

Effect van Invloedsfactoren op Toetsing/Ontwerp

Voorstel voor implementatie

dr.ir. G.J.C.M Hoffmans

Produktnummer: 5.37
Projectnummer:1220086-016

Titel

Effect van Invloedsfactoren op Toetsing/Ontwerp

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat

Project

1220086-016

Pagina's

4

Trefwoorden

dijken, erosiebestendigheid gras, faalkans, invloedsfactoren, obstakels, overgangen, overslag

Samenvatting

Nog schrijven

Referenties

WTI projectplan '15, cluster 5, Toetsregels dijkbekledingen" WTI-2017

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	mei 2015	Gijs Hoffmans		Andre van Hoven		Leo Voogt	
		Dana Stuparu					

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Probleemstelling	1
1.3 Doelstelling	2
1.4 Stappenplan	2
2 Theoretische achtergronden	5
2.1 Algemeen	5
2.2 Overbelastingsmethode	6
2.3 Kritieke stroomsnelheid	7
2.4 Overgangen	8
3 Invloedsfactor	9
3.1 Inleiding	9
3.2 Zee- en meerregime	9
3.3 Rivierregime	13
3.4 Classificatie dijkmeubilair	14
4 Onzekerheden faalmechanisme erosie	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Belasting	17
4.3 Veilige waarden voor de “sterkte”	17
4.4 Rekenwaarden voor de “sterkte”	19
4.5 Falen binnentalud	19
5 Kansverdeling van het kritieke overslagdebiet	21
5.1 Inleiding	21
5.2 Zonder dijkmeubilair	21
5.3 Met dijkmeubilair	22
6 Faalkansen overloop/overslag	25
6.1 Inleiding	25
6.2 Berekeningsresultaten	25
6.3 Overschrijding faalkanseis?	29
7 Conclusies	33
8 Aanbevelingen	35
9 Referenties	37

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Om Nederland tegen overstromingen te kunnen beschermen is een degelijk toets- en ontwerp instrumentarium van primaire waterkeringen zoals dijken, kunstwerken, dammen en duinen noodzakelijk. Dergelijke kennis is opgenomen in voorschriften, technische rapporten, handreikingen en software en wordt verder ontwikkeld binnen verschillende onderzoeksprogramma's zoals WTI-2017.

Niet alleen in deze onderzoeksprojecten, maar ook op basis van praktijkervaringen (bijvoorbeeld de dijkdoorbraken bij New Orleans als gevolg van de orkaan Katrina), blijkt dat overgangen en NWO's (= niet-waterkerende objecten zoals bebouwing en bomen) veelal zwakke schakels in waterkeringen zijn. Met een overgang wordt hier de ruimste zin van het begrip bedoeld. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld

- Aansluitconstructies tussen verschillende typen waterkeringen zoals dijken, duinen, hoge gronden of waterkerende kunstwerken;
- Overgangen tussen waterkeringen en niet waterkerende objecten;
- Overgangen tussen verschillende typen dijkbekledingen;
- Geometrische overgangen zoals knikken of scherpe bochten.

In het projectplan "WTI projectplan '15, cluster 5, Toetsregels dijkbekledingen" WTI-2017, versie 2 wordt aandacht besteed aan de invloedsfactoren ofwel de kwantificering van de invloed van overgangsconstructies op de erosie van grasbekledingen. Dit deelprojectplan beschrijft de activiteiten welke nodig zijn om te komen tot een voorstel voor implementatie van de invloed van overgangen en objecten in het WTI2017 voor het mechanisme erosie grasbekleding door golfoverslag (GEKB).

1.2 Probleemstelling

In voorgaande jaren zijn de invloedsfactoren van overgangen en objecten voor het erosiemodel (GEBU en GEKB) afgeleid, de zogenaamde alfa's in de (cumulatieve) overbelastingmethode. Overgangen en objecten verzwakken de grasbekleding, maar worden momenteel niet meegenomen bij de toetsing van de grasbekleding. Ze zitten niet in het VTV-2006 en ook niet in het huidige model Hydra-Ring. Grasbekledingen scoren dus alleen een reëel oordeel, indien er geen objecten en overgangen van betekenis aanwezig zijn, wat in de praktijk voor veel dijken niet het geval is.

Thans is de ontwikkeling van de alfa's nog niet zodanig, dat deze kunnen worden toegepast in de gedetailleerde toets. De voorspellingskracht is thans nog onvoldoende. Ook een goede methode hoe een beheerder bij een bepaald object een passende alfa bepaald, is nog niet voorhanden. Het niet meenemen van de invloedsfactoren in het WTI-2017 leidt tot twee voorziene knelpunten

- Onderschatting van de overstromingskans. De (standaard) faalkansruimte voor erosie door overslag (GEKB) en erosie buitentalud (GEBU) zijn respectievelijk 24% en een deel van 10% (waarschijnlijk ca. 2%).
- Weerstand bij acceptatie door ENW vanwege het feit dat het toetsoordeel anders onvolledig of onjuist is. ENW heeft in de afgelopen jaren herhaaldelijk benadrukt dat overgan-

gen, waaronder overgangen van grasbekledingen naar objecten en andere bekledingstypes, zwakke plekken zijn en een plek verdienen in de toetsing. Dit heeft uiteraard te maken met bovengenoemd punt.

1.3 Doelstelling

Rijkswaterstaat beoogt de invloed van overgangen bij wegen/fietspaden, aansluitconstructies, niet-waterkerende objecten (hier samengevat als zijnde dijkmeubilair) op de overstromingskansen te bepalen. Met het meenemen van dijkmeubilair op grasdijken wordt kwalitatief verwacht dat de overstromingskansen groter wordt. Voor het realiseren van het hoofddoel, implementatie van de invloed van overgangen en objecten in het WTl2017, zijn diverse stappen gedefinieerd.

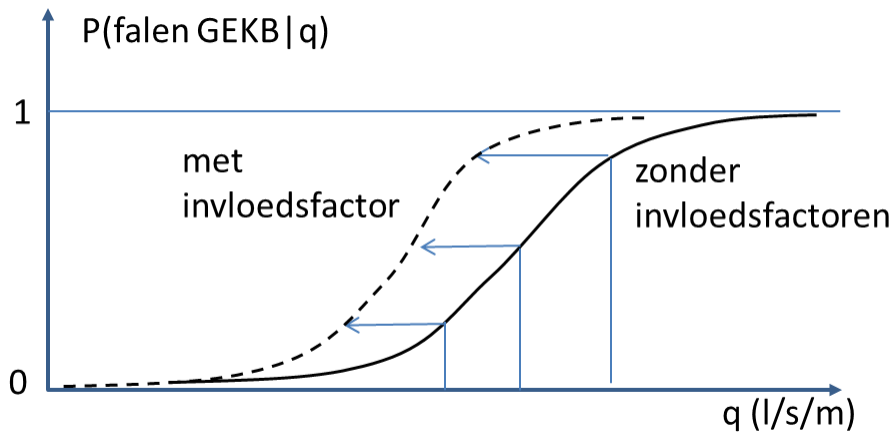
Vanwege de beperkte doorlooptijd en omvang is de studie gericht op de overslagzone, kruin en binnentalud (toetsspoor GEKB). De golfklapzone en golfoploopzone zijn buiten beschouwing gelaten.

- A. Ten eerste moet duidelijk worden wat het effect is van dijkmeubilair op de faalkansen van de grasbekleding op de kruin en het binnentalud (gegeven het overslag-debiet). Hierbij zal gebruik worden gemaakt van state-of-the-art kennis aangaande de invloedsfactoren. Uitgangspunt hierbij zijn de kansverdelingen voor het kritieke overslagdebiet, die momenteel in PC-Ring zijn geïmplementeerd en gelden voor grasbekledingen zonder overgangen. Om een compleet beeld te krijgen wordt voor enkele categorieën van dijkmeubilair (kleine invloed, matige invloed, en grote invloed) een aangepaste kansverdeling voor het kritieke overslagdebiet opgesteld.
- B. Ten tweede zullen met deze kansverdelingen berekeningen worden gemaakt in PC-Ring, om het effect op het toetsresultaat (de faalkansen als gevolg van GEKB) inzichtelijk te maken voor een aantal representatieve cases. Hiertoe worden berekeningen in PC-Ring gemaakt met de standaard faalkansverdelingen en met de voor invloedsfactoren aangepaste verdelingen.
- C. De resultaten uit doelstellingen A en B leiden tot een voorstel voor implementatie van invloedsfactoren voor het spoor GEKB in WTl2017. Om de kwaliteit van het voorstel te toetsen wordt het aan experts voorgelegd en besproken.

1.4 Stappenplan

- 1 Op basis van het validatierapport over invloedsfactoren (Hoffmans 2014) worden drie categorieën gedefinieerd, te weten 1) weinig invloed ($\alpha_M = 1.2$ en $\alpha_S = 1$ bijvoorbeeld knik in talud), 2) matige invloed ($\alpha_M = 1.5$ en $\alpha_S = 0.9$ bijvoorbeeld boom of ander object) en 3) relatief veel invloed ($\alpha_M = 2$ en $\alpha_S = 0.8$ theoretisch meest extreem). NB: De bovengenoemde invloedsfactoren hebben niet de betekenis van invloedscoëfficiënten uit probabilistische berekeningen, die een maat zijn voor het relatieve belang van de onzekerheid ten aanzien van een bepaalde stochastische variabele. Ook deze invloedscoëfficiënten worden normaliter door het symbool α weergegeven.
- 2 Met de overbelastingmethode wordt deterministisch berekend hoeveel het kritieke overslagdebiet (q_c) door de invloedsfactoren (α_M en α_S) daalt ofwel er wordt een verband tussen het kritieke overslagdebiet en de invloedsfactoren afgeleid;
- 3 Met deze relatie worden aansluitend de kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet voor bovengenoemde categorieën (zie stap 1) bepaald. Deze kansverdelingen worden met een evenredigheidsfactor gecorrigeerd. Deze factor is relatief klein voor 'veel invloed' en relatief groot voor 'weinig invloed';
- 4 De verlagingen van het kritieke overslagdebiet (door de invloedsfactoren) wordt gebruikt om de kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet naar beneden bij te te

stellen, zie Fig. 1. Deze aangepaste kansverdeling geeft een beeld van het effect van de invloedsfactoren.



Figuur 1 Schematische weergave aanpassing kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet door invloedsfactoren

- 5 Voor het bepalen van de invloed op de faalkansen overloop/golfoverslag wordt PC-Ring gebruikt (Ringtoets is nog niet zo ver en met de Hydra-modellen is dit op korte termijn onhaalbaar). In PC-Ring worden in de databases de kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet aangepast. Vervolgens worden voor ongeveer 100 locaties de faalkansen overloop/overslag bepaald met en zonder invloedsfactoren, waarbij onderscheid tussen de verschillende categorieën wordt gemaakt (zie ook RWS et al 2013).
- 6 Voor een aantal cases (rivier- en zeeregime) worden de verschillende uitkomsten nader geanalyseerd/omschreven.
- 7 De bevindingen en het advies over het meenemen van de invloedsfactoren in het WTI-2017 worden gerapporteerd en aan experts voorgelegd.
- 8 De aanbevelingen en de conclusies voortkomend uit de expertsessie worden in een definitief rapport verwerkt.
- 9 Het eindresultaat kan worden voorgelegd aan het PMO en kunnen eventueel worden gebruikt voor inbreng in de coördinatiegroep en of ENW.

2 Theoretische achtergronden

2.1 Algemeen

Golfoverslag vindt plaats als onder extreme omstandigheden de waterstand erg hoog is en de hoogste golven de kruin van de dijk bereiken en over de kruin naar het binnentalud lopen. Een veel toegepaste beschrijving van golfoverslag is het (golf)overslagdebiet. Dit debiet is een gemiddelde hoeveelheid water per meter dijk lengte over bijvoorbeeld een uur of over de piek van de storm. Het overslagdebiet wordt meestal uitgedrukt in ℓ/s per m (of m^2/s). Typische waarden die bij ontwerp en toetsing van dijken een rol spelen en hebben gespeeld, zijn 0,1; 1 en 10 ℓ/s per m.

Veel onderzoek is verricht naar golfoverslag bij verschillende typen waterkerende constructies en voor (Nederlandse) dijken samengevat in het Technisch Rapport Golfploop en Golfoverslag bij Dijken. Dit Technisch Rapport wordt in Nederland aanbevolen om golfoverslag in zowel toets- als ontwerpomstandigheden te berekenen. Vanaf 2007 tot 2014 heeft Rijkswaterstaat samen met Deltares, Infram, Alterra en Van der Meer Consulting B.V. verschillende dijken in Nederland fysiek getest door deze te belasten met simulatoren welke de hydraulische belasting (bijvoorbeeld golfploop en golfoverslag) kan nabootsen. Hierbij is de sterkte van de grasmat beproefd voor golfoverslag en golfploop, die bij combinaties van storm en een hoge waterstand kan optreden.

Elke dijk in Nederland kent zijn eigen toets- of ontwerpomstandigheden. Een golfhoogte van 2 m is karakteristiek voor dijken langs de Nederlandse kusten en estuaria. Voornamelijk bij rivierdijken kan het voorkomen dat de golfhoogte duidelijk kleiner is. Aanvankelijk zijn de golfoverslagproeven bij een vaste hydraulische conditie uitgevoerd: een significante golfhoogte van 2 m met een golfperiode van 5,7 s. In 2010 zijn proeven op een dijk verricht, waarbij golfcondities met een significante golfhoogte van 1 m, 2 m en 3 m zijn gesimuleerd. Elke proef met een constant overslagdebiet simuleerde een storm met een duur van 6 uur, behalve voor de allerkleinste debieten, die versneld zijn uitgevoerd. Achtereenvolgens zijn overslagdebieten gesimuleerd van 0,1; 1; 5; 10; 30; 50 en 75 ℓ/s per m.

Bij de proeven in Vlaanderen (Antwerpen - Tielrode) werd van een getij hoogwater op een rivier uitgegaan en was de proefduur per overslagdebiet maar 2 uur. Bij de laatste overslagproeven (2013-Nijmegen en Millingen) werd een kleine golfhoogte nagebootst, met veel kleine overslaande golven. Het grootste overslagdebiet was hier 200 ℓ/s per m.

Bij de golfploopprouwen in 2012 (pilot proef Tholen) en in 2014, werd uitgegaan van een significante golfhoogte van 2 m en een talud van 1V:4H. De proeven werden uitgevoerd met een "toenemende waterstand", waarbij de 2%-golfploop steeds hoger op de dijk kwam te liggen en soms virtueel ver daarboven, wat bij de proeven tot golfoverslag leidde.

Onderzocht is bij welk golfoverslag/golfploop het gras kapot ging, en wat daarbij de invloed was van objecten zoals bomen op het talud en wegen op de kruin/tussenberm. Het testen werd uitgevoerd met de golfoverslagsimulator en de golfplooppgenerator. Deze stroomde herhaaldelijk in één keer leeg, waardoor er grote golfkrachten op de dijk kwamen. Met de herhaalde golfvolumes, die op/over de dijk stroomden, werden de extreme situaties van een hoogwatersituatie gesimuleerd.

Dit hoofdstuk beschrijft de theoretische achtergronden van de overbelastingsmethode, i.e. een methode om de schade van grasbekledingen te kunnen bepalen gedurende een storm (Paragraaf 2.2). Paragraaf 2.3 geeft aandachtspunten ten aanzien van de sterkte van grasbekledingen (uitgedrukt in een kritieke stroomsnelheid) en paragraaf 2.4 verschaft een overzicht van de secundaire effecten bij overgangen van kruinwegen/onderhoudswegen/fietspaden.

2.2 Overbelastingsmethode

Voor het bepalen van de erosiebestendigheid van grasbekledingen op dijken is recentelijk de (cumulatieve) overbelastingsmethode ontwikkeld. Dit model bepaalt de schade op het binnen- en buitentalud, indien zowel de belasting van de overslaande/oplopende golven als functie van de tijd en de sterkte van de grasbekleding, uitgedrukt in een U_c (= kritieke stroomsnelheid), beide bekend zijn.

Op basis van de krachtenbalans kan de volgende vergelijking worden gegeven, i.e. overbelastingsmethode (Fig. 2.1)

$$\sum_{i=1}^N (U_i^2 - U_c^2) = D \quad \text{voor } U_i > U_c \quad (2.1)$$

waarin

D schadegetal (m^2/s^2)

U_i maximale dieptegemiddelde stroomsnelheid tijdens een overslaande golf op beschouwde locatie (m/s)

U_c kritieke stroomsnelheid (m/s)

N aantal overslaande golven tijdens beschouwde storm (-)



Figuur 2.1 Initiële schade, Schade op meerdere locaties en Falen van dijk; Schade en falen op het binnentalud als gevolg van golfoverslag

Elke golf geeft een bijdrage aan de schade/erosie mits de stroomsnelheid van de overslaande of oplopende golf (U_i) groter is dan de kritieke stroomsnelheid (U_c). Het schadegetal (D) bepaalt de mate van schade op het talud en varieert van 'geen/begin schade' tot 'falen van de

bekleding' en wordt na N golven tijdens de beschouwde stormconditie bepaald. Om de effecten van overgangen en obstakels en versnelling van de stroming op het binnentalud te verdisconteren is vergelijking (2.1) voor golfoverslag als volgt aangepast

$$\sum_{i=1}^N (\alpha_M (\alpha_a U_i)^2 - \alpha_s U_c^2) = D \quad \text{voor } \alpha_M (\alpha_a U_i)^2 > \alpha_s U_c^2 \quad (2.2)$$

waarin

- α_a versnellingsfactor, vertegenwoordigt de toename van de stroomsnelheid op het binnentalud (-)
- α_M belastingfactor, is afhankelijk van het type dijkmeubilair (-)
- α_s sterktefactor, geeft de sterkte van gras weer (bijv. bij een overgang) (-)

De eerste term aan de linkerkant van vgl. (2.2) is een maat voor de belasting. De tweede term vertegenwoordigt de sterkte. Vergelijking (2.2) representeert een hypothese, die recent met prototype experimenten is gevalideerd (Hoffmans 2014). In deze studie zijn de volgende schadegetallen (D) gehanteerd

- 'geen schade' $0 < D < 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- 'begin schade' $D = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- 'schade op meerdere plekken' $D = 4000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- 'falen van de bekleding' $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

Aangetoond is dat het model het meest betrouwbaar is voor het voorspellen van 'falen van de bekleding' en veel minder voor het voorspellen van 'begin van schade' en 'schade op meerdere plekken'. Hetzij opgemerkt dat het model voor golfoploop slechts voor één experiment is gevalideerd (Colijnsplaat/Zeelandbrug).

2.3 Kritieke stroomsnelheid

Tot nu toe is aangenomen, dat de kritieke stroomsnelheid als een constante sterkteparameter mag worden aangehouden. Deze aanname is correct voor een uniforme stroming, b.v. voor een spuiroom in een kanaal. Indien de stroming op het binnentalud van een dijk versnelt, dan neemt de turbulentie af. De (gemiddelde) kritieke bodemschuifspanning is kenmerkend voor de (gemiddelde) sterkte en is onafhankelijk van de locatie. Omdat de kritieke bodemschuifspanning een functie is van zowel de kritieke stroomsnelheid als de turbulentie/bodemruwheid (e.g. Hoffmans 2012), is U_c op het talud groter dan op de kruin, zie ook Hoofdstuk 3.

Indien de bodemturbulentie op het binnentalud varieert, dan is voor golfoverslag, fysisch gesproken, de kritieke stroomsnelheid geen adequate parameter om de sterkte van grasbekledingen te vergelijken. Feitelijk dient de kritieke bodemschuifspanning te worden gehanteerd. Omdat meer schades op het binnentalud optreden, neemt hoogstwaarschijnlijk de bodemschuifspanning op het talud toe. Het is aanbevelingswaardig om de toename van de stroomsnelheid en de afname van de turbulentie nader te onderzoeken.

Recentelijk is aangetoond, dat de kritieke stroomsnelheid met een grastrekproef kan worden bepaald gegeven de relatieve turbulentie-intensiteit (Bijlaard 2015). Gebruikmakend van eenvoudige rekenregels kan de (maximale) trekkracht naar een kritieke stroomsnelheid worden herleid.

2.4 Overgangen

Overgangen in grasbekledingen op primaire waterkeringen zijn onder invloed van hydraulische belastingen potentieel zwakke schakels. Van Steeg (2014, 2015a) maakt hierbij onderscheid tussen primaire en secundaire effecten. Het effect van overgangen wordt ingedeeld in primaire en secundaire effecten, die hieronder nader zijn toegelicht. Primaire effecten kunnen met engineering tools worden benaderd. Thans zijn voor het modelleren van secundaire effecten nog geen rekenregels.

De primaire effecten hebben betrekking op sterkte en belasting en zijn het directe gevolg van de aanwezigheid van bijvoorbeeld een overgang. De directe invloed op de sterkte komt doordat de graszode bij een overgang is onderbroken (aan een zijde is geen doorworteling). De directe invloed op de belasting wordt veroorzaakt door (i) een ruwheidsverschil tussen de bekleding aan beide zijden van de overgang (meer turbulentie), (ii) geometrische veranderingen zoals bij een berm of een teen wat leidt tot een zogenaamde jet of (iii) voorwerpen welke de stroming onderbreken wat leidt tot een andere krachtsverdeling.

Secundaire effecten zijn hier gedefinieerd als indirecte effecten van bijvoorbeeld een overgang op de bekleding. Hierbij kan worden gedacht aan onder andere

- Indirecte invloed op sterkte gras
 - o Beschadiging
 - Schapenpaden
 - Bandensporen
 - Rommel wat tijdens dagelijkse omstandigheden langs het gras schuurt (rondom de waterlijn)
 - o Lagere graskwaliteit langs de overgang
 - Slechter grasbeheer doordat maaimachines er niet bij kunnen
 - Minder doorworteling door teveel bemesting
 - Schapen (paden)
 - Hondenuitlaat
 - Minder zonlicht door schaduw
- Indirecte invloed op sterkte klei
 - o Andere kleisoort bij aanleg overgang (soms zelf zand in plaats van klei)
 - o Lagere dichtheid van klei doordat (maai)machines hier niet overheen kunnen rijden
- Indirecte invloed op belasting
 - o Zogenaamde 'plonsbelasting' bij grotere hoogteverschillen
 - o Lokaal sterkere stroming
 - Door geulvorming langs overgang
 - Schuine overgang verzamelt veel water → sterkere stroming

Met de golfklapgengenerator zijn negen verschillende overgangen getest, voor een overzicht van deze testen zie Van Steeg et al (2015). Uit de testen met de golfklapgengenerator blijkt dat bij vrijwel alle geteste overgangen er sprake was van zogenaamde secundaire effecten.

De secundaire effecten komen veelal voort uit een gebrekkig beheer, een gebrekkige mogelijkheid om beheer goed uit te kunnen voeren of een gebrekkige uitvoering van werken, die in de huidige praktijk op veel dijken de realiteit is. Deze secundaire effecten zijn voor een deel op te heffen door bij het ontwerp en de aanleg of verbetering van overgangen deze aspecten voldoende aandacht te geven.

3 Invloedsfactor

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is een verband tussen het overslagdebiet, q , en de belastingfactor, α_M , op basis van stuurlijsten afgeleid. Met dit verband kan de invloedsfactor, δ , worden bepaald voor de drie categorieën overgangen en objecten (zie bullet 1 uit het stappenplan paragraaf 1.4). Een stuurlijst bevat per gesimuleerde stormconditie de verdeling van overslaande golfvolumes. Hieruit kunnen de stroomsnelheid ter hoogte van de kruin, de maximale stroomsnelheid op het binnentalud, de kritieke stroomsnelheid en het schadegetal worden berekend, zie ook bijlage A waar een voorbeeld is toegevoegd. De afleiding is uitgevoerd voor een zee- en meerregime (Paragraaf 3.2) en voor een rivierregime (Paragraaf 3.3). Het hoofdstuk sluit af met een samenvattende tabel betreffende de invloedsfactoren voor drie scenario's (weinig invloed, matige invloed en veel invloed). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een zee- en rivierregime. Deze factor geeft de invloed weer van een belastingtoename en/of een sterkteafname als gevolg van het dijkmeubilair (Paragraaf 3.4).

3.2 Zee- en meerregime

Het "Achtergrondrapportage hydraulische belasting voor zee en estuaria" (zie ook Gautier, C., Groeneweg, J., 2012.) geeft informatie voor het beoordelen van primaire waterkeringen, te weten waterstanden (toetspeilen), golfhoogtes en golfperiodes ook wel de HR (= hydraulische randvoorwaarden). Deze gegevens hebben betrekking op de Westerschelde, de Oosterschelde, de Waddenkust, de Zeeuwse Noordzeekust en de Hollandse kust.

Tijdens maatgevende stormcondities varieert langs de Nederlandse kust de significante golfhoogte van 0 m (denk hierbij aan aflandige wind) tot 4 m. Aangezien de range van de golfhoogte relatief groot is, wordt eerst een gemiddeld zeeregime beschouwd. Aansluitend wordt ingegaan op een zwaar zeeregime en een rivierregime (Paragraaf 3.3). Voor het bepalen van het verband tussen het overslagdebiet en de belastingfactor zijn voor een gemiddeld zeeregime de volgende uitgangspunten gehanteerd

- significante golfhoogte is 2 m;
- golfperiode is 5,7 s;
- duur van golfoverslag is 6 uur;
- gemiddelde waarde voor versnellingsfactor is 1,3 (α_a ligt in de range van 1,0 tot 1,6);
- sterktefactor is 0,8 (categorie meest extreme overgang; α_s varieert van 0,8 tot 1,0);
- kritieke stroomsnelheid varieert van 6 m/s t/m 8 m/s;
- stuurlijst Boonweg/Tholen is toegepast;
- schade getal varieert van 2500 m²/s² tot 11200 m²/s².

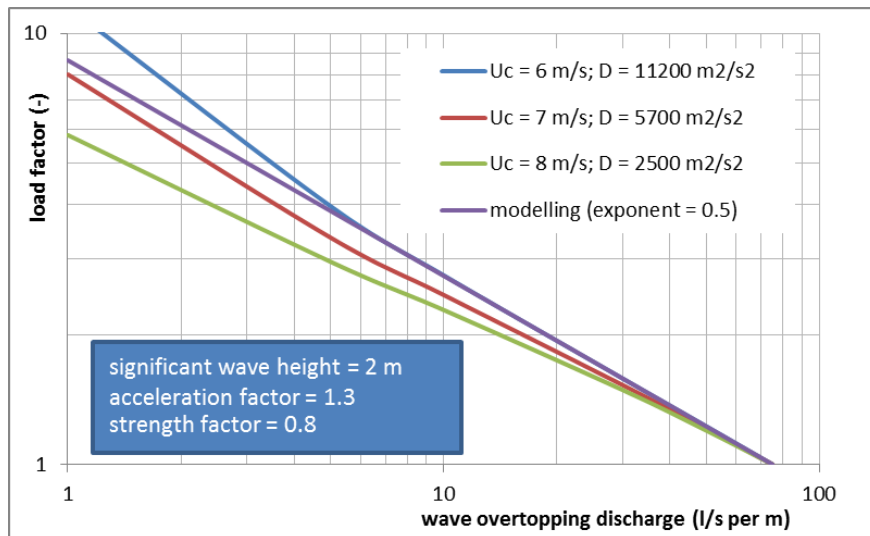
Een gemiddelde waarde voor de versnellingsfactor en een ongunstige sterktefactor zijn hier toegepast. De effecten hiervan op het kritieke overslagdebiet worden voor een onder- en een bovengrens later uiteengezet. Hier is het vertrekpunt een storm met een (gemiddeld) overslagdebiet van 75 ℓ/s per m en een belastingfactor van $\alpha_M = 1$. Aannemende dat de kritieke stroomsnelheid gelijk is aan $U_c = 6$ m/s, dan is het schadegetal $D = 11.200$ m²/s², zie ook Tabel 3.1. Wordt het overslagdebiet van 75 ℓ/s per m naar 50 ℓ/s per m verlaagd, dan moet de belastingfactor toenemen van 1,00 naar 1,23, om tot hetzelfde schadegetal D te komen. De golfcondities en de belastingduur blijven hetzelfde. Deze berekening is ook verricht voor $U_c = 7$ m/s en $U_c = 8$ m/s (zie ook Tabel 3.1). Indien hiervoor dezelfde uitgangspunten worden aangehouden, dan neemt bij een toename van U_c het schadegetal af.

Tabel 3.1 Berekeningsresultaten van de overbelastingsmethode (Stuurlijst Boonweg/Tholen)

$U_c = 6 \text{ m/s}$			$U_c = 7 \text{ m/s}$			$U_c = 8 \text{ m/s}$		
q	α_M	D	q	α_M	D	q	α_M	D
(l/s/m)	(-)	(m ² /s ²)	(l/s/m)	(-)	(m ² /s ²)	(l/s/m)	(-)	(m ² /s ²)
75	1,00	11187	75	1,00	5713	75	1,00	2508
50	1,23	11187	50	1,21	5713	50	1,20	2509
30	1,58	11185	30	1,53	5715	30	1,49	2507
10	2,75	11186	10	2,47	5715	10	2,28	2509
5	3,97	11186	5	3,36	5714	5	2,95	2510
1	11,53	11186	1	8,04	5715	1	5,81	2507

De exercitie is voor verschillende overslagdebieten uitgevoerd (Tabel 3.1 en Fig. 3.1). Het blijkt dat de evenredigheid tussen q en α_M benaderd kan worden door (heeft een theoretische achtergrond, maar is hier niet nader uitgewerkt)

$$\alpha_M \propto \frac{1}{q^{1/2}} \quad (3.1)$$



Figuur 3.1 Belastingfactor als functie van het overslagdebiet (Stuurlijst Boonweg/Tholen)

Omdat in deze studie uitsluitend het falen van de grasbekleding van belang is (de mechanismen “initiële schade” en “schade op meerdere plekken” worden hier niet beschouwd, zie ook Hoofdstuk 4, is het verband tussen belastingfactor en het kritieke (of toelaatbare) overslagdebiet

$$\frac{\alpha_{M,1}}{\alpha_{M,2}} = \delta^{1/2} = \left(\frac{q_{c,2}}{q_{c,1}} \right)^{1/2} \quad (3.2)$$

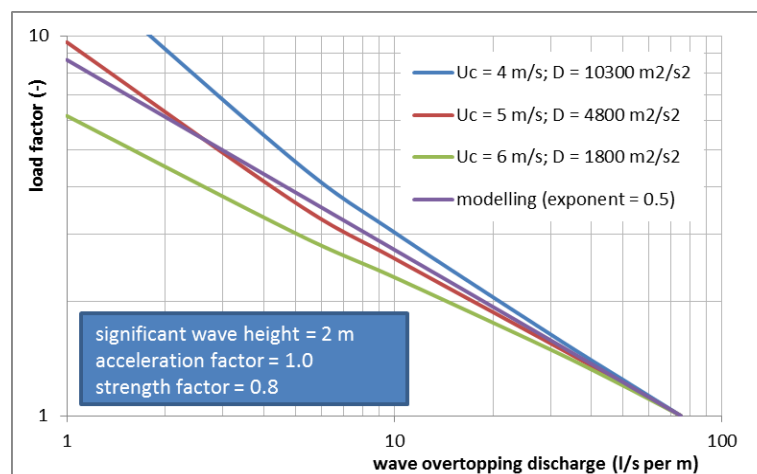
waarin

- $q_{c,1}$ kritieke overslagdebiet behorend bij belastingfactor $\alpha_{M,1}$ (m²/s)
- $q_{c,2}$ kritieke overslagdebiet behorend bij belastingfactor $\alpha_{M,2}$ (m²/s)
- δ invloedsfactor (-)

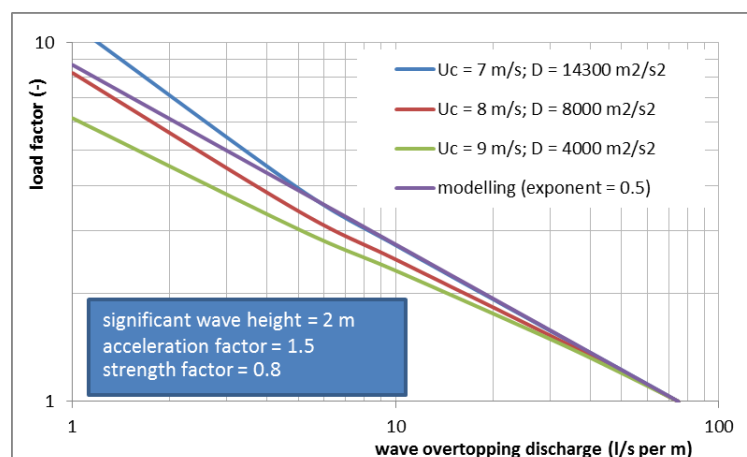
N.B. Indien het schadegetal gelijk is aan $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$, dan overschrijdt het overslagdebiet de kritische waarde. De kritische overslagdebieten (in vgl. 3.2) kunnen zowel gemiddelde waarden als rekenwaarden vertegenwoordigen. Met vgl. 3.2 kan nu het effect van het type dijkmeubilair (door de grootte van de belastingfactor) op het kritieke overslagdebiet worden benaderd, zie ook Paragraaf 3.4.

Figuur 3.1 toont het verband tussen de belastingfactor en het optredende overslagdebiet voor respectievelijk drie verschillende situaties en een modelrelatie (zie vgl. 3.2). De combinaties zijn $U_c = 6 \text{ m/s}$ en $D = 11200 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (blauwe lijn), $U_c = 7 \text{ m/s}$ en $D = 5700 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (rode lijn), $U_c = 8 \text{ m/s}$ en $D = 2800 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (groene lijn). Ofschoon er verschillen zijn tussen de drie krommes (groene lijn vertegenwoordigt "initiele schade - schade op meerdere plekken" en blauwe lijn representeert een hypothetisch geval, omdat $D > 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) geeft vgl. 3.2 een goede benadering voor het falen van de grasbekleding; vergelijk rode lijn ($D = 5700 \text{ m}^2/\text{s}^2 \approx 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) en paarse lijn ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) in Fig. 3.1.

Variatie van de versnellingsfactor van 1,0 tot 1,5 laat zien dat de exponent $\frac{1}{2}$ onafhankelijk is van de grootte van de versnellingsfactor (Fig. 3.2 en Fig. 3.3). Indien de versnellingsfactor varieert van 1,0 tot 1,5, dan blijft vgl. 3.2 voor het falen van de grasbekleding eveneens ongewijzigd, vergelijk de rode ($4500 \text{ m}^2/\text{s}^2 < D < 8000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) en paarse ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) lijnen in Fig. 3.2 en Fig. 3.3.



Figuur 3.2 Versnellingsfactor is 1,0 (zie ook Fig. 3.1)

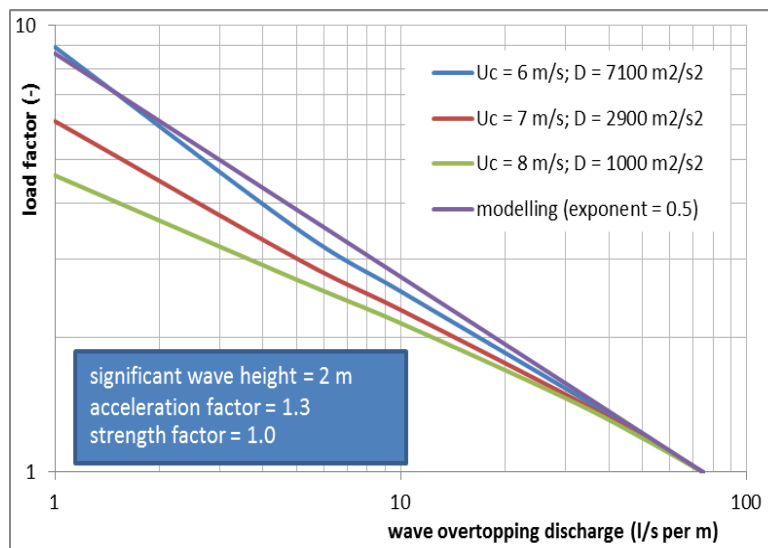


Figuur 3.3 Versnellingsfactor is 1,5 (zie ook Fig. 3.1)

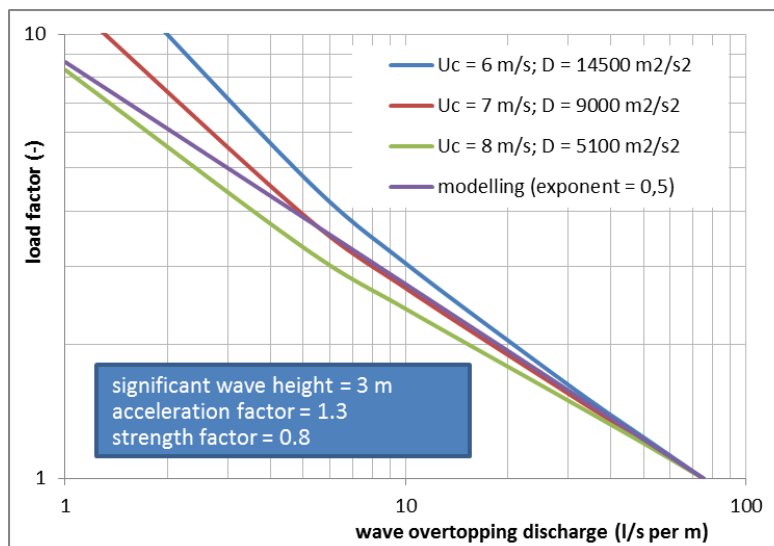
Voor het falen van de grasbekleding wordt opgemerkt, dat de kritieke stroomsnelheden op de kruin en op het talud achtereenvolgens zijn $U_c = 4,5$ m/s (Fig. 3.2; deze waarde is geïnterpoleerd tussen $U_c = 4,0$ m/s met $D = 10.300 \text{ m}^2/\text{s}^2$ en $U_c = 5,0$ m/s met $D = 4.800 \text{ m}^2/\text{s}^2$) en $U_c = 8,0$ m/s (Fig. 3.3); zie ook Hoofdstuk 2.

Wanneer de sterktefactor geen rol speelt (het is gelijk aan 1,0, zie Fig. 3.4), bijvoorbeeld bij een knik in het talud, geeft vgl. 3.2 ook een eenduidig verband tussen de belastingfactor en het kritieke overslagdebiet, vergelijk de blauwe ($D = 7100 \text{ m}^2/\text{s}^2$) en paarse ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) lijnen. Ofschoon er kleine verschillen zijn tussen een sterktefactor van 0,8 en 1,0 (vergelijk Fig 3.1 en Fig. 3.4), kan tot op zekere hoogte een verlaging van de sterktefactor door een verhoging van de belastingfactor worden nagebootst.

Wordt een zwaar zeeregime beschouwd met een golfhoogte van 3 m, dan geldt dezelfde relatie tussen de belastingfactor en het kritieke overslagdebiet (zie ook vgl. 3.2 en Fig. 3.5, vergelijk de groene ($D = 5100 \text{ m}^2/\text{s}^2$) en paarse ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) lijnen).



Figuur 3.4 Sterktefactor is 1,0 (zie ook Fig. 3.1)



Figuur 3.5 Golfhoogte is 3 m (zie ook Fig. 3.1 Stuurlijst Vechtdijk)

Voorbeeld: Aannemende dat de belastingfactor van 1,0 ($\alpha_{M,1} = 1,0$) naar 1,2 ($\alpha_{M,2} = 1,2$) toeneemt, dan neemt het kritieke overslagdebiet (bij gemiddeld falen) met ongeveer een factor 0,69 af, dus toepassing van vgl. 3.2 geeft $\delta = q_{c,2}/q_{c,1} = 0,69$. In het extreme geval, i.e., voor $\alpha_{M,1}/\alpha_{M,2} = 1/2$ kan het kritieke overslagdebiet zelfs met 75% dalen (invloedsfactor is 0,25).

Samenvattend betekent dit, dat er voor een zee- en meerregime een eenduidige relatie bestaat tussen enerzijds een toename van de belastingfactor en anderzijds een afname van het kritieke overslagdebiet, zie vgl. 3.2.

3.3 Rivierregime

In het rivierengebied is de golfhoogte ook afhankelijk van de waterstand, windsnelheid, strijklengte en de stormduur. Echter de maatgevende golven zijn kleiner. Voor het bepalen van het verband tussen het kritieke overslagdebiet en de belastingfactor zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd

- significante golfhoogte is 1 m;
- versnellingsfactor is 1,3;
- duur van overslag is 6 uur;
- sterktefactor is 0,8;
- stuurlijst Nijmegen/Millingen aan de Rijn is toegepast;
- kritieke stroomsnelheid varieert van 5 m/s t/m 7 m/s;
- schadegetal varieert van 800 m²/s² tot 17000 m²/s².

Drie situaties zijn gesimuleerd (zie Tabel 3.2) met elk een verschillende waarde voor de kritieke stroomsnelheid, te weten $U_c = 5$ m/s, $U_c = 6$ m/s en $U_c = 7$ m/s. In de analyse is het vertrekpunt telkens een overslagdebiet van 100 l/s per m en een belastingfactor van 1. Figuur 3.6 toont aan, dat de belastingfactor moet toenemen, bij een afnemend kritieke overslagdebiet om op hetzelfde schadegetal te komen, gegeven de sterkte van gras (uitgedrukt in een kritieke stroomsnelheid).

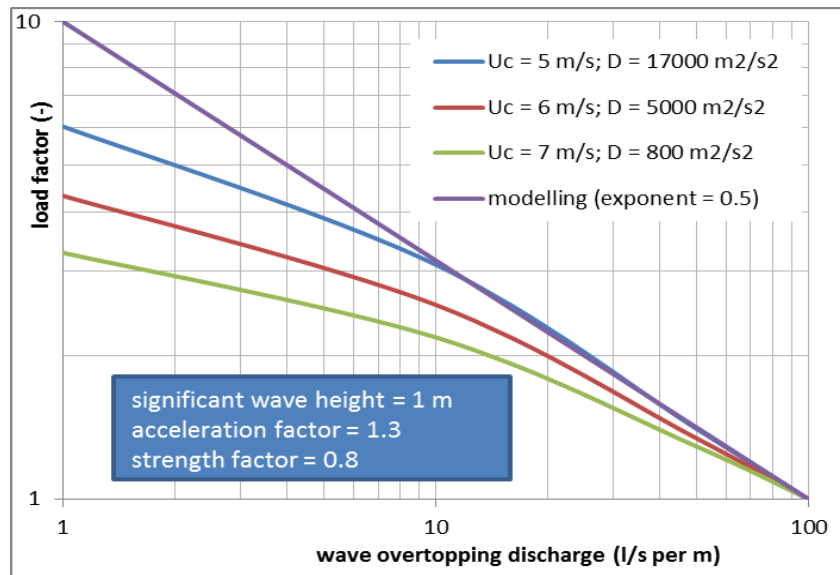
Tabel 3.2 Berekeningsresultaten van de overbelastingsmethode (Stuurlijst Nijmegen)

$U_c = 5$ m/s			$U_c = 6$ m/s			$U_c = 7$ m/s		
q	α_M	D	q	α_M	D	q	α_M	D
(l/s/m)	(–)	(m ² /s ²)	(l/s/m)	(–)	(m ² /s ²)	(l/s/m)	(–)	(m ² /s ²)
100	1,00	16919	100	1,00	5033	100	1,00	808
50	1,41	16917	50	1,34	5031	50	1,29	807
10	3,10	16920	10	2,55	5030	10	2,18	807
1	6,03	16919	1	4,32	5035	1	3,28	807

Voor veel golfoverslag ($q > 10$ l/s per m) is de relatie tussen het kritieke overslagdebiet en de belastingfactor hetzelfde als voor een zee- en meerregime, zie vgl. 3.2. Echter voor weinig golfoverslag ($q \leq 10$ l/s per m) kan dit verband het beste worden beschreven door, zie ook Fig. 3.6

$$\frac{\alpha_{M,1}}{\alpha_{M,2}} = \delta^{1/3} = \left(\frac{q_{c,2}}{q_{c,1}} \right)^{1/3} \quad \text{voor } q_c \leq 10 \text{ l/s per m} \quad (3.3)$$

Hieruit volgt dat het kritieke overslagdebiet afneemt met een factor 0,58, indien de belastingfactor van 1,0 naar 1,2 toeneemt. In het uiterste geval, wanneer de belastingfactor van 1,0 naar 2,0 toeneemt, kan het kritieke overslagdebiet zelfs reduceren tot 13%.



Figuur 3.6 Belastingfactor als functie van het overslagdebiet (stuurlijst Nijmegen)

3.4 Classificatie dijkmeubilair

Deze analyse laat zien, dat er een pragmatisch verband is tussen de belastingfactor enerzijds en het kritieke overslagdebiet anderzijds. Indien de belastingfactor toeneemt, dan neemt het kritieke overslagdebiet af. De afname van de sterktefactor komt overeen met een toename van de belastingfactor. Hoewel deze relatie hier niet is bepaald, wordt in de invloedsfactor wel rekening gehouden met een verlaging van de sterktefactor, zie Tabel 3.3.

Voor relatief hoge overslagdebieten is de relatie tussen belastingfactor en kritieke overslagdebiet voor zee- en rivierregimes hetzelfde. Voor een rivierregime met lage kritieke overslagdebieten (kleiner dan 10 l/s per m) en lage golfhoogtes (kleiner dan 1 m) zijn de verschillen tussen het kritieke overslagdebiet en de belastingfactor het grootst. In deze studie wordt een drietal categorieën dijkmeubilair onderscheiden, waar de grootte van de invloedsfactor met bovengenoemde relaties is bepaald, zie Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Invloedsfactoren voor dijkmeubilair (zie ook vgl 3.2 en vgl. 3.3)

Regime	Invloedsfactor (δ) voor type dijkmeubilair		
	Voorbeeld geometrische overgang (Fig. 3.7)	Voorbeeld boom (Fig. 3.8)	Voorbeeld onderhoudsweg (Fig. 3.9)
	Weinig invloed; ($\alpha_M = 1.2$ en $\alpha_S = 1$)	Matige invloed; ($\alpha_M = 1.5$ en $\alpha_S = 0.9$)	Veel invloed; ($\alpha_M = 2$ en $\alpha_S = 0.8$)
Zeeregime $1 \text{ m} < H_s < 3 \text{ m}$	0,8	0,5	0,2
Rivierregime $0 \text{ m} < H_s < 1 \text{ m}$	0,6	0,3	0,1



Figuur 3.7 Geometrische overgang (weinig invloed)



Figuur 3.8 Boom op binnentalud (matige invloed)



Figuur 3.9 Polderweg op kruin van dijk (veel invloed)

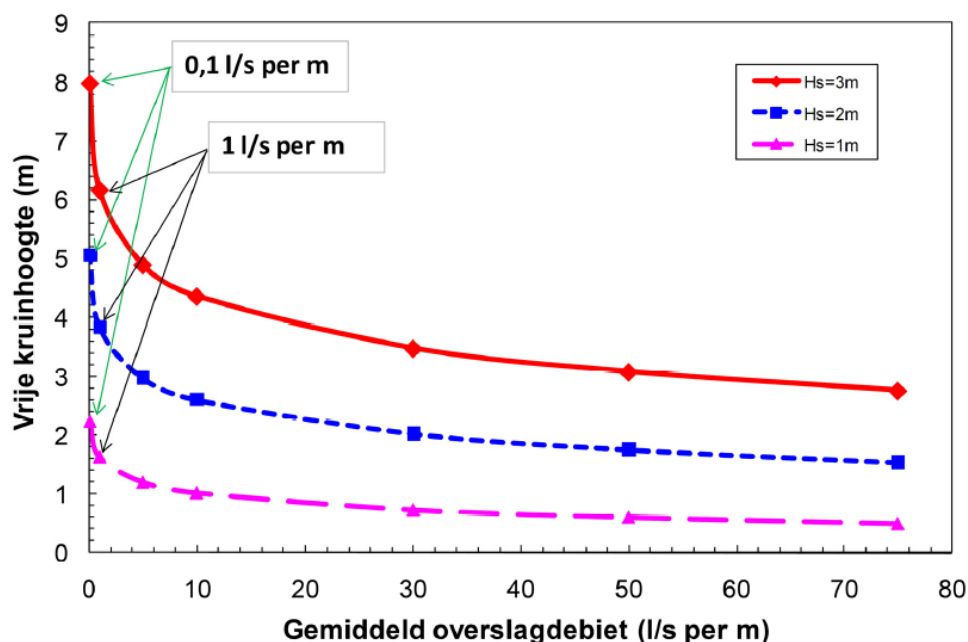
4 Onzekerheden faalmechanisme erosie

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft beknopt de state-of-the-art betreffende de onzekerheden van het faalmechanisme erosie door overloop/golfoverslag, zie ook RWS et al 2013 (Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014). Paragraaf 4.2 gaat in op de belasting op/over de dijk. In Paragraaf 4.3 worden de veilige waarden van het kritieke overslagdebiet besproken. Aansluitend wordt de definitie van de rekenwaarde gegeven (Paragraaf 4.4). Paragraaf 4.5 geeft een beschrijving van het falen van het talud. Indien de faalkans kleiner is dan de faalkanseis dan wordt voldaan aan de norm (zie ook Hoofdstuk 6 waar voor enkele dijkvakken deze beoordeling is uitgevoerd).

4.2 Belasting

De belasting op/over de dijk wordt traditioneel in een gemiddeld overslagdebiet uitgedrukt. Feitelijk wordt deze belasting bepaald door aangrijpende krachten of spanningen op het oppervlak van het buitentalud/kruin/binnentalud. Het gemiddelde overslagdebiet wordt voornamelijk bepaald door de vrije kruinhoogte (verschil tussen kruinhoogte en maatgevende waterstand) en de significante golfhoogte. Indien de vrije kruinhoogte afneemt en indien de significante golfhoogte toeneemt, dan neemt het gemiddelde overslagdebiet toe, zie Fig. 4.1 voor de relatie tussen deze parameters.



Figuur 4.1 Vrije kruinhoogte als functie van het overslagdebiet voor drie verschillende golfhoogtes

4.3 Veilige waarden voor de “sterkte”

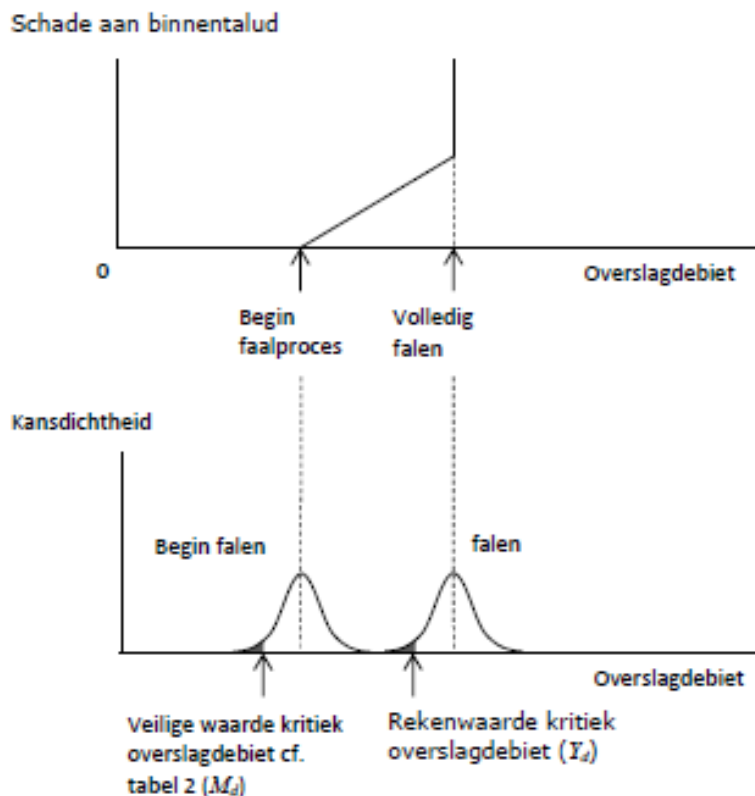
Tabel 4.1 geeft een overzicht van ‘veilige waarden’, die in de huidige Technische Rapporten (zie ook RWS et al 2013) worden genoemd. De term ‘veilige waarden’ is hier bewust gekozen, aangezien het hier niet gaat over rekenwaarden (zie paragraaf 4.4), zoals dat bij een semi-probabilistisch voorschrift gebruikelijk is. Het betreft hier waarden, waarbij schade aan de bekleding onwaarschijnlijk is en falen praktisch is uitgesloten.

De relatie tussen de veilige waarden uit Tabel 4.1 (RWS, 2012) en het optreden van schade aan het binnentalud is schematisch weergegeven in Fig. 4.2. De veilige waarden uit Tabel 4.1 hebben betrekking op 'initiële schade', i.e., een andere grenstoestand, die bij een toetsing/ontwerp op basis van faalkanseisen zou moeten worden beoordeeld (volledig falen).

Opgemerkt wordt dat de grootte van het schadegetallen behorend bij drie definities van schade (initiële schade, schade op meerdere plekken en falen) gewijzigd zijn, zie ook Hoofdstuk 2). Het kritieke overslagdebiet van 5 ℓ/s per m is gebaseerd op een significante golfhoogte van 3 m en een schadegetal van $D = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Dit betreft een veilige waarde ten opzichte van falen $D = 3.500 \text{ m}^2/\text{s}^2$.

Tabel 4.1 Veilige waarden van het gemiddelde kritische overslagdebiet (Bron: RWS 2012; Handreiking voor de verlengde derde toetsronde)

Gemiddeld kritieke overslagdebiet (ℓ/s per m)	Aanvullende eisen aan het binnentalud
0,1	Geen
1	Gesloten zode of open zode op kleilaagdikte van minimaal 0,4 m Controle op afschuiving verplicht
5	Gesloten zode Significante golfhoogte kleiner dan 3 m Kleilaagdikte minstens 0,4 m of taludhelling flauwer dan 1V:4H Grootte van objecten (of beschadigingen) kleiner dan 0,15 m Controle op afschuiving bekleding en binnentalud verplicht



Figuur 4.2 Schematische weergave over het verschil 'begin falen' en 'falen'. De kans op falen bij overschrijding van de veilige waarden is praktisch nul, zie ook Tabel 4.1 (bron: RWS et al 2013)

4.4 Rekenwaarden voor de “sterkte”

De rekenwaarde van een materiaalsterkte (b.v. de sterkte van grasbekledingen uitgedrukt in een kritieke bodemschuifspanning) is de karakteristieke sterkte van dat materiaal gedeeld door een partiële veiligheidsfactor (groter dan één). Deze factor houdt onder meer rekening met het feit dat de sterkte een lagere waarde kan aannemen, dan de karakteristieke waarde (aangenomen 95%). Bij de toetsing/ontwerp wordt de kans op overschrijding van een bepaalde rekenwaarde van het kritieke overslagdebiet beschouwd, Fig. 4.2.

4.5 Falen binnentalud

In de probabilistische som wordt gerekend met de kansverdeling van het kritieke overslagdebiet ofwel met de kansen op falen gegeven bepaalde hoeveelheden overslag. In het extreme geval, indien de golfhoogte nihil is, dan verschilt de kans op meer dan 1 ℓ/s per m overslag nauwelijks van de kans op (meer dan) 100 ℓ/s per m overslag. In dat geval is de kans op falen vrijwel onafhankelijk van de precieze kansverdeling van het kritieke overslagdebiet (zie ook Hoofdstuk 6). Alleen wanneer de golven ‘er veel toe doen’ is deze kansverdeling sterk van invloed op de faalkans (of op de vereiste vrije kruinhoogte om een voldoende kleine faalkans te bewerkstelligen).

“Het” kritieke overslagdebiet is dus onbekend. Het type probabilistische berekening, dat met PC-Ring is uitgevoerd levert niet alleen een faalkans op, maar geeft ook aan wat (populair gezegd) de meest waarschijnlijke waarden van de onzekere grootheden zijn bij het falen van de kering (ontwerppunt). Het overslagdebiet in het ontwerppunt is dus het meest waarschijnlijke overslagdebiet bij falen. Er kunnen echter ook andere combinaties van waterstanden en golfhoogtes zijn, die tot falen kunnen leiden (de kansen van al die combinaties samen is de faalkans). Ook een faalkansberekening levert dus niet “het” kritieke overslagdebiet op.

In Hoofdstuk 6 zijn voor een aantal dijkvakken de berekende faalkansen met dijkmeubilair vergeleken met de faalkanseis per doosnede (dijkvak). De faalkanseis kan als volgt worden afgeleid van de maximaal toelaatbare overstromingskans (toetsing/ontwerpeis) (RWS et al 2013)

$$P_{eis} = P_{norm} \cdot \omega \quad (4.1)$$

waarin

P_{eis} faalkanseis (-)

P_{norm} dijktrajectnorm (-)

ω (= 0,24 is defaultwaarde) faalkansruimtefactor voor overloop en golfoverslag

Bij de toetsing/ontwerp worden doorsneden (dijkvakken) normaal gesproken afzonderlijk beoordeeld. Een eis voor een individuele doorsnede kan als volgt worden weergegeven. De doorsnede-eis moet zodanig worden geformuleerd dat aan de eis op trajectniveau wordt voldaan, indien elke doorsnede aan de doorsnede-eis voldoet

$$P_i < P_{eis,i} = \frac{P_{eis}}{N} \quad (4.2)$$

waarin

N maat voor het lengte-effect, varieert van 1 tot en met 3 (-)

P_i faalkans per doorsnede

$P_{eis,i}$ faalkanseis per doorsnede i

|

5 Kansverdeling van het kritieke overslagdebiet

5.1 Inleiding

De overslagproeven, die in de afgelopen jaren zijn uitgevoerd, waarbij de bekleding tot falen is belast, hebben inzicht gegeven in de waarschijnlijkheid van het falen van het binnentalud bij bepaalde overslagdebieten, afhankelijk van de golfcondities en de graskwaliteit.

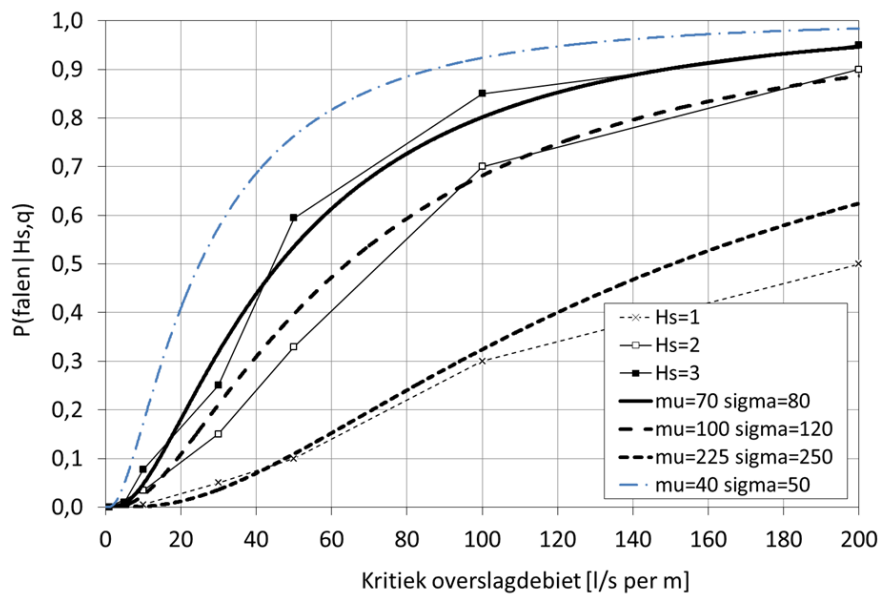
Op basis hiervan en enkele verkennende berekeningen met de overbelastingmethode, zijn schattingen gemaakt van de faalkansen van taluds met een gesloten zode, als functie van het overslagdebiet, voor verschillende significante golfhoogtes en voor verschillende kwaliteiten (gesloten/open zode), voor meer informatie zie RWS et al 2013. Deze kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet worden besproken zonder dijkmeubilair (Paragraaf 5.2) en met dijkmeubilair (Paragraaf 5.3).

5.2 Zonder dijkmeubilair

Met PC-Ring zijn voor verschillende locaties (Fig. 5.1) berekeningen gemaakt van de kans op overschrijding van het kritieke overslagdebiet. Deze berekeningen hebben ten eerste inzicht verschaft in de relatie tussen het kritieke overslagdebiet en de kans op overschrijding daarvan. Op basis van expert judgement zijn lognormale verdelingen gefit ter benadering (Fig. 5.2). In Fig. 5.2 is ook een extra lognormale verdeling weergegeven, die betrekking heeft op een open zode bij een golfhoogte van 3 m.



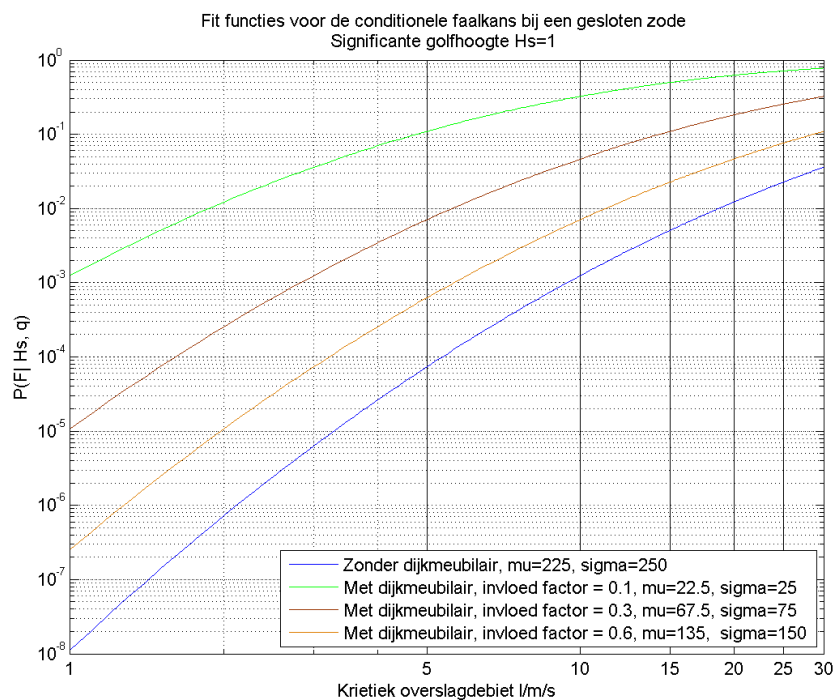
Figuur 5.1 Overzicht beschouwde locaties



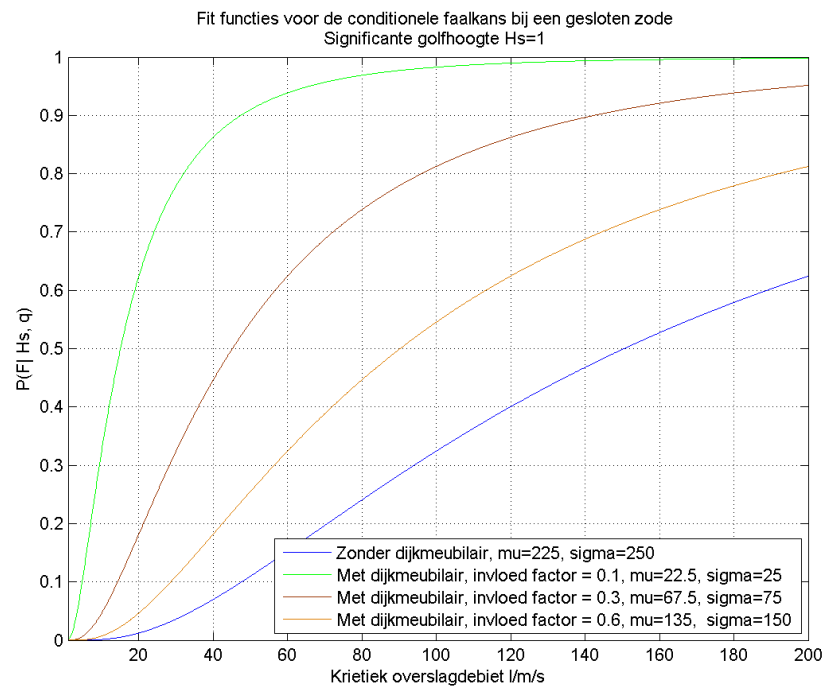
Figuur 5.2 De kansverdeling van het kritieke overslagdebiet voor verschillende significante golfhoogtes inclusief fit-functies (lognormale functies) (bron: RWS et al 2013)

5.3 Met dijkmeubilair

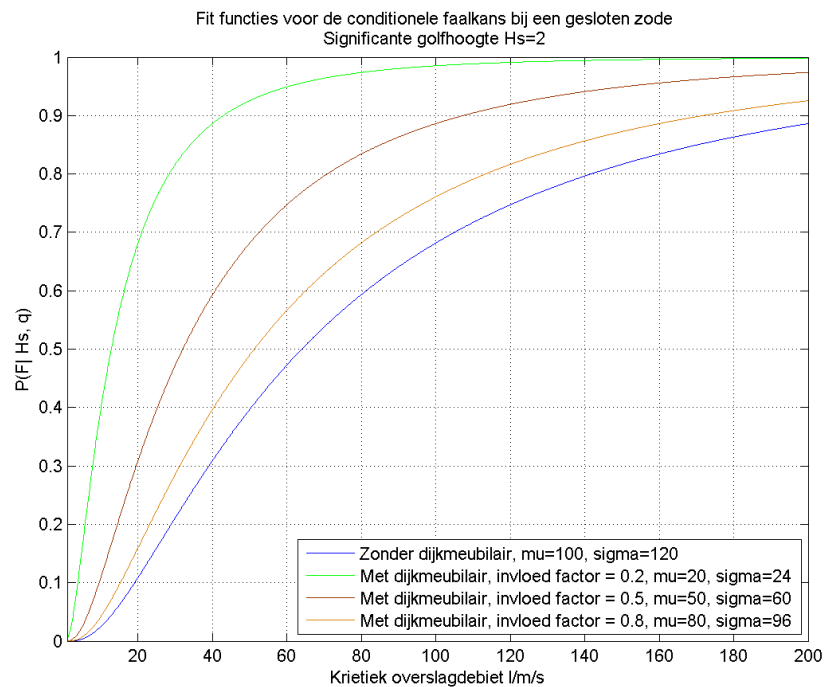
In Hoofdstuk 3 is voor een drietal typen dijkmeubilair de invloedsfactor benaderd voor zowel een zeeregime als een rivierregime. Figuur 5.3 toont de kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet voor verschillende invloedsfactoren ($\delta = 0,1; 0,3, 0,6$ en $1,0$) gegeven een significante golfhoogte van 1 m. Figuur 5.4 geeft deze kansverdelingen voor een gemiddeld zeeregime.



Figuur 5.3a Lognormale functies/kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet voor significante golfhoogte van 1 m, voor gesloten zode, zie ook Fig. 5.2 (bron: RWS et al 2013)



Figuur 5.3b De kansverdeling van het kritieke overslagdebiet met en zonder dijkmeubilair (invloedsfactor is 0,1; 0,3 en 0,6; significante golfhoogte is 1 m)



Figuur 5.4 De kansverdeling van het kritieke overslagdebiet met en zonder dijkmeubilair (invloedsfactor is 0,2, 0,5 en 0,8; significante golfhoogte is 2 m)

Voorbeeld 1: Beschouw een boom op een rivierdijk. In het ontwerppunt is het kritieke overslagdebiet (met dijkmeubilair) gelijk aan 5 ℓ/s per m. Wat is het meest waarschijnlijke kritieke overslagdebiet zonder dijkmeubilair? De invloedsfactor voor een boom bedraagt voor een rivierregime 0,3 (zie Tabel 3.3). Dus het kritieke overslagdebiet zonder dijkmeubilair neemt toe van 5 ℓ/s per m naar ongeveer 17 ($= 5/0,3$) ℓ/s per m, zie ook Fig. 5.3a.

N.B. De verticale as in Fig. 5.3 vertegenwoordigt geen faalkans overloop/overslag, maar de conditionele faalkans gegeven de significante golfhoogte en gegeven de graskwaliteit (gesloten of open graszode). De faalkans wordt in PC-Ring volledig probabilistisch bepaald (zie Hoofdstuk 6).

Voorbeeld 2: Een zee- of meerdijk wordt beschouwd. Zonder dijkmeubilair is het meest waarschijnlijke overslagdebiet gelijk aan 50 ℓ/s per m (i.e. in ontwerppunt). Wat is het bijbehorende kritieke overslagdebiet, indien naast de dijk een fietspad ligt? De invloedsfactor voor een overgang is voor een zeeregime 0,2 (zie Tabel 3.3). Daarom neemt het kritieke overslagdebiet af van 50 ℓ/s per m naar 10 ($= 50 \times 0,2$) ℓ/s per m, zie Fig. 5.4.

6 Faalkansen overloop/overslag

6.1 Inleiding

Met het programma PC-Ring wordt de overstromingskans van een dijkkring berekend, die bestaat uit een aantal dijkvakken, duinraaien en/of kunstwerken, waarbij bezwijken kan optreden door verschillende mechanismen, te weten overloop/overslag; afschuiven; opdrukken en piping; beschadiging bekleding en erosie dijklichaam; piping bij kunstwerken; niet-sluiten van kunstwerken en duinafslag, voor meer informatie over PC-Ring zie Theorie-handleiding PC-Ring.

Dit hoofdstuk bespreekt de berekeningsresultaten van PC-Ring voor verschillende dijkvakken in Nederland. Speciale aandacht gaat uit naar de verschillen in faalkansen overloop/overslag tussen dijken met en zonder dijkmeubilair. Dus de overige faalmechanismen worden hier niet beschouwd (Paragraaf 6.2).

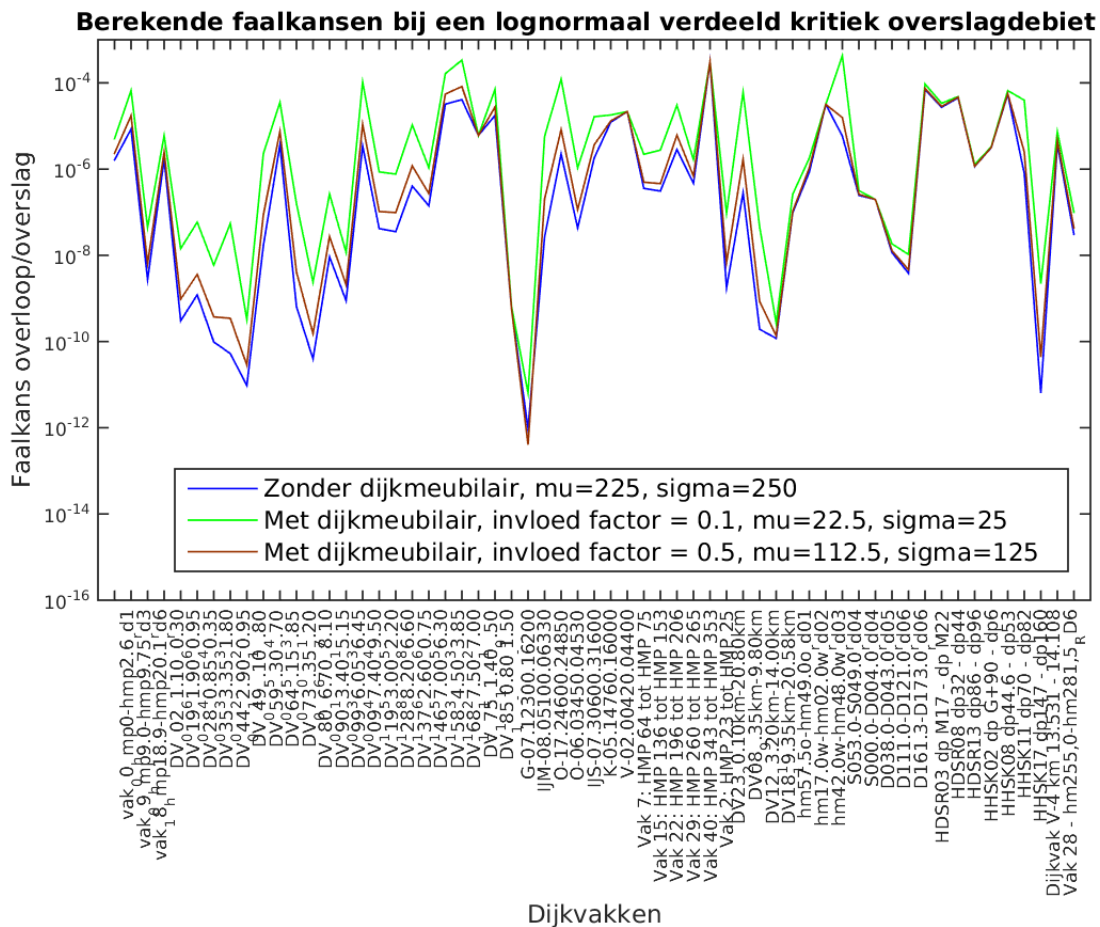
Voor een aantal dijkvakken is onderzocht of de toename van de faalkans overloop/overslag met dijkmeubilair ook leidt tot afkeuren (Paragraaf 6.3). Indien er veel marge in de veiligheid van een grasbekleding zit, dan kan de invloed van dijkmeubilair klein zijn. De faalkans neemt wellicht toe, maar het blijft dan onder de norm.

6.2 Berekeningsresultaten

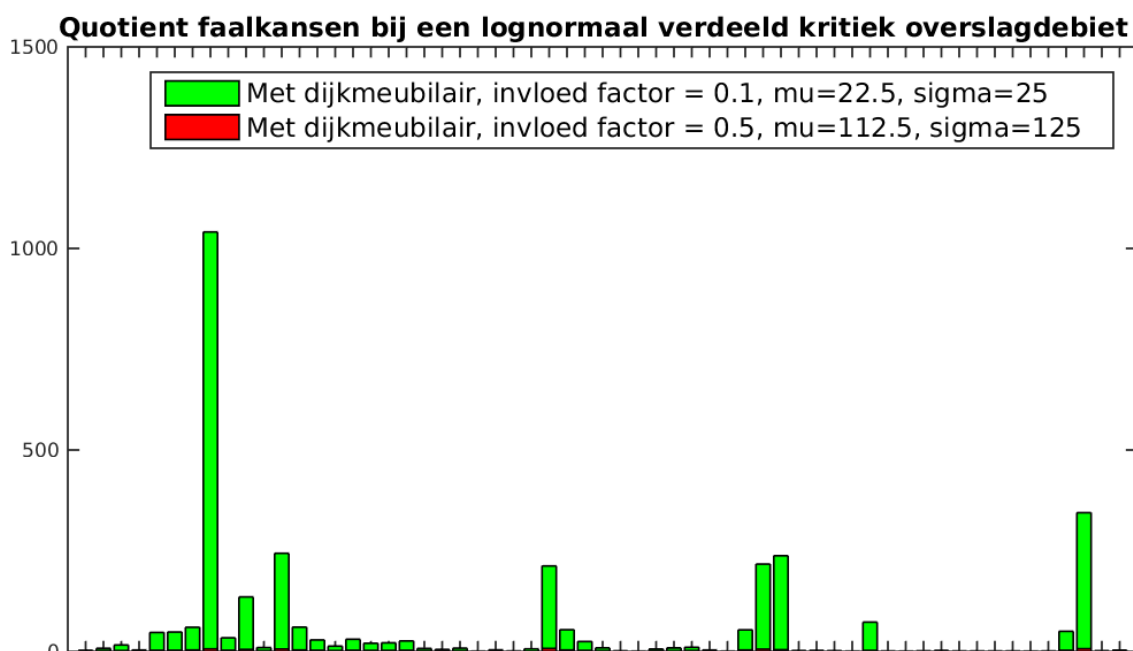
De PC-Ring resultaten moeten beschouwd worden qua kansen op het kritieke overslagdebiet (gespecificeerd als kansverdelingen, als input voor de probabilistische berekeningen). Het type probabilistische berekening, dat is uitgevoerd levert niet alleen een faalkans op, maar het geeft ook de meest waarschijnlijke waarden van de onzekere grootheden bij het falen van de kering (i.e. in het ontwerppunt). Dus, het overslagdebiet in het ontwerppunt is het meest waarschijnlijke overslagdebiet bij falen. Een faalkansberekening levert dus niet “het” kritieke overslagdebiet op (zie ook Hoofdstuk 4).

Voor een betere visualisatie zijn de berekeningsresultaten hier in twee delen opgedeeld. Figuur 6.1 geeft een overzicht van de berekende faalkansen overloop/overslag voor verschillende dijkvakken in Nederland. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen dijken met en zonder dijkmeubilair. Voor dijken zonder dijkmeubilair zijn de berekeningen gebaseerd op een kansverdeling, waarvoor geldt $\mu = 225$ en $\sigma = 250$. Voor dijken met dijkmeubilair zijn twee waarden voor de invloedsfactor gekozen. Voor $\delta = 0,1$ (meest ongunstige waarde) geldt: $\mu = 22,5$ en $\sigma = 25$ en voor $\delta = 0,5$ geldt: $\mu = 112,5$ en $\sigma = 125$. Dus voor de berekening is één kansverdeling van het kritieke overslagdebiet toegepast met twee verschillende invloedsfactoren.

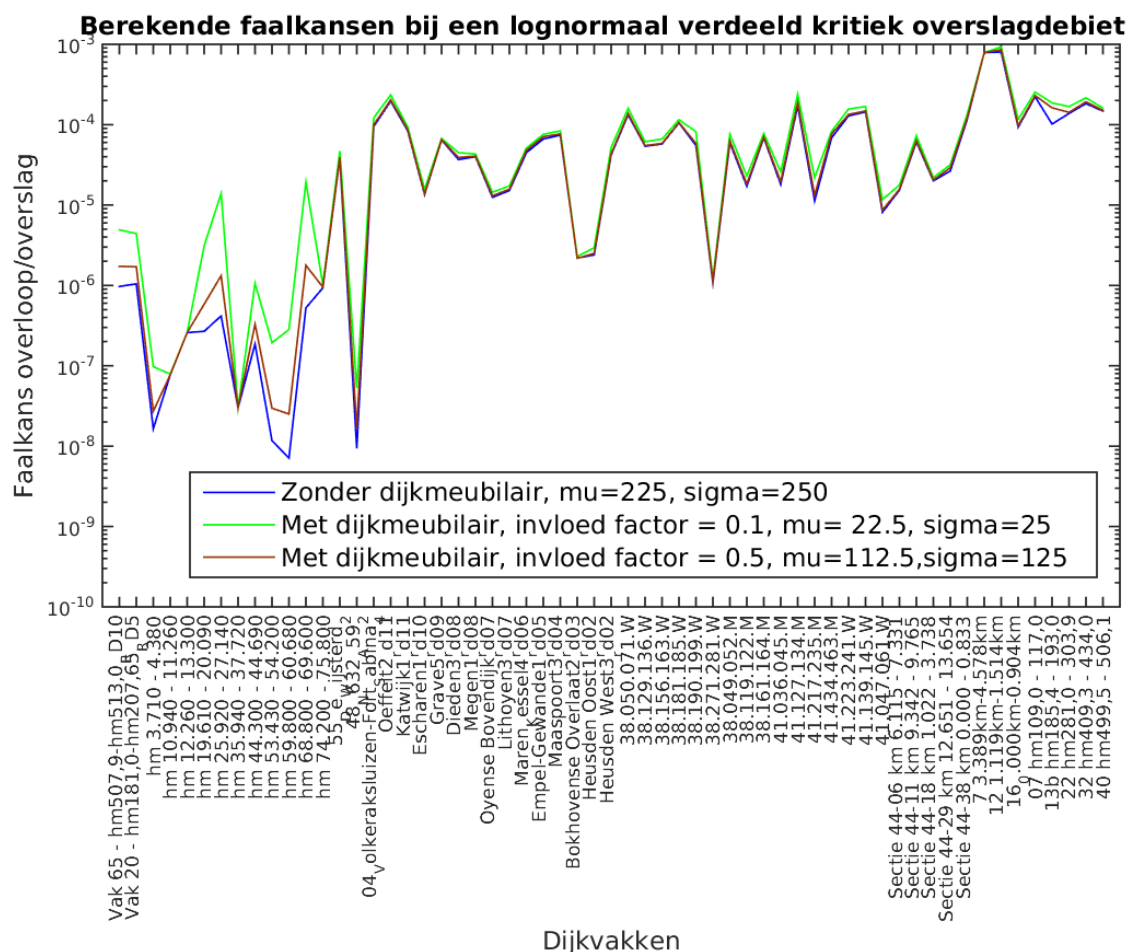
Figuren 6.2a en 6.2b tonen de verhoudingen tussen de faalkansen met en zonder dijkmeubilair. Bovengenoemde faalkansen zijn afhankelijk van de geografische ligging. Figuur 6.3 laat duidelijk zien, dat langs de kust, in het benedenrivierengebied en voor de Waddenzeedijken de gevolgen van dijkmeubilair het grootst zijn door golfoverslag, zie ook Tabel 6.1. Voor dijken waarbij golven niet dominant zijn, is de invloed klein, omdat de kans op falen nagenoeg onafhankelijk is van de kansverdeling van het kritieke overslagdebiet.



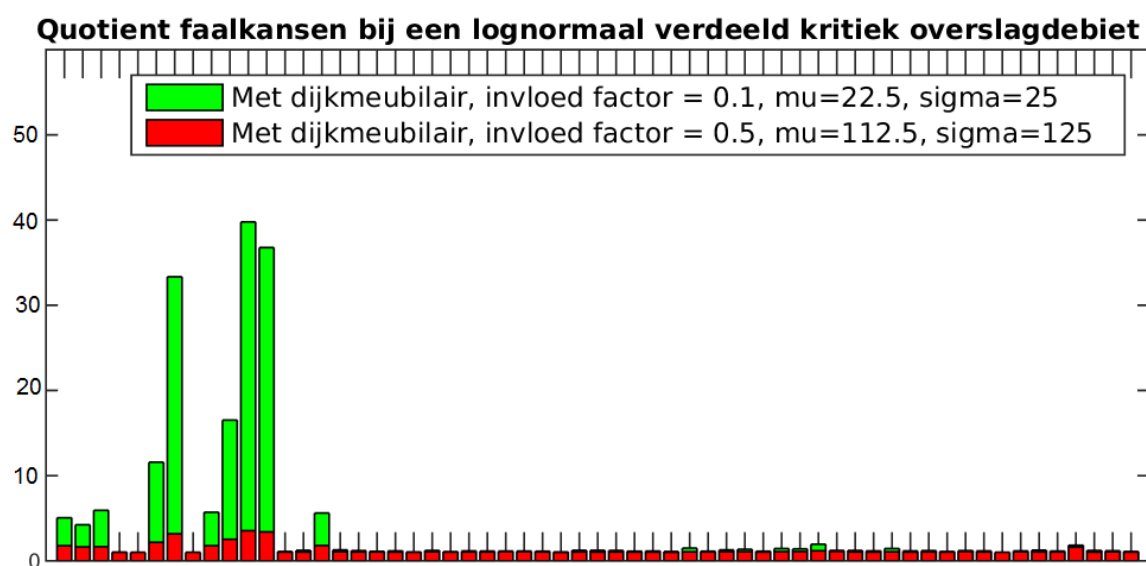
Figuur 6.1a Berekende faalkansen bij gefitte lognormale verdelingen van het kritieke overslagdebiet op logaritmische schaal (referentie, invloedsfactoren gelijk aan 0.1 en 0.5)



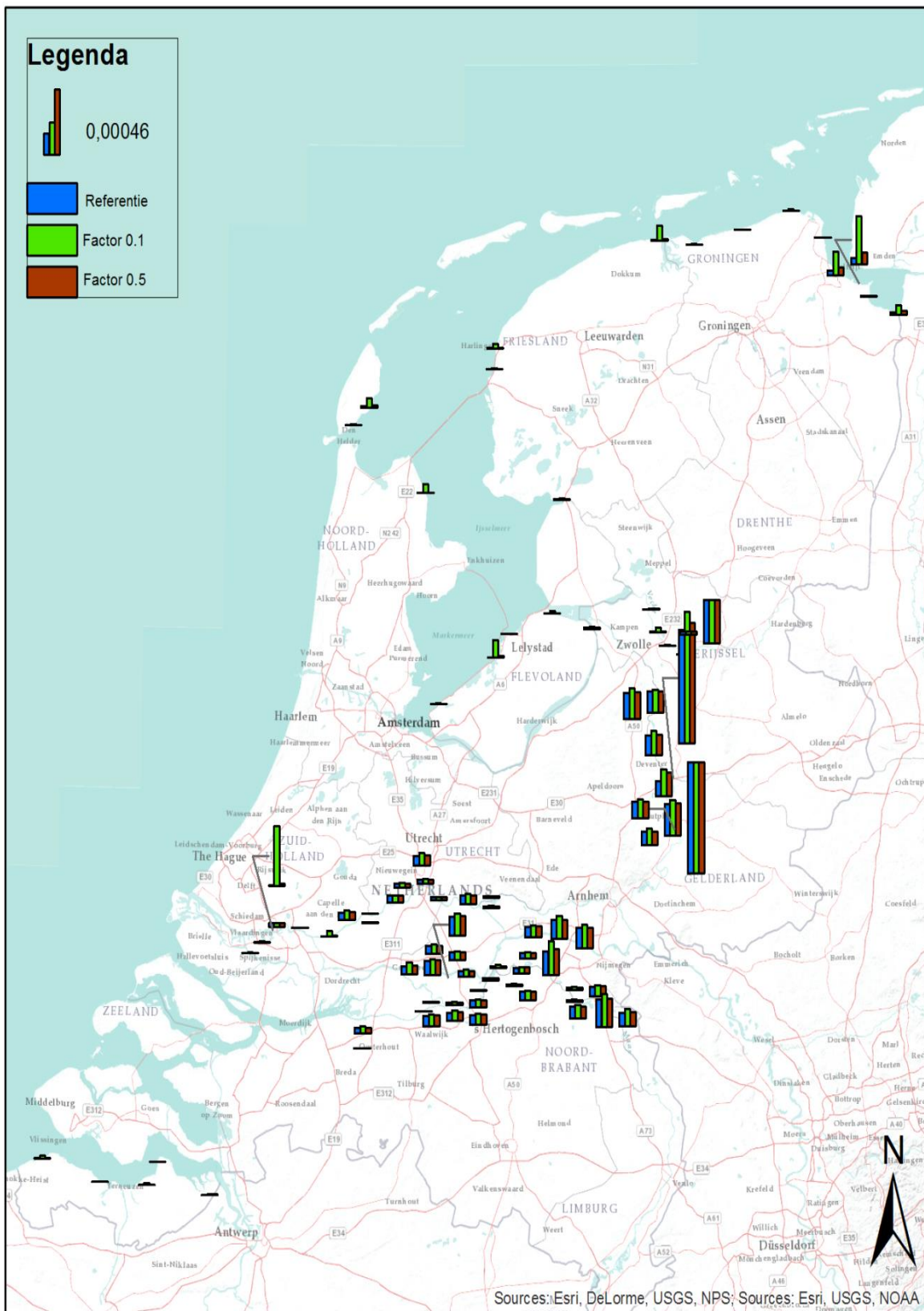
Figuur 6.2a Quotiënt van de berekende faalkansen, ten opzichte van referentie, voor invloedsfactoren gelijk aan 0.1 en 0.5



Figuur 6.1b Berekende faalkansen bij gefitte lognormale verdelingen van het kritieke overslagdebiet op logaritmische schaal (referentie, invloedsfactoren gelijk aan 0.1 en 0.5)



Figuur 6.2b Quotiënt van de berekende faalkansen, ten opzichte van referentie, voor invloedsfactoren gelijk aan 0.1 en 0.5



Figuur 6.3 Gefitte lognormale verdelingen van het kritieke overslagdebiet op logaritmische schaal (referentie, invloed factoren gelijk aan 0.1 en 0.5)

Tabel 6.1 Berekende faalkansen - vergelijking voor dijken met hoge significante golfhoogte

Dijkvak	HS	Faalkans Referentie	Faalkans Factor 0.1	Faalkans Factor 0.5	Quotient Factor 0.1	Quotient Factor 0.5
DV_044_12.90_10.95	0.95 m	5.26E-11	5.47E-08	3.46E-10	1040.85	6.59
DV_073_6.35_7.20	2.86 m	6.50E-10	1.58E-07	4.10E-09	243.72	6.31
O-17.24600.24850	1.53 m	2.69E-08	5.70E-06	2.04E-07	212.35	7.59
DV08_9.35km-9.80km	1.24 m	2.81E-07	6.09E-05	1.69E-06	217.01	6.03
DV12_13.20km-14.00km	1.46 m	1.93E-10	4.58E-08	8.48E-10	237.67	4.40
S053.0-S049.0_rd04	1.11 m	5.84E-06	4.26E-04	1.57E-05	72.99	2.68
HHSK17 dp147 - dp160	0.87 m	7.90E-07	3.97E-05	2.51E-06	50.18	3.18
Dijkvak V-4_ km 13.531	1.15 m	6.41E-12	2.21E-09	4.36E-11	344.62	6.81
hm 35.940 - 37.720	2.7 m	4.17E-07	1.39E-05	1.32E-06	33.34	3.17

6.3 Overschrijding faalkanseis?

Dijken met dijkmeubilair kunnen ten opzichte van dijken zonder dijkmeubilair een hogere faalkans overloop/overslag hebben. Deze paragraaf bespreekt deze faalkansen in relatie tot de faalkanseisen (zie Paragraaf 4.5) voor een viertal dijkvakken, te weten

1. Gorssel-Deventer (dijkvak 16_0.000km-0.904km behorend tot dijkkringgebied 51; Fig. 6.3a)
2. Krimpen aan de Lek (dijkvak HHSK17 dp 147 – dp 160 behorend tot dijkkring 15; Fig. 6.3b)
3. Delfzijl (dijkvak DV 35 3.35 1.80 behorend tot dijkkringgebied 6; Fig. 6.4)
4. Workum (dijkvak DV-175.11.40.9.50 ook behorend tot dijkkring 6)

Ad 1. Dijkkringgebied 51 is voor het grootste deel gelegen in de provincie Gelderland. Een klein deel van de dijkkring is gelegen in provincie Overijssel (Schipbeek bij Deventer). De dijkkring bestaat uit ca. 24 km categorie-a-keringen (direct buitenwaterkerend). Dijkkringgebied 51 sluit in het noordoosten aan op hoge gronden, zie Fig. 6.3a. In het zuidoosten sluit de dijkkring aan op de stuw/sluis van het Twenthekanaal. Het stuwpeil van het Twenthekanaal is hoger dan het MHW op de Gelderse IJssel. De stuw/sluis maakt geen onderdeel uit van de dijkkring.

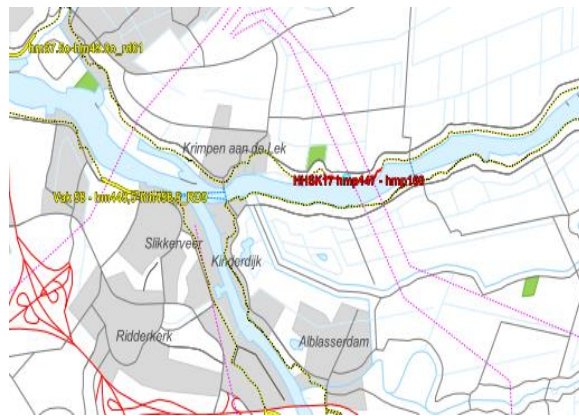
Ad 2. Dijkkringgebied 15, Lopiker- en Krimpenerwaard, ligt in de provincies Utrecht en Zuid-Holland en maakt deel uit van het benedenrivierengebied. Het dijkkringgebied wordt aan de zuidzijde begrensd door de rivier de Lek en de Nieuwe Maas, aan de noordzijde door de Hollandsche IJssel en de Meerndijk en aan de oostzijde door de Westkanaaldijk van het Amsterdam-Rijnkanaal en het Lekkanaal. Figuur 6.3b geeft een overzicht van het dijkkringgebied.

Ad 3 en 4. De primaire waterkeringen van dijkkring 6 (Fig. 6.4c en Fig. 6.4d) heeft vier beheerders. In totaal beheren deze organisaties 231 km categorie-a-keringen, 49 km categorie-c-keringen en 29 waterkerende kunstwerken. Het waterschap Hunze en Aa's beheert de waterkering langs de Dollard en de Eems, vanaf het sluisencomplex in Nieuw Statenzijl tot aan Delfzijl. Het waterschap Noorderzijlvest is beheerder van de primaire waterkering langs de Waddenzee, de Eems en de Dollard, vanaf Delfzijl tot aan de spuisluizen bij Lauwersoog.

De waterkeringen in dijkkring 6 kenmerken zich door een ‘klassieke’ opbouw. Het buitentalud is opgebouwd uit diverse steenzettingen (basalt, basalt, koperslabblokken, betonblokken en Noorse steen) en asfalt. Het bovenste deel van het buitentalud, de kruin en het binnentalud zijn veelal bekleed met gras, doorgroeistenen en klinkers. Er zijn ook volledig groene dijken en dijken met voorlanden in het gebied.



Figuur 6.4a Locatie Gorssel



Figuur 6.4b Locatie Krimpen aan de IJssel



Figuur 6.4c Locatie Delfzijl



Figuur 6.4d Locatie Workum

Tabel 6.1 geeft per dijkvak een overzicht van de vrije kruinhoogte, significante golfhoogte, het (kritische) overslagdebiet en de faalkansen golfoploop/golfoverslag voor “zonder” en “met” dijkmeubilair. Evenzo is de faalkanseis gegeven. De uitgangspunten voor het bepalen van de faalkanseis (zie ook vgl. 4.1) zijn: faalkansruimtefactor is 0,24; lengte-effect varieert van 1 tot 3 en de locatie-afhankelijke dijktrajectnorm (zie bijlage B).

De dijkvakken Gorssel-Deventer en Delfzijl vertegenwoordigen het faalmechanisme overloop (golfhoogte is verwaarloosbaar), terwijl de dijkvakken Krimpen aan de IJssel en Workum karakteristiek zijn voor het faalmechanisme golfoverslag (golfhoogte varieert van 1 m tot 2 m).

Voor overloop wordt door PC-Ring een overloopberekening uitgevoerd. Voor dit faalmech-
anisme is het effect van de precieze waarde van het kritieke overslagdebiet (bijv. 10, 50 of 100
l/s/m) nauwelijks van invloed op de faalkans. Dit komt doordat de bijbehorende belasting-
condities nauwelijks verschillende overschrijdingskansen bezitten.

Tabel 6.1a Overzicht van PC-Ring berekeningsresultaten

Parameter	Deventer-Gorssel		Krimpen aan de Lek	
	Zonder dijkmeubilair	Met dijkmeubilair	Zonder dijkmeubilair	Met dijkmeubilair
Kruinhoogte	8,75 m + NAP	8,75 m + NAP	4,59 m + NAP	4,59 m + NAP
Waterstand	8,32 m + NAP	8,28 m + NAP	3,27 m + NAP	2,80 m + NAP
Vrije kruinhoogte	0,43 m	0,53 m	1,32 m	1,79 m
Maatgevende windrichting	ONO	ONO	WZW	WZW
Significant golfhoogte	0,055 m	0,055 m	0,90 m	0,87 m
Invloedsfactor	n.v.t.	0,1	n.v.t.	0,1
Overslagdebiet in ontwerppunt	144,6 ℓ/s per m Overloop	14,5 ℓ/s per m Overloop	42,2 ℓ/s per m Overslag	4,87 ℓ/s per m Overslag
Faalkans overloop/ golfoverslag	$8,02 \cdot 10^{-4}$	$9,29 \cdot 10^{-4}$	$0,79 \cdot 10^{-6}$	$0,397 \cdot 10^{-4}$
Verhouding faalkansen	1,16		50,2	
Faalkansruimtefactor	0,24		0,24	
Dijktrajectnorm	1/10000		1/10000	
Lengte-effect	1 - 3		1 - 3	
Faalkanseis per doorsnede	$2,4 \cdot 10^{-5}$ ($n = 1$) & $0,8 \cdot 10^{-5}$ ($n = 3$)		$2,4 \cdot 10^{-5}$ ($n = 1$) & $0,8 \cdot 10^{-5}$ ($n = 3$)	

Tabel 6.1b Overzicht van PC-Ring berekeningsresultaten

Parameter	Delfzijl		Workum	
	Zonder dijkmeubilair	Met dijkmeubilair	Zonder dijkmeubilair	Met dijkmeubilair
Kruinhoogte	7,4 m + NAP	7,4 m + NAP	3,88 m + NAP	3,88 m + NAP
Waterstand	7,4 m + NAP	7,4 m + NAP	2,48 m + NAP	1,94 m + NAP
Vrije kruinhoogte	0 m	0 m	1,40 m	1,94 m
Maatgevende windrichting	WNW	WNW	West	West
Significant golfhoogte	0 m	0 m	1,82 m	1,74 m
Invloedsfactor	n.v.t.	0,1	n.v.t.	0,1
Overslagdebiet in ontwerppunt	150 ℓ/s per m	15 ℓ/s per m	36,7 ℓ/s per m	4,53 ℓ/s per m
Faalkans overloop/ golfoverslag	$6,04 \cdot 10^{-6}$ Overloop	$6,04 \cdot 10^{-6}$ Overloop	$9,79 \cdot 10^{-11}$ Overslag	$5,9 \cdot 10^{-9}$ Overslag
Verhouding faalkansen	1,0		60,3	
Faalkansruimtefactor	0,24		0,24	
Dijktrajectnorm	1/3000		1/3000	
Lengte-effect	1 - 3		1 - 3	
Faalkanseis per doorsnede	$0,8 \cdot 10^{-4}$ ($n = 1$) & $2 \cdot 10^{-5}$ ($n = 3$)		$0,8 \cdot 10^{-4}$ ($n = 1$) & $2 \cdot 10^{-5}$ ($n = 3$)	

Opgemerkt wordt dat in PC-Ring met de TMR-2006 wordt gerekend en niet met het WTI-2017-belastingmodel (incl. GRADE). Door het effect van GRADE is de waarschijnlijkheid rela-

tief hoge waterstanden volgens het WTI2017-belastingmodel fors kleiner dan volgens PC-Ring (dit geldt vooral voor de zeer hoge terugkeertijden). Hierdoor kan het zo zijn dat volgens PC-Ring sprake is van overloop, terwijl volgens Hydra-Ring sprake is van een overslag-situatie. Ondanks dit verschil, blijft de hoofdlijn wel geldig: namelijk dat het kritieke debiet relatief onbelangrijk is voor de faalkans (en in het ontwerppunt zeer groot kan zijn) wanneer de onzekerheid ten aanzien van de golfcondities relatief onbelangrijk is ten opzichte van de onzekerheid ten aanzien van de buitenwaterstand.

Voor het dijkvak Delfzijl is de maatgevende windrichting een afluiddige windrichting en wordt door PC-Ring een overloopberekening uitgevoerd. In geval van overloop is het effect van de precieze waarde van het kritieke overslagdebiet (bijv. 10, 50 of 100 l/s per m) nauwelijks van invloed op de faalkans. Dit komt doordat de bijbehorende belastingcondities nauwelijks verschillende overschrijdingskansen bezitten.

Voor de dijkvakken Krimpen aan de Lek en Workum is golfoverslag maatgevend (significante golfhoogte in ontwerppunt ligt in de range van 1 m tot 2 m. Hier is dan ook een duidelijk verschil waar te nemen tussen de berekende faalkansen met/zonder dijkmeubilair.

Deze studie toont aan dat de faalkansen met dijkmeubilair ten opzichte van zonder dijkmeubilair een factor 1000 groter kunnen zijn (zie Tabel 6.1).

Voor het dijkvak Deventer-Gorssel is de faalkans (zonder dijkmeubilair) groter dan de faalkanseis. Voor de overige dijkvakken zijn de berekende faalkansen overloop/overslag (zonder dijkmeubilair) kleiner dan de faalkanseisen, dus deze dijkvakken zouden aan de norm voor overslag/overloop voldoen. Voor deze dijkvakken kan de invloed van dijkmeubilair worden meegenomen zonder dat dit leidt tot afkeuren.

De beschouwde dijkvakken in dijkring 6 (Delfzijl en Workum) voldoen ook met dijkmeubilair, immers de verhoogde faalkansen overloop/overslag zijn kleiner dan de faalkanseisen. Dit geldt echter niet voor het dijkvak Krimpen aan de Lek.

7 Conclusies

Voor drie categorieën dijkmeubilair (weinig invloed, matige invloed, theoretisch maximale invloed) zijn invloedsfactoren afgeleid, waarmee de afname van het kritieke overslagdebiet kan worden berekend ten opzichte van de situatie zonder overgangen en objecten (Tabel 3.3). Met de invloedsfactoren kunnen de lognormale kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet worden aangepast, zodanig dat de invloed van de overgangen en objecten worden meegenomen bij de berekening van de faalkans met Hydra-Ring in Ringtoets.

Opgemerkt wordt dat bij de berekening van de faalkansen (H5 en H6) de kansverdelingen van het kritieke overslagdebiet zijn gebruikt, die in het kader van het OI2014 zijn afgegeven op basis van enkele berekeningen en expert judgement. Deze faalkansverdelingen zijn uitgangspunt geweest. Bij een eventuele aanpassing kunnen ook de resultaten wijzigen.

Uit de berekeningen blijkt dat de invloed groot kan zijn, tot in een extreem geval een factor 1000 op de faalkans. Dit is vooral het geval bij dijken die worden blootgesteld aan hoge golven. Dijken in het rivierengebied, of dijken die te maken hebben met een hoge waterstand bij aflandige wind en dus nauwelijks golven, is de invloed van overgangen en objecten op de berekende faalkans klein. Deze faalkans wordt hier gedomineerd door de kans op overloop.

Voor vier cases is de invloed in meer detail bekeken. In drie van de vier gevallen had de aanwezigheid van overgangen en objecten geen invloed op de toetsscore. Voor één geval, een dijkvak nabij Krimpen aan de Lek, ging de score echter van voldoet naar afkeuren (of eigenlijk vervolg naar stap 3, toets op maat).

In aansluiting op deze studie worden ten aanzien van implementatie in de eenvoudige toets de volgende voorstellen gedaan.

- Het eenvoudige criterium van 0,1 $\ell/s/m$ blijft. Overgangen en objecten zijn toegestaan.
- Het eenvoudige criterium van 1 $\ell/s/m$ wordt aangescherpt. Bij een significante golfhoogte kleiner dan 0,5 m mogen objecten en overgangen worden toegelaten, maar bij een golfhoogte hoger dan 0,5 m mag dit niet.
- Het eenvoudige criterium van 5 $\ell/s/m$ blijft ongewijzigd. Er mogen geen overgangen en objecten aanwezig zijn, groter dan 0,15 m. Uitzondering is de overgang van talud naar achterland of berm, deze heeft een voldoende kleine invloed om toe te staan.

Opgemerkt wordt dat de andere voorwaarden uit de eenvoudige toetsing (bv check op afschuiven, restrictie op golfhoogte $H_s = 3$ m en voorwaarden aan graskwaliteit) gelijk blijven.

Voor de gedetailleerde toets wordt het volgende voorgesteld

- Voor dijken waar geen noemenswaardige overgangen en objecten aanwezig zijn, ofwel objecten kleiner dan 0,15 m en alleen een knik van talud naar berm of achterland, wordt een invloedsfactor van 0,7 toegepast. Voor de berekende faalkansen maakt deze reductie weinig uit.
- Voor dijktrajecten waar wel noemenswaardige objecten en overgangen voorkomen, zoals wegen, bomen, windmolens, taludtrappen et cetera wordt een invloedsfactor van 0,1 toegepast. Dit is theoretisch gezien het meest ongunstige. Dit kan voor door golven aangevallen dijken aanzienlijk schelen in faalkans.

Voorgesteld wordt om nuancering tussen deze categorieën in toetslaag 3 uit te voeren. In het kader van deze 3^{de} toetslaag kan dan aandacht worden besteed aan de categorisering van verschillende objecten en overgangen en de daarbij toe te passen invloedsfactor.

8 Aanbevelingen

Wanneer vrijwel alleen de buitenwaterstand bepalend is voor de vereiste kruinhoogte, is de kansverdeling van het kritieke overslagdebiet nauwelijks van invloed op de faalkans. In dergelijke gevallen is het dus minder relevant om het effect van dijkmeubilair op het kritieke debiet in detail te bepalen. Aanbevolen wordt om het onderzoek naar het kritiek overslagdebiet en de invloed van dijkmeubilair vooral te richten op gebieden waar de golfcondities van relatief groot belang zijn voor de vereiste kruinhoogte.

De invloedsfactoren voor dijkmeubilair hebben betrekking op de kansverdeling van het kritieke debiet (of: op de kwantielen van het kritieke debiet). Deze invloed is niet noodzakelijkerwijs dezelfde als de invloed op de rekenwaarden van het kritieke debiet. Het is niet zondermeer toegestaan om, wanneer elk kwantiel met bijv. een factor 10 reduceert, ook bijvoorbeeld de rekenwaarden uit het Ontwerpinstrumentarium 2014 met een factor 10 te reduceren. De vertaling naar voldoende veilige rekenwaarden zou nog nader onderzocht moeten worden. Voor het WTI2017 is dit niet relevant, voor het Ontwerpinstrumentarium mogelijk wel.

De kritieke stroomsnelheid en het kritieke overslagdebiet zijn fysisch gesproken geen adequate parameters voor het beoordelen van de grassterkte op het binnentalud. Feitelijk zou de kritische bodemschuifspanning moeten worden gehanteerd. Dit is een aandachtspunt, dat in vervolgstudies moet worden opgepakt.

9 Referenties

- Bijlard, R.W., 2015. Strength of the grass sod on dikes during wave overtopping, Master of Science Thesis, Delft University of Technology, Delft.
- Gautier, C., Groeneweg, J., 2012. Achtergrondrapportage hydraulische belasting voor zee en estuaria, Deltares rapport 1204143-002.
- Hoffmans, G.J.C.M., 2012. The Influence of Tubulence on Soil Erosion, Deltares Select Series No. 10, Eburon, Delft.
- Hoffmans, G.J.C.M., 2014. Erosiebestendigheid overgangen, validatie engineering tools, Projectnummer, Deltares rapport 1209437-003.
- RWS, Deltares en VNK2, 2013. Achtergrondrapport Ontwerpinformatie 2014, Versienummer 1.0, zie www.helpdeskwater.nl
- RWS, 2012. Handreiking toetsen grasbekledingen op dijken t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde, zie www.helpdeskwater.nl
- Van Steeg, P., 2014, Bureau studie overgangen met gras in primaire waterkeringen. Voorstudie ten behoeve van fysiek modelonderzoek. Deltares rapport 1209380-006.
- Van Steeg, P., 2015a, Monitoring en fysieke modelproeven overgangen met grasbekledingen 2015-2020 (concept) Deltares report 1220039-007.
- Van Steeg, P., Labruyere, A., Roy, M., 2015, Transition structures in grass covered slopes of primary flood defences tested with the wave impact generator, E-proceeding of the 36th IAHR World Congress, 28-june - 3 July 2015, The Hague, The Netherlands.
- Vrouwenfelder A.C.W.M., Steenbergen, H.M.G.M., Slijkhuis, K.A.H., 1999. Theoriehandleiding PC-Ring, TNO Bouw, Delft.

Bijlage A Stuurlijst Millingen-Nijmegen-2012

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_s	D	1 l/s/m open s	6 uur open hh:mm:ss
	l/m									
1	41	1,50	1,72	2,59	1,00	1,00	1,00	5,69	7	u:00:07
2	36	1,50	1,66	2,48	1,00	1,00	1,00	5,16	14	u:00:14
3	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	18	u:00:18
4	175	1,50	2,67	4,00	1,00	1,00	1,00	15,00	53	u:00:53
5	84	1,50	2,14	3,21	1,00	1,00	1,00	9,30	70	u:01:10
6	90	1,50	2,19	3,28	1,00	1,00	1,00	9,76	88	u:01:28
7	36	1,50	1,66	2,50	1,00	1,00	1,00	5,23	95	u:01:35
8	21	1,50	1,40	2,10	1,00	1,00	1,00	3,43	99	u:01:39
9	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	103	u:01:43
10	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	107	u:01:47
11	168	1,50	2,64	3,96	1,00	1,00	1,00	14,64	141	u:02:21
12	109	1,50	2,32	3,47	1,00	1,00	1,00	11,08	163	u:02:43
13	127	1,50	2,43	3,64	1,00	1,00	1,00	12,23	188	u:03:08
14	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	192	u:03:12
15	354	1,50	3,30	4,94	1,00	1,00	1,00	23,45	263	u:04:23
16	116	1,50	2,36	3,54	1,00	1,00	1,00	11,53	286	u:04:46
17	58	1,50	1,92	2,87	1,00	1,00	1,00	7,26	298	u:04:58
18	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	302	u:05:02
19	29	1,50	1,55	2,33	1,00	1,00	1,00	4,43	308	u:05:08
20	91	1,50	2,19	3,29	1,00	1,00	1,00	9,83	326	u:05:26
21	57	1,50	1,90	2,85	1,00	1,00	1,00	7,13	337	u:05:37
22	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	341	u:05:41
23	42	1,50	1,73	2,60	1,00	1,00	1,00	5,76	350	u:05:50
24	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	354	u:05:54
25	72	1,50	2,05	3,07	1,00	1,00	1,00	8,41	368	u:06:08
26	24	1,50	1,47	2,21	1,00	1,00	1,00	3,87	373	u:06:13
27	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,37	377	u:06:17
28	22	1,50	1,43	2,15	1,00	1,00	1,00	3,62	381	u:06:21
29	89	1,50	2,18	3,27	1,00	1,00	1,00	9,69	399	u:06:39
30	102	1,50	2,27	3,40	1,00	1,00	1,00	10,58	420	u:07:00
31	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	424	u:07:04
32	39	1,50	1,70	2,55	1,00	1,00	1,00	5,51	432	u:07:12
33	69	1,50	2,02	3,02	1,00	1,00	1,00	8,14	445	u:07:25
34	38	1,50	1,69	2,54	1,00	1,00	1,00	5,44	453	u:07:33
35	27	1,50	1,53	2,29	1,00	1,00	1,00	4,25	458	u:07:38

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_S	D	1 l/s/m open s	6 uur Open hh:mm:ss
36	27	1,50	1,51	2,27	1,00	1,00	1,00	4,16	464	u:07:44
37	77	1,50	2,09	3,13	1,00	1,00	1,00	8,81	479	u:07:59
38	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	483	u:08:03
39	27	1,50	1,52	2,28	1,00	1,00	1,00	4,22	489	u:08:09
40	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	493	u:08:13
41	49	1,50	1,82	2,73	1,00	1,00	1,00	6,45	502	u:08:22
42	185	1,50	2,71	4,07	1,00	1,00	1,00	15,58	539	u:08:59
43	245	1,50	2,95	4,43	1,00	1,00	1,00	18,58	588	u:09:48
44	23	1,50	1,46	2,19	1,00	1,00	1,00	3,79	593	u:09:53
45	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	597	u:09:57
46	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	601	u:10:01
47	22	1,50	1,43	2,14	1,00	1,00	1,00	3,59	605	u:10:05
48	61	1,50	1,95	2,92	1,00	1,00	1,00	7,54	618	u:10:18
49	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	622	u:10:22
50	104	1,50	2,28	3,43	1,00	1,00	1,00	10,74	643	u:10:43
51	118	1,50	2,37	3,55	1,00	1,00	1,00	11,62	666	u:11:06
52	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	670	u:11:10
53	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	674	u:11:14
54	25	1,50	1,48	2,22	1,00	1,00	1,00	3,93	679	u:11:19
55	40	1,50	1,71	2,56	1,00	1,00	1,00	5,58	687	u:11:27
56	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	691	u:11:31
57	121	1,50	2,39	3,58	1,00	1,00	1,00	11,82	715	u:11:55
58	66	1,50	1,99	2,98	1,00	1,00	1,00	7,89	728	u:12:08
59	35	1,50	1,65	2,48	1,00	1,00	1,00	5,13	735	u:12:15
60	202	1,50	2,79	4,18	1,00	1,00	1,00	16,47	776	u:12:56
61	39	1,50	1,70	2,54	1,00	1,00	1,00	5,47	784	u:13:04
62	71	1,50	2,03	3,05	1,00	1,00	1,00	8,30	798	u:13:18
63	106	1,50	2,29	3,44	1,00	1,00	1,00	10,82	819	u:13:39
64	75	1,50	2,07	3,10	1,00	1,00	1,00	8,64	834	u:13:54
65	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	838	u:13:58
66	31	1,50	1,58	2,37	1,00	1,00	1,00	4,61	844	u:14:04
67	23	1,50	1,45	2,17	1,00	1,00	1,00	3,70	848	u:14:08
68	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	852	u:14:12
69	37	1,50	1,68	2,52	1,00	1,00	1,00	5,33	860	u:14:20
70	20	1,50	1,40	2,10	1,00	1,00	1,00	3,40	864	u:14:24
71	135	1,50	2,47	3,70	1,00	1,00	1,00	12,68	891	u:14:51

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume l/m	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_S	D	1 l/s/m open s	6 uur open hh:mm:ss
72	160	1,50	2,60	3,89	1,00	1,00	1,00	14,16	923	u:15:23
73	54	1,50	1,87	2,81	1,00	1,00	1,00	6,91	934	u:15:34
74	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	938	u:15:38
75	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	942	u:15:42
76	33	1,50	1,62	2,44	1,00	1,00	1,00	4,93	948	u:15:48
77	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	952	u:15:52
78	59	1,50	1,92	2,88	1,00	1,00	1,00	7,31	964	u:16:04
79	64	1,50	1,97	2,96	1,00	1,00	1,00	7,74	977	u:16:17
80	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	981	u:16:21
81	85	1,50	2,15	3,22	1,00	1,00	1,00	9,36	998	u:16:38
82	74	1,50	2,06	3,09	1,00	1,00	1,00	8,52	1012	u:16:52
83	35	1,50	1,64	2,46	1,00	1,00	1,00	5,06	1019	u:16:59
84	21	1,50	1,42	2,13	1,00	1,00	1,00	3,54	1024	u:17:04
85	56	1,50	1,90	2,84	1,00	1,00	1,00	7,08	1035	u:17:15
86	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1039	u:17:19
87	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1043	u:17:23
88	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1047	u:17:27
89	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1051	u:17:31
90	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1055	u:17:35
91	63	1,50	1,97	2,95	1,00	1,00	1,00	7,69	1068	u:17:48
92	212	1,50	2,83	4,24	1,00	1,00	1,00	16,99	1110	u:18:30
93	67	1,50	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	7,99	1123	u:18:43
94	93	1,50	2,21	3,31	1,00	1,00	1,00	9,97	1142	u:19:02
95	207	1,50	2,81	4,21	1,00	1,00	1,00	16,72	1183	u:19:43
96	44	1,50	1,77	2,65	1,00	1,00	1,00	6,02	1192	u:19:52
97	143	1,50	2,51	3,76	1,00	1,00	1,00	13,17	1221	u:20:21
98	26	1,50	1,50	2,25	1,00	1,00	1,00	4,07	1226	u:20:26
99	152	1,50	2,56	3,84	1,00	1,00	1,00	13,71	1256	u:20:56
100	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1260	u:21:00
101	26	1,50	1,51	2,26	1,00	1,00	1,00	4,10	1266	u:21:06
102	115	1,50	2,35	3,53	1,00	1,00	1,00	11,43	1289	u:21:29
103	30	1,50	1,57	2,35	1,00	1,00	1,00	4,52	1295	u:21:35
104	33	1,50	1,61	2,42	1,00	1,00	1,00	4,84	1301	u:21:41
105	178	1,50	2,68	4,02	1,00	1,00	1,00	15,18	1337	u:22:17
106	33	1,50	1,62	2,43	1,00	1,00	1,00	4,90	1343	u:22:23
107	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1347	u:22:27

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_S	D	1 l/s/m	6 uur
	l/m								open	open
									s	hh:mm:ss
108	100	1,50	2,25	3,38	1,00	1,00	1,00	10,42	1367	u:22:47
109	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1371	u:22:51
110	64	1,50	1,98	2,96	1,00	1,00	1,00	7,79	1384	u:23:04
111	31	1,50	1,59	2,38	1,00	1,00	1,00	4,68	1390	u:23:10
112	41	1,50	1,73	2,59	1,00	1,00	1,00	5,72	1399	u:23:19
113	51	1,50	1,84	2,77	1,00	1,00	1,00	6,65	1409	u:23:29
114	42	1,50	1,74	2,61	1,00	1,00	1,00	5,80	1417	u:23:37
115	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1421	u:23:41
116	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1425	u:23:45
117	68	1,50	2,01	3,02	1,00	1,00	1,00	8,09	1439	u:23:59
118	87	1,50	2,16	3,24	1,00	1,00	1,00	9,49	1456	u:24:16
119	63	1,50	1,96	2,94	1,00	1,00	1,00	7,64	1469	u:24:29
120	50	1,50	1,83	2,74	1,00	1,00	1,00	6,53	1479	u:24:39
121	69	1,50	2,02	3,03	1,00	1,00	1,00	8,20	1492	u:24:52
122	429	1,50	3,49	5,24	1,00	1,00	1,00	26,41	1578	u:26:18
123	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1582	u:26:22
124	81	1,50	2,11	3,17	1,00	1,00	1,00	9,05	1598	u:26:38
125	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1602	u:26:42
126	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1606	u:26:46
127	45	1,50	1,78	2,67	1,00	1,00	1,00	6,13	1615	u:26:55
128	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1619	u:26:59
129	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1623	u:27:03
130	150	1,50	2,54	3,82	1,00	1,00	1,00	13,57	1653	u:27:33
131	80	1,50	2,11	3,16	1,00	1,00	1,00	8,99	1669	u:27:49
132	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1673	u:27:53
133	129	1,50	2,44	3,65	1,00	1,00	1,00	12,34	1699	u:28:19
134	22	1,50	1,44	2,16	1,00	1,00	1,00	3,67	1704	u:28:24
135	76	1,50	2,08	3,11	1,00	1,00	1,00	8,69	1719	u:28:39
136	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1723	u:28:43
137	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1727	u:28:47
138	52	1,50	1,85	2,78	1,00	1,00	1,00	6,74	1737	u:28:57
139	59	1,50	1,93	2,89	1,00	1,00	1,00	7,36	1749	u:29:09
140	34	1,50	1,63	2,44	1,00	1,00	1,00	4,97	1756	u:29:16
141	54	1,50	1,88	2,82	1,00	1,00	1,00	6,95	1767	u:29:27
142	48	1,50	1,81	2,72	1,00	1,00	1,00	6,41	1776	u:29:36
143	111	1,50	2,33	3,49	1,00	1,00	1,00	11,16	1798	u:29:58

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume l/m	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_S	D	1 l/s/m open s	6 uur open hh:mm:ss
144	22	1,50	1,42	2,14	1,00	1,00	1,00	3,56	1803	u:30:03
145	81	1,50	2,12	3,18	1,00	1,00	1,00	9,11	1819	u:30:19
146	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1823	u:30:23
147	145	1,50	2,52	3,78	1,00	1,00	1,00	13,30	1852	u:30:52
148	29	1,50	1,56	2,34	1,00	1,00	1,00	4,46	1858	u:30:58
149	78	1,50	2,09	3,14	1,00	1,00	1,00	8,87	1873	u:31:13
150	61	1,50	1,94	2,91	1,00	1,00	1,00	7,50	1886	u:31:26
151	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1890	u:31:30
152	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	1894	u:31:34
153	47	1,50	1,80	2,69	1,00	1,00	1,00	6,25	1903	u:31:43
154	113	1,50	2,34	3,51	1,00	1,00	1,00	11,34	1926	u:32:06
155	262	1,50	3,01	4,52	1,00	1,00	1,00	19,41	1978	u:32:58
156	230	1,50	2,90	4,35	1,00	1,00	1,00	17,88	2024	u:33:44
157	82	1,50	2,13	3,19	1,00	1,00	1,00	9,17	2041	u:34:01
158	119	1,50	2,38	3,57	1,00	1,00	1,00	11,72	2064	u:34:24
159	28	1,50	1,54	2,32	1,00	1,00	1,00	4,37	2070	u:34:30
160	237	1,50	2,92	4,38	1,00	1,00	1,00	18,22	2117	u:35:17
161	385	1,50	3,38	5,07	1,00	1,00	1,00	24,69	2194	u:36:34
162	21	1,50	1,42	2,12	1,00	1,00	1,00	3,51	2199	u:36:39
163	83	1,50	2,13	3,20	1,00	1,00	1,00	9,24	2215	u:36:55
164	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2219	u:36:59
165	34	1,50	1,63	2,45	1,00	1,00	1,00	5,00	2226	u:37:06
166	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2230	u:37:10
167	133	1,50	2,46	3,68	1,00	1,00	1,00	12,57	2257	u:37:37
168	28	1,50	1,53	2,30	1,00	1,00	1,00	4,28	2262	u:37:42
169	38	1,50	1,68	2,52	1,00	1,00	1,00	5,37	2270	u:37:50
170	193	1,50	2,75	4,12	1,00	1,00	1,00	16,00	2308	u:38:28
171	29	1,50	1,56	2,34	1,00	1,00	1,00	4,49	2314	u:38:34
172	107	1,50	2,30	3,45	1,00	1,00	1,00	10,90	2336	u:38:56
173	24	1,50	1,47	2,20	1,00	1,00	1,00	3,84	2341	u:39:01
174	53	1,50	1,86	2,79	1,00	1,00	1,00	6,78	2351	u:39:11
175	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2355	u:39:15
176	67	1,50	2,00	3,01	1,00	1,00	1,00	8,04	2368	u:39:28
177	58	1,50	1,91	2,87	1,00	1,00	1,00	7,22	2380	u:39:40
178	79	1,50	2,10	3,15	1,00	1,00	1,00	8,93	2396	u:39:56
179	23	1,50	1,45	2,17	1,00	1,00	1,00	3,73	2400	u:40:00

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_S	D	1 l/s/m	6 uur
	l/m								open	open
									s	hh:mm:ss
180	30	1,50	1,57	2,36	1,00	1,00	1,00	4,55	2406	u:40:06
181	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2410	u:40:10
182	88	1,50	2,17	3,26	1,00	1,00	1,00	9,63	2428	u:40:28
183	126	1,50	2,42	3,62	1,00	1,00	1,00	12,13	2453	u:40:53
184	33	1,50	1,61	2,42	1,00	1,00	1,00	4,87	2460	u:41:00
185	57	1,50	1,91	2,86	1,00	1,00	1,00	7,17	2471	u:41:11
186	24	1,50	1,48	2,21	1,00	1,00	1,00	3,90	2476	u:41:16
187	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2480	u:41:20
188	46	1,50	1,79	2,68	1,00	1,00	1,00	6,17	2489	u:41:29
189	45	1,50	1,78	2,66	1,00	1,00	1,00	6,10	2498	u:41:38
190	24	1,50	1,46	2,19	1,00	1,00	1,00	3,81	2503	u:41:43
191	37	1,50	1,67	2,51	1,00	1,00	1,00	5,30	2510	u:41:50
192	60	1,50	1,93	2,90	1,00	1,00	1,00	7,40	2522	u:42:02
193	141	1,50	2,50	3,75	1,00	1,00	1,00	13,04	2550	u:42:30
194	131	1,50	2,45	3,67	1,00	1,00	1,00	12,45	2577	u:42:57
195	27	1,50	1,52	2,28	1,00	1,00	1,00	4,19	2582	u:43:02
196	157	1,50	2,58	3,87	1,00	1,00	1,00	14,00	2613	u:43:33
197	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2617	u:43:37
198	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2621	u:43:41
199	28	1,50	1,54	2,31	1,00	1,00	1,00	4,34	2627	u:43:47
200	36	1,50	1,66	2,49	1,00	1,00	1,00	5,20	2634	u:43:54
201	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2638	u:43:58
202	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2642	u:44:02
203	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2646	u:44:06
204	21	1,50	1,41	2,11	1,00	1,00	1,00	3,45	2650	u:44:10
205	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2654	u:44:14
206	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2658	u:44:18
207	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2662	u:44:22
208	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2666	u:44:26
209	56	1,50	1,89	2,84	1,00	1,00	1,00	7,04	2677	u:44:37
210	74	1,50	2,06	3,10	1,00	1,00	1,00	8,58	2692	u:44:52
211	112	1,50	2,33	3,50	1,00	1,00	1,00	11,25	2715	u:45:15
212	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2719	u:45:19
213	55	1,50	1,89	2,83	1,00	1,00	1,00	6,99	2730	u:45:30
214	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2734	u:45:34
215	331	1,50	3,23	4,85	1,00	1,00	1,00	22,48	2800	u:46:40

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume l/m	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_S	D	1 l/s/m open s	6 uur open hh:mm:ss
216	34	1,50	1,64	2,46	1,00	1,00	1,00	5,03	2807	u:46:47
217	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	2811	u:46:51
218	50	1,50	1,83	2,75	1,00	1,00	1,00	6,57	2821	u:47:01
219	139	1,50	2,49	3,73	1,00	1,00	1,00	12,92	2848	u:47:28
220	218	1,50	2,85	4,27	1,00	1,00	1,00	17,27	2892	u:48:12
221	39	1,50	1,71	2,56	1,00	1,00	1,00	5,54	2900	u:48:20
222	297	1,50	3,13	4,69	1,00	1,00	1,00	21,00	2959	u:49:19
223	44	1,50	1,76	2,64	1,00	1,00	1,00	5,98	2968	u:49:28
224	48	1,50	1,81	2,71	1,00	1,00	1,00	6,37	2978	u:49:38
225	73	1,50	2,05	3,08	1,00	1,00	1,00	8,47	2992	u:49:52
226	43	1,50	1,76	2,64	1,00	1,00	1,00	5,94	3001	u:50:01
227	165	1,50	2,62	3,93	1,00	1,00	1,00	14,48	3034	u:50:34
228	43	1,50	1,75	2,63	1,00	1,00	1,00	5,91	3043	u:50:43
229	31	1,50	1,58	2,38	1,00	1,00	1,00	4,65	3049	u:50:49
230	25	1,50	1,49	2,24	1,00	1,00	1,00	4,01	3054	u:50:54
231	62	1,50	1,95	2,93	1,00	1,00	1,00	7,59	3066	u:51:06
232	65	1,50	1,98	2,97	1,00	1,00	1,00	7,84	3079	u:51:19
233	147	1,50	2,53	3,80	1,00	1,00	1,00	13,43	3109	u:51:49
234	94	1,50	2,22	3,32	1,00	1,00	1,00	10,05	3128	u:52:08
235	272	1,50	3,05	4,57	1,00	1,00	1,00	19,88	3182	u:53:02
236	31	1,50	1,59	2,39	1,00	1,00	1,00	4,71	3189	u:53:09
237	47	1,50	1,80	2,70	1,00	1,00	1,00	6,29	3198	u:53:18
238	99	1,50	2,25	3,37	1,00	1,00	1,00	10,34	3218	u:53:38
239	66	1,50	1,99	2,99	1,00	1,00	1,00	7,94	3231	u:53:51
240	92	1,50	2,20	3,30	1,00	1,00	1,00	9,90	3249	u:54:09
241	54	1,50	1,87	2,80	1,00	1,00	1,00	6,86	3260	u:54:20
242	71	1,50	2,04	3,06	1,00	1,00	1,00	8,36	3274	u:54:34
243	182	1,50	2,70	4,05	1,00	1,00	1,00	15,37	3311	u:55:11
244	43	1,50	1,75	2,62	1,00	1,00	1,00	5,87	3319	u:55:19
245	40	1,50	1,72	2,58	1,00	1,00	1,00	5,65	3327	u:55:27
246	46	1,50	1,79	2,69	1,00	1,00	1,00	6,21	3337	u:55:37
247	22	1,50	1,44	2,16	1,00	1,00	1,00	3,65	3341	u:55:41
248	38	1,50	1,69	2,53	1,00	1,00	1,00	5,40	3349	u:55:49
249	124	1,50	2,41	3,61	1,00	1,00	1,00	12,02	3373	u:56:13
250	42	1,50	1,74	2,61	1,00	1,00	1,00	5,83	3382	u:56:22
251	52	1,50	1,85	2,77	1,00	1,00	1,00	6,70	3392	u:56:32

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_S	D	1 l/s/m	6 uur
	l/m								open	open
									s	hh:mm:ss
252	26	1,50	1,50	2,25	1,00	1,00	1,00	4,04	3397	u:56:37
253	507	1,50	3,67	5,50	1,00	1,00	1,00	29,30	3498	u:58:18
254	154	1,50	2,57	3,85	1,00	1,00	1,00	13,86	3529	u:58:49
255	87	1,50	2,17	3,25	1,00	1,00	1,00	9,56	3547	u:59:07
256	97	1,50	2,24	3,36	1,00	1,00	1,00	10,27	3566	u:59:26
257	103	1,50	2,28	3,41	1,00	1,00	1,00	10,66	3587	u:59:47
258	313	1,50	3,17	4,76	1,00	1,00	1,00	21,68	3649	u:00:49
259	108	1,50	2,31	3,46	1,00	1,00	1,00	10,99	3671	u:01:11
260	53	1,50	1,86	2,80	1,00	1,00	1,00	6,82	3682	u:01:22
261	25	1,50	1,48	2,23	1,00	1,00	1,00	3,96	3687	u:01:27
262	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	3691	u:01:31
263	32	1,50	1,61	2,41	1,00	1,00	1,00	4,80	3697	u:01:37
264	49	1,50	1,82	2,74	1,00	1,00	1,00	6,49	3707	u:01:47
265	189	1,50	2,73	4,10	1,00	1,00	1,00	15,78	3745	u:02:25
266	137	1,50	2,48	3,71	1,00	1,00	1,00	12,80	3772	u:02:52
267	21	1,50	1,41	2,12	1,00	1,00	1,00	3,48	3777	u:02:57
268	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	3781	u:03:01
269	45	1,50	1,77	2,66	1,00	1,00	1,00	6,06	3789	u:03:09
270	32	1,50	1,60	2,40	1,00	1,00	1,00	4,74	3796	u:03:16
271	35	1,50	1,65	2,47	1,00	1,00	1,00	5,10	3803	u:03:23
272	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	3807	u:03:27
273	26	1,50	1,51	2,27	1,00	1,00	1,00	4,13	3812	u:03:32
274	37	1,50	1,67	2,50	1,00	1,00	1,00	5,27	3819	u:03:39
275	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	3823	u:03:43
276	77	1,50	2,08	3,12	1,00	1,00	1,00	8,75	3839	u:03:59
277	95	1,50	2,22	3,33	1,00	1,00	1,00	10,12	3858	u:04:18
278	96	1,50	2,23	3,35	1,00	1,00	1,00	10,19	3877	u:04:37
279	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	3881	u:04:41
280	29	1,50	1,55	2,32	1,00	1,00	1,00	4,40	3887	u:04:47
281	86	1,50	2,15	3,23	1,00	1,00	1,00	9,43	3904	u:05:04
282	284	1,50	3,08	4,63	1,00	1,00	1,00	20,41	3960	u:06:00
283	122	1,50	2,40	3,59	1,00	1,00	1,00	11,92	3985	u:06:25
284	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	3989	u:06:29
285	162	1,50	2,61	3,91	1,00	1,00	1,00	14,31	4021	u:07:01
286	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	4026	u:07:06
287	25	1,50	1,49	2,23	1,00	1,00	1,00	3,98	4031	u:07:11

		1,5			1	1	1	2288		
	$H_s = 1 \text{ m}$									
	volume l/m	α_a	U	U_{max}	U_c	α_M	α_s	D	1 l/s/m open s	6 uur open hh:mm:ss
288	51	1,50	1,84	2,76	1,00	1,00	1,00	6,61	4041	u:07:21
289	171	1,50	2,65	3,98	1,00	1,00	1,00	14,82	4075	u:07:55
290	198	1,50	2,77	4,15	1,00	1,00	1,00	16,23	4114	u:08:34
291	23	1,50	1,45	2,18	1,00	1,00	1,00	3,76	4119	u:08:39
292	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	4123	u:08:43
293	60	1,50	1,94	2,91	1,00	1,00	1,00	7,45	4135	u:08:55
294	70	1,50	2,03	3,04	1,00	1,00	1,00	8,25	4149	u:09:09
295	253	1,50	2,98	4,47	1,00	1,00	1,00	18,98	4200	u:10:00
296	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	4204	u:10:04
297	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	4208	u:10:08
298	48	1,50	1,80	2,71	1,00	1,00	1,00	6,33	4217	u:10:17
299	101	1,50	2,26	3,39	1,00	1,00	1,00	10,50	4238	u:10:38
300	40	1,50	1,71	2,57	1,00	1,00	1,00	5,61	4246	u:10:46
301	224	1,50	2,87	4,31	1,00	1,00	1,00	17,56	4290	u:11:30
302	28	1,50	1,54	2,30	1,00	1,00	1,00	4,31	4296	u:11:36
303	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	4300	u:11:40
304	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	4304	u:11:44
305	30	1,50	1,58	2,36	1,00	1,00	1,00	4,58	4310	u:11:50
306	32	1,50	1,60	2,40	1,00	1,00	1,00	4,77	4316	u:11:56
307	20	1,50	1,39	2,09	1,00	1,00	1,00	3,36	4320	u:12:00

check	1,0	l/s/m
-------	-----	-------

Bijlage B Bijlage 5e Ontwerpinstrumentarium 2014 – Voorlopige trajectindeling primaire waterkeringen Voorlopige trajectindeling primaire waterkeringen september 2014



Dijktrajecten

- 43-1 dijktrajectnummer
- trajectgrens

Normspecificatie per dijktraject

- nog geen norm bepaald
- 1/300
- 1/1.000
- 1/3.000
- 1/10.000
- 1/30.000
- 1/100.000

Ondergrond

- zoetwater
- zout water / brak water
- buitenland
- stedelijk gebied
- duinen
- grens