

**SBW Golfverslag en
Bekledingen
deelproject
Overgangsconstructies**



SBW Golfverslag en Bekledingen deelproject Overgangsconstructies

Expert raadpleging; verslag EBR-sessie

M. der Meer (Fugro)
ir. E.O.F. Calle

1204204-011

Titel
SBW Golfoverslag en Bekledingen
deelproject Overgangsconstructies

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1204204-011	1204204-011-GEO-0006- jvm	12

Trefwoorden
Dijken/kunstwerken/overgangsconstructies




Samenvatting

Op instigatie van het ENW is het onderwerp faalmechanismen bij overgangen en overgangsconstructies in primaire waterkeringen ter hand genomen. Begonnen is met een inventarisatie van de belangrijkste problemen bij en al bestaande oplossingen voor overgangen en overgangsconstructies, aan de hand van raadpleging van een panel van experts uit de waterkeringsector. Die raadpleging heeft plaatsgevonden op 4 november 2011, middels een computerondersteunde brainstorm in de EBR (electronic board room) bij Deltares in Delft. Doel hiervan was het vaststellen van onderwerpen en prioriteiten voor nader onderzoek aan overgangen en overgangsconstructies in SBW kader in de komende jaren.

In dit rapport worden de resultaten van de brainstorm weergegeven en worden voorlopige conclusies geformuleerd ten aanzien van onderwerpen en prioriteiten, die vanuit de waterkeringsector zijn aangedragen voor onderzoek in SBW-kader. Aan de hand hiervan kunnen in 2012 vervolgplassen worden opgesteld.

Referenties

Referenties worden, zonodig, als voetnoot in de tekst gegeven

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	dec. 2011	ir. E.O.F. Calle M. v.d. Meer (Fugro)		ir. A. van Hoven		ing. A.T. Aantjes	
2	feb. 2012	ir. E.O.F. Calle M. v.d. Meer (Fugro)		ir. A. van Hoven		ir. L. Voogt	
3	mar. 2012	ir. E.O.F. Calle M. v.d. Meer (Fugro)		ir. A. van Hoven		ir. L. Voogt	

Status
definitief

Inhoud

1 Aanleiding en doel	1
2 Raadpleging ervaringsdeskundigen	3
2.1 Geraadpleegde ervaringsdeskundigen	3
2.2 Inrichting van de brainstorm sessie	3
2.2.1 Deel 1: inventariseren en scoren	4
2.2.2 Deel 2: Verdiepingsslag	5
2.2.3 Resultaten verdiepingsslag	7
3 Belangrijkste indrukken en aanbevelingen voor vervolg	9
3.1 Belangrijkste indrukken per item	9
3.2 Conclusies en aanbeveling t.a.v. vervolg	11
3.3 Aangedragen documenten	12
A Geïdentificeerde typen overgangen en overgangsconstructies	A-1
B Scoren op belangrijkheid	B-1
C Antwoorden verdiepingsslag	C-1
Bijlage(n)	
A Geïdentificeerde typen overgangen en overgangsconstructies	A-1
B Scoren op belangrijkheid	B-1
C Antwoorden verdiepingsslag	C-1

1 Aanleiding en doel

Het SBW onderzoeksprogramma (Sterkte en Belasting Waterkeringen) is gericht op het verbeteren van de technische kwaliteit van veiligheidstoetsingen van primaire waterkeringen. Mede op basis van observaties van bezwaken waterkeringen, na de orkaan Katrina, is geconcludeerd dat initiatie van dijkdoorbraak door schade aan, of bezwijken van overgangsconstructies een belangrijk, maar onderbelicht, onderwerp is. Om die reden heeft het ENW (Expertise Netwerk Waterveiligheid) aanbevolen hier onderzoek naar uit te voeren.

Bij overgangsconstructies kan gedacht worden aan een breed scala van typen: overgangen tussen verschillende typen dijkbekledingen (Figuur 1.1), overgangen tussen waterbouwkundige constructies en dijken (Figuur 1.2), overgangen van dijk naar duin, overgangen tussen een dijk en er op of er in gebouwde harde constructies, al dan niet met waterkerende functie, et cetera.



Figuur 1.1 Voorbeeld schade overgangsconstructie, basalt op gebroken puin op een vlijaag op klei: verdwenen basaltzuilen door onvoldoende klemming bij de overgang met haringmanblokken. Schade 1978, Oud Noord-Bevelandpolder nabij Zeelandbrug, Noord Beveland. [uit: Schadecatalogus voor dijkbekledingen, van der Meer, M.T. en M.R. Moens, ISBN 90-212-9501-6, 1990]



Figuur 1.2 Voorbeeld schade New Orleans na Katrina (2005), waarbij het kunstwerk nog redelijk ongeschonden is, maar de aansluitingen aan het onverstoorde dijklichaam geheel zijn weggespoeld. [Vrijling, J.K. en W. Kanning]

Besloten is in 2011 een beperkte, eerste verkenning uit te voeren. Deze bestaat uit een raadpleging van ervaringsdeskundigen. Doel ervan is kennis en ervaringen inventariseren, om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de belangrijkste problemen die spelen bij overgangen en overgangsconstructies, van de bestaande kennis hierover en van kennisleemten. Op basis hiervan moet later een onderzoeksplan worden opgesteld.

In dit rapport worden de resultaten van deze eerste verkenning besproken. In hoofdstuk 2 worden opzet en resultaten van de uitgevoerde raadpleging beschreven en in hoofdstuk 3 wordt een voorlopige duiding gegeven met aanbevelingen ten aanzien van het vervolg.

In januari 2012 is door een ENW delegatie een werkbezoek gebracht aan Thailand, naar aanleiding van de in oktober 2011 opgetreden wateroverlast en dijkdoorbraken als gevolg van extreme regens. Ook daar is een groot deel van de dijkdoorbraken opgetreden ter plaatse van de aansluiting van kunstwerken/objecten aan de dijken. Net als de dijkdoorbraken in New Orleans, tijdens de orkaan Katrina, bevestigt dit het beeld dat zulke overgangen kritieke onderdelen van de waterkering zijn. Deze additionele observaties hebben geen rol gespeeld bij de expertraadpleging en het opstellen van de onderhavige rapportage. In de ENW werkgroepen Veiligheid en Techniek zal hiervan verslag worden gedaan. Dan kan ook bezien worden of dit tot aanpassing van de aanbevelingen in dit rapport moet leiden.

2 Raadpleging ervaringsdeskundigen

2.1 Geraadpleegde ervaringsdeskundigen

Voor de raadpleging zijn de volgende deskundigen uitgenodigd:

- Jentsje van der Meer (Van der Meer Consulting).
- Christiaan Pilarczyk (RWS DWW, gepensioneerd).
- Mark Klein Breteler (Deltares; SBW projectleider 'Reststerkte').
- Yvo Provoost (Projectbureau Zeeweringen).
- Henk-Jan Verhage (TU Delft).
- Wim Kanning (TU Delft).
- Arie Vrijburgt (RWS DI, gepensioneerd).
- Dick de Wilde (RWS DI).
- Hessel Voortman (Arcadis).
- Joop Weijers (RWS WD).
- Petar Lubking (Deltares; SBW projectleider 'Kunstwerken').
- Marien Boers (Deltares, SBW-projectleider 'Duinen').

Met dit panel is het ruime veld van kennis- en ervaring op het gebied overgangen en overgangsconstructies bij waterkeringen goed afgedekt.

De raadpleging heeft plaatsgevonden in de vorm van een brainstorm/kenniselicatie sessie, waarbij gebruik gemaakt is van de *Electronic Board Room* (EBR) van Deltares. Bij de sessie zijn ook aanwezig geweest:

- Martin van der Meer (Fugro) en Ed Calle (Deltares) (technisch inhoudelijke voorbereiding).
- André van Hoven (Deltares) en Bianca Hardeman (RWS WD) (projectleider/begeleider van het SBW onderzoek 'Golfoverslag en Bekledingen', waar het deelproject 'Inventarisatie overgangsconstructies' een onderdeel van is).
- Rens van den Berg (Deltares, technische ondersteuning/moderator van het EBR-systeem).

Enkele van de uitgenodigde personen hadden laten weten wel te willen meewerken maar verhinderd te zijn de sessie bij te wonen. Via commentaar/aanvullingen op de concept versie van het onderhavige rapport wordt de inbreng achteraf meegenomen.

2.2 Inrichting van de brainstorm sessie

De brainstorm had twee doelen:

- 1 Globaal in kaart brengen van het probleemveld: Wat zijn typen van overgangen of overgangsconstructies in (primaire) waterkeringen, waarbij initiële schade een oorzaak van doorbraak kan zijn? Vervolgens aan de hand van een toedelen van scores het identificeren van de belangrijkste typen.
- 2 Inventarisatie van bestaande inzichten in de als belangrijkste onderkende typen aan de hand van vragen betreffende:
 - a. De fysica van het doorbraakproces bij het beschouwde type.
 - b. Bestaande (in hoofden aanwezige of in documenten vastgelegde) kennis van schademechanismen (en het doorbraakproces).
 - c. Kennisleemten bij het opstellen van toetscriteria.

De opzet van de sessie bestond uit 2 delen, namelijk:

- Deel 1: inventariseren typen en scoren van belangrijkste typen overgangen (zie paragraaf 2.2.1).
- Deel 2: Verdiepingsslag; inventariseren bestaande inzichten belangrijkste typen (wordt besproken in paragraaf 2.2.2).

2.2.1 Deel 1: inventariseren en scoren

Inventariseren:

De eerste vraag die aan de deelnemers werd voorgelegd luidde:

‘Welke zijn de belangrijkste typen van overgangen of overgangsconstructies, waarbij initiële schade een belangrijke oorzaak van doorbraak van de waterkering kan zijn?’

Door de deelnemers werden gezamenlijk 77 typen overgangen en overgangsconstructie genoemd, waarvan er na enig herschikken, wegens overlappingsen, 60 overbleven. In Bijlage A zijn de antwoorden op deze vraag weergegeven.

Scoren:

Vervolgens is de deelnemers gevraagd de genoemde typen te voorzien van scores. Deelnemers konden in totaal 10 scorepunten verdelen over één of meer van de 60 typen, op basis van de volgende weegcriteria:

- Relatieve belang van het type voor veiligheidstoetsingen van primaire waterkeringen.
- De mate waarin het type overgang of overgangsconstructie onderbelicht is in het huidige toetsinstrumentarium en dus actie nodig is om dit instrumentarium aan te passen.

In Bijlage B zijn de scores weergegeven. De gemiddelde score representeert het toegekende aantal punten. De standaardafwijking is bedoeld als een maat voor de ‘eensgezindheid’, hoe kleiner, hoe eensgezinder. Maar te verwachten was dat deze standaardafwijking, gegeven het relatief kleine aantal te verdelen punten door de deelnemers over het relatief grote aantal items waarover verdeeld kon worden, relatief groot zou zijn. De standaardafwijking is in dit verband dus weinigzeggend. Op basis van alleen de gemiddelden van de scores in Bijlage B zijn tien typen van overgangen of overgangsconstructies geselecteerd voor nadere verdieping.

De tien belangrijkste typen van overgangen of overgangsconstructies op basis van de scores zijn hieronder weergegeven (volgorde op basis van aflopende score). De getallen tussen haakjes refereren naar de geïdentificeerde typen in Bijlage A. Ingeval er twee of meer nummers staan komt de eerste voort uit de scores, de tweede en volgende is/zijn toegevoegd op grond van de overweging dat deze sterk gerelateerd zijn.

1. Aansluiting kunstwerk / grond i.v.m. achterloopsheid (5 + 40)

Overgang kunstwerk naar naastliggende dijk bezwijkt doordat achterloopsheid scherm te kort is of aanvulling bouwkuip slecht uitgevoerd, waardoor erosie en bezwijken optreedt

2. Aansluiting gras op dijkmeubilair (31 + 15)

Niet waterkerende objecten in grasbekledingen zijn zwakke punten in een grasbekleding. Stromingsconcentratie, bij golfoploop en golfoverslag leidt tot eerste schade met doorbraak als gevolg. Denk aan trappen, dijkpalen, groot meubilair, etc.

3. Aansluiting gras op niet waterkerende objecten (NWO) (36+26)

Dit type overgang komt grotendeels overeen met type 2 (Aansluiting gras op dijkmeubilair).

Aansluiting dijk/kunstwerk of ander star object (NWO): lokale stromingsconcentraties bij golfoploop en golfoverslag bij een object dat boven de dijk uitsteekt; aanval op het deel van de dijk bij een object dat lager ligt dan de dijk.

- *Aansluiting dijk/kunstwerk of ander star object (NWO): verlies van aansluiting door zettingsverschillen.*
- *Overgang rond NWO's.*
- *Aansluiting betonnen/stalen wand op dijk waarbij het harde element hoger is dan de dijk.*

4. Dijk duin grondlichaam + harde bekleding (2)

Overgang van dijken (grondlichaam + harde bekleding) naar een dynamische loskorrelige verdediging (met name duin).

- *Aansluitingen tussen duin en dijk.*
- *Overgangen dijk/duin. Duinafslag "achter de dijk langs" door te lage of te korte aansluiting met doorbraak als gevolg.*
- *Overgang van harde elementen (betonconstructies) op een loskorrelige verdediging (met name duin).*

5. Aansluiting gras / steenzetting (9)

Overgang van steenzetting naar gras. Daarbij is een belangrijke vraag op welk niveau deze overgang moet liggen, en eventueel met welke materialen deze overgang is te maken (is gebruik van doorgroeistenen een optie). Tevens, is verdichten van de klei langs de overgang mogelijk?

- *Aansluitingen van vegetaties (gras) op harde dijkbekleding.*

6. Verticale wand (46)

Verticale elementen in dijkkruinen (damwanden, bijv. Petten, of Muralt -muren): lokaal sterke aanval door verticaal opspatten en terugvallen van watermassa's voor en achter de constructie lokaal bezwijken van rondom het element liggende bekleding en aangrijpingspunt voor uitbreiding van schade.

7. Geometrische overgang (knikken in dijktaluds etc.) (4 +6+33+18)

Overgangen in het dwarsprofiel van de dijk: veranderingen van profiel, eventueel in combinatie met wijzigingen van bekleding. lokaal hogere belastingen/waterdrukken. lokaal verminderde klemming waardoor stabiliteit van individuele elementen in een gezette steenbekleding is verminderd.

Een overgang in een grasbekleding (berm naar boventalud, binnentalud naar binnenberm of binnentalud naar horizontaal maaiveld) leidt bij golfoploop en/of -overslag tot de eerste schade die tot doorbraak kan leiden.

8. Ontgronding bodem bij dijken/langsconstructies (door stroming) (8)

Overgang van de constructie naar de ondergrond (dus bij de buitenteen), proces is ongecontroleerde ontgronding.

9. Aansluiting damwand / steenzetting (7)

Horizontale overgangconstructies: aansluiting gezette bekleding op damwandconstructies als onderdeel van kering, zowel op het buiten- als op het binnentalud.

10. (Stuif)zand op grastalud nabij overgang dijk /duin (49)

Aansluiting dijk/duin: slechte kwaliteit grasmat door overwaaiend zand. Daardoor grasbekleding op buitentalud, kruin en binnentalud niet voldoende sterk en potentiële breslocatie.

2.2.2 Deel 2: Verdiepingslag

Voor de tien als belangrijkste onderkende typen overgangen is een verdiepingsslag gemaakt aan de hand van de hieronder weergegeven vragen. Deze hebben betrekking op de fysica van het doorbraakproces (opvolgende deel faalmechanismen van initiële schade tot doorbraak), de hierover bestaande kennis en de kennisleemten om te komen tot toetscriteria.

De vragen:

De aan de ervaringsdeskundigen gestelde vragen, ten aanzien van elk van de bovengenoemde tien geselecteerde typen van overgangen of overgangsconstructies zijn:

Met betrekking tot de “fysica” van het doorbraakproces?

1. *Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmechanismen tot doorbraak?*
2. *Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?*
3. *Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?*
4. *Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!*

Met betrekking tot bestaande kennis over het doorbraakproces?

5. *Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?*
6. *Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?*
7. *Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?*
8. *Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?*

Met betrekking tot kennisleemten?

9. *Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?*
10. *Gaat het om ‘quick wins’ of diepgaand(er) onderzoek?*
11. *Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: “doorbraakmechanisme wordt toetsbaar”, of “scherper of optimaler toetsen mogelijk”, of “bij ontwerp gebruik maken van ‘good practices’ waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht”)*

Toelichting bij deze vragen:

Kennis van, of tenminste inzicht in, de sequentie van faalmechanismen die, beginnend met initieel bezwijken, uiteindelijk tot doorbraak leidt, is van belang.

Ten eerste om de aannemelijkheid dat een initieel bezwijk- of schademechanisme daadwerkelijk tot een doorbraak kan leiden te onderbouwen. Immers, als het optreden van een initieel schademechanisme niet of slechts met praktisch verwaarloosbare kans kan leiden tot een doorbraak, dan is er ook weinig noodzaak om een toetscriterium (in het kader van de toetsing op veiligheid) te ontwikkelen.

Ten tweede is inzicht in het gehele doorbraakproces van belang om vast te stellen voor welk deel van dit proces het 't handigst is toetscriteria te ontwikkelen. Dit willen we als volgt illustreren. De weerstand tegen het ontstaan van een doorbraak, nadat initieel bezwijken heeft plaatsgevonden, wordt aangeduid als reststerkte. De kans op een doorbraak is gelijk aan de kans op initieel bezwijken, vermenigvuldigd met de kans dat, gegeven initieel bezwijken, de reststerkte onvoldoende is. Denkbaar is dat de reststerkte gemakkelijker toetsbaar is en voor het voorkomen van doorbraak van groter belang is dan de het voorkomen van initieel bezwijken. In dat geval kan het handiger zijn om niet, of niet alleen, op het initieel bezwijken te toetsen, maar op (een deel van) de faalketen er na; dus toetsen op (een deel van) de reststerkte. Wordt aan zo'n toets voldaan, dan is de veiligheid tegen een doorbraakproces, beginnend met het beschouwde initiële bezwijkmechanisme, voldoende gewaarborgd. Daarbij kan het zijn dat het toetsen op het initiële faal- of schademechanisme vanuit de veiligheidstoetsing niet of nauwelijks nog relevant is (bijvoorbeeld als de kans hierop altijd relatief groot is en de veiligheid feitelijk moet worden gewaarborgd door reststerkte). Vanuit beheersoverwegingen kan reductie van de kans op initiële schademechanismen dan nog wel interessant zijn, in verband met onderhoud.

2.2.3 Resultaten verdiepingsslag

De antwoorden op de 11 vragen bij elk van de 10 geselecteerde items in paragraaf 2.2.2 zijn weergegeven in Bijlage C.

In de nabespreking bleek dat verwarring was ontstaan over de term achterloopsheid. Dit onderwerp is gerelateerd aan interne erosie door grondwaterstroming, maar werd ook opgevat als erosie aan het maaiveld door overstromend of overslaand water. De antwoorden/argumenten die bij item 1 "Achterloopsheidscherm" zijn gegeven, en die betrekking hebben op erosie/ontgraving op het maaiveld (incl. verwijzingen naar Katrina) kunnen daarom beter in dezelfde rubriek bij item 2 "Aansluiting gras op dijkmeubilair" of item 3 "Aansluiting gras op NWO's" worden ondergebracht. Bij de interpretatie is hier rekening mee gehouden.

In hoofdstuk 3 worden de belangrijkste indrukken weergegeven en wordt een aanbeveling gegeven voor het vervolg. Dit betreft het laten landen van onderzoeksvragen n.a.v. geconstateerde kennisleemten in het SBW onderzoek en andere activiteiten om overgangsconstructies in het toetsvoorschrift een plaats te laten krijgen. Bijlage C is hiervoor een bron voor input vanuit de praktijk.

3 Belangrijkste indrukken en aanbevelingen voor vervolg

3.1 Belangrijkste indrukken per item

1. Aansluiting kunstwerk / grond i.v.m. achterloopsheid:

Er zijn twijfels over vigerende rekenregel (Lane). Ook ontbreekt het aan meetmethoden om de actuele toestand goed te kunnen schematiseren ten behoeve van de toetsing.

Voor verbetering van de toetsing zijn nodig/wenselijk:

- Goede instructies voor kwelweganalyse (3-D) (quick win).
- Meetmethoden om actuele toestand te bepalen (m.b.t. aanwezigheid, afmetingen, goede werking van achterloopsheidschermen en aansluitingen aan kunstwerk).
- Evaluatie methode Lane; regels voor beoordelen/dimensioneren.

2. Aansluiting gras op dijkmeubilair: (samen te nemen met 3: "aansluiting gras op niet waterkerende objecten")

Wordt gezien als belangrijke oorzaak voor initiële erosie bij golfoploop en golfoverslag (ook bij "Katrina" geobserveerd).

Probleem is erosie op overgang tussen harde constructie en aansluitende/omringende grasbekleding, als gevolg van:

- Stromingsconcentratie rondom kleine of naast grote, boven het maaiveld uit stekende, objecten, bij golfoploop en golfoverslag, in combinatie met
- Minder goede kwaliteit van de grasmat ter plaatse van de overgang (moeilijk te onderhouden en/of van nature zwakke plek).

Mogelijke oplossingsrichtingen zijn divers en afhankelijk van type object:

- Voor kleine boven het maaiveld/talud uitstekende objecten: zorgen dat afmetingen van klein zijn. Rond objecten kleiner dan $0,15 \times 0,15 \text{ m}^2$ is stromingsconcentratie gering en is bij overslagproeven gebleken dat hierbij nauwelijks erosie optreedt;
- Bij grote(re) objecten kunnen problemen mogelijk voorkomen worden door versterking van grond en grasmat nabij de aansluiting (door harde bekleding, versterkte grasmat en goede onderhoudbaarheid). Probleem is dat nog onvoldoende inzicht bestaat in de aard en omvang van stromingsconcentraties. Beter inzicht hiervan helpt bij het optimaliseren van deze oplossingsrichting.
- Bij grote objecten mogelijk ook geleiding van stroming (door oploop en overslag)
- Voor objecten op de kruin of binnentalud: beperken van het golfoverslagdebiet.

Nodig/wenselijk voor toetsing (en ontwerp):

Er bestaan geen goede toets- en ontwerpregels. Een eerste aanzet zou kunnen bestaan uit het inventariseren van bruikbare praktische inzichten/ervaringen, waaronder ook ervaringen die bij de golfoverslag proeven is opgedaan. N.a.v. "Katrina" zijn instructies opgesteld m.b.t. bodembescherming nabij harde constructies in dijken; mogelijk kan hier gebruik van worden gemaakt.

Voor toetsregels en rekenmodellen gebaseerd op fundamenteeler inzicht is onderzoek nodig naar het stromingsgedrag (concentraties) bij golfoploop en overslag nabij overgangen tussen objecten en grasbekleding, en onderzoek naar de erosiesterkte van de grasmat in de buurt van objecten.

3. Aansluiting gras op niet waterkerende objecten: (zie 2)

4. Dijk duin grondlichaam + harde bekleding:

Op de overgang van dijk naar duin kan, eerst op de overgang zelf en later in het duin naast de overgang, versterkte afslag optreden. Afhankelijk van de breedte van het duin kan dit tot doorbraak leiden.

In het VTV worden toetsregels genoemd, maar die zijn onvoldoende gevalideerd. Voor verbetering van de toetsing (en het ontwerp) is nodig:

- Verbetering van inzicht in belasting op aansluitconstructie.
- Ontwikkeling en validatie van een rekenmodel voor complexe erosie.
- Goede hydraulische condities (waterstand en golven).
- Vertaling van hieruit voortvloeiende kennis/inzicht in hanteerbare toetsregels, o.a. ten aanzien van doorzetten van dijkbekleding in het duin.
- Eerste aanzet: maak bestaande kennis toegankelijk (o.a. onderzoek uit 2006).
- Toetsregels in de vorm van richtlijnen t.a.v. doorzetten van (harde) dijkbekleding in duin.

5. Aansluiting gras / gezette steenbekleding (of andere harde bekleding):

Buitentalud: Het erosiegedrag op grens van gras en harde bekleding in ophoopzone wordt nog onvoldoende begrepen. Er zijn geen gevalideerde rekenregels voor toetsing en ontwerp. Aanbevolen wordt dit gedrag m.b.v. golfoploop proeven te bestuderen (naast evaluatie praktijkgevallen). Hiervoor is nog veel onderzoek nodig.

Binnentalud en kruin: Ook hier speelt bij golfoverslag erosie op de overgang van gras naar harde bekleding een rol. Voorbeeld: een (asfalt) fietspad op de kruin of binnenberm wordt al snel opgedrukt bij kleine beschadigingen van de grasmat op de overgang. Hierdoor wordt de slecht erosiebestendige fundering blootgesteld aan golfoverslag. Dit onderdeel hoort bij item 7 thuis.

6. Verticale wand:

Verticale elementen in dijkruin (bijvoorbeeld damwandjes of de Muraltmuurtjes). Komen niet vaak meer voor. Waarschijnlijk volstaat uitzoeken i.p.v. onderzoeken. Nieuwe ontwerprichtlijnen in VS n.a.v. richtlijnen na Katrina zijn mogelijk ook in NL bruikbaar (o.a. voldoende bodembescherming aan de voet van zulke constructies, vóór en achter).

Voor toetsen: beschikbare praktische richtlijnen evalueren en opnemen in toetsvoorschrift.

Voor ontwerpen: In ontwerphandreiking dit soort dijkconstructies afraden en indien toch toegepast adequate maatregelen (waaronder bodembescherming) voorschrijven.

7. Geometrische overgangen (knikken in dijktaaluds etc.):

Voor overgangen in harde bekledingen (soort, dikte), al dan niet in combinatie met geometrische veranderingen (knikken: in dijktaalud, van taalud naar berm v.v., et cetera) lijken niet een probleem te vormen. Oplossingen zijn voorhanden, in de vorm van praktijkrecepten/regels voor het ontwerpen en bij de bouw. Voor toetsingen moet nagegaan worden wat specifieke benodigde bijkomende toetsactiviteiten zijn (inspectie?).

Kennisleemten zijn er m.b.t. erosie van gras en grond bij knikken in het taalud, overgangen van taalud naar berm en vice versa, zowel bij golfoploop (buitentalud) als golfoverslag (kruin, binnentalud). Met name ook wanneer dit tevens een overgang van zachte naar harde bekleding is. Voor wat betreft het buitentalud wordt ook als manco gezien dat (nog) niet gerekend kan worden met cumulatief erosie-effect van waterstandvariatie door getij. Hoewel er aanzetten zijn is hiervoor experimenteel- en bureauonderzoek nodig om erosieprocessen te doorgronden en te modelleren.

8. Ontgroning bodem bij dijken/langsconstructies (door stroming/scheepvaart):

Kan leiden tot instabiliteit van waterkerende constructie (damwanden, keermuren). Bodembescherming langs dijken en bij kunstwerken. Probleem bij toetsing als eerste ondervangen door een eis om te monitoren en beheren, zodat eventuele problemen tijdig worden opgemerkt en hersteld. Planmatige monitoring (en zonodig herstel) is een proces

dat los van de toetsing kan staan. De toetsing zou dan vooral kunnen bestaan uit het nagaan of monitoring en herstel volgens plan is/wordt uitgevoerd.

9. Aansluiting damwand/ steenzetting:

Erosie van onderlagen van steenzetting door imperfecties aansluiting bekleed talud en damwand. Regelmatig schade geobserveerd, maar de kans op doorbraak hierdoor wordt klein geacht. Schijnt wel in New Orleans gebeurd te zijn.

Er zijn geen toetsregels, anders dan dat deze overgangen visueel gecontroleerd moeten worden. Theoretische toetsmodellen (hydraulische belasting versus erosiesterke) ontbreken. Een mogelijk eenvoudige verbeteringen ten behoeve van ontwerpen wordt gezien in het inventariseren, vastleggen en uitbouwen van praktijkkennis ten aanzien mogelijke ontwerpvarianten. Gesteld wordt dat verbetering van het toetsinstrumentarium toch vooral gerealiseerd moet worden door aanwijzingen voor visuele inspectie op te stellen.

10. (Stuif)zand op grastalud nabij overgang dijk /duin:

“Zout” zand op de grasmat van kruin, buiten- en binnentalud kan leiden tot achteruitgang van kwaliteit grasmat, maar over mate waarin is weinig bekend. Eerst nagaan wat de invloed is, daarna pas mogelijk toetscriteria en/of oplossingen in de ontwerpsfeer bedenken.

3.2 Conclusies en aanbeveling t.a.v. vervolg

In de brainstormsessie is aanbevolen om te kijken naar de ervaringen met de uitgevoerde toetsrondes, door na te gaan of overgangsconstructies hebben geleid tot ‘geen oordeel’ of ‘onvoldoende’ (inclusief oordeel beheerder). Uit oogpunt van zorgvuldigheid dient dit uiteraard te gebeuren. Maar er moet voor gewaakt worden dat op grond daarvan problemen met overgangen of overgangsconstructies worden onderschat. Immers, lacunes in het toetsvoorschrift op dit gebied zullen niet bij de uitvoering van de toetsing worden ontdekt, maar pas aan het licht komen tijdens extreme belastingsituaties.

Tevens is in de brainstormsessie aangegeven dat bij overgangen tussen bekledingstypen of overgangen tussen harde en zachte materialen op of in een waterkering, de betrouwbaarheid van de constructie sterk afhankelijk is van nauwgezette uitvoering bij de bouw (dijkversterkingen) en controle op (en tijdige reparatie van) ontstane ongewenste afwijkingen tijdens de levensduur (geleidelijk of na extreme (golf)belasting).

Dit geldt ook voor ontgrondingen nabij waterkeringen door stroming of scheepvaart (8). De controle op en tijdige reparatie van ongewenste afwijkingen tijdens de levensduur van de waterkering hoort bij goed beheer.

De periodieke toetsing zal, wat dit betreft, dan meer gericht moeten zijn op de vraag of adequate inspecties (en bijbehorende reparaties) zijn en zullen worden uitgevoerd.

In de brainstormsessie is gepeild waar praktijkdeskundigen mogelijke ‘veiligheidslekken’, voortkomend uit overgangen of overgangsconstructies, in de beveiliging tegen overstrooming zien. Met ‘veiligheidslek’ bedoelen we hier een niet in de huidige toetsing op veiligheid geadresseerde, maar beredeneerbare, mogelijkheid tot het ontstaan van doorbraak van een waterkering.

De antwoorden op de vraag hoe een initiële schade kan leiden tot een uiteindelijke doorbraak, en dus een mogelijk veiligheidslek is, waren niet altijd glashelder. Omgekeerd kan vaak ook niet aannemelijk worden gemaakt dat vormen van initiële schade niet, of slechts met verwaarloosbare kans, tot doorbraak zullen leiden. Zolang niet aannemelijk is dat een initieel schademechanisme niet (met verwaarloosbare kans) tot doorbraak kan leiden, dient zo'n schademechanisme in het voorschrift voor periodieke toetsing op veiligheid (VTV) geadresseerd te worden.

Benodigd onderzoek voor het oplossen van geconstateerde kennislacunes en het inventariseren van al bestaande praktijkkennis kan, logisch, zoveel mogelijk ondergebracht worden in al bestaande SBW-deelprojecten. Bijvoorbeeld experimenteel en theoretisch onderzoek naar effecten van golfploop en golfoverslag op overgangen (items 2, 3, 5, 6, 7 en 9 in paragraaf 3.1), moet een plaats krijgen in het deelproject 'Overslag en Bekledingen'. Aansluitingen tussen kunstwerken en dijklichaam i.v.m. achterloopsheid (item 1) in het deelproject 'Piping'. Onderwerpen die te maken hebben met de overgang van duin naar dijk (items 4 en 10) in het deelproject 'Duinen'. En ontgroning (item 8) in het deelproject 'Erosie voorland'.

Daarmee lijkt het dat een apart deelproject 'Overgangen en overgangsconstructies' binnen WTI of SBW niet perse nodig zou zijn. Niettemin is het wenselijk om 'Overgangen en Overgangsconstructies' een duidelijk herkenbare plaats te geven in het geheel van ontwikkelingen in WTI en SBW kader, om:

1. Te bewaken dat dit onderwerp voldoende aandacht krijgt.
2. Mogelijk gemeenschappelijke zaken op te pakken. Denk bij dit laatste bijvoorbeeld aan het ontwikkelen van raamwerk voor inspectie en inspectiefrequentie.

Ad 1: Onderdeel hiervan is dat in samenspraak met de projectleiders van de genoemde SBW deelprojecten een (deel)onderzoeksplan wordt gemaakt betreffende overgangsconstructies, mede op basis van de uitkomsten van de brainstormsessie (in het bijzonder Bijlage C bij dit rapport).

3.3 Aangedragen documenten

Ten behoeve van de brainstormsessie is geen literatuurinventarisatie gemaakt. Door enkele deelnemers zijn wel rapporten/publicaties genoemd die mogelijk relevant kunnen zijn voor het vervolg. Deze worden hieronder opgesomd.

Overgangsconstructies in dijkbekledingen. Rapport opgesteld i.o.v. TAW, werkgroep A, Belastingen en bekledingen. (Inventarisatie van bestaande kennis). Opgesteld door W.G. de Rijke, M. Klein Breteler, T.P. Stoutjesdijk en L.A. Philipse, oktober 1992.

WL rapport H4731, juli 2006, auteur Coeveld (over overgang dijk/duin).

WL rapport H4432, februari 2006, auteurs Kuiper e.a. (over Havendammen; invloed van bermen).

CUR aanbeveling C 115, 2011 (m.b.t. aansluiting damwand en steenzetting).

Voorbeelden van Overgangsconstructies. Notitie van Jentsje van der Meer, n.a.v. brainstormsessie, nov. 2011.

Overgangsconstructies (foto's New Orleans na Katrina) W. Kanning en J. Vrijling (TUD).

A Geïdentificeerde typen overgangen en overgangsconstructies

Vraag 1:

Welke zijn de belangrijkste typen van overgangen of overgangsconstructies, waarbij initiële schade een belangrijke oorzaak van doorbraak van de waterkering kan zijn?

Antwoorden (blauw zijn uiteindelijk benoemde typen, rood de hierbij ondergebrachte overlappingsen):

1. Interne overgangen in duin: bijv. duin- duinvoet. Ander/versterkte afslag of verdedigde duinvoet onvoldoende sterk.
2. Overgang van dijken (grondlichaam + harde bekleding) naar een loskorrelige verdediging (bijvoorbeeld duin).
 - a. *Aansluitingen tussen duin en dijk.*
 - b. *Overgangen dijk/duin. Duinafslag "achter de dijk langs" door te lage of te korte aansluiting met doorbraak als gevolg.*
 - c. *Overgang van harde elementen (betonconstructies) op een loskorrelige verdediging (bijv. duin).*
3. Overgangen waar sprake is van zware golfaanval.
4. Interne overgangen in dijk: veranderingen van profiel; wijzigingen in bekleding. Lokaal hogere belastingen/waterdrukken. Lokaal verminderde klemming waardoor stabiliteit van individuele elementen is verminderd.
 - a. *Overgangen tussen harde en zachte elementen.*
5. Overgang kunstwerk naar naastliggende dijk bezwijkt doordat achterloopsheid scherm te kort is of aanvulling bouwkuip slecht uitgevoerd, waardoor erosie en bezwijken optreedt.
 - a. *overgang dijk en kunstwerken.*
 - b. *Overgang kunstwerk naar gronddijk, dwars op de dijk. Door vochtthuishouding zwelt/krimpt de grond. Er ontstaat een spleet tussen kunstwerk en dijk. Interne erosie leidt uiteindelijk tot bres.*
 - c. *Overgang tussen kunstwerk en ondergrond faalt doordat kwelscherm door zakkende ondergrond los van constructie komt, waardoor onderloopsheid en uiteindelijk bezwijken.*
 - d. *Overgang tussen waterbouwkundige constructie (coupure, sluis) op dijklichaam door geen of gebrekkige achterloopsheids- en onderloopsheidvoorzieningen.*
6. Grasbekleding, knik van talud naar horizontaal. Hogere belasting. Erosie gras en onderlaag leidt tot head cut erosie en doorbraak.
7. Horizontale overgangconstructies: aansluiting gezette bekleding op damwandconstructies als onderdeel van kering.
8. overgang van de constructie naar de ondergrond (dus bij de teen), proces is ongecontroleerde ontgroning.
9. Overgang van steenzetting naar gras. Daarbij is een belangrijke vraag op welk niveau je deze overgang moet kiezen, welke materialen (is doorgroeistenen zinnig). Is verdichten van de klei langs de overgang mogelijk?
 - a. *Betonnen bekledingen en gras.*
 - b. *Aansluitingen van vegetaties (gras) op harde dijkbekleding.*
10. Interne overgangen in kunstwerken. Voegen in civiele deel. Aansluitingen bewegende delen (keermiddelen) op civiele deel. Ongewenst constructief gedrag, lekken, lokale schade.
11. Hybride keringen: een dijk die wordt verdedigd door een voorliggend zandlichaam.
12. Overgangen onder water tussen twee verschillende samenstellingen.
13. Grasbekleding, overgang naar asfaltweg op kruin. Gras groeit hier slecht en is zwak. Erosie leidt tot doorbraak indien de asfaltweg afbrokkelt in het ontstane gat.

14. Overgang tussen voorziening voor pijpleiding, over of door de dijk, en dijklichaam.
15. Aansluiting van gras op andere harde zaken (zoals een trap, dijkovergang, etc.).
 - a. *Aansluiting van kleine objecten op dijklichaam (trap, hek, rij paaltjes, lantaarnpaal, etc.).*
16. Verandering van significante parameters in de bekledingen zijn belangrijk. (Dikte doorlatendheid, dikte etc.)
17. Overgangsconstructie gezette en/of losgestorte bekledingen op kleitaluds/bermen
 - a. *Door onvoldoende hechting het opdrukken van de dichte bekleding.*
18. Een overgang in een grastalud bekleding (berm naar boventalud, binnentalud naar binnenberm of binnentalud naar teen) leidt bij golfoploop en/of -overslag tot de eerste schade die tot doorbraak kan leiden.
19. Hybride keringen: duin dat wordt verdedigd door een duinvoetverdediging, strandmuur of golfbreker.
20. Overgang doorgroeisteen grasbekledingen.
21. Overgang van twee verschillende harde elementen met verschillende stijfheid (bijv. damwand naar betonconstructie).
22. Overgangen kunstwerk/duin. Komen niet voor?? Er ligt altijd een dijk/aansluitconstructie tussen??
23. Veranderingen in de doorlatendheid van de filterlagen zijn belangrijk bij bekledingen. de belasting op de toplaag wordt daardoor significant anders.
24. Overgang van verschillende onderlagen bij dezelfde doorgaande bovenlaag.
25. Overgang tussen twee typen harde bekledingen op dijk is aanleiding tot scheuren en spleten waarbij materiaal uit ondergrond kan wegspoelen.
26. Aansluiting betonnen/stalen wand op dijk waarbij het harde element hoger is dan de dijk
 - a. *Kunstmatige elementen in dijk.*
27. Verticale overgang van de tegenwoordig vaak toegepaste overlagen van gepenetreerde breuksteen op gezette bekledingconstructies.
28. Een overgang van damwand/keerwand naar bodem bij stromingen.
29. Overgangen in bv waterleidingen bezwijken door vervormingsverschillen in zone vlak naast de dijk waardoor erosie en bezwijken.
30. Ontgrondingen bij de teen.
31. Niet waterkerende objecten in grasbekledingen zijn het zwakste punt in een grasbekleding. Stroomconcentratie (oploop/overslag) leidt tot eerste schade met doorbraak als gevolg. Denk aan trappen (er zijn er heel veel!), dijkpalen, groot meubilair, etc.
32. Aansluiting dijk/kunstwerk of ander star object (NWO): piping/heave met bresvorming onder/langs kunstwerk tot gevolg.
33. overgang die ontstaat door een verandering in taludhelling bij gelijkblijvende bekleding (bijv. een grasdijk met twee verschillende hellingen).
34. Overgang van dijkstalud naar voorland (kwelder, schor). Te weinig steun voor de bekleding van het talud kan lokale afschuiving van deel van bekleding geven.
35. Overgang van bodembescherming naar oorspronkelijke bodem bij stromingen.
36. Aansluiting dijk/kunstwerk of ander star object (NWO): lokale concentratie van overloop/overslag bij kunstwerk dat boven de dijk uitsteekt; aanval op het onbeschermd deel van de dijk bij een kunstwerk dat lager ligt dan de dijk.
 - a. *Windmolens op een dijk zijn starre elementen in een meer slappe ondergrond. Probleem.*
 - b. *Aansluiting dijk/kunstwerk of ander star object (NWO): verlies van aansluiting door zettingsverschillen. Aanval op het onbeschermd dijklichaam en bresvorming.*
 - c. *Overgang rond Niet Waterkerende Objecten.*
37. Overgang dichte en doorlatende bekleding.
38. Overgang grasbekleding harde bekleding in golfoploop zone. Vaak is deze niet vlak waardoor de belasting hoger is. Gras groeit hier slecht waardoor de sterkte minder is. Als de erosie de zandkern bereikt versnelt erosieproces dat leidt tot doorbraak.

39. De overgang van versterkte berm (asfalt/steenbekleding) naar een met gras bekleed boventalud is bij zee- en meerdijken een zwak punt en kan leiden tot het "opeten" van de dijk tot doorbraak.
40. Een ondoorlatende constructie in een dijk (Sluis stuw, damwand...) zal aanleiding geven tot bezwijken op de overgang. Ook een kwelscherm eindigt weer ergens!
41. Overgang van talud naar berm: zwakkere bekleding.
42. Overgangen tussen dijk en treintalud (welke deels zeer doorlatend is).
43. Overgang van verschillende soorten ondergrond bij doorgaande (identieke) bekleding, waardoor het ene stuk bijv. meer zetting vertoont dan het andere.
44. Overslag kruin en binnentalud afhankelijk van de samenstelling constructie.
45. Objecten in een grasbekleding. Onderhoud van gras is hier moeilijk, waardoor lagere sterkte. Hogere belasting door object in stroming. Indien de erosie de zandkern van de dijk bereikt kan een bres ontstaan.
 - a. *Harde constructies zoals trappen etc. genereren ontgrondingen.*
46. Verticale elementen in dijkkruien (damwanden (bijv. Petten) of Muralt -muren): lokaal sterke aanval door verticaal opspatten en terugvallen van watermassa's (golven). Lokaal bezwijken van rondom het element liggende bekleding en aangrijpingspunt voor verdere schade.
47. Overgang van doorlatende onderlaag naar ondoorlatende onderlaag (ca. filterlaag).
48. Locale penetratie (als tijdelijke versterking) ; is dit beter of slechter.
49. Aansluiting dijk/duin: slechte kwaliteit grasmat door overwaaiend zand. Daardoor binnentalud niet voldoende sterk en potentiële breslocatie.
50. Wegovergang over dijk. Knik in talud samen met een overgang van de weg op grasbekleding maakt dit een zwakke plek. Bij falen bekleding dicht bij de kruin kan snel een bres ontstaan.
51. Aansluiting van vleugelwanden naar taludbekledingen bij spuisluisen/schutsluisen/gemalen, etc.
52. Aansluiting tussen twee delen geotextiel.
53. Overgang dijk/voorland: verlies van samenhang/steunberm door erosie bij de teen en progressief optreden van schade naar het benedentalud.
54. Als de bekleding op een waterkering bezwijkt, en er is een sterke toplaag aanwezig, dan zorgt de toplaag ervoor dat invallende golven niet hun energie in verticale richting kwijt kunnen, maar in horizontale richting.
55. Verschillen in zetting (of anderszins bewegen parallel langs een talud) is geen probleem tenzij er verschillen zijn in de beweging van de elementen of element typen. (bezwijken van bekledingen net onder een opsluitband zijn daar een voorbeeld van, de opsluitband zal de hoger gelegen bekleding vasthouden)).
56. Aansluiting op grote pijpleidingen.
57. Sociaal raakvlak: betreding met gevolgen voor kwaliteit grasmat (paarden op de kruin van de Pettemer! Echt gezien!).
58. Overgang van doorlatende toplaag (bijv. open steenasfalt, elastocoast) naar ondoorlatende toplaag (bijv. asfalt).
59. Interne erosie filter/ondergrond(dit kan verticale overgang genoemd worden).
60. Inventarisatie uit toetsing ronde.

B Scoren op belangrijkheid

Uitleg:

Verdeling van scores van 14 deelnemers over de 60 onderwerpen. Beschouw onderwerp 2 (overgang van dijken naar loskorrelige verdediging): 9 deelnemers gaven dit onderwerp 0 punten, 4 gaven 1 punt en 1 deelnemer gaf 2 punten. De gemiddelde score is $(9 \times 0 + 4 \times 1 + 1 \times 2) / 14 = 6 / 14 = 0,428 = 0,43$. Totaal kreeg dit onderwerp $(4 \times 1 + 1 \times 2) = 6$ punten. De standaardafwijking is $\sqrt{(9 \times (0 - 0,428)^2 + 4 \times (1 - 0,428)^2 + 1 \times (2 - 0,428)^2) / 13} = 0,646$. De standaardafwijking is een maat voor de eensgezindheid bij het scoren.

#	Ballot Items	Vote Distribution										Avg. Score	Total	STD	Votes
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1.	Interne overgangen in duin: bijv. duin- duinvoet. Ander/versterkte afslag of verdedigde duinvoet onvoldoende sterk	13	-	1	-	-	-	-	-	-	-	0.21	3.00	0.80	14
2.	Overgang van dijken (grondlichaam + harde bekleding) naar een loskorrelige verdediging (bijvoorbeeld duin).	9	4	1	-	-	-	-	-	-	-	0.43	6.00	0.65	14
3.	Overgangen waar sprake is van zware golfaanval	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14
4.	Interne overgangen in dijk: veranderingen van profiel; wijzigingen in bekleding. Lokaal hogere belastingen/waterdrukken. Lokaal verminderde klemming waardoor stabiliteit van individuele elementen is verminderd.	10	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.36	5.00	0.63	14
5.	Overgang kunstwerk naar naastliggende dijk bezwijkt doordat achterloopsheid scherm te kort is of aanvulling bouwkuip slecht uitgevoerd, waardoor erosie en bezwijken optreedt.	7	4	2	1	-	-	-	-	-	-	0.79	11.00	0.97	14
6.	Grasbekleding, knik van talud naar horizontaal. Hogere belasting. Erosie gras en onderlaag leidt tot head cut erosie en doorbraak.	11	3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	3.00	0.43	14
7.	1.horizontale overgangconstructies: aansluiting gezette bekleding op damwandconstructies als onderdeel van kering	11	2	1	-	-	-	-	-	-	-	0.29	4.00	0.61	14
8.	overgang van de constructie naar de ondergrond (dus bij de teen), proces is ongecontroleerde ontgroning	10	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.36	5.00	0.63	14
9.	Overgang van steenzetting naar gras. Daarbij is een belangrijke vraag op welk niveau je deze overgang moet kiezen, welke materialen (is doorgroei-stenen zinnig). Is verdichten van de klei langs de	8	6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43	6.00	0.51	14

#	Ballot Items	Vote Distribution										Avg. Score	Total	STD	Votes		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10	
	overgang mogelijk?			-													
10.	Interne overgangen in kunstwerken. Voegen in civiele deel. Aansluitingen bewegende delen (keermiddelen) op civiele deel. Ongewenst constructief gedrag, lekken, lokale schade	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14	
11.	Hybride keringen: een dijk die wordt verdedigd door een voorliggend zandlichaam	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	3.00	0.58	14		
12.	overgangen onder water tussen twee verschillende samenstellingen	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14		
13.	Grasbekleding, overgang naar asfaltweg op kruin. Gras groeit hier slecht en is zwak. Erosie leidt tot doorbraak indien de asfaltweg afbrokkelt in het ontstane gat.	11	3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	3.00	0.43	14		
14.	overgang tussen voorziening voor pijpleiding, over of door de dijk, en dijklichaam	11	3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	3.00	0.43	14		
15.	Aansluiting van gras op andere harde zaken (zoals een trap, dijkovergang, etc.)	7	6	1	-	-	-	-	-	-	-	0.57	8.00	0.65	14		
16.	Verandering van significante parameters in de bekledingen zijn belangrijk. (Dikte doorlatendheid, dikte etc.)	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14		
17.	overgangsconstructie gezette en/of losgestorte bekledingen op kleitaluds/bermen	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14		
18.	Een overgang in een grasbekleding in een talud (berm naar boventalud, binnentalud naar binnenberm of binnentalud naar teen) leidt bij golfoploop en/of -overslag tot de eerste schade die tot doorbraak kan leiden.	13	-	1	-	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.53	14		
19.	Hybride keringen: duin dat wordt verdedigd door een duinvoetverdediging, strandmuur of golfbreker	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14		
20.	overgang doorgroeisteen grasbekledingen	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14		
21.	overgang van twee verschillende harde elementen met verschillende stijfheid (bijv. damwand naar betonconstructie)	13	-	1	-	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.53	14		
22.	Overgangen kunstwerk/duin. Komen niet voor?? Er ligt altijd een dijk/aansluitconstructie tussen??	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14		
23	Veranderingen in de doorlatendheid van de filterlagen zijn belangrijk bij bekledingen. de belasting op de toplaag wordt daardoor significant anders.	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14		

#	Ballot Items	Vote Distribution										Avg. Score	Total	STD	Votes
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
24.	overgang van verschillende onderlagen bij dezelfde doorgaande bovenlaag	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.36	14
25.	Overgang tussen twee typen harde bekledingen op dijk is aanleiding tot scheuren en spleten waarbij materiaal uit ondergrond kan wegspoelen.	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	3.00	0.43	14
26.	Aansluiting betonnen/stalen wand op dijk waarbij het harde element hoger is dan de dijk	1	0	3	1	-	-	-	-	-	-	0.36	5.00	0.63	14
27.	verticale overgang van de tegenwoordig vaak toegepaste overlagingen van gepenetreerde breuksteen op gezette bekledingconstructies	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.53	14
28.	Een overgang van damwand/keerwand naar bodem bij stromingen	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-	0.21	3.00	0.58	14
29.	Overgangen in bv waterleidingen bezwijken door vervormingsverschillen in zone vlak naast de dijk waardoor erosie en bezwijken.	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.36	14
30.	ontgrondingen bij de teen	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14
31.	Niet waterkerende objecten in grasbekledingen zijn het zwakste punt in een grasbekleding. Stroomconcentratie (oploop/overslag) leidt tot eerste schade met doorbraak als gevolg. Denk aan trappen (er zijn er heel veel!), dijkpalen, groot meubilair, etc.	8	2	4	-	-	-	-	-	-	-	0.71	10.00	0.91	14
32.	Aansluiting dijk/kunstwerk of ander star object (NWO): piping/heave met bresvorming onder/langs kunstwerk tot gevolg	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14
33.	overgang die ontstaat door een verandering in taludhelling bij gelijkblijvende bekleding (bijv. een grasdijk met twee verschillende hellingen)	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.36	14
34.	Overgang van dijkstalud naar voorland (kwelder, schor). Te weinig steun voor de bekleding van het talud kan lokale afschuiving van deel van bekleding geven.	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14
35.	Overgang van bodembescherming naar oorspronkelijke bodem bij stromingen	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.36	14

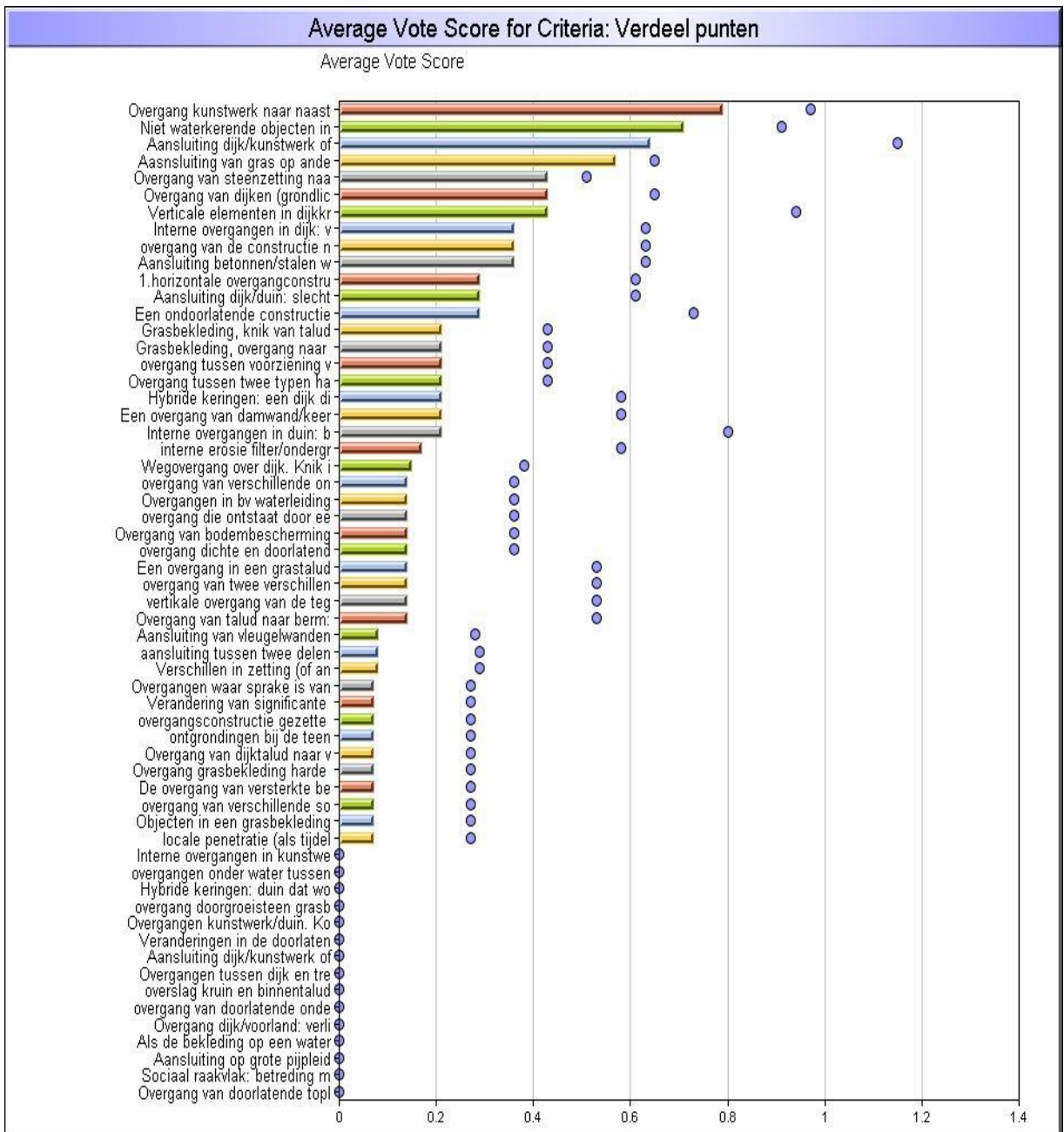
#	Ballot Items	Vote Distribution										Avg. Score	Total	STD	Votes
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
36	Aansluiting dijk/kunstwerk of ander star object (NWO): lokale concentratie van overloop/overslag bij kunstwerk dat boven de dijk uitsteekt; aanval op het onbeschermde deel van de dijk bij een kunstwerk dat lager ligt dan de dijk	9	3	1	-	1	-	-	-	-	-	0.64	9.00	1.15	14
37.	overgang dichte en doorlatende bekleding	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.36	14
38.	Overgang grasbekleding harde bekleding in golf oploopzone. Vaak is deze niet vlak waardoor de belasting hoger is. Gras groeit hier slecht waardoor de sterkte minder is. Als de erosie de zandkern bereikt versnelt erosieproces dat leidt tot doorbraak.	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14
39.	De overgang van versterkte berm (asfalt/steenbekleding) naar een met gras bekleed boventalud is bij zee- en meerdijken een zwak punt en kan leiden tot het "opeten" van de dijk tot doorbraak.	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14
40.	Een ondoorlatende constructie in een dijk (Sluis stuw, damwand...) zal aanleiding geven tot bezwijken op de overgang. Ook een kwelscherm eindigt weer ergens!	1	2	-	2	-	-	-	-	-	-	0.29	4.00	0.73	14
41.	Overgang van talud naar berm: zwakkere bekleding.	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	0.14	2.00	0.53	14
42.	Overgangen tussen dijk en treintalud (welke deels zeer doorlatend is)	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14
43.	overgang van verschillende soorten ondergrond bij doorgaande (identieke) bekleding, waardoor het ene stuk bijv. meer zetting vertoont dan het andere	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14
44.	overslag kruin en binnentalud afhankelijk van de samenstelling constructie	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14
45.	Objecten in een grasbekleding. Onderhoud van gras is hier moeilijk, waardoor lagere sterkte. Hogere belasting door object in stroming. Indien de erosie de zandkern van de dijk bereikt kan een bres ontstaan.	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14
46.	Verticale elementen in dijkkruien (damwanden (bijv. Petten) of Muraltmuren): lokaal sterke aanval door verticaal opspatten en terugvallen van watermassa's (golven). Lokaal bezwijken van rondom het element liggende bekleding en aangrijpingspunt voor verdere schade	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	0.43	6.00	0.94	14
47	overgang van doorlatende onderlaag naar ondoorlatende onderlaag (ca. filterlaag)	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	14

#	Ballot Items	Vote Distribution										Avg. Score	Total	STD	Votes		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					10	
.				-													
48.	locale penetratie (als tijdelijke versterking) ; is dit beter of slechter	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	1.00	0.27	14		
49.	Aansluiting dijk/duin: slechte kwaliteit grasmat door overwaaiend zand. Daardoor binnentalud niet voldoende sterk en	11	2	1	-	-	-	-	-	-	-	0.29	4.00	0.61	14		
.	potentiële breslocatie																
50.	Wegovergang over dijk. Knik in talud samen met een overgang van de weg op grasbekleding maakt dit een zwakke plek. Bij falen bekleding dicht bij de kruin kan snel een bres ontstaan.	11	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	2.00	0.38	13		
51.	Aansluiting van vleugelwanden naar taludbekledingen bij spuisluizen/schutsluizen/gemalen, etc.	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	1.00	0.28	13		
52.	aansluiting tussen twee delen geotextiel	11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	1.00	0.29	12		
53.	Overgang dijk/voorland: verlies van samenhang/steunberm door erosie bij de teen en progressief optreden van schade naar het benedentalud	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	12		
54.	Als de bekleding op een waterkering bezwijkt, en er is een sterke toplaag aanwezig, dan zorgt de toplaag ervoor dat invallende golven niet hun energie in verticale richting kwijt kunnen, maar in horizontale richting	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	12		
55.	Verschillen in zetting (of anderszins bewegen parallel langs een talud) is geen probleem tenzij er verschillen zijn in de beweging van de elementen of elementtypen. (bezwijken van bekledingen net onder een opsluitband zijn daar een voorbeeld van, de opsluitband zal de hoger gelegen bekleding vasthouden)	11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	1.00	0.29	12		
56.	Aansluiting op grote pijpleidingen	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	12		
57.	Sociaal raakvlak: betreding met gevolgen voor kwaliteit grasmat (paarden op de kruin van de Pettemer! Echt gezien!!)	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	12		
58.	Overgang van doorlatende toplaag (bijv. open steenasfalt, elastocoast) naar ondoorlatende toplaag (bijv. asfalt)	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	12		
59.	interne erosie filter/ondergrond(dit kan verticale overgang genoemd worden)	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	0.17	2.00	0.58	12		

Voting

Details

Criteria Statistic: Mean. Votes Cast: 14, Abstained: 0



C Antwoorden verdiepingsslag

De 10 belangrijkste typen overgangen/overgangsconstructies, op basis van scores (nummers tussen haakjes refereren naar beschrijving in Bijlage A):

1. **Aansluiting kunstwerk / grond i.v.m. achterloopsheid (5 + 40).**
2. **Aansluiting gras op dijkmeubilair (31 + 15).**
3. **Aansluiting gras op NWO's (36+26).**
4. **Dijk duin grondlichaam + harde bekleding (2).**
5. **Aansluiting gras / steenzetting (9).**
6. **Verticale wand (46).**
7. **Geometrische overgang (knikken in dijktafuds etc.) (4 +6+33+18).**
8. **Ontgroning bodem bij dijken / langsconstructies (door stroming / scheepvaart) (8).**
9. **Aansluiting damwand / steenzetting (7).**
10. **(Stuif)zand op grastafud nabij overgang dijk /duin (49).**

Vragen bij elk van deze items:

Met betrekking tot de “fysica” van het doorbraakproces?

1. Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?
2. Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?
3. Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?
4. Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!

Met betrekking tot bestaande kennis over het doorbraakproces?

5. Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?
6. Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?
7. Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?
8. Op welke punten zijn verbeteringen van het toets- en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?

Met betrekking tot kennisleemten?

9. Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?
10. Gaat het om ‘quick wins’ of diepgaand(er) onderzoek?
11. Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: “doorbraakmechanisme wordt toetsbaar”, of “scherper of optimaler toetsen mogelijk”, of “bij ontwerp gebruik maken van ‘good practices’ waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht”)

(antwoorden op gestelde vragen in blauw; rode tekst geeft een reactie op een gegeven antwoord weer).

1. Aansluiting kunstwerk /grond i.v.m. achterloopsheid 5 + 40

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmechanismen tot doorbraak?**
 - a. Zand transport.
 - b. erosie van de grasmat door locale stroomvernauwing/turbulentie
 - c. drukverschil
 - d. Als het dijklichaam afkalft tot achter het achterloopsheidscherm ontstaat er mogelijkheid voor een bres
 - e. Als golfoploop achter het achterloopsheidscherm komt kan er lokaal erosie optreden

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. instorten grondconstructie gevolgd door doorbraak
 - b. na initiële schade groeit de erosieplek (door golfwerking of overloop) totdat er een doorgaande connectie tussen binnen en buitenwater tot stand is gekomen waarna de bres groeit
 - c. het start met wellen die vervolgens zand meevoeren tot een doorgaande verbinding ontstaat. Het kunstwerk zal pas in een zeer laat stadium bezwijken.

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. ja, zie bv schade a.g.v. Katrina
 - b. ja, de verschillende stadia zijn gedocumenteerd voor Katrina
 - c. een treffend voorbeeld in New Orleans is een kilometers lange dijk waar veel overslag was. De dijk heeft het prima gehouden, behalve op de plekke rond coupure. De betonconstructie was hoger dan de dijk en precies bij de coupure ontstond initiële schade aan de dijk en uiteindelijk een doorgaande bres

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. goede achterloopsheid constructies (welke zorgen voor het stoppen van erosie na initiële schade) of erosiebescherming op de overgangen. Nadeel van erosiebescherming op de overgang is dat de overgang van bescherming op grasmat de volgende zwakke plek wordt (Katrina is een voorbeeld).
 - b. maak een langere filtratieweg; vastleggen uitstroompunten (bv. filterkoffer)
 - c. Achterloopsheid schermen net zo diep wegslaan als onderloopsheid schermen en in de breedte gezien tot in de ongeroerde grond.
 - d. goede aansluitingen tussen de verschillende constructieve elementen om onderloopsheid te voorkomen

- 5. Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
- De vraag is of we Bligh nog mogen gebruiken nu we dit n.a.v. het piping onderzoek voor dijken hebben verworpen
 - nee geen regels
 - ik denk dat er veel bekend is maar niet toegankelijk uitgewerkt
 - Voor oppervlakte-erosie door achterloopsheid is nog geen gevalideerd morfologisch model beschikbaar
 - Veel toetsmethoden gaan uit van een raai benadering, maar hiervoor is een 3-dimensionale aanpak noodzakelijk
 - De kwelweg lengte wordt bij achterloopsheid net zo toegepast als voor onderloopsheid, de vraag is of dit wel juist is.
- 6. Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
- Geen duidelijke instructie
 - wel, verbetering nodig
 - mij niet bekend
- 7. Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
- verbetering nodig
 - Met vervallen (of ter discussie staan) van Bligh en Lane ontbreekt eigenlijk de basis. Voor achterloopsheid en voor onderloopsheid.
- 8. Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
- Duidelijke instructie
 - methodiek is niet duidelijk en niet betrouwbaar
 - Kwantificeren van de belastingen (lokaal overslagdebiet, pieken, turbulentie, invloed van contractie op de belastingen)
 - mogelijke oplossingen om de belastingen te weerstaan
 - Rekenregels, maar ook praktijkregels voor de uitvoering. Welke maatregelen moeten in de uitvoering worden genomen zodanig dat niet door uitvoeringsfouten alsnog ongewenste effecten ontstaan
 - Goede hydraulische randvoorwaarden voor golfaanval (tijdsafhankelijk en golfrichting)
 - dimensionering lengte en diepte achterloopsheid constructies
 - Ook de overgang van achterloopsheid- naar onderloopsheidscherm goed vastleggen. Bij kunstwerken moet je de kwelweg analyse 3D bekijken, hier worden door de 2D aanpak fouten mee gemaakt.
 - Nut van monitoring is onvoldoende uitgewerkt.
- 9. Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
- de exacte oorzaken van initiële schade en hoe het doorbraakproces verloopt, met name de tijdsafhankelijkheid
 - de beschrijving van infiltratie is niet betrouwbaar (afhankelijk van grondsamenstelling) en de beoordelingscriteria naar effecten zijn te zacht
 - Praktijkhandreikingen voor de uitvoering
- 10. Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
- quick wins
 - tijdsafhankelijkheid lijkt me diepgaand onderzoek

- c. criteria voor de grove beoordeling
 - d. Is de regel "achterloopsheidscherm door laten lopen tot ongeroerde grond" zo slecht? Tijd voor een revival? En hoe gaat het als alles geroerd is?
- 11. Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
- a. Uifilteren van onveilige situaties
 - b. wel kennislacune voor specifieke toepassing bij dijken
 - c. Nieuwbouw aantoonbaar goed volgens de laatste kennis

2. Aansluiting gras op dijkmeubilair 31 + 15

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Oppervlakte erosie
 - b. Oppervlakte erosie met name door stroomconcentratie langs het object
 - c. Oppervlakte erosie zowel door golfoploop en golfaanval (buintentalud) als overslag/overloop (binnentalud)
 - d. NWO spoelt weg en laat gat achter

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Erosie van de diverse lagen tot voorbij de kern.
 - b. De initiële schade gaat vrij snel door de toplaag van de grasbekleding heen. Wat overblijft is dan alleen de kleilaag en zand of kleikern. Dit mechanisme kan zich heel snel ontwikkelen bij redelijk grote overslag en niet al te erosiebestendige klei en leidt dan snel tot doorbraak.
 - c. Vervolgproces (erosie) gaat in olopzone niet zo snel, maar onder toetspeil bij golven wel.

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. Rond Katrina veel opgetreden erosie rond objecten in verschillende stadia van erosie
 - b. In 1953 was het vaak het binnentalud zelf dat niet sterk genoeg was, dus in Nederland is het moeilijk te achterhalen. Het SBW-onderzoek naar golfoverslag heeft veel gevallen laten zien (trappen, palen, bomen, hekwerken, etc.). Het grastalud was altijd sterker dan rondom deze objecten.
 - c. relatie met type/samenstelling van gras

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. aanbrengen van achterloopsheidscherm
 - b. erosiebestendige overgang tussen object en dijk (bijv. doorgroeistenen)
 - c. De eerste is het mogelijk voorkomen van deze objecten. Bijvoorbeeld dijkpalen veel kleiner maken dan 0,2x0,2 m. Trappen aan de zijkant zodanig uitvoeren dat hier erosiesterke zit (bijvoorbeeld geotextiel doorgroeid met gras, etc.). Een aansluitconstructie onder de graszode maken die doorgaande erosie tegenhoudt.
 - d. ook beheer en onderhoud speelt een rol
 - e. Samen met leveranciers objecten ontwerpen en produceren die minder problemen geven, zoals een bankje of trap met een goede aansluiten op het omliggende gras, zodat het gras goed te maaien is. rondom het object
 - f. Een blijvend toezicht is nodig, niet alleen 1x per 6 jaar toetsen. Vooral direct voor het stormseizoen een controle uitvoeren op rare kale plekken rond het meubilair.

5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
- Nee, alleen praktijk ervaring.
 - Nee, niet anders dan dat objecten kleiner dan 0,15x0,15 m geen stroomconcentratie en erosie geven.
6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
- Niet dat ik weet (nakijken).
 - niet in detail
7. **Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
- onvoldoende
 - Waarschijnlijk te conservatief, maar moet nog scherper worden neergezet.
8. **Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
- praktische handreiking naar ontwerp lokale overgangsconstructies
 - Er zijn heel veel trappen. Toetsing zou eenvoudig kunnen door een beperkt overslagdebiet toe te laten. Maar als meer overslag toelaatbaar is, dan is er geen andere weg dan bestaande trappen te vervangen met goede overgangsconstructies langs de trap, of bestaande trappen te versterken.
 - Voor dijkpalen zou het eenvoudig moeten zijn om alle dijkpalen kleiner dan 0,15x0,15 m te maken.
9. **Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
- Gegeven het feit dat alle objecten groter dan 0,2 x 0,2 m stroomconcentratie en versnelde erosie kunnen geven, kunnen in principe wel verbeterpunten worden bedacht en uitgevoerd. Maar mogelijk zijn er genoeg trappen die niet uitsteken, etc. en die daardoor geen stroomconcentratie opleveren. Daar is meer onderzoek naar nodig.
 - dit speelt ook in andere landen; betrek ervaring buitenland
 - De mate van stromingsconcentratie (snelheid een factor 2 groter?) en mate van sterktereductie (altijd slecht gras?) kwantificeren.
10. **Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
- In het buitentalud (trap, dijkpaal, ander meubilair) wordt dit zondermeer in de oplooptoneel belast. Op kruin en binnentalud alleen als er overslag optreedt. Versterken van deze zwakke punten op het buitentalud is een quick win. Op het binnentalud hangt het van de te verwachten hoeveelheid overslag af. Niet alle meubilair is nog onderzocht.
 - Met beperkt onderzoek moet het mogelijk zijn een flinke stap vooruit te komen (praktische conservatieve regels).
11. **Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
- voorkomen van onveilige situaties
 - kennis uit ontgroningen rond objecten te betrekken

- c. De zwakke plekken waar nu geen aandacht aan wordt besteed, komen in kaart en worden hopelijk opgelost. Dit betekent dat de veiligheid nu lager is dan we denken, door deze constructie niet te beschouwen, maar daarna de veiligheid hoger is.

3. Aansluiting gras op NWO's (36+26)

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Op aansluiting sterke aanval door golfoverslag en overloop omdat het kunstwerk contractie geeft. Bekleding bezwijkt en erosie gaat door in het dijklichaam. Uiteindelijk wordt de aangevallen locatie breslocatie.
 - b. Dit lijkt veel op meubilair (31+15). Mogelijk is het onderscheid de grootte van het NWO. Een huis (rivierengebied) kan stroomconcentratie opleveren. Wat dat betreft is er geen verschil met meubilair, alleen de grootte kan variëren.

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van "reststerkte", te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Grote kans op doorbraak. In dezelfde zone is (als het goed is) een achterloopsheidscherm aanwezig, maar deze is niet gedimensioneerd om als waterkering te fungeren zonder in de dijk opgenomen te zijn.
 - b. Als de bekleding weg is zal daaronder meestal een zandkern worden aangetroffen; deze erodeert snel.
 - c. Ook de reststerkte kan t.p.v. het NWO minder zijn dan t.p.v. de ongestoorde dijk. Zo zal men naast een huis vaak zand aantreffen. Dit versnelt het erosieproces.
 - d. Vervolgproces (erosie) gaat in olopzone niet zo snel, maar onder toetspeil bij golven wel.

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. Foto's uit New Orleans (maar ook uit het stormvloedverslag van 1953) suggereert dat dit fenomeen vaak optreedt. Er zijn veel foto's te vinden van objecten die op hun paalfundering fier overeind staan midden in het stromende water.
 - b. Foto's uit 53 laten zien dat afslag naast nog intact zijnde huizen veel groter is dan op dijktrajecten verder van de huizen verwijderd.
 - c. Door de objecten wordt de stroming naast de objecten meer geconcentreerd, en daardoor krijg je dus eerder grote schade.

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Meest voor de hand liggend is een lokaal versterkte bekleding en een deugdelijke aansluiting (naad) naar het kunstwerk/wand toe
 - b. Niet waterkerende objecten vermijden bij significante belastingen.
 - c. Als het object niet te vermijden is, dan zorgen dat het extra overslaande water naast het object gecontroleerd kan worden afgevoerd zonder erosie van het (binnen) talud te veroorzaken

5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
 - a. Naar mijn weten niet. In de praktijk komen we nu meestal op "vol blubberen" met asfalt en dan liever een maatje meer dan minder. Echt aantonen dat het goed is

kunnen we niet. Toetsen is natuurlijk helemaal problematisch in die omstandigheden.

6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
 - a. Nee
7. **Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
 - a. Ze zijn er niet, dus nee.
8. **Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
 - a. Ontwerp- en toetsinstrumentarium moet nog worden ontwikkeld
9. **Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
 - a. Kwantificeren van de belastingen (lokaal overslagdebiet, pieken, turbulentie, invloed van contractie op de belastingen)
 - b. Praktische handreikingen/voorbeeldoplossingen
 - c. In geval een lokaal versterkte bekleding moet worden toegepast, hoe ver moet die worden doorgezet?
 - d. De mate van stromingsconcentratie en mate van sterktoreductie (altijd slecht gras?) kwantificeren.
10. **Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
 - a. Ik verwacht dat op basis van bestaand onderzoek in ieder geval snel praktische richtlijnen te geven zijn.
 - i. *mee eens*
 - b. Sterktoreductie van gras op overgang is niet eenvoudig/nauwelijks te voorspellen.
11. **Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
 - a. Meer overslag toe staan.
 - b. Bij toetsing: toetsen wordt mogelijk
 - c. Bij ontwerp: uitgangspunten/criteria voor het ontwerp expliciet in plaats van gebaseerd op gevoel en ambacht
 - d. Landschappelijk grote voordelen als we meer bomen op rivierdijken kunnen laten staan.
 - e. Onderscheid kunnen maken wat werkelijk veiligheidsproblemen zijn en wat niet. Het is m.i. niet automatisch zo dat meer onderzoek leidt tot meer toelaatbaar overslag, zoals collega's hierboven verwachten.

4. Overgang dijk / duin grondlichaam + harde bekleding 2

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Tijdens storm/hogwater erodeert het zand
 - b. Doordat zand een bekleding bedekt, wordt schade hieraan niet zichtbaar
 - c. Vergrote duinafslag ter plaatse van de verbindingsconstructie
 - d. Versterkte afslag in het duin naast de dijk
 - e. turbulentie bij overgang en versterkte erosie capaciteit

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Door de aanwezigheid van een dijk treedt extra duinachteruitgang op, vooral bij scheve golfaanval en / of sterke getijstrooming
 - b. Door lokale golfeffecten kan er rond de beëindiging van de dijk een ontgrondingskuil ontstaan
 - c. Afhankelijk van de breedte van het duingebied. Bij smalle aansluitingen is de doorbraak snel

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. Stormvloedverslag '53. De aansluiting van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering is met mankracht en veel zandzakken dicht gehouden. Verder zou ik moeten lezen

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Versterking van een dijk achter een duin
 - b. Bij versterkingen hebben we nogal eens te maken met ruimtelijke knelpunten (denk aan paviljoen Minkema in Camperduin). Een verkenning van alternatieven voor een versterking zou nuttig zijn.
 - c. doorzetten semiharde/flexibele bekleding over een bepaald lengte door de duin (verborgen in de duin)

5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
 - a. Nee
 - b. Ik heb vandaag begrepen van niet

6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
 - a. Alleen als een toets op maat
 - b. Zoals ik vandaag heb begrepen zijn de regels in het VTV niet toereikend

7. **Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
 - a. Nee, ze zijn nog onvoldoende gevalideerd en zijn ontworpen vanuit loodrecht invallende golven
 - b. Nee, regels in het VTV zijn achterhaald

8. **Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
 - a. Beter inzicht in de belasting op de aansluitingsconstructie
 - b. Een gevalideerd model voor complexe erosie
 - c. Praktische handreikingen voor toetsing van de aansluiting en voor ontwerp op schets, voorlopig en definitief niveau van ontwerp. Alsjeblieft geen omvangrijke modellen in de conceptfase! Geef praktische handreikingen voor het verloop van het versterf. Naar achteren toe kan het laagste niveau van de bekleding hoger liggen, maar daarvoor zijn geen expliciete regels gegeven.
 - d. Goede hydraulische randvoorwaarden voor golven en waterstand

9. **Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
 - a. Gegevens voor validatie
 - b. Omzetten theoretische proceskennis in praktische handreikingen voor ontwerp en toetsing
 - c. Rekenregels/richtlijnen voor lengte door te trekken verzonken bekleding in zachte constructie

10. **Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
 - a. Zet wat je hebt zo snel mogelijk om in richtlijnen voor de praktijk voordat je verder gaat met onderzoek
 - b. Veel kennis is beschikbaar, maar staat vaak niet goed (en toegankelijk) op papier

11. **Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
 - a. Toetsen van overgangen die nu feitelijk niet toetsbaar zijn. Voorkomen van onnodige ruimtelijke ingrepen bij versterkingen

5. Overgang gras/steen-zetting 9

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Erosie van gras tast bovenzijde van de dijk aan, en kan leiden tot instabiliteit van steenzetting leiden. Steenzetting wordt ondermijnd en bezwijkt. Voortgaande erosie leidt tot doorbraak
 - b. Overgang harde buitenberm op grastalud op te laag niveau. Door zoutspray onvoldoende grasmakwaliteit en daardoor gevoelig voor erosie (zeewering Maasvlakte 2)
 - c. Door erosie van gras ontstaat een gat (bijvoorbeeld bij golfoploop, overgang van berm naar boventalud). Dit kan zich uitbreiden naar de kruin, maar kan ook de constructie daaronder aantasten.
 - d. verschil in ruwheid leidt tot locale verstoring /extra turbulentie en erosie
 - e. De overgang hoeft niet alleen van gras naar steenzetting te zijn, maar kan ook van gras naar asfalt zijn. Een fietspad op een binnenberm kan worden opgedrukt door neerstromend water (overslag) als er maar een klein beetje gras/grond is geërodeerd. Dit is een zeer snel bezwijkmechanisme, enkele golven drukken het hele asfaltweg weg en de onderliggende laag is niet erosiebestendig (proef bij Tholen, maart 2011).

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Steenzetting wordt ondermijnd en bezwijkt. Voortgaande erosie leidt tot doorbraak. Dit duurt enkele uren, dus er is sprake van reststerkte.
 - b. Erosie gras buitentalud leidt tot een gat wat zich verder uitbreidt in de dijk en leidt uiteindelijk direct tot doorbraak.

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. De dijk van de Emmapolder is in 1962 bijna doorgebroken.
 - b. Spleetvorming tussen steenbekleding en gras is de start van het erosieproces. Het verdwijnen van de kleilaag onder gras het begin van de doorgaande erosie.
 - c. Het is het begin van de doorbraak; er is dus wel reststerkte, maar vaak zal de kleilaag dunner zijn, dus wordt het zand eerder bereikt.
 - d. Opdrukken van een asfaltweg op een binnenberm bij golfoverslag leidt snel tot een groot gat, want onder het asfalt ligt kleine steen. Head cut erosie leidt dan tot doorbraak. Alleen een overslagproef heeft laten zien dat de asfaltlaag kan worden opgedrukt.

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Zorgen dat er een goede aansluiting is tussen harde kant en grasmak. dit is dus een probleem dat opgelost kan worden met een slimme detaillering van de uitvoering, maar daar moet dan wel op getoetst worden.

- b. De hoogte van de overgang t.o.v. MHW moet goed gekozen worden. Aard van de overgang (hoogteverschil, doorgroei-stenen) kan invloed hebben.
 - c. 1. aanlegniveau overgang zo hoog mogelijk leggen
 - d. 2. bij bestaande constructie werken met een krammat in combinatie met grasmat, geleidelijk overgang van ruwheid creëren
 - e. geleidelijk overgang van ruwheid creëren
- 5. Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
- a. Goede rekenregels ontbreken
- 6. Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
- a. Volgens mij niet!
 - b. Er zijn rekenregels om een belastingniveau op een buitentalud te berekenen in termen van een rekenstroomsnelheid en duur. Voor een eventuele sterkerreductie van gras op een overgang is niets beschikbaar.
 - c. denk ik wel, maar weet ik niet zeker
 - d. Genoemde rekenregels onder 2 zijn gebaseerd op continu overstromend water en niet op golfoploop. Het is dus een absoluut ongevalideerde rekenregel.
- 7. Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
- a. nee, de kennis over dit grensgebied is nog onvoldoende. Constructie moeten worden bedacht die het probleem omzeilen.
 - b. Nee, gedrag van gras op overgang naar harde constructie wordt nog niet goed begrepen.
 - c. Nee, bestaande regels zijn niet adequaat. Onderzoek kan worden uitgevoerd met de golfoploop simulator om te kijken of de oploopzone/overgang hard/gras inderdaad een probleem is of dat overslag en binnentalud veel belangrijker zijn.
- 8. Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
- a. Er moet aandacht voor zijn. Bij ontwerpen ontwerpmethoden aangeven. Bij toetsing aangeven dat iemand inderdaad langs die aansluitingen moet lopen en kijken of er spleten zijn ontstaan.
- 9. Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
- a. Uitvoeringsregels!
- 10. Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
- a. Hier is niet veel onderzoek naar nodig; het is meer het goed opschrijven van fatsoenlijke uitvoeringsregels
- 11. Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
- a. Dit kan deels door evaluatie van praktijk gevallen
 - b. Sterkte grastalud (boventalud) is eigenlijk niets van bekend, zeker niet gevalideerd. Toch is dit een belangrijk onderdeel bij zee- en meerdijken. Veel meer onderzoek nodig!

6. Verticale wand 46

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Erosie aan de binnenzijde van de wand door overslaand en overlopend water
 - b. Spleetvorming voor de constructie, waardoor hydrostatisch waterspanningverloop over de actieve zijde van de constructie. Vergroten spleet door deze belasting. Erosie van materiaal uit de spleet.

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Bij lokaal falen van de wand krijg je een stroomgat met sterke stroming en daardoor potentieel grote erosie.
 - b. door erosie aan de binnenkant vermindert de passieve gronddruk waarna uiteindelijk de muur bezwijkt

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. De Muralt-muurtjes hebben niet voor niets een slechte naam in Nederland
 - b. De T-walls in New Orleans zijn bezweken door a) erosie onbeschermd achterliggend talud en b) verlies passieve steundruk door verhoging grondwaterstand achter de wand.
 - c. NB. het waren vooral de I-walls die door bovenstaand mechanisme bezweken
 - d. Instabiliteit van de wand zelf door erosie door overslag.
 - e. Er is ook een geval van een damwand bekend in New Orleans wat bezweek na erosie door overslag
 - f. Instabiliteit door erosie aan de voorzijde stroming en reflectie van golven.

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Zorgen dat er geen erosie aan weerszijden van het muurtje kan optreden. Dus een bescherming aanbrengen die stroom- en erosiebestendig is.

5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
 - a. Er is internationaal wel wat onderzoek, maar niet zonder meer van toepassing hier.
 - b. Ja, in New Orleans n.a.v. schade Katrina zijn regels opgesteld. Onbeschermd bodem achter verticale wand verboden.

6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
 - a. Nee
 - b. Je kan twee sporen volgen: a) rekenregels maken of b) afraden om dit soort muurtjes te gebruiken

7. **Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
8. **Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
 - a. Kennis beschikbaar stellen.
9. **Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
 - a. Geen. Overnemen uit VS
 - b. Reactie op 1: wel open ogen voor afwijkingen tussen NL en US
10. **Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
 - a. Quick wins
 - b. De snelste quick win is deze muurtjes niet toepassen; maar dat is vaak politiek onwenselijk
11. **Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
 - a. Zeer beperkt, dit soort constructies komen in Nederland weinig voor. Hoort dus eigenlijk meer in ontwerpleidraad Kunstwerken thuis.

7. Geometrische overgang 4 + 6 + 33 + 18

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Bezijken bekleding vlak onder de overgang.
 - b. Bij gras op klei: bezijken bekleding op de overgang, erosie van de onderliggende kleilaag, eventueel door de klei heen in het zand. Vervolgens head cut erosie richting de kruin.
 - c. uitspoeling filtermateriaal t.p.v. aansluiting a.g.v. te grote openingen gezette bekleding
 - d. material transport onder de bekleding door verschil in doorlatendheden/porositeit, etc.
 - e. verticale overgangsconstructie van overlaging van gezette bekleding met laag gepenetreerde breuksteen (onvoldoende hechting)

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. 1 bezijken van de toplaag door spleetvorming/scheurvorming.
 - b. 2 afschuiven van de toplaag.
 - c. 3 erosie van de onderlagen en dijk kern
 - d. Kuilvorming onderaan het talud, vervolgens head cut erosie richting kruin
 - e. Kuilvorming bij hoog gelegen bermen.

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. O.a. bij een overslagproef, niet tot doorbraak. Kritiek stadium is doorbraak van de gras en kleibekleding. erosie van zand en afbrokkelen van kleilaag in het ontstane gat gaat vervolgens snel.

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Stroomlijning
 - b. Sterke bekleding onderaan taluds, door goed gras en of dikke kleilaag doorzetten tot een stuk voorbij de overgang talud - vlak.
 - c. openingen gezette/losgestorte bekledingen volgieten met asfaltmastiek/asfaltpenetratie
 - d. Bij overlaging van waterdichte laag op open bekleding werken met verticale watersloten

5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
 - a. Er is geconstateerd dat overgangen in de geometrie tot extra schade hebben geleid, dus er is een belasting. Hoe groot die extra belasting is, is niet bekend, net zo min als de fysica precies bekend is

6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
 - a. Er zijn geen toetsregels in het VTV; er is ook geen vastgelegde ontwerp kennis hierover. Wel is er een ontwerp traditie
 - b. Heel veel ervaring opgedaan bij Project Zeeweringen Zeeland, die in handleidingen zijn vastgelegd

7. **Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
 - a. Er zijn geen toetsregels
 - b. Voorbeelden van deugdelijke overgangen zijn onvoldoende ontsloten.

8. **Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerp instrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
 - a. Hier is een duidelijke kennislacune. Er is onderzoek nodig naar het waarom van de extra belasting; als dat er is kan ontwerp instrumentarium goed gemaakt worden.
 - b. Maak een voorbeeldenboek met "best practices" en leg uit waarom de getoonde oplossingen goed zijn, zonder je te verliezen in onderzoek

9. **Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
 - a. Gebrek aan kennis van de fysica van dit proces
 - b. Gebrek aan heldere best practices en voorbeeldoplossingen
 - c. De beschikbare kennis vaak onvoldoende gebruikt

10. **Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
 - a. Er zijn wel wat quick wins, maar er is hiervoor ook zeker onderzoek nodig
 - b. Voorbeeldenboek kan zonder nader onderzoek. Er zijn prachtige voorbeelden te vinden

11. **Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
 - a. Beter ontwerp, dus minder schade (niet minder afkeuren, want er wordt nu niet op getoetst)
 - b. Minder discussie opdrachtgever/opdrachtnemer door een gezamenlijke kennisbasis

8. Ontgronding door stroming /scheepvaart 8

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Erosie bodem door stromingen welke op den duur kan leiden tot onderuitgaan van constructie
 - b. Verlaging van de bodem waardoor golfoverslag toeneemt
 - i. *Bodem verlaging is toch slechts lokaal bij de dijk? In dat geval wordt de golfhoogte niet groter.*
 - c. Afkalving van de bodem door golfaanval
 - d. Bezijken van de steunberm gevolgd door erosie van de bodem
 - e. Morfologische ontwikkeling buiten van belang
 - f. Het probleem wordt nu duidelijk onderschat door schaalvergroting van scheepvaart.

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Initiële schade leidt tot grote kans op doorbraak
 - b. Dit is een vrij langdurig proces, zodat mogelijk de storm al voorbij is voordat het kritiek wordt, of maatregelen op tijd genomen kunnen worden
 - c. Onderuitgaan van damwand is zeker mogelijk bij teveel erosie

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. Deze schade zit wel aan de meest kwetsbare kant van de kering.
 - b. Jazeker, meerder gevallen zijn bekend (A'dam/Rijnkanaal, Harlingen)
 - c. Nee wel problemen waterkeringen Amsterdam Rijnkanaal en deel van Brabantse kanalen

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Regelmatig monitoren bodem en indien nodig bodem beschermen met stortsteen e.d.
 - b. Met bodembescherming zorgen dat ontgrondingskuil op veilige afstand komt te liggen.
 - c. Verhogen van de vooroever met een zandsuppletie
 - d. vastleggen vooroever en/of fallen apron aan het eind van bescherming

5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
 - a. Ja, kennis over dissipatie van energie in woelbakken, doorzetten achterliggende bekleding zodat ontgronding op veilige afstand van kunstwerk optreedt. Oud f8/f10 dictaat TUD, weet niet of dit nog ergens te vinden is.
 - b. Er zijn geen allesomvattende rekenmodellen voorhanden

- c. Basiskennis is aanwezig; bij bodembescherming bij verticale damwanden is scheepsschroefbelasting maatgevend, hier is relatief weinig kennis over beschikbaar
6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
- a. Nee
b. Nee
7. **Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
- a. Afhankelijkheid van betrouwbaarheid van morfologische modellen; niet makkelijk toe te passen, deskundigheid nodig
8. **Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
- a. Kennis toegankelijk maken
b. Monitoren van de ligging van de bodem
c. Inspectietechnieken voor de constructie onder zand
d. Als niet aan goede ontwerppraktijk wordt voldaan, dus de ontgroning te dicht op de constructie kan ontstaan, kun je dit oplossen door te monitoren en tijdig aan te storten.
e. Toepassing van geometrisch open filters in steunbermen is een wens vanuit de economie van oplossingen. Hiervoor ontbreekt tot nu toe de basis, zowel om dit goed te keuren, maar feitelijk ook om af te keuren; het gaat nu op het gevoel
9. **Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
- a. Stabiliteit van steen onder invloed van schroefstralen
b. Een morfologisch model om verlaging van de bodem door golven en stromingen tijdens hoogwater/storm te berekenen
c. Stabiliteit van steen a.g.v. door schepen geïnduceerde belastingen
d. Welke stromingen kunnen optreden bij ligplaatsen door boeg- en hoofdschroeven, welke stroomsnelheden door langsvarende schepen. Dan pas kan erosie berekend worden.
e. Stabiliteit van steunbermen met geometrisch open filters
10. **Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
- a. Quick wins
i. *Geen onderzoek nodig, maar oude ontwerpkennis weer opduiken*
b. Geometrisch open filters in de steunberm: diepgaander onderzoek
11. **Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
- a. Monitoren van bodem voor damwanden, e.d.
b. Mogelijkheden om goedkopere hybride keringen aan te leggen, in plaats van dure dijkversterkingen. Bijv. dijkversterking bij Edam
c. Door betere kennis kleinere noodzakelijke veiligheidsfactor, dus impliciet lichtere constructie (of juist grotere zekerheid). Waterkeringen langs scheepvaartwegen

- worden op dit moment niet berekend op faalkansen door scheepsbelastingen. Dit gebeurt deterministisch.
- d. Goedkopere teenconstructies door open filters

9. Aansluiting damwand / steenzetting 7

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Erosie basis en filtermateriaal
 - b. Verminderde klemming, erosie, verzakking toplaag
 - c. Steenzetting nabij damwand verzakt en is beschadigd
 - d. Schade kan ontstaan door zettingsverschillen damwand en bekleding en de niet zanddichte aansluiting als gevolg van stromingen of golven

2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Erosie gaat na het instorten van de bekleding waarschijnlijk vrij snel als gevolg van de concentratie van de belasting, en de gebrekkige kleiverdichting tegen de damwand.

3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. In NL treedt er geregeld kleine schade op, maar leidt niet tot doorbraak (te kleine belasting). In New Orleans heeft het geleid tot doorbraak

4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Ontwerp geometrisch dichte aansluiting
 - b. Samen met praktijkmensen goede ontwerpvarianten ontwikkelen die ook gemakkelijk door aannemer uitvoerbaar is. Inspectiemethode (checklist) voor beheerder maken.
 - c. Dichte aansluiting met damwand die wel zettingen van bekleding toelaat

5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
 - a. Ja
 - b. Bij perfecte uitvoering: ja, anders: nee
 - c. Niet bekend

6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
 - a. Nee
 - b. Overgangen moeten visueel gecontroleerd worden, maar er staat niet bij waar men op moet letten.

7. **Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
 - a. Nee

- 8. Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
- Veldinspectie gecombineerd met ontwerpverificatie
 - Samen met praktijkmensen goede ontwerpvarianten ontwikkelen die ook gemakkelijk door aannemer uitvoerbaar is. Inspectiemethode (checklist) voor beheerder maken.
 - De stijfheid van de teen is belangrijk voor de sterkte van de steenzetting. Slappe tenen geven een zwakke zetting. Dus is het belangrijk om te weten hoe sterk de damwand in de loop der tijd vervormd en hoeveel de sterkte van de zetting daardoor afgenomen is. Dus observatie van de vervorming + rekenmodel van de sterke als functie van deze vervorming
 - Bureautoets altijd in combinatie uitvoeren met veldtoets
- 9. Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
- Praktijkkennis
 - Ook theoretische kennis over het gedrag van zo een onvoldoende ontworpen constructie is nooit beschreven.
 - Hoe maak je een dichte aansluiting van een vaste damwand met een bekleding die aan zetting onderhevig is
 - Modelleren van de hydraulische belasting voor dit geval is vrij lastig. Er zijn zeer geavanceerde modellen, maar die zijn voor praktijkgevallen slecht toepasbaar. Eenvoudige, maar goede modellen op golfbelasting op korte damwandjes die gebruikt worden als teen van een dijk zijn er niet, maar kunnen wel gemaakt worden
- 10. Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
- Quick wins
 - Quick wins
 - Naast quick wins zijn hier ook wat uitgebreidere onderzoeken nodig.
- 11. Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
- Belangrijke winst

10. (Stuif)zand op grastalud nabij overgang dijk / duin 49

1. **Met welke initiële schades of bezwijkmechanismen begint het doorbraakproces, en hoe leidt dit via vervolgmecanismen tot doorbraak?**
 - a. Erosie van zand en gras-> erosie onderliggende kleilaag-> erosie zandkern. het gras is zwak vanwege het zand, waardoor erosie veel sneller kan optreden dan bij gras op klei.
 - b. Er is minder reststerkte aanwezig in de combine gras op klei, als het zandgehalte in de klei klein is.
 - c. Van een voorliggend strand waait er zand op een dijklichaam met grasmat. Probleem bij IJburg2
 - d. Afsterven gras
2. **Hoe is het doorbraakproces na initiële schade, in termen van “reststerkte”, te karakteriseren? (bijvoorbeeld: initiële schade leidt direct met grote kans tot doorbraak, of, na initiële schade moet nog een langdurig erosieproces plaatsvinden voordat doorbraak optreedt). Afhankelijk van specifiek benoembare omstandigheden?**
 - a. Erosie van onderliggende kleilaag is noodzakelijk, daarna erosie zandkern. omdat het vaak gaat om zeedijken en goede klei hier schaars is, is zowel de dikte als de kwaliteit van de klei matig. erosie van de zandkern gaat relatief snel.
 - b. Als de grasbekleding niet goed functioneert kan er onder dagelijkse omstandigheden aantasting van het dijklichaam optreden, vooral als bij veel belopen
3. **Is het doorbraakproces in het verleden al werkelijk opgetreden? Zijn er gedocumenteerde gevallen waaruit blijkt wat kritieke stadia in dit proces zijn?**
 - a. In 1953 is een deel van de schade ontstaan door slechte bekledingen i.c.m. steile taluds. In hoeverre dit fenomeen daarin meespeelt is niet bekend
 - b. Een aansluiting van een strand op een bekleding met gras geeft veel problemen (klifvorming)
4. **Welke typen maatregelen zijn (het meest) effectief om het doorbraakproces te verhinderen of te stoppen? Toelichting: hierbij gaat het niet om uitgebreide inventarisatie of uitwerken van mogelijke maatregelen, maar om na te gaan op welke, via maatregelen beïnvloedbare, stadia van het proces we ons bij de toetsing (of het ontwerp) het beste kunnen richten!**
 - a. Mogelijk is er geen probleem, maar is het vooral in de perceptie van de beheerder problematisch. Onderzoek kan dat uitwijzen
 - b. Een harde buffer tussen het zand en het gras. Bijvoorbeeld een voetpad
 - c. Geen gras in de bedreigde zone toepassen.
 - d. Minder overslag in de bedreigde zone toestaan. Hogere dijk maken dus of ruwer buitentalud.
5. **Zijn er gevalideerde rekenmodellen of rekenregels om de onder punt 4 geïdentificeerde maatregelen op effectiviteit te toetsen?**
 - a. Nee
6. **Zijn hieruit voortvloeiende toetsregels aangereikt in het huidige VTV (en ontwerp controleregels in de leidraden)? Welke?**
 - a. Hoog zandgehalte in de zode leidt in VTV2006 tot direct afkeuren.

- b. Zand op dijk naast duin is vaak zout zand. het zoutgehalte neemt dus ook toe en dat is niet bevorderlijk voor de groei van het gras. Door alleen het zandgehalte te toetsen meet je dit niet. Voorbeeld van een probleem dat je dus niet waarneemt door de toets volgens het boekje uit te voeren.
- 7. Zo ja, zijn die adequaat? M.a.w. kan hiermee goed beoordeeld worden of het doorbraakmechanisme met voldoende betrouwbaarheid uit te sluiten is?**
- a. Nee, er deze zijn niet goed gevalideerd met de correcte belasting (oploop en overslag). Er zijn gevallen bekend van hoge zandgehalten die wel heel sterk waren. Het gras moet dan wel goed en gesloten zijn.
- 8. Op welke punten zijn verbeteringen van het toets en ontwerpinstrumentarium nodig of wenselijk? Waarom?**
- a. Het rekenen met zandige klei (het dimensioneren en toetsen erop) is niet bekend en dus niet geformaliseerd!
- b. Als de grasmat niet goed te krijgen/te rekenen is, aanreiken van oplossingen (voorbeelden). Bijvoorbeeld open steenasfalt afgedekt met teelaarde en gras voor het aanzicht (scheiden van functies)
- 9. Welke kennis ontbreekt om de onder punt 8 geïdentificeerde verbeterpunten uit te voeren?**
- a. Kennis over sterkte van gras op (zout) zand
- 10. Gaat het om 'quick wins' of diepgaand(er) onderzoek?**
- a. Nee, waarschijnlijk is er meer kennis nodig. wellicht kan er wel een constructie oplossing worden bedacht om een en ander minder gevoelig te maken. Een ontwerp voorschrift die het minder kwetsbaar maakt dus.
- b. Nu wordt "op gevoel" gekozen voor harde bekleding, evt. afgedekt met grasmat voor het aanzicht. Als het niet nodig is, is dat weggegooid geld. Het zou mooi zijn als de reeds uitgevoerde overslagproeven snel omgezet worden in "quick wins"
- 11. Als de kennislacune wordt opgelost, wat is dan de verwachte winst voor de toetsing op veiligheid (of voor het ontwerpen van dijkversterkingen)? (bijvoorbeeld: "doorbraakmechanisme wordt toetsbaar", of "scherper of optimaler toetsen mogelijk", of "bij ontwerp gebruik maken van 'good practices' waarmee de kans op falen van de overgang/overgangsconstructie voldoende wordt teruggebracht")**
- a. De winst zit in de lagere eisen aan de golfoverslag en het scherper dimensioneren op erosie van het buitentalud. Nu is de gebruikte veiligheid gebaseerd op een kennis leemte, erg conservatief dus.
- b. Voorkomen van onnodige bekledingen op de binnentaluds bij groot zandaanbod
- c. Voor nieuwe hybride keringen (hard/zacht) is het goed als dit punt wordt opgehelderd