



Voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk

Datum	16 maart 2020
Status	Definitief

Colofon

Titel	Voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk.
Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Informatie	Henk van Hemert RWS WVL
Uitgevoerd door	H&k Waterkering Beheer BV m.m.v. Ambient Advies B.V. in opdracht van Rijkswaterstaat WVL
Datum	16 maart 2020
Status	Definitief
Versienummer	03

Inhoud

Inleiding—10

1 Regionale waterkeringen van het Rijk—13

2 Algemene uitgangspunten—15

- 2.1 Proces van de toets op veiligheid—15
- 2.1.1 Uitwerking toets op veiligheid—15
- 2.1.2 Werkzaamheden bij aanvang toetsing—15
- 2.2 Technisch-inhoudelijke uitgangspunten—17
- 2.2.1 Toetsinstrumentarium—17
- 2.2.2 Afwijkingen van het toetsinstrumentarium—18
- 2.2.3 Geen compartimenterende functie—18
- 2.2.4 Peildatum—18
- 2.2.5 Omgang met voorgenomen maatregelen—18
- 2.2.6 Niet-waterkerende objecten—19
- 2.2.7 Waterkerende kunstwerken—19
- 2.2.8 Siphons, duikers en hevels—19
- 2.3 Schematisch overzicht toetsing—19

3 Belastingen—22

- 3.1 Belastingssituaties—22
- 3.1.1 Situatie hoogwater—22
- 3.1.2 Situatie laagwater—22
- 3.1.3 Situatie droogte—22
- 3.2 Hydraulische randvoorwaarden—23
- 3.2.1 Waterstanden—23
- 3.2.2 Waterstandsverlopen—24
- 3.2.3 Hoge windsnelheid—25
- 3.2.4 Golfrandvoorwaarden—27
- 3.3 Aanvaringen—28
- 3.4 Stabiliteit buitenwaarts: val kanaalwaterstand—28
- 3.5 Verkeersbelasting—30
- 3.6 Aardbevingen—31
- 3.7 Stijghoogte zandondergrond—31

4 Voorbereidende werkzaamheden toetsing per kanaal—32

- 4.1 Beschrijving van de stappen—32
- 4.1.1 Definiëren tracé—32
- 4.1.2 Definiëren aanpak—32
- 4.1.3 Verzamelen van benodigde gegevens—32
- 4.2 Aanvullende opmerkingen—34

5 Technische beoordeling—35

- 5.1 Beschrijving van de stappen—35
- 5.1.1 Eenvoudige technische beoordeling—35
- 5.1.2 Nader (grond-) onderzoek—36
- 5.1.3 Gedetailleerde technische beoordeling—37
- 5.1.4 Geavanceerde technische beoordeling—37

- 5.2 Aanvullende opmerkingen—37
- 5.2.1 Kadefakindeling (schematisering)—37
- 5.2.2 Gevoeligheidsanalyse—38
- 5.2.3 Grondmechanische eigenschappen—38
- 5.2.4 Geometrie dwarsprofiel—38
- 5.2.5 Freatische grondwaterstand kadelichaam—38
- 5.2.6 Hoogte—39
- 5.2.7 Piping—40
- 5.2.8 Stabiliteit binnenwaarts—41
- 5.2.9 Stabiliteit buitenwaarts—42
- 5.2.10 Micro-stabiliteit—42
- 5.2.11 Bekleding—42
- 5.2.12 Niet-waterkerende objecten—42
- 5.2.13 Waterkerende kunstwerken—43
- 5.2.14 Hoge gronden—44
- 5.2.15 Oeverconstructies—44

6 Beheerdersoordeel—46

- 6.1 Beschrijving van de stappen—46
- 6.1.1 Verzamelen beschikbare informatie—46
- 6.1.2 Beoordelen beschikbare informatie—46
- 6.1.3 Opstellen concept beheerdersoordeel—46
- 6.1.4 Validatie en vaststellen definitief beheerdersoordeel—46
- 6.2 Aanvullende opmerkingen—47
- 6.2.1 Opstellen beheerdersoordeel—47
- 6.2.2 Uniforme werkwijze opstellen—47
- 6.2.3 Beheerdersoordeel per toetsspoor—47
- 6.2.4 Vermenging beheerdersoordeel in de technische beoordeling—47
- 6.2.5 Betrekken aanvullend beschouwde situaties en belastingen—47
- 6.2.6 Kwaliteitseisen beheerdersoordeel—48
- 6.2.7 Beheerdersoordeel over de hydraulische randvoorwaarden—48

7 Opstellen veiligheidsoordeel—49

- 7.1 Beschrijving van de stappen—49
- 7.1.1 Vergelijking technische score en beheerdersoordeel—49
- 7.1.2 Uitvoeren nader onderzoek—49
- 7.1.3 Bijstellen Technische score of het Beheerdersoordeel—49
- 7.1.4 Definitieve vergelijking technische score en beheerdersoordeel—50
- 7.1.5 Afweging technische score en beheerdersoordeel per toetsspoor—50
- 7.1.6 Veiligheidsoordeel per toetsvak (van de beheerder)—50
- 7.2 Aanvullende opmerkingen—51
- 7.2.1 Aanleiding 'Nader onderzoek'—51
- 7.2.2 Aanpak kaden met veiligheidsoordeel 'voldoet niet aan de norm'—51

8 Rapportage van de veiligheid—52

- 8.1 Presentatie van de veiligheid—52
- 8.2 Rapportage van de veiligheidstoetsing per kanaal—52

9 Referenties—54

Bijlage A Hydraulische randvoorwaarden andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk—56

Bijlage B Aanwijzingen voor de aanpak per kanaal—79

A1.	Twentekanalen—79
A2.	Maas-Waal kanaal—81
A3.	Julianakanaal—82
A4.	Markkanaal—84
A5.	Wilhelminakanaal—85
A6.	Maximakanaal—85
A7.	Wessem – Nederweert—86
A8.	Noordervaart—87
A9.	Kanaaldijken Zuid-Willemsvaart—87
A10.	Amsterdam – Rijnkanaal en Lekkanaal—88
A11.	Betuwepand Amsterdam- Rijnkanaal—89
A12.	Kanaal van Gent naar Terneuzen—90
A13.	A2—92
A14.	Drongelens Kanaal—92
A15.	Schelde-Rijnverbinding verbinding (Kanaaldijk Kreekrakpolder)—92

Bijlage C Nadere aanwijzingen voor de toets op hoogte—93

Bijlage D Werkwijze uniforme bepaling minimum veiligheidsprofiel—95

Bijlage E Format voor het opstellen van het beheerdersoordeel—100

Bijlage F Format rapportage van de toets op veiligheid—103

Inleiding

Aanleiding

De Wet op de waterkering (1996) schreef een vijfjaarlijkse veiligheidstoetsing van de primaire waterkeringen voor¹. Na de totstandkoming van de Wet op de waterkering is geconstateerd dat het eveneens wenselijk is om voor de regionale waterkeringen algemene regels ter bescherming van de veiligheid op te stellen. In de Vierde Nota waterhuishouding (NW4) is het actiepunt opgenomen dat provincies en waterschappen normen ontwikkelen voor de veiligheid van niet-primaire waterkeringen.

In 2004 is door de Unie van Waterschappen (UvW) en het Inter-Provinciaal Overleg (IPO) de Visie op regionale waterkeringen (2004) opgesteld. Hierin wordt aangegeven welke niet-primaire waterkeringen als regionale kering genormeerd en aangewezen zouden moeten worden. Door de provincies is de aanwijzing en normering voor een belangrijk deel van deze keringen gerealiseerd. Waterschappen zijn momenteel aan het toetsen en verbeteren.

De niet primaire, regionale, keringen in beheer van het Rijk zijn echter nog niet getoetst. Om deze keringen te kunnen toetsen, heeft het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) de keringen in het beheer van het Rijk aangewezen en genormeerd, conform de werkwijze beschreven in de "Visie op regionale Waterkeringen". De normen voor de niet primaire, regionale, keringen in beheer bij het Rijk zijn met ingang van 1 juli 2016 in het Waterbesluit opgenomen. Het Directoraat generaal Ruimte en Water heeft de DG Rijkswaterstaat gevraagd deze keringen te toetsen.

Het doel van de toetsing is om alle regionale keringen in beheer van het Rijk een veiligheidsoordeel te geven.

Uitvoering

De toetsing van de regionale waterkeringen in beheer van RWS wordt uitgevoerd tot/met de gedetailleerde analyse. Indien nodig zal alvorens het verbeterprogramma nader onderzoek en/of een geavanceerde analyse worden uitgevoerd.

Voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk.

De minister van I&M is verantwoordelijk voor het vaststellen van de technisch inhoudelijke voorschriften voor de toetsing van de regionale keringen in beheer van het Rijk: het voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk.

Het voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk beschrijft uitgangspunten en aanwijzingen ten aanzien van de werkwijze van de toetsing. Om te komen tot een oordeel over de veiligheid van de keringen moet de toetsing volgens deze werkwijze worden doorgelopen.

Vanwege de relatie met het proces worden tevens enkele uitgangspunten ten aanzien van het toetsproces beschreven, welke als randvoorwaarde gelden bij dit voorschrift.

¹De Wet op de Waterkering is overgaan in de Waterwet (2009). De huidige toetsperiode voor de primaire waterkeringen is 12 jaar (Waterwet 2014).

Rollen en verantwoordelijkheden

De rollen en verantwoordelijkheden van de verschillende partijen zijn opgenomen in de tabel hieronder.

Tabel 1 Overzicht van de in de toetsing betrokken partijen met hun rollen en verantwoordelijkheden.

Partij	Rol
Directoraat-generaal Ruimte en Water (DGRW)	• Opdrachtgever voor het uitvoeren van de toetsing van de regionale waterkeringen in beheer van RWS. • Opdrachtgever voor het houden van toezicht, door de ILT, op de uitvoering van de toetsing. • Verantwoordelijk voor het opstellen en beschikbaar stellen van de normen, het toetsinstrumentarium, de Hydraulische randvoorwaarden (HR) en het draaiboek. • Verantwoordelijk voor het houden van een evaluatie aan het einde van de toetsperiode.
Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT)	• Houdt toezicht op de uitvoering van de toetsing door de RWS beheerders van de regionale keringen en brengt hierover verslag uit aan de Minister.
RWS	• Beheerder regionale kanaaldijk. • Verantwoordelijk voor het uitvoeren van de toetsing.

De organisatie van RWS is opgebouwd uit landelijk opererende organisatieonderdelen en regionaal opererende onderdelen. Verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de regionale keringen zijn de regionale onderdelen van RWS. In hoofdstuk 1 van dit voorschrift wordt per regionale waterkering aangegeven welke organisatieonderdeel hiervoor verantwoordelijk is. De regionale onderdelen van RWS worden in het voorschrift ook beheerders genoemd.

De rollen en verantwoordelijkheden bij de toetsing van de verschillende partijen binnen de RWS organisatie zijn opgenomen in het *Interne draaiboek RWS Toets op veiligheid regionale waterkering*.

Begrippen en definities

Voor begrippen en definities wordt verwezen naar de Helpdesk Water:

<http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/regionale/>

Leeswijzer

Dit document is opgebouwd als:

- Hoofdstuk 1: geeft de regionale keringen in beheer van Rijkswaterstaat aan;
- Hoofdstuk 2: beschrijft het proces op hoofdlijnen en de uitgangspunten van de toetsing;
- Hoofdstuk 3: specificeert de bepaling van de belastingen;
- Hoofdstuk 4: specificeert de benodigde voorbereidingen voorafgaand aan de start van de toetsing;
- Hoofdstuk 5: bevat de instructies voor de uitwerking van het technische oordeel;
- Hoofdstuk 6: bevat de aandachtspunten voor het opstellen van het beheerdersoordeel;
- Hoofdstuk 7: bevat de aandachtspunten voor het opstellen van het veiligheidsoordeel;
- Hoofdstuk 8: bevat de wijze van rapporteren;
- Hoofdstuk 9: bevat de referenties (literatuurlijst).

Bijlage A: Hydraulische randvoorwaarden;

Dit documenten bevat ook praktische aanwijzingen voor de aanpak van de toetsing, passende binnen de kaders van dit voorschrift:

- Bijlage B: Specifieke aanwijzingen voor de veiligheidstoets voor individuele kanalen, op basis van lokale kenmerken van de kanalen;
- Bijlage C: Nadere aanwijzingen voor de toets op hoogte;
- Bijlage D: Werkwijze uniforme bepaling minimum veiligheidsprofiel;
- Bijlage E: Format voor het opstellen van het beheerdersoordeel;
- Bijlage F: Format rapportage van de toets op veiligheid.

1 Regionale waterkeringen van het Rijk

De regionale keringen in beheer bij het Rijk betreffen overwegend keringen langs vaarwegen (kanalen). Het betreft in totaal ca. 435 km kanaal, met een totaal lengte aan waterkeringen van 480 km. Deze lengte van de waterkeringen is exclusief de lengte van de oever van ingegraven kanaaldelen. Een overzicht is gegeven in tabel 1.1.

Tabel 1.1 Regionale keringen in beheer bij het Rijk (bewerking in RWS WVL, 2014)

Kanaaldijken langs	Kanaal-lengte	Lengte waterkering*	Veiligheids-norm	Organisatie-onderdeel	Provincie
	[km]	[km]	[per jaar]		
Maas-Waal kanaal	13	20,1	1/100	Zuid – Nederland	Gelderland
Julianakanaal	36	46,3	1/100	Zuid – Nederland	Limburg
Markkanaal	6	11,5	1/100	Zuid – Nederland	Noord-Brabant
Wilhelminakanaal	68	69,3	1/100	Zuid – Nederland	Noord-Brabant
Maxima kanaal	9	16,9	1/150	Zuid – Nederland	Noord-Brabant
Wessem – Nederweert	17	18,7	1/100	Zuid – Nederland	Limburg
Noordervaart	14	28,4	1/100	Zuid – Nederland	Limburg
Zuid-Willemsvaart	123	117,6	1/100 en 1/150	Zuid – Nederland	Noord-Brabant
A2	1,5	3,0	1/150	Zuid-Nederland	Noord-Brabant
Twentekanal	63	63,7	1/100	Oost – Nederland	Overijssel, Gelderland
Amsterdam-Rijnkanaal en Lekkanaal (oostelijke dijk)	61	37,9	1/100, 1/300 en 1/1000	Midden – Nederland	Utrecht (Noord-Holland)
Amsterdam-Rijnkanaal en Lekkanaal (westelijke dijk)	61	26,1	1/100, 1/300 en 1/1000	Midden – Nederland	Utrecht (Noord-Holland)
Betuwepand Amsterdam-Rijnkanaal	9	20,4	1/100	Midden – Nederland	Gelderland
Kanaal van Gent naar Terneuzen	14	37,5	1/100 en 1/300	Zee en Delta	Zeeland
Drongelense Kanaaldijk (westelijke zijde)	19	5	1/150	Zuid-Nederland	Noord-Brabant
Schelde-Rijn verbinding (Kanaaldijk Kreekrakpolder)	8,8	8,8	1/100	Zee en Delta	Zeeland
TOTAAL	ca. 523	ca. 531			

* De dijkvaklengte is exclusief de niet waterkerende kanaaloevers van ingegraven kanaaldelen.

Langs zgn. ingegraven kanalen heeft de kade soms geen waterkerende functie, het achterland heeft een maaiveldniveau tenminste gelijk aan de normwaterstand. Deze kaden dienen voor de instandhouding van het kanaal.

In de regionale keringen bevinden zich orde grootte 100 kunstwerken², bestaande uit scheepvaart- en uitwateringssluizen, in- en uitlaten, stuwen en gemalen. Tenslotte komen op, in of nabij de kaden niet-waterkerende objecten voor.

De normering van de keringen is recent uitgewerkt (RWS WVL, 2014), en gebaseerd op een combinatie van:

- Gevolgschade van een doorbraak (overstromingsschade en / of economische schade bij stremming van scheepvaart op het kanaal ten gevolge van een doorbraak, indien relevant);
- Bestuurlijke afspraken, teneinde aan te sluiten bij al overeengekomen veiligheidsnormen voor nabijgelegen of aansluitende waterkeringen

Bij de normering op basis van gevolgschade is de IPO Richtlijn (IPO, 1998) gehanteerd. Voor sommige ingegraven kanalen hebben de kaden geen waterkerende functie. Deze kaden zijn wel aangewezen, maar hebben daarbij geen norm gekregen. Waterkerende kunstwerken in dergelijke kaden zijn echter wel genormeerd, met als norm de hoogste norm van een nabijgelegen waterkering.

² De kunstwerken kunnen in beheer zijn bij zowel de Rijkswaterstaat als regionale waterbeheerders

2 Algemene uitgangspunten

2.1 Proces van de toets op veiligheid

Deze paragraaf beschrijft enkele uitgangspunten ten aanzien van het toetsproces die van belang zijn voor het Voorschrift toets op veiligheid niet primaire waterkeringen in rijksbeheer.

2.1.1 Uitwerking toets op veiligheid

De toets op veiligheid van de kanaaldijken zal mogelijk in gedeelten worden uitgevoerd. Daarbij kunnen delen worden beoordeeld door verschillende personen. Dit voorschrift bevat daarom ook aanwijzingen ten behoeve van een consistente beoordeling en uniforme rapportage van de toetsing. Bij de indeling in gedeelten zijn meerdere indelingen denkbaar:

- indeling in kanalen, al dan niet onderverdeeld in vakken voor gelijke omvang van de deelprojecten;
- indeling in projectfasen, al dan niet onderverdeeld in meerdere kanalen voor gelijke omvang van de deelprojecten.

Dit voorschrift gaat uit van een indeling per kanaal, waarbij een opdrachtnemer de toetsing voor een geheel kanaal (-vak) gefaseerd uitwerkt volgens onderstaande fasen:

Stap 1: Voorbereiding

- Definiëren van het te toetsen tracé
- Definiëren van de aanpak per kanaalvak
- Verzamelen van alle benodigde informatie

Stap 2a: Opstellen technisch oordeel

- Beoordeling veiligheid op eenvoudig niveau;
- Nader (grond-) onderzoek, opstellen en uitvoeren van benodigd (onderbouwd) nader onderzoek
- Beoordeling veiligheid op gedetailleerd niveau

Stap 2b: Opstellen beheerdersoordeel

- Verzamelen benodigde informatie voor beheerdersoordeel
- Formuleren en vaststellen beheerdersoordeel, inclusief interne validatie

Stap 2c: Opstellen veiligheidsoordeel

- Vergelijking en zo nodig afweging van de technische score en het beheerdersoordeel, per toetsspoor en vervolgens per toetsvak

Stap 3: Rapportage veiligheid kanaalkaden

Procesmatige aspecten van deze fasen worden beschreven in het draaiboek, dit voorschrift beschrijft de technische-inhoudelijke specificaties bij de uitwerking van deze fasen.

In de voorbereidende fase kunnen verkenningen worden uitgevoerd, gericht op zowel alle kanalen als per kanaal afzonderlijk (zie hoofdstuk 4 en bijlage B).

2.1.2 Werkzaamheden bij aanvang toetsing

De uitgangssituatie van de kanalen verschilt sterk:

- de veiligheid van de kaden is al beoordeeld, in directe opdracht van Rijkswaterstaat³:
 - o kanaal Gent – Terneuzen
 - o het Amsterdam – Rijnkanaal / Lekkanaal
 - o Betuwepand Amsterdam – Rijnkanaal
 - o Twentekanalen (met een zeer globaal karakter)
 - o Markkanaal
- de veiligheid van de kaden is al beoordeeld, door derden (waterschap):
 - o Zuid-Willemsvaart (stadstraverse Den Bosch)
- recent zijn (gedeeltelijk) maatregelen uitgevoerd, of zijn deze voorgenomen:
 - o Maxima – kanaal (nieuw kanaal)
 - o Zuid-Willemsvaart (deel Den Dungen – Veghel en bochtverbreding bij Laarbeek)
 - o Julianakanaal (voorgenomen)
 - o Noordervaart (voorgenomen)
 - o Twentekanalen (voorgenomen, 2018/2019)
- inventarisaties hebben redelijk complete hoeveelheid informatie opgeleverd:
 - o Twentekanalen;
 - o Julianakanaal.

Voor de overige kanalen lijkt beperkt informatie beschikbaar.

Vanwege dit verschil in uitgangssituatie zal de toets op veiligheid niet voor alle kanalen een zelfde aard en volgorde van de werkzaamheden kennen.

Voor kaden die al getoetst zijn (door RWS) kan de toetsing starten met de uitwerking van de aanbevelingen voor nader onderzoek, en kan op basis daarvan de toetsing voortvarend worden uitgevoerd. Ook moet in deze 'start' – fase beschouwd worden in welke mate de oordelen uit de eerdere toetsing kunnen worden overgenomen ondanks geringe wijzigingen in het toetspeil, dan wel welke verkenningen nodig zijn voor het generiek overnemen van de oordelen (per toetsspoor).

Voor kaden waarvan de veiligheid is beoordeeld door derden, dient de toetsing te worden gestart met een inhoudelijke controle van de eerdere beoordeling van de veiligheid. Mogelijk kunnen oordelen (of de gehele toetsing) worden overgenomen.

Voor veel kanalen is echter het recent vastgestelde toetspeil hoger dan een gehanteerde maatgevend hoge waterstand bij eventuele eerdere beoordelingen, met uitzondering van het Markkanaal. Een veiligheidsoordeel van een eerdere beoordeling kan dan strikt genomen niet worden overgenomen. Een eerder oordeel kan wel nuttig zijn, bijvoorbeeld omdat in sommige situaties de veiligheid ten aanzien van een faalmechanisme maar beperkt afhankelijk is van de kanaalwaterstand, of sprake is van een ruime veiligheidsmarge. Zodoende moet in geval van eerdere beoordelingen tevens worden beschouwd of oordelen uit de eerdere toetsing kunnen worden overgenomen ondanks geringe wijzigingen in het toetspeil, dan wel welke verkenningen nodig zijn voor het generiek overnemen van de oordelen (per toetsspoor).

Voor kanalen waar recent maatregelen zijn uitgevoerd kan de toetsing starten met een beoordeling van het ontwerp van de verbetermaatregelen (indien van toepassing op de kaden) inclusief beschouwing van revisietekeningen cq. gerealiseerde

³ Verkennende beoordelingen met een erg kwalitatief / globaal karakter zijn hierbij verwaarloosd

afwijkingen van het ontwerp tijdens de uitvoering. Specifiek voor het Maximakanaal geldt dat het gehanteerde ontwerppeil is overgenomen als vastgesteld toetspeil.

Voor kanalen waar maatregelen zijn voorgenomen kan de toetsing eveneens starten met een beoordeling van het (voorgenomen) ontwerp. Voorwaarde is dat de voorgenomen verbetering voor de peildatum is uitgevoerd. Specifiek voor de Noordervaart geldt dat het gehanteerde ontwerppeil is overgenomen als vastgesteld toetspeil.

Voor de resterende kaden dient te worden gestart met het verzamelen van gegevens, inclusief eventueel grondonderzoek.

Onderstaande tabel presenteert een overzicht.

Tabel 2.1 Werkzaamheden bij aanvang toetsing

Uitgangssituatie kanaal	Start toetsing met:	Inclusief:
Veiligheid al getoetst, door RWS	Beoordeling gelijkwaardigheid toetsing, inclusief toetspeilen	Verkenning of/hoe oordelen uit de eerdere toetsing kunnen worden overgenomen ondanks geringe wijzigingen, in bijv. het toetspeil (per toetsspoor)
Veiligheid al getoetst, door derden	Beoordeling gelijkwaardigheid toetsing, inclusief toetspeilen	Verkenning of/hoe oordelen uit de eerdere toetsing kunnen worden overgenomen ondanks geringe wijzigingen, in bijv. het toetspeil (per toetsspoor)
Verbetering uitgevoerd / voorgenomen*	Beoordeling gelijkwaardigheid voorgenomen ontwerp	Verkenning of/hoe het ontwerp kan worden overgenomen ondanks geringe wijzigingen, in bijv. het toetspeil (per toetsspoor)
Redelijk complete hoeveelheid informatie	Eenvoudige beoordeling	Bepaling aanvullend benodigde gegevens
Weinig gegevens bekend (ogenschijnlijk)	Verzamelen benodigde gegevens	-

* Voorwaarde is dat de voorgenomen verbetering voor de peildatum is uitgevoerd. Indien dit niet (zeker) het geval is, dient de huidige situatie te worden beoordeeld (zie ook par. 2.2.6).

* geringe wijzigingen zijn wijzigingen in de wijze van beoordelen of de hydraulische randvoorwaarden met een dusdanige geringe invloed op de toets op veiligheid dat deze niet leiden tot een afwijkend veiligheidsoordeel. Zulks dus ter bepaling in het kader van de gevraagde verkenningen.

2.2 Technisch-inhoudelijke uitgangspunten

2.2.1 Toetsinstrumentarium

Het toetsinstrumentarium voor de regionale keringen (STOWA) is in beginsel geschikt voor de toets op veiligheid van de kanaalkaden van Rijkswaterstaat. Voor de toets op veiligheid van Rijks regionale keringen worden de volgende voorschriften voorgeschreven:

:

- Leidraad Toetsen op Veiligheid regionale waterkeringen LTV2015. STOWA: 2015.
- Leidraad Waterkerende Kunstwerken in regionale waterkeringen LWK2011. STOWA: 2011
- Leidraad Toets op Veiligheid regionale keringen, LTV 2015 module E: niet waterkerende objecten. STOWA: 2015
- Leidraad Toetsen op Veiligheid regionale waterkeringen, LTV2015 module F: waterkerende kunstwerken. STOWA: 2015

Tabel 2.2 (in par. 2.3 specificeert de werkwijze per toetsspoor. Inhoudelijk kent de LTV2015 vooral veranderingen ten aanzien van de beoordeling van hoogte en piping t.o.v. de vorige leidraad. Benadrukt wordt dat dit VTV RWS prevaleert bij discrepanties met LTV2015.

2.2.2 *Afwijkingen van het toetsinstrumentarium*

Een kanaal als watersysteem en de kanaalkaden kennen enkele specifieke kenmerken, waardoor de uitwerking van de toets op veiligheid op enkele onderdelen is vereenvoudigd. Zie hiervoor de aanwijzingen in met name de hoofdstukken 5.

2.2.3 *Geen compartimenterende functie*

Bij de normering is geen rekening gehouden met een eventuele compartimenterende functie van de kanaalkaden bij een overstroming van de (primaire) dijkkringgebieden. Bij de toets op veiligheid wordt deze functie niet beschouwd, zodat deze functie in dit algemeen deel buiten beschouwing is gelaten.

2.2.4 *Peildatum*

De peildatum voor de toetsing betreft 31 december 2020. Dit houdt in dat bij alle uitgangspunten voor de toets op veiligheid rekening moet worden gehouden met verwachte autonome effecten tot 31 december 2020, zoals zetting van de kruin, bodemdaling en corrosie van damwanden. Indien relevant dienen de beschikbare gegevens te worden aangepast voor dergelijke autonome effecten, gerekend vanaf de datum van inwinning tot de peildatum.

2.2.5 *Omgang met voorgenomen maatregelen*

Voor verschillende kanalen zijn maatregelen aan de kade (onderhoud, verlegging), de oeverconstructie (damwanden) of het watersysteem voorgenomen. Deze maatregelen leiden tot een wijziging van de sterkte van de waterkeringen of een wijziging van de belasting (hydraulische randvoorwaarden). Voor een eenduidig beeld van de veiligheid van Rijks kanaaldijken moet bij de beoordeling van de veiligheid uniform worden omgegaan met voorgenomen maatregelen.

Het beeld van de veiligheid moet aansluiten op de (veronderstelde) werkelijkheid op de peildatum. Zodoende mag bij de toets op veiligheid alleen rekening worden gehouden met maatregelen aan de kanaalkaden⁴ waarvan (in voldoende mate⁵) zeker is dat deze op de peildatum zijn voltooid.

Indien sprake is van (voorgenomen) kadeverbeteringen die voltooid worden na de peildatum, kan dit leiden tot een onnodig ongunstig beeld van de veiligheid. In dergelijke gevallen moeten de betreffende kaden in de veiligheidsrapportage binnen de categorie kaden met de score 'voldoet niet' separaat worden beschreven. Het eindoordeel geeft zo inzicht in de kaden waarvan de veiligheid op de peildatum niet

⁴ Effecten van maatregelen die invloed hebben op de hydraulische randvoorwaarden zijn verwerkt in de HR

⁵ De maatregelen zijn in uitvoering of zijn geprogrammeerd

voldoet aan de norm, en het deel daarvan waar een verbetering is voorzien (incl. vermelding van de vermoedelijke datum waarop de verbetering is voltooid). Een hertoetsing op basis van de voorgenomen verbetering is niet benodigd.

2.2.6 *Niet-waterkerende objecten*

De potentieel risicovolle objecten moeten worden geïnventariseerd en getoetst volgens de toetsregels. Dit betreft dus niet alle niet-waterkerende objecten binnen de invloedssfeer van de kering. Zie verder hoofdstuk 6.

2.2.7 *Waterkerende kunstwerken*

De potentieel risicovolle kunstwerken moeten worden geïnventariseerd en getoetst volgens de toetsregels. Dit betreft kunstwerken waar bij een eventueel falen de hoeveelheid instromend water onder maatgevende omstandigheden niet gering is én deze hoeveelheid water niet zonder noemenswaardige problemen in het achterliggende gebied kan worden geborgen. Zie verder hoofdstuk 6.

Compartimenterende kunstwerken in het kanaal (stuwen) behoeven niet te geïnventariseerd.

2.2.8 *Siphons, duikers en hevels*

Een groot aantal kanalen wordt gekruisd door siphons, duikers en / of hevels. Deze siphons, duikers en hevels hoeven niet beoordeeld te worden in het kader van de toets op veiligheid.

2.3 **Schematisch overzicht toetsing**

Onderstaande tabel 2.2 geeft als samenvatting een overzicht van de werkwijzen per toetsspoor voor de toets op veiligheid. De nadere invulling is beschreven in de hoofdstukken 5 t/m 8.

Bij de uitwerking van de toetssporen zijn alle relevante ENW (en TAW) rapportages van toepassing, zoals het TR Grondmechanisch schematiseren van dijken. Op enkele specifieke onderdelen beschrijft dit Voortschrift echter een afwijkende methode voor, vaak betreft dit een vereenvoudiging of optimalisatie.

Tabel 2.3 beschrijft enkele specifieke aanwijzingen, als aanvulling op de algemene werkwijze in tabel 2.2 en min of meer standaard werkwijzen in genoemde ENW (en TAW) rapportages (tabel 2.3 betreft dus geen samenvatting).

Tabel 2.2 Uitwerking toets op veiligheid: algemeen

Onderdeel	Werkwijze	Opmerkingen
Technische beoordeling	Zo nodig gedetailleerde beoordeling	
Hoogte	Volgens LTV2015	
Piping	Volgens LTV2015	
Stabiliteit binnenwaarts	Volgens LTV2015	LTV2015 – CSSM model en ongedraineerd indien labonderzoek naar sterkte nodig is
Stabiliteit buitenwaarts	Volgens LTV2015	LTV2015 – CSSM model en ongedraineerd indien labonderzoek naar sterkte nodig is
Microstabiliteit	Volgens LTV2015	
Bekleding	Volgens LTV2015	
Beheerdersoordeel	Volgens procedure en format in dit voorschrift	Wordt opgesteld door de beheerder
Veiligheidsoordeel	Dit voorschrift	
Niet-waterkerende objecten	Volgens LTV2015 module E	Dit voorschrift benoemt criteria voor inventarisatie risicovolle objecten
Waterkerende kunstwerken	Volgens LWK2011 en LTV2015 module F	Dit voorschrift benoemt criteria voor inventarisatie risicovolle kunstwerken
Rapportage	Volgens format inclusief inhoudsopgave in dit voorschrift	

Tabel 2.3 Uitwerking toets op veiligheid: specifieke aanwijzingen per beoordeling

Onderdeel	Aandachtspunten
Belastingsituatie droogte	Beoordeling droogtegevoeligheid via aangescherpte definitie veenkade in LTV2015
Toetsing algemeen	Per kanaal: - beschouwing mogelijke effectiviteit van een beoordeling op basis van veilige afmetingen - zo nodig onderbouwing nader (grond-) onderzoek en indeling in kadevakken op basis van een gevoeligheidsanalyse
Hoogte	Controle minimum waakhogte rekening houdend met scheepvaartgolven
Piping	Eenvoudige beoordeling op basis van minimum waakhogte
Stabiliteit binnenwaarts	Beoordeel effectiviteit waterdichte / waterremmende lagen op buitentalud en waterbodem
Stabiliteit buitenwaarts	Voor normklasse die afwijken van IPO-klassen geldt in eerste instantie de schadefactor van de eerst volgende hogere normklasse, maar de schadefactor mag zo nodig worden vastgesteld op basis van interpolatie (t.b.v. beheerdersoordeel)
Microstabiliteit	Schematisering verkeersbelasting conform LTV2015 Toepassen restbreedtebenadering bij oeverconstructies
	Beoordeel toepasbaarheid bewezen sterkte

Onderdeel	Aandachtspunten
Bekleding	Beoordeel toepasbaarheid bewezen sterkte o.b.v. scheepvaartgolven

3 Belastingen

3.1 Belastingssituaties

3.1.1 *Situatie hoogwater*

De veiligheid wordt getoetst voor een hoogwatersituatie op de kanalen. De maatgevende hoogwaterstanden zijn beschreven in het hydraulisch randvoorwaardenboek [Min. I&M, 2015].

Voor de beoordeling van de hoogte en bekleding zijn daarbij tevens de golfhoogten van belang. Deze golfhoogten zijn niet gedefinieerd in het randvoorwaardenboek, en moeten in het kader van de toetsing worden afgeleid. Hierbij is de maatgevend hoge windsnelheid van belang. Zie hiervoor par. 4.2.3.

Bij de beoordeling van de situatie hoogwater moet bij de schematisering van de freatische grondwaterstand rekening worden gehouden met enige neerslag. Een generieke regel voor een hoeveelheid neerslag is niet mogelijk, gemaakte keuzes moeten worden onderbouwd, bijv. op basis van de duur van een hoogwater periode en de oorzaak van de hoogwaterstand. Extreme neerslag vormt geen (aparte) belastingssituatie.

3.1.2 *Situatie laagwater*

De stabiliteit buitenwaarts moet worden beoordeeld aan de hand van een lage waterstand op het kanaal. Het gaat hierbij om lage waterstanden ten gevolge van een natuurlijke variatie. Extreem lage waterstanden door overige gebeurtenissen behoeven niet te worden beschouwd (zie par. 3.4).

Het randvoorwaarden boek definieert geen lage waterstanden. Zodoende wordt hier voorgeschreven uit te gaan van een vaste daling van de waterstand ten opzichte van streefpeil, gebaseerd op de beheersbaarheid van de waterstand.

De vaste daling ten opzichte van streefpeil bedraagt 0,3 m voor de kanalen met een goed gereguleerde waterstand. Uitzondering vormen de kanalen met een niet (sterk) gereguleerde waterstand:

- Amsterdam – Rijn kanaal Betuwepand: waterstand NAP +2,7 m;
- Markkanaal en Maas-Waal kanaal: 1/10 per jaar lage waterstand (vast te stellen op basis van waterstandstatistiek rivier de Mark en de Maas).
- Noord-Brabantse kanalen met een zeer sterk gereguleerde waterstand: een vaste daling van 0,2 beneden streefpeil.

3.1.3 *Situatie droogte*

Het is op voorhand niet uit te sluiten dat het dijklichaam van de kanaalkaden en de ondiepe ondergrond geen veenlagen bevatten die kunnen verdrogen tijdens lage grondwaterstanden door een periode met langdurige droogte. Voor alle kanaalkaden moet beoordeeld worden of deze droogtegevoelig zijn. Indien sprake is van een droogtegevoelige kade, dient de situatie droogte te worden beschouwd bij de veiligheidstoetsing.

De beoordeling of een kade droogtegevoelig is omvat twee stappen:

Stap 1: Vaststellen of sprake is van een zgn. veenkade. Hierbij geldt de aangescherpte definitie uit de LTV2015 (zie onderstaand kader).

Stap 2: Beoordeling droogte gevoeligheid (cnf. LTV2015).

Definitie 'veenkade'

Kade waarbinnen zich materiaal met een dikte van minimaal 0,5 m bevindt dat kan worden geclassificeerd als veen of als klei met bijbestanddeel 'sterk humeus' of bijmenging van veensporen (vastgesteld conform NEN 5104 op basis van de organische stof-lutum-silt+zand-driehoek), waarbij geldt dat het materiaal:

- een verzadigd volumegewicht heeft kleiner dan of gelijk aan $13,5 \text{ kN/m}^3$ (conform NEN 5110); OF:
- een watergehalte heeft van meer dan 120%.

In deze definitie blijft de afmeting van kade ongewijzigd, zijnde het grondmassief dat wordt begrensd:

- aan de onderzijde: door het niveau 'polderpeil minus 1 m';
- aan de buitenzijde: door de buitenteen;
- aan de binnenzijde: door een kwelsloot, danwel bij ontbreken daarvan door een verticale lijn op een afstand van vier maal de kerende hoogte uit de binnenteen.

Indien een kade als veenkade wordt geclassificeerd, moet vervolgens worden vastgesteld of sprake is van een droogtegevoelige veenkade (stap 2). Hierbij gaat het om de vraag of de betreffende laag veen of sterk humeuze klei daadwerkelijk verdroogt tijdens langdurige droogte. Een kade is niet droogtegevoelig indien:

1. een deklaag van klei (volumiek gewicht $> 13,5 \text{ kN/m}^3$) met een dikte van 0,5 m aanwezig is;
2. de laag veen of sterk humeuze klei zich bevindt beneden het niveau tot waar de freatische grondwaterstand tijdens langdurige droogte maximaal daalt.

3.2 Hydraulische randvoorwaarden

3.2.1 Waterstanden

De hydraulische randvoorwaarden betreffen maatgevend hoge waterstanden behorende bij de veiligheidsnorm van de kaden en zijn opgenomen in bijlage A.

Bij de vaststelling van de hydraulische randvoorwaarden is voor veel kanalen op basis van de beschikbare meetgegevens geen aanwijzing voor opwaaiing gevonden, of is opwaaiing uitgesloten omdat opwaaiing niet samenvalt met hoogwater (Betuwepand). Voor enkele kanalen is wel rekening gehouden met opwaaiing⁶, te weten:

- Maas – Waal kanaal (grootte opwaaiing 0,10 m);
- Wilhelminakanaal (grootte opwaaiing max. ca. 0,15 m);
- Amsterdam – Rijnkanaal en Lekkanaal (grootte opwaaiing max. ca. 0,35 m).

Bij de Twentekanalen is opwaaiing impliciet meegenomen, in de afleiding van de maatgevend hoge waterstanden. De grootte van de opwaaiing is niet expliciet bepaald.

De toeslag voor opwaaiing is overwegend (met uitzondering van het Amsterdam – Rijnkanaal) voor de gehele lengte van het kanaal bij de hoge waterstand opgeteld.

⁶ Opgemerkt wordt dat opwaaiing in principe op alle kanalen kan voorkomen, maar opwaaiing bleek slechts bij deze 3 kanalen aantoonbaar. Voor de overige kanalen zijn aanwijzingen voor opwaaiing in metingen-bij-harde-wind niet gevonden.

Dit is op zich een gebruikelijke maar conservatieve werkwijze in situaties waar onvoldoende informatie beschikbaar is voor een meer gedifferentieerde aanpak.

Uit oogpunt van de toetsing wordt echter benadrukt dat deze (integrale) toeslag voor opwaaiing niet logisch is voor twee situaties:

- bij maatgevende windrichtingen die niet samenhangen met de windrichting die opwaaiing veroorzaakt;
- voor uiteinden van het kanaal aan de zijde waar de maatgevende wind (die de opwaaiing veroorzaakt) vandaan waait.

Zodoende kan voor de genoemde situaties voor de beoordeling van de hoogte en de bekleding van de kanaalkaden de waterstand worden verlaagd, door de toeslag voor opwaaiing te verwijderen. Dit geldt uitsluitend voor de kanalen waar de grootte van de opwaaiing bekend is (zie tabel 3.2).

Qua grootte van de opwaaiing is dit echter vooral relevant voor ingegraven delen van het zuidoostelijke deel van het Amsterdam – Rijnkanaal (vooral Lekkanaal). Uitsluitend bij gebleken noodzaak (resulterend veiligheidsoordeel 'voldoet niet' voor hoogte of bekleding) mag deze optimalisatie worden toegepast. Zie ook de aanwijzingen in bijlage C.

3.2.2

Waterstandsverlopen

De hydraulisch randvoorwaarden vormen in het algemeen geen waterstandsverlopen. Voor enkele kanalen worden wel specifieke opmerkingen gemaakt (zoals Zuid - Willemsvaart benedenstroomse gedeelte: hoogwaterstanden worden veroorzaakt door afvoergebeurtenissen en zodoende geclassificeerd als trage gebeurtenissen).

Bij de toets op veiligheid dient in eerste instantie te worden uitgegaan van een langdurig hoogwater zodanig dat sprake is van stationair ontwikkelde waterspanningen. Hierbij gelden enkele uitzonderingen.

Markkanaal: de waterstand volgt het waterpeil in de rivier de Mark, deze zijn bekend vanuit het project 'normering keringen waterschap Brabantse Delta'. Voor de kaden langs dit kanaal kan worden uitgegaan van het waterstandsverloop in de rivier de Mark.

Kanalen met opwaaiing (zie tabel 3.2): opwaaiing wordt veroorzaakt door harde wind, voor een stormduur geldt 48 uur als een veilige (lange) stormduur. De opwaaiing ontwikkelt zich in deze periode. Ten aanzien van het waterstandsverloop mag voor de component opwaaiing worden uitgegaan dat deze gedurende een korte periode aanwezig is. Als veilig verloop voor de opwaaiing geldt:

- ontwikkeling van 0 tot maximale waarde, in 24 uur;
- constant op maximale waarde gedurende 12 uur;
- afname in 12 uur.

Voor het Amsterdam – Rijn kanaal geldt een kortere duur van de opwaaiing, een (conservatieve) periode van 24 uur kan worden aangehouden, met het volgende verloop:

- ontwikkeling van 0 tot maximale waarde, in 12 uur;
- constant op maximale waarde gedurende 6 uur;
- afname in 6 uur.

Opgemerkt wordt dat opwaaiing slechts op 3 kanalen voorkomt, en alleen bij het Amsterdam – Rijnkanaal een significante waarde heeft. Het rekening houden met het waterstandsverloop lijkt zodoende vooral relevant voor het Amsterdam – Rijn kanaal.

Tenslotte wordt opgemerkt dat voor kaden met een betrekkelijk waterdichte oeverconstructie of zelfs waterdichte bekleding, het waterstandsverloop maar van gering belang is.

3.2.3

Hoge windsnelheid

Ten aanzien van de hoge windsnelheid is het relevant of een hoogwaterperiode op een kanaal afvoer gedomineerd is. Een pragmatisch vastgesteld (en praktisch toe te passen) criterium hierbij is dat het verschil tussen streefpeil en toetspeil minstens 0,5 m bedraagt. Bij een dergelijke waarde is bovendien op betrekkelijke smalle wateren (zoals de kanalen) de kans klein dat een belastingcombinatie met harde wind en een gemiddelde waterstand maatgevend is voor de hoogte.

Indien de afvoer situatie niet dominant is dient de windsnelheid met een overschrijdingsfrequentie gelijk de norm van de waterkering te worden gebruikt. Zo nodig kan voor deze situaties als optimalisatie een probabilistische benadering voor afleiding van de maatgevende combinatie van beide belastingen worden uitgevoerd.

In tabel 3.1 is per kanaal aangegeven of de afvoer situatie dominant is (zie voor details bijlage C, alsmede voor aanwijzingen over de te hanteren windsnelheid).

Tabel 3.1 Aanpak hoge windsnelheid

Kanaaldijken langs	Streefpeil [m NAP]	Toetspeil [m NAP]	Opwaaiing	Afvoer dominant?
Maas-Waal kanaal	var., tot max. +8,30	+8,60	Ja	Ja
Julianakanaal	+44,05 / +32,65	+44,50 / +33,50	Nee	Deels ²
Markkanaal	var.: +0,15 tot -0,10	1,61 ^{*3}	Nee	Ja
Wilheminkanaal	van +15,0 tot +5,15	van +15,50 ^{*4} tot +5,40	Ja	Deels ²
Maxima kanaal	+4,7 / +2,0	+5,2 / +2,1	Nee	Nee
Wessem – Nederweert	+28,65	+28,95	Nee	Nee
Noordervaart	+31,65	+32,0	Nee	Nee
Zuid-Willemsvaart	Van +35,68 tot +5,15	van +36,0 tot +5,15	Nee	Nee
Twentekanal	+25 / +16 / +10	+25,45 / +16,6 / +10,55 - +10,35	Nee ^{*1}	Deels ²
Amsterdam-Rijn kanaal en Lekkanaal	-0,40	van +0,10 tot -0,05 (T=100)	Ja	Nee
Betuwepand Amsterdam-Rijnkanaal	var., tot max. +5,55	+5,60	Nee	Ja
Kanaal van Gent naar Terneuzen	+2,13	+2,75	Nee	Ja
Kades A 2	n.v.t.	+5,00	Nee	Ja

^{*1}: impliciet, in de waterstandstatistiek

^{*2}: verschilt per stuwpand

^{*3}: dit is inclusief de invloed van waterberging VZM, kan waarschijnlijk vervallen. DGRW zal een eventuele aanpassing formeel bekend maken als 'tussentijdse uitspraak'.

^{*4}: Dit toetspeil geldt na aanpassing en bekrachtiging van de Samenwerkingskaart, anders geldt een andere, hogere waarde (zie achtergrondrapport).

Indien bij deze aanpak niet tot het oordeel 'voldoende' voor de hoogte wordt gekomen, dan zijn enkele optimalisaties van de windsnelheid mogelijk:

1. probabilistische uitvoering hoogte toets;
2. richting specifieke in plaats van omni-directionele windstatistiek;
3. toepassing van het volledige KNMI-tweelagenmodel;
4. verdisconteren ruwheid landschap.

Onderstaand volgen enkele toelichtingen en/of aanwijzingen betreffende deze optimalisaties. Bijlage C geeft nadere aanwijzingen over het (veronderstelde) nut van onderstaande optimalisaties.

Ad.1 Bij een probabilistische uitvoering van de hoogtetoets wordt rekening gehouden met de kansverdeling van het optreden van een hoge waterstand en een hoge windsnelheid (incl. verdeling over de windrichtingen). Een probabilistische uitvoering van de hoogte toets kan bijvoorbeeld met Promotor.

Ad.2 Voor richtingspecifieke windstatistiek dienen de volgende KNMI – locaties te worden gehanteerd:

- Amsterdam – Rijnkanaal / Lekkanaal en Betuwepand: Cabauw/Herwijnen
- Twentekanal en Maas-Waal Kanaal: Deelen;
- Brabantse kanalen en Julianakanaal: Eindhoven;
- Kanaal Gent – Terneuzen: Westdorpe.

Hierbij dient de potentiële windsnelheid te worden gehanteerd.

Ad.3: Aanwijzingen voor de toepassing van het volledige KNMI-tweelagenmodel (zoals beschreven door Wieringa (1983) en publicaties van www.knmi.nl/samenw/hydra). Onderstaand is een stappenplan beschreven.

1. Kies tenminste twee KNMI-referentielocaties, met:
 - a. Schiphol voor de provincies Zeeland, Zuid-Holland, Noord-Holland, Flevoland, Friesland en Groningen;
 - b. Eindhoven voor alle overige provincies.
2. Leid voor de KNMI-potentiële wind op deze locaties windextremen af (zie www.knmi.nl/samenw/hydra, gebruik niet de ruwe winddata op de reguliere klimatologiesite van KNMI), en presenteer de windextremen in tabel/grafiekvorm als functie van de windrichting en herhalingstijd.
3. De vertaling van de windextremen naar de interesselocatie gaat als volgt.
 - a. Vertaal de potentiële KNMI-wind naar de zgn meso-wind op 60 m hoogte, op basis van het logaritmisch windprofiel waarbij igv de potentiële wind per definitie een ruwheidslengte Z_{nul} van 0,03 m wordt gehanteerd. In formulevorm $U_{meso}(KNMI) / U_{pot}(KNMI) = \ln(60/0,03) / \ln(10/0,03) = 1,31$ [zie Wieringa&Rijkoort, Windklimaat van Nederland, 1983].
 - b. Bepaal in navolging van Wieringa vervolgens de zgn. mesoruwheid voor het KNMI-station. De coördinaten zijn te vinden www.knmi.nl/samenw/hydra. Voor de digitale ruwheidskaart van Nederland wordt verwezen naar <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vergaderstukken/2012/03/15/ruwheidskaart.html>, met de ruwheidslengtes Z_{NUL} (in meters) op een 1x1 km landsdekkend raster. Om de mesoruwheid te verkrijgen moeten de 1x1 km ruwheden worden geaggregeerd naar een 5x5 km blok, idealiter direct bovenwinds van de te gebruiken locatie, anders gecentreerd rond de locatie. Doordat de

ruwheden Z_{nul} logaritmisch samenhangen met de windsnelheid moeten de ruwheden ook logaritmisch worden gemiddeld. De middeling betreft dus de logaritme van alle ruwheden in een 5x5 km blok, en je neemt de inverse logaritme (dus exponent) van het aldus bepaalde "gemiddelde van de logaritmes" om de effectieve ruwheidslengte over 5x5 km te bepalen.

- c. Diezelfde exercitie om een 5x5 km mesoruwheid te bepalen moet worden herhaald, maar dan voor de interesselocatie waarvoor je je lokale windextreem wilt bepalen.
- d. Bepaal vervolgens de mesowind op 60 m hoogte boven het watersysteem (aan te duiden als U_{meso}(WS)), dat kan met de formule
$$U_{meso}(WS) / U_{meso}(KNMI) = [(Z_{nul}(meso,WS) / Z_{nul}(meso,KNMI)) ^{0,07}] * [\ln(60/Z_{nul}(meso,WS)) / \ln(60/Z_{nul}(meso,KNMI))]$$
- e. De laatste formule is in lijn met par. 4.4.1 en Bijlage E (pag 267) van RWS RIZA rapport 2007.020
[http://files.kennisplein.intranet.minienm.nl/3/5/359788/Measured_wind-wave_climatology_lake_IJssel_\(NL\)-main_results_for_the_period1.pdf](http://files.kennisplein.intranet.minienm.nl/3/5/359788/Measured_wind-wave_climatology_lake_IJssel_(NL)-main_results_for_the_period1.pdf) .
 De term met ruwheden tot de macht 0,07 verrekent het feit dat de schuifspanningen (de u*-schaalparameters) iets toenemen naarmate het landschap ruwer wordt. Info over de laatste formule en de logaritmische middeling van ruwheden is beschreven in par. 3.3.1 van <http://cio.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/1998/BoundLayMetBottema2/1998BoundaryLayerMeteorolBottema2.pdf> .
- f. Laatste stap betreft het vertalen van de 60-m-mesowind boven het watersysteem naar de 10-meter-wind boven het watersysteem, die als input voor het golfmodel kan worden gebruikt. Dit is analoog aan stap "a", maar in plaats van de standaard ruwheidslengte van 0,03 m voor obstakelvrij grasland dient de lokale 1x1 km ruwheidslengte Z_{nul}WS te worden gehanteerd, die in dit geval direct (dus zonder middeling) uit bovengenoemde ruwheidskaart kan worden afgelezen. Ofwel $U_{10}(WS) / U_{meso}(WS) = \ln(10/Z_{nul}WS) / \ln(60/Z_{nul}WS)$. LET OP – gebruik hier niet bij voorbaat een open-water-ruwheid, maar hanteer de ruwheid van de ruwheidskaart (alleen op die manier wordt rekening gehouden met de beperkte afmetingen van veel regionale watersystemen).

Ad.4 Meer specifiek kan speciaal het extra beschuttingseffect door bomen (indien aanwezig langs het kanaal) worden verdisconteerd. Dit kan bijv. in Promotor (2010)-bij de optie ruwheid landschap).

3.2.4 *Golfrandvoorwaarden*

Windgolven

De golfhoogten moeten worden berekend volgens de golfgroeiformule van Bretschneider.

Indien de afvoer dominant is, mag voor de hoogwatersituatie een lagere windsnelheid worden gehanteerd. Bijlage C specificeert per kanaal (-vak) welke combinatie van (maatgevend) hoogwaterstand en windsnelheid moet worden gehanteerd.

Voor de afvoer gedomineerde kanalen geldt ten aanzien van de situatie storm bij streefpeil:

- voor de beoordeling van de hoogte (en bekleding kruin en binnentalud):

vanwege de betrekkelijk geringe breedte van de kanalen en het gehanteerde criterium voor afvoer - gedomineerd zijn (= par. 3.2.3: verschil streef- en toetspeil van 0,5 m) is het uitgesloten dat deze situatie maatgevend is voor de kruinhoogte.

- voor de beoordeling van de bekleding van het buitentalud:
in theorie kunnen hoge golven door harde wind bij gemiddelde waterstanden maatgevend zijn voor de bekleding. Langs de kanalen is echter overwegend sprake van een damwandconstructie of een andere vorm van een harde bekleding (mede vanwege scheepvaartgolven). Eventuele beschadiging van deze bekleding en erosie van het buitentalud zal niet leiden tot een doorbraak van de kade, op het niveau van streefpeil hebben de kanaalkaden een aanzienlijke breedte.

De situatie storm bij streefpeil hoeft zodoende niet te worden beschouwd bij de beoordeling van de hoogte en de bekleding.

3.3 Aanvaringen

Tijdens perioden met hoogwater geldt voor veel kanalen een vaarverbod. Op die kanalen kunnen aanvaringen door schepen tijdens hoogwater niet voorkomen. Uitzondering vormt het Amsterdam – Rijn kanaal.

Alleen voor het Amsterdam – Rijnkanaal moet een aanvaring door schepen tijdens hoogwater worden beschouwd.

Op de overige kanalen is tijdens reguliere waterstanden wel sprake van scheepvaart, en zijn aanvaringen niet uitgesloten. Zodoende dient bij deze kanalen ook een aanvaring te worden beoordeeld, maar geldt hierbij als belasting de maximale waterstand waarbij het vaarverbod wordt afgekondigd.

Bij de toetsing dient alleen met aanvaringen door schepen rekening te worden gehouden:

- in buitenbochten; en;
- bij voldoende waterdiepte voor beladen vrachtschepen van meer dan 1.000 ton, in het kanaal en nabij de kering zelf; en;
- indien sprake is van een weinig robuuste kering (praktische maat: een breedte van minder dan 5 m op het niveau van de waterstand).

Op basis van het huidige inzicht in de kanalen is vaak sprake van een damwandconstructie als kanaaloever, met een kade daar achter. Een significante beschadiging van de kanaalkade door een aanvaring lijkt dan niet mogelijk. Ofwel, aan bovenstaande voorwaarde 3 lijkt eenvoudig te kunnen worden voldaan. Omdat de niveau's van een eventueel vaarverbod niet bekend zijn, wordt deze belasting toch als onderdeel van de werkzaamheden opgedragen en niet generiek verwijderd.

3.4 Stabiliteit buitenwaarts: val kanaalwaterstand

Relevante oorzaken voor macro-instabiliteit van het buitentalud zijn:

1. extreem laagwater door natuurlijke variatie;
2. extreme belasting door zwaar verkeer;
3. verdieping van de waterbodem.

De stabiliteit van het buitentalud moet altijd ten aanzien van oorzaak 1 worden beoordeeld. Voor veel kanalen bestaat de belasting dan uit de lage waterstand zoals beschreven in paragraaf 3.1.2. Uitzondering vormen de kanalen met een betrekkelijk onbeheerst peil, te weten:

- het Markkanaal;
- het Maas – Waalkanaal;
- het Amsterdam – Rijnkanaal Betuwepand.

Voor deze kanalen moet een (snelle) daling van de waterstand na een hoogwater worden beschouwd. Uitgangspunt hierbij is dat de waterstand daalt van maatgevend hoogwater naar streefpeil.

De stabiliteit van het buitentalud hoeft ten aanzien van een verkeersbelasting (oorzaak 2) alleen te worden beoordeeld indien verkeersbelasting daadwerkelijk kan optreden, omdat:

- een weg op de kruin aanwezig is; of:
- materiaal en materieel voor noodmaatregelen over de kruin wordt getransporteerd (in deze situatie zal sprake zijn van een hoog water).

Bij de beoordeling van de stabiliteit van het buitentalud als gevolg van een verkeersbelasting moet worden uitgegaan van de volgende waterstanden, afhankelijk van de aanleiding voor de verkeersbelasting:

- een weg op de kruin: uitgaan van lage waterstand;
- het treffen van noodmaatregelen: uitgaan van maatgevend hoge waterstand.

Verdieping van de waterbodem vindt alleen plaats op het kanaal Gent – Terneuzen en de Twentekanalen, alleen voor deze kanalen dient verdieping van de waterbodem te worden beschouwd bij de beoordeling van de stabiliteit buitenwaarts.

Overige denkbare oorzaken van macro-instabiliteit buitenwaarts (zoals benoemd in de Leidraad) hoeven niet te worden beschouwd. Hierbij gelden onderstaande overwegingen.

Val van het waterpeil door een calamiteit elders

Vanwege de vaak beperkte watervolumes in een kanaal is na een doorbraak sprake van een sterke verlaging van de waterstand in het kanaal. Speciaal bij opgelegde kanalen zal het kanaal grotendeels leeglopen en vormt de resterende waterstand geen significante belasting voor de overige kadevakken.

Dit geldt eveneens voor het Maas – Waalkanaal en het Amsterdam – Rijnkanaal Betuwepand, omdat de kanalen tijdens een hoogwaterperiode zijn afgesloten van het buitenwater.

Een snelle val van de waterstand door een dijkdoorbraak elders langs het kanaal is dus als belastingsituatie voor de stabiliteit buitenwaarts niet relevant voor de kanaalkaden van Rijkswaterstaat.

Verdieping van de waterbodem

Uit de Instandhoudingsplannen blijkt dat overwegend sprake is van lokaal aanzanding, over erosie wordt geen melding gemaakt. Significante verdieping van de waterbodem door (verkeerd) baggeren of erosie wordt voorkomen dankzij goed beheer & onderhoud. Zodoende is deze oorzaak overwegend niet relevant.

Uitzonderingen vormen:

- het kanaal Gent – Terneuzen, hier is wel sprake van erosie van de waterbodem;
- Twentekanalen: hier is verdieping van de kanaalbodem voorgenomen (ten aanzien van de omgang met dit voornemen gelden de opmerkingen in par. 2.2.5).

In de toetsrapportage moet het niet relevant zijn van deze oorzaak worden aangetoond met metingen van (veranderingen van) het onderwatertalud en –bodem. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de informatie die wordt verzameld in het kader van de zgn. Instandhoudingsplannen.

Extreem laagwater door tijdelijke verlaging van de waterstand

Extreme (tijdelijke) lage waterstanden op de kanalen kunnen alleen door menselijke activiteiten worden veroorzaakt. Voor dergelijke activiteiten moet een ontheffing worden aangevraagd, waarbij de schadelijkheid zal worden beoordeeld. Standaard hoeft zodoende geen rekening te worden gehouden met een extreme (tijdelijke) lage waterstand.

3.5 Verkeersbelasting

Op kaden met een verkeersverbod tijdens hoogwater vindt verkeersbelasting door regulier verkeer niet plaats tijdens de normsituatie, en hoeft niet te worden beschouwd bij de beoordeling van de stabiliteit. Bij kaden zonder verkeersverbod is regulier verkeer tijdens de normsituatie niet uitgesloten, en dient deze belasting wel te worden gehanteerd.

Verkeersbelasting tijdens hoogwatersituaties betreft mogelijk ook een belasting door transport van materiaal / materieel ten behoeve van het treffen van noodmaatregelen, en eventueel (lichte) voertuigen voor het uitvoeren van inspecties.

Ten behoeve van de beschouwing van de verkeersbelasting specificeert de betreffende RWS beheerder:

- of een verkeersverbod geldt tijdens hoogwaterperioden;
- of rekening gehouden moet worden met een belasting door transport van materiaal / materieel voor noodmaatregelen op de kruin van de kering;
- of sprake kan zijn van een lichte verkeersbelasting (bijv. 5 kN/m², behorende bij een onderhouds- of inspectievoertuig).

Ten aanzien van de resulterende wateroverspanning geldt de volgende aanwijzing:

- groene kade: aanpassingspercentages 0%
- verharde kade met verkeer: aanpassingspercentages 30%

Indien een verkeersbelasting tijdens normsituaties kan worden uitgesloten hoeft hier geen rekening mee te worden gehouden.

Indien een verkeersbelasting tijdens normsituaties niet kan worden uitgesloten, dient standaard de stabiliteit te worden berekend voor verschillende varianten:

- 13 kN/m²
- 5 kN/m²
- zonder verkeersbelasting.

Bij de schematisering van de verkeersbelasting moeten de aanwijzingen uit de LRT2015 [STOWA, 2015] worden gevolgd, voor wat betreft:

- spreiding van de belasting in de ondergrond (2-dimensionaal: dwarsprofiel);
- extra spreiding van de belasting ten gevolge van de aanwezigheid van een cunet.

Voor kadevakken met onvoldoende stabiliteit heeft dit inzicht nut bij het uitwerken van een eventuele vervolg om tot een gunstiger toetsresultaat te komen, zoals het uitwerken van een alternatief voor het transport over de kade of onderzoek naar de wateroverspanningen ten gevolge van de verkeersbelasting.

3.6 Aardbevingen

Met de invloed van het optreden van aardbevingen hoeft bij de toets op veiligheid van de kanaaldijken geen rekening te worden gehouden.

3.7 Stijghoogte zandondergrond

Bij beperkt hydraulische contact tussen het kanaalwater en de zandondergrond is de stijghoogte betrekkelijk onafhankelijk van het kanaalpeil. Door andere gebeurtenissen (hoog buitenwater, veranderingen in de lokale oppervlakte- en grondwaterhuishouding, overstroming van drainerende polders) kan de stijghoogte veranderen. Speciaal ten aanzien van een hoogwater situatie op het buitenwater kan op voorhand niet worden uitgesloten dat dit een maatgevende situatie voor de stijghoogte vormt, vooral nabij de aansluiting van een kanaal op het buitenwater.

Zodoende geldt voor de beoordeling van de stabiliteit binnenwaarts dat indien een hoog kanaalpeil:

- (mede) wordt veroorzaakt door een hoge buitenwaterstand:
bij de schematisering van de stijghoogte moet standaard rekening worden gehouden met het effect van de hoge buitenwaterstand;
- niet is gecorreleerd aan een hoge buitenwaterstand:
- de situatie met een maatgevend hoge stijghoogte ten gevolge van de hoge buitenwaterstand moet aanvullend worden beschouwd.

De aanvulling is bedoeld om inzicht in de invloed van een hoge stijghoogte te krijgen. Indien deze situatie maatgevend is kan de beheerder besluiten deze situatie te betrekken in de toets op veiligheid. Het resulterende oordeel mag dan te worden toegepast binnen het beheerdersoordeel.

4 Voorbereidende werkzaamheden toetsing per kanaal

Onderstaand overzicht vat de stappen in het kader van de voorbereiding op de toetsing samen. Deze stappen worden in par. 4.1 nader toegelicht. Dit betreft de voorbereidingen voor de toetsing van een kanaal. (Meer algemene voorbereidingen voor het toetsen van de waterkeringen van alle kanalen worden beschreven in het intern draaiboek van RWS).

Vorbereidende werkzaamheden:

- 1: Definiëren tracé
- 2: Definiëren aanpak;
- 3: Verzamelen benodigde (en beschikbare) gegevens

4.1 Beschrijving van de stappen

4.1.1 *Definiëren tracé*

De basis voor het definiëren van een tracé wordt gevormd door de in het Waterbesluit genormeerde kadevakken. Op sommige strekkingen is het toetspeil lager dan het maaiveld in het achterland, en hebben de oevers van een kanaal geen waterkerende functie. Als voorbereiding op de toetsing dienen de strekkingen te worden gedefinieerd waar sprake is van waterkende kaden. Hierbij wordt opgemerkt dat de recent vastgestelde toetspeilen lokaal in enige mate kunnen afwijken van eerder veronderstelde toetspeilen. De juistheid van eerder bepaalde tracé's met een waterkerende functie kunnen dus niet zonder verificatie worden overgenomen. Deze definitie van het tracé vormt de basis van de toetsing, en de rapportage daarover.

4.1.2 *Definiëren aanpak*

De uitgangssituatie verschilt sterk per kanaal. Voor enkele kanalen is al een beoordeling van de veiligheid uitgevoerd (globaal of aan de hand van de Leidraad), van andere kanaalkaden is de veiligheid niet eerder beoordeeld.

In enkele kanalen zijn recent werkzaamheden in het kader van groot onderhoud uitgevoerd, of worden binnenkort werkzaamheden uitgevoerd. Ook is sprake van verlegging van de kanaalkaden in verband met een verbreding van het kanaal.

Dit verschil in uitgangssituatie maakt dat de toets op veiligheid niet voor alle kanalen op gelijke wijze hoeft te worden uitgevoerd.

Zodoende dient voorafgaand aan de start van de technische beoordeling de aanpak voor de toetsing te worden vastgesteld. Deze aanpak geldt op het niveau van afzonderlijke vakken / tracé's van een kanaal, mede op basis van recent uitgevoerd (groot) onderhoud en overige (verbeter-) maatregelen. Zie hierover ook par. 3.1.2 en 6.1.

4.1.3 *Verzamelen van benodigde gegevens*

In deze fase dienen de benodigde gegevens te worden verzameld voor de uitvoering van de toetsing. Dit betreft informatie over:

- Geometrie: dwarsprofielen van de kaden en bodemprofielen van de kanalen
- Bodemopbouw
- Geotechnische eigenschappen
- Waterstanden binnendijs;
- Grondwaterstanden

- Verkeersbelasting
- Aanwezigheid van drainageconstructies (en de werking daarvan)
- Waterdichte bekledingen
- Damwanden / oeverconstructies
- Verkenning (bijna) maatgevende belastingen
- Inventarisatie niet-waterkerende objecten;
- Inventarisatie waterkerende kunstwerken.

Voorts dient in deze fase te worden gestart met de inventarisatie van niet-waterkerende objecten en waterkerende kunstwerken.

Een deel van de benodigde gegevens voor toetsing is te vinden in de instandhoudingsplannen, die voor de kanalen zijn opgesteld.

Enkele van deze onderwerpen worden nader toegelicht.

Bodemopbouw

Beschikbare kennis over de bodemopbouw, geotechnische en –hydrologische eigenschappen en grondwaterspanningen in of nabij de kanaalkaden dient te worden geïnventariseerd. Bij deze inventarisatie moet gebruik worden gemaakt van reeds beschikbaar grondonderzoek (TNO-NITG / DINO-loket), regionale data (geologische kaarten, bodemkaarten, grondwaterkaarten, geulenkaarten), (historische) plattegronden, luchtfoto's, AHN, etc.. Hierbij dient speciale aandacht uit te gaan naar:

- globale diepte karakteristieke lagen, in verband met de maximale onderzoeksdiepte;
- potentiële aanwezigheid stoorlagen (geulen, tussenzand, veen, etc.);

In het kader van het vooronderzoek worden tevens locaties geselecteerd waar specifiek onderzoek gewenst is, vanwege bijvoorbeeld:

- waarnemingen van faalverschijnselen;
- lokale variaties in bijv. maaiveldniveau of de geometrie van de kade.

Door een (regionale) gevoeligheidsanalyse uit te voeren kan de invloed van afwijkingen in de aannamen over de bodemopbouw en eventueel waterspanningen en sterkte-eigenschappen worden vastgesteld. Dit inzicht vormt:

- een belangrijke onderbouwing van de vereiste intensiteit van het (grond-) onderzoek;
- nuttig inzicht in de vereiste nauwkeurigheid bij de schematisering.

Geotechnische eigenschappen

Dit betreft de volgende eigenschappen:

- volumiek gewicht;
- sterkte parameters cohesie en hoek van inwendige wrijving;
- textuur deklaag kadelichaam;
- doorlatendheid;
- korrelgrootteverdeling zandondergrond (indien piping relevant is).

Waterstanden binnendijs

Dit betreft vooraleerst het polderpeil (voor gebieden met peilbeheersing). Aanvullend is het verloop van de waterstanden tijdens normsituaties op het kanaal van belang, zeker indien een hoog kanaalpeil gecorreleerd is aan hoge waterstanden in het beschermde gebied. Tenslotte zijn extreem lage waterstanden binnendijs interessant, omdat deze mogelijk een maatgevend verval kunnen vormen en een

belangrijke onderbouwing voor een beheerdersoordeel ten aanzien van piping kunnen zijn.

Stijghoogten zandondergrond

Regionale informatie over de stijghoogte in de zandondergrond kan worden gevonden in DINO. Regionale informatie is niet per definitie voldoende betrouwbaar voor de lokale situatie nabij de kanaalkaden, juist vanwege de lokale invloed van de kanaalwaterstand op de stijghoogte. Zodoende dient voor bepaling van de stijghoogte te worden uitgegaan van lokale informatie.

Verkeersbelasting

Als voorbereiding op de toetsing specificeert de RWS beheerder of tijdens een hoogwaterperiode sprake zal zijn van:

- transport van materiaal / materieel ten behoeve van noodmaatregelen over de kruin;
- lichte voertuigen op de kruin, bij voorbeeld ten behoeve van inspecties.

Verkenning (bijna) maatgevende belastingen

Voor een eventuele toepassing van bewezen sterkte dient te worden verkend of op het beschouwde kanaalkade / toetsvak sprake is geweest van (bijna) maatgevende belastingen. Indien bijna maatgevende omstandigheden zijn opgetreden, moeten gegevens worden verzameld over de aard van de situatie (met name hoogte en duur van de hoogwatersituatie) en ervaringen met het gedrag van de kanaalkade, (speciaal waarnemingen van faalverschijnselen).

4.2 Aanvullende opmerkingen

Actuele situatie kanaalkaden

Voor het definiëren van de aanpak is het van belang dat de beheerder een overzicht beschikbaar kan stellen van eerder uitgevoerde veiligheidstoetsen, uitgevoerde maatregelen / verbeteringen van onderdelen van de kanaalkade en/of de gehele kade en van tracé's waar een verbetering is voorzien.

Bewezen sterkte

Enkele kanaalkaden hebben (bijna) maatgevende belastingsituaties ondergaan, zowel qua hoge waterstanden als hoge golven. In deze fase dient te worden vastgesteld of toepassing van bewezen sterkte kansrijk is, op basis van het opgetreden hebben van (bijna) maatgevende omstandigheden.

5 Technische beoordeling

Onderstaand overzicht vat de stappen in het kader van de technische beoordeling samen. Deze stappen worden in par. 5.1 nader toegelicht.

Stappen technische beoordeling:

- 1: Eenvoudige beoordeling
- 2: Uitvoeren nader onderzoek (incl. onderbouwing nut en noodzaak)
- 3: Gedetailleerde beoordeling
- 4: Geavanceerde beoordeling

5.1 Beschrijving van de stappen

5.1.1 Eenvoudige technische beoordeling

In deze fase wordt de veiligheid van de kade eenvoudig beoordeeld, bijvoorbeeld op basis van veilige afmetingen. Bijlage E beschrijft aanwijzingen voor de uitwerking van een beoordeling aan de hand van veilige afmetingen. Hiertoe kunnen eventueel aanwezige leggerprofielen dienen (bijv. voor Amsterdam-Rijn kanaal). Andere benaderingen kunnen bijvoorbeeld uitgaan van bewezen sterkte, of in geval van recent getoetste of verbeterde kaden van de gelijkwaardigheid van resp. de toets- en ontwerpmethoden (incl. hydraulische randvoorwaarden), etc..

In deze fase dient standaard te worden beoordeeld of de toetsing effectief kan worden uitgewerkt op basis van veilige afmetingen. Deze beoordeling is verplicht.

Indien (naar verwachting of na uitvoering) op basis van een eenvoudige methode niet kan worden vastgesteld dat de veiligheid van de kering aan de norm voldoet, dient een meer gedetailleerde beoordeling te worden uitgevoerd. Vaak vergt dit nader onderzoek.

Indien op voorhand duidelijk is dat nader onderzoek niet zal leiden tot het oordeel 'voldoet', mag met de eenvoudige beoordeling worden volstaan. In dat geval moet worden onderbouwd waarom nader onderzoek niet zal leiden tot een beter veiligheidsoordeel.

Voor enkele kanaalkaden is al een beoordeling van de veiligheid uitgevoerd, of zijn recent verbetering uitgevoerd (of voorgenomen). Ten aanzien van de beoordeling van de gelijkwaardigheid van de eerdere toetsing of het ontwerp gelden onderstaande aanwijzingen.

- Kaden met een eerder uitgevoerde toets op veiligheid

Start met een beoordeling van de gelijkwaardigheid van de toetsmethoden en het niet (nadelig) wijzigen van de hydraulische randvoorwaarden en actuele sterkte. Indien:

- o de toetsmethoden en hydraulische randvoorwaarden identiek zijn kan het eerdere toetsoordeel geheel worden overgenomen mits de kering niet in sterkte is achteruitgegaan;
- o de toetsmethoden gelijkwaardig zijn en de hydraulische randvoorwaarden niet nadelig zijn gewijzigd, kan een positief toetsoordeel worden overgenomen (mits de kering in sterkte niet is achteruitgegaan), voor kadevakken die volgens de eerdere toetsing niet aan de norm voldoen dient de toetsing te worden uitgevoerd conform de specificaties in dit voorschrift.

Speciale aandacht dient uit te gaan naar de volledigheid van het getoetste tracé, vanwege wijzigingen in het toetspeil.

- Kaden met recent uitgevoerde kadeverbetering
Start met een beoordeling van de gelijkwaardigheid van de ontwerpmethode (incl. veiligheidsklasse) en realisatie, de hydraulische randvoorwaarden en de actuele sterkte. Indien sprake is van gelijkwaardigheid, mag worden aangenomen dat de gerenoveerde onderdelen voldoende veilig zijn en behoeven deze onderdelen niet nader te worden beschouwd bij de toets.
- Recente aangelegde kaden
Start met een beoordeling van de gelijkwaardigheid van de ontwerpmethode (incl. veiligheidsklasse) en realisatie, de hydraulische randvoorwaarden en de actuele sterkte. Indien sprake is van gelijkwaardigheid, mag worden aangenomen dat de kaden voldoende veilig zijn en behoeven ze niet nader te worden beschouwd bij de toets.
- Reconstructie voorzien
Voor enkele kanalen wordt een reconstructie van onderdelen (de beschoeiing), verlegging van de kade (bij een kanaalverbreding) en / of verdieping kanaalbodem voorzien. Voor dergelijke onderdelen of kaden is het niet doelmatig de huidige staat (bij reconstructie van onderdelen) of de huidige situatie (bij reconstructie kade) technisch te beoordelen. Teneinde wel een beeld van de veiligheid op peildatum te hebben dient wel een beheerdersoordeel te worden opgesteld, met de volgende aanwijzingen:
 - o Verbetering voorzien voor peildatum: beoordeling van nieuwe situatie, bijv. a.d.h.v. vergelijking ontwerpmethode met Leidraad;
 - o Verbetering voorzien na peildatum: beoordeling huidige situatie.

5.1.2 *Nader (grond-) onderzoek*

In deze fase wordt nader onderzoek uitgevoerd. De aard en omvang van het nader (grond-) onderzoek wordt gedefinieerd op basis van de eenvoudige beoordeling, in termen van:

- 1: de onderzoekstechnieken;
- 2: de intensiteit / aantallen van het sondeer- en booronderzoek;
- 3: specifieke onderzoekslocaties (boringen / sonderingen);
- 4: de einddiepten van de sonderingen en boringen;
- 5: monsternamen (on-) geroerde grondmonsters (indien van toepassing);
- 6: nut & noodzaak monitoring grondwaterstanden, en specificatie van de locatie van eventuele raaien met peilbuizen.

De benodigde intensiteit van het (grond-) onderzoek is sterk afhankelijk van het soort kade en de variatie in de bodemopbouw. Algemeen gesteld dient de intensiteit van het grondonderzoek zodanig te zijn dat variaties in relevante kenmerken van de bodemopbouw zoveel mogelijk met voldoende zekerheid zijn uitgekarteerd. Voor smalle en hoge kanaalkaden in gebieden waar Holocene klei met tussenzandlagen kan voorkomen vergt dit een hogere intensiteit dan voor bijvoorbeeld de vaak brede en/of lage kanaaldijken op de zandgronden in Noord-Brabant.

Een standaard intensiteit wordt zodoende niet voorgeschreven. De omvang van nader grondonderzoek moet worden voorgesteld op basis van de resultaten van de eenvoudige beoordeling en onderbouwd met enkele indicatieve berekeningen of een

gevoeligheidsanalyse (zie par. 5.2.2). Uit deze analyse van de eenvoudige beoordeling en eventuele gevoeligheidsanalyse moet duidelijk blijken:

- de kritieke toetssporen;
- de maatgevende onderzoekslocaties;
- welke kenmerken van de bodemopbouw, opbouw van het kadelichaam, grondwaterstand en grondparameters relevant zijn voor het veiligheidsoordeel.

Hierop wordt nader ingegaan in par. 5.2.

5.1.3 *Gedetailleerde technische beoordeling*

In deze fase wordt de veiligheid gedetailleerd beoordeeld. De beoordeling moet worden uitgevoerd conform de gedefinieerde aanpak en uitgangspunten in paragraaf 3.2 en hoofdstuk 4.

Voor de kaden langs de drie kanalen met opwaaiing (zie tabel 3.1) dient mogelijk een 2^{de} fase aan de gedetailleerde beoordeling te worden toegevoegd. De eerste fase betreft de reguliere toetsing op basis van de vastgestelde hydraulische randvoorwaarden. Indien de veiligheid van een kering volgens deze randvoorwaarden niet aan de norm voldoet, is een tweede fase benodigd. In deze tweede fase dient eerst te worden verkend of een aanscherping van de hydraulische randvoorwaarden (waterstanden en windgolven) kan leiden tot het oordeel 'voldoet'. Indien dit het geval is, dient de toetsing opnieuw te worden uitgevoerd na optimalisatie van de hydraulische randvoorwaarden. Het resulterende oordeel zal worden verwerkt in het beheerdersoordeel.

5.1.4 *Geavanceerde technische beoordeling*

Voor het kanaal Gent – Terneuzen is de veiligheid al beoordeeld. Ook voor het Amsterdam – Rijn kanaal geldt dat gedetailleerd inzicht bestaat in de stabiliteit van de kanaalkade. Deze inzichten geven gedetailleerde aanbevelingen voor een vervolg op de toetsing, met vaak nader (veld-) onderzoek. Deze vervolgstappen kunnen als geavanceerd worden beschouwd. Voor deze kanalen dient de toetsing dus zo nodig tot op een geavanceerd niveau te worden uitgevoerd.

5.2 **Aanvullende opmerkingen**

5.2.1 *Kadevakindefining (schematisering)*

Bij de gedetailleerde beoordeling moet de indeling in toetsvakken gedetailleerd worden bepaald, mede op basis van de invloed van variaties van de bodemopbouw, waterstanden en geometrie van de kaden en de bodemopbouw op de berekende veiligheid van de kaden. Zo nodig kan:

- voor het benodigde inzicht in de invloed van kenmerken een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd;
- de indeling in toetsvakken per faalmechanisme worden uitgewerkt⁷.

Een aanpak met een arbitraire indeling in kadevakken en een schematisering met één maatgevend profiel op basis van de meest ongunstigste kenmerken van geometrie en bodemopbouw is niet toegestaan.

⁷ Eén maatgevend profiel bestaat niet, voor de verschillende toetssporen maken gedeeltelijk andere kenmerken een profiel maatgevend. Zodoende dient de vakindeling rekening te houden met de verschillende toetssporen, met zo nodig per faalmechanisme een afwijkende vakindeling.

Bij de rapportage wordt een foto-impressie van de kadevakken gewenst. Dit foto-verslag dient uiterlijke / zichtbare kenmerken bij de kadevak-indeling te illustreren.

5.2.2 *Gevoeligheidsanalyse*

Het nut en/of de noodzaak van nader (grond-) onderzoek kan worden onderbouwd met een gevoeligheidsanalyse. In deze gevoeligheidsanalyse kunnen enkele (realistische) variaties in de uitgangspunten worden beschouwd, zoals:

- de bodemopbouw, zowel de aanwezigheid van grondlagen als de dikte cq. diepte daarvan;
- de grondwaterstand;
- de geotechnische eigenschappen;
- de geometrie van het dijkprofiel, bijv. diepte waterbodembodem en niveau achterland.

Uit deze analyse blijkt de invloed van een beschouwd uitgangspunt op het toetsoordeel. Hieruit volgt:

- enerzijds de noodzaak rekening te houden met variaties in dit uitgangspunt bij de indeling in toetsvakken en schematisering van het dwarsprofiel;
- anderzijds de vereiste betrouwbaarheid / nauwkeurigheid van het inzicht in dit uitgangspunt, en daarmee het nut van nader onderzoek.

5.2.3 *Grondmechanische eigenschappen*

Indien niet wordt beschikt over (eigen) onderzoek naar de grondmechanische eigenschappen van de grondlagen kan gebruik worden gemaakt van de uitgangspunten (al dan niet op basis van regionale proevenverzamelingen) van waterschappen. Gebruik van (geaccepteerde) regionale inzichten in de grondmechanische eigenschappen voorkomt dat (kostbaar en tijdrovend: planning) laboratoriumonderzoek moet worden uitgevoerd. Daarbij geldt aanvullend dat bij een verwachte overgang naar een ander materiaalmodel voor stabiliteitsanalyses (WTI2017) deels andere parameters moeten worden onderzocht, het nu uitvoeren van labonderzoek heeft een risico van desinvestering in zich.

Benadrukt wordt dat indien uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat gunstigere sterkten van de grondlagen leiden tot een verbetering van het toetsoordeel, altijd kan worden overwogen wel labonderzoek uit te voeren.

5.2.4 *Geometrie dwarsprofiel*

Bij de schematisering van een (maatgevend) dwarsprofiel moet het profiel voldoende lengte hebben, zodanig dat de grootte van glijcirkels niet wordt beperkt door de randen. Bij de schematisering moet ook de waterbodembodem cq. het onderwaterprofiel van teensloten en het kanaal goed worden meegenomen. Hierbij moet worden uitgegaan van tenminste de onderhoudsdiepte (of dieper indien dit uit metingen blijkt).

Bij de beoordeling van de buitenwaartse stabiliteit dient ter plaatse van loswallen aanvullend rekening te worden gehouden met ontgrondingskuilen van 0,5 m diepte.

5.2.5 *Freatische grondwaterstand kadelichaam*

De freatische grondwaterstand dient niet onnodig conservatief te worden geschematiseerd. Aanwijzingen voor de schematisering zijn beschreven in het TR Waterspanningen bij Dijken [TAW, 2004]. Indien relevant dient bij de schematisering rekening te worden gehouden met de waterdichtheid van beschoeiing en/of bekleding op het buitentalud. Aanvullend kan rekening worden gehouden de tijdsduur van een hoogwaterperiode.

Aandachtspunten daarbij zijn:

- metingen van de grondwaterstand zijn vaak niet aanwezig, of kennen maar een korte meetperiode (niet noodzakelijkerwijs een maatgevende periode);
- waterstandsverlopen zijn niet gedefinieerd (m.u.v. de component opwaaiing, zie hoofdstuk 4).

Als onderdeel van de eenvoudige beoordeling moet de kwetsbaarheid van de stabiliteit van kanaalkaden voor realistische variaties van de freatische grondwaterstand worden verkend (o.b.v. expert judgement of een gevoeligheidsanalyse). Indien de range van realistische variaties kan leiden tot het zowel wel als niet voldoen aan de norm, dient onderzoek naar de freatische grondwaterstand in het dijklichaam te worden uitgevoerd (monitoring).

Realistische variatie grondwaterstand

De grondwaterstand in een dijk is o.a. afhankelijk van de reactie op de buitenwaterstand en neerslag. Een eenduidige koppeling met een hoeveelheid neerslag is niet te maken, de reactie van de grondwaterstand is te zeer afhankelijk van lokale kenmerken. In samenhang met de duur van het hoogwater en een te kiezen neerslaghoeveelheid dient op basis van de lokale kenmerken van de kering een schatting te worden gemaakt van de reactie van de grondwaterstand. De bijbehorende keuzen en resulterende inschatting dienen te worden onderbouwd.

5.2.6

Hoogte

Waakhoogte

Vanwege de beperkte breedte van de kanalen is sprake van geringe golfhoogten. Globaal geschat bedraagt de golfhoogte bij een kanaalbreedte van 50 m ca. 0,3 tot 0,15 m (resp. bij een windsnelheid van 28 tot 16 m/s). De toets op hoogte conform de LTVR2015 leidt dan tot een geringe marge tussen de maatgevende hoogwaterstand en de kruinhoogte (op peildatum). Onnauwkeurigheden / onvolkomenheden in de afleiding van de maatgevende hoogwaterstand kunnen dan snel leiden tot situaties met overlopen. Zodoende geldt voor de kanaaldijken een standaard minimum waakhoogte van 0,3 m, deze waakhoogte moet bij de toetsing worden gehanteerd.

In een bijzondere situatie is een aanscherping van deze eis nodig, te weten de situatie waarbij het verschil tussen toetspeil en de hoogwaterstand waarbij een scheepvaartverbod geldt minder dan 0,5 m bedraagt. In een dergelijke situatie is het niet uitgesloten dat grote scheepvaartgolven overslag veroorzaken. Dit kan maatgevend zijn. Zodoende moet in deze situatie worden gecontroleerd of de waakhoogte van 0,3 m volstaat om een hoog overslagdebiet door scheepvaartgolven tijdens niet-maatgevende waterstanden te voorkomen. Voor deze controle dient te worden uitgegaan van scheepvaartgolven bij een waterstand tot het niveau waarbij een eventueel scheepvaartverbod geldt. Indien een overslagdebiet groter dan 5 l/m/s resulteert (voor een enkele scheepvaartgolf, op basis van golfhoogte en geschatte golfperiode), dient de marge van 0,3 m te worden vergroot zo danig dat het overslagdebiet maximaal 5 l/m/s bedraagt.

Samengevat:

- Standaard geldt een vereiste minimale waakhoogte van 0,3 m.
- Indien tijdens hoogwater geen scheepvaartverbod geldt, of indien de waterstand waarbij een scheepvaartverbod geldt minder dan 0,5 m lager is dan toetspeil,

moet worden gecontroleerd of scheepvaartgolven een (gemiddeld) overslagdebiet hoger dan 5 l/m/s kunnen veroorzaken. Indien dit het geval is, dient de minimaal vereiste waakhogte te worden vergroot tot een te bepalen waarde waarbij het overslagdebiet door scheepvaartgolven minder dan 5 l/m/s bedraagt.

Erosie

Bij de minimaal te hanteren waakhogte van bijv. 0,3 m leiden golfhoogten tot 0,5 m niet tot erosie van de kruin en het binnentalud. Aan de hand van een (te bepalen) 'veilige waarde' kan de hoogtetoets voor een geheel kanaal betrekkelijk eenvoudig worden uitgevoerd. Hierbij dient achtereenvolgens een minimaal benodigde waakhogte te worden bepaald, en te worden aangetoond dat een dergelijke waakhogte aanwezig is.

Vervolgens zijn nog wel (maar een zeer beperkt aantal) golfoverslagberekeningen benodigd, voor de vaststelling van het overslagdebiet. Met dit debiet dient rekening te worden gehouden bij de schematisering van de waterspanningen. Dit leidt tot een verhoging van de grondwaterstand, de mate van de verhoging dient te worden bepaald op basis van expert judgement. Een (niet-)stationaire berekening van de waterspanningen behoort tot het geavanceerde niveau, en wordt niet (standaard) gevraagd.

Kruinbreedte

De minimaal vereiste kruinbreedte bedraagt 1,5 m.

5.2.7

Piping

Methode Sellmeijer

De beoordeling moet worden uitgevoerd op basis van de methode Sellmeijer, de methode Bligh is niet toegestaan. De uitwerking moet volgens de beoordelingswijze in de LTVR2015 worden uitgevoerd.

Waterremmende en slecht doorlatende lagen op de kanaalbodem

De aanwezigheid van slecht doorlatende lagen op het buitentalud en de kanaalbodem hebben gunstige invloed op de kans op het optreden van piping. Door de intredeweerstand reduceert de stijghoogte in de zandondergrond nabij de buitenteen en daarmee ook de gradiënt in de zandondergrond. Bij de beschouwing van piping moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen op de kanaalbodem, mits die lagen voorkomen beneden de onderhoudsdiepte en niet bij hoge stroomsnelheden (bijv. tijdens een hoogwaterperiode) kunnen eroderen. Aanwijzingen voor het in rekening brengen van slecht doorlatende lagen op de kanaalbodem als kwelweglengte en/of hydraulische weerstand staan beschreven in de LTVR2015.

Waterdichte bekleding op de onderwatertaluds en/of kanaalbodem

Uit oogpunt van piping is het verder van groot belang speciale aandacht te besteden aan de waterdichtheid van onderwatertaluds en de kanaalbodem. Bij sommige kanalen (zoals het Julianakanaal) is sprake van een waterdichte bekleding op de onderwatertaluds en/of kanaalbodem. Indien de kanaalbodem voldoende hydraulisch dicht is, is een intredepunt van de kwelweg niet aanwezig en bestaat geen gevaar voor piping. De toetsregels voorzien niet goed in deze situatie. Indien sprake is van een kanaal met een waterdichte bekleding, moet getracht worden de afwezigheid van een intredepunt te onderbouwen.

"Zand op zand"

Op basis van regionale informatie valt op te maken dat de kaden in Brabant en langs de Twentekanalen overwegend op zandgrond zijn aangelegd. Bij afwezigheid van slecht doorlatende lagen direct onder de kanaalkaden kan piping niet optreden. Op basis van genoemde regionale informatie lijkt deze situatie erg aannemelijk. Bij de beoordeling op piping dient zodoende speciaal aandacht te worden besteed aan deze voorwaarde, mogelijk kan dit mechanisme aan de hand van de afwezigheid van slecht doorlatende lagen onder de kade eenvoudig worden beschouwd cq. voor veel kanaalkaden eenvoudig als 'voldoet' worden beoordeeld. Opgemerkt wordt dat de afwezigheid van slecht doorlatende lagen goed moet worden aangetoond, uitsluitend regionale informatie is daarvoor niet geschikt.

5.2.8

Stabiliteit binnenwaarts

Schadefactor

Ten aanzien van de vereiste schadefactor moet voor veiligheidsnormen die afwijken van de IPO – klassen de schadefactor worden gehanteerd die behoort bij de eerst hogere normklasse. Indien de berekende stabiliteitsfactor niet voldoet aan de vereiste schadefactor, moet aanvullend worden vastgesteld of deze wel voldoet aan een aangepaste schadefactor afgeleid op basis van interpolatie tussen de normen. Dit oordeel valt buiten de technische score, maar mag worden betrokken bij het beheerdersoordeel.

Norm-afhankelijke schematisering droogte

Indien kaden met een afwijkende veiligheidsnorm droogte gevoelig zijn, dient voor de schematisering van eventuele normafhankelijke uitgangspunten te worden uitgegaan van de eerst volgende hogere normklasse.

Materiaalfactoren

Voor alle kanaalkaden dienen de materiaalfactoren uit de Leidraad [STOWA, 2015] te worden gehanteerd, geldend voor boezemkaden.

Cirkelvormig glijvlak

De stabiliteit moet steeds worden berekend met tenminste het glijvlakmodel Spencer-van der Meij, zo nodig aangevuld met UpliftVan (ook indien geen sprake is van opdrijfsituaties).

Veilige afmetingen

Veel keringen hebben een stevige grondslag en keren een betrekkelijk gering verval, met name in Brabant en delen van de Twentekanalen. Waarschijnlijk kan betrekkelijk eenvoudig de stabiliteit worden beoordeeld aan de hand van zn. veilige afmetingen. Bij aanvang van de toetsing moet worden beschouwd of zo'n aanpak kansrijk is.

Globaal gesteld lijkt zo'n benadering kansrijk indien sprake is van:

- een geringe kerende hoogte van minder dan 1 meter; en
- een kruinbreedte van tenminste 3 m;
- de afwezigheid van slappe grondlagen.

Materiaalmodel

Een actuele ontwikkeling ten aanzien van de beoordeling van macrostabiliteit is de voorgenomen overgang naar een nieuw grondmechanische materiaalmodel.

Voor de kanaalkaden geldt dat:

- indien bestaande grondmechanische parameters gebruikt kunnen worden het vigerende Mohr-Coulomb model moet worden toegepast;

- indien geen of onvoldoende inzicht in de parameters beschikbaar is en nieuw laboratoriumonderzoek moet worden uitgevoerd, het nieuwe Critical State Soil Mechanics - model moet worden toegepast.

5.2.9 *Stabiliteit buitenwaarts*

Benadrukt wordt dat de stabiliteit van het buitentalud moet worden beschouwd ten aanzien van een lage waterstand als gevolg van natuurlijke variaties (par. 3.1.2). Mogelijk is tevens de beschouwing van een zware verkeersbelasting vereist (opgave door RWS, zie ook hoofdstuk 3). Overige situaties hoeven niet te worden beschouwd.

Alleen voor het Markkanaal, het Betuwepand van het AR-kanaal en Maas-Waal kanaal dient aanvullend de situatie met een snelle daling van de waterstand na een hoogwaterperiode te worden beschouwd.

Bij de beschouwing van het buitentalud tijdens laag water blijkt vaak dat sprake is van een betrekkelijk kleine glijcirkel. Een dergelijke afschuiving van het buitentalud vormt daardoor vaak geen significante aantasting van de kanaalkade. Bij beschouwing van de stabiliteit buitenwaarts dient zodoende een restbreedte benadering te worden toegepast zoals beschreven in de LRT2015 [STOWA, 2015].

5.2.10 *Micro-stabiliteit*

Bij veel kanalen is de maatgevende waterstand weinig hoger dan de reguliere waterstand, soms bedraagt het verschil 0,3 à 0,4 m. Afwezigheid van waarnemingen of verschijnselen die duiden op microstabiliteit tijdens normale situaties of perioden met een verhoogde kanaalwaterstand kunnen zodoende worden gebruikt in een beoordeling van de veiligheid ten aanzien van dit toetsspoor.

Indien de reguliere beoordeling leidt tot het oordeel 'voldoet niet' en sprake is van een gering verschil ($< 0,5$ m) tussen toetspeil en streefpeil (of voorkomende hoge waterstanden) dient een beoordeling aan de hand van bewezen sterkte te worden toegepast. Indien toepassing van 'bewezen sterkte' op voorhand kansrijk lijkt, mag dit direct worden toegepast.

Dit geldt in het bijzonder voor opgelegde kanalen met een waterdicht buitentalud en kanaalbodem. Variaties in het kanaalpeil leiden niet tot stijging van de freatische grondwaterstand. De afwezigheid van faalverschijnselen tijdens streefpeil vormen dan voldoende bewijs voor de bewezen sterkte, omdat situatie met toetspeil uit oogpunt van microstabiliteit in feite gelijkwaardig aan de dagelijkse situatie is.

Uitzondering vormen situaties waar de reguliere waterstand beneden een (waterdichte) beschoeiing blijft, maar de maatgevende hoogwaterstand boven zo'n beschoeiing komt. Bewezen sterkte is dan onvoldoende representatief voor de normsituatie.

5.2.11 *Bekleding*

Door scheepvaart kunnen op een aantal kanalen grote golfhoogten optreden, golfhoogten die waarschijnlijk groter zijn dan de golfhoogten onder maatgevende omstandigheden. Zodoende dient bij de uitwerking van dit toetsspoor te worden gestart met een verkenning of bewezen sterkte kan worden toegepast.

5.2.12 *Niet-waterkerende objecten*

Potentieel risicovolle niet-waterkerende objecten moeten worden geïnventariseerd en getoetst volgens de toetsregels van LTV2015 module E.

Inventarisatie potentieel risicovolle objecten

Niet-waterkerende objecten moeten worden geregistreerd en beoordeeld indien wordt voldaan aan de volgende criteria:

- **Bebouwing:**
Type: alle bebouwing met mogelijk ontgraving (kelders, kruipruimten, etc.) beneden maaiveld
Zone: vanaf de buitenteen / -talud tot de binnenteen.
- **Bomen:**
Type: bomen hoger dan 5 m
Zone: vanaf de buitenteen / -talud tot de binnenteen, boomgroepen (hart-op-hart afstand minder dan 10 m) tot een afstand van 5 m van de binnenteen.
- **Leidingen:**
Type: alle kruisende leidingen en parallelle leidingen met een grote diameter (> ø 30 cm), hoge druk (> 10 bar)
Zone, voor parallelle leidingen: vanaf de buitenteen / -talud tot de binnenteen.

Vanwege de soms brede kanaalkaden geldt aanvullend als grens van het zoekgebied een maximale afstand van 3 meter plus 2 maal de kerende hoogte, in binnendijkse richting gerekend vanaf de buitenkruinlijn.

Voor eventueel aanwezige voorlanden en buitendijkse gebieden (haventerreinen) geldt aanvullend dat objecten binnen 5 m van de buitenteen geregistreerd moeten worden.

5.2.13 *Waterkerende kunstwerken*

De risicovolle waterkerende kunstwerken dienen te worden geïnventariseerd en getoetst volgens de toetsregels in LWK2011 en LTV2015 module F.

Waterkerende kunstwerken moeten worden getoetst indien wordt voldaan aan één van de volgende criteria:

- verval: kunstwerken waarbij het verval in de maatgevende situatie groter is dan 0,2 meter (verschil toetspeil – waterstand binnendijks of toetspeil – drempelhoogte, coupures)
- gemalen: een diameter groter dan 0,50 m ($A = 0,20 \text{ m}^2$)
- in- en uitwateringsduikers, leidingen: leidingdiameter groter dan 0,30 m.

Compartimenterende kunstwerken in het kanaal (stuwen) behoeven niet te geïnventariseerd.

De inventarisatie van de kunstwerken op basis van bovenstaande criteria moet inzichtelijk worden beschreven, en resulteren in een lijst met risicovolle waterkerende kunstwerken.

In afwijking van stap 2.1 van de Leidraad Waterkerende Kunstwerken in regionale waterkeringen (pagina 88 en 89) wordt voor het berekenen van het golfoverslagdebiet bij verticale wanden onderstaande formule gebruikt:

$$q = 0,13 \sqrt{g H_s^3} \exp\left(-3,0 \frac{h_{kr}}{H_s \gamma_\beta \gamma_n}\right)$$

Waarin:

q = Gemiddeld overslagdebiet [m^3/s per strekkende m breedte]

g = Versnelling van de zwaartekracht [m/s^2]

H_s = Significante inkomende golfhoogte vlak voor de constructie [m]

h_{kr} = Hoogte van de kruin boven het toetspeil [m]

γ_β = Invloedsfactor voor scheve golfaanval [-]

γ_n = Invloedsfactor voor een neus bovenaan de constructie [-]

5.2.14 *Hoge gronden*

Voor een aantal kanalen geldt dat de kaden aansluiten op hogere gronden en/of kadevakken (kunnen) voorkomen met lokaal een maaiveldniveau in het achterland boven het toetspeil. Zeker bij tracé's met lokaal een hoog maaiveldniveau zal het vaak gaan om geheel of grotendeels verholen kaden.

Ten aanzien van de overgangen van een waterkerende kade naar de vakken met een hoge maaiveldligging in het achterland of hoge grond dient te worden gecontroleerd op een goede aansluiting. Een aansluiting is goed indien:

- ter plaatse van de overgang van een waterkerende kade naar hoge grond het achterland een minimaal maaiveldniveau heeft gelijk aan het toetspeil; en:
- een dergelijk hoog maaiveldniveau over een minimale lengte van 100 meter langs het kanaal aanwezig is.

Indien dit over een kortere lengte aanwezig is, is sprake van een verholen kade en dient de kade te worden opgenomen in de toetsing.

5.2.15 *Oeverconstructies*

Langs veel kanalen komen stalen damwandconstructies voor als oever van het kanaal. Deze constructies vormen een onderdeel van de waterkering. Bij de beoordeling van de stabiliteit van het buitentalud moeten deze constructies worden beschouwd.

Het falen van dergelijke constructies zal niet leiden tot een overstroming, indien na een buitenwaartse afschuiving een gedeelte van de kruin op het niveau van de minimaal vereiste kruinhoogte resteert. Zodoende kan de beoordeling van de constructie worden gestart met een (eenvoudige) geometrische beoordeling. Deze werkwijze is beschreven in de Leidraad [LTV2015]. Hierbij wordt gecontroleerd of bij een taludhelling van 1:4, gerekend vanaf het onderhoudsniveau van de waterbodem ter plaatse van de constructie, voldoende kruinbreedte (1,5 m) resteert op het niveau van de benodigde kruinhoogte. Bij voldoende restbreedte mag de stabiliteit buitenwaarts als voldoende worden beoordeeld.

Indien het bezwijken van de damwand / beschoeiing wel kan leiden tot onvoldoende kruinbreedte op het minimaal benodigde kruinniveau, kan op basis van deze eenvoudige werkwijze geen oordeel worden geveld. In die gevallen dient de damwandconstructie gedetailleerd te worden getoetst. Hiervoor moet het CUR Handboek damwanden worden gebruikt [CUR166, 2012].

Overige aanwijzingen voor de beoordeling:

- uitgaan van de benodigde kruinhoogte bij toetspeil (vanwege het vaak geringe verschil tussen streef- en toetspeil lijkt een eventuele optimalisatie van dit peil beperkt relevant);
- uitgaan van veiligheidsklasse 2;
- correctie van de dikte van de damwand voor corrosie volgens nieuwe inzichten [Deltares, 2014].

Bij toepassing van de eenvoudige beoordeling is het dus niet uitgesloten dat de damwandconstructies falen. Uit oogpunt van de beveiliging tegen overstroming van het beschermde gebied is dat acceptabel. Consequenties voor overige functies van het kanaal (m.n. scheepvaart) worden daarbij niet beschouwd.

6 Beheerdersoordeel

Onderstaand overzicht vat de stappen in het kader van het opstellen van het beheerdersoordeel samen. Deze stappen worden in par. 6.1 nader toegelicht.

Opgemerkt wordt dat het opstellen van het beheerdersoordeel wordt uitgevoerd door de beheerder.

Stappen opstellenbeheerdersoordeel

- 1: Verzamelen beschikbare informatie
- 2: Beoordelen beschikbare informatie
- 3: Opstellen concept beheerdersoordeel
- 4: Validatie en vaststellen definitief beheerdersoordeel

6.1 Beschrijving van de stappen

6.1.1 *Verzamelen beschikbare informatie*

De beheerder verzamelt informatie over de kering. Dit is zowel gedocumenteerde informatie (zoals eerdere toetsrapporten, veld- en inspectiegegevens, schouwrapporten, onderzoeksgegevens) als mogelijk (nog) niet gedocumenteerde / gearhiveerde informatie (kennis van de dagelijks beheerder, rayonbeheerder of toetsers/adviseurs die eerder bij de kade betrokken zijn geweest). Relevante informatie kan ook worden gevonden in regionale databases, zoals DINO/REGIS voor bodemopbouw en grondwaterstanden.

6.1.2 *Beoordelen beschikbare informatie*

Vervolgens wordt de beschikbare informatie algemeen beoordeeld door enkele RWS deskundigen, vooraleerst nog zonder conclusie. Het resultaat van deze stap is duidelijkheid over welke vervolgstappen kansrijk zijn om met voldoende onderbouwing een beheerdersoordeel te geven (per toetsspoor). Met zo'n algemene beoordeling:

- worden kennis en ervaringen onderling gedeeld;
- wordt een eerste indruk van het beheerdersoordeel afgetast;
- worden keuzes of acties besproken om te komen tot een beheerdersoordeel;
- wordt inzicht verkregen in nut en noodzaak van een eventuele toets op geavanceerd niveau.

6.1.3 *Opstellen concept beheerdersoordeel*

Op basis van de verzamelde informatie en de resultaten van eventuele acties, wordt een concept beheerdersoordeel opgesteld. Het beheerdersoordeel dient per toetsspoor te worden opgesteld. Het gebruik van waarnemingen van faalverschijnselen (of de afwezigheid daarvan) dient te worden ondersteund met beschrijving van de aard/omvang van de belasting (hoogwater peil, golfhoogten, etc.) tijdens het (niet) optreden van de faalverschijnselen.

6.1.4 *Validatie en vaststellen definitief beheerdersoordeel*

Het concept beheerdersoordeel wordt intern besproken aan de hand van de redenering en de eventuele bewijzen. Indien het beheerdersoordeel intern wordt geaccepteerd, is sprake van definitief beheerdersoordeel.

Indien het beheerdersoordeel afwijkt van de technische score, maar conform de interne validatie onvoldoende logisch en/of overtuigend is onderbouwd, luidt het beheerdersoordeel 'nader onderzoek'.

Indien het beheerdersoordeel afwijkt van het technische oordeel, dient in het kader van de validatie tevens te worden besproken:

- of, en zo ja welk, nader onderzoek moet worden uitgevoerd;
- hoe beide oordelen worden afgewogen om te komen tot een eindoordeel (per toetsspoor).

6.2 Aanvullende opmerkingen

6.2.1 *Opstellen beheerdersoordeel*

Het beheerdersoordeel moet worden opgesteld door de beheerder, ofwel hier is nadrukkelijk de inzet van de regionale keringbeheerders vereist.

6.2.2 *Uniforme werkwijze opstellen*

Het beheerdersoordeel moet worden opgesteld volgens een standaard procedure geldend voor alle regionale keringen, zodat voor alle kanalen sprake is van een uniform opgesteld beheerdersoordeel. Deze standaard procedure is procesmatig beschreven in paragraaf 6.1, een format voor een standaard rapportage is beschreven in bijlage E.

6.2.3 *Beheerdersoordeel per toetsspoor*

Per toetsspoor dient een beheerdersoordeel te worden opgesteld. Dit leidt na afweging met de technische score tot een eindoordeel, eveneens per toetsspoor. Een variant waarbij slechts één beheerdersoordeel over de totale veiligheid wordt gegeven, is niet toegestaan. Dat geeft onvoldoende inzicht in welk toetsspoor specifiek aanleiding geeft voor een afwijkend beheerdersoordeel.

6.2.4 *Vermenging beheerdersoordeel in de technische beoordeling*

Het beheerdersoordeel wordt soms betrokken in de technische beoordeling, bijvoorbeeld in situaties waarbij weloverwogen is afgeweken van de aanwijzingen in de Leidraad of leemten in de Leidraad pragmatisch zijn ingevuld. Dit is toegestaan, indien expliciet en onderbouwd, het komt het realiteitsgehalte van het veiligheidsoordeel ten goede (de oordelen 'voldoet niet' of 'geen oordeel' worden hiermee beperkt). Bij deze werkwijze dient het resulterende oordeel als beheerdersoordeel te worden gerapporteerd (het technisch oordeel luidt dan 'nader onderzoek').

6.2.5 *Betrekken aanvullend beschouwde situaties en belastingen*

Bij de technische beoordeling kan in enkele situaties worden afgeweken van de standaard voorgeschreven aanpak qua vastgestelde hydraulische randvoorwaarden beschouwing van overige belastingen. Voorbeelden zijn:

- macrostabiliteit binnenwaarts: aanvullend beschouwen van de situatie met een verhoogde stijghoogte tijdens streefpeil;
- macrostabiliteit binnenwaarts: aangepaste schadefactor voor keringen met een norm afwijkend van de IPO – klassen;
- optimalisatie van de hydraulische randvoorwaarden.

Bij het opstellen van het beheerdersoordeel dient te worden vastgesteld of (en hoe) de resultaten van de beschouwde afwijkingen worden betrokken wordt in het veiligheidsoordeel.

6.2.6 *Kwaliteitseisen beheerdersoordeel*

Specifieke eisen aan de kwaliteit van het beheerdersoordeel kunnen niet worden gegeven. Meer algemeen gelden de volgende eisen aan het beheerdersoordeel:

- moet overtuigend zijn;
- moet volgens een valide redenering zijn onderbouwd;
- moet intern zijn gevalideerd;
- bij de validatie moeten meerdere personen betrokken zijn.

Van belang bij het beheerdersoordeel is vaak de hardheid van de bewijslast. Hierbij zijn resultaten van inspecties nuttig, speciaal (foto's van) waarnemingen tijdens extreme omstandigheden (hoog en/of laagwater).

6.2.7 *Beheerdersoordeel over de hydraulische randvoorwaarden*

Bij de afleiding van de hydraulische randvoorwaarden zijn aannamen gedaan over de naleving van waterakkoorden en wijze waarop de verschillende objecten (sluizen, stuwen, etc.) bediend worden. Aanvullend op het beheerdersoordeel ten aanzien van de sterkte (de toetssporen) dient de beheerder tevens een oordeel over de hydraulische randvoorwaarden te geven. Hierbij dient specifiek te worden ingegaan op de mate waarin de waterakkoorden worden nageleefd en procedures voor objectbediening in de beheerpraktijk uitgevoerd (kunnen) worden.

7 Opstellen veiligheidsoordeel

Onderstaand overzicht vat de stappen bij het opstellen van het veiligheidsoordeel samen. Deze stappen worden in par. 7.1 nader toegelicht.

Stappen opstellen veiligheidsoordeel

- 1: Vergelijken technische score en beheerdersoordeel
- 2: Uitvoeren nader onderzoek
- 3: Bijstellen technische score of beheerdersoordeel
- 4: Definitieve vergelijking technische score en beheerdersoordeel
- 5: Bepalen eindoordeel per toetsspoor (afweging technische score en beheerdersoordeel)
- 6: Bepalen veiligheidsoordeel per toets- of kadevak

7.1 Beschrijving van de stappen

Voor ieder kade- of toetsvak dient per toetsspoor een eindoordeel te worden opgesteld.

7.1.1 *Vergelijking technische score en beheerdersoordeel*

Een eerste stap betreft de vergelijking per toetsspoor van de technische score en het beheerdersoordeel.

Indien de technische score en het beheerdersoordeel overeenkomen, vormen deze tevens het veiligheidsoordeel voor het betreffende toetsspoor.

Indien de technische score en het beheerdersoordeel niet overeenkomen, vormt dit in eerste instantie aanleiding voor het uitvoeren van nader onderzoek.

7.1.2 *Uitvoeren nader onderzoek*

Het uitvoeren van nader onderzoek is niet nodig indien kan worden aangetoond dat de resultaten van dit onderzoek niet zullen leiden tot een bijstelling van de technische score.

Onderbouwing kan bijvoorbeeld worden gevormd door een gevoeligheidsanalyse, wanneer daaruit blijkt dat bij gunstige onderzoeksresultaten nog steeds de technische score 'voldoet niet' resulteert.

7.1.3 *Bijstellen Technische score of het Beheerdersoordeel*

Na uitvoering van het nader onderzoek kan de technische score of het beheerdersoordeel worden aangepast op basis van de resulterende informatie.

Indien na bijstelling de technische score en het beheerdersoordeel overeenkomen, vormen deze tevens het veiligheidsoordeel voor het betreffende toetsspoor.

Indien na bijstelling de technische score en het beheerdersoordeel niet overeenkomen, kan dit wederom aanleiding vormen nader onderzoek uit te voeren.

In theorie kan dit proces van nader onderzoek en vergelijken van de (bijgestelde) technische score en/of het beheerdersoordeel meerdere malen worden uitgevoerd. Om dit te voorkomen moet voorafgaand aan een nieuwe fase met nader onderzoek worden beoordeeld of de resultaten van nader onderzoek kunnen leiden tot een dusdanige bijstelling van de technische score en/of het beheerdersoordeel, zodanig

dat deze wel overeenkomen. Indien dit uitgesloten lijkt, is het uitvoeren van nader onderzoek niet doelmatig en kan dan achterwege blijven.

7.1.4 *Definitieve vergelijking technische score en beheerdersoordeel*

Indien de technische score en het beheerdersoordeel uiteindelijk overeenkomen, vormen deze tevens het veiligheidsoordeel per toetsspoor.

Indien de definitieve technische score en het beheerdersoordeel uiteindelijk niet overeenkomen, dient een afweging tussen beide oordelen te worden gemaakt.

7.1.5 *Afweging technische score en beheerdersoordeel per toetsspoor*

De wijze van afweging van niet overeenkomende technische score en beheerdersoordeel is niet omschreven in de Leidraad. Hierdoor kunnen verschillende wegen worden toegepast.

Ten behoeve van een uniforme betekenis van het veiligheidsoordeel voor alle kanalen geldt een standaard werkwijze voor de afweging van de technische score en het beheerdersoordeel. Bij deze werkwijze wordt veel waarde toegekend aan het beheerdersoordeel. Uitgangspunt hierbij is dat afwijkende beheerdersoordelen, conform de procedure voor interne validatie, logisch zijn en voldoende overtuigend zijn onderbouwd.

Voor gevallen waarin de technische score en het beheerdersoordeel niet overeenkomen geldt het volgende, per toetsspoor:

eindoordeel = beheerdersoordeel	indien beheerdersoordeel is gevalideerd;
eindoordeel = technische score	indien beheerdersoordeel niet is gevalideerd en technische score luidt 'voldoet niet';
eindoordeel = 'nader onderzoek'	indien beheerdersoordeel niet is gevalideerd en technische score luidt 'voldoet'.

Aldus kan het beheerdersoordeel voor een toetsspoor gelden als eindoordeel, mits het voldoende is onderbouwd (gevalideerd).

7.1.6 *Veiligheidsoordeel per toetsvak (van de beheerder)*

Om te komen tot een veiligheidsoordeel per toetsvak moeten voor het betreffende toetsvak de eindoordelen van alle toetsspoor worden beschouwd.

Ten behoeve van een uniforme betekenis van het veiligheidsoordeel voor alle kanalen geldt de volgende standaard werkwijze voor het opstellen van een veiligheidsoordeel per toetsvak:

<i>voldoet niet aan de norm</i>	indien tenminste één van de eindoordelen per toetsspoor 'voldoet niet' is,
<i>nader onderzoek</i>	indien één van de eindoordelen per toetsspoor 'nader onderzoek' is (een geen toetsspoor heeft het eindoordeel 'voldoet niet')
<i>voldoet aan de norm</i>	indien het eindoordeel van alle toetsspoor aangeeft dat de veiligheid voldoet aan de norm.

7.2 Aanvullende opmerkingen

7.2.1 Aanleiding 'Nader onderzoek'

Indien het oordeel 'nader onderzoek' resulteert moet de oorzaak worden aangegeven, in termen als:

- onverenigbaarheid met de toetsregels in de Leidraad en Addendum, bijvoorbeeld vanwege kennisleemten;
- onverenigbaarheid met hydraulische randvoorwaarden;
- ontbreken technische gegevens;
- gedrag en historische gegevens;
- onvolledigheid uitvoering toets op veiligheid (door gebrek aan tijd, geld en/of middelen).

Een aantal oorzaken geeft een nuttige nuance aan het veiligheidsoordeel 'nader onderzoek', waarmee dit oordeel beter uitlegbaar is naar derden.

7.2.2 Aanpak kaden met veiligheidsoordeel 'voldoet niet aan de norm'

Voor vakken met het veiligheidsoordeel 'voldoet niet aan de norm' dient te worden aangegeven welke tijdelijke of noodmaatregelen de beheerder zal treffen om gedurende de periode tot de veiligheid weer orde is gesteld te staan voor de veiligheid tijdens eventuele hoogwaterperioden.

Voor deze vakken moet aanvullend worden beschreven welke aard een structurele kadeverbetering zal hebben, met de volgende onderdelen:

- in ieder geval kwalitatief in termen van maatregelen als kruinverhoging, aanleg bermen of ingrepen in de bekleding
- en zo mogelijk kwantitatief met een inschatting van de dimensies, in termen van m, m² en/of m³;
- en zo mogelijk met een inschatting van de kosten (globaal / indicatief).

8 Rapportage van de veiligheid

8.1 Presentatie van de veiligheid

Voor een inzichtelijke presentatie van de veiligheid moet in een tabel steeds voor ieder toetsvak per toetsspoor het resultaat van de technische beoordeling, het beheerdersoordeel en de eindoordeel worden gerapporteerd.

In de eindconclusie dient daarbij het veiligheidsoordeel te zijn genuanceerd, per toetsspoor, omdat bij een (te) sterke samenvatting van de eindoordelen het resulterende veiligheidsoordeel de nuance mist ten aanzien van de aard van de tekortkoming van de kade. Zodoende moet bij de presentatie van de veiligheid de aard van de tekortkoming worden beschreven, inclusief de orde grootte van die tekortkoming.

Ter illustratie

Een eindresultaat kan zijn dat de veiligheid van 40% van de kaden niet aan de norm voldoet. Een eerste nuance is dan inzicht in de aard van de tekortkomingen, bijv.:

- 15 % of km: Hoogte;
- 20 % of km: Hoogte en Stabiliteit;
- 5 % of km: Stabiliteit.

Aanvullend moet per toetsspoor de grootte van de tekortkoming worden aangegeven, bijv.:

- 15% Hoogte, waarvan:
 - o 5% kruinhoogte minder dan 0,25 m te laag;
 - o 7% kruinhoogte 0,25 à 0,5 m te laag;
 - o 3% kruinhoogte meer dan 0,5 m te laag.

Daarnaast moeten de belangrijkste resultaten op kaarten worden gepresenteerd. De rapportage moet tenminste kaart bevatten met:

- het resulterende veiligheidsoordeel
- het resultaat van de toets op hoogte;
- het (samenvattende) resultaat van de stabiliteit.

8.2 Rapportage van de veiligheidstoetsing per kanaal

De rapportage moet worden opgesteld volgens een standaard format inclusief inhoudsopgave. Dit format wordt beschikbaar gesteld door het Ministerie van Infrastructuur & Milieu.

Om de rapportage van de verschillende kanalen te uniformeren is onderstaand de minimaal benodigde inhoud van het rapport geformuleerd (een structuur cq. inhoudsopgave van de rapportage is beschreven in bijlage F):

- 1: gedetailleerde specificatie van de uitgangspunten en werkwijze;
- 2: beschrijving van de (geometrische en geotechnische) schematisering van het maatgevende dwarsprofiel, inclusief een toelichting bij de indeling in toetsvakken;
- 3: tabel met de kanaal- / toetsvakken (nummer en/of naam), de lengte, en:
 - a) per toetsspoor:
 - het technische oordeel;
 - het beheerdersoordeel;
 - het eindoordeel;

b) per kanaal- / toetsvak:

- het resulterende veiligheidsoordeel voor het kadevak
- 4: kaarten met het veiligheidsoordeel op kadevakniveau;
- 5: voor secties met de technische eindscore “nader onderzoek” de redenen waarom niet tot een oordeel kon worden gekomen (en eventueel onderzoek wat nog wordt uitgevoerd om de veiligheid alsnog te kunnen toetsen).
- 6: omschrijving van de voorzieningen / maatregelen die nodig worden geacht, inclusief een inschatting van de termijn waarop deze voorzieningen getroffen zullen zijn (indien de beoordeling van de veiligheid daartoe aanleiding geeft).

Ad 1: het rapport (of een bijlage) dient inzichtelijk een overzicht te geven van:

- de hydraulische randvoorwaarden (waterstanden, golfvandvoorwaarden, gehanteerde windsnelheden en eventueel waterstandsverloop, en het oordeel van de beheerder over de mate waarin de waterakkoorden en procedures voor objectbediening in de beheerpraktijk uitgevoerd (kunnen) worden);
- de beschikbare grondgegevens (bodemopbouw en sterkte-eigenschappen);
- de waterspanningen inclusief de gehanteerde meetpunten (freatische grondwaterstand, diepere waterspanningen en het verloop van de waterspanning op verschillende diepten in het profiel).

Naast het rapportage moet ook de volgende informatie worden geleverd aan ILT:

- Berekeningsresultaten;
- Rekenbestanden; GIS – bestanden
- Bestanden met ligging kering en oordelen.

Aanvullend op de rapportage van de veiligheidstoets (als bijlage of separaat) zal de beheerder verslag uit te brengen over de voortgang van het groot onderhoud, verbeteringswerken, ingrepen in het watersysteem (die nodig zijn om te voldoen aan de veiligheidsnorm) en de bevindingen van de inspecties van de regionale waterkeringen.

9 Referenties

Wieringa & Rijkoort 1983. Windklimaat van Nederland.

Wet op de Waterkering 1996.

http://wetten.overheid.nl/BWBR0007801/geldigheidsdatum_21-09-2012

IPO 1998. IPO Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden.

Fugro 1998.

Bottema et al. 1998.

<http://cio.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/1998/BoundLayMetBottema2/1998BoundaryLayerMeteorolBottema2.pdf>.

Unie van Waterschappen 2004. Visie op regionale waterkeringen.

<http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/regionale/>

TAW 2004. TR Waterspanningen bij Dijken

RWS RIZA 2007.

[http://files.kennisplein.intranet.minienm.nl/3/5/359788/Measured_wind-wave_climatology_lake_IJssel_\(NL\)-main_results_for_the_period1.pdf](http://files.kennisplein.intranet.minienm.nl/3/5/359788/Measured_wind-wave_climatology_lake_IJssel_(NL)-main_results_for_the_period1.pdf)

Rijkswaterstaat Oost-Nederland, 2008. Rapportage 1e toetsing op veiligheid Regionale Keringen Twentekanalen Overijssel. Definitief rapport, RoyalHaskoning 2008.

2009 en 2014 Waterwet. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2016-04-14>

Rijkswaterstaat Oost-Nederland, 2009. Rapportage 1e toetsing op veiligheid Regionale Keringen Twentekanalen Gelderland. Definitief rapport, RoyalHaskoning, Royal Haskoning, 2009

Promotor 2010.

http://www.stowa.nl/publicaties/publicaties/promotor__gebruikershandleiding

RWS WD, 2010. Bijlagenrapport normering regionale keringen - Rijkswaterstaat Dienst Noord-Brabant, RoyalHaskoning, definitief eindrapport

RWS WD, 2010. Bijlagenrapport normering regionale keringen - Rijkswaterstaat Limburg. RoyalHaskoning, Definitief eindrapport.

RWS WD, 2010. Aanzet voor normering regionale keringen - Rijkswaterstaat Oost-Nederland. RoyalHaskoning, Definitief eindrapport

RWS WD, 2010. Bijlagenrapport normering regionale keringen - Rijkswaterstaat Zeeland. RoyalHaskoning, Definitief eindrapport

RWS, Waterdistrict Utrecht, 2011. Inventarisatie Legger/beheerregister regionale keringen Amsterdam - RIJnkanaal, achtergrondrapportage geotechnische berekeningen. Arcadis, 2011.

RWS Noord-Brabant, 2012. Amertak aanvullend bodemonderzoek. RPS advies- en Ingenieursbureau bv, 2012.

CUR, 2012. Rapport C166 Damwandconstructies, CUR.

RWS, 2013a. IHP bodem Watersysteemdeel Zuid-Willemsvaart (Lozen-Nederweert) (WR08). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013b. IHP bodem Watersysteemdeel Zuid-Willemsvaart (Nederweert-Sluis 13) (WR09). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013c. IHP bodem Watersysteemdeel Zuid-Willemsvaart, Dieze Kanaal Henriëttewaard (BK07). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013d. IHP bodem Watersysteemdeel Zuid-Willemsvaart, van Sluis 4 tot Sluis 13 (BK02). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013e. IHP bodem Watersysteemdeel Zuid-Willemsvaart, van Maas tot Sluis 4 (BK01). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013f. IHP bodem Watersysteemdeel Amertak en Buitenpand WHK (BK04). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013h. IHP bodem Watersysteemdeel Markkanaal (BK05). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013g. IHP bodem Watersysteem Kanaal Wessem – Nederweert (WR10). Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS, 2013i. IHP bodem Watersysteemdeel Wilhelminakanaal (BK03) Min. I. & M., Rijkswaterstaat, 9 december 2013.

RWS Zee en Delta, 2014. Proeftoetsing kanaal Gent-Terneuzen. Arcadis 2014

RWS WD, 2014. Normering regionale keringen in Rijksbeheer. Hoofddocument en kaartenmateriaal. Royalhaskoning DHV 2014

Deltares 2014. Corrosie van stalen damwandplanken in de grond.

RWS WD, 2014. Hydraulische randvoorwaarden voor regionale keringen in beheer bij het Rijk. Randvoorwaarden document en Achtergrondrapportage.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015. Hydraulische randvoorwaarden andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk.

LTV2015. Leidraad Toetsen op Veiligheid regionale waterkeringen (STOWA 2015)

RWS WVL, 2016. Memo Toelichting op Nadere aanwijzingen voor de toets op hoogte (VTV regionale waterkeringen RWS). Henk van Hemert 2016.

Bijlage A Hydraulische randvoorwaarden andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk

1. Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand

Kaart uitvoerpunten Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand



Tabel toetspeilen Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand

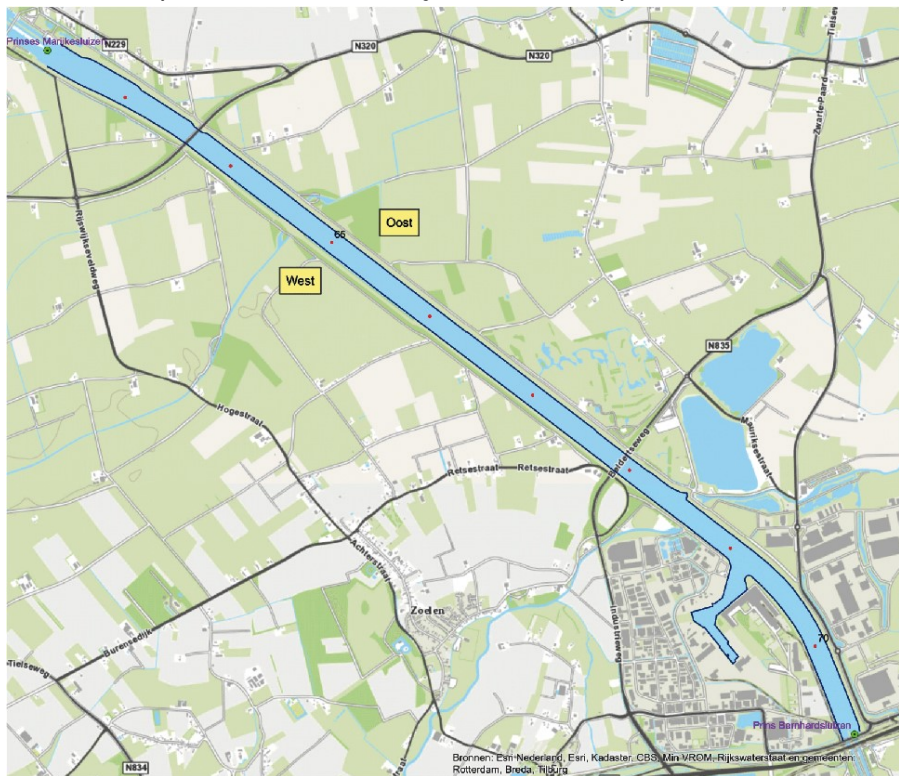
Toetspeilen [NAP+m]			
	T=100 jr	T=300 jr	T=1000 jr
3	-0,05	0,00	0,00
4	-0,05	0,00	0,00
5	-0,05	0,00	0,00
6	-0,05	0,00	0,00

Toetspeilen [NAP+m]			
	T=100 jr	T=300 jr	T=1000 jr
7	-0,05	0,00	0,00
8	-0,05	0,00	0,00
9	-0,05	0,00	0,00
10	-0,05	0,00	0,00
11	-0,05	0,00	0,00
12	-0,05	0,00	0,00
13	-0,05	0,00	0,00
14	-0,05	0,00	0,00
15	-0,05	0,00	0,00
16	-0,05	0,00	0,00
17	-0,05	0,00	0,00
18	-0,05	-0,05	0,00
19	-0,05	-0,05	0,00
20	-0,05	-0,05	0,00
21	-0,05	-0,05	0,00
22	-0,05	-0,05	0,00
23	-0,05	-0,05	0,00
24	-0,05	-0,05	0,00
25	-0,05	-0,05	0,00
26	-0,05	-0,05	0,00
27	-0,05	-0,05	0,00
28	-0,05	-0,05	0,00
29	-0,05	0,00	0,00
30	-0,05	0,00	0,00
31	-0,05	0,00	0,00
32	-0,05	0,00	0,05
33	-0,05	0,00	0,05
34	0,00	0,00	0,05
35	0,00	0,00	0,05
36	0,00	0,05	0,05
37	0,00	0,05	0,05
38	0,00	0,05	0,10
39	0,00	0,05	0,10
40	0,00	0,05	0,10
41	0,00	0,05	0,10
42	0,00	0,05	0,10

Toetspeilen [NAP+m]			
	T=100 jr	T=300 jr	T=1000 jr
43	0,05	0,10	0,10
44	0,05	0,10	0,15
45	0,05	0,10	0,15
46	0,05	0,10	0,15
47	0,05	0,10	0,15
48	0,05	0,10	0,15
49	0,05	0,10	0,20
50	0,05	0,10	0,20
51	0,10	0,15	0,20
52	0,10	0,15	0,20
53	0,10	0,15	0,20
54	0,10	0,15	0,20
55	0,10	0,15	0,25
56	0,10	0,15	0,25
57	0,10	0,15	0,25
58	0,10	0,15	0,25

2. Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand

Kaart uitvoerpunten Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand

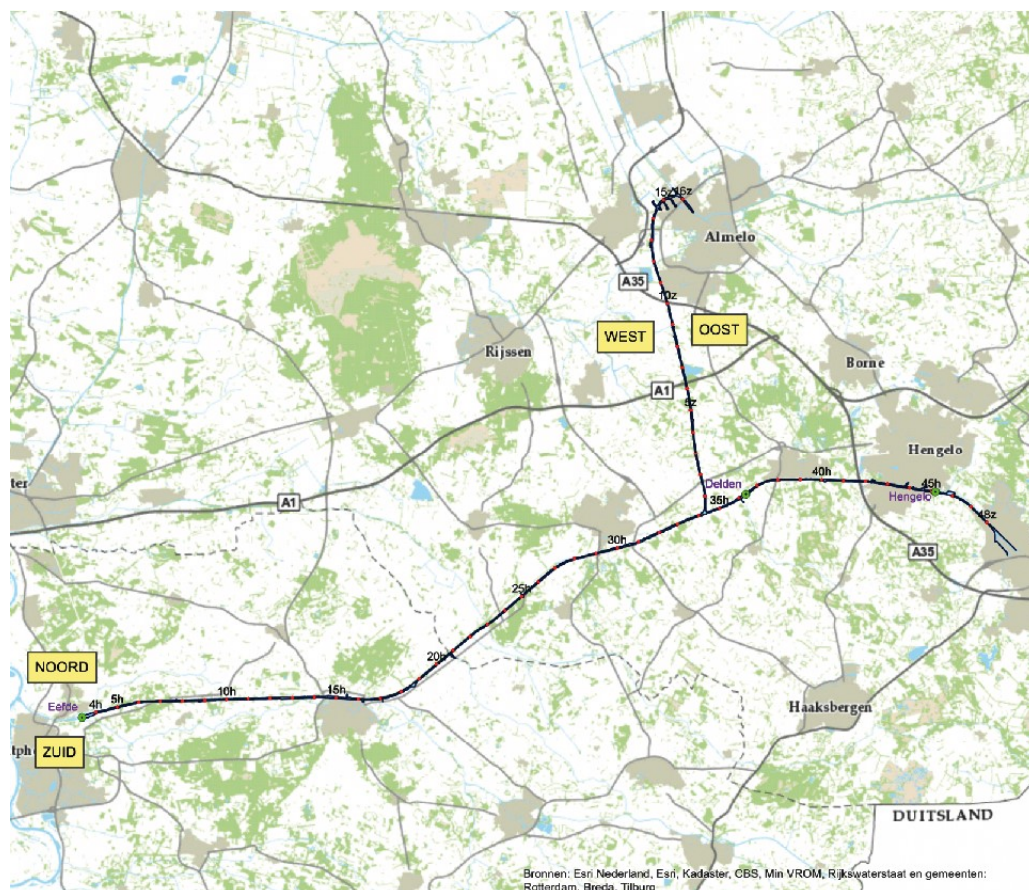


Tabel toetspeilen Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
63	5,60
64	5,60
65	5,60
66	5,60
67	5,60

3. Twentekanalen

Kaart uitvoerpunten Twentekanalen



Tabel toetspeilen Twentekanalen

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
4h	10,35
5h	10,35
6h	10,35
7h	10,35
8h	10,35
9h	10,35
10h	10,35
11h	10,40
12h	10,40
13h	10,40
14h	10,40
15h	10,40
16h	10,40
17h	10,40
18h	10,40
19h	10,40
20h	10,40
21h	10,40
22h	10,40
23h	10,45
24h	10,45
25h	10,45
26h	10,45
27h	10,45
28h	10,45
29h	10,45
30h	10,45
31h	10,45
32h	10,45
33h	10,45
34h	10,45
35h	10,50
36h	10,50
1z	10,50
2z	10,50
3z	10,50

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
4z	10,50
5z	10,50
6z	10,50
7z	10,50
8z	10,50
9z	10,50
10z	10,50
11z	10,55
12z	10,55
13z	10,55
14z	10,55
15z	10,55
16z	10,55
37h	16,60
38h	16,60
39h	16,60
40h	16,60
41h	16,60
42h	16,60
43h	16,60
44h	16,60
45h	16,60
46h	25,45
47h	25,45
48h	25,45

4. Maas-Waalkanaal

Kaart uitvoerpunten Maas-Waalkanaal



Tabel toetspeilen Maas-Waalkanaal

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
1	8,60
2	8,60
3	8,60
4	8,60
5	8,60
6	8,60
7	8,60
8	8,60
9	8,60
10	8,60
11	8,60

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
12	8,60

5. Kanaal Gent-Terneuzen

Kaart uitvoerpunten Gent-Terneuzen



Tabel toetspeilen kanaal Gent-Terneuzen

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr / T=300 jr
1	2,75
2	2,75
3	2,75
4	2,75
5	2,75
6	2,75

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr / T=300 jr
7	2,75
8	2,75
9	2,75
10	2,75
11	2,75
12	2,75
13	2,75
14	2,75

6. Markkanaal

Kaart uitvoerpunten Markkanaal

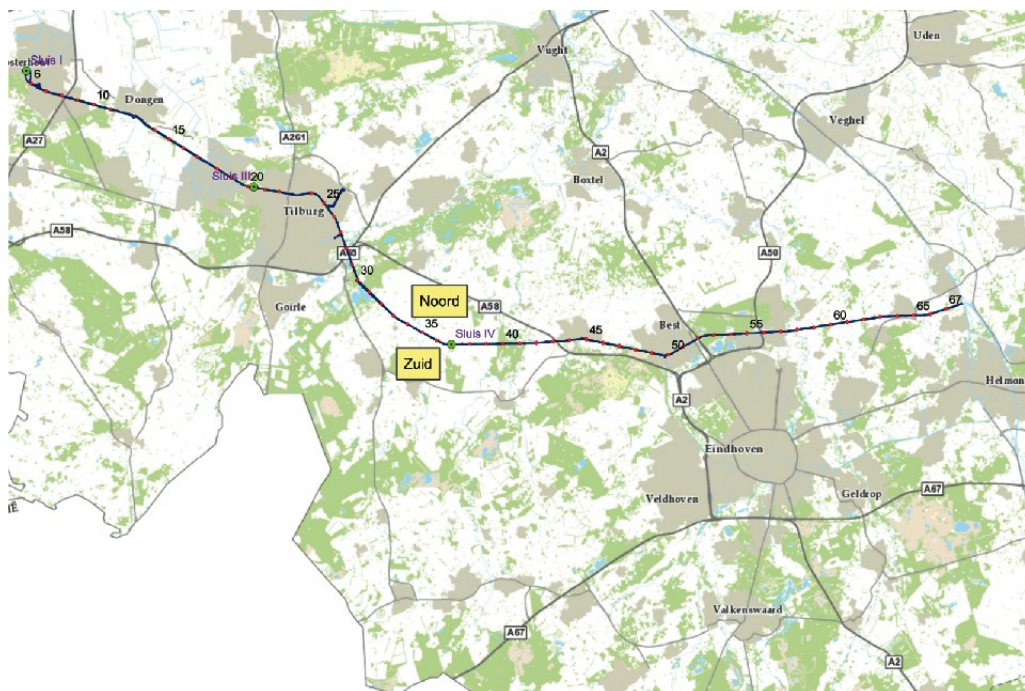


Tabel toetspeilen Markkanaal

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
6	1,61
7	1,61
8	1,61
9	1,61
10	1,61

7. Wilhelminakanaal

Kaart uitvoerpunten Wilheminkanaal



Tabel toetspeilen Wilheminkanaal

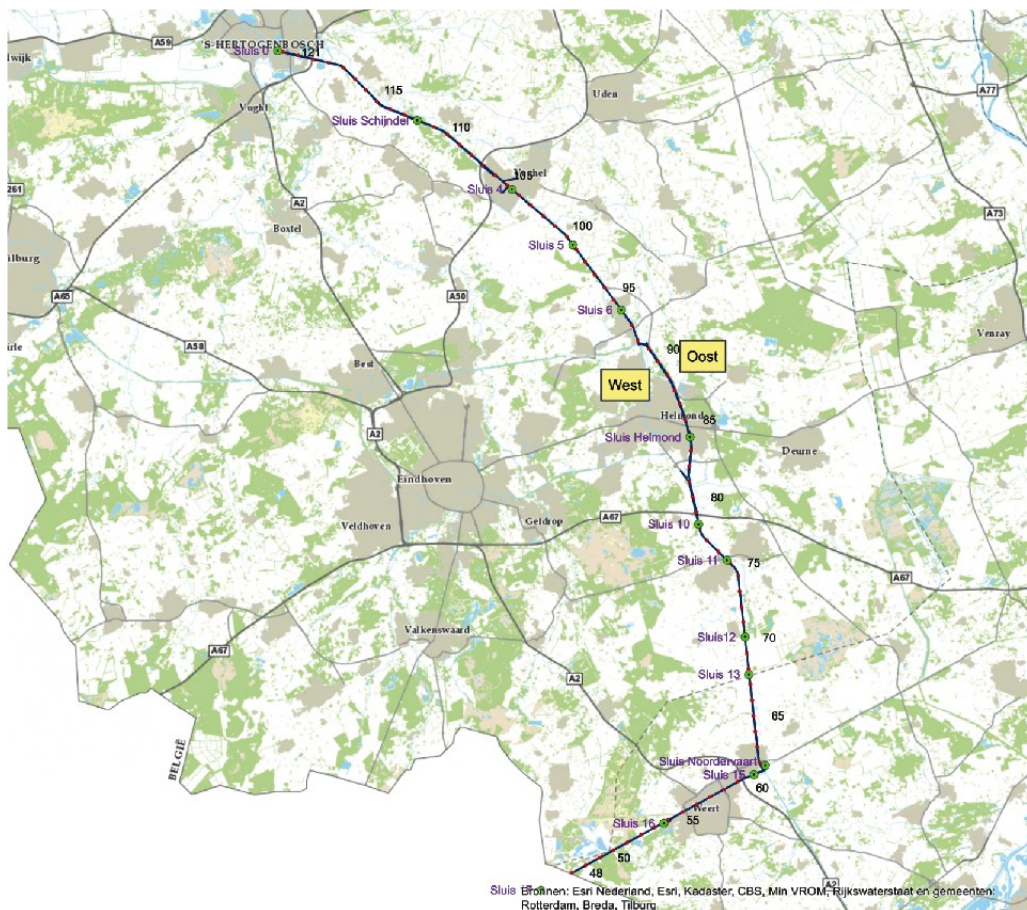
Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
6	5,40
7	5,40
8	5,40
9	5,40
10	5,40
11	5,40

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
12	5,40
13	5,40
14	5,45
15	5,45
16	5,45
17	5,45
18	5,45
19	5,45
20	5,45
21	13,10
22	13,10
23	13,15
24	13,20
25	13,20
26	13,25
27	13,25
28	13,30
29	13,35
30	13,35
31	13,40
32	13,45
33	13,45
34	13,50
35	13,55
36	13,55
37	15,30
38	15,35
39	15,35
40	15,35
41	15,40
42	15,40
43	15,45
44	15,45
45	15,45
46	15,50
47	15,50

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
48	15,50
49	15,50
50	15,50
51	15,50
52	15,50
53	15,50
54	15,50
55	15,50
56	15,50
57	15,50
58	15,50
59	15,50
60	15,50
61	15,50
62	15,50
63	15,50
64	15,50
65	15,50
66	15,50
67	15,50

8. Zuid-Willemsvaart

Kaart uitvoerpunten Zuid-Willemsvaart



Tabel toetspeilen Zuid-Willemsvaart

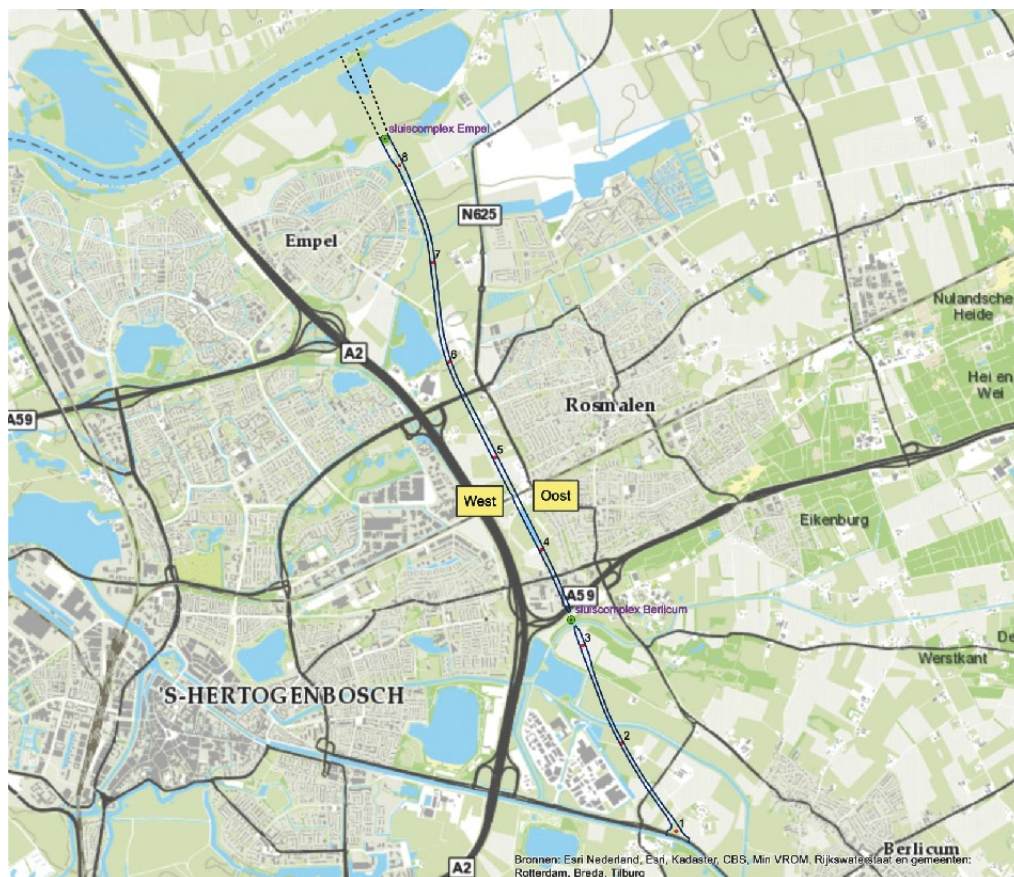
Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr / T=150 jr
48	36,00
49	36,00
50	36,00
51	36,00
52	36,00
53	36,00
54	36,00
55	33,85
56	33,85
57	33,85

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr / T=150 jr
58	33,85
59	33,85
60	33,85
61	28,95
62	28,95
63	28,95
64	28,95
65	28,95
66	28,95
67	28,95
68	27,35
69	27,35
70	27,35
71	25,40
72	25,40
73	25,40
74	25,40
75	25,40
76	22,90
77	22,90
78	22,90
79	20,75
80	20,75
81	20,75
82	20,75
83	20,75
84	15,50
85	15,50
86	15,50
87	15,50
88	15,50
89	15,50
90	15,50
91	15,50
92	15,50
93	15,50

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr / T=150 jr
94	13,20
95	13,20
96	13,15
97	13,15
98	13,10
99	11,20
100	11,20
101	11,20
102	11,15
103	11,15
104	8,75
105	8,75
106	8,75
107	8,75
108	8,75
109	8,75
110	8,75
111	8,70
112	5,20
113	5,20
114	5,20
115	5,20
116	5,20
117	5,15
118	5,15
119	5,15
120	5,15
121	5,15

9. Maximakanaal

Kaart uitvoerpunten Maximakanaal

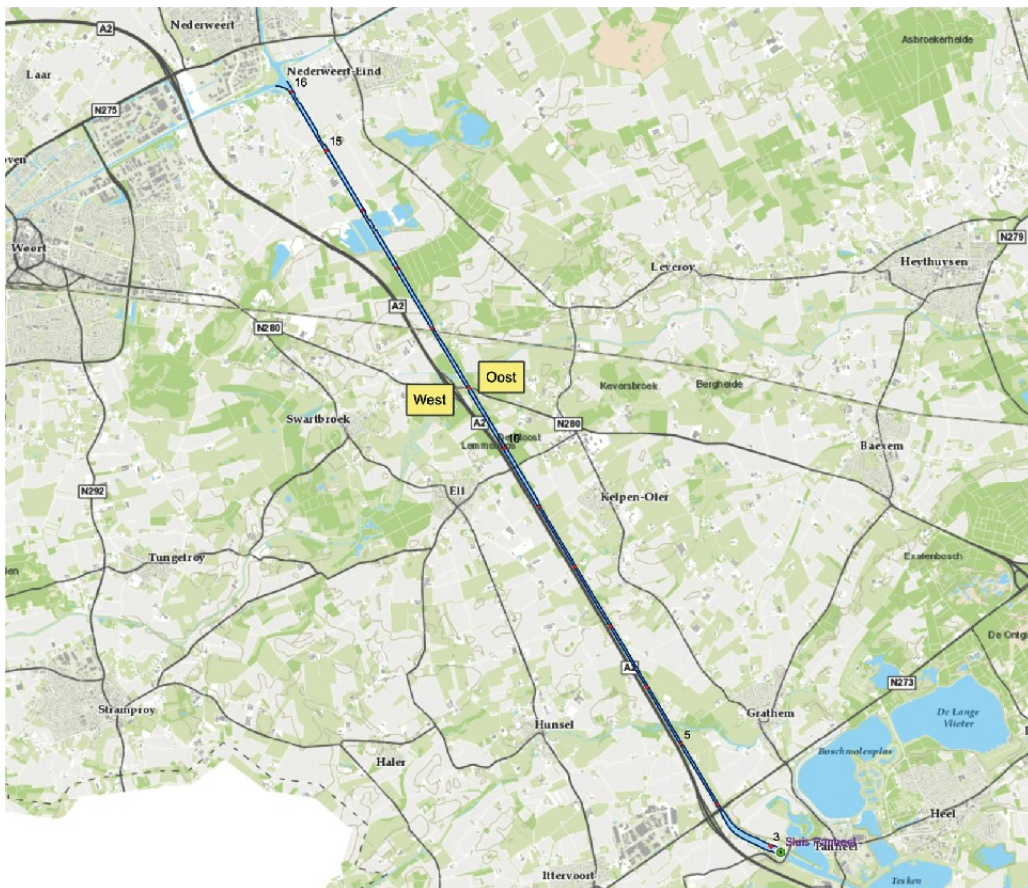


Tabel toetspeilen Maximakanaal

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=150 jr
1	5,20
2	5,20
3	5,20
4	2,10
5	2,10
6	2,10
7	2,10
8	2,10

10. Kanaal Wessem-Nederweert

Kaart uitvoerpunten Wessem-Nederweert



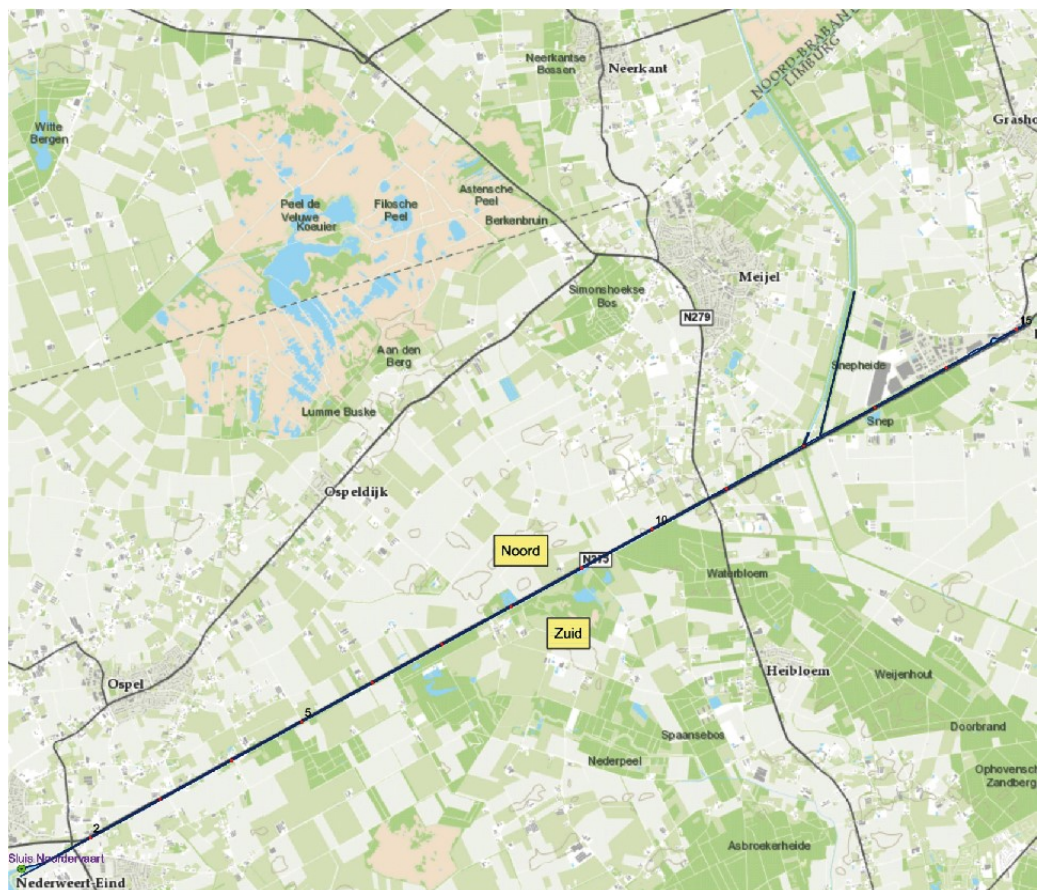
Tabel uitvoerpunten kanaal Wessem-Nederweert

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
3	28,95
4	28,95
5	28,95
4	28,95
5	28,95
6	28,95
7	28,95
8	28,95
9	28,95
10	28,95
11	28,95

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
12	28,95
13	28,95
14	28,95
15	28,95
16	28,95

11. Noordervaart

Kaart uitvoerpunten Noordervaart



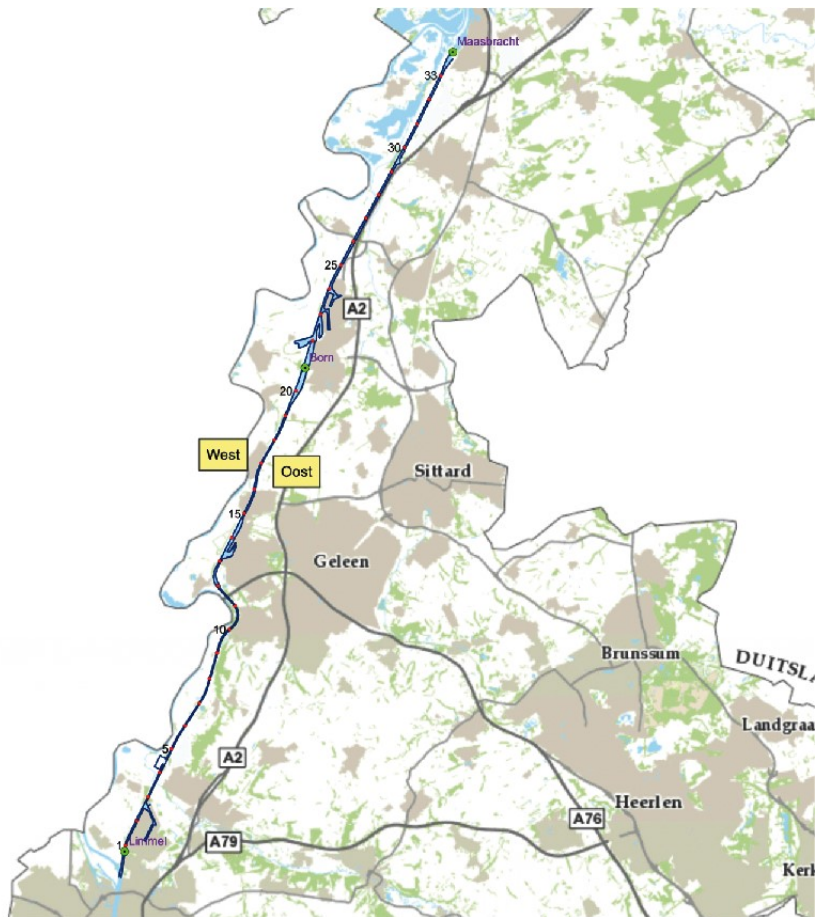
Tabel toetspeilen Noordervaart

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
2	32,00
3	32,00

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
4	32,00
5	32,00
6	32,00
7	32,00
8	32,00
9	32,00
10	32,00
11	32,00
12	32,00
13	32,00
14	32,00
15	32,00

12. Julianakanaal

Kaart uitvoerpunten Julianakanaal



Tabel toetspeilen Julianakanaal

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=100 jr
1	44,50
2	44,50
3	44,50
4	44,50
5	44,50
6	44,50
7	44,50
8	44,50
9	44,50
10	44,50
11	44,50
12	44,50
13	44,50
14	44,50
15	44,50
16	44,50
17	44,50
18	44,50
19	44,50
20	44,50
21	33,50
22	33,50
23	33,50
24	33,50
25	33,50
26	33,50
27	33,50
28	33,50
29	33,50
30	33,50
31	33,50
32	33,50

13. Kades A2

Kaart uitvoerpunten kades A2

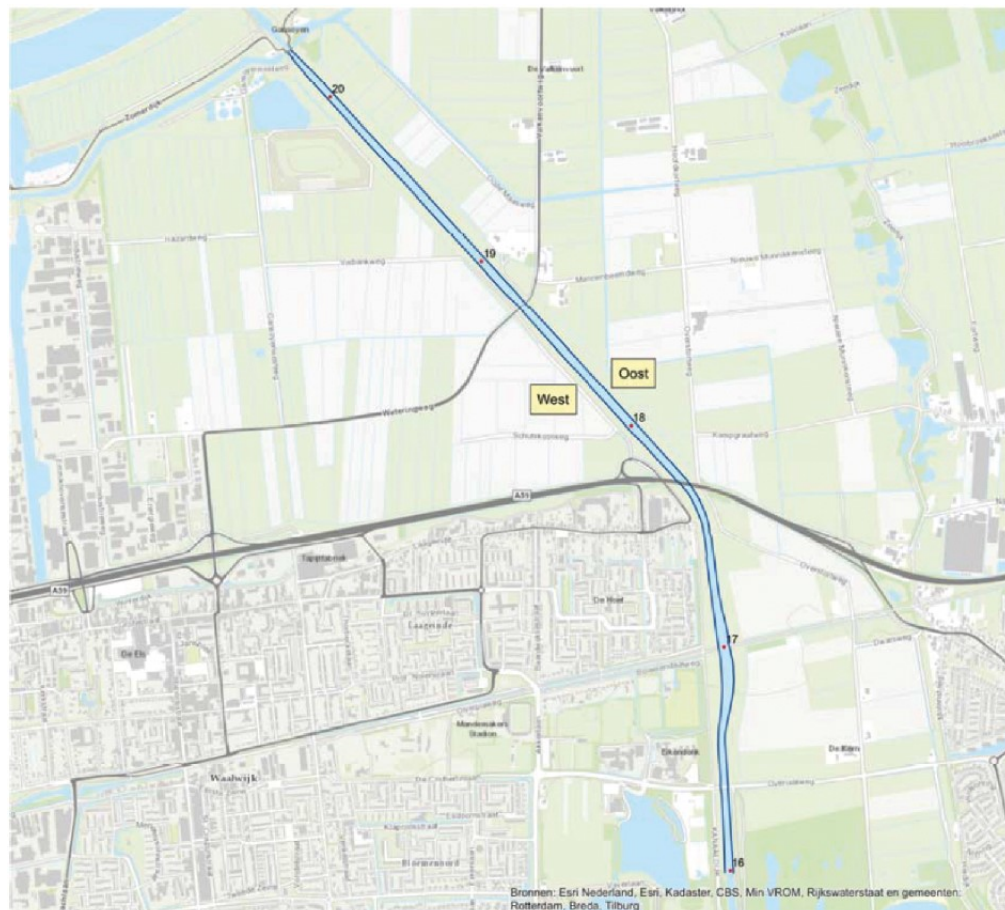


Tabel toetspeilen kades A2

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=150 jr
1	5,00
2	5,00
3	5,00
4	5,00
5	5,00
6	5,00

14. Westelijke kanaaldijk Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch Drongelen

Kaart uitvoerpunten Drongelens kanaal

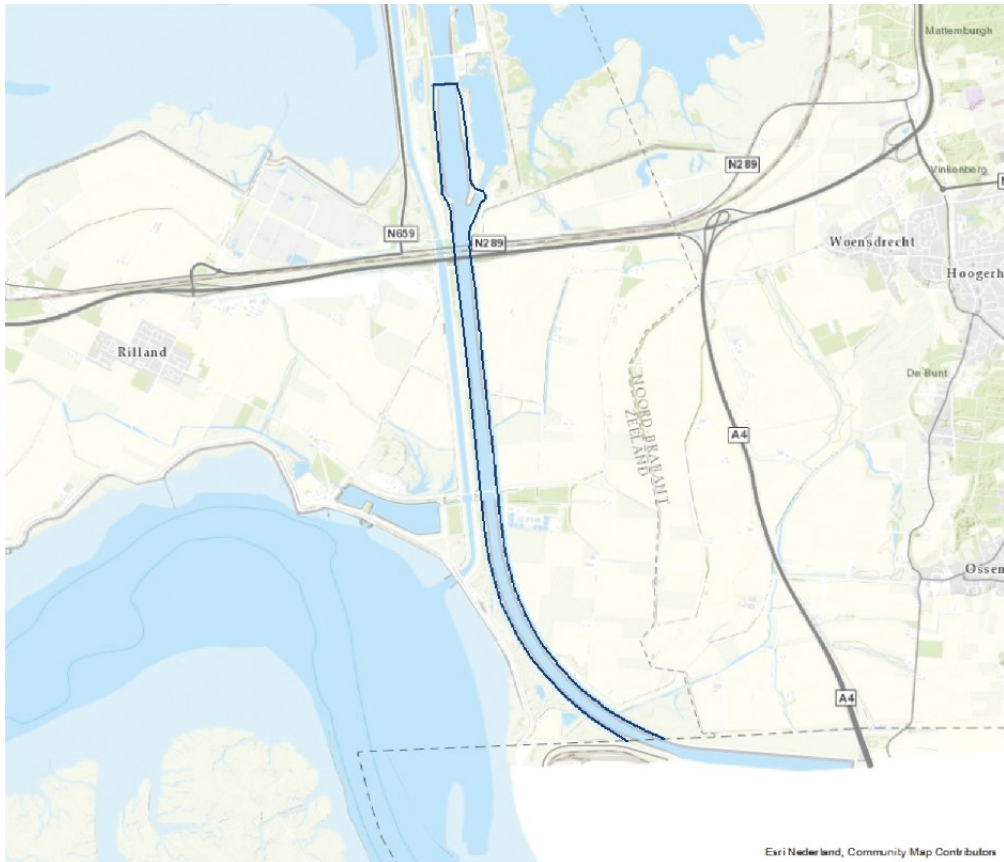


Tabel toetspeilen Drongelens Kanaal

Toetspeilen [NAP+m]	
	T=150 jr
16	4,45
17	4,35
18	4,35
19	4,30
20	4,30

15. Kanaaldijk Kreekrakpolder

Kaart Schelde-Rijnverbinding



Tabel toetspeil Schelde-Rijnverbinding

Toetspeil [NAP+m]	
	T=100 jr
Gehele kanaal	2,20

Bijlage B Aanwijzingen voor de aanpak per kanaal

Dit hoofdstuk beschrijft kenmerken van de kanalen die relevant kunnen zijn voor de toets op veiligheid. Op basis van de kenmerken van het kanaal als watersysteem en de kanaalkaden, zijn aanbevelingen en aandachtspunten voor de uitvoering van de toetsing gedefinieerd. Het uitwerkingsniveau verschilt sterk per kanaal, op basis van de actuele situatie van de kanalen en de beschikbaarheid van gegevens. Doel van de beschrijving is overwegend informierend, alleen in de slotparagraaf per kanaal staan aanwijzingen die bij de toets op veiligheid moeten worden opgevolgd.

A1. Twentekanalen

Beschrijving algemeen

Tussen Almelo, Enschede en Zutphen lopen de Twentekanalen. De Twentekanalen hebben een scheepvaartfunctie. Het deel van het Twentekanaal tussen de IJssel en Enschede is 47 kilometer lang, de vertakking naar Almelo is 16 kilometer lang. De totale lengte van de Twentekanalen bedragen 63 km, minstens 63 km waterkering is eerder door de provincies aangewezen als regionale waterkeringen.

Het kanaal is betrekkelijk uniform qua afmeting, met een breedte van ca. 50 m en waterdiepte van 5 m. De richting van het tracé kent weinig variatie, overwegend west-oost met een noord-zuid tak.

De waterkeringen langs het kanaal keren een min of meer constant waterpeil en bestaan uit bijzonder waterkerende constructies (damwanden) met een grondlichaam aan de landzijde.

Het kadellichaam is betrekkelijk breed, de breedte bedraagt tenminste 20 m maar is veelal aanzienlijk breder.

De kerende hoogte varieert, en bedraagt maximaal ca. 4,5 m (bij Hengelo).

Het kademateriaal is overwegend zand.

Op pand Hengelo-Enschede is in het recente verleden een hoge waterstand opgetreden van enkele cm's overschreden boven het destijds geldende MHW (NAP +25,37 m). Het nieuwe MHW bedraagt NAP +25,45 m.

Twentekanalen Overijssel

Eerdere beoordelingen

De veiligheid van de Twentekanalen van Overijssel is in 2008 (Rijkswaterstaat Oost-Nederland, 2008) getoetst aan een veiligheidsnorm van 1/100 per jaar, op basis van een concept versie van de STOWA Leidraad.

De toetsing heeft alle toetssporen beschouwd, inclusief de waterkerende constructies ter plaatse van het buitentalud. Niet beschouwd zijn de niet-waterkerende objecten en de waterkerende kunstwerken.

De toetsing concludeert dat de veiligheid van de kering grotendeels voldoet aan de norm, met uitzondering van:

- totaal ca. 2,8 km met onvoldoende stabiliteit buitenwaarts (verdeeld over 3 tracés);
- 4 locaties met onvoldoende stabiliteit buitenwaarts.

Oorzaak is de slechte staat van de damwand langs de oever, in combinatie met onvoldoende restbreedte van de kering, waardoor het bezwijken van de damwand kan leiden tot falen van de kering.

Verder is nader onderzoek nodig naar de erosiebestendigheid van de rietbermen langs het zijkanaal van km 11,3 tot 15,8 (aan beide zijden).

De aanwezige niet-waterkerende objecten en waterkerende kunstwerken zijn geïnventariseerd.

Samenvattend beeld van de beoordeling van de veiligheid (RH, 2009)

- Hoogte/overslag

De kruinhoogte is getoetst aan een kruinhoogtemarge van 0,3 en 0,5 m, resp. voor een tracé bij Vroomshoop en het Zijkanaal en Hoofdkanaal. Verondersteld is dat deze kruinhoogtemarge voldoende is om het overslagdebiet te beperken tot maximaal 0,1 l/s/m. Deze veronderstelling is niet kwantitatief onderbouwd ('beperkte breedte kanaal'). Voor 6 locaties/tracé's is vanwege onvoldoende kruinhoogtemarge gedetailleerd getoetst, met berekening van de golfoverslaghoogte ($u = 16$ m/s). Alle trajecten blijken te voldoen.

- Piping

Veel trajecten voldoen niet bij een eenvoudige toets aan 18H. In detail (en na beperkt grondonderzoek) blijkt de bodem niet pipinggevoelig, door de aanwezigheid van klei- en leemlagen onder de kanaalbodem is geen intredepunt aanwezig. De aanwezige damwanden sluiten ondiepe zandlagen af. Dit oordeel is onafhankelijk van de norm en waterstand, dus als dit voldoende zeker is en het kanaal is niet verdiept, dan geldt dit oordeel ook bij een volgende toets. Aandachtspunt is dat het grondonderzoek beperkt lijkt.

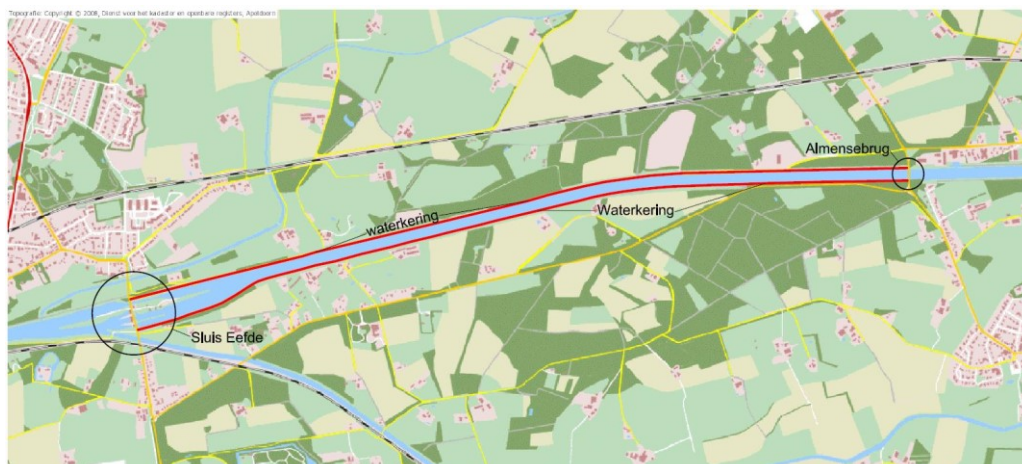
- Stabiliteit binnenwaarts

Volgens een eenvoudige beoordeling o.b.v. zgn. veilige afmetingen blijkt dat het kadelichaam nagenoeg overal voldoet, dankzij het brede kadeprofiel. Alleen t.p.v. zijkanaal westzijde, km 14,2 is een gedetailleerde beoordeling nodig. Hiervoor is een stabiliteitsberekening uitgevoerd, de stabiliteit is juist voldoende.

Twentekanalen Gelderland

Het betreft de waterkering langs het Hoofdkanaal (Twentekanaal Zutphen - Enschede) vanaf de sluis bij Eefde (km 3,3) tot km 7,45. De lengte van het kanaal bedraagt 4,15 km, de kaden aan weerszijden van het kanaal zijn waterkerend zodat de totale lengte regionale keringen 8,3 km bedraagt (4,15 km aan zowel de noord- als zuidzijde van het kanaal, zie figuur 11.1). Het kanaal heeft een beperkte breedte (max. ca. 60 m).

De sluis zelf is geen onderdeel van de te beschouwen regionale keringen.



Ferdere beoordelingen

De veiligheid van de Twentekanaal van Gelderland is in 2009 getoetst (Rijkswaterstaat Oost-Nederland, 2009) aan een veiligheidsnorm van 1/100 per jaar, op basis van een concept versie van de Leidraad De gehanteerde maatgevende hoogwaterstand (MHW) bedraagt NAP +10,2 m (bij de norm van 1/100). De veiligheid van de kering voldoet aan de norm over de gehele lengte.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Vanwege ruime afmetingen van het kadelichaam en de geringe kerende hoogte lijkt een eenvoudige beoordeling aan de hand van evident veilige afmetingen kansrijk. De toets dient hier nadrukkelijk op in te gaan.

Relevant is verder dat op trajecten zonder damwand als oeverconstructie zich op de kanaalbodem en onderwater / buitentalud een waterdichte bekleding bevindt (cnf. ontwerp).

Van belang voor de waterspanningen is (en beoordeling piping):

- de aanwezigheid van slecht doorlatende grondlagen onder het kanaal;
- de waterdichtheid van de bekleding van de kanaalbodem en buitentalud;
- de waterdichtheid van de damwand als oeverconstructie.

Zodoende is van belang inzicht te hebben in waarnemingen of metingen van de grondwaterstand in het kadelichaam en/of binnendijs en de stijghoogte in de zandondergrond. Waarschijnlijk vraagt dit inzicht om het plaatsen peilbuizen.

A2. Maas-Waal kanaal

Beschrijving algemeen

Het Maas-Waal kanaal heeft een lengte van 13,5 km. De kaden zijn over een totale lengte van ca. 8 km waterkerend (per 2010: RH, 2010), de overige 19 km oever is dat niet.

Het Maas – Waalkanaal staat in open verbinding met de Maas, de waterstand varieert zodoende met het Maaspeil. De sluis wordt gesloten bij een Maaspeil van NAP +8,3 m. Het toetspeil bedraagt NAP +8,60 m.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

De veiligheidsnorm van de kaden langs het gehele kanaal bedraagt 1/100 per jaar.

De kerende hoogte van de kade is beperkt, met name aan de oostzijde is het maaiveld over een groot gedeelte van het tracé hoger dan toetspeil. Kerende hoogte bedraagt globaal maximaal 1 m.

Langs de kaden bevinden zich veel bomen / bomenrijen. In met name de noordelijke helft is sprake van veel bebouwing (Nijmegen) en een haventerrein. Het haventerrein en het achterland bevindt zich ruim boven toetspeil.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Vanwege de geringe kerende hoogte en zandige ondergrond lijkt een eenvoudige beoordeling op basis van evident veiliger afmetingen kansrijk.

Het maatgevend hoogwater is gekoppeld aan een hoge waterstand op de Maas. Zodoende moet bij de afleiding van de stijghoogten in de zandondergrond aandacht worden besteed aan de invloed van de Maas (en in mindere mate de invloed van de Waal).

Volgens bodemgegevens in DINO-loket kan sprake zijn van de aanwezigheid van een veenlaag, op enige diepte beneden maaiveld. Met dit niveau is de kade niet droogtegevoelig, en behoeft de situatie droogte niet te worden beschouwd.

A3.

Julianakanaal

Beschrijving algemeen

Het Julianakanaal heeft een lengte van 36 km. De kaden aan beide zijden zijn waterkerend.

Het Julianakanaal is in de periode tussen 1930 en 1935 aangelegd om de afvoer van gedolven kolen mogelijk te maken en de bereikbaarheid van Limburg (in het bijzonder Maastricht) te verbeteren.

Het kanaal ligt overwegend in ophoging, alleen bij Urmond en Elsloo ligt het kanaal in ingraving. De kanaaldijken zijn gemaakt van lokaal gewonnen grond en bestaan uit een mengsel van löss, klei, zand en grind. Gezien deze opbouw van de kaden is het kanaal ten aanzien van waterdichtheid afhankelijk van een goed functionerende afdichting.

In de jaren zestig zijn aanpassingswerkzaamheden verricht aan het kanaal tussen Born en Maasbracht. Bij deze werkzaamheden is asphalt als afdichtingsmateriaal toegepast. De aanpassingswerkzaamheden kwamen in het algemeen neer op:

- het eenzijdig oostwaarts verbreden tussen Born en Roosteren;
- het verwijderen van de sluis bij Roosteren;
- het verhogen van de dijken van Roosteren tot Maasbracht;
- het bouwen van twee extra kolken in Born en drie nieuwe in Maasbracht.

Gebaseerd op onder andere de maaiveldhoogte, het bekledingstype en de verbeterings-/aangepassingswerkzaamheden kunnen kenmerkende secties worden onderscheiden:

- min of meer oorspronkelijke kanaaldijken uit de jaren dertig tussen Limmel en Elsloo (km 0 – 10.4)
- ingravingen in de Scharberg bij Elsloo (km 10.4 – 11.5) en bij Urmond/Berg aan de Maas (km 15.0 – 17.5).
- min of meer oorspronkelijke kanaaldijken uit de jaren dertig nabij Stein (km 10.4 – 15.0) en Born (km 17.5 – 20.7), met uitzondering van oostzijde vóór Born.

- in de jaren zestig verbreed gedeelte tussen Born en Roosteren (km 20.9 – 26.15).
- in de jaren zestig aangepast gedeelte tussen Roosteren en Maasbracht (km 26.15 – 34.0):
- dijkverhoging ten gevolge van verwijdering sluis Roosteren c.q. peilverhoging.

Van dit kanaal is een rapport beschikbaar met een inventarisatie van de staat van onderhoud van het kanaal en de dijken (Arcadis, 2009)

Specifieke kenmerken kanaalkaden

Algemeen

Recent is een "Beheer en onderhoud" – project voltooid, met als doel een verbeterplan en een uitvoeringsplan met te nemen maatregelen op te stellen, om te kunnen waarborgen dat de dijken in de toekomst voldoende hoog, sterk en waterdicht zijn én blijven. Tot de verbetermaatregelen behoren ook de kolkverlenging van de middensluis te Born en de oostelijke kolk te Maasbracht. Beide kolken worden verlengd van de huidige 160 m tot een nuttige lengte van 225 m. Deze werkzaamheden waren eind 2012 gereed.

De oostelijke dijk van het kanaalpand Born-Roosteren

Vanwege een verbreding is de dijk over het grootste deel verlegd. De nieuwe dijk is (in den droge) aangelegd, en aan de kanaalzijde voorzien van een asfaltbekleding als waterafdichting. De oude dijk is weggebaggerd en de bodem is over die strook waterdicht gemaakt met asfaltplaten, beschermd door een laag grond of mijnsteen.

Roosteren en Maasbracht

De beide dijken tussen Roosteren en Maasbracht zijn in den droge (binnendijks) verbreed en verhoogd en zijn vanaf het niveau van het oude kanaalpeil waterdicht gemaakt met een bekleding van asfalt.

In de huidige situatie bestaat het kanaal uit twee panden en bestaat de afdichting uit klei en steen, met colloïdaal beton, gepenetreerde breuksteen.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Hoge stijghoogten en waterstand in achterland vanwege nabijheid Maas

Ten tijde van hoge waterstanden in de Maas staat het water op een aantal locaties tot tegen de westelijke kanaaldijk. Bij de toetsing van de dijk dient hier rekening mee te worden gehouden, voor wat betreft de schematisering van de waterspanningen.

De peilen in het kanaal zijn niet afhankelijk van de Maasstanden, bij een hoge Maasstand sluit de sluis Limmel (aan het begin van het kanaal).

Lekkages

In het zuidelijke pand zijn drie lekkages, geconstateerd, ter plaatse van oost km 8.2, west km 8.8 en oost km 20.7. In het noordelijke pand van het kanaal bevinden zich geconstateerde lekkages ter plaatse van kilometrering west 26.15, west 26.97, west 28.08 en oost 30.85. De overgang in bekledingstypen zijn potentiële lekkageplaatsen. Tevens ontstaat in de bekleding steeds meer begroeiing, met name in het zuidelijke pand. De wortelgroei vormt een ernstige bedreiging voor de integriteit van de waterdichte bekleding. Ook zijn aan het asfalt schades opgetreden door degeneratie en aanvaringen.

Bij de toetsing dient alleen rekening te worden gehouden met bekende lekkages.

A4. Markkanaal

Beschrijving algemeen

Het Markkanaal loopt noordelijk van boven Breda langs (voor boven langs moet je de trap nemen) en verbindt het Wilhelminakanaal (oostzijde) met de rivier de Mark (westzijde). Het kanaal is bijna 6 kilometer lang en staat in open verbinding met de rivier de Mark. Tussen het kanaal en het Wilhelminakanaal zit het sluizencomplex Marksluis.

De keringen hebben een veiligheidsnorm van 1/100 per jaar. Het kanaalpeil varieert overwegend tussen NAP +0,15 en -0,10 m. De maatgevende hoogwaterstand bedraagt NAP +1,60 m, met de invloed van waterberging Volkerak-Zoommeer zou die stand NAP +1,8 m bedragen (T200-combi) voor het gehele kanaal. Momenteel wordt met een probabilistische benadering onderzocht of die toeslag voor VZM terecht is. Een toeslag voor eventuele scheefstand is verwaarloosd.

Het kanaal heeft als vaarweg CEMT klasse IV (vaarwegcategorie E, het betreft een regionale verbinding geschikt voor kleinere beroepsvaart schepen en recreatievaart).

De minimum breedte van de vaargeul varieert tussen ca. 30 en 50 m. De (minimale) bodemdiepte bedraagt NAP -3,38 m.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

Aan beide zijden van het kanaal zijn de kaden waterkerend, over het gehele tracé.

Het maaiveldniveau in het achterland is op de oostelijke helft van het kanaal ongeveer gelijk of hoger aan de maatgevende waterstand. Naar het westen neemt de kerende hoogte van de kanaalkaden toe, maar blijft beperkt tot max. ca. 2 m.

Op een groot deel van het tracé zijn bomen aanwezig, ter plaatse van de binnenteen en achterland als wel op het dijklichaam zelf (binnen- en buitentalud).

Op het meest westelijke gedeelte van het tracé bevindt zich een weg op de kruin van de zuidelijke kade.

Gegevens over de (grond-) opbouw van het dwarsprofiel zijn beschikbaar. De opbouw van de bekleding is eveneens bekend.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

De kaden van het Markkanaal zijn getoetst, in het kader van de overdracht aan het waterschap Brabantse Delta. De toetsing is uitgevoerd in opdracht van RWS, maar operationeel uitbesteed door het waterschap (aan derden).

Ten aanzien van die toetsing geldt dat:

- de toets op veiligheid uitgaat van de huidige norm;
- de hydraulische randvoorwaarden zijn vastgesteld op basis van het gehanteerde hydraulische randvoorwaarden bij de toetsing;
- die is uitgevoerd volgende de vigerende Leidraad2007. Mogelijk wijkt de uitwerking op onderdelen of qua hydraulische randvoorwaarden af van de aanpak beschreven in dit voorschrift.

Zodoende dient de toets op veiligheid opnieuw te worden uitgevoerd. De nieuwe toetsing dient te starten met:

- een analyse van (eventuele) aanbevelingen uit de recent uitgevoerde toets op veiligheid, en zo nodig de uitvoering daarvan;

- beschouwing voor welke toetsvakken en welke toetssporen een hertoetsing nodig is;
- bepaling welk toetsoordeel (per toetsvak / -spoor) kan worden overgenomen.

Het Markkanaal staat in open verbinding met de rivier de Mark. Hierdoor kan na een hoogwaterperiode een betrekkelijke snelle daling van de waterstand optreden. Bij de beoordeling van de stabiliteit buitenwaarts moet een snelle val van de waterstand worden beschouwd.

Belangrijk punt is de vraag of in het kader van de toetsing grondonderzoek wordt uitgevoerd. Indien dit niet het geval is, lijkt het aanneemlijk dat de toetsing moet starten met grondonderzoek, inclusief de specificatie daarvan.

A5. Wilhelminakanaal

Beschrijving algemeen

Het Wilhelminakanaal heeft een lengte van 68 km. De kaden aan beide zijden zijn waterkerend, met een totale lengte van 148 km.

De waterdiepte bedraagt ca. 3 tot 3,5 m. De kanaalbreedte varieert tussen ca. 25 en 40 m.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

De bodemopbouw en opbouw van het kadeprofiel is niet bekend, mogelijk is grondonderzoek aanwezig bij bruggen en sluizen .

De stijghoogte in de watervoerende zandlaag is niet bekend.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Bodemopbouw: bij de intensiteit van het grondonderzoek (en de schematisering) met goed rekening worden gehouden met (waarschijnlijk) sterke variatie in de opbouw op de locaties waar de regionale beken het kanaal kruisen.

Ook de invloed van de waterstanden in deze beken op de stijghoogte moet worden verkend, speciaal omdat hoogwater op het kanaal samenhangt met hoge waterstanden op de beken.

A6. Maximakanaal

Beschrijving algemeen

Het Maximakanaal heeft een lengte van 9 km. Het kanaal is recent aangelegd, evenals de kaden.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

Tijdens de aanleg was sprake van lekkage van de kanaalkaden.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

De toets op veiligheid dient te starten met een beoordeling van het gelijkwaardig zijn van het ontwerp van de kaden. Van belang daarbij is dat als toetspeil het gehanteerde ontwerppeil is overgenomen.

De toetsing van de maatregelen tegen lekkage vergt speciale aandacht.

A7. Wessem – Nederweert

Beschrijving algemeen

Het kanaal Wessem – Nederweert heeft een lengte van 17 km. De kaden aan beide zijden zijn grotendeels waterkerend, met een totale lengte aan waterkeringen van 28 km. Over een lengte van 6 km (eenzijdig) is de oever niet waterkerend.

Het kanaal wordt gevoed door een continue instroom van water uit beken, en staat in open verbinding met de Zuid-Willemsvaart.

De waterkeringen langs het kanaal hebben een veiligheidsnorm van 1/100 per jaar. Het kanaalpeil bedraagt NAP +28,65 m. De maatgevende waterstand bedraagt NAP +28,95 m voor het gehele kanaal. Van significante opwaaiing is geen sprake.

Het kanaal betreft een regionale verbinding geschikt voor kleinere schepen en recreatievaart (CEMT klasse II).

De minimum breedte van de vaargeul varieert tussen ca. 30 en 45 m. Dit betreft tevens de kanaalbreedte. De (minimale) waterdiepte bedraagt 2,73 m.

De waterbodem kent op een deel aanzanding, over tracé's met erosie van de waterbodem wordt geen melding gemaakt [RWS, 2013].

Specifieke kenmerken kanaalkaden

Aan de noordzijde nabij Nederweert is het maaiveldniveau hoger dan toetspeil, ook op de rest van het tracé komen delen voor met een maaiveldniveau boven het maatgevend kanaalpeil.

Op het waterkerende tracé is de kerende hoogte van de kade beperkt, overwegend minder dan 1 meter. Alleen op enkele locaties komt een grotere kerende hoogte voor, tot max. ca. 3 m. Dit betreft locaties waar regionale beken het kanaal kruisen.

Het buitentalud bestaat over de gehele lengte uit een damwand constructie.

Op een groot deel van het tracé is ter plaatse van de binnenteen veel (hoge) bomen (bomenrij) aanwezig, lokaal staan ook ter plaatse van het buitentalud of de buitenkruinlijn bomen.

Op de kruin van de zuid-westelijke kade is een fietspad aanwezig, de noordoostelijke kade heeft een onverhard pad op de kruin.

Uit het IHP [RWS, 2013] blijkt dat sprake is van lokaal aanzanding. Over erosie van de waterbodem wordt geen melding gemaakt.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Bodemopbouw: bij de intensiteit van het grondonderzoek (en de schematisering) met goed rekening worden gehouden met (waarschijnlijk) sterke variatie in de opbouw op de locaties waar de regionale beken het kanaal kruisen.

Ook de invloed van de waterstanden in deze beken op de stijghoogte moet worden verkend, speciaal omdat hoogwater op het kanaal samenhangt met hoge waterstanden op de beken.

Met aanvaarbelaastingen hoeft geen rekening te worden gehouden.

Het toetspeil is slechts 0,3 m hoger dan het dagelijkse kanaalpeil. Zodoende moet nadrukkelijk worden verkend in welke mate actuele en/of bewezen sterkte van de kanaalkaden kan worden betrokken bij de beoordeling. Hiertoe dient Rijkswaterstaat resultaten aan te leveren van inspecties tijdens eerdere perioden met hoge waterstanden, zoals:

- waarnemingen van faalverschijnselen (of juist niet);
- opgetreden waterstanden binnendijs;
- gemeten stijghoogten en freatische grondwaterstanden.

A8. Noordervaart

Beschrijving algemeen

De Noordervaart heeft een lengte van 14 km. De kaden aan beide zijden zijn waterkerend, met een totale lengte van ca. 28 km.

Het kanaal staat in open verbinding met de Zuid-Willemsvaart. De Noordervaart is bevaarbaar en heeft een belangrijke functie in de aanvoer van landbouwwater naar de Peelregio.

Het streefpeil op de Noordervaart is NAP +31,65 m (RWS WVL, 2010).

Specifieke kenmerken kanaalkaden

De kaden hebben een geringe kerende hoogte. Het voornemen bestaat om de Noordervaart binnenkort te verbeteren, inclusief aanpassingen van de kaden.

Het ontwerp van de aanpassing van het dwarsprofiel en de verbeteringen aan de waterkeringen wordt zodanig uitgevoerd dat zij voldoen aan de waterveiligheidseisen.

Als maatgevende hoogwaterstand is het ontwerppeil overgenomen [RWS WVL, 2014].

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Geen specifieke aandachtspunten.

Algemeen geldt dat de toetsing kan worden gestart met een beoordeling van de ontwerpen van de kadeverbeteringen.

De algemene opmerkingen betreffende de toepassing van bewezen sterkte en eenvoudige beoordeling op basis van evident veilige afmetingen gelden ook voor deze kanaalkaden.

A9. Kanaaldijken Zuid-Willemsvaart

Beschrijving algemeen

De Zuid-Willemsvaart heeft een lengte van 123 kilometer, en loopt van Maastricht naar 's-Hertogenbosch. Een deel van het tracé bevindt zich in België.

De Zuid-Willemsvaart kent een hoogteverschil van circa 33 meter (streefpeil). Vanaf Lozen tot aan de Maas liggen in het kanaal 14 sluizen. Op diverse plekken wordt de Zuid-Willemsvaart doorkruist door de Aa.

Enkele delen van de Zuid-Willemsvaart betreffen belangrijke nationale verbindingen voor goederenvervoer over water een vaarweg. De overige delen vormen een regionale verbinding voor kleinere schepen en recreatievaart.

De minimale waterdiepte varieert tussen 2,66 en 3,78 m. De kanaalbreedte varieert van ca. 25 tot max. 65 m.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

De kaden langs het kanaal hebben een veiligheidsnorm van 1/100 per jaar, met uitzondering van een gedeelte nabij 's Hertogenbosch, waar een norm van 1/150 per jaar geldt (in verband met aansluiting op de HoWaBo – normering).

Het kanaal is NW – Zo georiënteerd. IN de waterstandstatistieken is geen verband gevonden tussen hoge waterstanden en hoge windsnelheden uit het NW. Voor opwaaiing wordt zodoende geen toeslag in rekening gebracht [Min. I&M, 2015].

De oever van het kanaal bestaat geheel uit een damwandconstructie.

De Zuid-Willemsvaart loopt door enkele stedelijke gebieden. Verder zijn op en langs de kaden bomen / bomenrijen aanwezig. Langs het kanaal bevinden zich enkele havens.

Het gedeelte Stadstraverse Den Bosch wordt getoetst door het waterschap Aa en Maas, in het kader van de voorgenomen overdracht van dit gedeelte.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Bodemopbouw: bij de intensiteit van het grondonderzoek (en de schematisering) met goed rekening worden gehouden met (waarschijnlijk) sterke variatie in de opbouw op de locaties waar de regionale beken het kanaal kruisen.

Ook de invloed van de waterstanden in deze beken op de stijghoogte moet worden verkend, speciaal omdat hoogwater op het kanaal samenhangt met hoge waterstanden op de beken.

A10. Amsterdam – Rijnkanaal en Lekkanaal

Beschrijving algemeen

Het Amsterdam-Rijnkanaal loopt van Wijk bij Duurstede bij de Lek tot Amsterdam. Globaal kunnen twee tracé's worden onderscheiden:

- van Utrecht tot Amsterdam, de oostelijke kanaalkade;
- van Wijk bij Duurstede tot Utrecht inclusief Lekkanaal.

Het kanaal is circa 70 km lang

Streefpeil op het kanaal bedraagt ANP -0,40 m. De kerende hoogte varieert tussen ca. 1 en 2,5 meter.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

Voor de kanaalkaden zijn een leggerprofiel en leggerzonering opgesteld. Hiertoe zijn veel gegevens verzameld, dwarsprofielen ingemeten en is grondonderzoek uitgevoerd, bestaande uit veld- en laboratoriumonderzoek. Op basis van dit onderzoek is een geotechnisch lengteprofiel opgesteld en zijn rekenwaarden voor de geotechnische eigenschappen vastgesteld, op basis van een regionale proevenverzameling.

Voor de vaststelling van het leggerprofiel zijn de mechanisme overlopen/overslag, piping en heave, stabiliteit binnenwaarts e macrostabiliteit beschouwd. De geotechnische en geohydrologische uitgangspunten en berekeningen zijn inzichtelijk gerapporteerd (RWS Waterdistrict Utrecht, 2011).

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

De beschikbare gegevens zijn goed bruikbaar voor de toets op veiligheid. Voor de verdere toetsing is het van belang eerst de aanbevelingen voor nader onderzoek uit te voeren. Daarbij dienen de aanbevelingen nog wel te worden beoordeeld ten aanzien van nieuwe inzichten van de beoordeling van met name hoogte en piping. De aanbevelingen zijn beschreven in onderstaand kader (overgenomen uit RWS, Waterdistrict Utrecht, 2011).

Aanbevelingen nader onderzoek (RWS Waterdistrict Utrecht, 2011)

Nadere verfijning schematisering per sectie

Voor de toetsing van de bestaande situatie en het bepalen van de leggerprofielen is in deze rapportage een vrij grove schematisering gemaakt van de ondergrond. Daarbij is per sectie steeds een relatief ongunstige bodemopbouw gekozen voor de berekening. Met een nadere verfijningsslag van de representatieve bodemopbouw per sectie kan een meer gedifferentieerd toetsoordeel worden verkregen. Hierdoor kan voor afzonderlijke secties of delen daarvan alsnog tot een gunstiger oordeel worden gekomen.

Aanscherpen vereiste stabiliteitsfactor

De berekende stabiliteitsfactoren voor het Betuwepand en in een aantal gevallen de Oostkanaaldijk zijn niet heel laag, maar wel onvoldoende om te voldoen aan de vereiste stabiliteitsfactor van 1,2. Nuancering van deze vereiste factor kan leiden tot een gunstiger resultaat, waardoor de huidige profielen alsnog voldoen. Mogelijke winst valt nog te behalen met:

- Het onderbouwd omlaag brengen van de te hanteren schematiseringsfactor.
Nu is deze gelijk aan 1,2. Met onderbouwing kan deze tot maximaal 1,0 worden verlaagd. De onderbouwing vereist een uitgebreide analyse van de onderzoeksdichtheid en de kwaliteit van het grondonderzoek.
- Toetsen aan lagere IPO-veiligheidsklasse
Nu is er gerekend met een uniforme IPO veiligheidsklasse voor het gehele traject. Deze is gelijk aan de zwaarste klasse V. Volgens de strike IPO-benadering kan het Betuwepand een veiligheidsklasse III krijgen. De vereiste schadefactor bij klasse III is 0,90 ten opzichte van 1,00 bij klasse V. De Oostkanaaldijk scoort relatief slecht op macrostabiliteit. Hier is naar verwachting slechts beperkte winst te behalen uit het nuanceren van de vereiste stabiliteitsfactor. Dat de gehanteerde stabiliteitsfactor voor enkele secties wel degelijk kan uitmaken, wordt geïllustreerd door de vergelijking die in dit rapport voor sectie 8 is gemaakt.

De maximale waterstand als gevolg van een combinatie van hoge afvoer en opwaaiing treedt slechts kort op [RWS WVL, 2014], uitgangspunt is een piekduur van 12 uur. Zodoende is opwaaiing separaat als toeslag toegepast, en worden in het randvoorwaardenboek twee maatgevend hoogwaterstanden genoemd, met en zonder opwaaiing. De waterstand met opwaaiing dient voor de toets op hoogte, de waterstand zonder opwaaiing dient te worden toegepast bij de toets op stabiliteit.

A11. Betuwepand Amsterdam- Rijnkanaal

Beschrijving algemeen

Het Betuwepand staat onder normale omstandigheden in open verbinding met de Nederrijn/Lek. Het gemiddelde waterpeil is hier gelijk aan circa NAP+3,20 m. Bij hoge rivierafvoeren wordt het kanaal afgesloten.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

Voor de kanaalkaden zijn een leggerprofielen en leggerzonering opgesteld, zie verder de beschrijving over het Amsterdam- Rijnkanaal in par. 9.11.

De kerende hoogte varieert tussen nihil en maximaal ca. 3,5 meter.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

De beschikbare gegevens zijn goed bruikbaar voor de toets op veiligheid. Voor de verdere toetsing is het van belang eerst de aanbevelingen voor nader onderzoek uit te voeren. Daarbij dienen de aanbevelingen nog wel te worden beoordeeld ten aanzien van nieuwe inzichten van de beoordeling van speciaal hoogte en piping. De aanbevelingen zijn beschreven in par. 9.11.

De maximale waterstand treedt slechts kort op [Min. I&M, 2015]. Een tijdsduur wordt niet expliciet genoemd. Op basis van de beschreven waterstandsval van 4 cm/uur is af te leiden dat de verhoogde waterstand van ca. 1 m in ca. 1 dag weer is afgenomen tot streefpeil. De kans op het gelijktijdig optreden van een hoge windsnelheid uit ongunstige richting en een hoge waterstand is erg klein.

A12. Kanaal van Gent naar Terneuzen

Beschrijving algemeen

Het kanaal Gent – Terneuzen heeft een lengte van 15 km. De lengte regionale waterkeringen langs het kanaal bedraagt circa 37,5 km (Nederlandse zijde).

De kanaalkaden zijn recent (RWS Zee en Delta, 2014) gedetailleerd getoetst volgens de Leidraad [STOWA, 2007]. Op basis van de toetsing hebben een groot aantal vakken de score onvoldoende of geen oordeel gekregen. Hierbij zijn de toetssporen stabiliteit buitentalud, stabiliteit voorland en de stabiliteit van de aanwezige damwanden kritiek.

Specifieke kenmerken kanaalkaden

Grondonderzoek

In het kader van de toetsing is een omvangrijk grondonderzoek uitgevoerd, inclusief laboratoriumonderzoek en metingen van grondwaterstanden.

Geotechnische parameters

In de proeftoets zijn voor de onderscheiden grondsoorten geotechnische parameters bepaald op basis van een inschatting en tabel 2.b van NEN9997-1+C1:212 NL.

Aandachtspunten bij de toets op veiligheid

Hydraulische randvoorwaarden

Op het kanaal zijn diverse ingrepen voorzien, die gunstige invloed (kunnen) hebben op de maatgevende hoogwaterstanden. Bij de toetsing dient bij de zgn. technische beoordeling te worden uitgegaan van de vastgestelde hydraulische randvoorwaarden [RWS WVL, 2014]. Indien op een toetsvak voor een toetsspoor de conclusie luidt dat de veiligheid niet voldoet aan de norm, dient te worden nagegaan of de voorgenomen maatregelen leiden tot (lokaal) gunstiger hydraulische randvoorwaarden. Indien gunstiger randvoorwaarden worden verwacht, moet de beoordeling opnieuw worden uitgevoerd op basis van de gunstiger hydraulische randvoorwaarden.

Vervolgens geldt dat:

- indien het effect zich voordoet voor de peildatum:
het oordeel van de nieuwe technische beoordeling mag gelden als beheerdersoordeel, en bij voldoende onderbouwing van de aanpassing van de HR tevens als eindoordeel voor het betreffende toetsspoor;
- indien het effect zich voordoet na de peildatum:
het oordeel van de nieuwe technische beoordeling mag niet worden betrokken in het eindoordeel. Wel kan bij de beschrijving van de maatregelen die de beheerder

treft om de veiligheid te borgen, de verwachte veiligheid na aanpassing van de HR worden betrokken.

Stabiliteit buitenwaarts: verdieping kanaalbodem

Op het kanaal Gent – Terneuzen is sprake van erosie van de waterbodem. Voor dit kanaal dient verdieping van de waterbodem te worden beschouwd bij de beoordeling van de stabiliteit buitenwaarts. Informatie over veranderingen in de waterbodem is aanwezig (lodingen), maar de nauwkeurigheid verdient nog aandacht (zie ook kader aanbevelingen).

Nadere uitwerking aanbevelingen proeftoets

Tijdens de toetsing is gebleken dat het verzamelen van meer gegevens van zeer groot belang is om tot een oordeel te komen. De rapportage van de proeftoets definieert meerdere aanbevelingen (aandachtspunten) voor een definitieve toets op veiligheid. Onderstaand kader geeft een samenvatting. Al deze aanbevelingen dienen te worden uitgevoerd cq. de beschreven gegevens te worden verzameld voor gestart kan worden met de definitieve toetsing.

KADER: Aanbevelingen nader onderzoek (uit: Arcadis, 2014)

Damwanden oeverconstructies

De exacte ligging en diepte van alle damwanden in het buitentalud (uit vergunningen en/of veldinspectie).

Waterbodem

Op basis de lodingen 2009-2013 komen op grote delen langs het kanaal verlagingen van de waterbodem voor bij de aansluiting op de oever of damwanden van ca. 0,5 tot soms wel 2,0 m. Bij de damwanden die niet zeer diep gefundeerd zijn, zorgt dit voor grote risico's. De nauwkeurigheid van de lodingen dichterbij de oever is niet bekend. Mogelijk is de nauwkeurigheid hier beperkt. Aangeraden wordt om het onderwatertalud met de aansluiting op de oever en de damwanden in te meten.

Verloop bodemopbouw van binnenkruin naar de binnenteen

Verzamelen van meer gegevens over het verloop van de bodemopbouw van de binnenkruin naar de binnenteen.

Aanwezigheid van een afdekkende kleilaag

Verzamelen van meer gegevens over de aanwezigheid van een afdekkende kleilaag (voor de sporen microstabiliteit en de bekledingen toets).

Bekleding

Voor bekledingen is in het rapport per bekledingstype aangegeven welke gegevens nodig zijn om de bekleding te toetsen.

Grondwaterstanden

Voor de sporen piping en zettingsvloeiing en voor de stabiliteit van de damwanden is inzicht in de werkelijke aansluiting van het onderwaterprofiel op de damwanden en het verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte van groot belang. Geplaatste peilbuizen zijn inmiddels tenminste een jaar lang gemonitord. Op basis van deze gegevens zou een betere inschatting gemaakt kunnen worden van het risico op piping. Een andere mogelijkheid om in korte tijd tot meer inzicht te komen m.b.t. piping is door het kanaalpeil op te zetten met circa 0,5 m op streefpeil en hierbij de grondwaterstanden en stijghoogten tijdens deze korte periode intensief te meten.

Bekleding

Voor de hoogte en de bekleding wordt aangeraden intensievere inspecties uit te voeren en deze in een beheersysteem vast te leggen, waarbij de specifieke aspecten die van belang zijn voor de toetsing worden vastgelegd, zoals dikte van stenen, filterlagen e.d. (voor de bekleding).

Geavanceerde toets

Voor het systeem kanaal Gent Terneuzen is aangegeven dat het vertrek punt, de vastgestelde HR voor het kanaal Gent Terneuzen van 2,75m+NAP zal zijn. Op de sporen waar nu onvoldoende wordt gescoord in de proeftoetsing kan middels geavanceerd analyse mogelijk een optimalisatie plaats vinden van de HR.

Middels geavanceerd toetsen kan ook een nader inzicht worden verkrijgen in het spoor piping, door een modellering van de reeds ingewonnen peilbuiswaarnemingen [binnen talud en kruin].

Voorziene maatregelen kanaalkaden

In periode 2015-2016 worden werkzaamheden aan de waterkering uitgevoerd door RWS (contract renovatie oevers, waaronder locatie Goese kade). Daarnaast zijn door het havenbedrijf en overige bedrijven diverse aanpassingen uitgevoerd of voorgenomen. Ontwerpen van deze maatregelen kunnen beschikbaar worden gesteld.

A13.

A2

Beschrijving algemeen

Het te beoordelen traject ligt langs de A2 ten zuiden van Den Bosch. Deze keringen worden hydraulisch belast wanneer het omliggende gebied wordt ingezet als waterbergingsgebied. Dit betreft twee waterbergingsgebieden, namelijk Bossch Broek Noord en Bossche Broek Zuid, met een totaal oppervlak van ca. 520 ha. (ca. 236 ha. aan de noordkant van de A2-kering en ca. 284 ha. aan de zuidkant).

De A2 betreft een smalle kering die in het westen geheel bestaat uit een groene dijk. In het oosten bestaat de waterkerkering (deels) uit constructies: aan de noordkant bevat de waterkering een beschoeiing in het binnentalud, aan de zuidkant bestaat de waterkering uit een keerwand en een grondlichaam. De keerwand is bij een verbreding van de A2 toegevoegd om ruimte te creëren.

A14.

Drongelens Kanaal

Beschrijving algemeen

Het Drongelens kanaal heeft een lengte van 19 km en heeft over de gehele lengte genormeerde regionale keringen. Een groot deel daarvan is in het beheer van het waterschap Aa en Maas, echter ongeveer 5 km aan de westelijke zijde van het kanaal is in het beheer van Rijkswaterstaat. Het kanaal begint bij 's-Hertogenbosch en watert af op de Bergsche Maas bij Drongelen. Het verval is circa 1 m.

A15.

Schelde-Rijnverbinding verbinding (Kanaaldijk Kreekrakpolder)

Beschrijving algemeen

De Kreekrakpolder(dijk) ligt in de provincie Zeeland, op de grens tussen Nederland en België. De Kreekrakpolder ligt aan de oostzijde van het Antwerps Kanaalpand dat onderdeel uitmaakt van de Schelde-Rijnverbinding tussen de havens van Rotterdam en Antwerpen. Het Antwerps Kanaalpand is aan beide einden afgesloten met sluisen met aan de noordelijk eind de Kreekraksluisen. Het in Nederland gelegen gedeelte van het Antwerps Kanaalpand is circa 8,7km lang. De normering is 1/100 per jaar.

Bijlage C Nadere aanwijzingen voor de toets op hoogte

Aanpak algemeen conform het Voorschrift toets op veiligheid niet primaire waterkeringen in rijksbeheer.

Bij de toets op hoogte is de te hanteren windsnelheid afhankelijk van het al dan niet afvoer gedomineerd zijn van de hoogwaterperiode (zie tabel B1). In het Voorschrift toets op veiligheid niet primaire waterkeringen in rijksbeheer is per kanaal aangegeven of de afvoer situatie dominant is. Een pragmatisch vastgesteld criterium daarbij is dat het verschil tussen streefpeil en toetspeil minstens 0,5 m bedraagt. Bij een dergelijke waarde is op betrekkelijke smalle wateren (zoals de kanalen) de kans klein dat een belastingcombinatie met harde wind en een gemiddelde waterstand maatgevend is voor de hoogte.

Tabel B1: Windsnelheid per type kanaal

Afvoer dominante component hoogwater situatie	Te hanteren belastingen:	
	waterstand	Wind
Ja	1 / Norm	2x per jaar
Nee	1 / Norm	1 / Norm

Indien de afvoer situatie niet dominant is dient de windsnelheid met een overschrijdingsfrequentie gelijk de norm van de waterkering te worden gebruikt. Indien bij deze conservatieve aanpak de kruinhoogte niet aan de norm voldoet, dan is verfijning noodzakelijk. Zo nodig kan voor deze situaties als optimalisatie:

- een probabilistische benadering voor afleiding van de maatgevende combinatie van beide belastingen worden uitgevoerd;
- de maatgevend hoge windsnelheid worden verlaagd, door het verdisconteren van beschutting en aanwijzingen in het Voorschrift toets op veiligheid niet primaire waterkeringen in rijksbeheer.

Deze bijlage beschrijft:

1. de te hanteren combinatie van waterstand en windsnelheid;
2. aanwijzing of optimalisatie van de opwaaiing nuttig kan zijn;
3. aanwijzing of optimalisatie van de windsnelheid nuttig kan zijn, uit oogpunt van:
 - de denkbare winst in termen van een reductie van de benodigde kruinhoogte;
 - het nut van een reductie van de benodigde kruinhoogte in relatie tot de aanwezige kruinhoogte;
4. een veilige golfoverslaghoogte ten behoeve van de toets op hoogte.

Ad.3 Op voorhand wordt verondersteld dat genoemde optimalisaties niet nodig zijn indien de aanwezige kruinhoogte (ruim) voldoende hoog is en wanneer de veilige golfoverslaghoogte minder dan 0,15 m bedraagt (omdat dit een verondersteld wenselijke minimale waarde is).

Ad.4 Dit betreft een veilige golfoverslaghoogte op basis van maatgevende kenmerken van het kanaal, maar uitgezonderd sterk afwijkende situaties (m.n. uit oogpunt van kanaalbreedte), zoals bijvoorbeeld bij verbredingen/splitsingen, draaikommen en (zij-) havens/loswallen.

Voor een nadere toelichting over de resultaten in de tabel wordt verwezen naar de notitie [RWS WVL, 2016].

Tabel B2: Nadere aanwijzingen voor de toets op hoogte

Kanaaldijken langs	HR corrigeren voor opwaaiing	Te toetsen combinatie:		Optimalisatie	Veilige golfoverslag- hoogte
		Waterstand	Windsnelheid		
Maas-Waal kanaal	Zo nodig	1/N	½ per jaar	Niet nodig	0,2 m
Julianakanaal					
- Zuidelijk pand	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,3 m
- Noordelijk pand	n.v.t.	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,15 m
Markkanaal	n.v.t.	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,15 m
Wilhelminakanaal					
- Sluis I – III	Niet nodig	1/N	1/N	Zo nodig	0,25
- Sluis III – IV	Niet nodig	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,1
- Sluis IV – Zuid Willemsvaart: km 37 – 45	Niet nodig	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,1
- Sluis IV – Zuid Willemsvaart: km 45 – 67	Niet nodig	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,1
Maxima kanaal					
- Sluis Empel – Hintham	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,3 m
- Sluis Hintham – zuid- Willemsvaart	n.v.t.	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,15 m
Wessem – Nederweert	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,2 m
Zuid-Willemsvaart					
- Lozen – sluis 16	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,2 m
- Sluis 16 – sluis 15	n.v.t.	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,1 m
- Sluis 15 – sluis 13	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,25 m
- Sluis 13 – sluis 12	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,2 m
- Sluis 12 – sluis 11	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,2 m
- Sluis 11 – sluis 10	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig* ⁴	0,15 m
- Sluis 10 – sluis Helmond	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,35 m
- Sluis Helmond – sluis 6	n.v.t.	1/N	2x per jaar	Niet nodig	0,35 m
- Sluis 6 – sluis 5	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig* ⁴	0,15 m
- Sluis 5 – sluis 4	n.v.t.	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,1 m
- Sluis 4 – sluis Schijndel	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,3 m
- Sluis Schijndel – sluis 0	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,2 m
Twentekanaal					
- Vak 1	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,3 m
- Vak 2	n.v.t.	1/N	2x per jaar	Niet nodig* ⁴	0,15 m
- Vak 3	n.v.t.	1/N	1/N	Niet nodig	0,3 m
Amsterdam- Rijnkanaal en Lekkanaal	Zo nodig	1/N	1/N* ¹	Zo nodig	0,65 à 0,9 m
Betuwapand Amsterdam- Rijnkanaal	n.v.t.	1/N	gemiddeld	Niet nodig	0,35 m
Kanaal van Gent naar Terneuzen					
- Westelijke kade	n.v.t.	1/N	1/10* ²	Zo nodig* ³	0,7 m
- Oostelijke kade	n.v.t.	1/N	1/10* ²	Zo nodig	0,7 m

*1 Voor dit kanaal is de 1/N – windsnelheid noodzakelijk, omdat het hoogwater wordt veroorzaakt door een hoge windsnelheid.

*2 Optimalisatie lijkt vooral nuttig voor de beoordeling van de westelijke kade.

*3 Zie de toelichting in de aparte notitie hierover (RWS WVL 2016)

*4 Optimalisatie van de windsnelheid is niet nodig omdat de minimaal benodigde golfoverslaghoogte kleiner of gelijk is aan de minimaal vereiste waakhoogte t.o.v. toetspeil.

Bijlage D Werkwijze uniforme bepaling minimum veiligheidsprofiel

Achtergrond

De keringen langs de kanalen hebben vaak een beperkte kerende hoogte en liggen op een stevige grondslag. Daarbij is vaak sprake van een brede kering. Ogenschijnlijk is daardoor vaak sprake van een (forse) overdimensionering. Dit vormt een gunstige situatie voor een toetsing op het zgn. eenvoudige niveau. Een toetsing op dit niveau kan worden uitgevoerd door bijvoorbeeld:

1. een beoordeling uit te voeren op basis van een zeer conservatief geschematiseerd profiel, maatgevend voor grote strekkingen van een kanaal;
2. het vergelijken van het lokaal aanwezige profiel met zgn. veilige afmetingen van de kering, afmetingen van de keringen waarbij het evident is dat de veiligheid voldoet aan de norm.

Ad.1 Voor deze beoordeling kan 'gewoon' de toetssporen uit de Leidraad en aanwijzingen in het Voorschrift toets op veiligheid niet primaire waterkeringen in rijksbeheer worden gevolgd. Het eenvoudige karakter van deze uitwerking schuilt in de grove vakindeling en conservatieve schematisering waarmee grote lengten gelijktijdig worden beoordeeld.

Ad.2 Voor een beoordeling van de veiligheid aan de hand van een vergelijking met veilige afmetingen dienen deze veilige afmetingen⁸ (ook wel beoordelingsprofiel of minimum veiligheidsprofiel) te worden bepaald. Dit beoordelingsprofiel geeft aan welke vorm een waterkering op het betreffende kanaalvak tenminste moet hebben om bij de ongunstigst mogelijke combinatie van kenmerken juist zo stabiel te zijn dat net aan de stabiliteitseis wordt voldaan.

Het is aannemelijk dat voor één of meerdere kanalen een opdrachtnemer een beoordeling aan de hand van een beoordelingsprofiel zal proberen uit te werken.

Randvoorwaarden werkwijze beoordelingsprofiel / veilige afmetingen

Deze notitie beschrijft enkele randvoorwaarden aan de werkwijze voor deze beoordeling, ter bevordering van de consistentie tussen eventuele verschillende uitwerkingen door verschillende opdrachtnemers. Deze randvoorwaarden richten zich vooral op de toetssporen stabiliteit binnenwaarts en piping.

Voor de beoordeling van de Hoogte is door RWS WVL een veilige waakhoogte beschikbaar gesteld (zie bijlage C). Voor stabiliteit buitenwaarts noemt de Leidraad Toetsen op Veiligheid regionale waterkeringen [STOWA, 2015] een aanpak met een veilige afmeting. Voor de overige toetssporen is een benadering met veilige afmetingen niet van toepassing of zijn de veilige afmetingen evident (en al benoemd in de Leidraad).

Voorafgaand aan de specifieke randvoorwaarden per toetsspoor wordt opgemerkt dat het denkbaar dat een kering ten aanzien van meerdere toetssporen wordt beoordeeld aan de hand van veilige afmetingen. Impliciet staat zo'n aanpak het lokaal optreden van vervormingen toe (zolang maar aan de veilige afmetingen wordt voldaan). Indien een profiel ten aanzien van meerdere toetssporen wordt beoordeeld aan de hand van

⁸ Deze afmetingen kunnen tevens worden gebruikt bij vaststelling van de Keurzone en het Leggerprofiel (rekening houdend met een 'vertaling' van de randvoorwaarden van een toetssituatie met peildatum naar een beschermingssituatie met bepaalde planperiode).

een aanpak op basis van veilige afmetingen, dient zekerheid te bestaan dat de benodigde afmetingen van het beoordelingsprofiel per toetsspoor daadwerkelijk aanwezig zijn, en niet zijn aangetast door het optreden van andere mechanismen.

Benadrukt zij dat indien de waterkering volgens een beoordeling aan de hand van veilige afmetingen niet aan de norm voldoet, de veiligheidstoetsing moet worden voortgezet op een gedetailleerder niveau.

Stabiliteit binnenwaarts

Werkwijze is een toetsing van de stabiliteit van het binnentalud aan de hand van een beoordelingsprofiel. Dit beoordelingsprofiel betreft de vereiste geometrie van de kering waarbij de stabiliteit van het binnentalud juist voldoet aan de norm. In het kader van deze beoordeling wordt voor een kering steeds:

1. een maatgevende geometrie van het beschouwde kanaal- of toetsvak bepaald;
2. het vereiste beoordelingsprofiel geselecteerd;
3. de geometrie van de kering en het beoordelingsprofiel onderling vergeleken;
4. geconcludeerd of de kering voldoende veilig is.

Het beoordelingsprofiel betreft de vereiste geometrie van de kering waarbij de stabiliteit van het binnentalud van de kering juist voldoet aan de norm. Dit profiel moet worden gespecificeerd ten aanzien van:

1. de kruinhoogte;
2. de breedte van de kruin;
3. de helling van het binnentalud;
4. de hoogte en breedte van een stabiliteitsberm.

Ad.1 De kruinhoogte is gebaseerd op de berekening van de hydraulische randvoorwaarden, en betreft de benodigde kruinhoogte zoals deze volgt uit de hoogtetoets. Voor de afleiding van de benodigde kruinhoogte cq. toets op hoogte wordt verwezen naar de Leidraad Toetsen op Veiligheid regionale waterkeringen.

Ad.2 Voor de kruinbreedte geldt de eis van de minimale kruinbreedte van 1,5 m. Aanvullende eis is dat eventuele glijvlakken van lokaal steile en instabiele gedeelten van het binnentalud niet mogen insnijden in de kernzone van de kade. Mogelijk dient hiervoor een toeslag op de kruinbreedte te worden gehanteerd.

Ad.3 en 4. De vereiste helling van het binnentalud, de noodzaak van een stabiliteitsberm en de dimensies (hoogte en breedte) daarvan dienen te worden afgeleid van stabiliteitsberekeningen. Hiertoe dient voor iedere denkbare combinatie van alle relevante kenmerken van de sterkte van een kering het minimaal benodigde profiel te worden bepaald. Dit betreft een profiel van de kering (in termen van taludhelling, bermhoogte en -breedte) waarbij de stabiliteitsfactor juist aan de vereiste schadefactor voldoet. Indien langs een kanaal meerdere veiligheidsnormen voorkomen, moet dit profiel voor iedere normklasse worden bepaald. De uitwerking van de stabiliteitsberekeningen moet verlopen volgens de aanwijzingen in de Leidraad en het Voorschrift toets op veiligheid niet primaire waterkeringen in rijksbeheer.

Randvoorwaarden en aanwijzingen ten behoeve van een uniforme uitwerking

Ten behoeve van de bepaling van het beoordelingsprofiel zullen stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd. Ten aanzien van deze berekeningen gelden de volgende voorwaarden:

1. de schematisering van de relevante kenmerken moet steeds maatgevend zijn voor het type of de categorie kering waarvoor het beoordelingsprofiel geldt;
2. indien voor een kenmerk onduidelijk is welke situatie maatgevend is, dient met een aparte berekening te worden aangetoond welke schematisering maatgevend is (voor de afleiding van de beoordelingsprofielen);
3. indien een kenmerk grote invloed heeft op het beoordelingsprofiel verdient het aanbeveling meerdere profielen voor kleine variaties van het kenmerk te bepalen.
4. alle relevante belastingen dienen op een zo ongunstigst mogelijke locatie te worden geschematiseerd.
5. bij de schematisering dient rekening te zijn gehouden met de consequenties van nadelige gebeurtenissen / belastingen die kunnen optreden;
6. indien de bij 4. genoemde gebeurtenissen / belastingen grote invloed hebben op de afmeting van het beoordelingsprofiel, kunnen aparte profielen worden bepaald voor resp. het wel en niet optreden van de 'gebeurtenissen/belastingen';

Ad.1 het beoordelingsprofiel voor een kering met een kerende hoogte van 1 à 1,5 m moet zijn bepaald voor een profiel met een kerende hoogte van 1,5 m (en dus nadrukkelijk niet een gemiddelde kerende hoogte).

Ad.2 Indien de vereiste berm lengte van het beoordelingsprofiel bij een aanwezige dikte van een slappe kleilaag van 0,5 en 2 m resp. 2,5 en 10 m bedraagt, dient een extra variant te worden beschouwd (bijv. een dikte van de kleilaag van 1 m).

Ad.3 Bijvoorbeeld: de locatie van de verkeersbelasting dient bij beschouwing van de binnenwaartse stabiliteit aan de meest binnendijkse zijde op de kruin te zijn geschematiseerd, en aan de meest buitendijkse zijde van de kruin voor de buitenwaartse stabiliteit.

Ad.4 Zoals hydraulische kortsluiting, verkeersbelasting, baggeren/onderhoud vaarweg, etc..

Ad.5 Hierbij wordt een kering met verkeersbelasting beoordeeld op basis van een beoordelingsprofiel wat is bepaald rekening houdend met het optreden van de verkeersbelasting. Een kering waar geen verkeerbelasting kan optreden wordt dan beoordeeld op basis van een (scherper) beoordelingsprofiel, bepaald zonder verkeersbelasting.

De selectie van het toe te passen beoordelingsprofiel voor een kanaal- of toetsvak moet zijn gebaseerd op basis van de ongunstigste combinatie van alle (lokaal) aanwezige kenmerken, zoals de breedte en kerende hoogte van de kering, opbouw van de kering en de ondergrond en de waterspanningen.

Bij de vergelijking van het aanwezige profiel met het beoordelingsprofiel geldt dat de aslijn van het beoordelingsprofiel niet hoeft samen te vallen met de middenkruinlijn van de waterkering. Het beoordelingsprofiel mag in dwarsrichting van de waterkering worden verschoven. Dit voorkomt het ten onrechte afkeuren. Voorwaarde bij het verschuiven is dat het gehele profiel aanwezig zal zijn, verschuiving tot in instabiele zones van het buitentalud is niet toegestaan.

In gevallen waarin het profiel voldoet, verdient het aanbeveling een indicatie op te geven van de mate waarin het profiel voldoet. Dit geeft extra inzicht in de aanwezige veiligheid. Indien het profiel niet voldoet, behoeft geen indicatie te worden opgegeven, deze profielen worden gedetailleerd beoordeeld.

Indien in een kanaalvak een kenmerk van de sterkte van de kering kan variëren, maar het verloop van de variatie over het kanaalvak of de locatie van een specifieke afwijking onbekend is, dient het beoordelingsprofiel te worden geselecteerd op basis van het maatgevende omvang van het kenmerk.

Om te komen tot een verzameling van beoordelingsprofielen die alle situaties langs een kanaal dekken dienen de volgende stappen te worden doorlopen:

- Vaststellen mogelijke variatie in alle relevante kenmerken van de sterkte van de kering, de logische combinaties daarvan en de verschillende normklassen.
- Bepalen beoordelingsprofielen, door:
 - o voor elke combinatie van de relevante kenmerken het profiel (taludhelling, bermhoogte en –breedte) te bepalen waarbij de stabiliteitsfactor juist voldoet aan de schadefactor behorende bij de verschillende veiligheidsnormen
 - o te controleren of een toeslag op de kruinbreedte nodig is om te voorkomen dat instabiliteit van steile (delen van) binnentaluds tot in de kernzone van de kering snijdt.

Piping

De Leidraad noemt als eenvoudige methoden voor de beoordeling op piping enkele voorwaarden, waarbij dit mechanisme niet kan optreden. Dit betreft de aan- of afwezigheid van een intredepunt en uittredepunt. Een eventuele (vervolg-) beoordeling op basis van veilige afmetingen lijkt zich dan te zullen richten op het hydraulische verhang over de kering en de ligging van het maaiveldniveau in het achterland ten opzichte van dit verhang.

Ten aanzien van een uitwerking aan de hand van het verhang geldt het volgende:

1. de Leidraad staat het gebruik van Bligh niet langer toe, voor een dergelijke uitwerking dient de methode Sellmeijer te worden gebruikt;
2. een conservatieve ligging van het intredepunt dient te worden gekozen. Opgemerkt wordt dat dit niet standaard de buitenteen is (bij een ondiepe ligging van de zandondergrond kan dit ook halverwege het buitentalud liggen);
3. de schematisering moet uitgaan van een conservatief (= laag) polderpeil. Bij teensloten met een onbeheerde waterstand mag worden uitgegaan van het niveau van de slootbodem verhoogd met een (aannemelijke) waterstand van 10 cm (tenzij een hogere waterstand gegarandeerd kan worden).

Microstabiliteit

De Leidraad definieert een eenvoudige methode voor de beoordeling aan de hand van voorwaarden waarbij dit mechanisme niet kan optreden. In deze notitie wordt beperkt ingegaan op dit mechanisme.

Het is waarschijnlijk dat een eventuele beoordeling op basis van veilige afmetingen zal worden toegepast na de eenvoudige beoordeling aan de hand van de voorwaarden. Specifieke voor zandige keringen lijkt een denkbare uitwerking dan gericht te zullen zijn op het ontstaan van een evenwichtssituatie. Relevant hierbij zijn de helling van het talud in combinatie met de (over-) breedte van de kruin. Ten aanzien hiervan wordt opgemerkt dat bij een dergelijke uitwerking zekerheid moet bestaan dat:

- enerzijds de (over-) breedte daadwerkelijk aanwezig is, en niet wordt aangetast door andere mechanismen;
- anderzijds bij het ontstaan van de evenwichtssituatie (= het optreden van microstabiliteit) niet een cruciaal deel van de kering (uit oogpunt van de andere mechanismen) wordt aangetast.

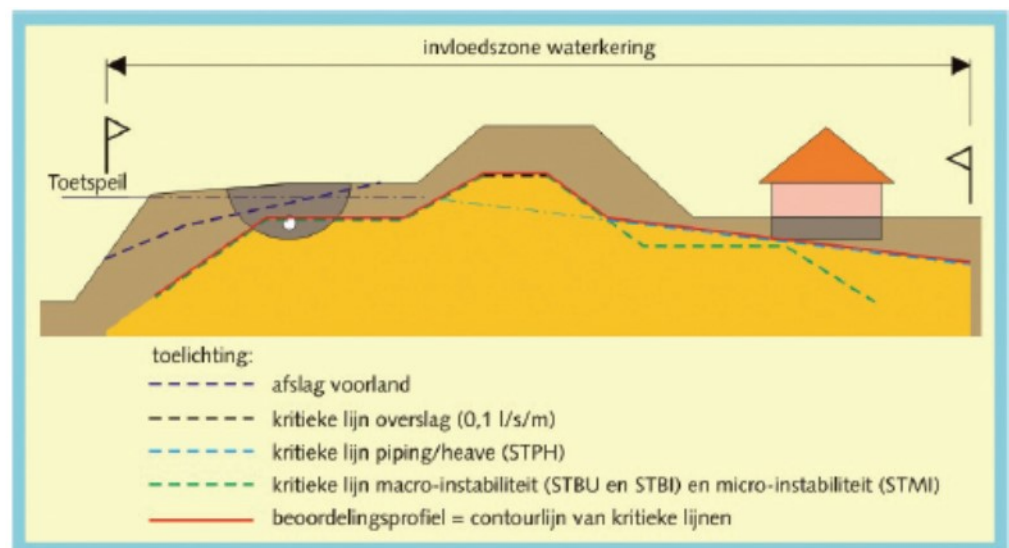
Inspecties zijn nodig om te bepalen of sprake is van permanent droge binnentaluds.

Hoogte/erosie bekleding buitentalud

Ten aanzien van dit toetsspoor wordt alleen een opmerking gemaakt over een acceptabel uitgangspunt. Namelijk, indien voor de (eenvoudige) beoordeling van de hoogte of erosie van het buitentalud het zgn. afslagprofiel (Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies) wordt toegepast, mag worden uitgegaan van de afwezigheid van erosie van zowel de beschadigde kruin als het onderwaterprofiel ten gevolge van langsstroming van water. Dit uitgangspunt mag ook worden gehanteerd indien sprake is van een zandkern van de kering. Motivatie hierbij is dat nauwelijks sprake is van stroming in de kanalen.

Voorbeeld uitwerking beoordelingsprofiel

Het beoordelingsprofiel wordt samengesteld als omhullende van de verschillende eisen aan de geometrie van het profiel per faalmechanisme. Zie onderstaand figuur ter illustratie (overgenomen uit VTV2006).



Rapportage en op te leveren producten

Bij toepassing van een eenvoudige beoordeling aan de hand van veilige afmetingen dient het volgende te worden beschreven in de rapportage (of opgeleverd als product):

- per kenmerkend dijkvak of traject:
 - o een beschrijving van het (theoretisch) minimaal aanwezig beoordelingsprofiel;
 - o een beschrijving van het benodigd profiel (incl. de selectie/afleiding daarvan);
- GIS bestand (shape) met breeklijnen / vlakken.

Bijlage E Format voor het opstellen van het beheerdersoordeel

Deze bijlage beschrijft een format voor een standaardprocedure voor het opstellen van het beheerdersoordeel. Doel van dit format is een uniform opgesteld beheerdersoordeel, voor alle regionale keringen van Rijkswaterstaat (door alle betrokken beheerders en verschillende opdrachtnemers).

De beheerder stelt het *Beheerdersoordeel* op mede op basis van de door de beheerder opgedane kennis over en ervaring met het gedrag van de betreffende waterkering. Hierbij zijn er twee mogelijkheden:

- 1: het Technisch oordeel komt overeen met de ervaring van de beheerder en het waargenomen gedrag van de kering;
- 2: het Technisch oordeel komt niet overeen met de ervaring van de beheerder en het waargenomen gedrag

Ad. 1. In dit geval volgt het beheerdersoordeel de Technisch oordeel. Volstaan kan worden met een korte onderbouwing. De technische score en het beheerdersoordeel vormen samen het veiligheidsoordeel.

Ad. 2. Indien de technische score en het beheerdersoordeel niet overeenkomen, vormt dit in eerste instantie aanleiding voor het uitvoeren van nader onderzoek door de uitvoerder, tenzij door de uitvoerder kan worden aangetoond dat de resultaten van dit onderzoek niet zullen leiden tot een bijstelling van de technische score (bijv. aan de hand van een gevoeligheidsanalyse). In dit geval dient de beheerder een zelfstandig beheerdersoordeel op te stellen volgens de hieronder aangegeven format.

Het zelfstandig beheerdersoordeel bevat de volgende onderdelen:

- 1: Algemene informatie en het beheerdersoordeel, conform tabel 6.1;
- 2: Inhoudelijke onderbouwing van het beheerdersoordeel, conform tabel 6.2;
- 3: Werkwijze conform tabel 6.3.

Ten aanzien van de genoemde onderwerpen / onderdelen van de beschrijving van het beheerdersoordeel geldt dat deze alleen beschreven hoeven te worden indien van toepassing, dus uitgevoerd. Indien bijvoorbeeld:

- De aard van het bewijs of de motivatie (alleen) waarnemingen betreft, hoeven de andere items metingen, proeven en kennis niet te worden beschreven;
- Geen overleg met WVL/ILT heeft plaatsgevonden hoeft dit niet expliciet te worden beschreven.

Tabel 6.1: Algemene informatie en beheerdersoordeel

Onderwerp	Toelichting
Kanaal	-
Referentie naar kanaal- / toetsvak of locatie	-
Lengte dijkvak	-
Toetsspoor	Toetsspoor waarvoor afwijkend beheerdersoordeel is opgesteld
Technisch oordeel (TO)	Korte beschrijving van het technisch oordeel
Beheerdersoordeel (BO)	Korte beschrijving van het beheerdersoordeel

Tabel 6.2: Inhoudelijke onderbouwing van het beheerdersoordeel

Onderwerp	Toelichting
Aanleiding of reden voor afwijkend BO	Aanleiding voor een afwijkend BO kan bijvoorbeeld zijn: – Onverenigbaarheid met het Voorschrift toets op veiligheid niet primaire waterkeringen in rijksbeheer en onderliggende Leidraad – Onverenigbaarheid met HR – Ontbreken technische gegevens – Gedrag en historische gegevens – Andere redenen, ...
Aard van het bewijs, de motivatie	Het beheerdersoordeel kan worden onderbouwd met bijvoorbeeld: – Waarnemingen: bijvoorbeeld gedrag op basis van inspectieverslagen, kennis/ervaringen uit het verleden; – Metingen: door uitvoeren en analyseren van metingen en eventueel koppelen met waarnemingen. – Proeven: praktijkproeven om proefondervindelijk aan te tonen dat het faalmechanisme (lokaal) wel / niet kan optreden dan wel de veiligheid voldoende is. – Kennis: het toepassen van nog niet geaccepteerde kennis, proeven van andere waterschappen, (internationale) literatuur, uitvoeren van gevoeligheidsberekeningen.
Kwalitatieve/kwantitatieve (en valide) onderbouwing van het bewijs Redenatie bij het afwijkend BO	Aanduiding van de betrouwbaarheid van het bewijs, een onderbouwing (kwalitatief/kwantitatief) waarom het bewijs valide is.

Tabel 6.3: Werkwijze

Onderwerp	Toelichting
Opstellers beheerdersoordeel	Vermelding van personen die het BO hebben opgesteld
Interne validatie	Opgave of afwijkend BO intern is gevalideerd, inclusief vermelding van betrokkenen bij de validatie
Nader onderzoek	Opgave of naar aanleiding van of ter onderbouwing van het afwijkend BO nader onderzoek is uitgevoerd, incl. beschrijving van het onderzoek.
Overleg WVL/ILT	Opgave of met RWS WVL en/of ILT is overlegd over het afwijkende BO
Overleg met Helpdesk Water	Opgave of vragen ter onderbouwing van het afwijkend BO zijn voorgelegd aan de Helpdesk Water (incl. vermelding van de vraag en het antwoord)

Onderwerp	Toelichting
Eventueel: andere consultaties	Opgave van eventueel uitgevoerde overige consultaties / overleggen met andere partijen in het kader van de motivatie van het BO.

Bijlage F Format rapportage van de toets op veiligheid

Dit format betreft de rapportage van de toets op veiligheid van regionale keringen in het beheer van het Rijk. Het format geeft een overzicht van de informatie, resultaten inclusief toelichting en inzichten die in de rapportage verwacht worden. Het format kent twee onderdelen, te weten:

- een inhoudsopgave, de verplichte structuur van de rapportage van alle toetsingen;
- vier (verzamel-) tabellen, de verplichte weergave van de resultaten van de toetsing⁹.

Specifieke aanwijzingen betreffende de inhoud van de rapportage zijn beschreven in Voortschrift toets op Veiligheid regionale keringen Rijkswaterstaa (RWS WVL 2016).

Inhoudsopgave

	Samenvatting	(inclusief tabel 1 en tabel 4)
1	Inleiding	1. Aanleiding 2. Doelstelling van de toets op veiligheid 3. Kader (gehanteerd instrumentarium, eventuele afwijkingen) 4. Leeswijzer
2	Beschrijving project	1. Beschrijving kanaal / traject, met een overzichtskaart van de ligging van het kanaal en de kanaalvakken 2. Beschrijving getoetst tracé (met foto-impressie) 3. Eventueel: 'voorgeschiedenis' (eerdere toets) en essentie veiligheidsoordeel 4. Beschrijving toetsproces (met o.a. de aanpak voor betreffende kanaal, gevolgde / toegepaste methoden per toetsspoor, eventuele fasering, toegepast detailniveau toetsing) 5. Uitgevoerde werkzaamheden
3	Beschikbare gegevens	1. Beschrijving van alle (algemeen) beschikbare (en gebruikte) gegevens. 2. Zie voor een overzicht van deze gegevens de checklist. 3. Beschrijving van specifiek voor de toetsing uitgevoerde onderzoeken, zoals een grondonderzoek (veld- / laboratoriumonderzoek), inspecties, etc. (incl. eventuele motivatie bij uitgevoerd onderzoek, zoals bijv. gevoeligheidsanalyse)
4	Uitgangspunten	1. Veiligheidsnorm van de kering 2. Hydraulische randvoorwaarden 3. Toetspeil; 4. waterstandsverloop; 5. golfrandvoorwaarden; 6. val van de waterstand. 7. Geometrie: metadata (zoals de herkomst en datum van inwinning), globale kenschets van de kering (details toetsvak en maatgevend profiel in H5);

⁹ Aan de hand van deze uniforme tabellen kunnen de resultaten van alle kanalen uit de afzonderlijke rapportage eenvoudig worden samengevoegd, voor een totaal beeld van de veiligheid van alle kanaaldijken.

	Samenvatting	(inclusief tabel 1 en tabel 4)
		8. Bodemopbouw: metadata (zoals de herkomst), globale kenschets bodemopbouw (details van het toetsvak en maatgevend profiel in H5); 9. Geotechnische parameters: gebruikte/beschikbare gegevens en afleiding rekenwaarden 10. Waterstanden (binnendijks) 11. Grondwaterstanden en stijghoogten: gebruikte/beschikbare gegevens en aanpak schematisering 12. Overige uitgangspunten en/of werkwijzen, zoals: 13. Windsnelheid 14. Verkeersbelasting 15. Partiele veiligheidsfactoren
5	Toetsing	1. Hoogte 2. Hydraulische kortsluiting / opbarsten en opdrijven 3. Piping en Heave 4. Stabiliteit binnenwaarts 5. Stabiliteit buitenwaarts (incl. oeverconstructies) 6. Microstabiliteit 7. Bekleding 8. Stabiliteit voorland 9. Samenvatting resultaten / veiligheidsoordeel (tabel 4) Beschrijving bovenstaande toetssporen op basis van achtereenvolgens: 1. aanpak / methode; 2. specifieke uitgangspunten (zoals windsnelheden); 3. indeling in toetsvakken (inclusief toelichting); 4. selectie van het maatgevende dwarsprofiel per vak; 5. schematisering (geometrie, bodemopbouw, water-spanningen) van het maatgevende dwarsprofiel; 6. resultaat (technische score, volgens tabel 2) 7. beheerdersoordeel 8. eindoordeel (volgens tabel 3)
6	Niet-waterkerende objecten	1. Potentieel risicovolle niet-waterkerende objecten (inventarisatie) 2. Beoordeling NWO's (werkwijze en resultaat) 3. Conclusie & aanbevelingen
7	Waterkerende kunstwerken	1. Potentieel risicovolle waterkerende kunstwerken (inventarisatie incl. toelichting over de selectie)
8	Conclusie & aanbevelingen	1. Samenvatting veiligheidsoordeel aan de hand van tabel 1 en tabel 4. 2. Voorzieningen / maatregelen die nodig worden geacht, inclusief een inschatting van de termijn waarop deze voorzieningen getroffen dienen te zijn (a.d.h.v. de beoordeling van de veiligheid) 3. Evident onveilige situaties met niet-waterkerende objecten 4. Ervaring met en opmerking op de toets op veiligheid a. Intern: indien toetsing heeft geleid tot maatregelen of wijzigingen in het beheer; b. Extern: verbeterpunten voor het toetsinstrumentarium, kennisleemten.

-	Referenties	
Bijlagen		
A	Vakindeling	Tekeningen en foto-impressie
B	Dwarsprofielen	Tekeningen
C	Geotechnisch lengteprofiel	Tekeningen (indien aanwezig)
D	Hoogte toets	Resultaten berekeningen
E	Piping & heave	Resultaten berekeningen
F	Stabiliteit binnenwaarts	Resultaten berekeningen
G	Stabiliteit buitenwaarts	Resultaten berekeningen
H	Microstabiliteit	Resultaten berekeningen
I	Bekleding	Resultaten berekeningen
J	Voorland	Resultaten berekeningen
K	Afwijkend beheerdersoordeel	Bundeling van alle afwijkende beheerdersoordelen, op te stellen door beheerder a.d.h.v. standaard format
L	Maatregelen beheerder	voortgang groot onderhoud, verbeteringswerken e/o ingrepen in het watersysteem (die nodig zijn om te voldoen aan de veiligheidsnorm) en de bevindingen van de inspecties van de keringen

Resultaten van specifieke onderzoeken (zoals grondonderzoek, landmeetkundig onderzoek, inspecties, etc.) behoeven niet als bijlage te worden opgenomen. Deze resultaten dienen wel als achtergrondrapportages separaat te worden samengesteld.

Standaard tabellen voor uniforme presentatie resultaten

In de tabellen wordt onderscheid gemaakt in een kanaalvak en een toetsvak.

- Kanaalvak: het gehele tracé wat in een project wordt getoetst. Dit kan het gehele kanaal betreffen, of gedeelten daarvan. Vooral bij de lange kanalen kan sprake zijn van een opdeling in deelprojecten, waarschijnlijk betreft dit dan een indeling volgens de al bestaande kanaalvakken.
- Toetsvak: het tracé wat ontstaat na de indeling van een kanaal (-vak) op basis van alle kenmerken die relevant zijn bij de beoordeling van de veiligheid van een kanaalkade (zoals bodemopbouw, polderpeilen, etc.).

Tabel 1 Samenvatting veiligheidsoordeel voor geheel kanaal (-vak¹⁰)

Toetsvak	Lengte [km]	Voldoet [km]	Voldoet niet [km]	Nader onderzoek [km]
1				
2				
3				
4				
...				
<i>Totaal</i>				

¹⁰ Indien sprake is van aanbesteding per kanaalvak

Tabel 2 Technische score per mechanisme

Toets- vak	Lengte [in m]	Technische score [V/VN/NO]
1		
2		
3		
...		

Tabel 3a Eindoordeel Hoogte

Toets- vak	Lengte [in m]	Technische score [V/VN/NO]	Beheerdersoor- deel [V/VN/NO]	Eindoor- deel [V/VN/NO]
1				
2				
3				
...				

Tabel 3b Eindoordeel Stabiliteit

Toets- vak	Lengte [in m]	Technische score per toetsspoor stabiliteit						Beheer- dersoor- deel	Eindoor- deel
		STPH	STBI	STBU	STMI	STBK	STVL		
1		NO	VN	...					
2		V	VN						
3		...	...						
...		...							

Tabel 4 Presentatie toetsresultaten

Toets- vak	Lengte [in m]	Eindoordeel per toetsspoor							Veilig- heids- oordeel
		HT	STPH	STBI	STBU	STMI	STBK	STVL	
1		V	NO	VN	...				
2		V	V	VN					
3		...	...	...					
...		...							

Met:

V = Voldoet aan de norm

VN = Voldoet niet aan de norm

NO = Nader onderzoek