

Waterkeringsveiligheid langs Volkerak- Zoommeer

Ruimte voor de benedenrivieren

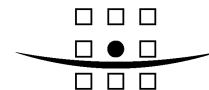
Rijkswaterstaat RIZA

29 april 2004

Eindrapport

9P4722.A0

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
Ruimte voor de benedenrivieren
Verkorte documenttitel Waterkeringsveiligheid Volkerak-Zoommeer
Status Eindrapport
Datum 29 april 2004
Projectnaam Waterkeringsveiligheid Volkerak-Zoommeer
Projectnummer 9P4722.A0
Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA
Referentie 9P4722.A0/R002/LVN/IL/Nijm

Auteur(s) Leo van Nieuwenhuijzen, Mathijs Bos
Collegiale toets Jaap-Jeroen Flikweert
Datum/paraaf
Vrijgegeven door Jaap-Jeroen Flikweert
Datum/paraaf

SAMENVATTING

Opdracht, kader en inperking

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. Tenslotte is een globaal ontwerp met kostenschatting gemaakt van de benodigde versterkingswerken.

In deze studie zijn alleen de waterkeringen van de volgende dijkkringgebieden beoordeeld: 25, Goeree-Overflakkee; 27, Tholen en St-Philipsland; en 34, West-Brabant. De overige waterkeringen aan het Volkerak-Zoommeer maakten geen deel uit van de opdracht en zijn derhalve ook niet beoordeeld (de verbindende waterkeringen en dijkkringgebied 31).

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. Met name voor dijkkringgebied 27 waren geen gegevens beschikbaar waardoor zeer conservatieve aannamen moesten 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:

- Alle beoordeelde dijken voldoen op hoogte (golfoploop en –overslag);
- De waterkering van dijkkringgebied 25 (Goeree-Overflakkee) voldoet gedeeltelijk (ca. 11 km) niet op het spoor binnenwaartse macrostabiliteit;
- De waterkering van dijkkringgebied 34 (West-Brabant) voldoet gedeeltelijk niet op de sporen bekleding (20 km) en piping (ca. 1 km); ten aanzien van de asfaltbekleding geldt een score 'twijfelachtig'; dit onderdeel is daarom apart opgenomen in de kostenraming;
- De waterkering van dijkkringgebied 27 (Tholen en St-Philipsland), met een lengte van ca. 20 km, voldoet (mogelijk gedeeltelijk) niet op de sporen piping en binnen- en buitenwaartse macrostabiliteit. Nogmaals wordt benadrukt dat voor dit dijkkringgebied, door zeer summiere informatie, met minder zekerheid dan bij de andere waterkeringen een oordeel kan worden gegeven;
- Alle beoordeelde dijken voldoen op afschuiving; zettingsvloeiing kan alleen voor de aan het Volkerak gelegen waterkering niet worden uitgesloten. Dit laatste aspect is zodanig onzeker dat het apart verwerkt is in de kostenraming;
- De niet-waterkerende objecten zijn globaal geïnventariseerd maar niet expliciet beoordeeld.

Globale beoordeling kunstwerken

De globale beoordeling heeft geleid tot de volgende conclusies:

- De Mandersluis te Dintelsas voldoet niet op hoogte;
- De kunstwerken voldoen op de sporen stabiliteit constructie en piping/heave op basis van bewezen sterkte. De kunstwerken hebben vergelijkbare waterstanden te verduren gehad voor de afsluiting van het Schelde-Rijnkanaal;
- De sterkte van de afsluitmiddelen van de Mandersluis en de spuisluis Benedensas voldoen niet. De spuisluis staat permanent dicht, maar de afsluitmiddelen zijn niet berekend op hogere waterstanden;
- De kunstwerken die geautomatiseerd zijn, hebben de score 'goed' voor de bediening. Voor de sluisen is het oordeel 'twijfelachtig' aangezien in de bedieningsprocedures niet is voorzien in de voorgenomen maatregel.

Raming voor volledige toetsing: ca. € 600.000,- 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 per dijkring samengevat, afgerond op 100 k€. 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.

Tabel 1 geeft de kosten voor ontwerpen waarbij kruinverlaging tot de mogelijkheden behoort; Tabel 2 geeft de kosten voor ontwerpen waarbij per definitie geen kruinverlaging wordt toegepast. Voor Goeree-Overflakkee is kruinverlaging door het waterschap niet gewenst, terwijl dit voor Tholen en St-Philipsland wel een optie blijft.

Tabel 1: Kostenschatting (met mogelijkheid tot kruinverlaging)

Dijkringgebied	Dijkversterking	'Zekere' kosten [k€]	'Onzekere' kosten [k€]
25, Goeree-Overflakkee	Kruinverlaging	500	
	Aanpassen asfaltbekleding		1.700
	Vooroeverbesteding		17.900
27, Tholen en St-Philipsland	Piping-/stabiliteitberm	15.500	
	Kruinverlaging		1.000
34, West-Brabant	Aanpassen steenzettingen	2.700	
	Aanpassen asfaltbekleding		9.800
	Klei-inkassing voorland		100
	Kunstwerken	800	
Algemeen	NWO's		5.000
Totaal		19.500	35.500

Tabel 2: Kostenschatting (zonder mogelijkheid tot kruinverlaging)

Dijkringgebied	Dijkversterking	'Zekere' kosten [k€]	'Onzekere' kosten [k€]
25, Goeree-Overflakkee	Taludverflauwing óf aanberming binnendijks	10.000 (gemiddelde)	
	Aanpassen asfaltbekleding		1.700
	Vooroeverbesteding		17.900
27, Tholen en St-Philipsland	Piping-/stabiliteitberm en Buitenberm (incl. steenbekleding)	15.500	25.600
34, West-Brabant	Aanpassen steenzettingen	2.700	
	Aanpassen asfaltbekleding		9.800
	Klei-inkassing voorland		100
	Kunstwerken	800	
Algemeen	NWO's		5.000
Totaal		29.000	60.100

Nogmaals: door de summiere 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	1
1.5	Leeswijzer	2
2	HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Waterstand	3
2.3	Golfrandvoorwaarden	4
2.3.1	Windsnelheid	4
2.3.2	Strijklengte en waterdiepte	5
2.3.3	Resultaat	6
3	Globale BEOORDELING KRUINHOOGTE	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Berekening	7
3.3	Beoordeling	7
4	Globale BEOORDELING STABILITEIT	9
4.1	Inleiding	9
4.2	Methode	9
4.2.1	Piping en heave	9
4.2.2	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	10
4.2.3	Microstabieliteit	11
4.2.4	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	11
4.3	Goeree-Overflakkee (DR 25)	11
4.3.1	Relevante gegevens, bodemopbouw	11
4.3.2	Piping en heave	12
4.3.3	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	13
4.4	West-Brabant (DR 34)	15
4.4.1	Relevante gegevens, bodemopbouw	15
4.4.2	Piping en heave	15
4.4.3	Macrostabieliteit binnen- en buitenwaarts	16
4.5	Tholen en St. Philipsland (DR 27)	17
4.5.1	Relevante gegevens, bodemopbouw, piping en macrostabieliteit	17
4.6	Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing	18
4.6.1	Afschuiving	18
4.6.2	Zettingsvloeiing	18
4.7	Conclusies	19
5	Globale BEOORDELING BEKLEDINGEN	20
5.1	Inleiding	20
5.2	Locaties en ligging	20
5.3	Steenzettingen	21



5.3.1	Methode	21
5.3.2	Rekenresultaten	21
5.3.3	Interpretatie	21
5.3.4	Conclusie en eindoordeel	23
5.4	Asfaltbekleding	23
5.4.1	Ligging ten opzichte van Toetspeil	23
5.4.2	Materiaaltransport	23
5.4.3	Golfklap	24
5.4.4	Conclusie	24
5.5	Grasbekleding	24
5.6	Eindoordeel bekledingen	26
6	Globale beoordeling kunstwerken en niet-waterkerende objecten	27
6.1	Inleiding	27
6.2	Locaties en ligging	27
6.2.1	Niet beoordeelde kunstwerken	28
6.3	Globaal oordeel waterkerende kunstwerken	28
6.3.1	Hoogte	28
6.3.2	Stabiliteit, sterkte en piping/heave	29
6.3.3	Sterkte afsluitmiddelen	29
6.3.4	Betrouwbaarheid sluiting	29
6.3.5	Conclusies kunstwerken	30
6.4	Niet waterkerende objecten	31
6.4.1	Inleiding	31
6.4.2	Dijkkringgebied 25, Goeree	31
6.4.3	Dijkkringgebied 27, Tholen	32
6.4.4	Dijkkringgebied 34, West Brabant	32
7	Raming voor volledige toetsing	33
7.1	Inleiding	33
7.2	Algemene werkzaamheden	33
7.3	Hoogtetoets	33
7.4	Stabiliteit	34
7.5	Bekledingen	34
7.6	Kunstwerken	35
7.7	Raming	35
8	Globaal ontwerp en kostenschatting	36
8.1	Inleiding	36
8.2	Methode	36
8.3	Stabiliteit	36
8.3.1	Goeree-Overflakkee	36
8.3.2	West-Brabant	37
8.3.3	Tholen en St. Philipsland	37
8.3.4	Voorland: zettingsvloeiing	38
8.4	Bekleding	38
8.4.1	Steenzettingen	38
8.4.2	Asfaltbekledingen	39
8.4.3	Grasbekledingen	39
8.5	Kunstwerken	39



8.6	Niet-waterkerende objecten	40
8.7	Kosten	40
9	CONCLUSIES	42
9.1	Algemeen	42
9.2	Beoordeling	42
9.3	Kosten	42
9.3.1	Uitgebreide toetsing	42
9.3.2	Verbetermaatregelen	43
9.4	Overige aandachtspunten	43
9.4.1	Buitendijkse bebouwing Tholen	43
9.4.2	Containerhaven Bergen op Zoom	44
10	BRONNEN	45

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 retentiegebied bij hoge waterstanden op de benedenrivieren. Een effect van de maatregel dat onderzocht moet worden is de invloed op de waterkeringsveiligheid voor de dijkkringgebieden 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 dijken en kunstwerken van de dijkkringgebieden 25, 27 en 34 langs het Volkerak-Zoommeer, als in het kader van Ruimte voor de benedenrivieren het Volkerak-Zoommeer als retentiegebied wordt ingezet.

De vereiste nauwkeurigheid is beperkt: het resultaat van de studie dient voor een zeer globale afweging. De studie moet inzicht geven in de orde van grootte van de kosten: orde één, orde tien of orde honderd miljoen Euro.

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 dijkkringgebieden 25, Goeree-Overflakkee; 27, Tholen en St-Philipsland en 34, West-Brabant. In onderstaande tabel staan de aantallen km's per dijkkringgebied.

Tabel 1-1: Lengte aan primaire waterkering per dijkkringgebied

nr.	naam dijkkringgebied	aantal km's grenzend aan VZM
25	Goeree-Overflakkee	19,5
27	Tholen en St-Philipsland	20,6
34	West-Brabant	ca. 39
	Totaal	ca. 79

Daarnaast ligt ook een klein gedeelte van dijkkringgebied 31 aan het Volkerak-Zoommeer, maar dat wordt in dit onderzoek niet beschouwd. Hetzelfde geldt voor de verbindende waterkeringen.

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). 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. 1] 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.

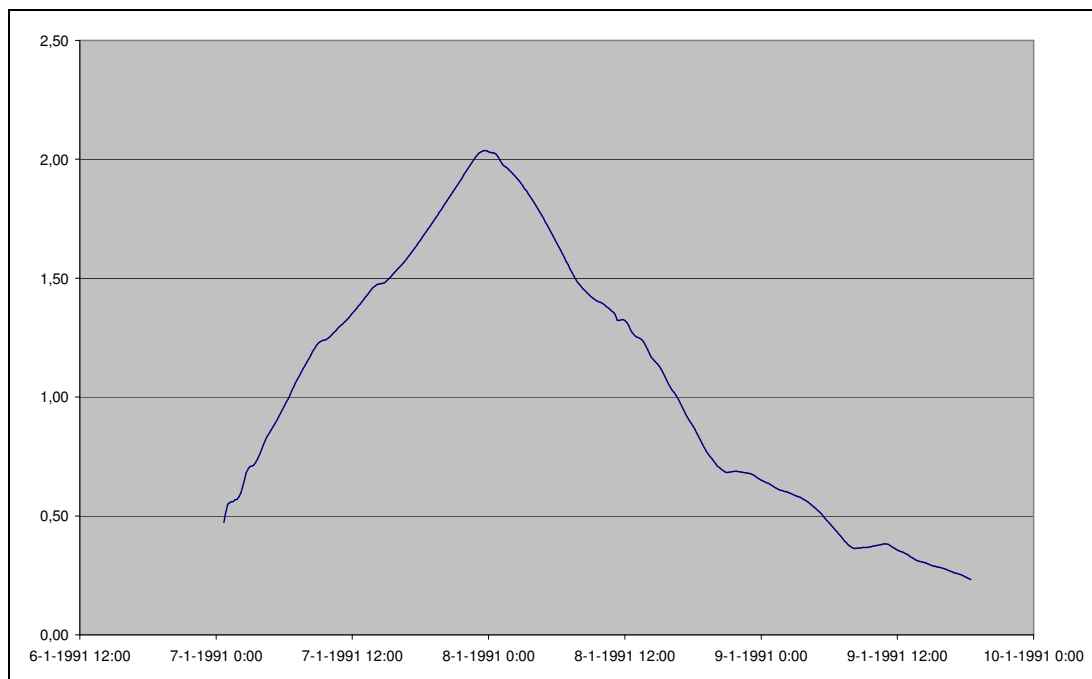
2.2 Waterstand

De opdrachtgever heeft aangegeven dat de Toetspeilen voor de dijkkringgebieden 25, Goeree-Overflakkee en 27, Tholen en St-Philipsland NAP+2,1 m zijn en dat het Toetspeil voor dijkkringgebied 34, West-Brabant NAP+2,0 m is. Het verschil tussen deze twee toetspeilen ontstaat doordat de wettelijke veiligheidsnormen verschillen: 1:4.000 voor de dijkkringgebieden 25 en 27 en 1:2.000 voor dijkkringgebied 34.

Vanwege het globale karakter van de toetsing is geen rekening gehouden met de toeslag voor opwaaiing. 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. In de berekeningen wordt dit verloop alleen geschematiseerd toegepast, en op dat globale niveau is er geen verschil tussen de twee veiligheidsnormen. Daarnaast is in de beoordeling rekening gehouden met een scenario waarbij de topwaterstand circa zeven dagen aanhoudt.

Figuur 2-1: Waterstandsverloop bij 1/2000 omstandigheden (bron: Rijkswaterstaat)



2.3 Golfrandvoorwaarden

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

Golfrandvoorwaarden bestaan uit de golfhoogte en -periode behorende bij een waterstand. Deze parameters zijn van belang voor de beoordeling van de aspecten hoogte en bekleding. De grootte van de golfrandvoorwaarden is afhankelijk van de windsnelheid, de strijklengte en de waterdiepte. De windsnelheid en strijklengte bepalen de golfgroei, de waterdiepte kan beperkend zijn voor de golfgroei.

Per parameter wordt de gevolgde methode behandeld om tot de golfrandvoorwaarden te komen.

2.3.1 Windsnelheid

Voor de methode Bretschneider wordt gebruik gemaakt van de windsnelheid op 10 meter hoogte.

Zoals besproken wordt voor deze studie de windsnelheid gebruikt die verwacht kan worden als de waterstand in Volkerak-Zoommeer op het aangeleverde Toetspeil ligt. Per windrichting geldt een andere windsnelheid. Voor het bepalen van de windsnelheden is gebruik gemaakt van Hydra_B. Rijkswaterstaat heeft met special Hydra_B bepaald in welke omstandigheden (bij 1:2.000^e en 1:4.000^e) de bergingscapaciteit van het Volkerak-Zoommeer zou worden ingezet. Het betreft daarbij de omstandigheden en waterstanden op het Hollandsch Diep. De verschillen tussen de 1:2.000^e en 1:4.000^e situatie zijn dermate klein dat gekozen is om alleen de windsnelheden te gebruiken van de 1:4.000^e omstandigheden. Dit valt binnen de grenzen van de nauwkeurigheid.

Deze berekening is gekozen als basis omdat daarmee bepaald is wat de waterstanden zijn waarbij de bergingscapaciteit van het Volkerak-Zoommeer ingezet wordt. Deze maatgevende waterstand wordt veroorzaakt door:

1. de invloed van de rivierafvoer op de waterstand;
2. lokale opstuwing door harde wind;
3. hoogwater bij de Maasmond (Hoek van Holland) als gevolg van opstuwing vanuit zee.

Hoogwater bij de Maasmond wordt (deels) veroorzaakt door harde wind en is daarom gecorreleerd met de lokale opstuwing. Meerdere combinaties van deze drie oorzaken kunnen tot de maatgevende waterstand leiden. Hydra_B geeft alleen windsnelheden voor de richtingen zuidwest tot en met noord (met de klok mee). Deze windrichtingen zijn de veroorzakers van de hoge waterstanden op het Hollandsch Diep, wat inleidend is voor de inzet van het Volkerak-Zoommeer. Dit laat niet onverlet dat er ook rekening gehouden moet worden met oostenwind. De windsnelheden tussen noord en zuidwest zijn afkomstig uit de memo van Provincie Zuid-Holland m.b.t. de bepaling van golfrandvoorwaarden t.b.v. toetsing bekleding Hoeksche Waard [lit. 3]. In deze memo worden voor drie belastingcombinaties van de waterstand bij de Maasmond, de rivierafvoer van Rijn en Maas en de windsnelheid maatgevende waterstanden gegeven. De windsnelheden die gebruikt zijn voor deze studie zijn de windsnelheden die in [lit. 3] worden gebruikt voor de hoogtetoets. De gebruikte windsnelheden staan in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: windsnelheid per richting in m/s op NAP+10m bij maatgevende omstandigheden

ri.	N	NNO	NO	ONO	O	OZO	ZO	ZZO	Z	ZZW	ZW	WZW	W	WNW	NW	NNW
α	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5
u	23,0	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	10,5	11,5	12,5	41,0	40,0	30,0	29,5	25,7	26,0

2.3.2 Striijklengte en waterdiepte

De striijklengte is de lengte waarover de wind vrij spel heeft om de golven op te wekken. Van belang daarbij is dat het water voldoende diep is. Bij een kleine diepte (orde 1 m) voelen golven de bodem en breken de golven. Voor de vijf locaties is per locatie de striijklengte per windrichting bepaald. De windroos is in segmenten van 15° verdeeld. Per sector is de striijklengte bepaald.

De waterdiepte is bepaald uitgaande van een waterstand van NAP+2,10 m en is een gemiddelde over de gehele strijklengte. De bodem van de vaarweg ligt tussen NAP-5 à -8 m; dichterbij de dijk ligt de bodem hoger. Er is uitgegaan van een waterdiepte van 5 m voor de meeste locaties. Alleen voor de eerste locatie op Goeree-Overflakkee is uitgegaan van 3 m vanwege de aanwezigheid van voorland volgens de dieptekaart van het Volkerak-Zoommeer.

De beschouwde locaties zijn de volgende:

Tabel 2-2: locaties waarvoor golfrandvoorwaarden bepaald zijn

locatie	ligging	expositie
WB1	West Brabant, Volkerak, P9	noord noordwestelijke expositie zonder voorland
WB2	West Brabant, de Eendracht, P3 , rivierkm 1019,5	west zuidwestelijke expositie
ThStP	Tholen en St Philipsland, Leguitpolder	noordoostelijke expositie
GO1	Goeree Overflakkee, Zuiderlandse zeedijk, dp 365	zuid zuidwestelijke expositie
GO2	Goeree Overflakkee, Groot Adriana Theodora polder (GATP), dp 254	zuidzuidoostelijke expositie

Gekozen is, waar mogelijk, voor locaties zonder voorland aangezien voorland golfgroei remt. Daarnaast is, waar mogelijk, gekozen voor locaties met een expositie tussen noord en zuidzuidwest (tegen de klok in).

2.3.3 Resultaat

De hoogste randvoorwaarden staan in onderstaande tabel.

Tabel 2-3: golfrandvoorwaarden per locatie

locatie	WB1	WB2	Th/St-Pland	GO1	GO2
windrichting tov N [°]	313	230	0	277	43
H _s	1,00	0,89	0,36	1,12	0,29
T _p	3,71	3,25	2,09	4,26	2,13

3 GLOBALE BEOORDELING KRUINHOOGTE

3.1 Inleiding

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

3.2 Berekening

De dijken zijn alle geschematiseerd met taluds van 1:2,7. Voor zover hierover gegevens beschikbaar zijn, is dit de steilste aanwezige buitentaludhelling. Voor de andere vakken is dezelfde steile helling aangehouden als conservatieve benadering.

Het resultaat van de berekeningen is het niveau op het buitentalud waarbij het oploopdebiet gelijk is aan $0,1$ l/m/s. Als de buitenkruinlijn gelijk aan of hoger dan dit niveau ligt, is de kruin zeker hoog genoeg. De waarden van Toetspeil+ z_q in NAP+m zijn:

WB1: +4,61 m

WB2: +4,28 m

THStP: +2,85 m

GO1: +3,69 m

GO2: +2,82 m

3.3 Beoordeling

De laagste aanwezige kruinhoogte in West-Brabant is NAP+4,69 m; dit punt bevindt zich in het vak WB1, waar een kruinhoogte van NAP+4,61 m nodig is om het overslagdebiet te beperken tot $0,1$ l/m/s. Specifiek voor dit vak is wel van belang dat de toeslag voor opwaaiing verwaarloosd wordt, zie Hoofdstuk 2. Als deze opzet van 1 à 2 dm meegeteld wordt, resulteert een overslagdebiet dat iets groter is dan $0,1$ l/m/s, wellicht in de orde van 1 l/m/s. Ook bij dit overslagdebiet zal de aanwezige grasbekleding naar schatting sterk genoeg zijn, of anders door middel van beheersmaatregelen met verwaarloosbare kosten sterk genoeg kunnen worden gemaakt. Op basis van deze redenering, in combinatie met de onzekerheden, wordt ook voor dit vak gesteld dat de kruinhoogte voldoet. De kruinhoogte varieert op de rest van traject WB1 tussen NAP+5,5m en +7,5m; hier is ruime overhoogte aanwezig.

Voor Goeree-Overflakkee varieert de kruinhoogte tussen NAP+5 m en +7 m, terwijl de vereiste hoogte lager dan NAP+4 m is. Deze hoogte voldoet ruim.

Voor Tholen-Sint Philipsland is over de kruinhoogte alleen informatie beschikbaar uit de topografische atlas: NAP+5,3 a +5,5 m. Uit de visuele inspectie is de indruk opgedaan dat het profiel grofweg gelijk is als aan de West-Brabantse kant van het kanaal. De kruinhoogte wordt daarom gelijk verondersteld en deze voldoet dan ook ruim. De score is 'goed'.

De hoogte van de dijken voldoet: het overslagdebiet in maatgevende omstandigheden is voor de meeste gevallen verwaarloosbaar en in alle gevallen zodanig klein dat naar verwachting geen veiligheidsprobleem zal ontstaan. Daarnaast is de waakhogte (kruinhoogte – toetspeil – toelagen) groter dan 0,5 m. De score voor hoogte is voor alle dijken 'goed'.

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 § 6.4.

4.2 Methode

4.2.1 Piping en heave

Piping kan mogelijk optreden in geval van opbarsten van het achterland. Dit gebeurt als de waterdruk onder het afdekkend pakket te groot wordt. Er zijn geen gegevens van het stijghoogteverloop over de dijk, zodat de stijghoogte (waterdruk) binnendijs niet precies kan worden bepaald. Een ongunstige aanname is te veronderstellen dat de stijghoogte gelijk is aan de waterstand buitendijs, dus NAP+2 m. Vanwege deze aanname heeft de duur waarover de topwaterstand zich voordoet (2 of 7 dagen), geen invloed op het resultaat.

Bij deze aanname zal in veel gevallen opbarsten optreden. Vanwege te beperkte geotechnische informatie wordt ervan uitgegaan dat opbarsten altijd kan optreden. Derhalve wordt direct gecontroleerd of de benodigde kwelweglengte, om piping te voorkomen, aanwezig is.

De kritische kwelweglengte (= benodigde kwelweglengte) volgt uit de formule

$$L_{\text{crit}} = C \times dH$$

waarin:

L_{crit} = kritische kwelweglengte

C = kwelfactor (Bligh) = 18

dH = maatgevend verval = MHW – referentiepeil binnendijs

Voor de kwelfactor wordt een bovengrens van 18 (Bligh) gehanteerd omdat de beschikbare geotechnische informatie meestal ontoereikend is om de kwelfactor te bepalen. Het referentiepeil is afhankelijk van de situatie gelijk aan polderpeil, slootpeil of maaiveldniveau binnendijs.

Indien de aanwezige kwelweglengte in de gegevens wordt genoemd (zoals het geval is in de Legger voor dijkkring 34) wordt deze overgenomen en getoetst aan de kritieke kwelweglengte. In andere gevallen wordt de aanwezige kwelweglengte als volgt ingeschat:

- Het representatieve, ongunstige, dwarsprofiel wordt gereconstrueerd uit de aangeleverde gegevens

- Het intreepunt voor piping (begin kwelweg) wordt genomen:
 1. bij de buitenteen (uitgangspunt is dat de kleibekleding tot de buitenteen doorloopt) of
 2. bij snijpunt van MHW met het buitentalud (dit is altijd veilig)
- Het uitreepunt voor piping (einde kwelweg) wordt genomen bij de binnenteen

Toelichting:

In geval van voorland wordt er vanuit gegaan dat hierin zandlagen voorkomen (ongunstige aanname) zodat de lengte van het voorland niet mag worden meegenomen in de kwelweglengte. Consequentie van deze aanname is dat het intreepunt voor piping ter plaatse van de buitenteen van de dijk ligt. Indien de maaiveldhoogte van het achterland niet is gegeven wordt deze afgelezen van de topografische kaart.

4.2.2 Macrostabieleit binnen- en buitenwaarts

Uitgangspunt is dat in het verleden voor de berekeningen van de macrostabieleit geen rekenwaarden maar karakteristieke waarden zonder materiaalfactoren en schadefactoren zijn gebruikt (tenzij dit expliciet wordt vermeld). Het VTV schrijft in dat geval voor dat de veiligheidsfactor voor binnenwaartse stabiliteit moet voldoen aan de volgende waarden: 1,3 à 1,4 bij gebruik van sterkteparameters op basis van celproeven en 1,5 à 1,6 op basis van triaxiaalproeven.

Voor buitenwaartse stabiliteit geldt een overall-veiligheidsfactor van 1,2 op basis van celproeven en 1,4 op basis van triaxiaalproeven uitgaande van gemiddelde waarden. (bij gebruik van karakteristieke waarden mag geen lagere veiligheidsfactor worden toegepast). In onderhavig project is ervoor gekozen op grond van bovenstaande de volgende veiligheidsfactoren aan te houden:

- 1,4 voor binnenwaartse stabiliteit
- 1,3 voor buitenwaartse stabiliteit

Bij de uitgevoerde beoordeling bleek het nodig een aantal gevoeligheids- en herberekeningen te doen. Hierbij is zo goed als mogelijk aangesloten op de aangeleverde MSTAB-bestanden behorend bij de legger voor dijkkringgebied 34 (West Brabant). In deze MSTAB-bestanden zijn voor de grondparameters representatieve waarden uit de NEN 6740 [lit.8] gebruikt. Dit zijn redelijk conservatieve waarden.

Indien de stabiliteitsfactor onvoldoende bleek te zijn, is een zogenaamde 'best guess' benadering toegepast. In de 'best guess' benadering wordt een realistische schatting gemaakt van de waarden voor de grondparameters. Deze grondparameters zijn dus niet onderbouwd. Bij een formele toetsing moeten deze parameters wel worden onderbouwd, bijvoorbeeld op basis van een proevenverzameling. Hiervoor moet gedegen grondonderzoek worden uitgevoerd, dat thans niet beschikbaar is.

Vanwege deze benaderende methode worden voor dit spoor alleen de scores 'onvoldoende' en 'voldoende' gehanteerd. Bedacht moet worden dat de grondparameters niet zijn onderbouwd wat bij een formele toetsing wel nodig is. Daarom wordt hier per definitie niet de score 'goed' toegekend.

4.2.3 Microstabiliteit

Er wordt van uitgegaan dat de kern van de dijk is afgedekt door een slecht doorlatende kleibekleding of slecht doorlatende perskades. Dit uitgangspunt is gebaseerd op zeer beperkte informatie. Indien de kern van de dijk is afgedekt met slecht doorlatend materiaal en bovendien aansluit op een slecht doorlatende ondergrond (klei- en veenlagen) dan is niet te verwachten dat de freatische lijn op het binnentalud zal uit treden, ook is niet te verwachten dat de binnenbekleding wordt opgedrukt door een sterke opbouw van waterspanningen in de kern bij hoogwater. Microstabiliteit wordt hierna niet verder per dijkkring beschouwd. In deze studie wordt volstaan met de algemene verwachting dat de veiligheid ten aanzien van microstabiliteit voldoende is gegarandeerd. Bovenstaande is een realistische, dus niet conservatieve benadering van microstabiliteit in dit project.

4.2.4 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

Deze beoordelingssporen worden vaak in één adem genoemd omdat ze beide betrekking hebben op de stabiliteit van het voorland. Hoewel de achterliggende mechanismen bij de beoordelingssporen sterk verschillen kunnen beide sporen op eenvoudige wijze geometrisch worden getoetst. Hiervoor zijn in het VTV beoordelingsschema's opgenomen. Op basis van geuldiepte en de geometrie van het onderwatertalud kan een eerste uitspraak worden gedaan ten aanzien van de veiligheid. Vanwege het ontbreken van (eenduidige) informatie over de geometrie is slechts een beperkt gedeelte "toetsbaar". Deze informatie betreft een aangeleverde kaart met geuldiepten, onderwaterprofielen en ingevoerde geometrie in het programma MSTAB (dijkkring 34).

Voor het optreden van een zettingsvloeiing is een aanleiding nodig, deze kan bestaan uit trillingen, afschuivingen (onderwater) of bijvoorbeeld erosie. Deze aanleidingen worden niet direct beïnvloed door een peilverhoging. Voor primaire waterkeringen is in het VTV gekozen voor een de aanpak waarbij wordt gesteld dat er altijd een aanleiding voor zettingsvloeiing kan zijn. Daarom is de beoordeling gereduceerd tot het bepalen van de sterkte (geometrie en materiaaleigenschappen).

De beoordeling van de sporen afschuiving en zettingsvloeiing voorland wordt in § 4.6 voor het gehele gebied beschreven.

4.3 Goeree-Overflakkee (DR 25)

4.3.1 Relevante gegevens, bodemopbouw

Er zijn profielen beschikbaar gesteld uit de legger van het waterschap.

In 1976 zijn stabiliteit- en zettingberekeningen uitgevoerd voor de dijkverzwaring die destijds heeft plaatsgevonden. Hiervan zijn een rapport [lit. 9], sonderingen en een geotechnisch lengteprofiel beschikbaar gesteld. Het betreft het traject km 27,4 – 34,3 (oude hectometrering: 200-277). De globale bodemopbouw is in Tabel 4-1 weergegeven.

Tabel 4-1: Bodemopbouw

Laag	Grondsoort	Bovenkant laag [NAP+m]
1	Klei, klei zandig, zand kleiig	+1 (maaiveld)
2	Veen	-2 / -4
4	Klei zandig of zand kleiig	-4 / -5
5	Veen	-9 / -11
6	Zand	-10 / -12

Ter plaatse van ca. km 32 (oud: hm 250-255) komt een zandgeul voor tussen NAP-3 m en NAP-9 m.

Van het resterende gedeelte km 34,3 – km 46 zijn geen grondmechanische gegevens beschikbaar gesteld. Met behulp van de Geologische Kaart van Nederland van dit gebied is onderzocht of dit gedeelte qua bodemopbouw vergelijkbaar is met het traject km 27,4 – 34,3. De Geologische Kaart van Nederland van dit gebied geeft aan welke afzettingen voorkomen en de dikte van elke afzetting. Daaruit blijkt dat in het gedeelte km 34,3 – km 46 'gemiddeld' geen slechtere bodemopbouw voorkomt dan op het traject km 27,4 – 34,3. De (variaties in) diktes van de afzettingen (klei, veen, etc.) zijn van dezelfde orde. De Geologische Kaart van Nederland geeft dan ook geen aanleiding om uit te gaan van een andere bodemopbouw dan in het doorgerekende traject.

De aangeleverde profielen vertonen veel overeenkomsten qua hoogte en taludhellingen.

4.3.2 Piping en heave

Het totale afdekkende pakket bestaat uit klei, veen en (waarschijnlijk) dunne zandlagen. Voor piping is het nodig om ook met dunne zandlagen rekening te houden. Uit een eerste inschatting blijkt dan dat de slootbodem mogelijk zou kunnen opbarsten. Dit is dan een uittreepunt voor piping. Bij een buitenwaterstand van NAP+2 m bedraagt het verval maximaal 2,75 m. Hierbij wordt uitgegaan een referentiepeil binnendijs gelijk aan slootbodem, ca. NAP-0,75 m. Uitgangspunt is dat het een kwelsloot betreft waar geen polderpeil wordt gehandhaafd. Uitgaande van een kwelfactor van $C_{creep} = 18$ (conservatief) is de benodigde kwelweglengte $18 \times 2,75 = 49,5$ m. Voor bijna alle profielen geldt dat de aanwezige kwelweglengte hieraan voldoet. Voor profielen waar dat niet geldt, is de score nadrukkelijk niet direct 'onvoldoende': nader onderzoek zal naar verwachting leiden tot een kleinere kwelfactor, en de kans is groot dat ook deze profielen dan voldoen. Als dit toch niet het geval is, zijn nog niet direct constructieve maatregelen nodig: het probleem kan worden opgelost door tijdens hoogwater het slootpeil iets op te zetten, maximaal tot maaiveldniveau van ca. NAP tot NAP+0,5 m waardoor de benodigde kwelweglengte wordt gereduceerd tot ca. $18 \times (1,5 \text{ tot } 2) = 27$ tot 36 m. Deze lengte blijkt bij alle profielen aanwezig te zijn.

Het opzetten van het slootpeil tot maaiveld is in principe een calamiteitenregel en zou daarom in deze studie achterwege gelaten moeten worden. Het opzetten van slootpeil is echter wel goed mogelijk als dit maar niet leidt tot het onder water komen te staan van laaggelegen delen van het achterland. Dit kan worden voorkomen door het plaatsen van stuwen in de sloot waarmee in een kritiek vak een hoger slootpeil kan worden gehanteerd dan in de naastliggende vakken zonder dat het achterland van die vakken onder water komt te staan. In dit stadium voert het te ver om na te gaan of stuwen inderdaad nodig zijn. De verwachting is bovendien dat bij nader onderzoek de kritieke kwelweglengte nog wordt gereduceerd. Daarnaast moet bedacht worden dat het tekort aan kwelweglengte maar een paar profielen betreft.

Conclusie:

Over het gehele traject zijn geen problemen ten aanzien van piping te verwachten. De dijk inclusief binnenberm van de dijk zijn breed genoeg om bij eventueel opbarsten van de sloot piping te voorkomen. Bovendien is te verwachten dat de kwelfactor van 18 kan worden gereduceerd.

4.3.3 Macrostabieleit binnen- en buitenwaarts

Rapport 1976

De berekeningen in het genoemde rapport [lit.9] zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten

- Binnentaludhelling: 1:3
- Buitentaludhelling: 1:3
- Kruinhoogte: NAP+ 6,5 m tot + 6,75 m
- Polderpeil: NAP-1 m
- Buitenwaterstand: NAP+4,55 m
- Bij berekening buitentalud: verzadigd dijklichaam met buitenwaterstand op maaiveldniveau

Voor 100% aanpassing van de waterspanningen zijn destijds de volgende stabiliteitfactoren berekend:

- binnentalud: SF = 2,0;
- buitentalud: SF = 1,9.

Gezien de ruime tijd die is verstreken na de laatste dijkversterking mag ervan worden uitgegaan dat de wateroverspanningen nagenoeg volledig zijn gedissipeerd (= 100% aanpassing).

Geconcludeerd kan worden dat de berekende veiligheidsfactoren hoog genoeg zijn:

- Stabiliteitfactor binnentalud: $2,0 > 1,4$;
- Stabiliteitfactor buitentalud: $1,9 > 1,3$.

De berekeningen zijn bovendien uitgevoerd voor een veel hogere buitenwaterstand (NAP+4,55 m) dan welke voor onderhavige beoordeling moet worden aangehouden (NAP+2 m). Hierin zit dus zelfs nog extra veiligheid.

Herberekening voor huidig binnentalud 1:2

Hiervoor is geconcludeerd dat de binnenwaartse stabiliteit uitgaande van een taludhelling 1:3 verzekerd is. Uit de aangeleverde profielen is echter afgelezen dat de helling van het binnentalud ca. 1:2 bedraagt. Nu uit de profielen blijkt dat het talud steiler is kan er niet zonder meer vanuit worden gegaan dat de stabiliteit voldoende is. Of het huidige 1:2 talud voldoet hangt voornamelijk af van het hoogteverschil tussen kruin en berm. Dit hoogteverschil varieert op het traject. Daarom is uitgezocht bij welk hoogteverschil tussen kruin en berm de dijk bij een 1:2 talud nog voldoet. Tabel 4-2 geeft een overzicht van de kruinhoogte, bermhoogten en hoogteverschillen voor alle profielen. In de tabel kan worden afgelezen dat bij een hoogteverschil van 4,4 m of meer de stabiliteit onvoldoende is ($SF < 1,4$). Het betreft de volgende trajecten:

- Km 27,4 - 34,5;
- Km 40 – 41;
- Km 43 – 46.

De totale lengte bedraagt ca. 11 km op een trajectlengte van ca. 18,5 km.

Tabel 4-2: Overzicht profielgeometrie dr 25

Profielen [km]	Kruinhoogte [NAP+m]	Bermhoogte [NAP+m]	Hoogteverschil [m]	Berekende Stabiliteitsfactor SF	Geschatte stabiliteitsfactor SF	Score (eenvoudige methode)
27,6	5,9	1,4	4,5	-	1,35	onvoldoende
30,6	5,8	1,3	4,5	-	1,35	onvoldoende
31,6	5,8	1	4,8	1,34	1,35	onvoldoende
33,6	5,9	1,2	4,7	-	1,35	onvoldoende
34,4	6,4	2	4,4	1,38	<1,4	onvoldoende
35	5,7	1,9	3,8	-	>1,4	voldoende
35,6	5,9	1,7	4,2	-	1,4	voldoende
37,6	6,5	2,6	3,9	-	>1,4	voldoende
39,6	6,8	2,7	4,1	-	1,4	voldoende
40,6	7	2,5	4,5	-	1,35	onvoldoende
41,6	6,2	3	3,2	-	>1,4	voldoende
43,2	6,9	1,7	5,2	1,32	1,3	onvoldoende
44,6	6,5	1,8	4,7	-	1,35	onvoldoende

Voor een drietal profielen is de stabiliteitsfactor berekend met MSTAB. Hierbij is uitgegaan van een bodemopbouw op basis van Tabel 4-1 met een ca. 1 m dikke veenlaag tussen NAP-4 en -5 welke representatief wordt gesteld voor het gehele traject. Aangezien voor DR25 niet voldoende gegevens over grondparameters beschikbaar zijn (alleen samendrukkingsconstanten), zijn de benodigde parameters overgenomen uit de berekeningen voor de Legger van dijkkring 34 en aangepast conform de 'best guess' benadering.

Een (realistisch) uitgangspunt en voorwaarde is dat de dijk is opgebouwd uit een zandkern afgedekt met een slecht doorlatende kleibekleding op het buitentalud. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat de stijghoogte in de watervoerende lagen niet hoger is dan de freatische lijn. Het profiel is 'freatisch' doorgerekend. Deze benadering is ook gehanteerd bij de berekeningen van 1976 [lit. 9]. Destijds is een 13-uursmeting uitgevoerd van de waterspanning in de slappe lagen en peilbuizen. Daaruit bleek dat de waterspanning nauwelijks reageert op eb- en vloedbewegingen van het open water (zie [lit. 9]). Opgemerkt moet wel worden dat de peilopzet van langere duur is (tot 7 dagen) maar dat de amplitude kleiner is dan bij de eb- en vloedbewegingen.

Conclusie:

Op een groot gedeelte van het traject (ca. 60%) zijn problemen m.b.t. binnenwaartse macrostabiliteit te verwachten. De buitenwaartse macrostabiliteit is in orde.

4.4 West-Brabant (DR 34)

4.4.1 Relevante gegevens, bodemopbouw

De volgende gegevens zijn gebruikt bij de beoordeling van de stabiliteit:

- Vaststelling leggerprofiel van de dijkvakken 0 t/m 11 Traject Bergen op Zoom – Willemstad, 85126-R01, 19 dec. 2001 [lit. 10];
- MSTAB-berekeningen behorend bij de Legger (vakken P0, P1, P3 en P9);
- Aangeleverde kruinhoogten.

Uit de schematisatie van de MSTAB-berekeningen is de bodemopbouw afgelezen. Hieruit blijkt dat de dijk zowel met zand- als met kleikern is doorgerekend. De geometrie van de dijk in de berekeningen komt niet overeen met de werkelijkheid. Er is gerekend met een profiel met een kruinhoogte van ca. NAP+3 m tot + 4 m terwijl de werkelijke kruinhoogte ca. NAP+6 m bedraagt. Er is bovendien gerekend met een buitenwaterstand van NAP+2,5 m (in vak P9 zelfs met NAP+3,5 m).

De helling van het binnentalud en de breedte van de dijk wijken in de berekeningen ook af van de werkelijkheid. Bij het veldbezoek is geconstateerd dat de helling van het binnentalud ca. 1:2,5 bedraagt. Uit de MSTAB-berekeningen blijkt dat de helling van het binnentalud varieert tussen 1:2 en 1:3.

De MSTAB-berekeningen zijn niet voor alle vakken uitgevoerd. Er is nagegaan welk vak het meest kritisch is. Dit vak is representatief geacht voor de vakken waarvan geen berekeningen beschikbaar zijn.

4.4.2 Piping en heave

Voor de beoordeling van piping is uitgegaan van het aangeleverde document "Vaststelling leggerprofiel van de dijkvakken 0 t/m 11 Traject Bergen op Zoom – Willemstad", 85126-R01, 19 dec. 2001" [lit. 10]. In dit document wordt een MHW van NAP+1,3 m gehanteerd wat lager is dan het peil dat in onderhavig project moet worden aangehouden (NAP+2 m). Daarom kunnen de resultaten van dit document wat betreft piping niet zonder meer worden overgenomen. De volgende informatie wordt wel overgenomen:

- Aanwezige kwelweglengte (evt. gereconstrueerd uit de gegevens t.a.v. dwarsprofielen);

- Maaiveldhoogte van het achterland.

Indien geen aanwezige kwelweglengte is aangegeven wordt deze als volgt bepaald:

- Het representatieve, ongunstige, dwarsprofiel wordt gereconstrueerd uit de aangeleverde gegevens.

Indien de maaiveldhoogte van het achterland niet is gegeven wordt deze afgelezen van de topografische kaart. Het referentiepeil binnendijs is gelijk aan de waterstand in de sloot, welke mag stijgen tot maaiveldniveau zodat het maatgevende verval over de dijk altijd gelijk is aan het verschil tussen MHW en maaiveldniveau van het achterland.

Tabel 4-3: Gegevens en beoordeling piping

dijkvak	Aanwezige kwelweglengte [m]		Maaiveldhoogte [m+NAP]	benodigde kwelweglengte [m]	oordeel	Opmerkingen
	Min	Max				
P0	38		0	36	voldoende	niet gegeven, gereconstrueerd, intreepunt bij snijpunt MHW-buitentalud
P1	37	52	1,4	11	voldoende	
P2	42		1,9	2	voldoende	dijkvak P1 uitgangspunt
P3	40	40		36	voldoende	geen dwarsprofiel-info, ca. 40 m aanwezig
P4				36	voldoende	geen dwarsprofiel-info, waarschijnlijk voldoende lengte vanwege breed/hoog voorland
P5	32		1	18	voldoende	MV-hoogte van top. kaart
P6	30	32	1,4	11	voldoende	
P7	30	36	1,1	16	voldoende	
P8	42		1,9	2	voldoende	
P9	50	60	1	18	voldoende	
P10	23		0,5	27	onvoldoende	MV-hoogte van top. Kaart, dwarsprofiel gereconstr.
P11	45	60	0,5	27	voldoende	MV-hoogte van top. Kaart
					voldoende	

* De score 'goed' wordt hier niet toegekend omdat de informatie op basis waarvan de beoordeling is uitgevoerd, niet volledig is (m.n. dwarsprofielen).

Conclusie:

Over het gehele traject zijn geen problemen ten aanzien van piping te verwachten behalve in vak P10. De kwelfactor van 18 kan mogelijk nog gereduceerd worden.

4.4.3 Macrostabieleit binnen- en buitenwaarts

Vak P3 is maatgevend voor de binnenwaartse stabiliteit vanwege een smalle berm in combinatie met sloot. Er is een nieuwe MSTAB-berekening gemaakt met een aan de werkelijkheid aangepaste geometrie (gemiddelde kruinhoogte NAP+6 m en binnentalud 1:2,5) en waterstand van NAP+2 m. De stabiliteit blijkt voldoende te zijn: SF = ca. 1,4 (zowel bij klei- als bij zandkern).

Vak P1a is als maatgevend beschouwd voor de buitenwaartse stabiliteit. Er is een nieuwe MSTAB-berekening gemaakt met een aan de werkelijkheid aangepaste geometrie (max. kruinhoogte NAP+7,25 m). De stabiliteit blijkt in eerste instantie onvoldoende: SF = ca. 1,0 tot 1,1. De materiaalparameters zijn vervolgens aangepast (best-guess schatting). Tevens zijn de waterspanningen bij een val van hoogwater aangepast waarbij, ons inziens, een meer realistische belastingsituatie in rekening wordt gebracht. In de berekening is uitgegaan van een val van 2 m (van NAP+2 m naar NAP). Voor de waterstand in de dijk is NAP+1,5 m aangehouden (dus niet geheel tot NAP+2 m verzadigd). Deze aanname is o.i. gerechtvaardigd aangezien de peilopzet slechts een aantal (2 à 7) dagen duurt. Het is niet aannemelijk dat de dijk in deze periode tot het maximum peil verzadigd raakt.

De stabiliteit blijkt na de aanpassingen voldoende te zijn: SF = ca. 1,3 (zowel bij klei- als bij zandkern).

Conclusie:

Over het gehele traject zijn geen problemen m.b.t. de buitenwaartse macrostabiliteit te verwachten. Binnenwaartse stabiliteit blijkt ook geen problemen te geven.

4.5 Tholen en St. Philipsland (DR 27)

4.5.1 Relevante gegevens, bodemopbouw, piping en macrostabiliteit

Voor dit traject zijn geen gegevens beschikbaar. Bij het veldbezoek is ingeschat dat de dijk buiten- en binnentaluds heeft met een helling van ca. 1:3 a 1:2. De kruinhoogte varieert globaal tussen NAP+5 m en NAP+7 m. De maaiveldligging varieert tussen ca. NAP-0,5 tot +0,5 m (afgelezen van topografische kaart). Qua bodemopbouw moet worden afgegaan op de beschikbare bodemkaart. Deze geeft onvoldoende informatie om hieruit een bodemopbouw af te kunnen afleiden. De dijk kan dan ook niet goed beoordeeld worden op macrostabiliteit, zowel binnen- als buitenwaarts.

Op piping kan de dijk eveneens niet goed beoordeeld worden omdat de breedte van de dijk inclusief eventuele binnenberm niet nauwkeurig kan worden afgeleid. Bij een ongunstige inschatting van de geometrie van de dijk kan bepaald worden dat de kwelweglengte tenminste 20 m bedraagt. Dit geldt bij de volgende aannamen:

- kruinhoogte van NAP+5 m;
- kruinbreedte van 3 m;
- binnen- en binnentaludhellingen van 1:2;
- een maaiveldhoogte van het achterland van NAP-0,5 m;
- intreepunt bij snijpunt MHW met binnentalud.

De benodigde kwelweglengte bedraagt $18 \times dH = 45$ m ($dH = 2 - (-0,5) = 2,5$ m). In dit geval is een verlenging van de kwelweglengte van ca. $45 - 20 = 25$ m nodig. Bij de dimensionering zal blijken dat de berm korter kan omdat de kwelfactor op basis van grondonderzoek zal worden gereduceerd. Vanwege het tamelijk grote tekort van 25 m wordt echter ingeschat dat minimaal op een deel van het dijkvak een maatregel nodig zal zijn. De onzekerheid bij deze conclusie is groot.

Conclusie:

Er is onvoldoende informatie over de bodemopbouw en het profiel van de dijk om deze goed te kunnen beoordelen op macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts en piping. Op basis van aannames wordt verwacht dat minimaal op een deel van het dijkvak een maatregel tegen piping nodig zal zijn, maar ook maatregelen tegen macro-instabiliteit zijn niet uit te sluiten.

4.6 Voorland: afschuiving en zettingsvloeiing

De beoordeling van de sporen afschuiving en zettingsvloeiing voorland wordt hieronder voor het gehele gebied beschreven.

4.6.1 Afschuiving

Op basis van geometrische toetsstappen uit het VTV (schadelijkheids criterium en optredingscriterium) kunnen alle beschikbare onderwatertaluds (alleen van dijkkringgebied Goeree-Overflakkee) worden goedgekeurd. Voor de aan het Volkerak grenzende gedeelten van de overige dijkkringgebieden worden in dit stadium vanwege het ontbreken van gegevens de onderwaterprofielen van dijkkringgebied Goeree-Overflakkee representatief gesteld. Bij de aan de Eendracht grenzende dijken is geen gevaar voor afschuiving omdat de geul daar een geringe diepte heeft, ca NAP-2 m. Deze diepte is afgeleid uit de MSTAB-berekeningen voor de Legger van Dijkkringgebied 34.

4.6.2 Zettingsvloeiing

Zettingsvloeiing kan op enkele strekkingen niet worden uitgesloten op basis van geometrische toetsstappen uit het VTV (schadelijkheids criterium en optredingscriterium). Er is geen informatie beschikbaar om na te gaan of de bodem gevoelig is voor zettingsvloeiing. In deze studie wordt het spoor zettingsvloeiing daarom uitsluitend op geometrie beoordeeld.

Van de beschikbaar gestelde profielen (Goeree-Overflakkee) van het onderwatertalud voldoet één profiel niet aan de criteria. Het is mogelijk dat dit profiel bij een geavanceerde toetsing wel zou voldoen. Het profiel is genomen ter plaatse van km 34. Uit de topografische atlas is voor deze locatie een diepte van de geul van ca. NAP-12 tot -13 m af te lezen op ca. 250 m van de as van de waterkering. De naastliggende, goedgekeurde, profielen zijn genomen ter plaatse van km 33,8 en 43,6 km. Het profiel zou dus voor een dijkvak met een lengte van maximaal 10 km representatief kunnen zijn. Een realistische aanname is dat dit profiel van toepassing is op een strekking van ca. 5 km.

Aangezien voor de aan het Volkerak grenzende gedeelten van de overige dijkkringgebieden geen onderwaterprofielen beschikbaar zijn wordt op basis van in de topografische atlas aangegeven bodemdieptes getracht een uitspraak te doen ten aanzien van zettingsvloeiing. Alleen het noordelijke gedeelte van dijkkringgebied West-Brabant grenst min of meer direct aan een geul met een diepte groter dan 9 m, namelijk ca. NAP-12 tot -13 m en zou daarom gevoelig kunnen zijn voor zettingsvloeiing. Voor Goeree-Overflakkee blijkt dat het onderwaterprofiel juist niet voldoet daar waar de afstand van de dijk tot het diepste punt van de geul het kleinst is. Uit de topografische kaart is af te lezen dat voor het noordelijke gedeelte van dijkkringgebied West-Brabant de afstand tot het diepste punt van de geul groter is dan voor de naast het kritieke stuk gelegen gedeelten van Goeree-Overflakkee. Derhalve wordt aangenomen dat de waterkering geen gevaar loopt door eventuele zettingsvloeiing in de dichtstbijzijnde geul.

Bij de aan de Eendracht grenzende dijken is er geen gevaar voor zettingsvloeiing omdat de geulbodem daar een diepte heeft van ca. NAP-2 m (geuldiepte kleiner dan 9 m). Deze diepte is afgeleid uit de MSTAB-berekeningen voor de Legger van Dijkkringgebied 34.

4.7 Conclusies

Op het traject van dijkkringgebied Goeree-Overflakkee (DR25) zijn geen problemen ten aanzien van piping te verwachten. De dijk inclusief binnenberm van de dijk zijn breed genoeg om bij eventueel opbarsten van de sloot piping te voorkomen. Bovendien is te verwachten dat de kwelfactor van 18 kan worden gereduceerd. Op een groot gedeelte van het traject (ca. 60%) zijn wel problemen met betrekking tot de binnenwaartse macrostabiliteit te verwachten. De buitenwaartse macrostabiliteit is in orde.

Op het traject behorend tot dijkkringgebied West-Brabant (DR34) zijn geen problemen ten aanzien van piping te verwachten behalve in vak P10. De kwelfactor van 18 kan mogelijk nog gereduceerd worden. De binnen- en buitenwaartse macrostabiliteit zijn verzekerd.

Van dijkkringgebied Tholen en St. Philipsland (DR27) is onvoldoende informatie beschikbaar over de bodemopbouw en het profiel van de dijk om deze goed te kunnen beoordelen op macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts en piping. Op basis van aannames wordt verwacht dat minimaal op een deel van het dijkvak een maatregel tegen piping nodig zal zijn.

Op basis van de beschikbare onderwatertaluds en bodemdieptes van de wateren wordt geconcludeerd dat er geen gevaar is voor afschuiven van het voorland in het hele projectgebied. Voor dijkkringgebied Goeree Overflakkee is lokaal zettingsvloeiing niet uitgesloten. Ingeschat wordt dat er geen gevaar is voor zettingsvloeiing voor dijkkringgebied West-Brabant vanwege de op voldoende afstand van de dijk gelegen geul. Voor de aan de Eendracht grenzende dijken (Tholen en St- Philipsland en gedeelte van West-Brabant) is dat gevaar afwezig vanwege de geringe diepte van de watergang.

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 dijkringgebieden. 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.

5.2 Locaties en ligging

Niveaus van overgangen tussen bekledingstypen kunnen visueel niet exact vastgesteld worden en zijn geschat uitgaande van waterpeil en kruinhoogte. Volgens de heer Polak van Waterschap Brabantse Delta ligt de bovengrens van de bekleding tussen NAP+2,0 m en +2,5 m. Dit is grofweg aangehouden voor de West-Brabantse dijken en de dijken van Tholen en Sint-Philipsland, maar tussen die grenzen zijn de niveaus van overgangen visueel ingeschat. Van de dijken van Goeree-Overflakkee zijn dwarsprofielen beschikbaar en is gebruik gemaakt van de daarin vermelde niveaus. Voor de vaststelling van de werkelijke niveaus dienen inmetingen gedaan te worden.

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

locatie	type bekleding	niveau onder [NAP+m]	niveau boven [NAP+m]	helling [1:-]	dikte [m]
WB1	Basalt	0 (teen)	1	2,7	0,20
	Asfalt	1	2	2,7	0,10+0,10
	Haringmanblokken	2	2,5	2,7	0,20
	Gras	2,5	7 (kruin)	2,7	
WB2	Koperslakblokken	0 (teen)	1	2,7	0,20
	Asfalt	1	2,5	4	0,15
	Gras	2,5	7 (kruin)	2,7	
ThStP	Koperslakblokken	0 (teen)	1	2,7	0,20
	Haringmanblokken	1	2,5	2,7	0,20
	Gras	2,5	6 (kruin)	2,7	
GO1	basalt/Vilvoordse, ingegoten en graniet	0 (teen)	1,5	2	0,20 en 0,25
	Gras	1,5	1,5 (berm)	0	
	Asfalt	1,5	6 (kruin)	3	0,10+0,10
GO2	Basalt	0 (teen)	1	2,7	0,20
	Koperslakblokken	1	2,5	2,7	0,20
	Gras	2,5	6 (kruin)	2,7	

In de beoordeling van bovenstaande bekledingstypen is steeds gekozen voor een reële, maar ongunstige, constructieopbouw. 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 en gras zijn afzonderlijk beoordeeld.

Tijdens het veldbezoek is geen schade geconstateerd aan de steenzettingen; het gedrag van de bekledingen kan als 'goed' beoordeeld worden. Bij de asfaltbekledingen is op de West-Brabantse dijken plaatselijk doorgroei geconstateerd. De dijken van Goeree-Overflakkee lijken vrij van doorgroei. Volgens de beheerder van Goeree-Overflakkee is er plaatselijk sprake van scheuren.

5.3 Steenzettingen

5.3.1 Methode

Beoordeling heeft plaatsgevonden met Steentoets. Er is alleen gekeken naar de weerstand tegen toplaaginstabiliteit. De ligging van de steenzettingen staat in Tabel 5-1. Uitgegaan is van hellingen 1:2,7 en een reële constructieopbouw gebaseerd op conservatieve aannamen.

5.3.2 Rekenresultaten

De uitkomst van de beoordeling is dat de Haringmanblokken op locatie WB1 en de natuursteen op locatie GO1 de score 'onvoldoende' hebben. De natuursteen met de score 'onvoldoende' betreft de granietblokken en Vilvoordse steen. De basaltzuilen op dezelfde locatie zijn zwaarder dan graniet of Vilvoordse steen, en daardoor niet onvoldoende maar 'twijfelachtig'. De koperslabblokken op locatie WB2 (langs de Eendracht) hebben de score 'twijfelachtig' op eenvoudige toetsing. De overige bekledingen hebben de score 'goed'.

5.3.3 Interpretatie

Bij een ongunstige score (onvoldoende of twijfelachtig) 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. zijn de steenzettingen nodig voor de veiligheid van de primaire waterkering, of betreft het een bekleding die vooroevererosie tegengaat en is er voldoende voorland aanwezig om erosie onder maatgevende omstandigheden toe te laten?
3. 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

Voor de Haringmanblokken (betonnen blokken met een uitsparing om golfploop te remmen) is uitgegaan van een dikte van 20 cm en van plaatsing op de klei. Dit levert al een score 'onvoldoende' op bij eenvoudige toetsing (dit is een methode die alleen een score 'onvoldoende' oplevert bij een zeer groot sterktekort). Wanneer uitgegaan wordt van een gunstiger constructie, namelijk plaatsing op een dunne filterlaag van grind, blijft de score 'onvoldoende'. Een dikte van 25 cm (die ook voorkomt, maar minder vaak) geplaatst op klei geeft nog steeds een score 'twijfelachtig', met grote kans dat de bekleding in geavanceerde toetsing afgekeurd moet worden.

De onderrand van de bekleding uit Haringmanblokken op locatie WB1 ligt op circa NAP+2 m. Wanneer de onderrand van de bekleding boven Toetspeil ligt (NAP+2,0 m) worden de stenen anders (gunstiger) beoordeeld, maar vooralsnog leidt dit ook niet tot een score 'goed'.

Tenslotte geldt voor een deel van het gebied dat de golfrandvoorwaarden bij de gekozen benadering zijn overschat omdat de invloed van het verhoogd buitendijks gebied van de Drievriendenpolder tot de Hendrikpolder buiten beschouwing is gelaten. Dit verhoogd buitendijks gebied ligt op NAP+1,5 m / 2,0 m. Door de geringe waterdiepte over een grote afstand zullen golven sterk geremd worden en zal de golfaanval kleiner zijn dan eerder bepaald en kan de score gunstiger zijn. Dit betekent dat de ongunstige score in werkelijkheid wellicht voor een korter dijkvak geldt.

De bekleding op de vooroever van locatie GO1 bestaat uit basaltzuilen en granietblokken met enkele stukken Vilvoordse steen. De aangetroffen Vilvoordse steen tussen basaltzuilen is (slecht) ingegoten met gietasfalt. Deze stenen zijn met Steentoets niet als zodanig te toetsen en zijn beoordeeld als gewoon geplaatste Vilvoordse steen. Slechte ingieting maakt de constructie alleen maar ongunstiger.

Ad 2. veiligheidsbelang

De Haringmanblokken op de dijk van West-Brabant liggen op het dijklichaam zelf en zijn dus direct van belang voor de waterkeringsveiligheid.

De gezette steen op locatie GO1 ligt op de vooroever, tussen de vooroever en het eigenlijke dijklichaam ligt een strook klei met gras met een breedte van circa 10 m. De onderwateroever voor de dijk is plaatselijk zeer ondiep. Het is daarom reëel om te veronderstellen dat de bekleding alleen dient ter voorkoming van afslag van de vooroever onder gewone omstandigheden. Wanneer de beheerder voldoende controleert kan bij voortschrijdende erosie onder dagelijkse omstandigheden tijdelijk ingegrepen worden. Verbetering is niet nodig in het kader van deze studie.

Ad 3. al dan niet onvoldoende door de maatregel

De Haringmanblokken bij WB1 liggen boven NAP+2 m en worden onder de huidige randvoorwaarden hooguit licht belast op stroming door golfloop (Toetspeil + z_q = NAP+2,98 m). De voorgenoemde maatregel is dus zonder meer de oorzaak voor het afkeuren van de bekleding.

De bekleding van natuursteen op GO1 ligt vanaf waterniveau tot circa NAP+1,5 m. De bekleding wordt dus onder huidige maatgevende omstandigheden ook belast, maar door lagere golven: in de huidige situatie is de waterdiepte kleiner, en dat is een beperkende factor voor golfgroei. Ter illustratie:

Bij waterdiepte $d = 2$ m:	$H_s = 0,88$ m, $T_p = 4,01$ s
Bij waterdiepte $d = 1,5$ m:	$H_s = 0,72$ m, $T_p = 3,81$ s

Voor de randvoorwaarden bij $d=1,5$ m is een gevoeligheidsberekening gemaakt van de toetsing; de scores veranderen niet, alleen de mate van 'twijfelachtig' en 'onvoldoende'. Opgemerkt wordt dat sprake is van een zeer steile helling (1:2). Een steile taludhelling is ongunstig voor weerstand tegen topaaginstabiliteit en daarmee van invloed op de score. Een zo steile helling leidt ook tot een ongunstige score voor het mechanisme afschuiving, wat in deze beoordeling verder buiten beschouwing blijft.

Een vergelijkbare redenering geldt voor de koperslakkblokken in vak WB2: ze liggen laag (onder NAP+1 m) en worden in de huidige situatie ook al door golfklap belast. Een iets lagere golfaanval (vanwege kleinere waterdiepte) levert nog steeds een ongunstige score op. Ook voor dit vak wordt daarom in het kader van deze studie geen verbetermaatregel voorgesteld.

5.3.4 Conclusie en eindoordeel

De conclusie is dat de Haringmanblokken langs het Volkerak waarschijnlijk op topaaginstabiliteit niet voldoen bij de maatgevende randvoorwaarden door uitvoering van de maatregel. Binnen de aannamen van deze studie is hiervoor verbetering nodig.

De natuursteen op de vooroever van de Zuiderlandse Zeedijk op Goeree-Overflakkee en de koperslakkblokken op de Zeeuwse en West-Brabantse dijken langs de Eendracht voldoen onder huidige omstandigheden waarschijnlijk niet, bij uitvoering van de maatregelen neemt het sterktekort toe. Omdat deze stenen onder huidige omstandigheden niet lijken te voldoen en ze (met name op Goeree) vooral dienen ter voorkoming van erosie van het voorland, worden deze vakken verder buiten beschouwing gelaten.

5.4 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 waarin geconstateerd is dat op de West-Brabantse dijken plaatselijk doorgroei aanwezig is, dit betreft dwarsprofiel WB2. Doorgroei duidt op scheurvorming. De beheerder van Goeree-Overflakkee heeft aangegeven dat er op enkele locaties wel schade, bestaande uit scheuren, waarneembaar is.

5.4.1 Ligging ten opzichte van Toetspeil

De eerste bepaling is de ligging in het dwarsprofiel t.o.v. de waterstanden. Bij een gemiddelde waterstand van NAP+0,5 m en een Toetspeil van NAP+2,1 m ligt de maatgevende grondwaterstand (MGWS) op NAP+0,82 m. Het asfalt ligt op alledrie locaties boven MGWS, onder en boven Toetspeil. Het spoor Wateroverdruk is dus niet relevant. De bekleding wordt alleen beoordeeld op Erosie door golfklap en materiaaltransport. De beheerder van dijkkringgebied 25, Goeree-Overflakkee heeft aangegeven dat de asfaltbekleding op zijn dijken bestaat uit 10 cm waterbouwasfaltbeton op 10 cm zandasfalt. Voor de dijken van West-Brabant is een zelfde constructie-opbouw aangenomen.

5.4.2 Materiaaltransport

De beoordeling op materiaaltransport bestaat voor dit project alleen uit een eenvoudige beoordeling op de ernst en omvang van schade.

De asfaltbekleding van Goeree-Overflakkee en de dijken volgens profiel WB1 vertonen plaatselijk enkele scheuren, maar zijn verder niet begroeid. Er is slechts een globale veldinspectie uitgevoerd; de precieze omvang van de scheuren is niet bekend. De ernst van de schade wordt ingeschat op licht, hooguit matig en de lengte van de scheuren op kleiner dan 6 m. De score is dan 'goed' hooguit op enkele plaatsen 'twijfelachtig'.

Op de dijkvakken volgens profiel WB2 is sprake van doorgroei, dit duidt op scheuren. Aangezien de scheurbreedte groter dan 10 mm is, wordt de schade geklassificeerd als ernstig. De score is direct 'onvoldoende' ongeacht de scheurlengte. Deze score geldt ook onder huidige omstandigheden.

5.4.3 Golfklap

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
- mengsamenstelling en
- veroudering.

Aangezien de bekleding plaatselijk schade vertoont en waarschijnlijk ouder is dan 30 jaar, wordt niet voldaan aan deze voorwaarden. Volgens de VTV-methode is berekening met het programma Golfklap nodig. Dit behoort tot de gedetailleerde toetsing en valt buiten dit project.

Desondanks kan ter indicatie de minimaal benodigde laagdikte volgens de eenvoudige methode worden bepaald: die bedraagt 0,13 m. De aanwezige laagdikte van het waterbouwasfaltbeton is 0,10 m, maar daaronder ligt nog 0,10 m zandasfalt. Omdat bovendien niet aan de toepassingsvoorwaarden wordt voldaan, wordt voor dit project een score 'twijfelachtig' toegekend.

De score 'twijfelachtig' wordt veroorzaakt door de maatregelen, want onder de huidige omstandigheden liggen de asfaltbekledingen van Goeree-Overflakkee en West-Brabant zo hoog dat ze niet op golfklap hoeven te worden beoordeeld.

5.4.4 Conclusie

De score voor dijkvakken volgens profiel WB2 is 'onvoldoende' vanwege materiaaltransport, dit is dan ook de eindscore. Voor de profielen GO1 en WB1 is de score op materiaaltransport 'goed', op zijn ongunstigst 'twijfelachtig'. Deze oordelen worden echter niet veroorzaakt door de maatregel, maar gelden ook onder de huidige omstandigheden.

Allerdrie de dijkvakken worden bij peilopzet belast op golfklap, onder de huidige omstandigheden niet. De eindscore voor golfklap kan niet bepaald worden aangezien gedetailleerde toetsing nodig is vanwege de ouderdom van de bekleding. De score in dit kader is dan ook 'twijfelachtig' voor de profielen GO1, WB1 en WB2.

5.5 Grasbekleding

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

In dwarsprofiel GO1 ligt gras op de berm / het hoge buitendijkse gebied. De asfaltbekleding op de waterkering zelf gaat door tot onder de grasbekleding volgens de beschikbare dwarsprofielen. Aangenomen kan worden dat deze grasbekleding niet van belang is voor de veiligheid.

De grasbekleding ligt overal boven Toetspeil. Bij West-Brabant (WB1 en WB2) ligt de bovenkant van de harde bekledingen tussen NAP+2,0 m en +2,5 m. Het Toetspeil voor West-Brabant is NAP+2,0 m. Er is van uit gegaan dat de grasbekleding boven Toetspeil ligt en dus alleen op erosie door golfloop (GEOP) beoordeeld hoeft te worden. Dezelfde aanname geldt ook voor de locaties GO2 en ThStP.

Voor de rekenmethode toegepast kan worden, dient voldaan te worden aan de toepassingsvoorwaarden ten aanzien van het zandgehalte van de zode. Daar zijn geen gegevens over beschikbaar; aangenomen wordt dat het zandgehalte kleiner is dan 50%, zodat de rekenmethode mag worden toegepast.

In Tabel 5-2 staan de rekenwaarden nodig voor het bepalen van de score volgens figuur 8 – 4.8 in het VTV. Het toegepaste graslandbeheer is beweiding met schapen. De graskwaliteit is minstens 'matig', wellicht 'goed' (zie bijlage 8-1, VTV). Overigens heeft de beheerder van Goeree-Overflakkee gemeld dat op enkele plekken de graskwaliteit 'slecht' is, ondanks de beweiding met schapen.

Tabel 5-2: beoordeling grasbekleding op erosie door golfloop

Locatie	niveau grasbekleding (z) [m]	oplooptniveau $q=0,1$ l/m/s (z_q) [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
WB1	2,5	4,61	16,02	21,47	1,81	g	g/v	o
WB2	2,5	4,28	14,56	16,48	1,42	g	g	v/o
ThStP	2,5	2,85	4,30	6,81	0,50	g	g	g
GO2	2,5	2,82	3,97	7,08	0,52	g	g	g

De uitkomst van de beoordeling van de grasbekleding is als volgt:

- WB1: de score is 'goed', maar bij graskwaliteit matig is de score op de grens met 'voldoende'
- WB2, ThStP en GO2: de score is 'goed'

Bij een graskwaliteit 'slecht', bijvoorbeeld door veel bemesting of door beweiding met runderen, zou de score 'onvoldoende' zijn voor de West-Brabantse dijkvakken. Anderzijds is de belastingduur conservatief ingeschat, want in het benedenrivierengebied kan voor de grastoetsing worden uitgegaan van een maximale stormduur van 12 uur. Om die reden heeft de tijdsduur waarover de topwaterstand zich voordoet (2 of 7 dagen) dan ook geen invloed op het resultaat.

Toepassing van de methode voor beoordeling van grasbekleding op het huidig peil (NAP+0,5 m) levert als resultaat dat de score van de grasbekleding op alle dijken 'goed' is. De 'onvoldoende' bij een eventuele graskwaliteit slecht voor de West-Brabantse dijken wordt dus veroorzaakt door de peilopzet van het Volkerak-Zoommeer. In dit onderzoek wordt echter uitgegaan van een graskwaliteit 'matig' of beter; voor de grasbekledingen is dus geen verbetermaatregel nodig.

5.6 Eindoordeel bekledingen

Het enige bekledingsvak dat door de maatregel 'onvoldoende' wordt, is het vak met Haringmanblokken langs het Volkerak-Zoommeer.

T.a.v. de asfaltbekleding zorgt de maatregel ervoor dat de score 'twijfelachtig' wordt op golfklap, op basis van de eenvoudige methode.

De score van de grasbekleding is 'voldoende' of 'goed' en er is geen verbeteringsmaatregel nodig.

Bij al deze oordelen wordt nogmaals benadrukt dat de uitgevoerde beoordeling gebaseerd is op summiere gegevens en deels op aannamen.

6 GLOBALE BEOORDELING KUNSTWERKEN EN NIET-WATERKERENDE OBJECTEN

6.1 Inleiding

De kunstwerken zijn geïnventariseerd op basis van de topografische atlas en informatie van de beheerder. Veldbezoek is uitgevoerd om vast te stellen van welk soort en van welke omvang de kunstwerken zijn. Met de waterschappen is contact opgenomen om de mate waarin de kunstwerken momenteel voldoen vast te stellen. In de volgende paragrafen is weergegeven welke kunstwerken er zijn langs het Volkerak-Zoommeer en wat de score van de kunstwerken is per aspect. Daarna worden conclusies getrokken voor welke kunstwerken verbeteringen nodig zijn.

In dit hoofdstuk worden ook de niet-waterkerende objecten behandeld. In het veldbezoek is een globale inventarisatie gedaan, er vindt een eenvoudige beoordeling plaats.

6.2 Locaties en ligging

In onderstaande tabel staan de geïnventariseerde waterkerende kunstwerken. In de laatste tabel staat de omvang van het kunstwerk: 'k' voor klein, 'm' voor middelgroot en 'g' voor groot. Verder zijn de volgende afkortingen gebruikt:

WS ZE: waterschap Zeeuwse Eilanden
 WS GO: waterschap Goeree-Overflakkee
 WS BD: waterschap Brabantse Delta
 RWS: Rijkswaterstaat
 BoZ: Bergen op Zoom

Tabel 6-1: waterkerende kunstwerken langs het Volkerak-Zoommeer

dijkkringgebied	beheerder	locatie	Type kunstwerk	naam	omvang
25 Goeree	WS GO	Oude Tonge	keersluis	-	m
25 Goeree	WS GO	Galathee	gemaal	Galathee	m
25 Goeree	WS GO	Ooltgensplaat	keersluis	-	m
27 St-Philipsland	WS ZE	Flipsland	uitwatering	Campeweg	k
27 Tholen	WS ZE	Oud-Vossemeer	gemaal	Drie grote polders	m
27 Tholen	WS ZE	noord van Tholen	inlaat	Karnemelksepot	k
27 Tholen	WS ZE	zuid van stad Tholen	gemaal	de Eendracht	m
27 Tholen	WS ZE	Deurloopolder	inlaat	Deurloopolder	k
27 Tholen	WS ZE	van Haaftenpolder	gemaal	van Haaftenpolder	m
27 Tholen	WS ZE	Krabbegors	uitwatering		k
34 W-Brabant	WS BD	BoZ, Binnenschelde	inlaat	-	k
34 W-Brabant	WS BD	BoZ, Markiezaatskade	uitwatering	-	m
34 W-Brabant	Gem BoZ	Industrieterrein BoZ	schutsluis	Burgem. Peterssluis	g
34 W-Brabant	WS BD	de Eendracht	gemaal	de Pals	m
34 W-Brabant	WS BD	de Eendracht	gemaal	Zoutesluis	m
34 W-Brabant	WS BD	Pr Hendrikpolder	gemaal	Prins Hendrik	k
34 W-Brabant	WS BD	Steenbergse vliet	schutsluis	Benedensas	g
34 W-Brabant	WS BD	Steenbergse vliet	spuisluis	Benedensas	g
34 W-Brabant	WS BD	Dintelsas	uitwateringssluis	Vierlinghsluis	g

dijkkringgebied	beheerder	locatie	Type kunstwerk	naam	omvang
34 W-Brabant	WS BD	Dintelsas	schutsluis	Mandersluis	g

6.2.1 Niet beoordeelde kunstwerken

Naast de kunstwerken in onderstaande tabel liggen aan het Volkerak-Zoommeer ook nog de sluisen ten behoeve van de Schelde-Rijnverbinding (Volkeraksluisen, Krammersluisen, Bergsediepsluis en Kreekraksluisen). De beoordeling van deze kunstwerken ten aanzien van de gevolgen van de opzet van het peil op het Volkerak-Zoommeer valt buiten deze studie.

In het havenkanaal van Ooltgensplaat en het havenkanaal van Oude Tonge liggen meerdere kunstwerken. Deze liggen niet in de primaire kering, maar in het havenkanaal achter de sluisen. Deze sluisen staan vrijwel permanent open. De sluisen van Ooltgensplaat, Benedensas en Dintelsas worden in de zomer nog wel gesloten om de verspreiding van blauwalg tegen te gaan. Wanneer de sluisen van Ooltgensplaat en Oude Tonge gesloten worden bij maatgevende omstandigheden, beperkt dit de lozingsmogelijkheden van de kunstwerken aan het havenkanaal. Deze kunstwerken worden verder niet beoordeeld in het kader van deze studie.

6.3 Globaal oordeel waterkerende kunstwerken

De beoordeling van de kunstwerken heeft plaatsgevonden op de volgende mechanismen:

- Hoogte
- Stabiliteit van de constructie en het grondlichaam, sterkte van de onderdelen en piping/heave
- Sterkte afsluitmiddelen
- Betrouwbaarheid sluiting

6.3.1 Hoogte

Van de kunstwerken staan de gemalen en inlaten allemaal binnendijks. Deze kunstwerken lozen en nemen water in door een leiding door de dijk. De hoogte van deze kunstwerken is de hoogte van de dijk. Aparte beoordeling van deze kunstwerken op hoogte is dus niet van belang.

De meeste kunstwerken dateren van voor de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer. Na de afsluiting zijn bij de Mandersluis de vloeddeuren verwijderd om het onderhoud te beperken. Met uitzondering van de Mandersluis bedraagt de kerende hoogte overall meer dan NAP+5 m. De hoogte van de deuren van de Mandersluis is NAP+2,0 m. De vloeddeuren zijn verwijderd. Dit is minder dan de voorgenomen peilverhoging tot NAP+2,1 m.

De stuwen en inlaatwerken zijn voorzien van terugslagkleppen en kunnen automatisch afgesloten worden met schuiven.

De score op hoogte is 'goed' behalve voor de Mandersluis; daarvoor is de score 'onvoldoende'.

6.3.2 Stabiliteit, sterkte en piping/heave

De kunstwerken dateren van voor de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer. Daar vallen ook de kunstwerken in de Markiezaatskade onder. De Oesterdam werd voltooid in 1987, de Markiezaatskade is in 1983 voltooid.

De heer Stoutjesdijk van Waterschap Goeree-Overflakkee gaf aan dat voorheen bij verwachte waterstanden van NAP+2,5 m en hoger dijkbewaking werd ingesteld. Bij vloed kwam de waterstand tot circa NAP+1,5 m. Op grond daarvan mag aangenomen worden dat de ontwerpen op hogere waterstanden zijn gebaseerd en dat de kunstwerken ook hogere waterstanden dan Toetspeil hebben doorstaan in de tijd dat op deze wateren de invloed van het getij merkbaar was. De stabiliteit van de constructie en het grondlichaam krijgt voor alle kunstwerken de score 'voldoende'. Voor piping gelden dezelfde uitgangspunten. De score is 'voldoende'. Er wordt geen score 'goed' gegeven omdat het oordeel berust op een inschatting op basis van bewezen sterkte en niet op de methode volgens het VTV.

6.3.3 Sterkte afsluitmiddelen

Opgemerkt wordt dat dit aspect in het VTV onderdeel is van het spoor Stabiliteit en sterkte van de constructieonderdelen STCO.

De schutsluizen langs het Volkerak-Zoommeer staan permanent open en de deuren worden tweemaal per jaar gesloten voor controle. Het waterschap Brabantse Delta gaf aan dat voor de Mandersluis te Dintelsas reparaties uitgevoerd zouden moeten worden aan de puntdeuren (vervangen van een balk). De score is 'twijfelachtig'. De score geldt ook al onder huidige omstandigheden en is niet het gevolg van de voorgenomen maatregel. De spuisluis bij de Benedensas is permanent gesloten. De buitenschuiven voor het keren van hoge waterstanden zijn vanuit het oogpunt van beperking van onderhoud verwijderd. De binnendeuren zijn volgens de beheerder onvoldoende sterk om het nieuwe Toetspeil te keren. De score is 'onvoldoende'.

De pompen van de gemalen zijn de laatste jaren bij restauraties/ renovaties wel aangepast op het heersend peil. De afsluitmiddelen voldoen bij het hogere peil volgens de beheerders, de score is 'goed'. Aangenomen wordt dat dit ook geldt voor de inlaten en uitwateringen gegeven de data van aanleg. De pompovercapaciteit van de gemalen is zeer waarschijnlijk onvoldoende bij de hoge waterstand, wat betekent dat de gemalen niet kunnen afwateren. Dit is evenwel een probleem voor het waterbeheer van het achterliggend gebied en niet voor de waterkeringsveiligheid. Dit aspect moet dus wel worden gezien als een effect van de voorgenomen maatregel, maar valt buiten de studie die in dit rapport wordt beschreven.

6.3.4 Betrouwbaarheid sluiting

De meeste schut- en keersluizen staan permanent open, maar minimaal 2x per jaar worden ze gesloten ter controle. De Burgemeester Peterssluis te Bergen op Zoom is bemand. De meeste kunstwerken functioneren goed bij het huidig peil.

In geval van een stijging van het peil op het Volkerak-Zoommeer dienen de schut- en keersluizen wel gesloten te worden. Waarschijnlijk voorzien procedures daar nu niet of niet voldoende in. De benodigde aanpassingen betreffen aanpassingen van de

sluitingsprocedure of instellen / aanpassen van het waarschuwingssysteem. De score is 'twijfelachtig', verbetering is nodig. Bij de Mandersluis te Dintelsas zijn de vloeddeuren verwijderd om onderhoud te beperken. Om de sluis weer dubbelkerend te maken, dienen deze deuren teruggeplaatst te worden. De score is 'onvoldoende', deze score wordt veroorzaakt door de voorgenomen peilverhoging.

De gemalen, stuwen en in- en uitlaatwerken zijn bijna allemaal geautomatiseerd. Alleen de uitwatering in de Markiezaatskade bij Bergen op Zoom is niet geautomatiseerd. Door de geautomatiseerde werking sluiten de kunstwerken voordat het buitenpeil te hoog oploopt. Deze krijgen daarom de score 'goed'. Voor de afsluiting van de uitwatering in de Markiezaatskade dient op tijd een waarschuwing aan de kunstwerkbeheerder gegeven te worden.

6.3.5 Conclusies kunstwerken

De Mandersluis voldoet niet op hoogte, de overige kunstwerken wel. De stabiliteit van de constructie en aanliggend grondlichaam en de weerstand tegen piping en heave worden goed geacht aangezien de kunstwerken voor de afsluiting hogere waterstanden te verduren hebben gehad.

De huidige deuren van de Mandersluis moeten verbeterd worden, het betreft het terugplaatsen van de vloeddeuren en reparatie van de huidige deuren. De afsluitmiddelen van de spuisluis Benedensas voldoen onder huidige omstandigheden, maar niet bij een hoger peil. De score is 'onvoldoende' en verbetering is noodzakelijk. De benodigde verbetering betreft het plaatsen van buitenschuiven. De sterkte van de afsluitmiddelen van de overige gemalen, stuwen en inlaatwerken voldoet bij het hogere peil. Er dienen hooguit lichte aanpassingen gedaan te worden.

Ten aanzien van de betrouwbaarheid van de sluiting van de afsluitmiddelen moeten mogelijk procedures aangepast of ontwikkeld worden voor het geval het Volkerak-Zoommeer ingezet gaat worden voor Ruimte voor de benedenrivieren.

De scores per kunstwerk per spoor zijn in onderstaande tabel samengevat.

Tabel 6-2: kunstwerken en score per onderdeel.

dijkring-gebied	Locatie	type kunstwerk	naam	Hoogte	Stabiliteit	Afsluit-middelen	Eind-score
25	Oude Tonge	Keersluis	-	g	v	t	t
25	Galathee	Gemaal	Galathee	n.v.t.	v	t	t
25	Ooltgensplaat	Keersluis	-	g	v	t	t
27	Flipsland	Uitwatering	Campeweg	n.v.t.	v	t	t
27	Oud-Vossemeer	gemaal	Drie grote polders	n.v.t.	v	t	t
27	noord van Tholen	inlaat	Karnemelksepot	n.v.t.	v	t	t
27	zuid van stad Tholen	gemaal	de Eendracht	n.v.t.	v	t	t
27	Deurloopolder	inlaat	Deurloopolder	n.v.t.	v	t	t
27	van Haftenpolder	gemaal	van Haftenpolder	n.v.t.	v	t	t
27	Krabbegors	uitwatering		n.v.t.	v	t	t
34	BoZ, Binnenschelde	inlaat	-	n.v.t.	v	t	t

dijkring-gebied	Locatie	type kunstwerk	naam	Hoogte	Stabiliteit	Afsluit-middelen	Eind-score
34	BoZ, Markiezaatskade	uitwatering	-	n.v.t.	v	t	t
34	Industrieterrein BoZ	schutsluis	Burgem. Peterssluis	g	v	t	t
34	de Eendracht	gemaal	de Pals	n.v.t.	v	t	t
34	de Eendracht	gemaal	Zoutesluis	n.v.t.	v	t	t
34	Pr Hendrikpolder	gemaal	Prins Hendrik	n.v.t.	v	t	t
34	Steenbergse vliet	schutsluis	Benedensas	g	v	g	g
34	Steenbergse vliet	spuisluis	Benedensas	n.v.t.	v	o	o
34	Dintelsas	uitwateringssluis	Vierlinghsluis	n.v.t.	v	t	t
34	Dintelsas	schutsluis	Mandersluis	o	V	o	o

6.4 Niet waterkerende objecten

6.4.1 Inleiding

Niet-waterkerende objecten (NWO's) zijn geen functioneel onderdeel van de waterkering, maar bevinden zich wel in, op of in de onmiddellijke nabijheid van de waterkering en kunnen van invloed zijn op de hoogte, stabiliteit of sterkte daarvan. In onderstaande tabel staat aangegeven welke NWO's aangetroffen zijn bij veldbezoek. In de laatste kolom staat waar zij zich bevinden ten opzichte van de feitelijke waterkering.

Tabel 6-3: niet-waterkerende objecten langs het Volkerak-Zoommeer

dijkringgebied	beheerder	locatie	type NWO	locatie in dwarsprofiel
25 Goeree	WS GO	Zuiderlandse zeedijk	populieren	binnenteen
25 Goeree	WS GO	Galathee	kade en restaurant	buitendijks
25 Goeree	WS GO	Groote Adr. Theo. polder	windmolens	binnenzijde, achterland
27 Tholen	WS ZE	kern Tholen	kade en havenvoorzieningen, huizen	buitenzijde binnenzijde
27 Tholen	WS ZE	kern Tholen	huizen	buitendijks gebied
34 W-Brabant	WS BD	Fort Sabina	vogelkijkhut	in grondlichaam
34 W Brabant	WS BD	Langs Volkerak	windmolens	binnenzijde, achterland
34 W Brabant	WS BD	Dintelsas	bedrijven en afmeervoorzieningen	verhoogd buitendijks gebied
34 W-Brabant	WS BD	Benedensas	bunker, magazijn en bomen	op kruin
34 W-Brabant	WS BD	Langs de Eendracht	bomen	buitentalud
34 W-Brabant	WS BD	zuidwesthoek Auvergne	bunker	in de kruin

Naast de NWO's in bovenstaande tabel moeten er op verschillende locaties kabels en leidingen (K&L) liggen, zoals bij windmolens en bij de Markiezaatskade. Verdere locaties zijn ons niet precies bekend. Bij de kern van Tholen wordt in ieder geval de aanwezigheid van K&L verondersteld voor de woningen buitendijks en de haven. In de binnenberm van de Markiezaatskade liggen twee vloeistofleidingen en kabels. Op alle andere locaties is de aanwezigheid van K&L niet uitgesloten.

6.4.2 Dijkringgebied 25, Goeree

De windmolens staan op een dusdanige afstand van de dijk dat het aanleggen van een berm hiervoor geen problemen geeft. De populieren moeten mogelijk verwijderd worden

al ter plaatse een berm of taludverflauwing moet worden aangebracht. De kosten hiervan zijn niet gekwantificeerd.

6.4.3 Dijkkringgebied 27, Tholen

In het stadje Tholen staat de bebouwing lokaal, op een traject van ca. 500 m, dicht op de dijk. Tussen de binnenteen en de bebouwing ligt een openbare weg. Mogelijk is hier een constructief (kwel)scherf i.p.v. een stabiliteit/pipingberf nodig. De kosten hiervan worden geraamd op ca. 1500 k€ (directe kosten ca. €1500,- per strekkende meter waterkering). Benadrukt wordt dat de noodzaak van verbering voor dit dijkkringgebied onzeker is vanwege beperkte beschikbaarheid van gegevens.

6.4.4 Dijkkringgebied 34, West Brabant

Er behoeven hier nauwelijks versterkingsmaatregelen te worden genomen (alleen voor piping op een traject van ca. 1 km). Mogelijk heeft de dijk echter ter plaatse van niet-waterkerende objecten niet het vereiste veiligheidsniveau. De kosten die voor een eventuele versterking moeten worden gemaakt zijn echter marginaal vergeleken met de totale kosten van het project en zijn in dit kader daarom niet uitgewerkt.

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 kunnen opgenomen worden in de totale kostenraming door gebruik te maken van een toeslag van bijvoorbeeld 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 kruinhoogte is inmeting van de kruinhoogte nodig.

Voor de drie dijkkringgebieden verschilt de mate waarin gegevens beschikbaar waren sterk. Voor West-Brabant is gebruik gemaakt van actuele gegevens en kan gesteld worden dat geen aanvullende inmetingen nodig zijn voor de hoogtetoetsing. Voor Goeree-Overflakkee is de hoogtetoets uitgevoerd op basis van actuele hoogtegegevens. Van de waterkeringen van Tholen en St-Philipsland zijn ons geen hoogtegegevens beschikbaar anders dan de topografische atlas. De beheerder (Ad Beaufort van waterschap Zeeuwse Eilanden) gaf aan dat voor deze dijken de status quo gehandhaafd dient te worden en dat er verder geen toetscriteria zijn, waardoor eigenlijk onbekend is wat gemeten zou moeten worden. Er zijn dus momenteel geen gegevens beschikbaar.

Voor West-Brabant en Goeree-Overflakkee hoeven geen aanvullende kruinhoogtemetingen uitgevoerd te worden, maar zijn wel dwarsprofielen nodig voor het bepalen van de taludhelling. Voor Tholen en Sint-Philipsland zijn actuele kruinhoogtemetingen en inmetingen van het talud nodig voor de hoogtetoets. 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.

7.4 Stabiliteit

De twee hoofdactiviteiten voor toetsing op stabiliteit zijn gegevensverzameling en advieswerk. De gegevensverzameling betreft boringen, sonderingen en laboratoriumonderzoek. 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 25 % 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 monsternamen 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. Zoals waargenomen langs de West-Brabantse dijken kan harde bekleding overgroeid zijn. Voordat gemeten wordt dient eerst archiefonderzoek uitgevoerd te worden naar de mogelijke ligging van bekledingen. Dit dient meer doelen: archiefonderzoek is tevens nuttig voor het vaststellen van kleidiktes onder de bekleding en de opbouw van de ondergrond en de dijk kern, en ook voor stabiliteitsaspecten dient archiefonderzoek uitgevoerd 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. Aangehouden wordt € 2.500. De onzekerheid is relatief groot, zeker als het oude kunstwerken betreft waarvoor veel gegevensverzameling nodig is.

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	40.000
Stabiliteit gegevensonderzoek	210.000
Stabiliteit advieswerk	80.000
Bekledingen	80.000
Kunstwerken	65.000
NWO's	75.000
Subtotaal	550.000
Algemene werkzaamheden 10%	55.000
Totaal	605.000

Gegeven het detailniveau van deze raming wordt voor de uitvoering van de toetsing een totaalbedrag tussen € 500.000 en € 700.000 ingeschat. Deze raming is gebaseerd op een werkwijze waarbij de volledige toetsing wordt uitbesteed.

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. 11] (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 Goeree-Overflakkee

De macrostabiliteit kan in principe verbeterd worden door een taludverflauwing of aanberming. Een kruinverlaging heeft uit oogpunt van kosten en ruimtegebruik echter de voorkeur. Bij een taludverflauwing of aanberming zou de binnendijs gelegen openbare weg moeten worden opgebroken en weer opnieuw worden aangelegd. Dit zou voor het grootste gedeelte de kosten van de dijkversterking bepalen. Bij kruinverlaging behoeft slechts grond te worden ontgraven en afgevoerd, en moet de asfaltbekleding op de kruin weer teruggebracht worden. Opgemerkt moet worden dat door het verlagen van de kruin enige veiligheid ten aanzien van het mechanisme overloop en overslag wordt ingeleverd. Voor het waterschap is een kruinverlaging daarom niet gewenst. Opgemerkt wordt dat volgens hoofdstuk 3 ook na een kruinverlaging van 1 m een ruime overmaat aan veiligheid ten aanzien van overloop en overslag aanwezig is.

Besloten is zowel de kruinverlaging als de taludverflauwing/aanberming uit te werken.

Voor het aanpassen van de asfaltbekleding is uitgegaan van een oppervlak van 5 m² per strekkende meter op basis van een 5 m brede kruin. De in RAD gebruikte posten voor het verwijderen, afvoeren en weer aanbrengen van de bekleding zijn hier toegepast. Het weer terugbrengen van de asfaltbekleding maakt de kruinverlaging tot een vrij dure oplossing. Kruinverlaging (incl. aanpassen asfaltbekleding) dan wel taludverflauwing / aanberming leidt voor dijkkringgebied Goeree-Overflakkee tot ongeveer dezelfde kosten.

8.3.2 West-Brabant

Voor vak P10 moet de kwelweglengte met ca. 4 m verlengd worden. Hoewel de verwachting is dat op basis van grondonderzoek de kwelfactor dusdanig gereduceerd kan worden dat de aanwezige kwelweg voldoende is, wordt hier toch een ontwerp voor dijkversterking aangedragen. De kwelweg kan verlengd worden door middel van een klei-inkassing in het voorland. De klei-inkassing wordt met een breedte van 4 m en met een dikte van 1 m over een vaklengte van 0,9 km aangebracht. Er wordt vanuit gegaan dat hiervoor geen bijkomende kosten nodig zijn.

8.3.3 Tholen en St. Philipsland

Omdat zowel t.a.v. macrostabiliteit (binnen- en buitenwaarts) als piping verbeteringen nodig zouden kunnen zijn, ligt het aanbrengen van een stabiliteit- en pipingberm hier voor de hand. Hiervoor worden de volgende aannamen gedaan:

- Bermlengte: 15 m;
- Maaveldniveau: NAP;
- Bermhoogte: NAP+ 1 m , dikte = 1 m;
- Zetting : 1 m.

Bovenstaande waarden moeten beschouwd worden als ingeschatte gemiddelden over het gehele tracé.

Daarnaast zou mogelijk de kruin kunnen worden verlaagd om de macrostabiliteit van het buitentalud te verbeteren. De noodzaak van deze maatregel is overigens zeer onzeker. Hierbij wordt uitgegaan van een verlaging met 1 m. De kruinhoogte voldoet momenteel ruimschoots, zie hoofdstuk 3. Er ligt over het overgrote deel van het tracé geen openbare weg aan de dijk die bij dijkversterking zou moeten worden opgebroken (extra kosten) en (met uitzondering van het plaatsje Tholen) is de dijk niet bebouwd. Daarom worden in dit stadium geen bijkomende kosten voorzien.

Een alternatief voor kruinverlaging is het aanleggen van een stabiliteitberm buitendijs (buitenberm). Hierbij wordt uitgegaan van een berm van 1 m hoog en 5 m breed. De bestaande (steen)bekleding moet worden verwijderd. Na het aanleggen van de berm wordt de bekleding weer teruggebracht. Omdat door het aanleggen van de berm het bekledingsoppervlak groter is geworden, moet nieuwe bekleding geleverd en aangebracht worden.

Het aanleggen van een buitenberm ten behoeve van de buitenwaartse stabiliteit voor dijkkringgebied Tholen en St. Philipsland als alternatief voor kruinverlaging is een stuk duurder en bepalend voor de totale kosten voor dit dijkkringgebied. Belangrijkste kostenpost is het aanbrengen van de steenbekleding op de berm. Indien kruinverlaging wordt toegepast is juist het aanleggen van de piping/stabiliteitberm bepalend voor de kosten.

8.3.4 Voorland: zettingsvloeiing

Het kan niet worden uitgesloten dat bij een toekomstige toetsing wordt geconcludeerd dat zettingsvloeiing (lokaal) kan optreden bij de dijken langs het Volkerak. In dat geval moeten maatregelen worden genomen, bijvoorbeeld bestorten van het onderwatertalud. Ook kan gedacht worden aan zeer grootschalige oplossingen zoals het terugleggen van de dijk of het aanbrengen van een tweede dijk in het achterland die de functie van de huidige waterkering overneemt indien er zettingsvloeiing optreedt. Dergelijke grootschalige ingrepen kunnen pas concreet in kosten worden uitgedrukt na een grondige risicoafweging en zouden daarom bij voorkeur buiten deze raming worden gehouden. Echter, omdat in onderhavig project de kosten volledig in kaart moeten worden gebracht, is toch een globaal ontwerp gemaakt waarvoor kosten geraamd kunnen worden. Als te nemen maatregel tegen zettingsvloeiing is gekozen voor het bestorten van het onderwatertalud. Gedacht wordt aan een bestorting met relatief fijne steen (bijv. grauacke) van het gedeelte dat onvoldoende stabiel (te steil) is bevonden (ca. 20 m) en aan onder- en bovenzijde nog eens 20 m; totaal dus over een breedte van 60 m per strekkende meter dijk. Er wordt uitgegaan van een laagdikte van ca. 0,5 m en een gewicht van 1,7 ton per kubieke meter steen.

De kosten voor deze onzekere maatregel zijn hoog in verhouding tot de andere posten. Naast de noodzaak is met name ook de lengte van de strekking waarop de vooroeverbestorting nodig is (nu 5 km aangehouden) onzeker.

8.4 Bekleding

8.4.1 Steenzettingen

Voor de Haringmanblokken tussen NAP+2,0 m en NAP+2,5 m in West-Brabant moet een ontwerp gemaakt worden, zie § 5.3. Het schetsontwerp wordt gemaakt volgens Technisch Rapport Steenzettingen [lit. 7] (TR Steenzettingen) en TR Asfalt [lit. 6]. Uitgegaan wordt van verbetering van de bekleding van de Volkeraksluizen tot het begin van de Eendracht, dus circa 20 km. Bij het maken van een nieuw ontwerp wordt de harde bekleding minimaal opgetrokken tot een halve golfhoogte boven Toetspeil, dus tot ongeveer NAP+2,5 m.

De mogelijke nieuwe bekledingstypen zijn asfalt of steenzettingen. Qua asfaltbekleding komen met name gedeeltelijk gepenetreerde breuksteen en open steenasfalt in aanmerking. Gepenetreerde breuksteen ligt niet voor de hand vanwege het milieubezwaar van ingieten met asfalt. De nieuwe steenzettingen die tegenwoordig vooral worden toegepast zijn betonzuilen. De mogelijkheden voor de dijken van West-Brabant zijn dus hergebruik van Haringmanblokken of aanleg van open steenasfalt, asfaltbeton en betonzuilen. Voor dit project wordt uitgegaan van de oplossing met hergebruik van de beschikbare betonblokken: deze oplossing wordt in de praktijk gekozen uit het oogpunt van milieu en kosten, mits er voldoende materiaal beschikbaar is. In ieder geval zijn daarvoor de als 'onvoldoende' beoordeelde blokken beschikbaar; ingeschat wordt dat daarnaast uit andere projecten materiaal beschikbaar zal kunnen zijn (vanzelfsprekend is dat nu nog niet bekend).

De werkwijze is als volgt: de huidige bekleding dient verwijderd te worden. Grondverzet is nodig voor een voldoende dikke kleilaag. Vervolgens wordt een geokunststof met een granulaire laag aangebracht waarop de nieuwe steenzettingen worden geplaatst.

Het te verbeteren talud betreft globaal het gedeelte tussen NAP+2,0 m en NAP+2,5 m, bij een talud 1:2,7 is dit circa 1,4 m/m¹.

8.4.2 Asfaltbekledingen

De asfaltbekledingen in de vakken GO1, WB1 en WB2 hebben alle een score 'twijfelachtig' op golfklap, en moeten daarom wellicht in het kader van dit project worden verbeterd. Benadrukt wordt dat dit verre van zeker is.

De verbeteringsmaatregel is het aanbrengen van een nieuwe asfaltlaag op de bestaande asfaltlaag. Uitgegaan wordt van een extra laagdikte van 0,20 m.

8.4.3 Grasbekledingen

Indien de graskwaliteit slecht is op de West-Brabantse dijken dient de graskwaliteit verbeterd te worden of dient een harde bekleding aangebracht te worden. Verbetering van de graskwaliteit kan bereikt worden door verandering van beheer. Een nieuwe bekleding aanbrengen betekent het optrekken van de harde bekleding tot het niveau waar de belasting van de grasmat zo klein is dat de score 'goed' is, ongeacht de graskwaliteit. Dit betekent dat de bovenkant van de bekleding circa 0,5 m hoger moet komen te liggen. De aan te leggen harde bekleding kan bestaan uit asfalt of steenzetting.

Verandering van beheer van de grasmat vraagt overleg tussen de pachter en het waterschap. In het ongunstigste geval dient de pacht opgezegd te worden en overgeschakeld te worden op een andere manier van beheer. In dat geval loopt het waterschap de pachtopbrengst mis en moet gemaaid worden. Dit is wel een erg somber scenario. Wij gaan ervan uit dat aanpassing van beheer volstaat.

De kosten zijn moeilijk te ramen, maar relatief beperkt, en worden daarom verder niet meegenomen.

8.5 Kunstwerken

De te verbeteren (onderdelen van) kunstwerken zijn de volgende:

- Mandersluis (West Brabant): deuren;
- Spuisluis Beneden (West-Brabant): afsluitmiddel;
- Alle kunstwerken: aanpassen bedieningsprocedures afsluitmiddel.

Voor het vervangen / verbeteren van de deuren van de Mandersluis (plaatsen van vloeddeuren en reparatie van een balk in de deur) wordt € 100.000 per deur geraamd, dus een totaalbedrag van € 200.000.

De kosten van verbetering van de spuisluis bij Benedensas wordt ruim aangehouden door hiervoor ook in de orde van € 100.000 per schuif te rekenen. Het betreft hier totaal 6 schuiven, dus een totaalbedrag van € 600.000.

Voor het aanpassen van de bedieningsprocedures van alle kunstwerken zijn de kosten moeilijk te ramen, en bovendien van een andere orde dan de wel geraamde constructieve maatregelen. In deze studie worden daarom hiervoor geen kosten geraamd.

Het totaal voor de aanpassing van de kunstwerken ligt op ca. € 800.000.

8.6 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 bebouwing in Tholen is hiervan een voorbeeld.

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). 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 € 5.000.000 (grofweg gebaseerd op het RAD-percentage van 15%).

8.7 Kosten

In onderstaande tabellen zijn de ontwerpen en kosten per dijkkring samengevat, afgerond op 100 k€. 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 geeft de kosten voor ontwerpen waarbij kruinverlaging tot de mogelijkheden behoort; Tabel 8-2 geeft de kosten voor ontwerpen waarbij per definitie geen kruinverlaging wordt toegepast. Voor Goeree-Overflakkee is kruinverlaging door het waterschap niet gewenst, terwijl dit voor Tholen en St-Philipsland wel een optie blijft.

Tabel 8-1: Kostenschatting (met mogelijkheid tot kruinverlaging)

Dijkringgebied	Dijkversterking	'Zekere' kosten [k€]	'Onzekere' kosten [k€]
25, Goeree-Overflakkee	Kruinverlaging	500	
	Aanpassen asfaltbekleding		1.700
	Vooroeverbesteding		17.900
27, Tholen en St-Philipsland	Piping-/stabiliteitberm	15.500	
	Kruinverlaging		1.000
34, West-Brabant	Aanpassen steenzettingen	2.700	
	Aanpassen asfaltbekleding		9.800
	Klei-inkassing voorland		100
	Kunstwerken	800	
Algemeen	NWO's		5.000
Totaal		19.500	35.500

Tabel 8-2: Kostenschatting (zonder mogelijkheid tot kruinverlaging)

Dijkringgebied	Dijkversterking	'Zekere' kosten [k€]	'Onzekere' kosten [k€]
25, Goeree-Overflakkee	Taludverflauwing óf aanberming binnendijks	10.000 (gemiddelde)	
	Aanpassen asfaltbekleding		1.700
	Vooroeverbesteding		17.900
27, Tholen en St-Philipsland	Piping-/stabiliteitberm en Buitenberm (incl. steenbekleding)	15.500	25.600
34, West-Brabant	Aanpassen steenzettingen	2.700	
	Aanpassen asfaltbekleding		9.800
	Klei-inkassing voorland		100
	Kunstwerken	800	
Algemeen	NWO's		5.000
Totaal		29.000	60.100

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 tot enkele problemen (macrostabiliteit op Goeree-Overflakkee, wellicht piping in West-Brabant). Daarnaast geldt voor Tholen en Sint Philipsland dat vanwege gebrek aan gegevens ook daar wellicht maatregelen nodig zijn tegen piping en macro-instabiliteit. Voor zettingsvloeiing geldt een vergelijkbare redenering: voor een deeltraject kan met de beschikbare gegevens niet worden uitgesloten dat een maatregel nodig is.

Ten aanzien van de bekledingen is er een vak met steenzettingen in West Brabant waar verbetering nodig zou zijn. Daarnaast kan voor de asfaltbekledingen geen eenduidige uitspraak worden gedaan, en daarom is ook hiervoor een verbetermaatregel uitgewerkt.

De meeste kunstwerken langs het Volkerak-Zoommeer kunnen een hogere waterstand keren, en hebben dat in het verleden ook gedaan. Uitzonderingen zijn de Mandersluis (reparatie + installatie van vloeddeuren) en de spuisluis Benedensas (plaatsen van buitenschuiven). Daarnaast zal aandacht moeten worden besteed aan de sluitingsprocedures.

Door de peilverhoging zullen verschillende sluisen, gemalen en uitwateringen mogelijk niet kunnen lozen op het Volkerak-Zoommeer. Dit kan een probleem zijn voor het waterbeheer van de dijkkringgebieden. In deze studie is niet gekeken naar de gevolgen van het niet kunnen uitslaan van water door de kunstwerken.

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 € 600.000,- 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.

Een belangrijke bepalende factor is de vraag of kruinverlaging (voor dijkvakken met ruime overhoogte) acceptabel is als maatregel voor stabiliteitsproblemen. De kosten zijn laag, maar de veiligheid ten aanzien van het faalmechanisme overslag wordt enigszins verkleind (waarbij nog steeds ruimschoots aan de norm wordt voldaan).

Voor de 'zekere' maatregelen is een bedrag van ca. 20 M€ geraamd mét kruinverlaging en ca. 30 M€ zónder kruinverlaging. De onzekere maatregelen kosten ca. 35 M€ mét kruinverlaging en ca. 60M€ zónder kruinverlaging.

De grootste kostenpost voor de 'zekere' kosten is de aanleg van de piping/stabiliteitsberm voor de dijken bij Tholen. De grootste kostenposten bij de 'onzekere' maatregelen zijn het aanbrengen van vooroeverbestorting bij Goeree-Overflakkee en aanpassen van asfaltbekleding.

De genoemde kosten moeten worden gezien als een indicatieve raming.

9.4 Overige aandachtspunten

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

9.4.1 Buitendijkse bebouwing Tholen

Tijdens veldbezoek is geconstateerd dat op de havendam van Tholen momenteel woningen gebouwd worden. De woningen bestaan uit appartementen en vrijstaande woningen. Het maaiveldniveau van de vrijstaande woningen is dermate laag (zie Figuur 9-1) dat peilverhoging tot bezwaren leidt.

Figuur 9-1: buitendijkse bebouwing op havendam Tholen



9.4.2 Containerhaven Bergen op Zoom

Het waterschap Brabantse Delta heeft met de provincie en de gemeente een overeenkomst gesloten over de kruinhoogte van de dijken rond de polder Noordland bij Bergen op Zoom. De gemeente Bergen op Zoom wil daar een containeroverslag realiseren. De huidige kruinhoogte van NAP+5,0 m is daarvoor een belemmering. Overeengekomen is dat de minimaal benodigde kruinhoogte NAP+3,0 m is. Momenteel is de kruinhoogte nog NAP+5,0 m. (informatie verkregen van Piet Polak, waterschap Brabantse Delta)

10 BRONNEN

1. Hydraulisch randvoorwaardenboek 2001, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Delft, december 2001.
2. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 – benedenrivieren, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Den Haag, september 1998.
3. Bepaling golfrandvoorwaarden t.b.v. toetsing van bekleding dijkkring Hoeksche Waard, provincie Zuid-Holland, augustus 2001.
4. Technisch Rapport Golfploop 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. NEN 6740, Geotechniek - TGB 1990 - Basiseisen en belastingen, 1991.
9. Laboratorium voor Grondmechanica Delft, CO-233450/23, 1976.
10. Vaststelling leggerprofiel van de dijkvakken 0 t/m 11 Traject Bergen op Zoom – Willemstad, 85126-R01, 19 dec. 2001;
11. Rapport Referentie Alternatief Dijkversterking