

ect VNK - Veiligheid van Nederland in Kaart



# Schematisering en gegevensverzameling

**Handleiding ten behoeve van de  
bepaling van overstromingskansen  
van dijkringen**

*september 2002*





# Schematisering en gegevensverzameling van dijken en duinen

Handleiding ten behoeve van de bepaling  
van overstromingskansen van dijkringen

1 september 2002

Project Overstromingsrisico's:  
De Veiligheid van Nederland in Kaart

02 OKT 2002





---

## Colofon

**Uitgegeven door:** Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat

**Informatie:** Helpdesk VNK, Dienst Weg- en Waterbouwkunde  
**Telefoon:** 015 – 2516828  
**Fax:** 015 – 2514448

**Uitgevoerd door:** Projectbureau VNK, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

**Opmaak:** Afdeling Vormgeving, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

**Datum:** 01 - 09 - 2002



<p><i>Publicatienummer</i> DWW-2002-098</p> <p><i>Titel en subtitel rapport</i> Schematisering en gegevensverzameling van dijken en duinen</p> <p>Handleiding ten behoeve van de bepaling van overstromingskansen van dijkringen</p> <p><i>Auteurs</i> mw. drs. B.L. Lassing ir. S.N. Jonkman ir. H. v.d. Most ir. E.O.F. Calle m.m.v. Fugro, TNO-Bouw en WILdelft hydraulics</p> <p><i>Externe screening</i> ing. R.A. Joosten ing. D. van Schie</p> <p><i>Opdrachtgever</i> DWW, Projectbureau VNK Keverling Buismanweg 4 telefoon: 015 - 2516810 fax: 015 - 2514448 e-mail: vnk@dww.rws.minvenw.nl</p> <p><i>Titel onderzoeksproject</i> Overstromingsrisico's: De veiligheid van Nederland in Kaart</p> <p><i>Datum publicatie</i> 01 - 09 - 2002</p> <p><i>Aantal bladzijden</i> 53, 8 figuren, 6 bijlagen met 7 tabellen en 2 figuren</p> <p><i>Trefwoorden</i> waterkeren, overstromingsrisico</p> <p><i>Grafische vormgeving</i> Afd. Vormgeving, DWW, Delft</p>	<p><i>Samenvatting</i> Deze handleiding is opgesteld in het kader van het project 'Overstromingsrisico's: De veiligheid van Nederland in kaart'. De handleiding geeft instructies voor het opdelen van de dijkkring in dijkvakken. Verder geeft ze aan welke gegevens verzameld dienen te worden voor het berekenen van de overstromingskansen van een dijkvak. Het operationele doel van de handleiding is dat de waterkeringbeheerder weet hoe het dijkkringgebied moet worden opgedeeld en welke gegevens benodigd zijn. Om de uitkomsten te kunnen vergelijken is het noodzakelijk dat de waterkeringbeheerders op dezelfde manier te werk gaan.</p> <p>De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat (DWW) en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.</p> <p>Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.</p>
--	--

# Inhoudsopgave

---

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1 Kader	7
1.2 Doel en reikwijdte handleiding	8
1.3 De handleiding als 'levend document'	9
1.4 Opzet van de handleiding (leeswijzer)	9
<b>2 Berekening, schematisering en gegevensverzameling op hoofdlijnen</b>	<b>11</b>
2.1 Inleiding	11
2.2 Schematisering	11
2.3 Uitgangspunten bij schematisering en gegevensverzameling	11
2.4 Stappen bij de schematisering	12
2.5 Selectie van dijkvakken voor de berekening van de overstromingskans	14
2.6 Bijzonderheden bij selectie	15
2.6.1 Zwakke, midden en sterke vakken	15
2.6.2 Representatief dwarsprofiel	16
2.6.3 Lengte-effect	16
2.6.4 Selectie op basis van gevolgen	16
2.6.5 Indicatoren voor selectie	16
2.6.6 Cyclische benadering	17
2.7 Korte beschrijving over onvolledige of onzekere informatie	17
<b>3 Schematisering in dijkvakken en dwarsprofielen</b>	<b>19</b>
3.1 Inleiding	19
3.2 Overloop en overslag	19
3.2.1 Inleiding	19
3.2.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans	20
3.2.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken	20
3.2.4 Indicator voor dijkvakselectie	20
3.3 Opbarsten en piping	20
3.3.1 Inleiding	20
3.3.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans	21
3.3.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken	22
3.3.4 Indicator voor dijkvakselectie	22
3.4 Afschuiven binnentalud	23
3.4.1 Inleiding	23
3.4.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans	24
3.4.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken	24
3.4.4 Indicator voor dijkvakselectie	24
3.5 Beschadiging bekleding en erosie	25
3.5.1 Inleiding	25
3.5.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans	26
3.5.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken	27
3.5.4 Indicator voor dijkvakselectie	27
3.6 Duinafslag	28
3.6.1 Inleiding	28
3.6.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans	28

3.6.3	Opdelen dijktraject in duinvakken	28
3.6.4	Indicator voor dijkvakselectie	28
<b>4</b>	<b>Gegevensverzameling per dwarsprofiel</b>	<b>29</b>
4.1	Inleiding	29
4.2	Leeswijzer	29
4.3	Dijkkring	30
4.4	Dijkvak	30
4.5	Dwarsprofiel	30
4.5.1	Aanwijzingen voor gegevensverzameling	31
4.6	Overloop en overslag	32
4.6.1	Kerninformatie voor de probabilistische analyse	32
4.6.2	Benodigde gegevens	33
4.6.3	Aanwijzingen voor gegevensverzameling	33
4.7	Opbarsten en piping	34
4.7.1	Kerninformatie voor probabilistische analyse	34
4.7.2	Benodigde gegevens	34
4.7.3	Aanwijzingen voor gegevensverzameling	34
4.8	Afschuiven binnentalud	37
4.8.1	Kerninformatie voor probabilistische berekening	37
4.8.2	Benodigde gegevens	38
4.8.3	Aanwijzingen voor gegevensverzameling	39
4.9	Beschadiging bekleding en erosie	39
4.9.1	Kerninformatie voor probabilistische berekening	39
4.9.2	Benodigde gegevens	40
4.9.3	Aanwijzingen voor gegevensverzameling	42
4.10	Duinafslag	44
4.10.1	Kerninformatie voor probabilistische berekening	44
4.10.2	Benodigde gegevens	44
4.10.3	Aanwijzingen voor gegevensverzameling	44
4.11	Golfgroei	45
4.11.1	Kerninformatie voor probabilistische berekening	45
4.11.2	Benodigde gegevens	46
4.11.3	Aanwijzingen voor gegevensverzameling	46
<b>5</b>	<b>Richtlijnen voor documentatie</b>	<b>47</b>
5.1	Rapportage schematisering	47
5.2	Rapportage inwinspreadsheet	48
	<b>Literatuur</b>	<b>50</b>
	<b>Modellen</b>	<b>52</b>
	<b>Bijlage</b>	<b>53</b>
Bijlage 1	Berekening met PC-Ring in het kort	55
Bijlage 2	Hydraulische belastinggebieden	58
Bijlage 3	Geometrie	66
Bijlage 4	Reductiefactor buitentalud	68
Bijlage 5	Bekleding	70
Bijlage 6	Begrippenlijst	74

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Kader

### Project 'Veiligheid van Nederland in Kaart'

In mei 2000 bracht de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) het rapport 'Van overschrijdingskans naar overstromingskans' uit. Dit beschrijft de succesvolle test van een nieuwe methode voor het berekenen van overstromingskansen. DG Water heeft in 2001 het project 'Veiligheid Nederland in Kaart' (VNL) gestart naar aanleiding van het advies van de staatssecretaris om deze methode op heel Nederland toe te passen. Het project wordt uitgevoerd door projectbureau VNL van Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Het project VNL heeft tot doel inzicht te geven in de overstromingsrisico's in Nederland door overstromingskansen te combineren met de gevolgen van overstromingen ( $\text{kans} \times \text{gevolg} = \text{risico}$ ).

Voor het bereiken van de doelstelling worden binnen het project VNL vier sporen onderkend, te weten:

- *Spoor 1: Overstromingskansen van dijken/duinen.* Het bepalen van de overstromingskansen van dijken en duinen voor alle 53 dijkkringgebieden binnen Nederland.
- *Spoor 2: Beoordelen van kunstwerken.* Het bepalen van de bijdrage van kunstwerken aan de overstromingskans per dijkkring. Daartoe is een beoordelingsmethode ontwikkeld.
- *Spoor 3: Gevolgen.* Het bepalen van gevolgen (schade en slachtoffers) van een overstroming. Het hiertoe ontwikkelen en toepassen van nieuwe methoden, die deels voortbouwen op bestaande.
- *Spoor 4: Omgaan met onzekerheden.* Dit spoor heeft tot doel een visie te ontwikkelen over het omgaan met onzekerheden binnen het project.

De resultaten van de eerste twee sporen worden gecombineerd en leveren samen per dijkkringgebied een overstromingskans op. Deze combinatie biedt zicht op de aanwezigheid van zwakke schakels in de dijkringen en de globale kosten voor verbetering hiervan. Tezamen met het inzicht in de gevolgen levert dit informatie voor een onderbouwde discussie over de wenselijkheid deze zwakke schakels aan te pakken om daarmee de veiligheid van Nederland te vergroten.

### Overstromingskansen van 53 dijkringen

Voor de berekening van de overstromingskansen wordt het programma PC-Ring gebruikt, dat TNO heeft ontwikkeld in opdracht van Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde. Het programma werkt met schematiseringen van de verschillende mogelijke bezwijkmechanismen en bijbehorende stochasten en rekenparameters, die zo goed mogelijk aansluiten bij de huidige ontwerp- en toetsingspraktijk. Om een



---

goed vergelijkbaar landelijk beeld te krijgen, moeten de methode en uitgangspunten bij schematisering, gegevensverzameling, berekening en interpretatie eenduidig en consistent zijn. Bij de uitvoering van het project wordt dan ook veel aandacht gegeven aan kwaliteitsborging, onder meer door begeleiding, ondersteuning en toetsing door ter zake kundigen.

De beheerders van waterkeringen zijn verantwoordelijk voor het schematiseren van de dijkkring en het leveren van de gegevens. Het projectbureau VNK gebruikt de gegevens voor het (laten) berekenen van overstromingskansen van dijken en duinen. De schematisering, gegevensverzameling en berekening van overstromingskansen zullen regionaal worden uitgevoerd door de betrokken beheerders van waterkeringen, provincies (met name betrokken i.v.m. gevolgen van overstromingen), projectbureau VNK en ingenieursbureaus. Voor deze regionale aanpak is gekozen in verband met de beoogde overdracht van methoden en technieken. Beheerder en projectbureau zorgen gezamenlijk voor een goede berekening van de overstromingskansen en de rapportage daarvan.

#### **Relatie met andere sporen**

Bij de uiteindelijke presentatie van overstromingskansen van dijkkringgebieden worden de berekende overstromingskansen als gevolg van het falen van dijken en duinen samengevoegd met de bijdragen aan de overstromingskans door het falen van kunstwerken, zoals die in spoor 2 worden bepaald. De resultaten van de berekening van de overstromingskansen zullen worden gebruikt in spoor 3 bij het bepalen van het risico van een overstroming. In spoor 4 wordt onderzoek gedaan naar onzekerheden. In de huidige berekening van de overstromingskansen worden alle onzekerheden meegenomen. Dit is een conservatieve benadering. In spoor 4 wordt uitgezocht hoe om te gaan met de verschillende soorten onzekerheden: locale onzekerheid, statistische onzekerheid, modelonzekerheid en onzekerheid van toekomstige ontwikkelingen. Verder wordt in spoor 4 gekeken of, en zo ja, hoe bewezen sterkte meegenomen kan worden in de berekening van de overstromingskans en zal ook gekeken worden naar de invloed van systeemwerking tussen verschillende dijkkringen op de overstromingskans.

### **1.2 Doel en reikwijdte handleiding**

Begin 2001 startte vanuit DWW de ontwikkeling van een handleiding voor de schematisering en gegevensverzameling van dijken en duinen. Het doel van deze handleiding is:

- Te zorgen voor een eenduidige en consistente schematisering en gegevensverzameling voor de bepaling van overstromingskansen van dijken en duinen. De handleiding moet de uit te voeren analyses minder gevoelig maken voor de individuele inzichten van betrokken partijen, zodat de berekende overstromingskansen van verschillende dijkkringen onderling goed vergelijkbaar zijn.
- Beheerders van waterkeringen en hun adviseurs te ondersteunen bij het doorlopen van de verschillende stappen in het proces van schematiseren van de dijkkring (alsmede het bepalen en interpreteren van de met PC-Ring berekende overstromingskansen).
- Aanknopingspunten te bieden voor kwaliteitsbeoordeling door een specialistenpool. Hiertoe geeft de handleiding ook aan op welke manier de verschillende stappen en resultaten van de schematisering moeten worden gedocumenteerd.

---

### 1.3 De handleiding als 'levend document'

De eerste versie van de handleiding is besproken met vertegenwoordigers van de koplopersgroep (zowel de beheerders als hun adviseurs). De koplopersgroep bestaat uit de dijkkringgebieden: Rijn en IJssel, Ooij en Millingen, Bommelerwaard, Land van Maas en Waal, Betuwe en Tieler- en Culemborgerwaarden en Ablasserwaard en Vijfheerenlanden. Voor deze dijkkringgebieden zijn de overstromingskansen als eerste berekend. De ervaringen met deze dijkkringgebieden dienen als basis voor een gestandaardiseerde en uniforme aanpak ter bepaling van de overstromingskansen voor de overige dijkringen.

In april 2001 verscheen een tweede versie met daarin een eenduidige definitie van de benodigde (invoer)gegevens per faalmechanisme en verduidelijking daarvan. Tevens was hierin een groot aantal vragen samengevat met betrekking tot:

- een strategie hoe om te gaan met ontbrekende dan wel beperkt beschikbare gegevens bij de schematisering van de dijkkring;
- de relevantie van faalmechanismen voor uiteenlopende omstandigheden;
- nadere aanwijzingen ten behoeve van een gerichte en efficiënte gegevensverzameling.

Deze vragen zijn door GeoDelft in samenwerking met TNO nader onderzocht. De resultaten van dat onderzoek vormden de basis voor de derde versie van de handleiding. Daarnaast zijn in deze derde versie de ervaringen van de koplopersgroep verwerkt bij de schematisering van hun dijkringen. Dat geldt met name voor de identificatie van mogelijk zwakke plekken en de selectie van te beschouwen dijkvakken. Nieuw in de derde versie waren een operationele strategie voor het uitvoeren van de schematisering, handreikingen voor een systematische selectie van te beschouwen dijkvakken, een beeld van de benodigde kerninformatie voor het uitvoeren van een probabilistische analyse en nadere aanwijzingen voor de gegevensverzameling.

Dit is versie vier en in principe de definitieve handleiding. Aan deze versie is een begrippenlijst toegevoegd. Deze bevat een aantal definities van belangrijke veel voorkomende begrippen. Ook is een voorbeeld van schematisering en gegevensverzameling opgenomen. Verder zijn op basis van opmerkingen van waterschappen en hun adviseurs aanpassingen gedaan.

### 1.4 Opzet van de handleiding (leeswijzer)

Dit hoofdstuk gaat nader in op het doel en de reikwijdte van de handleiding. De schematisering, inclusief de selectie van dijkvakken en de daarvoor benodigde informatie komt op hoofdlijnen aan de orde in hoofdstuk 2. Tevens geeft dit hoofdstuk aanwijzingen over hoe om te gaan met ontbrekende gegevens.

Hoofdstuk 3 geeft per faalmechanisme concrete handreikingen voor de selectie van dijkvakken en hoofdstuk 4 voor de bijbehorende gegevensverzameling. Documentatie van schematisering en gegevensverzameling komt tenslotte aan bod in hoofdstuk 5.

Bijlage 1 beschrijft in het kort een berekening met PC-Ring. In bijlage 2 tot en met 5 is informatie opgenomen ten behoeve van schematisering en gegevensverzameling. Bijlage 6 bestaat uit een begrippenlijst.



## 2 Berekening, schematisering en gegevensverzameling op hoofdlijnen

---

### 2.1 Inleiding

Het programma PC-Ring voert de berekening in hoofdlijnen als volgt uit:

- De waterkering rond het dijkringgebied wordt onderverdeeld in dijkvakken. In PC-Ring is een dijkvak een kunstwerk, een dijk- of duinstrekking. Voor een dijkvak is voor elk relevant faalmechanisme één representatieve schematisering mogelijk aan de hand van een dwarsdoorsnede van het dijkvak of de duinraai.
- De bijdrage aan de overstromingskans van dijken of duinen wordt berekend met behulp van een probabilistische faalkansanalyse voor de representatieve dwarsdoorsnede. De faalkans voor de dwarsdoorsnede wordt vervolgens 'vertaald' naar de faalkans voor het hele dijkvak. De faalkans neemt over het algemeen toe met de lengte van het dijkvak. Dit wordt het lengte-effect genoemd.
- Tenslotte kan de totale kans op overstrooming van de dijkkring worden berekend door de kansbijdragen van de mechanismen per dijkvak en van de verschillende dijkvakken te combineren (= optellen, rekening houdend met afhankelijkheden).

In bijlage 1 staat een beschrijving van een berekening met PC-Ring. Meer informatie over PC-Ring staat in de handleidingen (lit. 13, 14, 15 en 16).

### 2.2 Schematisering

Schematisering houdt in dat de 'werkelijkheid' van de dijkkring wordt vertaald, zodat ze te gebruiken is in het rekenmodel. Om het dijkringgebied te kunnen schematiseren zijn gegevens nodig. De gegevens die in beginsel moeten worden ingevoerd in PC-Ring zijn:

- geometriegegevens (taluds, oriëntatie, etc.)
- materiaaleigenschappen (gewichten, schuifsterkten, etc.)
- hydraulische belasting (wind en waterstand)

De beheerder moet geometriegegevens en materiaaleigenschappen aandragen. Deze handleiding beschrijft welke gegevens hiervoor nodig zijn. Rijkswaterstaat levert hydraulische randvoorwaarden. Statistische gegevens van wind en waterstand zijn afgestemd op het hydraulisch randvoorwaardenboek 2001 (lit. 5).

### 2.3 Uitgangspunten bij schematisering en gegevensverzameling

- Deze handleiding neemt de bijdrage die kunstwerken, aansluitconstructies en hoge gronden leveren aan de overstromingskans niet mee.
- Alleen primaire waterkeringen van categorie a (de definitie van categorieën van waterkeringen staat in de begrippenlijst in bijlage 6 bij het begrip primaire waterkering) worden meegenomen bij de schematisering. Voor primaire waterkeringen van categorie c geldt dat (voorlopig) niet. Hoe deze keringen zijn mee te nemen bij het bepalen van de overstromingskans is nog onderwerp van onderzoek. De invloed van primaire waterkeringen van categorie b speelt een rol bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden. Sommige zijn verwerkt, de overige primaire waterkeringen van categorie b zijn geen onderwerp van studie. Verondersteld wordt dat deze een te verwaarlozen faalkans hebben. Over de vraag of primaire

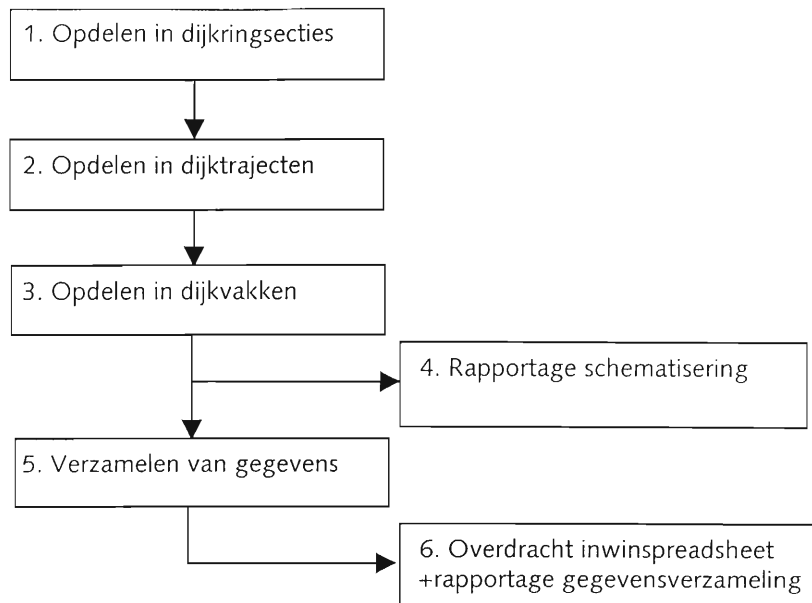
---

waterkeringen van categorie d kunnen worden meegenomen in deze studie vindt overleg plaats met het buitenland.

- De *huidige* situatie van het dijkringgebied wordt bekeken. Uitzondering zijn plekken waar dijkversterkingen plaatsvinden (of zeker is dat dit in de nabije toekomst zal gebeuren, dus wanneer het ontwerp en de m.e.r. gereed is). Hier kunnen de profielgegevens van de situatie na versterking worden aangehouden en de parameters van de ontwerp-berekening. De resultaten zullen dan niet vergelijkbaar zijn met de uitkomsten van de toetsing op veiligheid. Voor dijkringen met dijkvakken die nu een score 'onveilig' of 'verbetering voorgenomen' hebben, moeten dus de huidige gegevens worden ingevoerd. Met PC-Ring kan worden nagegaan wat het effect is van het oplossen van de zwakke plek.
- Statistische gegevens van wind en waterstand zijn afgestemd op het hydraulisch randvoorwaardenboek 2001 (lit. 5). Dit zijn op sommige plaatsen hogere peilen dan volgens het hydraulisch randvoorwaardenboek 1996 (lit. 4). In een gevoeligheidsberekening kan worden gekeken naar de invloed hiervan.
- PC-Ring berekent de overstromingskans van de faalmechanismen overloop en overslag, opbarsten en piping, afschuiven buitentalud, beschadiging bekleding en erosie en duinafslag. Zettingsvloeiing, afschuiven voorland, afschuiven buitentalud, microstabiliteit en verweking worden in dit project niet meegenomen, omdat deze faalmechanismen in principe niet direct leiden tot een overstroming.
- Voor sommige mechanismen zijn gedetailleerde gegevensverzameling en het uitvoeren van probabilistische faalkansanalyses zeer arbeidsintensief. Het is daarom gewenst om, via een beredeneerde selectie, het aantal mee te nemen dijkvakken voor die mechanismen in de analyse van de overstromingskans te beperken. In paragraaf 2.5 wordt ingegaan op de mogelijke strategie voor zo'n selectie.
- In beginsel wordt gewerkt met de beschikbare gegevens. Hierbij kan het gaan om de gegevens uit projectarchieven van dijkversterkingen of rapportages van toetsing. Bij onvolledigheid van gegevens is het nodig om schattingen te maken. Dat kan wel tot gegevensonzekerheden leiden. De verschillende onzekerheden zullen in de overstromingskansanalyse worden verdisconteerd. Paragraaf 2.7 gaat kort in op het omgaan met gegevensonzekerheden.
- Het verdisconteren van onzekerheden is van invloed op de grootte van de overstromingskans. Dit geldt bijvoorbeeld voor onzekerheden in de gegevens. Analyse van de effecten van deze onzekerheden kan uitwijzen of aanvullende gegevensverzameling (variërend van dieper graven in archieven tot het daadwerkelijk meten) zinvol is. Dit houdt in dat wordt gekozen voor een cyclische benadering: eerst schematisering en gegevensverzameling met conservatieve waarde, na overstromingskansanalyse eventueel nadere schematisering en gegevensverzameling.

## 2.4 Stappen bij de schematisering

Om de waterkering overzichtelijk in dijkvakken te kunnen verdelen, gebeurt dit in verschillende stappen. Hoewel de eerste opdelingen plaatsvinden op basis van algemene fysieke kenmerken van de kering, is de rode draad altijd de relatie met de mechanismen. Onderstaand schema geeft de stappen bij schematisering weer. Daarna volgt een toelichting.



*Figuur 1 Schematisering in stappen*

#### **Stap 1. Opdelen in dijkkringsecties**

In deze stap wordt de dijkkring in dijkkringsecties opgedeeld op basis van waterkeringtypen. Dit zijn: dijken/dammen, duinen, kunstwerken, hoge gronden, aansluitconstructies, enz.

- Hoge gronden leveren geen bijdrage aan overstromingskansen door bezwijken van waterkeringen en kunnen derhalve verder worden genegeerd.
- De berekening van de overstromingskansen van kunstwerken vindt plaats in spoor 2.
- Aansluitconstructies tussen de verschillende keringtypen worden in de huidige opzet van de analyse van de overstromingskans niet meegenomen.

#### **Stap 2. Opdelen in dijktrajecten**

De tweede stap is het onderverdelen van de dijkkringsecties (in deze handleiding is dit beperkt tot dijken/dammen en duinen) in dijktrajecten. Ook duintrajecten noemen we dijktrajecten. Dit gebeurt op basis van uiterlijke kenmerken, zoals

- geometrie:
  - hoogte,
  - breedte,
  - met/zonder voorland,
  - met/zonder bermen;
- belasting:
  - oriëntatie op de windrichting,
  - strijklengte voor de kering (alleen voor rivieren).

Het gaat om uiterlijke fysieke kenmerken - dus nog geen mechanisme specifieke informatie - hoewel de relatie met de meeste potentiële mechanismen wel voor de hand ligt. Duinen variëren van nature sterk. De trajecten worden met name op basis van belasting bepaald. Resultaat van deze stap is een opdeling in dijktrajecten waarbinnen de waterkering min of meer uniforme kenmerken heeft. Bij dit proces kan gebruik gemaakt worden van inzichten van de beheerders en uitkomsten van de toetsing.



---

### **Stap 3. Opdelen in dijkvakken**

Op basis van mechanisme specifieke informatie worden de dijktrajecten onderverdeeld in dijkvakken. De mechanismen die beschouwd worden zijn overloop en overslag, opbarsten en piping, afschuiving binnentalud en beschadiging bekleding en erosie en duinafslag. Bij het indelen van dijkvakken speelt de relevantie van een mechanisme op een bepaald traject een rol. Voor elk dijkvak wordt nagegaan welke mechanismen relevant zijn. Beheerders-ervaringen en/of resultaten van de vijfjaarlijkse toetsing op veiligheid maakt een nadere indeling van de trajecten mogelijk. In theorie moet de onderverdeling van de dijkring in dijkvakken zodanig zijn, dat binnen elk dijkvak het "dwarsprofiel" uniform is. Paragraaf 2.5 gaat nader in op de selectie van dijkvakken.

### **Stap 4. Rapportage schematisering**

Deze stap legt de schematisering en de bijbehorende afwegingen vast. De keuzes volgend uit bovengenoemde drie stappen moeten helder beargumenteerd worden. De rapportage vormt de basis voor de kwaliteitscontrole van het project en bevat een beschrijving van de stappen van de schematisering. Uit de ervaringen met de koplopers blijkt dat informatie die voor een beheerder vanzelfsprekend is, voor een buitenstaander moet worden toegelicht. Alle gemaakte keuzes moeten in de rapportage van de schematisering staan. De argumentatie kan het best worden ondersteund door een overzicht van kenmerkende gegevens (bijvoorbeeld stabiliteitsfactoren) in een tabel of grafiek. Een overzichtskaart waarop de dijkvakken zijn aangegeven, dient deel uit te maken van de rapportage. Verdere richtlijnen voor de gewenste rapportage staan in hoofdstuk 5.

### **Stap 5. Verzamelen van gegevens**

Na de selectie van dijkvakken dienen per dijkvak en per mechanisme de benodigde gegevens verzameld te worden. Gegevens zullen ontleend moeten worden aan legger- en beheersregisters, projectarchieven, ontwerpverslagen, toetsing, e.d.

Deze gegevens zijn in te vullen in het inwinspreadsheet bij deze handleiding. Hoofdstuk 4 geeft een nadere omschrijving van de benodigde gegevens per mechanisme en een toelichting op het inwinspreadsheet. Voor het omgaan met onzekere en ontbrekende gegevens staat een korte beschrijving in paragraaf 2.7.

### **Stap 6. Overdracht inwinspreadsheet en rapportage**

Tenslotte dient het gevulde inwinspreadsheet te worden overgedragen aan het Projectbureau VNK. Bij het inwinspreadsheet hoort een rapportage. Deze rapportage beschrijft waar de ingevulde gegevens vandaan komen, welke gegevens gebruikt zijn, enzovoort. Ook dient het stuk te vermelden waar sprake is van ontbrekende of onzekere gegevens en hoe hiermee omgegaan is. Verdere richtlijnen voor de gewenste rapportage staan in hoofdstuk 5 en het voorbeeld dat in een apart deel is toegevoegd.

## **2.5 Selectie van dijkvakken voor de berekening van de overstromingskans**

Gedetailleerde gegevensverzameling en het uitvoeren van probabilistische faalkansanalyses zijn voor sommige mechanismen zeer arbeidsintensief. Het is daarom gewenst om, via een beredeneerde selectie, het aantal mee te nemen dijkvakken voor de verschillende mechanismen in de analyse van de overstromingskans te beperken. Dat wil zeggen dat er dijkvakken zijn die in de overstromingskans geheel buiten beschouwing worden gelaten en dat er dijkvakken zijn waarvoor niet alle mechanismen beschouwd worden.

In de verslaglegging moet beargumenteerd worden waarom deze stukken buiten beschouwing zijn gebleven. Het gaat er immers om de gehele dijkkring te beschouwen en hierbij voor elk traject af te wegen of dit wel of niet meegenomen moet worden. Bijzonderheden met betrekking tot de selectie van dijkvakken staan in paragraaf 2.6.

#### **Voorgestelde strategie voor selectie**

1. Beschouw een mechanisme waarvoor de dijkvakselectie moet worden beperkt (bijvoorbeeld afschuiven binnentalud). Kijk vervolgens voor dit mechanisme naar alle dijkvakken afzonderlijk. De dijkvakken waarvoor het mechanisme niet relevant is (d.w.z. bij voorbaat een verwaarloosbare bijdrage aan de overstromingskans levert) vallen af voor de selectie.
2. Beschouw de overblijvende dijkvakken en kijk naar de indicatoren voor het mechanisme in die dijkvakken. Er kan dan een beperkt aantal dijkvakken worden gekozen (bijvoorbeeld tien) op basis van rangorde van de indicator en (voor de sterkere vakken) de beschikbaarheid van gegevens. Dit is de eerste dijkvakselectie voor het mechanisme. Ook de beheerservaring kan hierbij een belangrijke rol spelen. Zo kunnen bijvoorbeeld plaatsen met bijzondere omstandigheden worden meegenomen (bijvoorbeeld sterke zakkingen).
3. Kies daarnaast nog een beperkt aantal vakken uit de "midden" en "sterke" categorie.
4. Doorloop dit proces voor alle mechanismen.
5. Controleer de geografische verdeling van de vakken langs de dijkkring en kijk of de plaatsen met grote, verwachte gevolgen (fabrieken of steden achter de dijk/duin) zijn opgenomen. Zo niet, kies dan nog enige aanvullende vakken voor deze criteria of schuif enigszins met de keuze uit de 'midden' en 'sterke' categorie. De provincie kan helpen bij het selecteren van vakken met grote, verwachte gevolgen.
6. Voeg de dijkvakselecties voor de mechanismen samen. Dit levert de eerste dijkvakselectie op voor de analyse van de overstromingskans met PC-Ring. Daarin is per dijkvak vastgesteld welke mechanismen worden meegenomen. Win vervolgens detailinformatie voor de probabilistische analyses in (zie hoofdstuk 4 Gegevensverzameling per dwarsprofiel) en voer de berekening uit. Uit de berekening volgen de overstromingskansbijdragen per mechanisme per dijkvak en de totale bijdragen per mechanisme voor de dijkkring.

### **2.6 Bijzonderheden bij selectie**

#### **2.6.1 Zwakke, midden en sterke vakken**

Trajecten met bekende 'zwakke plekken' moeten in ieder geval worden beschouwd in de analyse van de overstromingskans. Naast het voorkomen van zwakke plekken spelen bij selectie van dijkvakken nog andere overwegingen. Zo is het gewenst om na het elimineren van zwakke plekken een schatting te kunnen maken van de overstromingskans. Hiertoe dienen naast de "zwakke plekken" ook enkele "midden" en "sterke" vakken te worden beschouwd. Deze keuze wordt gemaakt door de beheerders. De "midden" categorie vakken zijn vakken, waarvan de verwachting is dat ze in mindere mate een bijdrage zullen leveren aan de overstromingskans. Dit kunnen vakken zijn waar de beheerder nog zijn twijfels bij heeft of die 'uitgekiend' ontworpen zijn. Het meenemen van enkele 'midden' en 'sterke' vakken biedt tevens de mogelijkheid te bepalen of het beheerdersoordeel over het voorkomen van 'zwakke plekken' overeenstemt met de resultaten van de overstromingskansanalyse.

### 2.6.2 Representatief dwarsprofiel

In theorie moet de onderverdeling van de dijkkring in dijkvakken zodanig zijn, dat binnen elk dijkvak het "dwarsprofiel" uniform is. Dat wil zeggen dat overal binnen het dijkvak de belasting, de opbouw van de dijk (geometrie, bekleding, voorland) en de ondergrond gelijk zijn. Praktisch zou dat leiden tot zeer veel en zeer korte dijkvakken. Daarom zal meestal voor een compromis moeten worden gekozen.

Het advies is om in elk geval de indeling in dijkvakken zo te kiezen, dat overal binnen elk van de dijkvakken de belastingkenmerken (van waterstand en golven) en de uiterlijke kenmerken van de dijk (geometrie, voorland, bekleding) gelijk zijn. Voor het mechanisme "overloop/overslag" is er dan sprake van slechts één dwarsprofiel.

Voor alle andere mechanismen die voor het dijkvak relevant geacht worden, dient vervolgens te worden nagegaan welk dwarsprofiel binnen dat dijkvak (d.w.z. opbouw van dijk en ondergrond) representatief is. Voor verschillende mechanismen kunnen verschillende dwarsprofielen representatief zijn.

Bijvoorbeeld, voor het faalmechanisme afschuiven binnentalud zou dit het dwarsprofiel zijn op die plaats binnen het dijkvak waar een slappe kleilaag het dikst is. Voor piping daarentegen is het dwarsprofiel relevant ter plaatse van een zandbaan in de ondergrond die onder de dijk door loopt. Er is dus niet noodzakelijk slechts één fysiek dwarsprofiel dat representatief is voor alle mechanismen.

### 2.6.3 Lengte-effect

Voor de berekening van lengte-effecten dient, naast het gekozen dwarsprofiel voor een mechanisme, ook aan te geven voor welk deel van de totale lengte van het dijkvak dit dwarsprofiel representatief is. Wordt dit niet opgegeven, dan wordt er bij de berekening van de overstromingskansbijdrage van het mechanisme van uitgegaan dat het dwarsprofiel representatief is voor het gehele dijkvak (m.a.w. dus overal aanwezig is). Dit kan als benadering worden aangehouden. Meer informatie over lengte-effecten is te vinden in lit. 23.

### 2.6.4 Selectie op basis van gevolgen

In spoor 3 (gevolgen) wordt gekeken naar overstromingsrisico's. Bij de keuze van dijkvakken moeten vakken worden geselecteerd die bijdragen aan het overstromingsrisico (risico = kans x gevolg). Daarom valt de keuze op dijkvakken waarvan verwacht wordt dat ze een relatief grote kans op overstromen hebben en dijkvakken waarvan verwacht wordt dat bij doorbraak grote gevolgen optreden. Vanuit dit oogpunt is het ook van belang dat de uiteindelijk geselecteerde vakken gespreid langs de ring liggen, zodat bepaalde trajecten niet helemaal buiten beschouwing blijven. Deze overweging is te combineren met de selectie van enkele "midden" en "sterke" vakken.

### 2.6.5 Indicatoren voor selectie

Alle mechanismen in alle dijkvakken dragen bij aan de overstromingskans. Bij de beperking van het aantal mee te nemen dijkvakken voor een mechanisme moet hun potentiële bijdrage aan de overstromingskans worden beschouwd. Uitspraken over de verwachte bijdrage dienen te worden gerelateerd aan kwalitatieve of kwantitatieve indicatoren die bij de eerste gegevensverzameling zijn verkregen, of aan de hand daarvan relatief eenvoudig kunnen worden berekend.

Zo is voor het faalmechanisme afschuiven binnentalud de stabiliteitsfactor een indicator. Grofweg geldt: hoe hoger de stabiliteitsfactor, hoe kleiner de bijdrage aan de overstromingskans door afschuiven. Hoofdstuk 3 geeft per mechanisme aan welke indicatoren gebruikt kunnen worden.

Bij de selectie spelen ook nog andere criteria een rol (beheerdersoordeel, bijdrage aan risico, verdeling langs dijkkring, midden/ sterk, gevolg).

### 2.6.6 Cyclische benadering

Na berekening van de overstromingskans van een dijkkringgebied wordt met de volgende stappen gecontroleerd of nog een aanvulling of aanpassing op de selectie nodig is:

- Beschouw allereerst per mechanisme de bijdrage aan de overstromingskans en zet deze op volgorde van grootte.
- Controleer vervolgens voor het mechanisme met de grootste bijdrage of de laatst geselecteerde (waarschijnlijk sterkere) vakken nog significant bijdragen aan de overstromingskans (d.w.z. als deze vakken worden weggelaten dit een duidelijk effect heeft op de overstromingskans). Als deze vakken nog significant bijdragen aan de overstromingskans is aanvullende selectie van vakken voor dat mechanisme nodig. Deze controle dient voor alle mechanismen doorlopen te worden.

Dit proces moet worden herhaald tot geen uitbreiding van de selecties nodig is (of tot alle dijkvakken zijn geselecteerd). Het aantal benodigde cycli is uiteraard afhankelijk van het aantal dijkvakken dat in de initiële selectie en bij de uitbreiding wordt gekozen. Verwacht wordt dat bij deze strategie na de eerste overstromingskansberekening hooguit nog één aanvullende selectieronde gedaan hoeft te worden

## 2.7 Korte beschrijving over onvolledige of onzekere informatie

### Beperkte gegevens

Indien geen legger, beheersregister of rapportage van de toetsing op veiligheid beschikbaar is, moet de informatie worden opgezocht in archieven, bijvoorbeeld van vroegere dijkversterkingsprojecten of het beheersarchief. Ook algemene bronnen – zoals geologische gebiedsinformatie, de geohydrologische database van NITG, grondonderzoeken in de omgeving van het dijktraject – kunnen geotechnische informatie bevatten. Niet zelden zal de benodigde informatie fragmentarisch zijn (bijv. in archieven van niet recente dijkversterkingen). ‘Educated guessing’ op basis van combinatie van de wel beschikbare informatie zal een redelijk beeld moeten vormen van de situatie in het dijktraject.

### Werkwijze

De werkwijze is analoog aan de werkwijze bij de eerste opzet van een veiligheidstoetsing volgens de Leidraad Toetsen op Veiligheid (lit. 9). Eenduidige recepten zijn daarvoor niet te geven, hooguit aanwijzingen. Belangrijker is de specifieke (gebieds)ervaring en deskundigheid van de gegevensinwinner.

### Standaardwaarden

De gegevens voor de schematiseringen van de mogelijke bezwijkmechanismen en bijbehorende stochasten en rekenparameters zijn evenmin altijd in de gewenste vorm voorhanden of ontbreken zelfs volledig. Dit geldt vooral voor de statistische gegevens van de stochasten in het rekenmodel. De handleiding bevat aanwijzingen hoe met beperkt beschikbare of ontbrekende gegevens om te gaan. Voor andere ontbrekende gegevens worden ‘standaard’ waarden aangereikt, gebaseerd op literatuurwaarden of expertmeningen.

---

### **Conservatief scenario**

Voordat veel energie wordt gestopt in het grondig inwinnen van ontbrekende gegevens moet worden nagegaan of dit ook echt nodig is, gezien de te verwachten bijdrage aan de overstromingskans van het dijkkringgebied op basis van wel beschikbare informatie. Daarbij kan ook gedacht worden aan terugvalopties, bijvoorbeeld 'conservatieve' en 'vermoedelijke' scenario's. De documentatie van schematisering en gegevensverzameling dient aan te geven welke informatie op basis van metingen verkregen is en welke berust op schattingen en aannames.

Het gevolg van het gebruik van geschatte en onvolledige gegevens is dat extra onzekerheden worden geïntroduceerd. Onvoldoende informatie voor eenduidige schematisering leidt bijna automatisch tot verschillende mogelijkheden voor bijvoorbeeld dijk- en ondergrondopbouw of opbouw van een bekleding en tot brede intervallen voor (sterkte)kentalen. In de toetspraktijk gebeurt dit ook en wordt voor de toetsing uitgegaan van een conservatief scenario. Indien dit tot een ongewenst resultaat leidt, zal worden overgegaan tot onderbouwing van een beter scenario op basis van verdere gegevensverzameling.

### **Communicatie**

Belangrijk is daarom dat er een goede communicatie is tussen gegevensinwinner en diegenen die aan de hand van de schematiseringen de berekeningen van de overstromingskans moeten maken. Hiervoor zijn projectgroepen opgericht waarin beide partijen zitting hebben. De vraagstelling om gegevens voor de berekeningen van de overstromingskans is vaak genuanceerder dan het alleen vragen om parameters voor PC-Ring. Per situatie kunnen de gegevensinwinner en rekenaar zoeken naar het best haalbare binnen de beschikbare inspanningsruimte.

## 3 Schematisering in dijkvakken en dwarsprofielen

### 3.1 Inleiding

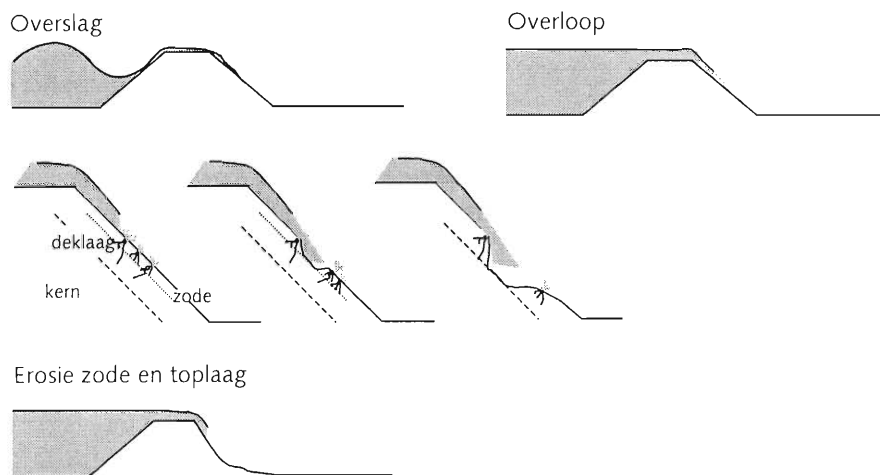
Dit hoofdstuk bevat voor de faalmechanismen in PC-Ring een toelichting op de benodigde dijkvakindeling en per faalmechanisme een nadere beschouwing van de keuze van dwarsprofielen.

De selectie van dijkvakken voor de eerste en volgende PC-Ring analyses gebeurt conform de strategie die is aangegeven in hoofdstuk 2.

### 3.2 Overloop en overslag

#### 3.2.1 Inleiding

Overloop en overslag kunnen leiden tot het initieel bezwijken van kruin en binnentalud door erosie van de grasbekleding (en verdere erosie van de onderliggende kleilaag).



Figuur 2 Overloop en overslag

Bij aflandige wind en wanneer er geen golven zijn (golven kleiner dan 1 mm) wordt bezwijken beschouwd als overloop. In andere gevallen wordt het mechanisme overslag genoemd. De hoeveelheid te bergen water speelt geen rol in het programma PC-Ring. Verweking is bij de toetsing op veiligheid geen item en wordt ook in de berekening van overstromingskans niet meegenomen, omdat de methode daarvoor nog niet voldoende uitgewerkt is.

In de berekening van de overstromingskans wordt een model gebruikt dat het over de kruin en het binnentalud stromend debiet en ook de stroomsnelheden op het binnentalud in kaart brengt. Het model gebruikt hierbij een extreme waterstand of een combinatie van hoge waterstand en golven. Daarnaast wordt in rekenmodellen de erosiesterkte van het binnentalud vastgesteld. De erosiesterkte wordt bepaald door een toelaatbare stroomsnelheid op het binnentalud (de kritieke stroomsnelheid), die afhankelijk is van de tijdsduur dat overloop of golfoverslag optreedt (hoe korter de tijdsduur, hoe groter de 'toegelaten' kritieke stroomsnelheid).



### 3.2.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans

Bij ontwerp en toetsing is dit mechanisme vooral van belang om de primaire dimensionering (de vereiste hoogte) van de dijk vast te stellen of te controleren. Bij dijken zonder (substantiële) overhoogte zorgt dit mechanisme dus altijd voor een significante bijdrage aan de overstromingskans. Bij dijken met substantiële overhoogte neemt de kans sterk af op overloop-/overslagdebieten die schade aan het binnentalud kunnen veroorzaken.

Niettemin is moeilijk op voorhand te zeggen bij welke overhoogte de kans op schade aan het binnentalud door overloop/overslag klein zal zijn ten opzichte van de overstromingskans. Heeft de hele dijkring overhoogte, dan zal toch een groot aantal dijkvakken meegenomen moeten worden om de overstromingskans te kunnen berekenen.

### 3.2.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken

Een mogelijke opdeling van het dijktraject in dijkvakken is pas relevant wanneer ook gegevens worden verzameld ten behoeve van de schademechanismen (erosie). Een verdere opdeling in dijkvakken heeft zin, wanneer dijken zonder overhoogte of zelfs met een tekort aan hoogte grote verschillen in de kwaliteit van de binnenbekleding hebben. Vaak is weinig kwantitatieve informatie over de kwaliteit van de binnenbekleding beschikbaar en zal in eerste instantie uitgegaan worden van één conservatieve schematisering van de kwaliteit van de binnenbekleding voor het hele dijktraject.

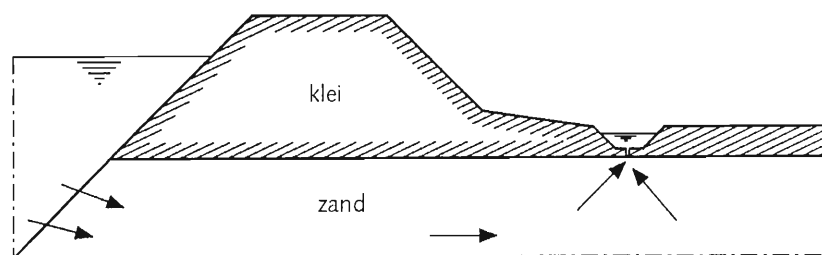
### 3.2.4 Indicator voor dijkvakselectie

Omdat gegevens voor berekening van het overloop/overslagdebiet in het algemeen voldoende zijn te achterhalen en overloop/overslag een belangrijk mechanisme is, is het meestal wenselijk alle dijkvakken in de berekening van de overstromingskans te betrekken. Voor sommige dijkringen levert dit echter een enorme hoeveelheid profielen op en is het nodig vakken weg te laten. In dat geval blijven dijkvakken buiten beschouwing die in vergelijking met de andere vakken een substantiële overhoogte hebben. Ook het overslagdebiet worden gebruikt als indicator.

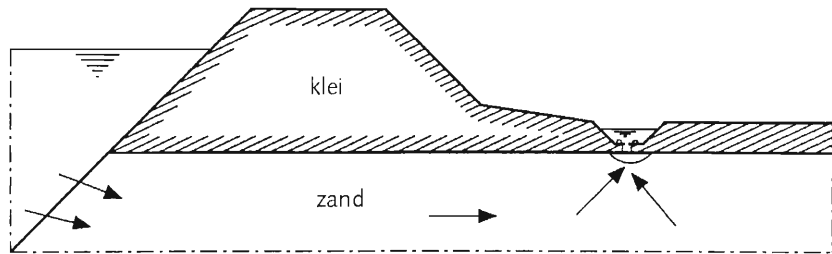
## 3.3 Opbarsten en piping

### 3.3.1 Inleiding

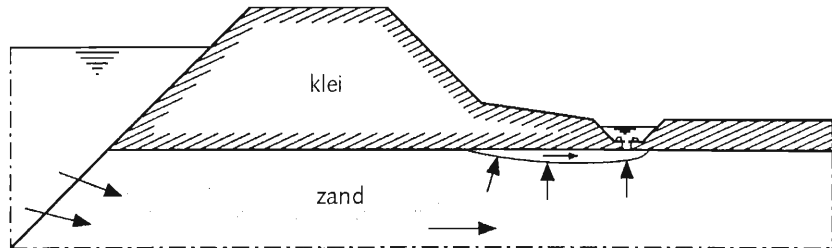
Bij het mechanisme opbarsten/piping bezwijkt de dijk doordat het zand eronder wordt weggespoeld. Door de druk van het water zal eerst, indien aanwezig, de afsluitende laag opbarsten. Vervolgens kunnen 'pijpen' ontstaan waardoor het zand wegspoelt.



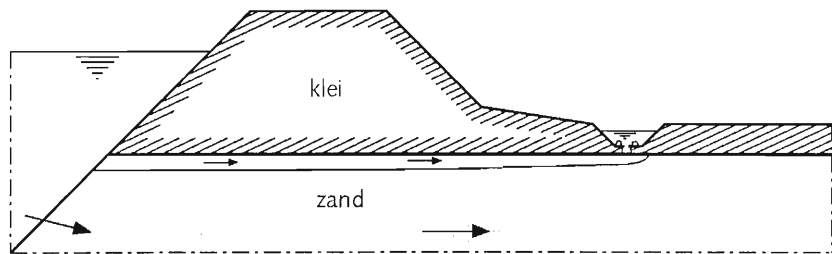
Figuur 3 Opbarsten



Figuur 4 Piping, begin van erosie



Figuur 5 Piping, terugschrijdende erosie



Figuur 6 Piping, doorgaande pijp

De kans op piping wordt in belangrijke mate beïnvloed door het verval over de waterkering enerzijds en de lengte van de kwelweg en de korrelgrootte van het zand in de watervoerende zandlaag anderzijds. Piping treedt alleen op als de grond eerst is opgebarsten.

In de eenvoudige toetsing op veiligheid (lit. 9) is het voldoende te kijken naar de dimensies van het profiel. Wanneer op basis van de afmetingen de dijk niet zonder meer veilig is, is het nodig de wijze van ontwerpen na te gaan. Bij twijfel wordt de methode van Bligh toegepast. Is daarna nog geen oordeel mogelijk, dan wordt een geavanceerde toetsmethode gebruikt. Dit is de methode van Sellmeijer (lit. 7). PC-Ring gaat uit van het laatstgenoemde model.

### 3.3.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans

Om te kunnen beoordelen of het mechanisme opbarsten en piping relevant is binnen een dijktraject, is altijd minstens een globaal inzicht nodig in de opbouw van de dijk en de ondergrond. Het geheel of delen van een dijktraject kunnen op basis van de eerste toets conform de Leidraad Toetsen op Veiligheid (lit. 9, fig. 4.3.2.2a en fig. 4.3.2.2b) voor piping het predikaat 'veilig met betrekking tot piping' verkrijgen. Hiervoor gelden drie criteria, die elk voldoende zijn om tot goedkeuring te komen, namelijk:

1. de samenstelling van dijk en ondergrond: bij dijken met een kern van zand op een zandondergrond is het mechanisme piping niet aan de orde (zie ook lit. 7);
2. een zeer geringe kans op opbarsten
3. een voldoende grote de kwelweglengte

Wanneer de dijken zijn overgedimensioneerd qua hoogte, is de kans op falen door overloop en overslag zeer klein of zelfs verwaarloosbaar. In zo'n geval kan een relatief kleine kans op piping toch maatgevend zijn voor de overstromingskans en is het mechanisme relevant.

### 3.3.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken

Delen binnen een dijktraject die niet aan het toetscriterium voldoen moeten soms verder onderverdeeld worden in dijkvakken. Dit is alleen nodig als de schematisering van de voor opbarsten en piping relevante opbouw en ondergrond sterk varieert.

Onderverdeling is nodig:

- bij een dik klei-/veenpakket waarin zandbanen of lokaal tussenzandlagen voorkomen,
- als een conservatief scenario niet kan uitsluiten dat doorgaande zandbanen onder de waterkering voorkomen, is een nadere uitsplitsing noodzakelijk,
- bij zandbanen of tussenzandlagen die in verbinding staan met het buitenwater en over de gehele breedte van de dijk doorlopen, omdat die dijktrajecten gevoelig kunnen zijn voor opbarsten.,
- bij sterke verschillen tussen de voor piping belangrijke parameters voor zandbanen of tussenzandlagen en die voor het diepe (pleistocene) zandpakket.

### 3.3.4 Indicator voor dijkvakselectie

Voor het beperken van het aantal dijkvakken voor dit mechanisme kunnen de volgende indicatoren worden gebruikt.

Wanneer op het mechanisme opbarsten en piping getoetst is met de methode Bligh of Sellmeijer, is bekend hoeveel over-/ondermaat er is op opbarstveiligheid en/of de pipinglengte. Deze maat kan worden gebruikt als indicator. Dijkvakken worden geselecteerd op basis van een oplopende indicator. In elk geval worden dijkvakken meegenomen met een ondermaat op de opbarstveiligheid of de pipinglengte.

Hieronder volgt een andere indicator. Voor elk dijkvak wordt een indicatieve opbarstveiligheid,  $F_{opb}$ , en een indicatieve pipingveiligheid,  $F_{pip}$ , berekend. De opbarstveiligheid wordt als volgt berekend:

$$F_{opb} = \frac{\gamma_{nat} - \gamma_w}{\gamma_w} \frac{d}{0.8(H - h_{binnen})}$$

waarin

$\gamma_{nat}$  = het (gemiddelde) verzadigd volumegewicht is van de laag die binnendijs de watervoerende zandlaag afdekt,

$d$  = de dikte van die laag,

$\gamma_w$  = het volumegewicht van water,

$H$  = de maatgevende buitenwaterstand en

$h_{binnen}$  = de binnenwaterstand (of het maaiveldpeil indien de opbarstlocatie op het maaiveld ligt).

Indien  $F_{opb} < 1$ , dan wordt  $F_{opb} = 1$  gesteld.

De indicatieve pipingveiligheid wordt berekend als:

$$F_{pip} = \frac{L}{18(H - h_{binnen} - 0.3d)}$$

Hierin is  $L$  de geschatte kwelweglengte. Indien  $F_{pip} < 1$  dan wordt  $F_{pip} = 1$  gesteld. Als indicator  $I$  voor de dijkvakselectie nemen we:

$$I_{opb/pip} = 3(F_{opb} - 1) + (F_{pip} - 1)$$

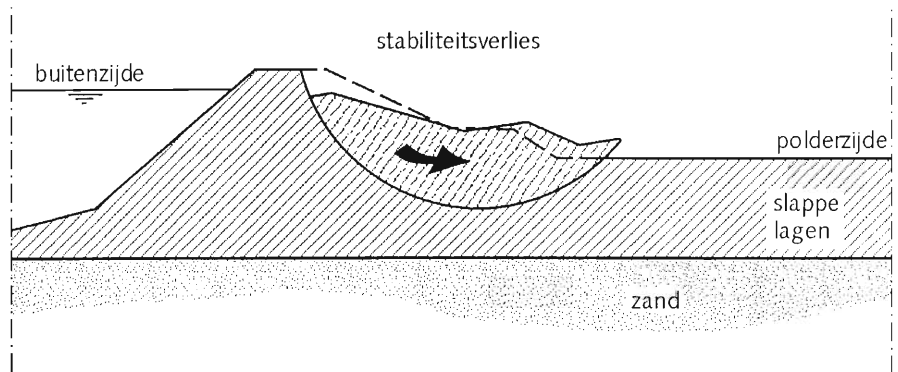
Dijkvakken worden geselecteerd op basis van een oplopende indicator. In elk geval worden dijkvakken meegenomen met  $I_{opb/pip} = 0$ .

### 3.4 Afschuiven binnentalud

#### 3.4.1 Inleiding

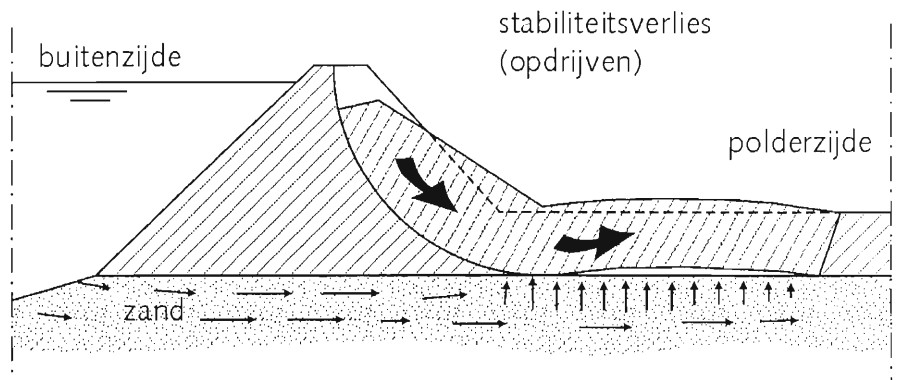
Onder macrostabiliteit wordt verstaan het afschuiven van grote delen van het grondlichaam. Voor de stabiliteit bestaan twee manieren van beoordeling: glijvlakberekeningen en eindige elementenmethode. In het project De Veiligheid van Nederland in Kaart worden alleen glijvlakberekeningen uitgevoerd voor afschuiven van het binnentalud.

De meeste glijvlakmethoden gaan uit van een cirkelvormig glijvlak.



Figuur 7 Afschuiven binnentalud

In opdrijfsituaties schuift de dijk af langs meer of minder langgerekte glijvlakken.



Figuur 8 Opdriften

Opdrijfsituaties komen voor het merendeel voor in gebieden waar de stijghoogten in de diepe (of tussen-) zandlaag sterk worden beïnvloed door buitenwaterstanden en waar binnendijks de zandlaag wordt afgedekt door een relatief licht klei-/veenpakket. Met name in het westen van het land (hoewel niet uitsluitend daar) doen zich die situaties voor.

---

Om te berekenen hoe groot de kans op afschuiven is, wordt in Nederland normaliter gebruik gemaakt van de Bishop-analyse. Deze methode gaat uit van een momentenevenwicht van de gehele afschuifmoot en verticaal krachtenevenwicht in de afzonderlijke lamellen. Het horizontaal krachtenevenwicht wordt niet meegenomen. Voor de analyse van macrostabiliteit in een oprijfsituatie wordt gebruik gemaakt van een speciale module in MSTAB (Uplift Van). Beide modellen gaan er verder vanuit dat afschuiven onmiddellijk falen inhoudt; er is dus geen vorm van reststerkte. PC-Ring gebruikt de uitkomsten van een probabilistische stabiliteitsanalyse. Het computerprogramma MPROSTAB (een probabilistische versie van het programma MSTAB) berekent de kans op afschuiven langs cirkelvormige glijvlakken. En het computerprogramma MSTAB (MSTAB met een probabilistische versie van het rekenmodel Uplift Van) berekent de kans op afschuiven in oprijfsituaties.

#### **3.4.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans**

In eerste instantie wordt ervan uitgegaan dat strekkingen die de score 'goed' krijgen volgens de eenvoudige toetsing op veiligheid (toetsing op basis van profiel) niet relevant zijn. Echter hierdoor kan zoveel buiten de selectie vallen, dat geen goede berekening van de overstromingskans voor afschuiven van het buitentalud is te maken. In dat geval is de strekking toch relevant en moet meer in detail worden gekeken.

Strekkingen van de dijk die bij de vigerende maatgevende waterstand een grote stabiliteitsfactor hebben, hebben een kleine bijdrage aan de totale kans op afschuiven binnentalud. Is de stabiliteitsfactor groter dan de volgende waarde, dan is naar verwachting de bijdrage aan de overstromingskans te verwaarlozen:

- > 1,6 bij gemiddelde waarden van parameters uit celproeven
- > 1,35 bij rekenwaarden van parameters uit celproeven
- > 1,5 bij gemiddelde waarden van parameters uit triaxiaalproeven
- > 1,2 bij rekenwaarden van parameters uit triaxiaalproeven

Hoewel met de voorgestelde selectiestrategie het aangeven van zo'n bovengrens eigenlijk overbodig is, kan deze dienen voor een eerste overzicht van dijktrajecten die naar verwachting niet significant zullen bijdragen aan de afschuifkans. In paragraaf 3.4.4 staan indicatieve omrekenregels indien de schuifsterkte waarmee wordt gerekend is gebaseerd op triaxiaalproeven en/of op 'rekenwaarden' conform de Leidraad Rivierdijken (lit. 1 en 2).

#### **3.4.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken**

Na een volledige toetsing zijn de eventuele 'zwakke plekken' bekend. De vakindeling kan daarna op basis van de toetsingsrapportage plaatsvinden. De benodigde informatie is in beginsel dezelfde als bij een eerste toetsing. Eerst wordt informatie over de geometrie verzameld, dan wordt het traject opgedeeld in vakken met een representatief dwarsprofiel en vervolgens worden indicatieve stabiliteitsfactoren berekend. Wanneer op grond van archief-informatie geen redelijke schematisering van de ondergrondopbouw in het traject mogelijk is, moet de informatie worden aangevuld met veldmetingen (verkennd onderzoek voor toetsing). Informatiebronnen zijn projectarchieven dijkversterkingen, grondmechanisch archief van adviseur en beheersarchieven (legger, beheersregister).

#### **3.4.4 Indicator voor dijkvakselectie**

De stabiliteitsfactor van het representatieve profiel is een indicator voor de selectie van vakken voor de berekening van de bijdrage die afschuiven heeft aan de overstromingskans. De stabiliteitsfactor helpt bij de selectie van dwarsprofielen langs de dijkring. Op basis van rangorde van de indicator en

(voor de sterkere vakken) de beschikbaarheid van gegevens wordt een beperkt aantal dijkvakken rondom de dijkkring gekozen.

De stabiliteitsfactor hangt af van de manier van schatten van de schuifsterkte.  
 $n$  = stabiliteitsfactor gebaseerd op gemiddelde (= 'best guess') waarden van de schuifsterkte

$\gamma$  = stabiliteitsfactor gebaseerd op 'rekenwaarden' voor de schuifsterkte.

De stabiliteitsfactor is anders bij gebruik van celproeven dan bij triaxiaalproeven. Er is geen relatie te geven tussen de stabiliteitsfactor  $n_{\text{cel}}$  en  $n_{\text{triax}}$  of de stabiliteitsfactor  $\gamma_{\text{cel}}$  en  $\gamma_{\text{triax}}$ .

Bij het selecteren van dijkvakken behoeven vakken die zijn doorgerekend met parameters op basis van triaxiaalproeven en celproeven aparte aandacht.

Een stabiliteitsfactor op basis van gemiddelde waarden en op basis van rekenwaarden is wel onderling te vergelijken voor het maken van een selectie.

De indicatieve omrekeningsrelaties (uitgaande van het 5% rekriterium bij de interpretatie van gedraineerde en geconsolideerde triaxiaalproeven) zijn als volgt:

$$n_{\text{cel}} \approx \gamma_{\text{cel}} * 1,20$$

$$n_{\text{triax}} \approx \gamma_{\text{triax}} * 1,30$$

Dit zijn nadrukkelijk indicatieve relaties die uitsluitend bedoeld zijn om toe te passen in de procedure voor het selecteren van dijkvakken. Deze indicaties voor de stabiliteitsfactor zijn afgeleid van de huidige veiligheidsnorm voor dijken.

Wanneer dijken zijn ontworpen bij een andere norm, kan in overleg met experts worden besloten een dijkvak alsnog te selecteren.

### 3.5 Beschadiging bekleding en erosie

#### 3.5.1 Inleiding

Bij het mechanisme 'beschadiging bekleding en erosie dijklichaam' bezwijkt de dijk doordat eerst de bekleding beschadigt door de golfaanval en daarna de doorsnede van de dijk kern door erosie vermindert. Dit faalmechanisme bestaat derhalve uit twee deelmechanismen, te weten één voor 'beschadiging bekleding' en één voor 'erosie van het dijklichaam'. Met erosie van het dijklichaam wordt bedoeld erosie van een eventuele filter- of kleilaag en erosie van de dijk kern.

Het al dan niet falen door erosie hangt af van de stormduur (=  $t_s$ ).

De mate waarin beschadiging op kan treden en de gevoeligheid hiervoor is afhankelijk van de bekleding van het dijklichaam (gras, steen of asfalt). Bij **grasbekleding** gaat het bij een toetsing op veiligheid (volgens lit. 9) om de vraag of de kwaliteit van de grasbekleding voldoende is en of de reststerkte (de erosiegevoeligheid van de klei onder de zode) voldoende is. De berekening met PC-Ring maakt gebruik van de bewortelingsdiepte van gras.

Bij een gedetailleerde toetsing op veiligheid wordt gekeken naar de reststerkte van klei op basis van de erosiebestendigheid en de helling van het talud. In PC-Ring wordt gecontroleerd of de kleilaag en kleikern van de dijk dik genoeg zijn. Bij **steenbekleding** bepalen twee achtereenvolgens optredende deelmechanismen het totale mechanisme. Het eerste deelmechanisme is het bezwijken van de bekleding (afhankelijk van de sterkte van de steenzetting en de golfhoogte). Het tweede is erosie van het dijklichaam na bezwijken van de steenzetting (reststerkte). De berekening maakt onderscheid tussen een steenzetting direct op klei en een steenzetting op een granulair filter. De berekening van de faalkans van de steenbekleding is anders dan die in de toetsing wordt gebruikt, maar vergt weinig extra gegevens.

Bij **asfaltbekleding** wordt in PC-Ring gekeken naar golfklappen op de bekleding en wateroverdrukken onder de bekleding, net zoals dat bij de toetsing gebeurt.



---

PC-Ring hanteert de formuleringen op basis van het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren, Concept Revisie 6.1 (lit. 12). Verder wordt gekeken naar de reststerkte van de dijk kern.

### **3.5.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans**

Het type bekleding, de locatie van de dijk ring en het soort materiaal waar de dijk uit is opgebouwd (klei, zand of een mengsel) bepalen de relevantie die de afzonderlijke mechanismen voor de overstromingskans hebben.

#### **Ligging op het talud**

Voor de bekleding wordt de ligging op het talud gevraagd. Het programma PC-Ring biedt nog niet de mogelijkheid meerdere typen bekleding per dwarsprofiel samen door te rekenen. Als invoer wil het programma per berekening slechts één type bekleding per dwarsprofiel hebben, de maatgevende bekleding. In de praktijk komen meerdere typen op een talud echter vaak voor en is niet altijd te zeggen welk type bekleding maatgevend is, zeker niet wanneer de waterstand varieert. Daarom wordt minimaal voor die dwarsprofielen gevraagd alle typen bekleding op te geven inclusief de hoogteligging. Per bekleding staan hieronder overwegingen om slechts één type bekleding op te geven. Een hard criterium is hiervoor niet te geven. Bij twijfel kan in overleg een bekledingstype worden weggelaten, dan wel worden toegevoegd.

#### **Erosiebestendigheid**

Als de dijk een kleikern heeft, dan is de bijdrage aan de overstromingskans te verwaarlozen. Dit is uit eerdere berekeningen met PC-Ring gebleken. Zanddijken bezitten daarentegen geen reststerkte als de bekleding bezwijkt. Ter controle is het niettemin gewenst één dwarsprofiel mee te nemen met een kleikern en bij een dijk ring in het bovenrivierengebied één met een harde bekleding.

#### **Grasbekleding**

Bij zeedijken kan een deel van het talud bekleed zijn met gras. Dit gras ligt in principe in een zone die niet zo sterk wordt aangevallen (boven toetspeil +  $\frac{1}{2}H_s$ ). Voor zo'n dwarsprofiel hoeft alleen de steen- of asfaltbekleding berekend te worden. Let op dat bij oudere ontwerpen, gewijzigde randvoorwaarden of een slechte ontwikkeling van het vegetatiedek (bijvoorbeeld in een zout milieu of op zware klei) beschadiging van de grasbekleding wel degelijk relevant kan zijn.

Voor grasbekleding in het (boven)rivierengebied is de vraag in hoeverre erosie van de bekleding bijdraagt aan de overstromingskans van de dijk ring. Daar komt bij dat informatie over de kwaliteit van de grasmat lang niet altijd aanwezig is. Als conservatieve insteek wordt bij gebrek aan informatie aangenomen dat de grasmat van slechte kwaliteit is, mits er een dekkende grasmat aanwezig is. Anders wordt aangehouden dat de grasmat afwezig is.

#### **Steenbekleding**

Harde bekledingen in het bovenrivierengebied zijn meestal aangelegd om het onderhoud te beperken en niet primair voor bescherming tegen hoge waterstanden. Dijktrajecten (of delen ervan) waar dit het geval is kunnen in eerste instantie buiten beschouwing blijven. Bij eerdere studies waarin dit soort bekledingen wel is meegenomen, bleek dat de bijdrage aan de overstromingskans zeer klein was. Ter controle is het niettemin gewenst één dwarsprofiel mee te nemen.

Bij zee- en meerdijken speelt het mechanisme beschadiging steenbekleding een essentiële rol.

Voor beoordeling van steenbekledingen (basalton) bij een steil talud (steiler dan 1:2,5) bestaat geen geschikt toetsmodel. Het wordt aangeraden om de formules toe te passen alsof ze ook voor steilere hellingen gelden. In het rivierengebied zal dit waarschijnlijk geen probleem geven, omdat schade aan bekleding niet direct tot overstroming leidt en het mechanisme overloop/overslag dominant is. Analyse van de resultaten moet uitwijzen of door het toepassen van de methode buiten het geldigheidsgebied de uitkomsten betrouwbaar genoeg zijn.

#### **Asfaltbekleding**

In het bovenrivierengebied komen plaatselijk asfaltbekledingen voor. Deze zijn over het algemeen niet aangelegd om de veiligheid te garanderen tijdens hoog water. In veel gevallen hoeven die dwarsprofielen dan ook niet te worden meegenomen in de overstromingskansberekening.

#### **3.5.3 Opdelen dijktraject in dijkvakken**

In een dijkring komen meestal verschillende typen bekledingen voor, terwijl ook de kern van het dijklichaam verschillend kan zijn. De opdeling van dijktrajecten in dijkvakken is afhankelijk van bekledingstype en opbouw van het dijklichaam. Voor het schematiseren van de dijkvakindeling zijn daarom nadere gegevens noodzakelijk. Na het falen van de bekleding van de dijk wordt de reststerkte aangesproken. Belangrijk hierbij zijn de grootte van het dwarsprofiel en de kwaliteit van de afdeklaag en dijk kern.

#### **3.5.4 Indicator voor dijkvakselectie**

Voor het maken van een selectie is het nodig een rangorde aan te brengen per bekledingstype (gras, steen of asfalt). Dit gebeurt bij voorkeur op basis van de methode van de Leidraad Toetsen op Veiligheid (lit. 9, Katern 8). Per bekledingstype worden alle slecht scorende dijkvakken in de berekeningen meegenomen. Dit zijn de categorieën 'onvoldoende', mits aanwezig, en 'nader onderzoek'.

Als slechts enkele typen bekledingen voorkomen, bestaat de selectie uit een beperkt aantal vakken rondom de dijkring. De keuze van deze vakken geschiedt op basis van gevolgen van overstroming, belasting, oriëntatie, profiel en opbouw van het dijklichaam. Dit geldt bijvoorbeeld in het bovenrivierengebied waar vrijwel overal grasbekleding is.

Bij de bepaling van de rangorde moet rekening worden gehouden met de invloed van het materiaal waaruit de dijk kern is opgebouwd vanwege de erosiebestendigheid en de invloed van de belasting. Hierbij is relevant dat golfhoogten tot 0,75 m geen schade zullen aanrichten aan een grasbekleding, mits deze bestaat uit een gelijkmatige, gesloten zode met een hoge worteldichtheid (zie lit. 9).

Als een vijfjaarlijkse toetsing op veiligheid heeft plaatsgevonden, dan kan de selectie plaatsvinden op basis van de informatie die bij de beheerder beschikbaar is. Als dat niet het geval is, dan kan de rangorde worden bepaald door een toetsing op basis van geschatte waarden. In hoofdstuk 4 staat hoe informatie kan worden verkregen c.q. geschat. In sommige dijkringgebieden is het uitvoeren op basis van geschatte waarden te veel werk. Hier zal de beheerder een representatieve selectie van dijkvakken moeten maken. De selectie hangt af van de typen bekleding (minimaal per bekledingstype één dwarsprofiel), gevolgen van overstroming, belasting, oriëntatie, profiel en opbouw van het dijklichaam.

---

### 3.6 Duinafslag

#### 3.6.1 Inleiding

Het faalmechanisme voor duinen is afslag. Een duin bezwijkt wanneer door afslag het grensprofiel wordt overschreden. In de Leidraad Duinafslag wordt het grensprofiel gespecificeerd. De berekening van de faalkans van een duin in PC-Ring is gebaseerd op Duros. Dit is de huidige toetsmethode.

Een moeilijkheid treedt op wanneer een duin bezwijkt als de kritieke parallelle duinregels niet op elkaar aansluiten, waardoor een soort zijdelingse instroomopening ontstaat. Dit verschijnsel is niet in PC-Ring opgenomen. In voorkomende situaties moet dit in de rapportage worden vermeld.

#### 3.6.2 Relevantie van het mechanisme voor de overstromingskans

De zandige kust als primaire waterkering bestaat uit het geheel van onderwateroever, strand en duingebied. De zandige kust kan in drie typen kustzones worden ingedeeld: brede duingebieden, smalle duingebieden en duingebieden met bebouwing.

- Het mechanisme duinafslag is voor brede duingebieden nauwelijks relevant. Bij duinafslag aan zee blijft immers altijd nog voldoende duingebied over.
- De smalle duingebieden voldoen juist aan de veiligheidseisen en zijn daarom relevant.
- Afslag van duingebieden met bebouwing kan in PC-Ring niet als zodanig worden meegenomen in de berekening van de overstromingskans. Alleen duinen zonder bijzondere constructies kunnen worden doorgerekend. De relevantie van deze vakken dient in de rapportage worden beschreven.

#### 3.6.3 Opdelen dijktraject in duinvakken

Normaal gesproken is het voldoende duinvakken van 200 meter te onderscheiden. Dit komt overeen met de bekende Jarkusraaien die met een grote regelmaat worden opgemeten. In alle gevallen is het noodzakelijk om, bijvoorbeeld met behulp van duinkarteringen, na te gaan of er zich in het tussenliggende gebied wellicht nog onveilige situaties voordoen.

Op basis van visuele inspectie en ervaringen uit het verleden kunnen een groot aantal 'zeer veilige' duinvakken (zoals vastgelegd in de rapportage van de 5 jaarlijkse toetsing op veiligheid) voorlopig voor verdere analyse worden uitgesloten. Duinen zijn door hun dynamisch karakter vaker dan dijken punt van aandacht van de betreffende beheerders geweest, zodat goede informatie beschikbaar is.

Een moeilijkheid ligt in het onderscheid tussen het deel van de duinen dat officieel dienst doet als waterkering en de rest van het duinlandschap. Soms is de officiële waterkering aan de magere kant, maar ligt er aan de landzijde daarvan nog een heel groot recreatie- of natuurgebied waarvan bij een stormvloed een grote weerstand mag worden verwacht. In de berekening van de overstromingskans van duinen wordt niet uitgegaan van de geformaliseerde 'waterkering', maar van de fysisch aan de kering meewerkende duinen.

#### 3.6.4 Indicator voor dijkvakselectie

Via de resultaten van de toetsing op veiligheid kunnen de meest kritische raaien worden geselecteerd. Overigens heeft het weinig voordelen raaien weg te laten waarvan de profielen in tabel of in digitale vorm bekend zijn. De hoeveelheid invoer- en rekenwerk is beperkt (zie hoofdstuk 4 voor de benodigde invoer). In ieder geval moeten ook enkele raaien, die op het oog als "zeer veilig" wordt aangemerkt, bij wijze van controle worden doorgerekend.

---

## 4 Gegevensverzameling per dwarsprofiel

---

### 4.1 Inleiding

PC-Ring is een probabilistisch model. Dit betekent dat van de benodigde gegevens (kentallen), zoals bijvoorbeeld de kruinhoogte, een verwachtingswaarde (gemiddelden) en spreiding rond het gemiddelde gevraagd worden. Spreidingen kunnen worden uitgedrukt in termen van een standaardafwijking of in termen van een variatiecoëfficiënt (relatieve spreiding). In dit hoofdstuk wordt per bezwijkmechanisme het volgende beschreven:

- Kerninformatie voor de probabilistische analyse (alle gegevens die nodig zijn voor de berekening van de overstromingskans);
- Benodigde gegevens incl. de relatie met de voor de toetsing benodigde gegevens (alle gegevens die voor dit mechanisme ingevoerd dienen te worden). Het gaat om een berekening van de overstromingskans en niet om een ontwerpberekening. Net als bij de toetsing, waarbij recente gegevens moeten worden gebruikt, worden in principe de werkelijk gemeten waarden gevraagd;
- Verdere aanwijzingen voor het inwinnen van gegevens voor de probabilistische analyses, namelijk:
  - Beoordeling van de beschikbare gegevens plus de eventuele noodzaak tot aanvullende gegevensverzameling;
  - Methode hoe om te gaan met ontbrekende gegevens en criteria wanneer aanvullende gegevensverzameling noodzakelijk is;
  - Indicaties voor standaardafwijkingen of variatiecoëfficiënten voor de meeste kentallen. Deze indicaties zijn ontstaan op basis van ervaring in de voorgaande casestudies (Marsroute (lit. 8), SPRINT (lit. 10)). In de Theoriebeschrijving van PC-Ring (lit. 14) zijn indicaties gegeven en deze zijn als standaardwaarden in de inwinspreadsheet gegeven. Over het algemeen zijn deze indicaties goed bruikbaar voor het VNK-project. Wanneer van een dwarsprofiel veel metingen beschikbaar zijn en de werkelijk geobserveerde fluctuaties rond een gemiddelde waarde significant groter of kleiner zijn, dan kan de standaardwaarde in het inwinspreadsheet worden aangepast;
  - Verwijzingen naar de tabbladen van het inwinspreadsheet, waarop de benodigde gegevens overzichtelijk en eenvoudig kunnen worden ingevoerd.

### 4.2 Leeswijzer

Met betrekking tot een dwarsdoorsnede is het volgende van belang: gegevens van de dijkkring, de dijkvakken, de geometrie en gegevens per bezwijkmechanisme. In de tabellen met benodigde gegevens is met een sterretje (\*) aangegeven welke gegevens al bekend worden verondersteld n.a.v. de toetsing op veiligheid. Dit zijn gegevens die voor een eenvoudige toetsing nodig zijn.

Geprobeerd is om aan te sluiten bij de inwinspreadsheet die is ontwikkeld voor PC-Toets. De PC-Toets inwinspreadsheet is gebaseerd op de toetsschema's in de Leidraad Toetsen op Veiligheid (lit. 9). Dit zijn over het algemeen niet de basisgegevens. Om toch zoveel mogelijk aan te sluiten bij PC-Toets en andere

structuren is voor zover bekend ook de ADVENTUS naam vermeld van het betreffende gegeven.

Daarnaast is in de eerste kolom het in PC-Ring gehanteerde symbool van het gegeven vermeld. Eerst worden algemene gegevens beschreven, zoals dijkkring, dijkvak en geometrie van het dwarsprofiel. De hoofdstukken komen overeen met de invulbladen van het inwinspreadsheet. Aangegeven wordt welk model het programma PC-Ring gebruikt, welke gegevens nodig zijn en verder worden aanwijzingen bij de verzameling ervan gegeven. Tot slot wordt kort iets gezegd over golfgroei en extra gegevens ten behoeve van de presentatie van resultaten.

#### 4.3 Dijkkring

De naam en het nummer van de dijkkring komen overeen met wat in de Wet op de waterkering is vastgelegd. Het aantal dijkvakken is afhankelijk van het aantal geschematiseerde dwarsprofielen.

Dijkkring	Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
naam van de dijkkring		GDRNAAM	*
nummer van de dijkkring		GDRIDENT	*
aantal dijkvakken			*

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

Deze gegevens worden ingevuld op het blad DIJKRING van de inwinspreadsheet.

#### 4.4 Dijkvak

Aan een dwarsprofiel worden de gegevens gekoppeld die vermeld staan in de tabel Dijkvak. Deze gegevens worden gevraagd op het tabblad DIJKVAK van de inwinspreadsheet.

Dijkvak	Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
dijkvaknummer		DWKIDENT	*
naam dijkvak		DWKNAAM	*
dijkvaktype	dijk/duin/kunstwerk/hoge grond/overig	DWKTYPE	*
lengte van dijkvak	[m]	lengte	*
(x, y)-coördinaten begin en eind	rijksdriehoekskoördinaten t.b.v. GIS		
aard van de bedreiging	zee, rivier, meer		*

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

Het begin- en eindpunt dienen op de dijkkring te liggen.

#### 4.5 Dwarsprofiel

De geografische coördinaten zijn nodig voor de presentatie van de resultaten. Ze zijn niet nodig voor de berekening van de overstromingskans, maar zorgen voor een helder beeld van de overstromingskansen per dijkvak, dijkkringgebied en voor heel Nederland. Het gebied, taknummer, raainummer en de dijknormaal zijn nodig voor het bepalen van de hydraulische belasting.

De gegevens van de geometrie worden bij meerdere mechanismen (overloop / overslag, opbarsten / piping en bekleding) gebruikt. Daarom worden ze hier apart genoemd.

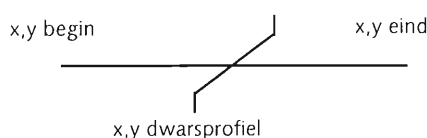
In onderstaande tabel staan de gegevens van het dwarsprofiel. In bijlage 3 staat een schema van de geometrie.

Dwarsprofiel	Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
x,y-coördinaten representatief dwarsprofiel	rijksdriehoekskoördinaten	MRF(X,Y)COOR	
gebied	zie bijlage 2		
taknummer/kustvaknummer	zie bijlage 2		
raainummer	zie bijlage 2		
richting dijknormaal	° t.o.v. noord (met de klok mee is +)		*
aantal coördinaat paren (x,z)	zie bijlage 3		
x,z-coördinaten dwarsprofiel	x in [m], z in [m+NAP]		
ruwheidsfactor buitentalud onder en boven	zie bijlage 3 en 4	DDPRGLF / lit. 9 katern 3 tabel 2.3.3.1	*

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

#### 4.5.1 Aanwijzingen voor gegevensverzameling

##### x, y-coördinaten



Het punt dat hoort bij de x en y-coördinaat van het dwarsprofiel dient op de (buiten)kruinlijn van de dijkkring te liggen en logischerwijs tussen het begin- en eindpunt. De coördinaten zijn bedoeld voor een GIS en worden gebruikt bij het koppelen van de voor die locatie specifieke hydraulische randvoorwaarden.

##### Gebied, taknummer, kustvaknummer en raainummer

Gebied (bijlage 2), taknummer of kustvaknummer en raainummer worden gevraagd om te bepalen welke hydraulische randvoorwaarden gelden bij het gekozen dwarsprofiel. Het gebied, waarin het dwarsprofiel zich bevindt, is van belang voor het belastingmodel, ofwel de soort wind-waterstand-statistiek die gebruikt wordt.

Het raainummer hangt af van het gebied. Voor duinen wordt altijd het jarkusraainummer aangehouden. Voor IJsselmeer en Markermeer wordt de nummering en naamgeving gevraagd conform het randvoorwaardenboek (lit. 5). In het rivierengebied worden de kilometerraaien gevraagd.

Het taknummer geeft aan in welk deelgebied het dwarsprofiel ligt. Het komt namelijk voor dat een dijkvak aan de IJssel hetzelfde raainummer heeft als aan de Rijn, terwijl het in hetzelfde belastingmodel zit.

Door gebied, taknummer en raainummer wordt dus een eenduidige nummering van de bij het dwarsprofiel behorende randvoorwaarden gegeven.

##### x ,z-coördinaten dwarsprofiel

Voor de berekeningsmethode in PC-Ring wordt een schematisering van het buitentalud gevraagd. Er kunnen 5 tot 8 puntenparen worden opgegeven (zie bijlage 3). Het aantal punten hangt af van de kenmerken van het dwarsprofiel, zoals een al dan niet vlakke kruin en de aanwezigheid van een berm of een knik in het buitentalud. De helling van de kruin is maximaal 1:15



(dit is de helling tussen de buitenkruinlijn en het hoogste punt). Ook de helling van de berm is maximaal 1:15.

In 4.6 staan aanwijzingen voor gegevens die uit de profielgegevens worden berekend (zoals bermbreedte en bermhoogte).

#### Ruwheidsfactor

Deze factor heeft alleen invloed op het mechanisme overloop en overslag, maar wordt bepaald op basis van de bekleding op het buitentalud. Bij twijfel of bij meerdere soorten bekleding op één taluddeel moet de meest conservatieve waarde aangehouden worden. Dit is de minst ruwe bekleding. De ruwheid onder de berm of knik wordt gevraagd en de ruwheid boven de berm of knik. De ruwheid van het voorland wordt niet gevraagd.

### 4.6 Overloop en overslag

#### 4.6.1 Kerninformatie voor de probabilistische analyse

De gevraagde informatie is ruwweg op te delen in twee groepen, namelijk informatie die nodig is voor het berekenen van overslagdebieten en informatie over de sterkte van het binnentalud.

1. Hydraulische randvoorwaarden (via ZWENDL, SOBEK, etc.)
2. Gegevens ten behoeve van golfgroei (Bretschneider)
  - 2.1. in 16 windrichtingen: strijkvakdiepten, strijkvaklengten
  - 2.2. diepte van teen van de dijk
  - 2.3. reductiefactoren voor golfgroei  $K_s K_r$  (zie Technisch Rapport Golfoploop en Overslag bij Dijken (lit. 17))
3. Gegevens voor berekening overslagdebiët:
  - 3.1. kruinhoogte van de dijk
  - 3.2. helling buitentalud onder berm
  - 3.3. helling buitentalud boven berm
  - 3.4. bermhoogte
  - 3.5. bermbreedte
  - 3.6. reductiefactoren voor ruwheid buitentalud (tabelwaarden afhankelijk van type bekleding, zie bijlage 4)
4. Gegevens ten behoeve van de sterkte van het binnentalud:
  - 4.1. overslagduur (afhankelijk van de stormduur)
  - 4.2. helling binnentalud
  - 4.3. ruwheidsfactor binnentalud (volgens Strickler)
  - 4.4. erosiebestendigheid grasmat  $c_g$ , afhankelijk van kwaliteit grasmat
  - 4.5. erosiebestendigheid kleibekleding binnentalud  $c_{RK}$ , afhankelijk van kwaliteit klei

Rijkswaterstaat levert de hydraulische randvoorwaarden. Hiervoor hoeven dus geen gegevens verzameld te worden.

Voor Oosterschelde, Westerschelde, kust, Waddenzee, IJsselmeer en Markermeer levert Rijkswaterstaat de gegevens over golfgroei. Voor de overige gebieden moeten gegevens m.b.t. strijklengte worden verzameld. Paragraaf 4.11 bevat een nadere uitleg. PC-Ring berekent de diepte van de teen van de dijk aan de hand van de teenhoogte en de hydraulische randvoorwaarden. De teenhoogte wordt op basis van de profielpunten berekend.

De geometriegegevens voor de berekening van het overslagdebiët worden automatisch uit de profielpunten gelezen.

Voor de sterkte van het binnentalud geldt dat de overslagduur wordt berekend op basis van de geometriegegevens en de hydraulische randvoorwaarden. De ruwheid van het binnentalud hangt af van de bekleding. PC-Ring heeft hiervoor een standaardwaarde. Onder gegevens voor het schademechanisme vallen ook gegevens over erosie van de kern van de dijk.

#### 4.6.2 Benodigde gegevens

Overloop en overslag		Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
$h_k$	kruinhoogte	<sup>1)</sup>	DDPKRUIN	*
$h_B$	bermhoogte	<sup>1)</sup>	PWGHOBUB	*
$B$	bermbreedte	<sup>1)</sup>	PGWBRBUB	*
$h_t$	teenhoogte	<sup>1)</sup>		
$\tan a_{u,b}$	helling buitentalud boven de berm of knik	<sup>1)</sup>		*
$\tan a_{u,o}$	helling buitentalud onder de berm of knik	<sup>1)</sup>		*
$\tan a_i$	helling binnentalud	<sup>1)</sup>	MSIHBTLT	*
$c_g$	erosiebestendigheid grasmat binnentalud	zie bijlage 5		
$c_{rk}$	erosiebestendigheid kleibekleding	zie bijlage 5		
$d_w$	bewortelingsdikte binnentalud			

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

<sup>1)</sup> de gemiddelde waarde is geen invoer. Deze wordt berekend op basis van de x,z-coördinaten van het dwarsprofiel. Voor de spreiding kan desgewenst een andere waarde dan de standaardwaarde worden opgegeven.

#### 4.6.3 Aanwijzingen voor gegevensverzameling

##### Algemeen

In de inwinspreadsheet zijn de benodigde gegevens voor de berekening van het mechanisme overloop/overslag verdeeld over twee tabbladen, te weten het blad DWARSPROFIEL (zie 4.5) en het blad OVERLOOP EN OVERSLAG. Voor de variatiecoëfficiënten en standaardafwijkingen zijn reeds standaardwaarden aangegeven in de spreadsheet (lit. 14). Bij voldoende meetgegevens of duidelijke andere aanwijzingen kunnen deze standaardwaarden worden aangepast.

##### Kruinhoogte

Standaardwaarde voor de standaardafwijking van de kruinhoogte binnen een dijkvak is  $\sigma = 0,10$  m (komt overeen met fluctuaties van  $\pm 0,15$  m). Dit is een waarde die aangeeft dat er een afwijking kan zijn in de kruinhoogte door meetfouten en onregelmatige zettingen. Deze waarde geeft niet de variatie aan over de lengte van het dijkvak in verband met het verhang in de rivier. Op basis van metingen kan deze waarde worden aangepast (bij hoogtemetingen t.o.v. NAP corrigeren voor verhang in de rivier!).

##### Bermhoogte, -breedte en teenhoogte

De bermbreedte en teenhoogte worden gebruikt bij het berekenen van overloop en overslag. De theoretische waarden uit de legger en de werkelijk gemeten waarden van de dijk (register) kunnen erg verschillen. Het gaat om een berekening van de overstromingskans en niet om een ontwerpberekening. Net als bij de toetsing van de hoogte, waarbij een recente waterpassing moet worden gebruikt, wordt hier de werkelijk gemeten waarde bedoeld. Standaardwaarde voor de standaardafwijking is  $\sigma_{hB} = 0,20$  m,  $\sigma_B = 0,15$  m,  $\sigma_{ht} = 0,20$  m

### Sterkte van het binnentalud

De sterkte van het binnentalud speelt alleen een rol bij grotere overslagdebieten. In de inwinspreadsheet worden voor de sterkte van het binnentalud de erosiebestendigheid van de grasmat en de kleibekleding en de bewortelingsdikte gevraagd. Voor de analyse van de overstromingskans kan in eerste instantie worden volstaan met conservatieve aannames voor de sterkte van de binnenbekleding. Hiervoor zijn standaardwaarden gegeven: matig/slechte erosiebestendigheid en een bewortelingsdikte van 5 cm. Als schatting kunnen ook de waarden van de grasbekleding op het buitentalud worden gebruikt. Wanneer voor overloop en overslag de bijdrage aan de overstromingskans niet significant is, hoeft niet verder naar het binnentalud gekeken te worden. Alleen wanneer het mechanisme op basis van de conservatieve aannames wel significant bijdraagt aan de overstromingskans, is het alsnog nodig informatie in te winnen over de schademechanismen.

## 4.7 Opbarsten en piping

### 4.7.1 Kerninformatie voor probabilistische analyse

Voor het deelmechanisme opbarsten is relevant:

- dikte en gemiddeld verzadigd volumegewicht van de deklaag binnendijs
- potentiaal in de watervoerende zandlaag ter plaatse van de opbarstlocatie, als functie van de buitenwaterstand
- binnenwaterstand (afhankelijk van de opbarstlocatie)

Voor het deelmechanisme piping:

- de kwelweglengte
- dikte van de watervoerende zandlaag
- korreldiameter (10 % en 70 % fractiel) van het zand in de watervoerende zandlaag
- de doorlatendheid van de watervoerende zandlaag

### 4.7.2 Benodigde gegevens

Opbarsten en piping			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
d	dikte afsluitende kleilaag	m		TGPMINSL	*
D	dikte watervoerend pakket	m			
$L_B$	kwelweglengte	m	zie lit. 7	TGPKWEL	*
k	doorlatendheid zandlaag	m/s			
$d_{10}$	10-percentielwaarde korrelverdeling	m			
$d_{70}$	70-percentielwaarde korrelverdeling	m			
u	uniformiteit	-	$= d_{60}/d_{10}$		
$\gamma_{nat}$	volume gewicht opbarstende grond	kN/m <sup>3</sup>			
$h_b$	hoogte binnenwaterstand	m+NAP	polderpeil	DDPWNTPL	*
$m_h$	dempingsfactor	-	berekening met WATEX		

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

### 4.7.3 Aanwijzingen voor gegevensverzameling

#### Algemeen

In gebieden waarin uit ervaringen bij hoge waterstanden altijd welvorming optreedt, is het mechanisme opbarsten en piping uiterst relevant. Het heeft echter weinig zin om veel moeite te steken in informatie-inwinning over de gevoeligheid van de deklaag voor opbarsten, omdat de kans op opbarsten erg groot zal zijn en het eigenlijk niet interessant is of die kans

bijvoorbeeld 0,8 is of 0,95. Voor de probabilistische analyse kan dan volstaan worden met conservatieve schattingen van de voor opbarsten relevante parameters. Een eventuele kleine bijdrage van het mechanisme opbarsten/piping aan de overstromingskans kan alleen veroorzaakt worden door het deelmechanisme piping. De informatie-inwinning moet zich richten op dit deelmechanisme.

Voor het mechanisme piping wordt gerekend met de doorlatendheid, korrelverdeling en uniformiteit. Wanneer in de rapportage van onderzoek slechts één van deze gegevens is gerapporteerd, kan m.b.v. lit. 7 of 20 een waarde voor de andere gegevens worden geschat.

Voor de standaardafwijkingen of variatiecoëfficiënten zijn standaardwaarden gegeven. Bij voldoende meetgegevens of duidelijke andere aanwijzingen kunnen deze standaardwaarden worden aangepast. De gegevens worden ingevoerd op het blad OPBARSTEN EN PIPING.

#### **Specifieke pipingparameters**

In PC-Ring wordt gebruik gemaakt van het model van Sellmeijer (zie lit. 7). Hierin komen parameters voor, die normaliter niet tot de gebruikelijk bekende grondgegevens kunnen worden gerekend. In PC-Ring wordt daarom met 'literatuurwaarden' voor die parameters gerekend. De gegevensverzameling kan zich beperken tot die gegevens die in de paragraaf 'kern-informatie' zijn genoemd. Uit deze gegevens kunnen de in PC-Ring in te voeren parameters worden herleid. Voor de standaardafwijking van parameters zijn in de inwinspreadsheet standaardwaarden gegeven.

#### **Dikte van de afsluitende deklaag (relevant voor opbarsten)**

Het gaat hierbij om de gemiddelde waarde en de variatiecoëfficiënt van de dikte van deze laag binnen het dijkvak. Standaard wordt in PC-Ring uitgegaan van een variatiecoëfficiënt van  $V_d = 0,30$ . Dit wil zeggen dat de dikte van de afsluitende deklaag ligt tussen het gemiddelde plus of min 50 %. Voor gemiddeld dunne afdekkingen is dat reëel, voor dikke lagen (in het westen van Nederland) zal de variatiecoëfficiënt kleiner zijn en kan hieraan worden aangepast. Varieert de dikte bijvoorbeeld met plus of min 25 % ten opzichte van het gemiddelde, dan wordt de variatiecoëfficiënt  $V_d = 25/50 \cdot 0,30 = 0,15$ .

#### **Kwelweglengte**

De methode Sellmeijer bij dijken maakt in principe gebruik van de horizontale kwelweglengte. Een verticaal deel in de kwelweg bij de uitstroom kan in rekening worden gebracht. Dit geldt alleen indien het een verticaal deel in de kwelweg door een kleilaag betreft. Bij een verticale uitstroom in zand is sprake van heave en is de methode van Sellmeijer niet van toepassing. Kwelschermen kunnen daarom niet in rekening worden gebracht. Als er reden is om aan te nemen dat een dijkvak met een verticaal piping scherm veel bijdraagt, dan kan een aparte analyse worden uitgevoerd met het model heave. Het resultaat kan echter niet worden verwerkt in de berekening van de overstromingskans.

Standaardwaarde voor de relatieve spreiding is  $V_b = 0,30$ .

#### **Doorlatendheid zandlaag**

In het pipingmodel van Sellmeijer wordt met de 'intrinsieke' doorlatendheid  $\kappa$  [m<sup>2</sup>] gewerkt. Deze is rechtstreeks af te leiden uit de 'specifieke' doorlatendheid  $k$  [m/s] :  $\kappa = 1,35 \cdot 10^{-7} k$ . De doorlatendheid  $k$  kan op verschillende manieren worden geschat:

- op basis van een pompproef in de omgeving. De hierbij gevonden kD-waarde kan, met een indicatie van de dikte D (aangeven hoe die gekozen is

en of er rekening gehouden is met de samenstelling van de (fijne en grove) afzettingen) van het watervoerende zandpakket, tot een doorlatendheid  $k$  worden herleid. Doorgaans zullen echter geen pompproeven beschikbaar zijn. Een andere mogelijkheid is om schattingen van  $k$  terug te rekenen uit de database met grondwaterverkenningen van NITG-TNO of uit informatie van andere instanties.

- op basis van resultaten van zeefanalyses van zand uit de watervoerende zandlaag (hierbij aangeven waar de zandmonsters vandaan komen (bovenin de zandlaag?) en aangeven of de zandlaag homogeen dan wel inhomogeen is) De zeefanalyses leveren een indicatie van de kleine korrelfractie  $d_{10}$  en de uniformiteit  $u = d_{60}/d_{10}$ . Hieruit kan een schatting van de doorlatendheid worden afgeleid, zonodig gecorrigeerd voor het percentage zilt of slib (zie lit. 7 of 20). De standaardwaarde voor de variatiecoëfficiënt  $V_u = 0,15$ .
  - op basis van een lokale doorlatendheidsmeting ('falling head'- of 'constant head'-proeven). Deze zal echter ook doorgaans niet beschikbaar zijn.
- De voorkeursvolgorde is: in situ pompproef, in situ doorlatendheidsmeting, schatting aan de hand van zeefanalyses, schatting o.b.v. de grondwaterkaart van NITG.

#### Korrelverdeling ( $d_{10}$ en $d_{70}$ )

De korreldiameter (10- en 70-percentielwaarde van de korrelverdeling) is bij voorkeur vast te stellen met zeefanalyses van zand in het watervoerend pakket. Indien deze niet beschikbaar zijn, dan kan ze worden herleid uit een kwalitatieve classificatie van zand op basis van de geologische beschrijving van het gebied (vaak ook grondmechanische rapporten in een dijkversterkings-archief). Voor een aantal gebieden in Nederland is ook informatie beschikbaar in de geologische database van de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen van de Universiteit van Utrecht.

Wanneer kenmerkende gegevens beschikbaar zijn, kan de gemiddelde waarde  $\mu$  worden teruggerekend uit de karakteristieke waarde m.b.v. de formule: karakteristieke waarden =  $\mu(1 - 1,64V)$ . De standaardwaarde voor de variatiecoëfficiënt van en  $d_{70}$  is  $V_{d10} = V_{d70} = 0,15$ .

#### Uniformiteit $u = d_{60}/d_{10}$

(Zie bolletje 2 onder doorlatendheid)

Op basis van resultaten van zeefanalyses van zand uit de watervoerende zandlaag. De zeefanalyses leveren een indicatie van de kleine korrelfractie  $d_{10}$  en de uniformiteit  $u = d_{60}/d_{10}$ . Gevraagd wordt de gemiddelde waarde en de variatiecoëfficiënt. De standaardwaarde voor de variatiecoëfficiënt  $V_u = 0,15$ .

#### Volumegewicht van de deklaag (relevant voor opbarsten)

Wanneer de deklaag bestaat uit een gemengd lagenpakket, bijvoorbeeld klei en veen, dan wordt het gemiddeld volumegewicht berekend als gewogen gemiddelde, rekening houdend met een geschatte 'gemiddelde' verhouding van laagdikten per dijkvak. De variatiecoëfficiënt van het volumegewicht van de deklaag, waarvoor standaard bij een homogeen pakket gerekend kan worden, moet dan worden verhoogd, als volgt

$V_\gamma = 0,05$  bij een homogeen pakket

$V_\gamma = 0,10$  de laagdikteverhoudingen wisselen niet sterk binnen het dijkvak

$V_\gamma = 0,15$  wanneer ze wel sterk wisselen.

Een indicatieve berekening van de variatiecoëfficiënt heeft overigens de voorkeur. Die kan gebaseerd worden op twee berekeningen van het gewicht van het afdekkend pakket:

1. de naar verwachting lichtste waarde (laagdikten van de lichtste componenten zijn het grootst)
2. de verwachte gemiddelde waarde (bij gemiddelde verdeling van de lagen).  $V_{opbouw}$  is het verschil tussen deze twee waarden gedeeld door 1,65. Dit is de variatiecoëfficiënt als gevolg van de laagopbouwwisseling. De variatiecoëfficiënt voor het gemiddeld volumegewicht wordt dan:

$$V_{\gamma} = \sqrt{V_{opbouw}^2 + 0.05^2}$$

In de formule van Sellmeijer wordt verder gevraagd naar het volumegewicht van zandkorrels en water. De standaardwaarden hiervoor zijn resp.  $\gamma_k = 27 \text{ kN/m}^3$  en  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ .

In PC-Ring wordt gebruik gemaakt van het "ondergedompeld" volumegewicht opbarstende grond  $= (\gamma_{nat} - \gamma_w) / \gamma_w$  en het relatief volumegewicht van zand  $\gamma_k / \gamma_w$ . Voor beide geldt een standaardwaarde voor de variatiecoëfficiënt van 0,05.

#### Hoogte binnenwaterstand

Voor de binnenwaterstand wordt het polderpeil aangehouden. Het is mogelijk over secties te middelen, waarna een grotere standaardafwijking wordt toegepast. Dit geeft meestal een enigszins pessimistisch resultaat. Wanneer het polderpeil onbekend is, kan de maaiveldhoogte worden gegeven. Dit is echter een optimistische schatting, dus moet een grotere standaardafwijking worden toegepast. De standaardwaarde voor de standaardafwijking  $\sigma(h_b) = 0,10 \text{ m}$ .

#### Dempingsfactor

Het programma WATEX biedt de mogelijkheid om de stijghoogte in de zandlaag als tijdsafhankelijke respons op het verloop van de buitenwaterstand te berekenen. De dempingsfactor ligt tussen 0 en 1. Standaardwaarde is 0,8.

### 4.8 Afschuiven binnentalud

#### 4.8.1 Kerninformatie voor probabilistische berekening

PC-Ring maakt gebruik van de resultaten van probabilistische stabiliteitsanalyses met MPROSTAB (of eventueel de probabilistische versie van MSTAB voor oprijfsituaties).

Kerninformatie voor deze stabiliteitsanalyses is:

1. **Geometrie:** geometrie van de dijk, laagscheidingen van de grondlagen en typering van het materiaal
2. **Grondparameters:** Voor elk van de materiaaltypen verwachtingswaarden van:
  - 2.1. effectieve cohesie  $c'$  [ $\text{kN/m}^2$ ]
  - 2.2. effectieve hoek van inwendige wrijving  $\phi'$  (of  $\tan\phi'$ ) [ $^\circ$ ] resp. [-] verzadigd volumegewicht [ $\text{kN/m}^3$ ]
  - 2.3. alleen voor zand boven freatische lijn: droog (veldvochtig) volumegewicht [ $\text{kN/m}^3$ ]
3. **Waterspanningen:** verwachte freatische stijghoogtes en stijghoogtes in de onderliggende grondlagen:  
Hierbij kan uitgegaan worden van de hierna volgende gegevens voor de lange termijn (geconsolideerde toestand) bij de volgende situaties:
  - 3.1. rivieren:
    - 3.1.1. waterspanningen bij de maatgevende hoogwaterwaterstand (MHW)

- 3.1.2. bij de maatgevende hoogwaterstand minus 1,0 m (zie opmerking onder)
- 3.1.3. bij de gemiddelde hoogwaterstand in het winterseizoen
- 3.2. meren:
  - 3.2.1. waterspanningen bij het maatgevende meerpeil
  - 3.2.2. bij het maatgevende meerpeil minus 0,5 m
  - 3.2.3. bij het hoog gemiddeld meerpeil
- 3.3. zee:
  - 3.3.1. waterspanningen bij het ontwerppeil (middenstand + windopzet)
  - 3.3.2. bij het ontwerppeil minus 1,0 m
  - 3.3.3. onder dagelijkse omstandigheden

Opmerking: de waterspanningen bij MHW - 1,0 m resp. 0,5 m geven een indicatie van de gevoeligheid voor waterstandsvariatie. Dit is nodig voor het meenemen van de stochastiek van de buitenwaterstand in de kans op afschuiving.

#### 4.8.2 Benodigde gegevens

Afschuiven binnentalud	Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
versienummer MSTAB			
speelt opdrijven een rol?	ja/nee		
naam MSTAB-bestand			
soort grondparameters	gemiddelde, karakteristieke waarden of rekenwaarden (= karakteristieke waarden met een materiaalfactor)		
materiaalfactor per grondparameter	indien rekenwaarden zijn gebruikt (zie lit. 1 en 2)		
basis grondparameters	NEN 6740, regionale proevenverzameling of lokaal grondonderzoek (i.v.m. schatting standaardafwijkingen)		
methode van beproeving	cel- of triaxiaalproeven;		
type proef en het rekriterium	bij triaxiaalproeven i.v.m. schuifsterkeparameters		

De gegevens zullen geanalyseerd worden m.b.v. het softwarepakket MPROSTAB en zo nodig MPROLIFT. De laatste versie van het programma MPROSTAB levert een uitvoerfile die direct gebruikt kan worden als invoer voor PC-Ring. De MSTAB-invoerbestanden worden omgezet naar MPROSTAB –invoerbestanden. Daarom moeten de gegevens in een MSTAB-bestand worden aangeleverd. Uiteraard is slechts één MSTAB-bestand per dijkvak benodigd.

De gegevens die in MSTAB worden ingevoerd, krijgen hier geen aparte vermelding. De gegevens worden geacht compleet te zijn als het MSTAB-bestand goed werkt. Het resultaat moet overeenstemmen met de veiligheidsfactor die gebruikt is als indicator voor de selectie van dijkvakken. In de uitzonderingsgevallen dat dat niet geval is, moet de reden daarvan worden aangegeven in de rapportage van de schematisatie.

De geometrie kan volledig in (een recente versie van) MSTAB worden ingevoerd, evenals de meeste grondparameters en de verkeersbelasting. In MSTAB kan slechts één set PN-lijnen worden ingevoerd. In MPROSTAB wordt



gerekend met drie sets, elk behorend bij een bepaalde waterstand. In de rapportage moet worden vermeld welke waterstand en veiligheidsnorm in MSTAB is gehanteerd. De overige sets PN-lijnen moeten op papier worden aangeleverd. Gebruik daarvoor een schets op schaal (bijvoorbeeld een plot uit MSTAB) en geef hier en daar wat maten aan. Als nieuwe MSTAB berekeningen moeten worden gemaakt gebruik dan het peil volgens HR2001 ( $Q_{Lobith} = 16000 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

#### 4.8.3 Aanwijzingen voor gegevensverzameling

##### Grondparameters

Schattingen van grondparameters kunnen aan de hand van classificatie van het type grond in het dwarsprofiel ontleend worden aan NEN 6740, aan een regionale proevenverzameling (indien beschikbaar) of aan lokale grondonderzoeken (indien beschikbaar). Voor een eerste analyse zijn waarden van de parameters in tabel 1 van NEN 6740 in beginsel goed bruikbaar. In de tabel zijn de typen 'zand', 'klei' en 'veen' nader onderverdeeld in klassen naar bijmenging, c.q. voorbelasting. Onzekerheid over de grondtypering kan bij de presentatie van de gegevensverzameling worden aangegeven in termen van 'conservatieve schatting' en 'vermoedelijke schatting'. Daarbij worden tabelwaarden gekozen die corresponderen met betreffende klassen.

Als gebruik wordt gemaakt van proevenverzamelingen of lokaal grondonderzoek, kunnen daaraan statistische gegevens worden ontleend. Als die niet beschikbaar zijn, zullen in de berekeningen standaardwaarden worden aangehouden (literatuur / deskundigen). Dit moet vermeld worden in de rapportage.

Bij de gegevensverzameling moet steeds de bron worden vermeld: NEN6740, proevenverzameling of lokaal grondonderzoek, bij de laatste twee tevens of het om cel- of triaxiaalproeven gaat. Bij triaxiaalproeven tevens het type proef en het rekriterium waarbij schuifsterkteparameters zijn bepaald. Bij de te kiezen modelonzekerheidsfactoren in MPROSTAB en MSTAB (probabilistisch) kan hiermee dan rekening worden gehouden. Indien NEN 6740 is gebruikt, moet tevens worden vermeld of eventueel wel proevenverzamelingen of lokaal onderzoek beschikbaar zijn. Dit is mogelijk van belang in een later stadium.

##### Waterspanningen

Stijghoogtelijnen voor freatische stijghoogte en voor de waterspanningen in de grondlagen moeten bij voorkeur berekend zijn op basis van de richtlijnen in de Leidraad Rivierdijken (lit. 1 en 2). In probabilistische stabiliteitsanalyses wordt gerekend met een standaardwaarde voor de onzekerheid over de piezometrische niveaus (standaardafwijking 0,07 – 0,10 m t.p.v. van het binnentalud). Bij deze keuze is er van uitgegaan dat de richtlijnen in de leidraad aan de conservatieve kant zijn.

Stijghoogtelijnen kunnen, als terugvaloptie, ook worden gemodelleerd conform de Leidraad Toetsen op Veiligheid (lit. 9, bijlage 2 in katern 5). Dit zijn 'veilige schematisaties', waarop geen verdere onzekerheid in rekening hoeft te worden gebracht. Desgewenst kan ook worden uitgegaan van 'best guess' schattingen, waarop wel onzekerheden in rekening worden gebracht. Hiervoor moet een specialist worden geraadpleegd.

#### 4.9 Beschadiging bekleding en erosie

##### 4.9.1 Kerninformatie voor probabilistische berekening

De volgende basale informatie is per dijkvak gewenst:



- waterstands- en golfrandvoorwaarden
- geometrie van de dijk: hoogtematen, afmetingen, taludhellingen, etc.
- type bekleding: toplaag, eventuele filterlaag en/of andere onderliggende lagen
- opbouw dijklichaam: aanwezigheid afdeklaag, samenstelling dijk kern

Gegevens over de hydraulische randvoorwaarden worden door Rijkswaterstaat aangeleverd. Geometrie is in de desbetreffende paragraaf gevraagd en hoeft hier niet meer te worden ingevoerd.

Veel informatie is verzameld voor de landelijke toetsing op veiligheid en is dus beschikbaar bij de beheerder. Soms zal informatie kunnen worden ontleend aan de legger of een beheerregister, maar ook dan kan er informatie ontbreken. In dat geval kan besloten worden om deze kennisleemten op te vullen door een inspectie/onderzoek. In een enkel geval zal een expert moeten worden ingeschakeld.

Zoals in paragraaf 3.5.3 is aangegeven, kan slechts één soort bekleding per dwarsprofiel worden berekend. Dit neemt niet weg dat - met het oog op de toekomst - de gegevens van elke soort bekleding gevraagd worden. Het gaat daarbij om de eigenschappen, maar ook om de plaats op het talud.

#### 4.9.2 Benodigde gegevens

Bekleding algemeen			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
$L_K$	breedte afdeklaag klei (buitentalud)	m	zie bijlage 3	PVGDIKKL/PVSDIKKL	
$L_{BK}$	breedte dijk kern op kruinhoogte	m			
$\tan(\alpha_u)$	helling dijk kern onder buitentalud				*
$\tan(\alpha_i)$	helling dijk kern onder binnentalud				*
$c_{RK}$	erosiebestendigheid afdeklaag klei (buitentalud)		coëfficiënt (zie bijlage 5)	PVGKWAKL	
	kwaliteit dijk kern		1. kleikern, kwaliteit minimaal gelijk aan klei afdeklaag 2. kleikern, kwaliteit minder dan klei afdeklaag 3. zandkern of ingeval van asfalt conform $c_{RK}$ (zie bijlage 5)	PVBONDGR	

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

Bekleding gras			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
	ondergrens [m+NAP]	m+NAP	plaats op het talud		
	bovengrens [m+NAP]	m+NAP	plaats op het talud		*
$d_w$	bewortelingsdikte	m			
$c_g$	erosiebestendigheid grasmat <sup>1</sup>		coëfficiënt (zie bijlage 5)		

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

<sup>1</sup> Kwaliteit zie lit. 9 tabel 4.6.1 katern 8 en waarde  $c_g$  is c uit lit. 19 Bijlagen, B1.3

Bekleding steen (op klei of op filter)			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
	ondergrens	m+NAP	plaats op het talud		
	bovengrens	m+NAP	plaats op het talud		
	type steenbekleding		op klei of op filter		*
D	steendikte	m		PVBDIKTO	*
$\Delta$	relatieve dichtheid steen	-	$(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$	PVSVOLMA	*
$d_f$	dikte granulaire filterlaag	m		PVSDIKBF	*
$D_{15}$	korrelgrootte 15% fractiel filter	m		PVSDF15	*
B	blokbreedte	m		PVSBREED	
L	blok lengte	m		PVSLNGT	
s	spleetbreedte	m		PVSSPLBR	
n	porositeit van het filter	-		PVSPORFI	

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

Bekleding asfalt (overdrukken en golfklappen)			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
	type asfaltbekleding	-	waterbouwasfaltbeton, open steenasfalt, vol en zat gepenetreerde breuksteen, gedeeltelijk gepenetreerde breuksteen		*
	ondergrens	m+NAP	plaats op het talud		
	bovengrens	m+NAP	plaats op het talud		
D	dikte asfaltbekleding	m		PVADIKTE/PBADIKGB	*
$\Delta$	relatieve dichtheid asfaltbeton	-	$(\gamma_a - \gamma_w) / \gamma_w$ of $(\rho_a - \rho_w) / \rho_w$	PVAVOLMA = $\rho_a$	*
$h_{CWS}$	hoogte gemiddelde waterstand	m+NAP	zee: 0 m+NAP rivier: winterpeil meer: winterstreefpeil		
$h_{Io}$	hoogte fictieve onderkant asfaltbekleding	m+NAP		KPVHOOGT (?)	

Extra gegevens t.b.v. waterbouwasfaltbeton en open steenasfalt			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
	ondergrond		klei of zand		
	filter		geotextiel of zandasfalt		

Extra gegevens t.b.v. gedeeltelijk gepenetreerde breuksteen			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
$D_{n50}$	nominale gemiddelde diameter bekledingsmateriaal	m	$D_{n50} = (M_{50} / \rho_s)^{1/3}$ $M_{50}$ = massa van steen door 50% overschreden $\rho_s$ = dichtheid stenen		
	soort penetratie van asfalt		oppervlakte penetratie of patroonpenetratie		

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

#### 4.9.3 Aanwijzingen voor gegevensverzameling

##### Algemeen

Bovengenoemde gegevens zijn afhankelijk van het soort bekleding. De benodigde gegevens kunnen worden ingevoerd op het blad BESCHADIGING BEKLEDING EN EROSIE van de inwinspreadsheet. Voor de variatiecoëfficiënten en standaardafwijkingen zijn reeds standaardwaarden aangegeven in de spreadsheet. Bij voldoende meetgegevens of duidelijke andere aanwijzingen kunnen deze standaardwaarden worden aangepast.

- Erosiebestendigheid afdeklaag klei  
Eventueel kan de beheersvorm van het gras worden gebruikt om de kwaliteit van de zode in te schatten. Als onduidelijk is of een afdeklaag onder de zode aanwezig is, kan als conservatieve benadering ervoor worden gekozen om te veronderstellen dat deze afwezig is. Als uitsluitend de kleikwaliteit van de afdeklaag onbekend is, dan is het meest waarschijnlijk dat sprake is van goede klei. Een conservatieve benadering is om uit te gaan van gestructureerde klei. Een verbeterde benadering wordt al snel bereikt door een expert in te schakelen. Een vegetatiedeskundige kan aan de hand van soortenrijkdom de zodekwaliteit inschatten.
- Kwaliteit dijk kern  
Het materiaal in de kern van het dijklichaam is een belangrijke indicator voor de bijdrage aan de faalkans. Dijken met een zandkern leveren een grotere bijdrage aan de faalkans dan dijken met een kleikern. Als niets bekend is over de samenstelling van de dijk kern, dan moet worden uitgegaan van een zandkern. Als het vermoeden bestaat dat de kern mogelijk kleilig is, van de kwaliteit matig/slechte klei. In de spreadsheet wordt voor gras en steen gevraagd aan te geven of de kleikwaliteit van de kern dezelfde is als die van de afdeklaag, of slechter dan de afdeklaag of dat de kern van zand is. Voor asfalt wordt eenzelfde classificatie gevraagd als voor erosiebestendigheid kleibekleding.

##### Grasbekleding

Essentieel is informatie over dikte en kwaliteit van de grasmat, aanwezigheid en dikte van een afdeklaag en de kwaliteit klei, type materiaal dijk kern. Soms zal in het kader van landelijke toetsing op veiligheid een toets zijn uitgevoerd, maar als dit niet het geval is zullen aannames moeten worden gedaan.

- Bewortelingsdikte  
Voor de grasmat is bij ontbreken van gegevens een veilige aanname om uit te gaan van een bewortelingsdikte  $d_w = 0,05$  m met variatiecoëfficiënt  $V_{dw} = 0,20$  en een matige graskwaliteit.
- Erosiebestendigheid grasmat  
Met erosiebestendigheid grasmat en kleibekleding wordt de reststerkte bedoeld. Dit is een tijdsduur. Deze is afhankelijk van de kwaliteit van het gras of de klei. Voor indicatieve classificatie van de erosiebestendigheid van de grasmat en kleibekleding zie lit. 9. De bijbehorende coëfficiënten zijn in de inwinspreadsheet gegeven en in bijlage 5 Tabel 5.

##### Steenzetting

Wat betreft de steenzetting zelf kan bij volledig ontbreken van gegevens eenvoudig door een inspectie worden vastgesteld welk type steen is toegepast. Op basis daarvan zal het voor een expert meestal mogelijk zijn om de overige gegevens voldoende betrouwbaar te kunnen inschatten.

- Type steenbekleding  
Steenzettingen komen voor in twee verschillende uitvoeringen: direct op klei en op een granulair filter. In de rapportage dient beschreven te worden om welk soort steenbekleding het gaat.

Vooralsnog is geen toetsmethode beschikbaar voor noordse steen. Van dit type steenbekleding kan de overstromingskans dus niet worden berekend, maar kan alleen in kwalitatieve zin de bijdrage aan de overstromingskans worden geschat.

- **Steendikte**  
Als een inspectie niet mogelijk is, moet worden uitgegaan van de meest waarschijnlijke situatie. In dat geval moet worden aangenomen dat er sprake is van stenen met een steendikte  $D = 0,20$  m met variatiecoëfficiënt  $V_D = 0,05$ .
- **Relatieve dichtheid steen**  
In bijlage 5 Tabel 8 staan standaardwaarden voor het soortelijk gewicht van steen ( $\rho_s$ ). Standaardwaarde voor de relatieve spreiding is  $V_\Delta = 0,02$ .
- **Gegevens granulaire filterlaag**  
Bij een steenzetting op een granulaire filterlaag is onder andere informatie nodig over afmetingen van het filtermateriaal ( $d_f$ ,  $D_{f15}$ ), doorlatendheden van filtermateriaal ( $n$ ) en toplaag ( $s$ ). Als deze informatie niet beschikbaar is, moet worden teruggevallen op schattingen door experts wat betreft doorlatendheden.  
Voor de diameter van het materiaal ( $D_{f15}$ ) zijn "meest waarschijnlijke" schattingen te geven en kan geschat worden als de helft van de waarden van  $D_{f50}$ . Als 'worst case' kan overigens ook worden uitgegaan van een steenzetting zonder filter.  
Standaardwaarden voor de relatieve spreiding zijn:  $V_{df} = 0,20$ ,  $V_{Df15} = 0,10$ ,  $V_s = 0,16$ . Voor de overige gegevens wordt geen spreiding gevraagd.
- **Erosiebestendigheid**  
Verder speelt de kwaliteit van eventuele afdekkende kleilagen en van het kernmateriaal een rol bij de sterkte. Hoe om te gaan met deze aspecten is reeds beschreven onder het kopje algemeen.

#### Asfaltbekleding

Behalve het type asfaltbekleding spelen laagdikte en niveaus ten opzichte van de buitenwaterstand een essentiële rol.

Wanneer geen of beperkte gegevens beschikbaar zijn, kan een beschrijving van het type bekleding wellicht tot betere schattingen voor de gerelateerde parameters leiden.

- **Dikte asfaltbekleding**  
Als de laagdikte onbekend is, kan van een meest waarschijnlijke waarde worden uitgegaan, bijvoorbeeld  $D = 0,10$  m. Standaardwaarde voor de spreiding is  $V_D = 0,10$ .
- **Relatieve dichtheid asfaltbekleding**  
Standaardwaarde voor de spreiding is:  $V_\Delta = 0,02$ .
- **Hoogte**  
Voor de niveaus ( $h_{GWS}$ ,  $h_{fo}$ ) zou een "worst case" situatie moeten worden aangehouden. De hoogte van de gemiddelde waterstand hangt af van het gebied (zee, meer of rivier).  
Standaardwaarden voor de spreiding zijn:  $\sigma_{hGWS} = 0,50$ ,  $\sigma_{hfo} = 0,50$ .
- **Nominale gemiddelde diameter bekledingsmateriaal**  
Standaardwaarden voor de spreiding zijn:  $\sigma_{Dn50} = 0$ .
- **Soort asfaltpenetratie**  
De soort penetratie van asfalt (oppervlakte penetratie of patroonpenetratie) wordt gevraagd i.v.m. de opwaarderingsfactor  $\psi_u$ , stabiliteitsparameter  $\Phi_{sw}$  en parameter  $b$ . Ter informatie zijn de waarden in bijlage 5 opgenomen.
- **Extra informatie**  
Eventuele extra informatie over de lager in het profiel liggende strook bekleding (de doorlatendheid, het al dan niet aanwezige teenschot) dient

in de rapportage opgenomen te worden. Hoe hiermee rekening te houden is nog niet bekend, maar zonder deze informatie berekent PC-Ring mogelijk een te grote overstromingskans.

#### 4.10 Duinafslag

##### 4.10.1 Kerninformatie voor probabilistische berekening

Bij de berekening van de overstromingskans van een duin wordt uitgegaan van de aanwezigheid van een grens-/afslagprofiel aan de landzijde na de afslag. Op basis hiervan wordt nagegaan of het beginprofiel wel voldoende was. Bij dit mechanisme wordt geen rekening gehouden met langstransport en met krommingen van de kustlijn. PC-Ring gebruikt een methode voor het berekenen van afslag, die is gebaseerd op het model DUROS.

De in te winnen basale informatie per duingebied bestaat uit:

- informatie over buitenwaterstanden en windsnelheden
- geometrie van het duin en voorland
- korrelkarakterisering van het duinzand

Informatie over buitenwaterstanden en windsnelheden wordt door Rijkswaterstaat aangeleverd. De geometrie en korrelkarakterisering dient door de beheerder te worden aangeleverd.

In alle gevallen is het zinvol een hoogtelijnenkaart van het duingebied bij te voegen en bij aanwezigheid van bijzondere constructies (duinvoetversterking, onderliggend dijklichaam, etc) dwarsprofielen mee te leveren. Dit is nodig om gegevens te controleren, maar ook voor de toekomst als een rekenmodel beschikbaar komt waarmee bijvoorbeeld wel met duinvoetversterkingen kan worden gerekend (DUROS kan dit nog niet). Op dit moment wordt echter nog niets gedaan met bijzondere constructies en is dus geen gedetailleerde informatie hierover nodig.

##### 4.10.2 Benodigde gegevens

Duinafslag			Opmerkingen	ADVENTUS / inwin PC-Toets	
	bijzondere constructie?		ja/nee	PVDDVVER	
	meetdatum		dag/maand/jaar		
	naam bestand waarin profiel is opgeslagen		*.asc (conform Jarkus CD)		
x, z	x, z-coördinaten duinprofiel		indien geen bestand beschikbaar is in het juiste formaat		
$D_m$	mediane korreldiameter	mm	zie lit. 18	PVBDN50	*
$h_k$	kruinhoogte	m+NAP			*

\* gegevens bekend n.a.v. de toetsing op veiligheid

##### 4.10.3 Aanwijzingen voor gegevensverzameling

Voor de geselecteerde duinvakken vindt nadere gegevens-inwinning plaats voor de probabilistische faalkansanalyse, die wordt uitgevoerd met PC-Ring. In de inwinspreadsheet worden op het blad DUINEN gegevens gevraagd.

##### Extra informatie

Extra relevante informatie dient te worden opgenomen in de rapportage. Dit is bijvoorbeeld informatie over duinen met een duinvoetverdediging of een andere constructie. Hoe hiermee rekening zal worden

gehouden is nog niet bekend, maar zou deze informatie niet meegenomen worden, dan wordt met PC-Ring een te grote overstromingskans berekend. Bijzondere omstandigheden als bochten of snelle veranderingen in de lengterichting dienen minimaal in kwalitatieve zin te worden vermeld in de rapportage. Zij kunnen leiden tot aanpassing van correlatielengten of modelonzekerheden en mogelijk tot de definitie van extra doorsneden. Ook de mogelijkheid dat een dijk bezwijkt als de kritieke parallelle duinregels niet op elkaar aansluiten, waardoor een soort zijdelingse instroomopening ontstaat, moet dit in de rapportage worden vermeld. Indien toetsingsberekeningen beschikbaar zijn, is het zinvol deze aan de gegevensinwinning toe te voegen voor een vergelijking met de probabilistische berekening. Daar waar opvallende afwijkingen worden gevonden, is er alle reden voor een verdere en meer diepgaande analyse.

#### Duinprofiel

PC-Ring kan gebruik maken van de Jarkus gegevens en de korreldiameters op basis van de leidraad voor duinen. Als geen bijzondere constructie aanwezig en de meting van het profiel voldoende doorloopt (de achtergrens ligt waar het duin of de binnenste duinregel lager wordt dan MHW) kan daarom worden volstaan met de dijkvaknummers van de dwarsprofielen waarvan de overstromingskans berekend moet worden, eventueel aangevuld met de bestandsnaam.

Wanneer de dwarsprofielen een afwijkend profiel hebben ten opzichte van het Jarkus bestand moeten wel alle gegevens uit bovenstaande tabel worden ingevoerd. Dit betekent dat of de naam van het aangepaste bestand moet worden opgegeven of de coördinaten moeten worden ingevuld. Een voorbeeld van zo'n geval is een profiel waarbij de metingen niet ver genoeg landwaarts zijn doorgezet.

#### Korreldiameter

De korreldiameter moet worden ingevuld voor duinvakken waarvan het zand een korreldiameter heeft die niet overeenkomt met de getallen in de leidraad.

Voor gemiddelden  $\mu_{D50}$  en standaardafwijkingen van korreleigenschappen kan, indien geen schattingen op basis van specifiek onderzoek beschikbaar zijn, in eerste aanleg gewerkt worden met de indicaties volgens de Leidraad voor duinen. Als standaardwaarde voor de variatiecoëfficiënt geldt  $V_{D50} = 0,15$ .

### 4.11 Golfgroei

De gegevens over golfhoogten en -perioden voor dijkvakken langs Oosterschelde, Westerschelde, kust, Waddenzee, IJsselmeer en Markermeer hoeven niet verzameld te worden. Voor deze gebieden levert Rijkswaterstaat de gegevens aan (onder andere met Hydra-M). Voor de overige gebieden worden de benodigde gegevens hierna beschreven.

#### 4.11.1 Kerninformatie voor probabilistische berekening

Naast de gegevens die specifiek aan één bezwijkmechanisme verbonden zijn, zijn gegevens nodig die als invoer dienen bij meerdere mechanismen. Het betreft hier o.a. strijklengtegegevens, opzetgegevens (opwaaiing, buistoten, bui-oscillaties en seiches) en deininggegevens (zoals deining op zee die zorgt voor een tweetoppig golfspectrum).



De hydraulische randvoorwaarden worden door Rijkswaterstaat aangeleverd (gegevens wind- en waterstandstatistiek, numerieke stuurgegevens en waterstand-debiet-gegevens). Voor golfgroei worden alleen de strijklengtes gevraagd.

In PC-Ring wordt golfgroei berekend met Bretschneider. Per dijkvak worden hiervoor strijklengtegegevens gevraagd voor alle 16 windrichtingen. Per windrichting moeten het aantal strijkvakken, de vaklengte en vakdiepte worden opgegeven. In het rivierengebied wordt de strijklengte bepaald volgens de leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken (lit. 1 en 2).

#### 4.11.2 Benodigde gegevens

De benodigde strijklengte is de effectieve strijklengte (lit. 1 p. 49 en 221 en lit. 2 bijlage 10). In onderstaande tabel staan de gegevens per dijkvak voor de effectieve strijklengte. Deze gegevens worden alleen gevraagd voor het rivierengebied, de IJsseldelta, Vechtdelta en Eemdelta. Provincie Zuid-Holland heeft voor haar dijkringen de strijklengtes ter beschikking gesteld.

Golfgroei			per strijkvak	per strijkvak
Dijkvaknr.	Windrichting	Aantal vakken	Vaklengte [m]	Diepte [m+NAP]
1	1 = N			
1	2 = NNO			
1	3 = NO			
1	4 = ONO			
:	:			
:	:			
1	14 = WNW			
1	15 = NW			
1	16 = NNW			
2	1			:
2	2			
:	:			

#### 4.11.3 Aanwijzingen voor gegevensverzameling

In de spreadsheet op het blad STRIJKLENGTEN dient per windrichting per dijkvak de strijklengte te worden opgegeven conform de leidraad bovenrivieren of benedenrivieren, afhankelijk van het gebied.

#### Effectieve strijklengte

In principe wordt bij berekening van golven altijd de effectieve strijklengte gebruikt. Zeker bij bochtige rivieren en bij een wind die langs een oever strijkt onder een hoek van minder dan 30°, is het verstandig te rekenen met een effectieve strijklengte.

#### Strijkvakken

De effectieve strijklengte kan worden gegeven in de vorm van een aantal vakken met een bepaalde lengte en diepte. Het gebruik van meer vakken is alleen zinvol wanneer sprake is van lange strijklengten, zoals bijvoorbeeld bij de Hoeksche Waard.

In plaats van de waterdiepte wordt gevraagd naar de bodemligging (= vakdiepte = hoogte t.o.v. NAP). PC-Ring berekent de waterdiepte.



## 5 Richtlijnen voor documentatie

---

De rapportage bij de schematisering en gegevensverzameling vormt de basis voor de kwaliteitscontrole van het project. Deze kwaliteitsborging heeft tot doel dat de overstromingskansen op een methodisch en inhoudelijk juiste manier berekend worden, zodat de berekende kansen voor de verschillende dijkkringen onderling goed vergelijkbaar zijn. De toetsing wordt uitgevoerd door de VNK kwaliteitsgroep.

Hiervoor is het belangrijk dat de keuzes op een eenduidige, consistente manier worden gemaakt en gerapporteerd. Bij het proces van schematiseren worden immers talrijke keuzes gemaakt op basis van de beschikbare informatie. Ook bij het invoeren van gegevens worden verschillende keuzes gemaakt. Van belang hierbij zijn de herkomst van de gegevens (welke bronnen) en hoe wordt omgegaan met onvolledige en onzekere gegevens.

Deze handleiding heeft als belangrijkste doel om te bevorderen dat de keuzes eenduidig en consistent worden gemaakt. De praktijk zal echter uitwijzen dat bepaalde situaties niet door deze handleiding worden gedekt en keuzes moeten worden gemaakt op basis van ervaring en intuïtie. Daarnaast blijkt uit de ervaringen met de koplopers, dat informatie die voor een beheerder vanzelfsprekend is, voor een buitenstaander moet worden toegelicht. Ook dergelijke aspecten horen in de rapportage vermeld te worden.

Voor een efficiënte en goed gestructureerde kwaliteitsborging is een format ontwikkeld voor het vastleggen van de resultaten van de verschillende stappen en de keuzes die daarbij gemaakt zijn.

### 5.1 Rapportage schematisering

In de rapportage staat de informatie die van belang is bij het proces van schematisering. Het betreft enkele algemene gegevens, de achtergronden bij de schematisering van de dijkkring tot dijkvakken, een overzicht van de dijkvakken, speciale situaties of opmerkingen en het beheerderoordeel.

Belangrijk doel is om de overwegingen die gehanteerd zijn bij de schematisering te documenteren en aan te geven waarom de dijkvakken zijn gekozen en op basis van welk criterium dijkvakken zijn geselecteerd waarvan de overstromingskans moet worden berekend.

De inhoudsopgave is, inclusief enkele praktische voorbeelden en tekstvoorstellen gegeven in de voorbeeldrapportage die als apart deel is toegevoegd.

#### Algemene gegevens

Dit hoofdstuk geeft een algemene beschrijving van de dijkkring. Elementen die in ieder geval moeten worden opgenomen zijn het dijkkringnummer, de verantwoordelijke waterschappen, het aantal kilometer waterkering in beheer naar categorie, de meest recent uitgevoerde toetsing en een overzicht van recent uitgevoerde of lopende dijkversterkingen. Ook kan worden aangegeven of bij de schematisering adviezen zijn gebruikt van een geotechnisch adviseur (naam en bedrijf).

### **Schematisering**

In dit hoofdstuk wordt de schematisering volgens het in paragraaf 3.4 genoemde stappenplan doorlopen per mechanisme. De beargumentering kan het best worden ondersteund door een overzicht van kenmerkende gegevens (bijvoorbeeld stabiliteitsfactoren) in de vorm van een tabel of grafiek. Het overzicht van de indicatoren per mechanisme wordt opgenomen in een bijlage van de rapportage.

Bij de selectie van vakken spelen ook de resultaten van de toetsing en het oordeel en de ervaringen van de beheerders een belangrijke rol. Aspecten zoals problemen in het verleden (bijvoorbeeld wellen) of sterke lokale zakkingen kunnen aanleiding geven om dijkvakken te selecteren. Naast de zwakke plekken moet in de rapportage worden beschreven welke midden en sterke vakken zijn meegenomen en of deze vakken gespreid langs de ring liggen. Bovendien moet worden aangegeven op welke plekken een eventuele overstroming naar verwachting grote gevolgen zal hebben.

### **Overzicht schematisering**

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de schematisering. Dit hoofdstuk bevat een overzichtskaart waarop alle dijkvakken en de locaties van de dwarsprofielen zijn aangegeven. Het resultaat is een overzichtskaart van de complete dijkkring.

### **Speciale situaties/opmerkingen**

Speciale situaties zijn bijvoorbeeld niet-waterkerende constructies in de dijk, duinvoetverdedigingen en verschijnselen bij hoog water.

### **Beheerderoordeel**

Op basis van de praktische ervaring van de beheerder is voor elk dijkvak aan te geven welk mechanisme de sterkte van dat dijkvak bepaald. Er kan ook sprake zijn van meerdere mechanismen. Gevraagd wordt om deze ervaringen op te nemen in het beheerderoordeel. Gezien het kwalitatieve karakter geeft het beheerderoordeel niet meer dan een indicatie voor de betrouwbaarheid van de gegevens en de berekeningen. Het beheerderoordeel wordt gebruikt als eerste toets van de berekende overstromingskansen van de dijk.

## **5.2 Rapportage inwinspreadsheet**

Bij het inwinspreadsheet moet nog een toelichting worden gegeven door de beheerder. Voor de kwaliteitscontrole is het van belang te kunnen analyseren op basis van welke gegevens de overstromingskansen zijn berekend. Dit betekent dat de herkomst van de ingevulde gegevens moet zijn aangegeven. Mogelijke bronnen van gegevens zijn projectarchieven, het legger- en beheersregister, ontwerp-berekeningen (voor nieuw aan te leggen dijkvakken), proevenverzamelingen, lokaal grondonderzoek.

Ook moet in de rapportage staan waar sprake is van niet beschikbare, onvolledige of onzekere gegevens. Daarbij dient men te vermelden welke schattingen zijn gemaakt voor deze gegevens.

Uit praktische overwegingen moeten specifieke opmerkingen over de ingevoerde gegevens in het spreadsheet zelf worden vermeld. De rapportage kan dan meer op hoofdlijnen geschieden.

Categorie b, c en d keringen worden bij schematisering (voorlopig) niet meegenomen. Onderzocht wordt hoe deze keringen zijn mee te nemen bij het

---

bepalen van de overstromingskans. Om een indruk te krijgen van de beschikbaarheid van gegevens van dit type kering moet worden aangegeven welke gegevens beschikbaar zijn. Voor een eerste indicatie van de overstromingskans is het van belang de staat van deze keringen te beschrijven (kwalitatief oordeel).

De inhoudsopgave is, inclusief enkele praktische voorbeelden en tekstvoorstellen gegeven in de voorbeeldrapportage die als apart deel is toegevoegd.

---

# Literatuur

---

1. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, Deel 1 – Bovenrivierengebied, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, september 1985
2. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, Deel 2 – Benedenrivierengebied, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, september 1989
3. Gegevensmodel Adventus, Eindrapport, deel 1 en 2, WLldelft hydraulics, Delft, februari 1996
4. Hydraulische randvoorwaarden voor Primaire Waterkeringen, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, september 1996
5. Hydraulische Randvoorwaarden 2001, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, december 2001
6. Grondslagen voor waterkeren, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, januari 1998
7. Technisch Rapport Zandmeevoerende wellen, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, maart 1999
8. Afronding IJkpuntstudies TAW-Marsroute, GeoDelft, Delft, april 1999
9. Leidraad Toetsen op Veiligheid, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, augustus 1999
10. Van overschrijdingskans naar overstromingskans, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, juni 2000
11. Invloedsfactoren voor de ruwheid van toplagen bij golfoploop en golfoverslag, INFRAM, Zeewolde, november 2000
12. Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren, revisie 6.1, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, november 2000
13. Theoriehandleiding PC-Ring, versie 2.0, Deel A: Mechanismebeschrjvingen, TNO Bouw, Delft, mei 2001
14. Theoriehandleiding PC-Ring, versie 2.0, Deel B: Statistische Modellen, TNO Bouw, Delft, mei 2001
15. Theoriehandleiding PC-Ring, Deel C: Rekentechnieken, TNO Bouw, Delft, september 1999
16. Gebruikershandleiding PC-Ring, versie 2.0, TNO Bouw, Delft, mei 2001

- 
17. Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, juni 2002
  18. Basisrapport Zandige kust, behorende bij de Leidraad Zandige Kust, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, juli 1995
  19. Aanpassingen programma PC-Ring, 2000-CON-DYN-R2099, TNO Bouw, Delft, november 2000
  20. Technisch Rapport Piping Rivierdijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, 1994
  21. Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, juni 2001
  22. Dijkdoorbraakprocessen, deel 1: Beschrijving initiërende mechanismen en doorbraakprocessen, Delft Cluster, november 2000
  23. Studie Lengte-effecten, inventarisatiefase, CO-366850/28, Grondmechanica Delft, Delft, juli 1996

---

# Modellen

---

1. DUROS [WILdelft hydraulics, Delft]  
Model dat de vorm van het afslagprofiel bepaalt op basis van onder andere hydraulische condities. De ligging van het afslagprofiel wordt bepaald op basis van sedimentbalans.
2. MSTAB [GeoDelft, Delft]  
Model voor het uitvoeren van stabiliteitsanalyses gebaseerd op de lamellenmethode van Bishop.
3. MPROSTAB [GeoDelft, Delft]  
Model voor het uitvoeren van probabilistische stabiliteitsanalyses
4. PC-Ring [TNO-Bouw, Delft]  
Model waarmee de overstromingskans van een dijkvak per faalmechanisme kan worden bepaald, van een dijkvak, van een dijkringgebied en van een dijkringgebied per faalmechanisme.
5. PC-Toets [IKM, Gouda]  
De Leidraad Toetsen op Veiligheid (lit. 9) en het Randvoorwaardenboek 1996 (lit. 4) vormen de gereedschappen waarmee de waterkeringen volgens de Wet op de waterkering voor 2001 voor de eerste maal beoordeeld moeten worden op veiligheid tegen overstromen. PC-Toets is het programma waarmee in numerieke vorm de toetsschema's voor de eenvoudige beoordeling kunnen worden doorlopen.

---

# Bijlage

---

Bijlage 1	Berekening met PC-Ring in het kort	55
Bijlage 2	Hydraulische belastinggebieden	58
Bijlage 3	Geometrie	66
Bijlage 4	Reductiefactor buitentalud	68
Bijlage 5	Bekleding	70
Bijlage 6	Begrippenlijst	74





# Bijlage 1 Berekening met PC-Ring in het kort

---

## Inleiding

Het programma PC-Ring berekent voor een vastgestelde periode de faalkans van een dijk of een samenstel van dijkvakken. Het falen is het gevolg van het optreden van een of meer van de volgende mechanismen:

- overloop/overslag
- afschuiving
- opbarsten en piping
- beschadiging bekleding en erosie dijklichaam
- duinafslag

Uiteraard zijn er ook andere mechanismen denkbaar, maar deze zijn niet in het programma opgenomen. De faalkans voor kunstwerken kan weliswaar met PC-Ring worden berekend, maar dit wordt niet gedaan. Uit de test van de methode voor het berekenen van de overstromingskansen van dijkkringgebieden, die de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) medio 2000 presenteerde, bleek dat kunstwerken extra aandacht behoeven. Er is een gebrek aan kennis over de constructie van met name oudere bouwwerken en over de betrouwbaarheid van handbediening van kunstwerken. De methode voor kunstwerken wordt in spoor 2 van het project Veiligheid van Nederland in Kaart nader uitgewerkt.

De procedure die in PC-Ring gevolgd wordt is globaal als volgt:

- Eerst wordt de faalkans per mechanisme en per dijkvak bepaald
- Daarna worden deze kansen gecombineerd tot een samengestelde faalkans over alle dijkvakken en alle mechanismen.

Deze twee stappen worden in paragraaf 2.2 respectievelijk 2.3 nader toegelicht:

## Faalkans per vak en per mechanisme

De eerste stap in de berekening van de faalkans van een dijkkring bestaat uit het opdelen van de dijkkring in een aantal dijkvakken. Een dijkvak is daarbij gedefinieerd als een deel van de waterkering waarvan de belangrijkste kenmerken in lengterichting gemiddeld als constant mogen worden beschouwd. Men moet daarbij denken aan kenmerken als taluds, bermen, kruinhoogte, oriëntatie, maar ook aan zaken als bekledingstype, gemiddelde grondeigenschappen, grondlagen, etc. Het kan dus nodig zijn een bepaald dijkvak voor een bepaald mechanisme in twee delen te splitsen, terwijl dat voor een ander mechanisme niet nodig is. Een kunstwerk beschouwt men meestal als een afzonderlijk dijkvak. Bij duikers zal men dit meestal lokaliseren bij de scheiding van twee natuurlijke dijkvakken. Bij duinen worden vaak de Jarkusraaien als middelpunt van een dijkvak gehanteerd.

Indien een dergelijke indeling in dijkvakken gemaakt is kan men voor ieder dijkvak en voor ieder mechanisme een faalkans berekenen. In beginsel vereist deze berekening een drietal ingrediënten:

1. een model voor de beschrijving van het mechanisme
2. gegevens voor de deterministische variabelen
3. gegevens voor de stochastische variabelen

De modellen voor de in hoofdstuk 2.1 genoemde mechanismen zijn in principe allemaal in PC-Ring geprogrammeerd. De gebruiker doet er goed aan zich via de Theoriehandleiding deel A ervan op de hoogte te stellen welk modellen precies gebruikt zijn. In sommige gevallen kan de gebruiker een keuze doen uit een aantal verschillende modellen. Het programma PC-Ring bevat overigens geen sterktemodel voor het mechanisme afschuiven: dit mechanisme moet berekend worden met het programma MPROSTAB. In PC-Ring kan dit sterktemodel worden gekoppeld aan het belastingmodel van PC-Ring. De resultaten daarvan kunnen daarna worden meegenomen in de combinatieberekening voor de faalkans voor de gehele ring.

Bij probabilistische berekeningen is het gebruikelijk een mechanisme-model vast te leggen middels een zogenaamde grenstoestandsfunctie  $Z=g(\mathbf{X})$ , waarbij  $\mathbf{X}$  de vector van stochastische variabelen voorstelt. Per definitie corresponderen negatieve waarden van  $Z$  met "falen" en positieve waarden van  $Z$  met "niet falen". Een voorbeeld is het mechanisme overloop. Hier wordt de grenstoestandsfunctie gegeven door:

$$Z = h_k - h$$

met  $h_k$  = kruinhoogte van de dijk  
 $h$  = waterstand voor de dijk

De waterstand voor de dijk is in de meeste gevallen weer een functie van andere grootheden. Bij dijkvakken in het benedenrivierengebied zal de lokale waterstand bijvoorbeeld afhangen van de rivierafvoer  $Q$  bij Lobith en de waterstand  $h_{MM}$  op de Noordzee bij Maasmond. De vector  $\mathbf{X}$  bestaat in dat geval bijvoorbeeld uit drie variabelen:

X1 de kruinhoogte  $h_k$  van de beschouwde dijk  
 X2 de rivierafvoer  $Q$  bij Lobith  
 X3 de waterstand bij  $h_{MM}$  Maasmond

Bij de keuze van de stochasten heeft de gebruiker van PC-Ring een zekere vrijheid. Men kan bijvoorbeeld ook een berekening maken waarbij de kruinhoogte deterministisch is. Het huidige programma gaat er van uit dat de hydraulische randvoorwaarden altijd als stochasten zullen worden gehanteerd. Dit zijn dus de rivierafvoeren, zeestanden, meerpeilen en windsnelheden. Verder kent het programma een set van ca. 50 variabelen die door de gebruiker al dan niet als stochastisch kunnen worden aangemerkt.

De gegevens voor zowel de deterministische als de stochastische variabelen moeten via de invoerfiles worden kenbaar gemaakt. Deze twee groepen ingrediënten komen in zijn geheel voor rekening van de gebruiker. Het is dus de gebruiker die bepaalt of voor een dijkvak een bestaande situatie wordt berekend, of een ontwerpvariant, of een mogelijke tijdelijke toestand, etc. De gegevens die in beginsel moeten worden ingevoerd zijn:

- geometriegegevens (taluds, oriëntatie, strijklengtes, etc.)
- materiaal-eigenschappen (gewichten, schuifsterkten, etc.)
- hydraulische belasting (wind- en waterstand)

Indien men een grootheid als deterministisch wil meenemen moet men één enkele waarde invoeren. De invoer voor een stochast is meestal ingewikkelder. Het type kansverdeling ligt in het programma vast, maar men moet getalwaarden opgeven voor:

- de spreiding rond het gemiddelde (standaardafwijking of variatiecoëfficiënt)

- de ruimtelijke afhankelijkheden binnen een dijkvak en tussen de dijkvakken
- de afhankelijkheid in de tijd

Een en ander staat verder beschreven in de Theoriehandleiding deel B. Daar staan ook een aantal suggesties voor getalwaarden. De Gebruikershandleiding geeft verder aan in welk formaat een en ander dient te geschieden.

Een bijzondere groep invoergegevens zijn die waarbij op grond van de verschillende hydraulische belastingen de lokale waterstand (of soms de lokale golfhoogte en golfperiode) wordt berekend. In het eerdere voorbeeld werd bijvoorbeeld al melding gemaakt van de bepaling van een lokale waterstand in het benedenrivieren gebied uit de afvoer bij Lobith en de waterstand op zee. In feite betreft dit dus een locatie-afhankelijk deel van de grenstoestandsfunctie.

#### **Berekening van de faalkans voor de dijkkring**

In de vorige paragraaf is beschreven hoe in stap 1 ieder mechanisme met PC-Ring wordt uitgerekend. Men berekent bijvoorbeeld achtereenvolgens de mechanismen overloop/overslag, afschuiving, opbarsten en piping, etc. met het programma PC-Ring. Per mechanisme krijgt men een resultaat voor ieder dijkvak afzonderlijk en voor het stelsel van dijkvakken (dijkring) als geheel. De resultaten van de afzonderlijke berekeningen worden weggeschreven naar speciale files. Door middel van deze files kan tenslotte het programma PC-Ring met een combinatieprocedure de faalkans voor de dijkkring over de verschillende dijkvakken en mechanismen berekenen. Dit is de tweede stap van de dijkkring-berekening. Details over de daarvoor gebruikte theorie vindt men in deel C van de theoriehandleiding (lit. 16).

## Bijlage 2 Hydraulische belastinggebieden

Voor de hydraulische belasting wordt voor elk dwarsprofiel een nummer van het belastingmodel gevraagd met een taknummer of een kustvaknummer en een raainummer. Deze nummers vormen een unieke verwijzing naar de hydraulische belasting behorend bij het dwarsprofiel. Let wel het is geen unieke nummering van het dwarsprofiel.

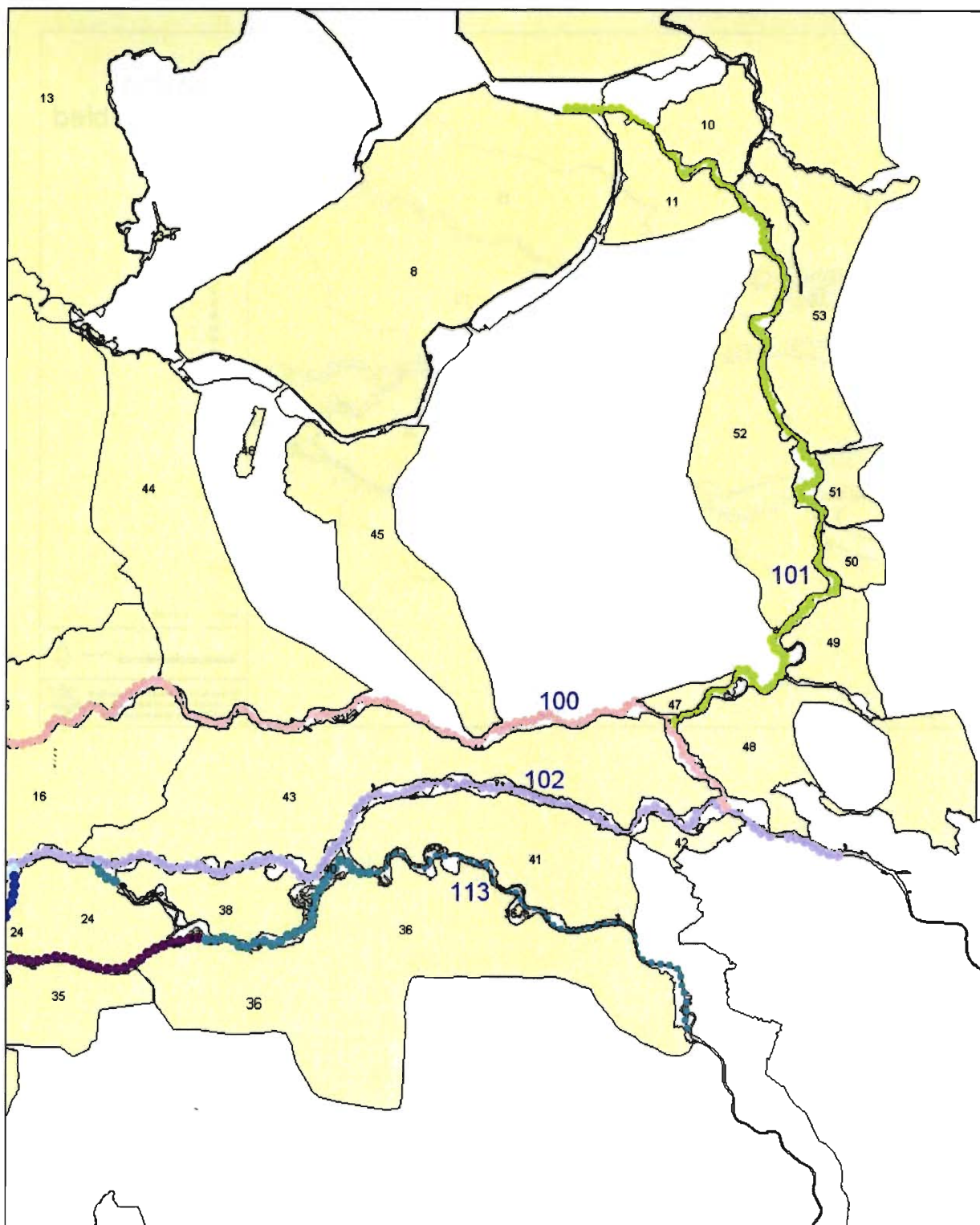
In onderstaande tabel staan de verschillende gebieden.

Gebied	Nr. belastingmodel	Opmerking
Rivierengebied	1	
IJsseldelta	2	IJssel km 974 tot Keteldiep km 1002
Vechtdelta	2	Dalfsen tot Ramspol
IJsselmeer, Ketelmeer en Vossemeer	3	
Markermeer en randmeren	4	
Waddenzee-oost	5	x-coördinaat > 160,000
Waddenzee-west	6	x-coördinaat < 160,000
Gesloten kust noord	7	Scheidslijn ligt bij Ijmuiden
Gesloten kust zuid	8	Scheidslijn ligt bij Ijmuiden
Oosterschelde	9	
Westerschelde	10	

Tabel 1 Gebieden m.b.t. hydraulische randvoorwaarden

	taknummer	kustvaknummer	raainummer	x,y-coördinaten
rivierdijken	x		x	x
zeedijken				x
meerdijken	x		x	x
duinen		x	x	x

In de hierna volgende kaartjes en tabellen, worden de taknummers per gebied aangegeven.



## bovenrivierengebied

### taknummers

- 100
- 101
- 102
- 113
- 114

Datum: 27 mei 2002  
Referentie: D:\Veiligheid\_in\_kaart\GIS\taknummers\_2

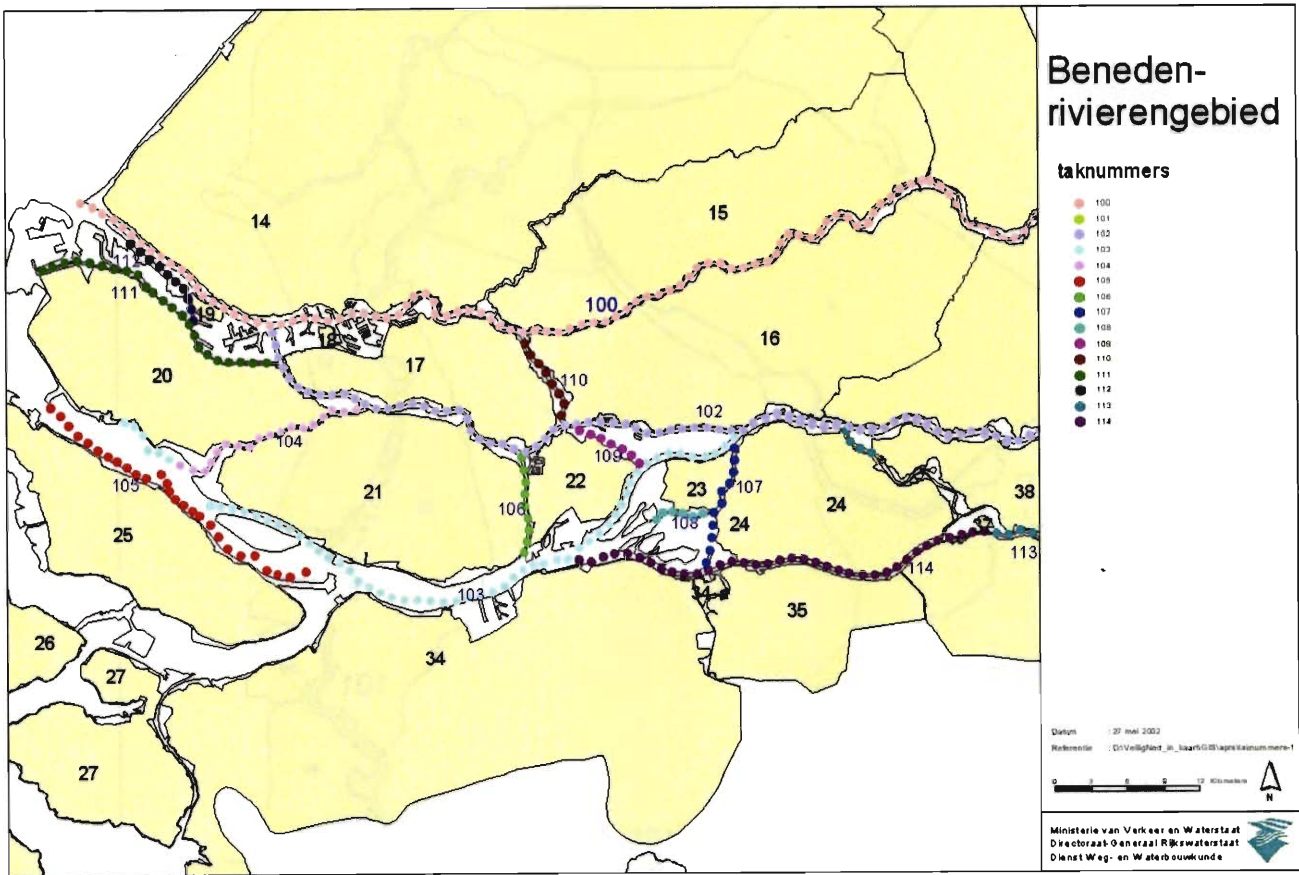
0 8 16 24 Kilometers



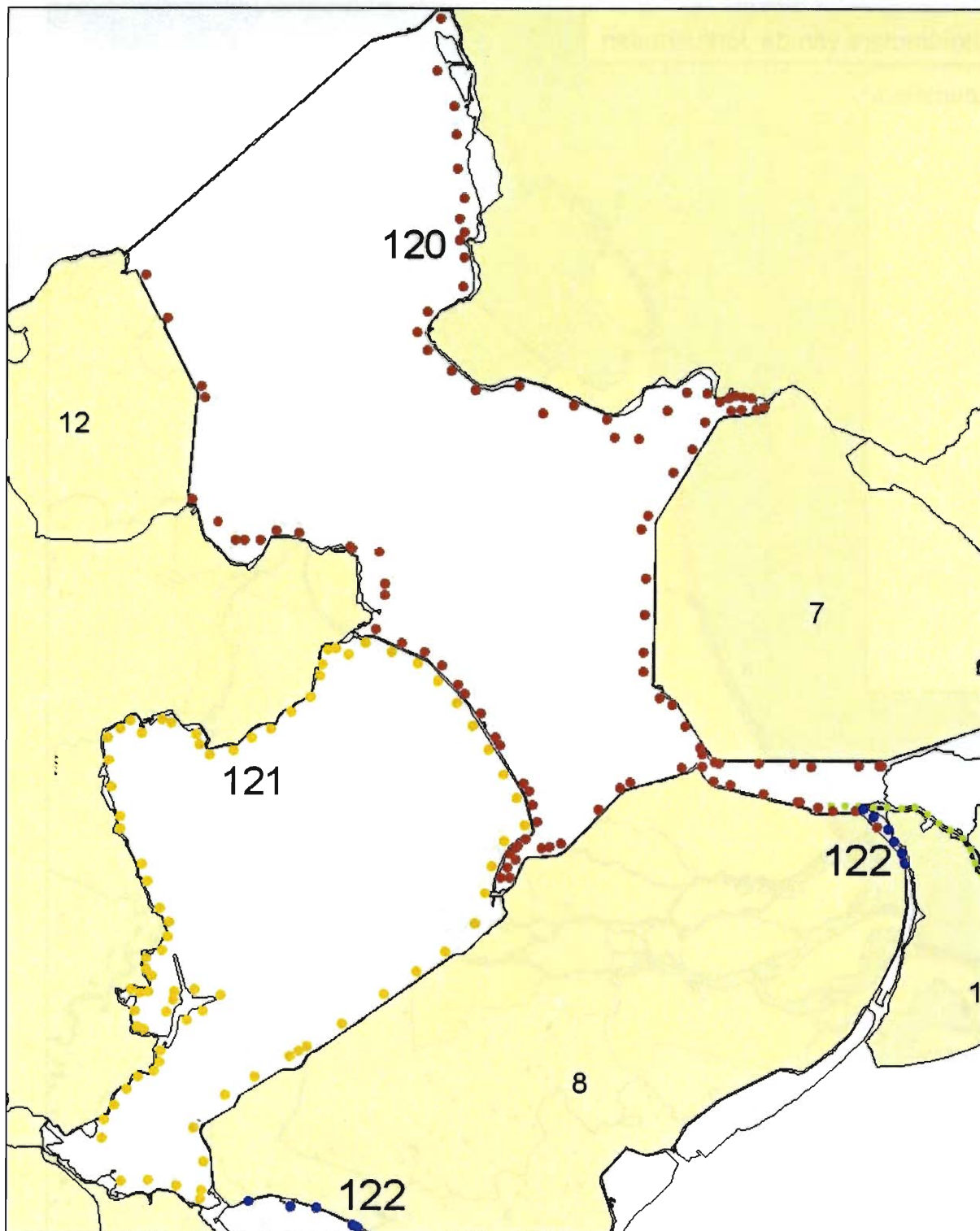
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde











## merengebied

### taknummers

- 120
- 121
- 122

Datum : 4 juni 2002

Referentie : d:\veiligheid\_in\_kaart\gis\aprs\taknummers.apr

0 9 15 Kilometers



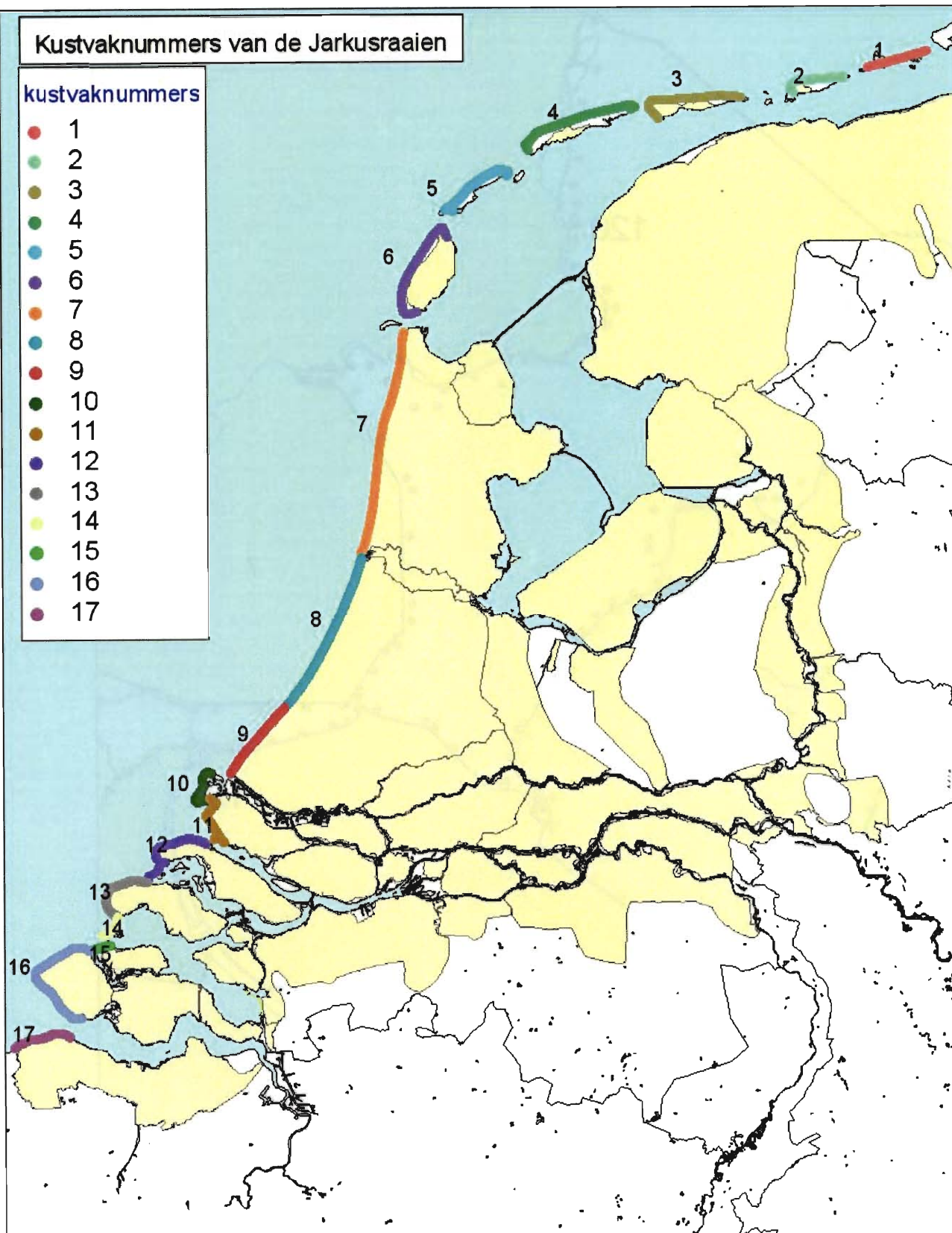
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
 Dienst Weg- en Waterbouwkunde



# Kustvaknummers van de Jarkusraaien

## kustvaknummers

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17



kustvak 8: van raai 5625 t/m 9725  
 kustvak 9: van raai 9740 t/m 11850  
 kustvak 15: van raai 0 t/m 520  
 kustvak 16: van raai 540 t/m 3750

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
 Dienst Weg- en Waterbouwkunde



Taknummer	Taknaam	Van km t/m km raai
100	Pannerdenskanaal	868 t/m 878
100	Neder Rijn	879 t/m 946
100	Lek	947 t/m 988
100	splitsingspunt	989
100	Nieuwe Maas	990 t/m 1012
100	splitsingspunt	1013
100	Nieuwe Waterweg	1014 t/m 1032

101	IJssel, IJsseldelta	879 t/m 1002
101	Vechtdelta	

102	Boven Rijn	858 t/m 867
102	Waal	868 t/m 952
102	Boven Merwede	953 t/m 960
102	splitsingspunt	961
102	Benden Merwede	962 t/m 975
102	splitsingspunt	976
102	Oude Maas	977 t/m 979
102	splitsingspunt	980
102	Oude Maas	981 t/m 994
102	splitsingspunt	995
102	Oude Maas	996 t/m 1006

103	Nieuwe Merwede	962 t/m 979
103	splitsingspunt	980
103	Hollandsch Diep	981 t/m 999
103	splitsingspunt	1000
103	Haringvliet noordoever	1001 t/m 1012
103	Haringvliet noordoever	1018 t/m 1022

104	Spui	996 t/m 1013
-----	------	--------------

105	Haringvliet zuidoever	1003 t/m 1029
-----	-----------------------	---------------

106	Dordtsche Kil	980 t/m 988
-----	---------------	-------------

107	Steurgat (Werkendam)	963
107	Steurgat	964 t/m 968
107	Steurgat Ruigt	969
107	Gat van het Zand	970 t/m 972
107	Spijkerboor	973

108	Ruigt	970 t/m 971
108	Gat van Noorderklip	972 t/m 973
108	Gat van Kampen	974 t/m 975

109	Wantij	1 t/m 7
-----	--------	---------

110	Noord	977 t/m 984
-----	-------	-------------

111	Hartelkanaal	1 t/m 23
Taknummer	Taknaam	Van km t/m km raai
112	Calandkanaal	1018 t/m 1027
113	Maas (bedijkt)	150 t/m 226
113	Maas (afgedamd)	244 t/m 247
114	Bergsche Maas	227 t/m 251
114	Amer	252 t/m 262

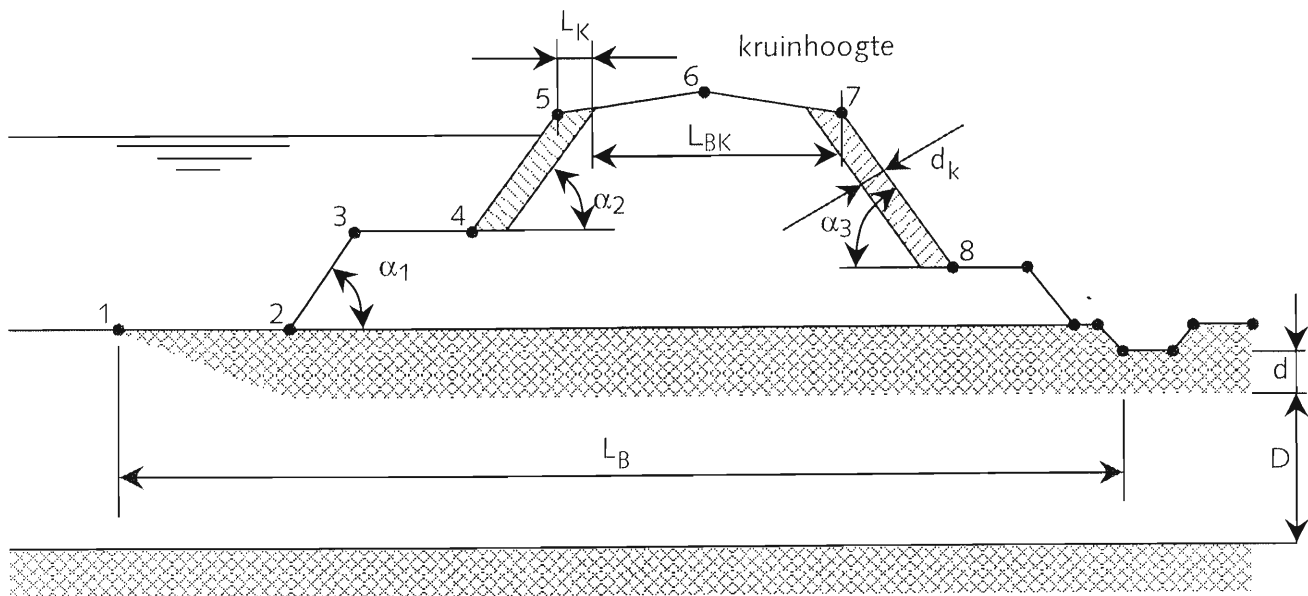
Tabel 2 Taknummers in het rivierengebied

Taknummer	Taknaam	Van km t/m km raai
120	IJsselmeer	
120	Ketelmeer	
121	Markermeer	
122	Vossemeer	
122	Gooimeer	
122	Eemmeer	
122	Nijkerkernauw	

Tabel 3 Taknummers in het merengebied



## Bijlage 3 Geometrie

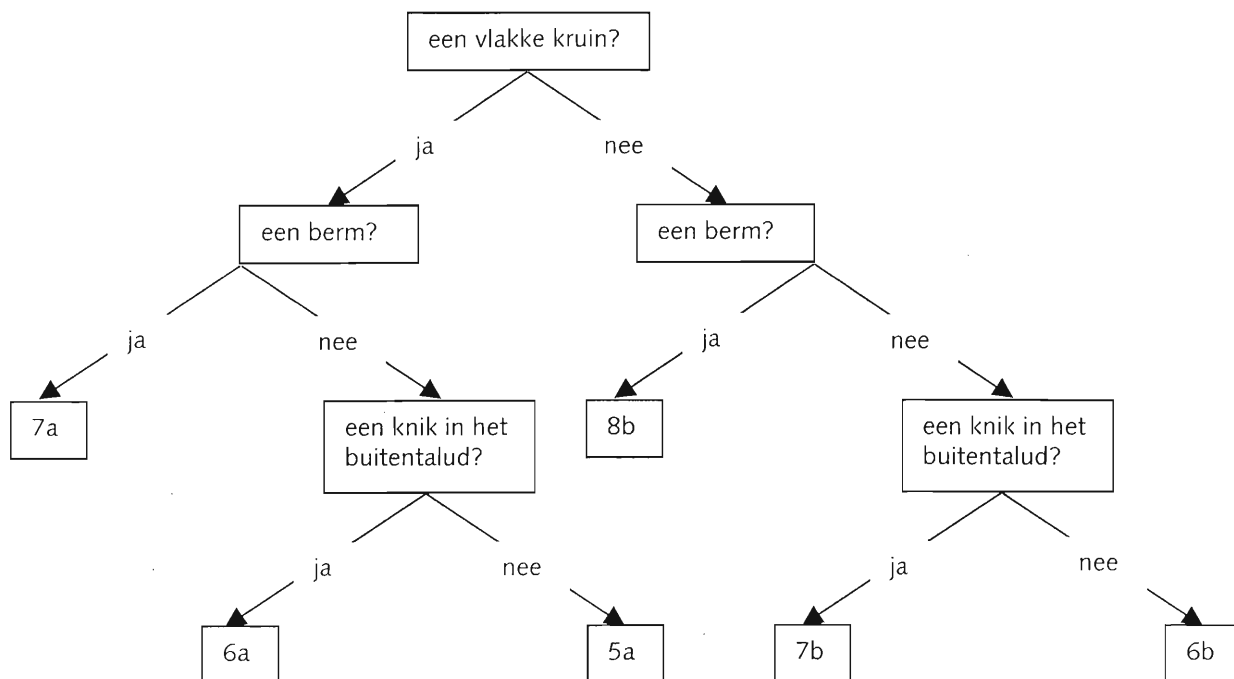


- $L_K$  = dikte kleilaag buitentalud
- $L_{BK}$  = breedte kleikern
- $L_B$  = kwelweglengte
- $d_k$  = dikte kleilaag binnentalud
- $d$  = dikte afdekkende kleilaag
- $D$  = dikte watervoerend pakket
- $\alpha_1$  = helling buitenberm
- $\alpha_2$  = helling buitentalud
- $\alpha_3$  = helling binnentalud

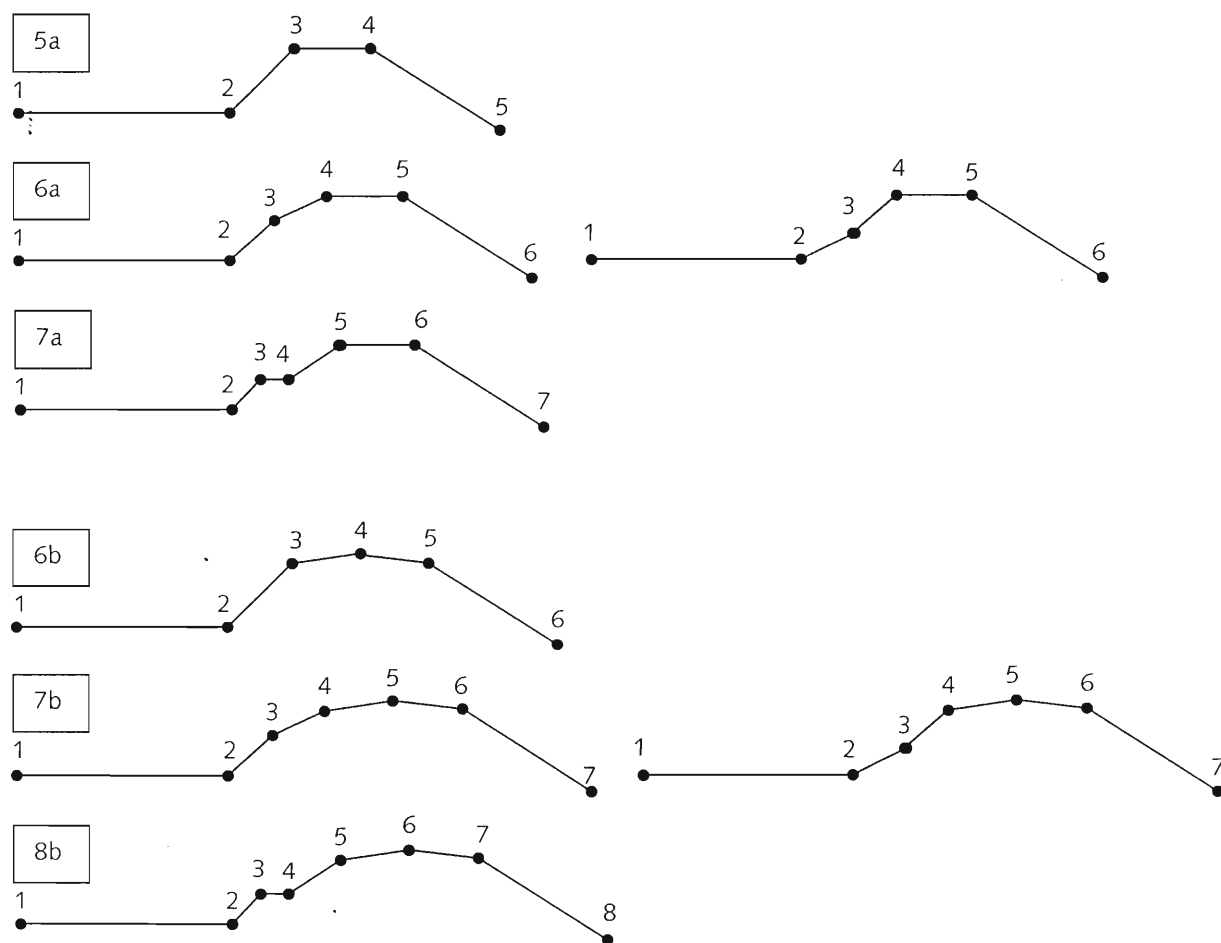
Het aantal geometriepunten hangt af van het soort dwarsprofiel dat is gekozen. Het volgende stroomschema (Figuur 9) kan worden doorlopen om te bepalen hoeveel profielpunten nodig zijn. In de bijbehorende profielen (Figuur 10) is aangegeven om welke punten het gaat.

De dikte van de kleilaag op het buitentalud wordt in principe horizontaal gemeten. In de inwinspreadsheet is de mogelijkheid de dikte ook loodrecht op het talud (conform  $d_k$ ) in te voeren.

Welke kenmerken heeft het dwarsprofiel?



Figuur 9 Stroomschema aantal profielpunten



Figuur 10 Aantal punten per dwarsprofiel



## Bijlage 4 Reductiefactor buitentalud

Code	Omschrijving	Invloedsfactor $\gamma_f$	Vergelijkingsmateriaal
1	Asfaltbeton	1,0	Referentietype
2	Mastiek	1,0	Asfalt
3	Dicht steenasfalt	1,0	Referentietype
4	Open geprefabriceerde steenasfaltmatten	0,9	Geen foto/Fixtone
5	Open steenasfalt	0,9	Referentietype/Fixtone
6	Zandasfalt (tijdelijk of in onderlaag)	1,0	Referentietype
7	Breksteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat)	0,8	Breksteen-asfalt/Vilvoordse steen
8	Baksteen/betonsteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat)	1,0	Ondoorlatend en vrijwel glad
9	Breksteen, gepenetreerd met asfalt (patroonpenetratie)	0,7	
	Breksteen-asfalt, enkele laag	0,8	
10	Betonblokken met afgeschuinde hoeken of gaten	0,9	Amnorflex
11	Betonblokken zonder openingen	1,0	Referentietype
11.1	Haringmanblokken	0,9	Referentietype
11.2	Diaboolblokken	0,8	1/4 blokken omhoog, maar hoger, dus ruwer
12	Open blokkenmatten, afgestrooid met granulair materiaal	0,9	Armorflex
13	Blokkenmatten zonder openingen in de blokken	0,95	Dichte betonblokken
14	Betonplaten van cementbeton of gesloten colloïdaal beton, (in situ gestort)	1,0	Dichte betonblokken
15	Colloïdaal beton, (open structuur)	1,0	Asfalt, weinig doorlatend
16	Betonplaten, (prefab)	1,0	Dichte betonblokken
17	Doorgroeisteen, beton	0,95	Steen zelf enige ruwheid, maar gras maakt het gladder
18	Breksteen, gepenetreerd met cementbeton of colloïdaal beton, (vol en zat)	0,8	Breksteen-asfalt/Vilvoordse steen
19	Breksteen, met patroonpenetratie van cementbeton of colloïdaal beton	0,7	
	Breksteen-asfalt, enkele laag	0,8	
20	Gras, gezaaid	1,0	Referentietype
21	Gras, zoden of gezaaid, in kunststofmatten	1,0	Gras
22	Bestorting van grof grind en andere granulaire materialen	0,8	Kleiner dan breksteen, minder ruw Voorwaarde: stabiel
23	Grove granulaire materialen c.q. breksteen verpakt in metaalgaas	0,7	Kleiner dan breksteen, wel doorlatend
24	Fijne granulaire materialen c.q. zand/grind verpakt in geotextiel, zandzakken	0,9	Enige doorlatendheid en ruwheid
25	Breksteen, (stortsteen)	0,55	Referentietype.
		0,7	Enkele laag
26	Basalt, gezet	0,9	Referentietype
26.01	Basalt, gezet, ingegoten met gietasfalt	0,95	Basalt, zonder doorlatendheid
26.02	Basalt gezet, ingegoten met colloïdaal beton of cementbeton	0,95	Basalt, zonder doorlatendheid

Tabel 4 Reductiefactoren buitentalud (lit. 11)





## Bijlage 5 Bekleding

Gras	$c_g$	Klei	$c_{RK}$
goed	1.000.000	zeer goed	54.000
matig	500.000	goed	34.000
slecht	330.000	gestructureerd	16.000
geen informatie	500.000	matig/slecht	7.000
		geen klei	0

Tabel 5 Erosiebestendigheid grasmat en kleibekleding

Asfalt	$f_{MGWS}$	$h_{GWS}$
zeedijken	0,5	0m +NAP
meerdijken	0,2	winterstreefpeil
rivierdijken	0,3	winterpeil

Tabel 6 Factor maatgevende waterstand en hoogte gemiddelde waterstand

Asfalt	$\psi_u$	$\sigma(\psi_u)$	$\Phi_{sw}$	$\sigma(\Phi_{sw})$	b	$\sigma(b)$
O	1,05	0,10	3,0	0,25	0,67	0,15
P	1,75	0,25	3,0	0,25	0,50	0,15

Tabel 7 Opwaarderingsfactor  $\psi_u$ , stabiliteitsparameter  $\Phi_{sw}$  en de parameter b

Waarden voor de gemiddelde en standaardafwijking in Tabel 7 zijn volgens Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren (lit. 12). De waarde hangt af van de mate van penetratie. O staat voor oppervlakte penetratie en P voor patroonpenetratie.

Type toplaag glooiing		Soortelijke massa (kg/m <sup>3</sup> )
Code	Omschrijving	
1	Asfaltbeton	
2	Mastiek	
3	Dicht steenasfalt	
4	Open geprefabriceerde steenasfaltmatten	
5	Open steenasfalt	
6	Zandasfalt (tijdelijk of in onderlaag)	
7	Breuksteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat)	
8	Baksteen/betonsteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat)	
9	Breuksteen, gepenetreerd met asfalt (patroonpenetratie)	
10	<b>Betonblokken met afgeschuinde hoeken of gaten erin</b>	2300
11	<b>Betonblokken zonder openingen</b>	2300
11.1	Haringmanblokken	2300
11.2	Diaboolblokken	2300
12	<b>Open blokkenmatten, afgestrooid met granulair materiaal</b>	2300
13	<b>Blokkenmatten zonder openingen</b>	2300
14	Betonplaten van cementbeton of gesloten colloidaal beton, (in situ gestort)	
15	Colloidaal beton, (open structuur)	
16	Betonplaten, (prefab)	
17	<b>Doorgroeisteen, beton</b>	2300
18	Breuksteen, gepenetreerd met cementbeton of colloidaal beton, (vol en zat)	
19	Breuksteen, met patroonpenetratie van cementbeton of colloidaal beton	
20	Gras, gezaaid	
21	Gras, zoden of gezaaid, in kunstofmatten	
22	Bestorting van grof grind en andere granulaire materialen	
23	Grove granulaire materialen c.q. breuksteen verpakt in metaalgaas	
24	Fijne granulaire materialen c.q. zand/grind verpakt in geotextiel	
25	Breuksteen, (stortsteen)	
26	<b>Basalt, gezet</b>	2900
26.01	Basalt, gezet, ingegoten met gietasfalt	2900
26.02	Basalt, gezet, ingegoten met colloidaal beton of cementbeton	2900
27	<b>Betonzuilen en andere niet rechthoekige blokken</b>	2300
27.1	Basalton	2300
27.2	PIT Polygoon zuilen	2300
27.3	Hydroblock	2300
27.01	Betonzuilen of niet rechthoekige blokken, ingegoten met gietasfalt	2300
27.11	Basalton, ingegoten met gietasfalt	2300
27.21	PIT Polygoon zuilen, ingegoten met gietasfalt	2300
27.31	Hydroblock, ingegoten met gietasfalt	2300
27.02	Betonzuilen of niet rechthoekige blokken, ingegoten met beton	2300
27.12	Basalton, ingegoten met beton	2300
28	<b>Natuursteen, gezet</b>	2500
28.1	Vilvoordse	2500
28.2	Lessinische	2500
28.3	Doornikse	2600
28.4	Petit graniët	2600
28.5	Graniët	2600
28.01	Natuursteen, gezet, en ingegoten met gietasfalt	2500

Type toplaag glooiing		Soortelijke massa (kg/m <sup>3</sup> )
Code	Omschrijving	
28.11	Vilvoordse, ingegoten met gietasfalt	2500
28.21	Lessinische, ingegoten met gietasfalt	2600
28.31	Doornikse, ingegoten met gietasfalt	2600
28.41	Petit graniet, ingegoten met gietasfalt	2600
28.51	Graniet, ingegoten met gietasfalt	2600
28.02	Natuursteen, gezet, en ingegoten met beton	2500
28.12	Vilvoordse, ingegoten met beton	2500
28.22	Lessinische, ingegoten met beton	2600
28.32	Doornikse, ingegoten met beton	2600
28.42	Petit graniet, ingegoten met beton	2600
28.52	Graniet, ingegoten met beton	2600
29	<b>Koperslakblokken</b>	2500
30	Klei onder zand	
31	Bestorting van natuursteenmassa	
32	Klinkers, beton of gebakken.	
33	zand	
34	steenfundering, gebonden	
56	kade, keermuur, kistdam	

Tabel 8 Standaardwaarden voor het soortelijk gewicht van steenbekleding ( $\rho_s$ )



## Bijlage 6 Begrippenlijst

---

5-jaarlijkse toetsing	Periodieke beoordeling van de veiligheid en sterkte van een dijkkring. Dat wil zeggen het controleren of de momentane toestand van de constructie nog voldoet aan de vigerende functionele en wettelijke eisen. De Leidraad Toetsen op Veiligheid (lit. 9) geeft aan hoe een toetsing kan worden uitgevoerd en is gericht op een uniforme maatstaf voor de beoordeling van de kwaliteit van de waterkeringen.
Aansluitconstructie	Het gehele dwars- en lengteprofiel van een grondconstructie in zijn afwijkende vorm, bij de overgang naar een duin, hoge gronden of een kunstwerk.
Afschuiving	Het verplaatsen van een deel van een grondlichaam door overschrijding van het evenwichtsdraagvermogen.
Bandijk	De rivierdijk die het winterbed omsluit.
Beheer	Het geheel van activiteiten dat noodzakelijk is om te waarborgen dat de functies van de waterkering blijven voldoen aan de daarvoor vastgestelde eisen en normen.
Beheerder	De overheid waarbij de (primaire) waterkering in beheer is.
Beheersgebied	Het in de legger gespecificeerd areaal, dat als waterkering wordt aangemerkt en door de waterkeringbeheerder wordt beheerd.
Beheersregister	Beschrijving van de feitelijke toestand van de waterkering, met de voor het behoud van het waterkerend vermogen kenmerkende gegevens van de constructie.
Bekleding	Zie "taludbekleding".
Belasting	Op een constructie (een waterkering) uitgeoefende in- en uitwendige krachten, ofwel de mate waarin een constructie door in- en uitwendige krachten wordt aangesproken, uitgedrukt in een fysische grootte.
Benedenrivierengebied	Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten westen van de lijn Schoonhoven – Werkendam – Dongemond, inclusief Hollands Diep en Haringvliet, zonder de Hollandsche IJssel.
Bezwijken	Het optreden van verlies van inwendig evenwicht (b.v. afschuiven) en/of het optreden van verlies van samenhang in materiaal (b.v. verweken) en/of het optreden van ontoelaatbaar grote vervormingen.
Bezwijkmechanisme	De wijze waarop een constructie bezwijkt (bijvoorbeeld afschuiven, piping).
Binnenberm	Een extra verbreding aan de binnendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden en/of om zandmeevoerende wellen te voorkomen.
Binnendijks	Aan de kant van het land of het binnenwater.

<b>Binnentalud</b>	Het hellend vlak van het dijklichaam aan de binnendijkse zijde van de dijk.
<b>Binnenteen</b>	De onderrand van het dijklichaam aan de binnendijkse zijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld).
<b>Bovenrivierengebied</b>	Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten oosten van de lijn Schoonhoven - Werkendam – Dongemond. De waterstanden worden daar niet beïnvloed door het getij van de Noordzee.
<b>Bres</b>	Een gat in de waterkering.
<b>Bui-oscillaties</b>	Onregelmatige schommelingen van de waterspiegel met wisselende periodes, die vooral bij zware storm optreden.
<b>Buistoot</b>	Een afzonderlijk optredende vrij kort durende waterspiegelverheffing ten gevolge van een zware bui.
<b>Buitenberm</b>	Een extra verbreding aan de buitendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden, om zandmeevoerende wellen te voorkomen en/of om de effecten van golfoploop te reduceren.
<b>Buitendijks</b>	Aan de kant van de kerende zijde.
<b>Buitentalud</b>	Hellend vlak van het dijklichaam aan de kerende zijde.
<b>Buitenteen</b>	De onderrand van het dijklichaam aan de buitendijkse zijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld en/of voorland).
<b>Buitenwater</b>	Het oppervlaktewater waarvan de waterstand direct invloed ondergaat bij hoge stormvloed, bij hoog opperwater van een van de grote rivieren, bij hoog water van het IJsselmeer of Markermeer of bij een combinatie daarvan.
<b>Cohesie</b>	Wederzijdse aantrekking tussen de fijne gronddeeltjes van sommige grondsoorten, waardoor deze bij elkaar worden gehouden tot een vaste massa zonder externe krachten.
<b>Conditionele kans op belasting</b>	Dit is een kans op een bepaalde belasting gegeven dat daarvóór een andere kering gefaald heeft.
<b>Consolidatie</b>	Het uitpersen van water uit de poriën van het korrelskelet van slecht doorlatende samendrukbare grond onder invloed van belastingverhoging ten gevolge waarvan een volumeverkleining zal optreden.
<b>Coupure</b>	Een onderbreking in de waterkering voor de doorvoer van een (water)weg of spoorweg die bij hoge waterstanden afsluitbaar is.
<b>Decimeringhoogte</b>	De peilvariatie die behoort bij een vergroting of verkleining van de overschrijdingsfrequentie met een factor 10.
<b>Dijk</b>	Een waterkerend grondlichaam.
<b>Dijkkring</b>	Stelsel van waterkeringen, of hoge gronden, dat een dijkkringgebied omsluit en beveiligd tegen overstromingen.



Dijkringgebied	Een gebied dat door een stelsel van waterkeringen, of hoge gronden beveiligd moet zijn tegen overstroming, in het bijzonder bij hoge stormvloed, bij hoog opperwater van een van de grote rivieren, bij hoog water van het IJsselmeer of Markermeer of bij een combinatie daarvan.
Dijkvak	Een deel van een waterkering met min of meer gelijke sterkte-eigenschappen en belasting
Duin	Zandlichaam (al dan niet verdedigd) bestemd tot het keren van water op basis van inhoud.
Duinafslag	Zie "ontwerpaflslagzone".
Duinvoet	De overgang van strand naar duin. De positie van de duinvoet in een dwarsprofiel wordt door veel beheerders gedefinieerd met behulp van een in de tijd constante hoogtelijn (bijvoorbeeld NAP + 3m).
Estuarium	Een wijde riviermond.
Faalmechanisme	De opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot falen.
Falen	Het niet meer vervullen van de primaire functie (water keren) en/of het niet meer voldoen aan de vastgestelde criteria.
Filter	Een tussenlaag in de taludbekleding die uitspoeling van fijnkorrelig materiaal uit de ondergrond door de bovenliggende laag van de bekleding voorkomt.
Freatisch vlak	De vrije grondwaterspiegel.
Gemiddelde waarde	De verwachtingswaarde ( $\mu$ ) van een stochast
Golfoploop	De hoogte boven de stilwaterstand tot waar een tegen het talud oplopende golf reikt (de 2 % golfoploop wordt door 2% van de golven overschreden).
Golfoverslag	De hoeveelheid water die door golven per strekkende meter gemiddeld per tijdseensheid over de waterkering slaat.
Grensprofiel	Het profiel dat na afslag tijdens ontwerpomstandigheden nog minimaal als waterkering aanwezig moet zijn.
Grenstoestand	De toestand waarin de sterkte van een constructie of een onderdeel daarvan nog juist evenwicht maakt met de daarop werkende belastingen.
Havenslingering	Het resonantieverschijnsel in bekkens (o.a. havens) ten gevolge van laag frequente variaties van de buitenwaterstand (ook wel seiche genoemd).
Heave	De situatie waarbij verticale korrelspanningen in een zandlaag wegvallen onder invloed van een verticale grondwaterstroming; ook fluidisatie of de vorming van drijfzand genoemd.
Hoge gronden	De natuurlijke hoge delen van Nederland. Deze zijn in bijlage 2 bij de Wet op de waterkering aangegeven als de NAP + 1m lijn bij bedreiging vanaf het IJsselmeer en het Markermeer, de NAP + 2m lijn bij bedreiging vanaf zee of, indien hoger langs de rivieren, als de uiterst verwachte overstromingslijn verlopend van de maatgevende hoogwaterstand (MHW) aan de bovenstroomse zijde van het dijkringgebied tot de laagste kruinhoogte van de

	primaire waterkering aan de benedenstroomse zijde van het dijkringgebied, vermeerderd met 1m.
<b>Hydraulische grondbreuk</b>	Het verlies van korrelcontact in de grond als gevolg van te hoge wateroverspanningen; in geval van een cohesieve afdekkende grondlaag leidt dit tot opdrijven en opbarsten, in geval van een niet-cohesieve grondlaag tot heave.
<b>Intreepunt</b>	Het (theoretisch) punt waar het buitenwater tot de aquifer toetreedt, als gevolg van het verval over de waterkering.
<b>Inundatie</b>	Het laten overstromen.
<b>Inundatielijn</b>	De maximale waterstand bij overstroming in een dijkringgebied.
<b>JARKUS</b>	Het landelijk bestand met jaarlijkse diepte- en hoogtemetingen van de Nederlandse zandige kust.
<b>Kansverdelingsfunctie</b>	Een functie die van een stochastische variabele aangeeft wat de kans is dat deze variabele kleiner dan of gelijk aan een bepaalde waarde is.
<b>Karakteristieke waarde</b>	Een op basis van een statistische analyse bepaalde waarde met een kleine onder- of overschrijdingskans. In de praktijk wordt voor materiaal-eigenschappen vaak uitgegaan van een onderschrijdingspercentage van 5%.
<b>Kruin</b>	De strook tussen buitenkruinlijn en binnenkruinlijn.
<b>Kruinhoogte</b>	De hoogte van de buitenkruinlijn.
<b>Kunstwerk</b>	Een civieltechnisch(e) werk of installatie rond de natte en/of droge infrastructuur dat een of meer functies vervult.
<b>Kwel</b>	Het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogte buiten het beschouwde gebied.
<b>Kwelkade</b>	Een in het direct ad dijk grenzende achterland aangebrachte kade om afstromen van kwelwater te verminderen daarmee wordt getreacht het optreden van pipingverschijnselen te voorkomen alsmede wateroverlast binnendijs tijdens hoge rivierafvoeren te beperken.
<b>Kwelscherm</b>	Een ondoorlatende, in de regel verticale, constructie voor verlenging van de kwelweg.
<b>Kwelsloot</b>	Een sloot aan de binnenzijde van de dijk die tot doel heeft kwelwater op te vangen en af te voeren.
<b>Kwelweg</b>	Een mogelijk pad in de grond die het kwelwater aflegt, van het intreepunt naar het uittreepunt.
<b>Kwelweglengte</b>	De afstand die het kwelwater in de grond aflegt.
<b>Legger</b>	De beschrijving van de minimale eisen waaraan de (primaire) waterkering moet voldoen naar richting, vorm, afmeting en constructie en waarin de keurbegrenzungen worden aangegeven.

Lokale opwaaiing	Opwaaiing tussen de locatie waarvoor de hydraulische randvoorwaarde wordt gegeven en de waterkering.
Lengte-effect	De mate waarin de kans op het optreden van een mechanisme afhankelijk is van de lengte van de waterkering.
Maatgevend Hoogwater	Het ontwerppeil.
Macrostabiliteit	De weerstand tegen het optreden van een glijvlak in het talud en de ondergrond.
Marsroute	Voorloper van het onderzoeksprogramma "Overstromingsrisico's : een studie naar kansen en gevolgen"
Materiaalfactoren	De partiële factoren, die op de karakteristieke materiaalparameters worden toegepast om onzekerheden in de grondeigenschappen te verdisconteren.
Meerdijk	Een primaire waterkering, gelegen langs in het algemeen grote wateren, anders dan rivieren, zonder getijdewerking.
MHW xxxx	Het ontwerppeil, vastgesteld in het jaar xxxx. Het ontwerppeil is gelijk aan het Toetspeil vermeerderd met de verwachte hoogwaterstijging (inclusief NAP-daling) tot aan het eind van de planperiode.
Microstabiliteit	De weerstand tegen erosie van het talud ten gevolge van uittredend water.
Modelfactor	De partiële factor waarin onzekerheden in de berekeningsmethoden zijn verdisconteerd.
NAP	Het Normaal Amsterdams Peil.
NAP-daling	De daling van het NAP-vlak als gevolg van onderlinge bewegingen in de aardkorst. Wegens het ontbreken van een meetbaar referentiepunt is deze daling niet te kwantificeren en kan alleen in combinatie met de zeespiegelstijging gekwantificeerd worden.
Niet-waterkerend object	Een object op of in de dijk dat geen waterkerende functie heeft, zoals leidingen, woningen, gemalen en bomen.
Niet-primaire (water)kering	Zie "regionale (water)kering".
Ontwerpafslagzone	Het gedeelte van het duingebied dat tijdens ontwerpomstandigheden (ontwerpstormvloed) zal afslaan.
Ontwerppeil	Extreme hoogwaterstand met een voorgeschreven overschrijdingsfrequentie.
Opbarsten	Het bezwijken van de grond, door het ontbreken van verticaal evenwicht in de grond, onder invloed van wateroverdrukken.
Opdrijfzone	De zone achter de dijk waar de grenspotentiala wordt bereikt bij maatgevende omstandigheden.
Opdrijven	Het opdrukken van het afdekkend pakket door het bereiken van de grenspotentiala.

Opdrukveiligheid	De verhouding tussen het gewicht van het afdekkend pakket slecht doorlatende lagen (klei / veen) en de stijghoogte van het grondwater direct er onder, uitgedrukt in de parameter "n".																		
Overbelasting	Het overschrijden van het vastgestelde overslagcriterium.																		
Overhoogte	Een extra hoeveelheid grond die wordt aangebracht met het doel om na zetting van de ondergrond en klink van de aangebrachte grond het gewenste profiel te bereiken.																		
Overloop	Het verschijnsel waarbij water over de kruin van de dijk het achterland in loopt, omdat de waterstand in de rivier hoger is dan de kruin.																		
Overschrijdingsfrequentie	Het gemiddeld aantal keren dat in een bepaalde tijd een verschijnsel een zekere waarde bereikt of overschrijdt.																		
Overschrijdingskans	De kans dat de ontwerpwaterstand bereikt of overschreden wordt.																		
Overslag	Zie "golfoverslag".																		
Overstromingskans	De kans dat een gebied overstroomt doordat de waterkering rondom dat gebied (de dijkkring) op één of meer plaatsen faalt																		
Overstromingsrisico	Overstromingskans × gevolg																		
Piping	Het verschijnsel waarbij onder een waterkering een holle pijpvormige ruimte ontstaat doordat het erosieproces van een zandmeevoerende wel niet stopt.																		
Polder	Een op de boezem uitslaand of lozend gebied.																		
Polderpeil	Het peil van het oppervlaktewater binnen een beheersgebied.																		
Potentiaal	De stijghoogte in een aquifer.																		
Primaire waterkering	<p>Een waterkering, die beveiliging biedt tegen overstrooming doordat deze ofwel behoort tot het stelsel dat een dijkkringgebied - al dan niet met hoge gronden - omsluit, ofwel vóór een dijkkringgebied is gelegen.</p> <p>Primaire waterkeringen kunnen worden verdeeld in de volgende categorieën:</p> <table><tr><th>oud</th><th>nieuw</th><th>omschrijving</th></tr><tr><td>1</td><td>a</td><td>dijkkringgebied omsluitende kering, keert buitenwater</td></tr><tr><td>2</td><td>c</td><td>dijkkringgebied omsluitende kering, keert geen buitenwater</td></tr><tr><td>3</td><td>b</td><td>voorliggende of verbindende kering, keert buitenwater</td></tr><tr><td>4</td><td>b</td><td>voorliggende of verbindende kering, keert geen buitenwater</td></tr><tr><td>5</td><td>d</td><td>kering ligt in het buitenland</td></tr></table>	oud	nieuw	omschrijving	1	a	dijkkringgebied omsluitende kering, keert buitenwater	2	c	dijkkringgebied omsluitende kering, keert geen buitenwater	3	b	voorliggende of verbindende kering, keert buitenwater	4	b	voorliggende of verbindende kering, keert geen buitenwater	5	d	kering ligt in het buitenland
oud	nieuw	omschrijving																	
1	a	dijkkringgebied omsluitende kering, keert buitenwater																	
2	c	dijkkringgebied omsluitende kering, keert geen buitenwater																	
3	b	voorliggende of verbindende kering, keert buitenwater																	
4	b	voorliggende of verbindende kering, keert geen buitenwater																	
5	d	kering ligt in het buitenland																	
Proevenverzameling (lokaal)	Proevenverzameling op grond van een steekproef van grondeigenschappen uit een gebied tot 100m uit de te beschouwen dwarsdoorsnede in langsrichting van de waterkering.																		
Proevenverzameling (regionaal)	Proevenverzameling op grond van een steekproef van grondeigenschappen uit afzettingen die op gelijke wijze zijn ontstaan en een vergelijkbare belastinghistorie kennen.																		
Proevenverzameling	Een verzameling / steekproef van in het terrein gemeten of in het laboratorium bepaalde waarden van grondeigenschappen, ingedeeld naar geologische / geotechnische formatie.																		

---

Regionale (water)kering	Niet-primaire waterkeringen.
Rijksstrandpalenlijn	Zie "RSP-lijn".
Ringdijk	Zie "dijkkring".
Risicoanalyse	Het nagaan van de kans op een ongewenste gebeurtenis en de gevolgen daarvan.
Rivierdijk	De rivierdijk die het winterbed omsluit.
Schaardijk	Een rivierdijk die onmiddellijk aan het zomerbed grenst.
Schadefactor	De partiële factor waarin de gevolgen van bezwijken zijn betrokken.
Seiche	Zie "havenslingering".
Secundaire waterkering	Zie "regionale (water)kering".
Strijklengte	De lengte van het voor de waterkering gelegen wateroppervlak waarover de wind waait.
Stabiliteitsfactor	De Factor waarin het verschil tussen sterkte en belasting wordt uitgedrukt.
Standaardafwijking	Een maat voor de spreiding rond het gemiddelde
Stijghoogte	Het niveau tot waar het water zou stijgen in een peilbuis met filter ter plaatse van het punt; wordt uitgedrukt in meters waterkolom ten opzichte van een referentievlak.
Stilwaterstand	De waterstand zonder de effecten van golfoploop, maar met toeslagen. Onder toeslagen wordt verstaan: lokale opwaaiing, bui-oscillaties en buistoten.
Stochast	Zie stochastische variabele
Stochastische variabele	Bij veel experimenten letten we speciaal op waarden die bepaalde grootheden in die experimenten aannemen. We zijn bijvoorbeeld geïnteresseerd in de hoogste waterstand op een bepaalde locatie of het totaal aantal personen in een dijkkringgebied. Zo'n waarde wordt een stochastische variabele genoemd en wordt gedefinieerd door zijn kansverdeling.
Stormopzet	De waterstandverhoging op zee ten gevolge van de door de storm op de watermassa van de zee uitgeoefende kracht.
Stormvloed	Een hoogwaterperiode waarbij te Hoek van Holland het grenspeil (met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 0,5 per jaar) wordt bereikt of overschreden (voor het grenspeil: zie getijdetafel).
Talud	De schuinte van het zijvlak van aardwerken, dijken, spoorbanen, vestingwerken.
Taludbekleding	De afdekking van de kern van een dijk ter bescherming tegen golfaanvallen en langsstromend water. De taludbekleding bestaat uit een erosiebestendige toplaag, inclusief de onderliggende vlijlaag, filterlaag, kleilaag en/of geotextiel.

---

<b>Toetspeil yyyy</b>	De waterstand met een overschrijdingsfrequentie conform bijlage II bij de Wet op de waterkering die gebruikt wordt voor het beoordelen van de toestand van de waterkeringen, waarover in het jaar yyyy aan de minister van Verkeer en Waterstaat wordt gerapporteerd. In het Toetspeil is de verwachte hoogwaterstijging (inclusief NAP-daling) tot en met het jaar yyyy verwerkt. De Toetspeilen voor rivieren zijn gegeven op de as van de rivier; voor meren op enige afstand uit de teen van de waterkering (meestal 200m), voor duinen op de NAP -20m dieptelijne en voor de overige waterkeringen langs de kust en estuaria meestal nabij de teen van de waterkering.
<b>Uiterwaard</b>	Zie "winterbed".
<b>Uittreepunt</b>	De locatie aan de landzijde waar kwelwater het eerst aan het oppervlak treedt.
<b>Uittreeverhang</b>	Het verhang in het grondwater ter plaatse van het uittreepunt.
<b>Variatiecoëfficiënt (V)</b>	De relatieve waarde van de standaardafwijking ( $\sigma$ ) ten opzichte van de verwachtingswaarde ( $\mu$ ), dus $V = \sigma/\mu$
<b>Veiligheidsnorm</b>	De eis waaraan een primaire waterkering moet voldoen, aangegeven als de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar - van de hoogste hoogwaterstand waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde primaire waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige het waterkerend vermogen bepalende factoren.
<b>Verhang</b>	De verhouding tussen het verschil in stijghoogte tussen twee punten en de afstand tussen die punten; wordt ook gradiënt genoemd.
<b>Verval</b>	Het verschil in stijghoogte tussen twee punten, bijvoorbeeld de twee zijden van een waterkering.
<b>Verwachtingswaarde</b>	Het gewogen gemiddelde van een stochast, ook wel het eerste moment genoemd.
<b>Verweking</b>	Het verlies aan samenhang van het korrelskelet als gevolg van toename van de waterspanning (in de poriën).
<b>Verweking</b>	Het verlies aan samenhang van het korrelskelet als gevolg van toename van de waterspanning (in de poriën).
<b>Voorland</b>	Het buitendijks gebied.
<b>Waakhoogte</b>	De waakhoogte op enige moment is het verschil tussen de gemeten of verwachte kruinhoogte op dat moment en een stilwaterstand op dat zelfde moment.
<b>Waterkering</b>	Kunstmatige hoogten en die (gedeelten van) natuurlijke hoogten of hooggelegen gronden, met inbegrip van daarin of daaraan aangebrachte werken, die een waterkerende of mede een waterkerende functie hebben, en die als zodanig in de legger zijn aangegeven.
<b>Waterover- / onderspanning</b>	Verskil tussen de aanwezige waterspanning en de hydrostatische waterspanning.
<b>Waterspanning</b>	De druk in het grondwater.

---

Waterstandsnorm	Zie "veiligheidsnorm".
Wel	Geconcentreerde uitstroming van kwelwater.
Werklijn	De relatie tussen de rivierafvoer en de statistisch bepaalde overschrijdingsfrequentie van de rivierafvoer, zoals deze door de Minister van Verkeer en Waterstaat wordt gehanteerd voor het bepalen van de ontwerpafvoer voor de versterking van dijken.
Wiel	Een ontgrondingskuil direct achter of voor een dijk die is ontstaan bij een oude dijkdoorbraak waar nu vaak de dijk in een kronkel omheen ligt. Het is dan een klein meertje geworden.
Windopzet	De lokale waterstandverhoging ten gevolge van de door de wind op een watermassa uitgeoefende kracht.
Winterbed	Het deel van de rivierbedding tussen zomerbed en bandijk.
Zandmeevoerende wel	Een wel die zand meevoert uit de ondergrond.
Zeedijk	Een primaire waterkering van de categorie a, die zout water keert.
Zeespiegelstijging	De stijging van de gemiddelde zeestand ten opzichte van NAP.
Zetting	De verticale vervorming van grondlagen, hoofdzakelijk ten gevolge van een bovenbelasting.
Zettingsvloeiing	Het verschijnsel dat een verzadigde zandmassa zich gedraagt als een vloeistof als gevolg van het wegvallen van de korrelspanning.
Zomerbed	Het dwarsprofiel van de rivier waar bij normale en lagere waterstanden de rivierafvoer plaatsvindt.
Zomerdijk	Zie "zomerkade".
Zomerkade	Begrenzing van zomer- en winterbed van de rivier.