



Katern 5

Dijken en dammen

1 Inleiding

1.1 Definitie en afbakening

In dit katern wordt de toetsing behandeld van dijken en dammen. Dijken en dammen kunnen allebei worden gedefinieerd als door mensen gemaakte waterkerende grondlichamen, waarbij voor een dijk geldt dat die ligt op de grens van land en water, terwijl een dam aan beide zijden wordt omgeven door water.

M Vanwege het specifieke karakter van de Maaskaden en de eisen die hieraan gesteld worden voor wat betreft de hoogte is in dit katern een aparte paragraaf opgenomen voor de beoordeling van de hoogte van Maaskaden (zie § 4.1.2).

Behalve de toetsing van dijken en dammen zelf wordt in dit katern ook de toetsing besproken van havendammen (zie hoofdstuk 5 van dit katern) en van de aansluiting van dijken of dammen op hoge gronden (zie hoofdstuk 6 van dit katern). De aansluiting van dijken en dammen op de andere types waterkeringen wordt in andere katernen behandeld: de aansluiting op duinen in Katern 6 en de aansluiting op waterkerende kunstwerken in Katern 7.

5

1.2 Faalmechanismen en beoordelingssporen

Figuur 5 - 1.1 toont de belangrijkste faalmechanismen van een dijk of dam.

Bij een te lage kruin kan door overloop of golfoverslag te veel water in de polder komen, of kunnen kruin en binnentalud door erosie of verweking worden aangetast, mogelijk leidend tot doorbraak.

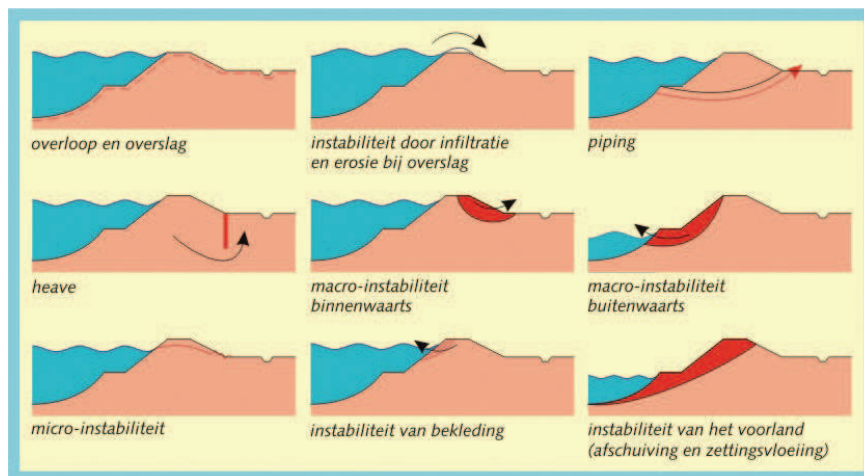
Als de kruin wel hoog genoeg is, kan de stabiliteit van een dijk worden aangetast door de volgende mechanismen:

- interne erosie van materiaal uit een watervoerende zandlaag die aan de bovenzijde is begrensd door een cohesieve laag, ten gevolge van een sterke kwelstroom (piping);
- drijfzand ter plaatse van verticaal uittredend grondwater (heave);
- binnenwaartse diepe afschuiving (binnenwaartse macro-instabiliteit);
- buitenwaartse diepe afschuiving, bijvoorbeeld bij lage buitenwaterstand (buitenwaartse macro-instabiliteit);
- het uitspoelen van dijk materiaal of het opdrukken van de kleibekleding op het binnentalud door een hoge grondwaterstand in de dijk (micro-instabiliteit);
- aantasting van de bekleding op het buitentalud onder hydraulische belasting (instabiliteit van de bekleding);
- grootschalige deformatie van het voorland (afschuiving of zettingsvloeiing);
- het optreden van één van de genoemde faalmechanismen ten gevolge van de aanwezigheid van een niet-waterkerend object.

Te grote deformatie van de waterkering door instabiliteit leidt tot kruinverlaging en mogelijk tot doorbraak.

Figuur 5 - 1.1

Faalmechanismen dijken en dammen



Hieronder volgt een korte beschrijving van de belangrijkste faalmechanismen.

Overloop en overslag

De hoogte van de kruin moet in de eerste plaats voldoende zijn om het faalmechanisme overloop te voorkomen; dit mechanisme doet zich voor in de situatie dat Toetspeil + toeslagen hoger is dan de kruinhoogte. In de tweede plaats is het faalmechanisme overslag van belang; daarbij faalt de waterkering doordat de golven een te groot debiet over de kruin veroorzaken. Bij ontwerpen en toetsen zal vrijwel steeds de eis van beperking van het overslagdebiet maatgevend zijn. Dit overslagdebiet kan op twee manieren leiden tot falen van de waterkering: ten eerste door falen van de bekleding op de kruin en het binnentalud en ten tweede doordat de situatie bij hoogwater onbeheersbaar wordt.

Instabiliteit door infiltratie en erosie bij overslag

Bij overslag zal water infiltreren in de toplaag op het binnentalud van de dijk. Hierdoor zal een verzadigde infiltratiezone ontstaan waarin de korrelspanningen laag zijn en daarmee ook de weerstand tegen afschuiven; tegelijkertijd zijn het volumegewicht en daarmee de aandrijvende kracht hoog. Beide effecten hebben een negatieve invloed op de stabiliteit van de toplaag. Instabiliteit zal zich het eerst manifesteren in de vorm van vervormingen en het optreden van scheuren evenwijdig aan de kruin van de dijk.

Overslagwater kan leiden tot erosie van het binnentalud van de dijk.

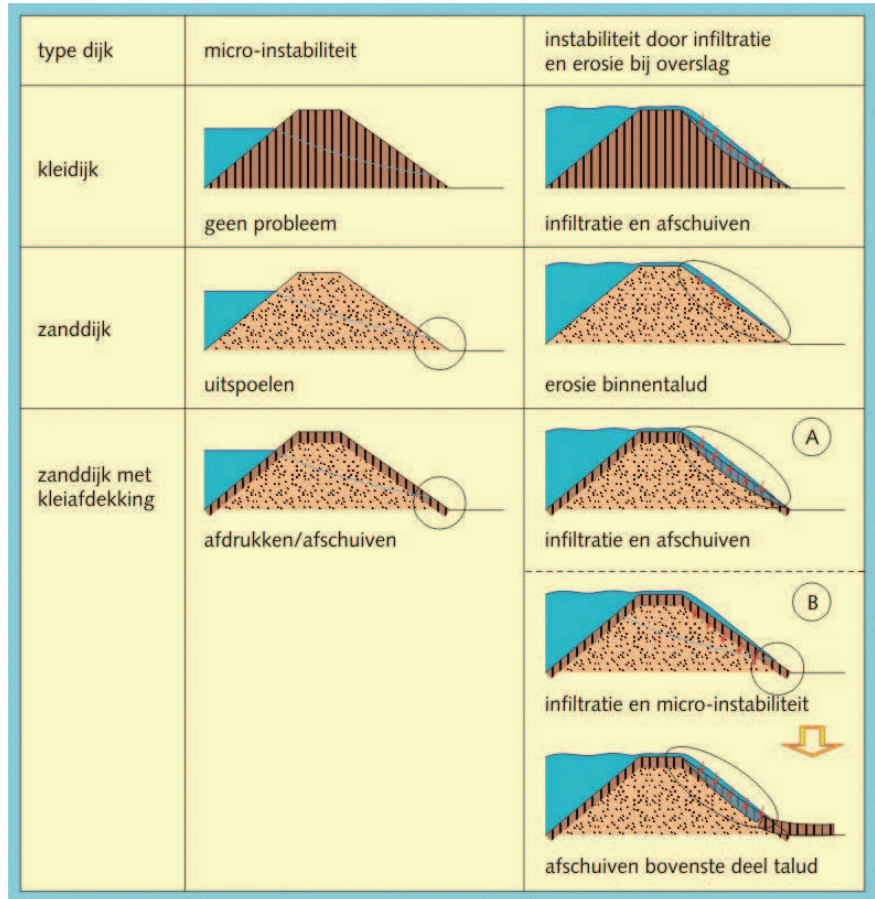
Scheurvorming als gevolg van infiltratie zal het erosieproces bevorderen.

De mechanismen infiltratie en erosie worden vaak integraal bekeken. Toetsing van de mechanismen instabiliteit door infiltratie en erosie bij overslag wordt in Katern 8 'Bekledingen' behandeld. In de rechterkolom van Figuur 5 - 1.2 zijn de verschillende vormen van instabiliteit bij overslag weergegeven.

Piping

Stabiliteitsverlies door piping kan ontstaan wanneer teveel gronddeeltjes uit de onderliggende grondlagen worden meegevoerd door een kwelstroom bij (langdurige) hoge waterstanden. Verschillende fasen bij het ontstaan van piping zijn toegelicht in het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen [11]. Het optreden van deze interne erosie is aan de binnenzijde van de dijk zichtbaar doordat in sloten of op het maaiveld met het opwellende kwelwater zand wordt meegevoerd.

Figuur 5 - 1.2
Micro-instabiliteit en instabiliteit door infiltratie en erosie bij overslag



Heave

Onder heave wordt het ontstaan van drijfzand bij verticaal uittredend grondwater verstaan. Heave kan optreden in situaties waarbij een geconcentreerde verticale kwelstroming optreedt, bijvoorbeeld achter een kwelscherm aan de binnenzijde van de waterkering.

Macro-instabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts

Met macro-instabiliteit wordt het afschuiven van grote delen van een grondlichaam bedoeld. Dit afschuiven treedt op langs rechte of gebogen glijvlakken of door plastische zones, waarin door overbelasting geen krachterevenwicht meer aanwezig is. De sterkte-eigenschappen en de waterspanningen in en onder de grondconstructie bepalen de weerstand tegen afschuiven. Er kan sprake zijn van macro-instabiliteit buitenwaarts en macro-instabiliteit binnenwaarts.

Een hoge buitenwaterstand leidt tot een verhoging van het freatisch vlak in het grondlichaam en een verhoging van waterspanningen in de ondergrond, waardoor de weerstand tegen afschuiven reduceert. Een bijzondere situatie kan optreden wanneer een watervoerende zandlaag in de ondergrond wordt afgedekt met een slecht doorlatend klei- en veenpakket. Bij hoge buitenwaterstanden zal de waterspanning in de zandlaag relatief snel oplopen waardoor aan binnendijkse zijde het bovenliggende slecht doorlatende klei- en veenpakket door opwaartse waterdruk omhoog wordt gedrukt. Dit fenomeen wordt wel aangeduid met opdrijven en heeft een ongunstig effect op de macrostabiliteit.

Een bijzonder faalmechanisme is horizontale afschuiving. Hiervoor worden in dit Voorschrift geen aparte toetsingsregels gegeven. Op basis van de huidige kennis mag worden verondersteld dat dit faalmechanisme niet maatgevend is voor de Nederlandse dijken en dammen van het primaire waterkeringensysteem in hun huidige opbouw.

Micro-instabiliteit

Micro-instabiliteit betreft het verlies van stabiliteit van grondlagen met zeer beperkte dikte aan het oppervlak van het binnentalud onder invloed van door een grondlichaam stromend grondwater. Bij micro-instabiliteit komt de bedreiging van binnen: eventuele problemen worden veroorzaakt door een hoge freatische lijn in het grondlichaam. Bij micro-instabiliteit door stromend grondwater kan worden gedacht aan het uitspoelen van materiaal uit de kern van de dijk. Ook kan bij micro-instabiliteit worden gedacht aan instabiliteit van de toplaag door een hoge freatische lijn in de dijk. Als het binnentalud wordt beschermd door een ondoorlatende kleilaag kan deze door het grote potentiaalverschil over de toplaag worden afgedrukt van de dijk. In Figuur 5 - 1.2 zijn de genoemde verschijnselen weergegeven.

Micro-instabiliteit wordt wel eens verward met of gelijk gesteld aan instabiliteit door infiltratie en erosie door overslag. Ook dat proces speelt zich immers op het binnentalud af. Het verschil tussen beide is dat bij micro-instabiliteit water door de dijk is gestroomd en van binnen naar buiten sijpelt, terwijl bij infiltratie na overslag het water van buiten naar binnen infiltreert. Naast infiltratie zal een deel van het overslagwater via het binnentalud afstromen. Hierdoor kan erosie van het al dan niet verzadigde binnentalud optreden. In Figuur 5 - 1.2 zijn de mechanismen van micro-instabiliteit en instabiliteit door infiltratie en erosie bij overslag weergegeven.

Instabiliteit van de bekleding

De bekleding van het buitentalud, berm, kruin en binnentalud biedt bescherming tegen erosie van het dijklichaam. De bekleding kan bezwijken door golfaanval, door langsstroming of in bijzondere gevallen door statische wateroverdruk, waarna de golven direct de kern van de dijk kunnen aanvallen.

Instabiliteit van het voorland (afschuiving en zettingsvloeiing)

Indien een vooroever is opgebouwd uit slappe klei- en veenlagen of verwekinggevoelig zand, dient rekening te worden gehouden met grootschalige afschuivingen en zettingsvloeiing van de vooroever met mogelijke invloed op de veiligheid van de waterkering. Bij zettingsvloeiing ondergaat een massa

verzadigd zand grote verplaatsingen als gevolg van verweking. De verweking wordt veroorzaakt doordat zandlagen met een losse pakking belast worden door schuifspanningen en daardoor gedwongen worden tot volumeverkleining (contractantie). Door deze neiging tot volumeverkleining ontstaan wateroverspanningen en neemt de schuifsterkte van de grond af.

Instabiliteit door niet-waterkerende objecten

Het falen of de aanwezigheid van niet-waterkerende objecten zoals bomen, bebouwing of pijpleidingen heeft een ongunstige invloed op het waterkerend vermogen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan ontwortelde bomen, exploderende gasleidingen of gebouwen die door eigengewicht of een diepe kelder een ongunstige invloed hebben op de weerstand tegen afschuiven.

Op basis van de faalmechanismen in Figuur 5 - 1.1 worden dijken en dammen getoetst volgens drie beoordelingssporen: Hoogte HT, Stabiliteit ST en invloed van niet-waterkerende objecten op het waterkerend vermogen NWO. Binnen het hoofdspoor Stabiliteit worden verschillende deelsporen onderscheiden. In Tabel 5 - 1.1 zijn de faalmechanismen gegroepeerd naar beoordelingssporen en is een verwijzing opgenomen naar katern en paragraaf waarin het deelspoor wordt behandeld.

Tabel 5 - 1.1
Samenhang faalmechanismen en
beoordelingssporen

Faalmechanisme	Deelspoor beoordeling	Katern - §
Overloop en overslag	Hoogte (HT)	Katern 5 - 4.1
Instabiliteit door infiltratie en erosie bij overslag	Bekledingen (STBK)	Katern 8
Piping	Piping en heave (STPH)	Katern 5 - 4.2.2
Heave	Piping en heave (STPH)	Katern 5 - 4.2.2
Macro-instabiliteit binnenwaarts	Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	Katern 5 - 4.2.3
Macro-instabiliteit buitenwaarts	Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)	Katern 5 - 4.2.4
Micro-instabiliteit	Microstabiliteit (STMI)	Katern 5 - 4.2.5
Instabiliteit van bekleding buitentalud	Bekledingen (STBK)	Katern 8
Instabiliteit van het voorland (afschuiving en zettingsvloeiing)	Voorland (STVL)	Katern 9
Invloed van niet-waterkerende objecten	Niet-waterkerende objecten (NWO)	Katern 10

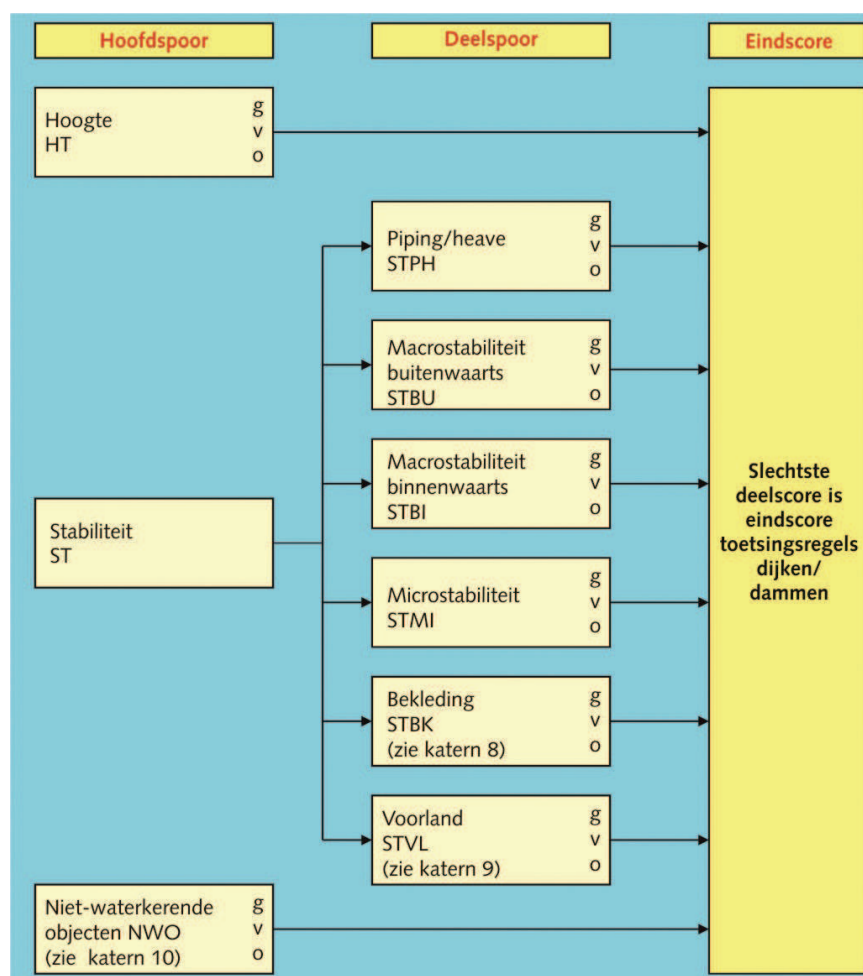
In Tabel 5 - 1.1 is aangegeven dat enkele hoofd- en deelsporen in een apart Katern worden behandeld: het deelspoor Bekledingen STBK is ondergebracht in Katern 8 (behandeling per bekledingstype); de beoordeling van de stabiliteit van het voorland op de mechanismen afschuiving en zettingsvloeiing STVL is ondergebracht in Katern 9 (van toepassing op meerdere types waterkeringen); het hoofdspoor Niet-waterkerende objecten NWO is ondergebracht in Katern 10 (behandeling per type object). In dit Katern 5 worden het hoofdspoor Niet-waterkerende objecten en de deelsporen Bekledingen en Voorland alleen behandeld voor zover het hun relatie met de andere beoordelingssporen betreft. De beoordelingswijze per sectie is beschreven in § 2.1 van Katern 2 (zie Figuur 2 - 2.2), inclusief de plaats van het beheerdersoordeel hierin en het mogelijk gebruik van de resultaten van de tweede toetsronde 2001-2006.

Voordat begonnen wordt met de beoordeling volgens de toetsingsregels in dit hoofdstuk kan worden nagegaan of gebruik gemaakt kan worden van de resultaten van de tweede toetsronde 2001-2006 (zie § 2.1.2 van Katern 2). Het beheerdersoordeel wordt behandeld in hoofdstuk 6 van Katern 2.

Het algemene hoofdschema voor de beoordeling per sectie, inclusief het opstellen van het beheerdersoordeel, is gegeven in Figuur 2 - 2.2 in § 2.1.1 van Katern 2.

Figuur 5 - 1.3 is het hoofdschema voor de beoordeling van dijken en dammen. Hoofdschema's geven een overzicht van alle beoordelingssporen die moeten worden doorlopen en de manier waarop de eindscore wordt bepaald. Voor het type dijken en dammen geldt dat in principe in alle gevallen op alle beoordelingssporen uit het hoofdschema moet worden getoetst en dat de slechtste score bepalend is voor de eindscore van de dijken en dammen. Vanzelfsprekend worden de sporen Niet-waterkerende objecten en Bekledingen in de toetsing alleen doorlopen voor zover hiervan sprake is.

.....
Figuur 5 - 1.3
 Hoofdschema voor de beoordeling van dijken en dammen



De toetsing van havendammen en van de aansluiting met hoge gronden wordt afzonderlijk behandeld in hoofdstuk 5 en 6 van dit katern.



Katern 7

Waterkerende kunstwerken

1 Inleiding

1.1 Definitie en afbakening

Waterkerende kunstwerken zijn meestal primair aangelegd ten behoeve van utilitaire kruisingen zoals (scheepvaart-)verkeer, waterbeheer of nutsvoorzieningen. Verder kunnen andere functies van de waterkering zoals woon-/werk-/leefmilieu, natuur, landschap en cultureel erfgoed, ertoe leiden dat bijzondere waterkerende constructies zoals een kistdam, keermuur of damwand worden toegepast.

Dit katern behandelt de toetsing van waterkerende kunstwerken en bijzondere constructies voor zover ze behoren tot een primaire waterkering. Hierbij hoort ook de aansluiting op het omringende grondlichaam.

In de waterkering kunnen voorts niet-waterkerende objecten voorkomen. Deze hebben geen primaire waterkerende functie maar kunnen wel direct of indirect invloed uitoefenen op de waterkering. Niet-waterkerende objecten worden hier alleen genoemd en niet nader uitgewerkt; de toetsing op deze objecten is een integraal onderdeel van de beoordelingssporen in dit katern.

Volgens de TAW/ENW Leidraad Kunstwerken [26] kunnen waterkerende kunstwerken en bijzondere waterkerende constructies op basis van kenmerken t.a.v. de waterkerende functie in vier types worden onderverdeeld:

Type I	constructies die volledig zelfstandig de waterkerende functie moeten vervullen;
Type II	constructies die in combinatie met een grondconstructie de waterkerende functie moeten vervullen;
Type III	constructies die na falen van een andere constructie de waterkerende functie moeten vervullen;
Type IV	constructies welke geen waterkerende functie hebben, maar bij falen de waterkering kunnen aantasten.

Tabel 7 - 1.1 geeft een overzicht van de indeling van veelvoorkomende constructies in de vier types.

Constructies die buiten de primaire waterkering liggen, zoals kribben, pieren, golfbrekers en andere kustverdedigingswerken, worden alleen in de toetsing betrokken als deze van invloed zijn op belastingen of op de stabiliteit van de kering. De wijze waarop dit is gebeurd, moet in de toetsrapportage worden vermeld. Aansluitingen van het kunstwerk op dijk, dam of hoge grond behoren bij het kunstwerk en worden in dit katern (middels verwijzingen) behandeld. Elke aansluitingsconstructie dient afzonderlijk een eindscore te krijgen.

Tabel 7 - 1.1
Indeling in constructietypes

	constructietype			
	I	II	III	IV
waterkerende kunstwerken				
• schutsluizen	•			
• stroomsluizen (spui-, inlaat- en doorlaatsluizen)	•			
• keersluizen	•			
• hoogwater- en stormvloedkeringen	•			
• coupures	•	•		
bijzondere waterkerende constructies				
• specifiek beweegbare keringen (roteerbare, verschuifbare, oppompbare of mobiele keringen)	•	•		
• kistdammen en diepwanden	•			
• cellen- en combiwanden	•			
• keermuren, -wanden en kadewanden	•			
• damwandschermen (stabiliteit-, erosie-, kwel-, en functiescheidende schermen)		•		
• palenwanden		•		
• keer- en dijkmuurtjes		•		
• gewapende grondconstructies		•		
overige objecten (kokervormige constructies door de waterkering)				
• gemalen	•	•	• ¹⁾	•
• duikers			• ¹⁾	•
• pijpleidingen			• ¹⁾	•
• tunnels (zonder kanteldijken)			• ¹⁾	•

1) Bij aanwezigheid van keermiddelen of vervangende waterkeringen (damwanden of kanteldijken)

De diverse types constructies worden op de volgende wijze beoordeeld:

- voor de wijze van beoordeling van constructies in hoge gronden en duinen wordt verwezen naar Katern 5 en Katern 6;
- voor de beoordeling van de Waterkerende kunstwerken en bijzondere waterkerende constructies, die niet zijn bestemd tot directe kering van het buitenwater, en dus behoren tot categorie c, wordt verwezen naar § 2.3 van Katern 2;
- bij de beoordeling van de overige constructies wordt uitgegaan van de actuele werkelijke staat van een kunstwerk.

M Vanwege het specifieke karakter van de harde en demontabele Maaskaden en de eisen die hieraan gesteld worden, zijn in dit katern aparte paragrafen opgenomen voor de beoordeling van de hoogte en de betrouwbaarheid van de sluiting van de harde en demontabele Maaskaden (zie § 4.1.2 en § 4.3.2).

1.2 Beoordelingssporen

De beoordeling van een waterkerend kunstwerk of een bijzondere waterkerende constructie verloopt volgens de volgende beoordelingssporen:

- **Hoogte (HT)** van de constructie, de afsluitmiddelen en het aangrenzende grondlichaam;
- **Stabiliteit en sterkte (ST)** van de constructie, de waterkerende onderdelen en het omringende grondlichaam, onderverdeeld in:
 - Stabiliteit van constructie en grondlichaam (STCG);
 - Sterkte van (waterkerende) constructieonderdelen (STCO);
 - Piping en heave (STPH);
 - Stabiliteit van het voorland (STVL);
- **Betrouwbaarheid sluiting (BS).**

Opgemerkt wordt dat het toetsspoor Stabiliteit van constructie en grondlichaam STCG (vooral type II constructies) deels moet worden uitgevoerd op basis van Katern 5. Toetsingsregels ten behoeve van geotechnische benaderingen worden in dit katern niet uitgewerkt; waar relevant staan verwijzingen.

De toetsing van de aansluiting op het omringende grondlichaam is onderdeel van de genoemde beoordelingssporen: bij de sporen Stabiliteit van constructie en grondlichaam STCG en Piping en heave STPH wordt expliciet aandacht besteed aan de aansluitingen.

De toetsing van het effect van de aanwezigheid van niet-waterkerende objecten op het waterkerend vermogen van het kunstwerk is bij kunstwerken een integraal onderdeel van de beoordelingssporen. Voor kunstwerken waarbij de invloed van een niet-waterkerend object op het grondlichaam van belang is, wordt verwezen naar Katern 10.

De beoordeling van de stabiliteit van het voorland op de mechanismen afschuiving en zettingsvloeiing (STVL) is ondergebracht in Katern 9 (van toepassing op zowel kunstwerken als dijken). In dit katern wordt het deelspoor Stabiliteit van het voorland alleen behandeld voor zover het zijn relatie met de andere beoordelingssporen betreft.

Algemene aandachtspunten bij de beoordeling van waterkerende kunstwerken en bijzondere constructies zijn:

- er bestaat een enorme diversiteit in soorten, omstandigheden en afmetingen van kunstwerken en bijzondere waterkerende constructies. Feitelijk is ieder kunstwerk op maat gemaakt en derhalve uniek. Dit houdt in dat een toetsspoor alleen op hoofdlijnen kan worden beschreven, invulling per kunstwerk is maatwerk. Dat betekent overigens niet dat de toetsing van een kunstwerk automatisch van geavanceerd niveau is;
- relatie met de Leidraad Kunstwerken [26] (nieuwbouw/renovatie versus toetsen);
- beschikbaarheid van informatie (m.b.t. ontwerpgegevens en fysieke staat van onderdelen).

Figuur 7 - 1.1 is het hoofdschema voor de beoordeling van waterkerende kunstwerken. Hoofdschema's geven een overzicht van alle beoordelingssporen die moeten worden doorlopen en de manier waarop de eindscore wordt bepaald. Voor waterkerende kunstwerken moet op alle beoordelingssporen uit

het hoofdschema worden getoetst. De slechtste score uit de hoofd- en deelsporen is de eindscore van het waterkerende kunstwerk.

Figuur 7 - 1.1

Hoofdschema voor de beoordeling van waterkerende kunstwerken

