

Bijlage 8, Ontwerp waterkeringen

1. Ontwerp waterkering

Bij het ontwerpen en verbeteren van waterkeringen is het belangrijk een afweging te maken van de mogelijke varianten. De technische randvoorwaarden voor waterkeringen in grond en bijzondere waterkerende constructies staan beschreven in paragraaf 2.

Deze bijlage beschrijft het raamwerk waarbinnen het ontwerp van waterkeringen dient te geschieden. Hiervan is sprake bij het verbeteren van een waterkering die uit de toetsing met de score “onvoldoende” komt of bij het aanpassen van een bestaande waterkering als gevolg van een wijziging van de veiligheidsklasse en verder bij een nieuw aan te leggen waterkering.

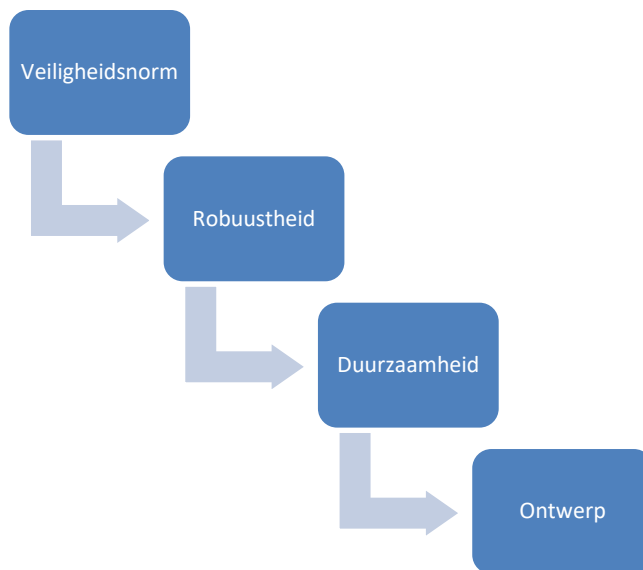
De basisvariant wordt globaal uitgewerkt en verschilt per locatie. De basisvariant is een kadeverbetering of nieuwe kade die wordt uitgevoerd in grond en voldoet aan de veiligheidsnorm (eis). Het ontwerp is robuust, duurzaam, flexibel aanpasbaar, milieuvriendelijk en geeft invulling aan de overige (water)opgaven van Delfland. In het ontwerp is vanuit het waterkeringbeheer rekening gehouden met locatie specifieke omstandigheden die eisen stellen aan (methoden van) onderhoud, bereikbaarheid van de waterkering in calamiteuze omstandigheden en (recreatief) medegebruik. Indien geen ruimte aanwezig is voor een kade in grond is een bijzonder waterkerende constructie (damwand) een optie.

Naast de veiligheid is één van de belangrijke doelstellingen dat bij de uitvoering van een kadeverbetering of ingrijpende werken van derden aan, de kadeverbetering tegen maat-schappelijk verantwoorde kosten, efficiënt en met maatschappelijk draagvlak uit te voeren.

Toetsen versus ontwerpen

Tussen het toetsen en ontwerpen van een waterkering bestaat een fundamenteel verschil. Bij het toetsen wordt gecontroleerd of de waterkering voldoet aan de veiligheidsnorm (afkeur-grens). Boven deze veiligheidseisen moet een marge aanwezig zijn om gedurende de toetsperiode te voldoen aan de veiligheidsnorm.

Bij het ontwerpen moet een bestaande waterkering worden verbeterd of een nieuwe waterkering worden aangelegd. Dit betekent dat een investering gepleegd wordt voor de toekomst, waarbij het ontwerp zodanig moet zijn dat de waterkering gedurende de gehele levensduur van de constructie minimaal de voorgeschreven veiligheid biedt. Het is dan van belang een marge te hanteren boven de minimale veiligheidseisen. De toe te passen marge is opgebouwd uit een aantal onderdelen, zie figuur B8.1.



Figuur B8.1 Marges in het ontwerpproces

Robuustheid

Volgens de Leidraad Rivieren (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2007) betekent robuust ontwerpen 'in het ontwerp rekening houden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden, zodat het uitgevoerde ontwerp tijdens de levensduur van de constructie blijft functioneren zonder dat ingrijpende en kostbare aanpassingen noodzakelijk zijn, en dat het ontwerp uitbreidbaar is indien dat economisch verantwoord is' (zie voor mogelijke uitwerking hiervan de IPO-richtlijn (Interprovinciaal Overleg) ter bepaling van het veiligheidsniveau van bijvoorbeeld de regionale waterkeringen). Voorbeelden van toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden zijn een verhoging van het maatgevende peil, verzwarende van de normen of nieuwe inzichten ten aanzien van de rekenmethoden. In het materiaal gebruik kan hiermee bijvoorbeeld rekening worden gehouden. Bij uitbreidbaarheid wordt een zodanig ontwerp gekozen dat een versterking relatief eenvoudig is uit te voeren. Het ruimtebeslag speelt hierbij een belangrijke rol. Indien een ontwerp extra robuust (langere levensduur) kan worden gemaakt is dat qua investering op de lange termijn positief (materiaalkosten (zoals klei) zijn vaak ondergeschikt aan design & construct).

Duurzaamheid

Een ontwerp moet voldoen aan de veiligheid, nu en in de toekomst. De tijd waarbinnen de constructie moet blijven voldoen wordt vertaald in een marge voor duurzaamheid. Om hiermee rekening te kunnen houden in het ontwerp wordt gebruik gemaakt van factoren zoals gewenste levensduur van de constructie, onderhoudstermijn en het materiaalgebruik

Ontwerp

In het ontwerp zijn marges gekozen waardoor een verbeterde of nieuwe waterkering voldoet aan alle gestelde randvoorwaarden en uitgangspunten.

Maatwerk

Indien wordt vastgesteld dat voor de kadeverbetering of nieuwe kade maatwerk van toepassing is kan de Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden (STOWA, 2009) worden gevolgd. Het belangrijkste kenmerk van deze systematiek is dat vanuit verschillende functies van de waterkering invulling wordt gegeven aan de ontwerpeisen. Het ontwerpproces wordt gestart vanuit functionele eisen aan de waterkering, waarbij altijd aan de veiligheidsnorm moet worden voldaan. Samenwerking met belanghebbenden speelt hierbij een belangrijke rol.

2. Eisen en randvoorwaarden technisch ontwerp waterkering

Inleiding

In deze paragraaf zijn de algemene eisen en randvoorwaarden opgenomen die aangehouden worden voor het technisch ontwerpen van een waterkering. Hierbij is onderscheid gemaakt in algemene eisen en eisen voor een kering en grond en een waterkerende constructie (of ondersteunend kunstwerk). Bij het ontwerp van een waterkering in grond wordt gestreefd naar een ontwerp dat robuust, duurzaam, aanpasbaar en milieuvriendelijk is. De waterkering dient ontworpen te worden conform vigerende normen, leidraden en voorschriften. Specifieke documenten die in ieder geval van toepassing zijn:

- Legger Regionale waterkeringen, Legger Polderkaden, Legger Landscheiding
- Keur Delfland
- Algemene regels behorende bij de Keur Delfland
- Beleidsregels Dempen en graven
- Beleidsregels Werken in het profiel van wateren
- Beleidsregels Kunstwerken in wateren
- STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) - Handreiking Ontwerpen en verbeteren Boezemkaden
- STOWA- Leidraad waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen
- Delfland, Proevenverzameling 2.2

Bij de start van nieuwe projecten dient te worden bekeken wat de nieuwste richtlijnen of beleidsdocumenten zijn. Vooroverleg met Delfland hierover is gewenst. De beleidsdocumenten van Delfland zijn te vinden op de website www.hhdelfland.nl. Inzicht in de nieuwste leidraden, richtlijnen en normen is te vinden via internet bij de beherende organisaties (www.stowa.nl).

Algemene veiligheidseisen

Het keren van water is de primaire functie van een waterkering. Voor het vervullen van deze functie zijn de volgende functie-elementen van belang:

1. De waterkering moet veilig zijn:
 - Het niveau van de kruin moet voldoende hoog zijn
 - Het dijklichaam moet voldoende waterdicht zijn
 - De standzekerheid (stabiliteit) moet gewaarborgd blijven
 - De weerstand tegen (mechanische) belastingen moet voldoende zijn
 - De bekleding van de waterkering moet voldoende erosiebestendig zijn
2. De waterkering moet inspecteerbaar zijn
3. De waterkering moet onderhoudbaar zijn

Een ontwerp moet voldoen aan de veiligheid, nu en in de toekomst. Aangetoond moet worden dat het waterkerend vermogen gewaarborgd is in drie situaties:

- Tijdens de uitvoering
- Na aanleg in de gebruiksfase
- In de toekomst tot en met de levensduur

De tijd waarbinnen de waterkering moet blijven voldoen wordt vertaald in een marge voor duurzaamheid. Om hiermee rekening te kunnen houden in het ontwerp wordt gebruik gemaakt van factoren zoals gewenste levensduur van de waterkering, onderhoudstermijn en het materiaalgebruik. Een waterkering dient altijd geïnspecteerd en onderhouden te kunnen worden. Hierbij wordt gestreefd dat het ontwerp makkelijk is aan te passen aan eventuele toekomstige ontwikkelingen.

De waterkeringen dienen conform de vigerende leidraden te worden berekend. Zowel de belastingsituatie 'hoogwater' als de belastingsituatie 'droogte' dient te worden doorgerekend.

Normen (eisen)

De provincie Zuid-Holland heeft alle regionale keringen genormeerd. Voor de polderkaden en zijn door Delfland eigen veiligheidsnormen vastgesteld. Delfland adviseert voor alle landscheidingen in overleg te treden over het aan te houden veiligheidsniveau.

Voor de polderkaden en de landscheidingen mag in eerste instantie een beschouwende analyse gemaakt worden van de veiligheid van de waterkering. De beschouwende analyse dient ter goedkeuring aan Delfland te worden voorgelegd. Indien Delfland daar aanleiding toe ziet kan deze alsnog voor één of meerdere faalmechanismen een onderbouwing middels een berekening verlangen.

De veiligheidsnorm geldt als minimale eis aan de waterkering. Het ontwerp moet zodanig zijn dat de waterkering gedurende de gehele levensduur minimaal de voorgeschreven veiligheid biedt.

Beheer

Het beheer van de waterkering dient, ook economisch gezien, altijd mogelijk te zijn en te blijven. Bij aanleg of verlegging van een waterkering in grond moeten afspraken worden gemaakt tussen de initiatiefnemende partij en Delfland. Afspraken over wie het buitengewoon onderhoud doet, wie de (meer)kosten voor het beheer op zich neemt, en hoe deze afspraken worden vastgelegd. Uitgangspunt is dat het buitengewoon onderhoud van waterkeringen in grond door Delfland op zich wordt genomen. In de vergunning kan een periode worden voorgeschreven, bijvoorbeeld dat de initiatiefnemer de eerste 5 jaar nog verantwoordelijk is voor het herstellen van onvoorziene zettingen.

Leggerwijziging

Het definitief ontwerpplan wordt opgenomen in de legger, zodat de waterkering hierop kan worden onderhouden. Hiervoor doorloopt Delfland een leggerwijzigingsprocedure. In de legger worden ook de onderhoudsplichtigen van de waterkering opgenomen.

Te verwijderen objecten (nwo's – niet waterkerende objecten)

Een object dient zorgvuldig verwijderd te worden, de waterkering moet zijn functie kunnen behouden. Indien een boom verwijderd wordt dient deze inclusief wortelresten verwijderd te worden. In de wortelgaten moet kleigrond (erosiebestendig klasse 2 of beter) worden aangebracht en zorgvuldig laagsgewijs worden verdicht. Waar de wortels de waterkering doorkruisen moet aan de hoge waterkant (boezem) een kleikist worden gemaakt. Vervolgens moeten de afgedekte wortelgaten worden voorzien van geschikte graszoden of te worden ingezaaid

2.1 Ontwerpeisen waterkering in grond

De provincie Zuid-Holland heeft alle regionale keringen genormeerd. Voor de polderkaden en zijn door Delfland eigen veiligheidsnormen vastgesteld. Delfland adviseert voor alle landscheidingen in overleg te treden over het aan te houden veiligheidsniveau.

Voor de polderkaden en de landscheidingen mag in eerste instantie een beschouwende analyse gemaakt worden van de veiligheid van de waterkering. De beschouwende analyse dient ter goedkeuring aan Delfland te worden voorgelegd. Indien de Delfland daar aanleiding toe ziet kan deze alsnog voor één of meerdere faalmechanismen een onderbouwing middels berekening verlangen. De veiligheidsnorm geldt als minimale eis aan de waterkering. Het ontwerp moet zodanig zijn dat de waterkering gedurende de gehele levensduur minimaal de voorgeschreven veiligheid biedt.

Stabiliteitsfactor

Voor de ontwerpberekeningen dient de schadefactor bepaald te worden conform het geldende veiligheidsniveau.

- voor een waterkering met veiligheidsklasse III bedraagt de schadefactor behorende bij de toetsnorm minimaal 0,90
- voor een waterkering met veiligheidsklasse IV bedraagt de schadefactor behorende bij de toetsnorm minimaal 0,95
- voor een waterkering met veiligheidsklasse V bedraagt de schadefactor behorende bij de toetsnorm minimaal 1,00

Voor het ontwerpen en verbeteren van regionale keringen dient gerekend te worden met een schematiseringsfactor (1,0 à 1,3) conform de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (bij gedetailleerd grondonderzoek kan hier 1,1 voor worden aangehouden). Delfland stelt dat het ontwerp van een waterkering robuust moet zijn en past daarom een robuustheidstoets van 0,05 toe op de vereiste schadefactor. Indien de factor van 1,2 gezien onzekerheid i.v.m. overstap naar het CSSM-model (Critical State Soil Mechanics-model) mag de factor van 0,05 achterwege worden gelaten (veiligheid op veiligheid).

Voorbeeld bepalen stabiliteitsfactoren eindontwerp

Voor een veiligheidsklasse III kade bedraagt de schadefactor minimaal 0,90, dit wordt vermenigvuldigd met de factor 1,2 (uitgaande van Mohr Coulomb) gezien toekomstige overstap naar CSSM-model (bron: Proevenverzameling 2.2). Vervolgens wordt een schematiseringsfactor van 1,1 toegepast. De modelfactor is voor faalmechanisme 1. Gezien factor van 1,2 voor CSSM-model is de robuustheidstoets van 0,05 achterwege gelaten.

Voorbeeld bepaling stabiliteitsfactor (eindstabiliteit – binnenwaartse stabiliteit)

$$III = sf \ 1,08 \ (1,2 * 0,9) * 1,1 \ (schematiseringsfactor) * 1 \ (modelfactor) = 1,19$$

$$IV = sf \ 1,14 \ (1,2 * 0,95) * 1,1 \ (schematiseringsfactor) * 1 \ (modelfactor) = 1,25$$

$$V = sf \ 1,2 \ (1,2 * 1) * 1,1 \ (schematiseringsfactor) * 1 \ (modelfactor) = 1,32$$

Voor het ontwerpen en verbeteren van polderkaden kan worden verondersteld dat de leggerprofielen voldoende veilig zijn. In het geval er in deze polderkaden niet waterkerende objecten (nwo's) worden aangebracht welke het leggerprofiel doorsnijden dan dient de polderkade getoetst te worden, waarbij de volgende schadefactoren moeten worden aangehouden.

Kadeclassie polderkade	Normfrequentie [1/jaar]	Schadefactor [-]
A	1/10	0,8
B	1/10	0,8
C	1/30	0,85

Voor de kadeclassie en ligging van een polderkade wordt verwezen naar de website van Delfland www.hhdelfland.nl. De beoordelingssystematiek is gelijk aan die van de regionale waterkeringen.

Planperiode en technische levensduur

Als gevolg van doorgaande zettingen en veranderingen van de eisen en randvoorwaarden is de werkelijke veiligheid van de waterkering aan verandering onderhevig. Bij het ontwerpen van een waterkering zijn daarom bepaalde perioden vastgesteld die aangehouden moeten worden.

Delfland hanteert een planperiode van minimaal 10 jaar. Dit betekent dat de ligging, vorm, afmetingen en constructie van de waterkering voor een periode van minimaal 10 jaar gewaarborgd dient te zijn. De technische levensduur van een waterkering in grond bedraagt minimaal 50 jaar. Dit houdt in dat een volgende kadeverbetering (aanpassen van de leggerafmetingen) pas na 50 jaar mag plaatsvinden (NB buitengewoon kadeonderhoud dus niet meegerekend). Met deze perioden wordt rekening gehouden om een bepaalde marge toe te passen op de afkeurgrens.

Aanleghoogte

De aanleghoogte dient zodanig te worden gekozen dat de kruin tot het eind van de planperiode (na zettingen) boven de leggerhoogte blijft. Voor de inschatting van de zettingssnelheid kan gebruik worden gemaakt van de zettingssnelheidskaart van Delfland, opgenomen in bijlage 4, of van eigen zettingsberekeningen op basis van lokaal grondonderzoek. De aanleghoogte is hierbij minimaal 0,10 m boven de leggerhoogte. Voor initiële klink wordt een marge van 0,05 m aangehouden.

Kruinbreedte

De kruinbreedte dient minimaal gelijk te zijn aan de huidige kruinbreedte (of legger) met een minimum van 1,50 m. Voor nieuwe keringen wordt een minimale kruinbreedte van 2 meter aanbevolen.

Binnentalud

De helling van het binnentalud moet voldoen aan de minimale stabiliteitsfactor die geldt voor de binnenwaartse stabiliteit en dient minimaal gelijk te zijn aan 1:3 (eis vanuit beheer & onderhoud en robuustheid). Alleen met een goede motivatie of afstemming kan hiervan worden afgeweken.

Wateroverspanningen

Tijdens de uitvoering van de kadeverbetering kunnen er als gevolg van grondaanvullingen wateroverspanningen optreden. Deze wateroverspanningen nemen naar verloop van tijd weer af tot het oorspronkelijke niveau, maar hebben een negatieve invloed op de stabiliteit van de regionale waterkering. Tijdens de uitvoering mag de schadefactor tijdelijk minimaal 0,85 bedragen. Indien niet kan worden voldaan aan deze eis tijdens de uitvoering omdat de waterkering een (aanzienlijk) lagere schadefactor heeft, moet de stabiliteit minimaal gelijk zijn aan de stabiliteit van de huidige situatie of verbeteren met iedere ophoogslag. In de situatie dat met meerdere ophoogslagen gewerkt moet worden, moet vooraf een ophoogplan worden opgesteld en moet tijdens de uitvoering worden gemonitord conform bijlage 7.

(Boezem)peil (buitendijks)

Belastingssituatie 'hoogwater'

Voor het ontwerppeil van de regionale waterkeringen wordt het Maatgevend Boezempeil gebruikt (bijlage 3). In het kader van robuustheid wordt hierop een toeslag gehanteerd van 0,10 m. Het ontwerppeil wordt gehanteerd bij de stabiliteitsbeoordeling en niet bij de bepaling van de kruinhoogte.

Belastingssituatie 'droogte'

Voor de belastingssituatie droogte wordt het laagste peil aangehouden, verminderd met 0,05 m. Indien het werk een waterkerende constructie betreft wordt het laagste peil aangehouden, verminderd met 0,20 m.

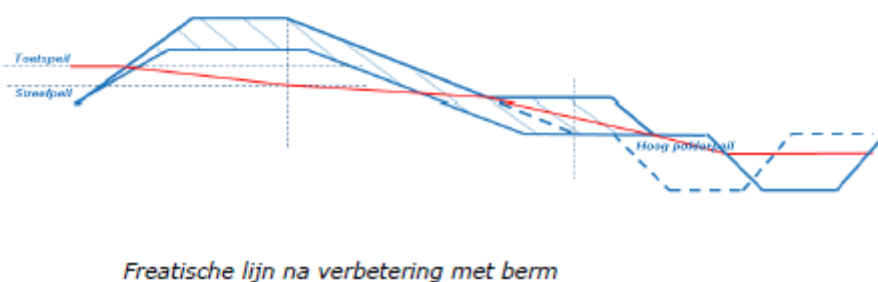
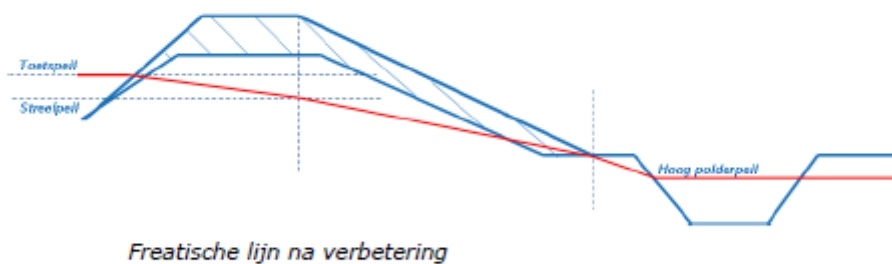
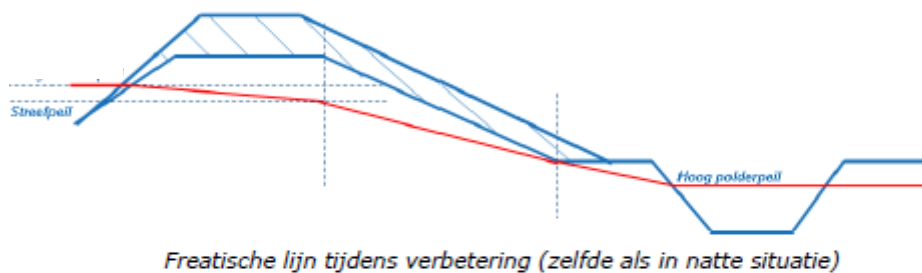
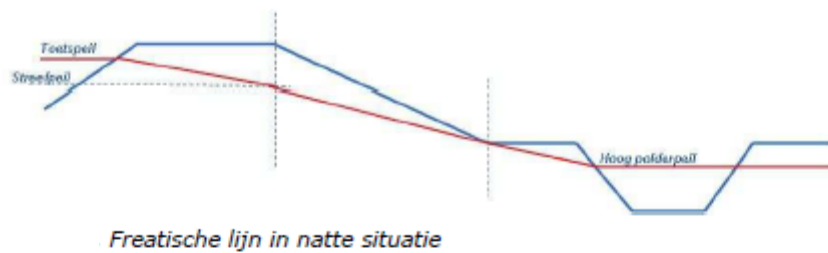
Polderpeilen (binnendijks)

De maatgevende polderpeilen en de toelaatbare peilstijgingen zijn vastgelegd in de peilbesluiten en eventuele relevante watervergunningen (op te vragen bij Delfland). Indien nodig worden in overleg met team Peilbeheer toeslagen op het peil bepaald (standaard kan hiervoor 0,20 m worden aangehouden).

Freatische lijn en stijghoogte in watervoerende lagen

De freatische lijn, stijghoogte tussenzandlaag en pleistoceen worden geschematiseerd op basis van lokaal onderzoek naar de grondwaterstand (inclusief een opzet voor maatgevende omstandigheden). Indien beschikbaar kan gebruik worden gemaakt van de gegevens uit de toetsrapportage (na te vragen bij Delfland). Het verloop van de waterspanningen is een belangrijk uitgangspunt voor de berekeningen en moet worden toegelicht in het ontwerp.

Over het algemeen wordt bij de belastingssituatie 'hoogwater' uitgegaan van onderstaande schematisaties. Indien geen teensloot aanwezig is (of op meer dan 15 meter afstand gelegen is) dan dient de hoogte van het maaiveld te worden aangehouden.



Bij de belastingsituatie 'droogte' (buitenwaartse stabiliteit) wordt over het algemeen een verlaagde grondwaterstand in de waterkering aangehouden.

Indien het waterkeringontwerp aanleiding geeft tot herbeschouwing van de uitgangspunten dan wordt dit beschreven/ onderbouwd op basis van expert judgement (of op basis van nader onderzoek).

Invloed DSM-Gist onttrekking Delft

Indien de locatie binnen de invloedszone (meer dan 0,5 m toename in eerste watervoerende pakket, pleistoceen) van de DSM-Gist onttrekking gelegen is, wordt hier rekening mee gehouden in het ontwerp. Hierbij wordt uitgegaan van de conservatieve aanname dat DSM-Gist volledig is gestopt met de grondwateronttrekking, zie kaart in bijlage 5 Stijghoogte-toename DSM (gem stijghoogte DSM 0 m³/ h).

Toepassing van grond

Geotechnische uitgangspunten ten behoeve van het ontwerp worden bepaald aan de hand van het beschikbare geotechnisch onderzoek. Indien noodzakelijk kan aanvullend onderzoek worden uitgevoerd. In bijlage 6 zijn de eisen voor het grond- en laboratoriumonderzoek opgenomen. Voor de classificatie van grondsoorten en bepalen van de sterkte wordt gebruik gemaakt van de Proevenverzameling Delfland (bijlage 9). De keuze voor een bepaalde categorie klei die in een situatie dient te worden toegepast, wordt gemaakt op grond van de functie die vervuld moeten worden en de wijze waarop die functie doelmatig en efficiënt vervuld kunnen worden hierbij wordt verwezen naar TAW rapportage mei 1997: hoofdstuk 5 Beoordeling klei (TAW)

Hierbij specifiek aandacht schematisatie van het volumiek gewicht van de toe te passen grond, dit omdat het niet altijd duidelijke is welke (gebiedseigen) grond gebruikt kan worden. Een veilige waarde voor het volumieke gewicht van klei welke in de steunberm wordt toegepast is 16 kN/m.

Categorie 1 (erosieklasse 1) wordt gebruikt bij herstelwerkzaamheden of verbetering van het buitentalud/ de oeverlijn of indien een kleikist wordt aangebracht.

Categorie 2 (erosieklasse 2) wordt gebruikt voor deklaag van het binnentalud, steunberm en kruin.

Steunberm

Indien een steunberm met zand wordt aangebracht dan dient de deklaag van klei minimaal 0,60 m dik te zijn. Bij een slootverplaatsing wordt de oude sloot gevuld met zand (en afgedekt met klei). De steunberm wordt voldoende afwaterend aangelegd.

Grasmat (toplaag)

De toplaag van de kade dient te worden voorzien van een goede doorwortelde grasmat. De in te zaaien oppervlaktes dienen na een kadeophoging eerst te worden gefreesd tot een bewerkingsdiepte van 10 cm. Na dit frezen dient direct voorafgaande aan het zaaien de grond zaaiklaar gemaakt te worden door het verkrumelen van de bovenste 2 tot 3 cm. Indien de ondergrond bestaat uit klei met erosieklasse 1 (of voorbewerking niet mogelijk is) dient deze ondergrond met een voedingsrijke toplaag (3 – 5 cm) te worden afgedekt ter bevordering van een goed doorgroeide grasmat. Gezien maatwerk (o.a. weersomstandigheden, geschiktheid ondergrond) kan in overleg met Delfland van de bovenstaande richtlijnen worden afgeweken. Een optie bij particuliere tuinen is het aanbrengen van graszoden.

<p><i>Delfland stimuleert het gebruik van (lokale) bloemrijke zaadmengsels (mengsel van Cruydhoeck), of zaadmengsel D2, dit afhankelijk van het gebruik van de kade. Type BG5 wordt toegepast als de kade wordt beweide met schapen (i.v.m. engels raaigras-percentage). Zaaiperiode kan afhankelijk zijn van het zaadmengsel (in overleg met Delfland).</i></p>
--

Verkeersbelasting

Indien er sprake is van een wegverharding op de waterkering dient rekening te worden gehouden met een bovenbelasting vanuit verkeer van 13 kN/m² (zware belasting conform LTVRW) over 2,5 m breedte (ter plaatse van de wegverharding). Indien een zeer zware belasting mogelijk is op de waterkering dient een hogere verkeersbelasting aangehouden te worden. Onderbouwning van de verkeersbelasting gerelateerd aan de maximale asbelasting is dan een vereiste.

Bij waterkeringen zonder wegverharding is het toepassen van verkeersbelasting afhankelijk van de uitvoermethode. Wanneer het werk vanaf het water of polderzijde kan worden uitgevoerd (niet zijnde de kruin of het boventalud), dan hoeft geen verkeersbelasting in rekening te worden gebracht (indien verkeersbelasting onder maatgevende omstandigheden kan worden uitgesloten). Indien op de kruin of het boventalud moet worden gewerkt (bereikbaarheid, snelheid) dan dient rekening te worden gehouden met 5 kN/m^2 , over 2,5 m breedte (uitgaande van uitvoering met kraan van 8 ton op rupsbanden).

Bij damwandconstructies zijn lokale drukken meer van belang, omdat deze zijn opgebouwd uit gedrongen constructieve elementen. Bij constructies kunnen de bovengenoemde belastingen worden aangehouden mits de afstand tussen de rand wegverharding en constructie groter is dan 3 meter.

Zandzakken

In het ontwerp wordt rekening gehouden met belasting door zandzakken van $0,5 \text{ kN/m}^2$ over een breedte van een 0,5 m op de kruin van de waterkering (alleen bij de belastingssituatie 'hoogwater').

2.2 Ontwerpeisen bijzondere waterkerende constructies (aanvullend op 2.1)

In de vergunningverlening komt het geregeld voor dat er gesproken wordt over harde constructies als (deel van de) waterkering. Verschillende termen worden gebruikt als het gaat om een harde constructie als (deel van) de waterkering: vervangende waterkering, (bijzonder) waterkerende constructie, ondersteunend kunstwerk, of combinaties van voornoemde termen. In wezen gaat het allemaal om hetzelfde: een harde constructie die nodig is om de waterkering te laten voldoen aan de veiligheidsnorm. Dit kan een stalen damwand zijn die tientallen meters diep tot in de draagkrachtige pleistocene zandlaag is aangebracht, maar ook stevige houten planken van enkele meters lengte die in de teen van een dijk zijn aangebracht om afschuiven van het binnentalud te voorkomen.

Bijzondere waterkerende constructies zorgen voor complexer en duurder beheer. Daarom prefereert Delfland waterkeringen in grond boven toepassing van constructies. In de beleidsregel is dit streefbeeld terug te lezen doordat bijzondere waterkerende constructies alleen mogen worden toegepast als een waterkering in grond niet mogelijk is en de belangen van het medegebruik groot zijn.

De waterkering dient ontworpen te worden conform vigerende normen, leidraden en voorschriften. Specifieke documenten die aanvullend (zie 1.2.1) van toepassing zijn:

- STOWA- Leidraad waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen
- CUR-publicatie 166 Damwandconstructies
- Leidraad Kunstwerken
- Eurocode

Bij de start van nieuwe projecten dient te worden bekeken wat de nieuwste richtlijnen of beleidsdocumenten zijn. Vooroverleg met Delfland hierover is gewenst. De beleidsdocumenten van Delfland zijn te vinden op de website www.hhdelfland.nl. Inzicht in de nieuwste leidraden, richtlijnen en normen is te vinden via internet bij de beherende organisaties.

De algemene veiligheidseisen zijn hetzelfde als bij een kering in grond.

Beheer

Bijzondere waterkerende constructies zorgen voor complexer en duurder beheer. Deze constructies zijn moeilijker om te inspecteren en te toetsen dan conventionele grondkeringen. Met name is dit het geval naarmate de 'leeftijd' van de constructie hoger wordt waardoor de constructieve kwaliteit afneemt. Het feit dat constructies moeilijker te toetsen zijn, wordt weerspiegeld in onder andere hogere toetskosten. Tevens zijn harde constructies minder flexibel om aan te passen, en zijn de kosten van onderhoud en versterking in de regel hoger dan bij een waterkering in grond. Al met al zorgen harde constructies voor een intensivering en kostenverhoging van de waterkeringszorg. Daarom worden bijzonder waterkerende constructies meestal voor een langere technische levensduur dan grondconstructies ontworpen. Bij aanleg van een constructie moeten afspraken worden gemaakt tussen Delfland en de initiatiefnemende partij. Afspraken over wie het buitengewoon onderhoud doet, wie de (meer)kosten voor het beheer op zich neemt en hoe deze afspraken worden vastgelegd. In beginsel liggen de beheerkosten bij de initiatiefnemende partij.

Legger

De bijzondere waterkerende constructie wordt opgenomen in de legger, zodat de waterkering hierop kan worden onderhouden. Hiervoor doorloopt Delfland een leggerwijzigingsprocedure. In de legger worden ook de onderhoudsplichtigen van de waterkering opgenomen. Uitgangspunt is dat het buitengewoon onderhoud van een bijzondere waterkerende constructie door de initiatiefnemer op zich wordt genomen.

Het leggerprofiel en breedte van de zone waterstaatswerk wordt bepaald op basis van berekeningen van alle relevante faalmechanismen. De relevante faalmechanismen betreffen in ieder geval de constructie plus het (berekende) minimaal benodigde grondlichaam.

Veiligheidsniveau

De provincie Zuid-Holland heeft alle regionale keringen genormeerd. Voor de polderkaden zijn door Delfland eigen veiligheidsnormen vastgesteld. Delfland adviseert voor alle land-scheidingen in overleg te treden over het aan te houden veiligheidsniveau. Voor het veiligheidsniveau (schadefactor) wordt verwezen naar paragraaf *Schadefactor*.

Aanvullend geldt voor constructies het volgende:

Veiligheids-klasse	Normfrequentie	Betrouwbaarheidsindex	Gevolgschade (MEuro)	Sterkte-eis Eurocode
I	1/10 jaar	2,3	0 - 8	RC1
II	1/30 jaar	2,7	8 - 25	RC1
III	1/100 jaar	3,1	25 - 80	RC1
IV	1/300 jaar	3,4	80 - 250	RC2
V	1/1000 jaar	3,7	> 250	RC2

Veiligheidsniveaus conform de Waterverordening Zuid-Holland en de Leidraad Waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen

Het ontwerp dient makkelijk aanpasbaar te zijn aan eventuele toekomstige ontwikkelingen. Bij het ontwerp moet beoordeeld worden of toekomstige ontwikkelingen voorzien zijn die een aanpassing in veiligheidsklasse tot gevolg hebben (bijvoorbeeld de aanleg van een nieuwbouwwijk in een onbebouwde polder kan tot gevolg hebben dat de economische schade bij een overstroming zodanig toeneemt dat de kade een hogere veiligheidsklasse moet krijgen). Voor de polderkaden geldt een sterkte-eis van RC1.

Planperiode en technische levensduur

Als gevolg van doorgaande zettingen en veranderingen van de eisen en randvoorwaarden is de werkelijke veiligheid van de waterkering aan verandering onderhevig. Bij het ontwerpen van een waterkering zijn daarom bepaalde perioden vastgesteld die aangehouden moeten worden.

Bijzonder waterkerende kunstwerken zijn meestal niet uitbreidbaar, tenzij daar bij het ontwerp en de bouw al rekening mee is gehouden. Om deze reden wordt voor een bijzonder waterkerend kunstwerk veelal een langere planperiode gekozen dan bij een kering in grond. De keuze voor de planperiode is onder meer afhankelijk van:

- de periode waarbinnen geen grote aanpassingen aan het watersysteem zijn voorzien
- een financiële overweging van de investeringen op korte en lange termijn
- de aard en omvang van het werk.

De keuze voor de technische levensduur is aan de onderhoudsplichtige. Voor bijzonder waterkerende constructies wordt in de Leidraad Waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen de suggestie gedaan om een planperiode van 50-100 jaar aan te houden. Het kan daarbij nuttig zijn om voor de onderbouw en de fundering een langere planperiode aan te houden dan voor de bovenbouw, zodat uitbreiding of verhoging van het waterkerende kunstwerk in een later stadium mogelijk is. In het kader van robuustheid houdt Delfland een minimale planperiode aan van 50 jaar.

Aanleghoogte

De bovenkant van de bijzonder waterkerende constructie dient zodanig te worden gekozen dat deze tot het eind van de levensduur (inclusief zettingen) boven de leggerhoogte blijft. Voor de inschatting van de zettingssnelheid kan gebruik worden gemaakt van de zettingssnelheidskaart van Delfland, opgenomen in bijlage 4, of van eigen zettingsberekeningen op basis van lokaal grondonderzoek.

Indien de bijzonder waterkerende constructie aantoonbaar zettingsvrij wordt aangelegd (door deze bijvoorbeeld tot in het pleistocene zand te funderen) kan als minimale hoogte de leggerhoogte plus de robuustheidstoetslag van 0,05 m worden aangehouden.

Een betonnen deksloof op een stalen damwand mag voor de hoogte meegerekend worden mits deze constructief verbonden is met de damwand en een levensduur heeft gelijk aan de levensduur van de damwand.

Veiligheidsfactoren constructie

Uitgangspunt voor het ontwerp van een constructie is een type II constructie uit de Leidraad Kunstwerken. Voor de partiële veiligheidsfactoren (materiaalfactoren en sterkteparameters) kan veiligheidsklasse II (CUR 166) worden aangehouden.

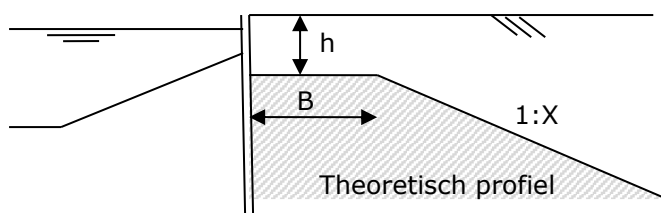
De grondparameters ten behoeve van damwandberekeningen kunnen ook in overleg met Delfland middels de proevenverzameling van Delfland worden bepaald. Hierbij is een vertaling gemaakt van Sigma (σ) tau τ rekenwaarden (kPa) naar Phi θ en c rekenwaarden (kPa).

Grondlichaam achter constructie

Het theoretisch profiel van het minimaal benodigde grondlichaam achter de bijzonder waterkerende constructie moet voldoen aan de minimale stabiliteitsfactor die geldt voor de binnenwaartse stabiliteit. Het theoretisch grondprofiel van het grondlichaam achter damwandconstructie, welke nodig is om aan de stabiliteitseis te voldoen, dient in de legger te worden opgenomen (onderbouwd met een berekening).

Hierbij dienen de volgende afmeting te worden beschreven:

- Ontgraving ten opzichte van bovenkant constructie, h
- Breedte van de theoretische kruin, B
- Helling van het binnentalud tenminste 1:X



Constructie met als doel keren van hoogte.

Indien de benodigde kruinbreedte in grond door beperkte ruimte niet realiseerbaar is, kan er mogelijk een constructie worden toegepast. Voor waterkeringen met geen of geringe kerende hoogte (kaden waarbij maaiveld polderzijde minder dan 0,3 meter verschilt met het streefpeil) is het niet nodig een berekening uit te voeren. Bij waterkeringen met geen of geringe kerende hoogte heeft de constructie als hoofddoel het keren van de hoogte en niet het borgen van de stabiliteit. In overleg met Delfland dient een deugdelijke constructie aangebracht te worden welke het verantwoord de kruinbreedte te versmallen (bijvoorbeeld een zware beschoeiing in combinatie met een L-wandconstructie/ damwand aan de polderzijde). Voorwaarde hierbij is dat er geen (zwaar)verkeer op de kruin van de kade mogelijk is of dat er een zogenaamde "peilval" kan plaatsvinden. Dit wordt door Delfland gecontroleerd (toetsing). Verder is in verband met de buitenwaartse stabiliteit (oever) de aanwezigheid van het "onderwaterbeloop buitentalud" (standaard 1:2 tot leggerdiepte) een aandachtspunt.

Verankering (constructie)

Verankering van de constructie heeft niet de voorkeur, omdat door de aanwezigheid van ankers een potentiële kwelweg ontstaat. Indien (bijvoorbeeld vanuit maatschappelijk (kosten) oogpunt) ankers gewenst zijn dienen maatregelen getroffen te worden om lekkage langs de ankers te voorkomen. Bijvoorbeeld door het toepassen van een kleikist of kwelscherm aan de waterzijde.

Verplaatsing (constructie)

De horizontale verplaatsing van de bovenkant van de constructie bedraagt maximaal 50 mm. Indien geen belendingen (woningen, wegen) is een horizontale verplaatsing van 100 mm toegestaan.

Verdroging

De aanwezigheid van een damwand bevordert verdroging en zetting van het dijklichaam doordat het infiltratie van water vanuit de watergang belemmert. In de volgende gevallen is het nodig de kering "nat" te houden:

- damwandstrekkingen die langer zijn dan 20 m;
- kaden die grotendeels uit veen of humeuze klei zijn opgebouwd;
- nabij bebouwing die is gefundeerd op staal of houten palen.

De volgende maatregelen zijn mogelijk om verdroging te voorkomen:

- De bovenkant van de damwand onder de waterlijn te laten eindigen (mits aan de Hoogte geen eisen worden gesteld), waardoor verdroging wordt voorkomen.
- Aan de landzijde van de damwand, wordt een grindkoffer met een gronddichte waterdoorlatende filterdoek aangebracht. In het midden van de grindkoffer dient een infiltratiedrain \varnothing 150 mm te worden aangebracht. Om de twintig meter dient er een (afsluitbare) verbinding te worden gemaakt met het boezemwater. Aan beide uiteinden en om de 40 m dienen inspectieputten te worden aangebracht. De infiltratievoorziening mag geen kortsluiting veroorzaken tussen het boezemwater en de achterliggende polder.
- Het staffelen van de damwand.

Het aanbrengen van gaten in de damwand zonder "filtervoorzieningen" moet worden voorkomen. In geval er geen filtervoorziening wordt aangebracht, zal de grond achter de damwand wegspoelen waardoor gaten achter de damwand kunnen ontstaan en de waterkerendheid wordt aangetast.

Dubbelfunctie

Uitgangspunt is dat de bijzondere waterkerende constructie geen dubbele functie mag hebben. Deze dient dus alleen als waterkering en niet als bouwkuip of tunnelwand.

Aansluitconstructies

De aansluitconstructie van de bijzondere waterkerende constructie op het naastliggende grondlichaam wordt zodanig uitgevoerd dat geen achterloopsheid kan optreden. Over het algemeen is het doorzetten van de constructie met 5 m voldoende.

Uitvoeringsmethode en monitoring

Damwanden moeten zodanig voorzichtig en met daartoe geschikt materieel worden aangebracht, dat de stabiliteit van de waterkering niet wordt aangetast. Ten behoeve van de uitvoering dient een monitoringsplan te worden opgesteld (als handreiking kan hiervoor bijlage 7 worden gebruikt). In het monitoringsplan moeten waarschuingswaarden en uiterste grenswaarden (interventiewaarden) zijn opgenomen waarbij de werkzaamheden moeten worden stilgelegd.