

**Handelingsperspectieven
overgangen in de praktijk**



Handelingsperspectieven overgangen in de praktijk

Marien Boers

Titel

Handelingsperspectieven overgangen in de praktijk

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, LELYSTAD	11203682-002	11203682-002-ZWS-0004	58

Trefwoorden

Handelingsperspectieven, overgangen, grasbekleding, steenbekleding, asfaltbekleding, constructie, paaltjes, rijweg, taludtrap, voorland

Samenvatting

In Deltares (2019a) is een verkennende studie uitgevoerd naar handelingsperspectieven voor overgangen op primaire waterkeringen. In deze vervolgstudie worden deze handelingsperspectieven uitgewerkt voor een zestal typen overgangen:

- Overgang asfalt op voorland
- Overgang grasbekleding op steenbekleding
- Aansluiting steenbekleding op constructie
- Weg op dijk kruin
- Trap op binnentalud
- Paaltjes in een grasbekleding

De resultaten worden gebruikt om het concept voor de handelingsperspectieven te bediscussiëren. Vervolgens wordt er een voorstel gedaan voor een nieuwe indeling van overgangen. Tot slot worden er aanbevelingen gedaan hoe overgangen in bekledingen kunnen worden ingebed in het beheer van primaire waterkeringen, en hoe de technische kennis van overgangsconstructies kan worden versterkt.

Referenties

HV02 2019 - Versterking onderzoek waterveiligheid. Deelproject 002 Overgangen.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.2	dec. 2019	Marien Boers		Paul van Steeg		Marcel van Gent	

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding handelingsperspectieven overgangen	1
1.1	Aanleiding voor de studie	1
1.2	Toelichting op de gekozen overgangen	2
1.3	Leeswijzer	3
2	Overgang asfaltbekleding op voorland	5
2.1	Introductie van de overgang	5
2.2	Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen	6
2.3	Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren	7
2.4	Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan	7
2.5	Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen	9
2.6	Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen	10
2.7	Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang	10
2.8	Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen	10
3	Overgang grasbekleding op steenbekleding	12
3.1	Introductie van de overgang	12
3.2	Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen	13
3.3	Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren	13
3.4	Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan	14
3.5	Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen	14
3.6	Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen	16
3.7	Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang	16
3.8	Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen	17
4	Aansluiting steenbekleding op constructie	18
4.1	Introductie van de overgang	18
4.2	Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen	19
4.3	Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren	19
4.4	Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan	20
4.5	Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen	20
4.6	Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen	21
4.7	Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang	21
4.8	Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen	21
5	Weg op dijkkrui	23
5.1	Introductie van de overgang	23
5.2	Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen	24
5.3	Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren	24
5.4	Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan	25
5.5	Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen	25
5.6	Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen	26
5.7	Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang	26
5.8	Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen	26
6	Taludtrap op binnentalud	28
6.1	Introductie van de overgang	28

6.2	Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen	29
6.3	Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren	29
6.4	Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan	29
6.5	Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen	30
6.6	Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen	30
6.7	Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang	31
6.8	Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen	31
7	Paaltjes in een grasbekleding	33
7.1	Introductie van de overgang	33
7.2	Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen	34
7.3	Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren	35
7.4	Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan	35
7.5	Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen	36
7.6	Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen	36
7.7	Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang	36
7.8	Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen	36
8	Discussie handelingsperspectieven	38
8.1	Aandachtspunten discussie	38
8.2	Discussie Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen	38
8.3	Discussie Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren	38
8.4	Discussie Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan	39
8.5	Discussie Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen	39
8.6	Discussie Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen	41
8.7	Discussie Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang	41
8.8	Discussie Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen	42
9	Beschrijving indeling overgangen in bekledingen	44
9.1	Wenselijkheid om overgangen in bekledingen in te delen	44
9.2	Aansluitingsconstructie	45
9.3	Teenconstructie	46
9.4	Overgang bekledingen	47
9.5	Wegbermen van wegen, op- en afritten en trappen	48
9.6	Niet Waterkerende Objecten	49
10	Ontwikkeling beheerinstrumentarium overgangen	51
10.1	Beleidsmatige handelingsperspectieven overgangen	51
10.2	Beleid waterkeringen met betrekking tot overgangen	51
10.3	Datamanagement overgangen	51
10.4	Onderhouds- en versterkingsmaatregelen overgangen	52
11	Verbeteren van overgangsconstructies	53
11.1	Technische maatregelen overgangen	53
11.2	Versterken kennisbasis overgangen	53
11.3	Rekenen met reststerkte	53
11.4	Mogelijkheden voor innovaties	54
11.5	Integrale benadering	54
12	Conclusies en aanbevelingen	55
12.1	Conclusies	55

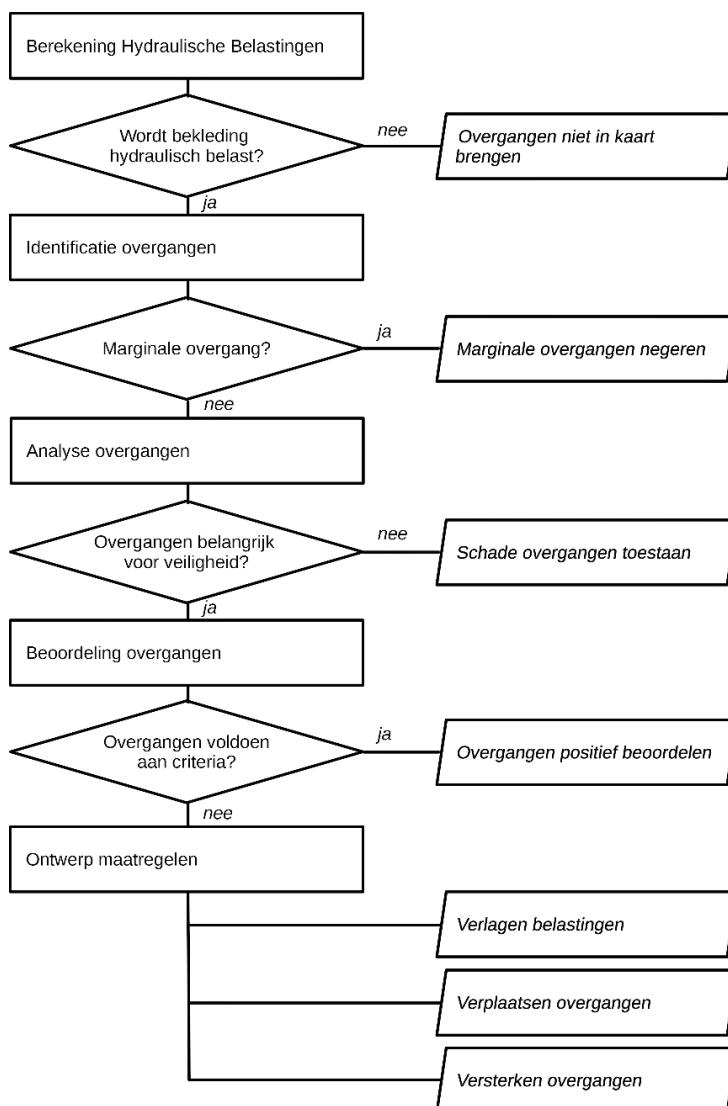
12.2 Aanbevelingen	56
Bijlage(n)	
Referenties	57

1 Inleiding handelingsperspectieven overgangen

1.1 Aanleiding voor de studie

Overgangen in bekledingen maken een essentieel onderdeel uit van de sterkte van een waterkering tegen overstromingen. Op veel situaties waar een doorbraak heeft plaatsgevonden bleek achteraf dat een aanwezige overgang als zwakste schakel de oorzaak was voor het falen van de kering.

Echter in het bestaande Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium zijn relatief weinig methoden beschikbaar om de stabiliteit van een overgang te kunnen beoordelen of te ontwerpen. De reden hiervoor is dat er een zeer groot aantal varianten van overgangen bestaat. Het is vrijwel onmogelijk om voor elke variant een beoordelings- of ontwerpmethodete ontwikkelen.



Figuur 1.1 Beslisboom handelingsperspectieven overgangen [Deltares (2019a)]

In het rapport “Handelingsperspectieven voor overgangen in bekledingen op primaire waterkeringen” [Deltares (2019a)] is onderzoek gedaan naar handelingsperspectieven om met overgangen in bekledingen om te gaan waarbij de veiligheid wordt gewaarborgd zonder dat dit altijd moet leiden tot grote inspanningen in de ontwikkeling van nieuwe methoden en/of het versterken van de overgangen. De handelingsperspectieven die in dat rapport zijn uitgewerkt worden weergegeven in onderstaande lijst:

- 1 Overgangen worden niet in kaart gebracht.
- 2 Marginale overgangen worden genegeerd
- 3 Schade aan overgangen wordt toegestaan
- 4 Overgangen worden positief beoordeeld
- 5 Verlagen van de toelaatbare belastingen
- 6 Verplaatsen of verwijderen van een overgang
- 7 Versterken van de overgang

Bij deze handelingsperspectieven behoort een conceptuele beslisboom waarmee een waterkeringbeheerder kan besluiten welk handelingsperspectief het beste kan worden toegepast op de overgangen in de bekledingen [figuur 1.1].

Een beperking van dit rapport is dat het vooral een theoretisch kader betreft wat zijn waarde nog dient te bewijzen in de praktijk. Om hier iets aan te doen wordt in dit rapport de methode van de handelingsperspectieven toegepast op een zestal typen overgangen in bekledingen die met grote regelmaat worden aangetroffen op primaire waterkeringen. De resultaten worden vervolgens bediscussieerd om de methode van de handelingsperspectieven verder te ontwikkelen met het oog op toekomstig gebruik van deze methode.

1.2 Toelichting op de gekozen overgangen

Er is geprobeerd om bij de keuze voor de zes typen overgangen in bekledingen een zo representatief mogelijk beeld te geven van de overgangen die voorkomen op een primaire waterkering. Er is daarom gevarieerd met de volgende eigenschappen:

- Locatie van de overgang: buitentalud, kruin en binnentalud
- Bekledingstypen: gras, steen, asfalt
- Objecten: Niet Waterkerende Objecten, waterkerende constructies
- Oriëntatie: dwarsrichting (verticaal), langsrichting (horizontaal), punt

Dit heeft geresulteerd in de volgende typen overgangen die worden uitgewerkt in het huidige rapport:

- Overgang asfalt op voorland
- Overgang grasbekleding op steenbekleding
- Aansluiting steenbekleding op constructie
- Weg op dijkkruin
- Trap op binnentalud
- Paaltjes in een grasbekleding

Bij de uitwerking van deze situaties zijn de volgende aspecten van belang:

- De beschreven overgang wordt voor slechts één van de locaties buiten(talud), kruin of binnen(talud) uitgewerkt. Het is echter goed mogelijk dat dit type overgang op andere plaatsen van de dijk kan voorkomen.

- Hetzelfde geldt voor de oriëntatie van de overgang. Deze bevindt zich of in langsrichting (horizontaal) of in dwarsrichting (verticaal). Voor de aansluiting van de grasbekleding op paaltjes is sprake van een “puntoriëntatie”.
- Effecten op objecten (NWO of kunstwerk) worden niet meegenomen. Het effect van deze objecten op de aansluitende bekleding echter wel.
- Er wordt bij de uitwerking van de overgangen rekening gehouden dat er meerdere oplossingsrichtingen (varianten) zijn om een overgang te ontwerpen. Zo kan als voorbeeld de aansluiting van een weg op een grasbekleding worden vormgegeven met behulp van een opstaande stoeprand, doorgroeienden, een puinstrook of een directe aansluiting.

Type	Locatie	Bekleding	Object	Oriëntatie
Overgang asfalt op voorland	Buiten	Asfalt	*	Horizontaal
Overgang grasbekleding op steenbekleding	Buiten	Gras / Steen	*	Horizontaal
Aansluiting steenbekleding op constructie	Buiten	Steen	Kunstwerk	Verticaal
Weg op dijk kruin	Kruin	Gras	*	Horizontaal
Trap op binnentalud	Binnen	Gras	NWO	Verticaal
Paaltjes op een grasbekleding	Kruin	Gras	NWO	Punt

Tabel 1.1 Type overgangen met uitgewerkte eigenschappen

In tabel 1.1 zijn de zes typen voorbeelden weergegeven met de eigenschappen zoals die aan bod zullen komen bij de uitwerking van de handelingsperspectieven.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport kan worden gezien als een logisch vervolg op Deltares (2019a) waarin een studie is uitgevoerd naar mogelijke handelingsperspectieven voor overgangsconstructies. Voor een zestal veel voorkomende situaties is uitgewerkt hoe dit kan uitwerken in de praktijk. De inhoud hiervan kan mogelijk een bijdrage leveren aan het beheren, beoordelen en het ontwerpen van overgangsconstructies. Reacties van waterkeringbeheerders over wat wel bruikbaar is, en wat niet bruikbaar is zijn meer dan welkom.

Dit rapport is echter nog geen eindstation. Daarom bevat dit rapport ook suggesties voor een betere inbedding van het onderwerp overgangsconstructies in de praktijk van veilige waterkeringen. Deze suggesties zijn bedoeld om te worden opgepakt in toekomstige onderzoeken naar overgangen in bekledingen, het versterken van het beleidsinstrumentarium van waterkeringbeheerders en het vastleggen van de benodigde kennis in leidraden en technische rapporten.

Er is besloten om voor elk type overgang een uitwerking te maken in een apart hoofdstuk [hoofdstuk 2 t/m 7]. Eerst wordt er een beschrijving gegeven van de situatie die zal worden uitgewerkt, vervolgens komen alle handelingsperspectieven per paragraaf aan bod. Het is de bedoeling dat elk hoofdstuk een aparte tekst is die betrekking heeft op het betreffende type overgang.

Op basis van de resultaten die beschikbaar komen uit de studies van de verschillende typen overgangen vindt er in hoofdstuk 8 een discussie plaats over de toepasbaarheid van de verschillende handelingsperspectieven.

In een drietal hoofdstukken worden suggesties gedaan voor de toekomstige ontwikkelingen met betrekking tot overgangsconstructies:

- Hoofdstuk 9 bevat een voorstel om overgangsconstructies in te delen in logische eenheden.
- Hoofdstuk 10 geeft suggesties hoe overgangsconstructies kunnen worden ingebed in het beheerinstrumentarium voor waterkeringbeheerders.
- Hoofdstuk 11 bevat suggesties over technische verbeteringen van overgangsconstructies.

In hoofdstuk 12 wordt het rapport afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

2 Overgang asfaltbekleding op voorland

2.1 Introductie van de overgang

De overgang tussen een asfaltbekleding en het voorland bevindt zich ongeveer aan de teen van het buitentalud van een primaire waterkering [figuur 2.1].

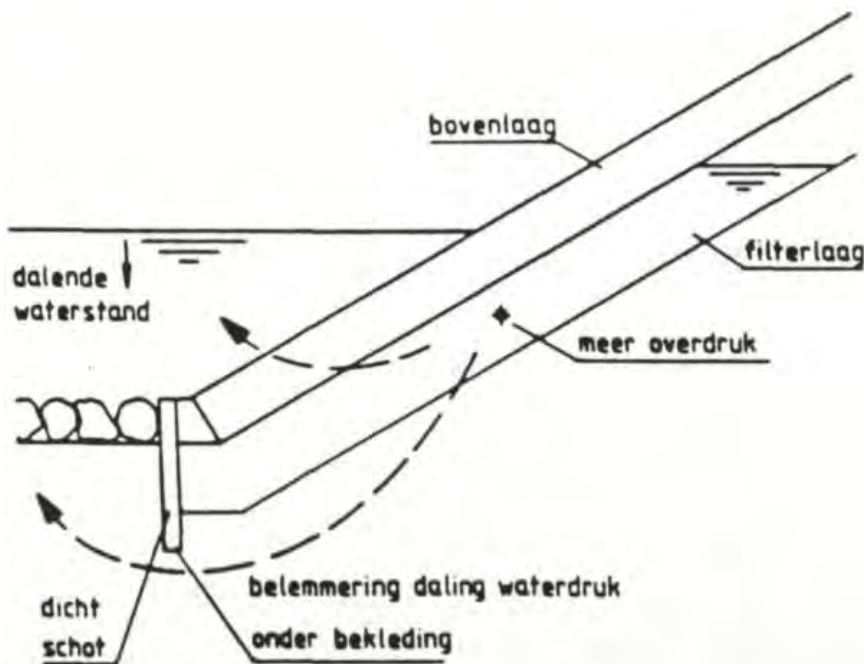


Figuur 2.1 Aansluiting van een asfaltbekleding op het voorland

Er bestaan een aantal varianten om een overgangsconstructie tussen een asfaltbekleding en het voorland vorm te geven [Philipse (1989), Deltares (2015a)]:

- De overgangsconstructie kan worden vormgegeven als een open of een gesloten variant. Bij een open variant kan de freatische lijn achter de asfaltbekleding snel dalen bij een afnemende waterstand, waarmee voorkomen wordt dat de bekleding wordt opgedrukt [Figuur 2.2]. Bij een gesloten overgang wordt geprobeerd om de freatische lijn tijdens een stijgende waterstand niet te hard te laten meestijgen, omdat dit ongunstig uitpakt tijdens belasting van de asfaltbekleding met golfklappen.
- De overgangsconstructie kan worden uitgevoerd in een starre of een flexibele variant. Bij een starre variant wordt de asfaltbekleding beëindigd door een rij van perkoenpalen of een betonnen kering, meestal aan de voet van het buitentalud. Bij een flexibele variant wordt er op het voorland een teenconstructie aangelegd, bijvoorbeeld in de vorm van geprefabriceerde asfaltmatten.

De meeste asfaltbekledingen aan de kust, de Waddenzee, het IJsselmeer of het benedenrivierengebied zijn gemaakt van waterasfaltbeton. De reden hiervoor is dat dit type bekledingsmateriaal goed in staat is om golfbelastingen te weerstaan, mits de freatische lijn niet teveel stijgt waardoor er sprake kan zijn van wateroverdruk onder de asfaltbekleding. Waterasfaltbeton kan niet onder water worden aangelegd wat betekent dat voor dit type bekledingsmateriaal de overgang tussen asfaltbekleding en voorland in de praktijk minimaal 50 cm boven laagwaterniveau ligt.



Figuur 2.2 Overdruk bij asfaltbekleding bij dalende waterstand [Philipse (1989)]

Het voorland bestaat meestal uit zand of slib, afhankelijk van de lokale omstandigheden kan dit voorland (deels) zijn begroeid met allerlei soorten vegetatie. Als gevolg van morfologische veranderingen kan het voorland in de loop van de tijd hoger worden, waardoor de overgang wordt bedekt met natuurlijk bodemmateriaal. Andersom kan het voorland ook lager komen te liggen waardoor de asfaltbekleding boven het voorland uitsteekt.

Een overgang tussen asfaltbekleding en voorland heeft de volgende functies:

- Het voorkomen dat de stabiliteit van de asfaltbekleding in het geding komt. Dit kan door afschuiven (horizontaal) of verzakken (verticaal).
- Het reguleren van de grondwaterstand (freatische lijn) achter de asfaltbekleding. Wanneer deze hoger is dan de waterstand buiten de bekleding, dan ontstaat er overdruk waardoor de bekleding kan worden opgedrukt.
- Het voorkomen dat er bodemmateriaal van onder de asfaltbekleding wegspoelt.

Als gevolg van de volgende gebeurtenissen kunnen deze functies onder druk komen te staan:

- Verlaging van het voorland. Dit kan veroorzaakt worden door erosie als gevolg van water en wind, zettingsvloeiing of vergraving.
- Aantasting van de grondwaterregulerende werking van een overgang: een open overgang raakt verstopt, een gesloten overgang vertoont lekkage.
- Aantasting van de asfaltbekleding bij de overgang waardoor er scheuren ontstaan. Dit kan optreden als gevolg van degradatie van het waterasfaltbeton, vervormingen door zetting of door fauna en / of flora.

2.2 Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen

Wanneer een overgang “niet in kaart wordt gebracht”, dan bestaat deze overgang feitelijk niet voor de waterkeringbeheerder en is er ook geen noodzaak tot het uitoefenen van zorgplicht en of beoordeling. Het doel van dit handelingsperspectief is het voorkomen dat er allerlei

irrelevante overgangen in kaart worden gebracht, waarmee het zicht op de overgangen die er wel toe doen wordt vertroebeld.

Gelet op de grote betekenis van een goed functionerende overgang tussen een asfaltbekleding en een voorland dient dit type overgangen altijd "in kaart te worden gebracht". Dit kan letterlijk gebeuren door het opnemen van dit typen overgangen in het technisch beheerregister welke onderdeel is van de legger van de primaire waterkering [Waterwet Artikel 5.1, Lid 2].

2.3 Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren

Wanneer overgangen in kaart zijn gebracht, kan de waterkeringbeheerder ervoor kiezen om aan deze overgang geen aandacht te besteden tijdens het uitvoeren van de zorgplicht of bij het beoordelen van de veiligheid. Er is in dit geval sprake van een marginale overgang.

Gelet op het belang van een goed functionerende overgang tussen een asfaltbekleding en het voorland, wordt er aanbevolen om dit type overgangen altijd mee te nemen bij het wettelijk beoordelingsproces en bij het uitoefenen van de zorgplicht. Dit wordt verder uitgewerkt in paragraaf 2.5.

Bij het inspecteren van overgangen tussen een bekleding van asfaltbeton met het voorland kan het gebeuren dat er materiaal vanuit het voorland over de overgang heen is afgezet. Op zich is dit gunstig voor de overgang omdat hierdoor de golfbelasting wordt verminderd en de stabiliteit tegen afschuiven wordt vergroot. Het gevolg is wel dat een waterkeringbeheerder soms voor langere tijd geen zicht heeft hoe het er feitelijk mee voor staat met de overgang. In de praktijk wordt het afgezette bodemmateriaal niet verwijderd om een inspectie uit te voeren. Dit betekent dat in dat geval de overgang wordt genegeerd tijdens de visuele inspectie. Bij dit handelingsperspectief worden de volgende overwegingen meegegeven:

- Zorg ervoor dat er altijd recente informatie beschikbaar is met betrekking tot de toestand van de overgang. Deze informatie is van belang wanneer de waterkeringbeheerder geen inspectie meer kan uitvoeren zonder grote hoeveelheden bodemmateriaal te moeten verwijderen.
- Controleer bij elke inspectie of er nog steeds sprake is van de aanwezigheid van bodemmateriaal op de overgang.
- Leg vast wanneer de laatste inspectie is uitgevoerd, en wanneer het vanuit beheerdersoogpunt toch weer tijd wordt om een inspectie uit te voeren. Bedenk hierbij wat er met de overgang kan zijn gebeurd. Bedenk ook welke inspectiemethode voldoende informatie geeft (gehele ontgraving, proefsleuf, boring, meting zonder ontgraving).
- Bedenk dat het afzetten van materiaal een negatief effect kan hebben op de doorlaatbaarheid. Ga in geval van een open overgangsconstructie na wat hiervan de eventueel negatieve gevolgen kunnen zijn.

2.4 Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan

In Deltares (2019a) is een handelingsperspectief beschreven waarbij enige schade kan worden toegestaan, mits er wordt voldaan aan een aantal voorwaarden. Voor de overgang tussen een asfaltbekleding en een voorland zijn de volgende voorwaarden van belang:

- De schade aan een overgang dient te worden gelimiteerd tot een vooraf vastgestelde grenstoestand. Wanneer deze grenstoestand wordt overschreden dient zo spoedig mogelijk herstel te worden uitgevoerd.

- De opgetreden schade dient met regelmaat te worden gemonitord om na te gaan of de grenstoestand wordt bereikt.

Schade aan de overgang kan op twee manieren plaatsvinden:

- Het voorland wordt lager waardoor het risico toeneemt op afschuiving van de asfaltbekleding of verhoging van de freatische lijn tijdens stormvloed en erosie van materiaal onder de asfaltbekleding. Dit effect speelt vooral bij het type starre overgang. Voor flexibele overgangen geldt dat de teenconstructie mee kan bewegen met de verlaging van het voorland.
- Aantasting van de asfaltbekleding ter plaatse van de overgang.

Bij het aanleggen van een overgang tussen een asfaltbekleding en voorland is het verstandig om rekening te houden met enige mate van verlaging van het voorland. Wanneer het niveau bekend is tot waar deze verlaging mag optreden kan door middel van hoogtemetingen worden gecontroleerd of dit niveau niet wordt overschreden.



Figuur 2.3 Slechte situatie van een ontgroning bij een overgangsconstructie asfaltbekleding – voorland [Deltares (2018a)]

Bij het controleren van de schade aan de asfaltbekleding kan gebruik worden gemaakt van de Digigids [Informatiehuis Water (2016)]. In Deltares (2018a) zijn speciaal voor overgangen nieuwe inspectieparameters gedefinieerd die bij de vaststelling van de schade bruikbaar kunnen zijn [figuur 2.3].

2.5 Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen

Zoals in paragraaf 2.4 is beschreven kan de staat van een overgang tussen een asfaltbekleding en een voorland in het kader van de zorgplicht worden geïnspecteerd op basis van de Digigids [Informatiehuis Water (2016)], eventueel met als extra de inspectieparameters zoals beschreven in Deltares (2018a). Aanvullend op deze visuele inspectie kan met behulp van een stootijzer worden nagegaan of er holtes onder de asfaltbekleding zijn ontstaan wegens verlies van zand van onder de bekleding, via de overgang naar het voorland. Met behulp van een peilbuis in de dijk kan worden nagegaan in hoeverre de freatische lijn meestijgt tijdens een stormvloed [Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (2004)].

Voor de wettelijke beoordeling van primaire waterkeringen bestaat er een relatie tussen de overgang tussen een asfaltbekleding en het voorland en de volgende toetssporen [Ministerie van Infrastructuur en Milieu; Bijlage III (2016a), Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016b)]:

Asfaltbekleding Golfklap (AGK)

Met dit toetsspoor wordt beoordeeld of de asfaltbekleding van waterasfaltbeton bestand is tegen belasting door golfklappen. Deze beoordeling is vooral van belang voor locaties waar een forse golfbelasting kan worden verwacht ($H_{m0} > 0.5$ m). Dit betreft ook de asfalt die aanwezig is ter plaatse van de overgang tussen de asfaltbekleding en het voorland. Een belangrijke eis in het WBI2017 voor het kunnen beoordelen met een gedetailleerde toets is dat grondwaterstand onder maatgevende omstandigheden (GRWS) niet tot onder de asfaltbekleding aanwezig is, omdat er dan sprake kan zijn van verweking of lokale afschuiving van grond. Hierbij is dus als uitgangspunt gekozen dat een asfaltbekleding die bestand moet zijn tegen grote golfaanval voorzien dient te zijn van een gesloten overgang, waardoor de freatische lijn tijdens storm slechts in geringe mate stijgt. Dit betekent dat het goed functioneren van deze niet doorlatende overgang aan de teen van de asfaltbekleding een belangrijke voorwaarde is om aan dit criterium te kunnen voldoen.

Er wordt overigens onderzoek uitgevoerd naar de effecten van de freatische lijn op de stabiliteit van de asfaltbekleding. Dit zal in het toekomstig Beoordelings- en OntwerpInstrumentarium mogelijk leiden tot andere beoordelingsrichtlijnen.

Wateroverdruk bij Asfaltbekleding (AWO)

Met dit toetsspoor vindt er een beoordeling plaats of de grondwaterstand onder een asfaltbekleding dusdanig hoog is ten opzichte van de buitenwaterstand dat er sprake kan zijn van opdrukken van de asfaltbekleding. Dit toetsspoor heeft vooral betrekking op asfaltbekledingen waarbij sprake is van een open overgang, waarbij de freatische lijn meestijgt bij het stijgen van de waterstand. In dit geval dient de overgang voldoende open te zijn om de freatische lijn snel mee te laten dalen bij een dalende waterstand. Deze situatie zal zich vooral voordoen op locaties waar geen sprake is van zware golfaanval.

Golfafslag Voorland (VLGA); Afschuiving Voorland (VLAF); Zettingsvloeiing Voorland (VLZV)

Een verlaging van het voorland kan negatieve gevolgen hebben voor de stabiliteit van een asfaltbekleding. Wanneer het voorland onder de teen van de asfaltbekleding komt te liggen kan dit leiden tot zandverlies van onder de asfaltbekleding naar het voorland toe. In het ultieme geval kan er zelfs sprake zijn van een afschuiving van de asfaltbekleding. Deze faalpaden komen niet uitgebreid aan bod in WBI2017. Met de drie toetssporen voor de indirecte faalmechanismen Golfafslag Voorland (VLGA); Afschuiving Voorland (VLAF); Zettingsvloeiing Voorland (VLZV) zijn er wel richtlijnen beschikbaar om een beoordeling uit te kunnen voeren.

Voor al deze drie faalmechanismen is er een aparte schematiseringshandleiding beschikbaar [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016c,d,e)].

2.6 Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen

Tijdens stormvloed is de hydraulische belasting door golven op de overgang tussen een asfaltbekleding in de meeste gevallen verwaarloosbaar klein omdat de waterstand dan ver boven het niveau van de overgang staat. Het WBI2017 schrijft voor dat waterstanden met een kans groter dan 1/10 per jaar niet hoeven te worden meegenomen tijdens de beoordeling. Onder normale omstandigheden kan er echter een regelmatige of zelfs permanente belasting door golven plaatsvinden. Het betreft hier scheepsgolven of windgolven. Wanneer deze golfbelasting ervoor zorgt dat de asfaltbekleding wordt aangetast en / of de vooroever erodeert kan door verhoging van het voorland of door uitvoeren van golfdempende maatregelen zoals vegetatie of golfbrekers de dagelijkse golfbelasting worden gereduceerd.

2.7 Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang

Wanneer de stabiliteit van een asfaltbekleding in het geding is vanwege een verlaging van het voorland, kan worden overwogen om de asfaltbekleding in de richting van het voorland uit te breiden met een aansluitende teenconstructie [figuur 2.4]. Deze teenconstructie hoeft niet noodzakelijkerwijs van waterasfaltbeton te zijn. Hierdoor ontstaat er feitelijk een flexibele overgangsconstructie tussen de asfaltbekleding en het voorland.



Figuur 2.4 Teenconstructie van met asfalt gepenetreerde breuksteen

2.8 Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen

Wanneer de overgang onvoldoende sterkte biedt om de stabiliteit en sterkte van de bovenliggende asfaltbekleding te kunnen borgen, dan zijn er verschillende maatregelen mogelijk om deze overgang te versterken:

- Door middel van reparatie van de asfaltbekleding ter plaatse van de overgang kunnen scheuren worden gedicht en geërodeerd asfalt opnieuw worden aangebracht.

- Het voorland kan worden opgehoogd met zand en klei. Dit heeft alleen zin wanneer verwacht mag worden dat dit niet snel erodeert. Vooral klei biedt goede weerstand tegen lekkage en zandverlies via de overgang.
- Het voorland kan worden gefixeerd met een innovatieve grondverbeterende maatregel [paragraaf 5.8].
- Wanneer de overgang blootstaat aan intensieve golfaanval door wind of schepen, dan kan de overgang worden beschermd door een laag van breuksteen over de overgang heen te leggen [figuur 2.5]. Dit wordt bijvoorbeeld beschreven in Deltares (2015b).



Figuur 2.5 Breuksteen op overgang asfaltbekleding - voorland

3 Overgang grasbekleding op steenbekleding

3.1 Introductie van de overgang

Deze overgang heeft betrekking op de aansluiting van een steenbekleding (onder) op een grasbekleding (boven) ter plaatse van het buitentalud van een dijk. Dit type overgangen komt algemeen voor op de Nederlandse dijken. Figuur 3.1 toont een overgang tussen een steenbekleding en een grasbekleding waarbij een opsluitband aanwezig is om de grasbekleding te stabiliseren.



Figuur 3.1 Overgang tussen een grasbekleding en een steenbekleding op het buitentalud

Afhankelijk van de heersende condities kan een overgang tijdens een stormvloed als volgt worden belast:

- De overgang ligt heel hoog zodat er geen belasting door golven optreedt.
- De overgang ligt relatief hoog: er vindt alleen (relatief lichte) belasting plaats door middel van golfloop.
- De overgang ligt relatief laag: er vindt zware belasting plaats door middel van golfklappen.

Bij voorkeur komt een overgang tussen een steenbekleding en een grasbekleding relatief laag te liggen, voor zover de waterkerende functie dit toelaat:

- De kosten van het aanleggen van een steenbekleding zijn veel hoger dan de kosten van het aanbrengen van een grasbekleding.
- Een grasbekleding heeft naast de functie van dijkbescherming ook nog een LNC functie (Landschap, Natuur, Cultuur).

De aanwezigheid van een overgangsconstructie tussen een steenbekleding en een grasbekleding kan de volgende gevolgen hebben:

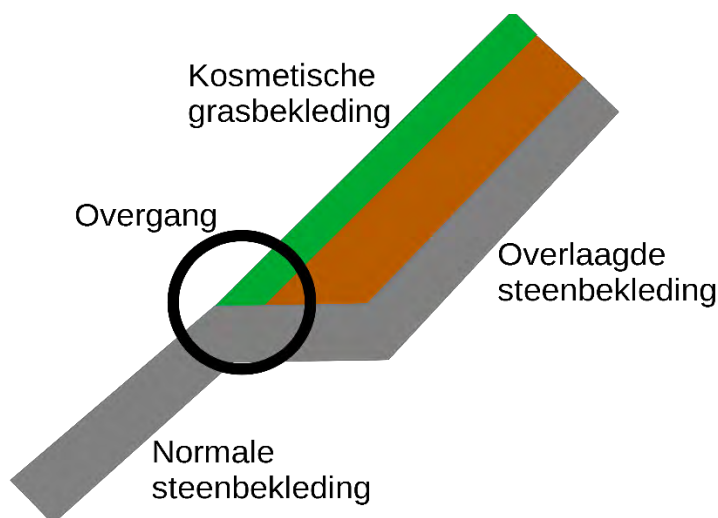
- Voor de grasbekleding geldt dat:
 - De belasting op het gras hoger kan uitvallen vanwege extra turbulentie als gevolg van ruwheidsverschillen tussen de gras- en steenbekleding en/of vanwege een hoogteverschil in de overgang.
 - De sterkte van het wortelstelsel lager kan zijn omdat dit stelsel aan de onderkant niet kan doorgroeien vanwege de aanwezigheid van een opsluitband.
- Voor de steenbekleding geldt dat:
 - De inklemming van de stenen onder de overgang lager kan zijn omdat het gewicht van de grasbekleding erboven wordt afgedragen aan het onderliggende grondlichaam door middel van de opsluitband.
 - De spleten ter plaatse van de overgang groter kunnen zijn, waardoor er meer risico is op materiaaltransport vanuit de filterlaag of de ondergrond.
 - De waterspanning tijdens golfklappen onder de toplaag kan worden verhoogd vanwege de onderbreking van de filterlaag door de opsluitband. Hierdoor kan de waterdruk niet naar boven toe worden afgevoerd.

3.2 Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen

De overgang tussen een steenbekleding en een grasbekleding op het buitentalud is een essentieel onderdeel van de waterkering. Het handelingsperspectief “Niet in kaart brengen” is daarmee geen realistische optie.

3.3 Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren

Overgangen tussen grasbekleding en steenbekleding dienen in het kader van de zorgplicht altijd te worden geïnspecteerd. In theorie hoeft een overgang tussen grasbekleding en steenbekleding niet te worden beoordeeld wanneer deze boven de golfploopzone ligt, zoals deze kan worden afgeleid op basis van de Hydraulische Belastingen uit Riskeer.



Figuur 3.2 Overgang tussen een steenbekleding en een cosmetische grasbekleding

Daarnaast kan er sprake zijn van een deels overlaagde steenbekleding waarbij om landschappelijke redenen een cosmetische grasbekleding over een steenbekleding wordt aangelegd [<https://handreikinggrasbekleding.nl/grasbekleding/categorieen-vegetatie/>]. In dit geval hoeft de grasbekleding niet te voldoen aan de erosiebestendigheidseis en kan een eventuele overgang met een steenbekleding onder de kosmische grasbekleding worden genegeerd voor zover het de grasbekleding betreft [figuur 3.2].

3.4 Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan

In de nieuwe normering voor de waterkeringen vormt de faalkans op overstroming het uitgangspunt. Dit heeft ertoe geleid dat het falen van bekledingen (en overgangen) niet meer automatisch leidt tot een negatieve beoordeling van de primaire waterkering. Er kan namelijk ook nog beroep worden gedaan op eventueel aanwezige reststerkte tegen erosie nadat de bekleding is verdwenen.

Vooraf voor grasbekleding geldt dat de sterkte van dit type bekleding sterk kan variëren. Na inzaaien van de grasmat duurt het immers nog enkele jaren voordat de gewenste sterkte is bereikt. Door droogte, menselijke of dierlijke graverij of betreding kan er schade ontstaan, waarvan het natuurlijk herstel ook de benodigde tijd kost. Het Hoogheemraadschap voor Schieland en de Krimpenerwaard formuleert dit als volgt in de Nota Waterveiligheid:

Uit: Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard (2018)

Het belang van een deel van de waterkering bepaalt hoe intensief we onderhouden. We besteden extra aandacht aan kritieke locaties. Maar we accepteren ook dat een onderdeel niet aan de ontwerpisen voldoet, mits de waterkering als geheel nog de veiligheidsnormen haalt. Als er bijvoorbeeld een voldoende dikke kleilaag aanwezig is kunnen we beschadigingen aan de grasmat tijdelijk accepteren, omdat de dijk als geheel nog sterk genoeg is.

Wanneer een waterkeringbeheerder wil rekenen op de aanwezige reststerkte tegen erosie die aanwezig is in de ondergrond onder de bekleding, dan is de tijdsduur waarover deze ondergrond wordt belast tijdens storm van groot belang. Immers, hoe eerder de bekleding faalt, hoe langer het erosieproces kan optreden, en hoe groter de kans op falen van de waterkering wordt.

3.5 Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen

De overgang tussen een grasbekleding en een steenbekleding op het buitentalud van een primaire waterkering kan tijdens de reguliere inspectie worden gemonitord met gebruik van de Digigids [Informatiehuis Water (2016)], eventueel met als extra mogelijkheid de inspectieparameters zoals beschreven in Deltares (2018a).

Voor de wettelijke beoordeling van primaire waterkeringen bestaan er drie relevante toetssporen, namelijk Stabiliteit Steenzetting (ZST) en Gras Erosie Buitentalud (GEBU) en Gras Afschuiven Buitentalud (GABU) [Ministerie van Infrastructuur en Milieu; Bijlage III (2016a), Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016f)]. De eerste twee toetssporen bevatten een aantal deelmechanismen die oorzaak kunnen zijn voor het falen van de bekleding. Beide toetssporen

houden in enige mate rekening met de aanwezigheid van overgangsconstructies aan de randen van de bekleding. Alle drie de toetssporen worden achtereenvolgens beschreven.

Stabiliteit Steenzetting (ZST)

In het toetsspoor Stabiliteit Steenzetting wordt er rekening gehouden met de volgende faalmechanismen. Deze faalmechanismen kunnen worden beoordeeld met de WBI Basismodule Steentoets:

- Stabiliteit steenzetting toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG.
- Stabiliteit steenzetting toplaaginstabiliteit onder langsstroming ZTS.
- Stabiliteit steenzetting afschuiving ZAF.
- Stabiliteit steenzetting materiaaltransport vanuit de granulaire laag ZMG
- Stabiliteit steenzetting materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO

In eerdere beoordelingen werd er ook rekening gehouden met de mechanismen “Invloed overgangen op toplaagstabiliteit (ZOI)” en “Bezwijken overgang-, teen- of aansluitingsconstructie (ZOB)”. Deze deelmechanismen zijn in het WBI2017 echter komen te vervallen.

In de Schematiseringshandleiding Steenzetting wordt aandacht geschonken aan de invloed van een horizontale overgangsconstructie op het mechanisme toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016f)]. Voor de inklemming van de stenen is het belangrijk om te weten of er aanspraak mag worden gemaakt op de normaalkracht van het bovenliggende bekledingssegment. Dit betreft de invloed van het gewicht langs het talud. Voor een aansluiting met een grasbekleding wordt ervan uitgegaan dat er een overgangsconstructie aanwezig is in de vorm van een opsluitband, houten schot of palenrij waardoor deze normaalkracht niet kan worden meegenomen. Dit betekent een afname van de inklemming van de stenen ter plaatse van de overgang. Het is onduidelijk in hoeverre dit effect reeds is verdisconteerd in de beoordelingsregels volgens WBI2017.

Ten behoeve van de mechanismen Materiaaltransport vanuit de granulaire laag ZMG en Materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO geeft de Schematiseringshandleiding richtlijnen waar en wanneer er in de buurt van een horizontale overgangsconstructie gegevens dienen te worden gemonitord. Voor de overige mechanismen is de aanwezigheid van de overgangsconstructie niet van invloed.

Gras Erosie Buitentalud (GEBU)

Bij het toetsspoor Gras Erosie Buitentalud is er sprake van twee faalmechanismen, namelijk bezwijken van de grasbekleding door golfklappen en bezwijken door golfoploop. Deze faalmechanismen kunnen worden beoordeeld met de WBI Basismodule BM-Gras.

Voor het faalmechanisme golfklap geldt dat dit alleen relevant is wanneer de overgang tussen de grasbekleding en de steenbekleding in de golfklapzone ligt. Voor dit faalmechanisme is het niet mogelijk om in BM-Gras rekening te houden met de aanwezigheid van de overgangsconstructie tussen grasbekleding en steenbekleding.

Voor het faalmechanisme golfoploop biedt BM-Gras wel de mogelijkheid om rekening te houden met de aanwezigheid van de overgang tussen een steenbekleding en een grasbekleding. Dit kan met behulp van de invoerparameters Alpha M en Alpha S. Deze staan standaard op 1, wat betekent dat de invloed van de overgang niet wordt meegenomen. De gebruiker heeft overigens wel de mogelijkheid om in BM-Gras andere waarden voor deze parameters op te geven, op basis van expert judgement. Voor het toetsspoor GEKB is al wel

in beeld gebracht welke waarden zouden kunnen worden [Deltares (2019b)]. Dit is nog niet uitgevoerd voor het toetspoot GEBU.

Gras Afschuiven Buitentalud (GABU)

Het toetspoot Gras Afschuiven Buitentalud heeft betrekking op het afschuiven van de grasbekleding inclusief de deklaag van klei onder invloed van een opwaartse waterdruk die wordt veroorzaakt door de golfbelasting. Dit faalmechanisme is vergelijkbaar met het faalmechanisme Stabiliteit steenzetting afschuiving ZAF. De invloed van een overgang tussen een grasbekleding en een steenbekleding op dit toetspoot kan worden verwaarloosd wanneer de deklaag onder de overgang geen discontinuïteit laat zien.

Het Ontwerpinstrumentarium 2014 [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017a)] biedt ontwerpregels waarmee het mogelijk is om de hoogte van de overgang tussen een grasbekleding en een steen- of asfaltbekleding vast te stellen. Met betrekking tot het ontwerp van de overgang zijn er geen richtlijnen opgenomen.

3.6 Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen

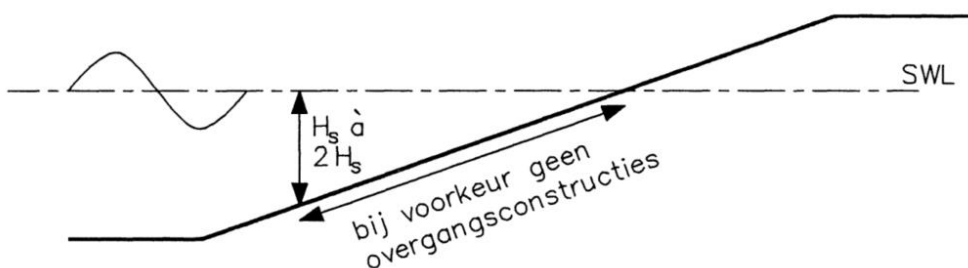
Voor het verlagen van de golfbelasting op een overgang tussen een grasbekleding en een steenbekleding op het buitentalud zijn de volgende opties beschikbaar:

- Het verhogen van het voorland.
- Het verhogen van de ruwheid van de steenbekleding
- Het aanbrengen van een berm

Omdat er sprake is van een horizontale overgang dient deze maatregel in de meeste gevallen over langere afstand te worden uitgevoerd. Het betreft in dat geval een dure maatregel.

3.7 Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang

Wanneer de overgang tussen een grasbekleding en een steenbekleding onder de maximale waterstand tijdens storm komt te liggen, dan wordt deze overgang zwaar belast door golfklappen. Er wordt daarom ook aanbevolen om geen overgangsconstructie aan te leggen tot één à twee keer de significante golfhoogte onder de maximale waterstand [figuur 3.3]. Dit geldt eveneens voor de grasbekleding zelf.

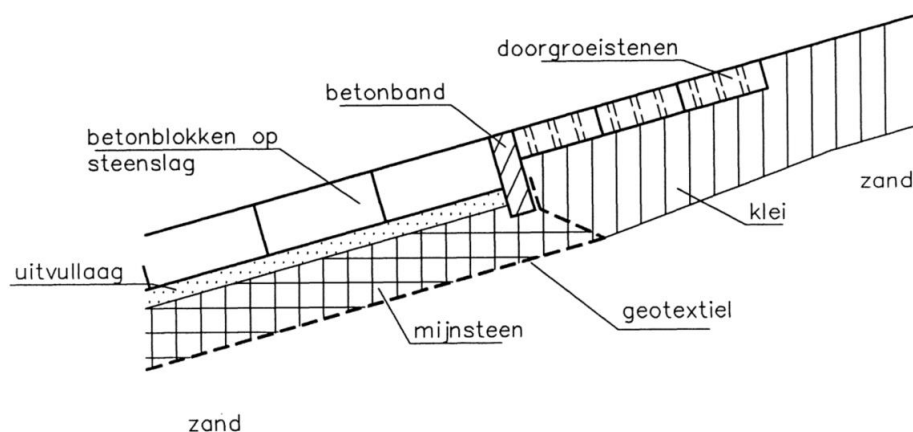


Figuur 3.3 Zwaarst aangevallen zone van het buitentalud [Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (1992)]

Wanneer de golfhoogte te groot is, dan kan worden overwogen om de steenbekleding naar boven toe te verlengen, waardoor de overgang en de grasbekleding alleen worden belast door golfoploop. Wanneer ook deze belasting te hoog is, dan kan worden overwogen om de overgang nog hoger te leggen.

3.8 Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen

De meest voorkomende overgangsconstructie tussen een steenbekleding en een grasbekleding wordt uitgevoerd met behulp van een opsluitband. Wanneer er risico is op aantasting van het gras ter plaatse van de overgang, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van vee, dan kan hierop worden geanticipeerd door gebruik te maken van doorgroeistenen [figuur 3.4]. Wellicht bieden innovatieve oplossingen om de ondergrond te versterken een oplossing voor het probleem [paragraaf 5.8].



Figuur 3.4 Ontwerpoplossing overgang grasbekleding - steenbekleding [Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (1992)]

Wanneer een overgang eerder zal falen dan de bekledingen zelf, dan kan er worden overwogen om onder de overgang extra reststerkte aan te brengen. In Deltares (2018b) is een verkennende studie uitgevoerd waarin er onder een overgang extra klei wordt aangebracht. Voorsnog levert dit onderzoek nog geen richtlijnen op die in de praktijk kunnen worden gebracht.

4 Aansluiting steenbekleding op constructie

4.1 Introductie van de overgang

In dit hoofdstuk wordt aandacht geschonken aan een verticale overgang van een steenbekleding op een constructie, zoals bijvoorbeeld een keermuur of een damwand [figuur 4.1].



Figuur 4.1 Aansluiting van een steenbekleding op een keermuur

Voor een verticale overgangsconstructie tussen een steenbekleding en een constructie zijn de volgende aandachtspunten van belang:

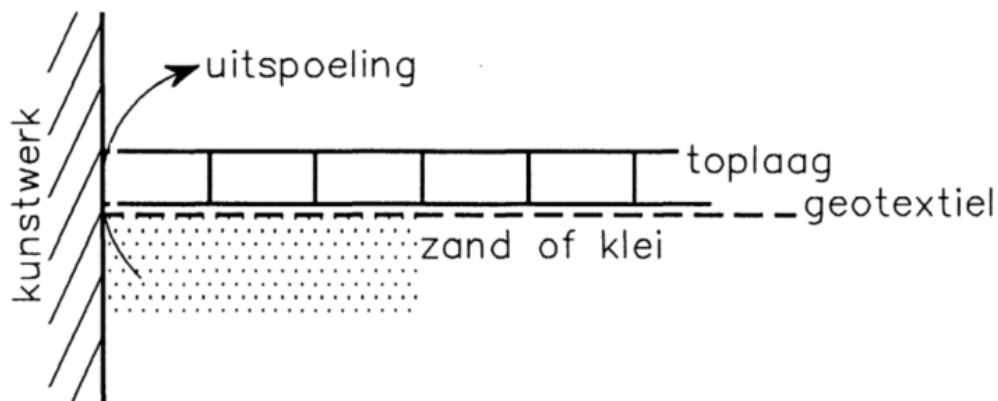
- Het is lastig om de steenbekleding overall goed te laten aansluiten op de constructie. Dit is zeker het geval wanneer er sprake is van een damwand [figuur 4.2]. Hierdoor kan de inklemming van de stenen lager zijn dan binnen de steenbekleding zelf.



Figuur 4.2 Aansluiting van een steenbekleding op een damwand

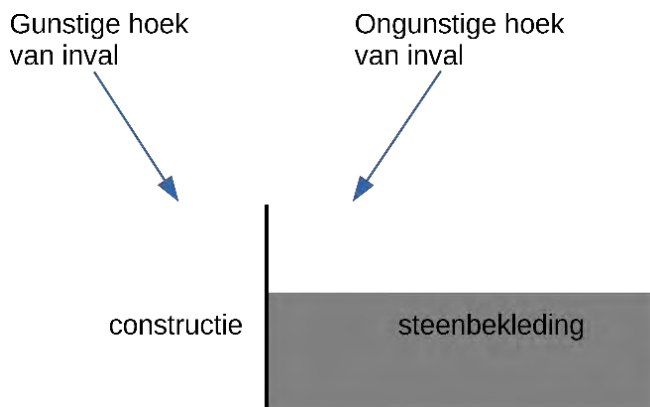
- Door de minder goede aansluiting kunnen de spleten ter plaatse van de aansluiting groter zijn dan gebruikelijk. Hierdoor is er een groter risico op het uitspoelen van filtermateriaal en materiaal uit de ondergrond [figuur 4.3]. Zeker wanneer er sprake is van een gladde keermuur, kan er sprake zijn van een doorgaande verticale spleet

waarbinnen grote stroomsnelheden kunnen ontstaan wanneer een golf van het talud afloopt.



Figuur 4.3 Uitspoelen van materiaal ter plaatse van een overgang tussen een steenbekleding en een constructie [Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (1992)]

- De overgangsconstructie is extra gevoelig voor schief invallende golfaanval. Wanneer de overgangsconstructie in de luwte ligt van de constructie, dan is de belasting lager dan gebruikelijk [figuur 4.4]. Wanneer er echter sprake is van een invallende golf dan kan er sprake zijn van een verhoogde golfbelasting, zeker wanneer de golven tegen de constructie breken.



Figuur 4.4 Invloed golfhoek op overgang steenbekleding – constructie

4.2 Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen

De aansluiting van een steenbekleding op een constructie is een essentieel onderdeel van de stabiliteit van de gehele steenconstructie. Een waterkeringbeheerder dient hier altijd aandacht aan te besteden. Het handelingsperspectief “Overgangen niet in kaart brengen” wordt voor dit type overgangen niet aanbevolen.

4.3 Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren

Overgangen tussen steenbekledingen en constructies horen niet tot het type marginale overgangen en dienen niet te worden genegeerd.

4.4 Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan

In bijzondere situaties kan de aanwezigheid van de constructie de steenbekleding overbodig maken. Dit speelt vooral bij situaties waarbij er sprake is van een langsconstructie waarvoor een steenbekleding aanwezig is [figuur 4.5]. In dat geval roept dit de vraag op waarom deze steenbekleding destijds is aangelegd en wat de gevolgen zijn van de opgetreden schade hieraan.



Figuur 4.5 Steenbekleding voor een damwand [Deltares (2018a)]

Voor een verticale overgang van een steenbekleding op een constructie zal deze situatie meestal niet van toepassing zijn. Dat betekent dat schade aan de overgang vanuit oogpunt van primaire waterveiligheid niet kan worden toegestaan.

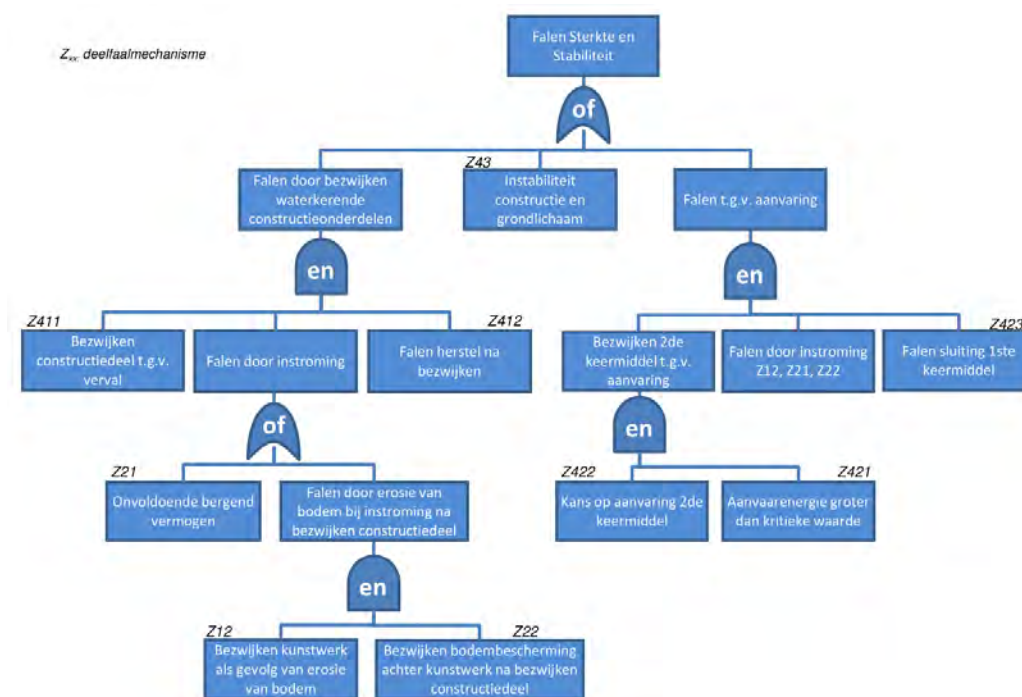
4.5 Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen

Voor de inspectie van aansluitingen kan gebruik worden gemaakt van de Digigids [Informatiehuis Water (2016)]. Eventueel kan hierbij gebruik worden gemaakt van de aanvullende inspectieparameters voor de aansluiting van steen- en asfaltbekledingen op constructies [Deltares (2018a)].

Voor de beoordeling van de primaire waterveiligheid zijn de volgende toetssporen van belang [Ministerie van Infrastructuur en Milieu; Bijlage III (2016a)]:

- Het toetsspoor Stabiliteit Steenzetting (ZST). Dit toetsspoor is reeds beschreven in paragraaf 3.5. Er is bij de beschrijving van dit toetsspoor geen aandacht voor de verticale aansluiting op constructies [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016f)].
- Het toetsspoor Sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie (STKWp). Het betreft hierbij het deelfaalmechanisme Instabiliteit constructie en grondlichaam (Z43) [figuur 4.6].

Er wordt overigens in de Schematiseringshandleiding sterkte en stabiliteit kunstwerk aangegeven dat dit deelfaalmechanisme vooral betrekking heeft op de grondconstructie voor en achter het kunstwerk. Voor de grondconstructie direct aansluitend op het kunstwerk wordt verwezen naar de andere toetssporen [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017b)]. In algemene zin kan er worden opgemerkt dat er in het WBI2017 weinig aandacht bestaat voor dit type kwetsbare overgangen.



Figuur 4.6 Foutenboom toetsspoor sterkte en stabiliteit puntconstructie [Ministerie van Infrastructuur en Milieu; Bijlage III (2016a)]

4.6 Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen

Het verlagen van de belasting op de overgang tussen een steenbekleding en een constructie is mogelijk door gebruik te maken van de gebruikelijke belastingverlagende maatregelen, zoals het verhogen van het voorland, het toepassen van een grotere ruwheid en het aanleggen van een berm [paragraaf 3.6].

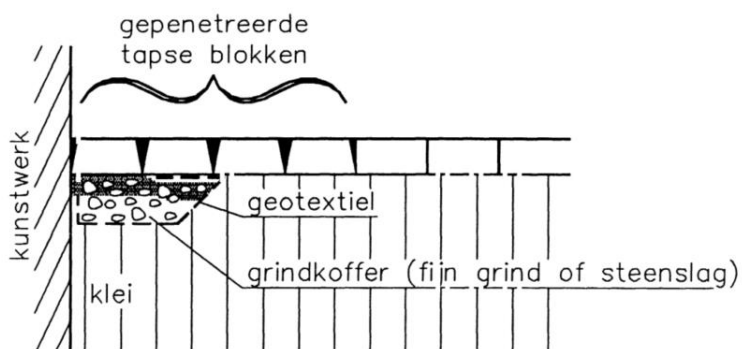
4.7 Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang

Het verplaatsen van een overgang tussen een steenbekleding en een kunstwerk is vanwege de hoge kosten geen serieuze optie.

4.8 Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen

Wanneer er schade aan een overgang is opgetreden, of wanneer uit de beoordeling blijkt dat de overgang onvoldoende sterkte bezit zal de waterkeringbeheerder overwegen om deze overgang te versterken of te vervangen. De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (1992) geeft een mogelijk ontwerp met daarin de volgende twee versterkende maatregelen [figuur 4.7]:

- Het aanbrengen van een grindkoffer om te voorkomen dat bodemmateriaal via de spleten uitspoelt en de bekleding verzakt.



Figuur 4.7 Maatregelen om een overgang tussen een steenbekleding en een constructie te versterken [Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (1992)]

- Het penetreren van de steenbekleding met asfalt wat er ook voor zorgt dat er geen bodem- of filtermateriaal uitspoelt. Daarnaast heeft deze maatregel een positief effect op de toplaagstabiliteit [figuur 4.8].



Figuur 4.8 Met asfalt gepenetreerde overgang van een steenzetting op een constructie

5 Weg op dijkkruin

5.1 Introductie van de overgang

Op veel primaire waterkeringen zijn er wegen aangelegd op de kruin. Aan weerszijde van deze wegen zijn er overgangen tussen het wegdek en de grasbekleding [figuur 5.1].



Figuur 5.1 Overgangen met de grasbekleding aan weerszijde van een rijweg op de kruin van een dijk

Bij de overgang tussen een rijweg op de kruin van een dijk en de grasbekleding zijn de volgende aspecten van belang:

- Er is vrijwel nooit een gladde aansluiting van de weg op de grasbekleding. Dit betekent dat er een toename is van de hydraulische belasting ter plaats van de overgang.
- Doordat het wortelstelsel van de grasbekleding wordt beëindigd ter plaatse van de rijweg, is de grasbekleding hier minder sterk dan verder weg van de dijk.
- De rijweg wordt meestal aangelegd op een cunet van zand. Wanneer dit cunet breder is dan de rijweg zelf, betekent dit dat de grasbekleding in de berm van de rijweg is geworteld in een zandige ondergrond. Een dergelijke grasbekleding bezit minder sterkte dan een grasbekleding op een ondergrond van klei en spoelt daardoor sneller uit.
- Door het verkeer is de graskwaliteit in de berm van de rijweg vaak van slechte kwaliteit.
- In het ontwerp dient ook met verkeerskundige aspecten rekening te worden gehouden. De snelheid van het verkeer dient waar nodig te worden beperkt, en het is ongewenst wanneer er materiaal vanuit de berm op de rijweg terecht komt.

5.2 Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen

Voor het aanleggen van een weg op de kruin van een primaire waterkering dient in de meeste gevallen een vergunning te worden aangevraagd bij de waterkeringbeheerder. In onderstaande tekst wordt dit bijvoorbeeld geschreven in de Nota Waterkeringen van het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Uit: Hoogheemraadschap van Rijnland (2010)

Voor het verbeteren, aanpassen of vervangen van een al bestaande weg op de kruin van een waterkering is een vergunning nodig. Onder kruin wordt verstaan: de wegbreedte met een groene berm van 2,5 meter.

Weg op de kruin

Bij een weg die ligt op de kruin van een kering maakt de weg onderdeel uit van de kering. Het hoogheemraadschap van Rijnland hanteert ten aanzien van verhardingen met verkeersfunctie op de kruin van waterkeringen een restrictief beleid. Vergunningen worden afgegeven indien:

- *De weg zo kan worden ingepast dat de veiligheid is gewaarborgd. Dit kan door een voldoende brede berm van minimaal 1 meter breed bestaande uit voldoende waterkerende klei naast de weg (hierbij dient de weg wel op voldoende hoogte te liggen).*
- *Een functiescheiding is gerealiseerd door: het aanbrengen van een volwaardige zelfstandig kerende constructie, welke de functie waterkeren overneemt van het grondlichaam (grond, damwand etc.). Hierbij dient de toekomstvastheid voor de levensduur van de vervangende kering (100 jaar voor een kunstwerk) te worden aangetoond.*
- *De weg inclusief het funderingsmateriaal buiten het profiel van vrije ruimte van regionale keringen, dan wel kern- en beschermingszone van primaire keringen aan te leggen waarbij rekening wordt gehouden met de te verwachten zettingen over 30 jaar.*

Wanneer het aanleggen van een weg vergunningplichtig is, dan is het handelingsperspectief "Niet in kaart brengen" niet meer van toepassing.

5.3 Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren

Wanneer er sprake is van een zeer gering overslagdebiet (minder dan 0,1 l/s/m), dan vormt de aanwezigheid van aansluitingen van wegen op de grasbekleding geen bedreiging, en kan dit type overgangen worden genegeerd. Wanneer er sprake is van een hoger overslagdebiet, dan wordt er aanbevolen om dit type overgangen niet te negeren.

Legger van de waterkeringen, katern Primaire waterkering Schieland – Hollandsche IJssel

Leggerstaat van de waterkeringen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Code	Dijkvak	Ligging Gemeente	Lengte dijkvak (m)	Dijktafel-hoogte (m +NAP)	Hoogte binnenberm (m +NAP)	Hoogte buitenberm (m +NAP)	Hoogte binnenteen (m +NAP)	Talud buiten (1:X)	Overslag criterium (l/m/s)	Opmerkingen
PSC 001	Sluisdijk	Gouda	783	3,75	-	-	0	2,5	0,1	
PSC 002	SHZ Oost - Oosteinde I	Gouda/ Zuidplas	637	4,15	-0,5	2,75	-1,5	2	0,1	dijkversterking
PSC 003	SHZ Oost - Oosteinde II	Zuidplas	704	3,65	-0,5	2,5	-1,5	2	0,1	dijkversterking
PSC 004	SHZ Oost - Oosteinde III	Zuidplas	273	4,05	-	-	-1,5	2	0,1	
PSC 005	Dorpsstraat I	Zuidplas	74	4,05	-	-	-1	2	0,1	
PSC 006	Dorpsstraat II	Zuidplas	265	3,5	-	-	1	2	0,1	
PSC 007	SHZ West - Westeinde I	Zuidplas	66	3,5	-	-	1	2	0,1	
PSC 008	SHZ West - Westeinde II	Zuidplas	396	3,5	-	-	-1,5	2	0,1	

Figuur 5.2 Overslagcriterium van 0,1 l/s/m waarop de dijk is ontworpen [Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (2016)]

In Figuur 5.2 is een weergave van de legger van het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard waarin is aangegeven dat de dijk is ontworpen op het overslagcriterium van 0,1 l/s/m. Hiermee wordt duidelijk gemaakt dat schade aan de bermen van wegen in principe geen risico voor de waterveiligheid hoeven op te leveren.

5.4 Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan

Schade aan de berm van een weg op de kruin komt relatief veel voor, zeker wanneer er sprake is van smalle rijwegen waar elkaar passerend verkeer gedwongen wordt om uit te wijken naar de berm [figuur 5.3]. Deze schade aan de overgang is in principe ongewenst, omdat hierdoor de kans op erosie tijdens hoogwater toeneemt. Het probleem is echter dat veel van deze wegen niet in het beheer zijn van waterkeringbeheerders, maar bij andere instanties zoals bijvoorbeeld de gemeente. Dit maakt het in de praktijk lastig om ervoor te zorgen dat de schade in de berm wordt hersteld.



Figuur 5.3 Schade aan de grasbekleding in de berm van de rijweg voor uitwijkend verkeer

5.5 Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen

Voor de inspectie van de berm van de rijweg kan gebruik worden gemaakt van de Digigids [Informatiehuis Water (2016)].

Voor de beoordeling van de primaire waterveiligheid is het toetspoot Gras Erosie Kruin en Binnentalud van belang [Ministerie van Infrastructuur en Milieu; Bijlage III (2016a)]. Dit toetspoot kan worden beoordeeld met de software applicatie Riskeer. Als invoer bij de beoordeling dient de gebruiker waarden voor het kritiek overslagdebiet op te geven, die

afhankelijk zijn van de golfklasse aan de teen van de dijk en van de kwaliteit van de grasbekleding. Deze waarden kunnen worden opgezocht in de Schematiseringshandleiding Gras [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018)].

Wanneer er sprake is van een slechte kwaliteit van de grasbekleding in de berm van de rijweg, dan is het mogelijk om hier rekening mee te houden door een overslagdebiet te kiezen dat behoort bij een open bekleding. Er zijn echter geen waarden beschikbaar voor situaties waarbij het gras volledig is verdwenen en/of waarbij sprake is van een grasbekleding op zand. Ook de invloed van overgangen wordt niet expliciet meegenomen.

Voor het OntwerpInstrumentarium OI2014v4 is als richtlijn opgenomen dat er voor kritieke overslagdebieten tot 5 l/s/m geen eisen hoeven te worden gesteld aan overgangen op de kruin van een dijk [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017a)].

5.6 Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen

De gebruikelijke maatregelen om de hydraulische belastingen in de vorm van het overslagdebiet te verlagen, bestaan uit het aanbrengen van een berm en het verhogen van de ruwheid op het buitentalud. Het verhogen van het voorland zal voor de meeste locaties geen effect hebben omdat de waterdiepte tijdens maximale waterstand onvoldoende zal zijn gereduceerd om een positief effect op de golfhoogte te bewerkstelligen.

Behalve het verlagen van de hydraulische belasting, kan voor dit specifieke type overgangen ook een verlaging van de verkeersbelasting worden overwogen. Er wordt hierbij gedacht aan verkeerskundige maatregelen zoals het afsluiten van gemotoriseerd verkeer, of het inrichten als een weg met éénrichtingsverkeer. Verder is het mogelijk om de toegang tot de berm af te sluiten voor het verkeer en op regelmatige afstand passeerlocaties aan te leggen.

5.7 Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang

In de ideale situatie worden wegen waarvan de bermen regelmatig stuk worden gereden verbreed, zodat er minder verkeer in de berm terecht komt en de grasmat in goede conditie kan blijven. In de praktijk blijkt de breedte van de kruin echter de beperkende maatregel. Zowel vanuit waterveiligheidsoogpunt als verkeersveiligheidsoogpunt is een minimale bermbreedte aan weerszijde van de weg wenselijk, tenzij er constructieve maatregelen worden genomen in de vorm van constructies om afschuiving te voorkomen en geleiderails om uitwijkend verkeer op te vangen.

5.8 Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen

Een vaak toegepaste manier om overgangen te versterken is het gebruik van doorgroeistenen, die geen onderdeel uitmaken van de rijweg, maar de weggebruiker toch de gelegenheid biedt om uit te wijken zonder dat er schade optreedt aan de grasbekleding. Eventueel kan er gebruik worden gemaakt van verdringingsstenen in de berm [figuur 5.4].



Figuur 5.4 Versterking van de overgang tussen weg en grasbekleding met een verdringingssteen in de berm

Andere mogelijkheden om de overgang tussen weg en grasbekleding te versterken is het gebruik van innovatieve methoden om de ondergrond in situ te versterken. Op dit moment loopt er een experiment bij Opheusden, waarbij gebruik wordt gemaakt van een vermenging van de ondergrond met cement en hulpstoffen door het bedrijf Hitec [figuur 5.5].



Figuur 5.5 Versterking overgang weg - grasbekleding door versterking van de ondergrond

Deze toepassing kent de volgende voordelen:

- Het zandcunet onder de rijweg wordt afgesloten, waardoor er minder risico is voor erosie van de berm door zwaar vrachtverkeer. Daarnaast biedt dit ruimte voor fietsverkeer om uit te wijken.
- Het ruwe oppervlak schrikt de verkeersdeelnemers af, waardoor er minder kans is dat zij door de berm heen rijden.

6 Taludtrap op binnentalud

6.1 Introductie van de overgang

Op het binnentalud van een dijk komen frequent taludtrappen voor om vanuit de dijk toegang te geven aan woningen of gebouwen die binnendijs zijn gelegen. Wanneer het binnentalud is bekleed met een grasbekleding, dan leidt dat automatisch tot overgangen tussen de taludtrap en de grasbekleding [figuur 6.1].



Figuur 6.1 Overgangen tussen een trap en een grasbekleding op het binnentalud van een dijk

Er zijn verschillende aanlegvarianten voor een taludtrap denkbaar, waarbij de ene variant een kwetsbaarder overgang met de grasbekleding zal hebben dan de andere. Hieronder een aantal mogelijkheden om het ontwerp van een taludtrap te variëren [POV Macrostabieliteit (2018)]:

- Fundering van de ondergrond: De taludtrap kan direct worden aangelegd op de deklaag van klei. Wanneer er wordt gekozen voor een stelling van zand, dan is het eenvoudiger om de elementen van de taludtrap aan te leggen. Dit heeft echter als nadeel dat de sterkte van de dijk wordt verzwakt vanwege een reductie van de deklaagdikte.
- Positionering ten opzichte van het dijkprofiel: De taludhelling kan worden ingegraven in het binnentalud. Dit heeft als voordeel dat de taludtrap niet snel zal afschuiven. Een nadeel is echter dat hierdoor de deklaagdikte ter plaatse van de taludtrap afneemt. Wanneer de taludtrap verhoogd wordt aangelegd ten opzichte van het dijkprofiel, dan

is er sneller risico op afschuiven. Bovendien kan er dan stroomcontractie worden verwacht op de overgang tussen de grasbekleding en de taludtrap.

- **Gebruik van opsluitband:** Het is mogelijk om de grasbekleding direct te laten aansluiten op de elementen van de taludtrap. Het nadeel is dat er dan steile aansluitingen ontstaan ter plaatse van de inkepingen van de taludtrap. Dit kan worden voorkomen door gebruik te maken van een opsluitband langs de taludtrap. Eventueel kan er een goot in de opsluitband aanwezig zijn om transport van fietsen te faciliteren.

Op en rond een taludtrap kunnen de volgende schadebeelden ontstaan [Deltares (2015c)]:

- Er is sprake van afschuiving van de (elementen van de) taludtrap.
- Door gebruik van de grasbekleding naast de taludtrap (bijvoorbeeld door fietsen) kan de graskwaliteit hier laag zijn.
- Als gevolg van stroomcontractie tijdens overloop of golfoverslag kan de bekleding ter plaatse van de overgang sneller bezwijken dan elders.

6.2 Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen

Veel waterkeringbeheerders schrijven voor dat het aanleggen van een taludtrap vergunningplichtig is. Onderstaande tekst is afkomstig uit de Beleidsnota Waterkeringen 2012-2017 van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Uit: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2012)

Bij een vergunningaanvraag beoordelen we ook de aan bebouwing gerelateerde aspecten, zoals kabels en leidingen voor huisaansluitingen, bomen, beplanting, steigers en trappen. Hierbij betrekken we ook de faalkansen die hierdoor kunnen optreden, zoals erosiebestendigheid, micro- en macrostabiliteit, piping en opbarsten. Bepaalde onderdelen van de waterkering zijn onderhoudsgevoelig, met name de taluds en overgangsconstructies. Deze moeten daarom vrij blijven van bebouwing.

Deze verplichting tot vergunningverlening leidt er toe dat (gegevens van) taludtrappen die worden aangelegd op de primaire waterkering worden opgenomen in het beheerregister. Het handelingsperspectief "Overgangen niet in kaart brengen" komt hiermee te vervallen.

6.3 Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren

Onder bepaalde voorwaarden is het niet nodig om een overgang tussen taludtrap en grasbekleding apart te beoordelen of te ontwerpen. Het betreft situaties waarbij het overslagdebiet minder is dan 0,1 l/s/m. In dat geval kan de taludtrap tijdens het beoordelings- en ontwerpproces worden genegeerd. Tijdens inspectie van de waterkering verdient het altijd aanbeveling om speciale aandacht te besteden aan taludtrappen.

6.4 Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan

Bij het inspecteren van de dijk kan een medewerker van een waterkeringbeheerder worden geconfronteerd met schade aan of om een paaltje [figuur 6.2]. Er kan vervolgens worden besloten om deze schade al of niet te herstellen. De Digigids [Informatiehuis Water (2016)] kent

een aantal inspectieparameters die kunnen worden gebruikt om de conditie van een paaltje in een grasbekleding te duiden met een oordeel “goed”, “redelijk”, “matig” of “slecht”:

- Voor het niet waterkerend element “trappen” zijn de inspectieparameters “[aansluiting](#)”, “[conditie](#)” of “[verzakkingen](#)” opgenomen.



Figuur 6.2 Schade op de overgang tussen taludtrap en grasbekleding

6.5 Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen

Voor de beoordeling van palen op een waterkering wordt in Bijlage III van de Ministeriële Regeling het indirecte faalmechanisme “Overige constructies (NWOoc)” beschreven. Hiervoor wordt de volgende richtlijn gegeven:

De kleine objecten zoals taludtrappen, banken, verkeersborden en verkeerslichten, afrasteringen, dijkpalen, lichtmasten en vuilnisbakken worden niet apart beoordeeld.

Voor het OntwerpInstrumentarium OI2014v4 is opgenomen dat er voor kritieke overslagdebieten tot 1 l/s/m geen eisen hoeven te worden gesteld aan overgangen op het binnentalud [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017a)].

6.6 Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen

Het is mogelijk om de hydraulische belasting ter plaatse van een taludtrap te verlagen door plaatselijk de kruin hoger aan te leggen. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van een verkeersdrempel of een wegversmalling in de vorm van een verhoogd obstakel [figuur 6.3]. Hierdoor wordt de golfoverslag of overloop weggevoerd van de overgang tussen de taludtrap

en de grasbekleding. Een nadeel is dat een deel van de bekleding op het binnentalud te maken krijgt met een hogere hoeveelheid overslagdebiet.



Figuur 6.3 Obstakel om een wegversmalling te realiseren

6.7 Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang

Het is mogelijk om een taludtrap te verplaatsen naar een andere locatie op het binnentalud waar een minder overslagdebiet wordt verwacht. Dit handelingsperspectief zal in de praktijk echter vrijwel niet worden toegepast.

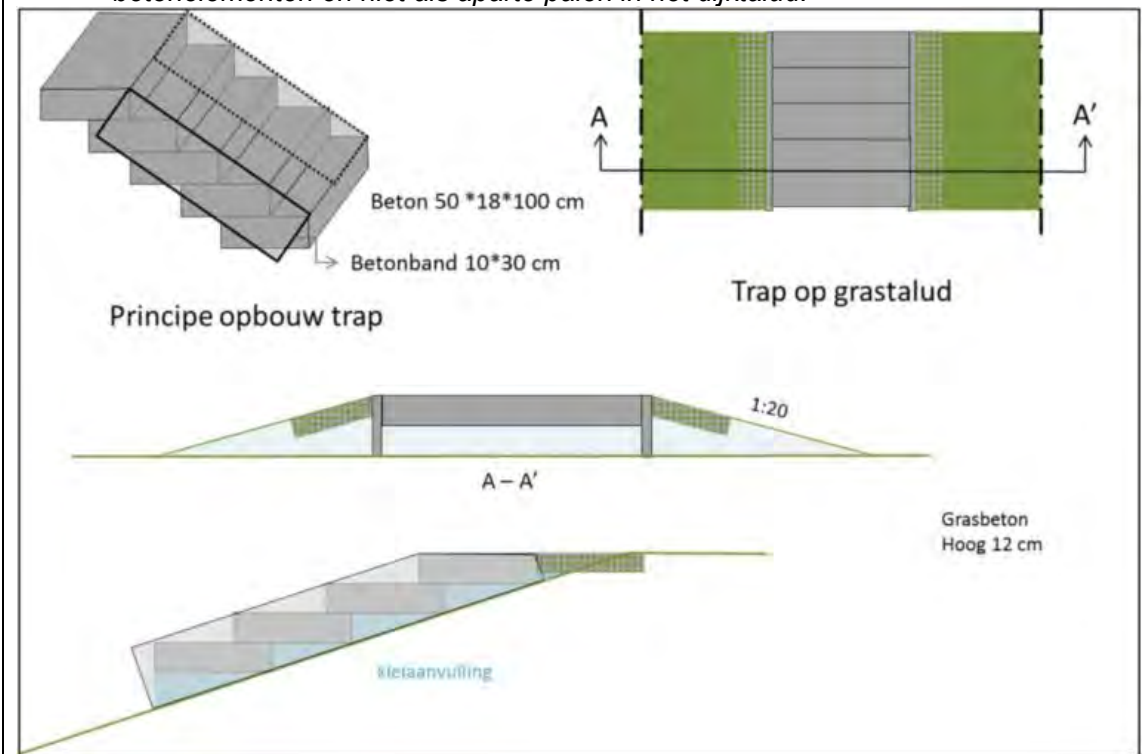
6.8 Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen

Wanneer er sprake is van een zwakke overgang tussen een taludtrap en een grasbekleding, dan is het mogelijk om deze te versterken. Dit kan bijvoorbeeld door het versterken van de deklaag onder de taludtrap of door het aanbrengen van opsluitbanden, eventueel voorzien van een fietsgoot, of door gebruik te maken van doorgroeistenen. In het Beheer en Onderhoudsplan Waterkeringen van het Waterschap Rivierenland zijn onderstaande ontwerputgangspunten opgenomen.

Uit: Waterschap Rivierenland (2018)

Ontwerputgangspunten trappen

- Vanuit het oogpunt van onderhoud staan we geen trappen toe die met poten of andere verbindingen op de bekleding zijn gelegd. Trappen moeten verzonken zijn in de omliggende bekleding. Bij grastaluds komen de bloktreden bovenop de oorspronkelijke kleibekleding en wordt nieuwe klei hier naar toe afgewerkt.
- Trappen in gras en steenbekleding: opbouwen met standaard trapelementen (bloktrede 1,00 x 0,50x0,18 m.). Aan weerszijden opsluiten met een betonbandje minimaal 0,10x0,30 meter of hoger als de aansluiting op naastliggende steenbekleding dit vereist. In grasbekleding naast deze betonband een fietsgootje van betonelementen, of grasbeton koud in de klei gelegd. De trappen moeten overrijdbaar zijn voor maaimaterieel. In lange strekkingen steenbekleding elke 400 meter een trap aanleggen, ter hoogte van een dijkpaal.
- Leuningen zijn niet toegestaan op het buitentalud.
- Op het binnentalud bij voorkeur geen leuningen omdat deze een belemmering vormen voor het maaiwerk. Als ze wel nodig zijn, deze bevestigen op de betonelementen en niet als aparte palen in het dijktaalud.



7 Paaltjes in een grasbekleding

7.1 Introductie van de overgang

Op grasbekledingen op dijken komen allerlei soorten paaltjes voor, waarbij er sprake is van een overgang tussen de grasbekleding en een NWO. Voorbeelden van dergelijke palen zijn [figuur 7.1]:

- Hectometerpaaltjes
- Dijkpalen
- Verkeersborden
- Hekken
- Lantaarns
- Brievenbussen



Figuur 7.1 Voorbeeld van paaltjes in de grasbekleding, het betreft hierbij hectometerpaaltjes

De diameter van dit type paaltjes is hooguit enkele decimeters. Hiermee onderscheidt dit type objecten zich van grotere objecten zoals brugpijlers, hoogspanningsmasten, meetkastjes en woningen.

In dit hoofdstuk wordt nagegaan welke handelingsperspectieven er zinvol zijn met betrekking tot dit type overgangen. Er wordt hierbij uitgegaan dat de paaltjes in de grasbekleding zich op de kruin van de dijk bevinden.

7.2 Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen

In de beheersplannen voor waterkeringen leggen waterkeringbeheerders vast welke gegevens er worden opgeslagen in het beheerregister. Dit heeft ook betrekking op Niet Waterkerende Objecten. Een voorbeeld van een dergelijke tekst uit het Waterkeringbeheerplan van het Waterschap Scheldestromen is hieronder weergegeven.

Uit: Waterschap Scheldestromen (2016):

Veel voorkomende NWO's

Onder NWO's vallen alle constructies en elementen die groter zijn dan 15 cm. Veel voorkomende NWO's die te vinden zijn in, nabij en op de waterkeringen, zijn:

- dijkpalen;
- trappen;
- bankjes;
- hekken;
- verlichting;
- duikplaatsen;
- (informatie- of reclame)borden;
- bomen (in regionale keringen).

Het waterschap wil de NWO's in het beheergebied in beeld hebben en beleid vaststellen voor de bestaande en de eventuele nieuwe NWO's.



Figuur 7.2 Paaltje met een diameter (breedte) groter dan 15 cm

In deze tekst wordt onderscheid gemaakt tussen objecten die groter of kleiner zijn dan 15 cm. Deze maat komt ook terug in het OntwerpInstrumentarium dat zal worden besproken in paragraaf 7.5. Paaltjes met een diameter kleiner dan 15 cm hoeven niet te worden opgenomen in het beheerregister, paaltjes met een diameter groter dan 15 cm wel [figuur 7.2].

7.3 Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren

Een paaltje in een grasbekleding zal geen of zeer weinig effect hebben op de sterkte van de waterkering, zeker wanneer de diameter kleiner is dan 15 cm. Dat betekent dat dergelijke paaltjes vanuit oogpunt van veiligheid kunnen worden genegeerd. Echter, de aanwezigheid van paaltjes kan hinder en/of extra werk betekenen voor de waterkeringbeheerder. Deze is er daarom bij gebaat om het aantal paaltjes in de grasbekleding zo veel mogelijk te reduceren. In onderstaande tekst is dit beschreven in het beheerplan van Waterschap Limburg.

Uit: Waterschap Limburg (2017)

NWO's zijn objecten die zich binnen de keurzones bevinden, maar geen waterkerende functie hebben en hier ook niet aan bijdragen. In deze paragraaf worden alle niet verder benoemde NWO's bedoeld, zoals bijvoorbeeld trappen, bankjes, schakelkasten of wegmeubilair. Het waterschap streeft naar zo min mogelijk van deze objecten binnen de kernzone tenzij deze de veiligheid van de waterkering niet aantasten en het onderhoud en beheer niet belemmeren. Ieder NWO dient zodanig te worden geplaatst en onderhouden dat de waterkering en beheermogelijkheden niet worden beperkt en een eventuele onderhoudsstrook niet wordt belemmerd. NWO's die geen functie meer hebben dienen te worden verwijderd door de initiatiefnemer. Kosten die gemaakt moeten worden om de NWO's veilig in te passen en eventueel extra beheer zijn voor de initiatiefnemer van het betreffende NWO.

7.4 Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan

Bij het inspecteren van de dijk kan een medewerker van een waterkeringbeheerder worden geconfronteerd met schade aan of om een paaltje [figuur 7.3].



Figuur 7.3 Dijkpaal die enigszins uit het lood staat

Er kan vervolgens worden besloten om deze schade al of niet te herstellen. De Digigids [Informatiehuis Water (2016)] kent een aantal inspectieparameters die kunnen worden gebruikt om de conditie van een paaltje in een grasbekleding te duiden met een oordeel “goed”, “redelijk”, “matig” of “slecht”:

- Voor het niet waterkerend element “afrastering of hekwerk” zijn de inspectieparameters “[paal defect](#)”, of “[uit het lood](#)” opgenomen.
- Voor het niet waterkerend element “bebording” zijn de inspectieparameters “[afleesbaar](#)”, “[defect](#)” of “[uit het lood](#)” opgenomen.
- Voor het niet waterkerend element “lichtmasten” zijn de inspectieparameters “[defect](#)”, of “[uit het lood](#)” opgenomen.
- Voor het niet waterkerend element “palen” zijn de inspectieparameters “[afleesbaar](#)”, “[defect](#)” of “[uit het lood](#)” opgenomen.

7.5 Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen

Voor de beoordeling van palen op een waterkering wordt in Bijlage III van de Ministeriële Regeling het indirecte faalmechanisme “Overige constructies (NWOoc)” beschreven. Hiervoor wordt de volgende richtlijn gegeven:

De kleine objecten zoals taludtrappen, banken, verkeersborden en verkeerslichten, afrasteringen, dijkpalen, lichtmasten en vuilnisbakken worden niet apart beoordeeld.

Voor het OntwerpInstrumentarium OI2014v4 is als richtlijn opgenomen dat er voor kritieke overslagdebieten tot 5 l/s/m geen eisen hoeven te worden gesteld aan objecten op de kruin van een dijk [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017a)]. Voor 10 l/s/m geldt de richtlijn dat voor objecten op de kruin met een oppervlakte minder dan 0,15 * 0,15 m² geen eisen hoeven te worden gesteld.

7.6 Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen

Bij het versterken van een dijk is het verhogen van het kruinniveau een mogelijkheid om de hoeveelheid overslag te beïnvloeden. Volgens de richtlijnen uit het OntwerpInstrumentarium OI2014v4 bepaalt dit of paaltjes op een dijk zonder extra maatregelen op de kruin kunnen worden geplaatst.

7.7 Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang

Om scheefstand te voorkomen worden palen vaak aangebracht met een blok beton, of wordt de paal geplaatst in een kuil die volgestort is met cement. Een dergelijke constructie draagt ook bij aan het tegengaan van erosie rond de paal in geval van overslag of overloop.

7.8 Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen

Het versterken van een overgang tussen de grasbekleding en een paaltje op de kruin van de dijk zal in de praktijk niet noodzakelijk zijn vanuit het oogpunt van de stabiliteit van de grasbekleding. Wel is het mogelijk om ontwerpvoorwaarden op te stellen voor het plaatsen van

palen in de grasbekleding. In onderstaande tekst worden de ontwerpuitgangspunten uit het Beheer en Onderhoudsplan Waterkeringen van het Waterschap Rivierenland weergegeven.

Uit: Waterschap Rivierenland (2018)

..

Afrastering

De afrastering bestaat uit betonpalen die niet hoger reiken dan 1.00 meter boven het maaiveld. Gewapend beton (4 staven van 6 mm), afmeting 0,10 m. x 0,10 m., 1,60 m lang met 4 gaten t.b.v. bevestiging gaas. De afstand tussen de palen onderling bedraagt tussen 4 meter.

De diameter van de houten paal is 10-12 cm. Lengte is 160 cm. En h.o.h. 3 meter. Om de 50 a 60 meter en in de hoeken worden de palen versterkt met schoren.

..

Dijkpalen

Dijkpalen staan op de binnenkruin in verband met het kunnen uitrollen van doek op het buitentalud.

..

Dit is een betonnen paal voorzien van een ingegoten W, afmetingen paal 160x10X10 cm. De palen worden geplaatst op de knikpunten van het perceel en tussenin bij grotere lengtes en bochten. De bovenkant van de grenspalen zit op 0,7 meter boven maaiveld.

..

Weg- en recreatiemeubilair

Weg/ en recreatiemeubilair niet aanbrengen op de waterkering wanneer dit niet nodig is. Zie het beleid van ons waterschap. Objecten hebben zo mogelijk een voetmaat van kleiner dan 15 cm op maaiveld. Deze objecten worden aangebracht in overhoogte. Plaatsing aan de binnenzijde van de dijk tenzij geldende verordeningen anders bepalen. Palen mogen niet worden geplaatst voorbij de kniklijn in de kruin.

8 Discussie handelingsperspectieven

8.1 Aandachtspunten discussie

In Deltares (2019a) is een aantal handelingsperspectieven beschreven hoe waterkeringbeheerders kunnen omgaan met overgangen in bekledingen op de waterkering. In dit rapport zijn deze handelingsperspectieven toegepast op een zestal vaak voorkomende situaties. Hieruit kunnen lessen worden getrokken over de toepasbaarheid van deze handelingsperspectieven.

8.2 Discussie Handelingsperspectief 1: Overgangen niet in kaart brengen

Het handelingsperspectief “Overgangen niet in kaart brengen” richt zich vooral op overgangen die of nauwelijks worden belast, of die niet in het waterstaatswerk aanwezig zijn. Uit de uitgevoerde studie blijkt dat dit handelingsperspectief niet heel bruikbaar is:

- Voor het buitentalud geldt dat dit handelingsperspectief niet zinvol is, vanwege de mogelijke impact van overgangen in bekledingen en aansluitingen op constructies. Het betreft hierbij de uitgewerkte voorbeelden van een overgang van asfaltbekleding op voorland, de overgang van een steenbekleding op grasbekleding en de overgang van een steenbekleding op een constructie.
- Het blijkt dat veel waterkeringbeheerders beleid hebben ontwikkeld voor medegebruik van de waterkering. Dit heeft vooral betrekking op kruin en binnentalud. Om dit te kunnen handhaven is het belangrijk om te weten waar de verschillende objecten met overgangen aanwezig zijn, zoals paaltjes op de kruin of taludtrappen op het binnentalud.
- Voor het onderhoud van de waterkering en tijdens calamiteiten is het belangrijk dat objecten op kruin en binnentalud niet teveel hinder veroorzaken. Ook dit is een argument om objecten met hun overgangen in beeld te hebben. Dit argument kwam naar voren bij de studie naar paaltjes op de kruin.
- Voor wegen op de kruin blijkt dat er veel schade kan optreden door verkeer dat uitwijkt naar de berm. Hoewel de overgang van weg naar grasbekleding niet expliciet onderdeel uitmaakt van het huidige Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium, is het wel van belang voor waterkeringbeheerders om deze overgang goed te blijven monitoren.

8.3 Discussie Handelingsperspectief 2: Marginale overgangen negeren

Het doel van het handelingsperspectief “Marginale overgangen negeren” heeft als doel om focus te krijgen op de overgangen die belangrijk zijn voor het goed functioneren van de waterkering. Tijdens de toepassing van dit handelingsperspectief op zes veel voorkomende voorbeelden is duidelijk geworden dat het negeren van overgangen in uitzonderlijke omstandigheden mogelijk is in bijvoorbeeld de beoordeling van de primaire waterkering, maar niet kan worden genegeerd in het kader van de zorgplicht. Het is dus wenselijk om dit handelingsperspectief verder uit te werken naar de verschillende verantwoordelijkheden die de waterkeringbeheerder heeft ten aanzien van overgangen in bekledingen op primaire waterkeringen. Hoofdstuk 10 is bedoeld om hier een bijdrage aan te leveren.

In Deltares (2019a) is onder het handelingsperspectief “Marginale overgangen negeren” een voorstel gedaan voor het indelen van overgangen in verschillende typen. Dit werd op dat

moment als een lastig vraagstuk beschreven. Uit de nu uitgevoerde studie wordt duidelijk dat er mogelijkheden zijn om overgangen te classificeren tot een eindig aantal vaak voorkomende overgangen die worden aangetroffen op de bekleding van een dijk. In hoofdstuk 9 is een indeling voorgesteld om overgangen op bekledingen te kunnen indelen.

8.4 Discussie Handelingsperspectief 3: Schade overgangen toestaan

Voor het beoordelen van overgangen in bekledingen kunnen waterkeringbeheerders gebruik maken van de Digigids [Informatiehuis Water (2016)]. Voor overgangen voor steen- en asfaltbekledingen op het buitentalud zijn er in Deltares (2018a) bovendien nieuwe inspectieparameters toegevoegd, die nog niet zijn ingebed in de inspectiesystematiek.

Met het constateren van schade aan overgangen in bekledingen is nog niet de vraag beantwoord of schade hieraan direct dient te worden gerepareerd of dat dit kan worden uitgesteld tot een later stadium. Dit vraagstuk maakt onderdeel uit van het risicogestuurd onderhoud.

H.11.3.1. Risicoblad dijkpalen en grenspalen

Risicogestuurd onderhoudsconcept	
Onderdeel FMECA	Omschrijving / Toefichting
Component:	Grondlichaam
Element:	DIJK- EN GRENSPALEN
Functie:	Oriëntatie op de dijk
Faalmechanismen:	
Verlies van functie:	Constructief falen (houtrot, betonrot, roest), Onleesbaarheid vanwege vervuiling of kapot bordje
Gevolg:	Omvallen paal, niet afleesbaar
Gevolg geen onderhoud / herstel:	Beperkt.
Effect:	Veiligheid: beperkt - geen letsel
	Milieu: beperkt - geen overschreiding
	Imago: beperkt - geen negatieve aandacht in de media
	Norm: beperkt - geen effect
	Schade: beperkt - < 20.000
Kans optreden:	Veiligheid: regelmatig: 1/maand (10)
	Milieu: regelmatig: 1/maand (10)
	Imago: regelmatig: 1/maand (10)
	Norm: regelmatig: 1/maand (10)
	Schade: incidenteel: 1/jaar (1)
Risico:	Veiligheid: € 0
	Milieu: € 0
	Imago: € 0
	Norm: € 0
	Schade: € 20.000
Conclusie:	Palen etc. zijn een niet kritiek element voor de veiligheid van de kering, maar wel vanuit zorgplicht van WSRL. Beperkt risico bij uitblijven onderhoud

Figuur 8.1 Risicoblad Dijk- en grenspalen [Waterschap Rivierenland (2018)]

Een mooi voorbeeld hiervan is terug te vinden in Waterschap Rivierenland (2018) waar per type object een risicoblad is opgenomen met daarin de mogelijke kansen en gevolgen voor schade aan deze objecten. Hiermee kan het totale risico van dit type object worden vastgesteld. Figuur 8.1 laat als voorbeeld het risicoblad zien voor dijk- en grenspalen. Deze objecten zijn gerelateerd aan het overgangstype Paaltjes in grasbekleding [hoofdstuk 7]. Uit dit risicoblad volgt dat er sprake is van beperkt risico bij het uitblijven van onderhoud aan dit type objecten.

8.5 Discussie Handelingsperspectief 4: Overgangen positief beoordelen

Het blijkt in dit rapport dat het belangrijk is in welk kader een overgang wordt beschouwd. Het betreft hierbij inspecteren, ontwerpen en beoordelen:

- Inspectie van overgangen in bekledingen maakt onderdeel uit van de zorgplicht. Hierbij wordt gekeken naar de actuele staat van de overgang en wordt de conditie hiervan geclassificeerd. Bij de inspectie kan gebruik worden gemaakt van de Digigids [Informatiehuis Water (2016)].
- In het kader van de wettelijke beoordeling van primaire waterkeringen dient ook te worden gekeken naar de veiligheid van overgangen in bekledingen. Hierbij vormt het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium 2017 het vertrekpunt, ook al is hier niet veel informatie met betrekking tot overgangen te vinden [Ministerie van Infrastructuur en Milieu; Bijlage III (2016a)].
- Bij het ontwerpen van nieuwe (bekledingen op) primaire waterkeringen dienen overgangen goed te zijn ontworpen. Hierbij vormt het OntwerpInstrumentarium 2014 v4 het vertrekpunt, ook al is er weinig informatie aanwezig met betrekking tot overgangen in de bekleding [Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017a)].

In de Digigids komen allerlei soorten inspectieparameters voor die de medewerker van een waterkeringbeheerder kan gebruiken bij het inspecteren van de waterkering. Het is op voorhand niet altijd even duidelijk vanuit welk oogpunt een bepaalde inspectieparameter nut heeft. We komen hierbij de volgende aspecten tegen:

- Veiligheid van de dijk: Sommige inspectieparameters hebben een directe relatie met de sterkte van de bekleding en daarmee met de veiligheid van een dijk. Een voorbeeld van een dergelijke inspectieparameter is de breedte en diepte van [scheuren](#) in een asfaltbekleding van asfaltbeton.
- Functioneren Niet Waterkerende Objecten: Er zijn inspectieparameters die vooral gericht zijn op het al of niet functioneren van een Niet-Waterkerend object op de waterkering. Een voorbeeld betreft de inspectieparameter [defect](#) van het Niet-Waterkerend object lichtmasten.
- Esthetisch oogpunt: Sommige inspectieparameters lijken vooral te zijn opgenomen vanuit esthetisch oogpunt. Een voorbeeld hiervan betreft de inspectieparameter [uit lood](#) van het Niet-Waterkerend object afrastering of hekwerk.
- Natuurwaarden: Op waterkeringen komen ook flora en fauna voor. Dit kan leiden tot een positieve waardering zoals de inspectieparameter [soortenrijkdom](#) voor grasbekleding. Indien aanwezig op steenbekleding, dan krijgt dit een negatieve waardering, zoals blijkt uit de inspectieparameter [ruigte of houtopslag](#).
- Vervuiling: De Digigids bevat voor een aantal bekledingstypen een inspectieparameter voor vervuiling. Een voorbeeld is [drijf- of zwerfvuil](#) bij steenbekledingen zuilen of blokken.

Bij het gebruik van het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium 2017 valt het volgende op:

- Voor de overgangen op kruin en binnentalud geldt dat overgangen impliciet in de methode zijn meegenomen. Er wordt schijnbaar verondersteld dat de beoordelingsmethode voor grasbekleding op kruin en binnentalud robuust genoeg is om de negatieve effecten van overgangen op te vangen. Er is in dit geval geen noodzaak voor een specifieke beoordeling van de afzonderlijke elementen.
- Voor de overgang van asfaltbekleding (waterasfaltbeton) met een voorland zijn er geen specifieke beoordelingsregels beschikbaar voor dit type overgang. Het is echter wel mogelijk om met behulp van verschillende toetssporen een toets op maat samen te stellen.
- Voor de overgang van grasbekleding op steenbekleding geldt dat er wel mogelijkheden zijn om berekeningen uit te voeren aan overgangen. Het betreft bijvoorbeeld de mogelijkheid om in BM-Gras te rekenen met aangepaste waarden voor Alpha M en

Alpha S [paragraaf 3.5]. Deze mogelijkheden zijn echter niet toereikend voor een volwaardige beoordeling of ontwerp van dit type overgangen.

- Voor de verticale overgang van een steenbekleding op een constructie zijn geen specifieke regels beschikbaar, terwijl dit toch een kwetsbaar type overgang betreft.

Voor het OntwerpInstrumentarium 2014 geldt dat er algemene ontwerpregels zijn opgesteld voor overgangen en Niet Waterkerende Objecten op kruin en binnentalud. Deze regels houden echter geen rekening met de aard van de overgangen of het object. Deze regels wijken bovendien af van de toetsregels uit het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium 2017.

Het OntwerpInstrumentarium 2014 biedt de mogelijkheid om het laagst mogelijke niveau van de overgang van een grasbekleding op een harde bekleding vast te stellen [paragraaf 3.5]. Daarnaast worden er richtlijnen gegeven voor het ontwerpen van steen- en asfaltbekledingen waarbij gebruik kan worden gemaakt van het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium 2017.

8.6 Discussie Handelingsperspectief 5: Verlagen belastingen

In Deltares (2019a) zijn de volgende maatregelen benoemd waarmee het mogelijk is om de belasting op overgangen te verminderen:

- Verhogen voorland
- Aanleg buitenberm
- Verruwen buitentalud
- Verhogen kruin
- Wijzigen oriëntatie dijk
- Gebruik havendam

Met uitzondering van de maatregel “Wijzigen oriëntatie dijk”, een maatregel die in de praktijk nauwelijks uitvoerbaar zal blijken te zijn, zijn deze maatregelen vooral gericht op het verlagen van horizontale overgangen. Dit betekent dat deze maatregelen in veel gevallen voor langere dijktrajecten toegepast dienen te worden, wat de kosten verhoogt.

In dit rapport is een nieuwe maatregel beschreven die vooral een belastingverlagende maatregel hebben voor verticale overgangen op het binnentalud. Het betreft:

- Het gebruik van lokale kruinverhoging, bijvoorbeeld een verkeersdrempel bij een taludhelling op het binnentalud [paragraaf 6.6].

Een ander aspect dat in dit rapport naar voren is gekomen betreft de invloed van dagelijkse gebruiksbelasting op overgangen. Dit speelt vooral een rol bij de volgende typen overgangen:

- Overgang asfaltbeton op voorland. Dit type overgang bevindt zich aan de teen van de dijk en is dagelijks onderhevig aan golven en erosie van het voorland.
- Weg op kruin. Vooral bij smalle wegen zorgt uitwijkend verkeer ervoor dat de conditie van de wegberm die de overgang vormt tussen de grasbekleding en het wegoppervlak in slechte staat kan verkeren.
- Taludtrap op binnentalud. Net als bij een weg op de kruin van een dijk kan er langs een trap erosie optreden door bijvoorbeeld fietsen die aan de hand worden meegenomen.

8.7 Discussie Handelingsperspectief 6: Verplaatsen overgang

Het verplaatsen van een overgang is vooral een relevante optie voor horizontale overgangen. In dit rapport betreft het de volgende typen:

- Overgang asfaltbekleding op voorland. Het betreft hierbij een uitbreiding in de richting van het voorland.
- Overgang grasbekleding op steenbekleding. Het betreft een uitbreiding naar een hoger niveau in de richting van een kruin.
- Paaltjes in de grasbekleding. Dit is feitelijk geen horizontale overgang. Het verplaatsen is vooral bedoeld voor het kunnen onderhouden van de dijk en om snel maatregelen te kunnen uitvoeren in geval van een calamiteit.
- Het verbreden van een weg op een kruin.

Vooraf het verbreden van een weg op een kruin is een kansrijke oplossing voor situaties waar door een te smalle rijweg veel schade optreedt in de wegberm als gevolg van uitwijkend verkeer. Het vraagstuk wat hierbij wel naar voren komt is hoeveel ruimte er nog beschikbaar dient te zijn voor de wegberm op de kruin aan beide zijden van het wegdek vanuit oogpunt van dijkveiligheid en verkeersveiligheid. In de praktijk blijken waterkeringbeheerders hier verschillend mee om te gaan. Het Hoogheemraadschap van Rijnland hanteert een minimale bermbreedte (afstand tussen weg en kruinlijn) van 1 m [Hoogheemraadschap van Rijnland (2010)], terwijl Waterschap Rivierenland een minimale bermbreedte van 70 cm hanteert [Waterschap Rivierenland (2018)].

8.8 Discussie Handelingsperspectief 7: Versterken overgangen

Onder het handelingsperspectief “Versterken overgangen” vallen de uitvoeringsactiviteiten die aan overgangen worden uitgevoerd. Deze uitvoeringsactiviteiten kennen verschillende gradaties:

- Regulier onderhoud: Het betreft hier maatregelen die als doel hebben om de sterkte van een bestaande overgang te borgen. Er kan hierbij worden gedacht aan het verwijderen van schadelijke begroeiing, het opvullen van spleten met steenslag, en dergelijke.
- Reparatie overgang: Het repareren van overgangen heeft betrekking op het wegnemen van schade waardoor er een verzwakking van de overgang heeft plaatsgevonden. Deze schade kan ontstaan door menselijke activiteiten (wegverkeer), dierlijke activiteiten (begroeiing, schapenpaden), plantengroei (worteldruk) of natuurlijke processen (stormschade). Het is belangrijk om te achterhalen waardoor de schade is opgetreden en of herhaling hiervan in de toekomst waarschijnlijk is. Bij het repareren kan worden gedacht als het aanvullen van filtermateriaal of het vervangen van kapotte elementen.
- Versterken overgang: Wanneer blijkt dat een overgang onvoldoende sterkte bezit, dan is het mogelijk om deze overgang te versterken, zonder dat de oorspronkelijke overgang hoeft te worden verwijderd. Er kan hierbij worden gedacht aan het impregneren van een steenbekleding met asfalt of het overlagen van een overgang met breuksteen.
- Vervangen overgang: Het vervangen van een overgang is noodzakelijk wanneer er sprake is van een ondeugdelijk ontwerp van een bestaande overgang dat niet met versterkingsmaatregelen op orde kan worden gebracht. Dit kan bijvoorbeeld optreden wanneer er sprake is van problemen met het wel of niet doorlaten van grondwaterstroming. In dit geval dient de overgang volledig te worden verwijderd en opnieuw worden aangebracht.
- Aanleg nieuwe overgang: Het aanleggen van een nieuwe overgang speelt wanneer er sprake is van een dijkversterking of dijk aanleg waarbij een nieuwe dijkbekleding wordt

aangebracht. In dat geval dienen ook de overgangsconstructies opnieuw te worden ontworpen en aangelegd.

Er is een verscheidenheid van literatuur waarin voorbeelden van overgangsconstructies worden beschreven. Hierbij kan worden gedacht aan Philipse (1989), Technische Adviescommissie voor de Waterkeringbeheerders en Deltares (2015a). Er ontbreekt echter een handleiding met keuzemogelijkheden hoe overgangen effectief en goedkoop kunnen worden versterkt. Een uitzondering hierop betreft Waterschap Rivierenland (2018) waar voorkeursoplossingen voor tal van constructies op het dijklichaam staan beschreven.

9 Beschrijving indeling overgangen in bekledingen

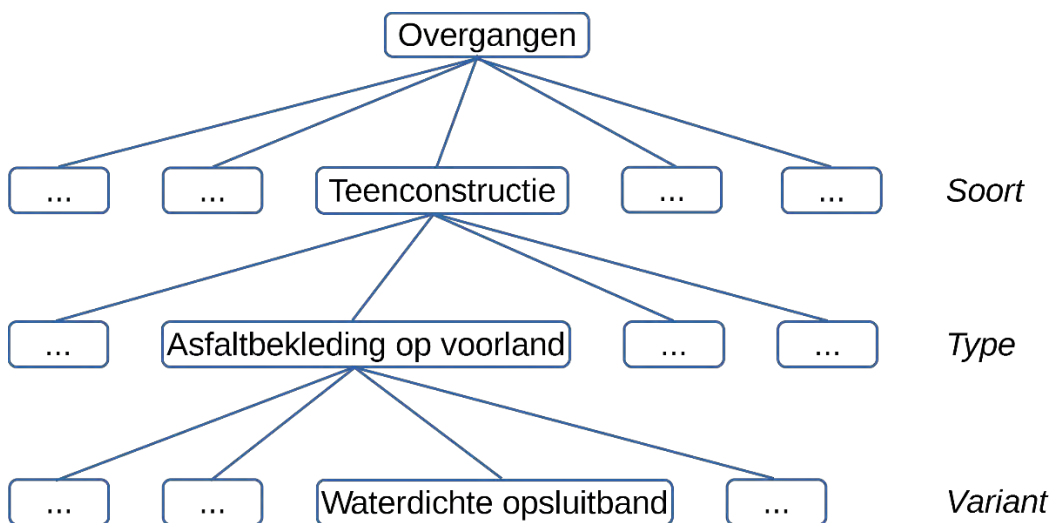
9.1 Wenselijkheid om overgangen in bekledingen in te delen

In deze studie is voor een zestal veel voorkomende soorten overgangen een studie uitgevoerd naar de mogelijkheden voor de handelingsperspectieven zoals beschreven in Deltares (2019a). Uit deze studie blijkt dat er grote verschillen bestaan waarop met deze overgangen kan worden overgaan in het kader van zorgplicht, beoordelen en ontwerpen.

Er is daarom behoefte aan een manier om overgangen in bekledingen te kunnen beschrijven. Het verleden leert dat het lastig is om een gesloten classificatie te ontwikkelen die recht doet aan alle voorkomende typen (overgangen in) bekledingen. Daar staat tegenover dat het loslaten van elke vorm van indeling er toe leidt dat elke overgang afzonderlijk zal moeten worden ontworpen en beoordeeld.

Er is daarom in deze studie gezocht naar een mogelijke indeling die aan de ene kant een kader biedt voor de verdere ontwikkeling van kennis over de te beoordelen en ontwerpen overgangen, en aan de andere kant ruimte biedt om hier op een flexibele manier mee om te gaan. De kenmerken van deze beschrijving zijn:

- Er wordt zoveel mogelijk aangesloten bij herkenbare typen overgangen. Het is geen doel op zich om alle theoretische mogelijkheden te ondervangen.
- Er wordt zoveel mogelijk aangesloten bij bestaande toetssporen. Het is geen doel om allerlei nieuwe toetssporen te definiëren die een plek moeten krijgen in BOI.
- Het wordt als een gegeven gezien dat er een grote variatie bestaat in de manier waarop overgangen zijn vormgegeven. Dit vindt zijn oorsprong in verschillen in de belastingregimes, beschikbare materialen of historische oplossingsrichtingen. Het is geen doel om alle overgangen om te vormen tot een zeer beperkt aantal standaardoplossingen.
- De indeling dient open te zijn. Dit betekent dat er in de toekomst ruimte is voor uitbreiding, bijvoorbeeld om dat er als gevolg van innovatie nieuwe ontwerpen van overgangen beschikbaar komen.



Figuur 9.1 Classificatie overgangen in soorten, typen en varianten

De voorgestelde indeling kent drie niveaus [figuur 9.1]:

- **Soorten:** Elke overgang in een bekleding van een dijk behoort bij één van de vijf volgende soorten. Deze soorten worden afzonderlijk behandeld in de volgende paragrafen:
 - Aansluitingsconstructie [paragraaf 9.2]
 - Teenconstructie [paragraaf 9.3]
 - Overgang bekledingen [paragraaf 9.4]
 - Wegberm [paragraaf 9.5]
 - Niet Waterkerende Objecten [paragraaf 9.6]

Als voorbeeld is in figuur 9.1 de soort “Teenconstructie” weergegeven.

- **Typen:** Binnen een soort kunnen verschillende typen voorkomen. Een type kenmerkt zich door de aard van een overgang en de locatie van de overgang. De aard van een overgang wordt gekenmerkt door het soort bekleding(en) (gras, steenzetting, asphalt) en/of het soort object (NWO, Kunstwerk). Het aantal typen per soort staat niet bij voorbaat vast. Als voorbeeld is in figuur 9.1 het type “Asfaltbekleding op voorland” weergegeven, welke hoort bij de soort teenconstructie. Een “Grasbekleding op voorland” is een ander type binnen deze soort, omdat er sprake is van een andere soort bekleding. Een “Grasbekleding op achterland” is een derde type omdat dit een andere locatie betreft.
- **Varianten:** Het derde niveau waarop overgangen worden ingedeeld heeft betrekking op mogelijke varianten waarop een overgangsconstructie wordt vormgegeven. Het type bekleding en / of het aansluitend object staan op dat moment al vast. Het aantal varianten per type staat op voorhand niet vast. In figuur 9.1 is als voorbeeld de variant “Waterdichte opsluitband” weergegeven. Een andere variant is bijvoorbeeld een “Open teenconstructie met asphaltmat”.

9.2 Aansluitingsconstructie

Overgangen die behoren bij de soort “Aansluitingsconstructie” hebben betrekking op de overgang tussen twee verschillende soorten waterkeringen (dijk, duin, hoge grond, kunstwerk, NWO). In Figuur 9.2 en Figuur 9.3 zijn voorbeelden gegeven van de aansluitingen tussen een duin en een dijk en van de aansluiting tussen een dijkbekleding en een kunstwerk.



Figuur 9.2 Aansluitingsconstructie van een asfaltbekleding op een duin



Figuur 9.3 Aansluiting van een grasbekleding op een coupure

De studie die is uitgevoerd naar de overgang tussen een bekleding en een constructie heeft betrekking op een type overgang dat behoort bij de soort “Aansluitingsconstructies” [hoofdstuk 4].

9.3 Teenconstructie

De soort “Teenconstructie” heeft betrekking op de overgang tussen een bekleding op de dijk met het voorland wanneer het de teen op het buitentalud betreft en met het achterland wanneer het de hiel (= binnenwaartse teen) betreft. In veel gevallen valt deze grens samen met de grenzen van het waterstaatswerk.



Figuur 9.4 Teenconstructie van een steenzetting met een strand

Een belangrijk kenmerk voor de teenconstructie op het buitentalud is dat de dagelijkse omstandigheden een belangrijke invloed hebben op de stabiliteit van de overgang. Het betreft hierbij zowel de dagelijkse hydraulische belasting op de onderzijde van de bekleding als de morfologische ontwikkeling van het voorland [Figuur 9.4]. Het type “Overgang asfaltbeton op voorland” dat beschreven is in hoofdstuk 2 is hier een voorbeeld van.

9.4 Overgang bekledingen

De soort “Overgang bekledingen” heeft betrekking op overgangen in bekledingen die op de dijk aanwezig zijn. Het betreft hierbij horizontale en verticale overgangen van gras-, steen- en asfalt-, en breuksteen bekledingen. Dit type overgangen ligt vooral op het buitentalud. Wanneer asfalt- of steenbekledingen zijn doorgetrokken tot op of over de kruin, dan zijn deze overgangen ook hier aanwezig.

De overgang van een grasbekleding op een steenbekleding zoals dat is uitgewerkt in hoofdstuk 3 behoort bij de soort “Overgang bekledingen”. Figuur 9.5 geeft een ander type overgang in bekledingen weer, namelijk een verticale overgang tussen twee soorten steenbekleding.



Figuur 9.5 Verticale overgang tussen twee typen steenbekleding

Op sommige primaire waterkeringen is er een trap op het buitentalud aangebracht in een steen- of een asfaltbekleding en is deze trap ontworpen als een waterkerend object. In dit geval heeft de trap een waterkerende functie. Aansluitingen tussen een trap en een steen- of asfaltbekleding maken daarmee onderdeel uit van de soort “Overgang bekledingen” [Figuur 9.6].



Figuur 9.6 Overgang van een stenen trap op een asfaltbekleding op het buitentalud

9.5 Wegbermen van wegen, op- en afritten en trappen

In hoofdstuk 5 is aandacht geschonken aan de overgang tussen een wegdek en een grasbekleding op de kruin van een dijk (een wegberm). Een weg op de primaire waterkering wordt vaak beschouwd als een Niet Waterkerend Object omdat wegen in veel gevallen niet in beheer zijn bij de waterkeringbeheerder, en omdat hiervoor geen toetssporen zijn opgenomen in het WBI2017. Dit geldt niet alleen doorgaande wegen op de kruin, maar ook op- en afritten op binnen- en buitentalud [figuur 9.7], en ook voor de meeste trappen op binnen- en buitentalud.

In een aantal opzichten onderscheiden wegen, op- en afritten en trappen zich van de overige Niet Waterkerende Objecten, wat de reden is om een aparte soort “Wegbermen van wegen, op- en afritten en trappen” te onderscheiden:

- Wegen kunnen in tegenstelling tot andere Niet Waterkerende Objecten een groot deel van de oppervlakte van een primaire waterkering beslaan. Dit leidt ertoe dat wegbermen (de overgang tussen een weg en de grasbekleding) voor lange dijkstrekkingen aanwezig zijn.
- Het verticaal niveauverschil tussen wegen en de grasbekleding is, in tegenstelling tot andere Niet Waterkerende Objecten gering, of zelfs afwezig. Dit leidt ertoe dat de invloed van wegbermen op de stroomsnelheden gering is.



Figuur 9.7 Oprit van een weg op het binnentalud

9.6 Niet Waterkerende Objecten

De soort “Niet Waterkerende Objecten” heeft betrekking op de overgang tussen de bekleding en Niet Waterkerende Objecten, met uitzondering van wegen, op- en afritten en trappen. In hoofdstuk 7 is een studie uitgevoerd naar de aanwezigheid van paaltjes in de grasbekleding op de kruin van de dijk. Dit is één van de typen die valt onder de soort “Niet Waterkerende Objecten”.



Figuur 9.8 Boom op de kruin van een dijk

Figuur 9.8 toont voor dezelfde soort op de zelfde locatie een ander type overgang namelijk een grasbekleding rond een boom. Figuur 9.9 toont een foto van het type “Paaltjes in een steenbekleding op het buitentalud”.



Figuur 9.9 Paaltjes in een steenbekleding op het buitentalud

10 Ontwikkeling beheerinstrumentarium overgangen

10.1 Beleidsmatige handelingsperspectieven overgangen

In Deltares (2019a) zijn zeven handelingsperspectieven beschreven hoe om te gaan met overgangen in bekledingen. Nadere beschouwing van deze handelingsperspectieven leert dat de eerste vier handelingsperspectieven vooral beleidsmatig van aard zijn. De overige drie handelingsperspectieven hebben betrekking tot uitvoeringsactiviteiten in het veld.

Uit de zes studies die zijn uitgevoerd naar overgangen in de praktijk blijkt dat er ruimte voor verbetering mogelijk is voor de eerste vier beleidsmatige handelingsperspectieven [hoofdstuk 2 tot en met 7]. Om hier handen en voeten aan te geven wordt een overzicht gegeven van het beheerinstrumentarium waarmee een waterkeringbeheerder in staat is om goede zorg te verlenen aan overgangen in bekledingen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

- **Beleid waterkeringen met betrekking tot overgangen** [paragraaf 10.2]
- **Datamanagement overgangen** [paragraaf 10.3]
- **Onderhouds- en versterkingsmaatregelen overgangen** [paragraaf 10.4]

10.2 Beleid waterkeringen met betrekking tot overgangen

Met behulp van de volgende beleidsinstrumenten legt een waterkeringbeheerder het beleid vast hoe er omgegaan dient te worden met objecten op en in de waterkering. Overgangen in bekledingen maken hier onderdeel van uit. Het betreft de volgende instrumenten:

- **Legger:** In de legger wordt vastgelegd hoe de primaire waterkering die in het beheer is van een waterkeringbeheerder eruit ziet. Hierin is ook ruimte om essentiële overgangen in op te nemen.
- **Keur:** In de keur neemt een waterkeringbeheerder allerlei regels op die betrekking hebben op het medegebruik van de primaire waterkering. Hierin is ruimte om regels op te nemen die betrekking hebben op de soorten “Wegbermen voor wegen, op- en afritten en trappen” en “Niet Waterkerende Objecten”.
- **Beleidsnota waterkeringen:** Veel waterkeringbeheerders hebben een beleidsnota waterkeringen. Hierin wordt beschreven wat de gewenste ontwikkelingen zijn met betrekking tot de primaire waterkering. Hierin is ook ruimte om aan te geven waar en op welke manier overgangen in bekledingen mogen voorkomen.

10.3 Datamanagement overgangen

De waterkeringbeheerder heeft als taak om de gegevens met betrekking tot de primaire waterkering op orde te houden door middel van goed datamanagement. Hierin is ook ruimte om informatie met betrekking tot overgangen in bekledingen op te nemen. Deze informatie is afkomstig uit de volgende informatiebronnen:

- **Technisch beheerregister:** Dit is het datamanagementsysteem waarin alle relevante gegevens van een primaire waterkering worden opgeslagen. Het is belangrijk dat dit technisch beheerregister in staat is om ook de kenmerken van een overgang (soort, type, variant) vast te leggen.
- **Bestektekeningen:** Het betreft hierbij de ontwerpen voor overgangen in bekledingen ten behoeve van aanleg of vervanging. Belangrijk is om niet alleen de oorspronkelijke

bestektekeningen in bezit te hebben, maar ook de wijzigingen die tijdens de uitvoering op deze tekeningen zijn doorgevoerd.

- Inspectierapporten: Het betreft hierbij de inspectiegegevens over de actuele staat van overgangen in bekledingen.
- Vergunningverlening: Het betreft vergunningen voor werken aan de primaire waterkering die worden aangevraagd door derde partijen. Deze vergunningaanvragen worden getoetst aan de keur.
- Handhaving en toezicht: Wanneer er uit handhaving en toezicht relevante informatie met betrekking tot overgangen in bekledingen openbaar komt, dan is het belangrijk om deze informatie vast te leggen in het technisch beheerregister.
- Schematisatie gegevens beoordeling: In het kader van de wettelijke beoordeling van primaire waterkeringen dient een waterkeringbeheerder een schematisatie uit te voeren van de data op grond waarvan vervolgens een beoordeling plaatsvindt in de vorm van een eenvoudige toets, een gedetailleerde toets of een toets op maat. Het is belangrijk dat deze geschematiseerde gegevens en de uitkomsten van de beoordeling goed worden vastgelegd in het datamanagementsysteem.

10.4 Onderhouds- en versterkingsmaatregelen overgangen

Door middel van de volgende maatregelen heeft de waterkeringbeheerder de mogelijkheid om ervoor te zorgen dat overgangen in bekledingen een aanvaardbaar risico met zich meebrengen:

- Onderhoud: Door middel van regulier of groot onderhoud kan een waterkeringbeheerder ervoor zorgen dat een overgang in bekledingen voldoende sterkte blijft bezitten, of dat er herstel plaatsvindt van sterkteverlies [paragraaf 8.8].
- Ontwerp: Voor aanleg of vervanging dient eerst een goed ontwerp van een overgang worden gemaakt, voordat deze wordt aangelegd.
- Calamiteitenzorg: Wanneer er tijdens een calamiteit schade optreedt aan een overgang in bekledingen, dan dient een waterkeringbeheerder voldoende te zijn toegerust om deze schade binnen korte termijn te herstellen met een noodmaatregel.

11 Verbeteren van overgangsconstructies

11.1 Technische maatregelen overgangen

In hoofdstuk 10 is beschreven hoe het beheer van overgangen kan worden verankerd in het beleidsinstrumentarium van de waterkeringbeheerders. Dit is vooral van belang voor de beleidsmatige handelingsperspectieven zoals beschreven Deltares (2019a). De laatste drie handelingsperspectieven hebben meer betrekking op de uitvoeringsaspecten rond overgangsconstructies. In dit hoofdstuk wordt dit uitgewerkt aan de hand van de volgende onderwerpen:

- Versterken kennisbasis overgangen [paragraaf 11.2]
- Rekenen met reststerkte [paragraaf 11.3]
- Mogelijkheden voor innovaties [paragraaf 11.4]
- Integrale benadering (niet waterbouwkundige aspecten [paragraaf 11.5])

11.2 Versterken kennisbasis overgangen

Overgangsconstructies zijn complexe systemen die ervoor moeten zorgen dat verschillende objecten goed op elkaar aansluiten en dat problemen door erosie, stabiliteit of grondwaterproblematiek wordt voorkomen.

Veel bestaande oplossingen voor overgangsconstructies zijn impliciet gebaseerd op het concept van “bewezen sterkte”. Het is aangetoond dat deze constructies onder normale omstandigheden voldoen. Het is echter niet bekend hoe deze constructies reageren onder extreme omstandigheden. Het is daarom belangrijk om de kennisbasis voor overgangen te versterken. Hiervoor kan worden gedacht aan de volgende activiteiten:

- Allereerst is het belangrijk dat er een algeheel beeld ontstaat van de mogelijke reactie van een overgangsconstructie tijdens extreme omstandigheden. Wat zijn de gevolgen van deze gebeurtenissen op de overgangsconstructie zelf? Wat zijn de gevolgen van de aanwezigheid van de overgangsconstructie op de aangrenzende objecten? Om hier invulling aan te geven kan gebruik worden gemaakt van de faalpadenmethode.
- Wanneer er extreme gebeurtenissen optreden waarbij overgangen zwaar worden belast, dan is het waardevol om de gevolgen vast te leggen in een monitoringsverslag. Dit geldt ook voor het optreden van schade tijdens normale omstandigheden. Wanneer er relevant fotomateriaal beschikbaar is, kan dit worden opgenomen in de digigids.
- Met behulp van experimenteel onderzoek, zowel in het veld als in het laboratorium, kan inzicht worden verkregen in het gedrag van overgangsconstructies onder extreme omstandigheden.
- Kennis die beschikbaar is gekomen uit onderzoek dient te worden verankerd in leidraden en technische rapporten.

11.3 Rekenen met reststerkte

Binnen het BeoordelingsInstrumentarium 2023 wordt er gewerkt aan nieuwe richtlijnen voor het beoordelen en ontwerpen van bekledingen waarbij ook wordt gekeken naar de sterkte van de ondergrond tegen erosie nadat de bekleding is gefaald [Deltares (2018c)]. Dit wordt ook wel rekenen met reststerkte genoemd. Voor overgangen is het rekenen met reststerkte om twee redenen van belang:

- Een overgang vormt vaak een zwakke schakel in de bekleding van een primaire waterkering. De kans is daarom groot dat deze overgang als eerste faalt. Wanneer er mag worden gerekend met reststerkte, dan is het van belang hoe groot de sterkte van de ondergrond onder deze overgang is. Bij het ontwerp van een overgang kan er voor worden gekozen om extra reststerkte aan te brengen. Dit onderwerp is bijvoorbeeld aan bod gekomen in Deltares (2018a).
- Het rekenen met reststerkte is ook relevant voor situaties waarbij het denkbaar is dat één van de objecten aan weerszijden van de overgangsconstructie faalt. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het falen van een grasbekleding boven een steenbekleding, of het falen van een NWO. Wanneer er kan worden aangetoond dat de aansluitende bekleding niet faalt, dan is er sprake van gedeeltelijk falen waardoor er mogelijk sprake is van een kleinere doorbraakkans [Deltares (2019c)].

11.4 Mogelijkheden voor innovaties

Innovaties kunnen in meerdere opzichten een bijdrage leveren aan overgangsconstructies:

- Overgangsconstructies worden minder belast
- De sterkte van overgangsconstructies neemt toe
- De kosten van het aanleggen, onderhouden en versterken van een overgangsconstructie worden verminderd.
- Overige aspecten, zoals bijvoorbeeld het tegengaan van vergraving vanuit een grasbekleding tot onder een harde bekleding.

Innovaties zijn mogelijk op verschillende gebieden:

- Wanneer het doel van de innovatie gericht is op het verlagen van de golfbelasting, dan kan hierbij worden gedacht aan onderwerpen als golfdemping door vegetatie, het vergroten van de ruwheid van het onderliggend talud of het erosiebestendig maken van een hoog voorland.
- Wanneer het doel van de innovatie gericht is op het gebruik van nieuwe materialen, dan kan hierbij gedacht worden aan het versterken van de ondergrond zoals kalk in klei, HiTec. Daarnaast kan worden gedacht aan materialen die de bekleding versterken zoals geotextiel, geogrids, bentonietmat.
- Wanneer het doel gericht is op het ontwerp van de overgangsconstructie dan kan hierbij worden gedacht aan het ontwikkelen van standaardoplossingen om de verschillende objecten zo goed mogelijk op elkaar aan te laten sluiten, om de stabiliteit van het dijklichaam te waarborgen en om de grondwaterstand zo goed mogelijk te reguleren.

11.5 Integrale benadering

Bij het verbeteren van overgangsconstructies dient het ontwerp integraal benaderd te worden. Hierbij dienen, naast de waterbouwkundige technische aspecten ook andere aspecten te worden beschouwd. Hierbij kan worden gedacht aan:

- esthetische aspecten (landschapsarchitectuur)
- verkeerskundige aspecten (bijvoorbeeld het ontwerp van de overgang tussen de bekleding en een weg)
- toxicologische aspecten (o.a. uitloging van materialen)
- Life cycle cost (aanlegkosten vs. onderhoudskosten)

12 Conclusies en aanbevelingen

12.1 Conclusies

Dit rapport is een vervolg op Deltares (2019a) waarin zeven handelingsperspectieven zijn beschreven om met overgangen in dijkbekledingen om te gaan. Aan de hand van een zestal veel voorkomende situaties is nagegaan hoe deze handelingsperspectieven in de praktijk bruikbaar zijn. Uit deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

De waarde van de handelingsperspectieven ligt vooral in de manier waarop vanuit verschillende manieren gekeken wordt naar overgangen, dit wordt uitgebreider beschreven in hoofdstuk 8:

- Wanneer doet een overgang ertoe?
- Hoe dient de waterkeringbeheerder om te gaan met schade?
- Hoe kunnen overgangen worden geïnspecteerd of beoordeeld?
- Wat voor mogelijkheden zijn er om de belasting op overgangen te beïnvloeden?
- Op welke locatie ligt het wel of niet voor de hand om een overgang aan te leggen?
- Hoe kunnen bestaande overgangen worden versterkt en nieuwe overgangen worden ontworpen?

Uit de studie komt echter ook naar voren dat een afwegingskader voor het omgaan met overgangen zoals beschreven in Deltares (2019a) weinig toegevoegde waarde heeft in de dagelijkse praktijk. Het heeft ook geen meerwaarde om op dit pad een verdere ontwikkeling op te starten. De reden is dat er teveel aspecten een rol spelen bij het beheer van waterkeringen om dit onder te kunnen brengen in een eenvoudig stroomdiagram.

Uit de studie komt verder naar voren dat een goed beheer van overgangen gebaseerd is op de volgende twee principes:

- De waterkeringbeheerder zorgt ervoor dat het beheerinstrumentarium goed is ingericht om overgangen te beheren, te beoordelen of te ontwerpen. Er is in deze studie veel gebruik gemaakt van bestaande beleidsdocumenten van waterkeringbeheerders die hierbij als voorbeeld kunnen dienen. Daarnaast is er in hoofdstuk 10 een overzicht gegeven van mogelijke beheersinstrumenten waarin het onderwerp overgangen ter sprake kan komen.
- Bestaande en nieuwe overgangen voldoen aan de geldende technische eisen. Het betreft hierbij niet alleen eisen vanuit oogpunt van waterveiligheid, maar ook andere aspecten zoals beheerbaarheid, toegankelijkheid en effecten voor milieu en omgeving spelen hierbij een rol. Er is echter nog veel ruimte om de bestaande kennis te vergroten, waarmee de technische toestand van overgangen kan worden verbeterd. In hoofdstuk 11 wordt een overzicht gegeven van relevante activiteiten die hier een bijdrage aan kunnen leveren.

Er blijkt een grote verscheidenheid te bestaan in overgangen van bekledingen op waterkeringen. Dit komt tot uiting in de verschillende toetsporen die relevant zijn voor het beoordelen en het ontwerpen van overgangen en de verschillende beheeraspecten die van belang zijn in het kader van zorgplicht. Hierdoor is er ook sprake van een grote verscheidenheid in kennisbehoefte. In het verleden is een aanzet gegeven om een classificatie van overgangen te maken. In navolging daarvan is in voorliggend rapport opnieuw een voorstel gedaan voor een mogelijke indeling van overgangsconstructies. Dit is verder uitgewerkt in hoofdstuk 9.

12.2 Aanbevelingen

Voor de toekomstige ontwikkelingen op het gebied van overgangen wordt dit rapport afgesloten met de volgende aanbevelingen:

Kennis over overgangen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het uitoefenen van de zorgplicht door waterkeringbeheerders. Daarnaast is deze kennis belangrijk voor de ontwikkeling van het toekomstige Beoordelings- en OntwerpInstrumentarium en draagt het bij aan innovatieve oplossingen binnen het HWBP. Het is op dit moment nog niet duidelijk gemaakt welke kennis er zal worden ontwikkeld, wanneer deze beschikbaar komt, en hoe deze kennis vervolgens dient te worden geïmplementeerd. Het wordt daarom aanbevolen om voor deze kennis een afzonderlijke roadmap te ontwikkelen.

Er bestaat een grote verscheidenheid aan overgangen. Dit betekent in de praktijk dat elk technisch onderzoek aan overgangen niet voor alle situaties even belangrijk is. Er wordt aanbevolen om hier transparant in te zijn in de richting van de budgetverstrekkers voor dit onderzoek en om aan te geven welke prioriteit er bestaat om juist dit onderzoek uit te voeren in vergelijking met alle andere mogelijke onderzoeksvoorstellen voor overgangen.

Ontwikkelde kennis met betrekking tot overgangen dient ten goede te komen aan de waterkeringbeheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen. Tegelijkertijd hebben deze waterkeringbeheerders ook zelf veel kennis in huis zoals blijkt uit de literatuur die is toegepast in deze studie. Er wordt daarom aanbevolen om waterkeringbeheerders zo goed mogelijk te betrekken bij de verdere ontwikkelingen op het gebied van overgangen.

In het kader van BOI2023 wordt gewerkt aan het herstructureren van leidraden, technische rapporten en schematiseringshandleidingen. Naar verwachting komt ook het onderwerp bekledingen de komende jaren aan bod. Er wordt aanbevolen om de kennis met betrekking tot overgangen beter dan nu het geval is te verankeren in de vernieuwde documentatie.

Referenties

- Deltares. 2015a. *Handreiking Dijkbekledingen Deel 3: Asfaltbekledingen*. In opdracht van Rijkswaterstaat WVL en Projectbureau Zeeweringen. Januari 2015.
- Deltares. 2015b. *Handreiking Dijkbekledingen Deel 4: Breuksteenbekledingen – Aanvulling bij Rock Manual*. In opdracht van Rijkswaterstaat WVL en Projectbureau Zeeweringen. Januari 2015.
- Deltares. 2015c. *Monitoring en fysieke modelproeven overgangen met grasbekledingen 2016-2020; Plan van Aanpak*. Rapport 1220039-007.
- Deltares. 2018a. *Classificatie van toestand overgangen in dijkbekledingen*. Rapport 11202189-007.
- Deltares. 2018b. *Overgangen in dijkbekledingen ingebed in klei. Verkennende studie*. Auteur: G. van Mourik. Rapport 11202189-004.
- Deltares. 2018c. *Roadmap Bekledingen*. Rapport 11202225-001-GEO-0006.
- Deltares. 2019a. *Handelingsperspectieven voor overgangen in bekledingen op primaire waterkeringen; Een verkennende studie*. Rapport 11202189-004-ZWS-0007.
- Deltares. 2019b. *BOI Omgaan met overgangen bij faalmechanisme gras erosie kruin en binnentalud; Korte studie naar kansverdelingen van het kritisch overslag*. Rapport 11203720-024-GEO-0001.
- Deltares. 2019c. *Basismodule Dijkerosie; Verkenning toekomstig toetspoot erosie buitentalud*. Rapport 11203720-018-GEO-0003.
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. 2012. *Beleidsnota Waterkeringen 2012-2017 Van waterkeringen naar waterveiligheid*. ISBN-90-369-5565-3. DWW-2004-057.
- Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard. 2016. *Legger van de waterkeringen; Katern: Primaire waterkering – Schieland, Hollandse IJssel*. Versie 2.1 30 maart 2016.
- Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard. 2018. *Nota Waterveiligheid; Algemene beleidsuitgangspunten Waterveiligheidszorg*.
- Hoogheemraadschap van Rijnland. 2010. *Zicht op veilige keringen; Nota Waterkeringen; Deel II: Beleidsregels*. 28 september 2010.
- Informatiehuis Water. 2016. *Digigids 2016 (<http://Digigids.hetwaterschapshuis.nl/>)*. Digigids is ontwikkeld opdracht van STOWA in samenwerking met Rijkswaterstaat en wordt beheerd door het Informatiehuis Water. Ontwikkeling en realisatie: RPS advies- en ingenieursbureau b.v.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2016a. *Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017*. Regeling van de Minister van Infrastructuur en Milieu, van 2 december 2016, nr. IENM/BSK-

2016/283517, ter uitvoering van de artikelen 2.3, eerste lid, en 2.12, vierde lid, van de Waterwet, houdende regels voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte en procedurele regels voor de beoordeling van de veiligheid van primaire waterkeringen. Bijlagen:

- I *Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen*
- II *Voorschriften bepaling hydraulische belastingen primaire Waterkeringen*
- III *Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen*

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2016b. *Schematiseringshandleiding asfaltbekleding; WBI 2017*. 1 december 2016.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2016c. *Schematiseringshandleiding golfafslag; WBI 2017*. 1 december 2016.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2016d. *Schematiseringshandleiding afschuiving voorland; WBI 2017*. 1 december 2016.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2016e. *Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing; WBI 2017*. 1 december 2016.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2016f. *Schematiseringshandleiding steenzetting; WBI 2017*. 1 december 2016.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2017a. *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen; Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen*. Versie OI2014v4 februari 2017.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2017b. *Schematiseringshandleiding sterkte en stabiliteit kunstwerk; WBI 2017*. 2 januari 2017.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2018. *Schematiseringshandleiding grasbekleding; WBI 2017*. 17 april 2018.

Philipse, L.A. 1989. *Overgangsconstructies*.

POV Macrostabiliteit. 2018. *Integrale benadering toegestaan golfoverslagdebiet*. December 2018. Versie 4.

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. 1992. *Overgangsconstructie in dijkbekledingen; Bundeling van huidige kennis*. Werkgroep A. Belasting en Bekleding. Oktober 1992.

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. 2004. *Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken*. ISBN-90-369-5565-3. DWW-2004-057.

Waterschap Limburg. 2016. *Waterkeringenbeheerplan 2016-2020*.

Waterschap Rivierenland. 2018. *Beheer en onderhoudsplan Waterkeringen (bijlagen); 2017 – 2021 (bijlagen)*.

Waterschap Scheldestromen. 2016. *Waterkeringenbeheerplan 2016-2020*.

