

Waterkeringsveiligheid langs Volkerak- Zoommeer – verbindende waterkeringen

Ruimte voor de benedenrivieren

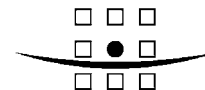
Rijkswaterstaat RIZA

21 juni 2004

Definitief

9P4722.B0

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND BV
KUST & RIVIEREN

Barbarossastraat 35

Postbus 151

6500 AD Nijmegen

+31 (0)24 328 42 84 Telefoon

+31 (0)24 360 54 83 Fax

info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail

www.royalhaskoning.com Internet

Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Waterkeringsveiligheid langs Volkerak-
Zoommeer – verbindende waterkeringen
Ruimte voor de benedenrivieren

Verkorte documenttitel Veiligheid verbindende keringen Volkerak-
Zoommeer

Status Definitief

Datum 21 juni 2004

Projectnaam Waterkeringsveiligheid Volkerak-Zoommeer

Projectnummer 9P4722.B0

Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA

Referentie 9P4722.B0/R001/LVN/LDW/Nijm

Auteur(s) Leo van Nieuwenhuijzen, Mathijs Bos

Collegiale toets Jaap-Jeroen Flikweert

Datum/paraaf

Vrijgegeven door Jaap-Jeroen Flikweert

Datum/paraaf

SAMENVATTING

Royal Haskoning heeft in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA de veiligheid beschouwd van de waterkeringen langs het Volkerak-Zoommeer in het kader van de planstudie Ruimte voor de Rivier. Uitgangspunt in deze studie is dat het peil van het Volkerak-Zoommeer gedurende 2 à 7 dagen tot NAP+2 à 2,1 m kan worden opgezet (nu max. NAP+0,5 m). Voor die situatie is een globale veiligheidsbeoordeling uitgevoerd. Verder is ingeschat wat de kosten zouden zijn van een volledige veiligheidstoetsing volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV). Tenslotte is een globaal ontwerp met kostenschattings gemaakt van de benodigde versterkingswerken.

In deze studie zijn alleen de verbindende waterkeringen en dijkkringgebied 31 beschouwd.

Met nadruk wordt vermeld dat het in deze opdracht gaat om een globale beoordeling en niet om een formele veiligheidstoetsing. Hiervoor is gekozen vanwege de beperkte beschikbare tijd en gegevens. Wel is een poging gedaan een indicatie van het toetsresultaat te geven indien tot aan een gedetailleerde toetsstap zou worden getoetst. De hierbij gedane aannamen en de conclusies van de beoordeling mogen niet als uitgangspunt voor een formele toetsing worden gebruikt. De beoordeling is gebaseerd op de gegevens die Rijkswaterstaat heeft verstrekt, aangevuld met beperkt veldbezoek. Wanneer de gegevens niet toereikend waren zijn aannamen gedaan om toch tot een beoordeling te kunnen komen. Voor zover mogelijk zijn zo realistisch mogelijke aannamen gedaan, in sommige gevallen moesten conservatieve aannamen worden gedaan. Er is uitgegaan van representatief geachte profielen. Deze dwarsprofielen zijn gekozen op basis van de beschikbare gegevens met behulp van expert-judgement.

Globale beoordeling dijken

De globale beoordeling heeft geleid tot de volgende conclusies: er zijn geen scores 'onvoldoende', maar wel enkele scores twijfelachtig. Voor de steenzetting op de Grevelingendam is waarschijnlijk verbetering nodig. Voor macrostabiliteit in dijkkringgebied 31 en voor het voorland van de Philips- en Grevelingendam is de score 'twijfelachtig' door gegevensgebrek.

Raming voor volledige toetsing: ca. €150.000,- excl. BTW

Uitgaand van de nu beschikbare informatie over de waterkeringen is een inschatting gemaakt van de benodigde kosten voor een volledige toetsing volgens het VTV, onderscheid makend tussen gegevensverzameling, bureauwerkzaamheden en algemene kosten.

Globale ontwerpen en raming dijkversterking

In onderstaande tabellen zijn de ontwerpen en kosten samengevat, afgerond op 0,1 M€. Er zijn aparte tabellen voor dijkkringgebied 31 en voor de verbindende waterkeringen. De eenheidsprijzen zijn in lijn met Referentie Alternatief Dijkversterking (RAD). In de tabellen is onderscheid gemaakt tussen meer en minder 'zekere' kosten; dit onderscheid komt voort uit het beoordelingsresultaat per aspect.

Dijkringgebied	Dijkversterking	'Zekere' kosten [M€]	'Onzekere' kosten [M€]
31, Zuid-Beveland oost, 2,6 km	Stabiliteit/pipingberm		1,3
	Taludverflauwing buitentalud		0,5
	NWO's		0,3
Totaal		0	2,1

Verbindende waterkering	Dijkversterking	'Zekere' kosten [M€]	'Onzekere' kosten [M€]
Philipsdam (VWK17), 7,8 km	vooroeverbesteding		27,8
Grevelingendam (VWK16), 1,5 km	vervangen steenzettingen	2,3	
	vooroeverbesteding		5,4
Algemeen	NWO's		0,3
Totaal		2,3	33,5

Nogmaals: door de summier informatie en de beperkte beschikbare tijd moeten zowel de gekozen ingrepen als de geraamde kosten worden gezien als indicatief.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Kader	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Projectgebied	1
1.4	Beoordeling van waterkeringsveiligheid	2
1.5	Leeswijzer	3
2	HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Hoogwaterstand op het Volkerak-Zoommeer	4
2.3	Laagwaterstand aan de andere zijde van de waterkering	5
2.4	Goltrandvoorwaarden	6
3	Globale BEOORDELING KRUINHOOGTE	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Berekening	7
4	Globale BEOORDELING STABILITEIT	8
4.1	Inleiding	8
4.2	Methode	8
4.2.1	Piping en heave	8
4.2.2	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	8
4.2.3	Microstabieliteit	8
4.2.4	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	8
4.3	Hellegatsdam (VWK15)	9
4.3.1	Relevante gegevens	9
4.3.2	Piping en heave	9
4.3.3	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	9
4.3.4	Microstabieliteit	10
4.3.5	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	10
4.4	Grevelingendam (VWK16)	10
4.4.1	Relevante gegevens	10
4.4.2	Piping en heave	11
4.4.3	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	11
4.4.4	Microstabieliteit	11
4.4.5	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	11
4.5	Philipsdam (VWK17)	12
4.5.1	Relevante gegevens	12
4.5.2	Piping en heave	12
4.5.3	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	12
4.5.4	Microstabieliteit	13
4.5.5	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	13
4.6	Oesterdam (VWK 19)	13
4.6.1	Relevante gegevens	13
4.6.2	Piping en heave	13
4.6.3	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	14



4.6.4	Microstabiliteit	14
4.6.5	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	15
4.7	Zeedijk Paviljoenpolder (VWK23)	15
4.7.1	Relevante gegevens	15
4.7.2	Piping en heave	15
4.7.3	Macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts	15
4.7.4	Microstabiliteit	16
4.7.5	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	16
4.8	Dijkkringgebied 31 Zuid-Beveland oost	16
4.8.1	Relevante gegevens	16
4.8.2	Piping en heave	17
4.8.3	Macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts	17
4.8.4	Microstabiliteit	17
4.8.5	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	17
5	GBLALE BEOORDELING BEKLEDINGEN	18
5.1	Inleiding	18
5.2	Locaties en ligging	18
5.3	Bestorting	19
5.4	Steenzettingen	19
5.4.1	Inleiding	19
5.4.2	Methode	19
5.4.3	Rekenresultaten	20
5.4.4	Interpretatie	20
5.4.5	Conclusie en eindoordel	21
5.5	Asfaltbekleding	21
5.5.1	Ligging en constructie-opbouw	21
5.5.2	Materiaaltransport	21
5.5.3	Golfklap (asfalt)	22
5.5.4	Conclusie	22
5.6	Grasbekleding	22
5.6.1	Golfklap (gras)	23
5.6.2	Golfoploop	24
5.7	Eindoordel bekledingen	24
6	GBLALE BEOORDELING KUNSTWERKEN EN NIET-WATERKERENDE OBJECTEN	25
6.1	Kunstwerken	25
6.2	Niet-waterkerende objecten	25
7	RAMING VOOR VOLLEDIGE TOETSING	26
7.1	Inleiding	26
7.2	Algemene werkzaamheden	26
7.3	Hoogtetoets	26
7.4	Stabiliteit	27
7.5	Bekledingen	28
7.6	Kunstwerken	28
7.7	Raming	28

8	GLOBAL ONTWERP EN KOSTENSCHATTING	30
8.1	Inleiding	30
8.2	Methode	30
8.3	Stabiliteit	30
8.3.1	Zuid Beveland oost (dijkkringgebied 31)	30
8.3.2	Philipsdam (VWK17) en Grevelingendam (VWK16)	30
8.4	Bekleding	31
8.5	Niet-waterkerende objecten	31
8.6	Kosten	32
9	CONCLUSIES	33
9.1	Algemeen	33
9.2	Beoordeling	33
9.3	Kosten	33
9.3.1	Uitgebreide toetsing	33
9.3.2	Verbetermaatregelen	33
9.4	Overige aandachtspunten	34
10	BRONNEN	35

1 INLEIDING

1.1 Kader

In het kader van Ruimte voor de Benedenrivieren wordt momenteel onderzocht of het mogelijk is om het Volkerak-Zoommeer in te zetten als bergingsgebied bij hoge waterstanden op de benedenrivieren. Een effect van de maatregel dat onderzocht moet worden is de invloed op de waterkeringsveiligheid voor de primaire waterkeringen langs het Volkerak-Zoommeer, en de kosten die nodig zijn om aan de veiligheidseisen te voldoen.

1.2 Doelstelling

Het algemene doel van de studie is om in beeld te brengen wat de waterkeringsgerelateerde gevolgen en kosten zijn voor de verbindende waterkeringen langs het Volkerak-Zoommeer en dijkkringgebied 31, als in het kader van Ruimte voor de benedenrivieren het Volkerak-Zoommeer als bergingsgebied wordt ingezet.

De vereiste nauwkeurigheid is beperkt: het resultaat van de studie dient voor een zeer globale afweging tussen deze maatregel en maatregelen langs de rivieren (dijkversterking of ruimtelijk). De studie moet inzicht geven in de orde van grootte van de kosten: orde één, orde tien of orde honderd miljoen Euro.

De overige waterkeringen (horend bij de dijkkringgebieden 25, 27 en 34) zijn in een eerdere studie op dezelfde manier beschouwd [lit. 1].

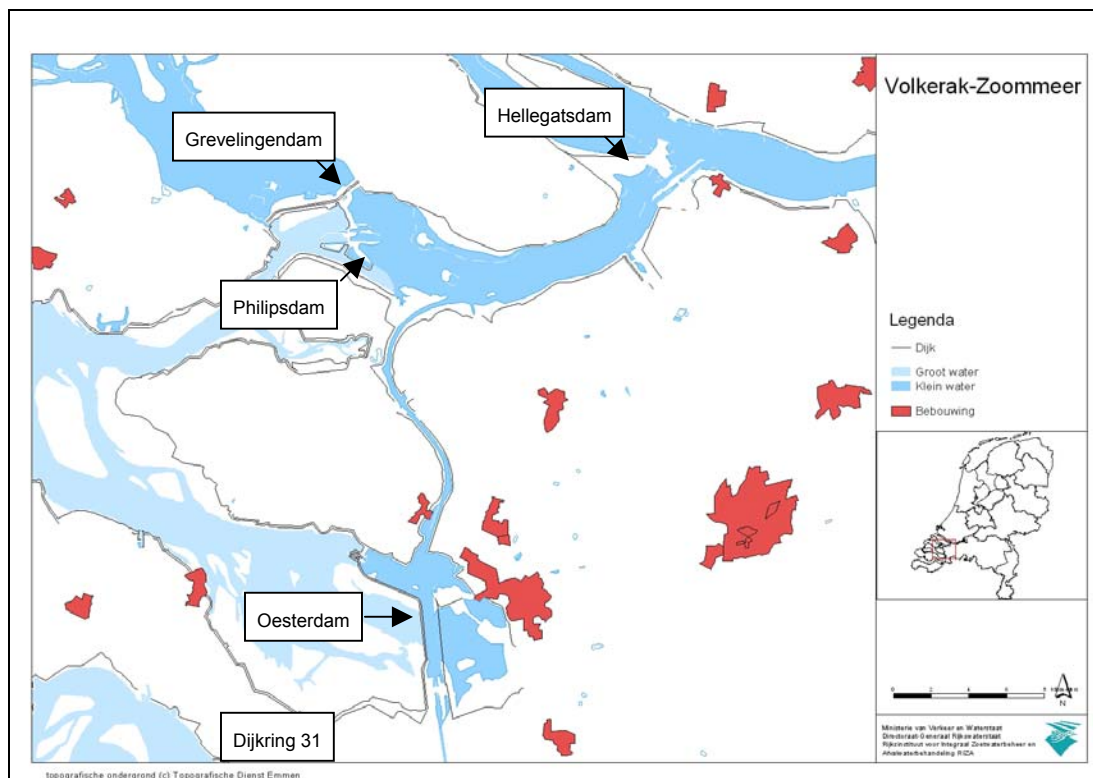
1.3 Projectgebied

Het Volkerak-Zoommeer (VZM) omvat van noord naar zuid het Volkerak, de Krammer, de Eendracht, het Zoommeer en het Bathse Spuikanaal. Het VZM grenst aan de verbindende waterkeringen Hellegatsdam, Grevelingendam, Philipsdam, Oesterdam, Zeedijk Paviljoenpolder. Daarnaast wordt in dit project een gedeelte van dijkkringgebied 31 onderzocht. Zie Figuur 1-1; de Zeedijk Paviljoenpolder staat niet op de figuur; deze scheidt de Schelde-Rijnverbinding van de Westerschelde en bevat onder andere de Bathse Spuisluis. In onderstaande tabel staan de aantallen km's per onderdeel.

Tabel 1-1: Lengte aan primaire waterkering per onderdeel

nr.	naam waterkering	aantal km's grenzend aan VZM
VWK 15	Hellegatsdam	7
VWK 16	Grevelingendam	1,3
VWK 17	Philipsdam	7,8
VWK 19	Oesterdam	7,1
VWK 23	Zeedijk Paviljoenpolder	4,2
DRG 31	Zuid-Beveland oost	4,8
	Totaal	ca. 32

Figuur 1-1: Volkerak-Zoommeer



1.4 Beoordeling van waterkeringsveiligheid

Elke beheerder van waterkeringen, in de praktijk meestal een waterschap, dient elke vijf jaar conform de Wet op de Waterkering een toetsing van zijn dijkkringgebied uit te voeren. Deze toetsing op Veiligheid wordt uitgevoerd volgens de methode in een door het Rijk uitgegeven voorschrift: het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) [lit. 5]. In het VTV worden alle faalmechanismen van waterkeringen behandeld als zogenaamde beoordelingssporen: stapsgewijze methodes om zo efficiënt mogelijk tot een toetsresultaat te komen. Per aspect zijn er verschillende niveaus van beoordeling, afhankelijk van de diepgang en complexiteit van de methode. De niveaus zijn eenvoudig, gedetailleerd en geavanceerd.

Voor de bepaling van de invloed van de verhoging van het peil in het Volkerak-Zoommeer is gebruik gemaakt van het VTV. Er is een eenvoudige beoordeling op alle relevante beoordelingssporen uitgevoerd. Het onderzoek bevat niet een formele toetsing, zoals bedoeld in de Wet op de Waterkering, maar een globale beoordeling die bovendien is gebaseerd op zeer beperkte gegevens. Waar precieze informatie ontbrak zijn aannames gedaan op basis van informatie van de beheerder en expert-judgement. Waar aannames gedaan zijn, is dit in de tekst aangegeven, en daarbij is tevens aangegeven of het een realistische of conservatieve benadering betreft.

Voor de beoordeling van een dijkkringgebied wordt het dijkkringgebied opgedeeld in meerdere dijkvakken die een overeenkomstige belasting, dwarsprofiel en dijkopbouw hebben. Voor dit project is een grove indeling gebruikt. Daartoe is het dwarsprofiel geschematiseerd en vereenvoudigd.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de hydraulische randvoorwaarden die gebruikt zijn als belasting in de globale beoordeling. De globale beoordeling is verdeeld over vier aspecten: kruinhoogte, stabiliteit, bekledingen en kunstwerken. Elk aspect is in een afzonderlijk hoofdstuk (3 tot en met 6) gerapporteerd. In hoofdstuk 7 is een raming gemaakt voor het uitvoeren van een gedetailleerde beoordeling van de primaire waterkeringen in dit rapport. In hoofdstuk 8 zijn de verbetermaatregelen uitgewerkt en is een kostenraming gemaakt. De verbetermaatregelen en de raming zijn gebaseerd op de resultaten van de globale beoordeling. Tenslotte worden in hoofdstuk 9 conclusies en aanbevelingen gegeven. In hoofdstuk 10 staan de bronnen vermeld.

2 HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN

2.1 Inleiding

Als bron voor hydraulische parameters ligt normaal gesproken het Hydraulisch randvoorwaardenboek 2001 (HR2001) [lit.2] voor de hand. HR2001 bevat hydraulische randvoorwaarden voor de primaire waterkeringen voor categorie a en b (dijken en verbindende waterkeringen direct grenzend aan buitenwater). De waterkeringen langs het Volkerak-Zoommeer zijn van categorie c en d, dus HR2001 geeft hiervoor geen hydraulische randvoorwaarden.

De benodigde randvoorwaarden zijn de waterstand onder maatgevende condities, het waterstandsverloop en de golfrandvoorwaarden. In dit hoofdstuk wordt behandeld hoe deze voor de globale toetsing zijn bepaald.

Strikt genomen moet voor elk beoordelingsspoor worden gezocht naar de ongunstigste combinatie van parameters met een overschrijdingsfrequentie gelijk aan de norm (1/4000 of 1/2000). Voor geotechnische stabiliteit is dat alleen de waterstand, maar voor de kruinhoogte speelt ook de golfaanval een rol en voor de bekledingen gaat het zelfs met name om de golven. In het benedenrivierengebied is hiervoor een ingewikkelde statistische analyse nodig die rekening houdt met de kansverdelingen op hoge rivierafvoer, hoge waterstand in de Maasmond en lokale opwaaiing, én vooral met de correlaties tussen deze kansverdelingen. Voor de waterkeringen langs buitenwater heeft Rijkswaterstaat voor dit doel Hydra_B gemaakt, maar dat is niet toepasbaar voor het Volkerak-Zoommeer. In deze studie is gekozen voor een benadering waarbij de waterstand met de normfrequentie uitgangspunt is (zoals aangeleverd door Rijkswaterstaat, zie § 2.2). Uitgezocht is welke windsnelheden voorkomen als deze waterstand zich voordoet, en daarmee is de golfaanval berekend.

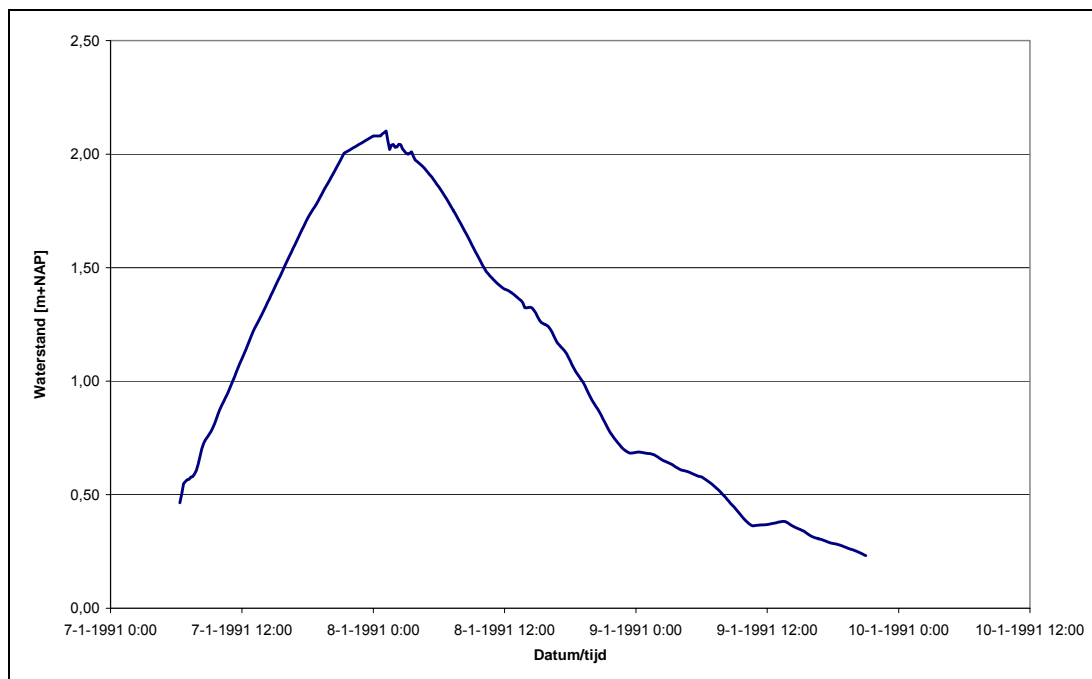
2.2 Hoogwaterstand op het Volkerak-Zoommeer

De Toetspeilen waarmee in deze studie wordt gerekend zijn afhankelijk van de wettelijke veiligheidsnorm. Deze is 1:4.000 voor dijkkringgebied 31. Voor de verbindende waterkeringen is de norm per definitie gelijk aan de strengste norm van de achterliggende gebieden, in dit geval ook 1:4.000. Het bijbehorende Toetspeil is NAP+2,1 m.

Vanwege het globale karakter van de toetsing is geen rekening gehouden met de toeslag voor opwaaiing (waterstandsverhoging aan de dijk door scheefstand van het waterpeil vanwege het windveld). Deze heeft een waarde van 1 à 2 dm, en dat is in de orde van nauwkeurigheid van de analyse. De opwaaiing is alleen van belang voor het spoor hoogte; bij die beoordeling wordt teruggekomen op deze vereenvoudiging.

Het bijbehorende waterstandsverloop zoals aangeleverd door Rijkswaterstaat, staat in Figuur 2-1. Daarnaast is in de beoordeling rekening gehouden met een scenario waarbij de topwaterstand circa zeven dagen aanhoudt.

Figuur 2-1: Waterstandsverloop bij 1/4000 omstandigheden (bron: Rijkswaterstaat)



2.3 Laagwaterstand aan de andere zijde van de waterkering

Voor toetsing en ontwerp op de geotechnische faalmechanismen is een rekenwaarde nodig voor de laagwaterstand aan de 'buiten'zijde van de waterkering, dus de niet-Volkerak-Zoommeerzijde. Bij dijken wordt voor dit soort berekeningen normaal gesproken uitgegaan van een polderpeil.

De maatgevende situatie aan de Volkerak-Zoommeerzijde doet zich voor als de waterstand gedurende zeven dagen op het niveau NAP+2,1 m ligt. Weliswaar zal het Volkerak-Zoommeer alleen bij extreme situaties worden ingezet als bergingsgebied, en er is dus een relatief grote kans dat de waterstand ook aan de 'buiten'zijde hoog is. Hiervan kan echter niet worden uitgegaan: ten eerste kan de maatregel ook worden ingezet omdat de rivierafvoer extreem is, en dan zal de 'buiten'waterstand niet hoog zijn. Ten tweede kan de hoge waterstand in het Volkerak-Zoommeer zeven dagen aanhouden, en in die periode zal de 'buiten'waterstand zeker alweer lager zijn geworden.

Voor de beoordeling is een lage laagwaterstand nodig, maar het is niet nodig om te rekenen met een laagwaterstand in de buurt van de normfrequentie, omdat de waterstand aan de Volkerak-Zoommeerzijde de normfrequentie heeft. In het kader van deze studie is het niet nodig om hiervan een statistische analyse te maken; gekozen is om uit te gaan van de laagwaterstanden met een onderschrijdingskans van 1/10 per jaar. Deze zijn afgeleid uit het 10-jarig overzicht van Rijkswaterstaat, te vinden op www.waternormalen.nl. Voor het Grevelingenmeer is het normale beheerpeil gebruikt. Zie Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Laagwaterstanden buitenzijde

waterkering	Laagwaterstand [m+NAP]
Hellegatsdam	-0,4
Grevelingendam	-0,2
Philipsdam	-2,5
Oesterdam	-2,6
Zeedijk Paviljoenpolder	-3,4

2.4 Golfrandvoorwaarden

Hydra_B is niet beschikbaar voor de waterkeringen in dit project, en daarom wordt voor dit doel de methode Bretschneider toegepast, zoals onder andere beschreven in de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 – benedenrivierengebied [lit. 3]. De golfrandvoorwaarden worden bepaald voor alle windrichtingen, uitgaand van Toetspeil. Daarbij is rekening gehouden met de richtings spreiding van de wind, volgens de methode in [lit. 3].

In deze studie is gebruik gemaakt van de golfrandvoorwaarden die met de hierboven beschreven methode zijn bepaald voor de dijkkringgebieden 25, 27 en 34. Voor de onderliggende berekening wordt verwezen naar het betreffende rapport [lit. 1]. De relevante randvoorwaarden staan in onderstaande tabel.

Tabel 2-2: Golfrandvoorwaarden per locatie

Locatie	Hs [m]	Tp [s]	toepasbaar voor
Tholen Sint Philipsland	0,36	2,09	Philipsdam, Oesterdam
Goeree-Overflakkee 1	1,12	4,26	Grevelingendam
Goeree-Overflakkee 2	0,29	2,13	Hellegatsdam

Voor de Zeedijk Paviljoenpolder en dijkkringgebied 31 zijn geen golfrandvoorwaarden berekend. Uit de topografische kaart blijkt dat deze aan de VZM-zijde nauwelijks water tegen de dijk krijgen vanwege het lange hoge voorland. De golfaanval zal zeer klein zijn. Bij de verdere toetsing wordt hier invulling aan gegeven.

3 GLOBALE BEOORDELING KRUIHOOGTE

3.1 Inleiding

De beoordeling is uitgevoerd volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid [lit. 5]. Er is direct overgegaan naar vaststelling van het oplooptniveau met $q = 0,1 \text{ l/m/s}$, aangezien door gebrek aan gegevens niet kan worden nagegaan of er ontworpen is volgens vigerende leidraden of de Delftse formule.

3.2 Berekening

De dammen zijn geschematiseerd met een talud 1:3. De kruinhoogten zijn afkomstig van besteks- en revisietekeningen; de actuele kruinhoogte is maximaal enkele decimeters lager. Indien er meerdere dwarsprofielen van één dam beschikbaar waren, is de laagste kruinhoogte gemeld. De oplooptniveaus volgens berekening in PC-Overslag [lit. 4] staan in onderstaande tabel.

Tabel 3-1: Resultaten kruinhoogte

	Oplooptniveau $q = 0,1 \text{ l/m/s}$	Kruinhoogte
Hellegatsdam	2,78	4,80*
Grevelingendam	4,89	7,50
Philipsdam	2,89	5,80
Oesterdam	2,89	4,80

*: op de dam bevindt zich nog een tuimeldijk die hoger reikt.

De kruinhoogte is op alle dammen ruimschoots 'goed'. De overslag onder maatgevende omstandigheden is veel kleiner dan $0,1 \text{ l/m/s}$, dus verwaarloosbaar. Bovendien is de kruinhoogtemarge (het hoogteverschil tussen de kruinhoogte en de stilwaterstand) groter dan 0,5 m.

De kruinhoogte van de Zeedijk Paviljoenpolder en van dijkkringgebied 31 zijn niet expliciet getoetst. Vanwege het hoge voorland zal slechts bij een klein deel van deze waterkeringen water tegen de dijk komen, waarbij de golfhoogte zeer klein zal zijn. Zeedijk Paviljoenpolder ligt de andere kant langs de Westerschelde; vanaf die kant wordt de Zeedijk veel zwaarder belast ten aanzien van de kruinhoogte. De Zeedijk zal dus zeker niet moeten worden verhoogd als gevolg van de peilverhoging op het Volkerak-Zoommeer. Voor dijkkringgebied 31 staan in de topografische atlas kruinhoogtes van NAP+4,6 m en NAP+6,1 m. Bij het Toetspeil van NAP+2,1 m en de verwachte verwaarloosbare golven is de score dan ruimschoots 'goed'.

Conclusie: alle waterkeringen voldoen ten aanzien van de kruinhoogte

4 GLOBALE BEOORDELING STABILITEIT

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een indicatie van het toetsresultaat op geotechnische stabiliteit indien tot aan een gedetailleerde toetsstap zou worden getoetst. Dat wil zeggen op basis van een compleet veld- en laboratoriumonderzoek, gebruikmakend van rekenmethoden zoals aanbevolen in vigerende TAW-publicaties die betrekking hebben op primaire waterkeringen. In werkelijkheid zijn veel minder gegevens beschikbaar; daarom wordt benadrukt dat de conclusies in deze studie niet voor een formele toetsing mogen worden gebruikt.

In lijn met het VTV wordt t.a.v. de stabiliteit van de waterkering ook gekeken naar erosie van de bekleding en de invloed van niet-waterkerende objecten (NWO's). De beoordeling van deze aspecten is respectievelijk beschreven in hoofdstuk 5 en § 6.2.

4.2 Methode

Voor een beschrijving van de in het algemeen toe te passen methoden wordt verwezen naar de eerdere studie over de dijkkringgebieden 25, 27 en 34 [lit. 1]. Hieronder worden slechts opmerkingen gemaakt indien wordt afgeweken van de methoden die in dat rapport zijn gebruikt.

4.2.1 Piping en heave

Geen opmerkingen.

4.2.2 Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts

Er zijn in het verleden geen berekeningen gemaakt of deze zijn niet voorhanden. Voor de getoetste dammen volstaat voor een groot aantal vakken de globale toetsing (op geometrie). Omdat voor een aantal vakken toch gedetailleerde toetsing nodig is, zijn MSTAB-berekeningen uitgevoerd.

4.2.3 Microstabieliteit

Voor de dammen moet ten aanzien van microstabieliteit de veiligheid tegen opdrukken en eventueel afschuiven van de bekleding worden gecontroleerd.

4.2.4 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Vanwege het ontbreken van onderwaterprofielen kan op dit spoor alleen getoetst worden op basis van geuldiepte.

4.3 Hellegatsdam (VWK15)

4.3.1 Relevante gegevens

- Variant 3 op aangeleverde tekening (Rijksweg 18, aanleg 2^e rijbaan op Hellegatsdam, B6, M.74.61, d.d. 26 november 1974).
- Een beschrijving van de aanleg van 4,5 km dam over de Hellegatplaten in het blad "Deltawerken, driemaandelijks bericht, februari 1960, 11". Hierin is ook een dwarsprofiel van de dam opgenomen. Dit profiel wordt als uitgangspunt voor de gehele dam genomen.

Opbouw van dwarsprofiel:

Talud aan zijde van Haringvliet:

- Asfaltbekleding van 22 cm dikte, nabij teen tot 70 cm dikte;
- Benedenbeloop met teen op NAP+1,25 m en taludhelling van 1:4;
- Berm van 3 m breed op NAP+4,7 m;
- Bovenbeloop met taludhelling van 1:3 (tuimeldijkje).

Kruinhoogte: NAP+7 m

Talud aan zijde Volkerak-Zoommeer:

- Bovenbeloop met taludhelling van 1:3 (tuimeldijkje), asfaltbekleding;
- Berm op NAP+5,3 m, ca. 40 m breed, onder helling van 1:50 aflopend tot NAP+4,5 m, kleibekleding en wegverharding (asfalt);
- Benedenbeloop met taludhelling van 1:4 met kleibekleding (boven) en betonglooiing (beneden) tot teen op NAP.

De dikte van de kleilaag kan als volgt worden afgeleid:

- er is 50.000 m³ klei aangebracht op 4,5 km, 11 m³ per strekkende meter
- ca. 15 m² per strekkende meter (afgelezen uit dwarsprofiel)
- waaruit volgt dat de aangebrachte kleilaag ca. 0,75 m dik moet zijn.

4.3.2 Piping en heave

De dam bestaat uit een zandlichaam dat zeer waarschijnlijk op een zandondergrond is aangelegd. Piping kan vanwege de doorlatende zandondergrond dan niet optreden. Bij eventuele sliblaagjes zijn de afmetingen van de dam bovendien dusdanig dat de kwelweglengte groot genoeg zou zijn om piping te voorkomen.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme piping en heave

4.3.3 Macrostabieleit binnen- en buitenwaarts

Het profiel komt qua hoogte en taludhellingen vrij goed overeen met het profiel dat voor de Philipsdam is doorgerekend. De volgende verschillen tussen Hellegatsdam en Philipsdam moeten worden genoemd:

- Taludhellingen zijn flauwer (gunstig) dan bij de Philipsdam;
- De minimale waterstand in het Haringvliet is hoger (gunstig, weinig invloed) dan de 'binnen'-waterstand bij de Philipsdam.

Op basis van extrapolatie van de resultaten van de Philipsdam kan hier de score 'voldoende' toegekend worden.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme macrostabieleit binnenwaarts en buitenwaarts.

4.3.4 Microstabiliteit

Verwacht wordt dat de teen aan de zijde van het Haringvliet (onderkant bekleding op ca. NAP+ 0,5 m) goed draineert aangezien de dam op een zandondergrond is aangelegd, waardoor de grondwaterstand laag blijft en geen waterdruk onder het talud ontstaat. Opdrukken van het talud is dan uitgesloten. De aanwezigheid van stoorlagen (kleilaagjes), die waterstandverhogend werken, kan echter niet geheel worden uitgesloten. Dit zou betekenen dat er maximaal een waterdruk van ca. 1,6 m onder het talud kan ontstaan uitgaande van een grondwaterstand gelijk aan toetspeil VZM: NAP+2,1 m. Een wat realistischer aanname is een grondwaterstand die het gemiddelde is van het toetspeil VZM en de gemiddelde waterstand in het Haringvliet (ca. NAP): ca. NAP+1 m.

In dit geval is de benodigde dikte van de asfaltlaag ca. 0,3 m. Verwacht wordt dat deze dikte aanwezig zal zijn aangezien de asfaltlaag naar de teen toe dikker wordt tot ca. 0,7 dikte.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme microstabiliteit.

4.3.5 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Op basis van de geuldiepte, afgelezen uit de topografische atlas, kan worden afgeleid dat de geuldiepte binnen de invloedzone kleiner is dan 9 m. Daardoor kunnen afschuiving en zettingsvloeiing worden uitgesloten op basis van de eerste toetsstap volgens het VTV.

Conclusie: de waterkering voldoet op de mechanismen afschuiving en zettingsvloeiing

4.4 Grevelingendam (VWK16)

4.4.1 Relevante gegevens

Het aan het Volkerak-Zoommeer grenzende gedeelte van de Grevelingendam is in de eerste toetsronde niet getoetst omdat het niet aan buitenwater grenst (maar aan het Grevelingenmeer). Uit het veldbezoek blijkt dat dit gedeelte qua dwarsprofiel lijkt op het wel getoetste gedeelte van de Grevelingendam (dat via het Zijpe aan de Oosterschelde, dus aan buitenwater grens). Daarom kunnen de gegevens van de eerste toetsingsronde gebruikt worden:

- Toetsrapport met coördinaten van dwarsprofielen [lit. 9];
- Tekeningen met dwarsprofielen.

Uit de toetsing volgt dat:

- piping uitgesloten is;
- voor één van de vijf profielen nader onderzoek nodig is t.a.v. macrostabiliteit;
- de kering geen problemen t.a.v. microstabiliteit kent.

4.4.2 Piping en heave

Aangenomen wordt dat deze dam evenals het getoetste gedeelte bestaat uit een zandkern op een zandondergrond. Piping kan vanwege de doorlatende zandondergrond dan niet optreden. De afmetingen zijn bovendien zo groot dat de kwelweglengte groot genoeg zou zijn om piping te voorkomen.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme piping en heave

4.4.3 Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts

Macrostabieliteit binnenwaarts (Grevelingenmeer)

Alle getoetste profielen voldoen op basis van 'veilige afmetingen' volgens de regels die bij de eerste toetsingsronde zijn gehanteerd. Omdat het Toetspeil voor VZM lager is dan het Toetspeil 2000.0 voor buitenwater (Zijpe), NAP+3,7 m, kan hier op basis van extrapolatie de score 'voldoende' toegekend worden.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme macrostabieliteit binnenwaarts

Macrostabieliteit buitenwaarts (VZM)

Drie van de vier getoetste profielen voldoen op basis van 'veilige afmetingen' volgens de LTV. Voor het andere profiel is nader onderzoek nodig vanwege een te smalle berm. Dit profiel is echter niet representatief voor het gedeelte dat grenst aan het Volkerak-Zoommeer. Bovendien blijkt bij de Oesterdam en de Philipsdam dat de stabiliteit van het meest kritieke profiel (ruim) voldoende is bij een berekening in MSTAB. Ook hier kan weer op basis van extrapolatie de score 'voldoende' toegekend worden.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme macrostabieliteit buitenwaarts

4.4.4 Microstabieliteit

Uit de tekening wordt afgelezen dat de taludbekleding boven NAP+3,2 m bestaat uit 0,2 m tot 0,4 m dik asfaltbeton en daaronder uit een 0,6 m dikke laag van gepenetreerde stortsteen op een mijnsteenkade. Vanwege de doorlatendheid van de mijnsteenkade wordt verwacht dat de teen voldoende kan draineren - ook al is de gepenetreerde stortsteen mogelijk slecht doorlatend - zodat onder het talud geen waterdruk zal ontstaan. Opdrukken van de taludbekleding kan dus uitgesloten worden.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme microstabieliteit.

4.4.5 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Het dichtstbijzijnde meetpunt uit de topografische atlas wijst op een geuldiepte op NAP-25 m. De geuldiepte is dus groter dan 9 m. Zonder verdere gegevens over de geometrie van het voorland kunnen afschuiving en zettingsvloeiing niet worden uitgesloten.

Conclusie: de waterkering voldoet mogelijk niet op de mechanismen afschuiving en zettingsvloeiing

4.5 Philipsdam (VWK17)

4.5.1 Relevante gegevens

- Toetsrapport met coördinaten van dwarsprofielen [lit. 10];
- Tekeningen met dwarsprofielen.

Uit de toetsing volgt dat:

- piping uitgesloten is;
- nader onderzoek nodig is voor buiten- en binnenwaartse macrostabiliteit (8 van de 13 vakken) en microstabiliteit (alle 13 vakken).

4.5.2 Piping en heave

Piping kan vanwege de doorlatende zandondergrond niet optreden.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme piping en heave

4.5.3 Macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts

Macrostabiliteit binnenwaarts is in dit project als volgt getoetst:

- de dwarsprofielen uit de eerste toetsingsronde zijn over elkaar heen gelegd;
- vervolgens is een theoretisch profiel bepaald:
 - steilste hellingen: aan de zijde van het Zijpe 1:2,7 en aan de zijde van het Volkerak-Zoommeer 1:2 (overigens hebben de meeste taluds aan de Volkerak-Zoommeerszijde een helling van 1:3);
 - berm op NAP+4 m, 5 m breed
- De geometrie is in een MSTAB-berekening doorgerekend met de volgende uitgangspunten:
 - voor de bodemopbouw is zand aangehouden met $\gamma_{dr/nat} = 18/20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30$ en $c = 0$;
 - een bovenbelasting (verkeer) van 40 kN/m^3 is aangehouden over een breedte van 5 m;
 - een freatische lijn in de dam op NAP+2 m (conservatief) tot het talud aan de zijde van de Oosterschelde, vervolgens langs het talud tot aan de laagwaterstand h_{min} .

Resultaat: stabiliteitfactor = 1,6; dit is groter dan de vereiste waarde van 1,4 (zie de methodebeschrijving in [lit. 1]); de waterkering voldoet

Vervolgens is de buitenwaartse stabiliteit nog getoetst bij een val van het peil in het Volkerak-Zoommeer naar NAP.

Resultaat: Stabiliteitfactor = 1,48; dit is groter dan de vereiste waarde van 1,4 (zie de methodebeschrijving in [lit. 1]); de waterkering voldoet

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts.

4.5.4 Microstabiliteit

Uit de tekening wordt afgelezen dat de talusbekleding boven NAP+4 m bestaat uit een 0,8 m dikke kleilaag en onder NAP+4 m uit 0,25 m dik basalt op mijnsteen of 0,25 hoge betonzuilen op mijnsteen. Bij een grondwaterstand van ca. NAP+2 m zal vanwege de doorlatendheid van de talusbekleding geen waterdruk onder het talud ontstaan. Opdrukken van de talusbekleding kan dus worden uitgesloten.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme microstabiliteit.

4.5.5 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Het dichtstbijzijnde meetpunt uit de topografische atlas wijst op een geuldiepte op NAP-25 m. De geuldiepte is dus groter dan 9 m. Zonder verdere gegevens over de geometrie van het voorland kunnen afschuiving en zettingsvloeiing niet worden uitgesloten.

Conclusie: de waterkering voldoet mogelijk niet op de mechanismen afschuiving en zettingsvloeiing

4.6 Oesterdam (VWK 19)

4.6.1 Relevante gegevens

- Toetsrapport met coördinaten van dwarsprofielen [lit. 11];
- Tekeningen met dwarsprofielen.

Uit de toetsing volgt dat:

- piping uitgesloten is;
- nader onderzoek nodig is voor buiten en binnenwaartse macrostabiliteit en microstabiliteit.

4.6.2 Piping en heave

In principe kan piping vanwege de doorlatende zandondergrond niet optreden. In het toetsrapport wordt echter melding gemaakt van een 'ondoorlatende ondergrond' in profiel 11. De dam heeft wel de 'veilige afmetingen' om piping te kunnen uitsluiten (ca. 65 m kwelweglengte), ook bij belasting vanuit VZM waarbij het verval slechts ca. 2 m bedraagt bij een maaiveld buitendijks op ca. NAP.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme piping en heave

4.6.3 Macrostablieit binnen- en buitenwaarts

Macrostablieit binnenwaarts is in dit project als volgt getoetst:

- de dwarsprofielen uit de eerste toetsingsronde zijn over elkaar heen gelegd;
- vervolgens is een theoretisch profiel bepaald:
 - steilste hellingen: aan de zijde van de Oosterschelde 1:3,3 en aan de zijde van het Volkerak-Zoommeer 1:2,5; overigens hebben de meeste taluds aan de Volkerak-Zoommeerszijde een helling van 1:3;
 - geen berm, want niet altijd aanwezig (conservatief uitgangspunt).
- De geometrie is in een MSTAB-berekening doorgerekend met de volgende uitgangspunten:
 - voor de bodemopbouw is zand aangehouden met $\gamma_{dr/nat} = 18/20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30$ en $c = 0$;
 - een bovenbelasting (verkeer) van 40 kN/m^3 is aangehouden over een breedte van 5 m;
 - een freatische lijn in de dam op NAP+2 m (conservatief) tot het talud aan de zijde van de Oosterschelde, vervolgens langs het talud tot aan de laagwaterstand h_{min} .

Resultaat: stabiliteitfactor = 2,0; dit is groter dan de vereiste waarde van 1,4 (zie de methodebeschrijving in [lit. 1]); de waterkering voldoet

Daarnaast is nog een gevoeligheidsberekening gedaan voor profiel 11 waarin een ondoorlatende laag aanwezig is. De sterkte-eigenschappen van deze laag zijn onbekend. Er is gerekend met conservatieve parameterwaarden: $\gamma_{dr/nat} = 15/15 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 20$ en $c = 0$.

Resultaat: Stabiliteitfactor = 1,5; dit is groter dan de vereiste waarde van 1,4 (zie de methodebeschrijving in [lit. 1]); de waterkering voldoet

Vervolgens is de buitenwaartse stabiliteit nog getoetst bij een val van het peil in het Volkerak-Zoommeer naar NAP.

Resultaat: Stabiliteitfactor = 1,6; dit is groter dan de vereiste waarde van 1,4 (zie de methodebeschrijving in [lit. 1]); de waterkering voldoet

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme macrostablieit binnenwaarts en buitenwaarts.

4.6.4 Microstablieit

Verwacht wordt dat de teen aan de zijde van de Oosterschelde (ca. NAP) goed draineert aangezien de dam op een zandondergrond is aangelegd, waardoor de grondwaterstand laag blijft en geen waterdruk onder het talud ontstaat (m.u.v. profiel 11). Opdrukken van het talud is dan uitgesloten. De aanwezigheid van stoorlagen (kleilaagjes), die waterstandverhogend werken, kan echter niet geheel worden uitgesloten.

Uit tekeningen is af te lezen dat de taludbekleding boven NAP+1,8 m bestaat uit een 0,8 m dikke kleilaag met betonblokken van 20 en 25 cm dik; onder NAP+1,8 m uit mijnsteen, een grindlaag en koperslabblokken. Onder NAP+1,8 m is de bekleding doorlatend zodat zelfs bij een grondwaterstand in de dam van ca. NAP+2 m nagenoeg geen waterdruk onder het talud zal ontstaan. Opdrukken van de taludbekleding kan hier dus definitief worden uitgesloten.

Of dit ook geldt voor profiel 11 met de ondoorlatende ondergrond hangt af van de diepte tot waar ontgraven is voor het aanleggen van de dam. Volgens het toetsrapport is bij aanleg van de dam de grond niet dieper uitgegraven dan tot NAP. Daarboven bestaat volgens het toetsrapport de dam geheel uit zand (met stoorlaagjes van klei). Voor het aanbrengen van de bekleding tot een diepte van ca. NAP mag worden aangenomen dat de ondergrond is afgegraven tot ongeveer hetzelfde niveau. Boven dit niveau is zand aanwezig en de bekledingsconstructie, die zorgen voor drainage van de dam zodat ook hier geen gevaar voor opdrukken aanwezig is.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme microstabiliteit.

4.6.5 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Op basis van de topografische atlas kan worden gesteld dat de geuldiepte binnen de invloedzone kleiner is dan 9 m. Daardoor kunnen afschuiving en zettingsvloeiing worden uitgesloten op basis van de eerste toetsstap volgens het VTV.

Conclusie: de waterkering voldoet op de mechanismen afschuiving en zettingsvloeiing

4.7 Zeedijk Paviljoenpolder (VWK23)

4.7.1 Relevante gegevens

Er zijn van deze dijk geen gegevens ter beschikking gesteld. De beoordeling wordt gedaan op basis van de topografische atlas en (lucht)foto's.

4.7.2 Piping en heave

Het maximale verval bedraagt 2,1 m uitgaande van Toetspeil in VZM en maaiveldhoogte van de plaat in de Westerschelde gelijk aan NAP. Bij een kwelfactor van 18 is de benodigde kwelweglengte ca. 40 m. Uit luchtfoto's kan worden opgemaakt dat de dijk tenminste ca. 75 m breed moet zijn.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme piping en heave

4.7.3 Macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts

Bij gebrek aan gegevens is de beoordeling gebaseerd op vergelijking met de andere, wel binnen dit project doorgerekende dammen (Philipsdam en Oesterdam). De resultaten van die berekeningen waren dat de dammen voldoen op dit spoor. De sterkte en belasting op de Zeedijk Paviljoenpolder zijn niet ongunstiger. Op basis daarvan wordt ervan uitgegaan dat de stabiliteit ook voor deze waterkering voldoende zal zijn.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts.

4.7.4 Microstabiliteit

Het betreft hier een dijk waarvoor ten aanzien van de beoordeling van microstabiliteit verwezen wordt naar het eerder uitgebrachte rapport [lit. 1], § 4.2.3. Hier van uitgaande voldoet de dijk op microstabiliteit.

Conclusie: de waterkering voldoet op het mechanisme microstabiliteit.

4.7.5 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Aan de Zoommeerzijde van de dijken zijn zeker geen geulen aanwezig met een grotere diepte dan 9 m. Afschuiving en zettingsvloeiing kunnen daarom worden uitgesloten op basis van de eerste toetsstap volgens het VTV.

Conclusie: de waterkering voldoet op de mechanismen afschuiving en zettingsvloeiing

4.8 Dijkringgebied 31 Zuid-Beveland oost

4.8.1 Relevante gegevens

De waterkering grenzend aan het Volkerak-Zoommeer is van categorie c en sluit aan op de Oesterdam in het noorden en de Zeedijk Paviljoenpolder in het zuiden. In de waterkering zijn 3 waterkerende kunstwerken van categorie 2 opgenomen. Deze kunstwerken hebben bij de eerste toetsronde het oordeel 'veilig' gekregen.

De waterkering heeft bij de toetsing de score 'goed' gekregen. De dijk is in drie vakken op te delen (van zuid naar noord):

1. Bathse dijk vanaf de Zeedijk tot kruising met de Bathse weg (0,5 km);
2. Bathse dijk vanaf de kruising met de Bathse weg tot de aan het Bathse Spuikanaal (2,2 km);
3. Waterkering gedeeltelijk langs Bathse Spuikanaal tot aansluiting op Oesterdam (2,1 km).

Van de waterkering zijn geen gegevens beschikbaar gesteld. Maaiveldhoogten worden afgelezen uit de Grote Provincie Atlas van de Topografische Dienst. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de afgelezen maaiveldhoogtes voor voorland, waterkering en achterland en karakteristieke kenmerken.

Tabel 4-1: Maaiveldhoogtes [NAP+m] en kenmerken

Vak	Maaiveldhoogte voorland	Kruinhoogte	Maaiveldhoogte achterland
1	n.b., plas	n.b.	1,2
2	2,0/2,7	4,6/6,1	1,5/1,4/1,0/1,3
3	n.b., gedeeltelijk direct aan kanaal	n.b.	1,3/1,4/0,8

Per vak is verder het volgende van belang:

- In vak 1 kan als gevolg van de peilverhoging in Volkerak-Zoommeer eventueel peilverhoging van de plas noodzakelijk zijn;
- Gezien de hoge ligging van het voorland in vak 2 zal peilverhoging van het VZM daar niet leiden tot extra belasting van de waterkering;
- Voor vak 3 is de hoogte van de waterkering niet bekend. Uit foto's wordt de hoogte van de kanaaldijk geschat op ca. NAP+4 m.

4.8.2 Piping en heave

Piping is waarschijnlijk geen probleem. Voor vak 1 is dat een gevolg van de kleine kerende hoogte van $2,1 - 1,2 = 0,9$ m. Vak 2 wordt door de peilverhoging niet zwaarder belast. Voor vak 3 volgt deze conclusie uit analogie met de andere beoordeelde vakken.

4.8.3 Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts

Dit faalmechanisme kan, bij gebrek aan meer gegevens, niet worden uitgesloten voor vak 1 en 3. Voor vak 2 neemt de belasting niet toe, dus daarvoor leidt de peilverhoging zeker niet tot een maatregel.

4.8.4 Microstabieliteit

Op basis van vergelijking met de andere beoordeelde dijken kan worden aangenomen dat microstabieliteit voor dit dijkkringgebied geen probleem is.

4.8.5 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Aan de Zoommeerszijde van de dijken zijn zeker geen geulen aanwezig met een grotere diepte dan 9 m. Afschuiving en zettingsvloeiing kunnen daarom worden uitgesloten op basis van de eerste toetsstap volgens het VTV.

Conclusies:

Op ca. 2,6 km (55%) van het traject is niet uit te sluiten dat de binnen- en buitenwaartse macrostabieliteit onvoldoende is. Er is zeer waarschijnlijk geen gevaar voor piping. Microstabieliteit, afschuiving en zettingsvloeiing worden uitgesloten

5 GLOBALE BEOORDELING BEKLEDINGEN

5.1 Inleiding

De te beoordelen bekledingen staan in Tabel 5-1. De bekledingen zijn beoordeeld volgens het VTV. Tijdens een veldbezoek is vastgesteld welke bekledingen zich op de dijken bevonden. Op basis daarvan zijn 'basis'dwarsprofielen samengesteld die representatief gesteld worden voor delen van de waterkeringen. Lokaal kan variatie in type steenzetting, het boven- of onderniveau van de bekleding of het talud voorkomen. Tijdens het veldbezoek is ook globaal vastgesteld wat de staat van de bekleding is en de plaats in het dwarsprofiel. De niveaus van bekledingen en taludhellingen zijn overgenomen van besteks- en revisietekeningen. Door uitvoeringson nauwkeurigheden en zetting, kan de actuele situatie licht verschillen.

5.2 Locaties en ligging

Met uitzondering van de Philipsdam is van elke verbindende waterkering een dwarsprofiel beschikbaar en is gebruik gemaakt van de daarin vermelde niveaus. Dit zijn besteks- en revisietekeningen, de werkelijke hoogten zullen licht afwijken als gevolg van zetting en klink. De onnauwkeurigheid van de niveaus is maximaal enkele decimeters. Deze verschillen vallen binnen de marge van nauwkeurigheid van dit project. In geval de bekleding op de kruin ligt, is als helling 1:10 aangehouden. In onderstaande tabel staat aangegeven welke bekledingstypen met welke eigenschappen waar liggen. Wat betreft de dikte van bekledingen bleken niet overal voldoende gegevens aanwezig. De aannames in onderstaande tabel worden vooraf gegaan door vraagtekens. In de verdere tekst worden de aannames verder toegelicht.

Tabel 5-1: Beoordeelde bekledingen, ligging en aanname dikte

locatie	type bekleding	niveau onder [NAP+m]	niveau boven [NAP+m]	helling [1:-]	dikte [m]
Hellegatsdam (bestaande sit.)	Haringmanblokken	1,14	4,07	2,7 – 3,8	? 0,15 – 0,20
	Gras	4,07	4,83	5,7 – 10	
	(open steen-) asfalt	4,83	5,00	10	? 0,10
	(waterbouw-) asfalt	5,00	6,94	3,37	? 0,15
Grevelingendam (profiel 1)	vlakke betonblokken	0,30	2,5	4	0,20
	vlakke betonblokken	2,5	4	4	0,15
	Gras	4	5,75(kruin)	4	
	(open steen-) asfalt	5,75 (kruin)	6	10	? 0,10
Philipsdam	Stortsteen	0	1,0	3	
	Gras	1,0	5 (kruin)	3	
	(open steen-) asfalt	5 (kruin)	5 (kruin)	10	? 0,10
Oosterdam (profiel 20)	slakken/stortsteen ongesorteerd	0	1,0	3	0,50
	Gras	1,0	5,5 (kruin)	3	
	(open steen-) asfalt	5,5 (kruin)	5,5 (kruin)	10	? 0,10
Zeedijk Paviljoenpolder	gras	teen	kruin		
Dijkkring 31	gras	teen	kruin		

In de beoordeling van bovenstaande bekledingstypen is steeds gekozen voor een reële, maar ongunstige, constructieopbouw indien gegevens onvolledig zijn. Voor de steendiktes en de dikte van de asfaltlaag zijn diktes aangenomen op basis van ervaring. Er is uitgegaan van een minimale dikte. Ongunstige scores zijn genuanceerd gezien door onder andere de aannames opnieuw te beschouwen.

Steenbekledingen, asfalt, bestorting en gras zijn afzonderlijk beoordeeld.

Over het beheer en de huidige staat wordt het volgende opgemerkt:

- Tijdens het veldbezoek is geen schade geconstateerd aan de steenzettingen; het gedrag van de bekledingen kan als 'goed' beoordeeld worden;
- Er is geen doorgroei van het asfalt geconstateerd; het gedrag kan op basis van beperkt veldbezoek als 'goed' beoordeeld worden;
- Het gras op het taluds van de dammen wordt met enige regelmaat gemaaid volgens de beheerder. Tijdens het veldbezoek is geconstateerd dat het gras op enkele dammen vrij hoog is. Aangenomen wordt dat het gras dus afgevoerd wordt na maaien. Het type beheer komt neer op categorie A, de kwaliteit is 'goed'.

5.3 Bestorting

De slakken en steenbestorting op de Philipsdam en Oesterdam liggen aan de teen op plaatsen waar zich buitendijks gebied bevindt. Door de aanwezigheid van het buitendijks gebied wordt de golfhoogte beperkt. De bestortingen liggen in de huidige situatie rond het vaste peil en worden dus onder dagelijkse omstandigheden belast. Tijdens het veldbezoek is globaal geïnspecteerd en is geen schade geconstateerd. De bestortingen blijken dus te voldoen onder de huidige omstandigheden. Bij peilverhoging verdwijnen deze bekledingen onder water en wordt de belasting niet principieel ongunstiger. Het oordeel over de bestortingen is 'goed'.

5.4 Steenzettingen

5.4.1 Inleiding

De steenzettingen op de Hellegatsdam en de Grevelingendam dienen beoordeeld te worden. Voor de betonblokken op de Hellegatsdam en de Grevelingendam is aangenomen dat het hier blokken op klei betreft. Dit is een ongunstige, maar wel reële constructie-opbouw. Deze opbouw werd tot in de jaren '80 toegepast. De Hellegats- en Grevelingendam zijn in de jaren '60/'70 aangelegd. Bij een ongunstige score wordt ook gekeken naar de constructievorm waarbij wel een filterlaag aanwezig is.

5.4.2 Methode

Beoordeling heeft plaatsgevonden met Steentoets. Er is vooral gekeken naar de weerstand tegen toplaaginstabiliteit, en daarnaast kwalitatief naar materiaaltransport. Uitgegaan is van de hellingen uit de tekeningen en een reële constructieopbouw gebaseerd op conservatieve aannamen.

Voor de bepaling van de golftrandvoorwaarden wordt verwezen naar § 2.4.

5.4.3 Rekenresultaten

Voor het toetsspoor toplaaginstabiliteit krijgen de steenzettingen op de Hellegatsdam de score 'goed'. De oriëntatie van de dam is gunstig. De steenzettingen op de Grevelingendam hebben de score 'twijfelachtig' in de eenvoudige toetsing op toplaaginstabiliteit.

Op het spoor materiaaltransport vanuit de onderlaag is de score 'twijfelachtig'. De volgende stap in de toetsing bestaat uit de bepaling van de erosiebestendigheid van de klei. Als de onderliggende kleilaag goed erosiebestendig (kwaliteit c1) is, is het nog zinvol geavanceerde toetsing uit te voeren. Bij slechtere erosiebestendigheid is de score direct 'onvoldoende'.

5.4.4 Interpretatie

Bij een ongunstige score (onvoldoende of twijfelachtig), dus voor de steenzettingen op de Grevelingendam, is het belangrijk de volgende zaken te beschouwen:

1. hoe geldig zijn de (conservatieve) uitgangspunten en in welke mate verandert de score bij andere uitgangspunten?
2. wordt de ongunstige score veroorzaakt door de voorgenomen maatregelen of is er volgens de huidige randvoorwaarden al sprake van een score 'onvoldoende'?

Voor elk van deze overwegingen wordt besproken in hoeverre ze van belang zijn voor de vakken met een ongunstige score.

Ad 1, conservatieve uitgangspunten

De randvoorwaarden zijn een conservatieve benadering voor het dijkvak: in werkelijkheid zullen de maatgevende golven minder zwaar zijn. Locatie Goeree-Overflakkee 1 heeft een ZZW expositie terwijl de Grevelingendam een ZO expositie heeft. De hoogste windsnelheden gelden voor de windrichtingen zuid tot noord, met de wijzers van de klok mee.

De constructie-opbouw is conservatief, maar reëel. Doorrekenen als een gunstiger constructie levert geen gunstiger score op, maar wel het inzicht dat de score dan 'onvoldoende' is in plaats van 'twijfelachtig'. Dat een gunstiger constructie-opbouw tot een ongunstiger score leidt, komt doordat de gunstiger constructie gedetailleerder beoordeeld kan worden, waardoor de grenzen van 'onvoldoende' en 'goed' nauwkeuriger zijn en er minder ruimte overblijft voor de score 'twijfelachtig'. Conclusie is dat de constructie dermate ongunstig is dat deze in combinatie met de conservatieve randvoorwaarden ruim 'onvoldoende' is. Evenwel, omdat de hydraulische randvoorwaarden erg conservatief zijn, is de score op toplaaginstabiliteit 'twijfelachtig'.

De score op materiaaltransport is 'twijfelachtig' met een grote kans op 'onvoldoende' op basis van de ongunstige, maar reële aanname van het ontbreken van de granulaire laag. Dit geldt voor de betonblokken op de Grevelingendam beneden het Toetspeil.

Ad 2, al dan niet onvoldoende door de maatregel

De steenzettingen worden onder huidige omstandigheden in beperkte mate belast door golfklap. Het betreft met name de onderste decimeters en de golfklap wordt beperkt door de aanwezigheid van stortsteen. Doordat het peil hoger wordt ten opzichte van de stortsteen, vermindert de golfremmende werking van de stortsteen en neemt de belasting toe. Daarnaast dient alle steenzetting in de golfklapzone op materiaaltransport beoordeeld te worden. Vrijwel het hele vak dikke betonblokken komt in de golfklapzone en heeft de score 'twijfelachtig', met een grote kans op 'onvoldoende', waar deze bekleding voorheen niet op materiaaltransport beoordeeld hoefde te worden. Conclusie: de score 'twijfelachtig' wordt veroorzaakt door de peilverhoging.

5.4.5 Conclusie en eindoordeel

De steenzetting op de Hellegatsdam voldoet. De steenzettingen op de Grevelingendam krijgen een score 'twijfelachtig' op topaagstabiliteit en materiaaltransport, met grote kans dat de score 'onvoldoende' wordt.

5.5 Asfaltbekleding

Beoordeling heeft plaatsgevonden conform het VTV, katern 8 hoofdstuk 3 en met behulp van het Technisch rapport Asfalt voor waterkeringen [lit. 6]. Er is een globale inspectie uitgevoerd. Het asfalt betreft met name wegverharding. Daarnaast heeft de Hellegatsdam een kanteldijk op de kruin tegen overslag vanuit het Haringvliet.

5.5.1 Ligging en constructie-opbouw

De eerste bepaling is de ligging in het dwarsprofiel t.o.v. de waterstanden. Bijna alle asfaltbekleding ligt volgens de beschouwde profielen ruim boven Toetspeil (NAP+2,1 m). De verhardingen liggen ook boven Toetspeil + $\frac{1}{4}H_s$. De bekledingen hoeven hierdoor alleen op materiaaltransport beoordeeld te worden.

Op de Oesterdam ligt bij één profiel (profiel 18) de weg op NAP+1,75 m. Dit is beneden Toetspeil, maar boven de maatgevende grondwaterstand. Deze verharding dient daarom niet alleen op het toetsspoor materiaaltransport maar ook op het toetsspoor golfklap beoordeeld te worden.

5.5.2 Materiaaltransport

De beoordeling op materiaaltransport bestaat voor dit project alleen uit een eenvoudige beoordeling op de ernst en omvang van schade. Op geen van de dammen is doorgroei van het asfalt geconstateerd, wel is er sprake van mosgroei op de tuimeldijk op de Hellegatsdam. De score is 'goed'.

Overigens wordt de score op dit spoor niet beïnvloed door de maatregel.

5.5.3 Golfklap (asfalt)

Deze toetsing is alleen nodig voor de relatief lage wegbekleding in profiel 18 van de Oesterdam. De eerste beoordelingsstap van asfalt op golfklap bestaat uit controle of wordt voldaan aan de toepassingsvoorwaarden voor de rekenregel. De toepassingsvoorwaarden zijn (VTV, katern 8 – 3.4.2):

- type asfalt;
- staat van de bekleding;
- mengselsamenstelling en;
- veroudering.

Het type asfalt is open steenasfalt, de staat van de bekleding is 'goed' en van veroudering is geen sprake aangezien de weg wordt onderhouden, waarbij ook regelmatig de slijtlaag vervangen zal worden. De mengselsamenstelling is niet bekend.

Aannemend dat de mengselsamenstelling binnen de toepassingsgrenzen valt, kan de bekleding beoordeeld worden volgens de eenvoudige methode. De benodigde dikte in de eenvoudige methode is 0,12 m, maar dit is een zeer conservatieve methode die bovendien geen rekening houdt met de flauwe taludhelling van deze wegbekleding. De werkelijk aanwezige dikte is niet bekend, maar de dikte voor wegverharding varieert meestal tussen 0,1 en 0,2 m. Op basis van deze overwegingen wordt een score 'voldoende' toegekend.

5.5.4 Conclusie

De aanwezige asfaltbekledingen voldoen. Grotendeels liggen ze zo hoog dat toetsing op golfaanval niet nodig is. Op een deel van de Oesterdam ligt de weg beneden het te verwachten peil. Vanwege gebrek aan gegevens kan deze bekleding niet volledig beoordeeld worden. Aangezien de verharding gewoon onderhouden wordt en de dikte voldoende groot is, voldoet deze bekleding waarschijnlijk.

De overige asfaltbekleding hoeft alleen te worden getoetst op materiaaltransport. De bekleding voldoet aangezien geen schade is geconstateerd bij globale veldinspectie.

5.6 Grasbekleding

Alle profielen hebben grasbekleding op het buitentalud. Beoordeling van grasbekleding vindt plaats volgens katern 8, hoofdstuk 4 van het VTV.

De grasbekleding op de Oester- en Philipsdam komt in de klapzone te liggen. Het gras boven het peil van NAP+2,1 m zal ook belast worden door golfoploop, maar golfklap is per definitie maatgevender. Onder Toetspeil volstaat beoordeling op golfklap dus om de score te bepalen (conform het VTV).

De Grevelingen- en Hellegatsdam zijn aangelegd in de tijd dat de zee vrij spel had in de Delta en daarom is de ondergrens van de grasbekleding hoger aangelegd. De grasbekleding op deze twee dammen ligt alleen in de oploopzone en wordt op oploop beoordeeld.

De grasbekledingen op de Zeedijk Paviljoenpolder en de dijk van dijkkringgebied 31 zijn niet expliciet beoordeeld. De taluds worden door de maatregel niet of nauwelijks anders belast.

5.6.1 Golfklap (gras)

Beoordeling vindt plaats volgens figuur 8-4.5 van het VTV. De situatie is voor de Philips- en Oesterdam vrijwel identiek. De helling van het talud is over het algemeen 1:3 en de grasbekleding begint op circa NAP+1,0 m. De hydraulische randvoorwaarden staan in Tabel 2-2. De bekleding wordt onder huidige omstandigheden alleen door golfploop belast.

Stap 1, Bewezen sterkte

Er mag voor deze dammen niet uitgegaan worden van bewezen sterkte omdat deze dammen als laatste onderdeel van de compartimentering van de Delta zijn aangelegd en deze zijde van de dammen dus niet onder invloed van het getij heeft gestaan.

Stap 2, Eenvoudige rekenregel

De waarde voor $4H_s \tan \alpha$ is groter dan 0,2 m. Verder moet gegaan worden naar stap 4.1; hiervoor ontbreekt echter informatie (erosiebestendigheid van de klei). Daarom wordt verder gegaan met de gedetailleerde methode en dienen de toepassingsvoorwaarden nader onderzocht te worden.

Stap 4.2, Gedetailleerde methode

De rekenwaarden van de gedetailleerde methode staan in onderstaande tabel. De gedetailleerde methode is toegepast volgens het VTV. Het waterstandsverloop op het Volkerak-Zoommeer is evenwel afwijkend. Op het Volkerak-Zoommeer is 2 à 7 dagen sprake van een hoge waterstand, tegen enkele uren volgens het VTV. Het VTV gaat voor de beoordeling van grasbekleding in het benedenrivierengebied uit van een stormduur van maximaal 12 uur, dit is de maximale rekenwaarde van de belastingduur.

Tabel 5-2: Uitkomsten gedetailleerde methode

maatgevend niveau	max. bel. Duur	4Hr* tan alfa	rekenwaarde belastingduur	maximaal toelaatbare bel.duur t_{kmax}			Rekenscore		
				f(graskwal)			f(graskwal)		
[m+NAP]	[uur]		[uur]	G	M	S	G	M	S
1,92	5,65	0,45	5,65	22,5	11,5	0,0	goed	goed	onv

De optredende belastingduur volgens berekening conform het VTV is 5,65 uur. De maximaal toelaatbare belastingduur bij graskwaliteit 'goed' is 22,5 uur, voor matig 11,5. Bij graskwaliteit slecht is de score direct 'onvoldoende'. Wanneer kritisch gekeken wordt naar het waterstandsverloop en de wijze van toepassing in het VTV, kan gesteld worden dat het maximum van 12 uur een betere benadering vormt dan bovenstaande 5,65 uur. In dat geval heeft de grasmat bij een graskwaliteit matig net geen score 'goed', maar een score 'voldoende'.

Uitgaande van graskwaliteit goed of matig is de score 'goed' of 'voldoende'. Weliswaar is niet aangetoond dat de erosiebestendigheid van de klei voldoet aan de toepassingsvoorwaarden, maar vanwege het conservatieve karakter van de VTV-rekenmethode wordt ingeschat dat de grasbekleding voldoet.

5.6.2 Golfoploop

Beoordeling op erosie door golfoploop wordt alleen uitgevoerd voor de Grevelingen- en Hellegatsdam. Er is voor de eenvoud gerekend met de golfhoogte 1 m voor de golfoploop en bijbehorende piekperiode. Dit is een conservatieve waarde.

Tabel 5-3: Beoordeling grasbekleding op erosie door golfoploop

Locatie	niveau grasbekleding (z) [NAP+m]	oploop-niveau $q=0,1$ l/m/s (z_q) [NAP+m]	rekenwaarde belastingduur (t_{sr}) [uur]	golflengte (L_{op}) [m]	Rekenwaarde voor oploopsnelheid (v_r) [m/s]	oordeel als functie van graskwaliteit		
						goed	matig	slecht
Hellegatsdam	4,07	4,23	3,78	21,47	0,79	g	g	g
Grevelingendam	4,0	4,23	2,63	21,47	0,66	g	g	g

De grasbekleding voor deze dammen heeft de score 'goed' volgens deze beoordeling. Ook bij deze toetsing geldt dat strikt genomen moet worden nagegaan of wordt voldaan aan de toepassingsvoorwaarde van de rekenregel, maar vanwege de conservatieve aannamen en methode wordt gesteld dat de grasbekleding voldoet.

5.7 Eindoordeel bekledingen

De steenzettingen op de Grevelingendam worden beoordeeld als 'twijfelachtig', met grote kans dat nader onderzoek een score 'onvoldoende' zou opleveren.

De asfaltbekledingen voldoen, alleen voor een deel van de Oesterdam ligt de bekleding beneden het voorgenomen peil. Deze wegverharding kan niet op golfklap beoordeeld worden door gebrek aan gegevens, verwachting is dat deze wel zal voldoen.

In de verdere effectbepaling van de voorgenomen peilopzet dient te worden meegenomen dat de weg over de Oesterdam niet gebruikt kan worden tijdens de peilopzet. Eventueel kan het verkeer over de Oosterscheldezijde van de dam gestuurd worden.

De grasbekleding ligt op de Philipsdam en Oesterdam in de golfklapzone, op de Hellegatsdam en de Grevelingendam ligt het gras alleen in de oploopzone. De score van de grasbekleding is voor alle vier de dammen 'goed'. Ook voor het gras van Zeedijk Paviljoenpolder en dijkringgebied 31 is de score 'goed'.

Bij al deze oordelen wordt nogmaals benadrukt dat de uitgevoerde beoordeling gebaseerd is op summier gegevens en deels op aannamen. Met name de hydraulische randvoorwaarden dienen beter uitgewerkt te worden.

6 GLOBALE BEOORDELING KUNSTWERKEN EN NIET-WATERKERENDE OBJECTEN

6.1 Kunstwerken

De beoordeling, mogelijke aanpassingsontwerpen en kostenraming van de grote kunstwerken in de verbindende waterkeringen worden uitgevoerd buiten deze studie. Er is alleen gekeken naar de kunstwerken in dijkkringgebied 31, Zuid-Beveland oost.

In de waterkering grenzend aan het Volkerak-Zoommeer liggen 3 waterkerende kunstwerken van categorie c. Deze kunstwerken hebben bij de eerste toetsronde het oordeel 'veilig' gekregen. Wegens gebrek aan informatie kunnen deze kunstwerken echter niet beoordeeld worden bij de randvoorwaarden voor de toetsing van de waterkeringen van het Volkerak-Zoommeer. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat het kleine gemalen en/of uitwateringssluizen betreft, en dat er geen reden is om aan te nemen dat ze niet meer voldoen bij peilopzet.

6.2 Niet-waterkerende objecten

Vanwege gebrek aan informatie is bij de beoordeling in deze studie geen rekening gehouden met de niet-waterkerende objecten. In de eerste toetsingsronde van de verbindende waterkeringen is geconstateerd dat er verschillende niet-waterkerende objecten aanwezig zijn, maar deze zijn nog niet getoetst. In de dijk van dijkkringgebied 31 ligt een leidingkruising bij het Bathse Spuikanaal. Kijkend naar de afmetingen en beoordelingsresultaten in de voorgaande hoofdstukken wordt ingeschat dat de kans klein is op scores 'onvoldoende' ten gevolge van de niet-waterkerende objecten.

7 RAMING VOOR VOLLEDIGE TOETSING

7.1 Inleiding

De beoordeling in de voorgaande hoofdstukken is globaal van aard aangezien gebruik is gemaakt van beperkte archiefgegevens en de resultaten van visuele inspectie, en omdat niet meer doorlooptijd beschikbaar was. Gedetailleerde beoordeling kan leiden tot zowel gunstiger als ongunstiger scores. Voordat definitieve ontwerpen gemaakt kunnen worden dient sowieso een complete beoordeling op basis van gedetailleerdere gegevens uitgevoerd te worden. In dit hoofdstuk worden de kosten van een volledige toetsing volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid geraamd.

De beoordeling wordt per spoor behandeld. Enkele werkzaamheden die voor meerdere sporen gelden worden verzameld in de volgende paragraaf.

7.2 Algemene werkzaamheden

Algemene werkzaamheden omvatten de volgende zaken:

- Overleg en projectmanagement;
- Inspanning door de beheerders.

De beheerders dienen inspanningen te leveren voor het verzamelen van gegevens en uitvoering van de toetsing. Wanneer de beheerder de toetsing laat uitvoeren, dient hij nog kosten te maken voor de begeleiding en afstemming met de opdrachtnemer. De opdrachtnemer dient ook kosten te maken voor deze afstemming, alsmede voor zijn eigen projectmanagement.

Opgemerkt wordt dat gegevensinwinning voor toetsing vaak gecombineerd wordt met gegevensinwinning voor het opstellen van legger en beheerregister en/of VNK. De combinatie van deze gegevensinwinning levert natuurlijk een besparing op, maar voor deze globale raming is dat verwaarloosbaar.

Overleg met derden is nodig voor toestemming en medewerking voor archiefonderzoek, communicatie met pachters ten behoeve van betreding van percelen, en uitvoering van inmetingen en breekwerk. Daarnaast dient overleg plaats te vinden ten aanzien van de presentatie van uitkomsten indien die ongunstig blijken voor de huidige situatie. De provincies Zuid-Holland, West-Brabant en Zeeland hebben mogelijk ook een mening over de studie. Zij kunnen op de hoogte gehouden worden.

Beide posten worden in de totale kostenraming opgenomen door gebruik te maken van een toeslag van circa 10%.

7.3 Hoogtetoets

Momenteel lijkt de kruinhoogte op alle dijkvakken te voldoen. Evenwel is het noodzakelijk om de randvoorwaarden nauwkeuriger vast te stellen en actuele gegevens van het talud en de hoogte te gebruiken in de berekeningen.

Onderdeel van een hoogtetoets is, bij overslag groter dan 0,1 l/m/s, de beoordeling van het binnentalud op erosie onder golfoverslag. Op basis van de eerste globale toetsing wordt ervan uitgegaan dat dit niet nodig is.

Voor een volledige hoogtetoets zijn de werkzaamheden de volgende:

1. verkrijgen hoogte- en taludgegevens: nader archiefonderzoek en/of inmeting;
2. bepalen hydraulische randvoorwaarden;
3. uitvoeren beoordeling en rapportage.

Voor de verbindende waterkeringen verschilt de mate waarin gegevens beschikbaar waren sterk. Voor de Philipsdam en de Oesterdam is gebruik gemaakt van actuele gegevens uit de laatste toetsing en kan gesteld worden dat geen aanvullende inmetingen nodig zijn voor de hoogtetoetsing.

Van de Hellegatsdam is een principetekening van het dwarsprofiel geleverd. Van de andere verbindende waterkeringen, Grevelingendam (gedeelte grenzend aan VZM), Zeedijk Paviljoenpolder en dijkkringgebied Zuid-Beveland Oost is geen hoogte-informatie beschikbaar anders dan de topografische atlas. Voor deze waterkeringen moeten dwarsprofielen worden gemeten waaruit de hoogte en de taludhelling (benodigd voor bepalen golfploop) kan worden afgeleid.

Taludmetingen bestaan uit het opnemen van overgangen door landmeters. Meestal wordt daarbij gekozen voor knikken in het talud, welke vaak bij overgangen liggen.

Zowel voor de hoogte als bekledingstoets zijn naast het Toetspeil, ook de golfhoogte en –periode nodig. Deze dienen bepaald te worden volgens de methode Bretschneider of met (special) Hydra_B. Uitgangspunt is één set randvoorwaarden per 1 km.

Het resulterende gemiddelde totaalbedrag is ongeveer € 500 per kilometer waterkering voor alle drie de activiteiten, maar dat bedrag is lager voor de twee dammen waarbij geen inmetingen nodig zijn.

7.4 Stabiliteit

De twee hoofdactiviteiten voor toetsing op stabiliteit zijn gegevensverzameling en advieswerk. De gegevensverzameling betreft grondonderzoek bestaande uit plaatsbepaling, boringen, sonderingen en laboratoriumonderzoek en inmeten dwarsprofielen (valt onder budget hoogtetoets) en een aantal onderwaterprofielen.

De mate waarin grondonderzoek nodig is hangt o.a. af van de afmetingen in dwarsprofiel van de waterkering. De verbindende waterkeringen hebben over het algemeen grote afmetingen. In de toetsing is gebleken dat voor een aantal vakken bij een globale toetsing de score goed kan worden gegeven, zodat daarvoor geen grondonderzoek nodig is. Deze toetsresultaten zijn echter alleen bekend voor de Oesterdam en de Philipsdam waar al sonderingen en boringen voorhanden zijn. Voor deze waterkeringen moeten mogelijk nog wel sonderingen in het water aan de zijde van het Volkerak-Zoommeer worden uitgevoerd.

Of laboratoriumonderzoek nodig is hangt ervan af of met conservatieve waarden voor grondparameters in een stabiliteitberekening tot de score 'goed' kan worden gekomen. Met behulp van laboratoriumonderzoek worden de grondparameters nauwkeuriger bepaald zodat scherper kan worden gerekend waardoor eerder een score 'goed' kan worden gegeven. Uit de globale toetsing voor onderhavig rapport blijkt dat voor de verbindende waterkeringen kan worden volstaan met een conservatieve inschatting van de parameters zodat laboratoriumonderzoek niet nodig wordt geacht.

Dit wordt daarom voor deze keringen niet in de raming meegenomen (m.u.v. de Zeedijk Paviljoenpolder waar te weinig gegevens voorhanden zijn).

Het advieswerk betreft de berekeningen en de rapportage per toetsspoor.

Ten aanzien van de niet-waterkerende objecten is ten eerste een complete inventarisatie nodig. De inspanning die vervolgens nodig is voor de toetsing hangt daar sterk van af, en is bovendien gerelateerd aan de stabiliteitstoetsing. De raming in dit stadium wordt gesteld op ca.15 % van de raming voor de stabiliteitstoetsing, maar is relatief onzeker.

7.5 Bekledingen

Binnen bekledingen worden drie hoofdtypen onderscheiden, steenzettingen, gras en asfalt. Globaal gelden voor de drie bekledingstypen dezelfde activiteiten

1. archiefonderzoek naar ligging en constructieopbouw;
2. inmeten bekleding: vaststellen dwarsprofiel en niveaus van overgangen van bekleding;
3. onderzoek van de bekleding in het veld; breekwerk, boorwerkzaamheden en monsternames inclusief laboratoriumonderzoek;
4. bepaling golfrandvoorwaarden, waarbij deels gebruik gemaakt kan worden van de randvoorwaarden bepaald voor de hoogtetoets;
5. beoordeling en rapportage.

Specifiek voor de bekledingen dient bij het inmeten extra aandacht aan de ligging van de overgangen geschonken te worden.

Het resulterende gemiddelde totaalbedrag is ongeveer € 1000 per kilometer waterkering.

7.6 Kunstwerken

Gegevens uit eerdere projecten indiceren dat de beoordeling van een kunstwerk tussen € 2.000 en 3.000 kost. In deze kostenraming wordt alleen rekening gehouden met de drie kleine kunstwerken in dijkringgebied 31. Aangehouden wordt een totaalbedrag van € 5.000. De onzekerheid van dit bedrag is relatief groot.

7.7 Raming

De raming op het niveau van globale kostenposten staat in Tabel 7-1.

Tabel 7-1: Kostenraming volledige toetsing

Onderdeel	Bedrag [€]
Hoogtetoetsing	15.000
Stabiliteit gegevensonderzoek	50.000
Stabiliteit advieswerk	25.000
Bekledingen	30.000
Kunstwerken	5.000
NWO's	10.000
Subtotaal	135.000
Algemene werkzaamheden ca. 10%	15.000
Totaal	150.000

Gegeven het detailniveau van deze raming wordt voor de uitvoering van de toetsing een totaalbedrag tussen € 100.000 en € 200.000 ingeschat. Deze raming is gebaseerd op een werkwijze waarbij de volledige toetsing wordt uitbesteed, en betreft de 'aanneemsom' plus de begeleidingskosten.

8 GLOBAAL ONTWERP EN KOSTENSCHATTING

8.1 Inleiding

De verbetermaatregelen worden behandeld per mechanisme waar ze betrekking op hebben.

8.2 Methode

Voor de globale ontwerpen is gebruik gemaakt van de methode en eenheidsprijzen die in het project "Referentie Alternatief Dijkversterking" [lit. 8] (RAD) zijn gehanteerd. Er wordt rekening gehouden met zettingen. Sommige eenheidsprijzen zijn ingeschat op basis van kennis en ervaring.

Voor de bepaling van de totale kosten zijn de directe kosten met een factor 2 vermenigvuldigd. Hierbij is afgeweken van de definitieve versie van het RAD: daarin werd bij aanvang gewerkt met een factor 2, maar deze is lopende het project steeds opgehoogd, uiteindelijk tot een waarde 2,65. Bij vervolprojecten in hetzelfde kader (bijvoorbeeld het project kostenfunctie dijkkringgebieden voor het CPB) is wederom een factor 2 gehanteerd, en daarom is deze waarde hier overgenomen.

De indirecte kosten worden dus op 100% van de directe kosten gesteld. Onder indirecte kosten vallen o.a. de volgende posten: nadere detaillering (bijv. hekwerk, straatmeubilair etc.), VAT (voorbereiding, algemeen en toezicht), aannemersopslagen en planonvoorzien. Voor de kunstwerken is eveneens de aanpak volgens RAD gehanteerd.

8.3 Stabiliteit

8.3.1 Zuid Beveland oost (dijkkringgebied 31)

De binnenwaartse stabiliteit alsmede piping wordt verbeterd door de aanleg van een stabiliteitberm van 10 m lang en 2 m hoog waarvan 1 m ter compensatie van de zettingen. Een taludverflauwing zou wellicht een alternatief kunnen zijn afhankelijk van de huidige taludhelling. Een kruinverlaging is hier geen economisch haalbare optie vanwege de op de kruin van de dijk gelegen weg. De buitenwaartse stabiliteit wordt verbeterd door taludverflauwing van buitentalud. Hierbij wordt uitgegaan van een kruin op NAP+ 5 m en een maaiveldhoogte van NAP+1 m in het voorland.

8.3.2 Philipsdam (VWK17) en Grevelingendam (VWK16)

Als mogelijk te nemen maatregel tegen zettingsvloeiing of afschuiving is analoog aan het eerder uitgebrachte rapport gekozen voor het bestorten van het onderwatertalud. Aangezien geen onderwaterprofielen aanwezig zijn, kan niet worden vastgesteld of er een te steil bodemverloop voorkomt en over welke strekking en breedte dit het geval is. Om een inschatting te kunnen maken van de kosten wordt het ontwerp uit het eerder uitgebrachte rapport hier representatief gesteld. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat de bestorting nodig is op het gehele traject (een conservatieve aanname).

8.4 Bekleding

De bestaande bekleding van betonblokken op de Grevelingendam moet worden vervangen.

Voor het ontwerp is gebruik gemaakt van een werkversie van Steentoets 4.0, in lijn met Technisch Rapport Steenzettingen [lit. 7]. De randvoorwaarden conform de toetsing zijn aangehouden:

$$H_s = 1,12 \text{ m}$$

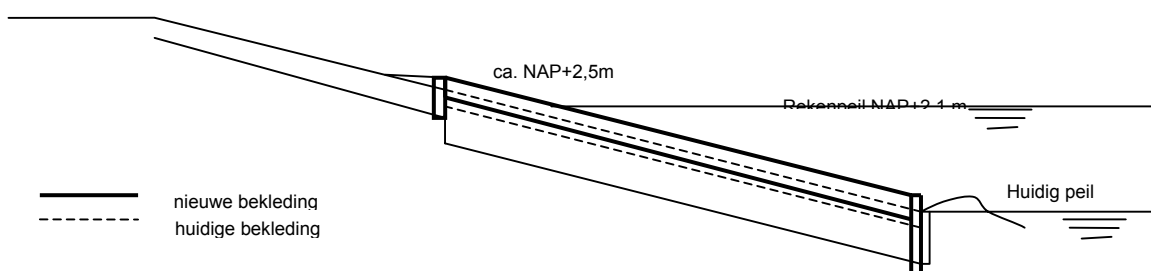
$$T_p = 4,26 \text{ s}$$

De bekleding wordt aangelegd tot het niveau NAP+2,5 m. Het ontwerppeil is in principe gelijk aan het Toetspeil (NAP+2,10 m). Aangezien de bovenkant van de bekleding echter op NAP+2,5 m ligt, wordt de laatste 40 cm ook vervangen. Sowieso wordt in de ontwerpleidraden aanbevolen om de harde bekleding enige hoogte boven Ontwerppeil door te laten lopen. Voor het ontwerp is de huidige taludhelling aangehouden (1:4). Aangenomen wordt dat een kleilaag van circa 80 cm aanwezig is onder de huidige bekleding.

Voor de nieuwe bekleding ligt het voor de hand om wederom een steenzetting neer te leggen. Uitgegaan wordt van betonzuilen op een granulaire laag op geotextiel op klei. De minimaal vereiste dikte van de betonzuilen is berekend. Volgens Steentoets is de benodigde dikte 0,2 m bij de standaard dichtheid van beton; 2300 kg/m^3 . De betonzuilen worden aangelegd op een 0,10 m dikke filterlaag op een grond dicht geotextiel. De constructie is daarmee $0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ m}$ dik.

De huidige constructie is 0,20 m dik. De benodigde extra cm's worden gevonden door de teenconstructie te vervangen en daarbij de bovenkant van de damwand hoger te plaatsen. Aan de bovenrand van de steenzetting wordt een opsluitingsconstructie gemaakt en wordt door aanvulling een overgang met de grasbekleding gemaakt.

Opgemerkt wordt dat de benodigde dikte van de nieuwe toplaag even groot is als de huidige; de opbouw van de granulaire laag en de doorlatendheid van de nieuwe toplaag maken de nieuwe bekleding gunstiger.



8.5 Niet-waterkerende objecten

Ten aanzien van de zichtbare niet-waterkerende objecten is er geen aanleiding om te veronderstellen dat deze ervoor zorgen dat de veiligheid in gevaar komt. Wel is het mogelijk dat de aanwezigheid van NWO's (zowel zichtbare als kabels & leidingen) invloed heeft op een toch al aangegeven maatregel.

De extra kosten veroorzaakt door NWO's kunnen in dit stadium meegenomen worden door voor de totale kosten een bovengrens aan te houden, door bijvoorbeeld een marge van ca. 15% op de kosten te zetten (zie bijv. RAD). Dit geldt alleen voor maatregelen in het dijklichaam. Het aanleggen van bijvoorbeeld een vooroeverbetasting leidt niet tot extra kosten door NWO's.

Wanneer de kabels en leidingen zijn gelokaliseerd en in kaart gebracht, en wanneer meer informatie beschikbaar is om de invloed van de NWO's te bepalen, kunnen de kosten per object bepaald worden. Binnen RAD is bijvoorbeeld voor kleine objecten €100 000,- en voor grote objecten €500 000,- aangehouden. Het is dan niet meer nodig voor de NWO's de hiervoor genoemde bovengrens te hanteren. Om voor deze onzekere factor toch een indicatief bedrag op te nemen wordt uitgegaan van een totaal van M€ 0,6 (grofweg gebaseerd op het RAD-percentage van 15%, gebaseerd op de kosten excl. vooroeverbetasting).

8.6 Kosten

In onderstaande tabellen zijn de ontwerpen en kosten samengevat, in M€. Onderscheid is gemaakt tussen de kosten voor dijkkringgebied 31 en de verbindende waterkeringen. In de tabellen is onderscheid gemaakt tussen meer en minder 'zekere' kosten; dit onderscheid komt voort uit het beoordelingsresultaat per aspect, zie de eerdere hoofdstukken.

Tabel 8-1: Kostenschatting dijkkringgebied 31 (directe + indirecte kosten)

Dijkkringgebied/ verbindende waterkering	Dijkversterking	'Zekere' kosten [M€]	'Onzekere' kosten [M€]
31, Zuid-Beveland oost, 2,6 km	Stabiliteit/pipingberm		1,3
	Taludverflauwing buitentalud		0,5
	NWO's		0,3
Totaal		0	2,1

Tabel 8-2: Kostenschatting verbindende waterkeringen (directe + indirecte kosten)

Dijkkringgebied/ verbindende waterkering	Dijkversterking	'Zekere' kosten [M€]	'Onzekere' kosten [M€]
Philipsdam (VWK17), 7,8 km	vooroeverbetasting		27,8
Grevelingendam (VWK16), 1,5 km	vervangen steenzettingen	2,3	
	vooroeverbetasting		5,4
Algemeen	NWO's		0,3
Totaal		2,3	33,5

Nogmaals: door de summiere informatie en de beperkte beschikbare tijd moeten zowel de gekozen ingrepen als de geraamde kosten worden gezien als indicatief.

9 CONCLUSIES

9.1 Algemeen

In dit project is met zeer beperkte gegevens een indicatieve beoordeling uitgevoerd. De beschikbare gegevens zijn voldoende voor een indicatief oordeel en een indicatieve kostenraming, zoals gevraagd in deze studie, maar onvoldoende in het licht van een formele veiligheidstoetsing.

9.2 Beoordeling

Het toelaten van een waterstand rond NAP+2 m op het Volkerak-Zoommeer leidt naar verwachting niet tot problemen met de kruinhoogte.

Ten aanzien van de geotechnische faalmechanismen leidt de maatregel niet tot duidelijke scores 'onvoldoende'. Wel geldt voor Zuid-Beveland Oost dat vanwege gebrek aan gegevens wellicht maatregelen nodig zijn tegen macro-instabiliteit. Voor zettingsvloeiing geldt een vergelijkbare redenering: voor de Grevelingendam en de Philipsdam kan met de beschikbare gegevens niet worden uitgesloten dat een maatregel nodig is.

Ten aanzien van de bekledingen is er een vak met steenzettingen op de Grevelingendam waar verbetering nodig zou zijn.

9.3 Kosten

9.3.1 Uitgebreide toetsing

Uitgebreide toetsing is nodig om meer zekerheid te krijgen over de scores. De uitgevoerde beoordeling is slechts indicatief. De kosten voor uitgebreide toetsing bedragen circa € 150.000,- aan advieskosten, gegevensverzameling (incl. grondonderzoek) en algemene kosten. Deze raming is gebaseerd op een werkwijze waarbij de toetsing volledig wordt uitbesteed.

9.3.2 Verbetermaatregelen

De kosten van de maatregelen zijn verdeeld in 'zekere' en 'onzekere' kosten. In de categorie 'zeker' vallen maatregelen die, op basis van de uitgevoerde beoordeling, naar verwachting waarschijnlijk uitgevoerd moeten worden. Voor de 'onzekere' maatregelen geldt dat de score 'twijfelachtig' is, en dat in werkelijkheid eerst nader onderzoek uitgevoerd moet worden.

Onder de 'zekere' maatregelen valt alleen de verbetering van de bekleding op de Grevelingendam; daarvoor is een bedrag van ca. 2,3 M€ geraamd. De onzekere maatregelen (macrostabiliteit voor Zuid-Beveland oost en voorlandmaatregelen) kosten ca. 35 M€.

De genoemde kosten moeten worden gezien als een indicatieve raming.

9.4 Overige aandachtspunten

Deze paragraaf is bedoeld voor aandachtspunten die relevant zijn voor de afweging ten aanzien van de peilverhoging van het Volkerak-Zoommeer, maar die buiten dit onderzoek vallen.

Op de Oesterdam ligt bij één profiel (profiel 18) de weg op NAP+1,75 m. Dit is beneden Toetspeil. In de verdere effectbepaling dient te worden meegenomen dat de weg op dit punt niet gebruikt kan worden tijdens de peilopzet. Eventueel kan het verkeer over de Oosterscheldezijde van de dam gestuurd worden.

10 BRONNEN

1. Waterkeringsveiligheid langs Volkerak-Zoommeer – Ruimte voor de benedenrivieren, Royal Haskoning, P4722.A0/R002/LVN/IL/Nijm, 29 april 2004
2. Hydraulisch randvoorwaardenboek 2001, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Delft, december 2001.
3. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 – benedenrivieren, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Den Haag, september 1998.x
4. Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, mei 2002.
5. Voorschrift Toetsen op Veiligheid, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, februari 2004.
6. Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Den Haag, november 2002.
7. Technisch Rapport Steenzettingen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, december 2003.
8. Rapport Referentie Alternatief Dijkversterking
9. Resultaten veiligheidstoetsing Grevelingendam, wettelijke toetsing waterkeringen 2000, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, oktober 2000
10. Resultaten veiligheidstoetsing Philipsdam, wettelijke toetsing waterkeringen 2000, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, oktober 2000
11. Resultaten veiligheidstoetsing Oesterdam, wettelijke toetsing waterkeringen 2000, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, oktober 2000