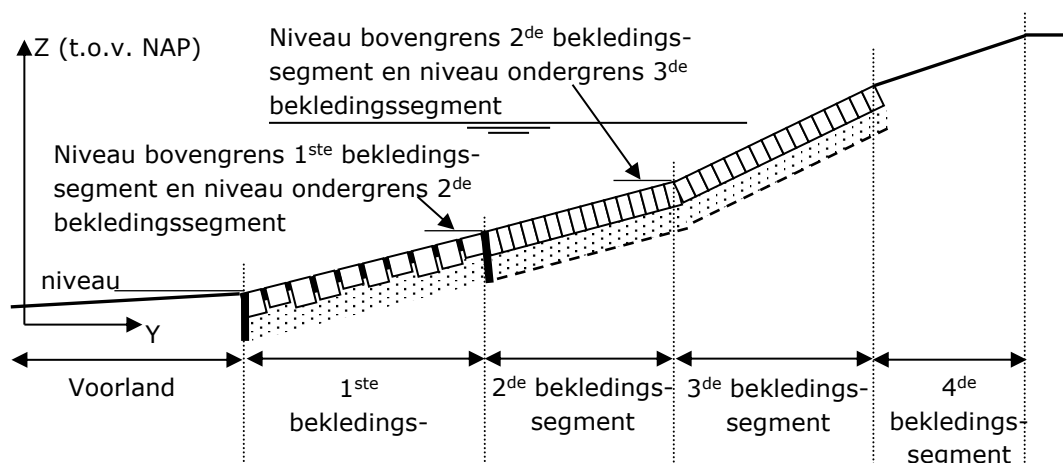
De beoordeling heeft betrekking op de periode tot aan de peildatum. Bij het bepalen van het voorlandniveau en de voorlandhelling moet rekening worden gehouden met de ontwikkeling van het voorland in die periode. Aangezien het voorland vaak buiten het beheersgebied van de dijkbeheerder ligt, is het verstandig in de beoordeling te rekenen met een conservatieve schatting van het voorlandniveau (zie ook het toetsspoor *zettingsvloeiing voorland*). De ligging van het voorland is meestal bekend bij de betreffende beheerder en is vastgelegd in oeverkaarten. Als dat niet zo is, kan de actuele ligging worden ingemeten. Voor de inschatting van een conservatieve waarde voor de toekomstige ontwikkeling kan gebruik worden gemaakt van ervaringsgegevens. Wanneer de score van de bekleding twijfelachtig blijkt te zijn als gevolg van het ingevoerde voorland, kan eventueel aanvullend een morfologische studie worden uitgevoerd.

Het wordt aanbevolen de geometrie ten minste elke 100 à 200 m in te meten als er veel variatie is en minder gedetailleerd als het voorland vrij constant is langs de dijk. Deze informatie kan bijvoorbeeld uit het AHN gehaald worden.

6.5

Niveau ondergrens en bovengrens van het bekledingssegment

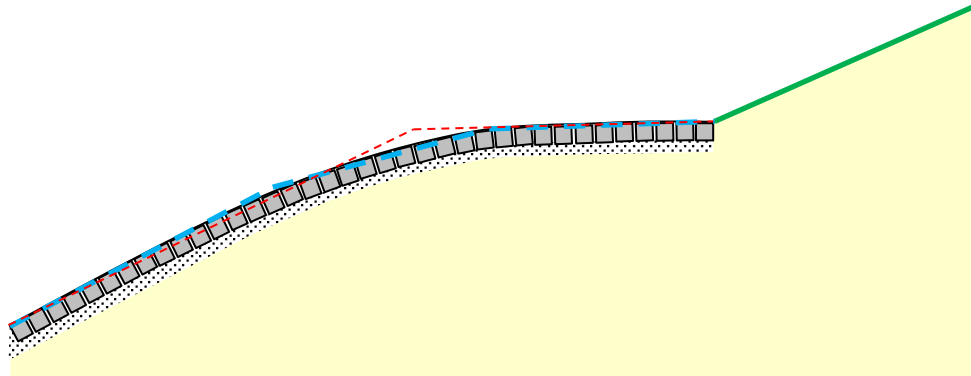
Het niveau van de onder- en bovengrens (onderste en bovenste overgangsconstructie) van het bekledingssegment (Z_o , Z_b [m+NAP]) heeft betrekking op het niveau op het taludoppervlak (zie Figuur 6.3) en is ten opzichte van NAP.



Figuur 6.3 Verdeling van dwarsprofiel in bekledingssegmenten.

Bij twee opeenvolgende segmenten die op elkaar aansluiten moet het niveau van de bovengrens van de onderste gelijk zijn aan die van de ondergrens van de bovenste. Als binnen een vak een overgangsconstructie tussen twee opeenvolgende segmenten sterk in hoogteligging verloopt, dan dienen voor dat vak twee doorsneden te worden gecontroleerd: de eerste met de overgangsconstructie op de laagste positie en de tweede met de overgangsconstructie op de hoogste positie.

In de meeste gevallen zal de geometrie ten behoeve van de beoordeling worden ingemeten en vastgelegd in dwarsprofielen of een Digitaal Terreinmodel (DTM). Als in het archief al recente inmetingen beschikbaar zijn, kunnen deze worden gebruikt voor de beoordeling. De acceptabele ouderdom van de gegevens hangt af van de zettingen in het gebied, maar in het algemeen mogen de gegevens niet ouder zijn dan enkele jaren. Voor de geometrie zijn ontwerpwaarden niet bruikbaar voor de beoordeling. Het wordt aanbevolen de geometrie ten minste elke 100 à 200 m in te meten.



Figuur 6.4 Schematisering van een talud met tonrondte en afgeronde voorrand van de berm

Als er sprake is van een tonrondte in het talud of een afronding van de voorrand van een berm, dan zijn er meerdere mogelijkheden om het talud te schematiseren. Het gekromde talud kan grof geschematiseerd worden met twee rechte lijnen, zoals de rode lijn in Figuur 6.4, of gedetailleerder met meerdere lijnen, zoals de blauwe lijn. Men is vrij om hiervoor een verstandige keuze te maken. De breedte van de segmenten in het dwarsprofiel moeten niet te klein gekozen worden: niet kleiner dan circa 0,5 à 1 m, gemeten langs het talud. Het komt ook voor dat het talud aan de onderzijde hol is (steeds flauwer talud richting teen). Ook in dat geval kan op vergelijkbare wijze met een paar rechte lijnen het talud geschematiseerd worden.

6.6

Type toplaag

Het type toplaag wordt in Steentoets aangeduid met een code (een getal). Een overzicht van de typen toplagen en bijbehorende Steentoets-codes is gegeven in Bijlage A van deze schematiseringshandleiding.

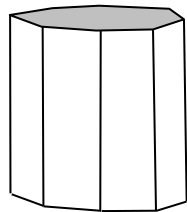
Als de steenzetting is ingegoten met asfaltmastiek, dan wordt de tweede decimaal van het typenummer een 1, en als het is ingegoten met beton, dan wordt de tweede decimaal een 2. Bijvoorbeeld:

- Met asfaltmastiek ingegoten basalt: 26.01
- Met beton ingegoten Vilvoordse Steen: 28.12

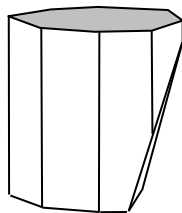
Als er sprake is van hergebruikte betonzuilen, dan dient men 27.09 als type toplaag in te voeren. Hergebruikte betonzuilen kunnen een lagere stabiliteit hebben dan nieuwe betonzuilen.

Bij basalt heeft men de keuze uit 26.0 en 26.1. In het eerste geval gaat het om normale basalt die nog niet eerder zwaar belast is geweest door golven. Bij basalt van het type 26.1 is dat wel het geval en is na deze zware belasting de hier en daar opgetreden schade goed hersteld. Ook als bij de bouw ervoor gezorgd is dat alleen goede zuilen zijn toegepast, mag worden

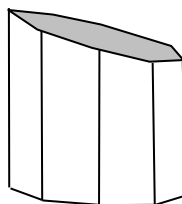
uitgegaan van type 26.1. Voorbeelden van een goede, natuurlijke zuilvorm en een drietal slechte zuilen zijn gegeven in Figuur 6.5.



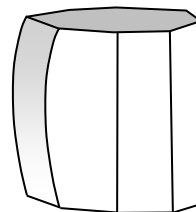
Natuurlijke zuilvorm



Scherf van zijkant



Scherf van kop



Bolle zijkant

Figuur 6.5 Natuurlijke zuilvorm en zuilen waar een scherf aan ontbreekt (tapse zuil) of met bolle zijkant.

Afbeeldingen van de meest voorkomende toplaagtypen zijn weergegeven in de volgende foto's.



Haringmanblokken (11.1)



Blokken op hun kant (11.4)



Basalton (27.1)



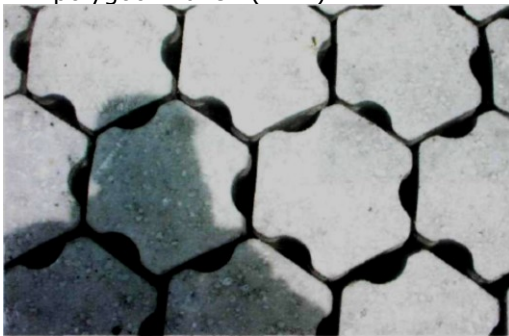
Hydroblock (27.3)



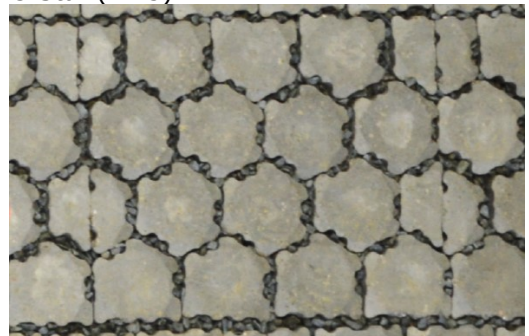
PIT-polygoon zuilen (27.2)



C-Star (27.5)



RONA®ton (27.4)



RONA®ton in pakketvorm (27.4)



Hillblock (27.6)



Hillblock (zijaanzicht) (27.6)



Basalt (26)



Granietblokken (28.5)



Petit graniet (28.4)



Vilvoordse steen (28.1)



Noorse steen (28.6)



Verkalit (11.6)



Doornikse steen (28.3)



Lessinische steen (28.2)



Koperslabblokken (29)



Doorgroeistenen (17)



Blokkenmat (12)



Ingegaten steenzetting (26.01)

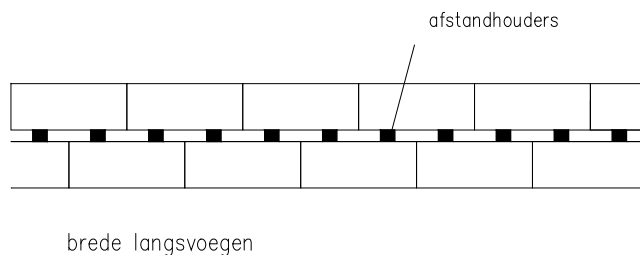


"Vol en zat" gepenetreerde
breuksteenoverlaging (7)



Overlaging met losse breuksteen (25)

Omdat een kleine open ruimte ongunstig is voor de stabiliteit van de toplaag, zijn bij betonblokken soms afstandhouders toegepast (zie Figuur 6.6). De kwaliteit van de afstandhouders moet gecontroleerd worden in het kader van de zorgplicht.



Figuur 6.6 Afstandhouders bij betonblokken (bovenaanzicht).

Stabiliteitsfactor (nieuwe kennis)

In de vrijgegeven versies van Steentoets wordt voor een aantal moderne steenzettingen een zogenaamde stabiliteitsfactor meegenomen. Met deze factor wordt aangegeven dat een zekere steensoort een hogere betrouwbaarheid heeft dan een gemiddelde steen. Het gaat om moderne steenzettingen die veelal door fabrikanten zijn ontwikkeld en getest. De stabiliteitsfactor is verschillend voor elke type (moderne) steenzetting en zorgt ervoor dat de specifieke stabiliteit van het type steenzetting wordt meegenomen in de berekeningen. De stabiliteitsfactor is afgeleid uit Deltagootproeven. Voor alle soorten natuursteen geldt dezelfde stabiliteitsfactor.

NB: in de versie 20.1.1 is een bug met betrekking tot de voor met Verkalit overlaagde PBA gebruikte stabiliteitsfactor opgelost. De voor de TOM/ ontwerpen te gebruiken versie kan voor dergelijke toplagen dus tot een ander oordeel voor het mechanisme ZTG (en dus de eindscore) leiden.

Het is belangrijk om precies het juiste type in te vullen omdat de stabiliteitsfactor hard is gekoppeld aan de naamgeving.

6.7

Type onderla(a)g(en)

Het type onderlaag wordt in Steentoets aangeduid met een unieke twee-letterige code (bijvoorbeeld pu voor puin). Een overzicht van de typen onderlagen bij steenzettingen en de daarvoor gebruikte codes is gegeven in Tabel 6.1. Het is belangrijk dat de codes worden ingevoerd in kleine letters.

Als er meerdere onderlagen zijn, moeten de codes voor deze onderlagen achter elkaar worden gezet met een spatie ertussen, te beginnen met de bovenste laag (bijvoorbeeld 'st ge kl' voor een toplaag op steenslag op geotextiel op klei).

Voor vlijlagen geldt dat er minstens twee lagen aanwezig moeten zijn en dat deze in goede staat moeten verkeren, anders moet niet aangegeven worden dat er vlijlagen aanwezig zijn. Ook klei telt mee als onderlaag, maar zand niet. Bijvoorbeeld: 'pu vl kl' = toplaag op puin op vlijlagen op klei. En: 'st my ge kl' = toplaag op steenslag op mijnsteen op geotextiel op klei.

Tabel 6.1 Overzicht van de typen onderlagen en bijbehorende codes.

Code	Omschrijving
st	steenslag
my	mijnsteen (breed gegradeerd)
ge	geotextiel
gr	grind
vl	vlijlaag (mits het minstens 2 lagen zijn en in goede staat)
sl	slak
pu	puin
kl	klei
as	zandasfalt (laagdikte optellen bij kleilaagdikte)

Voor de kwantificering van de eigenschappen van de onderlagen wordt verwezen naar paragraaf 6.19 (eventueel geotextiel onder de toplaag), 6.20 (eigenschappen van het granulair filter), 6.21 (eigenschappen van het geotextiel onder het filter), 6.22 (dijkopbouw en kleilaagdikte), 6.24 (kwaliteit klei) en 6.25 (korrelgrootte van het zand).

Als er een onderlaag van zandasfalt toegepast is, moet de laagdikte ervan bij de kleilaagdikte worden opgeteld. Verder hoeft er niets te worden aangepast (Steentoets rekent dan, als er niets anders is aangegeven, automatisch met een goede erosiebestendige kleilaag).

Het type onderlagen en de eigenschappen ervan (zie paragraaf 6.20) heeft invloed op alle faalmechanismen, ook op 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG'.

6.8

Toplaagdikte D

Voor de beoordeling kan voor de toplaagdikte (D [m]) volstaan worden met meetgegevens uit het archief, ook als ze enkele jaren oud zijn (bijvoorbeeld uit een vorige toetsingsronde), omdat zetstenen niet of nauwelijks slijten. Voor fabrieksmatig geproduceerde zetstenen (betonzuilen of -blokken) kan gebruikgemaakt worden van revisiegegevens of eventueel contractgegevens.

De toplaagdikte hoeft niet tot op de mm bekend te zijn, een nauwkeurigheid van 1 cm is voldoende.

Als in het archief geen of onvoldoende gegevens beschikbaar zijn, moet de toplaagdikte op de dijk zelf gemeten worden door de bekleding open te breken (zie Figuur 3.1). Hiertoe worden op een voldoende aantal locaties een zetsteen uit de toplaag verwijderd zodat van 5 à 10 zetstenen (rondom de verwijderde zetsteen) de dikte kan worden gemeten. Bij een goed geklemde steenzetting of steenzetting met interlocking geldt dat de gemiddelde waarde van de te meten zetstenen geldt als de maatgevende waarde voor de betreffende breeklocatie. Bij een slecht geklemde steenzetting geldt de kleinste waarde.

Van alle breeklocaties is de kleinste maatgevend voor de beoordeling van het betreffende dijkvak.

De meetlocaties moeten zodanig worden gekozen dat er een goed beeld ontstaat van de spreiding van de dikte. De meetdichtheid wordt bepaald door een inschatting van de variatie binnen een segment:

- Betonnen steenzetting en koperslakblokken.

Voor een homogeen ogende zetting van fabrieksmatig geproduceerde betonnen zetstenen is 2 meetpunten voldoende (één aan het begin en één het eind van het dijkvak), tenzij het vak groter is dan 1000 m. Dan moeten de meetpunten een onderlinge afstand hebben van maximaal 1000 m.

- **Steenzettingen van natuursteen.**
Voor natuursteen geldt dat er een grote variatie in toplaagdikte in een dijkvak kan voorkomen. Daarom moet de bekleding op meer plaatsen opengebroken worden om de dikte te meten:
 - Segment ligt geheel onder de waterstand bij de norm:
op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: halverwege de segmenthoogte en vlak onder de bovenste overgangsconstructie (op circa 1 m van de overgang, langs het talud gemeten).
 - Segment ligt deels boven de waterstand bij de norm:
op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op de waterstand bij de norm en halverwege de waterstand bij de norm en de onderste overgangsconstructie.
 - Segment ligt geheel boven de waterstand bij de norm:
op 1 niveau op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op 1 m van de onderste overgangsconstructie, langs het talud gemeten.

Op basis van de uitkomsten van de metingen kan het nodig zijn om een segment op te splitsen in meerdere segmenten (zie Figuur 2.2).

Bij het bepalen van toplaagdikte D wordt onderscheid gemaakt tussen betonnen zetstenen en natuursteen. Van beide typen wordt de definitie onderstaand beschreven.

Definitie toplaagdikte bij betonnen zetstenen

De toplaagdikte van een steenzetting van betonnen zetsteen is gelijk aan de hoogte van de stenen, waarbij de eventueel aanwezige deklaag met een geringere sterkte dan de rest van de zetsteen niet meetelt (zoals een eco-toplaag). Bovendien worden eventueel aanwezige ruwheidselementen niet meegeteld (zie Figuur 6.7). Ruwheidselementen zijn uitsteeksels op de zetsteen met een oppervlak dat kleiner is dan de helft van het bovenzvlak van de zetsteen, waarbij het oppervlak ter plaatse van de aansluiting op de zetsteen maatgevend is.



Figuur 6.7 Voorbeelden van ruwheidselementen op betonblokken

Definitie bij natuursteen

Bij steenzettingen van natuursteen wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds steenzettingen van Noorse steen, Vilvoordse steen of Lessinische steen, en anderzijds steenzettingen van de overige soorten natuursteen, zoals basalt, Doornikse steen en graniet.

- *Natuursteen, zoals basalt, Doornikse steen en graniet*
 - Als een steenzetting goed geklemd is, moet een zetsteen uit de bekleding gehaald worden en moet de gemiddelde dikte bepaald worden van de eruit gehaalde en de omringende stenen. Dat gemiddelde geldt als de maatgevende toplaagdikte op de opengebroken locatie.

- Als een steenzetting niet goed geklemd is, moet een zetsteen uit de bekleding gehaald worden en moet van die steen en de omringende stenen de minst dikke steen geselecteerd worden. De dikte van die steen geldt als de maatgevende toplaagdikte op de opengebroken locatie.

De kleinste waarde van al deze locaties is de maatgevende toplaagdikte voor het segment.

- *Noorse steen, Vilvoordse steen en Lessinische steen*
Indien sprake is van Noorse steen, Vilvoordse steen of Lessinische steen moet in plaats van de toplaagdikte D de nominale steendiameter D_{n50} gebruikt worden in de beoordeling. De D_{n50} is gelijk aan de riblengte van een kubus, die hetzelfde volume heeft als de steen die door 50% van de stenen wordt onderschreden. Bepaal dit gemiddelde op basis van 8 stenen per meetlocatie.

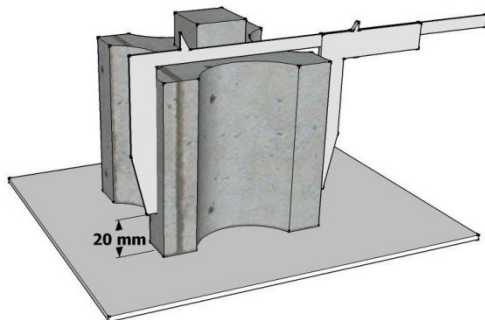
6.9

Breedte B en lengte L van de zetstenen

De breedte van de zetstenen (B [m]) wordt gemeten langs het talud omhoog (haaks op de dijkas). De lengte van de zetstenen (L [m]) wordt gemeten evenwijdig aan de waterlijn (in de richting van de dijkas). Voor steenzettingen met een niet rechthoekige vorm, zoals basalt en Basalton, is het niet nodig de lengte en breedte van de zetstenen in te voeren in Steentoets. De lengte en breedte van de zetsteen is essentieel als de spleetbreedte van de steenzetting is ingevoerd, in plaats van het relatieve open oppervlak.

De afmetingen hoeven niet tot op de mm bekend te zijn, een nauwkeurigheid van een paar cm is voldoende.

De lengte en breedte van de zetstenen worden gemeten door een rechthoek te tekenen rondom de buitenste contouren van de zetsteen (projectie op het grondvlak) en de lengte en breedte van deze rechthoek te meten. De lengte en de breedte van de zetstenen worden over de hoogte gemeten tot 20 mm van de onderzijde (zie Figuur 6.8), en afgerond op hele millimeters.



Figuur 6.8 Plaats voor de bepaling van de lengte en de breedte van een zetsteen.

Voor betonnen zetstenen is het voldoende om van elk type steen uit een set de lengte en breedte op te meten. Voor de beoordeling wordt het gewogen gemiddelde gebruikt, waarbij het aantal stenen van elk type per set de wegingsfactor bepaald.

Voor natuursteen moeten 10 aselekt gekozen stenen gemeten worden en wordt het gemiddelde in de beoordeling gebruikt.

6.10

Spleetbreedte van de langs- s_l en stootvoegen s_s

De spleten tussen de gezette stenen die evenwijdig aan de waterlijn lopen worden aangeduid als langsvoegen; de spleten tussen de gezette stenen die langs het talud omhoog lopen worden aangeduid als stootvoegen. De gemiddelde spleetbreedte van de langsvoegen (s_l [mm]) en die van de stootvoegen (s_s [mm]) zijn relevant voor rechthoekige betonblokken, koperslabblokken en sommige natuursteen. Voor alle andere typen wordt het relatieve open oppervlak gebruikt in de beoordeling. De grootte heeft vooral invloed op de mechanismen 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG' en 'Materiaaltransport vanuit de granulaire laag door de toplaag ZMG'.

Per locatie wordt de spleetbreedte van alle spleten in 1 m² opgemeten en wordt het gewogen gemiddelde berekend, waarbij lange spleten evenredig zwaarder meetellen dan korte spleten. Dit moet op een aantal locaties opgemeten worden:

- Segment ligt geheel onder de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: halverwege de segmenthoogte en vlak onder de bovenste overgangsconstructie (op ca 1 m van de overgang, langs het talud gemeten).
- Segment ligt deels boven de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op de waterstand bij de norm en halverwege de waterstand bij de norm en de onderste overgangsconstructie.
- Segment ligt geheel boven de waterstand bij de norm:
- op 1 niveau op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op 1 m van de onderste overgangsconstructie, langs het talud gemeten.

De kleinste waarde van alle gewogen gemiddelden (locaties) is maatgevend.

Er mag desgewenst onderscheid gemaakt worden in stoot- en langsvoeegen. De langsvoeegen lopen evenwijdig aan de waterlijn en de stootvoegen haaks daarop. Dit loont doorgaans alleen de moeite als een van de twee voegen afstandhouders heeft waardoor deze veel groter zijn dan de andere spleten.

De metingen moeten worden uitgevoerd met een nauwkeurigheid van ongeveer 1 mm en het gewogen gemiddelde wordt ingevoerd met nauwkeurigheid van 0,1 mm of naar beneden afgerond op hele millimeters.

6.11

Open oppervlak Ω

Het relatieve open oppervlak (Ω [-]) is de verhouding tussen het oppervlak aan spleten (en gaten) en het totale zettingoppervlak. Voor rechthoekige betonblokken, koperslabblokken en sommige natuursteen wordt meestal de spleetbreedte ingevoerd en is deze parameter dan niet relevant, zie paragraaf 6.10. De grootte heeft vooral invloed op de mechanismen 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG' en 'Materiaaltransport vanuit de granulaire laag door de toplaag ZMG'.

Voor veel betonnen steenzettingen is het relatieve open oppervlak bekend en is opmeten op de dijk niet nodig, mits de goede kwaliteit van het zetwerk is geverifieerd:

- Basalton, standaard sets: 13%.
- Basalton, bochtensets: 10%.
- Hydroblocks: 11%.
- Ronaton: 10%.
- Hillblocks: 8,5%.
- Verkaliit met gegroefde veer: 6,5%.
- C-Star: 11%.

Het eventueel aanwezige inwasmateriaal doet niet ter zake voor het relatieve open oppervlak: het wordt genegeerd.

Voor betonnen zetstenen geldt dat het relatieve open oppervlakte fysiek mag worden gemeten met een aantal zetstenen op een vlakke ondergrond, maar het mag ook bepaald worden aan de hand van de maltekening van de zetsteen. Het wordt berekend door het optellen van de oppervlakten van de openingen tussen en in de zetstenen van een representatieve steenzettingsoppervlakte. Daartoe zijn de zetstenen (werkelijk of denkbeeldig) op een horizontaal oppervlak geplaatst en wordt de open oppervlakte van elke opening apart bepaald ter hoogte van een horizontaal vlak. De hoogte van dit horizontale vlak is bij elke opening zo gekozen dat de open oppervlakte het kleinst is.

De som van alle open oppervlakken (dit is ten minste zo groot als een patrooneenheid), gedeeld door de representatieve steenzettingsoppervlakte, is de relatieve open oppervlakte. De relatieve open oppervlakte wordt uitgedrukt in een percentage.

Voor basalt wordt doorgaans 12% aangehouden, tenzij het duidelijk erg strak of erg ruim is gezet. Voor de overige natuursteen moet het opgemeten worden aan de hand van een haaks op het talud genomen foto van ca 1 m² steenzetting. Dit moet op een aantal locaties opgemeten worden:

- Segment ligt geheel onder de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: halverwege de segmenthoogte en vlak onder de bovenste overgangsconstructie (op ca 1 m van de overgang, langs het talud gemeten).
- Segment ligt deels boven de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op de waterstand bij de norm en halverwege de waterstand bij de norm en de onderste overgangsconstructie.
- Segment ligt geheel boven de waterstand bij de norm:
- op 1 niveau op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op 1 m van de onderste overgangsconstructie, langs het talud gemeten.

Doorgaans is het voldoende om het percentage af te ronden op hele procenten, tenzij het kleiner is dan 4%, want dan is het raadzaam om 1 cijfer achter de komma te geven. Als het open oppervlak eenmaal is opgemeten, kan het bij elke volgende beoordeling weer gebruikt worden, totdat de steenzetting wordt herzet.

6.12

Gaten in de steen

Bij rechthoekige betonblokken kunnen er gaten in de stenen voorkomen die bijdragen aan de doorlatendheid van de toplaag. De diameter en het aantal per blok kan, naast de spleetbreedte, in Steentoets worden ingevoerd.

Bij steenzettingen waarvoor het relatieve open oppervlak wordt gebruikt in de beoordeling, mogen de gatafmetingen niet gebruikt worden. Deze zijn immers al verdisconteerd in het relatieve open oppervlak.

De grootte heeft vooral invloed op de mechanismen 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG' en 'Materiaaltransport vanuit de granulaire laag door de toplaag ZMG'.

6.13

Karakteristieke opening

De karakteristieke opening in de steenzetting is relevant voor het mechanisme 'Materiaaltransport vanuit de granulaire laag door de toplaag ZMG'.

De karakteristieke opening is zo groot als de grootste bal die geheel door spleten en gaten in de steenzetting kan vallen als deze zou zweven boven de ondergrond.

Voor veel betonnen zetstenen is de karakteristieke openingsgrootte bekend:

- Basalton: 7 cm.
- Hydroblocks: 5 cm.
- Ronaton: 3,5 cm.
- Hillblocks: 4 cm.
- Verkalt met gegroefde veer: 1,6 cm.
- C-Star: 4 cm.

Het eventueel aanwezige inwasmateriaal doet niet ter zake voor de karakteristieke opening: het wordt genegeerd.

Voor basalt wordt doorgaans 6 cm aangehouden, tenzij het duidelijk erg strak of erg ruim is gezet. Voor de overige natuursteen moet het opgemeten worden door visueel te schatten wat de grootste opening is en de diameter te meten van de grootste bal die erdoor zou passen. Men hoeft niet te zoeken naar de grootste van het hele segment: het gaat om het gemiddelde van "de grootste opening per orde 25 m² bekleding". De waarde mag afgerond worden op een geheel aantal centimeters, tenzij de waarde kleiner is dan 3 cm, want dan is afronden op een geheel aantal mm beter.

6.14

Soortelijke massa van de stenen ρ_s en van water ρ_w

De soortelijke massa van een zetsteen (dichtheid) (ρ_s [kg/m³]) kan worden bepaald door het gewicht te meten boven water en onder water. De procedure is als volgt:

- Voor het bepalen van de soortelijke massa is het allereerst belangrijk dat de zetstenen verzadigd zijn met water. Dit kan bereikt worden door de zetsteen circa 2 uur onder water te doen.
- Het onder-water-gewicht van de verzadigde zetsteen kan gemeten worden door de zetsteen in een netje aan een unster te hangen. Eventueel kan ook een klein hyssoog in de zetsteen

aangebracht worden, waardoor de zetsteen via een touw aan de unster bevestigd kan worden. Het onder-water-gewicht kan bepaald worden door de unster af te lezen terwijl de zetsteen onder water hangt, vrij van de bodem of andere obstakels en vrij van de wand van een eventuele bak. Er moet gecorrigeerd worden voor het (onder-water-)gewicht van het netje of het touw.

- Het boven-water-gewicht van de verzadigde zetsteen wordt op vergelijkbare manier bepaald als het onder-water-gewicht, maar in dit geval bevindt de zetsteen zich boven water. Het op de unster afgelezen gewicht moet in dit geval gecorrigeerd worden voor het boven-water-gewicht van het net of touw plus hijsoog.
- De soortelijke massa wordt berekend met de volgende formule.

$$\rho_s = \rho_w \times \frac{G_{\text{verzadigd}}}{G_{\text{verzadigd}} - G_{\text{onder water}}} \quad (6.1)$$

Waarin:

ρ_s	soortelijke massa van de stenen in de toplaag (natte dichtheid) [kg/m ³].
ρ_w	dichtheid van het water [kg/m ³].
$G_{\text{verzadigd}}$	boven-water-gewicht van de verzadigde zetsteen [kg].
$G_{\text{onder water}}$	onder-water-gewicht van de verzadigde zetsteen [kg].

Opgemerkt wordt dat de gewichten ook in gram(kracht) bepaald kunnen worden. Voor de dichtheid van water (ρ_w) mag 1.000 kg/m³ worden aangehouden als de meting wordt uitgevoerd met zoet water. Voor zout water geldt $\rho_w = 1.025$ kg/m³.

Maatgevend is de waarde die door 5% van de metingen wordt onderschreden. Dit mag berekend worden op basis van het gemiddelde μ en de standaardafwijking σ , namelijk: $\mu - 1,64\sigma$.

Als de dichtheid niet wordt ingevuld in Steentoets, dan wordt er gerekend met een default waarde (zie bijlage A). De grootte van de parameter heeft echter grote invloed op het mechanisme 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG' en het is daarom beter de waarde nauwkeurig te bepalen (met nauwkeurigheid van ± 50 kg/m³).

Voor de soortelijke massa van water (ρ_w [kg/m³]) wordt voor de binnenwateren (zoet) 1.000 kg/m³ gehanteerd en voor de kust, estuaria en Europoort (zout) 1.025 kg/m³.

6.15

Inwasmateriaal

Inwasmateriaal is de steenslag die in de openingen en voegen is gedaan om een betere interactie te krijgen tussen de zetstenen. Het later ingespoelde zand, slib en schelpen tellen niet mee als inwasmateriaal. Rechthoekige betonblokken worden doorgaans niet ingewassen. Het inwasmateriaal wordt gekarakteriseerd door de korrelgrootte die door 15 gewichtsprocenten wordt onderschreden (d_{15} [mm]). De waarde hiervan is belangrijk voor het mechanisme 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG'. De waarde mag afgerond worden op hele mm.

Als de onder- en bovengrens van de gradering bekend zijn, bijvoorbeeld 11-32 mm, kan de ondergrens als redelijke schatting voor de d_{15} aangehouden worden (11 mm in dit voorbeeld). Anders moet op enkele plaatsen wat inwasmateriaal uit de voegen worden gehaald en beoordeeld. Neem daarvoor wat inwasmateriaal en verwijder het zand, slib en schelpen. Kies vervolgens uit 20 korrels de een na de kleinste en meet de diameter. Dat is een schatting van de d_{15} .

Als geen waarde voor de karakteristieke korreldiameter wordt opgegeven, wordt gerekend met een korrelgrootte van 5 mm.

Het inwasmateriaal moet ten minste tot de helft van de spleetdiepte aanwezig zijn (minstens $\frac{3}{4}$ van voetheogte bij Hillblocks), anders kan de steenzetting niet als geklemd beschouwd worden.

6.16

Kwaliteit van de klemming van de toplaag

Voor een goed ingewassen (dicht gezette) steenzetting geldt dat de interactie tussen de stenen goed is. Men spreekt dan van een goed geklemd steenzetting. De spleten moeten minstens

voor de helft van de spleethoogte gevuld zijn met steenslag (minstens $\frac{3}{4}$ van voethoogte bij Hillblocks), waarbij zand en slib niet meetellen. Rechthoekige blokken zonder inwassing zijn niet goed geklemd.

Als het met de handen lukt om een zetsteen uit de bekleding te trekken, is de steenzetting niet goed geklemd. Dit kan het geval zijn bij slecht ingewassen basalt. Het is dan ook te merken dat de stenen wat bewegen als men erover loopt.

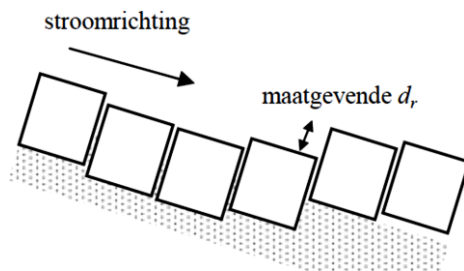
In geval van twijfel kan overwogen worden om trekproeven uit te voeren. Dit geldt echter als een onderdeel van de *toets op maat* en kan alleen op een goede manier worden uitgevoerd door deskundigen. Om een goede klemming te kunnen aantonen, zijn enkele honderden trekproeven nodig.

6.17

Oneffenheden havendam

De mate waarin stenen verzakt zijn of stenen boven de omliggende stenen uitsteken wordt de oneffenheid van de steenzetting genoemd. Het is relevant voor havendammen. Het gaat om de hoogte van de grootste opstaande rand in de steenzetting, waartegen de golfoverslag aan kan stromen, gevormd door twee stenen in opeenvolgende rijen (zie Figuur 6.9). De slechtste plek wordt op het oog geselecteerd en vervolgens opgemeten. Alleen oneffenheden die groter zijn dan 10% van de toplaagdikte zijn relevant. Als de oneffenheden kleiner zijn, mag nul worden ingevoerd.

De waarde hiervan is belangrijk voor het mechanisme 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG'. De waarde mag afgerond worden op hele cm.



Figuur 6.9 Definitie van de oneffenheid d_r van een steenzetting op een havendam (in dit voorbeeld: binnentalud)

6.18

Kwaliteit van een ingegoten steenzetting

Voor het beoordelen van steenzettingen die ingegoten zijn met asfaltmastiek (ook wel onterecht gietasfalt genoemd) moet de kwaliteit van de ingieting beoordeeld worden. Als de steenzetting is ingegoten met beton, dan is een kwantificering van de kwaliteit niet nodig omdat er van uitgaan wordt dat de kwaliteit vrij slecht is.

De kwaliteit wordt gekenmerkt door de gemiddelde diepte tot waar het asfaltmastiek in de spleten en gaten tussen de zetstenen zit (diepte tot waar de ingieting tussen de stenen is doorgedrongen).

De diepte tot waar het asfaltmastiek in de spleten zit kan slechts bepaald worden door op een aantal locaties een steen uit de bekleding te slopen (zie Figuur 3.1), of door middel van een boring met een kernboor op de kruising van de spleten. Als dat voor een bepaalde beoordeling is uitgevoerd, kunnen de resultaten ook in toekomstige beoordelingen gebruikt worden. Dit moet op een aantal locaties opgemeten worden:

- Segment ligt geheel onder de waterstand bij de norm:
 - op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: halverwege de segmenthoogte en vlak onder de bovenste overgangsconstructie (op ca 1 m van de overgang, langs het talud gemeten).
- Segment ligt deels boven de waterstand bij de norm:
 - op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op de waterstand bij de norm en halverwege de waterstand bij de norm en de onderste overgangsconstructie.
- Segment ligt geheel boven de waterstand bij de norm:
 - op 1 niveau op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op 1 m van de onderste overgangsconstructie, langs het talud gemeten.

Eventueel kan ook eerst berekend worden wat de minimaal benodigde ingietdiepte is voor een positief oordeel. Vervolgens is het wellicht makkelijker aan te tonen dat deze ingietdiepte aanwezig is.

6.19 **Eigenschappen van geotextiel tussen toplaag en filter**

Als de zetsteen op geotextiel op zand of klei ligt (zonder granulaire laag zoals bijvoorbeeld steenslag), is alleen de O_{90} (maaswijdte) van het geotextiel nodig voor de beoordeling. Als het type geotextiel bekend is, kan de O_{90} opgevraagd worden bij de leverancier. Zoniet, dan kan de O_{90} in een laboratorium bepaald worden aan de hand van een monster.

Als de zetsteen op een geotextiel ligt met daaronder een granulaire laag (zoals steenslag, mijnsteen, silex, slak, etc.) dan zijn alleen de dikte ($T_{g,2}$ [mm]) en de waterdoorlatendheid van het geotextiel nodig voor de beoordeling. Deze waarden zijn belangrijk voor het mechanisme 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG'.

Als het type geotextiel bekend is, kan ook dit opgevraagd worden bij de leverancier, net als de O_{90} . Zoniet, dan moet het in een laboratorium bepaald worden aan de hand van enkele monsters. Voor het bepalen van de waterdoorlatendheid gaat het daarbij om het meten van het debiet per eenheid van doorstroomoppervlak ($q_{geo,2}$ [liter/s/m²]) en het daarbij optredende verval over het geotextiel ($h_{geo,2}$ [mm]).

6.20 **Eigenschappen van het granulaire filter**

De eigenschappen van de granulaire lagen onder de toplaag zijn belangrijk voor alle faalmechanismen. In de meeste gevallen worden onder de zetsteen één of meerdere lagen granulair materiaal toegepast (steenslag, mijnsteen, silex, slak, etc.). Van elk van deze lagen zijn de volgende eigenschappen essentieel voor de beoordeling:

- Dikte van de granulaire laag: b_f [m] (gemeten haaks op het taludoppervlak), afgerond op gehele cm.
- Karakteristieke korrelgrootte: d_{n5} [mm] (zeefmaat waarop 15% op basis van gewicht blijft liggen), afgerond op gehele mm.
- Porositeit: n_f [-].

Als daarnaast de d_{f50} beschikbaar is, kan de beoordeling van het mechanisme "Materiaaltransport vanuit de granulaire laag ZMG" nauwkeuriger worden uitgevoerd, dan wanneer dit niet beschikbaar is. In het laatste geval wordt met een defaultwaarde gerekend: $d_{f50} = 1,2d_{n5}$.

Deze gegevens zouden beschikbaar kunnen zijn uit de 'as built'-tekeningen of metingen die uitgevoerd zijn tijdens de aanleg van de steenzetting. De bestek- of contractgegevens kunnen onjuist zijn.

Als de gegevens niet beschikbaar zijn, moeten ze opgemeten worden door de steenzetting op een aantal locaties open te breken en een monster te analyseren (zie Figuur 3.1):

- Schatting d_{n5} : Neem daarvoor wat van het granulaire materiaal en verwijder het zand, slib en schelpen. Kies vervolgens uit 20 korrels de één na de kleinste en meet de diameter.
- Nauwkeurige meting van d_{n5} , d_{f50} en d_{p90} : neem een monster van 2 à 5 kg en laat dit zeven in een laboratorium.

Als het een oude steenzetting met vlijlagen betreft, moet er voorzichtig in het filter gegraven worden, omdat anders de granulaire laag vermengd wordt met de vlijlagen.

De eigenschappen van de granulaire laag moeten op een aantal locaties opgemeten worden:

- Segment ligt geheel onder de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: halverwege de segmenthoogte en vlak onder de bovenste overgangsconstructie (op ca 1 m van de overgang, langs het talud gemeten).
- Segment ligt deels boven de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op de waterstand bij de norm en halverwege de waterstand bij de norm en de onderste overgangsconstructie.
- Segment ligt geheel boven de waterstand bij de norm:
- op 1 niveau op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op 1 m van de onderste overgangsconstructie, langs het talud gemeten.

De grootste waarde van de laagdikte en d_{f15} is maatgevend voor het dijkvak.

De porositeit moet geschat worden aan de hand van de breedte van de gradering van het filter. Voor een smal gegradeerd filter ($d_{f15}/d_{f90} < \text{ca } 2$) geldt dat de porositeit ongeveer 0,4 is, terwijl dit voor een breed gegradeerd filter veel kleiner is (als schatting voor $d_{f15}/d_{f90} \approx 10$ geldt: $n \approx 0,3$).

Het komt tegenwoordig voor dat in plaats van klei een laag mijnsteen of hydraulische slak wordt toegepast. In dat geval moet de laag niet als kleilaag ingevoerd worden, maar als granulaire laag met de juiste aanduiding van het toegepaste materiaal.

6.21

Eigenschappen van het geotextiel onder de filterlaag

De volgende eigenschappen van het geotextiel zijn nodig voor de beoordeling:

- Dikte: $T_{g,l}$ [mm].
- Karakteristieke maaswijdte: O_{90} [mm].
- In sommige gevallen is de waterdoorlatendheid ook nodig: $q_{geo,l}$ [l/s/m²].

Als het type geotextiel bekend is, kunnen de eigenschappen opgevraagd worden bij de leverancier. Zo niet, dan moeten de parameters in een laboratorium bepaald worden aan de hand van enkele monsters. Voor de bepaling van de doorlatendheid gaat het om het meten van het debiet per eenheid van doorstroomoppervlak ($q_{geo,l}$ [liter/s/m²]) en het daarbij optredende verval over het geotextiel ($h_{geo,l}$ [mm]). Voor de O_{90} is er een veilige default-waarde in Steentoets beschikbaar: 1 mm.

6.22

Dijkopbouw en kleilaagdikte

De kleilaag is van belang voor het faalmechanisme 'Afschuiving ZAF', 'Materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO' en 'Erosie van de onderlagen ZEO'.

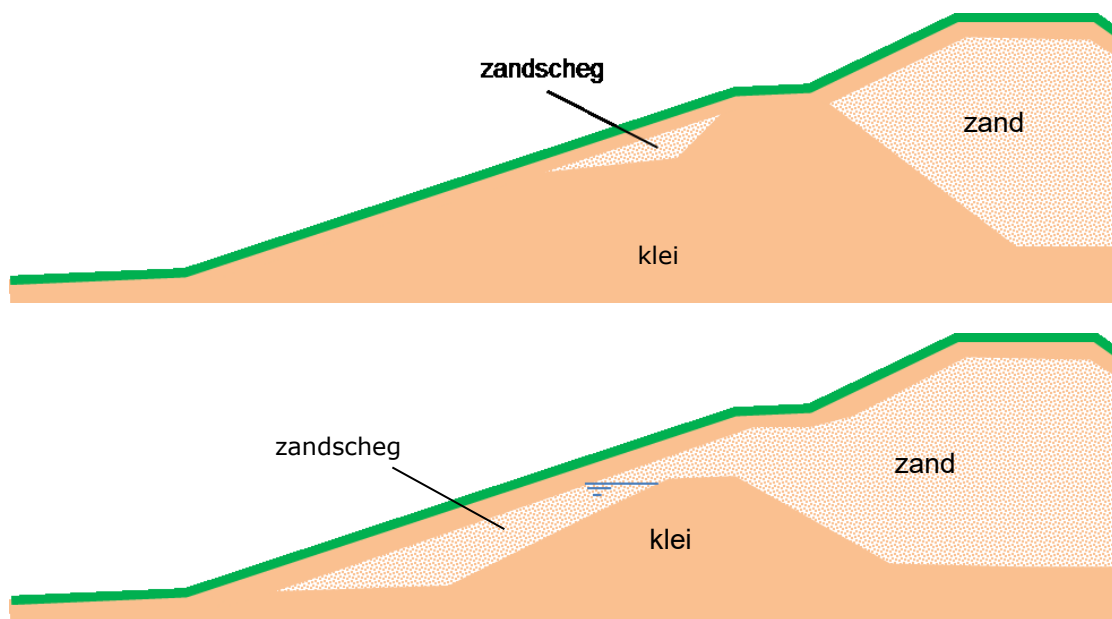
De kleilaagdikte zou beschikbaar kunnen zijn uit de 'as built'-tekeningen of metingen die uitgevoerd zijn tijdens de aanleg van de steenzetting. De bestek- of contractgegevens zijn doorgaans niet nauwkeurig genoeg voor steenzettingen die deels onder de waterstand bij de norm liggen. Als de steenzetting geheel boven de waterstand bij de norm ligt, is een ruwe schatting reeds voldoende.

Als de kleilaagdikte niet bekend is, zal deze gemeten moeten worden op een aantal locaties door de steenzetting open te breken (zie Figuur 3.1):

- Segment ligt geheel onder de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: halverwege de segmenthoogte en vlak onder de bovenste overgangsconstructie (op ca 1 m van de overgang, langs het talud gemeten).
- Segment ligt deels boven de waterstand bij de norm:
- op 2 niveaus op elke 100 à 200 m opmeten: ongeveer op de waterstand bij de norm en halverwege de waterstand bij de norm en de onderste overgangsconstructie.
- Segment ligt geheel boven de waterstand bij de norm:
- een ruwe schatting of een enkele meting volstaat.

Als er zandlaagjes in de klei aanwezig zijn, moeten deze niet meegeteld worden bij het bepalen van de kleilaagdikte, zoals uitgelegd in paragraaf 6.24, zie Figuur 6.11.

Verder moet vastgesteld worden of er sprake is van een zandscheg. Dit kan het geval zijn als aan de zeezijde het profiel is aangevuld met zand met daarop een kleilaag, zie Figuur 6.10. Een zandscheg vormt een risico voor afschuiving als er wel water in kan komen (bij hoogwater of door regen), maar het er niet uit kan wegstromen. De standaard berekeningsmethode voor het deelmechanisme 'afschuiving' is in zo'n geval niet toepasbaar omdat in de zandscheg een zeer hoge freatische lijn kan ontstaan, waar in de formules geen rekening mee wordt gehouden. Het is voldoende om dit te beoordelen aan de hand van de bouwtekeningen of bestek- of contractgegevens.



Figuur 6.10 Zandscheg

Tenslotte kan er een verhoogd risico op afschuiving zijn als de dijk zeer breed is, bijvoorbeeld omdat achter de dijk een hoog opgespoten industrieterrein ligt. De breedte van de dijk op een niveau van 2,5 m boven de gemiddelde buitenwaterstand, maar niet hoger dan de waterstand bij de norm, is hiervoor maatgevend. Als de breedte van de dijk daar groter is dan 150 m, wordt men voor afschuiving doorverwezen naar de *toets op maat*.

Als er een laag van zandasfalt aanwezig is, dan moet de laagdikte hiervan opgeteld worden bij de kleilaagdikte. Verder hoeft er niets extra te worden ingevuld. De zandasfaltlaag wordt verder beschouwd als een goede erosiebestendige kleilaag. Uiteraard moet de staat van het zandasfalt gecontroleerd worden, vooral als het ouder is dan 30 jaar.

6.23

Dijkbreedte op niveau van de waterstand bij de norm

De breedte van de dijk op het niveau van de waterstand bij de norm (B_{dijk} [m+NAP]) is van belang om vast te stellen of de dijk veel reststerkte heeft. Als de dijk veel reststerkte heeft, kan de eis die aan de topaagstabiliteit onder golfaanval wordt gesteld namelijk minder hoog worden. Dat wordt door Steentoets verrekend door middel van een veiligheidsfactor die op grond van de golfhoogte, de dijkbreedte en de kleilaagdikte wordt vastgesteld. Dit gebeurt aan de hand van volgende criteria:

$$\begin{aligned}
 \gamma = 0,9 \quad \text{als} \quad H_{m0} \leq 1,5 \text{ EN} \quad & \begin{cases} \text{of} & B_{\text{klei,t}} / H_{m0} \geq 0,8 \\ \text{of} & B_{\text{dijk}} / H_{m0} \geq 30 \end{cases} \\
 \gamma = 1,1 \quad \text{als} \quad & \begin{cases} \text{of} & H_{m0} \geq 2 \\ \text{of} & (b_{\text{klei,t}} / H_{m0} < 0,8 \text{ EN } B_{\text{dijk}} / H_{m0} < 20) \\ \text{of} & \text{bovenrivieren} \end{cases} \\
 \text{anders :} \quad & \gamma = 1,0
 \end{aligned}$$

Als geen waarde voor de dijkbreedte is opgegeven, maar het gehele dijkprofiel (buitentalud, kruin en binnentalud) is wel opgegeven, dan berekent Steentoets hieruit de benodigde dijkbreedte. Bij gebrek aan gegevens wordt verondersteld dat de dijk weinig reststerkte heeft: $\gamma = 1,1$.

6.24

Kwaliteit klei

Als uit de berekening met Steentoets blijkt dat het mechanisme 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG', 'Materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO' en/of 'Materiaaltransport vanuit de granulaire laag ZMG' dat de bekleding (nog) niet voldoet, kan de berekening van de 'Erosie van de onderlagen ZEO' uitkomst bieden. Dit aspect kan ook door Steentoets meegewogen worden in de veiligheidsfactor voor het beoordelen van het mechanisme 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG', zie paragraaf 6.23.

Om deze invloed in de beoordeling te kunnen meenemen, is de erosiebestendigheid van de klei van belang.

Onderstaande criteria en methodiek om de klei te categoriseren is specifiek bedoeld voor het beoordelen van de reststerkte van klei onder steenzettingen.

De erosiebestendigheid van de klei wordt uitgedrukt in drie categorieën:

- Goed erosiebestendig.
- Matig erosiebestendig.
- Weinig erosiebestendig: er is geen rekenkundige reststerkte van de kleilaag.

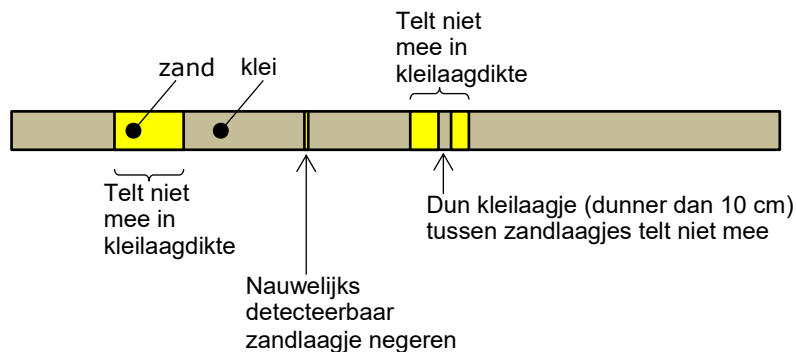
Indien beschikbare gegevens, bijvoorbeeld uit eerdere dijkversterkingen, onvoldoende zekerheid bieden over de erosiebestendigheid van de klei dan dient deze nader onderzocht te worden. Voor het beoordelen van de erosiebestendigheid van de klei moeten boringen uitgevoerd worden op een aantal locaties op het buitentalud van de dijk. Met een locatie wordt hier een stukje dijk met lengte van 5 à 10 m bedoeld (dus een brede dwarsdoorsnede). Op elke locatie moet 2 à 3 maal in een dwarsprofiel met een Edelmannboor (of gutsboor als dat lukt) tot de onderzijde van de klei geboord worden, of tot zo diep het mogelijk is. Op basis van deze boringen moet visueel bepaald worden of er sprake is van voldoende erosiebestendige klei en of er sprake is van erg zandige klei, zandlaagjes of puin/stenen in de klei. De boringen geven ook informatie over de aanwezigheid van verschillende soorten klei in de kleilaag. De resultaten worden vastgelegd in een boorstaat ten behoeve van het algehele oordeel over de kleilaag.

De visuele beoordeling kan uitgevoerd worden door mensen die een cursus hebben gevolgd bij bijvoorbeeld de hogeschool Van Hall Larenstein in Wageningen, of gelijkwaardige cursus. Beoordeeld moet worden of de klei voldoende samenhang heeft, vrijwel geen puin/stenen bevat en het mag niet sterk zandig zijn. Het mag wel een goede en compacte keileem zijn.

Aanbevolen wordt om boringen uit te voeren op ten minste één locatie per 100 à 200 m, afhankelijk van de variatie aan klei die aangetroffen wordt. Als de kleikwaliteit in een bepaalde zone op de dijk (bijvoorbeeld bij de teen, of boven GHW) duidelijk anders is, kan het zinnig zijn om deze apart te beschouwen.

Als deze metingen niet beschikbaar zijn, moet de beoordeling uitgevoerd worden alsof er onvoldoende erosiebestendige klei aanwezig is.

Bij het bepalen van de kleilaagdikte dient gelet te worden op de aanwezigheid van zandlagen, zandinsluitingen en zandlenzen in de klei. Nauwelijks detecteerbare zandlaagjes van minder dan een halve centimeter dik kunnen worden genegeerd. Maar de cumulatieve laagdikte van alle dikkere zandlaagjes in de klei moet worden afgetrokken van de totale kleilaagdikte, zie Figuur 6.11. Als er zandlaagjes in de klei zitten met een onderlinge afstand van minder dan 10 cm, wordt bovendien het tussenliggende kleilaagje afgetrokken van de totale kleilaagdikte (dus: kleilaagjes die dunner zijn dan 10 cm tellen niet mee).



Figuur 6.11 Voorbeeld van resultaat van boring met gutsboor (de bovenzijde zit links).

De zo verkregen effectieve kleilaagdikte wordt vermenigvuldigd met een factor $f_{\text{kleidikte}}$ om de rekenwaarde van de kleilaagdikte te verkrijgen. Deze factor is afhankelijk van het aantal aaneengesloten lagen klei die dikker zijn dan 10 cm tussen de zandlaagjes:

- één aaneengesloten kleilaag zonder detecteerbare zandlaagjes: $f_{\text{kleidikte}} = 1$
- twee lagen klei, met daartussen zandlaagjes en eventueel kleilaagjes die dunner zijn dan 10 cm: $f_{\text{kleidikte}} = 0,9$
- drie lagen klei die elk gescheiden zijn door zandlaagjes: $f_{\text{kleidikte}} = 0,8$
- vier lagen klei die elk gescheiden zijn door zandlaagjes: $f_{\text{kleidikte}} = 0,7$
- vijf of meer lagen klei die elk gescheiden zijn door zandlaagjes: $f_{\text{kleidikte}} = 0,6$

Zandlaagjes met geringe omvang (beperkt tot de lengtemaat van de kluiten van het aanbrengen) zijn hierin minder belangrijk dan zandlagen die zich over grotere lengtes (meters) uitstrekken. Als zo een laagje is geïdentificeerd, dan kan hoger op de dijk (op een afstand van bijvoorbeeld 3 m, langs het talud) nog een boring worden uitgevoerd om te zien of de zandlaag daar ook aanwezig is. Zo niet, dan wordt hij niet meegeteld voor de waarde van $f_{\text{kleidikte}}$.

Als er twijfel is over de kwaliteit van de klei, bijvoorbeeld omdat de klei in vochtige toestand weinig samenhang vertoont, moet een uitgebreide analyse in het laboratorium uitgevoerd worden. De erosiebestendigheid is voldoende (goed of matig) als aan de volgende eisen wordt voldaan:

- Zandgehalte is lager dan 40%
- Humusgehalte is lager dan 5%
- Vloegrens: $W_l > 40\%$

Aanbevolen wordt om van 2 à 5 representatieve monsters bovenstaande eigenschappen te bepalen (voor elk van de aangetroffen soorten grond in de kleibekleding), ook als visueel is vastgesteld dat de klei goed/matig erosiebestendig is.

Rekenen met slecht erosiebestendige klei, dus zonder reststerkte, levert een conservatief (veilig) oordeel waarmee de beoordeling kan worden gestart als er geen klei-gegevens zijn.

In sommige gevallen zal het nodig zijn om tevens de D_{50} en D_{90} van de klei te bepalen voor het beoordelen van het mechanisme "Materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO". Als er een geotextiel is toegepast op de klei, is dit echter in de *gedetailleerde toets* niet nodig.

6.25 Karakteristieke korrelgroottes van het zand

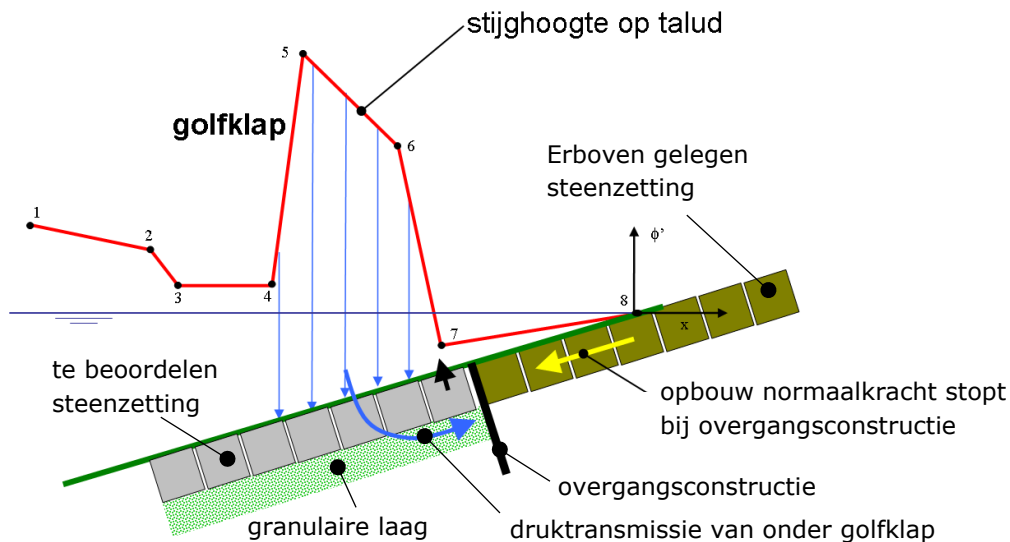
In sommige gevallen zal het nodig zijn om de D_{15} , D_{50} en D_{90} van het zand te bepalen voor het beoordelen van het mechanisme "Materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO" en "Afschuiving". Als er een kleilaag is toegepast op het zand, dan is dit zelden nodig.

Als er geen gegevens van de aanleg beschikbaar zijn, moet de korrelgrootte van het zand bepaald worden. Omdat dit doorgaans vrij uniform is op een dijk, is één meting per 1000 m voldoende. De gemiddelde gemeten korrelgrootte is maatgevend voor het dijkvak.

6.26

Type bovenste overgangsconstructie

De wijze waarop de steenzetting aan de bovenzijde van het segment aansluit op de daarboven gelegen bekleding (of constructie) is belangrijk voor het faalmechanisme 'Toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG'. Deze overgang/aansluiting wordt de overgangsconstructie genoemd.



Figuur 6.12 De overgangsconstructie vermindert de opbouw van de normaalkracht en geeft lokaal een hoger stijghoogteverschil als de granulaire laag onderbroken is.

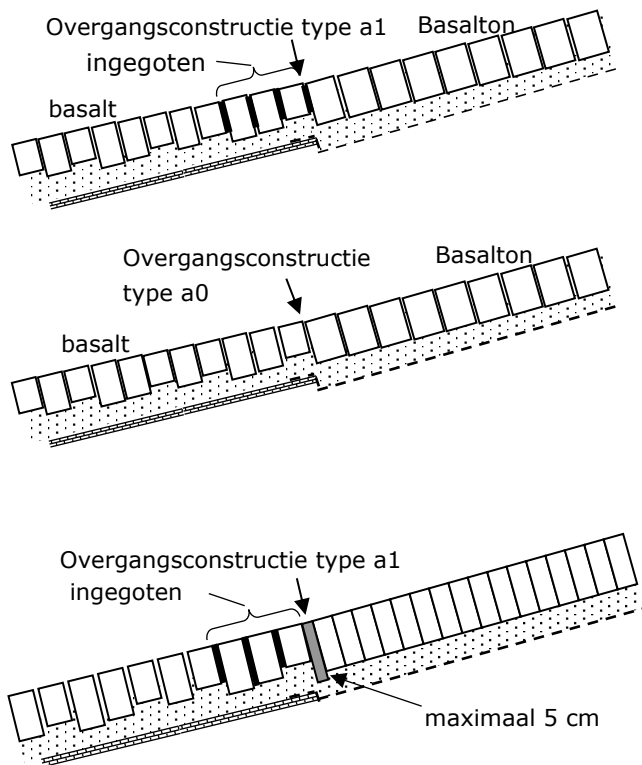
Voor een deel kan de benodigde informatie over de overgangsconstructies uit beheersdocumenten (contracten en revisietekeningen) worden gehaald, maar in de praktijk blijkt het vaak nodig of nuttig om de overgangen in het veld te controleren. Bepalend is de overgangsconstructie aan de bovenzijde van het segment, waarbij de volgende aspecten van belang zijn (zie Figuur 6.12):

- wel/niet ingegoten met asfaltmastiek
- wel/niet afdichting van de filterlaag (waarbij het erom gaat of aangenomen kan worden dat het watertransport onder de overgang door nauwelijks minder is dan elders in het granulaire materiaal)
- wel/niet goede ondersteuning van de erboven gelegen steenzetting (wordt de normaalkracht, die langs het talud in de erboven gelegen steenzetting aanwezig is, doorgegeven naar de te beoordelen steenzetting)

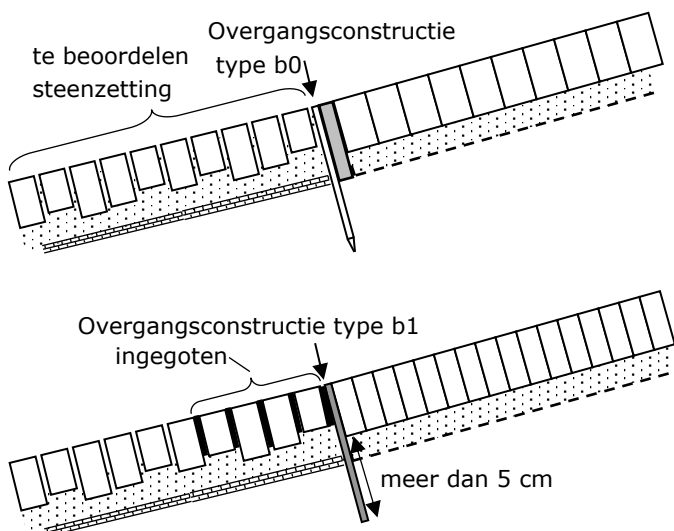
Er zijn 6 typen:

- overgang(sconstructie) waarbij de eventuele betonband, houten schot, of palenrij tot hooguit 5 cm onder de steenzetting in het filter/uitvullaag, zand of klei steekt (zie Figuur 6.13):
 - a0: zonder asfaltmastiek tussen de stenen vlak onder de overgang(sconstructie).
 - a1: met asfaltmastiek tussen de stenen in een strook van 0,4 à 2 m net onder de overgang(sconstructie).
- overgang(sconstructie) waarbij de betonband, houten schot, of palenrij meer dan 5 cm onder de steenzetting in het filter/uitvullaag, zand of klei steekt (zie Figuur 6.14), en wel zodanig dat de normaalkracht van het erboven gelegen segment niet doorwerkt in het te beoordelen segment. Het gaat hierbij om de gewichtsc component evenwijdig aan het talud die zorgt voor klemming (interactie tussen de stenen) in de steenzetting. Er zijn twee typen:
 - b0: zonder asfaltmastiek tussen de stenen vlak onder de overgang(sconstructie).
 - b1: met asfaltmastiek tussen de stenen in een strook van 0,4 à 2 m net onder de overgang(sconstructie).

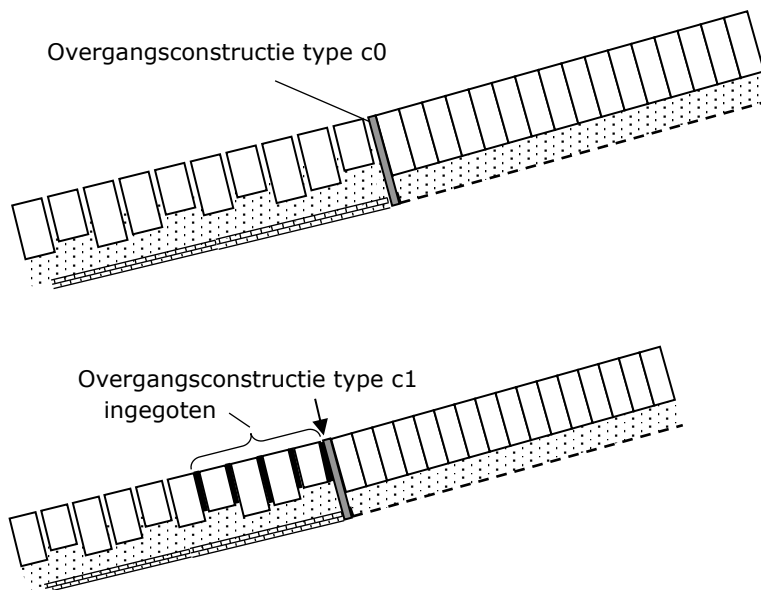
- overgang(sconstructie) waarbij de betonband, houten schot, of palenrij de stroming in het filter/uitvullaag blokkeert, maar waarbij de normaalkracht van het bovenliggende segment wel wordt doorgegeven (zie Figuur 6.15):
 - c0: zonder asfaltmastiek tussen de stenen vlak onder de overgang(sconstructie).
 - c1: met asfaltmastiek tussen de stenen in een strook van 0,4 à 2 m net onder de overgang(sconstructie).



Figuur 6.13 Voorbeelden van overgangen (overgangsconstructies) van type a0 en a1 (de te beoordelen steenzetting ligt onder de betreffende overgangsconstructie)



Figuur 6.14 Voorbeelden van overgangen (overgangsconstructies) van type b0 en b1



Figuur 6.15 De overgangsconstructie van het type c0 en c1, waarbij de normaalkracht van het bovenliggende segment wordt doorgegeven, maar de stroming in het filter wel geblokkeerd is.

De overgang van de steenzetting naar gras of asfalt is altijd van het type b0 of b1.

De overgang(sconstructie) aan de onderzijde van een bekledingssegment is niet relevant, maar kan weer de bovenste overgang(sconstructie) zijn van het segment eronder.

Een overgang(sconstructie) onder het de waterstand bij de norm van het type b0, b1, c0 of c1 kan een grote invloed hebben op de stabiliteit. Net onder deze overgang(sconstructie) is lokaal de klemming (sterkte) kleiner (bij type b0 of b1), en bovendien zijn de stijghoogteverschillen (belasting) groter vanwege het feit dat de stroming in het filter/uitvullaag geblokkeerd is door de overgang(sconstructie) (bij type b0, b1, c0 of c1).

Het is daarom belangrijk het type overgang(sconstructie) zorgvuldig te kiezen, zodat niet onnodig steenzettingen worden afgekeurd, of onterecht worden goedgekeurd.

7 Nieuwe inzichten

Regelmatig komen er nieuwe inzichten beschikbaar. Deze nieuwe inzichten kunnen worden gebruikt voor een *Toets op Maat (ToM)*.

In &7.1 van dit hoofdstuk wordt een mogelijkheid beschreven over hoe in de analyse van de belasting en sterkte om te gaan met situaties waarvoor in de set van te gebruiken golfcondities sprake is van een afnemende golfhoogte bij toenemende waterstand. Ter illustratie is in Hoofdstuk F van deze SH een voorbeeldberekening toegevoegd.

In &7.2 wordt een advies gegeven ten aanzien van teenbestortingen.

7.1 Toets op maat ZST: Afnemende golfhoogte bij toenemende waterstand

Om met Steentoets een analyse van de belasting en sterkte uit te kunnen voeren is een set golfcondities nodig. Deze, door de gebruiker bepaalde set, bestaat uit verschillende waterstanden met per waterstand de bijbehorende golfhoogte, -periode en -richting. Doorgaans neemt de golfhoogte toe naarmate de waterstand hoger wordt. Voor deze gebieden is de windsnelheid (snelle stochast) in de storm bepalend voor zowel de golven als de waterstanden. Echter, in bepaalde gebieden wordt de waterstand niet alleen door de storm bepaald, maar ook door rivierafvoer of een combinatie van beide. Zo kan aan de westzijde van het IJssel- en Markermeer sprake zijn van een verhoogde waterstand (trage stochast) door hoge rivierafvoer en beperkte spuiomogelijkheden, die door scheefstand als gevolg van een storm verder wordt verhoogd.

Voor het berekenen van de stabiliteit van de steenzettingsconstructie(s) worden de golfcondities tijdens de storm aan de hand van de ingevoerde golfcondities per waterstand bepaald. Hiervoor wordt door Steentoets een standaard waterstandsverloop gehanteerd. Voor gebieden waar bij een toenemende waterstand de golfhoogte sterkt afneemt leidt dit niet tot een realistisch verloop van de storm. Voor deze gebieden dient Steentoets de ingevoerde set met golfcondities anders te interpreteren. In de huidige versie van Steentoets is nog geen oplossing voor deze problematiek geïmplementeerd. Er is echter wel een procedure opgesteld waarmee deze problematiek kan worden gekwantificeerd.

Voor gebieden waarbij de trage stochast dominant is en er bij toenemende waterstand sprake is van een afnemende golfhoogte, wordt voorgesteld om twee berekeningen met Steentoets te maken en de resultaten te vergelijken.

Voor de eerste berekening wordt de normale werkwijze gehanteerd voor het uitvoeren van een analyse van de belasting en sterkte met Steentoets.

Bij de tweede berekening met Steentoets wordt een analyse van de belasting en sterkte uitgevoerd door in het werkblad 'Toetsgolven':

- de 'waterstand bij de norm' gelijk te stellen aan één van de waterstanden in de tabel met golfcondities, de waterstand h_i ;
- voor de startwaterstand te rekenen met het meerpeil behorende bij h_i^6 ; en
- voor elk waterstand in de tabel met golfcondities de golfcondities bij h_i in te voeren (gedurende de hele storm zullen de golfcondities dus constant zijn).

⁶Als de golfcondities zijn bepaald met Hydra-NL volgt het meerpeil uit het hoofdillustratiepunt behorende bij de voor de betreffende waterstand bepaalde golfcondities. Wanneer de golfcondities met Ringtoets/ Riskeer zijn bepaald dient een schatting van het meerpeil gemaakt te worden.

Met deze aangepaste werkwijze wordt voor alle waterstanden waarvoor golfcondities zijn bepaald een analyse van de belasting en sterkte uitgevoerd. De waterstand met de laagste stabiliteit (kleinste dikte-overschot) is maatgevend.

Het met de normale en aangepaste werkwijze bepaalde dikte-overschot wordt vervolgens met elkaar vergeleken. Indien met beide werkwijzen eenzelfde dikte-overschot wordt gevonden levert het minder realistische verloop van de golfhoogte tijdens de storm wezenlijk dus geen ander resultaat. Wanneer het berekende dikte-overschot wel verschilt én daardoor de score verschilt, kan worden geconcludeerd dat het door Steentoets gehanteerde verloop van invloed is op het al dan niet goedkeuren van de betreffende steenzettingsconstructie. In dat geval dient expertkennis aangewend te worden om na te gaan hoe tot een definitief oordeel voor de betreffende steenzettingsconstructie te komen.

Een rekenvoorbeeld is gegeven in bijlage F.

7.2

Teenbestortingen

Zoals in H1.2 is aangegeven houdt de steentoets niet rekening met alle mogelijke faalmechanismen. Als de score voor de mechanismen ZTG, ZMO en/of ZMG niet stabiel zijn, dan kan de eindscore toch 'Stabiel' zijn als de score van de erosie van de onderlagen (ZEO) 'Stabiel' is. Het is hierbij belangrijk om op te merken dat erosie van de onderlagen ertoe leidt dat de hoger gelegen steenbekleding niet meer ondersteund wordt en daarmee ook faalt. Indien aan het begin van een storm de lager gelegen steenbekleding wordt goedgekeurd op basis van ZEO dan kan ervan worden uitgegaan dat de hoger gelegen steenbekleding ook gefaald is en enkel goed gerekend kan worden op basis van ZEO. Dit zit momenteel nog niet in de steentoets.

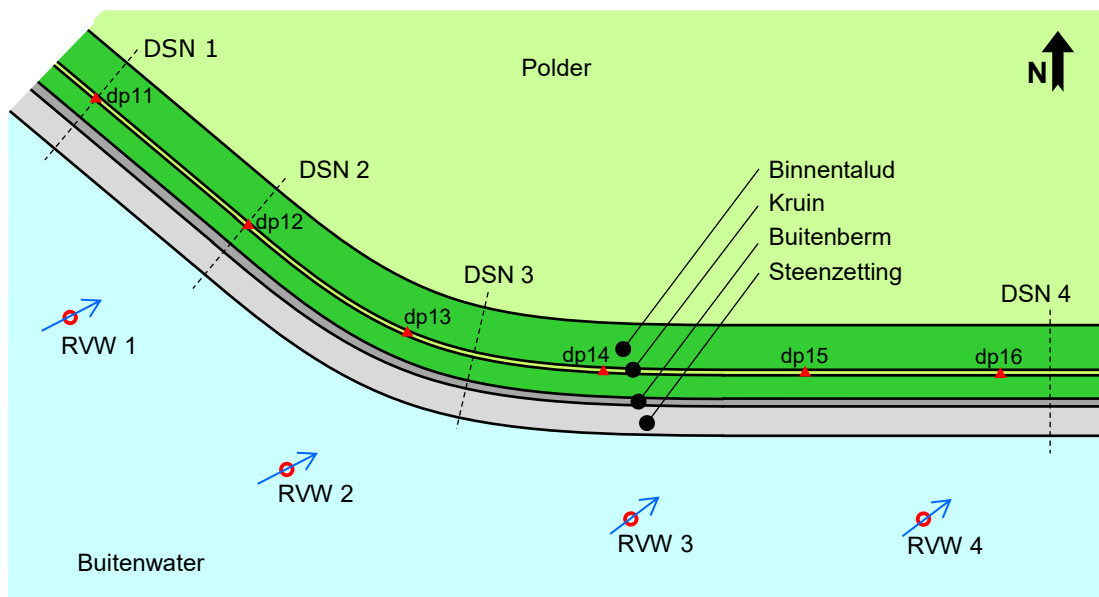
Een ander faalmechanisme waarop niet wordt beoordeeld in de steentoets is het weg vallen van de ondersteuning van de steenbekleding door het falen of wijken van de lager gelegen teenconstructie. Door de continue belasting op de dijkbekleding neemt de weerstand tussen de bekleding en de ondergrond af en neemt daarmee de belasting op de teenconstructie toe. Als de teenbestorting wijkt dan vermindert de klemming van de stenen aanzienlijk en kunnen de stenen los raken. Als de teenconstructie bezwijkt, dan kan de bovenliggende steenbekleding afschuiven. Er kan dan van falen van de steenbekleding worden gesproken. Deze faalgebeurtenis wordt in het WBI2017 nog niet meegenomen maar kan wel relevant zijn voor de dijkbeheerder. Daarom verdient het aanbeveling om bij twijfels ten aanzien van de stabiliteit van de teenconstructie deze te toetsen op stabiliteit in een Toets op Maat. Hiervoor zijn methodes in de literatuur en de praktijk beschikbaar.

8 Voorbeeld

8.1

Inleiding

In dit hoofdstuk is een voorbeeld uitgewerkt van een beoordeling van enkele steenzettingen op een fictieve dijk. Het dient als illustratie van de werkwijze voor het bepalen van de maatgevende parameters, zoals dit beschreven is in deze schematiseringshandleiding.



Figuur 8.1 Bovenaanzicht van de dijk met steenzettingen

Het bovenaanzicht van de dijk met steenzettingen is gegeven in Figuur 8.1. De rode driehoeken op de kruin zijn de dijkpalen met het dijkpaalnummer.

In de figuur is te zien dat de dijk niet overal dezelfde richting heeft. In het westen heeft de dijk een oriëntatie van 220° en in het oosten een oriëntatie van 180° . Er zijn vier uitvoerpunten voor de hydraulische belastingen voor de dijk aanwezig (rode cirkels), aangeduid met RVW1 t/m RVW4, waar de hydraulische belastingen (waterstand, golfhoogte, golfperiode en golfrichting) beschikbaar zijn. De globale golfrichting is in de figuur aangegeven met een blauwe pijl.

Op sommige locaties zijn dwarsprofiel beschikbaar, aangeduid met DSN1 t/m DSN4.

Het talud onder de berm bestaat uit een steenzetting, die in dit voorbeeld behandeld wordt.

8.2

Hydraulische belastingen

Op diverse plaatsen voor de dijk worden door Ringtoets de hydraulische belastingen gegenereerd. Voor steenzettingen bestaan deze uit een tabel met golfhoogte, golfperiode en golfrichting bij een aantal waterstanden. Hoewel in Ringtoets er per halve meter waterstand golfcondities worden gegeven, zijn voor de eenvoud in dit voorbeeld de golfcondities gegeven bij een waterstand van NAP+0 m, NAP+2 m, NAP+4 m, NAP+6 m. De golfbelastingen voor dit voorbeeld zijn gegeven in Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Golfbelastingen ($\beta_g [^\circ]$ = richting van waar de golven komen ten opzichte van Noord)

Waterstand		RVW 1	RVW 2	RVW 3	RVW 4
NAP+0 m	H_{m0} [m]	1,60	1,62	1,65	1,55
	$T_{m-1,0}$ [s]	5,32	5,35	5,31	5,07
	$\beta_g [^\circ]$	240	235	220	215
NAP+2 m	H_{m0} [m]	1,72	1,74	1,77	1,67
	$T_{m-1,0}$ [s]	5,25	5,29	5,33	5,18
	$\beta_g [^\circ]$	240	235	225	220
NAP+4 m	H_{m0} [m]	1,89	1,91	1,95	1,84
	$T_{m-1,0}$ [s]	5,35	5,46	5,59	5,43
	$\beta_g [^\circ]$	245	240	230	225
NAP+6 m	H_{m0} [m]	2,08	2,10	2,14	2,03
	$T_{m-1,0}$ [s]	5,25	5,35	5,53	5,54
	$\beta_g [^\circ]$	245	240	230	225

Hieruit kan de hoek van golfaanval ten opzichte van de dijknormaal worden bepaald, zie Tabel 8.2, waarbij aangenomen is dat bij RVW 2 de dijknormaal gedraaid is naar 200° .

Tabel 8.2 Hoek van golfaanval ten opzichte van de dijknormaal

Waterstand	hoek van golfaanval t.o.v. dijknormaal $\beta [^\circ]$			
	RVW 1	RVW 2	RVW 3	RVW 4
NAP+0 m	20	35	40	35
NAP+2 m	20	35	45	40
NAP+4 m	25	40	50	45
NAP+6 m	25	40	50	45

De zwaarte van de golfbelasting kan bepaald worden met formule (4.1). Naarmate de daarmee berekende waarde van S groter is, is de hydraulische belasting op de steenzetting groter. Het resultaat van de berekeningen is gegeven in Tabel 8.3. Deze belastingintensiteit is relevant voor de keuze van het maatgevende HB-uitvoerpunt voor de verschillende steenzettingen. Duidelijk is te zien dat met het stijgen van de waterstand ook de belastingintensiteit stijgt. Bij NAP+6 m neemt de golfhoogte van RVW 1 t/m RVW 3 toe, maar in Tabel 8.3 is te zien dat de belastingintensiteit afneemt. Dit is met name vanwege de toename van de hoek van golfaanval. Van RVW 3 naar RVW 4 neemt de belastingintensiteit weer toe.

Tabel 8.3 Belastingintensiteit S

Waterstand	Belastingintensiteit S			
	RVW 1	RVW 2	RVW 3	RVW 4
NAP+0 m	8,16	7,59	7,34	6,87
NAP+2 m	8,67	8,05	7,49	7,24
NAP+4 m	9,48	8,75	8,11	7,92
NAP+6 m	10,24	9,42	8,80	8,91

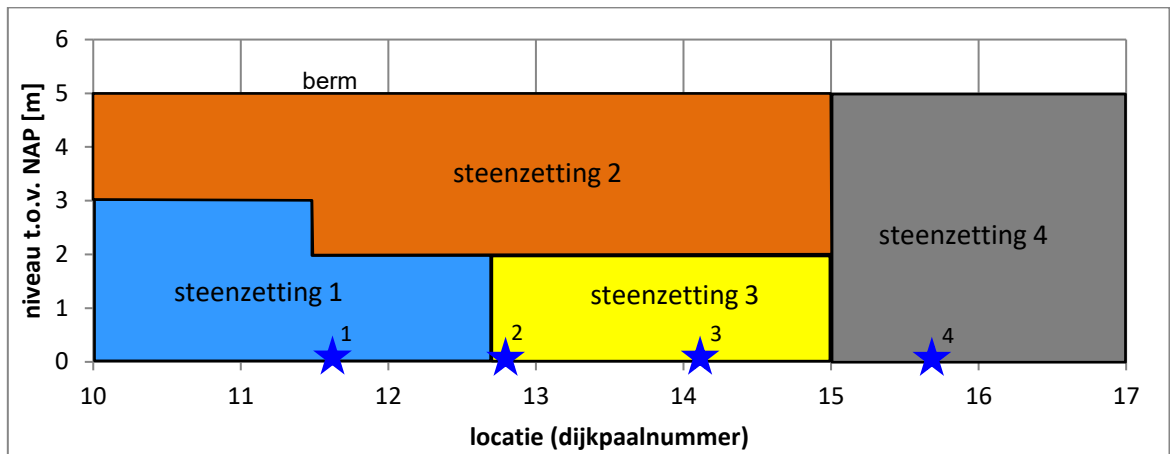
8.3

Inventarisatie van de steenzettingen

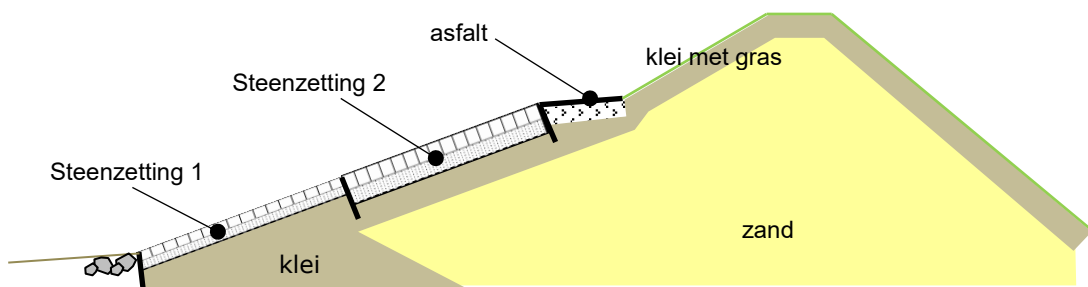
De inventarisatie begint met het identificeren waar de verschillende steenzettingen zich bevinden. In het huidige voorbeeld liggen ze allemaal onder de berm en onderscheiden we voorlopig vier verschillende steenzettingen:

1. Basalton met toplaagdikte van 35 cm
2. Basalton met toplaagdikte van 40 cm
3. Basalt 30-40 cm
4. Hydroblocks met toplaagdikte van 40 cm

Van de situatie is een vooraanzicht gemaakt, zoals je de steenzetting zou zien vanaf een bootje op het water, zie Figuur 8.2. De horizontale schaal is anders dan de verticale schaal in deze figuur. Het dwarsprofiel ter plaatse van DSN 2 is als voorbeeld gegeven in Figuur 8.3.



Figuur 8.2 Vooraanzicht van de steenzettingen op de dijk (blauwe ster is HB-uitvoerpunt)



Figuur 8.3 Dwarsdoorsnede van de dijk ter plaatse van DSN 2

Het niveau van de aansluiting van steenzetting 1 op steenzetting 2, namelijk het niveau van de bovenste overgangsconstructie van steenzetting 1, is niet overal gelijk. Bij dp12,5 verspringt het van NAP+2,00 m naar NAP+3,00 m. Daarom moet steenzetting 1 gesplitst worden in respectievelijk steenzetting 1a en 1b. Het niveau van de onderste overgangsconstructie van steenzetting 2 verspringt hier ook, maar dit heeft in dit geval geen invloed op het oordeel. Mocht er twijfel over zijn, dan is het aan te raden om ook steenzetting 2 te splitsen.

Voor de richting van de dijknormaal wordt de meest ongunstige waarde ten opzichte van de golven aangehouden. Dat houdt in dat voor steenzetting 1, 2 en 3 de richting 220°N worden aangehouden en voor steenzetting 4 is het 180°N.

Het voorland ligt bij de teen van deze dijk over de volle lengte op NAP+0,00 m. Het loopt af met een gemiddelde helling van ongeveer 1:40.

Verder geldt dat de zorgplicht naar behoren is uitgevoerd en bij controle door ILT akkoord was.

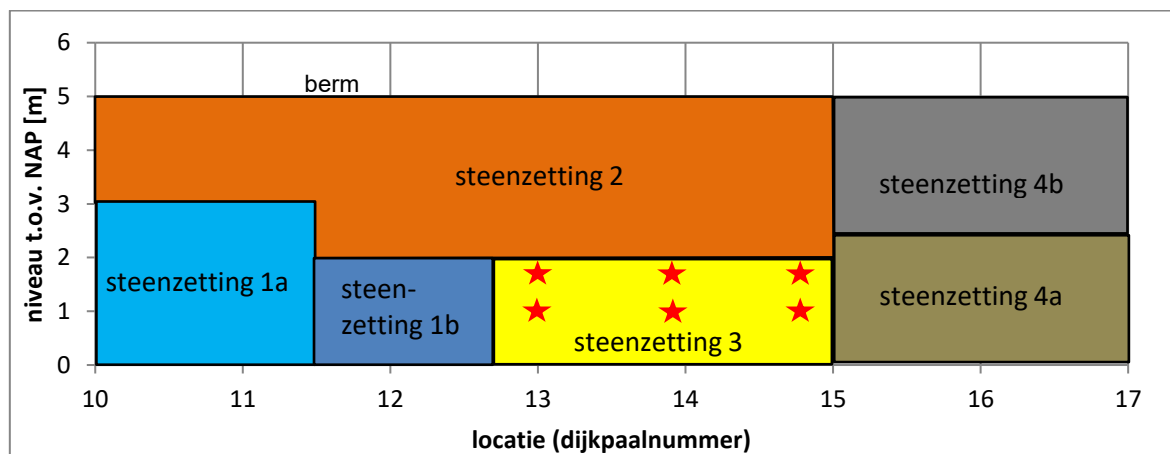
Deze steenzettingen zijn in het verleden ook al eens beoordeeld en daarom blijkt veel informatie in het archief al beschikbaar te zijn. Al deze gegevens blijken bij navraag voldoende betrouwbaar te zijn. Tabel 8.4 geeft een overzicht van de beschikbare data met in de 2^e kolom de paragraaf waar nadere informatie over de parameter is te vinden.

Tabel 8.4 Overzicht van alle parameters van de steenzettingen

parameter	Par.	Steenzetting nr				
		1a	1b	2	3	4
Niveau bovenste overgangskonstructie [m+NAP]	6.5	3,00	2,00	5,00	2,00	5,00
Type bovenste overgangskonstructie	6.26	b1	b1	b1	b1	b1
Type toplaag	6.6	27,1	27,1	27,1	26,1	27,3
Type onderlagen	6.7	st ge kl	st ge kl	st ge kl	pu vl kk	st ge kl
Toplaagdikte [m]	6.8	0,35	0,35	0,40	?	0,40
Open oppervlak [%]	6.11	10	10	10	12	11
Karakteristieke opening [mm]	6.13	70	70	70	50	50
Dichtheid zetstenen [kg/m ³]	6.14	2365	2365	2365	2950	2315
D ₁₅ inwasmateriaal [mm]	6.15	8	8	8	10	7
Dikte uitvullaag [m]	6.20	0,10	0,10	0,08	?	0,10-0,15
d ₁₅ uitvullaag [mm]	6.20	17	17	19	?	18
Porositeit uitvullaag [-]	6.20	?	?	?	?	?
O ₉₀ geotextiel [mm]	6.21	0,15	0,15	0,15	geen	0,15
Doorlatendheid geotextiel	6.21	?	?	?	geen	?
Vlijlagen	6.7	geen	geen	geen	?	geen
Kleilaagdikte [m]	6.22	0,75	0,75	0,70	> 3 m	0,85
Kwaliteit van de klei	6.24	g	g	g	g	g
Korrelgrootte zand (D _{z50}) [mm]	6.25	0,20	0,20	0,20	geen	0,20

In de tabel zijn er ook parameters waar geen waarde voor beschikbaar is. Dat is bijvoorbeeld voor de porositeit van de uitvullaag en de doorlatendheid van het geotextiel. Deze waarden worden vooralsnog niet ingevuld in Steentoets, waardoor de beoordeling zal worden uitgevoerd met een conservatieve schatting voor deze ontbrekende waarden.

Verder is gebleken dat de uitvullaag van steenzetting 4 niet overal even dik is. Het blijkt dat onder NAP+2,40 m de dikte 15 cm is en daarboven 10 cm. Daardoor moet de hele steenzetting met de ongunstigste waarde berekend worden (dat is in dit geval een uitvullaagdikte van 15 cm), of het segment moet gesplitst worden. We kiezen hier voor het laatste. Daardoor wordt het vooraanzicht zoals in Figuur 8.4.



Figuur 8.4 Vooraanzicht van de steenzettingen op de dijk na opspitsing van steenzetting 1 en 4 (rode sterren: breeklocaties)

Tenslotte zijn de toplaagdikte en eigenschappen van de uitvullaag van steenzetting 3 nog onbekend. Dit betreft essentiële eigenschappen en moeten dus bepaald worden. Daarvoor wordt een meetcampagne uitgevoerd, zoals onderstaand is beschreven.

De wijze waarop de toplaagdikte en eigenschappen van het filter moeten worden bepaald is nader omschreven in paragraaf 6.8 en 6.20. Daar is te zien dat voor een toplaag van natuursteen, zoals basalt, de bekleding elke 100 à 200 m op twee niveaus moet worden opgebroken. Er wordt voor gekozen om dit te doen bij dp13,0, dp13,9 en dp14,8 op twee niveaus: NAP+1,0 m en NAP+1,8 m (zie rode sterren in Figuur 8.4). Op elke plaats wordt één zuil uit de steenzetting gelicht en wordt de uitgenomen zuil en die daaromheen opgemeten. Tevens worden de filterlaagdikte en korrelgrootte bepaald met de methode uit paragraaf 6.20.

De resultaten van de metingen staan in Tabel 8.5. Er is steeds een dubbele vlijlaag aangetroffen.

Tabel 8.5 Resultaten van metingen bij het openbreken van de basalt bekleding (steenzetting 3)

locatie	Zuilhoogte [cm]								gem.	Uitvullaag	
	1	2	3	4	5	6	7	8		Dikte [m]	d _{f15} [mm]
dp13,0o	33	35	31	29	34	35	33		32,9	0,07	24
dp13,0b	32	30	36	33	33	31	34	35	33,0	0,08	26
dp13,9o	34	36	32	28	34	34	32	31	32,6	0,06	18
dp13,9b	29	35	32	32	33	31	37	34	32,9	0,05	29
dp14,8o	34	35	32	30	36	33	32		33,1	0,06	27
dp14,8b	35	34	37	39	33	35	36	33	35,3	0,06	22

Maatgevend is de kleinste gemiddelde zuilhoogte, de grootste dikte en korrelgrootte van de uitvullaag:

- toplaagdikte: 32,6 cm.
- dikte uitvullaag: 0,08 m.
- korrelgrootte uitvullaag: 29 mm.

In Tabel 8.6 zijn de uiteindelijke waarden van de parameters gegeven waarmee de beoordeling in Steentoets kan worden uitgevoerd.

Tabel 8.6 Waarden van de parameters waarmee de beoordeling in Steentoets kan worden uitgevoerd

parameter	par.	Steenzetting nr.		2	3	4a	4b
		1a	1b				
Niveau bovenste overgangconstructie [m+NAP]	6.5	3,00	2,00	5,00	2,00	5,00	5,00
Type bovenste overgangconstructie	6.26	b1	b1	b1	b1	b1	b1
Type toplaag	6.6	27,1	27,1	27,1	26,1	27,3	27,3
Type onderlagen	6.7	st ge kl	st ge kl	st ge kl	pu vl kk	st ge kl	st ge kl
Toplaagdikte [m]	6.8	0,35	0,35	0,40	0,326	0,40	0,40
Open oppervlak [%]	6.11	10	10	10	12	11	11
Karakteristieke opening [mm]	6.13	70	70	70	50	50	50
Dichtheid zetstenen [kg/m ³]	6.14	2365	2365	2365	2950	2315	2315
D ₁₅ inwasmateriaal [mm]	6.15	8	8	8	10	7	7
Dikte uitvullaag [m]	6.20	0,10	0,10	0,08	0,08	0,15	0,10
d _{f15} uitvullaag [mm]	6.20	17	17	19	29	18	18
Porositeit uitvullaag [-]	6.20						
O ₉₀ geotextiel [mm]	6.21	0,15	0,15	0,15	geen	0,15	0,15
Doorlatendheid geotextiel	6.21				geen		
Vlijlagen	6.7	geen	geen	geen	2	geen	geen
Kleilaagdikte [m]	6.22	0,75	0,75	0,70	> 3 m	0,85	0,85
Kwaliteit van de klei	6.24	g	g	g	g	g	g
Korrelgrootte zand (D ₂₅₀) [mm]	6.25	0,20	0,20	0,20	geen	0,20	0,20

8.4

Vakindeling

Voor de vakindeling is inzicht nodig in de hydraulische belastingen en de aanwezige steenzettingen. De hydraulische belastingen zijn gegeven in paragraaf 8.2 en die voor de steenzettingen in de vorige paragraaf. De methodiek voor het bepalen van de vakindeling is uitgelegd in hoofdstuk 4.

Op basis van de aanwezige steenzettingen en hydraulische belastingen worden de volgende vakken onderscheiden:

1. Van dp10,0 tot dp 11,5 met RVW 1 (want deze is de enige voor dit deel van de dijk).
2. Van dp11,5 tot dp12,8 met RVW 1 (want deze is zwaarder dan RVW2 volgens Tabel 8.3).
3. Van dp12,8 tot 15,0 met RVW 2 (want deze is zwaarder dan RVW3 volgens Tabel 8.3).
4. Van dp 15,0 tot dp17,0 met RVW 4 (want deze is de enige voor dit deel van de dijk).

Hiermee is alle informatie beschikbaar om de beoordeling met Steentoets uit te voeren. Voor elk vak wordt één dwarsdoorsnede met de verschillende steenzettingen in die dwarsdoorsnede beoordeeld. Omdat steenzetting 2 in drie vakken voorkomt, wordt deze drie keer van een oordeel voorzien. Het slechtste resultaat is maatgevend. Als alternatief mag steenzetting 2 ook gesplitst worden met steenzetting 2a in vak 1, steenzetting 2b in vak 2 en steenzetting 2c in vak 3. Maar dat is niet verplicht.

Als er een bekleding in het derde vak onvoldoende scoort, dan loont het de moeite om dit vak te splitsen in een vak van dp12,8 tot dp14,0 en een van dp14,0 tot dp15,0, omdat in dit laatste vak dan gerekend kan worden met RVW 3 (lagere belastingintensiteit).

Verantwoording

Deze *Schematiseringshandleiding steenzetting* is in opdracht van Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving opgesteld door Deltares. Dit document is als onderdeel van het WBI 2017 besproken met keringbeheerders in de WBI-coördinatiegroep en beoordeeld door de ENW Voorbereidingsgroep WBI 2017.

Schrijvers:

M. Klein Breteler (Deltares).
G.C. Mourik (Deltares).
D. Kaste (Deltares)

Regie:

J. van der Hammen (RWS).
K.S. Lam (Deltares).
M.M. de Visser (Arcadis).

Review:

R. 't Hart (Deltares).
A. Labrujere (RWS).
R. Mom (Infram Hydren).

Eindredactie:

R. 't Hart (Deltares).
A. Bizzarri (RWS).
M. Hazelhoff (RWS).

Eindcontrole:

R.M. Slomp (RWS).
J.G. Knoeff (Deltares).
M. Bottema (RWS).

Redactie v4.0 2021:

R.J. Vos (RWS)
M. van Damme (RWS)
R. Mom (Infram Hydra)
M. Klein Breteler (Deltares)

A Literatuur

- [1] *Documentatie Steentoets, Excel-programma voor het berekenen van de stabiliteit van steenzettingen*. M. Klein Breteler, Deltares, rapport 11203721-002-GEO-0004, versie 19.1.1, Delft, juni 2019.
- [2] *Fenomenologische beschrijving faalmechanismen WBI*. Deltares, rapport 11200574-007-GEO-0005-ga, Delft, mei 2018.
- [3] *Handleiding datamanagement WBI 2017*. Rijkswaterstaat - Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.
- [4] *Handleiding Steentoets, Excel-programma voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen*. M. Klein Breteler, Deltares, rapport 11203721-002-GEO-0002, versie 19.1.1, Delft, juni 2019.
- [5] Kenmerkende waarden. Rijkswaterstaat. <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata-en-waterberichtgeving/metingen/waternormalen/index.aspx>
- [6] *Stabiliteit van steenzettingen bij golfaanval, Samenvatting onderzoeksresultaten 2003-2013*. Klein Breteler, M., G.C. Mourik en M.C.J. Bosters, Deltares, rapport 1208045-016-HYE-0007. Delft, januari 2014.
- [7] *Technisch Rapport Steenzettingen*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. ISBN 90-369-5551-3. Delft, 2003.

B Typen top- en onderlagen

De in onderstaande tabel vermelde waarden voor de toplagen zijn veilige defaultwaarden.

Code	Omschrijving	Soortelijke massa [kg/m ³]	Karakteristieke openingsgrootte [mm]	Zuilen	Blokken	Noorse steen	Asfalt
1	Asfaltbeton						x
2	Mastiek						x
3	Dicht steenasfalt						x
4	Open geprefabriceerde steenasfaltmatten						x
5	Open steenasfalt						x
6	Zandasfalt (tijdelijk of in onderlaag)						x
7	Breuksteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat)						x
8	Baksteen/betonsteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat)						x
9	Breuksteen, gepenetreerd met asfalt (patroonpenetratie)						
10	Betonblokken met afgeschuinde hoeken of gaten erin	2300	g		x		
	Betonblokken						
11.0	Betonblokken zonder openingen	2300	s		x		
11.1	Haringmanblokken (uitsparing verdisconteerd in soortelijke massa)	2200	s		x		
11.2	Diaboolblokken	2300	s		x		
11.3	Plat gezette blokken met afstandhouders	2300	s		x		
11.4	Blokken op hun kant	2300	s		x		
11.5	Blokken op hun kant met afstandhouders	2300	s		x		
11.51	Blokken op hun kant met afstandhouders en ingegoten met gietasfalt	2300	n.v.t.		x		
11.6	Verkalit mgv	2300	20		x ^z		
11.7	Verkalit GOR	2300	20		x ^z		
12	Open blokkenmatten, afgestrooid met granulair materiaal	2300	g		x ^z		
13	Blokkenmatten zonder openingen	2300	s		x		
14	Betonplaten van cementbeton of gesloten colloidaal beton, (in situ gestort)						
15	Colloidaal beton, (open structuur)						
16	Betonplaten, (prefab)						
17	Doorgroeisteen, beton	2300	n.v.t.		x		
18	Breuksteen, gepenetreerd met cementbeton of colloidaal beton, (vol en zat)						
19	Breuksteen, met patroonpenetratie van cementbeton of colloidaal beton						
20	Gras, gezaaid						
21	Gras, zoden of gezaaid, in kunstofmatten						
22	Bestorting van grof grind en andere granulaire materialen						
23	Grove granulaire materialen c.q. breuksteen verpakt in metaalgaas						
24	Fijne granulaire materialen c.q. zand/grind verpakt in geotextiel						
25	Breuksteen, (stortsteen)						
	Basalt						
26.x1	Basalt, gezet, ingegoten met gietasfalt; x = type, zie hieronder	2900	n.v.t.	x ^b			

Code	Omschrijving	Soortelijke massa [kg/m ³]	Karakteristieke openingsgrootte [mm]	Zuilen	Blokken	Noorse steen	Asfalt
26.x2	Basalt, gezet, ingegoten met beton; x = type, zie hieronder	2900	n.v.t.	x ^b			
26.0	Basalt, gezet	2900	70	x			
26.1	Basalt, waarbij op een apart terrein de slechte zuilen eruit gehaald zijn	2900	70	x			
	Betonzuilen						
27.x1	Betonzuilen ingegoten met gietasfalt; x = type, zie hieronder	2300	n.v.t.	x ^b			
27.x2	Betonzuilen ingegoten met beton; x = type, zie hieronder	2300	n.v.t.	x ^b			
27.x9	Hergebruikte betonzuilen; x = type, zie hieronder	2300	*	x			
27.0	Betonzuilen zonder kanalen	2300	70	x			
27.1	Basalton en Basalton STS	2300	70	x			
27.2	PIT Polygoon zuilen	2300	50	x			
27.3	Hydroblock	2300	60	x			
27.4	Ronaton	2300	60	x			
27.5	C-Star	2300	60	x			
27.6	Hillblock	2300	50	x			
27.7	Basalton STS+	2300	40	x			
27.8	Ronataille	2300	30	x			
	Natuursteen						
28.x1	Natuursteen, ingegoten met gietasfalt; x = type, zie hieronder	*	n.v.t.	x ^b			
28.x2	Natuursteen, ingegoten met beton; x = type, zie hieronder	*	n.v.t.	x ^b			
28.0	Natuursteen, gezet	2500	70	x			
28.1	Vilvoordse	2500	70			x ^z	
28.2	Lessinische	2500	70			x ^z	
28.3	Doornikse	2600	70	x			
28.4	Petit graniet	2600	70	x			
28.5	Graniet	2600	70	x			
28.6	Noorse steen	2500	100			x ^z	
29	Koperslabblokken	2500	s		x		
30	Klei onder zand						
31	Bestorting van natuursteenmassa						
32	Klinkers, beton of gebakken	1900	s		x		
33	Zand						
34	Steenfundering, gebonden						
56	Kade, keermuur, kistdam						

* Zie type gedefinieerd zonder tweede decimaal.

x^z : Hydraulische belastingen van zuilen gebruiken.

x^b : Hydraulische belastingen van blokken gebruiken.

s: spleetbreedte

g: gatgrootte

De in onderstaande tabel vermelde waarden voor de onderlagen zijn veilige defaultwaarden

Code	Omschrijving	porositeit
st	steenslag	0.35
my	mijnsteen (breed gegradeerd)	0.3
ge	geotextiel	nvt
gr	grind	0.35
vl	vlijlaag (mits het minstens 2 lagen zijn en in goede staat)	nvt
sl	slak	0.4
pu	puin	0.4
kl	klei	nvt
as	zandasfalt	nvt

Opgemerkt wordt dat de code in kleine letters ingevoerd moet worden.

C Lijst van parameters

Parameters met betrekking tot geometrie en algemene aspecten:

Parameter	Dimensie	Omschrijving	Default
Havendam?	-	Als er sprake is van een havendam (constructie met aan beide zijden water), dan moet hier ja ingevuld worden. Als er sprake is van een dijk (kruin is zo hoog dat er minder dan 20 l/s/m overslag plaatsvindt), dan kan de cel blanco blijven. Voor een lage dijk (bijvoorbeeld voor een inlaag) of een overslagbestendige dijk, vult men ja in als de kruin lager is dan $H_{m0}/2$ boven het de waterstand bij de norm. In geval van twijfel, vult men niets in, maar voert men wel de geometrie van de dijk in, zodat Steentoets zelf kan bepalen wat van toepassing is aan de hand van de hoogte van de constructie.	nee
Richting normaal op de dijk	°N	Richting van de lijn haaks op de dijk, gericht naar het water, ten opzichte van Noord (nautisch in graden). De dijkoriëntatie en golfrichting zijn gelijk bij loodrechte golfaanval.	Gelijk aan golfrichting
Niveau voorland (Z _{voorland})	m+NAP	Hoogte van het voorland bij de teen van de dijk of buitenzijde van de havendam, ten opzichte van NAP.	Max(Niveau onderzijde onderste segment;0)
Helling voorland (tan α_{bodem})	-	Gemiddelde helling van het voorland (vert. : hor.) over enkele tientallen meters voor de teen van de dijk/havendam.	1:100
Niveau onderzijde segment (onderste overgang) (Z _o)	m+NAP	Hoogte van de onderrand van dit deel van het talud. In geval van een steenzetting gaat het om het niveau van de onderste overgangsconstructie die grenst aan dit segment (niveau op taludoppervlak ten opzichte van NAP).	
Niveau bovenzijde segment (onderste overgang) (Z _b)	m+NAP	Hoogte van de bovenrand van dit deel van het talud. In geval van een steenzetting gaat het om het niveau van de bovenste overgangsconstructie die grenst aan dit segment (niveau op taludoppervlak ten opzichte van NAP).	
Taludhelling (tan α)	-	Helling van de betreffende steenzetting (tangens van de hellingshoek, ofwel verticaal : horizontaal). Voor het buitentalud is de helling positief en voor het binnentalud negatief.	
Segmentbreedte (B _{segm})	m	Breedte van de bekledingsstrook. Deze hoeft alleen te worden opgegeven als het segment horizontaal is. Anders wordt de horizontaal gemeten segmentbreedte afgeleid uit de taludhelling in combinatie met het niveau van onder- en bovenzijde van het segment.	

Parameters met betrekking tot de toplaag van de steenzetting:

Parameter	Dimensie	Omschrijving	Default
Type toplaag	-	Zie bijlage B	
Dikte toplaag (D)	m	Dikte van de toplaag. Als er een goede interactie is tussen de stenen mag de gemiddelde zuilhoogte van basalt of dikte van andere natuursteen ingevoerd worden. Bij Vilvoordse steen, Lessinische steen en Noorse steen moet de D_{n50} ingevoerd worden.	
Breedte van zetsteen (B)	m	Breedte van de stenen (gemiddeld), gemeten langs het talud omhoog (haaks op de dijkas). Mag blanco blijven bij basalt en Basalton.	0,3 m
Lengte van zetsteen (L)	m	Lengte van de stenen (gemiddeld), gemeten evenwijdig aan de waterlijn (in de richting van de dijkas). Mag blanco blijven bij basalt en Basalton.	0,3 m
Gatgrootte in zetstenen	m ²	Oppervlak van de gaten in de zetstenen (er kunnen drie verschillende afmetingen ingevoerd worden)	0
Spleetbreedte stootvoegen (s _s)	mm	Gemiddelde spleetbreedte van de spleten die langs het talud omhoog lopen. In geval van steenzetting met erg variërende spleten (zoals basalt) moet het relatieve open oppervlak ingevoerd worden. Deze cel moet dan blanco blijven.	s _i

Spleetbreedte langsvogen (s_l)	mm	Gemiddelde spleetbreedte van de spleten die evenwijdig aan de waterlijn lopen. In geval van steenzetting met erg variërende spleten (zoals basalt) moet het relatieve open oppervlak ingevoerd worden. Deze cel moet dan blanco blijven.	s_s
Aantal gaten in zetstenen	-	Aantal gaten per zetsteen een per gatoppervlak	0
Relatieve open oppervlak (Ω)	%	Het relatieve open oppervlak is de verhouding tussen het oppervlak aan spleten (en gaten) en het totale zettingoppervlak (spleet- en gatoppervlak tezamen per vierkante meter). Of de spleten al dan niet zijn ingewassen met bijvoorbeeld steenslag is niet relevant. Het relatieve open oppervlak moet ingevuld worden als percentage. In geval van een zuilenzetting (basalt of beton) moet hier een waarde worden ingevoerd (eventuele invoer bij de spleetbreedtes wordt dan genegeerd).	
Karakteristieke openingen	m	Karakteristiek diameter van de relatief grote gaten in de zetting (gemiddelde van grootste gat per vierkante meter zetting). Dit wordt gebruikt voor de toets van het deelmecanisme materiaaltransport vanuit de granulaire laag ZMG.	Zie bijlage A
Soortelijke massa van zetstenen (ρ_s)	kg/m ³	Soortelijke massa, dichtheid, van het materiaal waar de zetsteen van gemaakt zijn	Zie bijlage A
Ingewassen?	-	Of de spleten (en gaten) in de toplaag zijn ingewassen met granulair materiaal, zoals steenslag. Vul ja in als de spleten gemiddeld voor ten minste de halve spleethoogte (of $\frac{3}{4}$ voethoogte bij Hillblocks) zijn ingewassen.	
Korrelgrootte inwasmateriaal (d_{15})	mm	Korrelgrootte van het inwasmateriaal (granulair materiaal in de spleten en gaten), dat door 15 gewichtsprocenten wordt onderschreden.	5 mm
Geklemd?		Voor een goed ingewassen (dicht gezette) steenzetting geldt dat de interactie tussen de stenen goed is. Men spreekt dan van een goed geklemd zetting. De spleten moeten minstens voor de helft van de spleethoogte gevuld zijn met steenslag. Zand en slib dragen niet bij aan de klemming.	nee
Oneffenheden op havendam	m	Rechthoekige blokken zonder inwassing zijn niet goed geklemd De mate waarin stenen verzakt zijn en of stenen boven de omliggende stenen uitsteken. Dit is slechts relevant voor steenzettingen op de kruin en het binnentalud van een havendam.	0
Ingietdiepte van ingegoten steenzettingen	m	Het gaat om de hoogte van de grootste opstaande rand in de zetting, waartegen de golfoverslag kan aanstromen, gevormd door twee stenen in opeenvolgende rijen. De diepte tot waar de ingieting tussen de stenen is doorgedrongen. Men dient de gemiddelde penetratiediepte in de grotere openingen rondom een steen te meten. Dit doet men vervolgens op meerdere locaties, waarbij de kleinste waarde maatgevend is. Vul niets in als de toplaag niet is ingegoten.	0
Type bovenste overgang		Type bovenste overgangsconstructie (zie paragraaf 6.26)	a0, behalve de hoogstgelegen steenzetting: b0.

Parameters met betrekking tot het granulaire filter en het geotextiel:

Parameter	Dimensie	Omschrijving	Default
Type onderlagen	-	Zie bijlage A	
Dikte geotextiel tussen toplaag en granulaire laag	m	Dikte van het geotextiel dat direct onder de toplaag ligt. Raadpleeg hiervoor de leverancier. Als hier geen getextiel zit, dan moet deze cel blanco blijven.	1 mm
Doorlatendheid geotextiel tussen toplaag en granulaire laag (q)	l/s/m ²	Specifiek debiet (filtersnelheid) door het geotextiel tijdens de doorlatendheidsmeting van het geotextiel dat direct onder de toplaag ligt. Raadpleeg hiervoor de leverancier. Als hier geen getextiel zit, dan moet deze cel blanco blijven.	10 l/s/m ²
Doorlatendheid geotextiel tussen toplaag en granulaire laag (h)	m	Verval over het geotextiel tijdens de doorlatendheidsmeting van het geotextiel dat direct onder de toplaag ligt. Raadpleeg hiervoor de leverancier. Als hier geen getextiel zit, dan moet deze cel blanco blijven.	0,1 m
Dikte filterlaag (b)	m	Dikte van de granulaire filterlaag (uitvullaag). Als er geen filterlaag (uitvullaag) is, dan moet deze cel blanco zijn of nul bevatten.	

d_{f15} van granulaire laag	m	Korrelgrootte van de granulaire filterlaag (uitvullaag) waarvan 15 gewichtsprocenten kleiner is. Als er geen filterlaag (uitvullaag) is, dan mag deze cel blanco zijn.	
d_{f50} van granulaire laag	m	Korrelgrootte van de granulaire filterlaag (uitvullaag) waarvan 50 gewichtsprocenten kleiner is. Als er geen filterlaag (uitvullaag) is, dan mag deze cel blanco zijn.	$1,2d_{f15}$
Porositeit van granulaire laag	-	Porositeit van de bovenste granulaire filterlaag (uitvullaag), gedefinieerd als de verhouding tussen het porienvolume en het totale volume.	Zie bijlage A
O_{90} van geotextiel op ondergrond	m	O_{90} van het geotextiel dat direct op de ondergrond van klei of zand ligt (maat voor de maaswijdte). Raadpleeg hiervoor de leverancier. Als hier geen geotextiel zit, dan moet deze cel blanco blijven.	1 mm
Dikte van geotextiel op ondergrond (T_g)	m	Dikte van het geotextiel dat direct op de ondergrond van klei of zand ligt. Raadpleeg hiervoor de leverancier. Als hier geen geotextiel zit, dan moet deze cel blanco blijven.	1 mm
Doorlatendheid van geotextiel op ondergrond (q_{geo})	l/s/m ²	Specifiek debiet (filtersnelheid) door het geotextiel tijdens de doorlatendheidsmeting van het geotextiel dat direct op de ondergrond van klei of zand ligt. Raadpleeg hiervoor de leverancier. Als hier geen geotextiel zit, dan moet deze cel blanco blijven.	10 l/s/m ²
Doorlatendheid van geotextiel op ondergrond (h_{geo})	m	Verval over het geotextiel tijdens de doorlatendheidsmeting van het geotextiel dat direct op de ondergrond van klei of zand ligt. Raadpleeg hiervoor de leverancier. Als hier geen geotextiel zit, dan moet deze cel blanco blijven.	0,1 m

Parameters met betrekking tot klei en zand:

Parameter	Dimensie	Omschrijving	Default
Dijkopbouw		De dijkopbouw betreft de klei in de dijk onder de te beoordelen steenzetting (op de lijn haaks op het talud naar beneden): gk = geen klei, alleen zand kl = kleilaag tussen het zand van de dijk kern en de bekleding kk = kleikern (geen zand) ⁷ zs = zandscheg (zand tussen de bekleding en een dieper gelegen kleilaag of kleikern)	gk, tenzij $b_{klei} > 0$, want dan kl
Dikte kleilaag	m	Dikte van de kleilaag. Vul 3 m in als er een kleikern is. Hier moet de som van de kleilaagdikte en dikte van de eventueel aanwezige laag zandasfalt ingevuld worden.	
Kleikwaliteit		Erosiebestendigheid van de klei: g of c1 = goed m of c2 = matig w of c3 = weinig Zie het Technisch Rapport Steenzettingen op blz. 189.	w
d_{b15} zand	m	Korrelgrootte van het zand waarvan 15 gewichtsprocenten kleiner is.	$d_{b50}/1,4$
d_{b50} zand	m	Korrelgrootte van het zand waarvan 50 gewichtsprocenten kleiner is.	als d_{b15} niet blanco: $1,4 \cdot d_{b15}$, anders 0,13 mm
d_{b90} zand	m	Korrelgrootte van het zand waarvan 90 gewichtsprocenten kleiner is.	$1,2d_{b50}$

⁷In [4] wordt aangegeven dat, als er minstens 2 m klei onder een bekledingssegment aanwezig is, er mag worden aangenomen dat sprake is van een dijk met een kleikern ("kk"). Een dergelijke dijk bestaat volledig uit klei. Bij sommige dijken wordt aan de buitenzijde een (brede) perskade van klei/ keileem aangetroffen. Een perskade mag niet zonder meer als kleikern worden beschouwd. Om een perskade al dan niet als kleikern te mogen beschouwen dient expertkennis aangewend te worden.

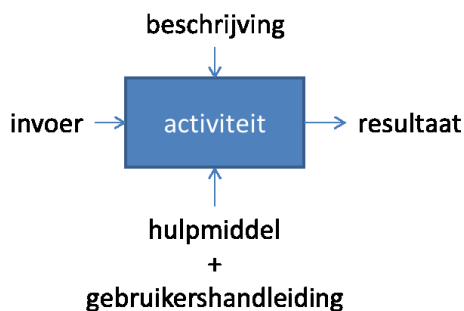
D Schema werkwijze beoordeling steenzetting

Hieronder is schematisch de werkwijze van de beoordeling van het toetsspoor Stabiteit steenzetting (ZST) weergegeven (Figuur D.2).

D.1

Toelichting op het schema werkwijze beoordeling

De werkwijze bestaat uit opvolgende activiteiten waarbij het resultaat van de voorgaande activiteit de invoer is van de volgende activiteit. Deze activiteiten moeten doorlopen worden om te komen tot een oordeel. Per activiteit kan worden beschreven hoe men van de invoer komt tot de benodigde uitvoer. Daarnaast wordt aangegeven of een activiteit door hulpmiddelen wordt ondersteund. Het schema van een activiteit ziet er in het algemeen uit zoals Figuur D.1.

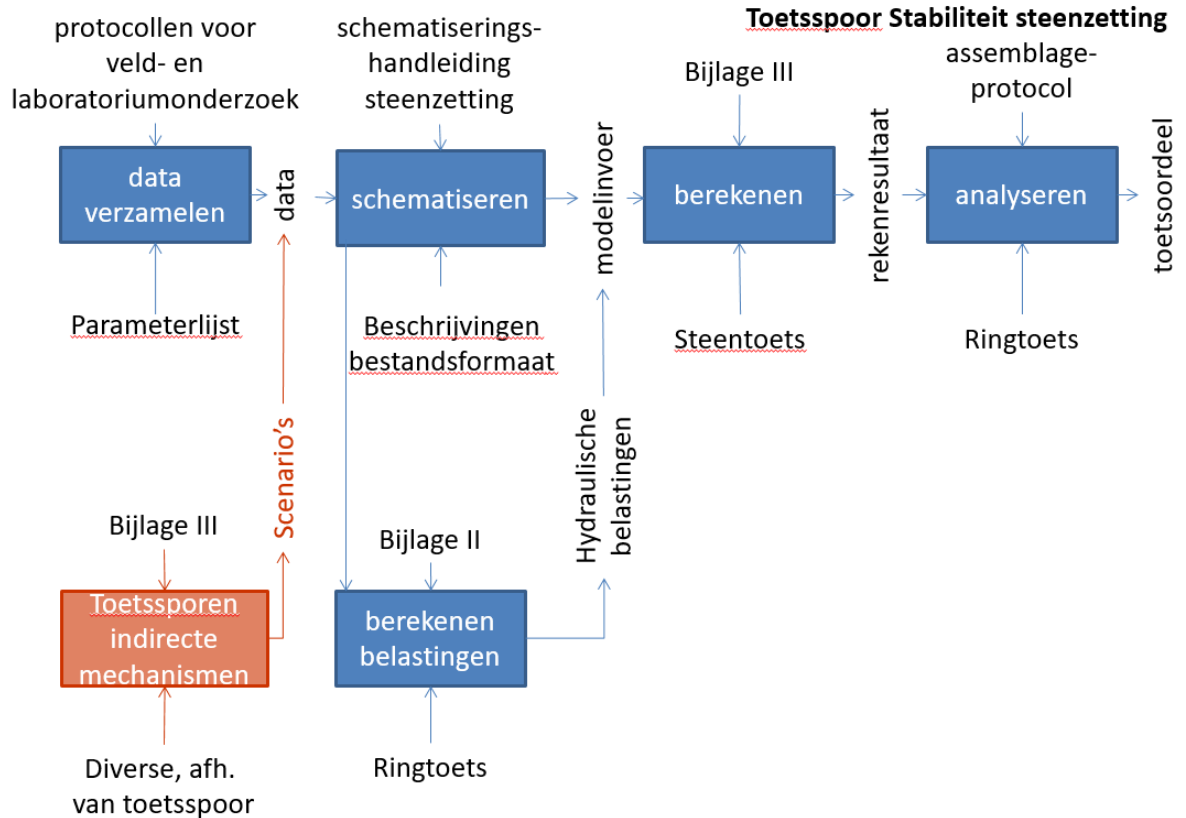


Figuur D.1 Het algemene schema van een activiteit. Een aaneenschakeling van benodigde activiteiten bij een beoordeling geeft de schematische werkwijze van de beoordeling weer.

Het beoordelingsinstrumentarium bestaat uit verschillende documenten en tools/software om te komen tot een oordeel. In het schema is aangegeven welke (hoofd) documenten en tools/software betrekking hebben op een activiteit. Bij de activiteit wordt in de referenties na het schema gerefereerd naar de alle beschikbare documenten en/of tools/software behorende bij de activiteit. Op deze manier kan de beoordelaar bij elke activiteit achterhalen welke documenten en/of tools/software van het beoordelingsinstrumentarium relevant zijn om die activiteit uit te kunnen voeren. Er wordt in het schema niet uitsluitend verwezen naar documenten en/of tools/software van het beoordelingsinstrumentarium.

Benadrukt wordt dat dit schema niet het beoordelingsproces beschrijft. Het beoordelingsproces wordt beschreven in Bijlage I 'Procedure' van de Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017. Het beoordelingsproces is iteratief waarbij één of meerdere activiteiten uit het schema meerdere malen kan worden doorlopen. Afhankelijk van waar men zich bevindt in het beoordelingsproces, kan de invulling van de activiteit anders zijn. Bijvoorbeeld bij de activiteit 'berekenen' kan dit door middel van een eenvoudige toets, gedetailleerde toets per vak of een toets op maat. Verder wordt benadrukt dat de beschrijvingen en hulpmiddelen niet uitputtend zijn. Niet alle invullingen van een activiteit zijn beschreven of worden ondersteund (denk hierbij aan toets op maat).

D.2 Schema werkwijze beoordeling Stabiliteit steenzetting (ZST)



Figuur 2 Schema werkwijze beoordeling Stabiliteit steenzetting (ZST). In het schema zijn alleen de belangrijkste documenten en/of tools/software genoemd. De lijst met alle beschikbare documenten en tools/software die betrekking hebben op een activiteit wordt hieronder beschreven. Let bij dit toetsspoor op dat voor het berekenen van de belastingen mogelijk een schematisatie nodig is.

D.3 Referenties bij het schema werkwijze beoordeling Stabiliteit steenzetting (ZST)

D.3.1 Activiteit 'data verzamelen'

Referenties beschrijving activiteit

- Voor de beschrijving van deze activiteit wordt verwezen naar de algemeen geaccepteerde en van toepassing zijnde protocollen, voorschriften en normen in de grond-, water- en wegenbouw die te vinden zijn bij CROW en NEN.

Referenties hulpmiddel activiteit

- WBI-Parameterlijst (bijlage A uit Handleiding Datamanagement WBI 2017)*. K.S. Lam, Deltares-rapport 209432-002-GEO-0002, Delft, september 2016.

D.3.2 Activiteit 'schematiseren'

Referenties beschrijving activiteit

- Schematiseringshandleiding Steenzetting, WBI 2017*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, november 2019.
- Handleiding dam- en voorlandmodule, WBI 2017*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, november 2019.

Referenties hulpmiddel activiteit

- geen

D.3.3 Activiteit 'berekenen hydraulische belastingen'

Referenties beschrijving activiteit

- *Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belastingen primaire waterkeringen*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.

Referenties hulpmiddel activiteit

- *Ringtoets, Software voor de beoordeling van primaire waterkeringen*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.
- *Ringtoets, Installatiehandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.
- *Ringtoets, Gebruikershandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.
- *Kenmerkende waarden* (www.rijkswaterstaat.nl/waternormalen). Rijkswaterstaat.

D.3.4 Activiteit 'berekenen toetsoordeel'

Referenties beschrijving activiteit

- *Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.

Referenties hulpmiddel activiteit

- *Ringtoets, Software voor de beoordeling van primaire waterkeringen*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.
- *Ringtoets, Installatiehandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.
- *Ringtoets, Gebruikershandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018..
- *Steentoets versie 17.1.1.1* Deltares, Delft, mei 2017.
- *Steentoets versie 19.1.1*. Deltares, Delft, juni 2019.
- *Handleiding Steentoets – Excel-programma voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen*. Deltares, Delft, juni 2019.
- *Fenomenologische beschrijving faalmechanismen WBI*. Deltares, rapport 11200574-007-GEO-0005-ga, september Delft, mei 2018.

D.3.5 Activiteit 'analyseren'

Referenties beschrijving activiteit

- *Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.
- *Assemblageprotocol WBI2017, Nadere uitwerking van het beoogde assemblageprotocol voor het wettelijke beoordelingsinstrumentarium*. F. Diermans, K.S. Lam, H. Knoeff, Deltares rapport 1230086-010-GEO-0001, Delft, juni 2016.

Referenties hulpmiddel activiteit

- *Ringtoets, Software voor de beoordeling van primaire waterkeringen*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.
- *Ringtoets, Installatiehandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.
- *Ringtoets, Gebruikershandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Versie 18.1.1. Deltares, Delft, oktober 2018.

D.3.6 Toelichting bij de referenties

Het softwareprogramma Ringtoets kan verschillende (sub)activiteiten ondersteunen bij het berekenen van de hydraulische belastingen en bij het berekenen van het rekenresultaat. Daarom wordt Ringtoets meerdere malen genoemd bij de referenties.

De bestandsformaten behorende tot een software of tool zijn beschreven in de handleiding van de betreffende software of tool.

E Voorbeeld workaround bepalen golfcondities met Hydra-Ring

E.1 Introductie

Golfcondities voor het toetsspoor Stabiliteit steenzetting kunnen met Ringtoets/ Riskeer voor een vaste set van bekledingstypen berekend worden. Elk bekledingstype wordt door modelinstellingen gekarakteriseerd (parameters a , b , c). De onderstaande tabel geeft een overzicht van de bekledingstypen in Ringtoets/ Riskeer en de bijbehorende waarden van a , b en c .

Bekledingstype in Ringtoets/ Riskeer	Modelinstellingen
Steen blokken	$a = b = c = 1,0$
Steen zuilen	$a = 1,0$ $b = 0,4$ $c = 0,8$

In tegenstelling tot Hydra-NL zijn de parameters a , b en c in Ringtoets/ Riskeer niet aanpasbaar. Indien er een wens bestaat voor het aanpassen van deze parameters kan dat ook met Riskeer versie 19.1 of hoger gedaan worden, echter zonder gebruik te maken van de user interface. Dit document beschrijft hoe dit gedaan kan worden aan de hand van een voorbeeld. De gebruiker heeft dan de vrijheid om de volgende gegevens aan te passen:

- set van parameters a , b en c
- waterstand op de dijk
- terugkeertijd.

§E.2 beschrijft het voorbeeld, dat uit drie stappen bestaat: (1) verzamelen benodigde gegevens en applicaties, (2) voorbereiding en (3) berekeningen golfcondities voor bekledingen. Bijlage A en B beschrijven de inhoud van twee bestanden nodig voor het uitvoeren van het voorbeeld. Bijlage C beschrijft het omrekenen van een terugkeertijd naar de bijbehorende betrouwbaarheidsindex.

E.2 Voorbeeld

E.2.1 Stap 1: verzamelen benodigde gegevens en applicaties

Hieronder wordt een overzicht van de benodigde bestanden en applicaties gegeven:

HydraRing map:

- Eisen: Riskeer installatie 19.1 of hoger (te downloaden via de web-data cloud omgeving).
- HydraRing map (met alle bestanden erin) standaard te vinden in: `c:\Program Files (x86)\BOI\Riskeer versie\bin\`

Initialisatie-bestand (*zelf aanmaken*):

- Bestandsnaam: `iniHydraRing.ini` (deze naam kan naar wens worden aangepast).
- De inhoud van het bestand is in Bijlage A opgenomen.
- Blauw-gemarkeerde paden/bestanden in `iniHydraRing.ini` dienen door de gebruiker gecontroleerd en eventueel te worden aangepast.

Lokale data:

- Traject: 7-2
- HB-locatie: `YM_3_7-2_ha02_00001`
- Dijkoriëntatie: 270 graden t.o.v. het noorden
- Geen voorland in dit voorbeeld.
- Hydraulische data: `WBI2017_IJsselmeer_7-2_v02.zip` (te downloaden van de web-omgeving van Helpdesk water)

E.2.2 Stap 2: voorbereiding

- Bereken voor de HB-locatie (`YM_3_7-2_ha02_00001`) de golfcondities voor een bekledingstype met Riskeer. Het maakt niet uit welke bekledingstype dat is. Ook kan het aantal waterstanden tot twee worden beperkt: het maakt niet uit welke waterstanden dat zijn, zolang deze maar lager zijn dan de waterstand bij de norm.

- Ga naar de tijdelijke locatie van één van de twee berekeningen (maakt niet uit welke): de tijdelijke locatie wordt in het Logvenster van Riskeer aangegeven.
- Kopieer en bewaar het bestand 1.sql uit de tijdelijke locatie.
- Het bestand 1.sql bevat alle informatie die nodig is voor het bepalen van de golfcondities voor de gekozen locatie. Het bestand is in feite een template, die gebruikt kan worden voor het afleiden van de golfcondities. De inhoud van het bestand wordt in Bijlage B weergegeven.
 - Het rood gemarkeerde veld geeft de betrouwbaarheidsindex (beta) aan, dat met de gekozen categoriegrens correspondeert. In dit voorbeeld is beta gelijk aan 3,40293283538533 (dit is altijd een getal met 14 decimalen na de komma). Deze beta-waarde correspondeert met een faalkans van 0,00333 per jaar, ofwel een terugkeertijd van 3.000 jaar. In Bijlage C is aangegeven hoe een terugkeertijd naar beta vertaald kan worden.
 - Het groen gemarkeerde veld geeft de waterstand voor welk de golfcondities berekend worden. In dit voorbeeld is dat NAP+1,5 m.
 - In de blauw gemarkeerde velden staan de modelinstellingen die met de gekozen bekledingstype corresponderen. In dit voorbeeld is dat "Steen (zuilen)": a = 1, b = 0,4, c = 0,8.

E.2.3

Stap 3: berekenen golfcondities voor bekledingen

In dit voorbeeld worden berekeningen uitgevoerd voor bekledingstype "Breuksteen (normale golfsteilheid)" (met a = 1,0, b = 0,67 en c = 1,1), een waterstand van NAP+1,0 m en een van terugkeertijd 10.000 jaar. Voor de terugkeertijd 10.000 jaar, is de bijbehorende beta-waarde gelijk aan 3,71901648545568.

- Maak een nieuwe map (in dit voorbeeld C:\Voorbeeld_bekledingen\) met de volgende bestanden erin:
 - Map "HydraRing" (met alle bestanden erin)
 - Map "WBI2017_IJsselmeer_7-2_v02" (met alle bestanden erin)
 - iniHydraRing.ini
 - 1.sql
 - Map "Resultaten" (leeg)
- De inhoud van het bestand iniHydraRing.ini:

```
section           = 1
mechanism         = 3
alternative       = 1
layer            = 1
logfile          = 1.log
outputverbosity  = basic
outputtofile     = file
projectdbfilename = 1.sql
outputfilename    = designTable.txt
configdbfilename = C:\Voorbeeld_bekledingen\HydraRing\config.sqlite
hydraulicdbfilename = C:\Voorbeeld_bekledingen\WBI2017_IJsselmeer_7-2_v02\hlcd.sqlite
designpointOutput = sqlite
```

- Pas de blauw gemarkeerde velden in 1.sql respectievelijk aan (zie Bijlage B).
- Om de golfcondities te berekenen (buiten de user interface van Riskeer om) dient het volgende bat-bestand runHydraRing.bat gemaakt te worden. De inhoud van het bestand is als volgt:

```
c:\Voorbeeld_bekledingen\HydraRing\MechanismComputation.exe iniHydraRing.ini
move 1-output.sqlite Resultaten
move 1-input.txt Resultaten
move 1.log Resultaten
del *.txt
del *.sqlite
```

- Plaats het bat-bestand in dezelfde directory (in dit voorbeeld C:\Voorbeeld_bekledingen). Voer de berekeningen uit door op het bat-bestand te klikken.
- Er verschijnt dan het volgende cmd-schermbild:

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
c:\Voorbeeld_bekledingen>c:\Voorbeeld_bekledingen\HydraRing\MechanismComputation.exe iniHydraRing.ini
Note that entering 'b' will break the computation.

```

- Het scherm wordt automatisch afgesloten na het uitvoeren van de berekeningen.
- De resultaten van de berekeningen worden weggeschreven naar het bestand 1-output.sqlite (te vinden in de map "Resultaten"). Open het bestand in een applicatie voor het bewerken van sqlite bestanden (bijv. "DB Browser for SQLite"). De resultaten zijn te vinden in tabel "QVariantResults":
 - Golfhoogte (H_s): kolom WaveHeight
 - Golfperiode (T_p): kolom WavePeriod
 - Golfrichting t.o.v. Noord: kolom WaveDirection
 - Golfrichting t.o.v. dijknormaal: kolom WaveAngle

Uitkomsten van dit voorbeeld worden in de onderstaande tabel weergegeven.

Parameter	Waarde (Riskeer versie 19.1.1)
Golfhoogte (H_s) [m]	2.16475
Golfperiode (T_p) [s]	5.22937
Golfrichting t.o.v. Noord [$^\circ$]	258.996
Golfrichting t.o.v. dijknormaal [$^\circ$]	-11.0042

- Merk op dat de berekeningen meerdere malen aangeroepen kunnen worden, door het bat-bestand uit te breiden (zie hieronder). De ini-bestanden bevatten in dit geval telkens nieuwe gegevens (en verwijzing naar andere sql-bestanden).

```

c:\Voorbeeld_bekledingen\HydraRing\MechanismComputation.exe iniHydraRing_1.ini
move 1-output.sqlite Resultaten_1
move 1-input.sqlite Resultaten_1
move 1.log Resultaten_1
del *.txt
del *.sqlite

c:\Voorbeeld_bekledingen\HydraRing\MechanismComputation.exe iniHydraRing_2.ini
move 1-output.sqlite Resultaten_2
move 1-input.sqlite Resultaten_2
move 1.log Resultaten_2
del *.txt
del *.sqlite

```

F Casus afnemende golfhoogte bij toenemende waterstand

F.1 Beschrijving casus

Deze casus heeft betrekking op een *gedetailleerde toets* van het toetsspoor *Stabiliteit steenzetting* (ZST) voor de op het buitentalud van de Wieringermeerdijk aanwezige steenzettingsconstructies. De Wieringermeerdijk is onderdeel van normtraject 12-2 (de signaleringswaarde en ondergrens zijn respectievelijk 1/3.000 en 1/1.000 per jaar) en biedt bescherming tegen het water van het IJsselmeer.

Voor het uitwerken van deze casus is een fictief profiel gekozen met een oriëntatie van 65° t.o.v. Noord. Aangenomen is dat HB-database WBI2017_IJsselmeer_12-2_v02 is uitvoerpunt YM-1_12-2_1_dk_00022.

Vanaf de teenbestorting zijn op het buitentalud van de Wieringermeerdijk ($\tan \alpha = 0,33$) basaltzuilen tot NAP + 1,50 toegepast. Daarboven ligt graniet tot NAP + 2,40 m. Boven het graniet ligt tot aan de buitenkruin (NAP + 3,60 m) een grasbekleding. Op de kruin (5 m breed) en het binnentalud ($\tan \alpha = 0,33$) ligt ook gras.

In deze casus wordt voor de steenzettingsconstructies een analyse van de belasting en sterkte met Steentoets (v20.1.1) uitgevoerd. De belasting (waterstand en golfcondities) is met Hydra-NL (v2.7.1) bepaald bij een terugkeertijd getalsmatig gelijk aan categoriegrens A (3.000 jaar). De waterstand behorende bij deze categoriegrens is NAP + 1,24 m. De golfcondities per waterstandsniveau bij deze categoriegrens zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Golfcondities voor zuilen (T = 3.000 jaar)

Waterstand [m+NAP]	S [-]	H _s [m]	T _p [m]	β [° t.o.v. Noord]
-0,4	2,65	1,56	3,75	65,1
-0,2	2,79	1,61	3,94	65,3
0	2,90	1,65	4,12	65,6
0,2	2,95	1,66	4,24	65,9
0,4	2,85	1,57	4,47	65,8
0,6	2,52	1,41	4,24	66,2
0,8	1,95	1,15	3,74	66,6
1,0	1,30	0,86	2,76	66,9
1,2	0,52	0,53	2,03	67,1
1,23	0,28	0,53	2,03	67,1

Uit de berekende golfcondities per waterstandsniveau blijkt dat bij toenemende waterstand de golfhoogte afneemt. Uit de illustratiepunten van de verschillende berekeningen blijkt ook dat bij de hogere waterstanden het meerpeil hoog is en de windsnelheid afneemt (zie

Tabel 2). Bij de hogere waterstanden is dus niet meer de windsnelheid (snelle stochast) bepalend, maar het meerpeil (trage stochast).

Tabel 2: Windrichting r , meerpeil en windsnelheid u voor verschillende waterstanden in hoofdillustratiepunt bij berekende S en T = 3.000 jaar

Waterstand [m+NAP]	S [-]	r	IJsselmeerpeil [m+NAP]	u [m/s]
-0,4	2,65	ONO	-0,14	19,1
-0,2	2,79	ONO	-0,14	19,0
0	2,90	ONO	-0,14	18,8
0,2	2,95	ONO	-0,18	18,2
0,4	2,85	ONO	-0,18	19,7
0,6	2,52	ONO	0,16	17,0
0,8	1,95	ONO	0,37	13,3
1,0	1,30	ONO	0,62	9,6
1,2	0,52	ONO	1,00	7,0
1,23	0,28	ONO	1,03	7,0

Bij de analyse van de belasting en sterkte wordt door Steentoets een standaard waterstandsverloop gehanteerd (zie deze SH en de Documentatie Steentoets V20.1.1]). Gelet op het feit dat bij toenemende waterstand de golfhoogte afneemt leidt de met Steentoets uitgevoerde analyse mogelijk niet tot het gewenste resultaat (het stormverloop dat gehanteerd wordt is immers niet realistisch).

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 7 worden met Steentoets twee berekeningen uitgevoerd. Bij de eerste berekening wordt de normale werkwijze gehanteerd om het dikte-overschot te bepalen. Bij de tweede berekening wordt voor verschillende waterstanden (NAP +0,2 m; NAP +0,4; NAP +0,6 m; NAP +0,8 m; NAP +1,0 m; en NAP +1,23 m) een analyse uitgevoerd en wordt het minimale dikte-overschot bepaald. Beide dikte-overschotten worden vervolgens met elkaar vergeleken om na te gaan of met het minder realistische verloop van de golfhoogte tijdens de storm een wezenlijk ander resultaat wordt verkregen.

F.2 Invoer Steentoets

In het werkblad 'TOETSING' van Steentoets worden de volgende gegevens ingevoerd:

- *Geometrie*. Zie tabel hieronder.

Tabel 3: Geometrie

Vlaknummer	Niveau ondergrens [m+NAP]	Niveau bovengrens [m+NAP]	tang [-]	segmentbreedte [-]	Type bekleding	Onderlagen
1	0,00	1,50	0,33		26.1	pu vl kl
2	1,50	2,40	0,33		28.5	pu vl kl
3	2,40	3,60	0,33		20	kl
4	3,60	3,60	0,00	5	20	kl
5	0,50	3,60	- 0,33		20	kl

- *Eigenschappen top laag.* Zie tabel hieronder.

Tabel 4: Eigenschappen top laag⁸

Parameter	Vlaknummer	
	1	2
Type	26.1	28.5
Dikte [m]	0,25	0,20
Breedte [m]	-	0,40
Lengte [m]	-	0,40
Spleetbreedte [mm]	-	10
Open oppervlak (%)	12	-
Karakteristieke opening [mm]	70	70
Soortelijke massa [kg/m ³]	2.900	2.600
Ingewassen?	Nee	Nee
Goed geklemd?	Nee	Nee

- *Eigenschappen onderla(a)g(en).* Zie tabel hieronder

Tabel 5: Eigenschappen onderla(a)g(en)

Parameter	Vlaknummer	
	1	2
Aantal filterlagen	1	1
<i>Filterlaag</i>		
Dikte [m]	0,10	0,15
D15 [mm]	30	30
Porositeit [-]	0,4	0,4
Geotextiel aanwezig?	Nee	Nee
Dijkopbouw	kl	kl
<i>Klei</i>		
Dikte [m]	1,0	1,0
Kwaliteit	c2	c2

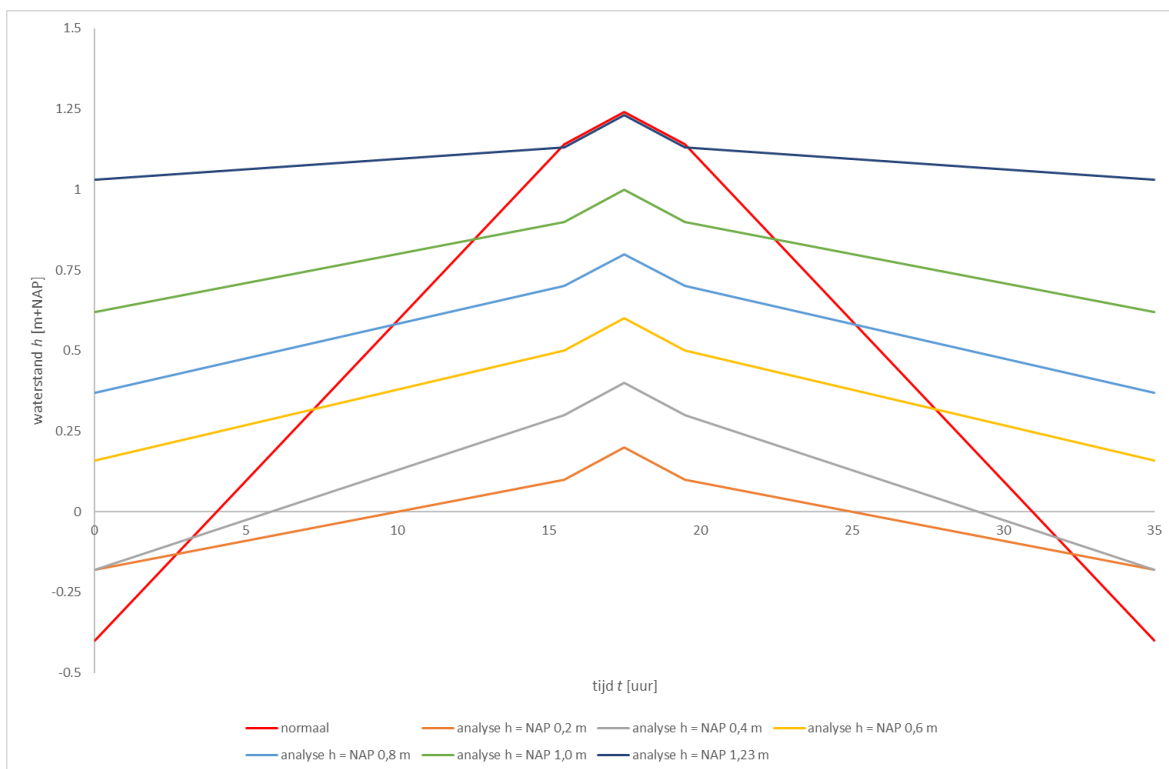
- *Type bovenste overgangsconstructie.* Voor vlaknummer 1 is de overgangsconstructie van het type a0. Voor vlaknummer 2 is dat type b0.

In het werkblad 'Toetsgolven' van Steentoets worden de volgende gegevens ingevoerd: *Meerpeil.* Voor de normale werkwijze wordt het meerpeil gelijk gesteld aan het winterpeil van het IJsselmeer (= NAP -0,4 m). Voor de analyse bij de verschillende waterstanden wordt het IJsselmeerpeil gebruikt dat volgt uit het hoofdillustratiepunt van de golfcondities behorende bij het waterstandsniveau waarvoor de analyse wordt uitgevoerd (zie ook

⁸ Wij merken op dat het niet inwassen van de stenen, en het niet klemmen minder gebruikelijke aannames zijn in de praktijk

- Tabel 2).
- *Waterstand bij norm.* Voor de normale werkwijze is de waterstand bij de norm gelijk aan NAP +1,24 m. Voor de analyse bij de verschillende waterstanden wordt de waterstand bij de norm gelijk gesteld aan de waterstand waarvoor de analyse wordt uitgevoerd.
- *Golfcondities.* Voor de normale werkwijze worden per waterstand de voor zuilen berekende golfcondities per waterstandsniveau ingevoerd (zie Tabel 1). Voor de analyse bij de verschillende waterstanden zijn voor iedere waterstand de golfcondities gelijk aan de golfcondities behorende bij het waterstandsniveau waarvoor de analyse wordt uitgevoerd (zie ook Tabel 1). Gedurende de hele storm zijn de golfcondities dus constant.

Bij de analyse wordt gebruik gemaakt van het voor het IJsselmeer in Steentoets geïmplementeerde standaard waterstandverlopen. In onderstaand figuur zijn de door Steentoets gebruikte verlopen voor zowel de normale werkwijze en analyse bij de verschillende waterstanden weergegeven.



Figuur 1: Waterstandverlopen gebruikt bij analyse

F.3 Resultaten analyse

In onderstaande tabel is het resultaat van de analyse voor het deelspoor ZTG weergegeven. Opgemerkt wordt dat voor de deelsporen ZAF, ZMO, ZMG en ZEO de met Steentoets verkregen score overal gelijk is: stabiel.

Tabel 6: Resultaat analyse

Analyse	Vlaknummer	Maatgevende waterstand	g/t	Dikte-overschot [m]	Score
normaal	1	0,40	1,35	0,04	stabiel
	2	1,25	4,76	0,17	stabiel
h = NAP +0,2 m	1	0,20	0,84	-0,01	niet stabiel
	2	0,20	1,95	0,09	stabiel
h = NAP +0,4 m	1	0,40	0,86	-0,01	niet stabiel
	2	0,40	1,78	0,09	stabiel
h = NAP +0,6 m	1	0,35	1,23	0,04	stabiel
	2	0,60	1,98	0,11	stabiel
h = NAP +0,8 m	1	0,29	1,78	0,10	stabiel
	2	0,80	2,48	0,15	stabiel
h = NAP +1,0 m	1	0,55	2,19	0,16	stabiel
	2	1,00	3,41	0,17	stabiel
h = NAP +1,23 m	1	0,99	3,08	0,19	stabiel
	2	1,24	4,44	0,17	stabiel

Met de normale werkwijze wordt voor zowel de basaltzuilen als het graniet een dikte-overschot gevonden. Met de analyse per waterstand is het minimale dikte-overschot voor het graniet 0,09 m (bij een voor de analyse gebruikte waterstand van NAP +0,4 m). Hoewel met een minder realistisch verloop het dikte-overschot bijna twee keer zo groot is, heeft dit geen gevolgen voor de score (in beide gevallen is sprake van een dikte-overschot). Er kan dan ook worden geconcludeerd dat een minder realistisch verloop van de golfhoogte tijdens de storm voor het graniet geen andere score voor het deelspoor ZTG dan wel eindscore oplevert.

Voor de basaltzuilen is met de analyse per waterstand het minimale dikte-overschot -0,01 m (bij een voor de analyse gebruikte waterstand van NAP +0,2 m). In tegenstelling tot het met de normale werkwijze verkregen resultaat is sprake van een beperkt dikte-tekort. Het met Steentoets gehanteerde verloop heeft dus wel degelijk invloed op het resultaat en de score voor het deelspoor ZTG voor de basaltzuilen. Het dikte-tekort is echter minimaal. Mogelijk dat met aanscherping van de eigenschappen en/ of belasting tot een ander resultaat kan worden gekomen. Daarnaast is op basis van de score voor het deelspoor ZEO de eindscore voor de basaltzuilen stabiel. Hoewel het door Steentoets gehanteerde verloop voor de basaltzuilen van invloed is op de score voor het deelspoor ZTG heeft dit voor de eindscore geen gevolgen.

Bijlage A: Inhoud ini-bestand

Voor gevallen zonder het preprocessor sluitregime database:

```

section                = 1
mechanism              = 3
alternative            = 1
layer                 = 1
logfile               = 1.log
outputverbosity       = basic
outputtofile          = file
projectdbfilename     = 1.sql
outputfilename        = designTable.txt
configdbfilename      = pad naar het bestand\HydraRing\config.sqlite
hydraulicdbfilename   = pad naar het bestand\hlcd.sqlite
designpointOutput      = sqlite
    
```

Voor gevallen met het preprocessor sluitregime database:

```

section                = 1
mechanism              = 3
alternative            = 1
layer                 = 1
logfile               = 1.log
outputverbosity       = basic
outputtofile          = file
projectdbfilename     = 1.sql
outputfilename        = designTable.txt
configdbfilename      = pad naar het bestand\HydraRing\config.sqlite
hydraulicdbfilename   = pad naar het bestand\hlcd.sqlite
PreprocessorClosingDbFilename = pad naar het bestand\hlcd_preprocClosure.sqlite
designpointOutput      = sqlite
    
```

Bijlage B: Inhoud 1.sql-bestand

```

DELETE FROM [HydraulicModels];
INSERT INTO [HydraulicModels] VALUES (1, 1, 'WTI 2017');

DELETE FROM [Sections];
INSERT INTO [Sections] VALUES (1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 700052, 700052, 100, 270, 0);

DELETE FROM [SectionCalculationSchemes];
INSERT INTO [SectionCalculationSchemes] VALUES (1, 3, 1);

DELETE FROM [DesignTables];
INSERT INTO [DesignTables] VALUES (1, 3, 1, 1, 8, 114, 0, 0, 0, 0, 10, 50,
3.4029328353853);

DELETE FROM [PreprocessorSettings];

DELETE FROM [Numerics];
INSERT INTO [Numerics] VALUES (1, 3, 1, 1, 5, 4, 8, 150, 0.15000001, 0.005, 0.005, 0.005,
2, 3, 3000, 20000, 0.1, -6, 6, 25);

DELETE FROM [VariableDatas];
INSERT INTO [VariableDatas] VALUES (1, 3, 1, 1, 113, 0, 0, 0, NULL, NULL, NULL, 1, 0,
300);
INSERT INTO [VariableDatas] VALUES (1, 3, 1, 1, 114, 1, 0, 0, NULL, NULL, NULL, 1, 0,
300);
INSERT INTO [VariableDatas] VALUES (1, 3, 1, 1, 115, 1, 0, 0, NULL, NULL, NULL, 1, 0,
300);
INSERT INTO [VariableDatas] VALUES (1, 3, 1, 1, 116, 0.4, 0, 0, NULL, NULL, NULL, 1, 0,
300);
INSERT INTO [VariableDatas] VALUES (1, 3, 1, 1, 119, 0.8, 0, 0, NULL, NULL, NULL, 1, 0,
300);

DELETE FROM [CalculationProfiles];

DELETE FROM [SectionFaultTreeModels];
INSERT INTO [SectionFaultTreeModels] VALUES (1, 3, 1, 1, 6);

DELETE FROM [SectionSubMechanismModels];
INSERT INTO [SectionSubMechanismModels] VALUES (1, 1, 1, 5, 71);

DELETE FROM [Fetches];

DELETE FROM [AreaPoints];

DELETE FROM [PresentationSections];

DELETE FROM [Profiles];

DELETE FROM [ForelandModels];

DELETE FROM [Forelands];

DELETE FROM [ProbabilityAlternatives];

DELETE FROM [SetUpHeights];

DELETE FROM [CalcWindDirections];

DELETE FROM [Swell];

DELETE FROM [WaveReductions];

DELETE FROM [Areas];
INSERT INTO [Areas] VALUES (1, '1', 'Nederland');

DELETE FROM [Projects];
INSERT INTO [Projects] VALUES (1, 'BOI', 'Riskeer calculation');

DELETE FROM [Breakwaters];

```


Bijlage C: Omrekenen terugkeertijd naar betrouwbaarheidsindex

Het omrekenen van een terugkeertijd (T) naar betrouwbaarheidsindex (beta) kan bijv. in Microsoft Excel of in Python worden gedaan. Hieronder volgen twee voorbeelden voor de terugkeertijd 1.000 jaar.

Omrekenen T naar beta met behulp van Microsoft Excel (gebruik functie NORM.INV)

A	B	C	D	E	F
	Terugkeertijd	Betrouwbaarheidsindex			
	1000	<code>=NORM.INV(1/B4;0;1)</code>			
		NORM.INV(probability; mean; standard_dev)			

A	B	C	D
	Terugkeertijd	Betrouwbaarheidsindex	
	1000	3.0902323061678	

Omrekenen T naar beta met behulp van Python

```

1
2 from scipy.special import ndtri
3
4 terugkeertijd = 1000.0
5 betrouwbaarheidsindex = -ndtri(1/terugkeertijd)
6

```

Merk op dat de betrouwbaarheidsindexen berekend met Microsoft Excel en Python in de laatste getallen na de komma kunnen verschillen. Dat heeft te maken met verschillen in de functies die in de beide applicaties, voor het berekenen van de standaard normale verdeling, worden gebruikt. Omdat de verschillen pas in de laatste getallen voorkomen, maakt de keuze voor gebruik voor Microsoft Excel of Python niet uit.