

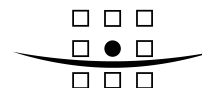


**Onderzoeksprogramma Kennisleemtes
Steenbekledingen (OKS)**
evaluatie & bijsturing 2003 en 2004
faserapport: advies bijsturing

12 april 2005

Definitief

9P8623.A0





ROYAL HASKONING
**HASKONING NEDERLAND BV
COASTAL & RIVERS**

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 (0)24 328 42 84

info@nijmegen.royalhaskoning.com
www.royalhaskoning.com
Arnhem 09122561

Telefoon
Fax
E-mail
Internet
KvK

Documenttitel	Onderzoeksprogramma	Kennisleemtes
	Steenbekledingen (OKS)	
	evaluatie & bijsturing 2003 en 2004	
	faserapport: advies bijsturing	
Verkorte documenttitel	OKS-2004- faserapport: advies bijsturing	
Status	Definitief	
Datum	12 april 2005	
Projectnaam	OKS-2004- faserapport: advies bijsturing	
Projectnummer	9P8623.A0	
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde	
	mevr. Ir. S. Nurmohamed	
Referentie	9P8623.A0/R04/JJF/Nijm	

Auteur(s)	J.J. Flikweert; G.J. Akkerman	
Collegiale toets	G.J. Akkerman; J.J. Flikweert	
Datum/paraaf	 	12 april 2005
Vrijgegeven door	G.J. Akkerman	
Datum/paraaf		12 april 2005

SAMENVATTING

Het voorliggende rapport geeft aanbevelingen voor bijsturing van het onderzoek in het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen (OKS). De analyse van de stand van zaken van het onderzoek, alsmede de voorstellen tot bijsturing, zijn afgestemd met de deskundigen binnen het OKS.

In hoofdstuk 2 wordt per afzonderlijk deelonderwerp de aanbevolen richting voor bijsturing beschreven, gebaseerd op de inhoud van de onderzoeken. Bij de bijsturingsrichtingen uit hoofdstuk 2 is nog niet expliciet gekeken naar de samenhang met het totaal van het OKS. Die integratie is in hoofdstuk 3 gedaan, waarbij ook de samenhang tussen de onderzoeken zichtbaar wordt gemaakt en er een meer logische indeling van onderwerpen wordt voorgesteld. Het belang van een goede integratie van het onderzoek wordt voluit onderschreven en hiervoor is een apart onderzoeksspoor gedefinieerd. Daaronder vindt de Probabilistische Kapstok een plaats, de Heroriëntatie t.a.v. praktische methoden (nieuw) en de Relatie tussen klemming en reststerkte (nieuw). Een belangrijk item is dat eind 2006 praktisch bruikbare methodes beschikbaar moeten worden gemaakt, al dan niet in combinatie met het rekenprogramma Zsteen. Omtrent ZSteen zal op korte termijn een go / no go beslissing (voor verdere ontwikkeling als toetsinstrumentarium) moeten worden genomen.

Op grond van hoofdstuk 2 en 3 is in hoofdstuk 4 een voorstel gedaan voor bijstelling van het onderzoeksplan van het OKS. Het gaat daarbij om een inhoudelijke bijsturing ten opzichte van het Onderzoeksplan, als ook om een planningstechnische bijsturing ten opzichte van OKS-planning Versie 5.

In hoofdstuk 4 wordt eerst een overzicht gegeven van het nog uit te voeren onderzoek, volgens de nieuwe indeling. Er is een prioritering opgesteld waarin activiteiten van Niveau I (integraal spoor en rekenmethodes) sowieso moeten worden uitgevoerd, activiteiten van Niveau II (invloedsaspecten en reststerkte) zo veel mogelijk en activiteiten van Niveau III (lange termijn) mogelijk niet. Voor Niveau II is vervolgens een indicatieve nadere prioritering aangegeven op basis van slaagkans en een update van de kosten/baten; Benadrukt wordt dat dit overigens niet gewenst is, volgens de huidige inzichten ook niet nodig is, en dat alles in het werk moet worden gesteld om de activiteiten van Niveau II tijdig af te kunnen ronden. De Niveau III activiteiten die hooguit op een laag pitje zullen worden voortgezet zijn het Probabilistisch rekenmodel en, bij een no go beslissing, Zsteen en Skylla.

Hoofdstuk 4 besteedt ook aandacht aan onzekerheden en go / no go momenten tijdens het onderzoek. Het belangrijkste hierin is de go / no go beslissing die binnenkort moet worden genomen over de toepasbaarheid van ZSteen.

Een tentatieve planning (op hoofdlijnen) is gegeven in Bijlage A, op basis van de in hoofdstuk 4 aangegeven activiteiten. Ook zijn in hoofdstuk 4 mogelijke knelpunten geïdentificeerd. Volgens de tentatieve planning kunnen alle beschreven onderzoeken worden uitgevoerd, maar er is zorgvuldige aandacht nodig voor de doorlooptijd van de ontwikkeling van de rekenmodellen (zowel bij een go als een no go voor ZSteen), en voor het onderzoek naar klemming in relatie tot reststerkte van top- en granulaire laag.

Tenslotte is een globale doorkijk gegeven naar de beschikbare resources (Deltagoot en menselijke resources). De Deltagoot lijkt niet beperkend te hoeven zijn; het grootste capaciteitsknelpunt ligt naar verwachting bij de begeleiding door DWW-medewerkers.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond van dit rapport	1
1.2	Doel en werkwijze van fase 3	1
1.3	Criteria voor het bijgestelde Onderzoeksplan	2
2	BESCHOUWING PER DEELONDERZOEK	4
2.1	Deelonderzoek 1: Herbeschouwing huidige toetscriteria	4
2.2	Deelonderzoek 2: Afschuiving	6
2.3	Deelonderzoek 3: Scheve golfinval	7
2.4	Deelonderzoek 4: Onderzoek reststerkte	8
2.5	Deelonderzoek 5: Toepassing probabilistische rekenmethode	10
2.6	Deelonderzoek 6: Studie naar bewezen sterkte	12
2.7	Deelonderzoek 7.1: Invloed van lange golfperiodes op stabiliteit	14
2.8	Deelonderzoek 7.2: Stabiliteit van basalt	15
2.9	Deelonderzoek 7.3: Invloed van klemkracht op stabiliteit	17
2.10	Deelonderzoek 7.4: Invloed van golfklappen op stabiliteit	19
2.11	Deelonderzoek 7.5: Invloed van dichtslibbing	20
2.12	Deelonderzoek 8.1: Ontwikkeling Zsteen	22
2.13	Deelonderzoek 8.2: Golfdrukken bepalen met Skylla	24
2.14	Deelonderzoek 9: Onderzoek naar met asfalt ingegoten gezette steenbekledingen	25
2.15	Deelonderzoek 10: Onderzoek naar Noorse stenen	27
3	INTEGRALE BESCHOUWING	29
3.1	Inleiding	29
3.2	Samenhang van de deelonderzoeken	29
3.3	Standaard steenzettingen, toplaaginstabiliteit plus reststerkte	29
3.3.1	Structuur van het onderzoeksprogramma	29
3.3.2	Integraal spoor toplaaginstabiliteit van standaardelementen	31
3.3.3	Invloedsaspecten toplaaginstabiliteit	32
3.3.4	Rekenmethode voor toplaaginstabiliteit	33
3.3.5	Reststerkte	35
3.4	Overige kennisleemten / onderzoeken	36
3.4.1	Afschuiving	36
3.4.2	Ingegoten bekledingen	36
3.4.3	Noorse steen	36
4	BIJGESTELD ONDERZOEKSPLAN	38
4.1	Inleiding	38
4.2	Overzicht nader uit te voeren onderzoek	38
4.3	Prioritering	40
4.3.1	Prioritering op hoofdlijnen	40
4.3.2	Update van de mogelijke 'baten' ivm prioritering voor Niveau II	41
4.3.3	Onzekerheden en go / no go-momenten	42
4.4	Tentatieve tijdplanning	43
4.5	Check op resources	44

5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	45
5.1	Per deelonderzoek	45
5.2	Overzicht en samenhang van de deelonderzoeken	45
5.3	Prioritering	46
5.4	Onzekerheden en go /no go momenten	47
5.5	Bijgestelde tijdplanning	47
5.6	Check op de resources	47
6	REFERENTIES	48
BIJLAGE A: HERZIENE PLANNING		

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond van dit rapport

Het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen (OKS) wordt uitgevoerd door Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW), in opdracht van het PBZ van Rijkswaterstaat Zeeland. Om de voortgang van het onderzoeksprogramma te bewaken en zonodig bij te kunnen sturen is jaarlijks een evaluatie voorzien, inclusief een voorstel tot bijsturing. De eerste twee fasen hiervan zijn evaluaties van het proces en van de techniek; daarover is gerapporteerd in afzonderlijke faserapporten (Royal Haskoning, 2005a en 2005b). Ook wordt in die rapporten dieper ingegaan op de achtergrond van het OKS. Het voorliggende rapport betreft de derde fase, waarin op basis van de evaluaties van proces en inhoud, een voorstel voor bijsturing van het programma wordt gedaan van het Onderzoeksplan van OKS (Fugro, 2003). Dit voorstel dient ter behandeling in de TAW-KBS. Na het verwerken van het commentaar van de TAW-KBS zal dit voorstel definitief worden gemaakt.

1.2 Doel en werkwijze van fase 3

Het doel van deze fase van het Evaluatieproject is om te komen tot een voorstel voor bijsturing van OKS. 'Bijsturing' houdt in dat er in de bestaande situatie een richting wordt aangehouden, en dat deze richting wordt veranderd. Als referentie voor deze 'bestaande richting' geldt het Onderzoeksplan uit april 2003. Dit rapport kan worden gebruikt voor het maken van een bijgesteld Onderzoeksplan voor het resterende deel van het OKS.

De bijsturing is vooral gebaseerd op de resultaten van het onderzoek tot dusverre. Daarnaast is ook rekening gehouden met de uitkomsten van de Procesevaluatie (fase 1); hierop wordt in § 1.3 verder ingegaan.

Er zijn twee typen wijzigingen doorgevoerd ten opzichte van het bestaande Onderzoeksplan:

- In de eerste plaats hebben zich sinds april 2003 binnen OKS allerlei ontwikkelingen voorgedaan, waardoor de plannen voor het resterende onderzoek veranderd zijn. Deze veranderingen zijn deels vastgelegd in de voortgangsrapportages en in de OKS-planning, en daarnaast blijken ze uit gesprekken met projectmedewerkers en de verslagen van het Specialistenteam. Deze ontwikkelingen zijn eenduidig vastgelegd, en gevalideerd met de projectmedewerkers (zowel opdrachtgevers als onderzoekers).
- In de tweede plaats bevindt het OKS zich in een stadium dat de inhoud, opzet en doelen opnieuw bezien moeten worden. Gekeken is of het Onderzoeksprogramma (als geheel, en per deelonderzoek) nog voldoet aan de doelen die bij aanvang gesteld zijn. De onderzoeken tot dusver hebben nieuwe inzichten opgeleverd, de plannen zijn geleidelijk inhoudelijk bijgesteld, het beeld van de onderzoekskosten en -doorlooptijden is scherper geworden, de einddatum is dichterbij gekomen, en tenslotte heeft ook de 'omgeving' van het OKS niet stilgestaan sinds april 2003. Deze tweede wijziging is doorgevoerd met nadrukkelijke inbreng vanuit het OKS zelf. De schrijvers van dit rapport hebben een belangrijke inbreng kunnen leveren doordat zij fris tegen de materie aan kunnen kijken en de gelegenheid hebben om het grote geheel te overzien, maar de inbreng vanuit OKS (opdrachtgevers en

opdrachtnemers) is essentieel omdat het onmogelijk is om alle (inhoudelijke en procesmatige) subtiliteiten van buitenaf te overzien.

In lijn met deze overwegingen bevat dit concept-rapport twee verschillende soorten informatie: in de eerste plaats een vastlegging van de huidige plannen, en in de tweede plaats een set voorstellen voor verbetering van de plannen op basis van de evaluatie. Validatie van de huidige plannen en discussie over de verbeteringsvoorstellen heeft plaatsgevonden door middel van een overleg met de Kerngroep op 16 maart 2005, interviews met verschillende OKS-medewerkers (begeleiders en onderzoekers) tussen 30 maart en 6 april 2005, en direct telefonisch overleg. Ten slotte wordt het aangepaste voorstel op 19 april besproken in de TAW-Klankbordgroep Steenzettingen.

1.3 Criteria voor het bijgestelde Onderzoeksplan

Bij het opstellen van bijsturingadviezen moet worden uitgegaan van criteria: bepaalde parameters moeten worden geoptimaliseerd, terwijl voor andere parameters 'randvoorwaarden' gelden. De gehanteerde criteria zijn opgesteld in overleg met de opdrachtgever. Een van de adviezen uit de Procesevaluatie was om een balans te vinden tussen einddatum, capaciteit/planning en ambitie (mate waarin inhoudelijke resultaten mogen worden verwacht). Dit is in het afstemmingsoverleg op 16 maart als volgt verder uitgewerkt.

Tijd:

- De einddatum van het OKS is gesteld op 2006 (behoudens enig kleinschalig onderzoek, indien dat onverhoopt nog in 2007 zou moeten worden uitgevoerd). Dit houdt concreet in dat de resultaten van het onderzoeksprogramma goeddeels rond eind 2006 toepasbaar moeten zijn voor Projectbureau Zeeweringen, en dat ze uiterlijk begin 2007 moeten worden vastgesteld door de TAW.
- Het plan moet rekening houden met de benodigde proceduretijden; daarbij moet worden uitgegaan van een meer realistische inschatting van de benodigde doorlooptijd van de onderzoeken, vergeleken met die van het Onderzoeksplan (werd als belangrijk 'leerpunt' bij de Procesevaluatie aangegeven). Ook dient er bij de bijstelling van de planning duidelijkheid te zijn over een mogelijkheid of vertraging bij overschrijding van de jaargrens 2005/2006 kan worden voorkomen of verminderd.
- Het plan moet rekening houden met onzekerheden in de tijdsplanning. Dit echter slechts tot op zekere hoogte mogelijk, omdat onzekerheid bij onderzoeksprojecten per definitie relatief groot is. Voor de belangrijkste onzekerheden worden expliciete go / no go beslissingen ingebouwd, en aanbevolen wordt om het beoogde tweede bijsturingmoment begin 2006 door te laten gaan.
- Het heeft waarde om, voor zover mogelijk, op zo kort mogelijke termijn te komen tot resultaten, vóór de einddatum van OKS. Dit geldt echter alleen voor rekenregels waarvan vaststaat dat ze niet later binnen OKS nogmaals moeten worden aangepast naar aanleiding van andere resultaten en dit geldt derhalve alleen voor min of meer losstaande onderwerpen: afschuiving, ingegoten bekledingen en Noorse steen.

Kosten:

- Uit een analyse van de onderzoekskosten blijkt dat de kosten per activiteit hoger zijn dan aanvankelijk verwacht (zie Procesevaluatie rapport). Toch is er bij het OKS-team de verwachting dat de totale kosten lager zullen uitkomen dan het totaalbudget, omdat een aantal activiteiten niet of in mindere mate zullen worden

gerealiseerd. Van de zijde van PBZ is de verwachting geuit dat het beschikbare budget waarschijnlijk niet zal worden opgemaakt. Mede om die reden wordt het totale budget niet gehanteerd als randvoorwaarde bij de bijsturing.

- Een globale inschatting van de kosten/baten-verhouding zal worden gehanteerd, zie hieronder. De kosten van resterend onderzoek worden globaal ingeschat, en daarbij wordt ook rekening gehouden met de reeds gemaakte kosten (eerdere resultaten blijven op de plank als een onderzoek stopt; zijn niet weg, maar direct uitwerken is efficiënter).

Kwaliteit / Product:

- De onderzoeken betreffen deels 'zorgen' (onderwerp waarvan de kans bestaat dat de rekenregels niet streng genoeg zijn) en deels 'baten' (mogelijke aanscherping). Voor zover deze zorgen en baten dezelfde rekenregels en bekledingstypen betreffen is het essentieel om deze in balans te beschouwen: voorkomen moet worden dat de rekenregels achtereenvolgens in verschillende richtingen worden aangepast ('zig-zagkoers') want dit zou kunnen leiden tot onterechte versterkingswerken of tot afkeuring van recent aangelegde werken, en bovendien tot onrust. Net als de bestaande rekenregels moeten de resulterende rekenregels zodanig worden geformuleerd dat er een balans is tussen de resterende kennisleemtes.
- Voor zover het nodig is om te kiezen welke onderzoekssporen binnen het OKS al dan niet moeten worden voortgezet, moet de prioritering worden bepaald door de grootte van de kennisleemte. Deze grootte volgt uit de verwachte aanpassing van de regel (aanscherping of andersom), vermenigvuldigd met het areaal dat door deze aanpassing van toetscore veranderd. In principe worden hierbij de factoren uit de kosten-batenanalyse gehanteerd (RH, 2002). De 'baten' kunnen echter worden bijgesteld als de resultaten tot dusver veranderd zijn (ofwel door verandering van wetenschappelijke inzichten, ofwel doordat de resterende tijd te kort is). Hiermee wordt rekening gehouden. Het steenzettingsareaal is niet significant veranderd sinds de kosten-batenanalyse. In de praktijk is dit overigens een zeer globale analyse.

Capaciteit:

- Het plan moet haalbaar zijn met de beschikbare menskracht en het beschikbare materieel aan de kant van de onderzoekers. Het resulterende plan wordt vervolgens gebruikt om vast te stellen hoeveel menskracht nodig is aan de kant van de opdrachtgever / begeleiding.

De voorstellen voor bijsturing komen in dit rapport als volgt tot stand:

1. Aangeven van een 'richting van bijsturing' vanuit de inhoudelijke stand van zaken per deelonderzoek in hoofdstuk 2;
2. Aangeven van de inhoudelijke samenhang tussen de deelonderzoeken en onderzoeks-items, inclusief de integrale richting van bijsturing, plus een voorstel voor een eenduidiger structuur in hoofdstuk 3;
3. Doen van concrete bijsturingsvoorstellen op basis van het voorgaande en met inachtneming van de prioritering van de onderzoeken en de beschikbare tijd.

2 BESCHOUWING PER DEELONDERZOEK

2.1 Deelonderzoek 1: Herbeschouwing huidige toetscriteria

Onderzoeksplan april 2003

Het doel van het OKS voor dit onderdeel is het vaststellen van een realistischer faalcriterium dan het huidige: de toplaag faalt als er één element uit verdwijnt, en de rekenregels voor reststerkte waarmee vervolgens mag worden gerekend zijn conservatief en / of worden in de praktijk niet gebruikt. Heroverweging van het toetscriterium is nodig om bij toetsing en ontwerp rekening te kunnen houden met sterkte-aspecten als reststerkte (deelonderzoek 4) en klemming (deelonderzoek 7.3); hieruit kunnen baten volgen. Een probabilistisch model kan een rol spelen in deze problematiek (deelonderzoek 5). Daarnaast wordt verbetering beoogd van het faalcriterium van de toplaag zelf; hier ligt een relatie met het criterium dat voor Zsteen moet worden ontwikkeld.

Het onderzoeksplan gaat in op het integrale criterium voor de gehele bekleding, maar verwijst voor de invulling van dat onderdeel naar de deelonderzoeken 4 en 7.3 voor de aspecten reststerkte en klemming, en naar deelonderzoek 5 voor de integratie. Voor het faalcriterium van de toplaag zelf noemt het Onderzoeksplan één aspect: het probabilistisch uitwerken van de invloed van het tijdsverloop van waterstand en golven, onder meer via analyse van historische stormen. Per saldo bevat het Onderzoeksplan voor dit deelonderzoek één concrete activiteit:

- Kwantificeren van zone op het talud met grote hydraulische belasting via heranalyse van Scheldegootonderzoek (1.1)

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

In de praktijk zijn tot dusver de volgende activiteiten verricht:

- Notitie Zone met grote golfbelasting (WL, april 2004)
- Discussiebijeenkomst methodiek steenzettingen (DWW, 27 mei 2004)
- Langeduurproeven Deltagoot (in uitvoering, nog geen resultaten)

De notitie en de discussiebijeenkomst gingen in de praktijk niet over toetscriteria in het algemeen, maar specifiek over belasting (variërende waterstand en belastingduur). Uit de stukken blijkt dat het onderzoek Langeduurproeven is gestart n.a.v. de discussiebijeenkomst. Het Onderzoeksprogramma noemde deze problematiek wel, maar bevatte geen concreet onderzoeksvoorstel op dat punt.

Richting voor bijsturing

Ten eerste wordt opgemerkt dat de huidige plannen en gerealiseerde producten in dit deelonderzoek slechts zijdelings te maken hebben met het oorspronkelijke onderwerp van dit deelonderzoek, namelijk het herbezien van toetscriteria. Belastingduur en waterstandsverloop kunnen o.i. worden gezien als (potentieel zeer belangrijke) invloedsaspecten voor het faalmechanisme toplaaginstabiliteit, net als (lange) golfperiode, scheve golfval en de andere onderwerpen van deelonderzoek 7. Voorgesteld wordt daarom om de nummering van de onderzoeken hierop aan te passen, zie § 3.3.1.

Ten aanzien van het herbezien van toetscriteria: in de praktijk van het OKS is hier wel in verschillende deelonderzoeken over nagedacht (Probabilisme, ZSteen, Klemming), maar het lijkt nuttig om voor dat doel toch een onderzoekspoor met expliciete activiteiten op gang te brengen (Integratiespoor). Hierin wordt ook een rol gezien voor Probabilisme. Verdere uitwerking staat in § 3.3.2.

De overige opmerkingen betreffen het onderzoek naar de invloed van belastingduur en waterstandsverloop: vanwege de huidige stand van zaken van dit onderzoek (geen analyse van proefresultaten beschikbaar, dus nog geen beeld van het benodigde vervolg) is het niet goed mogelijk om inhoudelijke bijsturingsadviezen te geven. Zodra de resultaten bekend zijn zal het vervolg binnen OKS moeten worden gepland, rekening houdend met de genoemde bijsturingscriteria. In ieder geval is evaluatie van de resultaten en implementatie in modellen nodig, maar wellicht moeten ook aanvullende Deltagootproeven worden gedaan, in combinatie met het reststerkte onderzoek (zie § 2.4).

Opgemerkt wordt dat het onderwerp belastingduur niet is onderzocht in de kosten-batenanalyse, en dus in de loop van het OKS is geïdentificeerd als belangrijke kennisleemte. Het deelonderzoek dient nu twee doelen:

- In de eerste plaats is er een verband met het faalcriterium voor toplaaginstabiliteit, (ook nodig voor Zsteen): er is inzicht nodig in het gedrag van toplaagelementen in de tijd bij de variërende waterstanden en golfbelastingen die in de praktijk voorkomen: worden toplaagelementen geleidelijk uit de bekleding gedrukt, duwt de golfklap ze juist weer terug?
- Ten tweede is het gevoel ontstaan dat de proefresultaten tot dusver wellicht aan de gunstige kant zijn: het faalgedrag is tijdsafhankelijk, en de belastingduur is wellicht lager geweest dan in maatgevende omstandigheden voor kan komen.

Het eerste doel betreft het zoeken naar mogelijke aanscherping ('baten'): het huidige faalcriterium wordt algemeen gezien als zeker conservatief, en een beter inzicht in het toplaaggedrag zou een minder streng criterium kunnen opleveren. Dit aspect is een onderdeel van het integrale spoor waarin zal worden gewerkt aan nieuwe toets-/faalcriteria in het raamwerk van het gehele bezwijkspoor, zie § 3.3.2.

Het tweede doel betreft een 'zorg' dat de huidige rekenregels wellicht niet conservatief zijn. Zoals aangegeven in § 1.3 moeten de verschillende invloedsaspecten (zorgen en baten) in onderlinge balans worden beschouwd.

Voor dit onderwerp wordt, net als voor veel andere belasting-gerelateerde invloedsaspecten, een belangrijke rol voor Zsteen beoogd. Zsteen zou daarin verschillende rollen kunnen spelen: onderzoeksmodel, gereedschap voor geavanceerde toetsing, gereedschap waarmee een gedetailleerde / eenvoudige rekenmethode kan worden afgeleid. De slaagkans daarvan hangt echter af van de (nog onzekere) slaagkans van Zsteen zelf, zie § 2.12. In § 3.3.4 staat een beschouwing over het benodigde vervolg ten aanzien van rekenmodellen, te beginnen met een go / no go-beslissing voor Zsteen en een vergroting van de focus op praktische modellen (minstens als parallelspoor).

2.2 Deelonderzoek 2: Afschuiving

Onderzoeksplan april 2003

Het doel van het OKS voor dit onderdeel is het sluitend krijgen van de beoordelingsmethode voor afschuiving voor bekledingen op een kleilaag op een zandkern, en voor bekledingen op een kleilaag op een zandscheg. De voornaamste 'baten' zouden kunnen volgen uit het definitief vaststellen dat afschuiving voor het eerste type (zandkern) niet relevant is. Voor het tweede type (zandscheg) bestaat nog geen methode, dus het doel is de ontwikkeling van een globale / gedetailleerde methode. Het onderzoeksplan stelt drie stappen voor:

- Discussie deskundigen (2.1)
- Opstellen rekenmethode aan de hand van berekeningen met numerieke modellen (2.2)
- Tweede discussieronde en definitief maken methode (2.3).

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

In de praktijk zijn tot dusver de volgende activiteiten verricht:

- Discussiebijeenkomst november 2003 (DWW, verslag 389240.72)
- Opstellen discussienota / plan van aanpak (DWW, 10 oktober 2004)
- Notitie 'Toetsschema grondmechanisch bezwijken bij steenzettingen op klei (concept, DWW, 15 januari 2005)

De aanpak zoals voorgesteld in het Onderzoeksplan is in de praktijk niet gevolgd. De laatste notitie is van belang als indicatie voor het beoogde vervolg van het onderzoek. De notitie geeft een voorstel voor een aangepast toetsschema dat globaal de bestaande VTV-toetsstappen bevat, maar is uitgebreid met een aantal nieuwe elementen: controle van doorlatendheid van kern en berm / bovenbeloop, extra deelmechanisme opdrijven, extra maatgevende situatie bij laag buitenwater. De bijzondere situatie 'zandscheg' is uit het schema gehaald. Het vervolgonderzoek binnen OKS zou zich volgens de notitie moeten richten op de concrete invulling van de verschillende toetsstappen. Voor enkele nieuwe stappen betekent dat het ontwikkelen van rekenregels; voor het mechanisme dat met het bestaande toetsschema wordt getoetst is wellicht aanscherping mogelijk. Een belangrijk element van de notitie is de gedachte dat het mechanisme afschuiving voorkomen kan worden als berm en bovenbeloop afgedicht zijn, omdat in dat geval de freatische lijn in de dijk niet hoog zal worden. Dit zou een zodanig eenvoudige praktische oplossing van het faalmechanisme kunnen betekenen, dat verdere aanscherping van de toetsregels minder noodzakelijk wordt.

Richting voor bijsturing

Aanbevolen wordt om de nadruk te leggen op stap 1 van het bestaande toetsschema: het vaststellen van (voor een beheerder) gemakkelijk identificeerbare gevallen waarvoor het mechanisme niet geldt. Het geval met 'waterdichte berm en boventalud' zou zo'n geval kunnen zijn. Belangrijker is echter dat uit de evaluatie blijkt dat er nog steeds goede kansen zijn om het faalmechanisme voor 'standaard-gevallen' (bekleding op kleilaag op zandkern) weg te schrijven.

Aanbevolen wordt om het geohydrologische case study onderzoek uit te breiden met een meer systematisch onderzoek, gebruik makend van de rekenmodellen die hiervoor beschikbaar zijn (SEEP/W, Plaxis). Het is belangrijk om de aanpak van deze studie vast te stellen in overleg met alle deskundigen. Het primaire doel moet ook hier zijn het vaststellen van identificeerbare gevallen waarvoor het mechanisme niet geldt.

Er zullen waarschijnlijk gevallen blijven bestaan waarvoor het mechanisme niet kan worden weggeschreven: zandscheg, stationaire buitenwaterstand (zoals Oosterschelde). Aanbevolen wordt om eerst na te gaan of onderzoek naar deze gevallen loont door het nagaan van de baten (over hoeveel steenzettingen gaat het, dus: onvoldoende met bestaande regels én zandscheg / stationaire buitenwaterstand) en het inschatten van de kosten. De volgorde bij dit eventuele onderzoek moet zijn, dat eerst via bureaustudie een model wordt opgesteld, waarna dit kan worden geverifieerd door proeven (veld of Deltagoot).

2.3 Deelonderzoek 3: Scheve golfinval

Onderzoeksplan april 2003

Met dit deelonderzoek wordt binnen het OKS beoogd om de invloed van scheve golfinval te kwantificeren. Mogelijk is er daarbij eerder sprake van 'lasten' dan van 'baten'. Uit eerder uitgevoerde berekeningen (Bezuijen en Klein Breteler, 1992 en Bezuijen, 2000), met Steen3D bleek namelijk dat bij scheef invallende golven hogere onderdrukken op de toplaag optreden dan bij loodrecht invallende golven. Dit kon echter niet op grond van globale theoretische beschouwingen worden verklaard (Van der Meer, 2003 en Van Hijum, 2004).

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

Het huidige onderzoeksplan voorziet daarom in discussie met deskundigen (3.1) en het uitvoeren van kleinschalig modelonderzoek (3.2). Dit laatste is toegevoegd ten opzichte van Versie 3 van het oorspronkelijke onderzoeksplan.

De volgende activiteiten zijn thans afgerond:

- Discussiebijeenkomst augustus 2003 (DWW, zie hierna)
- Meting van drukrandvoorwaarden bij scheve golfaanval (WL, 2003)

Verder is een rapport opgeleverd (WL en GeoDelft, november 2004), waarin de drukmetingen uit het modelonderzoek worden geanalyseerd en in Zsteen worden ingebracht, ter berekening van de verschildrukken. In dit kader is Zsteen tevens aangepast en is ter controle een vergelijking met het vroegere programma Steen3D gemaakt. Laatstgenoemde rapport heeft nog geen formele geaccepteerde status en is derhalve hier alleen als achtergrondinformatie gebruikt.

De discussiebijeenkomst heeft zich op de vraagstelling en de stand van zaken van kennis van scheve golfaanval geconcentreerd. Daarbij is geconstateerd dat hogere maxima van golfdruk en verschildruk worden waargenomen (eerdere metingen en berekeningen) bij scheve golfaanval. Bij de interpretatie van deze verschijnselen is er geen eensluidend oordeel vanwege de invloed van tijds- en ruimte-aspecten. Met name de korte duur van de drukpieken is hier een discussiepunt. In de discussie werd tot de wenselijkheid van het hiervoor aangegeven onderzoek (WL, 2003) besloten.

Het modelonderzoek naar de drukmetingen heeft geresulteerd in een goede en state-of-the-art dataset.

In het analyserapport zijn deze data geanalyseerd en geïnterpreteerd. Daarbij lijkt scheve golfaanval, op basis van de drukmetingen en Zsteen berekeningen, juist gunstiger dan loodrechte golfaanval. Het rekenmodel was hierbij echter nog niet geheel op orde. Inmiddels is dat wel het geval; en zijn enkele berekeningen uitgevoerd die dezelfde tendens laten zien. Bij de selectie van maatgevende golven voor Zsteen zijn, vanwege de selectiemethodiek niet steeds de golven met de zwaarste belasting geselecteerd; omdat het gaat om een relatieve vergelijking tussen scheve golfval en loodrechte golfval, zal dit waarschijnlijk geen probleem zijn.

Richting voor bijsturing

Scheve golfaanval is feitelijk een 'invloedsaspect' voor toplaaginstabiliteit van standaard steenzettingen, dus vergelijkbaar met de onderzoeken onder 7. Voorstel is dan ook om dit onderzoek te herschikken, zie § 3.3.1. De verandering van de rekenregels op dit punt moet worden beschouwd in samenhang met de andere invloedsaspecten voor toplaaginstabiliteit van standaard steenzettingen.

Volgens Versie 5 zou het onderzoek moeten zijn afgerond, maar dit is thans nog niet het geval. Scheve golfval bij grote hoeken geeft duidelijke 'baten' te zien, tussen 30 en 60 graden zijn er nauwelijks of geen baten. Een 'zorg' lijkt het in elk geval niet te zijn. Voor een afronding van dit aspect wordt gedacht aan verdere berekeningen met Zsteen (aangepast model). Zonodig kan aanvullend nog de (volledig) gemeten onderdruk op de toplaag worden geanalyseerd.

Het eindbeeld van het eindproduct van dit deelspoor is een invloedsfactor, afhankelijk van invalshoek én van leklengte, en bruikbaar voor rekenregels op elk niveau. In theorie is het denkbaar om met ZSteen 3D te rekenen, maar vanwege de rekentijd is dit onpraktisch; het ligt meer voor de hand om de invloedsfactor te verwerken in de postprocessing van de ZSteen-rekenresultaten.

Concretisering van dit invloedsaspect in de rekenregels zal ook invloed hebben op de aanlevering van hydraulische randvoorwaarden, zowel binnen PBZ als in het kader van het landelijke HR-programma. Deze invloed valt echter buiten het kader van het OKS.

2.4 Deelonderzoek 4: Onderzoek reststerkte

Onderzoeksplan april 2003

Doel van dit deelonderzoek is het kunnen aanscherpen van de conservatieve toetsregels. Het Onderzoeksplan 2003 voorzag daartoe in een Plan van aanpak / bureaustudie (4.1) en een kleinschalig modelonderzoek (4.2).

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

De beoogde werkzaamheden zijn sterk vertraagd en besloten is om 4.1 uit te voeren na 5.1 (stap 2) en 7.2.2a (doorgolfproef betonzuilen). Het leggen van een relatie met de Kapstok (5.1) is nog niet gelukt, en zal vooralsnog naar verwachting ook niet lukken, zodat het relatieve belang van het in rekening kunnen brengen van reststerkte niet kan worden gekwantificeerd.

Inmiddels is wel de zogenaamde 'doorgolfproef' in de Deltagoot uitgevoerd (WL, 2004), bedoeld als reststerkteproef van een steenzetting; deze is derhalve hier onder deelonderzoek 4 weergegeven in plaats van onder 7.2.2.

De rapportage van de doorgolfproef met een Basaltonglooiing in de Deltagoot heeft nog geen definitieve status, daarom is hier volstaan met het gebruiken van de uitkomsten van deze proef als achtergrondinformatie. Bij de doorgolfproef is de invloed van de tijdsduur vastgesteld op de integriteit van de glooiing bij een situatie waarin één of enkele elementen her en der zijn verdwenen. Na afloop van de proef was geen sterke ondermijning of verzakking van de elementen te zien en de reststerkte bleek aanzienlijk groter dan volgens het theoretisch model (De Vroeg, 1992) en een vroeger Deltagootonderzoek 1984 (met Haringmanblokken).

Er is ook een relatie met de langeduurproeven in de Deltagoot, welke meer zijn gericht op de Oosterschelde-omstandigheden, maar waarin ook een beeld van de reststerkte wordt verkregen.

Richting voor bijsturing

Er wordt hierna onderscheid gemaakt tussen reststerkte top- en granulaire laag enerzijds en reststerkte kleilagen anderzijds.

Ten aanzien van **reststerkte top- en granulaire laag**: de rol hiervan in het faalproces en in de beoogde rekenregels wordt sterk bepaald door de aanwezige klemming. Voor bekledingen met veel klemming is het faalgedrag 'bros' (na het doorslaan van de klemmingsboog wordt praktisch direct de onderliggende klei belast). Bij weinig klemming is het waarschijnlijker dat één of enkele elementen uit de toplaag verdwijnen waarna er nog een significante tijdsduur kan verlopen voordat de klei wordt belast. Voor bekledingen met weinig klemming is meer inzicht in de reststerkte van top- en granulaire laag daarom nuttig, ter aanscherping van de bestaande VTV-regel voor reststerkte. Maar ook voor bekledingen met veel klemming is meer inzicht in de reststerkte nodig: de verwachte klemmingsregels zullen primair gebaseerd zijn op een intacte toplaag, maar in de praktijk moet ervan worden uitgegaan dat ergens in de bekleding één of enkele elementen ontbreken. Rekenen met klemming is alleen acceptabel als kan worden aangetoond dat die enkele ontbrekende elementen niet tot falen leiden. Dit is het geval als de reststerkte van top- en granulaire laag na het verdwijnen van één of enkele elementen groter is dan de stormduur. De reststerkte heeft dan een rol als toepassingsvoorwaarde om met klemming te mogen rekenen.

Het beoogde eindbeeld van de vernieuwde toetsregels is daarmee als volgt:

Stap 1: vaststelling of een bekleding veel of weinig klemming heeft.

- Veel klemming: bepaling reststerkte als toepassingsvoorwaarde:
 - Indien groter dan belastingduur: rekenen met klemming
 - Indien kleiner dan belastingduur: niet rekenen met klemming
 - In beide gevallen: bij onvoldoende toplaagstabiliteit mag niet worden gerekend met reststerkte top-/granulaire laag, maar evt. wel met reststerkte kleilaag
- Weinig klemming: toetsing conform huidige schema (toplaaginstabiliteit zonder extra klemming), daarna indien nodig expliciete reststerkte top-/granulaire laag en reststerkte kleilaag

Het onderzoek naar reststerkte als toepassingsvoorwaarde voor klemming is essentieel en moet zo spoedig mogelijk worden gestart. Aanbevolen wordt om het onderzoek niet primair te richten op aanscherping van de rekenregel voor expliciet gebruik in de toetsing (dus voor typen zonder klemming), maar bij de verwerking van de resultaten wel te kijken of aanscherping mogelijk is. Bij het onderzoek moet ook expliciet aandacht worden besteed aan de categorie-indeling van typen die al dan niet bros bezwijken, om te voorkomen dat onterecht met 'expliciete reststerkte' wordt gerekend.

Een concretere uitwerking, in relatie tot klemming en faalprocesanalyse, wordt behandeld in Hoofdstuk 3.

Ten aanzien van **reststerkte klei** is nog geen onderzoek verricht binnen het OKS, in afwachting van het integrale beeld van de gevoeligheden uit de kapstok probabilisme. Inmiddels is duidelijk dat dat beeld niet meer binnen OKS zal worden gerealiseerd (zie § 2.5).

In het algemeen wordt verwacht dat de reststerkte van kleilagen te klein is om nader onderzoek te verantwoorden; van de reststerkte van kleikernen wordt meer verwacht (grotere omvang, grotendeels ongestructureerd). Daarnaast wordt vanuit de beheerders en gebruikers aangegeven dat de praktische bruikbaarheid van reststerkte beperkt is doordat de aanwezigheid en eigenschappen van klei praktisch niet aantoonbaar zijn. Een grote investering in dit onderwerp lijkt daarom niet acceptabel. Er is echter een gelegenheid om aan te sluiten bij de Deltagootproef voor de Wieringermeerdiijk van keileem die in het kader van een geavanceerde toetsing is gepland voor maart / april 2006. Zie § 3.3.5 voor een concretere uitwerking.

Het is van belang om bij de definitie van dit onderzoek rekening te houden met de bevindingen tot dusver ten aanzien van het faalproces; wellicht is het nuttig om niet alleen te kijken naar de situatie waarin alle bovenliggende lagen verdwenen zijn, maar ook te bezien of er een reststerkte-tijdsduur kan worden toegekend aan de overgangssituatie waarin de kleilaag nog wel gedeeltelijk wordt beschermd.

2.5 Deelonderzoek 5: Toepassing probabilistische rekenmethode

Onderzoeksplan april 2003

Het doel van het OKS voor dit onderdeel is het opstellen van een probabilistische rekenmethode voor steenbekledingen om de gevoeligheden en onzekerheden in de beoordeling explicieter in beeld te kunnen brengen, en daarmee ook nut en noodzaak van onderzoek.

Het Onderzoeksplan gaat uit van de volgende zes stappen:

- Inventarisatie eerder onderzoek (5.1)
- Cases mogelijke onzekerheden (5.2)
- Modelleren van onzekerheden (5.3)
- Afleiden onderbouwde werkwijze (5.4)
- Effecten onzekerheidsreducties (5.5)
- Relatie bewezen sterkte aanpak (5.6)

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

In de praktijk zijn de volgende activiteiten verricht:

- Kapstok probabilisme – stap 1: eerste opzet (Fugro, januari 2004);

- Kapstok probabilisme - stap 2: doorontwikkeling (Fugro, conceptversie afgerond in februari 2005).

Beide onderzoeken worden in de stukken aangeduid als onderdeel van deelonderzoek 5.1, dat inmiddels hernoemd is van 'Inventarisatie eerder onderzoek' tot 'Kapstok probabilisme'. Het eerste rapport beschrijft daadwerkelijk een eerste opzet van zo'n kapstok; het tweede rapport, afgaand op het beschikbare concept, is inderdaad een doorontwikkeling op basis van discussie met deskundigen, maar beschrijft ook een case en maakt een start met het modelleren van onzekerheden. Desondanks bevat de actuele planning nog steeds de oorspronkelijke stappen 5.2 – 5.6.

Een gereedschap voor daadwerkelijke probabilistische beoordeling van bekledingen blijkt thans echter hooguit op lange termijn haalbaar en zeker niet meer binnen de OKS-termijn. Het deelonderzoek kan dus geen expliciete 'baten' genereren in termen van scherper toetsen en daarmee het voorkomen van verbeteringswerken. De beoogde 'baten' zijn indirect, door het gebruiken van de resultaten voor het verkrijgen van meer inzicht en daarmee het bijdragen aan het verkrijgen van resultaten uit de andere onderzoeken in OKS.

Richting voor bijsturing

Het gestelde doel van dit spoor is om de resultaten te gebruiken voor het bijsturen van de andere OKS-onderzoeken, op basis van kwantitatieve resultaten. Uit overleg met de betrokkenen bij DWW blijkt dat dit doel niet meer haalbaar is, gegeven de huidige status en de beperkte resterende tijd. Het lijkt binnen het OKS wel mogelijk om tot een relatieve kwantificering te komen. Een verdere uitwerking van de faalboom staat daarbij centraal en de beschikbare kennis kan daarin een gestructureerde plaats krijgen. In plaats van een instrument voor sturing kan het probabilistische spoor dan leiden tot instrument voor 'integratie'. De kapstok zal daarbij meer een 'praat en denk kapstok' zijn dan een 'reken kapstok', en daarmee een nuttige rol spelen bij discussies over faalmechanismen en –criteria. Samengevat zijn er daarmee drie mogelijke doelen:

- Verbeteren van inzicht in de samenhang van de problematiek door discussie en gestructureerde weergave;
- Kwalitatief en beperkt kwantitatief inzicht in gevoeligheden;
- Ontwikkeling van het feitelijke probabilistisch rekenmodel (niet binnen OKS).

De aanbeveling is om de activiteiten ten aanzien van probabilistiek binnen OKS met kracht voort te zetten, gezien de centrale rol van dit instrumentarium bij het integratiespoor (hoofdactiviteit A.1). De aandacht dient daarbij te worden gericht op de twee eerstgenoemde doelen. Aan het eind van het OKS onderzoek kan vervolgens de balans worden opgemaakt voor de haalbaarheid van een feitelijk probabilistisch rekenmodel.

De verandering van focus heeft gevolgen voor de concrete invulling van dit deelspoor: tot dusver werd met de OKS-betrokkenen overlegd met als doel de verbetering van het model, maar in de aangepaste werkwijze is het andersom: het model moet worden verbeterd met als doel het faciliteren van het overleg tussen de OKS-betrokkenen. De behoeften van dit overleg moeten dus sturend zijn voor de ontwikkeling van het model. Verder zal het model zich vooral moeten richten op de onderwerpen van de OKS-onderzoeken.

2.6 Deelonderzoek 6: Studie naar bewezen sterkte

Onderzoeksplan april 2003

Het Onderzoeksplan (Fugro, 2003) richt zich op het ontwikkelen van een methode voor Bewezen sterkte, in lijn met het TR Actuele sterkte. In dat kader zijn de volgende onderzoeksstappen gedefinieerd:

- Uitwerken gedachtenlijn/oplossingsrichting
- Afbakening/basisopzet methode bewezen sterkte
- Uitwerken case-studies 1 en 2

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

De beoogde voortgang van deze activiteiten is vertraagd en de volgorde van activiteiten is aangepast. Het deelonderzoek heeft zich in de praktijk gericht op de opgedane praktijkervaring met steenzettingen tijdens zware stormen die zich in het verleden hebben voorgedaan. Een belangrijk onderdeel daarbij is de reconstructie ('hindcast') van de daarbij opgetreden belastingsituaties. Normaliter zal de historische belasting niet de ontwerpbelasting hebben overschreden. Toepassing voor bestaande bekledingen zal derhalve vrijwel altijd door vergelijking met andere locaties (andere omstandigheden en sterkte) plaatsvinden.

Thans zijn eerst een tweetal cases opgepakt: dijkvakken met Noorse steen (op enkele aanvullingen na afgerond, zie verder) en dijkvakken met schade aan basalt (is gaande, zie verder). Aan de hand van de cases wordt een algemene aanpak van het concept Bewezen sterkte vastgesteld (hiervoor ligt thans al een aanzet, zie verder).

De aanzet voor het concept Bewezen sterkte, aangeduid als 'Algemene aanpak bewezen sterktemethodiek voor steenbekledingen', is als bijlage bij het concept-rapport van de case-study Bewezen sterkte Noorse steen (februari, 2005) bijgevoegd. De hierin aangegeven achtereenvolgende stappen zijn: analyse van de waargenomen schade, reconstructie van belasting en sterkte, benadering schadepunt (voor verschillende schades), analyse t.a.v. bewezen sterkte en verfijning van toetsdiagram.

Het einddoel is te komen tot een rekenmethodiek voor Bewezen sterkte, welke mogelijk ook toepasbaar kan worden gemaakt voor andere typen bekledingen. Opgemerkt wordt dat de uitkomsten van de case-studies mogelijk ook van belang zijn voor andere deelonderzoeken. Op langere termijn is wellicht ook een Bewezen sterkte spoor mogelijk op probabilistische basis, maar dit is niet binnen OKS te voorzien.

Op 4 maart 2005 is door DWW een notitie uitgebracht dat een verdere uitwerking geeft van voornoemde aanzet, met als titel 'Aanpak en werkplan bewezen sterkte basalt'. In deze notitie wordt de aanpak voor de case-study verder uitgewerkt en wordt ingegaan op benodigde gegevens en informatie. Ook worden suggesties gegeven voor verbetering van de aanpak. Deze notitie is vooral een ondersteunende notitie bij de case-study Bewezen sterkte voor basalt.

M.b.t. de twee case-studies kan het volgende worden vermeld:

- Case-study: Bewezen sterkte Noorse steen, concept-rapport (Infram, december 2004), inmiddels is dit rapport aangevuld (Infram, februari 2005): dit project is ingevoegd ten opzichte van het Onderzoeksplan. Het concept-rapport heeft nog geen formele status en wordt hier derhalve als achtergrondinformatie gebruikt.

- Case-study (spreadsheet): 'Bewezen sterkte voor basalt' (hindcast en Steentoets-berekeningen door DWW, waarmee geconstateerde schade wordt gerelateerd aan de belastingen: is ingevoegd in het programma en loopt thans.

De studie 'Bewezen sterkte Noorse steen' richt zich op bewezen sterkte voor Noorse steen voor een viertal locaties: bij Zürich, dijkvak Enkhuizen-Hoorn, de Waddenzeekering met Noorse steen laag op het talud en met Noorse steen hoog op het talud. Het doel is een bijdrage te leveren aan het scherper kunnen stellen van toetsregels voor Noorse steen, door het in aanmerking nemen van de ervaringen met dergelijke bekledingen uit het verleden. Het onderzoek betreft een literatuuronderzoek naar opgetreden schade aan de hand van de DWW database met schadegevallen en andere relevante literatuur. Vervolgens zijn hindcast-berekeningen uitgevoerd naar de belastingen (SWAN en HYDRA-M). De hieruit verkregen stabiliteitsgegevens zijn vergeleken met de oude en nieuwe voorgestelde toetslijn (Infram, 2004). De resultaten blijven noodzakelijkerwijs beperkt doordat de geringe geconstateerde schade een ondergrens aan de geconstateerde stabiliteit geeft. Vooral nog lijkt de bewezen stabiliteit eerder rond die van een dubbele laag breuksteen te liggen dan rond de nieuwe voorgestelde lijn, maar dit komt mogelijk voort uit genoemde ondergrens. Voor de Waddenzeekering met Noorse steen hoog op het talud, wordt in het rapport voorgesteld een nadere studie naar de golfcondities uit te voeren, met het destijds aanwezige lage voorland.

Richting voor bijsturing

De gekozen aanpak wordt onderschreven. Praktijkervaring heeft altijd een grote rol gespeeld in de waterbouwkunde. Een moeilijkheid bij hindcast studies is vaak de slechte documentatie van schadegevallen, alsmede de onzekerheid ten aanzien van de belasting en van de sterkte. Hierdoor verlopen dergelijke studies vaak moeizaam. Wél zijn de uitkomsten volkomen representatief (er zijn geen schaaleffecten, modeeffecten, enzovoorts). Bij steenzettingen doet zich de situatie voor dat onderzoek in de Deltagoot de laatste twee decaden een overheersende rol heeft gespeeld. Daarmee zijn hindcast studies van bestaande dijkvakken wellicht wat onderbelicht gebleven. Het is waardevol dat binnen OKS dit aspect opnieuw aandacht krijgt.

Het onderzoek begint bruikbare resultaten op te leveren. De case-study Bewezen sterkte voor Noorse steen heeft al een (voorlopige) nieuwe sterkte-lijn opgeleverd. Bij Noorse steen is de praktijkervaring 'geen schade', dus ten aanzien van het schadeverloop kan uit de praktijk geen nieuwe informatie worden gehaald. De nu beoogde activiteiten richting afronding worden onderschreven: ter afronding van de case-study wordt nog gekeken naar de invloed van het kleinere openingspercentage ten opzichte van dat bij breuksteen en naar het bezwijkgedrag vanuit het gedrag van steenzettingen. Verder lijkt het wenselijk om de betere hindcast van de Waddenzeekering (met laaggelegen voorland) uit te voeren. Na afronding van deze resultaten zullen ten slotte de nieuwe rekenregels moeten worden vastgesteld: voor Noorse steen is het belangrijk dat dit zo spoedig mogelijk gebeurt; het is niet nodig om te wachten op afstemming met andere deelonderzoeken.

Bij de case-study Bewezen sterkte voor basalt zijn wél schadegevallen beschikbaar (variërend van beperkte schade tot meer uitgebreide schade). Bij de analyse zullen de locatie op het talud, het schademechanisme (met gebruikmaking van de Kapstok Probabilisme), de omvang van de schade en dergelijke, worden meegenomen. Ook zal aandacht worden besteed aan de toetslijnen en aan oude meetresultaten waar de

toetslijnen op zijn gebaseerd. Het is essentieel dat de bevindingen worden ingevoegd in het specifieke deelonderzoek naar de stabiliteit van basalt, zie § 2.8.

2.7 Deelonderzoek 7.1: Invloed van lange golfperiodes op stabiliteit

Onderzoeksplan april 2003

Het deelonderzoek 'Invloed van lange golfperiodes op stabiliteit' dient binnen het OKS om de invloed van langere golfperiodes vast te stellen. Het gaat hierbij om het vaststellen van een invloedsaspect. Dit onderzoek is van belang omdat uit voortschrijdend inzicht blijkt dat golven onder maatgevende condities in de toekomst langer, en daarmee minder steil zullen zijn dan tot dusverre is aangenomen. Concreet is het zo dat de rekenregels zijn gebaseerd op steilere golven, en dat men tot dusver conservatief extrapoleert naar grotere ξ . Als de golven langer blijken te zijn betekent dit een verdere extrapolatie en een mogelijk nog conservatieve benadering. Aanscherping ten opzichte van deze aanpak lijkt dus zeker mogelijk.

Er spelen twee zaken:

- de belasting (onzekerheid t.a.v. de doorwerking op het talud van de dijken);
- de sterkte (die is niet onderzocht voor de kleine steilheden bij langere golven);

In het rapport 'Kennisleemtes versus uitvoering' (RH, 2002), is aangegeven dat het aanscherpen van rekenregels voor lange golfperiodes, naar verwachting 'baten' zal opleveren. Deze zijn overigens relatief beperkt: het gaat hier om het kleinste areaal (orde 35.000 m²) en een verwachte factor 2 op de baten.

In het Onderzoeksplan uit 2003 was een kleinschalig modelonderzoek voorzien en een toetsing aan de hand van Deltagootonderzoek.

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

De volgende activiteiten zijn uitgevoerd of gaande:

- 'Plan van Aanpak' (7.1.0) afgerond in november 2003 (Infram): is formeel en wordt hierna behandeld.
- Kleinschalig modelonderzoek in de Scheldegoot (7.1.1) meetrapport, zonder nadere analyse, uitgebracht in december 2003 (WL). Dit rapport is formeel en wordt hierna behandeld.
- Concept-rapport m.b.t. de analyse van het kleinschalige modelonderzoek(7.1.1), gerapporteerd door Klein Breteler en Coeveld, 2004 (de conclusies hiervan zijn in het Deltagootonderzoek, zoals hierna vermeld, geverifieerd).
- 'Verificatie van invloed van lange golven op stabiliteit van steenzettingen' in de Deltagoot (7.1.2). Een tweede concept-rapport is gereed (Wenneker et al., 2004) en zal nog formeel worden becommentarieerd.

De eindrapportage van zowel de aangegeven analyse als van de Deltagootproeven zal worden gecombineerd met het onderzoek naar de kwantificering van de golfklap op het talud (7.4.2). De uitkomsten worden hier als achtergrondinformatie gebruikt.

In het Plan van Aanpak worden de onderzoeksstappen systematisch en overzichtelijk behandeld, met vooral een technische invalshoek. In het plan is aangegeven dat het toetsen met Zsteen centraal staat. De huidige onderzoekslijn wijkt hier van af, zoals hiervoor aangegeven: deze is volledig gericht op de analyse van de kleinschalige proeven en de verificatieproeven in de Deltagoot.

In het kleinschalig modelonderzoek zijn de drukrandvoorwaarden bij lange golven gemeten, bij grote waarden van ξ_{op} en bij twee verschillende golfspectra. De proeven hebben geresulteerd in een representatief databestand van alle drukopnemers. Omdat dit voor Zsteen een te omvangrijk databestand is, is tevens een kleiner bestand opgeleverd dat bestaat uit de 'interessantste golven'. Deze selectie-methode is door WL ontwikkeld en geeft een hanteerbare database voor Zsteen. Overigens moet worden opgemerkt dat de meest maatgevende golven hier niet bij worden meegenomen, maar omdat het gaat om een vergelijkende studie (invloed lange golfperiodes ten opzichte van kortere golfperiodes), kan dit worden geaccepteerd.

In de analyse van het kleinschalig modelonderzoek is een (gunstige) afwijking van de '6 ξ_{op} -stabiliteitslijn' geconstateerd. Dit vormde de basis om de verificatieproef in de Deltagoot te starten.

De verificatie van de invloed van lange golven in de Deltagoot werd uitgevoerd op een talud van Hydroblokken. Dit onderzoek bevestigt de resultaten van het kleinschalig onderzoek: bij een toenemende waarde van ξ_{op} neemt de grootte van de golfklap af en neemt ook het maximale stijghoogteverschil over de toplaag af, mits $\xi_{op} > 2$ tot 3. Dit komt ook tot uiting in de goede stabiliteit van de Hydroblokken bij hogere waarden van ξ_{op} . In het rapport worden aanbevelingen gedaan voor het hanteren van hogere toelaatbare $H_g/\Delta D$ -waarden.

Het onderzoek heeft relatie met het onderzoek naar golfklap (§ 2.10) en zal gezamenlijk in één eindrapport worden ondergebracht. Daarbij hoort bovendien een onderzoek naar de onzekerheden in de meetresultaten.

Richting voor bijsturing

De invloed van lange golven betreft een invloedsaspect. De resultaten zijn veelbelovend voor open bekledingen (kleine leklengte). Als het beoogde onderzoek naar onzekerheden positief resultaat oplevert, kunnen op basis van de beschikbare resultaten hogere toelaatbare $H_g/\Delta D$ -waarden formeel worden vastgesteld. Vanzelfsprekend moet deze aanscherping worden beschouwd in samenhang met de andere invloedsaspecten voor toplaaginstabiliteit van standaard steenzettingen.

Aanvullend: wanneer het lukt om van Zsteen een betrouwbaar instrumentarium te maken (zie § 2.12), zal het ten eerste direct bruikbaar zijn om lange periodes mee te nemen in geavanceerde toetsing. Daarnaast kan ZSteen in dat geval gebruikt worden voor parameterstudies ter bepaling van een gedetailleerde methode.

2.8 Deelonderzoek 7.2: Stabiliteit van basalt

Onderzoeksplan april 2003

Basaltzetwerk is een relatief open bekleding. Vroegere proeven en praktijksituaties laten soms een relatief kleine stabiliteit zien van dit type bekleding. Een verklaring daarvoor wordt gezocht in het grote effect van golfklappen bij een matige inklemming. In het onderzoeksplan (2003) is daarom geconstateerd dat dit nader moet worden onderzocht, omdat basaltbekledingen in Nederland relatief veel voor komen en er thans geen goede toetsmethode is voor basaltbekledingen (de huidige lijkt een overschatting te geven). Er is hier dus sprake van een 'zorg'. Met name de slechtere stabiliteit t.o.v. bijvoorbeeld Basalton en Hydroblocks dient te worden opgehelderd.

De volgende stappen zijn daartoe in het Onderzoeksplan 2003 voorzien:

- Bureaustudie: uitgebreide heranalyse van eerder uitgevoerde proeven
- Deltagootonderzoek: schadeproeven
- Vaststellen nieuwe toetsmethode

Verder ligt er een relatie met Bewezen sterkte voor basalt (zie § 2.6).

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

Centraal staat het binnen het OKS uitgevoerde Deltagootonderzoek naar een basaltglooiing in 2003 (Eysink et al., 2003). Dit rapport heeft een formele status en is hierna kort samengevat. De analyse van deze proeven heeft ook tot een recent rapport geleid (Rudolph et al., 2005), dat thans door de TAW zal worden (of inmiddels is) behandeld. Deze analyse wordt hier als achtergrondinformatie gebruikt.

Binnen deelonderzoek 7.2 is ook een 'doorgolfproef' verricht met betonzuilen. Dat onderzoek is inhoudelijk niet direct relevant voor de kennisleemte Basalt, en wordt daarom bij deelonderzoek 4 (Reststerkte) behandeld.

Opgemerkt wordt dat een in het Onderzoeksplan voorziene bureau studie (uitgebreide heranalyse van eerdere proeven) niet meer van toepassing is; deze is inbegrepen in de analyse van de uitgevoerde proeven.

De schadeproeven in de Deltagoot zijn uitgevoerd op een basaltglooiing en een Basaltonglooiing, met als doel de stabiliteit van een basaltglooiing vast te stellen ten opzichte van een andersoortige zuilachtige bekledingen. De proeven hebben zowel voor wat betreft de stabiliteit van de basaltbekleding als van de Basaltonbekleding tot bruikbare gegevens geleid, tezamen met de drukmetingen (de drukmeters hebben vrijwel 100 % gefunctioneerd). Door het bereiken van de maximale golfcondities kon er overigens geen schade aan de Basalton-bekleding worden geconstateerd. De stabiliteit van de basaltbekleding bleek minder slecht dan gevreesd: er was nog geen schade bij een golfhoogte H_s van 1,2 m. Een eerste indruk is dat de volgens ANAMOS berekende stabiliteit nagenoeg wordt bereikt ($F = 5,5$ tot 6 t.o.v. 6 uit ANAMOS). Dit geldt overigens voor een golfsteilheid van $0,013$. Voor grotere steilheden is de stabiliteit beter. De stabiliteit van de Basaltonbekleding bleek hoger (er kon bij de in te stellen condities geen schade worden geconstateerd) en ligt boven de ANAMOS waarde ($F = > 6,8$ t.o.v. 6 uit ANAMOS). Ook werd geconstateerd dat de Basaltonglooiing minder benedenwaartse verschuiving te zien gaf dan de basaltglooiing.

Bij de analyse (Rudolph et al., 2005) van deze Deltagootproeven is de aandacht gericht op de leklengte (uit stijghoogtemetingen), de belasting op de glooiing bij het begin van schade en op de sterkte van de bekleding (klemming). De leklengte blijkt in werkelijkheid wat kleiner (30% gunstiger) dan volgens recente berekeningsmethoden. De stijghoogteverschillen zijn daarmee ook kleiner. De klemming blijkt na reparatie (of 'zetting' van de glooiing) bij basalt zeer goed te zijn; bij eerdere proeven was hiervan geen sprake. Basalton heeft minder onregelmatigheid, zodat de kans op zuiltjes met een slechte klemming kleiner is; dit kan de betere stabiliteit van Basalton verklaren. Een praktische conclusie is dat een basaltglooiing pas zijn grootste sterkte mobiliseert na zware golfbelasting, terwijl een Basaltonglooiing al snel na aanleg de eindsterkte zal bereiken. Ook kan worden gesteld dat de sterkte van een basaltbekleding sterk afhankelijk zal zijn van de kwaliteit van het zetwerk.

Richting voor bijsturing

Primair gaat het bij dit deelonderzoek om het afkaarten van de 'zorg' dat basalt slechter zou kunnen zijn dan volgens de rekenregels: aantonen dat de zorg onterecht is, of rekenmethodes opstellen die wél zeker veilig zijn. Uit de proeven blijkt het belang van een goede uitvoering van het zetwerk en van de levensduur. Wellicht is het mogelijk om de standaard regels toe te passen onder eisen ten aanzien van kwaliteit van de zetting en levensduur (bijvoorbeeld of de zetting al een stormbelasting heeft ondergaan). Het onderzoek moet zich dan richten op het vaststellen van praktisch bruikbare toetscriteria, gecombineerd met het vaststellen van zeker veilige rekenregels voor het geval niet aan de criteria wordt voldaan. Het eindbeeld dat momenteel in OKS wordt beoogd, past hierin: gebruik van de standaard-rekenregels onder GHW (goed ingegolfde situatie, en bovendien waar het merendeel van het basalt in Zeeland ligt), toepassing van een rekenregel met gereduceerde sterkte hoger op het talud.

Bij de vaststelling van de rekenregels moeten de gegevens uit de basaltproeven worden gebruikt, maar moet ook rekening worden gehouden met de bevindingen uit het spoor Bewezen sterkte (zie § 2.6) en uit het Havendammonderzoek dat binnen LOS is uitgevoerd. Bovendien moet nagegaan worden of onder GHW nog aanvullende voorwaarden nodig zijn om de standaard rekenregels te kunnen toepassen. Tenslotte moet wellicht aandacht worden besteed aan de onzekerheid dat basalt bij golfbelasting boven Deltagoot-omstandigheden wel eens onevenredig meer 'werking' zou kunnen vertonen. De verwerking van de nieuwe inzichten in rekenregels moet in ieder geval gebeuren in samenhang met de andere invloedsaspecten op het gebied van toplaaginstabiliteit van standaard steenzettingen.

Afhankelijk van de gekozen ontwikkelingsrichting voor de rekenmodellen (zie § 3.3.4) moet wellicht ook specifieke aandacht aan basalt worden besteed in de ontwikkeling van Zsteen of een eventuele analytische methode: 'ingegolfde basalt' zal worden getoetst met de (eventueel vernieuwde) rekenmethode van standaardbekledingen, maar voor 'niet-ingegolfde basalt' moet een rekenregel worden ontwikkeld die aan die methode gerelateerd is.

2.9 Deelonderzoek 7.3: Invloed van klemkracht op stabiliteit

Onderzoeksplan april 2003

Het doel van het OKS voor dit onderdeel is het vergroten van inzicht in de werking van klemming bij steenzettingen en het ontwikkelen van een eenvoudig in de praktijk te hanteren rekenmodel voor het kwantificeren van de klemming. In de huidige modellen wordt klemming niet expliciet maar wel impliciet meegenomen, maar dit gebeurt in combinatie met een bewuste onderschatting van de belasting. Het beoogde resultaat van het onderzoek zal dus niet onvoorwaardelijk leiden tot 'baten' in de zin van grotere berekende stabiliteit, maar wel tot een betere differentiatie en onderbouwing van de stabiliteit. In die gevallen dat er sprake is van extra klemming kan deze wel tot 'baten' leiden.

Het deelonderzoek richt zich op de twee onderzoekssporen die van oudsher voor klemming worden gevolgd: herleiden van klemmingsfactoren uit veldmetingen door statistische analyse van trekproeven, en ontwikkeling van rekenmodellen om het werkelijke bezwijkgedrag van een geklemde steenzetting te simuleren. In het Onderzoeksplan werden de volgende activiteiten onderscheiden:

- Analyse trekproeven en bepaling klemfactoren (7.3.1)

- Verbeteren numerieke mechanicamethoden (7.3.2)
- Analyse Deltagootonderzoek; bekijken van oude en nieuwe proeven waarin het stijghoogteverschil bij schade nauwkeurig is gemeten en hieruit werkelijk aanwezige klemming berekenen (7.3.3)
- Onderzoek bijzondere aspecten; aspecten als inwassing, invloed van bochten en tonrondte, belastingduur, etc. (7.3.4)
- Praktijkgericht rekenmodel maken en testen (7.3.5)

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

In de praktijk zijn de volgende activiteiten verricht:

- Invloed klemming, statistische analyse trekproeven (WL, december 2003);
- Laboratoriumonderzoek betreffende klemming van gezette steenbekledingen (Royal Haskoning, november 2004).

De statistische analyse van de trekproeven is de eerste stap van onderdeel 7.3.1, terwijl het laboratoriumonderzoek de eerste stap is van onderdeel 7.3.2. Uit de stukken blijkt dat binnen beide onderdelen nog aanvullende stappen nodig zijn. De onderzoeken verlopen globaal volgens de geplande opzet, maar vragen meer tijd dan ingepland. Voor de uitwerking van het mechanicamodel (vervolg op het laboratoriumonderzoek) zijn veldonderzoek, Deltagootproeven en bureaustudies nodig. De onderdelen 7.3.3 en 7.3.4 staan nog wel in de OKS-planning bij dit onderdeel, maar met de opmerking dat ze zullen worden uitgevoerd in andere deelonderzoeken.

In het recent gestarte Specialistenteam is een aanzet gemaakt voor de ontwikkeling van praktijkgerichte rekenmodellen (zowel onderzoeksgericht als voor de toetsingspraktijk). Tot een bepaald niveau zou klemming kunnen worden verwerkt in Zsteen (zuigermechanisme via een klemfactor per blok, kattenrugmechanisme door Zsteen ook te laten rekenen naar het evenwicht van groepen blokken), te gebruiken voor geavanceerde toetsing of als onderzoeksmodel. Daarnaast zou via parameterstudie een black-boxachtig of een analytisch model kunnen worden opgesteld. Zoals hiervoor genoemd zijn ter verificatie van het mechanicamodel nog veldproeven en bureaustudies nodig.

Richting voor bijsturing

Het verslag van het tweede Specialistenteam-overleg maakt duidelijk dat voor dit onderwerp kan worden toegewerkt naar praktijkgerichte eindresultaten. In het primaire plan speelt Zsteen een belangrijke rol: door klemming daarin te verwerken kan een verbeterd model voor geavanceerde toetsing en/of onderzoek worden gemaakt, en dat Zsteenmodel kan vervolgens worden gebruikt om analytische of empirische rekenregels op te stellen. Zoals eerder genoemd: de slaagkans daarvan hangt af van de (nog onzekere) slaagkans van Zsteen zelf, zie § 2.12. In § 3.3.4 staat een beschouwing over het benodigde vervolg ten aanzien van rekenmodellen, te beginnen met een go / no go-beslissing voor Zsteen en een vergroting van de focus op praktische modellen (minstens als parallelspoor).

Specifiek voor het aspect klemming is een nadere concretisering nodig van de activiteiten en het bijbehorende tijdspad tot aan bruikbare rekenregels, afhankelijk van de uitkomst van de go / no go beslissing over Zsteen. Vooralsnog wordt uitgegaan van de vervolgstappen die worden aanbevolen in het rapport van het laboratoriumonderzoek: veldproeven, bureaustudies en numerieke studies. Er zijn twee belangrijke relaties met andere onderzoeken:

- Relatie reststerkte en klemming: zoals in § 2.4 aangegeven is hierover meer duidelijkheid nodig in het kader van het faalproces, en bovendien is aanscherping nodig van de rekenregels voor de reststerkte van top- en granulaire laag voordat daadwerkelijk met klemming zal kunnen worden gerekend. In dit verband is ook van belang dat bij het klemmingsonderzoek aandacht wordt besteed aan de klemming van steenzettingen waaruit één of enkele toplaagelementen zijn verdwenen.
- Relatie met golfklaponderzoek: vooralsnog wordt het onderzoek naar klemming zó gericht dat de uitkomsten van het golfklappenonderzoek soepel kunnen worden ingevoegd in het mechanicamodel en dat hiervoor geen uitgebreid aanvullend onderzoek nodig zal zijn.

Uitvoeren van specifieke proeven naar klemming in de Deltagoot worden thans niet (meer) voorzien. Wel kan het nuttig zijn om flankerend aan bijvoorbeeld proeven naar reststerkte in de Deltagoot, ook metingen aan klemming te doen. Na afronding van de veldmetingen komende zomer, kan de wenselijkheid en scope van flankerende metingen goed worden aangegeven.

Een tijdige afronding van het aspect klemming lijkt, mede gezien de samenhang met reststerkte en golfklappen en de complexiteit, binnen het OKS sterk onder druk te staan.

2.10 Deelonderzoek 7.4: Invloed van golfklappen op stabiliteit

Onderzoeksplan april 2003

Het doel van het OKS voor dit onderdeel is het verkrijgen van kwantitatieve kennis over het golfklap-faalmechanisme van steenzettingen en op basis daarvan het ontwikkelen van een golfbelastingsmodel, ter ondersteuning van de ontwikkeling van een rekenmodel. De ontwikkeling van het rekenmodel zelf valt buiten dit deelonderzoek; hier ligt een relatie met deelonderzoek Zsteen (zie § 2.12). Er is ook een inhoudelijke relatie met het onderzoek naar klemming (zie § 2.9). Het beoogde model zou kunnen leiden tot 'baten' doordat daarmee aanscherping mogelijk zal zijn ten opzichte van de nu gehanteerde empirische $6\xi_{op}$ -regel.

Het deelonderzoek richt zich op twee onderzoekssporen: kwantificering van de golfklap als functie van golfcondities en taludhelling (ook relevant voor ingegoten steenzettingen), en kwantificering van het stijghoogteverschil als gevolg van de golfklap. Het onderzoeksplan bevat in lijn daarmee de volgende onderdelen:

(7.4.1)

- Kwantificering van de golfklap op het talud (7.4.2)
- Theorie voor impulstransmissie en stijghoogteverschil over de toplaag (7.4.3)

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

In de praktijk zijn de volgende activiteiten verricht:

- Literatuurstudie (WL, november 2003);
- Software-ontwikkeling en toepassing voor kwantificering van golfklappen (WL, december 2003).
- Kwantificering golfbelasting op steenbekledingen (concept, WL, oktober 2004).

Het onderzoek heeft relatie met het onderzoek naar lange golfperiodes (§ 2.7) en zal gezamenlijk in één eindrapport worden ondergebracht. Daarbij hoort bovendien een onderzoek naar de onzekerheden in de meetresultaten.

Op basis van het conceptrapport van WL uit oktober 2004 is duidelijk dat het een vervolg betreft van het onderzoek 'software-ontwikkeling'. Er zijn relaties gelegd tussen verschillende belastingparameters en het maximaal gemeten stijghoogteverschil, met hoopgevende resultaten. Er is nog een vervolgstap nodig om de nauwkeurigheid van de meetresultaten en trends vast te stellen. Bij positief resultaat zou een volgende stap kunnen bestaan uit verwerking van een nieuw belastingmodel in Zsteen en wellicht ook in ANAMOS (rechtstreeks, of via parameterstudie met Zsteen).

Over het oorspronkelijk geplande onderdeel 7.4.3 wordt in de stukken gemeld dat vooralsnog geen onderzoek nodig is, omdat naar verwachting kan worden volstaan met de leklengte-theorie.

Richting voor bijsturing

De rapporten laten zien dat er voor dit onderwerp zicht is op een bruikbare rekenmethode (nieuw belastingmodel voor golfklapmechanisme). De bestaande plannen richten zich met name op toepassing in Zsteen, en vervolgens vertaling daarvan in een rekenmethode van gedetailleerd niveau. Zoals eerder genoemd: de slaagkans daarvan hangt af van de (nog onzekere) slaagkans van Zsteen zelf, zie § 2.12. In § 3.3.4 staat een beschouwing over het benodigde vervolg ten aanzien van rekenmodellen, te beginnen met een go / no go-beslissing voor Zsteen en een vergroting van de focus op praktische modellen (minstens als parallelspoor).

Specifiek voor het aspect golfklap is de go/no go beslissing over ZSteen (zie § 2.12) cruciaal voor het vervolg. Bij een positief resultaat kan, na de go / no go beslissing, een concreet pad naar aangescherpte rekenregels worden uitgestippeld. Bij een negatief resultaat (ZSteen niet geschikt voor golfklapmechanisme) moet een stap terug worden gezet, en zou waarschijnlijk moeten worden teruggevallen op een alternatieve analytische methode, onder gebruik making van een andere theorie (impulstransmissie-theorie, zie ook verder bij Zsteen). De benodigde werkzaamheden en doorlooptijd in dat scenario zijn op dit moment nog niet te overzien, maar het scenario is niet onrealistisch. Aanbevolen wordt daarom om zo spoedig mogelijk een verkenning van deze route te starten en daarmee niet te wachten tot de go / no go-beslissing t.a.v. ZSteen.

2.11 Deelonderzoek 7.5: Invloed van dichtslibbing

Onderzoeksplan april 2003

In het Onderzoeksplan (2003) is aangegeven dat nadere studie van het effect van dichtslibbing van belang is voor dichtgeslibde (of ingezande) steenzettingen en ook voor gepenetreerde steenzettingen met een dichtgeslibde ondertafel. Daarbij moeten twee situaties worden onderkend: één waarbij geen slib uitspoelt en één waarbij wel slib uitspoelt. Belangrijk is in die situaties inzicht te krijgen in de drukken in de filter- en toplaag en in de sterkte van de toplaag (klemming).

Het effect van dichtslibbing is een lastig onderwerp, omdat het dichtgeslibde materiaal in meerdere of mindere mate kan uitspoelen uit de toplaag en/of de filterlaag. In het Onderzoeksplan zijn een aantal sporen en ideeën aangereikt, en een logische volgorde voor het uitvoeren van de studies. Daaruit komen een vijftal stappen naar voren:

- Voorstudie
- Infiltratieproef
- Aanzet voor modelvorming
- Onderzoek naar belasting en sterkte toplaag
- Verificatie van rekenmodel

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

Om nut en noodzaak van een dergelijk onderzoek beter in beeld te brengen heeft de Werkgroep Kennis een peiling onder beheerders laten uitvoeren (Provoost et al., 2003). Een saillante uitkomst is dat dichtgeslibde bekledingen vaak worden geconstateerd, maar doorgaans alleen op de lagere delen van de dijk. De indruk is dat wanneer de bekleding eenmaal is dichtgeslibd, dit ook zo blijft. Op grond van deze peiling is geconcludeerd dat opstarten van onderzoek zinvol is, waarbij eerst de vraag dient te worden beantwoord of dichtslibbing ook onder maatgevende omstandigheden aanwezig is. Indien dit zo is, dan is verdere aanscherping mogelijk.

In de rapportage van de Voorstudie door de Werkgroep Kennis (Bosters et al., 2003) is voorgaande peiling integraal opgenomen en wordt verder ingegaan op het fenomeen inslibbing, inclusief hypothese en suggesties voor onderzoek. Inslibbing is positief wanneer dit het filter betreft; omgekeerd is de situatie van een dichtgeslibde toplaag met een (nog) doorlatend filter ongunstig, maar dit komt waarschijnlijk niet voor. Belangrijke vraagpunten zijn: de duur van inslibbing, de (on)omkeerbaarheid, sedimentatie versus cementatie, samenstelling en doorlatendheid van inslibbing. Inslibbing zou kunnen ontstaan door verstopping (langzame dichtslibbing) en sedimentatie (snelle maar mogelijk minder duurzame dichtslibbing). Bij de gevolgen van inslibbing moet onderscheid worden gemaakt in verstopping van toplaagspleten met een open filter (kans op opdrijven toplaag, maar wel minder dan bij ingegoten bekleding) en filter geheel dichtgeslibd (goede stabiliteit, echter onzeker effect van golfklap op enigszins losliggend element). De getijwerking zal naar verwachting belangrijk zijn, zeker ook wat betreft de duurzaamheid van inslibbing. In het rapport worden suggesties voor nader onderzoek gedaan, waaronder uitgebreid veldonderzoek.

Eind 2004 zijn Infiltratieproeven op ingeslibde bekledingen uitgevoerd op een aantal proeflocaties (Bosters, 2004). De rapportage is in concept beschikbaar en de uitkomsten worden hierna kort samengevat.

Geconstateerd werd dat de inzanding van de toplaag (proef Vlissingen) in de tijd sterk wisselde en dat toplaag en filter altijd op dezelfde wijze zijn ingeslibd. Ook de maximale overdruk in het filter wisselde zeer sterk. Vaak traden zandvoerende wellen op, vooral aan de teen, maar ook kleinere tussen de bekleding. Ook werd opdrijven van de bekleding geconstateerd (de toplaag kwam 4 tot 15 mm omhoog).

Een conclusie is dat erosie van de inslibbing tijdens maatgevende omstandigheden waarschijnlijk is. Dit kan tot gevolg hebben dat het maatgevende mechanisme tijdens een storm verandert. Een andere conclusie is dat het voorspellen van zowel inslibbing als het erosiegedrag zeer moeilijk is en dat van mogelijke meerdere maatgevende mechanismen te worden uitgegaan. Belangrijk is vast te stellen waar de grenzen liggen van deze verschillende mechanismen liggen in relatie tot de inslibbing, gerelateerd aan de leklengte. Als deze bekend zijn zal duidelijk worden in welke categorie ingeslibde bekledingen vallen.

In het overleg met het Specialistenteam van 9 februari 2005 is aangegeven dat een verdere discussie nodig is, met als aspecten: de duurzaamheid van de inslibbing, de kanaalvorming onder de toplaag, en de variatie van inslibbing over de hoogte van het talud.

Richting voor bijsturing

Aan de hand van het uitgevoerde onderzoek is er thans meer inzicht verkregen, maar ook is duidelijk geworden dat inslibbing een complex en allesbehalve statisch fenomeen is.

De crux is toch wel dat er waarschijnlijk niet op kan worden gerekend dat inslibbing tijdens extreme omstandigheden blijft zitten (geen 'baten'), en áls dit wel zou kunnen worden aangetoond zou de haalbare aanscherping bovendien beperkt zijn. Anderzijds zijn er ook geen redenen dat inslibbing 'zorgen' oplevert (dichte toplaag en open filter is zeer onwaarschijnlijk).

Er resteren nog een tweetal acties:

- ANAMOS sommen om de haalbare winst in te schatten, mocht het alsnog tot 'baten' leiden (en om vervolgonderzoek te motiveren);
- Veldbezoek en – analyse Zeeuws Vlaanderen over aantoonbaarheid permanente inslibbing.

Het is overigens niet waarschijnlijk dat beide acties positief zullen uitpakken. Mocht dit toch zo zijn dan dient het onderzoek te worden voortgezet. Naar verwachting kan het onderzoek hierna echter worden afgerond en gestopt. Dit betekent een expliciete go / no go beslissing na afloop van voornoemde acties, waarbij het vooralsnog op een no go lijkt aan te komen.

In de vigerende rekenregels (TRS/VTV) wordt nu nog op verschillende manieren rekening gehouden met inslibbing, en in alle gevallen betreft dat het doorschuiven van het 'probleem' naar geavanceerde toetsing, door verbreding van de twijfelachtig-zone. Bij de afronding van dit deelonderzoek moet vastgesteld worden hoe de bevindingen in de regels kunnen worden verwerkt (bijvoorbeeld geheel verwijderen van inslibbing uit de rekenregels gecombineerd met een aanbeveling dat de beheerder er, indien relevant, rekening mee kan houden bij zijn beheerdersoordeel).

Overigens moeten ook de bevindingen in dit onderzoek (naar verwachting dat inslibbing verwaarloosbare invloed heeft op de sterkte) worden meegenomen in de samenhangende analyse ter vaststelling van de nieuwe rekenregels.

2.12 Deelonderzoek 8.1: Ontwikkeling Zsteen

Onderzoeksplan april 2003

Het doel van het OKS voor dit onderdeel is het doorontwikkelen van Zsteen tot een volwaardig en gevalideerd toetsings- en ontwerpgeroepschap. De voornaamste 'baten' moeten volgen uit de ontwikkeling van een rekenmethode voor de open bekledingen (het merendeel van de aanwezige bekledingen), waarvoor op dit moment alleen de black-boxachtige '6 ξ_{op} -regel' geldt. Concreet richt het onderzoek zich op drie onderwerpen:

- Aantonen bruikbaarheid voor open bekledingen
- Verbeteren van bestaande fouten en onnauwkeurigheden
- Vaststellen van een stabiliteitscriterium.

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

In de praktijk zijn de volgende activiteiten verricht:

- Afronding Zsteen versie 1.8 (GD, september 2003);
- Testen van Zsteen versie 1.8 (WL, december 2003);
- Ontwikkeling versie 1.9 en 2.0 (GD, geen verdere info beschikbaar);

- Onderzoek m.b.t. nauwkeurigheid Zsteen bij golfklappen (WL, onderzoek gestart begin 2005).

De vier beoogde onderzoeksstappen zijn in de praktijk niet conform het Plan lineair volgordelijk uitgevoerd, maar cyclisch–iteratief, door ontwikkeling van 3 achtereenvolgende Zsteen-versies, waarin steeds enkele verbeterpunten zijn aangepakt. De test van versie 1.8 door WL kan worden gezien als één van de aanleidingen voor de verbeterlagen. Stap 1 van het Onderzoeksplan (aantonen bruikbaarheid voor open bekledingen) werd in het Onderzoeksprogramma omschreven als een eerste stap met een go/no go karakter voor het verdere programma. In de praktijk heeft de nadruk in het begin gelegen op de concrete verbeterpunten en –acties, zodat pas eind 2004 het onderzoek van onderdeel 8.1.1 is gestart. Een eerste stap daarvan wordt binnenkort afgerond, maar op dat punt zullen vervolgstappen nodig zijn.

Richting voor bijsturing

De onderzoeksresultaten en de OKS-stukken geven aan dat het beoogde doel (volwaardig en gevalideerd rekengereedschap) nog lang niet bereikt is, en dat nog niet vaststaat of dit doel haalbaar is. Het go / no go-karakter van de geplande stap 1 lijkt in de praktijk niet te zijn gehandhaafd, maar het verdient aanbeveling om desondanks, met behulp van de nu lopende WL-validatie, een zorgvuldige beslissing te nemen welke verdere ontwikkeling gewenst is. Afronding van dit rapport wordt in het voorjaar van 2005 verwacht; het is waarschijnlijk dat de validatie niet direct een zwart-wit antwoord mogelijk maakt. Desondanks wordt met nadruk aanbevolen om een heldere go / no go beslissing te nemen.

De go / no go beslissing betreft de principiële toepasbaarheid van ZSteen voor het golfklapmechanisme, en heeft gevolgen voor twee aspecten van ZSteen: de haalbaarheid als gereedschap voor geavanceerde toetsing, en het gebruik als onderzoeksmodel.

Voor ZSteen als toetsmodel is het gevolg van de go / no go beslissing helder:

- Bij een ‘go’ moeten zo snel mogelijk de onderzoeken worden opgestart die nodig zijn om werkelijk met ZSteen te kunnen toetsen: verbeteren van resterende fouten, opstellen van het stabiliteitscriterium, verbetering van golfinvoer (selectieprocedure, analyse verschillen grootschalige en kleinschalige proeven), validatie.
- Bij een ‘no go’ moet alle aandacht worden gericht op het opstellen / verbeteren van eenvoudige en gedetailleerde rekenregels, waarbij met name golfklap kritiek lijkt te zijn, zie § 2.10.

Zie verder § 3.3.4 voor de integrale bijsturingadviezen t.a.v. rekenmodellen.

Voor ZSteen als onderzoeksmodel zijn de gevolgen minder zwart-wit, maar wel zeer significant:

- Bij een ‘go’ kunnen met terugwerkende kracht analyses worden uitgevoerd waarbij niet alleen de invloed van buiten (de golfkrachten op het talud) maar ook de invloed op de sterkte (blokbeweging) wordt vastgesteld (bijvoorbeeld bij lange golfperiodes, golfklappen en open constructies als basalt). Dit zou nog binnen het OKS kunnen leiden tot verbetering van de onderzoeksresultaten voor de betreffende invloedsaspecten.

- Bij een 'no go' is de verdere rol van Zsteen in het OKS zeer beperkt. Zsteen kan in dat geval nog steeds nut hebben als gereedschap bij bepaalde geavanceerde toetsingen en als onderzoeksmodel voor trendbepaling (zoals met succes gehanteerd bij scheve golfval), en wellicht zal het binnen die beperking nog een zekere rol kunnen spelen binnen het OKS.

In § 3.3.4 wordt hierop verder ingegaan.

2.13 Deelonderzoek 8.2: Golfdrukken bepalen met Skylla

Tekst Onderzoeksplan april 2003

Het doel van het OKS voor dit onderdeel is het doorontwikkelen van Skylla tot een model waarmee drukrandvoorwaarden kunnen worden berekend. In deze zin kan Skylla praktisch invoerbestanden voor Zsteen aanleveren, als alternatief voor gemeten golfdrukbestanden. De mogelijke baten zijn indirect: ze zouden kunnen volgen uit het verbeteren van de bruikbaarheid van Zsteen (zie § 2.12), maar dat wordt pas verwacht 'in de tweede helft van dit decennium'. Er is bewust besloten om de ontwikkeling van Skylla te ondersteunen met het oog op dit langere-termijn doel. Concreet stelt het Onderzoeksplan de volgende activiteiten voor:

- Vergelijken van berekende resultaten met metingen (8.2.1)
- Ontwikkelen van methodiek voor golvenselectie (8.2.2)
- Inhoudelijke verbeteringen voor het vergroten van de nauwkeurigheid (8.2.3)
- Verificatie met behulp van metingen (8.2.4)
- Koppeling aan Zsteen realiseren (8.2.5).

In het Onderzoeksplan werd ingeschat dat binnen het OKS de eerste 2 en een deel van stap 8.2.3 zou kunnen worden gerealiseerd.

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

In de praktijk is de volgende activiteit verricht:

- Bepaling golfdrukken met Skylla – Vergelijking van berekende resultaten met metingen (WL, maart 2005).

Dit onderzoek komt overeen met de geplande stap 8.2.1. Het onderzoek is sterk gericht op de parameters die een rol spelen bij golfklap. De hoofdconclusie is dat het gerechtvaardigd lijkt om de ontwikkeling van Skylla voort te zetten, alhoewel Skylla (zoals verwacht) nog niet direct toepasbaar is. De positieve hoofdconclusie wordt vooral gebaseerd op de bevinding dat de stijghoogtes uit de Skyllaberekeningen redelijk overeenkomen met gemeten waarden. Er is ook een vergelijking gemaakt tussen de blokbewegingen die ZSteen uitrekent met Skylla-golfdrukbestanden en met gemeten golfdrukken; deze verschillen zijn aanzienlijk, maar dat lijkt verklaarbaar.

De actuele planning bevat nog steeds de stappen uit het Onderzoeksplan, maar in afwachting van de Evaluatie en bijsturing is een volgende stap nog niet expliciet gepland.

Richting voor bijsturing

Skylla heeft een bestaansrecht los van Zsteen, omdat het (op termijn) drukrandvoorwaarden kan genereren, als alternatief voor het uitvoeren van golfproeven. Niettemin is voor het OKS de koppeling met Zsteen het meest relevant en bij een 'go' beslissing voor Zsteen is het nuttig de ontwikkeling van Skylla volgens de ingeslagen weg voor te zetten. Bij een 'no go' beslissing ligt het voor de hand om de ontwikkeling van Skylla binnen OKS te herbezielen en wellicht op een lager pitje te zetten. Geheel stoppen lijkt vooralsnog niet wenselijk: bij de ontwikkeling gaat om een beperkte inspanning, zonder capaciteitsconflict met andere OKS-onderzoeken, en enige doorontwikkeling lijkt nuttig, mede met het oog op autonome toepassing van Skylla op termijn

2.14 Deelonderzoek 9: Onderzoek naar met asfalt ingegoten gezette steenbekledingen

Onderzoeksplan april 2003

Het doel van dit onderzoek is volgens het Onderzoeksplan het onderbouwen van het vermoeden, op basis van praktijkervaring, dat de stabiliteit van met asfalt ingegoten bekledingen aanzienlijk beter is dan standaard steenzettingen. Het gaat hierbij om goed ingegoten bekledingen (tenminste 10-15 cm diep tussen de spleten van de elementen). Dit vermoeden wordt gesterkt door de in de periode 2001 tot 2003 uitgevoerde veldproeven (infiltratieproeven) en bureaustudies.

Feitelijk wordt het faalmechanisme nog niet goed begrepen. Verondersteld wordt dat de toplaag kan worden opgedrukt, waarna er piping onder de bekleding zou kunnen optreden en/of de samenhang verloren zou kunnen gaan. De ervaring doet vermoeden dat een progressief faalmechanisme echter niet zal optreden, omdat er in de praktijk al gauw een 'ventiel' (drukontlasting) kan ontstaan.

Nadere aanscherping van toetsregels is voor met name ingegoten steenbekledingen van groot belang. Het gaat hierbij om een areaal van meer dan 700.000 m² en een geschatte batenfactor van 160 (RH, 2002).

Uitvoering van het in het Onderzoeksplan aangegeven onderzoek moet leiden tot een goed toepasbaar rekenmodel, rekening houdend met de belasting door statische overdruk en door golfbelasting. Het onderzoeksplan geeft daartoe een 10 -tal onderzoeksstappen.

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

Tot op heden is het oorspronkelijke programma maar voor een deel uitgevoerd en verder is het programma sterk gewijzigd. Deze wijzigingen zijn overigens nog niet in de planning Versie 5 doorgevoerd.

Thans zijn de volgende rapporten/notities beschikbaar:

- Rapport 'Toetsing ingegoten bekledingen, bestaande kennis en kennisleemten' (GeoDelft, 2003); dit rapport heeft een formele status en is hierna kort samengevat;
- Notitie DWW van 20 november 2003, met daarin een discussie/brainstorm over de stand van zaken op dat moment;
- Rapport 'Waterlaagje bij ingegoten bekledingen' (DWW, september 2003); dit rapport heeft een formele status en is hierna kort samengevat;
- Notitie DWW van 10 oktober 2004 'Terugmelding onderzoek ingegoten bekledingen' t.b.v. de TAW-KBS.

Algemene conclusie van het rapport van GeoDelft is dat ingegoten bekledingen sterker zijn dan de huidige toetsingsregel (statische overdruk). Bezwijken van de bekleding door alleen overdruk lijkt niet waarschijnlijk. Wel kan opdrijven optreden. Om dit opdrijven tegen te gaan, dan wel te beperken, kan een waterslot worden aangebracht. Verder lijkt een dichtgeslibde granulaire laag schoon te kunnen spoelen (indien dit niet het geval zou zijn, zou de overdruk beperkt blijven). Een mogelijk gevaarlijke situatie kan zich voordoen als de filterlaag van de boventafel relatief open is en daaronder een afdichting aanwezig is. In het rapport wordt aanbevolen toetsing op te schorten totdat meer inzicht is verkregen.

In de notitie van DWW van 20 november 2003 wordt de conclusie getrokken dat de belangrijkste onzekerheid ligt in het effect van de golfklap, in combinatie met een opdrijvende top laag. Hiertoe denkt men in de notitie aan belastingsproeven bij de TUD.

In het rapport 'Waterlaagje bij ingegoten steenzettingen' (Bosters, september 2004) wordt langs analytische weg eerst verder ingegaan op het al dan niet optreden van een waterlaagje en de karakteristieken ervan. De resultaten van het rapport leiden tot de conclusie dat enerzijds mogelijk een waterslot dient te worden toegepast en dat anderzijds er nog een golfklapproef moet plaatsvinden op een bestaande bekleding.

In de 'Terugmelding onderzoek ingegoten bekledingen' door DWW t.b.v. de TAW-KBS van oktober 2004, wordt geconcludeerd dat bij een homogeen talud een representatieve veldproef ook op de ondertafel kan worden uitgevoerd. Verder wordt gesteld dat de ingieting tenminste 15 cm moet bedragen. In de terugmelding wordt de mogelijkheid uitgewerkt van een golfklapproef in de Deltagoot en op een bestaand talud, waarbij nog geen keuze voor één van beide wordt gemaakt.

In de interviews in het kader van dit rapport heeft discussie plaatsgevonden over het toetsen van de (mogelijk) dichte asfaltbekleding bij ingegoten bekledingen. Er zou daarbij wellicht van een vermoeiingsmechanisme sprake kunnen zijn (naar analogie van toetsing van asfaltbekledingen). Door de deskundigen wordt echter aangegeven dat deze analogie niet opgaat: bij het ontstaan van scheuren wordt hier een probleem opgelost en de integriteit van de ingegoten steenzetting loopt geen gevaar, terwijl asfalt juist bezwijkt bij het ontstaan van scheuren.

Richting voor bijsturing

De vraag of een ingegoten bekleding kan opdrijven is dank zij het onderzoek geheel beantwoord: dit kan zeker gebeuren, waarschijnlijk zelfs onder (min of meer) dagelijkse omstandigheden. Ook met een waterslot is opdrijven bij een volledig gesloten bekleding mogelijk niet uit te sluiten, maar het opdrijven zal er wel sterk door worden beperkt. Het statisch opdrijven lijkt overigens niet een groot probleem. Er zijn in deze dus 'baten' te verwachten.

Er blijft wel onzekerheid bestaan over het gecombineerde effect van opdrijven en golfklap. Deze relatieve 'zorg' dient verder te worden weggenomen door uitvoering van het beoogde onderzoek: daarbij moet ons inziens voor de Deltagoot worden gekozen. De uitkomsten zullen tot een concrete rekenmethode moeten leiden, waarbij de bestaande steenzettingenmethodiek mogelijk niet voldoet. Er zal waarschijnlijk een nieuwe opzet nodig zijn. Hierbij kan ook de principiële hiërarchie worden gevolgd, van eenvoudig naar gedetailleerd naar geavanceerd.

Na vaststelling van de rekenmethode op basis van de Deltagootproef zal een bepaald deel van de ingegoten steenzettingen kunnen worden goedgekeurd, maar voor een ander deel zal nog steeds geen uitspraak mogelijk zijn. Aanbevolen wordt om op dat moment na te gaan of nader onderzoek zinnig is (via een beperkte kosten-batenanalyse, kijkend naar de resterende vakken) en of dat binnen OKS nog mogelijk is. Specifiek voor dit deelonderzoek is dit mogelijk omdat ingegoten bekledingen een geïsoleerd onderwerp vormen.

Als uit de Deltagootproef blijkt dat opdrijven in combinatie met golfklap tóch vaak maatgevend is, lijkt het zinvol te bezien of er eenvoudig te bepalen voorwaarden zijn waarbij het mechanisme 'opdrijven' niet zal optreden. Voorwaarden kunnen bijvoorbeeld de volgende combinaties of afzonderlijke condities zijn: de aanwezigheid van een goed functionerend waterslot, open teenconstructie, gaten/gaatjes die aantoonbaar niet dichtslibben. Voor het vaststellen van de criteria hiervoor lijkt aanvullend veldonderzoek nodig.

2.15 Deelonderzoek 10: Onderzoek naar Noorse stenen

Onderzoeksplan april 2003

Noorse steen (grote zwerfstenen en/of Noorse breuksteen op een open granulair filter), zijn 100 tot 200 jaar geleden langs dijken van IJsselmeer, Markermeer en Waddenzee aangebracht. Ze bevatten cultuurhistorische waarde, waardoor men ze liever niet wil vervangen.

Verder bleek uit de studie 'Kennisleemtes versus uitvoering' (RH, 2002) dat de batenfactor van Noorse steen zeer hoog is (155), terwijl er een redelijk areaal aanwezig is (128.000 m²).

Toetsing vindt thans plaats met een enkellaags breuksteenmodel, met volledig losgeplaatste stenen en Noorse steen komt daarmee vaak niet door de toetsing. De stellige indruk is dat er in de praktijk doorgaans wel enige haakweerstand zal worden gemobiliseerd; verder oogt een glooiing met Noorse steen meer als een gezette steen glooiing dan als een losgestorte breuksteenglooiing. Daarmee zou Noorse steen wellicht volgens een zetsteenmodel kunnen worden getoetst, wat een belangrijke aanscherping zou betekenen (vooral voor $\xi_{op} < 2,0$ voor het gebied tussen 'twijfelachtig' en 'goed').

In het Onderzoeksplan (Fugro, 2003), worden de volgende onderzoeksstappen onderkend: een herbeschouwing van het faalcriterium, inventarisatie, keuze benaderingswijze en eventueel een eenvoudig modelonderzoek en zonodig een Deltagootproef.

Uitgevoerde activiteiten en huidige status Plan

Het verloop van het onderzoek wijkt hier wat van af en de volgende stappen zijn thans gerealiseerd.

- Plan van aanpak Noorse steen / inventarisatie (Infram, 2003): heeft formele status en wordt hier kort samengevat.
- Opstellen concept-toetsmethode (Infram, concept augustus 2004): heeft nog geen formele status en is hier als achtergrondinfo gebruikt.

Verder is er een sterke relatie met de case-study Bewezen sterkte voor Noorse steen, zie § 2.6.

Het Plan van aanpak / de inventarisatie kan als volgt kort worden samengevat. De beheerders geven aan dat de ervaring met Noorse steen doorgaans goed is. Doordat

Noorse steen niet goed gezet kan worden, zijn in de openingen tussen de stenen 'kopstukken' geslagen. Verder bevindt de Noorse steen zich bij de Waddenzeedijken onder de maatgevende waterstand. De uit de afmetingen geschatte nominale diameter ligt, afhankelijk van de locatie, tussen circa 0,35 m en 0,60 m. Soms zijn bekledingen met Noorse steen ook gepenetreerd, overigens is het niet altijd duidelijk waarom. De gradering kan redelijk breed zijn. De filterlaag bestaat, voor zover is na te gaan, veelal uit puin, waaronder klei of veen.

De huidige toetsmethode geldt voor 'plunging waves' ($\xi_{op} < 3,6$). Het blijkt dat er vooral voor $\xi_{op} < 2,0$ er 'baten' zijn te behalen wanneer Noorse steen als steenzetting kan worden getoetst (daarboven lopen beide methoden vrijwel gelijk).

De volgende onderzoeksstappen zijn in het Plan van aanpak / inventarisatie voorgesteld:

- Afronden inventarisatie, gericht op een betere vaststelling van de representatieve afmetingen en van de golfcondities (met name bandbreedte van ξ_{op}).
- Bewezen sterkte spoor verder uitwerken, gelet op de zwaardere belastingen die vroeger in de Zuiderzee op de dijken eromheen optraden. De uitkomst hiervan kan bepalend zijn voor het al dan niet uitvoeren van verdere stappen.
- Kwalitatieve vergelijking van Noorse steen, breuksteen en een steenzetting.
- Kwantificering van de stabiliteit aan de hand van de hiervoor verkregen uitkomsten.
- Opstellen van een toetsformule voor Noorse steen en toepassen op een casus (niet niet goedgekeurd dijkvak, waarvoor goede massaverdeling moet worden bepaald).

De voorgestelde concept-toetsmethode (Infram, concept augustus 2004) richt zich vooral op het ontwikkelen van een methodiek om de afmetingen van Noorse steen beter te kunnen vaststellen en op een nadere inventarisatie van de langs de Noordhollandse IJsselmeerkust en de Friese kust voorkomende glooiingen met Noorse steen.

Aansluitend wordt een nieuwe toetsregel voorgesteld, op basis van theoretische overwegingen en experimenteel onderzoeksmateriaal. Deze nieuwe toetsregel lijkt haalbaar, mede op basis van de uitkomsten van de case-study naar Bewezen sterkte.

Bij de case-study Bewezen sterkte Noorse steen (Infram, 2004) is sprake van een ondergrens-benadering: de stormen waren in het verleden niet zwaar genoeg om schade te kunnen veroorzaken. Bij de hindcast is verder de met SWAN voorspelde golfhoogte voor de zeekering van de Waddenzee te laag ingeschat, omdat het voorland ter plaatse vroeger lager is geweest. Een betere inschatting van de golfbelasting op de Waddenzeekering met Noorse steen hoog op het talud, met het destijds aanwezige voorland, kan hier uitsluitsel over geven. Ook zal nog een kleine aanvullende studie naar de invloed van het kleine openingspercentage (vergeleken met breuksteen) worden uitgevoerd en zal het bezwijkgedrag vanuit het gedrag van een steenzetting worden beschouwd.

Richting voor bijsturing

Door de deskundigen wordt aangegeven dat de nieuwe toetslijn (Infram (2004) haalbaar lijkt, nadat de hiervoor genoemde aanvullende werkzaamheden zijn uitgevoerd. De volgende stap is het formeel vaststellen van de nieuwe toetsregel.

Opgemerkt wordt dat een verdere doorkijk naar reststerkte van de toplaat bij Noorse steen niet haalbaar lijkt, omdat hieromtrent geen historische gegevens beschikbaar zijn.

3 INTEGRALE BESCHOUWING

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de onderlinge verbanden tussen de deelonderzoeken zoals beschreven in Hoofdstuk 2, uitmondend in een integrale beschrijving van de bijsturingsrichting. Concretisering in activiteiten vindt plaats in Hoofdstuk 4.

3.2 Samenhang van de deelonderzoeken

De onderwerpen van de verschillende deelonderzoeken zijn divers en bestrijken verschillende dimensies van de steenzettingenproblematiek, die elkaar op steeds verschillende wijze overlappen:

- Typen steenzettingen;
- Faalmechanismen;
- Rekenmethodes;
- Fysieke invloedsaspecten.

Er zijn verschillende manieren mogelijk om het complexe geheel van de deelonderzoeken te structureren en visualiseren. In de bovengenoemde opsomming is een zekere hiërarchie aanwezig, in lijn met de praktische werkwijze bij ontwerp en toetsing: voor elk type steenzettingen geldt een aantal faalmechanismen, die elk met een aantal rekenmethodes kunnen worden afgehandeld (eenvoudig, gedetailleerd, geavanceerd), en waarbij verschillende fysieke invloedsaspecten een rol spelen. Het merendeel van de onderzoeken in het OKS heeft te maken met:

- Type Standaard steenzettingen
- Faalmechanisme Toplaaginstabiliteit plus daaropvolgende erosie.

Het betreft de onderzoeken 1, 3, 4, 5, 6, 7 en 8. Op dit gebied liggen de meeste verbanden en is een integrale beschouwing het meest relevant. Deze beschouwing wordt behandeld in § 3.3.

De overige kennisleemten / onderzoeken hebben wel onderlinge verbanden, en ook verbanden met de onderzoeken in § 3.3, maar deze verbanden zijn beperkt en eenvoudiger. Het betreft Afschuiving (2), Noorse steen (9) en Ingegoten bekledingen (10). Hierop wordt apart ingegaan in § 3.4.

Voorgesteld wordt om de structuur van het OKS volgens deze indeling te herzien. De onderzoeken over toplaaginstabiliteit plus daaropvolgende erosie voor standaard steenzettingen (deelonderzoeken 1, 3, 4, 5, 6, 7 en 8) worden aangeduid als groep A (zie § 3.3). Daarnaast worden groep B (standaard steenzettingen, overige mechanismen) en groep C (andere typen steenzettingen) onderscheiden (zie § 3.4).

3.3 Standaard steenzettingen, toplaaginstabiliteit plus reststerkte

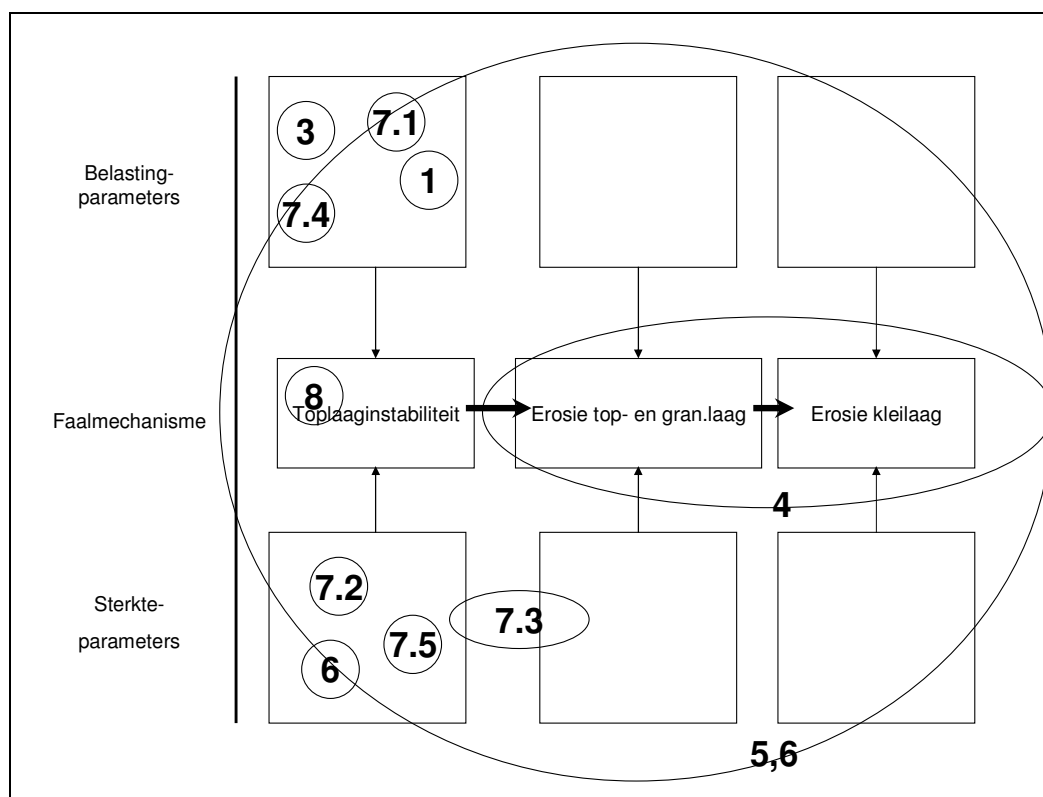
3.3.1 Structuur van het onderzoeksprogramma

Deze paragraaf geeft de integrale beschrijving van de bijsturingsrichting voor de volgende deelonderzoeken:

- 1: Herbeschouwing huidige toetscriteria (incl. belastingduur)
- 3: Scheve golfinval
- 4: Onderzoek reststerkte

- 5: Toepassing probabilistische rekenmethode
- 6: Studie naar bewezen sterkte
- 7.1: Invloed van lange golfperiodes op stabiliteit
- 7.2: Stabiliteit van basalt
- 7.3: Invloed van klemkracht op stabiliteit
- 7.4: Invloed van golfklappen op stabiliteit
- 7.5: Invloed van dichtslibbing
- 8.1: Ontwikkeling Zsteen
- 8.2: Golfdrukken bepalen met Skylla

De samenhang tussen deze deelonderzoeken kan als volgt worden geschematiseerd en gevisualiseerd:



Geconstateerd wordt dat de huidige indeling niet optimaal is en logischer kan. Voorgesteld wordt om de onderzoeken binnen dit gedeelte van OKS te herstructureren in lijn met deze figuur. Dit leidt tot de volgende opzet en nummering:

- A1: Integraal spoor toplaaginstabiliteit (5, aangevuld met drie nieuwe onderwerpen):
- A1.1: integraal spoor aan de hand van probabilistische methodiek (5, met aangepaste scope), inclusief faalmechanismen en faalcriteria.
 - A1.2: heroriëntatie praktische methoden (ingevoegd)
 - A1.3: vaststellen relatie klemming en reststerkte (ingevoegd).
 - A1.4: samenhangende beschouwing/implementeren in rekenmethodes (ingevoegd)

A2: Invloedsaspecten

Belasting:

- A2.1: tijdsduur / waterstandsverloop (deel van 1)

- A2.2: scheve golfival (3)
- A2.3: lange golfperiode (7.1)
- A2.4: golfklap (7.4)

Sterkte:

- A2.5: basalt (7.2)
- A2.6: klemming (7.3)

Combi:

- A2.7: inslibbing (7.4)

A3: Rekenmethodes

- A3.1: Zsteen + Skylla (8)
- A3.2: praktisch model (analytisch / empirisch)
- A3.3: bewezen sterkte (6+)
- A3.4: probabilistisch rekenmodel (5+)

A4: Reststerkte

- A4.1: toplaag + granulaire laag (4)
- A4.2: klei

Geconstateerd wordt dat er in de praktijk op twee niveaus sprake is van 'integratiesporen': de ontwikkeling van de rekenmodellen integreert de deelonderzoeken naar de invloedsaspecten, en het integrale onderzoek (tot dusver met name de Kapstok Probabilisme) integreert de opeenvolgende deelmechanismen. Door het onzekerder worden of de rekenmodellen ook daadwerkelijk tot bruikbare kwantitatieve instrumenten zullen leiden (zoals Zsteen), is het belangrijk dat het integratiespoor apart benoemd wordt, zoals hier is gedaan onder A1.

3.3.2 Integraal spoor toplaaginstabiliteit van standaardelementen

Het hoofddoel van dit spoor is het vergroten van het integraal begrip van de schademechanismen en de onderlinge samenhang. Dit moet ten eerste de samenhang en doelgerichtheid van de andere onderzoeken versterken, en daarnaast kan het mogelijk leiden tot herziening van de faalcriteria.

Integrale beschouwing van de deelonderzoeken is ook nuttig voor de prioritering ten aanzien van de doorlooptijd, omdat mogelijk niet alle deelonderzoeken tijdig en met voldoende resultaat kunnen worden uitgevoerd. Daarbij kan het gaan om 'zorgen', omdat dat de huidige regels mogelijk te gunstig zijn (belastingduur, scheve golfival, basalt) of 'baten', omdat de huidige regels te conservatief zijn. Hierop wordt in hoofdstuk 4 verder ingegaan.

Belangrijk onderdeel is het probabilistische spoor (deelonderzoek 5, met uitzondering van de ontwikkeling van een rekenmodel voor toetsing, welke onder A3.4 bij de 'Rekenmethodes' is ondergebracht). Het probabilistische spoor was aanvankelijk ook bedoeld om het onderzoek te sturen: dit is, gezien de huidige stand van zaken, echter niet langer haalbaar. Wel blijkt de Kapstok Probabilisme, zoals die is uitgevoerd, een goed inzicht te geven in de samenhang van de schademechanismen.

In concreto zijn de volgende acties voorzien:

- Werken aan verbetering van de faalboom (noodzakelijk in kader van het integratiespoor)

- Gebruiken/verder ontwikkelen van de Kapstok voor het structureren van het denkproces en het presenteren/interpreteren van deelonderzoeksresultaten.

Opgemerkt wordt dat het kwantificeren van de effectiviteit van de (deel)onderzoeken te hoog gegrepen lijkt, omdat daarvoor oude en nieuwe situatie met voldoende nauwkeurigheid kwantitatief moeten worden beschreven (om de effectiviteit aan te tonen is update van de KBA een beter instrument).

Een essentieel onderdeel van het integrale spoor is het aandacht geven aan de vervolgmecanismen na initiële toplaaginstabiliteit (erosie filterlagen en onderlagen). Een specifiek aspect is de relatie tussen klemming en reststerkte top- en granulaire laag, zie § 2.4. Zowel voor het toerekenen van klemming als voor het aanscherpen van de rekenregel voor reststerkte top- en granulaire laag is het nodig dat dit deel van het faalproces wordt opgehelderd. Een belangrijk resultaat zou kunnen bestaan uit criteria waaraan een steenzetting moet voldoen om ofwel met klemming, ofwel met expliciete reststerkte te rekenen (zie § 2.4). Bij dit onderzoek dienen ook de resultaten van het binnen het LOS uitgevoerde onderzoek naar de stabiliteit van basalt op havendammen te worden meegenomen.

Tenslotte moet in dit spoor de samenhangende analyse worden uitgevoerd waarmee de resultaten uit de verschillende gerelateerde deelonderzoeken worden verwerkt in een nieuwe gebalanceerde rekenmethodiek, in relatie tot de rekenmethodes zelf (zie § 3.3.4). Naar verwachting zal deze studie van start moeten gaan rond begin 2006, als de onderzoeksresultaten van de invloedsaspecten duidelijke vormen beginnen te krijgen.

3.3.3 Invloedsaspecten toplaaginstabiliteit

In het OKS is tot dusver onderzoek verricht naar zeven invloedsaspecten voor het faalmechanisme toplaaginstabiliteit bij standaard steenzettingen. Al deze aspecten beïnvloeden de belasting en / of de sterkte:

- Belasting: tijdsduur (deel van 1), scheve golfval (3), lange golfperiode (7.1), golfklap (7.4)
- Sterkte: basalt (7.2), klemming (7.3)
- Beide: inslibbing (7.4)

De invloeden van de factoren liggen vaak dicht bij elkaar, maar de onderzoeken kunnen op hoofdlijnen worden beschouwd als onafhankelijk: elk deelonderzoek leidt tot beter inzicht in één bepaald aspect van het falen van standaard steenzettingen op toplaaginstabiliteit. De aanbevelingen per deelonderzoek staan in Hoofdstuk 2. Bij het verwerken van de nieuwe kennis in de rekenregels moeten alle invloedsaspecten wél in nauwe samenhang worden beschouwd, omdat er een balans nodig is tussen de 'positieve en negatieve kennisleemtes' die na afloop van het OKS nog zullen restereren.

De belangrijkste verbanden tussen de aspecten liggen in de OKS-praktijk tussen de verschillende belasting-aspecten: voor lange golfperiode en golfklap worden bijvoorbeeld dezelfde Deltagootmetingen gebruikt, en de invloed van de kennisleemtes tijdsduur, scheve golfval, lange golfperiode en golfklap komt tezamen in de modellering van ZSteen.

Specifiek voor basalt is er overigens een sterk verband met deelonderzoek 6 Bewezen sterkte (waarin via hindcaststudies de sterkte van de basaltbekleding in de praktijk wordt geanalyseerd). De nieuwe inzichten daaruit over de sterkte van basalt moeten in het Basaltonderzoek worden meegenomen; daarnaast heeft deelonderzoek Bewezen sterkte tot doel om tot een rekenmethodiek voor Bewezen sterkte te komen, die mogelijk ook toepasbaar is voor andere typen bekledingen, zie verder § 3.3.4. Daarnaast moet bij basalt ook rekening worden gehouden met de uitkomsten van het onderzoek naar basaltbekledingen op havendammen.

3.3.4 Rekenmethode voor toplaaginstabiliteit

Zsteen (deelonderzoek 8.1) en Skylla (deelonderzoek 8.2)

Het realiseren van een rekenmodel als Zsteen, dat op basis van theoretische relaties een kwantitatief goede beschrijving moet geven van de faalprocessen van steenzettingen, is geen sinecure, gelet op de complexiteit van de processen en de rol van fysische toevalligheden erin. Betrokkenen bij Zsteen zijn het erover eens dat Zsteen niet binnen twee jaar geschikt zal zijn voor gedetailleerde toetsing.

Veel de onderzoeken tot dusver zijn sterk gericht op ontwikkeling van Zsteen. Daarbij gaat het niet alleen om de ontwikkeling van het programma zelf in deelonderzoek 8.1, maar Zsteen is ook gebruikt als *onderzoeksmodel* in de onderzoeken waar de vertaling van hydraulische randvoorwaarden naar stijghoogte aan de orde komt: belastingduur (1), scheve golfval (3), lange golven (7.1) en golfklap (7.4). Ook wordt een belangrijke rol voor Zsteen voorzien in de uiteindelijke modellering / kwantificering van klemming (7.3).

De resultaten van het OKS tot dusver laten echter zien dat er nog enkele obstakels zijn t.a.v. Zsteen:

1. Er zijn nog verschillende algemene fouten / onnauwkeurigheden;
2. Er zijn nog belangrijke lacunes (m.n. ten aanzien van het stabiliteitscriterium en de deelmechanismen);
3. Het is nog niet bekend of Zsteen principieel toepasbaar is (leklengte-theorie), met name voor open bekledingen waar golfklap maatgevend is;

Obstakel 1 en 2 zijn in principe oplosbaar, ofwel door nader onderzoek, ofwel door toepassing van expert judgement of work arounds. Obstakel 3 wordt op dit moment onderzocht door WL; het resultaat daarvan zal bepalend zijn voor het vervolg.

Aanbevolen wordt om een go / no go beslissing in te lassen zodra de resultaten van de WL-evaluatie beschikbaar zijn. Zoals aangegeven in § 2.12 heeft de go / no go beslissing gevolgen voor zowel de haalbaarheid van ZSteen als gereedschap voor geavanceerde toetsing, als voor het gebruik van ZSteen als onderzoeksmodel:

- Voor het gebruik als toetsmodel betekent een 'no go' dat de activiteiten moeten worden gericht op een alternatieve methode (zie hierna), terwijl een 'go' betekent dat significante inspanningen nodig zijn om ZSteen te verbeteren.
- Voor het gebruik als onderzoeksmodel betekent een 'no go' dat ZSteen binnen het OKS nauwelijks nog een rol zal hebben (nog wel daarbuiten, zoals ZSteen nu een bepaalde rol heeft), terwijl een 'go' kansen biedt voor het aanscherpen van onderzoeksresultaten van verschillende invloedsaspecten (lange golfperiodes, golfklappen en open constructies als basalt).

Geconstateerd wordt dat in beide gevallen nog significante inspanningen nodig zijn om binnen het OKS te komen tot bruikbare resultaten:

- in geval van een 'go' zijn nog verschillende stappen nodig om ZSteen werkelijk bruikbaar te maken, terwijl bovendien dan de kans zich voordoet om de resultaten van verschillende invloedsaspecten te verbeteren door de inzet van ZSteen als onderzoeksmodel.
- in geval van een 'no go' is een significante inspanning nodig voor de ontwikkeling van een alternatief (analytisch) rekenmodel (met name voor kennisleemte golfklap). Zie hieronder.

Skylla heeft een eigen bestaansrecht, omdat hiermee drukrandvoorwaarden op de steenglooiingen worden gegenereerd. Deze worden echter vooral in Zsteen gebruikt, zodat bij een 'no go' van Zsteen, enige beperkte inspanning van Skylla nog wel nuttig zal zijn, maar dit zal minder zijn dan wanneer de ontwikkeling van Zsteen voluit blijft doorgaan en Zsteen blijft worden ingezet.

Praktisch spoor (analytisch / empirisch)

Het primaire eindproduct van OKS bestaat uit verbeterde kennis die toepasbaar is in de praktijk van Projectbureau Zeeweringen; daarvoor is niet per sé een rekenmethode nodig die praktisch bruikbaar is voor alle toetsers in Nederland. Anderzijds moet, met het oog op de nabije toekomst, de opgedane kennis binnen OKS wél zoveel mogelijk worden verwerkt in praktische regels. In VTV-termen: voor PBZ volstaan geavanceerde toetsmethodes, maar aanvullend geldt als eis dat het OKS zoveel mogelijk leidt tot gedetailleerde of eenvoudige toetsmethodes.

De go / no go – beslissing t.a.v. ZSteen heeft ook hier grote invloed op het vervolg:

- In geval van een 'go' kan ZSteen worden ingezet als onderzoeksmodel voor parameterstudies ter bepaling van een analytische of empirische methode. In dat geval ligt het voor de hand om spoedig na te gaan denken over de benodigde aanpak, maar de daadwerkelijke werkzaamheden zullen vooral plaatsvinden in de laatste fase van het OKS, bij de integratie van de verschillende samenhangende invloedsaspecten.
- In geval van een 'no go' ontstaat een nieuwe situatie. Voor sommige invloedsaspecten volstaat wellicht het vaststellen van een invloedsfactor of het herzien van de huidige empirische methode (scheve inval, lange periode, basalt). Echter, voor tijdsduur, klemming en vooral golfklap zijn de nieuwe inzichten waarschijnlijk ingrijpender en is het wellicht nodig om een nieuwe analytische benadering op te stellen (gedacht wordt aan een impuls-theorie als alternatief voor de leklengte-theorie). De benodigde werkzaamheden hiervoor zijn op dit moment nog niet goed genoeg te overzien, maar haalbaarheid binnen het OKS lijkt kritiek. Het is daarom van groot belang om zo spoedig mogelijk een verkenning uit te voeren van de mogelijke eindbeelden en van de routes daar naartoe; met het oog op de einddatum van 2006 moet hiervoor niet worden gewacht op de resultaten van de ZSteen-validatie.

Bewezen sterkte

Een speciale vorm van een praktisch spoor is die van 'Bewezen sterkte' (deelonderzoek 6), waarbij de praktijkervaring met steenzettingen wordt geanalyseerd. Het gaat hierbij om 'bewezen zwakte' bij schade of 'bewezen sterkte' bij geen schade tijdens zware stormen uit het verleden. Dit wordt binnen OKS gedaan door voor geselecteerde dijkvakken de historische belastingssituaties te reconstrueren voor steenzettingen bestaande uit Noorse steen (zie verder) en basalt. Deze 'cases' zijn nagenoeg afgerond (Noorse steen) of volop in uitvoering (basalt). Aan de hand van de cases wordt een algemene aanpak van het concept Bewezen sterkte uitgewerkt. Het einddoel is te komen tot een rekenmethodiek voor Bewezen sterkte, welke mogelijk ook toepasbaar gemaakt kan worden voor andere typen bekledingen. De analyse en modelvorming wordt in nauwe interactie met andere deelprojecten uitgevoerd.

Probabilistische rekenmodel

De voortgang is thans zo dat een probabilistisch rekenmodel dat op een goede manier faalkansen van een steenzetting kan berekenen niet meer voor eind 2006 beschikbaar zal komen. Niet uitgesloten is dat het op lange termijn wel zal lukken, maar op dit moment zijn de modelonzekerheden te groot om een dergelijk rekenmodel te kunnen voeden. Er is hier dus sprake van een lange-termijn spoor, dat niet meer binnen het OKS valt. Binnen OKS zal er sprake zijn van een 'praat- en denk-kapstok' en niet van een 'rekenkapstok'. In de nieuwe indeling is het Probabilistisch rekenmodel wel als activiteit aangegeven (A3.4), maar dan gericht op de lange termijn en voorgesteld wordt hiervoor binnen OKS geen expliciete activiteiten meer te verrichten. Wel wordt aanbevolen om bij de probabilistische activiteiten binnen het integrale spoor (zie § 3.3.2) het lange-termijndoel in het achterhoofd te houden, en om aan het eind van het OKS na te gaan welke vorderingen zijn gemaakt richting een probabilistisch rekenmodel.

3.3.5 Reststerkte

Reststerkte toplaag + granulaire laag

Zoals aangegeven in § 2.4 wordt de rol van reststerkte top- en granulaire laag in het faalproces én in de beoogde rekenregels sterk bepaald door de klemming die het toplaagtype heeft. Het ziet er naar uit dat rekenen met klemming alleen acceptabel is voor bekledingen waarbij de reststerkte van top- en granulaire laag groter is dan de belastingduur; de reststerkte is dan een toepassingsvoorwaarde voor klemming. Deze rol van reststerkte lijkt belangrijker dan de expliciete rol die reststerkte heeft in de huidige toetsingsregels. Voor deze opzet van rekenregels moet ten eerste een categorie-indeling worden gemaakt, uitgaand van de aanwezige klemming, en van de (daaraan gerelateerde) kans op bros bezwijkgedrag. Ten tweede moeten de bestaande rekenregels voor de reststerkte zelf worden aangescherpt

Over het daadwerkelijke onderzoek zelf: de resultaten van de doorgolfproef zijn veelbelovend voor de Basalton bekleding, maar er is een systematischer onderzoek nodig. Ook moeten op korte termijn de resultaten van de langeduurproeven worden geanalyseerd met het oog op reststerkte. Het onderzoek zou moeten starten met bureaustudie waarin de proefresultaten worden geanalyseerd; deze doen vermoeden dat het principe van de rekenregels voor reststerkte volledig moet worden herzien (de VTV-regels zijn gebaseerd op kleinschalige proeven met rechthoekige blokken). Vermoedelijk is daarna een systematisch opgezet Deltagootonderzoek nodig, gevolgd door bureaustudie om de resultaten te concretiseren (toepassingsvoorwaarden voor klemming, eventueel ook aangescherpte rekenregels voor expliciete reststerkte).

Analyse van het faalproces speelt bij dit onderdeel een belangrijke rol; het voorstel is daarom om dit aspect uit te werken in het overkoepelende integratiespoor, zie § 3.3.2.

Reststerkte klei

Zoals aangegeven in § 2.4 wordt het mobiliseren van de reststerkte van kleilagen als onderlaag door de deskundigen niet als een hoofditem gezien: de haalbare winst is beperkt en de praktische bruikbaarheid is beperkt, mede gelet op het acceptatieprobleem en op de onzekerheid omtrent de hoedanigheid van de kleilaag (op zand).

Voor reststerkte van een kleikern is de haalbare winst groter, maar speelt in zekere zin nog steeds het probleem van praktische bruikbaarheid. Door de voorgenomen reststerkte-proef in de Deltagoot naar een Wieringermeerdijk met een kern van keileem is er echter een gelegenheid om tegen beperkte kosten toch een stap vooruit te maken. De benodigde activiteiten bestaan uit bureaustudie (opstellen model), inbreng bij het definiëren van de proeven, al dan niet een (beperkte) bijdrage aan de proefuitvoering en afsluitende bureaustudie.

3.4 Overige kennisleemten / onderzoeken

3.4.1 Afschuiving

Afschuiving (deelonderzoek 2) is praktisch onafhankelijk van de andere deelonderzoeken; het enige verband is dat een betere modellering van Afschuiving in een nieuw probabilistisch model zou kunnen worden opgenomen, maar dit laatste is een lange termijn spoor, buiten OKS. De aanbevolen richting voor bijsturing staat in § 2.2, de concretisering in acties staat in Hoofdstuk 4. In de nieuwe OKS-structuur wordt Afschuiving aangeduid als B1.

Het Specialistenteam-verslag van 9 februari meldt overigens 'Afschuiven toplaag' als aanvullende kennisleemte. Dit is een losstaand punt, slechts zijdelings gerelateerd aan het OKS-deelonderzoek 2. Afgaand op het hoofdstuk Kennisleemtes van TR Steenzettingen en de Kosten-batenanalyse voorafgaand aan OKS ligt het niet voor de hand om hier binnen OKS in te investeren. Het bijsturingsadvies bevat voor 'Afschuiving toplaag' dan ook geen acties.

3.4.2 Ingegoten bekledingen

Ingegoten bekledingen (deelonderzoek 9): deze vormen een apart type constructie, welke ook met een afzonderlijke methodiek moeten worden getoetst. Ingegoten bekledingen worden in de praktijk als zeer sterk ervaren (geen onderhoud). Als verdere stap bij het bepalen van de sterkte van ingegoten geldt de golfklapproef met een opdrijvende ingegoten bekleding. In de nieuwe OKS-structuur wordt het onderzoek naar Ingegoten bekledingen aangeduid als C1.

3.4.3 Noorse steen

Noorse steen (Deelonderzoek 10) heeft een link met bewezen sterkte, in relatie met literatuuronderzoek naar vergelijkbare steenzettingen. Bewezen sterkte als alternatieve toetsmethode lijkt bruikbaar te zijn voor Noorse steen. De casus hiervoor heeft een bijdrage geleverd en nadere analyses zullen een reeds voorgestelde nieuwe toetslijn

wellicht afdoende kunnen onderbouwen. In de nieuwe OKS-structuur wordt het onderzoek naar Noorse steen aangeduid als C2.

4 BIJGESTELD ONDERZOEKSPLAN

4.1 Inleiding

Belangrijk voor de bijstelling van het onderzoeksplan zijn vier aspecten:

1. het benodigde onderzoek, zoals dat op dit moment kan worden voorzien, om zo goed mogelijk tegemoet te komen aan de doelstelling van het OKS;
2. prioritering van onderzoeken, voor het geval dat er prioriteit moet worden toegekend (bijvoorbeeld i.v.m. planning of menskracht);
3. het plaatsen van de activiteiten in de tijd om na te gaan in hoeverre ze passen in de doorlooptijd van OKS;
4. Een check op resources (zowel personeel als onderzoeksmiddelen zoals de Deltagoot).

Deze aspecten worden behandeld in de vier hiernavolgende paragrafen.

4.2 Overzicht nader uit te voeren onderzoek

Het verder benodigde onderzoek is per deelonderzoek behandeld in Hoofdstuk 2. In deze paragraaf wordt een overzicht van het nader uit te voeren onderzoek gegeven, herschikt in de structuur zoals beschreven in Hoofdstuk 3.

A1: Integraal spoor topaaginstabiliteit + reststerkte voor standaard steenzettingen

A1.1: Probabilistisch spoor richten op inzicht in de samenhang en forum voor discussie

A1.2: Heroriëntatie op praktische rekenmethodes (ingevoegd t.o.v. Versie 5)

A1.3: Vaststellen relatie klemming en reststerkte (ingevoegd t.o.v. Versie 5)

A1.4: Vaststellen nieuwe gebalanceerde rekenmethodiek

A2: Invloedsaspecten topaaginstabiliteit

A2.1: Duur / waterstandsverloop

- langeduurproeven evalueren
- wellicht aanvullend Deltagootonderzoek (incl. Hydroblocks)
- Wellicht aanvullend onderzoek via ZSteen
- Samenhangende beschouwing, implementeren in rekenmethodes (zie A1 en A3)

A2.2: Scheve golfinval

- Analyse resultaten, wellicht aanvullende Zsteenberekeningen, wellicht analyse drukmetingen
- Samenhangende beschouwing, implementeren in rekenmethodes (zie A1 en A3)

A2.3: Lange golfperiode

- Controle onzekerheid proefresultaten
- Wellicht aanvullend onderzoek via ZSteen
- Samenhangende beschouwing, implementeren in rekenmethodes (zie A1 en A3)

A2.4: Golfklap

- Controle onzekerheid proefresultaten
- Wellicht aanvullend onderzoek via ZSteen
- Samenhangende beschouwing, implementeren in rekenmethodes (zie A1 en A3), wellicht alternatieve analytische methode

A2.5: Basalt

- Stabiliteit basalt evalueren en mogelijk onderbouwen met resultaten bewezen sterkte (schadecatalogus en O'schelde/W'schelde) en havendammen,
- Wellicht aanvullend onderzoek via ZSteen
- Samenhangende beschouwing, implementeren in rekenmethodes (zie A1 en A3), resulterend in criteria en rekenregels

A2.6: Klemming

- Veldonderzoek
- Bureaustudie, o.m. richting praktische toepasbaarheid
- Relatie met reststerkte top- en granulaire laag (zie A4)
- Wellicht aanvullend onderzoek via ZSteen
- Samenhangende beschouwing, implementeren in rekenmethodes (zie A1 en A3)

A2.7: Inslibbing

- Afronding lopende beperkte activiteiten
- Go / no go beslissing over afsluiting deelonderzoek
- Verwerking in rekenmethodes

A3: Rekenmethodes toplaaginstabiliteit

A3.1: Zsteen + Skylla

- Validatie en go / no go Zsteen
- Indien go: acties op ZSteen bruikbaar te maken (stabiliteitscriterium etc.), focus op vertaling van ZSteen-resultaten richting praktische methodes, doorontwikkeling SKYLLA meenemen in prioritering
- Indien no go: binnen OKS beperkte verdere ontwikkeling, hoogstens als onderzoeksmodel

A3.2: Praktisch model (analytisch / empirisch)

- Hierin vinden feitelijk alle activiteiten plaats die binnen de andere deelonderzoeken zijn aangeduid als 'implementeren'. Inhoud ook afhankelijk van Zsteen-validatie:
- In ieder geval z.s.m. verkenning van mogelijkheden alternatieve methodes
- Indien go: analytische methoden afleiden vanuit ZSteen
- Indien no go: alternatieve methodes

A3.3: Bewezen sterkte

- afronden case-study Noorse steen en activiteiten case-study basalt
- evaluatie en vaststelling definitieve aanpak
- verdere ontwikkeling toetsmethodiek voor bewezen sterkte
- implementatie toetsmethodiek voor bewezen sterkte

A3.4: Probabilistisch rekenmodel

- Lange termijn, geen expliciete acties binnen OKS

4: Reststerkte

A4.1: Toplaag + granulaire laag

- Relatie met klemming verhelderen (onderscheiden van gevallen)
- Onderzoeksresultaten evalueren / implementeren

A4.2: Klei (ingevoegd t.o.v. Versie 5):

- Activiteiten rondom Deltagootproef Wieringermeerdijk

B1: Afschuiving

- Bespreking in Specialistenteam: vaststellen van aanpak case studies

- Geohydrologische case-studies ter bepaling van gevallen / zones zonder afschuiving. Wellicht daarna: uitwerking resultaten tot verbeterde rekenregel voor resterende 'standaard-gevallen'
- Globale inventarisatie van kosten / baten voor onderzoek naar bijzondere gevallen (zandscheg, steile taluds, stationaire buitenwaterstand), leidend tot go / no go voor verder onderzoek naar die gevallen

C1: Ingegoten bekledingen:

- Golfklapeffect nagaan op opdrijvende bekleding (Deltagoot)
- Vertaling naar praktische toetsregels
- Vervolanalyse of verder onderzoek loont

C2: Noorse steen:

- betere hindcast berekeningen en Deltagootproef
- Vaststelling voorgestelde rekenregel

4.3 Prioritering

4.3.1 Prioritering op hoofdlijnen

In § 1.3 zijn de volgende criteria genoemd voor de bijsturing van het OKS:

- Resultaten toepasbaar rond eind 2006;
- Ook aandacht voor 'zorgen'; deze in balans met 'baten' afwegen en bij een sterke interactie niet voor eind 2006 (i.v.m. voorkoming van een 'zigzag-koers');
- Voor de (min of meer) 'losse' onderwerpen (afschuiving, ingegoten bekledingen en Noorse steen) is een spoedige implementatie van de uitkomsten mogelijk en wenselijk;
- Prioritering geschiedt op basis van globale inschatting kosten / baten, maar het totaalbudget is geen criterium;
- Voor de planning zal met name worden gelet op tijdige oplevering en op de capaciteit van de Deltagoot; de menselijke capaciteit wordt als afgeleide beschouwd.

Sporen B (afschuiving), C1 (ingegoten bekledingen) en C2 (Noorse steen) kunnen hiermee zo snel mogelijk worden afgerond en vallen buiten de verdere prioritering.

Voor Spoor A wordt de volgende prioritering afgeleid (I = hoogste, II = midden en III is laagste prioriteit):

- Niveau I: integrale spoor en rekenmethodes (uitgezonderd lange termijn): probabilistische methodiek, heroriëntatie praktische rekenmethodes, vaststelling relatie klemming en reststerkte, ZSteen (afhankelijk van go / no go), praktisch model, bewezen sterkte
- Niveau II: invloedsaspecten en reststerkte: scheve golfinval, basalt, belastingduur, inslibbing, lange golfperiode, golfklap, klemming, reststerkte
- Niveau III: lange termijn sporen: probabilistische rekenmodel, Zsteen als toetsingsmodel bij een no go, Skylla.

De activiteiten van Niveau I achten wij sowieso nodig voor het vervolg van het OKS: de deelonderzoeken moeten worden beschouwd in integraal verband, en er moeten (reken)methodes of worden ontwikkeld om de resultaten toepasbaar te maken.

De activiteiten van Niveau II zijn zonder meer bedoeld om te worden uitgevoerd binnen OKS. Het kan echter dat de kosten/baten factor voor een deelonderzoek is veranderd ten opzichte van de oorspronkelijke KBA. Dit kan doordat een oplossing binnen het OKS niet (meer) voor eind 2006 haalbaar is of dat de onderzoeken inmiddels niet meer tot resultaten zullen leiden.

De activiteiten van Niveau III zijn thans als lange termijn sporen aan te duiden en de relevantie binnen OKS is derhalve minder groot en wij geven in dit hoofdstuk aanbevelingen voor al dan niet voortzetten van deze activiteiten.

4.3.2 Update van de mogelijke 'baten' ivm prioritering voor Niveau II

Binnen Niveau II zijn er onderwerpen die zich lenen voor een globale update van de mogelijke baten; deze update is overigens zeer globaal en moet worden gezien als indicatief als het tot een keuze voor al dan niet uitvoering zou moeten komen. In zo'n geval zou het goed zijn om de actuele stand van zaken daarbij te betrekken.

Aspect	Slaagkans	Resterende kosten	Totale kosten	Baten incl. kans	Prioriteit
Scheve golfinval	75%	50k	275k	~3M	2
Lange golfperiode	75%	100k	275k	~0,7M	4
Golfklap	50%	100k	160k	~10M	1
Inslibbing	25%	100k	100k	~1M	5
Reststerkte top-/gran.laag	50%	50k	50k	?	3
Reststerkte kleilaag	25%	1 M€	1 M€	?	6

Toelichting:

- Scheve golfinval: Het benodigde modelonderzoek is verricht, dus het gaat om bureaustudies ter aanscherping van de rekenregels, via een nadere evaluatie. Op basis van de ontwikkelingen tot dusver is er een goede kans dat aanscherping behaald zal worden. De KBA bevatte geen batenbedrag voor deze leemte omdat de nadruk lag op de 'zorg' dat de belasting tussen 30° en 60° ongunstiger zou kunnen worden. De baten zijn als volgt ingeschat: het relevante areaal voor dit invloedsaspect is zeer groot (praktisch 100%), maar de procentuele aanscherping is beperkt: een positieve invloed van niet-loodrechte invloed zal betekenen dat de maatgevende combinatie van hydraulische parameters iets in gunstige richting zal verschuiven. In lijn met de KBA wordt een aanscherping van 2% ingeschat (ter vergelijking, voor Golfklap werd 10% ingeschat). Ten aanzien van het areaal wordt aangenomen dat alle open standaard steenzettingen op een open filter van belang zijn (zelfde areaal als Golfklap). Op basis daarvan worden totale baten afgeleid van orde 10M€ (NB: hierbij gelden dezelfde beperkingen als in de KBA, bv. t.a.v. overlap).
- Lange golfperiode: de resterende activiteiten betreffen bureaustudies ter verificatie van de resultaten tot dusver, en verwerking in concrete rekenmethodes. De baten zijn overgenomen uit de KBA, vermenigvuldigd met de slaagkans.
- Golfklap: net als voor Lange golfperiode betreffen de resterende activiteiten bureaustudies ter verificatie van de resultaten tot dusver, en verwerking in concrete rekenmethodes. De baten zijn overgenomen uit de KBA, vermenigvuldigd met de slaagkans. De lagere slaagkans ten opzichte van Lange periode is gebaseerd op de overweging dat deze slaagkans sterker afhangt van de toepasbaarheid van ZSteen.
- Inslibbing: Hiervoor moet nog worden vastgesteld of in maatgevende omstandigheden met inslibbing kan worden gerekend, en daarna moeten regels worden vastgesteld. De nog benodigde activiteiten hoeven niet heel veel tijd te kosten maar de slaagkans lijkt, met de huidige inzichten, beperkt. Dit is verwerkt in de baten (in de KBA was sprake van orde 12 M€).
- Reststerkte top-/granulaire laag: de waarden in de tabel betreffen het verzilveren van de resultaten van de uitgevoerde doorgolfproef. Daarnaast is het ook mogelijk om via aanvullende Deltagootproeven te komen tot aanscherping voor andere situaties, maar dat is hier dus niet verwerkt.
- Reststerkte kleilaag: de activiteiten uit het Onderzoeksplan zijn niet meer uitvoerbaar binnen de doorlooptijd van het OKS, dus er moet eerst worden besloten of aanscherping op dit punt haalbaar is. Reststerkte is niet onderzocht in de KBA, en de kwantificering van baten wordt nog bemoeilijkt door de bijzondere rol van reststerkte (score bekleding wordt 'v' en niet 'g'). Er wordt daarom geen bedrag genoemd bij de baten en de wél genoemde waarden zijn daarom grove schattingen.

4.3.3 Onzekerheden en go / no go-momenten

Met onzekerheden wordt in de nieuwe, hier voorgestelde, opzet op een drietal manieren rekening gehouden:

- Het expliciet benoemen van een Integrale spoor waarin onzekerheden ruime aandacht krijgen, met als kern de Kapstok probabilisme;
- Het opstarten van een Praktisch spoor (Heroriëntatie analytische / eenvoudige methoden)
- Inbouwen van go / no go beslissingen voor Zsteen (over enkele maanden) en voor inslibbing (rond de zomer 2005).

Het al dan niet doorgaan van Zsteen als instrument voor toetsing, is van grote invloed op andere deelonderzoeken. De consequenties hiervan dienen bij het Integrale spoor te worden afgewogen, en er zal dan versterkte aandacht moeten zijn voor het Praktische spoor. Zsteen zal als onderzoeksmodel wel doorgaan, ook bij een no go, maar dit zal ook in minder uitgebreide mate zijn.

Voor inslibbing kan een go / no go beslissing worden genomen, wanneer de (beperkte) aanvullende activiteiten die nog zullen worden verricht, zijn afgerond. Op dit moment ziet het er naar uit dat dit aspect niet veel meer oplevert en het lijkt daarmee op een no go af te stevenen. Overigens heeft geen verdere consequenties voor de andere aspecten.

Daarnaast zal bijsturing nodig zijn wanneer onderzoeksresultaten daartoe aanleiding geven. Onzeker zijn dit opzicht nog de aspecten: belastingduur, validaties drukverschil bepalingen scheve golfval, lange golfperiode en golfklap

Voor een aantal onderzoeken en sporen is het opstellen van een volledige planning tot het einde van OKS nog niet mogelijk, met name vanwege lopende onderzoeken met nog onbekende resultaten. Onzekere activiteiten zijn met gestippelde lijnen aangegeven in het planningschema van § 4.4.

4.4 Tentatieve tijdplanning

In Bijlage A is een aanzet voor een herziene planning op hoofdlijnen gegeven, bedoeld als uitgangspunt voor de planning van het nog uit te voeren onderzoek. De detailinvulling van de planning moet nog moet plaatsvinden, mede afhankelijk van proceduretijden voor de (verder) op te starten deelonderzoeken. Om hier enigszins rekening mee te houden is een extra opstarttijd van 2 maanden en een verlenging van de geplande tijd met 2 maanden aangehouden (in totaal 4 maanden opstart/procedure tijd). Met de planning wordt beoogd om per deelonderzoek een indicatie van de totale tijd te geven tot aan het opleveren van de resultaten. Wanneer de activiteiten onzeker zijn (bijvoorbeeld door een go / no go beslissing of door te voorziene onzekere uitkomsten), is dit aangegeven door de tijdsbalkjes van een stippellijn te voorzien. Verder moet worden bedacht dat de planning een momentopname is, gebaseerd op de resultaten en verwachtingen van dit moment.

(Mogelijke) knelpunten

1. Golfklap: bij een no go voor Zsteen zal hiervoor een nieuwe theorie, de impulstransmissie-theorie, verder moeten worden ontwikkeld. Het is onzeker of deze bijsturing nog voor eind 2006 tot een goed einde komt: aanbevolen wordt daarom om z.s.m. ook met een verkenning van deze theorie te starten en niet te wachten op de go / no go beslissing van Zsteen, zie ook § 2.12 .
2. Zsteen bij een go beslissing (met als doel een toetsingsmodel): er zullen diverse onderzoeken moeten worden opgestart, zie § 2.12. Dit betekent een enorme inspanning (die overigens wel qua capaciteit bij GeoDelft lijkt te kunnen worden uitgevoerd) en zullen alle zeilen moeten worden bijgezet om dit ook tijdig te realiseren. Bij een no go beslissing zal er naar verwachting geen knelpunt zijn.
3. Klemming en reststerkte top- en granulaire laag: er zijn nog aanzienlijke inspanningen nodig binnen het onderzoek naar klemming zelf (mechanicamodel), maar daarnaast lijkt de uitwerking van reststerkte top- en granulaire laag als

toepassingsvoorwaarde, essentieel om met klemming te kunnen rekenen, en hiervoor zijn óók nog significante inspanningen nodig.

4.5 Check op resources

Deltagoot

Voor zover nu te overzien is de Deltagoot geen knelpunt, mits deze handig wordt gecombineerd voor verschillende onderzoeksitems. Dit kan, omdat bij het onderzoeksaspect Reststerkte tevens de aspecten Langeduur en Klemming kunnen worden meegenomen. Verder worden er geen aparte proeven naar reststerkte voor klei gedaan, maar kan wel worden 'meegelift' met de geplande proef voor de bepaling van de reststerkte kleikern voor de Wieringermeerdiijk.

Er worden aldus voor het OKS een tweetal onderzoeken in de Deltagoot voorzien:

- Verificatie golfklap op ingegoten bekleding
- Reststerkte onderzoek

Voor de eerstgenoemde proeven vinden de voorbereidingen thans plaats: het onderzoek zou nog voor augustus/september kunnen worden uitgevoerd (dan is de Deltagoot niet beschikbaar i.v.m. een ander onderzoek).

Het reststerkte onderzoek voor top laag en filterlagen moet nog worden uitgedetailleerd en zal in het najaar, de winter van 2005 en het vroege voorjaar van 2006 kunnen plaatsvinden.

Personele capaciteit

De personele capaciteit van WL is wel een punt van aandacht: zodra de richting van de bijsturing vastligt, zal dit nader met WL moeten worden afgekaart.

Voor GeoDelft geldt dit in mindere mate, omdat zij tot dusver niet zeer intensief bij OKS betrokken zijn geweest. Bij een go voor Zsteen (als toetsingsmodel) zal het onderzoek richting GeoDelft sterk moeten worden geïntensiveerd, maar GeoDelft verwacht toch voldoende personele capaciteit hiervoor te kunnen vrijmaken.

Fugro zal voor de verdere ontwikkeling van het Probabilistische spoor vermoedelijk voldoende capaciteit kunnen vrijmaken, gezien de relatief weinig geconcentreerde inspanning (stapsgewijze ontwikkeling) en het komen te vervallen van het langere termijn rekenmodel.

Royal Haskoning heeft voor het aspect Klemming in het verleden capaciteitsproblemen gehad; de betreffende onderzoeker is zich daar terdege van bewust en verwacht voor de afronding binnen OKS geen problemen meer.

De werkdruk bij PBZ en het waterschap is bekend; hier is waarschijnlijk op korte termijn geen oplossing voor te vinden, omdat de daar aanwezige (unieke) expertise niet elders kan worden gevonden.

De personele capaciteit van DWW is mogelijk een knelpunt: hierop wordt in latere instantie door ons binnen het kader van de evaluatie verder ingegaan.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het voorliggende rapport geeft aanbevelingen voor bijsturing van het onderzoek in het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen (OKS). Dit voorstel is afgestemd met de deskundigen binnen het OKS door middel van interviews.

5.1 Per deelonderzoek

Per deelonderwerp zijn in hoofdstuk 2 afzonderlijke voorstellen gedaan voor bijsturing, vanuit de inhoud gezien. Deze zijn met 'richting voor bijsturing' aangeduid, omdat de voorstellen nog niet in samenhang zijn bekeken. Opmerkelijk is dat er bij het merendeel van de onderwerpen sprake is van tussentijdse resultaten die aanleiding geven tot forse wijziging van de planning volgens het Onderzoeksplan van 2003.

5.2 Overzicht en samenhang van de deelonderzoeken

De samenhang is in hoofdstuk 3 beschouwd; deze is daarbij beter zichtbaar gemaakt en er is een meer logische indeling van onderwerpen voorgesteld. De volgende categorieën van onderzoek zijn onderkend:

Voor topaaginstabiliteit bij 'standaard steenzettingen' categorie A:

- A1 integraal spoor (ingevoegd)
- A2 invloedsaspecten
- A3 rekenmethodes
- A4 reststerkte

Voor 'overige mechanismen' categorie B:

- B1 afschuiving

Voor 'andere typen steenzettingen' categorie C:

- C1 ingegoten bekledingen
- C2 Noorse steen

Het integrale spoor voor topaaginstabiliteit is zeer belangrijk en daarom is dit expliciet toegevoegd; hieronder vindt de Probabilistische Kapstok een plaats, de Heroriëntatie t.a.v. praktische methoden (nieuw), de Relatie tussen klemming en reststerkte (nieuw) en het Integraal afwegen van aangescherpte toetsregels (nieuw). Een belangrijk aspect van dit spoor is om te zorgen dat er eind 2006 praktisch bruikbare samenhangende methodes zullen zijn, al dan niet in combinatie met Zsteen.

De invloedsaspecten hebben onderlinge samenhang (vooral via de belasting), maar kunnen afzonderlijk onderzocht worden, waarna de resultaten vervolgens in samenhang dienen te worden afgewogen ten behoeve van aanscherping van de toetscriteria.

De rekenmethodes omvatten: Zsteen en Skylla, Praktische modellen, Bewezen sterkte en het Probabilistisch rekenmodel. Het laatste zal binnen OKS niet leiden tot een bruikbaar model en het probabilistische spoor zal derhalve worden beperkt tot de activiteiten onder A1. De bruikbaarheid van Zsteen als volwaardig toetsmodel eind 2006 is nog niet voldoende aangetoond. Binnen enkele maanden zal een go/ no go beslissing hieromtrent moeten worden genomen (Zsteen zal wel als onderzoeksmodel blijven worden ingezet). In samenhang met een no go voor Zsteen zal ook de ontwikkeling van Skylla kunnen worden getemporiseerd. Het spoor Praktische modellen is belangrijk en moet zo spoedig mogelijk worden gestart, nog voor de go / no go beslissing over ZSteen: bij een no go voor de ZSteen zal de resterende tijd beperkt zijn, maar dit spoor

is sowieso belangrijk omdat ook in latere instantie kan blijken dat rekenmethoden niet bruikbaar zijn en teruggevallen moet worden op praktische methodieken. Bewezen sterkte, tenslotte, kan leiden tot een methodiek waarin de praktijkervaringen uit het verleden centraal staan.

Het aspect Reststerkte toplaag + granulaire laag blijkt met name van belang in relatie tot klemming van de toplaag. Het ziet er naar uit dat rekenen met klemming alleen acceptabel is voor bekledingen waarbij de reststerkte van top- en granulaire laag groter is dan de belastingduur (i.v.m. de mogelijkheid dat een element uit de zetting is verdwenen); de reststerkte is dan een toepassingsvoorwaarde voor klemming. Aan dit aspect moet uitgebreid en systematisch nader onderzoek worden verricht, dat zo spoedig mogelijk moet starten.

Reststerkte van de kleilaag wordt binnen het OKS als minder relevant beschouwd. Wel is er enige aandacht voor reststerkte van de kleikern, als flankerende activiteit bij een reststerkte onderzoek dat volgend jaar in ander kader in de Deltagoot is gepland.

Voor het mechanisme Afschuiving bestaan nog steeds goede kansen om het mechanisme voor veel gevallen te kunnen wegschrijven, waardoor er veel 'baten' zullen zijn ten opzichte van de huidige conservatieve toetsregel. Er is verder geen relatie met andere aspecten, zodat deze 'baten' ook direct kunnen worden verzilverd.

Dit laatste geldt ook voor Ingegoten bekledingen en voor Noorse steen. Voor beide typen verdediging kan het op korte termijn tot een aanscherping komen waarvoor het nodig is om ze in samenhang te beschouwen met andere onderzoeksresultaten.

5.3 Prioritering

Prioritering is van belang wanneer beperkte capaciteit een selectie van gewenste en minder gewenste deelonderzoeken nodig maakt. Verder kan worden aangegeven welke onderzoeken waarschijnlijk niet meer tot een goed (eind)resultaat zullen leiden binnen de termijn van het OKS: deze kunnen vervolgens vervallen of sterk worden getemporeerd.

Er zijn een drietal prioritaire niveau's onderscheiden, Niveau I (integraal spoor en rekenmethodes), II (invloedsfactoren en reststerkte) en III (lange termijn). Hierbij geldt dat activiteiten van Niveau I sowieso moeten worden uitgevoerd, activiteiten van Niveau II zo mogelijk en activiteiten van Niveau III mogelijk niet. Voor Niveau II is vervolgens een nadere prioritering aangegeven op basis van slaagkans en een update van de kosten/baten. Benadrukt wordt overigens dat het uitslecteren van onderzoeken uit Niveau II niet gewenst is, volgens de huidige inzichten ook niet nodig is, en dat alles in het werk moet worden gesteld om de activiteiten van Niveau II tijdig af te kunnen ronden. Mocht het echter toch zover moeten komen, dan moet aan de hand van de meest recente kosten/baten en haalbaarheid worden geselecteerd. De Niveau III activiteiten die hooguit op een laag pitje zullen worden voortgezet zijn: het Probabilistisch rekenmodel, Zsteen als toetsingsmodel (bij een no go beslissing) en Skylla (bij een no go beslissing van Zsteen).

5.4 Onzekerheden en go /no go momenten

Onzekerheden ten aanzien van projectuitvoering en –uitkomsten zijn groot bij het OKS, gezien het verkennende karakter van het onderzoek. Hieraan wordt op een aantal manieren tegemoet gekomen.

Onzekerheden in de tijdplanning kunnen worden verminderd door expliciete go / no go beslissingen in te bouwen voor die onderzoeksaspecten die onzeker zijn: Zsteen (go / no go voor verdere ontwikkeling als toetsmodel) en inslibbing (go / no go voor wegschrijven van dit aspect).

Verder wordt aanbevolen een tweede bijsturingmoment begin 2006 (tussenpeiling 2) door te laten gaan.

Onzekerheden bij de uitkomsten kunnen worden afgewogen in het Integrale spoor (A1) en door onmiddellijk opstarten van het Praktisch spoor; dit uit het oogpunt van risico-beheersing, mochten de geavanceerde rekenmodellen niet voldoende bruikbaar blijken te zijn.

Bij de oplevering van de resultaten van het OKS wordt verder aanbevolen om een eindevaluatie uit te voeren; naast het vastleggen van de belangrijkste leerpunten uit het onderzoek, kan hiermee een doorkijk worden gegeven naar verdere ontwikkeling en implementatie van kennis voor steenzettingen.

5.5 Bijgestelde tijdplanning

De bijsturing geeft aanleiding tot het bijstellen van de tijdplanning. In Bijlage A is een tentatieve tijdplanning op hoofdlijnen (voor details zie § 4.4) weergegeven. Deze dient verder te worden uitgewerkt nadat consensus over de (zonodig aangepaste) tijdplanning is verkregen.

De planning is mogelijk kritiek bij Golfklap (nieuwe theorie nodig bij een no go voor Zsteen): aanbevolen wordt daarom om z.s.m. met een verkenning van deze theorie te starten.

Bij een go beslissing zullen rondom Zsteen diverse onderzoeken moeten worden opgestart, en ook hier zullen alle zeilen moeten worden bijgezet om van Zsteen tijdig een bruikbaar toetsingsmodel te maken.

De activiteiten nodig om de relatie tussen de aspecten reststerkte en klemming op te helderen zijn thans nog niet goed te overzien; gezien het grote belang hiervan wordt aanbevolen om hier zekerheidshalve zo snel mogelijk mee te beginnen.

Algemeen knelpunt is de lange proceduretijd tussen offerte-aanvraag en opdrachtverlening. Het is dringend gewenst dat een manier wordt gevonden om de lange procedures te verkorten of te omzeilen.

5.6 Check op de resources

De capaciteit van de Deltagoot, die veelal bepalend is voor de programmering van het onderzoek hoeft niet beperkend te zijn, mits de benodigde onderzoeken goed kunnen worden ingepast, zie § 4.5.

Personele capaciteiten met WL, GeoDelft, Fugro en RH, behoeven waarschijnlijk ook niet beperkend te zijn, mits de planning in goed overleg wordt vastgesteld.

De personele capaciteit van DWW is mogelijk een knelpunt: hierop wordt in latere instantie binnen het kader van de evaluatie verder ingegaan.

6 REFERENTIES

Onderstaande referenties zijn weergegeven in de volgorde waarin in dit rapport wordt gerefereerd.

Royal Haskoning 2005a: *OKS, Evaluatie & Bijsturing 2003 en 2004: faserapport evaluatie proces*, in opdracht van RWS DWW, 9P8623.A0, definitief 28 februari 2005.

Royal Haskoning 2005b: *OKS, Evaluatie & Bijsturing 2003 en 2004: faserapport evaluatie inhoud*, in opdracht van RWS DWW, 9P8623.A0, concept maart 2005.

Fugro, 2003: *Onderzoeksplan betreffende het oplossen van witte vlekken voor het toetsen van steenbekledingen*, in opdracht van RWS Zeeland, PBZ, april 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2004: *Notitie Zone met grote golfbelasting*, april 2004.

RWS DWW, 2004: *Discussiebijeenkomst methodiek steenzettingen*, notitie, 27 mei 2004.

RWS DWW, 2003: *Afschuiving: discussiebijeenkomst, conclusies bespreking 20 november 2003*, 5 december 2003.

RWS DWW, 2004: *Afschuiving en freatische lijn*, discussienotitie, 10 oktober 2004.

RWS DWW: *Toetsschema grondmechanisch bezwijken bij steenzettingen op klei*, concept-notitie, 15 januari 2005

RWS DWW: *Scheve golfinval: discussiebijeenkomst*, notitie, 14 augustus 2003

WL|Delft Hydraulics, 2003: *Meting van drukrandvoorwaarden bij scheve golfaanval*, meetrapport, H4330, december 2003.

WL|Delft Hydraulics en GeoDelft, 2004: *Invloed scheve golfaanval op stabiliteit van steenzettingen*, H4420, november 2004.

WL|Delft Hydraulics, 2004: *Reststerkte van steenzetting met zuilen na initiële schade ('doorgolfproef')*, H4327, oktober 2004.

WL|Delft Hydraulics, 1992: *Reststerkte van dijkbekledingen, deel II, granulaire filters*, H195, juli 1992.

WL|Delft Hydraulics, 1984: *Onderzoek stabiliteit Haringmanblokken (precieze titel niet bekend)*, 1984.

Fugro, 2004: *Kapstok Probabilisme, stap 1: eerste opzet*, K00161000, 9 januari 2004.

Fugro, 2005: *Kapstok Probabilisme, stap 2: doorontwikkeling*, 1204-0021-000, 8 februari 2005.

Infram, 2005: *Bewezen sterkte Noorse steen*, 04i033, concept-rapport februari 2005.

Infram, 2004: *Concepttoetsmethodiek Noorse steen*, 04i034, concept-rapport augustus 2004.

Royal Haskoning, 2002: *Kennisleemtes versus uitvoering ('KBA')*, 9M0327.A0, 16 oktober 2002.

Infram, 2003: *Plan van aanpak: Invloed lange golfperiodes op stabiliteit*, i706, november 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2003: *Golfdrukken op talud ten gevolge van lange golven*, rapport fase 1 en fase 2, H4329, december 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2004: *Invloed lange golven op stabiliteit van steenzettingen*, H4421, september 2004.

WL|Delft Hydraulics, 2004: *Verificatie van invloed van lange golven op stabiliteit van steenzettingen*, H4421, november 2004.

WL|Delft Hydraulics, 2003: *Deltagootonderzoek naar stabiliteit van basalt*, , meetverslag H4327, december 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2005: *Analyse van de stabiliteit van basalt*, H4422, februari 2005.

WL|Delft Hydraulics, 2003: *Invloed klemming: statische analyse trekproeven*, H4134, november 2003.

Royal Haskoning, 2004: *Laboratoriumonderzoek betreffende klemming van gezette steenbekledingen*, 9P0669, november 2004.

WL|Delft Hydraulics, 2003: *Invloed van golfklappen op stabiliteit: literatuurstudie*, H4134, november 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2003: *Software-ontwikkeling en toepassing voor kwantificering van golfklappen, Fase 2*, H4328, december 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2004: *Kwantificering golfbelasting op steenbekledingen*, H4419, oktober 2004.

PBZ, 2003: *Gedachtebepaling over het nut van het oplossen van de kennisleemte 'dichtgeslibde bekledingen'*, memo Werkgroep Kennis, 13 mei 2003.

PBZ, 2003: *Voorstudie Invloed van dichtslibbing*, memo Werkgroep Kennis, 18 december 2003.

RWS DWW, 2004: *Waterdrukproeven op ingeslibde bekledingen ('infiltratieproeven')*, concept-rapport, 15 november 2004.

GeoDelft, 2003: *Zsteen, gebruikershandleiding, versie 1.8*, maart 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2003: *Testen van Zsteen versie 1.8*, H4331, december 2003.

WL|Delft Hydraulics, 2004: *Onderzoeksplan m.b.t. nauwkeurigheid Zsteen bij golfklappen*, H4134, april 2004.

WL|Delft Hydraulics, 2004: *Bepaling golfdrukken met SKYLLA, vergelijking van berekende resultaten met metingen*, H4424, maart 2005 2004.

GeoDelft, 2003: *Toetsing ingegoten bekledingen, bestaande kennis en kennisleemten*, CO-410220-0006, 01 Definitief, oktober 2003.

RWS DWW, 2003: *Notitie bespreking n.a.v. evaluatie ingegoten bekledingen ;(geen titel)*, (geen kenmerk), 20 november 2003.

RWS DWW, 2004: *Waterlaagje bij ingegoten steenzettingen*, 10 september 2004.

RWS DWW, 2004: *Terugmelding onderzoek ingegoten bekledingen*, , memo TAW-KBS, 10 oktober 2004.

Infram, 2003: *Plan van aanpak Noorse steen*, i716, november 2003.

BIJLAGE A: HERZIENE PLANNING

